

INHOUD

Opmerking van de auteur 9

Preambule: de x in x-gebeurtenissen 12

DEEL I

Waarom normaal niet meer ‘normaal’ is 29

DEEL II

Aparte gevallen 75

X-gebeurtenis 1: Digitale duisternis
Een langdurige, wereldwijde internetstoring 84

X-gebeurtenis 2: Hoe laat eten we?
Ineenstorting van de wereldwijde voedselproductieketen 109

X-gebeurtenis 3: De dag dat de elektronica overleed
Een elektromagnetische puls vernietigt alle elektronica 126

X-gebeurtenis 4: Een nieuwe wereldwanorde
De ineenstorting van de globalisering 140

X-gebeurtenis 5: Wie is er bang voor fysici?
De aarde wordt vernietigd door exotische deeltjes 163

X-gebeurtenis 6: Weggeblazen
Destabilisatie van het nucleaire landschap 180

INHOUD

X-gebeurtenis 7: Een lege tank
Het opdrogen van de oliereserves 200

X-gebeurtenis 8: Ik ben er ziek van
Een wereldwijde pandemie 216

X-gebeurtenis 9: Donker en droog
Stroomstoringen en het opdrogen van de
drinkwatervoorraad 234

X-gebeurtenis 10: Dolgedraaide technologie
Intelligente robots nemen de mensheid over 255

X-gebeurtenis 11: De neerwaartse spiraal
Wereldwijde deflatie en de ineenstorting van de
financiële markten 273

DEEL III

X-gebeurtenissen Redux 293

Noten en verwijzingen 328

OPMERKING VAN DE AUTEUR

Als je naar de titel van dit boek kijkt, zou je gemakkelijk kunnen denken dat dit weer zo'n verhaal over ramspoed en ellende is, een verhandeling over apocalypsen die liggen te wachten om zich op de mensheid te storten en onze levensstijl naar het pre-industriële tijdperk terug te zetten. Maar zoals wel vaker in het leven kunnen eerste indrukken bedrieglijk en zelfs helemaal verkeerd zijn. Dit boek is niet bedoeld om de lezer de stuipen op het lijf te jagen. Integendeel zelfs. Dus wat is het dan wel, als het geen visioen is van de ramspoed die ons te wachten staat?

Het boek dat je in handen hebt is een verhaal over mogelijkheden, dramatische mogelijkheden die zeldzaam en verrassend zijn, een enorme impact op het menselijk leven zouden kunnen hebben en waarvan we geneigd zijn te denken dat ze niet 'in onze achtertuin' zullen plaatsvinden. In het jargon worden deze mogelijkheden gewoonlijk onder het overkoepelende begrip 'extreme gebeurtenissen' samengebracht. Ik geef de voorkeur aan x-gebeurtenissen. Dit is een boek over deze uitschieters, de verrassingen die complementair zijn aan alles wat plaatsvindt in het zogenaamde 'normale' gebied. Er is veel minder wetenschappelijk onderzoek gedaan naar het x-gebeurtenisengebied dan naar het normale gebied vanwege het feit dat de elementen van dit gebied, die uiteenlopen van asteroïdeninslagen tot financiële meltdowns en kernaanvallen, uit de aard der zaak zeldzaam en verrassend zijn. Wetenschap draait voornamelijk om het onderzoek naar reproduceerbare verschijnselen; x-gebeurtenissen vallen buiten die categorie en dat is een van de voornaamste redenen dat we op dit moment nog geen fatsoenlijke theorie hebben over het moment en de manier waarop en de

reden waarom ze zich voordoen. Dit boek is in de eerste plaats een aanzet tot de ontwikkeling van die theorie, die we een ‘theorie van de verrassing’ zouden kunnen noemen.

X-gebeurtenissen van de door de mens – en niet door de natuur – veroorzaakte soort zijn het gevolg van een gebrekkig begrip van een teveel aan complexiteit in menselijke systemen. De x-gebeurtenis, of dat nu een politieke revolutie, een crash van het internet of de ineenstorting van een beschaving is, is de manier waarop de menselijke natuur een onhoudbare overdaad aan complexiteit reduceert. In ieder deel van dit boek wordt ernaar gestreefd om licht te werpen op de volgende vragen:

- Waarom vinden x-gebeurtenissen plaats?
- Waarom vinden er nu veel vaker x-gebeurtenissen plaats dan vroeger?
- Welke impact heeft een bepaalde x-gebeurtenis op ons dagelijkse leven?
- Hoe kunnen we anticiperen op een x-gebeurtenis wanneer de waarschijnlijkheid dat er een zal voorvallen tot een gevaarlijk niveau gestegen is?
- Wanneer kunnen we nog iets doen om een x-gebeurtenis te voorkomen en wanneer kunnen we alleen nog maar voorbereidingen treffen om de x-gebeurtenis te overleven?

Het antwoord op elk van deze vragen is op zijn eigen manier verbonden met de exponentieel stijgende complexiteitsniveaus die nodig zijn om de cruciale infrastructuren van het moderne leven in stand te houden. Dat feit is de rode draad die door dit boek loopt.

De perfecte ramp is een boek van concepten en ideeën. Om dit boek zo toegankelijk mogelijk te maken voor de niet-technische lezer heb ik geen formules, tabellen, wiskundige vergelijkingen, grafieken of jargon gebruikt. (Nou ja, één tabel!) In wezen is het boek een verzameling met elkaar verbonden verhalen die tezamen duidelijk proberen te maken dat complexiteit ons kan – en zal – doden als we de zaken uit de hand laten lopen.

