

HINREICHENDE UND NOTWENDIGE BEDINGUNGEN

1 EINFÜHRUNG

Nach der Erarbeitung der begrifflichen Grundlagen einer Theorie der Kausalität wendet sich das vorliegende Kapitel der eigentlichen Analyse der Kausalrelation zu. Es stellt verschiedene im Verlauf der philosophischen Auseinandersetzung mit der Kausalitätsproblematik vorgeschlagene Antworten auf die Frage, wann zwischen zwei Ereignistypen ein Verhältnis kausaler Relevanz bestehe, dar und prüft anschliessend deren Brauchbarkeit. Zentrales Thema der folgenden Abschnitte werden also die Umstände und Bedingungen sein, die es erlauben, einen Faktor A als kausal relevant für einen anderen Faktor B auszuweisen.

Der Begriff der kausalen Relevanz gehört zwar zu den wichtigsten Begriffen des letzten Kapitels, doch bisher ist er bloss von anderen Kausalbegriffen abgegrenzt und nicht im eigentlichen Sinn definiert worden. Bislang haben wir über kausale Relevanz nur auf intuitiver Basis bzw. anhand kausalen Alltagswissens entschieden. Das soll sich nun ändern.

2 LOGISCHE GRUNDLAGEN

Ein Anliegen der in der Folge darzustellenden kausaltheorietischen Ansätze besteht darin, das Verursachungsverhältnis mitunter vermittels logischer Begriffe und Relationen zu analysieren. Mit anderen Worten: der Begriff der kausalen Relevanz soll unter Verwendung einer logischen Terminologie definiert werden. Zwischen zwei Ereignistypen besteht dieser definitorischen Stossrichtung zufolge dann eine kausale Beziehung, wenn diese Typen von Ereignissen in bestimmter – nachfolgend genauer zu charakterisierender – Weise logisch voneinander abhängig sind. Deshalb soll an dieser Stelle die Kausalitätsthematik kurz verlassen werden, um in einem Exkurs die für die kommenden Überlegungen notwendigen logischen Grundlagen zu erarbeiten. Ein Leser, der mit Begriffen wie „Konjunktion“, „Disjunktion“, „Konditional“, „Bikonditional“ oder „Quantifikation“ bereits vertraut ist, kann die folgenden Abschnitte überspringen – sie sind für den kausalitätstheoretischen Argumentationszusammenhang nicht erforderlich – und die Lektüre bei Abschnitt 2.6 fortsetzen.

2.1 ALLGEMEINE BEMERKUNGEN

Die Logik beschäftigt sich in erster Linie mit Abhängigkeits- und Folgerungsbeziehungen zwischen einfachen und komplexen Aussagen, stellt Instrumente bereit für die Analyse von Argumenten, beurteilt die Schlüssigkeit von Urteilen und etabliert Regeln, die Schlussfolgerungen normieren und automatisieren.

Freilich interessieren wir uns im Zusammenhang der Kausalitätsproblematik nicht so sehr für Folgerungsbeziehungen zwischen Aussagen, als vielmehr für Abhängigkeiten zwischen Ereignissen und Faktoren bzw. deren Auftreten oder Instantiierung. Man mag sich deshalb zunächst grundsätzlich fragen, welche Dienste die Logik der Analyse des Ursache-Wirkungsverhältnisses zu leisten imstande ist. Der scheinbar unüberbrückbare Graben zwischen dem Auftreten von singulären Ereignissen in Raum und Zeit einer- und Aussagen andererseits verschwindet jedoch, wenn man sich vergegenwärtigt, dass wir prinzipiell für jedes singuläre Ereignis a oder jeden Ereignistyp A eine Aussage bilden können der Form „ a findet statt“ bzw. „ A wird instantiiert“, und solche Aussagen fallen durchaus in den Zuständigkeitsbereich der Logik. Es gelingt, die Instrumente der Logik für die Bearbeitung der Kausalitätsthematik fruchtbar zu machen, indem man nicht Ursachen und Wirkungen direkt – d.h. ohne Vermittlung durch die Sprache –, sondern Sätze und Aussagen *über* Ursachen und Wirkungen analysiert.¹

Die Beantwortung der uns hier in erster Linie beschäftigenden Frage, unter welchen Bedingungen zwischen zwei Ereignistypen A und B ein Verhältnis kausaler Relevanz bestehe, wird unter Inanspruchnahme logischer Mittel dementsprechend etwa folgende Form annehmen: A ist dann kausal relevant für B , wenn zwischen den Aussagen „ A wird instantiiert“ und „ B wird instantiiert“ ein logisches Abhängigkeitsverhältnis x besteht, wobei x noch genauer zu bestimmen sein wird und je nach kausalitätstheoretischem Ansatz variiert.

Zumal Aussagen über Ereignistypen wie „ A wird instantiiert“ auf raum-zeitliche Vorgänge Bezug nehmen, ist der Übergang von Aussagen über Instantiierungen von Ereignistypen auf solche Instanzen selbst problemlos zu bewerkstelligen. Wir werden deshalb der Kürze halber im Zuge der folgenden logischen Betrachtungen meist nicht umständlich von Aussagen wie „ A wird instantiiert“, sondern direkt von „ A “ sprechen und so tun, als bestünden zwischen Ereignistypen selbst logische Abhängigkeiten. Letztere bestehen genau genommen, wie gesagt, jedoch nur zwischen Aussagen.

2.2 WAHRHEITSFUNKTIONALITÄT

Eine wichtige Zielsetzung der Logik oder genauer der uns hier zunächst interessierenden Aussagenlogik ist die Analyse der Wahrheit von Aussagen. Dabei geht es der Logik jedoch im Gegensatz etwa zur Semantik nicht um die Bedeutung oder den außersprachlichen Bezug von Aussagen und also konkret nicht um die Frage, wie beispielsweise ein Fenster auszusehen habe, damit die Aussage „Das Fenster ist schmutzig“ wahr sei. Vielmehr bestimmt die Logik die Wahrheit von komplexen Aussagen einzig in Abhängigkeit von der Wahrheit der sie konstituierenden einfachen Aussagen, egal, was sie bedeuten. Mathematisch gewendet spricht man auch davon, dass die Aussagenlogik die Wahrheit einer komplexen Aussage als *Funktion* der Wahrheit ihrer Komposita darstelle.

¹ Vgl. Kapitel I, Abschnitt 4.3.

Unsere Sprache hält eine Vielzahl von Möglichkeiten bereit, einfache Aussagen zu komplexen zu verknüpfen. Doch lange nicht alle diese Verknüpfungsmöglichkeiten ergeben Aussagenkomplexe, deren Wahrheit sich tatsächlich als Funktion ihrer Komposita darstellen lässt. Es ist nur eine eng umrissene Klasse von Ausdrücken, die so genannten *Junktoren* wie „und“ oder „oder“, die einfache Aussagen derart zu komplexen Aussagen verbinden, dass die Wahrheit des resultierenden Aussagenkomplexes einzig abhängig ist von der Wahrheit seiner Komposita. Solche Verknüpfungen nennt man *wahrheitsfunktionale* Verknüpfungen.

2.3 KONJUNKTION UND DISJUNKTION

Konjunktion:

Unter einer Konjunktion versteht man die UND-Verknüpfung. So entsteht beispielsweise die Aussage „Ursula ist verheiratet und wohnt in Bern“ aus einer UND-Verknüpfung der beiden Teilaussagen „Ursula ist verheiratet“ und „Ursula wohnt in Bern“. Man nennt die Teile einer Konjunktion deren *Konjunkte*.

Normalerweise werden einfache Aussagen wie „Ursula ist verheiratet“ in der formalen Notation der Aussagenlogik mit kleinen (und nicht kursiven) Buchstaben „p“, „q“, „r“ usw. repräsentiert. Die UND-Verknüpfung ihrerseits symbolisiert man oft mit dem kaufmännischen „&“. Die Aussage „Ursula ist verheiratet und wohnt in Bern“ hat also die aussagenlogische Form $p \& q$. Einen Ausdruck der Form $p \& q$ nennt man *Konjunktion*.

Die Konjunktion ist, wie gesagt, eine wahrheitsfunktionale Form der Verknüpfung von Aussagen. Die Wahrheit der komplexen Aussage² $p \& q$ ist dabei wie folgt abhängig von der Wahrheit ihrer Komposita: Die Konjunktion zweier Aussagen p und q ist genau dann wahr, wenn sowohl p wie q wahr sind. Andernfalls ist $p \& q$ falsch.

