

David Hand

Het Onwaarschijnlijkheidsprincipe

Waarom toeval, wonderen en zeldzame
gebeurtenissen iedere dag voorkomen

Vertaald door Han Visserman

Ambo|Anthos
Amsterdam

VOORWOORD

Dit boek gaat over buitengewoon onaannemelijke gebeurtenissen. Het gaat over de vraag waarom er hoogstonswaarschijnlijke dingen plaatsvinden. Maar niet alleen daarover: ook gaat het over de vraag waarom ze steeds maar weer plaatsvinden, keer op keer op keer.

Dat lijkt op het eerste gezicht tegenstrijdig. Hoe kunnen dingen nu hoogstonswaarschijnlijk zijn en toch steeds weer plaatsvinden? Onwaarschijnlijk betekent immers zeldzaam.

Dat het geen tegenstrijdigheid is, valt op te maken uit vele voorbeelden uit het echte leven: mensen die meermalen een loterij winnen, bliksem die bij herhaling dezelfde pechvogel treft, financiële rampen die zich keer op keer voltrekken, enzovoort. Maar het roept wel om verklaring.

Er zijn wetten die de werking van de kosmos beschrijven. De bewegingswetten van Newton vertellen hoe losgelaten voorwerpen vallen en waarom de maan om de aarde draait. Ze verklaren waarom de autostoel bij het accelereren tegen je rug drukt, en waarom de grond je zo hard raakt als je struikelt en valt. Andere natuurwetten maken duidelijk hoe sterren geboren worden en hoe ze aan hun einde komen, waar het mensdom vandaan komt, en misschien waar het naartoe gaat.

Hetzelfde geldt voor uitzonderlijk onwaarschijnlijke gebeurtenissen. Het 'Onwaarschijnlijkheidsprincipe' is mijn benaming voor een reeks kanswetten die tezamen vertellen dat we het onverwachte moeten verwachten, en waarom.

De wetten die het principe vormen, komen op verschillende niveaus voor. Sommige hebben betrekking op de manier waarop de wereld in elkaar zit – op aspecten zo fundamenteel als de basale, abstracte waarheid dat twee plus twee vier is. Bij andere gaat het om moeilijk te vatten eigenschappen van wat we onder waarschijnlijkheid of kans verstaan. En weer andere doen zich voor op het vlak van de menselijke psychologie: het brein is geen simpel opnameapparaat. In de juiste omstandigheden is elk van deze wetten voldoende om het principe te laten werken, maar werkelijk frappant wordt de kracht ervan als die wetten bij elkaar komen en eendrachtig samenwerken. En het onvoorstelbaar onwaarschijnlijke gebeurt.

Boeken zoals dit zijn gebaseerd op jarenlange onderzoeken, gesprekken en discussies met vele mensen – veel te veel om hen behoorlijk te kunnen bedanken. Maar sommigen hebben me in het bijzonder geholpen de ideeën in de slotfasen van het boek door te voeren. Mijn vrienden en collega's Mike Crowe, Kate Land, Niall Adams, Nick Heard en Christoforos Anagnostopoulos zijn zo vriendelijk geweest commentaar op verschillende versies te geven. Mijn agent, Peter Tallack, en mijn redactrice, Amanda Moon, hebben een cruciale rol gespeeld tijdens de gang van conceptversie naar eindproduct. Toevallig (of misschien niet, aangezien toevaligheden één manifestatie van het Onwaarschijnlijkheidsprincipe zijn) werd ik tijdens de conceptfase van het boek door David Harding, oprichter van Winton Capital Management, gepolst voor een functie in zijn bedrijf. De vergaande inductieproblemen waarmee ik hier in aanraking kwam, hebben me grondiger aan het denken gezet over zeldzame gebeurtenissen. En ten slotte ben ik mijn vrouw, Shelley, buitengewoon dankbaar dat ze – voor de zoveelste keer – tijdens de geleidelijke wording van het boek mijn perioden van geestelijke afwezigheid voor lief heeft genomen, en ook voor haar uiterst waardevolle commentaar op de inhoud.

