

Toeval en wetmatigheid*

door J. HEMELRIJK **

Wanneer de mens tracht de natuur – met inbegrip van de mens zelf – te beheersen en te begrijpen, dan gebruikt hij daarbij vanouds vooral het *causaliteitsbeginsel*: geen verandering zonder oorzaak, en gelijke oorzaken hebben gelijke gevolgen. Een machtig beginsel, dat voor het eerst duidelijk opduikt bij DEMOCRITUS (± 450 –360 v. Chr.) en dat men sindsdien bij iedere wetenschappelijke onderzoeker terugvindt.

Met het causaliteitsbeginsel alleen komt men echter in de praktijk niet uit. Dit besefte reeds ARISTOTELES (384–322 v. Chr.), die naast causaal bepaalde gebeurtenissen ook *toevallige gebeurtenissen* onderscheidde, die zich aan causale analyse onttrekken. Hij meende echter dat deze toevallige gebeurtenissen zich niet voor theorie-vorming leenden, dat er geen wetmatigheid in te bespeuren viel en hield zich er dan ook verder niet mee bezig.

Het dilemma, waarover dit artikel gaat, is daarmee gepresenteerd. Toeval versus wetmatigheid, of versus causaliteit, want dat is de vorm, waarin natuurwetenschappelijke wetmatigheid meestal gegoten wordt. Dat in de titel van het artikel „versus” vervangen is door „en” is geen toeval. Wij zullen zien dat „en” beter op zijn plaats is.

Natuurlijk werd er ook in de Oud-Griekse tijd al gedubbeld en was het „toeval” al bekend. Het valt dan ook niet te verbazen, dat vóór de formulering van het causaliteitsprincipe door DEMOCRITUS, bijv. bij EMPEDOCLES (490–430 v. Chr.) de tegenstelling tussen toeval en causaliteit nog niet aanwezig is. Volgens EMPEDOCLES veroorzaakten twee natuurkrachten („haat” en „liefde”) alle veranderingen op de wereld, maar hun werking berustte niet op een strenge noodzaak alleen. *Toeval en noodzaak* beheersten de wereld. Het is natuurlijk roekeloos dit te interpreteren in de zin van de betekenis die deze termen nu hebben en dat is ook de bedoeling niet. Maar in ieder geval was er een polariteit tussen noodzaak en niet-noodzaak en EMPEDOCLES was geen determinist.

DEMOCRITUS legde de grondslag voor het determinisme. Want als men het causaliteitsbeginsel streng hanteert, het in absolute zin interpreteert, dan komt men tot determinisme. Als iedere toestand volkomen bepaald wordt door voorafgaande toestanden, volgens vaste wetten van oorzaak en gevolg, dan ligt de hele toekomst al in het heden besloten. En dat is de inhoud van het determinisme. Onze kennis is weliswaar onvolgende om die toekomst volledig te voorspellen, maar daar moeten we dan maar aan werken. Het toeval heeft in dit denkschema geen plaats. Volgens DEMOCRITUS was het toeval dan ook slechts een idool dat de mensen zich geschapen hebben ter verlichting van hun gebrek aan inzicht. En deze opvatting wordt gedeeld door ZENO (490–430

* Rapport SW 2/70 van de Afdeling Mathematische Statistiek van het Mathematisch Centrum, Amsterdam.

** Hoogleraar aan de Universiteit van Amsterdam.

v. Chr.) en later ook door de stoïcijnen en vele anderen. Maar dat zullen wij nog zien.

Wij hebben ook reeds gezien dat bij ARISTOTELES de slinger weer even terugzwaaide. Hij was kennelijk geen determinist. Maar zijn mening, dat het toeval niet in wetten te vangen was, deed hem afzien van het onderzoeken van toevalsverschijnselen.

En daarna zwaaide de slinger voor lange tijd terug naar de andere kant. CHRYSIPPOS (280–208 v. Chr.), stoïcijner, keerde terug tot het standpunt van DEMOCRITUS en trok de lijn verder door. Het starre schema van een absoluut gesteld causaliteitsbeginsel leidde hem tot een hardnekkige verdediging van een volslagen determinisme.

Wij slaan nu een groot stuk geschiedenis over; de stellingen waren vóór onze jaartelling al duidelijk ingenomen en pas na de middeleeuwen ontwaakte de natuurwetenschappelijke belangstelling weer in een mate, die voor ons onderwerp van belang is.