Uns interessieren nun für die Analyse des Ursache-Wirkungsverhältnisses nicht irgendwelche Aussagen p und q , sondern insbesondere solche, die das Stattfinden von Ereignissen und Instantiierungen von Ereignistypen vermerken. Die obigen allgemeinen Überlegungen sind deshalb für unsere Zwecke zu spezifizieren. Das gelingt mühelos. Die Aussage $A \& B$ ist zu verstehen als „Der Faktor A und der Faktor B werden instantiiert“. $A \& B$ ist wahr, wenn ein Ereignis a und ein Ereignis b stattfinden.

Wer eine Konjunktion der Ereignistypen A und B behauptet, legt sich nicht auf ein bestimmtes räumliches und zeitliches Verhältnis der Instanzen von A und B fest. $A \& B$ ist also wahr, wenn A in der Schweiz und B in Australien instantiiert sind. Für Kausalanalysen sind solche Konjunktionen, wie wir in Kapitel II, Abschnitt 6.2 gesehen haben, nicht von Interesse. Vielmehr müssen die Faktoren

²Im Sinne einer einfachen Notation setzen wir fortan bei formalen Ausdrücken keine Anführungszeichen, um sie gegebenenfalls als Aussagen zu kennzeichnen. Der Verwendungskontext einer Formel wird jeweils explizieren, ob die Formel gebraucht oder bezeichnet wird. Nur umgangssprachliche Aussagen werden wir explizit mit Anführungszeichen kennzeichnen.

einer komplexen Ursache in einer gewissen zeitlichen und räumlichen Nähe zueinander instantiiert sein, damit die Wirkung hervorgerufen wird. Die Faktoren einer komplexen Ursache befördern das Auftreten der zugehörigen Wirkung nur dann, wenn sie als *Koinzidenz* instantiiert sind.³

Weil das Relevanzprinzip⁴ fordert, dass jeder kausal relevante Faktor seine Relevanz mindestens einmal unter Beweis zu stellen habe, ist eine Aussage wie „ $A \& B$ ist kausal relevant für C “ zu lesen als: Die Faktoren A und B sind mindestens einmal als Koinzidenz instantiiert, so dass diese Instantiierung ein Ereignis c verursacht.

Disjunktion:

Der Begriff der Disjunktion bezeichnet die einschliessende Form der ODER-Verknüpfung. (Daneben existiert eine ausschliessende ODER-Verknüpfung – „oder“ im Sinne von „entweder...oder“ –, die uns jedoch hier nicht zu interessieren braucht.) So ist etwa die Aussage „Ursula wohnt in Bern oder in Zürich“ das Resultat einer ODER-Verknüpfung der beiden Teilaussagen „Ursula wohnt in Bern“ und „Ursula wohnt in Zürich“. Man nennt die Teile einer Disjunktion deren *Disjunkte*.

Symbolisiert wird die ODER-Verknüpfung mit dem Zeichen „ \vee “. Die Aussage „Ursula wohnt in Bern oder in Zürich“ hat demnach die logische Form $p \vee q$. Die Wahrheit der komplexen Aussage $p \vee q$ ist folgendermassen abhängig von der Wahrheit ihrer Komposita: Die Disjunktion zweier Aussagen p und q ist genau dann wahr, wenn *mindestens eine* der Teilaussagen p und q wahr ist. Sie ist nur dann falsch, wenn sowohl p wie q falsch sind. Unser Beispielsatz ist demnach wahr, wenn Ursula in Bern und nicht in Zürich wohnt. Dasselbe gilt für den Fall, dass sie in Zürich und nicht in Bern wohnt oder sowohl in Bern wie auch in Zürich einen Wohnsitz hat. Der Beispielsatz ist lediglich dann falsch, wenn Ursula weder in Bern noch in Zürich residiert.

Die disjunktive Verknüpfung von Aussagen lässt sich leicht auf die Verknüpfung von Ereignistypen bzw. auf Aussagen über Ereignistypen übertragen. Eine Aussage wie $A \vee B$ ist zu verstehen als „Entweder der Faktor A oder der Faktor B wird instantiiert“. $A \vee B$ ist wahr, wenn ein Ereignis a und kein b oder ein Ereignis b und kein a oder ein a und ein b gemeinsam stattfinden. Weil das Relevanzprinzip verlangt, dass jeder kausal relevante Faktor seine Relevanz unabhängig von alternativen Ursachen unter Beweis zu stellen habe, ist eine Aussage wie „ $A \vee B$ ist kausal relevant für C “ zu lesen als: Es gibt mindestens eine Instanz von A , die ohne dass B instantiiert ist, eine Instanz von C verursacht, und es gibt mindestens eine Instanz von B , die ohne dass A instantiiert ist, eine Instanz von C verursacht.

³Zum Begriff der Koinzidenz und insbesondere zum Unterschied zwischen Koinzidenzen und Faktorenkonjunktionen vgl. Kapitel II, Abschnitt 6.2.

⁴Vgl. Kapitel III, Abschnitt 4.3.

2.4 KONDITIONAL UND BIKONDITIONAL

Konditional

„Konditional“ – bisweilen ist auch von „Implikation“ oder „Subjunktion“ die Rede – bezeichnet die WENN-DANN-Verknüpfung. Die komplexe Aussage „Wenn es regnet, dann ist die Strasse nass“ resultiert aus einer WENN-DANN-Verknüpfung der Teilsätze „Es regnet“ sowie „Die Strasse ist nass“. Den mit „wenn“ eingeleiteten ersten Teilsatz nennt man *Antezedens* oder *Vordersatz*, den zweiten Teilsatz *Konsequens* oder *Nachsatz*.

Symbolisiert wird die WENN-DANN-Verknüpfung oft mit dem Zeichen „ \rightarrow “. Die Aussage „Wenn es regnet, dann ist die Strasse nass“ hat damit die logische Form $p \rightarrow q$. Die Wahrheit der komplexen Aussage $p \rightarrow q$ ist wie folgt abhängig von der Wahrheit ihrer Komposita: Das Konditional zweier Aussagen p und q ist nur dann falsch, wenn p wahr und q falsch ist. In allen anderen Fällen ist $p \rightarrow q$ wahr.

Konditionale sind insofern bemerkenswert, als sie stets den Wahrheitswert „wahr“ annehmen, wenn der Vordersatz falsch ist. Eine Aussage wie „Wenn der Thuner See aus flüssigem Gold besteht, dann wachsen den Menschen Flügel“ gilt als wahr, obwohl beide Teilaussagen für sich falsch sind.⁵

Auch die konditionale Aussagen-Verknüpfungsform kann ohne weiteres für die Rede über Ereignisse oder Ereignistypen verwendet werden. Zwei Ereignistypen A und B stehen genau dann in einem konditionalen Abhängigkeitsverhältnis zueinander, wenn die Aussage $A \rightarrow B$ wahr ist, d.h., wenn es nicht der Fall ist, dass eine Instanz von A auftritt, B hingegen nicht instantiiert wird.

Bikonditional

Unter einem Bikonditional versteht man die GENAU-DANN-WENN-Verknüpfung. Vielfach wird diese Verknüpfungsform auch mit dem Ausdruck „Äquivalenz“ bezeichnet. So entsteht beispielsweise die komplexe Aussage „Menschen haben genau dann ein Herz, wenn sie eine Niere besitzen“ aus einer GENAU-DANN-WENN-Verknüpfung der Teilaussagen „Menschen haben ein Herz“ und „Menschen besitzen eine Niere“.

Man repräsentiert die GENAU-DANN-WENN-Verknüpfung oft mit dem Zeichen „ \leftrightarrow “. Die Aussage „Menschen haben genau dann ein Herz, wenn sie eine Niere besitzen“ hat mithin die logische Form $p \leftrightarrow q$. Die Wahrheit der komplexen Aussage $p \leftrightarrow q$ ist wie folgt abhängig von der Wahrheit ihrer Komposita: Das Bikonditional zweier Aussagen p und q ist genau dann wahr, wenn p und q dieselben Wahrheitswerte haben, d.h., wenn p und q beide entweder wahr oder falsch sind. Haben p und q divergierende Wahrheitswerte, so ist $p \leftrightarrow q$ falsch.

Der Wahrheitswert des Bikonditionals $p \leftrightarrow q$ kann auch in Abhängigkeit der beiden Konditionale $p \rightarrow q$ und $q \rightarrow p$ bestimmt werden. $p \leftrightarrow q$ ist nämlich genau dann wahr, wenn sowohl $p \rightarrow q$ wie auch $q \rightarrow p$ wahr sind.

