

Van aardbeving tot zöönose

Van aardbeving tot zöönose

Over de inzet van modellen voor beleid

Marc Jacobs en Ronald Meester



MAZIREL
PERS

Ontwerp omslag: ST-DUO (Rotterdam)
Ontwerp binnenwerk: Crius Group, Hulshout

Mazirel Pers is een imprint van Walburg Pers

ISBN 978 94 6249 992 8

e-ISBN 978 94 6249 993 5

NUR 740

© 2023 Marc Jacobs en Ronald Meester p/a Uitgeversmaatschappij Walburg Pers, Zutphen

© 2023 Uitgeversmaatschappij Walburg Pers, Zutphen

www.mazirelpers.nl

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor Marieke, Sam & Julia, en
Joke (in herinnering) & Ceciel

Inhoud

Voorwoord	9
1. Voorbij de clichés	13
2. Het gevaar van succes: voorbeelden uit de fysica, de biologie en de kansrekening	28
3. Modellen om de wereld te beschrijven en te begrijpen	39
4. Een kleine filosofie van de wetenschap en van modellen	56
5. Van aardbevingsschade tot toeslagen	81
6. De filosofie en ethiek van verklarende kansen en zelflerende systemen	99
7. Andere modellen – meten is weten?	115
8. Het besluitvormingsproces	132
9. Modellen in de coronacrisis	149
10. Verstikking door modellen	165
11. Een klimaat van modellen	186
12. De balans opmaken	205
Managementsamenvattingen	213
Noten	221

Voorwoord

Marc Jacobs en Ronald Meester hebben een spannend boek geschreven. Ze nemen de lezer mee in de wereld van de modellen en hun wetenschappelijke legitimatie. Uit alles blijkt dat deze publicatie razend actueel is. Het gaat onder andere over het stikstofdossier, de toeslagenaffaire, de COVID-19-pandemie en het aardbevingsdossier in Groningen. In al deze dossiers speelden modellen een grote rol en hebben ze het beleid in hoge mate beïnvloed.

Jacobs en Meester zijn hartstochtelijke wetenschappers. Op elke bladzijde proef je de liefde voor hun vak. Maar ook proef je hun zorgen. Worden modellen wel goed gebruikt? Zijn beleidsmakers en politici zich wel bewust van alle haken en ogen van modellen? Is er voldoende discussie over wat modellen wel en niet kunnen?

Ik geef drie voorbeelden. Het eerste is uit het aardbevingsdossier. De NAM gebruikt een wiskundig model dat tot doel heeft om de kans uit te rekenen dat de schade aan een huis door aardbevingen is veroorzaakt. Stel je voor dat een huis in het aardbevingsgebied schade heeft. Stel je voor dat uit de berekeningen van de NAM blijkt dat de kans dat een huis op die plek schade heeft 1 op 100 is. Wat betekent dat voor het al dan niet toekennen van een vergoeding voor de schade? In de visie van Jacobs en Meester is de eerste vraag die je moet stellen: wat voor soort model wordt er gebruikt? In dit geval is er sprake van een kansenmodel: het model kan alleen uitspraken doen over de kans dat iets gebeurt. Een kansenmodel kan per definitie geen uitspraak doen over de oorzaak van de schade. We zijn namelijk niet geïnteresseerd in de kans dat iets gebeurt, maar in de beste verklaring voor de waargenomen schade.

Voor de beoordeling van de schademelding gaat het dus om de vraag welke aanwijzingen er zijn dat dit concrete schadegeval door de bevingen is veroorzaakt.

Het tweede voorbeeld gaat over de coronacrisis. Zo is er onderzoek gedaan naar de invloed van huishoudens op besmettingen op het niveau van scholen. Het model voorspelde bijvoorbeeld dat de sluiting van middelbare scholen meer impact zou hebben dan het sluiten van basisscholen. De reden voor deze conclusie ligt voor de hand: in de meeste gezinnen gaan alle kinderen naar dezelfde basisschool, maar vaak niet naar dezelfde middelbare school. Het bijzondere is in dit geval dat we het model niet nodig hebben voor deze voorspelling. Want juist dat gegeven was een van de uitgangspunten van het model, en was er dus al ingestopt.

