

KAUSALE RELEVANZ UND KAUSALGRAPHEN

1 EINFÜHRUNG

Nachdem sich das letzte Kapitel mit den Relata der Kausalrelation beschäftigt hat, werden wir nun den ersten Schritt machen in Richtung einer theoretischen Analyse des Verursachungsverhältnisses selbst. Das vorliegende Kapitel diskutiert den zentralen Begriff einer Theorie der Kausalität – denjenigen der kausalen Relevanz –, vermittelt einen Überblick über die möglichen kausalen Verknüpfungsformen, führt ein Verfahren der graphischen Darstellung kausaler Beziehungen ein und stellt schliesslich vier Prinzipien vor, die für sämtliche kausalen Strukturen Geltung besitzen.

2 KAUSALE RELEVANZ

2.1 RELEVANTE FAKTOREN UND URSACHEN

Zwischen ursächlichen Ereignissen und ursächlichen Faktoren besteht ein wichtiger Unterschied. Während ein singuläres Ereignis a nur als Ursache eines anderen Ereignisses b bezeichnet werden kann, sofern a anlässlich einer konkreten Situation S tatsächlich in Verbindung mit b auftritt, ist ein Faktor A auch dann Ursache von B , wenn er in S keine Instantiierung erfährt. Das heisst, eine Aussage wie „ a verursacht b “ ist immer auf eine bestimmte raum-zeitliche Lokalität relativiert und impliziert, dass a und b an dieser Lokalität gemeinsam auftreten. Der Ausdruck „ A ist Ursache von B “ dagegen ist nicht relativ auf Raum-Zeit-Koordinaten zu verstehen, sondern erhebt den Anspruch der Allgemeingültigkeit. A ist und bleibt Ursache von B , egal, ob A in einer Situation S in Verbindung mit B instantiiert ist oder nicht.

Um diesen wichtigen Unterschied zwischen dem Geltungsanspruch von Aussagen über als Ursachen auftretende Ereignisse einer- und Faktoren andererseits noch deutlicher zu machen, betrachten wir folgende zwei Ereignisse als Beispiel:

- a = Am Nachmittag des 12.4.2002 regnet es in Bern.
- b = Am Nachmittag des 12.4.2002 ist das Tulpenbeet im Botanischen Garten Berns nass.

Behauptet jemand „ a verursacht b “, so macht sie oder er damit nicht nur eine Aussage über das kausale Verhältnis zwischen a und b , sondern stellt darüber hinaus auch fest, dass a und b am Nachmittag des 12.4.2002 in Bern stattfinden.

Die singulären Ereignisse a und b instantiieren die Faktoren:

A = Regen
 B = nasses Tulpenbeet.

Äussert jemand die Ansicht „ A ist Ursachentyp von B “, so behauptet sie oder er damit nicht, dass am Nachmittag des 12.4.2002 im Botanischen Garten Berns ein Ereignis vom Typ A und eines vom Typ B stattfindet. Vielmehr besagt „ A ist Ursachentyp von B “, dass Ereignisse vom Typ A normalerweise Ereignisse vom Typ B verursachen. Selbst wenn anlässlich der Behauptung von „ A ist Ursachentyp von B “ das Tulpenbeet im Botanischen Garten Berns tatsächlich nass sein sollte (d.h., b sich ereignet), impliziert man mit dieser Behauptung nicht, dass ein Ereignis vom Typ A die Ursache von b sei. b könnte auch durch ein drittes Ereignis c (Am Nachmittag des 12.4.2002 wird der Botanische Garten Berns bewässert) verursacht sein, und die Aussage „ A ist Ursachentyp von B “ wäre trotzdem gültig.

Ist ein Ereignis a Ursache eines Ereignisses b , so folgt, dass der Faktor A Ursache des Faktors B ist.¹ Umgekehrt folgt aber aus dem Umstand, dass A Ursache von B ist, nicht, dass eine konkrete Instanz a von A Ursache einer spezifischen Instanz b von B ist.

Um diesem wichtigen Bedeutungsunterschied zwischen den Aussagen „ a ist Ursache von b “ und „ A ist Ursache von B “ begrifflich gerecht zu werden, führen wir die folgende terminologische Konvention ein: Anstelle von „ a ist Ursache von b “ sagen wir auch „ a verursacht b “ und meinen damit, dass ein konkreter Prozess stattfindet, in dessen Verlauf a das Ereignis b kausal hervorbringt. Um umgekehrt für Ereignistypen einen dem für Ereignisse geltenden „... verursacht ...“ analogen Begriff zur Verfügung zu haben, führen wir einen neuen Begriff, den der *kausalen Relevanz*, ein. Die Aussage „ A ist kausal relevant für B “ soll demnach bedeuten, dass Ereignisse vom Typ A normalerweise Ereignisse des Typs B verursachen, ohne gleichzeitig zu implizieren, dass a und b in einer konkreten Situation tatsächlich stattfinden.

Die Frage, wie in diesem Zusammenhang „normalerweise“ zu verstehen sei, wird uns im Verlauf der folgenden Kapitel noch eingehend beschäftigen. Deshalb vorerst nur soviel dazu: Mit „Ereignisse vom Typ A verursachen normalerweise Ereignisse vom Typ B “ soll nicht gesagt sein, dass die Instanzen von A immer kausal für das Auftreten von Instanzen von B verantwortlich sind. Es ist durchaus denkbar, dass, um auf unser obiges Beispiel zurückzukommen, in Bern Regen fällt und das Tulpenbeet im Botanischen Garten dennoch trocken bleibt. Das ist etwa dann der Fall, wenn das Tulpenbeet mit einer Plane geschützt wird. „Normalerweise“ soll in diesem Kontext bedeuten „unter geeigneten Umständen“. Dies wiederum heisst nicht, dass Ereignisse vom Typ A *meistens* solche vom Typ B verursachen. Vielmehr reicht es für die Wahrheit der Aussage „Ereignisse vom Typ A verursachen normalerweise Ereignisse vom Typ B “ aus, dass die erforderlichen

¹Vgl. hierzu Kapitel II, Abschnitt 4.4.

geeigneten Umstände *mindestens einmal* gegeben sind, so dass ein Ereignis *a* ein Ereignis *b* verursacht.

Kausale Relevanz (I): Ein Faktor *A* ist für das Auftreten einer Wirkung *B* *kausal relevant*, dann und nur dann, wenn es mindestens einen² kausalen Prozess gibt, in dessen Verlauf ein Ereignis vom Typ *A* das Auftreten eines Ereignisses vom Typ *B* (mit)verursacht.

Bei dieser Begriffsbestimmung handelt es sich freilich, zumal sie sich auf den vorderhand noch unanalysierten Begriff der Verursachung stützt, nicht um eine Definition im eigentlichen Sinn. Sie dient zum einen dem Zweck, das Verhältnis der Begriffe der kausalen Relevanz und der Verursachung zu klären, und zum anderen soll mit ihrer Hilfe gezeigt werden, dass Ursachentypen *nicht immer* zum Auftreten ihrer Wirkungstypen führen. Ein instantiiertter Ursachentyp reicht in aller Regel nicht alleine für das Auftreten eines zugehörigen Wirkungstyps aus. Im Normalfall führen die Instanzen eines Faktors nur im Verbund mit anderen instantiierten Faktoren eine Wirkung herbei.

Ferner ist zu beachten, dass ein für die Wirkung *B* kausal relevanter Faktor *A* nicht anlässlich sämtlicher Prozesse, in deren Verlauf eine Instanz *b* von *B* auftritt, auch tatsächlich Ursache von *b* ist. Es ist beispielsweise denkbar, dass simultan mit *A* ein für *B* ebenfalls kausal relevanter Faktor *C* instantiiert ist, der *A* bei der kausalen Hervorbringung von *B* gewissermassen zuvorkommt. Wirkungen können auf verschiedenen kausalen Wegen herbeigeführt werden. Faktoren sind kausal relevant, wenn sie beim Auftreten mindestens eines entsprechenden Wirkungsereignisses eine kausale Rolle spielen.

Erläuterung III.1

Ein Faktor *A* ist für das Auftreten einer Wirkung *B* auch dann kausal relevant, wenn *B* im Verlauf einzelner Prozesse durch andere kausal relevante Faktoren wie *C* oder *D* herbeigeführt wird.

2.2 POSITIVE UND NEGATIVE RELEVANZ

Es gibt Faktoren, deren Instanzen das Auftreten bestimmter Wirkungen kausal befördern, und solche, die es verhindern. Für letztere Art von Ereignistypen haben wir im vorigen Kapitel den Begriff des *hemmenden Faktors* eingeführt. Diesem Unterschied entsprechend differenziert man zwischen *positiver* und *negativer* kausaler Relevanz. Ursachen, welche die Instantiierung ihrer Wirkungen begünstigen,

²Eine mindestens einmalige Instantiierung eines kausal relevanten Faktors wird verlangt, um nicht Faktoren, die nie instantiiert sind, kausal interpretieren zu müssen (vgl. Kapitel VII, Abschnitt 2.3).

zeichnen sich durch positive kausale Relevanz aus, hemmende Faktoren demgemäss durch negative. Handelt es sich bei einem Ereignistyp A um einen hemmenden Faktor einer Wirkung B , so ist A negativ kausal relevant für B . Ein Faktor A , der negativ kausal relevant ist für B , ist positiv kausal relevant für die Negation von B , d.h. für \bar{B} . Umgekehrt gilt ebenso: Ein Faktor C , der positiv kausal relevant ist für B , ist zugleich negativ kausal relevant für die Negation von B , d.h. für \bar{B} .