Het meest bevredigende onderdeel bij het voltooiën van een boek is de gelegenheid om de vele mensen die een bijdrage aan de tot-

standkoming hebben geleverd te bedanken. In dat opzicht heb ik het beter getroffen dan de meeste mensen omdat ik het voordeel heb van een groot aantal ‘bèta’-lezers die onvermoeibaar en genereus hun tijd hebben opgeofferd om dit boek beter te maken dan ik had mogen verwachten. Daarom doet het mij genoegen om mijn erkentelijkheid voor hun inspanningen in druk te kunnen uiten en hen in het openbaar te bedanken voor hun generositeit en inzicht. Daarom, in willekeurige volgorde kudos voor Olav Ruud, Brian Fath, Leena Ilmola, Jo-Ann Polise, Helmut Kroiss, Rex Cumming en Timo Hämäläinen voor hun gedachten, hun suggesties en hun bijdragen aan een of meerdere hoofdstukken van dit boek. Bijzondere dank aan mijn trouwste lezers, Trudy Draper en Zac Bharcha, die iedere regel van ieder hoofdstuk in dit boek gelezen hebben en zich tot het uiterste hebben ingespannen om de belangen van de lezer in de gaten te houden. Als er ondanks al hun inspanningen nog onduidelijkheden in de tekst staan, dan is dat mijn schuld. Mijn ‘strengere maar rechtvaardige’ uitgever Peter Hubbard van William Morrow/HarperCollins, dwong me om de ene passage na de andere te herschrijven om de puntjes op de i te zetten. Zonder zijn enthousiasme en voortdurende steun zou dit boek nooit zijn verschenen.

John Casti

Wenen

November 2011

PREAMBULE

DE X IN X-GEBEURTENISSEN

De complexiteitsval

Begin 2010 voltooide de Amerikaanse architect Bryan Berg het vooralsnog grootste kaartenhuis ter wereld. Met meer dan vierduizend spellen bouwde hij een meer dan drie meter hoge en tien meter brede replica van het Venetian Macao-Resort-Hotel in China. Toen ik dit verbazingwekkende bouwwerk bekeek, zag ik het onmiddellijk als een soort metafoor voor de wereld waarin we tegenwoordig leven – een bijzonder complexe wereld waarin alles met elkaar in verband staat. Eén muis die door de zaal rent of één bezoeker die op het verkeerde moment moet niezen en het resultaat van vierenveertig dagen werken stort binnen een seconde in elkaar. En zo is het ook met de bijzonder kwetsbare infrastructuren waarvan we in ons dagelijkse leven afhankelijk zijn.

De hele geïndustrialiseerde wereld is afhankelijk van een continu infuus van steeds geavanceerdere technologie. Bovendien zijn de systemen die onze levensstijl moeten waarborgen allemaal met elkaar vervlochten: het internet is afhankelijk van het elektriciteitsnet, dat weer afhankelijk is van de energievoorziening uit olie, kolen en kernfusie, die weer afhankelijk zijn van productietechnologieën waarvoor stroom nodig is. En zo is het ene systeem op het andere gestapeld, en is dat andere systeem weer op een ander systeem gestapeld, waardoor alles met elkaar verbonden is. De moderne samenleving lijkt verdacht veel op Bergs bouwwerk, waarin iedere nieuwe kaart op de kaarten eronder steunt. Zo'n structuur is een open uitnodiging aan de muis die door de zaal trippelt om tegen een van de kaarten in de basis aan te stoten en de hele constructie in te laten storten.

Natuurlijk is het juist de kwetsbaarheid van de constructie waaraan een kaartenhuis zijn charme ontleent. Dat is geweldig – als het om een leuk kunstje gaat. Maar willen we ook dat onze levensstijl een kaartenhuis als fundament heeft? Stel je voor dat New York of Parijs of Moskou voor onbepaalde tijd zonder stroom zit. En wat gebeurt er, om het eens op de lange termijn te bekijken, als we tien jaar lang niet over nieuwe technologie beschikken? Wat heeft dat voor invloed op onze levensstandaard?

Dat is een belangrijke vraag. Wat gebeurt er met onze levensstandaard wanneer de technologie stilvalt? Nog interessanter is de vraag hoe die technologie zou kunnen stilvallen. Net als bij alle fundamentele kwesties is hier een overvloed aan oppervlakkige antwoorden mogelijk. Maar al deze antwoorden zijn terug te voeren op een en dezelfde fundamentele reden waarom en hoe de technologie zou kunnen stilvallen. In dit boek probeer ik aan te tonen dat die diepere reden een extreme gebeurtenis is, die de stekker eruit trekt. En deze bijzonder verrassende ‘x-gebeurtenissen’, die een enorme impact hebben en systemen ontrafelen, worden veroorzaakt door de constant toenemende complexiteit van technologische infrastructuren – diezelfde infrastructuren die datgene wat we eufemistisch het ‘normale’ leven zouden kunnen noemen mogelijk maken. In een deel van mijn verhaal zet ik uiteen dat we een hoge prijs hebben betaald voor dit zogenaamde normale leven in de vorm van een grote kwetsbaarheid voor ineenstorting ten gevolge van een toenemend aantal steeds uiteenlopendere x-gebeurtenissen. Bovendien hebben al deze mogelijke ingrijpende gebeurtenissen uiteindelijk dezelfde oorzaak: te weinig inzicht in het wonderlijke en contra-intuïtieve gedrag van complexe systemen.

