



Causaliteit

Beschrijving

Het begrip causaliteit is aardig ter discussie komen te staan nu we steeds meer begrijpen van de kwantummechanica. Maar het begrip komt ook elders voor. Het structureert in zekere zin onze kennis en begrip van de wereld om ons heen. Hoewel het idee van oorzaak en gevolg intuïtief, en soms vanzelfsprekend, lijkt, heeft het filosofische, wetenschappelijke en praktische discussies geïnspireerd.

Fundamenteel

Causaliteit, ook wel oorzakelijkheid genoemd, is een fundamenteel concept dat verwijst naar de relatie tussen oorzaak en gevolg. Dit begrip speelt een essentiële rol in wetenschap, filosofie, recht, psychologie en ons dagelijks denken. Het idee dat gebeurtenissen en fenomenen niet willekeurig plaatsvinden, maar voortkomen uit specifieke oorzaken, vormt de basis van ons begrip van de wereld.

De vraag naar oorzaken doemt meestal op bij veranderingen in de verwachte loop van gebeurtenissen of als er zich plotseling een onverwacht verschijnsel voordoet. De oorzaak ligt uiteraard in het verleden en wordt moeilijker te achterhalen naarmate de waarschijnlijke oorzaak langer geleden is.

Er kan onderscheid gemaakt worden tussen twee categorieën:

- De relatie tussen oorzaak en gevolg is een natuurlijk proces (**event causation**), meestal te verklaren via de ons bekende natuurwetten, maar vaak ook door een toevallige samenloop van omstandigheden (bv. verstoring van evenwicht, weersomstandigheden, natuurrampen, etc.). Deze relatie speelt een belangrijke rol in de natuurwetenschappen.
- De relatie wordt bepaald door een doelgerichte actie (**agent causation**) of de intentionaliteit van iets of iemand. Dit is een kenmerk van alle levende wezens die immers doelgericht handelen, soms met behulp van hulpmiddelen. Deze relatie speelt een belangrijke rol in de biologie, sociale wetenschappen en het strafrecht. Of dit een fundamentele andere vorm van causaliteit is bestaan verschillende opvattingen.

Het verschil tussen beide categorieën is te karakteriseren door middel van het gebruik van de woorden "doordat" en "omdat" bij een oorzakelijke verklaring van een verschijnsel:

- ‘doordat’ verwijst naar een oorzaak in het verleden,
- ‘omdat’ verwijst naar een motief of doel dat in de toekomst ligt.

Veel causale verbanden zijn trouwens vaak een combinatie van deze twee categorieën.



Oorzaak en gevolg

In de filosofie

De discussie over causaliteit vindt zijn oorsprong in de klassieke filosofie. Aristoteles onderscheidde vier soorten oorzaken:

- de materiële oorzaak (waaruit iets bestaat),
- de formele oorzaak (de structuur of vorm),
- de efficiënte oorzaak (de directe oorzaak) en
- de finale oorzaak (het doel).

Deze indeling diende eeuwenlang als uitgangspunt voor filosofische en wetenschappelijke analyses.

René Descartes

Rationalistische filosofen zoals Descartes zagen causaliteit in de logische relatie tussen premissen en conclusies. Tegenwoordig heeft dit rationalistisch standpunt vooral plaats in natuurwetenschappelijke kringen met de veronderstelling dat de *oorzaak* van een verschijnsel de *natuurwet* is volgens welke het plaatsvindt.



Isaac Newton

Voorbeeld: De *Tweede Wet* van Newton $F = m \cdot a$ (kracht = massa maal versnelling) zegt dat bij het waarnemen van twee van deze grootheden, in de situaties waarop deze wet van toepassing is, altijd de derde volgens deze formule wordt waargenomen. In deze wet is echter al sprake van een complicatie. Hier wordt slechts de *gelijkwaardige* relatie van grootheden uitgebeeld, geen oorzaak en gevolg, en de wet zegt niet dat versnelling het gevolg is van een kracht, hoewel daarover te discussiëren valt.

Ofwel het $=$ teken in de vergelijking zegt *is gelijk aan* en niet *is de oorzaak/gevolg van*.



David Hume

In de 18e eeuw bracht de *Schotse* filosoof *David Hume* een revolutionaire wending in het debat door causaliteit te beschouwen als een *mentale constructie* in plaats van een *inherente eigenschap* van de natuur. Hume stelde dat we oorzaak-gevolgrelaties afleiden uit herhaalde observaties van gebeurtenissen, maar dat we geen *noodzakelijke* verbinding tussen oorzaak en gevolg kunnen waarnemen. Zijn sceptische kijk op causaliteit leidde tot diepgaande filosofische discussies over de grondslagen van wetenschap en kennis.