⁵Dieser Umstand wird uns in Kapitel VII, Abschnitt 2.3 noch eingehend beschäftigen.

Die bikonditionale Verknüpfungsform kann genauso wie die WENN-DANN-Verknüpfung für die Rede über Ereignisse oder Ereignistypen verwendet werden. Zwei Faktoren A und B stehen genau dann in einem bikonditionalen Abhängigkeitsverhältnis zueinander, wenn die Aussage $A \leftrightarrow B$ wahr ist, d.h., wenn A genau dann auftritt bzw. ausbleibt, wenn B auftritt bzw. ausbleibt.

2.5 QUANTIFIKATION

Neben diesen aussagenlogischen Junktoren werden wir bei der anschliessen den logischen Rekonstruktion des Ursache-Wirkungsverhältnisses noch zwei weitere wichtige logische Operatoren verwenden: den *Existenzquantor* und den *Allquantor*. Die theoretischen Grundlagen für den Umgang mit Quantoren werden nicht von der Aussagenlogik bereitgestellt, sondern von der so genannten *Prädikatenlogik*. Aus Platzgründen müssen wir jedoch bei der folgenden Einführung von Existenz- und Allquantor auf prädikatenlogische Details gänzlich verzichten und uns auf eine umgangssprachliche Annäherung an die Quantifikationstheorie beschränken, die von allem Anfang an auf die Analyse von Aussagen über Ereignisse und Ereignistypen zugeschnitten ist.

Die Aussagenlogik behandelt ganze Sätze oder Aussagen als unanalysierte Einheiten. Durch diesen Verzicht auf eine Analyse der inneren Struktur von Sätzen gerät die Aussagenlogik bei der Wiedergabe informell schlüssiger Argumente sehr schnell an ihre Grenzen. Die Prädikatenlogik schafft hier Abhilfe. Vermittels der genannten beiden Quantoren macht eine prädikatenlogische Formalisierung gewisse Aspekte der internen Struktur formalisierter Sätze transparent. Um dies zu veranschaulichen betrachten wir ein konkretes Beispiel, und zwar das Konditional $A \rightarrow B$. Diese Formel entspricht der umgangssprachlichen Aussage „Wenn der Ereignistyp A instantiiert ist, dann ist der Ereignistyp B instantiiert“ bzw. der gleichbedeutenden Aussage

- (u) „Wenn es ein Ereignis vom Typ A gibt, dann gibt es ein Ereignis vom Typ B “.

Um die innere Struktur von (u) zu analysieren, hält die Prädikatenlogik den Existenzquantor bereit. Unter dem Existenzquantor versteht man – grob gesprochen – die Formel „Es gibt (mindestens) ein x , für das gilt ...“⁶, die man einfachen oder komplexen, d.h. konjunktiven, disjunktiven, konditionalen oder bikonditionalen, Ausdrücken voranstellen kann. Sätze, die mit dem Existenzquantor eingeleitet sind, nennt man *existenzquantifizierte* oder *singuläre* Sätze. Der Existenzquantor wird mit dem Zeichen „ \exists “ repräsentiert. Ihm zur Seite gestellt wird eine Variable – z.B. $\exists x$ oder $\exists y$ –, die über den Gegenstandsbereich läuft, über den in einem jeweiligen Fall eine Aussage gemacht wird. In unserem Zusammenhang ist der

⁶Formale Definitionen des Existenzquantors weichen z.T. stark von einer derartigen näherungsweisen Wiedergabe ab.

Gegenstandsbereich, wenn nicht anders vermerkt, auf singuläre Ereignisse festgelegt. Der Teilausdruck „Es gibt (mindestens) ein x , für das gilt ...“ bzw. formal „ $\exists x$ “ wird Ausdrücken, welche die Variable x enthalten, vorangestellt. Wir werden im vorliegenden Kontext ausschliesslich Ausdrücke mit Ereignistypen quantifizieren. So ist die Formel $\exists xAx$ zu lesen als „Es gibt mindestens ein Ereignis vom Typ A “ oder „ A wird durch mindestens ein Ereignis instantiiert“. Die Aussage (u) ist dementsprechend mit folgendem existenzquantifiziertem Konditional wiederzugeben: $\exists xAx \rightarrow \exists yBy$.

Demgegenüber behauptet ein auf Aussagen über Ereignistypen angewandter Allquantor: „Für alle x gilt, dass ...“.⁷ Der Allquantor wird wie der Existenzquantor in Verbindung mit einer Variablen einfachen oder komplexen Ausdrücken, welche die entsprechende Variable enthalten, vorangestellt. Sätze, die mit dem Allquantor eingeleitet sind, nennt man *allquantifizierte* oder *universelle* Sätze. Um den Allquantor zu symbolisieren, benutzt man das Zeichen „ \forall “. Der Ausdruck „Für alle x gilt, dass ...“ wird dementsprechend mit „ $\forall x$ “ wiedergegeben, wobei in unserem Zusammenhang auch der Gegenstandsbereich allquantifizierter Variablen auf singuläre Ereignisse festgelegt ist. $\forall x(Ax \rightarrow Bx)$ ist also ein allquantifiziertes Konditional und bedeutet: Für alle Ereignisse x gilt, dass, wenn x den Ereignistyp A instantiiert, dann auch den Typ B .

Aussagen können all- und existenzquantifiziert zugleich sein. Der Ausdruck $\exists x\forall y(Ax \rightarrow By \vee Cy)$ bedeutet in unserem Zusammenhang: Es gibt ein Ereignis x derart, dass, wenn x den Typ A instantiiert, alle Ereignisse y den Typ B oder den Typ C instantiieren.

2.6 ABKÜRZUNG DER NOTATION

Für die logische Formalisierung von Kausalaussagen wird in der Folge insbesondere der konditionale Junktor von Bedeutung sein. So schlägt beispielsweise der im nächsten Abschnitt vorzustellende kausaltheoretische Ansatz **HB** vor, eine Aussage wie „ A ist kausal relevant für B “ zu verstehen als Konditional der Form „Immer wenn A instantiiert ist, dann auch B “. Wie ist diese Aussage im Formalismus der Prädikatenlogik wiederzugeben? Erläuterung II.1 hat gezeigt, dass es sich bei Ursachen und Wirkungen um distinkte Ereignisse handelt. Ereignisse sind nicht Ursache ihrer selbst. Damit ist klar, dass der Ereignistyp im Antezedens jenes Konditionals durch ein Ereignis instantiiert wird, das von der Instanz des Faktors im Konsequens verschieden ist. Versteht man „ A ist kausal relevant für B “ als „Immer wenn A instantiiert ist, dann auch B “, kann folglich nicht gemeint sein $\forall x(Ax \rightarrow Bx)$, denn an die Stelle der Variable x kann hier jeweils nur der Name ein und desselben singulären Ereignisses eingesetzt werden. Gemeint ist aber auch nicht $\forall x\forall y(Ax \rightarrow By)$, zumal dies besagt, dass immer wenn der Faktor A instantiiert ist, alle Ereignisse des Typs B stattfinden.

⁷ Auch hier gilt es zu bedenken, dass eine formallogische Einführung des Allquantors erheblich von dieser umgangssprachlichen Annäherung abweichen kann.