HET MYSTERIE

't Geluk redt soms een onbestuurde boot.

- William Shakespeare

Gewoon ongelooflijk

In de zomer van 1972 werd de acteur Anthony Hopkins gecontracteerd voor een hoofdrol in een verfilming van de roman *The Girl from Petrovka* van George Feifer, dus ging hij naar Londen om het boek te kopen. Helaas had geen van de grote Londense boekwinkels een exemplaar in huis. Toen, terwijl hij op de terugreis in het ondergrondse station Leicester Square op een metro zat te wachten, zag hij op de stoel naast zich een achtergelaten boek liggen. Het was *The Girl from Petrovka*.

Alsof dat toeval nog niet genoeg was, zou er meer volgen. Toen hij later de kans kreeg de schrijver te ontmoeten, vertelde hij hem van dat merkwaardige voorval. Feifer hoorde hem belangstellend aan. Hij zei dat hij in november 1971 een exemplaar van het boek aan een vriend had uitgeleend – een uniek, geannoteerd exemplaar waarin hij aantekeningen had gemaakt om het Britse Engels in Amerikaans Engels te veranderen ('labour' in 'labor', enzovoort) voor de uitgave van een Amerikaanse versie –, maar dat zijn vriend het boek in de Londense wijk Bayswater had verloren. Een snelle

blik op de aantekeningen in het exemplaar dat Hopkins had gevonden maakte duidelijk dat dit uitgerekend het exemplaar was dat Feifers vriend had zoekgemaakt.¹

Je moet je afvragen: hoe groot is de kans dat dit gebeurt? Eén op een miljoen? Eén op een miljard? Hoe dan ook, het begint de grenzen van het geloofwaardige te tarten. Het lijkt te wijzen op een verklaring in termen van ons onbekende krachten en invloeden, die het boek terugbrengen bij Hopkins en vervolgens bij Feifer.

Hier is nog een frappant voorval, ditmaal uit het boek *Synchroniciteit* van de psychoanalyticus Carl Jung. Hij schrijft: 'De schrijver Wilhelm von Scholz [...] vertelt het verhaal van een moeder die in het Zwarte Woud een foto van haar zoontje nam. Ze liet het filmpje in Straatsburg ontwikkelen. Maar doordat er oorlog uitbrak, kon ze het niet afhalen, en ze beschouwde het als verloren. In 1916 kocht ze in Frankfurt een filmpje om een foto van haar intussen geboren dochter te maken. Toen het filmpje was ontwikkeld, bleek het dubbel belicht: het onderliggende beeld was de foto die ze in 1914 van haar zoontje had genomen! Het oude rolletje was niet ontwikkeld, en op een of andere manier weer in het circuit van nieuwe filmpjes terechtgekomen.'²

De meeste mensen zullen weleens dergelijke toevalligheden hebben meegemaakt, ook al waren ze niet zo buitengewoon als deze. Die lagen misschien meer in de sfeer van net aan iemand denken als ze ineens opbelt. Gek genoeg had ik, toen ik een bepaald deel van dit boek zat te schrijven, precies zo'n ervaring. Een collega op het werk vroeg of ik hem publicaties over een bepaald aspect van de statistische methode (de zogeheten 'multivariate t-verdeling') kon aanbevelen. De volgende dag deed ik wat onderzoek en wist ik een boek over precies dat onderwerp te vinden, geschreven door twee statistici, Samuel Kotz en Saralees Nadarajah. Ik was net begonnen aan een e-mail voor mijn collega om hem de details van het boek te geven, toen ik werd onderbroken door een telefoontje uit Canada. In de loop van het gesprek liet de beller terloops vallen dat Samuel Kotz net was overleden.