Het grootste deel van mijn carrière heb ik me bij organisaties als RAND Corporation, het Santa Fe Institute en het International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) met complexiteit beziggehouden. Toen ik in 1970 promoveerde in de wiskunde en onderzoek begon te doen naar complexe systemen, zag de wereld er nog heel anders uit. Telefoons hadden draaischijven, computers kostten miljoenen dollars, de halve wereld was gesloten voor het vrije verkeer van goederen en personen en je kon nog zelf je oude Chevrolet of Volkswagen repareren als je geen opleiding tot elek-

tromonteur had genoten. En je hoeft geen systeemtheoreticus te zijn om te begrijpen dat onze levens en onze samenlevingen steeds afhankelijker zijn geworden van complexe technologie. Een groot deel van deze afhankelijkheid komt voort uit de toegenomen complexiteit van de technologieën zelf. Er is ieder jaar weer sprake van een exponentiële groei van de complexiteit van onze apparatuur en onze infrastructuren – zoals auto's, financiën, het elektriciteitsnet en de voedselproductieketen. Een deel van deze toegevoegde complexiteit zou ons een zekere mate van robuustheid moeten verschaffen en is bedoeld als bescherming tegen het falen van het systeem, maar deze bescherming is meestal alleen berekend op kleine, tamelijk voorspelbare schokken. En het grootste deel ook niet. Heb je nou echt een espressoapparaat met een microprocessor nodig? Moeten er nu werkelijk zeventien verschillende soorten hondenvoer op de schappen van de supermarkt staan? Is het nodig om auto's te maken waarbij je een drie centimeter dikke handleiding nodig hebt als je wilt weten hoe de *power seats*, de gps en de ingebouwde gadgets werken?

Deze voorbeelden van de toegenomen alledaagse complexiteit worden vaak verpakt als technologische succesverhalen. Maar zijn ze dat ook echt? Je zou makkelijk kunnen stellen dat het eigenlijk technologische mislukkingen zijn wanneer je berekent hoeveel tijd je kwijt bent om een weloverwogen keuze te maken in de supermarkt en daarvoor de ingrediënten van alle blikken hondenvoer moet bestuderen of bedenkt hoe gefrustreerd je raakt als je alleen de klok van je nieuwe auto gelijk wilt zetten en de hele handleiding moet doorbladeren. Maar accessoires in je auto waar je niet om hebt gevraagd en die je niet nodig hebt of verschillen in de supermarkt die helemaal geen verschil maken, zijn slechts onbelangrijke en zelfs lachwekkende ergernissen. Maar gelukkig (of helaas) hoeven we niet ver te zoeken om gevallen van een overdaad aan complexiteit die er wel toe doen te vinden. Niet verder dan de voorpagina van willekeurig welke krant om precies te zijn. Hier vind je koppen die je vertellen over de laatste aflevering in de langlopende saga van het wankelende wereldwijde financiële systeem, over defecte beveiligingsmechanismen in kerncentrales en/of het vastlopen van de onderhandelingen over tarieven en handel die het glo-

baliseringsproces juist weer op gang hadden moeten brengen. Deze verhalen zouden genoeg moeten zijn om iedereen de koude rillingen te bezorgen. Maar wat pas echt angstaanjagend is, is dat over lang niet alles in de krant wordt geschreven, zoals de bladzijden van dit boek bewijzen.

De complexiteitswetenschap bestaat nu al ongeveer twintig jaar als een erkende discipline. Waarom is het dan zo urgent om deze boodschap over complexiteit en extreme gebeurtenissen nu onder de aandacht van het publiek te brengen? De reden is heel eenvoudig. Nooit eerder in de menselijke geschiedenis was onze soort zo blootgesteld aan het gevaar van een gigantische, bijna ongelooflijke ‘inkrimping’ van onze levensstandaard als vandaag de dag. De infrastructuren die nodig zijn om onze postindustriële levensstijl in stand te houden – energie, water, voedsel, communicatie, transport, gezondheidszorg, defensie, financiën – zijn zo nauw met elkaar verbonden dat het ene systeem makkelijk een longontsteking zou kunnen oplopen wanneer een ander systeem niest. In dit boek worden de aard en de omvang van onze huidige problemen in grote lijnen geschetst, wordt beschreven op welke wijze ze zich kunnen voordoen en wat we zouden kunnen doen om het risico op een complete ineenstorting van het systeem te reduceren, waarbij in dit geval ‘het systeem’ de menselijke beschaving zelf is.

Het gewone en het verrassende

De tijdsspanne tussen geboorte en dood van een individu, een natie of zelfs een beschaving kan worden samengevat als een lange reeks gebeurtenissen. Het is, om het zo te zeggen, gewoon de ene gebeurtenis na de andere. De meeste van deze gebeurtenissen hebben nauwelijks gevolgen. In het restaurant bestel je een biefstuk in plaats van kreeft; dat is een gebeurtenis voor jou en voor de kok in het restaurant die de maaltijd moet bereiden. Het gemeentebestuur van Wenen besluit dat de Graben voortaan afgesloten is voor wegverkeer; dat is een gebeurtenis die langdurige gevolgen heeft voor degenen onder ons die in het eerste district van Wenen wonen en voor de toeristen, maar verder voor bijna niemand. Maar als de Amerikaanse regering besluit om Irak binnen te vallen is dat

een gebeurtenis die nog tientallen jaren, of misschien nog langer, een grote impact op de hele wereld heeft. Dergelijke gebeurtenissen, ongeacht het niveau en de grootte van hun impact, zijn zeldzaam, in die zin dat we voor het feitelijke plaatsvinden van de desbetreffende gebeurtenis nauwelijks verwachten dat juist die gebeurtenis – en niet iets anders – zal plaatsvinden. Maar die gebeurtenissen zijn in geen enkel opzicht *extreem*. Als je x-gebeurtenissen zoekt, dan moet je de vraag stellen hoe verrassend het is dat de gebeurtenis binnen die bepaalde context plaatsvindt en kijken naar de impact die de gebeurtenis op de gehele samenleving heeft.

Laten we even de tijd nemen om deze twee kenmerkende aspecten van een x-gebeurtenis te deconstrueren en beginnen met het feit dat een x-gebeurtenis per definitie een uitschieter is.

X-gebeurtenissen

Als de weerman zegt dat er morgen 60 procent kans op regen is, bedoelt hij dat de temperatuur, de windsnelheden enzovoort die voor de volgende dag worden verwacht volgens zijn meteorologische model in het verleden in 60 procent van de gevallen tot regen hebben geleid. De weerman is de historische gegevens van de meteorologische waarden dus statistisch aan het verwerken en probeert vast te stellen in hoeveel procent van de gevallen er uiteindelijk regen viel.