Negative kausale Relevanz: Ein Faktor A ist für das Auftreten einer Wirkung B *negativ kausal relevant*, dann und nur dann, wenn A ein hemmender Faktor von B ist. Ein Faktor A , der negativ kausal relevant ist für B , ist positiv kausal relevant für \bar{B} .

Positive kausale Relevanz: Ein Faktor A ist für das Auftreten einer Wirkung B *positiv kausal relevant*, dann und nur dann, wenn A ein Ursachentyp, jedoch nicht ein hemmender Faktor von B ist. Ein Faktor A , der positiv kausal relevant ist für B , ist negativ kausal relevant für \bar{B} .

Wir werden in der Folge der Einfachheit halber nur dort explizit zwischen positiver und negativer kausaler Relevanz unterscheiden, wo dies der Kontext erfordert. Ansonsten wird ausschliesslich von „kausaler Relevanz“ die Rede sein, womit, sofern nicht anders vermerkt, stets positive kausale Relevanz gemeint ist.

2.3 DIREKTE UND INDIREKTE RELEVANZ

In Kapitel I ist bereits darauf hingewiesen worden, dass Ursachen und Wirkungen die Eigenschaft haben, Ketten zu bilden. Pierre-Simon de Laplace (1749-1827) war der Ansicht, dass dies für sämtliche Ursachen und Wirkungen gelte bzw. dass sämtliche Ereignisse in Kausalketten eingebunden seien. Ursachen und Wirkungen treten dieser Konzeption zufolge grundsätzlich nur als Glieder von Ketten auf.

Les événements actuels ont avec les précédents une liaison fondée sur le principe évident, qu'une chose ne peut pas commencer d'être sans une cause qui la produise. (...) Nous devons donc envisager l'état présent de l'univers comme l'effet de son état antérieur et comme la cause de celui qui va suivre.³

Ob Laplace mit dieser weitreichenden These, die man bisweilen als die prägnanteste Formulierung des so genannten kausalen Determinismus⁴ bezeichnet, tatsächlich richtig lag, ist spätestens seit dem Aufkommen der Quantenphysik zu einer der strittigsten und bislang nicht abschliessend beantworteten Fragen im Rahmen des kausaltheoretischen Forschungsfeldes geworden.⁵ Wir werden sie deshalb

³Laplace (1886 (1820)), S. VI.

⁴Zum Determinismusprinzip vgl. auch Abschnitt 4 unten.

⁵Eine eingehende Beschäftigung mit den Fragen rund um das Determinismus-Problem findet sich bei Berofsky (1971) oder Earman (1986).

offen lassen und lediglich voraussetzen, dass viele – aber möglicherweise nicht alle – Vorgänge kausal strukturiert sind und dass viele – aber möglicherweise nicht alle – Ursachen und Wirkungen Ketten bilden.

Betrachten wir exemplarisch eine solche Kausalkette. Die Ereignisse

- d = Am Mittag seines 35. Geburtstages isst Herr Schneider versehentlich einen giftigen Pilz.
- e = Am Abend seines 35. Geburtstages liegt Herr Schneider mit Magenkrämpfen im Bett.
- f = Am Tag nach seinem 35. Geburtstag geht Herr Schneider nicht zur Arbeit.

seien derart miteinander verhängt, dass d die Ursache ist von e und dieses Ereignis seinerseits f verursacht. Eine Frage, die sich angesichts dieses Befundes stellt, ist die nach dem Verhältnis von d und f . Ist d nicht nur Ursache von e , sondern auch von f ? Man wird diese Frage intuitiv wohl bejahen, und dies durchaus zu Recht. Ohne Eintreten von d hätte unter den gegebenen Umständen auch f nicht stattgefunden. In gewisser Hinsicht jedoch unterscheiden sich die kausalen Beiträge, die d und e zur Arbeitsunfähigkeit von Herrn Schneider leisten. Das Ereignis e führt relativ zu den hier betrachteten Ereignissen direkt und ohne Vermittlung durch ein anderes Ereignis zum Auftreten von f . Dies gilt für d nicht. Um diesem Unterschied Rechnung zu tragen und ihn adäquat wiedergeben zu können, teilt man den Begriff der Verursachung auf in die beiden Unterbegriffe der *direkten* und *indirekten* Verursachung. Eine direkte Ursache führt ihre Wirkung ohne Zwischenschaltung anderer Ereignisse herbei, während eine indirekte Ursache kausal für das Auftreten eines Ereignisses verantwortlich ist, das seinerseits – gegebenenfalls vermittels einer ganzen Reihe weiterer Ereignisse – die eigentliche Wirkung herbeiführt.

Das Verhältnis zwischen Herrn Schneiders Einnahme eines Giftpilzes und seiner Arbeitsunfähigkeit am nächsten Tag ist also durchaus eines der Verursachung. Das Ereignis d ist, wie auch e , Ursache von f . Im Unterschied zu e hingegen ist d indirekte Ursache des Ereignisses f , während es sich bei e um dessen direkte Ursache handelt.

Die Differenzierung zwischen direkter und indirekter Verursachung übertragen wir nun auf das Begriffsfeld der Ereignistypen. Die drei Ereignisse unseres Beispiels instantiieren der Reihe nach die Ereignistypen

- D = Genuss von Giftpilzen
- E = Magenkrämpfe
- F = Fernbleiben von der Arbeit.

D ist kausal relevant für den Faktor E , welcher wiederum kausal relevant ist für F . Wie steht es aber um das Verhältnis von D und F ? Natürlich kann die Einnahme giftiger Pilze dazu führen, dass man am nächsten Tag arbeitsunfähig ist. Insofern

steht die kausale Relevanz von D für F ausser Frage. Wie im Fall ihrer Instanzen d und e gilt indessen auch für die Ereignistypen D und E : D ist in anderer Weise kausal relevant für F als E . Magenkrämpfe führen relativ zu den hier betrachteten Faktoren direkt zu Arbeitsunfähigkeit, während die Einnahme von Giftpilzen dies nur vermittels der Magenkrämpfe tut. E ist *direkt* kausal relevant für F , demgegenüber ist D bloss *indirekt* kausal relevant. Eine Ursache ist direkt kausal relevant für eine Wirkung, wenn ihre kausale Relevanz nicht durch einen weiteren Faktor vermittelt wird. Ist Letzteres der Fall, ist ihre kausale Relevanz indirekter Natur.

Es kann der Fall eintreten, dass die kausale Relevanz einer Ursache direkt und indirekt zugleich ist. Direkte und indirekte kausale Relevanz schliessen einander nicht aus.⁶ Angenommen, Herr Schneider verspanne sich ausgelöst durch seine Magenkrämpfe den Rücken. Am nächsten Tag bleibe er mithin aufgrund von Magen- sowie Rückenbeschwerden von der Arbeit fern. In dieser Konstellation sind die Magenkrämpfe gleichermassen direkte und indirekte Ursache von Herrn Schneiders Arbeitsunfähigkeit und entsprechend verfügt der Faktor ‚Magenbeschwerden‘ dann sowohl über direkte wie indirekte kausale Relevanz. Das heisst, ein Faktor A ist direkt kausal relevant für eine Wirkung B , wenn A auf mindestens einem kausalen Weg – ab Abschnitt 3.1 werden wir in diesem Zusammenhang von kausalen *Pfaden* sprechen – unvermittelt B hervorruft. Andererseits gibt es, sofern A indirekt kausal relevant ist für B , mindestens einen dritten Faktor C , der zugleich Wirkung von A und Ursache von B ist.

Direkte kausale Relevanz: Eine Ursache A ist relativ zur betrachteten Faktorenmenge genau dann direkt kausal relevant für eine Wirkung B , wenn ihre kausale Relevanz auf mindestens einem Kausalpfad nicht durch einen weiteren Faktor vermittelt wird.

Indirekte kausale Relevanz: Eine Ursache A ist relativ zur betrachteten Faktorenmenge genau dann indirekt kausal relevant für eine Wirkung B , wenn es mindestens einen dritten Ereignistyp C gibt, der zugleich Wirkung von A und Ursache von B ist.

Kausale Relevanz (II): Ein Faktor ist genau dann kausal relevant, wenn er direkt oder indirekt kausal relevant ist.⁷

Über direkte und indirekte Relevanz eines Faktors kann nur relativ zur Klasse der im Rahmen einer Untersuchung kausaler Strukturen betrachteten Faktoren entschieden werden. Es ist eine Frage des Spezifikationsniveaus, auf dem ein

⁶Dasselbe gilt natürlich für direkte und indirekte Verursachung.