En zo gaat het maar door. Op 28 september 2005 beschreef *The Telegraph* hoe een golfster, Joan Cresswell, op de Barrow Golf Club

in het Engelse Cumbria op de dertiende hole met een slag van vijftienveertig meter een hole-in-one maakte. Verrassend, denkt u misschien, maar niet extreem – holes-in-one komen nu eenmaal voor. Maar als ik nu vertel dat een medegolfster, de beginneling Margaret Williams, pal daarna óók een hole-in-one maakte?³

Er is geen ontkomen aan: soms gebeuren er dingen die zo onwaarschijnlijk, zo onverwacht en zo onaannemelijk lijken, dat ze erop lijken te duiden dat er iets aan het universum is wat we niet begrijpen. Ze roepen de vraag op of de bekende natuurwetten van oorzaak en gevolg die we in het dagelijks leven gebruiken misschien af en toe niet werken. Ze roepen zeker twijfel op over de vraag of ze zijn te verklaren uit de toevallige samenloop van gebeurtenissen, uit de lukrake samenkomst van mensen en dingen. Ze wekken bijna het vermoeden dat iets een onzichtbare invloed uitoefent.

Vaak verrassen zulke gebeurtenissen ons alleen maar en leveren ze ons vooral stof voor verhalen. Op mijn eerste reis naar Nieuw-Zeeland streek ik neer in een café en merkte ik op dat het schrijfpapier van een van de twee vreemdelingen aan het tafeltje naast me van mijn eigen universiteit thuis in Engeland was. Maar andere keren kunnen zulke mysterieuze dingen levens aanzienlijk veranderen – ten goede, zoals bij een vrouw uit New Jersey die tweemaal de loterij won, of ten kwade, zoals bij majoor Summerford, die meermalen door de bliksem werd getroffen.

Mensen zijn nieuwsgierige dieren, dus zoeken we natuurlijk naar de oorzaak van vreemde toevalligheden. Hoe kwam het dat twee elkaar onbekenden van dezelfde universiteit naar de andere kant van de wereld reisden en op precies hetzelfde moment in hetzelfde café aan twee tafeltjes naast elkaar belandden? Hoe kwam het dat de vrouw die twee winnende lotnummers koos? Hoe kwam het dat majoor Summerford keer op keer door enorme elektrostatische krachten werd getroffen? En waardoor werden Anthony Hopkins en *The Girl from Petrovka* door ruimte en tijd op hetzelfde moment naar dezelfde zitplaats in hetzelfde ondergrondse station gedreven?

En bovendien natuurlijk, hoe kunnen we profiteren van de oorzaken die aan zulke toevalligheden ten grondslag liggen? Hoe kunnen we ze in ons voordeel manipuleren?

Tot dusver zijn al mijn voorbeelden erg kleinschalig geweest – op het persoonlijke vlak. Maar er zijn talloze verdergaande voorbeelden. Sommige lijken te impliceren dat niet alleen de mensheid, maar zelfs de melkwegstelsels niet zouden bestaan als bepaalde hoogstonwaarschijnlijke gebeurtenissen niet hadden plaatsgevonden. Andere hebben te maken met het feit dat willekeurige, minieme veranderingen in een genetische structuur uiteindelijk zoiets gecompliceerds als een mens konden opleveren. Weer andere betreffen de afstand van de aarde tot de zon, het bestaan van Jupiter, en zelfs de waarden van de fundamentele natuurkundige constanten. Opnieuw rijst de vraag of stom toeval een realistische verklaring voor die ogenschijnlijk verbijsterend onwaarschijnlijke gebeurtenissen is, dan wel of er in werkelijkheid andere krachten en invloeden zijn die achter de schermen de loop der gebeurtenissen sturen.

Het antwoord op al die vragen hangt af van wat ik het Onwaarschijnlijkheidsprincipe noem. Dit stelt dat *extreem onwaarschijnlijke gebeurtenissen heel alledaags zijn*. Het komt voort uit een verzameling fundamentele wetten die er met elkaar onvermijdelijk en onverbiddelijk toe leiden dat zulke buitengewoon onwaarschijnlijke gebeurtenissen plaatshebben. Volgens deze wetten, dit principe, zit de wereld zo in elkaar dat die toevalligheden onontkoombaar zijn: het buitengewoon onwaarschijnlijke móét gebeuren; gebeurtenissen van steeds geringere waarschijnlijkheid zullen zich steeds blijven voordoen. Het Onwaarschijnlijkheidsprincipe geeft een oplossing voor de schijnbare tegenstrijdigheid tussen de volstrekte onwaarschijnlijkheid van zulke gebeurtenissen en het feit dat ze toch telkens weer plaatshebben.