Deze statistische verwerking van historische gegevens ligt niet alleen ten grondslag aan weersvoorspellingen, maar aan een groot aantal voorspellingsmethoden en -technieken voor andere verschijnselen. Maar – en dat is een duidelijke maar – de historische gegevens moeten wel voldoende materiaal kunnen verschaffen als we willen schatten hoe waarschijnlijk het is dat een bepaalde gebeurtenis zich zal voordoen. Wat als dat nu niet zo is? Wat als de historische gegevens niet ver genoeg teruggaan, te weinig data bevatten of gewoon helemaal niets bevatten dat te maken heeft met de gebeurtenis die we proberen te voorspellen? Wat gebeurt er dan? Hoe krijgen we dan vat op de kans dat het specifieke geval dat we proberen te voorspellen zich daadwerkelijk voordoet? Dit is het gebied waar ‘zeldzaam’, ‘tamelijk onwaarschijnlijk’ en ‘bijzonder on-

waarschijnlijk' overgaan in 'verrassend'. En hoe verrassender, hoe groter de extremiteit – en de potentiële x-heid – van de feitelijke gebeurtenis. Hieronder volgt een goed voorbeeld van de manier waarop je kunt bepalen of een gebeurtenis nu werkelijk verrassend is wanneer je niet de beschikking hebt over een database die voldoende gegevens bevat om de desbetreffende kans vast te stellen.

In iedere sport bestaat er een bepaalde mythische prestatie, een prestatie die volgens de heersende opinie in de recordboeken zal blijven staan totdat deze tot stof vergaan. Voor het Amerikaanse baseball geldt de reeks van 56 aaneengesloten wedstrijden in het seizoen 1941 waarin Joe DiMaggio een honkslag sloeg als zo'n legendarische gebeurtenis. Volgens de volkswijsheid was deze zogenaamde *hitting streak* van 56 wedstrijden eigenlijk onmogelijk. Hetzelfde geldt voor de kans dat dit record zal worden verbroken, aangezien het altijd op lijsten van 'onverbreekelijke' en 'onaantastbare' records staat. Maar het is wel gebeurd. Hoe onwaarschijnlijk was het dan werkelijk? Was het zo'n mirakel dat maar één keer zal plaatsvinden zolang de aarde bestaat, zoals de meeste baseballfans geloven? Of zou het in de afgelopen zeventig jaar op een tweede aarde aan de andere kant van het sterrenstelsel al veel vaker gebeurd kunnen zijn?

Enige tijd geleden besloten de onderzoekers Samuel Arbesman en Stephen Strogatz van Cornell University een poging te doen om deze vraag te beantwoorden. Daarvoor stelden ze zich tienduizend parallele aardes voor, die allemaal dezelfde spelers met dezelfde statistische prestatiegegevens hadden – maar op iedere aarde aan andere grillen van het toeval overgeleverd waren. In wezen speelden ze alle seizoenen van 1871 tot 2005 dus tienduizend keer over en keken ze in elk seizoen naar de langste *hitting streak*. De onderzoekers van Cornell vroegen zich niet af hoe zeldzaam DiMaggio's *hitting streak* nu eigenlijk was, maar stelden een veel algemenere en interessantere vraag: hoe verrassend is het dat iemand in de geschiedenis van het baseball (tot het seizoen 2005) 56 wedstrijden achter elkaar minstens één honkslag slaat? Antwoord: dat is helemaal niet verrassend!

In de tienduizend parallele seizoenen bestonden de langste hit-

ting streaks uit een bescheiden reeks van 39 wedstrijden tot een verbazingwekkende (en beslist zeldzame!) reeks van 109 wedstrijden. In meer dan twee derde van de gevallen bestond de langste hitting streak uit een reeks van tussen de 50 en 64 wedstrijden. Er was kortom niets extreems aan een hitting streak van 56 wedstrijden. Het numerieke toeval wilde ook dat DiMaggio slechts op de zesenvijftigste plaats stond op de lijst van de spelers die de grootste kans hadden om het record voor de langste hitting streak in de geschiedenis van het baseball te vestigen. Wie maakte het meest kans? Alleen voor baseballfans: de winnaars ex aequo in deze derby zijn twee oldtimers, Hugh Duffy en Wee Willie Keeler, die het record vestigen in meer dan duizend van de gesimuleerde seizoenen. Van de spelers uit de min of meer recente geschiedenis was de winnaar Ty Cobb, die in bijna driehonderd van de tienduizend seizoenen de langste *hitting streak* haalde.

Waar het ons in dit boek om gaat is dat een gebeurtenis die zo zeldzaam lijkt dat we er het label ‘mythisch’ aan hangen, eigenlijk tamelijk alledaags kan zijn – in een ander universum dan het onze! Het probleem is dat onze database met gegevens van één aarde misschien gewoon te klein is om de vraag of iets nou echt zeldzaam is te kunnen beantwoorden. De x-heid is dus een relatieve eigenschap, en geen absolute eigenschap, van een bijzondere gebeurtenis, en of iets zeldzaam is hangt af van de context. Iets is niet per se zeldzaam omdat jij en je golfmaten van mening zijn dat het zelden voorkomt.

Maar het is niet genoeg dat iets hoogst waarschijnlijk en verrassend is om een gebeurtenis in de categorie x-gebeurtenis te doen belanden. Daarvoor is nog een tweede ingrediënt nodig: impact!