Wij komen dan bij SPINOZA (1632–1677) en zien dat er nog niets veranderd is (al zal in de tussentijd de slinger nog wel eens naar de andere kant uitgeslagen zijn ook). Ook SPINOZA zegt, dat iets alleen toevallig wordt genoemd wegens onze gebrekkige kennis. Alles geschiedt volgens de noodzakelijkheid van de goddelijke natuur en volgens de eeuwige wetten en regels van de natuur.

Ook SCHOPENHAUER (1788–1860) wilde het toeval niet als iets wezenlijks erkennen: „In der Natur, sofern sie anschauliche Vorstellung ist, ist alles, was geschieht, notwendig, denn es geht aus seiner Ursache hervor”. SCHOPENHAUER was ook determinist en hij gaf zich zelfs veel moeite de juitsheid daarvan te „bewijzen” door het verhalen van „voorspellende dromen”, d.w.z. door voorbeelden te geven van dromen, die bleken uit te komen. Deze sterke-verhalen-techniek komt men ook tegenwoordig nog tegen – hij zal wel altijd blijven bestaan – vooral bij parapsychologen. De dromen, die niet uitkomen, vergeet men dan maar.

EMERSON (1803–1882) zei, in vrije vertaling: „Alle succesvolle mensen hebben een gemeenschappelijke trek: zij geloven aan oorzaken en werkingen. Zij zijn er vast van overtuigd dat de dingen niet door het toeval worden geregeerd, maar door wetten. Er is voor hen een ketting, die het oerbegin verbindt met het laatste einde, zonder zwakke of gebroken schakel. Juist de daadkrachtige mensen zweren zonder voorbehoud bij de almacht van de natuurwetten.”

Zelfs DARWIN (1809–1882), wiens theorie men niet kan uitwerken zonder van statistische modellen gebruik te maken, zei nog: „Ik heb van de veranderingen af en toe gesproken alsof zij van het toeval afhankelijk waren. Dat is natuurlijk een zeer onnauwkeurige wijze van uitdrukken; zij dient er slechts voor onze totale onwetendheid over de oorzaak van die bijzondere afwijking uit te drukken”.

Dat de deterministische wereldbeschouwing, ondanks zijn merkwaardige consequenties zoals een reeds vastliggende toekomst, niet alleen voorkwam en vermoedelijk nog voorkomt bij natuurwetenschappelijke onderzoekers, maar ook bij onderzoekers van de menselijke geest, blijkt wel uit een pertinente uitspraak van FREUD (1856–1939).

Hij deed deze uitspraak in een in 1917 gehouden lezing over wat wij nu „Freudian-

se vergissingen” noemen. In die lezing komt de volgende passage voor (vrije vertaling):

„Wat zou iemand, die niets van psycho-analyse afweet, ons antwoorden op de vraag: hoe verklaart ge dergelijke vergissingen?

Eerst zou hij zeker zeggen: „Wel, dat behoeft helemaal niet verklaard te worden; dat is alles louter toeval”. Wat bedoelt hij hier eigenlijk mee? Wil hij beweren dat er voorvallen plaats hebben – hoe nietig dan ook – die buiten de samenhang van het wereldgebeuren vallen en die evengoed niet als wel hadden kunnen gebeuren?

Als iemand op die wijze het natuurlijke determinisme op een enkele plaats afbreekt, dan gooit hij de gehele wetenschappelijke wereldbeschouwing over hoop.”

Het gaat ons in dit citaat natuurlijk niet om de Freudiaanse vergissingen, maar om de nadruk op de deterministische beschouwingswijze. Onthullend is daarbij de toevoeging „natuurlijk”: „het natuurlijke determinisme”. Zoals iemand, die beweert dat iets „absoluut waar” is daarmee juist enige twijfel aan het betrokken feit of althans aan de bewijsbaarheid daarvan verraad, zo verraad de overbodige en in wezen emotionele toevoeging „natuurlijk” een misschien onbewuste onzekerheid bij FREUD.