Het laatste voorbeeld gaat over het sluiten van scholen in coronatijd. Schoolsluitingen hebben een grote invloed gehad op de samenleving. De doelstelling was dat het virus teruggedrongen zou worden en dat kwetsbare ouderen beschermd zouden worden. Maar het gebruikte model hield geen rekening met het feit dat kinderen tijdens de schoolsluiting massaal bij de grootouders werden gebracht! Jacobs en Meester erkennen dat het onmogelijk is om alle neveneffecten in aanmerking te nemen. Maar dit voorbeeld laat zien hoe voorzichtig de resultaten van modellen beoordeeld moeten worden.

De kern van het verhaal van Jacobs en Meester is dat je altijd met modellen 'in gesprek' moet gaan. Zij geven aan welke vragen beleidsambtenaren en politici aan de makers van modellen moeten stellen om te onderzoeken wat voor soort model het is, op welke uitgangspunten het model is gebaseerd en op welke manier het wel en niet in beleid en politiek gebruikt kan worden.

Hoe ga je dat gesprek aan? Als ik hun betoog goed begrepen heb gaat het in ieder geval om de volgende vragen:

- 1) Wat zijn de uitgangspunten en (verborgen) vooronderstellingen van het model?
- 2) Zijn de uitgangspunten, rekenmethodes en datasets van het model openbaar?
- 3) Wat voor soort model is het en hoe kan het positief bijdragen aan de discussie?
- 4) Hebben we het model wel nodig voor de beleids- en politieke discussies?

Ik begin met de uitgangspunten en (verborgen) vooronderstellingen. Modellen proberen altijd zo goed mogelijk de werkelijkheid na te bootsen. Maar die werkelijkheid blijkt veel te complex te zijn om in modellen te vangen. Daarom moeten we de werkelijkheid versimpelen om te kunnen modelleren. Maar dit leidt altijd tot de vraag: hoe goed doet het model recht aan de werkelijkheid? Deze vraag is extra belangrijk omdat blijkt dat het ontwikkelen van modellen geen 'neutrale' activiteit is maar doortrokken is van levensbeschouwelijke visies, morele oordelen en sociale keuzes. Ook moet de vraag gesteld worden: wie waren er allemaal betrokken bij het ontwikkelen van het model? Wie heeft de uitgangspunten geaccordeerd? Hoe wordt recht gedaan aan de gerechtvaardigde belangen van alle betrokkenen?

Dan de kwestie van openbaarheid. Wetenschap groeit en bloeit door het wetenschappelijke debat. Alleen zo ontdekken we wat de meest vruchtbare en best onderbouwde theorieën zijn. Dat geldt ook voor modellen. Elk model verdient uitgebreide toetsing en discussie in de wetenschappelijke arena. Alleen zo kunnen we

ontdekken hoe goed een model is. Misschien zou de vuistregel moeten zijn: niet openbaar, dan ook geen toepassing in beleid en politiek.

Het derde punt heb ik in het voorgaande al kort aangestipt. Er zijn modellen in alle soorten en maten. Alleen door in gesprek te gaan met een model kun je ontdekken wat je er wel en niet mee kunt. Welke uitspraak wel verantwoord is en welke niet. Dat bevordert ook dat een debat op de juiste toonhoogte wordt gevoerd.

Ten slotte: modellen zijn hulpmiddelen. Niet meer en niet minder. Politiek en beleid gaan over waarden en het maken van keuzes op basis van die waarden. Het gevaar van modellen is dat het debat ongemerkt verschuift van het maken van keuzes op basis van waarden naar het maken van keuzes tussen kunstmatige werkelijkheden die gecreëerd worden door modellen. Die ongemerkte verschuiving mag nooit plaatsvinden.