Het is, denk ik, niet overdreven om te zeggen dat gedenkwaardige gebeurtenissen, de gebeurtenissen die er echt toe doen, op de een of andere manier het lot van een persoon of van een land veranderen. Dat kan een verandering ten goede of een verandering ten kwade zijn. Maar extreme gebeurtenissen zijn per definitie gebeurtenissen die impact hebben. Om terug te komen op ons voorbeeld van de weersvoorspellingen: als het morgen regent heeft dat nauwelijks impact op mensen, tenzij ze die dag toevallig een huwelijk in de buitenlucht hebben gepland of boer zijn en zich zor-

gen maken over de irrigatie van hun akkers. Maar als we morgen een tornado krijgen, zou je leven wel kunnen veranderen aangezien je huis binnen een minuut tot puin zou kunnen worden gereduceerd. In zo'n geval heeft de verrassende gebeurtenis een grote impact – en dat is geen verandering ten goede. Dan lijkt het dus ook redelijk om de tornado een x-gebeurtenis te noemen, in elk geval voor degenen die er last van hebben. Als je het in een ruimer verband beziet was de orkaan Katrina een veel ernstiger x-gebeurtenis omdat hij verrassend was en een enorme impact had in een gebied dat veel groter is dan het gebied dat door een tornado verrast wordt. Het is niet moeilijk om deze formule van verrassing plus impact uit te breiden naar het domein van door mensen veroorzaakte gebeurtenissen: de terroristische aanslagen van 11 september, de hypotheekcrisis van 2007 en 2008 en de grote stroomstoring aan de oostkust van de Verenigde Staten in 2003 zouden als x-gebeurtenissen beschouwd kunnen worden.

Waarom denken we dan altijd aan een bedreigende of vernietigende gebeurtenis wanneer iemand het over een 'extreme gebeurtenis' heeft? Een antwoord op deze vraag krijgen we wanneer we iets beter naar drie kenmerkende eigenschappen van een x-gebeurtenis kijken.

Eigenschappen die alle gebeurtenissen met elkaar gemeen hebben zijn de tijdsduur van het begin tot het einde van de gebeurtenis, de tijdsduur van de impact waarin de kosten of de baten van de gebeurtenis door een bepaald individu of een bepaalde groep gevoeld worden en de totale impact, die de algehele omvang van de gebeurtenis uitdrukt, meestal in een munteenheid of het aantal doden. (Voor lezers met een analytische inslag heb ik bij de noten en verwijzingen één enkele formule opgenomen waarmee we de x-heid van een bepaalde gebeurtenis op een schaal van 0 [helemaal geen x-gebeurtenis] tot 1 [de extreemste van alle mogelijke gebeurtenissen] kunnen berekenen. Ik heb geprobeerd het grootste deel van de technische details tot de noten te beperken, maar ik moedig de dapperen aan om zich in dit gedeelte te wagen.)

Wanneer we aan het begrip 'gebeurtenis' denken, stellen we ons meestal iets voor wat een tamelijk korte tijdsduur heeft, bijvoor-

beeld een auto-ongeluk of het winnen van de loterij. Dat komt waarschijnlijk doordat we zelf meestal ook maar een korte aandachtsspanne hebben – een eigenschap waarmee het met de dag erger gesteld is door alle innovaties op het gebied van de telecommunicatie en de snelle langeafstandsreizen die online komen. Een gebeurtenis die snel verloopt (een korte tijdsduur heeft) en een grote impact en langdurige gevolgen heeft (lange impacttijd) is een verrassende gebeurtenis waarop je je maar moeilijk kunt voorbereiden – en die ook nog eens onplezierig is. De aardbeving in Japan van maart 2011 en de daaropvolgende tsunami en de meltdown in de kerncentrale zijn voorbeelden van dit soort x-gebeurtenissen. De tweede wet van de thermodynamica, die stelt dat systemen waarbij een organiserende kracht afwezig is tot een toestand van maximale wanorde neigen, vertelt ons dat het altijd makkelijker is om iets te vernietigen dan om iets te maken. Gebeurtenissen met een korte tijdsduur en een grote impact, op het niveau van landen en samenlevingen tenminste, zijn dus per definitie bijna altijd destructief.

Je vraagt je misschien af of er ook ‘leuke’ x-gebeurtenissen zijn. Ja, die zijn er zeker. Maar opportunisten en mensen die snel rijk willen worden moeten opletten: zulke weldadige x-gebeurtenissen hebben bijna altijd een tamelijk lange tijdsduur. Denk aan zaken als het Marshallplan, dat West-Duitsland na de Tweede Wereldoorlog in staat stelde om uit zijn as te herrijzen of – een nog langere tijdsduur – het ontstaan van de landbouw en het domesticeren van dieren waardoor moderne samenlevingen zich konden ontwikkelen. Zo zal ook een revolutionair nieuw medicijn of een medische ingreep waarschijnlijk het resultaat zijn van jarenlange onderzoeken en zal aan een vernieuwende roman of een kunstwerk een lange periode vol vallen en opstaan voorafgaan. Het duurt jaren, decennia of soms zelfs eeuwen voordat dit soort scenario’s zich ontvouwen en vereisen de bouw of de ontwikkeling van infrastructuren zoals een onderneming, een natie of een technologische innovatie. Als de voorbeelden die nog zullen volgen u neerslachtig stemmen, moet u maar in uw achterhoofd houden dat zich ook wel eens positieve x-gebeurtenissen kunnen voordoen – maar alleen niet in dit boek! Aangename verrassingen zijn altijd welkom. Maar ze

zijn zelden bedreigend. En hier willen we nu juist aandacht besteden aan de gebeurtenissen die onze moderne levensstijl bedreigen.

Nu hebben we een idee van de kenmerken van een x-gebeurtenis. Definities, en zelfs vage definities, zijn natuurlijk nuttig, maar wat we echt willen weten is hoe zulke verrassingen tot stand komen en wat we kunnen doen om ze te voorkomen. En als we daar niets aan kunnen doen, willen we weten hoe we ons kunnen voorbereiden op de nadelige gevolgen of deze kunnen verzachten.