⁷Auch bei dieser zweiten Bestimmung des Begriffs der kausalen Relevanz handelt es sich natürlich nicht um eine eigentliche Definition. Sie soll lediglich aufzeigen, dass sich der Oberbegriff kausaler Relevanz in zwei Unterbegriffe aufteilen lässt: direkte und indirekte kausale Relevanz.

Kausalzusammenhang analysiert wird, ob es sich bei einem Ereignis um eine direkte oder indirekte Ursache, bei einem Faktor um einen direkten oder indirekten Ursachentyp handelt. Würde Herrn Schneiders Krankheitsgeschichte spezifischer analysiert, wären es letztlich nicht die Magenverstimmung bzw. die Rückenverspannung, welche direkt für die Arbeitsunfähigkeit verantwortlich sind, sondern die elektrischen Signale und neuronalen Vorgänge, die in Herrn Schneiders Hirn die Schmerzempfindung auslösen. Nähme man also den Faktor ‚Schmerzsignal im Hirn‘ mit in die Klasse der untersuchten Faktoren auf, wären die Magenkrämpfe direkt kausal relevant für die Schmerzsignale im Hirn, denen ihrerseits direkte kausale Relevanz für die Arbeitsunfähigkeit zukäme. Die Magenkrämpfe hätten somit nur noch eine vermittelte Relevanz für das Fernbleiben von der Arbeit.

Erläuterung III.2

Ob es sich bei einem Ereignis um eine direkte oder indirekte Ursache bzw. bei einem Faktor um einen direkten oder indirekten Ursachentyp handelt, ist abhängig vom Spezifikationsniveau der jeweiligen Kausalanalyse.

2.4 TRANSITIVITÄT

Die (indirekte) kausale Relevanz einer Ursache, die Glied einer Kausalkette ist, kann sich also über diverse Faktoren der Kette hinweg erstrecken. Im Anschluss an diesen Befund, zu dem wir im letzten Abschnitt bei der Analyse eines konkreten Beispiels gelangt sind, stellt sich nun die verallgemeinernde Frage, ob dies für alle kausalen Verkettungen gilt. Ist eine Ursache immer indirekt kausal relevant für die Wirkungen desjenigen Faktors, für den sie direkt kausal relevant ist? Oder anders gefragt: Gilt es allgemein, dass kausale Relevanz von einem Glied einer Kausalkette zum nächsten vererbt wird? Ist dies der Fall, so zeichnet sich die Relation der kausalen Relevanz durch *Transitivität* aus, eine Eigenschaft, die – wie sich noch zeigen wird – für die Entwicklung einer Kausaltheorie von einigem Interesse ist. Man spricht allgemein von einer *transitiven Relation*, wenn bei gegebenem Bestehen dieser Relation zwischen je zwei Entitäten a^8 und b bzw. b und c auch a und c in der betreffenden Relation zueinander stehen. Übertragen auf unseren Zusammenhang heisst das: Ist es generell der Fall, dass, gegeben ein Faktor A ist kausal relevant für einen zweiten Faktor B und dieser wiederum für einen dritten Faktor C , A auch kausal relevant für C ist, so ist die Relation der kausalen Relevanz *transitiv*, ansonsten ist sie *intransitiv*.

Innerhalb des kausaltheoretischen Forschungsfeldes ist man, was die Transitivität kausaler Relevanz betrifft, nicht einer Meinung. So vertritt etwa David Lewis die Auffassung, kausale Relevanz pflanze sich immer von einem Faktor einer

⁸Die nicht kursiven Kleinbuchstaben a , b und c stehen hier für beliebige konkrete oder abstrakte Entitäten, also z.B. für Gegenstände, Ereignisse, Eigenschaften oder auch Zahlen.

Kausalkette zum nächsten fort und sei folglich transitiv.⁹ Die gegenteilige Position vertreten beispielsweise Douglas Ehring, Igal Kvart oder Ellery Eells.¹⁰ Fest steht, und darin sind sich auch alle Teilnehmer an der Transitivitätsdebatte einig, dass es gewisse Kausalketten gibt, deren erstes Glied (indirekt) kausal relevant für deren letztes ist. Nicht einig ist man sich in der Frage, ob dies für *sämtliche* Kausalketten gilt oder nicht.

Unsere Kausalintuition dürfte diese Streitfrage zunächst positiv beantworten wollen. Hätte das erste Glied einer Kausalkette nicht stattgefunden, wären unter ansonsten gleichen Umständen auch die folgenden Glieder ausgeblieben. Ursachen, so scheint es deshalb auf den ersten Blick, sind niemals ausschliesslich für ihre unmittelbaren Wirkungen relevant, sondern (indirekt) immer auch für deren Wirkungen. Kausale Relevanz bricht einer gängigen Intuition zufolge nicht plötzlich bei einem Glied einer Kette ab. In Kapitel I haben wir gesehen, dass es durchaus gute Gründe gibt für diese intuitiven Überzeugungen. Unser Handeln im Rahmen von Alltagssituationen gründet vielfach ganz entscheidend auf der Vorstellung, dass die Einflussnahme auf unsere Umgebung nicht bloss kurzfristiger Natur ist. Nachhaltiges Handeln ist nur möglich, wenn kausale Relevanz auf Ketten von einem Glied zum nächsten übertragen wird. Insofern optiert unsere Kausalintuition zunächst mit gutem Grund für Lewis' Position.

Ehring, Kvart und Eells vertreten die Intransitivität kausaler Relevanz denn auch nicht auf der Basis theoretischer Überlegungen, sondern versuchen, mit Hilfe konkreter Fallbeispiele, die von Transitivität überzeugte Intuition ins Wanken zu bringen. Diese Beispiele sind von erheblicher Brisanz, nicht nur, weil sie alltägliche Intuitionen herausfordern, viel mehr noch, weil es mit ihrer Hilfe möglich ist, in anschaulicher Weise den Begriff kausaler Relevanz und unser Verständnis dieses Begriffes zu schärfen. Deshalb soll nun je ein von Ehring, Kvart und Eells als Argument für die Intransitivität kausaler Relevanz verwendetes Fallbeispiel genauer vorgestellt und auf Stichhaltigkeit geprüft werden.

Als Erstes betrachten wir ein von Douglas Ehring diskutiertes Beispiel, das ursprünglich auf James Woodward zurückgeht.¹¹

- A = Zugabe von Kaliumsalz auf die Feuerstelle s
- B = Brand eines purpurfarbenen Feuers auf s
- C = Brand des s umgebenden Waldes.

Diese Faktoren, so Ehring, bilden eine Kausalkette, deren erstes Glied direkt kausal relevant für das zweite und deren zweites Glied direkt kausal relevant für das dritte ist, ohne dass das erste Glied indirekt relevant für das letzte wäre. Instanzen von A sind Ursachen von B , dessen Instanzen wiederum Ereignisse vom Typ C herbeiführen, aber Zugabe von Kaliumsalz auf eine Feuerstelle verursacht keinen

⁹Vgl. Lewis (1973).

¹⁰Vgl. Ehring (1997), Kvart (2001) und Eells (1991).

¹¹Vgl. Ehring (1997), S. 76, und Woodward (1984).

Waldbrand. Soweit ist Ehrings Argumentation klar und fest steht auch, dass, (a) gegeben bei der Faktorenfolge von *A* zu *B* und weiter zu *C* handelt es sich tatsächlich um eine Kausalkette und (b) gegeben *A* ist nicht kausal relevant für *C*, mit diesem Beispiel die Intransitivität kausaler Relevanz bewiesen ist. Prüfen wir deshalb die Stichhaltigkeit des Argumentes, indem wir die Voraussetzungen (a) und (b) genauer betrachten.

Mit der Behauptung, in diesem Beispiel sei Voraussetzung (b) eines Intransitivitätsbeweises erfüllt, liegt Ehring richtig. Das Verstreuen von Kaliumsalz auf einer Feuerstelle leistet keinen kausalen Beitrag zur Entwicklung eines Waldbrandes. Gerät ein Feuer im Wald ausser Kontrolle und löst einen Waldbrand aus, ist es irrelevant, ob die Feuerstelle mit Kalium versetzt gewesen ist oder nicht. Bleibt also die Frage, ob es sich beim Aufeinanderfolgen von *A*, *B* und *C* in der Tat um eine Kausalkette handle. Kalium führt zu einer purpurnen Verfärbung eines Feuers, das seinerseits bei gleichzeitigem Auftreten einer Reihe weiterer Faktoren ein ganzes Waldstück in Brand setzt. Es ist aber nicht die Farbe des Feuers, sondern dessen Hitze, Ursache des Waldbrandes. *A* ist kausal relevant für eine ganz bestimmte Eigenschaft von *B*, dessen Farbe nämlich, aber eine *andere* Eigenschaft von *B*, und zwar die Hitze, löst den Waldbrand aus. Eine detaillierte Analyse der Folge von *A* zu *B* und *C* zeigt also, dass es sich bei *B* nicht um einen einfachen, sondern um einen komplexen Faktor, eine Konjunktion von Faktoren handelt. *B* besteht aus den Ereignistypen:

- B*₁ = purpurne Verfärbung des Feuers auf *s*
- B*₂ = Hitzeentwicklung des Feuers auf *s*.

