

huidige verklaring der fysische verschijnselen haar uitgangspunt neemt, het niveau der fundamentele deeltjes, wordt dus het causaliteitsbeginsel der klassieke physica door de waarnemingen zelf van de hand gewezen.

De quantumphysica, ontwikkeld door de Broglie, Schrödinger, Heisenberg, Born, Dirac, e. a., heeft de consequentie van deze situatie aanvaard en tot een revisie van het causaliteitsbeginsel besloten en zulks niet alleen op grond van de uitkomsten van het radioactieve onderzoek, maar op grond van het geheel der resultaten van het atoom- en kernfysisch onderzoek. Met name heeft zij daarbij rekening gehouden met het feit, dat bij dit onderzoek op tal van wijzen het bestaan van een universele natuurconstante, het z.g. *elementaire werkingsquantum*, te voorschijn is gekomen, die bij alle wisselwerkingen een essentiële rol blijkt te spelen. In het bijzonder door Heisenberg en Bohr is daarbij aangetoond, dat een kritische analyse van de aard der fysische kennis met inachtneming van het bestaan van het werkingsquantum zulk een revisie van het causaliteitsbeginsel onvermijdelijk maakt.

Bij deze critiek wordt naar voren gebracht, dat alle fysische kennis berust op metingen en dus ook door metingen controleerbaar moet zijn. Meting is echter altijd een vergelijking, zij het ook langs indirecte weg, met maatstaven ontleend aan de macro-fysische wereld. Kennen wij aan een micro-systeem observabelen, zoals coördinaten en impulsen toe, dan zullen wij daarbij moeten bedenken dat de getalwaarden dezer observabelen op de een of andere wijze voor meting vatbaar zullen moeten zijn. Daartoe is noodzakelijk dat het microsysteem in wisselwerking treedt met het meetinstrument, d.w.z. zich in de macro-wereld zodanig manifesteert, dat zijn observabelen voor meting toegankelijk worden. Deze wisselwerking fungeert echter voor het micro-systeem als een storing, die zijn toestand op oncontroleerbare wijze beïnvloedt. In de klassieke theorie mocht men deze storing oneindig klein denken. Dit is echter niet meer geoorloofd nu wij weten, dat het universele werkingsquantum een onderste grens stelt aan de grootte van deze storing. Wegens het bestaan van dit werkingsquantum zal voor een microstructuur elke meting een storende *ingreep*, een *bewerking*, een operatie zijn.

Daarom heeft het geen betekenis meer in de trant der klassieke physica te zeggen, dat er op elk ogenblik een scherp bepaalde toestand *is*, gekenmerkt door observabelen die exacte waarden *hebben*. Het heeft alleen zin om te vragen naar de waarden der observabelen, die te voorschijn zullen komen bij een meting, d.w.z. bij het aanbrengen van een storing van eindige grootte en eindige tijdsduur.

In aansluiting aan deze overwegingen heeft de quantummechanica allereerst aan het begrip *toestand* een gewijzigde inhoud gegeven. Het quantummechanisch begrip toestand is niet langer betrokken op een enkel tijdsmoment, maar omvat altijd een *tijdsduur*, het heeft betrekking op een gebied in de vier-dimensionale tijd-ruimte.

De toestand wordt symbolisch beschreven door een toestandsfunctie,