De reeds bij DEMOCRITUS gesignaleerde opvatting, dat het toeval slechts te hulp roepen wordt daar, waar onze kennis te kort schiet, vindt men zelfs nog terug bij de grondleggers van de *kansrekening*, zoals bij PIERRE-SIMON DE LAPLACE (1749–1827). Hoewel beseffende, dat onze kennis te kort schiet en te kort zal blijven schieten om de toekomst ooit volledig te kunnen voorspellen, is deze toch volgens hem in principe voor een geest met volkomen kennis volledig voorspelbaar en ligt hij dus reeds vast. Ook hij verwerpt dus de realiteit van „het toeval”. Dit is te merkwaardiger, omdat men de door hem beoefende kansrekening de wetenschap van het toeval zou kunnen noemen.

Pas in de 20e eeuw vindt in de natuurkunde, juist één van de het meest op het causaliteitsbeginsel gebaseerde wetenschappen, een zekere kentering plaats door de onderzoeken van fysici als BOHR en HEISENBERG. De moderne natuurkunde blijkt met het causaliteitsbeginsel alleen beslist niet meer uit te komen; de kansrekening – en daarmee het toeval – nemen er nu een essentiële plaats in. Maar dit bewijst natuurlijk niets, men kan volhouden dat dit op een gebrek aan kennis berust.

Wij sluiten dit summiere en ongetwijfeld verre van volledige historische overzicht af met een belangwekkend curiosum: de toelichting, die het Groot Woordenboek der Nederlandse Taal (de „grote VAN DALE”) bij het woord „toeval” geeft. Dit woordenboek geeft namelijk vaak voortreffelijke definities, zo ook hier. Wij nemen de daar vermelde betekenissen volledig over:

- I. wat iemand overkomt, nl. een of andere ziekelijke aandoening, aanval van de een of andere ziekte; – thans bepaaldelijk, aanval van vallende ziekte: *een toeval krijgen; aan toevallen lijden*.

(Deze betekenis kunnen wij hier gevoegelijk buiten beschouwing laten.)

- II.1. gebeurtenis of omstandigheid, die vooraf niet gezien of gewild, niet te berekenen is geweest; onberekenbaar, onvoorzien voorval: *het was een toeval dat ik hem thuis trof; dat was een bijzonder toeval; bloot, louter toeval; het was maar toeval;*
2. het onberekenbare gebeuren beschouwd als verschijnsel: *de verdeling der ouderlijke chromosomen geschiedt bij de reductiedeling volgens het toeval;* – bij toeval, toevallig, zonder dat erop gerekend is;
3. het onberekenbare gebeuren min of meer duidelijk gepersonifieerd tot een macht: *iets aan het toeval overlaten; het toeval wil dat ik hem gisteren net heb gesproken.*

Het fraaie van deze omschrijvingen is, dat de essentie van het woord „toeval” precies op de juiste plaats gelegd wordt, nl. in de term „onberekenbaar”, die ik in het volgende liever vervang door „onvoorspelbaar” omdat daarmee de situatie nog wat preciezer beschreven wordt: met rekenen heeft het niet altijd te maken, maar met de mogelijkheid van voorspellen wel. Een tweede fraai punt is, dat de controverse met causaliteit en determinisme geheel vermeden wordt. Deze controverse blijkt namelijk, als men de zaak nuchter bekijkt, slechts op schijn te berusten. Daar komen we op terug.

Het wordt nu tijd, dat wij er eens zelf over gaan nadenken en niet alleen de meningen van anderen beschouwen. In de eerste plaats kunnen wij ons dan afvragen of wij een reëel iets kunnen aanwijzen, waaraan wij de naam „het toeval” zouden kunnen geven. Welnu, dit is er niet; het is althans nog nooit iemand gelukt zoiets aan te wijzen. Niet alleen kent men geen materieel voorwerp dat deze naam met recht kan dragen, ook is het geen natuurkundig begrip, zoals „kracht”, „traagheid” of iets dergelijks. Datzelfde geldt overigens ook voor de term „oorzaak”, die ten grondslag ligt aan het causaliteitsbeginsel. Dit laatste realiseert men zich vaak niet: wij zijn zozeer aan de term „oorzaak” gewend, dat hij een reële gevoelswaarde heeft verkregen. Maar denkt men er wat langer over na, dan is de betekenis van „oorzaak” zoiets als wat men in de wiskunde een „relatie” noemt, zoals „gelijkheid” of „kleiner zijn dan”. Een aan bepaalde regels gebonden vorming van paren van wiskundige objecten. Als in het causale denkschema A de oorzaak van B is betekent dit dat B in de tijd op A volgt, telkens als A optreedt.