A ist kausal relevant für *B*₁. Es ist aber der Faktor *B*₂, der den Wald in Brand versetzt. Die vermeintliche Kausalkette von *A* über *B* zu *C* wird mithin innerhalb des Komplexes *B* unterbrochen. Es ist deshalb nicht erstaunlich, dass die Kaliumzugabe nicht kausal relevant ist für den brennenden Wald. Die Ehrings vorgeblichem Intransitivitätsbeweis zugrunde liegende Voraussetzung (a) ist somit nicht erfüllt. Das Waldbrandbeispiel lässt zwar einen Moment lang Zweifel an der intuitiven Überzeugung, kausale Relevanz sei transitiv, aufkommen, genau besehen beweist es deren Intransitivität aber nicht.

Igal Kvart stützt sein Argument für die Intransitivität kausaler Relevanz auf einen anderen Fall:¹²

- A* = Abtrennung des kleinen Fingers von Herrn Würglers linker Hand durch einen Hundebiss
- B* = Operative Wiederansetzung des kleinen Fingers an die linke Hand von Herrn Würgler
- C* = Volle Funktionstüchtigkeit von Herrn Würglers linker Hand.

¹²Vgl. Kvart (2001), S. 389ff.

Auch für dieses Fallbeispiel soll gelten: A ist kausal relevant für B und B seinerseits für C , A hingegen nicht für C . Und wiederum erscheint diese Analyse der kausalen Abhängigkeiten zwischen A , B und C beim ersten Hinsehen durchaus plausibel. Klarerweise leistet der Hundebiss den entscheidenden kausalen Beitrag zur operativen Wiederansetzung des Fingers und der chirurgische Eingriff ist kausal relevant für Herrn Würglers Genesung. Andererseits ist es eigenartig, behaupten zu wollen, dem Hundebiss komme kausale Relevanz für die spätere Funktionstüchtigkeit der Hand zu.

Die Beweiskraft von Kvarts Fallbeispiel stützt sich ebenfalls auf die beiden Voraussetzungen, dass (a) die Folge $A - B - C$ in der Tat eine Kausalkette und (b) A nicht kausal relevant für C ist. Prüfen wir deshalb wiederum das Erfüllsein dieser zwei Bedingungen. Diesmal handelt es sich beim mittleren Glied der mutmasslichen Kausalkette nicht wie im Fall von Ehrings Beispiel um einen komplexen Faktor. A ist kausal relevant für dieselbe Eigenschaft von B , die später zur Wiedergenesung der Hand führt. Die Kette kausaler Abhängigkeiten von A über B zu C wird mithin an keiner Stelle versteckt unterbrochen und die Folge $A - B - C$ ist dementsprechend tatsächlich eine Kausalkette. Bleibt Voraussetzung (b). Ist A wirklich nicht kausal relevant für C ?

Der Hundebiss hebt den Normalzustand der Hand, uneingeschränkte Funktionsfähigkeit, auf und lässt einen chirurgischen Eingriff erforderlich werden, der seinerseits den Normalzustand wiederherstellt. Aber handelt es sich bei diesem erneut herbeigeführten Normalzustand um exakt denselben Zustand wie vor dem Biss? Eine detailschärfere Analyse von Herrn Würglers Hand vor und nach der Operation würde mit Sicherheit etliche Unterschiede zutage fördern. An der Nahtstelle wird eine Narbe sichtbar bleiben, ein verwachsener Knochen unterscheidet sich von einem unversehrten usw. Insofern hat der Hundebiss allemal bleibende Auswirkungen auf den Zustand der Hand nach der Operation und ist damit durchaus kausal relevant für bestimmte Aspekte der erneuten Funktionstüchtigkeit von Herrn Würglers Hand.

Doch, selbst wenn es der Chirurgie gelänge, den Ausgangszustand einer durch einen Hundebiss in Mitleidenschaft gezogenen Hand exakt wiederherzustellen, bliebe der Hundebiss nichtsdestotrotz Glied einer Kausalkette, die zur Funktionsfähigkeit der Hand führt, und wäre genauso kausal relevant für das letzte Glied der Kette wie für das unmittelbar folgende. Der Grund dafür, dass man intuitiv dem Faktor A zunächst kausale Relevanz für C absprechen möchte, ist das äusserst seltene Auftreten der Kette von A zu B zu C . Die bei weitem überwiegende Mehrzahl der Instanzen von C wird nicht vermittle Einwirkung eines Ereignisses vom Typ A herbeigeführt, sondern gerade durch das *Ausbleiben* einer Instanz von A . Das heisst, in der Entstehungsgeschichte des voll funktionsfähigen Zustandes einer Hand tritt normalerweise der Faktor \bar{A} auf und nicht A . Wirkungen freilich können auf diversen kausalen Wegen herbeigeführt werden, und es ist durchaus möglich, dass für den einen Weg der Faktor A eine relevante Rolle spielt und für

den anderen der negative Faktor \overline{A} . Die Seltenheit des Auftretens einer bestimmten Verkettung von Kausalfaktoren hat nicht zur Folge, dass kausale Relevanzen im Verlauf der betreffenden Kette plötzlich abbrechen. Vielmehr liegt in der Seltenheit einer Kausalkette eine gewisse Verunsicherung unserer Kausalintuition begründet. Wir sind uns gewohnt, dass einwandfrei einsetzbare Hände gerade nicht von einem Hund malträtirt worden sind. Indessen führt diese Erwartungshaltung unsererseits nicht dazu, dass die Funktionstüchtigkeit einer Hand in Ausnahmefällen nicht dennoch mitunter auf einen Hundebiss zurückzuführen sein könnte.

Es zeigt sich also, dass Kvarts Fallbeispiel keine Kausalkette darstellt, deren erstes Glied nicht kausal relevant für deren letztes wäre. Im Gegensatz zum Waldbrandbeispiel ist im Fall von Kvarts vermeintlichem Intransitivitätsbeweis jedoch nicht Voraussetzung (a), sondern Voraussetzung (b) unerfüllt.

Ellery Eells¹³ schliesslich argumentiert für die Intransitivität kausaler Relevanz unter anderem anhand eines Beispiels, das er einem Artikel Germund Hesslows¹⁴ entlehnt.

A	=	Einnahme der Anti-Baby-Pille
B_1	=	Thromboseförderliche Substanz im Blut
B_2	=	Schwangerschaft
C	=	Erkrankung an Thrombose.

Die Anti-Baby-Pille ist einerseits thromboseförderlich, da sie eine Substanz enthält, die das Thromboserisiko erhöht, andererseits aber senkt sie auch die Wahrscheinlichkeit, an einer Verstopfung der Blutgefässe zu erkranken, indem sie Schwangerschaften, die ihrerseits Thrombosen auslösen können, verhindert. Angenommen nun, so Eells, der Thrombosen fördernde und der Thrombosen hemmende Effekt der Anti-Baby-Pille seien genau gleich hoch und höben sich folglich auf. In diesem Fall hätte die Einnahme der Pille letztlich keine kausale Relevanz mehr für den stellenweisen Verschluss der Blutgefässe. A sei in einer derartigen Konstellation kausal relevant für B_1 und B_1 für C . Der Faktor A aber sei nicht kausal relevant für C , weil diese Relevanz durch den ebenfalls von A hervorgerufenen Faktor $\overline{B_2}$ aufgehoben werde.

Damit dieses Beispiel in seiner obigen Interpretation die Intransitivität kausaler Relevanz beweist, wird wiederum vorausgesetzt, dass (a) die Folge $A - B_1 - C$ eine Kausalkette und (b) A nicht kausal relevant für C ist. Instanzen von A verursachen sowohl Ereignisse vom Typ B_1 wie solche vom Typ $\overline{B_2}$. Des Weiteren befördern die Instanzen von B_1 die Entwicklung einer Thrombose, während diejenigen von $\overline{B_2}$ Gefässverschlüsse abwenden. Insofern handelt es sich bei der Folge $A - B_1 - C$ ebenso um eine Kausalkette wie bei $A - \overline{B_2} - \overline{C}$. Die Frage ist nun: Ist ein Faktor, der Glied je einer Kausalkette ist, die in C bzw. \overline{C} mündet, tatsächlich weder kausal

¹³Vgl. Eells (1991), S. 211ff.

¹⁴Vgl. Hesslow (1976).

relevant für C noch für \overline{C} ? Oder anders gefragt: Heben sich positive und negative kausale Relevanz gegenseitig auf?