Ik kom terug op de eerste zin van mijn inleiding: Marc Jacobs en Ronald Meester hebben een spannend boek geschreven. Dat spannende boek vraagt – zoals elk product van wetenschappelijke activiteit – om dialoog, discussie en kritiek. In het laatste hoofdstuk schrijven de auteurs eerlijk dat je er als wetenschapper ook naast kunt zitten. Dat geldt trouwens ook voor een voorwoord!

Maarten Verkerk

Emeritus hoogleraar christelijke filosofie aan de Universiteit Maastricht en Technische Universiteit Eindhoven en lid van de Eerste Kamer voor de ChristenUnie.

1. Voorbij de clichés

Wat hebben de toeslagenaffaire, de schade door aardbevingen in Groningen, de COVID-19-pandemie, het stikstofdossier, de financiële crisis en het klimaatdossier met elkaar gemeen? Bij al deze dossiers werden of worden wiskundige modellen ingezet om het beleid te bepalen. We kunnen zonder overdrijving stellen dat modellen in al deze dossiers cruciaal waren. Modellen zijn belangrijker dan ooit. Dit boek gaat over wiskundige modellen die we beleidsmatig inzetten, en vooral over de vraag hoe we dat beter kunnen doen dan nu vaak het geval is.

De noodzaak voor een boek als dit wordt regelmatig geïllustreerd in de Tweede Kamer. Tijdens een van de coronadebatten vroeg SP-leider Lilian Marijnissen bijvoorbeeld het volgende: ‘Hoe heeft het kunnen gebeuren dat onze rekenmodellen ons op dit punt toch zo in de steek hebben gelaten?’¹ In dit boek leggen wij uit dat het eigenlijk precies andersom is. De modellen hebben ons niet in de steek gelaten, maar wij hebben de modellen en de modellenmakers in de steek gelaten door ze ver buiten hun natuurlijke habitat te willen gebruiken en ze zonder enige reflectie of wijsheid te volgen. Daar komen uiteraard ongelukken van.

Het citaat van Marijnissen is slechts één voorbeeld uit vele gelijksoortige citaten die we in de Nederlandse politiek tegenkomen de laatste jaren. Ze verraden een ongemakkelijk onvermogen om modellen te duiden en te gebruiken. Toen wij tijdens de COVID-19-pandemie publiekelijk kritiek leverden op de wiskundige modellen achter het gebruik van het coronatoegangsbewijs, en deze kritiek ook met Kamerleden bespraken, bleek dat men

eigenlijk helemaal geen idee had hoe modellen te duiden en te interpreteren. We hopen dat dit boek behulpzaam zal zijn om tot een betere en realistischere omgang met modellen te komen.

Het is belangrijk om meer maatschappelijk bewustzijn te kweken over het wel en wee van modellen, en dat bewustzijn moet wat ons betreft voorbij de gebruikelijke clichés gaan. Clichés die doorgaans wel een kern van waarheid bevatten (anders waren het ook geen clichés) maar die ons niet verder helpen bij de vraag hoe we met modellen om moeten gaan. Om direct maar zo'n cliché genoemd te hebben: statisticus George Box schreef ooit: 'All models are wrong, but some are useful'.² We zullen deze visie uitvoerig bespreken, en er de nodige kritiek op leveren. Want we hebben natuurlijk helemaal niets aan zo'n cliché als we geen inzicht hebben in de manier waarop sommige modellen misschien bruikbaar zouden zijn. Wie bepaalt dat eigenlijk? En wat betekent het eigenlijk überhaupt om bruikbaar te zijn? Impliceert de uitspraak dat elk model 'verkeerd' is ook niet automatisch dat je weet wat een 'goed' model zou zijn? Een model dat de werkelijkheid perfect beschrijft? Maar dat kan niet, zoals George Box ook wist, dus moeten er keuzes gemaakt worden, en dan zijn we plotseling en ongemerkt een gesprek over persoonlijke voorkeuren aan het voeren. Wat maakt een model eigenlijk goed? Je zou je kunnen voorstellen dat 'goed' betekent dat het model aan de eisen van de maker of gebruiker voldoet, maar heeft elke gebruiker dan wel dezelfde eisen? Vast niet. Kortom, dergelijke clichés zijn vast goedbedoeld, op een bepaalde manier ook niet helemaal onwaar, maar ze zijn tamelijk nutteloos. Wij willen voorbij clichés zoals deze gaan in dit boek, en zullen er nog wel een paar tegenkomen.