Om te beginnen zullen we eens naar voorwetenschappelijke verklaringen kijken. Die hebben hun wortels vaak in het grijze verleden. Hoewel veel mensen er nog steeds aan vasthouden, dateren ze van voor de baconiaanse revolutie: het idee dat we de natuurlijke wereld kunnen leren kennen door gegevens te verzamelen, experimenten uit te voeren, waarnemingen te doen, en die te gebruiken als proefbank om voorgestelde verklaringen van wat er gebeurt te beoordelen. Voorwetenschappelijke ideeën dateren van voor de

strenge evaluatie van de effectiviteit van verklaringen via wetenschappelijke methoden. Maar verklaringen die niet zijn getoetst of niet te toetsen zijn, kunnen geen werkelijke kracht hebben: het zijn alleen maar anekdotes of verhalen, met dezelfde status als een kinderverhaaltje voor het slapengaan over Sinterklaas of de tandenfee. Ze dienen ter geruststelling of voldoening voor wie niet bereid of in staat is moeite te doen om dieper te graven, maar tot begrip leiden ze niet.

Begrip komt voort uit grondiger onderzoek. Bij dat grondigere onderzoek hebben denkers – onderzoekers, filosofen, wetenschappers – geprobeerd ‘wetten’ te verzinnen die de werking van de natuur beschrijven. Die wetten zijn beknopte resumés die in simpele vorm samenvatten *wat de waarneming duidelijk maakt* over de manier waarop de wereld zich gedraagt. Het zijn abstracties. Zo wordt de voortbeweging van een voorwerp dat van een hoog gebouw valt beschreven door de tweede bewegingswet van Newton, die luidt dat de versnelling van een lichaam evenredig is met de erop uitgeoefende kracht. Natuurwetten proberen tot de kern van verschijnselen te komen, het overbodige weg te halen en de essentie te laten uitkristalliseren. Die wetten worden ontwikkeld door voorspellingen te vergelijken met waarnemingen, dat wil zeggen met gegevens. Als een wet zegt dat verhoging van de temperatuur van een ingesloten gasvolume de druk ervan vergroot, gebeurt dat dan echt, blijkt dat dan uit de gegevens? Als een wet zegt dat bij toename van het voltage de stroom toeneemt, zien we dat dan werkelijk?

Door dit proces van gegevens vergelijken met verklaringen zijn we buitengewoon succesvol geweest in het doorgronden van de natuur. De moderne wereld – de accumulatie van de ontzagwekkende prestaties van de menselijke wetenschap en technologie – getuigt van de kracht van zulke beschrijvingen.

Natuurlijk vinden sommige mensen dat een verschijnsel begrijpen het van zijn mysterie berooft. Dat is waar in de zin dat begrijpen betekent dat duisterheid, vaagheid, dubbelzinnigheid en verwarring worden weggenomen. Maar begrijpen hoe de kleuren van de regenboog ontstaan doet niets af aan onze verbazing erover. Wat zulk begrip brengt is intensere waardering, en zelfs ontzag, voor de

schoonheid achter het bestudeerde verschijnsel. Het maakt duidelijk hoe alle stukjes bij elkaar komen en ons de verbluffende wereld geven waarin we leven.