Alles is tegelijk „gevolg” (van het voorafgaande) en „oorzaak” (van het volgende).

Toch is er een belangrijk verschil tussen „toeval” en „oorzaak”, nl. dat „oorzaak” te maken heeft met *voorspelbaarheid* en „toeval” juist met *onvoorspelbaarheid*. Het laatste is een negatief begrip, het duidt niet op de aanwezigheid van iets, maar juist op afwezigheid. En het ligt voor de hand bij aanwezigheid aan iets reëls te denken en dit bij afwezigheid te ontkennen. Kortom, men zit met het begrip „toeval” – als het de naam „begrip” al mag dragen – meer in zijn maag dan met het begrip „oorzaak”; zo kan men zich ook vruchteloos het hoofd breken over de (schijn)vraag of „het niets” nu bestaat of niet, en daaruit fraaie paradoxen opbouwen. Maar dat is onze bedoeling niet.

Blijven wij met twee benen op de grond staan, dan kunnen wij de term „toeval” beter vermijden en uitgaan van vaststaande feiten. Het feit waar het dan om gaat is,

dat er omstandigheden, of *experimenten*, zijn, waarvan wij de uitkomst met succes kunnen voorspellen en experimenten, waarbij wij dat niet kunnen.

Laten wij dit eens toelichten aan een eenvoudig klassiek voorbeeld.

Wij geven aan een overtuigd, maar naïef en weinig ervaren, determinist twee dobbelstenen, die wij aanduiden met *V* en *E*, en een werpbeker en leggen hem uit, dat het experiment dat hij met een dobbelsteen moet doen inhoudt: de steen schudden in de beker en deze dan omgekeerd op tafel zetten, vervolgens het resultaat op de steen aflezen. Wij laten hem beginnen met steen *V*. Hij voert het experiment uit en krijgt een 6 als uitkomst. Als naïef determinist trekt hij daaruit de conclusie, dat dit experiment een 6 tot uitkomst geeft en dat hij dat dus, bij opnieuw uitvoeren, kan voorspellen. Nietwaar: gelijke oorzaken hebben gelijke gevolgen. Maar zo naïef is hij ook weer niet, of zijn natuurwetenschappelijke instelling doet hem deze conclusie verifiëren door het experiment opnieuw uit te voeren. En jawel, hij krijgt weer een 6. Voor alle zekerheid doet hij het nog een keer of wat en telkens komt er een 6. Na een keer of tien is hij tevreden gesteld en concludeert: „werpt men met een dobbelsteen, dan komt er een 6”.

Daarna geven wij hem steen *E*. Deze ziet er vrijwel net zo uit als *V*, hoewel hij ter onderscheiding daarvan een andere kleur heeft. Naïef als onze onderzoeker is, voorspelt hij nu ook een 6. Maar tot zijn verbazing krijgt hij nu een 3, en bij herhaling een 2, dan een 6 en dan weer een 3. En hoe hij ook experimenteert en probeert, met deze steen lukt het voorspellen hem niet; d.w.z. meestal niet, af en toe wel.

Na enig nadenken trekt hij hieruit de conclusie dat er bij steen *V* iets aanwezig moet zijn, dat bij *E* afwezig is; want waar komt anders dat verschil in voorspelbaarheid vandaan?

De overige omstandigheden zijn in beide gevallen gelijk. En jawel, hij ontdekt al gauw, dat in steen *V* tegenover de 6 een stuk lood zit en in *E* niet. Dit stuk lood wijst hij daarom aan als de oorzaak voor het verschil tussen beide experimenten. En terecht. Maar hij blijft zitten met de onvoorspelbaarheid bij *E*; die wijt hij, als overtuigd causalist, dan maar aan zijn gebrek aan detail-kennis van de bewegingen die steen *E* in zijn werpbeker maakt. En nu is hij tevreden gesteld. Hij beweert dat hij de uitkomst bij *E* ook zou kunnen voorspellen als zijn kennis voldoende was.