Diese Frage erhält eine eindeutige Antwort, wenn wir uns an die Bestimmung des Begriffs kausaler Relevanz erinnern: Ein Faktor ist genau dann kausal relevant, wenn es mindestens einen kausalen Prozess gibt, in dessen Verlauf eine Instantiierung des betreffenden Faktors eine kausale Rolle für das Auftreten des zugehörigen Wirkungstyps spielt. Das heisst, gibt es auch nur *einen* Fall von Gefässverstopfung, der nachweislich durch die Einnahme der Pille (mit)verursacht worden ist, so ist der Faktor A kausal relevant für C , egal, ob er in vielen Fällen gleichzeitig zur Senkung des Thromboserisikos beiträgt oder nicht. Besonders nachdrücklich würde sich die kausale Relevanz von A natürlich anhand einer Situation demonstrieren lassen, in der zwar die Folge $A - B_1 - C$, nicht aber $A - \overline{B_2} - \overline{C}$ instantiiert ist – man denke etwa an eine Frau, die, aus welchen Gründen auch immer, keine Kinder bekommen kann, zur Regulierung ihres Zyklus jedoch gleichwohl die Pille nimmt und infolgedessen an Thrombose erkrankt. Dasselbe gilt für die kausale Relevanz von A für \overline{C} ; auch sie ergibt sich auf der Basis von mindestens einem Prozess, in dessen Verlauf die schwangerschaftsverhütende Wirkung der Pille die Entstehung einer Thrombose abwendet, und wird durch gleichzeitige Relevanz von A für C nicht aufgehoben. Positive und negative kausale Relevanz heben sich *nicht* gegenseitig auf.

Auch eine gängige Kausalintuition stützt diesen Befund. Selbst wenn sich der Thrombosen fördernde und der Thrombosen vorbeugende Effekt der Pille exakt die Waage hielten, würde man nicht behaupten, die Pille habe *keine* kausalen Auswirkungen auf die Entstehung von Thrombosen. Man würde vielmehr sagen, die Pille habe zugleich positiven wie auch negativen Einfluss auf das Risiko, einen Gefässverschluss zu erleiden, und sei mithin gleichermassen positiv wie negativ relevant für eine Thromboseerkrankung. Dieser Befund gilt allgemein: Es ist möglich, dass eine Ursache zugleich positiv wie auch negativ kausal relevant für eine Wirkung ist.

Erläuterung III.3

Positive und negative kausale Relevanz heben sich *nicht* gegenseitig auf.
Eine Ursache kann positiv und negativ relevant zugleich sein.

Es gibt also durchaus Fallbeispiele, die unsere von der Transitivität kausaler Relevanz überzeugte Intuition ins Wanken bringen. Alles in allem aber führen letztlich weder Ehring, Kvart noch Eells den Nachweis der Existenz von Kausalketten, deren erstes Glied nicht (indirekt) kausal relevant für deren letztes ist. Die vermeintlichen Intransitivitätsbeweise stützen sich jeweils auf exemplarische Prozesse, die entweder keine Kausalketten darstellen oder deren erstes Glied sich entgegen dem anfänglichen intuitiven Eindruck schliesslich doch als kausal relevant für

deren letztes herausstellt. Solange kein anderes Fallbeispiel tatsächlich das Gegenteil beweist, besteht kein Grund, kausaler Relevanz die Eigenschaft der Transitivität abzuspochen. Bilden drei (oder mehr) Faktoren A , B und C eine Kausalkette, so dass A kausal relevant für B und B kausal relevant für C ist, so ist A *immer* auch kausal relevant für C . Dabei sind die kausalen Relevanzen von A für B und diejenige von B für C jeweils direkt, diejenige von A für C ist indirekt. Daraus wird deutlich, dass genau genommen nur indirekte Relevanz transitiv ist. Dasselbe gilt damit natürlich auch für den Oberbegriff der kausalen Relevanz. Der Spezialfall direkter Relevanz dagegen ist intransitiv.

Erläuterung III.4

Kausale Relevanz ist transitiv: Das erste Glied einer Kausalkette ist *immer* (indirekt) kausal relevant für das letzte Glied der Kette.

3 KOMPLEXE KAUSAL RELEVANTER FAKTOREN

3.1 GRAPHEN

Faktoren, deren Instanzen in einer Ursache-Wirkungsbeziehung stehen, können verschiedenartig miteinander verknüpft sein. Dieser Abschnitt stellt diese Verknüpfungsweisen vor.

Es hat sich im Verlauf der philosophischen Auseinandersetzung mit der Kausalitätsthematik gezeigt, dass eine graphische Darstellung kausaler Abhängigkeiten besonders nahe liegend und übersichtlich ist. Daneben existiert auch eine symbolische Notation. Diese wird in den beiden folgenden Kapiteln eingeführt. Vorerst einmal sollen kausale Strukturen hier mit den Mitteln von Graphen repräsentiert werden.

Graphen bilden den Untersuchungsgegenstand der so genannten Graphentheorie, eines verhältnismässig jungen mathematischen Forschungsfeldes, auf dem in den letzten 30 Jahren grosse Fortschritte erzielt worden sind.¹⁵ Alle Graphen setzen sich aus zwei Grundelementen zusammen: *Knoten* und *Kanten*. Knoten stehen für nicht-leere Klassen von Elementen, d.h. von Gegenständen oder in unserem Fall von Ereignissen, und Kanten repräsentieren Paare von Knoten, d.h. Relationen zwischen je zwei Knoten. Ein Graph ist durch Angabe seiner Knoten und Kanten eindeutig bestimmt. Zunächst einmal handelt es sich bei Graphen also nicht, wie man vielleicht erwarten würde, um graphische, sondern vielmehr um abstrakte oder rein mathematische Entitäten. Diese eignen sich freilich sehr für eine graphische Darstellung. Man bildet Knoten gewöhnlich mit Kreisen ab und

¹⁵Einen hervorragenden Überblick über den Stand der Forschung auf dem Gebiet der Graphentheorie im Allgemeinen und der Theorie der gerichteten Graphen im Speziellen bietet Bang-Jensen und Gutin (2001).

Kanten mit Strichen, die je zwei Kreise verbinden. Die graphische Wiedergabe ist jedoch irrelevant für die Identität eines Graphen. Es spielt keine Rolle, ob man Knoten mit Quadraten oder Dreiecken, Kanten mit geraden oder gewellten, langen oder kurzen Linien darstellt. Zwei Graphen sind identisch, wenn sie dieselben Knoten und Kanten haben.

Graphen eignen sich, gerade ihres abstrakten Charakters wegen, zur Wiedergabe verschiedenartigster Zusammenhänge und finden Anwendung in einem breiten Spektrum von Disziplinen. Ökonomische, technische oder genetische Probleme lassen sich mit Hilfe der Graphentheorie lösen. Die Theorie der Kausalität ist mit hin nur eines unter vielen Anwendungsfeldern der Graphentheorie.

Man unterscheidet grundsätzlich zwei Typen von Graphen: gerichtete und ungerichtete. Die beiden Graphentypen differieren hinsichtlich ihrer Kanten. Die Kanten gerichteter Graphen sind *geordnete* Paare von Knoten bzw. asymmetrische Relationen und werden graphisch mit Pfeilen dargestellt, die Kanten ungerichteter Graphen dagegen sind *ungeordnete* Paare von Knoten bzw. symmetrische Relationen und werden entsprechend mit Linien ohne Pfeilspitzen wiedergegeben. Machen wir diesen Unterschied an einem Beispiel deutlich: Mittels Graphen sollen zwei Beziehungen zwischen einer Mutter und ihrer Tochter dargestellt werden, und zwar diejenige der Mutterschaft und diejenige der Verwandtschaft. Beide Graphen bestehen aus denselben zwei Knoten: zum einen die (Einer-)Klasse der Mutter, abgekürzt mit „M“, und zum anderen die (Einer-)Klasse der Tochter, abgekürzt mit „T“.

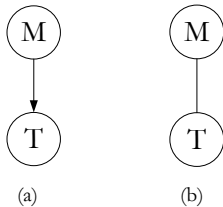


Abb. III.1: Asymmetrische Relationen wie Mutterschaft (a) werden graphentheoretisch mit Pfeilen dargestellt, symmetrische Verhältnisse wie Verwandtschaft (b) dagegen mit Linien. (a) ist ein gerichteter, (b) ein ungerichteter Graph.

Als Erstes (vgl. Graph (a), Abb. III.1) geben wir die zwischen Mutter und Tochter bestehende Mutterschaftsbeziehung graphisch wieder. Die Relation der Mutterschaft ist asymmetrisch, d.h., gilt „M ist die Mutter von T“, so gilt umgekehrt nicht „T ist Mutter von M“. Man sagt auch, die Beziehung der Mutterschaft ordnet das Paar (M, T). Die Kante im Mutterschaftsgraph entspricht folglich einem geordneten Paar und wird mit einem Pfeil dargestellt.

Demgegenüber ist die Verwandtschaftsbeziehung (vgl. Graph (b), Abb. III.1) symmetrisch, d.h., immer wenn „M ist verwandt mit T“ wahr ist, gilt auch „T ist verwandt mit M“. Die Relation der Verwandtschaft ordnet das Paar (M, T) nicht. Die Kante im Verwandtschaftsgraph ist da-

mit kein geordnetes Paar und infolgedessen auch nicht mit einem Pfeil, sondern mit einer einfachen Linie wiederzugeben.