De wet van Borel: gebeurtenissen die voldoende onwaarschijnlijk zijn, zijn onmogelijk

Émile Borel was een eminente Franse wiskundige, geboren in 1871. Hij heeft baanbrekend werk verricht voor enkele van de meer wiskundige aspecten van de kansrekening (de zogeheten *maattheorie*), en er zijn diverse wiskundige termen en begrippen naar hem vernoemd, zoals de Borelmaat, Borelstammen, het lemma van Borel-Cantelli en de stelling van Heine-Borel. In 1943 schreef hij een niet-wiskundige inleiding tot de kansrekening getiteld *Les probabilités et la vie*, in het Engels vertaald als *Probabilities and Life*. Naast het illustreren van enkele eigenschappen en toepassingen van de kansrekening introduceerde hij in dit boek wat hij de *enkele kanswet* noemde, tegenwoordig vaak gewoon de wet van Borel genoemd. Die wet luidt: 'Gebeurtenissen van voldoende geringe waarschijnlijkheid vinden nooit plaats'.⁴

Het is duidelijk dat het Onwaarschijnlijkheidsprincipe in strijd lijkt met de wet van Borel. Volgens het Onwaarschijnlijkheidsprincipe hebben gebeurtenissen waarop zeer weinig kans is telkens weer plaats, terwijl ze volgens de wet van Borel nooit plaatshebben. Wat is er aan de hand?

Toen u de wet van Borel las, hebt u misschien net zo gereageerd als ik toen ik er voor het eerst op stuitte: dat is toch onzin? Je zou immers kunnen denken (zoals ik) dat gebeurtenissen waarop zeer weinig kans is wel degelijk plaatshebben, *alleen niet zo vaak*. Dat is juist het punt bij kansen, en bij kleine kansen in het bijzonder. Maar toen ik verder in Borels boek las, begreep ik dat hij iets veel genuanceerder bedoelde.

Hij illustreerde zijn bedoeling door te wijzen op het klassieke voorbeeld van de apen die, door lukraak op de toetsen van een schrijfmachine te slaan, bij toeval het volledige werk van Shake-

speare voortbrengen.⁵ In de woorden van Borel: ‘Dat is het soort gebeurtenissen waarvan misschien niet rationeel is aan te tonen dat ze onmogelijk zijn, maar die zo onwaarschijnlijk zijn dat ieder zinnig mens ze zonder aarzelen als feitelijk onmogelijk zal bestempen. Als iemand zou verklaren zo’n gebeurtenis te hebben waargenomen, zouden we zeker weten dat hij ons bedroog, of dat hij zelf het slachtoffer van bedrog was geweest.’⁶

Borel verbindt ‘zeer kleine kansen’ dus aan menselijke schalen, en wat hij bedoelt is dit: *menselijk* gesproken is de kans zo klein, dat het irrationeel zou zijn te verwachten dat het ooit gebeurt; het moet onmogelijk worden geacht. En na het formuleren van zijn ‘enkele kanswet’ (die zoals u zich zult herinneren luidde dat *gebeurtenissen van voldoende geringe waarschijnlijkheid nooit plaatsvinden*) voegt hij er de opmerking aan toe: ‘althans, we moeten onder alle omstandigheden doen alsof ze *onmogelijk* zijn [zijn cursivering].’⁷

Verderop in zijn boek geeft hij nog een illustratie: ‘Voor iedere Parijzenaar die één dag op straat verkeert, is de kans om in de loop van de dag bij een verkeersongeluk om het leven te komen ongeveer één op een miljoen. Als een man, om dat minieme risico te vermijden, van iedere buitenactiviteit afzag en zich in zijn huis opsloot, of zijn vrouw of zijn zoon een dergelijke beperking oplegde, zou hij voor gek worden versleten.’⁸

Andere denkers hadden vergelijkbare dingen gezegd. Zo had Jean d’Alembert in de jaren zestig van de achttiende eeuw betwijfeld of het mogelijk is een zeer lange aaneenschakeling van voorkomens van een gebeurtenis waar te nemen in een reeks waarin voorkomen en niet-voorkomen even waarschijnlijk zijn. Een eeuw voor Borel, in 1843, had Antoine-Augustin Cournot in zijn boek *Exposition de la théorie des chances et des probabilités* de feitelijke, in tegenstelling tot de theoretische, kans behandeld dat een volmaakte kegel op zijn puntje balanceert.⁹ De term ‘praktische zekerheid’ wordt geassocieerd met Cournot, en staat tegenover ‘absolute zekerheid’. Het idee ‘Het is een praktische zekerheid dat een gebeurtenis met een zeer kleine kans niet zal plaatshebben’ wordt zelfs weleens het principe van Cournot genoemd. Later, in de jaren dertig van de twintigste eeuw, schreef de filosoof Karl Popper in zijn

boek *The Logic of Scientific Discovery*: '[...] de regel dat extreme onwaarschijnlijkheden genegeerd moeten worden [...] past bij de eis van *wetenschappelijke objectiviteit*'.¹⁰