Botsende systemen

De afgelopen jaren hebben we gezien hoe lang zittende regimes in Tunesië, Libië en Egypte bijna in een dag omvergeworpen werden en hoe rebellen in Bahrein, Jemen en Syrië werden aangestoken door hetzelfde revolutionaire vuur en tegen ingegraven regeringen begonnen te strijden in een poging om een decennialange onderdrukking van zich af te werpen. Oppervlakkig bezien lijkt dit soort maatschappelijke onrust voort te komen uit ontevredenheid over het regeringsbeleid met betrekking tot de hoge werkloosheid, stijgende voedselprijzen, woningnood en tekorten aan eerste levensbehoeften. Maar zulke verklaringen zijn te gemakkelijk en gaan voorbij aan de eigenlijke oorzaak voor het ineensstorten van bepaalde samenlevingsvormen. Maatschappelijke onrust is op zichzelf geen extreme gebeurtenis, maar eerder een voorteken van of een vroeg waarschuwingssignaal voor de toekomstige x-gebeurtenis van een machtswisseling. De werkelijke oorzaak van de x-gebeurtenis die regimes naar huis stuurt ligt veel dieper in het maatschappelijk systeem verankerd. Het is een steeds breder wordende 'complexiteitskloof' tussen een regering en de bevolking, die tot een revolutie leidt wanneer de kloof niet langer overbrugd kan worden. Denk aan een rigide autoritaire regering die geconfronteerd wordt met een bevolking die zich door contacten met de buitenwereld bewust geworden is van nieuwe vrijheden en die acties coördineert met behulp van de verschillende sociale netwerken. De kloof tussen de complexiteit van het controlesysteem (in dit geval de regering) en de toegenomen complexiteit van het systeem dat gecontroleerd wordt (de bevolking) moet overbrugd worden. De

regering kan de bevolking onderdrukken – leiders arresteren, soldaten bevelen om de menigte demonstranten uit elkaar te slaan en andere maatregelen nemen om de situatie de kop in te drukken. Een andere mogelijkheid is om de complexiteit van de regering te verhogen zodat er sneller vrijere verkiezingen gehouden kunnen worden, restricties op de onafhankelijke media worden opgeheven en mogelijkheden worden geboden voor de opwaartse mobiliteit van de bevolking.

Het leidmotief van alle door mensen veroorzaakte x-gebeurtenissen die ik in dit boek analyseer is het idee dat een x-gebeurtenis de manier is waarop de mens een complexiteitskloof tussen twee (of meer) systemen overbrugt. Een x-gebeurtenis is dus het middel waarmee het verschil tussen de complexiteitsniveaus van twee (of meer) concurrerende, strijdende of zelfs samenwerkende systemen wordt verkleind. Om precies te zijn is het de noodoplossing die het systeem bedenkt wanneer mensen er zelf niet in slagen vrijwillig een steeds breder wordende kloof te verkleinen. Bij wijze van voorproefje van de werking van dit principe herinner ik hier nu eerst aan een aantal recente x-gebeurtenissen waarbij dit verschil in complexiteit heel duidelijk te zien is.

Egypte had een door de staat gecontroleerde economie die decennialang onder schandalig mismanagement geleden heeft. Zelfs de merkbare verbeteringen van de laatste jaren kwamen te laat en waren niet afdoende. Bovendien was het land ontstellend corrupt (en dat is het nog steeds) en tierde de vriendjespolitiek welig in de complete sociale structuur. Zo'n systeem van corruptie draait op de steekpenningen die aan ambtenaren worden betaald door degenen die contracten willen krijgen en een baan of een geschikte woning willen vinden. Grappig genoeg (en dat is veelzeggend) werd Viagra, het medicijn tegen impotentie, van de markt geweerd omdat de producent, Pfizer, niet genoeg steekpenningen aan de Egyptische minister van Volksgezondheid had betaald om het medicijn goed te laten keuren.

Door dit soort parasitair mismanagement en corruptie bleef de weinig complexe regering op haar plek vastgeroest zitten en kende de overheid slechts een geringe mate van vrijheid in haar structuur en wat betreft de middelen waarmee de voorkomende maatschap-

pelijke problemen konden worden aangepakt. Maar zolang de Egyptische bevolking nog minder middelen had om haar ongenoe-gen over de woningnood, de stijgende voedselprijzen, de gebrekkige gezondheidszorg en dergelijke te uiten, was er voor de regering geen enkele reden om de benodigde structuren voor deze zaken te creëren. Natuurlijk was er bijvoorbeeld wel een ministerie van Volksgezondheid. Maar het diende voornamelijk als werkplek voor carrièrebureaucraten en vriendjes van de machthebbers voor wie de verlening van gezondheidszorg een soort optionele vrijetijdsbe-steding was. In zo'n toestand komt natuurlijk nooit enige veran-dering wanneer de bevolking slechts een beperkt aantal mogelijke actiemiddelen tot haar beschikking heeft (lage complexiteit), nog minder dan de regering zelf. Maar de tijden veranderen. En toen moderne technologieën zoals de razendsnelle wereldwijde commu-niciemiddelen, hogere opleidingen en snellere vervoersmiddelen hun weg naar de Arabische wereld vonden, kregen de burgers de machtsmiddelen in handen. Voor de ingegraven regimes in de he-le regio was dat een teken aan de wand (aan de wand van Face-book, om precies te zijn).

Moderne communicatiemiddelen en sociale netwerken als Google, Twitter en Facebook dragen bij aan een enorme toename van de sociale complexiteit – maar nu is het de complexiteit van de hele bevolking die toeneemt en niet die van de regering. Dit is de reden dat zulke diensten gewoonlijk slechts beperkt beschikbaar zijn of worden afgesloten wanneer regeringen aangevallen worden, en het is ook de reden dat de Egyptische regering het internet enkele da-gen geheel afsloot, aangezien deze diensten mensen in staat stellen hun stem te laten horen en sociale netwerken te vormen. Op een bepaald moment wordt de kloof tussen het stagnerende complexi-teitsniveau van de regering en het groeiende complexiteitsniveau van de bevolking te groot om stand te houden. Het gevolg? Een wisseling van het bewind in Tunesië, Libië en Egypte en de waar-schijnlijke val van de Assad-dynastie in Syrië en/of de monarchie in Bahrein.