Gerichtete Graphen nennt man – in Anlehnung an den englischen Ausdruck „directed graph“ – auch *Digraphen*. Ihre Kanten heißen *Pfade*. Pfade haben jeweils

genau einen Anfangs- und einen Endknoten. Man sagt, Anfangsknoten und Endknoten seien *Nachbarn* und ersterer *dominiere* letzteren. Digraphen enthalten keine parallelen Pfade und keine Schleifen. Die in Abbildung III.2 dargestellten Graphen sind also keine Digraphen.

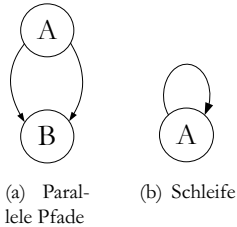


Abb. III.2: Graphen, die parallele Pfade oder Schleifen enthalten, sind keine Digraphen.

Damit sind sämtliche graphentheoretischen Grundlagen eingeführt, die zur Wiedergabe kausaler Strukturen notwendig sind. Graphen, die einen kausalen Zusammenhang abbilden, heissen *Kausalgraphen*. Kausalgraphen können grundsätzlich zur Darstellung sowohl der Verursachungs- wie auch der Relevanzrelation verwendet werden. Gebräuchlich ist der Einsatz von Graphen jedoch nur zur Wiedergabe von Zusammenhängen kausaler Relevanz, d.h. von kausalen Abhängigkeiten zwischen Ereignistypen. Auch wir werden

Graphen ausschliesslich zu diesem Zweck verwenden. Die Knoten von Kausalgraphen stehen demnach für Ereignistypen. Um die Anzahl Kanten eines Kausalgraphen der Übersichtlichkeit halber möglichst gering halten zu können, lässt man die Kanten die intransitive Relation direkter kausaler Relevanz symbolisieren.

Die Verursachungsrelation ist asymmetrisch. Ist das Ereignis a Ursache von b , so folgt nicht, dass b ebenfalls Ursache von a ist. Gleiches gilt für kausale Relevanz. Aus der kausalen Relevanz von A für B folgt nicht die kausale Relevanz von B für A . Freilich kann bisweilen der Fall eintreten, dass ein anderes Ereignis vom Typ B zu einem späteren Zeitpunkt ein anderes Ereignis vom Typ A herbeiführt, so dass die Faktoren A und B wechselwirken.¹⁶ Doch dies ist keine notwendige Folge der kausalen Relevanz von A für B . Zur graphischen Darstellung kausaler Relevanz werden mithin Pfeile verwendet. Das heisst, bei den Kanten von Kausalgraphen handelt es sich um Pfade. Kausalgraphen sind Digraphen. Anfangsknoten stehen für Ursachen, Endknoten für Wirkungen. Kausalfaktoren sind, wie wir gesehen haben, manchmal zu Ketten verhängt. Deshalb kann ein einzelner Knoten gleichzeitig Endknoten eines ersten Pfades und Anfangsknoten eines zweiten Pfades sein. Von speziellem Gewicht in einem Kausalgraphen sind diejenigen Knoten, die zwar Anfangs-, nicht aber Endknoten eines Pfades sind. Sie stehen für so genannte *Wurzelfaktoren*. Wurzelfaktoren dominieren alle übrigen Knoten in einem Kausalgraphen.

Für die allermeisten Kausalgraphen hat sich eine vertikale Darstellungsform eingebürgert, d.h., die Pfade von Kausalgraphen werden von oben nach unten ausgerichtet. Wurzelfaktoren haben somit ihren Platz in einem Kausalgraphen stets

¹⁶Vgl. Abschnitt 3.5 unten.

zuoberst. Die einzigen Graphen, die von dieser Darstellungskonvention abweichen, sind diejenigen, die keine Wurzelfaktoren haben. Sie werden unten in Abschnitt 3.5 vorgestellt.

Kausalgraph: Ein Kausalgraph ist ein *Digraph*, dessen Knoten für Ereignistypen und dessen Pfade für die Relation *direkter* kausaler Relevanz stehen. Anfangsknoten von Pfaden stehen für Ursachen, Endknoten für Wirkungen.

Wurzelfaktor: Ein Wurzelfaktor ist ein Faktor, der in einer gegebenen kausalen Struktur nur als Ursache, nicht aber als Wirkung auftritt. In Kausalgraphen werden Wurzelfaktoren durch Knoten wiedergegeben, die zwar Anfangs-, nicht aber Endknoten eines Pfades sind.

3.2 DIREKTE URSACHEN

Der einfachste Typ einer kausalen Verknüpfung ist jener der direkten kausalen Relevanz eines einzelnen ersten Faktors für einen einzelnen zweiten. Der erste Faktor tritt in der graphischen Umsetzung dieses Verknüpfungstyps als Anfangsknoten eines Pfades, der zweite als dessen Endknoten auf. Abbildung III.3 stellt die direkte kausale Relevanz des Faktors *A* für den Faktor *B* dar. Der Graph ist zu lesen als „*A* ist direkt kausal relevant für *B*“. In den meisten Fällen lässt sich von der Redeweise über Faktoren *A* und *B* direkt übergehen zu einer Redeweise über das Auftreten der entsprechenden Ursachen und Wirkungen. Häufig interpretiert man ein solches Diagramm so, dass Ursachen (d.h. singuläre Ereignisse) vom Typ *A* Wirkungen vom Typ *B* herbeiführen. Der Gebrauch des Plurals verdeutlicht den Umstand, dass hier von Ereignistypen die Rede ist.

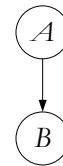


Abb. III.3: Direkte Ursache.

3.3 KOMPLEXE URSACHEN

Normalerweise sind nicht nur die Instanzen eines einzelnen Faktors an der Verursachung entsprechender Wirkungen beteiligt, sondern die Instanzen einer ganzen Reihe von Faktoren. Direkt kausal relevant für einen derartigen Wirkungstyp ist dementsprechend ein ganzes Bündel von Faktoren bzw. ein *Faktorenbündel*. Die in einem solchen Bündel zusammengefassten Faktoren bilden eine komplexe Ursache.

Die Teile einer komplexen Ursache erscheinen in einem Graphen als Wurzelfaktoren, von denen je ein in die Wirkung mündender Pfad ausgeht. Um der konjunktiven Relevanz der Faktoren eines Bündels gerecht zu werden,

müssen die herkömmlichen Darstellungsmittel der Graphentheorie um ein zusätzliches Element ergänzt werden: einen Bogen, der die Pfade verbindet. Dieser Bogen wird bei der Mündung der Pfade eingezeichnet, d.h. dort, wo die Pfeile auf den Wirkungstyp zeigen. Optisch entsteht dadurch tatsächlich der Eindruck eines Bündels. Ein Graph, welcher wie derjenige in Abbildung III.4 die direkte kausale Relevanz des Faktorenbündels AB für die Wirkung C abbildet, ist zu lesen als „Das Bündel AB ist direkt kausal relevant für C “.

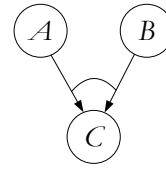


Abb. III.4: Komplexe Ursache.

🔗 ÜBUNG: *Komplexe Ursachen 1*

🔗 ÜBUNG: *Komplexe Ursachen 2*

3.4 ALTERNATIVE URSACHEN

Wirkungen können nicht nur auf einem Weg herbeigeführt werden. Vielmehr existieren alternative Wege, auf denen verschiedenste Konfigurationen von Faktoren eine bestimmte Wirkung erzeugen. So kann es sein, dass man auf der Strasse mit dem Fahrrad ins Rutschen gerät, weil es geregnet hat und das auf die Fahrbahn gefallene Laub die Mischung aus Wasser und Schmutz zu einer seifigen Oberfläche gewandelt hat. Die Wirkung – „Rutschen mit dem Fahrrad“ – ist dann unausweichlich. Die gleiche Wirkung entsteht, wenn auf eine eiskalte Fahrbahn Regen fällt und dort gefriert.

Alternative Ursachen werden graphisch mit zwei oder mehr Pfaden dargestellt, die ausgehend von verschiedenen Anfangsknoten in ein und denselben Endknoten münden. Im Unterschied zu Graphen, die komplexe Ursachen repräsentieren, verzichtet man bei den Graphen alternativer Verursachung auf den Verbindungsbogen zwischen den Pfaden. Ein Kausalgraph, der zwei alternative Ursachen darstellt, sagt aus, dass es für die beiden alternativen Ursachen je mindestens eine Situation gibt, in der sie die betreffende Wirkung alleine, d.h. ohne gleichzeitige Anwesenheit der anderen Ursache, herbeiführen. Für den in III.5 abgebildeten Fall bedeutet dies: Es gibt mindestens eine Situation S_1 und eine Situation S_2 derart, dass in S_1 ein Ereignis vom Typ A eines vom Typ C bewirkt und in S_2 eine Instanz von B die Wirkung C herbeiführt, ohne dass S_1 und S_2 identisch sind.

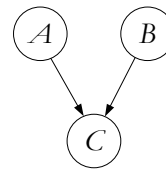


Abb. III.5: Alternative Ursache.