Gezien de andere illustere denkers die soortgelijke ideeën hebben beschreven, zouden we ons kunnen afvragen waarom het de naam van Borel is die algemeen met het idee verbonden is. Het antwoord ligt waarschijnlijk bij de eponiemenwet van Stigler, die luidt: 'Geen enkele wetenschappelijke wet is vernoemd naar de oorspronkelijke ontdekker' (gevolgd door de logische conclusie 'inclusief deze').

Er is een overeenkomst tussen de wet van Borel en de punten, lijnen en vlakken waarover we op school bij het vak meetkunde leren. We leren dat die meetkundige objecten wiskundige abstracties zijn en niet in de echte wereld bestaan. Het zijn alleen maar handige simplificaties – waar we vervolgens over kunnen nadenken en mentale bewerkingen op kunnen uitvoeren, waarna we conclusies kunnen trekken over de werkelijk bestaande objecten die we ermee voorstellen. Op dezelfde manier is het een wiskundig ideaal dat ongelooflijk kleine kansen, hoewel ze niet werkelijk nul zijn, kunnen worden behandeld alsof ze nul zijn omdat, *werkelijk praktisch menselijk* gesproken, gebeurtenissen van voldoende geringe waarschijnlijkheid nooit plaatsvinden. Dat is de wet van Borel.

Hier is Borel nogmaals: 'Men moet goed begrijpen dat de enkele kanswet met een ander soort zekerheid dan wiskundige zekerheid werkt, al is die wel te vergelijken met een zekerheid die ons ertoe brengt het bestaan van een historisch personage, of van een stad aan de andere kant van de wereld, van Lodewijk XIV of van Melbourne, te aanvaarden; die zekerheid is zelfs te vergelijken met die welke we toekennen aan het bestaan van de buitenwereld.'¹¹

Vervolgens geeft Borel een schaal die laat zien wat het kan betekenen dat een kans 'voldoende gering' is om te kunnen uitsluiten dat een gebeurtenis ooit plaatsheeft. Hier zijn (enigszins geparafraseerde) versies van de definities die hij van de punten op zijn schaal geeft. Ik heb telkens geprobeerd de grootte van de desbetreffende getallen door middel van voorbeelden duidelijk te maken.

Kansen die op menselijke schaal verwaarloosbaar zijn, zijn kleiner dan ongeveer één op een miljoen. De kans om bij poker een grote straat in handen te krijgen is ongeveer 1 op 650.000, bijna het dubbele van een kans van één op een miljoen. Er gaan iets meer dan dertig miljoen seconden in een jaar, dus als, volgens de schaal van Borel, u en ik allebei lukraak een seconde kiezen om iets te doen, is de kans dat we het tegelijkertijd doen op menselijke schaal te verwaarlozen.

Kansen die op aardschaal verwaarloosbaar zijn, zijn kleiner dan ongeveer 1 op 10^{15} . (Als u niet met deze notatie bekend bent, bekijk dan mijn uitleg in Appendix A.) De oppervlakte van de aarde is ongeveer $5,5 \times 10^{15}$ voet (ruim 510.000.000 km²). Dus zouden u en ik in het wilde weg een vierkante voet kiezen om op te staan (zonder te letten op kleinigheden als het feit dat veel van die vierkante voeten op de oceaan zouden zijn), dan zou de kans dat we dezelfde vierkante voet kiezen op aardschaal vrijwel te verwaarlozen zijn. De kans dat een speler bij het bridgen een complete kleur krijgt uitgedeeld is ruwweg 1 op 4×10^{10} , gigantisch veel waarschijnlijker dan een gebeurtenis die op aardschaal te verwaarlozen is.