Wer „ A ist kausal relevant für B “ behauptet, will gemäss HB sagen, dass immer wenn der Ursachentyp A durch ein Ereignis x instantiiert ist, (mindestens) ein Ereignis y des Wirkungstyps B auftritt und dieses Ereignis y von x verschieden ist. Der prädikatenlogische Ausdruck für diese Behauptung ist:

$$\forall x \exists y (Ax \rightarrow By \ \& \ x \neq y).$$

Konditionalen dieser Form werden wir in der Folge wiederholt begegnen. Der einfacheren Lesbarkeit halber werden wir uns dabei einer abgekürzten Schreibweise bedienen, die im Falle von Aussagen, die nach diesem Muster zu verstehen sind, auf die explizite Anführung der Quantoren und Ereignisvariablen verzichtet. Auch die Bedingung dahingehend, dass die Instanzen der Faktoren im Antezedens von den Instanzen der Faktoren im Konsequens verschieden sind, wollen wir nicht jedes Mal explizit machen, sondern jeweils implizit voraussetzen. Zu diesem Zweck führen wir das Zeichen „ \mapsto “ ein und setzen fest, dass Sätze ohne Quantoren und Variablen wie $A \mapsto B$ oder $AC \mapsto B$ als Konditional zu interpretieren sind derart, dass die Variable, die über die Instanzen der Faktoren im Antezedens läuft, durch einen Allquantor und die Variable, die über die Instanzen der Faktoren im Konsequens läuft, durch einen Existenzquantor gebunden ist, und ferner die Instanzen der Faktoren in Antezedens und Konsequens verschieden sind. Auf der anderen Seite sei ein herkömmliches Konditional wie $A \rightarrow B$ zu lesen als $\exists x Ax \rightarrow \exists y By$ oder äquivalenterweise als $\forall x \exists y (Ax \rightarrow By)$. Analog bedeute ein Konditional mit negierten Ereignistypen wie $\bar{A} \rightarrow \bar{B}$: $\neg \exists x Ax \rightarrow \neg \exists y By$ bzw. $\forall x \exists y (\neg Ax \rightarrow \neg By)$. Die jeweils zweite, logisch äquivalente Lesart von $A \rightarrow B$ bzw. $\bar{A} \rightarrow \bar{B}$ führen wir explizit auf, damit die Unterschiede zwischen $A \rightarrow B$ und $\bar{A} \rightarrow \bar{B}$ einer- und $A \mapsto B$ andererseits deutlich werden. In der Folge gelte mithin die folgende Interpretationskonvention:

$$\begin{aligned} A \rightarrow B & \text{ ist Abkürzung von } \exists x Ax \rightarrow \exists y By \quad \text{bzw.} \\ & \forall x \exists y (Ax \rightarrow By) \\ \bar{A} \rightarrow \bar{B} & \text{ ist Abkürzung von } \neg \exists x Ax \rightarrow \neg \exists y By \quad \text{bzw.} \quad (\text{IK}) \\ & \forall x \exists y (\neg Ax \rightarrow \neg By) \\ A \mapsto B & \text{ ist Abkürzung von } \forall x \exists y (Ax \rightarrow By \ \& \ x \neq y). \end{aligned}$$

Wir werden im Folgenden nur dann einen formalen Ausdruck mit expliziter Nennung von Quantoren einleiten und mit Ereignisvariablen versehen, wenn der betreffende Ausdruck in Abweichung von dieser Interpretationskonvention zu verstehen ist.

3 HINREICHENDE BEDINGUNGEN

3.1 KAUSAL RELEVANTE FAKTOREN ALS HINREICHENDE BEDINGUNGEN

David Hume⁸ und später John Stuart Mill⁹ haben argumentiert, es finde sich in oder an einer Sequenz einzelner Ereignisse nichts, das diese als Ursachen oder Wirkungen auszeichnen würde. Eine solche Auszeichnung komme erst zustande, wenn die betreffende Ereignissequenz ein Konditional der Form „Immer wenn A , dann B “ erfülle, d.h., wenn die Sequenz zweier verschiedener Ereignisse a und b die beiden Ereignistypen A und B instantiiere, welche ihrerseits in einem konditionalen Abhängigkeitsverhältnis stehen.¹⁰ Letzteres ist der Fall, wenn die Aussage $A \mapsto B$ – interpretiert nach dem Muster von (IK) – wahr ist. Eine Ursache sei, so Hume,

an object, followed by another, and where all the objects, similar to the first, are followed by objects similar to the second.¹¹

Damit ein Ereignis a als Ursache einer Wirkung b bestimmt werden kann, muss es demnach einen Typ von Ereignis A instantiiieren derart, dass auf eine Instanz von A immer eine Instanz des Faktors B , der durch b instantiiert wird, folgt. Wenn für zwei Ereignistypen A und B gilt, dass immer wenn A auftritt, B auftritt, so sagt man einer gängigen logischen Terminologie zufolge, A sei *hinreichend* für B bzw. A sei eine *hinreichende Bedingung* von B . Unter Verwendung des Begriffs der hinreichenden Bedingung ist Humes und Mills Definitionsvorschlag (HB) für den Begriff kausaler Relevanz wie folgt wiederzugeben:

Hinreichende Bedingung: Ein Ereignistyp A ist genau dann eine hinreichende Bedingung eines Ereignistyps B , wenn es für jedes Ereignis a des Typs A ein Ereignis b des Typs B gibt bzw. wenn gilt: $A \rightarrow B$.

Kausale Relevanz und hinreichende Bedingungen I (HB): Ein Ereignistyp A ist genau dann kausal relevant für einen Typ B , wenn A eine hinreichende Bedingung von B ist und die Instanzen von A und B jeweils verschieden sind, d.h., wenn gilt: $A \mapsto B$.

Die einschränkende Zusatzbedingung dahingehend, dass die Instanzen von Ursachen und Wirkungen jeweils differieren müssen, dient nicht nur dem Zweck,

⁸Vgl. Hume (1978 (1740)) oder Hume (1999 (1748)).

⁹Vgl. Mill (1879 (1843)).

¹⁰In Kapitel I, S. 17, haben wir gesehen, dass auch Galileo Galilei in dieser Richtung nach einem Kriterium gesucht hat, das Ursache-Wirkungsbeziehungen kennzeichnet.

¹¹Hume (1999 (1748)), S. 146.

die Möglichkeit von Selbstverursachung auszuschliessen, sondern verhindert darüber hinaus auch die kausale Interpretierbarkeit der Abhängigkeit zwischen logisch oder mengentheoretisch voneinander abhängigen Faktoren. So gilt beispielsweise, dass, immer wenn ein Mensch spazieren geht, ein Spaziergang eines Lebewesens stattfindet – dies einfach deshalb, weil die Instanzenmenge des ersten Faktors Teilmenge ist der Instanzenmenge des zweiten Faktors. Doch obwohl mithin der Faktor ‚Spaziergang eines Menschen‘ hinreichend ist für den Faktor ‚Spaziergang eines Lebewesens‘, ist der erste Faktor nicht Ursache des zweiten.

Eine konditionale Abhängigkeit der Form $A \rightarrow B$ nennt man auch eine *Regularität* zwischen A und B .¹² HB könnte ebenfalls mit Hilfe des Begriffs der Regularität formuliert werden: Ein Ereignistyp A ist genau dann kausal relevant für einen Typ B , wenn zwischen A und B eine Regularität besteht und die Instanzen von A und B jeweils verschieden sind. Sämtliche Kausalitätstheorien, die kausale Relevanz in der einen oder anderen Form von einem konditionalen Abhängigkeitsverhältnis zwischen Kausalfaktoren abhängig machen, heissen dementsprechend *Regularitätstheorien* der Kausalität.

Der Leser möge zunächst für sich die Brauchbarkeit dieses Begriffes kausaler Relevanz an den nun schon verschiedentlich analysierten Geschichten und Simulationen prüfen. Diese Evaluation sollte von der Frage geleitet sein, ob Ereignistypen, die im Sinne von HB hinreichend sind für das Auftreten anderer Typen, immer auch als deren Ursachen angesprochen werden können.

📖 ÜBUNG: *hinreichende Bedingungen und Geschichten*

📖 ÜBUNG: *hinreichende Bedingungen und Simulationen*

3.2 KRITISCHE BEURTEILUNG VON HB

Kausaldiagnosen, die mit Hilfe von HB gewonnen werden, stimmen keineswegs immer mit gängigen kausalen Urteilen überein. So würde man etwa durchaus dem Abschlag eines Golfballes kausale Relevanz zusprechen für dessen Einlochen, obwohl mitnichten jeder abgeschlagene Golfball sein Ziel erreicht. Es soll nun im Detail untersucht werden, weshalb HB keine befriedigende Definition des Begriffs kausaler Relevanz abgibt.

Zumal wir im weiteren Verlauf der nachfolgenden Darstellungen immer wieder vor der Aufgabe stehen werden, solche Definitionsvorschläge kritisch zu beurteilen, soll an dieser Stelle zunächst ein allgemeines Testverfahren für Definitionen des Begriffs kausaler Relevanz entwickelt werden.

¹²Kapitel VII, Abschnitt 2.3 wird ausführlich auf diesen Begriff zurückkommen.