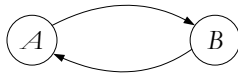
3.5 WECHSELWIRKUNGEN UND KAUSALE ZYKLEN

Von einer Wechselwirkung ist die Rede, wenn zwei Faktoren oder Faktorenbündel gegenseitig kausal relevant sind füreinander. So kann etwa die Erkältung einer Mutter dieselbe Krankheit bei ihrem Kind auslösen, worauf dieses die mittlerweile wieder genesene Mutter mit demselben Erkältungsvirus erneut infiziert usw.

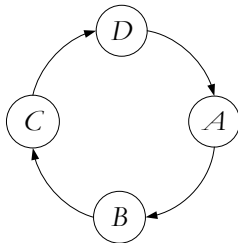
Wirken die Instanzen zweier Faktoren nicht direkt, sondern bloss indirekt, d.h. unter Zwischenschaltung weiterer Faktoren, aufeinander zurück, spricht man von einem *kausalen Zyklus*. Viele ökonomische Prozesse sind zyklisch strukturiert. Steigt die Arbeitslosigkeit, so sinkt die Ausgabenfreudigkeit und damit der Konsum der Bevölkerung. Bei rückgängigem Konsum wiederum macht die Industrie geringere Umsätze, was zu Sparmassnahmen, d.h. zu Entlassungen, und folglich zu einer erneuten Steigerung der Arbeitslosigkeit führt.

Wechselwirkungen und Zyklen kann es nur zwischen Ereignistypen geben. Singuläre Ereignisse sind, wie wir gesehen haben, auf ein Raum-Zeit-Intervall beschränkt. Haben sie einmal stattgefunden, sind sie unwiederbringlich vorbei, ohne dass andere Ereignisse auf sie zurückwirken könnten. Die erneute Erkältungserkrankung der Mutter ist ein anderes Ereignis als ihre ursprüngliche Ansteckung, welche die oben beschriebene Wechselwirkung in Gang gesetzt hat. Dasselbe gilt für die Arbeitslosigkeit, die am Ende eines ökonomischen Zyklus steht. Auch sie ist ein anderes Ereignis als die Arbeitslosigkeit, welche die wirtschaftliche Flaute ausgelöst hat.

Die graphischen Wiedergaben von Wechselwirkungen und Zyklen sind die einzigen Graphen ohne Wurzelfaktoren. Sie enthalten keine Knoten, die nur Anfangs-, nicht aber Endknoten von Pfaden sind. Kein Faktor dominiert die anderen.



(a) Wechselwirkung



(b) Zyklus

Abb. III.6: Die graphischen Wiedergaben von Wechselwirkungen und Zyklen sind die einzigen Graphen ohne Wurzelfaktoren.

3.6 KAUSALE KETTEN

Kausale Ketten sind Verknüpfungen direkter kausaler Relevanz von Faktoren oder Faktorenbündeln derart, dass mindestens eine Wirkung selbst wieder kausal relevant für weitere Faktoren ist. Eine Ursache A ist kausal relevant für eine Wirkung B . B wiederum führt zum Auftreten von Instanzen des Typs C . Nur das erste Glied einer Kette ist ein Wurzelfaktor. Alle anderen Kettenglieder werden vom ersten Glied dominiert.

Man interpretiert einen Kettengraphen nach dem Muster von Abbildung III.7 so, dass A direkt kausal relevant ist für B und B direkt relevant für C . Daraus ergibt sich die (indirekte) kausale Relevanz von A für C .

An Kettengraphen zeigt sich nun, weshalb man in Kausalgraphen nicht die Relation kausaler Relevanz abbildet, sondern deren Spezialfall direkter kausaler Relevanz. Würden die Pfade von Kausalgraphen für kausale Relevanz schlechthin stehen, müsste man in Abbildung III.7 zusätzlich einen Pfad von A nach C einzeichnen. Gerade komplexere Graphen würden dadurch rasch unübersichtlich. Im Übrigen würde ein derartiger Zusatzpfad auch keinen Informationsgewinn bedeuten. Aufgrund der Transitivität kausaler Relevanz ist jederzeit ein Schluss von direkter auf indirekte Relevanz möglich, d.h., der Graph in Abbildung III.7 legt in seiner jetzigen Form bereits fest, dass A indirekt kausal relevant für C ist.

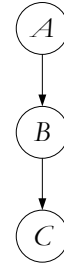


Abb. III.7: Kausalkette.

ÜBUNG: Ketten von Faktoren

3.7 MULTIPLE WIRKUNGEN, GEMEINSAME URSACHEN

Multiple Wirkungen treten auf, wenn die Instanzen von Ursachen auf verschiedenen Pfaden mehr als eine Wirkung herbeiführen. So kann die Fehlzündung eines Automotors einen derart lauten Knall erzeugen, dass sowohl Fensterscheiben zu Bruch gehen als auch die Katze des Nachbarn in einem Ausmass eingeschüchtert wird, dass sie sich zwei Tage lang zu Hause nicht mehr blicken lässt. Eine Ursache – ‚Fehlzündung des Automotors‘ – erzeugt mehrere Wirkungen – ‚kaputte Scheiben‘ und ‚Einschüchterung einer Katze‘. Zwischen zwei multiplen Wirkungen besteht keine kausale Abhängigkeit, d.h., keine von beiden ist kausal relevant für die andere. Anstelle von multiplen Wirkungen spricht man oft auch von einem *Epiphänomen*. So bilden die Faktoren B und C von Abbildung III.8 ein Epiphänomen.

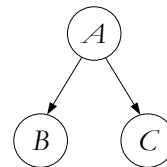


Abb. III.8: Multiple Wirkung.

Multiple Wirkungen werden graphisch durch zwei von einem Knoten ausgehende Pfade dargestellt. Der Faktor A des Graphen in Abbildung III.8 hat die beiden multiplen Wirkungen B und C . A ist die *gemeinsame Ursache* von B und C . „Gemeinsame Ursache“ nennt man also nicht einfach einen Faktor, der mehrere Wirkungen zugleich hat – auch der Faktor A im Kettengraphen von Abbildung III.7 hat zwei Wirkungen. Vielmehr ist nur dann von einer gemeinsamen Ursache die Rede, wenn ein Faktor kausal relevant ist für mindestens zwei Wirkungen, ohne dass eine dieser Wirkungen ebenfalls kausal relevant ist für die andere. Die Begriffe der gemeinsamen Ursache und des Epiphänomens werden im Verlauf der nachfolgenden kausaltheorietischen Darstellungen von einiger Brisanz sein.

3.8 HEMMENDE URSACHEN

Hemmende Faktoren verhindern, dass die Instanzen anderer Ursachentypen ihre kausale Wirksamkeit entfalten können.¹⁷ So ist die Schutzimpfung ein hemmender Faktor für das Entstehen einer Grippe. Hat der Körper durch Schutzimpfung Immunität erlangt, wird die Krankheit auch bei ansonsten den Ausbruch einer Grippe begünstigenden Umständen abgewendet. Damit eine entsprechende Wirkung auftritt, muss ein hemmender Faktor abwesend sein. Oder anders formuliert: Gibt es einen das Auftreten von Instanzen der Wirkung C hemmenden Faktor A , so muss das Bündel der Ursachen von C um die Negation von A , d.h. um \bar{A} , ergänzt werden. Erst diese Ergänzung liefert ein Bündel von Ursachen, das tatsächlich für die Realisierung der Instanzen von C ausreicht.

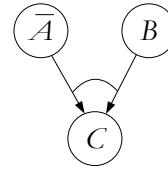


Abb. III.9: Hemmende Ursache.

Die Negation hemmender Faktoren wird auch in der graphischen Notation mit einem Querstrich über den Buchstaben gekennzeichnet.

3.9 ALTERNATIVE WIRKUNGEN?

Alternative Wirkungen gibt es nicht. Ist eine Ursache gegeben, dann werden eine oder mehrere multiple Wirkungen instantiiert – aber nicht einmal die eine Wirkung und bei einer späteren Gelegenheit eine andere. Alternative Wirkungen könnten nur entstehen, wenn die unterstellten Prozesse von grundsätzlich zufälliger Natur sind. In den uns bekannten Alltagssituationen unterstellen wir stets, dass veränderte Wirkungen auf veränderte Umstände zurückzuführen sind. Treten neue Wirkungen auf oder bleiben althergebrachte aus, folgern wir, dass in der fraglichen Ereignissequenz andere als die von uns erwarteten Faktoren instantiiert waren und aus diesem Grund ein veränderter Prozess eingetreten ist.

¹⁷Vgl. Abschnitt 4.1 von Kapitel II.

3.10 KATALOG

Die in Abbildung III.10 dargestellten Formen der graphischen Verknüpfung von kausal relevanten Faktoren bilden einen vollständigen Katalog für die Konstruktion beliebig komplexer kausaler Zusammenhänge. Es gelingt, mit einer überschaubaren Menge von Verknüpfungsformen jeden möglichen Kausalzusammenhang zu beschreiben. Dazu werden die Elemente aus dem Katalog einfach in passender Weise miteinander kombiniert. Es gibt keinen Kausalzusammenhang, der nicht durch eine entsprechende Komposition der Verknüpfungsformen von Abbildung III.10 wiedergegeben werden könnte.