Een theoreticus van complexe systemen begrijpt meteen dat hier het principe dat bekendstaat als de wet van de vereiste complexi-teit werkzaam is. Deze ‘wet’ stelt dat de controlerende partij een

systeem alleen volledig kan reguleren en controleren als de complexiteit van deze partij minstens even groot is als de complexiteit van het systeem dat gecontroleerd moet worden. Om het eenvoudiger te stellen: alleen complexiteit kan complexiteit vernietigen. Een voor de hand liggende consequentie is dat de controlerende partij in de problemen komt als de kloof te groot is. En in de wereld van de politiek betekenen problemen vaak revolutie.

Er is een overvloed aan voorbeelden van zo'n wanverhouding tussen complexiteitsniveaus. Neem het Romeinse Rijk, waarin de regerende klassen alle politieke en militaire macht aanwendden om de lagere klassen te besturen en om naburige gebieden te veroveren en belastingen op te leggen. Uiteindelijk werden alle inkomsten van de samenleving besteed aan de instandhouding van een uit zijn voegen gegroeid rijk dat te complex geworden was om stand te houden. De oude Mayabeschaving is in dit verband ook een goed voorbeeld, net als de voormalige Sovjet-Unie. Enkele wetenschappers, onder wie de historicus Paul Kennedy, beweren dat het Amerikaanse rijk, dat jaarlijks meer dan 23 miljard dollar aan buitenlandse hulp besteedt en veel meer consumeert dan exporteert, om dezelfde reden langzaam uit elkaar aan het vallen is.

Dit soort wanverhoudingen vind je niet alleen bij complexiteitskloven in het politieke en ambtelijke domein, zoals blijkt uit de ontwrichting van het dagelijkse leven in Japan ten gevolge van de straling die bij de aardbeving van 2011 vrijkwam uit de kerncentrales in Fukushima Daiichi. De uiteindelijke oorzaak van het sociale ongenoegen was een ongeluk ten gevolge van een ontwerpfout: door de tsunami die het gevolg was van de aardbeving stroomde er water over de steunmuren die het zeewater juist buiten de reactor moesten houden. Door de overstroming ontstond er schade aan de noodaggregaten die de stroom moesten leveren voor de koeling van de kernbrandstofstaven van de reactor. Dit is een tweevoudig probleem: ten eerste hadden de ontwerpers bij de bouw van de kerncentrale rekening gehouden met een aardbeving met magnitude 8,3 – de zwaarste die Japan tot dan toe had getroffen – omdat ze er niet van uitgingen dat er ooit een zwaardere aardbeving zou plaatsvinden. Maar wat nog erger was, was dat de generatoren laag stonden, op een plek waar ze bij een overstroming meteen beschadigd

zouden raken. En dat was niet het enige. Volgens sommige rapporten werd het bodemniveau door de aardbeving met 60 centimeter verlaagd, waardoor het probleem alleen maar werd verergerd. Uiteindelijk hing alles dus af van de steunmuren die hun werk moesten doen – en dat deden ze niet! Dit is een geval van een gebrek aan complexiteit in het controlesysteem (de combinatie van de hoogte van de muur en de plek waar de generator stond), dat werd overweldigd door een te grote complexiteit in het systeem dat gecontroleerd moest worden (de kracht van de tsunami).

Nu zou een doodgewone risicoanalist van een verzekeringsmaatschappij of een bank vragen: dat is toch allemaal niets nieuws? Als we het risico van gebeurtenis Y willen kwantificeren, bepalen we de kans dat Y zich daadwerkelijk voordoet, schatten we de schade die Y aanricht als Y plaatsvindt en vermenigvuldigen we deze twee getallen met elkaar. Deze berekening vertelt ons wat het risico van Y is. Niks ingewikkelds aan. Dus wat probeer ik hier nu te vertellen dat wezenlijk van dit alles verschilt? Voor de lezers die de voorgaande bladzijden van deze inleiding hebben overgeslagen, vat ik nog eens samen waarom je deze vraag uit het proces van de conventionele risicoanalyse moet stellen – als het om ‘normale’ gebeurtenissen gaat. Maar het is absoluut niet de juiste vraag en zelfs een gevaarlijke vraag om te stellen wanneer we het over extreme gebeurtenissen hebben. Ik vertel dus wel degelijk iets nieuws. En wel vanwege het volgende.

Ten eerste betekent de zeldzaamheid van een x-gebeurtenis dat we geen database van gebeurtenissen en gedrag hebben die voldoende gegevens bevat om een zinnige berekening te maken van de waarschijnlijkheid dat gebeurtenis Y zich daadwerkelijk voordoet. Hoewel wiskundigen die gespecialiseerd zijn in de waarschijnlijkheidstheorie en statistici een ingenieus pakket instrumenten hebben ontwikkeld – de subjectieve waarschijnlijkheidstheorie, de bayesiaanse analyse, de extremegebeurtenissenstatistiek – om dit obstakel te omzeilen, blijft het een feit dat het onmogelijk is om een betrouwbare waarschijnlijkheid vast te stellen dat een extreme gebeurtenis zich voordoet. Als dat wel zo was, hadden we nooit zoiets meegemaakt als de grote recessie van 2007 en 2008, de grote stroomstoring aan de oostkust van de Verenigde Staten in 2003

of de schade aan New Orleans door de orkaan Katrina. En zouden mensen zich niet afvragen wanneer de volgende x-gebeurtenis opduikt om ons een opdonder te verkopen. Wat betreft x-gebeurtenissen moeten we dus een methode ontwikkelen/ontdekken waarmee we een risico kunnen kwantificeren, waarbij dit getal ons wel iets zegt over de vraag of het waarschijnlijker is dat deze schok op dit moment gaat plaatsvinden dan het eerder was. Mijn bijdrage aan de oplossing van dit probleem is de stelling dat de wanverhouding tussen de complexiteitsniveaus van menselijke infrastructuursystemen als zo'n maat zou kunnen dienen.