In het dorp waar ik ben opgegroeid zei men niet „als” maar „as”. En men gebruikte daar in zulke gevallen het kernachtige gezegde: „as is verbrande turf”. Een gezegde dat volledig van toepassing is op onze determinist, want te zeggen „als ik voldoende kennis had zou ik de uitkomst kunnen voorspellen” komt eigenlijk neer op: „als ik de toekomst kende zou ik hem kunnen voorspellen”. En dat haal je de koekoek.

Wat is nu voor onze beschouwingen het essentiële verschil tussen de twee dobbelstenen? Dat is, dat de *mate van voorspelbaarheid* van de ene (*V*) veel groter is dan die van de ander (*E*). En wel gaat het nu om voorspelbaarheid van *individuele uitkomsten*, telkens de uitkomst van de volgende worp. Deze voorspelbaarheid kan een hele scala

doorlopen. Aan het ene uiterste staat wat wij een „*causale dobbelsteen*” zouden kunnen noemen, zo verzwaard dat hij werkt als een duikelaar en daardoor altijd (of vrijwel altijd) een 6 geeft. Hier is voorspellen gemakkelijk, men voorspelt gewoon altijd een 6 en krijgt dan altijd, of bijna altijd, gelijk. Naarmate men het stuk lood in de dobbelsteen minder zwaar neemt vermindert ook de overheersing van de 6 over de andere uitkomsten en de voorspelbaarheid gaat gedeeltelijk verloren. Wel kan men nog steeds het best een 6 voorspellen, want die komt het vaakst uit, maar het percentage juiste voorspellingen neemt af. *Volledige voorspelbaarheid* (duikelaar) gaat over in *gedeeltelijke voorspelbaarheid* en het causaliteitsbeginsel stelt ons niet in staat daar weer volledige voorspelbaarheid van te maken.

Laten wij tenslotte het lood helemaal weg en werken wij met een zorgvuldig gecontrueerde „*zuivere dobbelsteen*”, dan is de gedeeltelijke voorspelbaarheid overgegaan in wat wij *complete onvoorspelbaarheid* kunnen noemen.

Het doet er nu niet meer toe welke uitkomst wij voorspellen, geen der zes mogelijke voorspellingen is nu beter dan een andere.

Is er nu in zo'n zuivere dobbelsteen iets aan te wijzen, dat met „het toeval” te maken heeft? De symmetrische bouw bijvoorbeeld? Maar ook een horloge is symmetrisch en daar is voorspelling van het volgende cijfer wel mogelijk. En men kan zich ook wel een asymmetrische dobbelsteen voorstellen, die toch „zuiver” zou zijn in de zin van complete onvoorspelbaarheid. De afwezigheid van het stuk lood dan? Maar er is behalve dat stuk lood nog zoveel anders afwezig. Neen, essentieel is de onvoorspelbaarheid van telkens de volgende uitkomst en hoe die tot stand komt is niet essentieel.

Zo komen wij eigenlijk tot de conclusie dat het nog niet zo gek was van al die onderzoekers en filosofen te zeggen dat „het toeval” niet bestaat. Althans niet in de zin van een reël aanwezig iets, dat men met die naam kan aangeven. Maar daarom behoeven wij hen geenszins te volgen in de veel verder gaande conclusie dat alles causaal gedetermineerd is. Ook het causaliteitsbeginsel is geen volmaakt hulpmiddel en er is geen reden het te verabsoluteren. Er is zelfs alle reden om dat niet te doen en het te zien als een – machtig maar onvolmaakt – hulpmiddel van het wetenschappelijk denken.

Want verabsolutering van het causaliteitsbeginsel leidt tot naïef determinisme en dat is toch eigenlijk te gek om los te lopen. Als alles van te voren vastligt, waarom zouden wij ons dan nog ergens druk over maken; behalve dan natuurlijk omdat blijkbaar van tevoren vastligt dat wij ons om sommige dingen druk zullen maken. Bovendien is dit determinisme in directe tegenspraak met onze innerlijke ervaring van een toch minstens enigszins vrije wil. Waarom zouden wij deze ervaring van één van de belangrijkste menselijke eigenschappen minder vertrouwen dan een natuurwetenschappelijk gedachtenspinsel als het causaliteitsbeginsel? Met denken in absolute termen komt men er niet. Maar met een niet tot absolute waarheid verheven causaliteitsbeginsel kan precies evenveel bereikt worden en dan is er daarnaast ruimte voor niet-causale methoden.