3.2.1 TESTVERFAHREN

Obwohl wir unsere Aufmerksamkeit jetzt von intuitiven weg und hin zu theoretischen Kausaldiagnosen verlagert haben, bleibt kausalem Alltagswissen weiterhin ein grosser Stellenwert vorbehalten. Eine Theorie, die Antworten auf die Frage zu liefern beansprucht, wann zwei Ereignistypen in einem Ursache-Wirkungsverhältnis zueinander stehen, muss ihre diagnostische Qualität an alltäglichen Prozessen, deren kausale Strukturen wohl bekannt sind, unter Beweis stellen. Erst nachdem mit einer Kausaltheorie gängige Kausalurteile haben reproduziert werden können, ist die Theorie auch im Hinblick auf Prozesse anwendbar, deren Kausalstrukturen uns nicht geläufig sind. Ein Vorschlag zur Definition des Begriffs kausaler Relevanz besteht den Brauchbarkeitstest also nur, wenn seine Kausaldiagnosen sich mit alltäglichen decken.

Die in diesem und künftigen Kapiteln besprochenen theoretischen Ansätze zur Bestimmung des Begriffs der kausalen Relevanz sollen anhand folgenden Verfahrens auf ihre Tauglichkeit geprüft werden:

- (i) Zunächst wird ein Definitionsvorschlag (V) dargestellt, der klären soll, unter welchen Bedingungen ein Zusammenhang zwischen zwei Ereignistypen *A* und *B* kausaler Natur ist.
- (ii) Danach werden zwei Testsätze, *T1* und *T2*, formuliert, welche je eine Aussage machen über den einer gängigen kausalen Intuition zufolge (*T1*) bzw. den gemäss einem jeweiligen V (*T2*) bestehenden kausalen Zusammenhang zwischen *A* und *B*:

T1: *A* ist *unserer Intuition zufolge* kausal relevant für *B*.

T2: *A* ist *V zufolge* kausal relevant für *B*.

- (iii) Im dritten Schritt wird eine aus dem Alltag vertraute Beispielsituation *S* betrachtet, in der mindestens¹³ einer der Ereignistypen *A* und *B* instantiiert ist, so dass man intuitiv über das Vorliegen einer kausalen Verknüpfung zwischen *A* und *B* befinden und V anwenden kann.
- (iv) Anschliessend ist zu prüfen, ob V in Anbetracht von *S* für den Zusammenhang zwischen *A* und *B* eine Kausaldiagnose stellt, die sich mit kausalem Alltagswissen deckt oder nicht. Das heisst, es ist zu untersuchen, ob *T1* und *T2* in *S* denselben Wahrheitswert annehmen.
- (v) Ein Definitionsvorschlag V ist als unzulänglich zu verwerfen, wenn sich die Wahrheitswerte des am kausalen Alltagswissen orientierten Urteils und

¹³Weshalb in *S* nicht notwendigerweise beide untersuchten Faktoren instantiiert sein müssen, wird im Rahmen der nachfolgenden Anwendung des Testverfahrens auf konkrete Beispielfälle deutlich werden.

der theoretischen Kausaldiagnose unterscheiden, d.h., wenn $T1$ und $T2$ in S nicht denselben Wahrheitswert annehmen. V wird bestätigt, wenn in S die Wahrheitswerte von $T1$ und $T2$ nicht divergieren.

Man wird gegen dieses Testverfahren, so wie es bis hierher dargestellt worden ist, wahrscheinlich einwenden wollen, dass die Wahrheitswerte, die $T1$ und $T2$ annehmen, ganz entscheidend von der Wahl der untersuchten Beispielsituation S abhängen. Es ist durchaus denkbar, dass $T1$ und $T2$ zwar in einer von uns im Rahmen des Testverfahrens betrachteten Situation S_i denselben Wahrheitswert annehmen, wohingegen dies in einer anderen, unbeachteten Situation S_j nicht der Fall wäre. Insofern ist es natürlich für eine aussagekräftige Beurteilung der Brauchbarkeit eines Definitionsvorschlages V unerlässlich, die Wahrheitswerte von $T1$ und $T2$ jeweils an sämtlichen logisch möglichen Beispielsituationen zu vergleichen. Wir werden in der Folge jedoch nicht den Platz haben, diesen Test in seiner ganzen Ausführlichkeit durchzuführen. Deshalb werden wir uns jeweils auf eine gezielt ausgewählte Beispielsituation beschränken, an der sich gegebenenfalls divergierende Wahrheitswerte von $T1$ und $T2$ deutlich zeigen.

Trotzdem sei hier der Vollständigkeit halber erwähnt, wie der Test in extenso durchzuführen wäre. Zur Veranschaulichung des kompletten Testverfahrens gehen wir von der in Abbildung IV.1 dargestellten Kausalstruktur aus. Zwei der Faktoren dieses Graphen – C und D – treten ohne Anbindung an andere, sie verursachende Faktoren auf. Derartige Faktoren sind in Kapitel III, Abschnitt 3.1 als *Wurzelfaktoren* eines Kausalgraphen bezeichnet worden. In der Regel unterstellt man, dass Wurzelfaktoren unabhängig voneinander manipuliert werden können, d.h., dass sämtliche logisch möglichen Koinzidenzen von Wurzelfaktoren realisierbar sind. Diese Koinzidenzen von an- und abwesenden Wurzelfaktoren konstituieren die verschiedenen logisch möglichen Beispielsituationen, anhand derer die Testsätze $T1$ und $T2$ auf ihre Wahrheitswerte hin zu vergleichen sind. Zumal zwischen Wurzelfaktoren keine logischen oder kausalen Abhängigkeiten bestehen,¹⁴ sind insgesamt 2^n verschiedene Kombinationen hinsichtlich der An- und Abwesenheit von n Wurzelfaktoren denkbar. Um diese für einen bestimmten kausalen Vorgang logisch möglichen Beispielsituationen systematisch darzustellen und zu untersuchen, bedient man sich einer Variante der in Kapitel II eingeführten Koinzidenztabelle. Die so genannten *Prüftabellen* werden nach folgendem Verfahren erstellt:

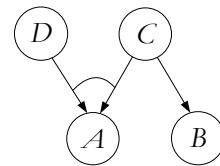


Abb. IV.1: Beispielgraph.

¹⁴Die Voraussetzung, dass zwischen Faktoren wie C und D keine kausale Verbindung besteht, ergibt sich aus deren Charakterisierung als Wurzelfaktoren (vgl. Kapitel III, Abschnitt 3.1). Die logische Unabhängigkeit andererseits folgt aus dem Umstand, dass C und D in diesem Zusammenhang eine Koinzidenz bilden. Für Koinzidenzen ist in Kapitel II, Abschnitt 6.2 festgelegt worden, dass ihre Elemente logisch voneinander unabhängig sind.

- (1) Als Erstes bestimme man die Wurzelfaktoren einer untersuchten Kausalstruktur.
- (2) Anschliessend erzeuge man eine Tabelle, deren Spalten mit den Wurzelfaktoren beginnen und danach die übrigen Faktoren auflisten. Man erstelle 2^n Zeilen mit den Situationen S_1 bis S_{2^n} , die allen möglichen Kombinationen von an- und abwesenden Wurzelfaktoren entsprechen. Mit „1“ wird der Fall markiert, dass ein jeweiliger Wurzelfaktor in einer gegebenen Koinzidenz von Wurzelfaktoren auftritt, und mit „0“ der Fall, dass er darin ausbleibt.
- (3) Nach den Zusammenhängen der analysierten Kausalstruktur werden nun die Werte für das Auftreten oder Ausbleiben der übrigen in der Struktur enthaltenen Faktoren (Wirkungstypen) bestimmt.

Fertigen wir exemplarisch eine solche Prüftabelle für den in Abbildung IV.1 dargestellten Kausalzusammenhang an:

- (1) Die Wurzelfaktoren sind C und D .

(2)	Situation	C	D	A	B
	S_1	1	1		
	S_2	1	0		
	S_3	0	1		
	S_4	0	0		

(3)	Situation	C	D	A	B
	S_1	1	1	1	1
	S_2	1	0	0	1
	S_3	0	1	0	0
	S_4	0	0	0	0

Nachdem man sich in dieser Weise eine Übersicht über die möglichen Faktorenkoinzidenzen eines untersuchten Kausalprozesses verschafft hat, ist es nur noch ein kleiner Schritt bis zur Beurteilung der Qualität eines Vorschlages zur Definition kausaler Relevanz. Ein Definitionsvorschlag V besteht den Test nur, wenn eine auf seiner Basis erstellte Prüftabelle mit einer Prüftabelle, die auf kausalem Alltagswissen gründet, übereinstimmt. Oder anders gewendet: Ein V wird durch den Test gestützt, wenn die Testsätze $T1$ und $T2$ in allen Situationen S_1 bis S_{2^n} denselben Wahrheitswert annehmen.