Immanuel Kant

Immanuel Kant probeerde Hume's scepticisme te weerleggen door te betogen dat causaliteit een onmisbare categorie van het menselijk verstand is. Volgens Kant is het begrip causaliteit noodzakelijk voor het ordenen van onze ervaringen en voor het mogelijk maken van objectieve kennis.

In de wetenschap

In de wetenschap is causaliteit een cruciaal begrip voor het verklaren en voorspellen van fenomenen. In de natuurkunde wordt causaliteit vaak geformaliseerd in de vorm van wiskundige modellen en wetmatigheden. Bijvoorbeeld, Newton's wetten van beweging beschrijven hoe krachten (oorzaken) beweging (gevolgen) veroorzaken.

Daarnaast stelt de kwantummechanica het klassieke idee van causaliteit op de proef. In sommige interpretaties van kwantumtheorie lijken gebeurtenissen zonder duidelijke oorzaak plaats te vinden, wat vragen oproept over de universaliteit van causaliteit. Er is zelfs sprake van de mogelijkheid dat een verandering nu, gevolgen heeft voor een voorval eerder in de tijd (zie verderop).

Statistiek

Moderne wetenschappen, zoals epidemiologie en sociale wetenschappen, maken gebruik van statistiek om causale relaties te identificeren.

Bij het toetsen van een verklarende hypothese is het belangrijk dat de oorzaak en het gevolg daadwerkelijk samenhangen. Een bekend voorbeeld is het volgende:

In de periode 1960-1980 nam het aantal geboorten in Duitsland af. In dezelfde periode nam ook het aantal ooievaars in Duitsland af.

Hypothese: de ooievaarsstand neemt af, daardoor kunnen ze minder kinderen langs brengen.

Er is hier wel sprake van een statistisch verband: het aantal geboorten daalt en het aantal ooievaars daalt. Maar aangezien kinderen niet door de ooievaar gebracht worden is er geen causaal verband. De hypothese moet dan ook verworpen worden.

Een betere hypothese zou zijn dat de pil in die periode geïntroduceerd werd zodat een betere anticonceptie mogelijk werd. Er is tenslotte wel een causaal verband tussen anticonceptie en geboorten.

In het strafrecht

In het recht is causaliteit van vitaal belang bij het vaststellen van aansprakelijkheid.

Juristen maken vaak onderscheid tussen feitelijke causaliteit en juridische causaliteit (de toerekening van verantwoordelijkheid). Een klassiek voorbeeld is de vraag of iemand die een verkeersongeluk veroorzaakt, verantwoordelijk is voor alle gevolgen, inclusief onverwachte gebeurtenissen.

In de ethiek

In de ethiek roept causaliteit vragen op over morele verantwoordelijkheid. Als een persoon een actie onderneemt die leidt tot schade, maar niet alle gevolgen van zijn actie kon voorzien, in hoeverre is die persoon dan verantwoordelijk? Dergelijke vragen liggen ten grondslag aan debatten over complexe onderwerpen zoals klimaatverandering en gevaren van (AI-) technologie.

In de (AI-) technologie

In de moderne technologie speelt causaliteit een steeds grotere rol. Machine learning-algoritmen kunnen patronen herkennen, maar ze gaan vaak de mist in bij het onderscheiden van oorzakelijke relaties. Onderzoekers proberen modellen te ontwikkelen die niet alleen correlaties kunnen identificeren, maar ook causale structuren kunnen begrijpen. Dit is cruciaal voor toepassingen zoals medische diagnose en autonome voertuigen, want daar hebben foutieve aannames over causaliteit fatale gevolgen.

Wat is het verschil tussen correlatie en causaliteit?

Als er sprake is van **correlatie** is er een *statistisch verband* tussen variabelen: als de ene variabele verandert, verandert de andere ook. De variabelen veranderen dus samen (covariëren), maar dat hoeft niet te komen door een (indirect) oorzakelijk verband. Dit betekent dat een verandering in de ene variabele niet per se de verandering in de andere variabele hoeft te veroorzaken.

Causaliteit betekent dat een verandering in de ene variabele de verandering in de andere variabele veroorzaakt. Er is dus een *oorzaak-gevolgverband* tussen variabelen. De twee variabelen zijn gecorreleerd en er is sprake van een causale relatie.

