



Onzekerheid

Beschrijving

Onzekerheid is niet direct een begrip dat je koppelt aan een exacte wetenschap als Natuurkunde. Toch is het *Onzekerheidsrelatie van Heisenberg* uit 1927 het fundament van een van de nieuwste vertakkingen van diezelfde Natuurkunde, en wel de Kwantum Mechanica!

De onzekerheidsrelatie drukt uit dat er paren van grootheden bestaan, waarvoor geldt dat niet van beide grootheden de waarden tegelijkertijd exact vastgelegd kunnen worden. Een voorbeeld van een dergelijk paar is plaats en impuls (= massa x snelheid), een ander voorbeeld is energie en tijd.

Wat is er dan zo onzeker?

Als je van een bewegend voorwerp wilt vaststellen WAAR het is en HOE SNEL het is, dan zal blijken dat je maar één van de twee met zekerheid kunt meten. Dat is wellicht enigszins *op de klompen* aan te voelen, als het voorwerp een F1-raceauto op volle snelheid op een circuit is.

Om exact vast te stellen waar die F1-raceauto zich bevindt op het circuit, zou je hem eigenlijk even willen stilzetten. Maar als je dat doet, dan kun je niet meten hoe snel hij was op die plek van het circuit. Met andere woorden, of de locatie of de snelheid van een bewegend voorwerp is exact vast te stellen; maar niet beide tegelijkertijd.



Aan de foto kun je al zien dat scherp stellen op de auto (d.w.z. met de camera meebewegen), de locatie op het circuit doet vervagen.

Werner Karl Heisenberg

Wie was dan die Heisenberg, die als eerste melding maakte van deze onzekerheid?

Werner Karl Heisenberg (1901–1976) was een Duits natuurkundige en een van de grondleggers van de kwantummechanica. De bekende *onzekerheidsrelatie van Heisenberg* is van hem afkomstig. Daarnaast heeft hij belangrijke bijdragen geleverd aan werk op het gebied van de hydrodynamica van turbulentie, de atoomkern, ferromagnetisme, kosmische straling en elementaire deeltjes en was hij de ontwerper van de eerste naoorlogse kernreactor in Karlsruhe in Duitsland.



Werner Karl Heisenberg (1901–1976)

Pauli en Born

Heisenberg studeerde natuurkunde in München, samen met zijn vriend *Wolfgang Pauli*, die een paar jaar boven hem zat. Hij studeerde onder *Arnold Sommerfeld* en promoveerde in 1923 op een proefschrift over turbulentie in vloeistofstromen.

Heisenberg volgde Pauli naar Göttingen om daar onder *Max Born* te werken. Daarna ging hij in 1924 werken aan het instituut voor theoretische natuurkunde in Kopenhagen onder Niels Bohr, die hij als student in 1922 reeds had ontmoet. Dit resulteerde in een vruchtbare samenwerking, leidend tot de *Kopenhaagse interpretatie* van de kwantummechanica en uiteindelijk tot een *Nobelprijs voor Natuurkunde* in 1932 voor zijn werk aan de kwantummechanica. In 1927 werd hij, 26 jaar oud, hoogleraar theoretische natuurkunde in Leipzig, en in 1941 aan de *Universiteit van Berlijn*.

Heisenberg trouwde in 1937 met *Elisabeth Schumacher* en het echtpaar kreeg zeven kinderen. Een van zijn zoons, *Martin Heisenberg*, is hoogleraar genetica.

Belang van de onzekerheidsrelatie

De onzekerheidsrelatie van Heisenberg heeft belangrijke gevolgen in veel takken van de natuurkunde, op subatomaire schaal (kwantumfysica). Voor macroscopische voorwerpen, zoals stoelen, huizen of stuif-meelkorrels, geldt de relatie uiteraard ook, maar is de onzekerheid verwaarloosbaar doordat de constante van *Planck* (als onderdeel van de formule voor de relatie) zo klein is.

Een belangrijk gevolg van de onzekerheidsrelatie is dat metingen altijd invloed hebben op het te meten systeem (ofwel: door waar te nemen wordt het waar te nemen systeem beïnvloedt).

Collaboratie in WOII

In 1933 kwam *Adolf Hitler* aan de macht in *Duitsland* en binnen zeer korte tijd was het land door hem omgevormd tot een totalitaire dictatuur. *Hitler*'s nazipartij hield alle aspecten van de maatschappij onder controle.

Aanvankelijk verzette *Heisenberg* zich tegen de bemoeienis van de nazi's met de wetenschap en speciaal met de uitsluiting van joodse wetenschappers, maar ten slotte schikte hij zich naar hun wensen. Het principe van kernsplijting werd in 1938 ontdekt in *Duitsland*. *Heisenberg* was betrokken bij dit Duitse kernonderzoek en bij de, uiteindelijk niet geslaagde, pogingen van de nazi's een eigen atoombom te ontwikkelen.

Duitse atoombom

Door zijn collaboratie met het naziregime werd *Heisenberg* een omstreden figuur. Toen hij aan *Bohr* bekendmaakte dat hij aan de ontwikkeling van een Duits atoomwapen werkte eindigde hun lange vriendschap abrupt. In september 1941 was er in het bezette *Kopenhagen* namelijk een ontmoeting tussen *Heisenberg* en *Bohr*. Er is veel geheimzinnigheid omtrent de aard van deze ontmoeting. De familie van *Bohr* gaf pas in 2002 documenten vrij waarin valt te lezen dat *Bohr* geschokt was over het feit dat *Heisenberg*, die er blijkbaar van overtuigd was dat *Duitsland* de oorlog zou winnen, onthulde dat hij meewerkte aan de ontwikkeling van een Duitse atoombom.

Toen *Bohr* dit aan de geallieerden bekendmaakte, gaf dit een extra impuls aan het *Manhattanproject*: de Amerikaanse poging om een atoombom te vervaardigen. In de lezing van *Heisenberg* deed hij juist alles om het project te *vertragen*.

Na de oorlog

Aan het eind van de oorlog in Europa werd *Heisenberg* door de *Alsosgroep* gearresteerd en zat hij enige maanden gevangen in het landhuis *Farm Hall* bij *Cambridge* in het *Verenigd Koninkrijk*, samen met een aantal andere eminente Duitse geleerden onder wie *Carl Friedrich von Weizsäcker*, *Otto Hahn* en *Max von Laue*.

Ze werden goed behandeld en hadden veel vrijheid. De *Britten* hadden echter in elke ruimte microfoons verborgen om hun onderlinge gesprekken af te luisteren. Zo wilden de *Britten* te weten komen hoever de Duitsers gevorderd waren in het fabriceren van hun atoombom. Toen begin augustus 1945 het bericht over de eerste atoombom op Japan bekend werd, was dit natuurlijk meteen het onderwerp van speculatie onder de Duitse wetenschappers.

Heisenberg gaf er in die gesprekken blijk van totaal op het verkeerde spoor te zitten wat betreft zijn gedachten over het ontwerp van de bom. Hij had bijvoorbeeld geen idee van de berekening van de juiste kritische massa.

Na zijn vrijlating speelde *Heisenberg* een grote rol in het herstel van het wetenschappelijk onderwijs in *Duitsland* en probeerde hij een *'Theorie van alles'* te ontwikkelen, maar slaagde daarin niet.

Hij overleed in 1976. De plaats van *Heisenbergs* graf is vrij nauwkeurig vast te stellen, dus de veel aangehaalde anekdote dat op zijn graf zou staan *'Hier ligt Werner Heisenberg, ergens'* is een verzinsel.

Datum aangemaakt

default watermark