Kansen die op kosmische schaal verwaarloosbaar zijn, zijn kleiner dan ongeveer 1 op 10^{50} . De aarde bestaat uit zo'n 10^{50} atomen, dus als u en ik onafhankelijk van elkaar één atoom uit de hele aarde nemen, is de kans dat we hetzelfde atoom zouden nemen op kosmische schaal te verwaarlozen. Om dat dan weer in de juiste verhouding te zien: in totaal zijn er in het heelal 'maar' ongeveer 10^{23} sterren.

Kansen die op superkosmische schaal verwaarloosbaar zijn, zijn kleiner dan ongeveer 1 op $10^{1.000.000.000}$. Aangezien het aantal subatomaire baryondeeltjes in het heelal op circa 10^{80} wordt geschat, zijn er moeilijk voorbeelden te verzinnen om zulke kleine kansen in een context te plaatsen!

Borels schaal van het 'verwaarloosbaar kleine' zegt ons wanneer we gebeurtenissen zo onwaarschijnlijk moeten achten dat we ze praktisch gesproken als onmogelijk kunnen beschouwen. Daarentegen

zegt het Onwaarschijnlijkheidsprincipe ons dat hoogstonschijnlijke gebeurtenissen, zelfs zulke onwaarschijnlijke als de door Borel geschetste, zich steeds weer voordoen. Dat wil zeggen, niet alleen zijn zulke gebeurtenissen niet onmogelijk, ook zien we ze keer op keer plaatshebben. Die twee kunnen natuurlijk niet allebei juist zijn: óf het zijn zulke onwaarschijnlijke dingen dat we ze nooit zien gebeuren, óf ze zijn zo waarschijnlijk dat we ze keer op keer zien gebeuren.

Door de betekenis van onwaarschijnlijkheid laag na laag af te pellen, zullen we zien dat deze schijnbare tegenstelling kan worden opgelost. We kunnen ons de verschillende strengen van het Onwaarschijnlijkheidsprincipe voorstellen als schillen, zoals die van een ui, zodat de betekenis met elke afgepelde schil duidelijker wordt. De verschillende strengen van het principe – de *wet van de werkelijk grote aantallen*, de *wet van het voldoende dichtbij*, de *wet van de selectie*, en andere elementen – werpen elk hun eigen licht op de vraag hoe de wet van Borel en het Onwaarschijnlijkheidsprincipe tegelijkertijd juist kunnen zijn.

Enkele strengen van het principe zijn erg moeilijk te doorgronden. Zo speelt de wet van de werkelijk grote aantallen een cruciale rol bij het bepalen van de vraag of klaarblijkelijke ziekteclusters worden veroorzaakt door een vervuilende stof of alleen maar een kwestie van toeval zijn. Voor andere geldt dat minder. Kijk maar eens of u een oplossing kunt bedenken voor het volgende, dat op het oog zo onwaarschijnlijk lijkt dat het niet te verwachten is; zo onwaarschijnlijk dat we het als onmogelijk moeten beschouwen. De waarneming staat beschreven in *U.S. News & World Report* van 19 december 2011.¹² Het bericht gaat over wijlen Kim Jong-il, de voormalige leider van Noord-Korea, en luidt: ‘In 1994, bij zijn allereerste golfpartij, domineerde Kim Jong-il de 7041 meter lange golfbaan van Pyongyang. Hij haalde een onvoorstelbare 38 onder par, en maakte zelfs een birdie op de enige golfbaan van het land. Zijn ronde omvatte 11 holes-in-one, een prestatie die door 17 aanwezige lijfwachten werd bevestigd.’

U moet nog maar eens terugdenken aan Borels hypothetische reactie op apen die door lukraak op de toetsen van een schrijfmachi-

ne te slaan het volledige oeuvre van Shakespeare voortbrengen. Zoals ik zei, sommige strengen van het Onwaarschijnlijkheidsprincipe zijn duidelijk. Maar andere zijn werkelijk zeer moeilijk te doorgronden, en die worden in dit boek onderzocht.