Een correlatie impliceert dus geen causaliteit, maar causaliteit impliceert wel altijd een correlatie.

Maar nu causaliteit en kwantummechanica?

Causaliteit, het idee dat een oorzaak een specifiek gevolg voortbrengt, wordt door de kwantummechanica op verschillende manieren uitgedaagd. In de klassieke fysica zijn oorzaak-gevolgrelaties meestal lineair en voorspelbaar. In de kwantummechanica, echter, ontstaan er verschijnselen die deze intuïtieve causaliteitsregels verstoren. Hieronder de belangrijkste manieren waarop causaliteit in de kwantummechanica in vraag wordt gesteld wordt.

Indeterminisme

In de klassieke fysica kunnen we, met voldoende kennis, de uitkomst van een proces precies voorspellen (determinisme). In de kwantummechanica is dit niet altijd mogelijk. Het resultaat van kwantumgebeurtenissen wordt vaak beschreven in termen van waarschijnlijkheden. Bijvoorbeeld, bij het verval van een radioactief atoom kunnen we niet voorspellen *wanneer* het zal vervallen, alleen de waarschijnlijkheid dat het in een bepaalde tijdspanne gebeurt. Dus: er lijkt geen vaste oorzaak-gevolgrelatie te zijn op individueel niveau; gebeurtenissen lijken willekeurig plaats te vinden binnen de grenzen van een waarschijnlijkheidsverdeling.

Verstrengeling en niet-lokaliteit

Bij kwantumverstrengeling raken twee of meer deeltjes zodanig verbonden dat de toestand van het ene deeltje direct correleert met de toestand van het andere, ongeacht de afstand tussen hen. Dit fenomeen werd experimenteel bevestigd, onder andere door het werk van *Alain Aspect* en latere experimenten met *Bell-ongelijkheden*. Wanneer de toestand van een verstrengeld deeltje wordt gemeten, lijkt de toestand van het andere deeltje onmiddellijk te veranderen, sneller dan de lichtsnelheid. Dit roept vragen op over de volgorde van oorzaak en gevolg en of informatie instantaan wordt overgedragen. Hoewel deze correlaties bestaan, zijn ze niet bruikbaar voor het overbrengen van informatie en schenden ze daarom niet strikt de relativistische causaliteit.

Superpositie en kwantumtijd

De kwantummechanica stelt dat deeltjes zich in een superpositie van toestanden kunnen bevinden totdat ze worden gemeten. Voor die meting bestaat er geen duidelijke toestand die als oorzaak of gevolg kan worden aangewezen. In het beroemde gedachte-experiment van *Schrödinger's kat* is de kat zowel dood als levend totdat de doos wordt geopend. Er is geen enkele toestand die als oorzaak kan dienen voordat de meting plaatsvindt.

Oorzaak en gevolg in de kwantumtijd

In sommige kwantumexperimenten, zoals die met kwantumprocessen waarin *tijd-reversal-symmetrie* wordt getest, blijkt dat het onderscheid tussen oorzaak en gevolg vaag wordt. Kwantumsystemen kunnen zich gedragen alsof de toekomst de oorzaak is van gebeurtenissen in het verleden, wat bekend staat als retrocausaliteit. Het zogeheten *Delayed Choice*-experiment van *John Wheeler* laat zien dat de manier waarop een deeltje wordt waargenomen, beslissingen over zijn gedrag lijkt te beïnvloeden, zelfs als deze beslissing pas wordt genomen nadat het deeltje door een interactie is gegaan.

Multiverse-theorie en causaliteit

In sommige interpretaties van de kwantummechanica, zoals de *veel-werelden-interpretatie*, splitst de werkelijkheid zich in verschillende mogelijke uitkomsten bij elke kwantumgebeurtenis. Dit roept de vraag op of causaliteit in elk afzonderlijk universum nog steeds geldt, of dat het begrip volledig afhankelijk is van de gekozen interpretatie.

Hoe gaan we hiermee om?

De concepten in de kwantummechanica hebben geleid tot veel discussie en interpretaties binnen de filosofie van wetenschap. Sommige fysici, zoals *Richard Feynman*, hebben betoogd dat we de paradoxen van causaliteit moeten accepteren als inherent aan de kwantumrealiteit. Anderen, zoals *Carlo Rovelli*, werken aan alternatieve modellen zoals kwantumzwaartekracht om een volledig begrip van causaliteit te bieden.

Datum aangemaakt
2024/12/16

default watermark