Aus Platzgründen werden wir in der Folge jedoch, wie gesagt, auf die vollständige Durchführung dieses Tests verzichten und uns jeweils auf einen Vergleich der Wahrheitswerte von $T1$ und $T2$ an einzelnen ausgewählten Beispielsituationen beschränken.

3.2.2 ANWENDUNG DES TESTVERFAHRENS AUF HB

Den ersten, in Punkt (i) des Testverfahrens dargestellten Schritt auf dem Weg zu einer Evaluation von HB haben wir bereits in Abschnitt 3.1 gemacht. Gehen wir also direkt zu Schritt (ii). Dazu betrachten wir die folgenden Testsätze:

T1: A ist kausal relevant für B .

T2: Es gilt: $A \mapsto B$ (d.h., A ist gemäss HB kausal relevant für B).

Um *T1* und *T2* einander anhand einer Beispielsituation gegenüberzustellen, muss für A und B als Erstes eine Interpretation festgelegt werden:

A	=	Anreissen eines Streichholzes an einer Streichholzschachtel
B	=	Entflammen eines Streichholzes.

Jetzt sind die beiden Testsätze in Bezug auf ihre Wahrheitswerte in einer Beispielsituation (S_1) vergleichbar:

S_1 : Ein Streichholz wird an der Schachtel angerissen, entflammt aber nicht, weil es feucht ist.

In S_1 nehmen *T1* und *T2* die folgenden Wahrheitswerte an:

T1 ist wahr: Obwohl B in S_1 ausbleibt, betrachten wir A als Ursachentyp von Ereignissen des Typs B . *T1* ist demnach auch angesichts von S_1 wahr: Das Anreissen eines Streichholzes ist kausal relevant für dessen Entflammen. Allerdings entfaltet A seine kausale Relevanz für B nur in Situationen, die von S_1 verschieden sind. Ist ein Streichholz nicht feucht, kann eine Instanz von A durchaus eine Instanz von B verursachen.

T2 ist falsch: *T2* ist falsch, da der Vordersatz von $A \mapsto B$ wahr (das Streichholz wird tatsächlich angerissen), der Nachsatz hingegen falsch ist (das Streichholz entflammt nicht). In S_1 wird A instantiiert und trotzdem findet kein Ereignis vom Typ B statt.

T1 und *T2* divergieren in S_1 hinsichtlich ihrer Wahrheitswerte. Aus diesem Befund ist aufgrund der in Punkt (v) des Testverfahrens formulierten Schlussregel zu folgern, dass der Definitionsvorschlag HB für eine Analyse des Begriffs der kausalen Relevanz *ungeeignet* ist.

3.3 CETERIS-PARIBUS-KLAUSEL

Es ist Hume und Mill freilich nicht entgangen, dass Ereignistypen, deren Instanzen nicht ausnahmslos korreliert auftreten, unter Umständen trotzdem in einem Verhältnis kausaler Relevanz zueinander stehen. ‚Regen‘ ist ein Ursachentyp von ‚nasses Tulpenbeet‘, auch wenn das Tulpenbeet einmal trotz Regenschauers,

etwa weil es durch eine Plane geschützt ist, trocken bleibt. Insofern gibt HB nicht genau die von Hume und Mill vorgeschlagene Definition kausaler Relevanz wieder. Ein konditionales Abhängigkeitsverhältnis zwischen den Instanzen zweier Ereignistypen *A* und *B* muss Hume und Mill zufolge nicht simpliciter bestehen, d.h., *B* muss nicht unter *allen Umständen* auf eine Instanz von *A* folgen, damit *A* kausal relevant ist für *B*. Vielmehr gebühre *A* kausale Relevanz für *B*, wenn die Instanzen von *A* in gleichen Situationen bzw. „plac'd in like circumstances“¹⁵ gemeinsam mit solchen von *B* auftreten. Anstatt von „gleichen Situationen“ spricht man heute vielfach auch von „gleich bleibenden Hintergrundbedingungen“. Diese spezifizierende Einschränkung von HB nennt man die *ceteris-paribus*-Klausel.

Der Begriff der *ceteris-paribus*-Klausel ist grundsätzlich vage. Wann sind zwei Situationen gleich oder auch nur ähnlich? Welches sind die Hintergrundbedingungen, die bestehen bleiben müssen, damit Hume von „like circumstances“ sprechen würde? Spätere Kapitel werden sich eingehender mit diesen Fragen beschäftigen. Vorläufig wollen wir uns nur an einem konkreten Beispiel eine ungefähre Vorstellung davon machen, was mit der *ceteris-paribus*-Klausel gemeint ist.¹⁶

Betrachten wir dazu erneut ein Streichholz, das an der Schachtel angerissen wird. Diesmal aber entflamme es erwartungsgemäss. Diese Situation heisse „S₂“. Welche Bedingungen muss eine andere Situation S₃ verglichen mit S₂ erfüllen, damit Hume zufolge von „like circumstances“ die Rede sein kann? Es liegt auf der Hand, dass keine von S₂ verschiedene Situation S₃ in sämtlichen Merkmalen mit S₂ übereinstimmt. Mindestens in ihrer räumlichen oder zeitlichen Lokalität wird sich jede Situation S₃, in der ein Streichholz angerissen wird, von S₂ unterscheiden. Damit man mit Hume von „like circumstances“ sprechen kann, müssen S₂ und S₃ lediglich gewisse signifikante Eigenschaften teilen. So wird das Streichholz in S₂ etwa mit einer bestimmten Geschwindigkeit und einem bestimmten Druck angerissen, in S₂ ist Sauerstoff anwesend, das Streichholz hat einen entflammbaren Kopf und ist trocken. Wenn eine Situation S₃ hinsichtlich dieser Gruppe von Merkmalen, von denen hier bloss einige exemplarisch herausgegriffen sind, S₂ entspricht, ist die *ceteris-paribus*-Klausel erfüllt, d.h., bei S₂ und S₃ handelt es sich um „like circumstances“. Die Merkmale, die Ähnlichkeit zwischen S₂ und S₃ konstituieren, haben eine Gemeinsamkeit: Sie entsprechen den Ereignistypen, die in S₂ eine kausal relevante Rolle spielen.¹⁷

Hume und Mill schränken HB also mit Hilfe der *ceteris-paribus*-Klausel ein:

¹⁵Hume (1978 (1740)), S. 105.

¹⁶Eine aufschlussreiche Analyse des Begriffs der *ceteris-paribus*-Klausel findet sich bei May (1999), S. 79-95.

¹⁷In Kapitel IX werden wir von zwei Situationen, die bezüglich der in ihnen instantiierten kausal relevanten Faktoren übereinstimmen, sagen, sie seien *homogen*.

Kausale Relevanz und hinreichende Bedingungen II (HCP): Ein Ereignistyp A ist genau dann kausal relevant für einen Typ B , wenn A *ceteris paribus* eine hinreichende Bedingung von B ist und die Instanzen von A und B jeweils verschieden sind, d.h., wenn *ceteris paribus* gilt: $A \mapsto B$.

Auf der Grundlage von HCP gelingt es nun, für das Streichholz-Beispiel kausale Diagnosen zu stellen, die intuitionskonform sind. Hat sich ein Ereignistyp A in Situationen, die in relevanter Hinsicht mit S_2 übereinstimmen, als hinreichend für B erwiesen, verliert er seine kausale Relevanz nicht, wenn er in einer Situation der Art S_1 (vgl. Abschnitt 3.2.2) ohne Instanz von B auftritt. S_1 und S_2 genügen der *ceteris-paribus*-Klausel nicht. Denn, zumal im einen Fall das Streichholz trocken, im anderen aber feucht ist, differieren S_1 und S_2 in relevanter Hinsicht.

3.4 KRITISCHE BEURTEILUNG VON HCP

Nichtsdestotrotz aber liefert auch HCP für etliche Vorgänge Kausaldiagnosen, die alltäglichen kausalen Urteilen entgegenlaufen. HCP werde aus diesem Grund desgleichen mit Hilfe unseres Testverfahrens einer Evaluation unterzogen. Betrachtet seien hierzu die Testsätze:

$T1$: A ist kausal relevant für B .

$T2$: Es gilt *ceteris paribus*: $A \mapsto B$ (d.h., A ist gemäss HCP kausal relevant für B).