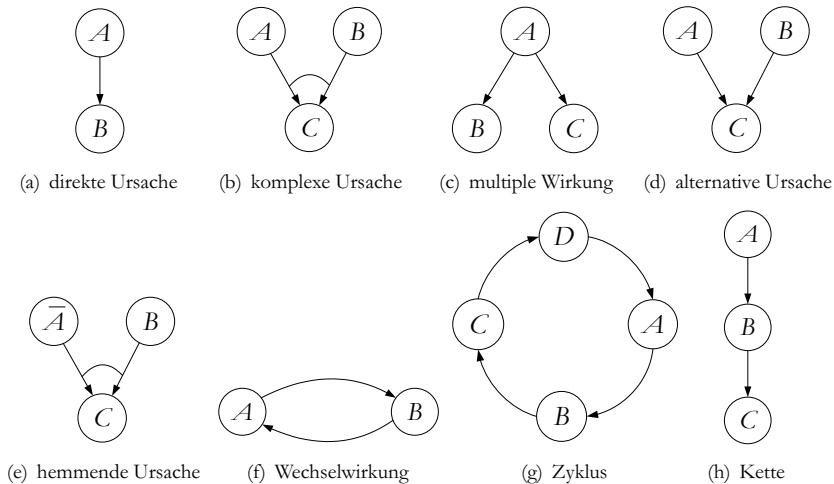


Abb. III.10: Katalog der kausalen Verknüpfungsformen.

Vollständigkeit des Katalogs: Der Katalog kausaler Verknüpfungsformen von Abbildung III.10 ist vollständig. Jede Kausalstruktur kann durch eine geeignete Komposition von Elementen des Katalogs dargestellt werden.

📖 ÜBUNG: Kausalgraphen 1

📖 ÜBUNG: Kausalgraphen 2

4 KAUSALPRINZIPIEN

Neben der Darstellbarkeit mit Hilfe des graphischen Katalogs genügen kausale Zusammenhänge vier zentralen Prinzipien. Sind diese verletzt, dann liegt kein kausaler Zusammenhang vor. Die Erfüllung dieser Prinzipien durch einen Prozess ist also eine notwendige Bedingung dafür, dass es sich beim fraglichen Prozess um einen kausalen Prozess handelt.

4.1 DETERMINISMUSPRINZIP

Das Determinismusprinzip ist das bekannteste der vier Prinzipien. Es besagt: In einer Situation S_1 , die in kausaler Hinsicht mit einer Situation S_2 übereinstimmt, werden bei gleichen Ursachentypen gleiche Wirkungstypen instantiiert wie in S_2 – vorausgesetzt, in S_1 und S_2 finden überhaupt kausale Prozesse statt. Es ist wichtig zu betonen, dass das Determinismusprinzip selbst nicht behauptet, die Welt sei vollständig kausal determiniert. Die Existenz kontingenter und in unvorhersehbarer Variation ablaufender Vorgänge ist durchaus mit dem Determinismusprinzip verträglich. Doch immer wenn Ereignisse kausal erzeugt sind, gilt das Determinismusprinzip – wie auch die übrigen Prinzipien.

Determinismusprinzip: Bei gleichen Ursachentypen werden die gleichen Wirkungstypen instantiiert. Auf eine griffige Kurzformel gebracht: *Gleiche Ursachen, gleiche Wirkungen.*

4.2 KAUSALITÄTSPRINZIP

Das Kausalitätsprinzip besagt, dass alle in einen kausalen Prozess involvierten Ereignisse kausal erzeugt sind. Es ist logisch unabhängig vom Determinismusprinzip. Es könnte sein, dass das eine gilt und das andere nicht.

Kausalitätsprinzip: Ist keine Ursache instantiiert, tritt auch keine Wirkung auf. Auf eine griffige Kurzformel gebracht: *Jedes Ereignis hat eine Ursache.*

4.3 PRINZIP DER RELEVANZ

Das Prinzip der Relevanz fordert, dass kausal relevante Faktoren mindestens einmal in der Welt (in ihrer Vergangenheit, Gegenwart oder Zukunft) von Ereignissen instantiiert werden. Oder anders gewendet: Ein Faktor ist nur kausal relevant, wenn er mindestens von einem Ereignis, das in einem kausalen Prozess als Ursache figuriert, instantiiert wird. Damit wird ausgeschlossen, dass ein Faktor

kausale Relevanz beanspruchen könnte, ohne dass er je instantiiert ist und derart seine kausale Relevanz unter Beweis stellt.

Prinzip der Relevanz: Ein kausal relevanter Faktor ist mindestens in einer Situation unverzichtbar für das Entstehen einer Wirkung.

Das Prinzip der Relevanz verlangt, dass einer Wirkung nur so viele Ursachen zugeschrieben werden, wie unbedingt nötig. Angenommen, die zwei Ereignistypen A und B gehen häufig einem Auftreten der Wirkung C voraus. Nun betrachten wir eine konkrete Situation S_1 , in der genau dies der Fall ist, d.h., auf a und b folgt c . A und B sollen jetzt auf ihre kausale Relevanz für C geprüft werden. Weiter sei angenommen, wir wüssten aufgrund einer Reihe von weiteren Situationen S_2, S_3, \dots , dass Instanzen von A auch unabhängig von B solche von C verursachen. Andererseits sei keine Situation bekannt, in der eine Instanz von B ohne gleichzeitige Instanz von A ein c verursacht. In einer solchen Konstellation kommt das Prinzip der Relevanz zur Anwendung: In S_1 ist nur A unverzichtbar. Wir können das Auftreten von c ohne Berücksichtigung von B erklären. Die Instanz von B kommt folglich aufgrund des Prinzips der Relevanz nicht als Ursache von c in Betracht.

4.4 PRINZIP DER PERSISTENTEN RELEVANZ

Angenommen, der Faktor A bilde gemeinsam mit B und C eine komplexe Ursache der Wirkung W . A führe also erst dann ein Ereignis vom Typ W herbei, wenn nebenbei auch B und C instantiiert sind. Ist ABC instantiiert, tritt auch W auf. Erschwerend komme hinzu, dass die wissenschaftliche Disziplin, welche den von A zu W führenden Prozess untersucht, gar nicht weiss, dass Instanzen von A nicht alleine, sondern nur in Verbindung mit B und C Instanzen von W verursachen. Trotz dieser eingeschränkten Wissenslage kann diese Disziplin in Situationen, in denen B und C unerkannterweise instantiiert sind, die kausale Relevanz von A diagnostizieren.

Schon bald freilich mache man im betreffenden Forschungsfeld einen grossen Fortschritt und erkenne die kausale Relevanz von B und C für W . An dieser Stelle kommt das Prinzip der persistenten Relevanz zur Anwendung. Es fordert, dass die kausale Relevanz von A auch nach der Entdeckung von B und C erhalten bleiben müsse, andernfalls sei A von allem Anfang an nicht kausal relevant gewesen für W . Gemäss dem Prinzip der persistenten Relevanz ist ein Faktor nur unter der Voraussetzung kausal relevant, dass er diese Relevanz auch dann behält, wenn neue Faktoren in die Betrachtung einbezogen werden und die kausale Relevanz neuer Faktoren für dieselbe Wirkung erkannt wird.

Der Inhalt dieses Prinzips mag auf den ersten Blick als Selbstverständlichkeit erscheinen. Weshalb, so könnte man sich fragen, sollte ein für kausal relevant gehaltener Faktor seine kausale Relevanz verlieren, nur weil andere Faktoren in die

Prinzip der persistenten Relevanz: Ein kausal relevanter Faktor behält seine Relevanz, wenn zusätzliche Faktoren in die Betrachtung der kausalen Verhältnisse einbezogen werden.

Analyse mit einbezogen werden? Doch gerade beim Erkennen falscher Kausaldiagnosen spielt dieses Prinzip eine wichtige Rolle. Es kommt durchaus vor, dass vermeintlich kausal interpretierte Faktoren bei der Mitberücksichtigung zusätzlicher Faktoren ihrer mutmasslichen Relevanz verlustig gehen. Heute ist die Medizin beispielsweise überzeugt, dass Rauchen Lungenkrebs verursacht. Es ist aber allemal denkbar, dass man in ein paar Jahren eine genetische Veranlagung entdecken wird, die beim Menschen sowohl eine Vorliebe für Tabakrauch wie auch ein erhöhtes Lungenkrebsrisiko verursacht. Damit wäre das Rauchen gemäss dem Prinzip der Relevanz verzichtbar für die kausale Erklärung von Lungenkrebs und verlöre dementsprechend seine vermeintliche kausale Relevanz. Dem Prinzip der persistenten Relevanz zufolge hätte Rauchen von allem Anfang an für die Krankheitsgeschichte von rauchenden Lungenkrebspatienten keine kausale Rolle gespielt.

 ÜBUNG: *Kausalprinzipien 1*

 ÜBUNG: *Kausalprinzipien 2*