Het tweede ingrediënt van een conventionele risicoanalyse van normale gebeurtenissen is de schade die de gebeurtenis in de samenleving aanricht als deze zich daadwerkelijk voordoet. Het wijkt helemaal niet af van mijn gedachtegang om aan te nemen dat de x-gebeurtenis zich ook werkelijk op een bepaalde tijd en een bepaalde plaats zal voordoen en vervolgens de verwachte schade te berekenen. Maar in dit geval gaat het om een nog nooit vertoonde schok voor de systemen die de basis vormen van onze manier van leven, en dan wordt het nogal lastig om de schade in te schatten. Om zo'n schadeberekening te maken moeten we de schok met vergelijkbare schokken uit het verleden vergelijken. Daarna kijken we in hoeverre de situatie waarvan we uitgaan afwijkt van de situaties waarover we gegevens hebben en laten we een correctiefactor op onze raming los om dit verschil te verantwoorden. Maar hoe zou dit proces moeten werken als er geen gegevens zijn waarvan we gebruik kunnen maken? Zoals in de loop van dit boek zal blijken moeten we, als de echte wereld de noodzakelijke data niet verschaft, aan die gegevens zien te komen door in onze computers een surrogaatwereld te bouwen, ongeveer zoals Arbesman en Strogatz deden om het geval van Joe DiMaggio's onverbreekbare baseballrecord te bestuderen. Ook deze benadering vertoont veel verschillen met de technieken die gebruikt worden om normale gebeurtenissen te bestuderen.

We hebben hier kortom met twee totaal verschillende gebieden te maken. Er is het normale gebied, dat uit gebeurtenissen bestaat die in het verleden al vaak zijn voorgevallen en waarvoor een goede set data beschikbaar is die als basis dienen voor de instrumen-

ten voor waarschijnlijkheidsberekeningen en ramingen van de schade. En dan is er het gebied van de x-gebeurtenissen, waarbij deze instrumenten simpelweg niet werken. Dit boek biedt een uitgangspunt voor het scheppen van een kader om het gebied van de x-gebeurtenissen systematisch te bestuderen, een kader dat een aanvulling is op datgene wat gebruikt wordt om het verwachte risico in het normale gebied te berekenen. Ik zal de theorie in dit betoog aan de hand van praktijkvoorbeelden illustreren en laat de technische details over aan een onderzoeksprogramma dat in de komende jaren zal worden uitgevoerd.

Nu ik de zaken over complexiteitskloven en de daaropvolgende x-gebeurtenissen uiteengezet heb, richt ik me graag op een overzicht van de drie delen waaruit dit boek bestaat.

Drie makkelijke delen

De eerste zin van Julius Caesars *De bello Gallico* luidt: ‘Heel Gallië is verdeeld in drie delen.’ Dit boek ook. In het eerste deel wordt het verband tussen complexiteit en x-gebeurtenissen onderzocht en wordt het steigerwerk dat ik in de voorgaande bladzijden heb neergezet verder opgebouwd. Hier scheid ik de vervelende verrassingen van de natuur van de verrassingen die worden veroorzaakt door menselijke onoplettendheid, laksheid, onbegrip, domheid of kwaadwiligheid.

De hoofdmaaltijd wordt opgediend in elf eenhapsbrokken, die allemaal het verhaal van een mogelijke x-gebeurtenis vertellen en beschrijven welke impact het op ons dagelijkse leven zou hebben wanneer deze daadwerkelijk zou plaatsvinden. Ik heb deze x-gebeurtenissen zo gekozen dat ze een zo breed mogelijk spectrum aan menselijke activiteiten beslaan en tegelijkertijd heb ik geprobeerd om de onderwerpen te vermijden waarover de afgelopen jaren al veel geschreven is in het kader van de x-gebeurtenis van de dag, zoals de wereldwijde financiële ineenstorting van 2007 en 2008 of de crisis rond de Japanse kernramp in 2011. Daarom lopen de elementen van deel twee uiteen van een ineenstorting van de wereldwijde voedselproductieketen tot een grootschalige meltdown van het internet en van een wereldwijde pandemie tot het einde van de

globalisering. Deze verhalen kunnen grotendeels gelezen worden in de volgorde die door de smaak en de interesse van de lezer wordt bepaald. Alles bij elkaar schetsen ze evenwel een beeld van de uiteenlopende manieren waarop een x-gebeurtenis zich kan manifesteren en het einde kan betekenen van de houdbaarheid van onze vertrouwde manier van leven.

De finale, deel drie, brengt de theoretische vragen en problemen van deel een samen met de aanschouwelijke voorbeelden van deel twee om een antwoord te geven op de vraag hoe we op x-gebeurtenissen moeten anticiperen en hoe we er – soms – mee moeten omgaan. Ik kijk met name naar de manier waarop we kunnen vaststellen waar en wanneer een potentiële x-gebeurtenis van een bepaald type zich werkelijk dreigt voor te doen. Ook onderzoek ik de verschillende ‘zwakke’ signalen die als waarschuwing dienen voor een ophanden zijnde x-gebeurtenis en de manieren waarop we deze signalen kunnen onderscheiden in de dagelijkse stortvloed van lawaai die voor informatie doorgaat. Het boek besluit met enige aanbevelingen aangaande de manier waarop samenlevingen zich beter op x-gebeurtenissen kunnen voorbereiden door veerkrachtiger sociale systemen en minder kwetsbare infrastructuren te creëren.