A und B sollen diesmal stehen für:

- A = Sinken des Standes des Barometers am meteorologischen Institut der Universität Bern
- B = Wetterverschlechterung in Bern.

Als Testsituation diene:

S_4 : Der Stand des Barometers am meteorologischen Institut der Universität Bern sinkt, worauf sich das Berner Wetter markant verschlechtert. Das fragile Barometer funktioniert einwandfrei und sinkt vor Witterungsumschlägen immer.

$T1$ ist falsch: Obwohl B in S_4 auf A folgt, betrachten wir A nicht als möglichen Ursachentyp von Ereignissen des Typs B , und dies ungeachtet der Tatsache, dass B *ceteris paribus* immer instantiiert ist, wenn eine Instanz von A auftritt. Das heisst, obgleich A im Sinne von HCP *ceteris paribus* hinreichend ist für B , ist A nicht Ursache von B .

T2 ist wahr: $T2$ ist in S_4 wahr, da sowohl der Vordersatz von $A \mapsto B$ in S_4 und allen in relevanter Hinsicht mit S_4 übereinstimmenden Situationen wie auch der Nachsatz wahr sind.

Die Wahrheitswerte von $T1$ und $T2$ divergieren. Aufgrund der in Punkt (v) des Testverfahrens formulierten Schlussregel ist daher auch HCP für eine Analyse des Begriffs kausaler Relevanz *nicht geeignet*.

Es gibt zahllose Ereignistypen, deren Instanzen *ceteris paribus* mit Regelmäßigkeit gemeinsam auftreten, ohne dass sie in irgendeiner Weise kausal verknüpft wären. Zur Veranschaulichung einer solchen Faktorenkonstellation wählt man vielfach das Verhalten eines Barometerzeigers bei einem Witterungsumschlag. Unter normalen Umständen, d.h., wenn das Barometer nicht defekt ist, sinkt dessen Zeiger immer, bevor das Wetter sich verschlechtert. Obwohl das Sinken des Barometers somit *ceteris paribus* hinreichend ist für einen Wetterumschlag, würde man nicht sagen wollen, Barometer seien kausal für die Witterungsverhältnisse verantwortlich. In Tat und Wahrheit treten das Sinken eines Barometerzeigers und die Verschlechterung des Wetters gemeinsam auf, weil sie eine *gemeinsame Ursache* haben: den Aufzug einer Tiefdruckzone. Die kausalen Zusammenhänge, die solchen multiplen Wirkungen bzw. Epiphänomenen¹⁸ unterlegt sind, können auf der Grundlage von HCP generell nicht korrekt analysiert werden.

Oft wird noch ein zweiter Einwand gegen HCP geltend gemacht. Ist ein Faktor A für das Auftreten einer Wirkung B *ceteris paribus* im Sinne von HCP hinreichend, so resultiert aus der konjunktiven Anreihung eines *beliebigen* weiteren Faktors R an A ein Faktorenbündel, das ebenfalls eine hinreichende Bedingung von B ist. Angenommen, A stehe für ‚Aufzug einer Tiefdruckzone über Bern‘ und B für ‚Witterungsumschlag in Bern‘. A ist *ceteris paribus* hinreichend für B und wird von HCP korrekterweise auch als Ursachentyp von B ausgewiesen. Nun erweitern wir A um den Typ R zum Faktorenbündel AR , wobei R für die ‚Grünfärbung der Bundeshauskuppel‘¹⁹ stehe. Wenn *ceteris paribus* gilt: $A \mapsto B$, so gilt natürlich *ceteris paribus* genauso: $AR \mapsto B$. HCP muss demnach nicht nur A , sondern fälschlicherweise auch R kausale Relevanz für B zusprechen.

4 NOTWENDIGE BEDINGUNGEN

4.1 KAUSAL RELEVANTE FAKTOREN ALS NOTWENDIGE BEDINGUNGEN

Thomas Hobbes hat Ursachen in zwei Kategorien eingeteilt: die vollständigen und die notwendigen Ursachen.²⁰ Auf eine vollständige Ursache folgt immer die Wirkung, während diese bei Ausbleiben einer notwendigen Ursache nicht auftritt. Dieser Ansatz ermöglicht es, auch dann von Ursachen zu sprechen, wenn kein

¹⁸Zum Begriff des Epiphänomens vgl. Abschnitt 3.7 von Kapitel III.

¹⁹Man erinnere sich an den in Kapitel II eingeführten *weiten* Ereignisbegriff, der Zustände ebenso umfasst wie Zustandsveränderungen.

²⁰Vgl. Hobbes (1997), Kap. IX, Abschnitt 3, S. 125-132, oder auch Kapitel I, Abschnitt 4.1.

konditionales Abhängigkeitsverhältnis im Sinne Humes und Mills zwischen den Instanzen zweier Faktoren besteht. Eine Ursache kann Hobbes zufolge mitunter als *conditio sine qua non* der zugehörigen Wirkung analysiert werden. Verallgemeinert auf die Ebene von Ereignistypen und übertragen in eine moderne Terminologie ergibt sich aus diesen Hobbesschen Überlegungen folgender Definitionsvorschlag für den Begriff der kausalen Relevanz: Ein Ereignistyp A ist genau dann kausal relevant für einen zweiten Typ von Ereignis B , wenn ohne Instantiierung von A keine Instanz von B eintritt und die Instanzen von A und B verschieden sind. Das heisst, jedes Mal, wenn B instantiiert wird, findet auch eine Instanz von A statt. Es gilt also gemäss diesem Ansatz gleichermassen: A ist genau dann kausal relevant für B , wenn B hinreichend ist für A und die Instanzen von A und B verschieden sind.

Die Logik hält auch für ein solches Verhältnis zwischen zwei Ereignistypen A und B einen Terminus technicus bereit: A ist *notwendig* für oder eine *notwendige Bedingung* von B . Ohne eine Instanz von A tritt keine Instanz von B auf bzw., wenn B instantiiert ist, findet eine Instanz von A statt. Formal kann dieser Zusammenhang gleich wie im Fall hinreichender Bedingungen mit Hilfe eines Konditionals ausgedrückt werden: Ein Faktor A ist notwendig für einen Faktor B , wenn gilt: $\bar{A} \rightarrow \bar{B}$ bzw. $B \rightarrow A$.

Notwendige Bedingung: Ein Ereignistyp A ist genau dann eine notwendige Bedingung eines Ereignistyps B , wenn es ohne ein Ereignis a des Typs A kein Ereignis b des Typs B gibt bzw. wenn gilt: $\bar{A} \rightarrow \bar{B}$ bzw. $B \rightarrow A$.

Kausale Relevanz und notwendige Bedingungen I (NB): Ein Ereignistyp A ist genau dann kausal relevant für einen Typ B , wenn A eine notwendige Bedingung von B ist und die Instanzen von A und B jeweils verschieden sind, d.h., wenn gilt: $B \mapsto A$.²¹

Bevor das Testverfahren auch auf NB Anwendung finden wird, hat der Leser nun Gelegenheit, diesen neuerlichen Begriff kausaler Relevanz anhand zweier Übungen zu evaluieren. Es gilt die Frage zu beantworten, ob Ereignistypen, die notwendig sind für das Auftreten anderer Typen, immer auch als deren Ursachen angesprochen werden können.

🔗 ÜBUNG: *Notwendige Bedingungen und Geschichten*

🔗 ÜBUNG: *Notwendige Bedingungen und Simulationen*

²¹Man könnte $B \mapsto A$ im Definiens von NB auch durch den äquivalenten Ausdruck $\forall x \exists y (\neg(Ax \ \& \ x \neq y) \rightarrow \neg By)$ ersetzen.

4.2 KRITISCHE BEURTEILUNG VON NB

Wie **HB** soll auch **NB** anhand des Streichholz-Beispiels geprüft werden. Betrachten wir also die beiden Testsätze:

T1: A ist kausal relevant für B .

T2: Es gilt: $B \mapsto A$ (d.h., A ist gemäss **NB** kausal relevant für B).

A und B sollen stehen für:

- A = Anreissen eines Streichholzes an einer Streichholzschachtel
- B = Entflammen eines Streichholzes.

Die Testsätze *T1* und *T2* seien anhand der Situation S_5 auf ihre Wahrheitswerte hin verglichen.

S_5 : Ein Streichholz fängt Feuer, nachdem es in eine mit dem im Zündkopf enthaltenen Schwefel reagierende Chemikalie eingetaucht worden ist.