Het „toeval” laten wij dus vallen als een woord zonder betekenis, het causaliteits-principe vatten wij niet absoluut op; het determinisme verwerpen wij. Als ervarings-feit nemen wij, dat er zowel experimenten met voorspelbare uitkomst zijn als experi-menten, waarbij wij niet tot doeltreffende voorspelling in staat zijn. En van dit laatste is het werpen met een zuivere dobbelsteen een eenvoudig voorbeeld.

Moet men deze *onvoorspelbaarheid* nu wijten aan een gebrek aan kennis? Deze noodzaak vervalt als men het determinisme verwerpt. Nu valt het niet te ontkennen dat de wetenschap steeds voortschrijdt en dat er vele zaken zijn, die vroeger onvoorspelbaar waren maar nu niet meer. Zonsverduisteringen zijn daar een mooi voorbeeld van. Maar anderzijds duikt achter ieder antwoord altijd weer een vraag op en er zullen dan ook wel altijd onvoorspelbare zaken blijven bestaan. Niet alleen op het eerder genoemde gebied van de moderne natuurkunde, maar ook bij een zo eenvoudig experiment als het werpen van een dobbelsteen.

Zo zijn wij eigenlijk terug bij het standpunt van ARISTOTELES, die wel besepte dat men er met causaliteit alleen niet komt. Maar zijn idee, dat het toeval – om dat woord voor het gemak toch maar weer even te gebruiken – geen theorievorming toelaat, zich niet in wetten laat vangen, dat idee is overwonnen. En de achtergrond van die „wetmatigheid van het toeval” is in beginsel zo eenvoudig en moet in feite reeds zo lang experimenteel bekend zijn geweest, dat het verbazingwekkend is dat de kansrekening nog zo’n jonge wetenschap is en niet reeds in de oudheid is ontstaan. Mogelijkerwijs heeft de zo algemeen aanvaarde verabsolutering van het causaliteitsbegin-sel het ontstaan van deze wetenschap lang in de weg gestaan.

Hoe kan men die achtergrond van de kansrekening nu eenvoudig schetsen? Wel, laten wij daarvoor weer de zuivere dobbelsteen *E* nemen. De *mogelijke uitkomsten* zijn bekend: 1, 2, 3, 4, 5 en 6. Maar voorspellen is onmogelijk, d.w.z. iedere volgende uitkomst is onvoorspelbaar. En wel onvoorspelbaar in de hoogst mogelijke mate; waar-mee wij bedoelen dat iedere voorspelling, bestaande uit het voorspellen van één der cijfers 1, 2, ..., 6, even goed (of even slecht) is als iedere andere. Het doet er niet toe wat men voorspelt, niemand kan het beter dan een ander, het helpt niet of men op vroegere uitkomsten let of niet, men staat machteloos. Het enige dat men weet is, dat er weer één van de uitkomsten 1, ..., 6 zal komen, maar meer weet men van de volgende uitkomst niet, wat men ook aan ervaring verzamelt. Het verleden geeft geen informatie over de naaste toekomst. Zo’n experiment noemen wij dus: *compleet onvoorspelbaar*.

Dat is nu precies het verschil tussen een causaal bepaald experiment en een compleet onvoorspelbaar experiment. Bij een causaal experiment geeft het verleden wel informatie over de toekomst, bij gedeeltelijk voorspelbare experimenten ook, maar bij een zuivere dobbelsteen niet. Tenminste niet voor de *individuele uitkomsten* van toekomstige experimenten.

Tenminste dat beweer ik nu wel, maar bestaan er dergelijke experimenten? Kan men wel een echt zuivere dobbelsteen maken? In zekere zin niet, niet absoluut zuiver

althans. Maar het woord „absoluut” zouden wij immers vermijden? Dan moeten wij het ook niet in een vraag opnemen, niet expliciet en niet impliciet.

Het absolute is voor de mens niet weggelegd; niets is ideaal, waarom dat dan wel van een dobbelsteen te eisen? Er zijn in ieder geval heel goede dobbelstenen; men kan ze in de winkel kopen. En daarmee kan men experimenteel zijn eigen machteloosheid bij het voorspellen ervaren. Als u het vaak genoeg probeert zult u merken dat u slechts ongeveer in één zesde van de door u verrichte pogingen slaagt, wat u ook doet.

En is dat geen duidelijke wetmatigheid? Iedereen voorspelt in een lange reeks worpen ongeveer één zesde deel goed. Veel hoger kan hij niet komen, maar lager lukt ook niet. Dat valt experimenteel vast te stellen. Maar het valt ook te begrijpen. Want als wij uitgaan van het boven omschreven begrip „complete onvoorspelbaarheid” bij een zuivere dobbelsteen, dan houdt dit direct logisch in, dat geen der zes mogelijke uitkomsten systematisch vaker voorkomt dan enige andere. Was dit wel zo, kwam bijv. de 6 systematisch vaker voor dan de 1, dan zou men met steeds 6 voorspellen beter uitkomen dan met steeds 1 voorspellen. Van complete onvoorspelbaarheid zou dan geen sprake meer zijn, wel van gedeeltelijke.

Maar dit betekent, dat bij een herhaalbaar experiment zoals het werpen met een dobbelsteen geen volslagen onvoorspelbaarheid denkbaar is („volslagen” goed te onderscheiden van „compleet”). Ofwel men heeft althans gedeeltelijke voorspelbaarheid van individuele uitkomsten, ofwel de individuele uitkomsten zijn compleet onvoorspelbaar, maar dan komen ze ook in een voortgezette rij worpen alle ongeveer even vaak voor. Want kwam er één systematisch vaker voor dan een andere, dan zou het beter zijn telkens die éne te voorspellen dan de andere en dat zou weer de situatie van gedeeltelijke onvoorspelbaarheid zijn. Dus: *bij herhaalbare experimenten is volslagen wetteloosheid ondenkbaar.*

En dat is het fundament van de kansrekening.

Bij de opzet daarvan gaat men dus uit van de grondgedachte van complete onvoorspelbaarheid van individuele uitkomsten (dobbelsteen *E*) en leidt daaruit gedeeltelijke voorspelbaarheid af voor rijen uitkomsten. Vervolgens worden ook de situaties met van het begin af aan gedeeltelijk voorspelbare individuele uitkomsten (dobbelsteen *V*, niet te veel lood) in de theorie opgenomen: de voorspelbaarheid wordt ook daarvoor verbeterd door naar rijen uitkomsten te kijken. De details van deze opbouw kunnen wij hier niet bespreken. De volledige voorspelbare experimenten (duidelijk) vallen als grensgeval in de theorie: kansrekening en causale bepaaldheid grenzen aan elkaar.

Zodat wij uiteindelijk zijn teruggekeerd tot het standpunt van EMPEDOCLES die zei, dat de wereld beheerst wordt door toeval en noodzaak. Deze twee blijken geenszins onverzoenlijk te zijn. Integendeel, zij vullen elkaar aan.

Wat zou er in de filosofie en in de natuurwetenschappen niet al anders gelopen zijn, als ARISTOTELES nog eens even had doorgedacht en deze simpele grondslag van de wetmatigheid van het toeval had voorzien? Hij was mans genoeg geweest om dan ook een begin van de kansrekening op te bouwen: dat is een wiskundige uitwerking van de

hier grof geschetste ideeën, die tot nadere precisering daarvan leidt en tot een doeltreffend voorspellingsapparaat voor rijen toevalsexperimenten.

De eindeloze debatten over de vrijheid (of onvrijheid) van de menselijke wil, predestinatie – zelfs uitgestrekt tot het hiernamaals – en dergelijke zaken meer, zouden een andere loop genomen hebben en wellicht sterk zijn bekort. Want de hardnekkige verabsolutering van het causaliteitsbeginsel tot in de 20e eeuw vindt ongetwijfeld gedeeltelijk zijn oorzaak in het succes dat men met de toepassing van dit denkschema in de natuurwetenschappen heeft gehad. Zou daarnaast een ander apparaat, de kansrekening, los van het causaliteitsprincipe maar goed daarmee tezamen te gebruiken, ook reeds vroeg zijn intrede hebben gedaan en met succes zijn toegepast, dan was de ontwikkeling van het denken vermoedelijk heel anders verlopen en daarmee wellicht de geschiedenis van Europa.