T1 ist wahr: Obwohl B in S_5 nicht als Folge einer Instanz von A auftritt, ist das Anreissen eines Streichholzes kausal relevant für dessen Entflammen. Freilich kann A seine kausale Relevanz nur in Situationen unter Beweis stellen, die von S_5 in relevanter Hinsicht verschieden sind. Es gibt unter Umständen diverse Ursachentypen, deren Instanzen Ereignisse vom Typ B herbeiführen. Tritt in einer Testsituation, in der B instantiiert ist, nur einer dieser Ursachentypen auf, verlieren die übrigen ihre kausale Relevanz für B nicht.

T2 ist falsch: *T2* ist falsch in S_5 , da der Vordersatz von $B \mapsto A$ wahr ist, d.h., das Streichholz entflammt, während sein Nachsatz falsch ist, denn das Streichholz wird nicht angestrichen. Das Anstreichen eines Streichholzes ist nicht notwendig für dessen Entflammen. Ein Streichholz kann auf den verschiedensten kausalen Wegen Feuer fangen.

Die in Punkt (v) des Testverfahrens formulierte Schlussregel verlangt angesichts dieses Befundes, dass die Brauchbarkeit von **NB** gleich beurteilt wird, wie schon diejenige von **HB** und **HCP**: Der Definitionsvorschlag **NB** ist für eine Analyse des Begriffs kausaler Relevanz *ungeeignet*.

Es gibt in den allermeisten Fällen mehrere alternative Ursachen für eine Wirkung. Neben einem Ursachentyp A existieren andere Faktoren, deren Instanzen ebenfalls in der Lage sind, die entsprechende Wirkung hervorzurufen. A ist damit nicht notwendig für die fragliche Wirkung. Regen kann als Ursache für die nasse Strasse geltend gemacht werden. Doch Regen ist nicht notwendig, damit die Strasse nass wird. Auch das Fahrzeug der Strassenreinigung benetzt die Strasse.

4.3 CETERIS PARIBUS NOTWENDIGE BEDINGUNGEN

Gegen die obige Kritik an **NB** wird man einwenden, Situation S_5 sei nicht *ceteris paribus* mit Situationen vergleichbar, in denen der Faktor A , das Anreissen eines Streichholzes, normalerweise seine kausale Relevanz für B , das Entflammen des Streichholzes, manifestiere. Würde man mithin **NB** gleich wie **HB** um die *ceteris-paribus*-Klausel ergänzen, wäre S_5 kein Gegenbeispiel mehr gegen den kausaltheoretischen Ansatz, Ursachen mit Hilfe notwendiger Bedingungen zu analysieren. Dieser Einwand ist berechtigt. **NB** sei deshalb an dieser Stelle um die *ceteris-paribus*-Klausel ergänzt und anschliessend erneut auf Tauglichkeit geprüft.

Kausale Relevanz und notwendige Bedingungen II (NCP): Ein Ereignistyp A ist genau dann kausal relevant für einen Typ B , wenn A *ceteris paribus* eine notwendige Bedingung von B ist und die Instanzen von A und B jeweils verschieden sind, d.h., wenn *ceteris paribus* gilt: $B \mapsto A$.

Kommt man zum Schluss, das Anstreichen des Streichholzes sei in Situationen vom Typ S_2 ²² notwendige Bedingung von dessen Entflammen, so wird dieser Befund durch S_5 nicht widerlegt. S_2 und S_5 stimmen nicht in relevanter Hinsicht überein, denn während in letzterer Situation das Streichholz in eine Chemikalie getaucht wird und also feucht ist, wird es in S_2 an der Schachtel angestrichen und ist trocken. Prüfen wir **NCP** deshalb an einer anderen Beispielsituation.

T1: A ist kausal relevant für B .

T2: Es gilt *ceteris paribus*: $B \mapsto A$ (d.h., A ist gemäss **NCP** kausal relevant für B).

Die Wahrheitswerte von *T1* und *T2* sollen einander am Beispiel einer im Vergleich zum Übungsteil²³ leicht variierten Version der letzten standesrechtlichen Erschiessung im Rahmen des Sonderbundskrieges gegenübergestellt werden. Von Interesse seien die Faktoren:

- A = Herzdurchschuss
- B = Tod des Verurteilten
- C = Magendurchschuss.

Die Erschiessungsgeschichte werde folgendermassen variiert:

S_6 : Der Kommandant des zwei Mann umfassenden Erschiessungskommandos gibt das Feuer frei. Die Kugel des ersten Schützen verfehlt ihr Ziel, die Kugel

²²Vgl. S. 85 oben.

²³dito

des zweiten Schützen durchbohrt den Magen des Verurteilten. Dieser stirbt durch Verbluten.

T1 ist wahr: Herzdurchschüsse sind kausal relevant für den Tod eines Menschen, egal, ob ein konkreter Todesfall auf ein durchschossenes Herz zurückzuführen ist oder nicht.

T2 ist falsch: S_6 ist *ceteris paribus* mit der im Übungsteil geschilderten Version der Erschiessungsgeschichte, in der es sowohl zum Herz- wie auch zum Magendurchschuss kommt, vergleichbar. Sämtliche für Erschiessungen mit tödlichem Ausgang relevante Hintergrundbedingungen sind sowohl in der Version aus dem Übungsteil wie auch in S_6 gegeben. Der erste Schütze hätte in S_6 sein Opfer ohne weiteres ins Herz treffen können. Dennoch ist A in S_6 offenbar nicht notwendig für B , denn der Verurteilte stirbt auch ohne Herzdurchschuss. $B \mapsto A$ gilt *ceteris paribus* nicht.

Es existieren auch in Situationen, die im Hinblick auf die instantiierten Hintergrundbedingungen vergleichbar sind, oft mehrere alternative Ursachen für eine Wirkung. NCP bildet alltägliche Kausalurteile ebenfalls nicht korrekt ab und ist deshalb zur Definition kausaler Relevanz *nicht geeignet*.

Bisweilen wird in der Literatur zur Kausalitätsproblematik angesichts des obigen Einwandes gegen NCP geltend gemacht, S_6 stimme in Bezug auf die relevanten Hintergrundbedingungen doch nicht mit einer Deserteurs-Exekution überein, in welcher der Herzdurchschuss stattfindet und alleinige Ursache von B ist – nennen wir letztere Situation S_7 .²⁴ S_6 und S_7 divergierten, so das Argument, gerade bezüglich des Auftretens bzw. Ausbleibens von A .

Wenn jedoch die *ceteris paribus*-Klausel derart eng gefasst wird, dass zwei Situationen S_i und S_j nur dann hinsichtlich ihrer relevanten Hintergrundbedingungen übereinstimmen, wenn in S_i und S_j genau dieselben Ursachentypen instantiiert sind, wird NCP zirkulär. NCP würde dann lauten: Ein Ereignistyp A ist genau dann kausal relevant für einen Typ B , wenn A *ceteris paribus*, d.h. in Situationen, in denen A alleinige Ursache von B ist, notwendig ist für B . Dass A Ursache von B und damit kausal relevant für das Ableben eines Menschen ist, wird in dieser Fassung von NCP im Definiens kausaler Relevanz vorausgesetzt. Das Verständnis einer Aussage wie „ X ist kausal relevant für Y “ wird durch eine Definition des Begriffes kausaler Relevanz jedoch nur befördert, wenn in dieser Definition das Verständnis jener Aussage nicht vorausgesetzt wird.

5 FAZIT

Fassen wir zum Schluss die Ergebnisse der in diesem Kapitel angestellten Brauchbarkeitstests der vier Definitionsvorschläge für den Begriff kausaler Relevanz – HB, HCP, NB und NCP – zusammen. Auf der einen Seite sind kausal relevante

²⁴In diese Richtung argumentiert z.B. Russell (1992 (1913)).

Faktoren stets eingebettet in einen Komplex weiterer Faktoren, der nur als Ganzes hinreichend ist für das Auftreten der zugehörigen Wirkung. Andererseits können Wirkungen auf alternativen kausalen Wegen herbeigeführt werden. Ein einzelner Faktor muss daher weder eine hinreichende noch eine notwendige Bedingung eines Wirkungstyps sein, um als dessen Ursache angesprochen werden zu können. Eine Wirkung kann auch ohne den fraglichen Faktor eintreten – auf alternativen Wegen nämlich –, und Kausalfaktoren sind nicht selbst hinreichend für ihre Wirkungen, sondern verursachen diese nur im Verbund mit zahlreichen, ihrerseits für sich nicht hinreichenden Faktoren.