De lezer kan overigens gerust zijn in die zin dat we hierbij plechtig beloven dat we in dit boek geen formules zullen gebruiken. Niet één. We willen dat dit boek voor een breed publiek toegankelijk is. Wiskundige formules zien er vaak wel wat intimiderend uit, maar op de keper beschouwd is een formule gewoon een manier om met een bepaalde taal een idee of een relatie uit te drukken. Deze taal is universeel en maakt dat wanneer we een model wiskundig formuleren, mensen over de hele wereld kunnen begrijpen wat we bedoelen. Maar voor een boek als dit zijn formules overbodig. Natuurlijk is het van belang om te weten wat een model 'doet', maar dat kan best zonder formules. Het gaat ons bovendien meestal helemaal niet om de precieze vorm van het model, maar om alles eromheen: wie maakt het model en hoe kijkt de maker tegen de wereld aan? Voor wie is het bedoeld? Wat is het doel van het model? En hoe zouden we het moeten gebruiken om een gesprek op gang te brengen? Wat formules in technische en gedetailleerde zin te zeggen hebben is voor ons verhaal niet zo belangrijk, omdat we het willen hebben over het nut, de noodzaak en de filosofie van de modellen.

Voor we van wal steken is het belangrijk af te bakenen over wat voor soort modellen we het hier gaan hebben. Het begrip 'model' heeft immers nogal wat verschillende betekenissen. Volgens wetenschapsfilosoof en historicus Daan Wegener zijn er ten minste drie typen wetenschappelijke modellen: concrete, wiskundige en analoge modellen.³ Wat bedoelt hij daarmee? Bij concrete modellen moet je denken aan bijvoorbeeld schaalmodellen van vliegtuigjes die veel mensen in hun jeugd in elkaar lijmden, maar ook aan het wereldberoemde planetarium van Eise Eisenga.⁴ Andere voorbeelden zijn windtunnels

en botsingproeven. Bij dit type modellen bouw je iets na op een behapbare schaal, en vaak kun je daar echt wel iets van leren. Als je het zonnestelsel nabouwt kun je opeens zien waarom wij in Nederland wel seizoenen hebben, maar landen op de evenaar niet of nauwelijks: dat volgt uit de stand van de aarde ten opzichte van de zon. Nuttig dus, die concrete modellen.

Volgens Wegener zijn zijn analoge modellen vooral nuttig in de creatieve fase van een wetenschappelijk onderzoek. Een onderzoeker tekent een molecuul als een bolletje, met een pijltje om de bewegingsrichting aan te geven. Met andere woorden: een analoog model geeft een voorstelling van een proces, in de hoop het proces daardoor beter te begrijpen en om nieuwe relaties te voorspellen of af te leiden, aldus Wegener. Ook het atoommodel van Bohr valt in deze categorie: we tekenen een atoomkern met enkele elektronen die daaromheen draaien, als ware het een miniatuur zonnestelsel. Je kunt dan zomaar begrijpen hoe het kan dat metalen zo goed geleiden, want precies die elementen hebben vrije elektronen die overal heen kunnen reizen. Wat 'begrip' in dit verband precies betekent is nog niet zo makkelijk in te zien, maar dat met een dergelijke voorstelling een verband wordt gelegd met dagelijkse dingen staat vast: als we bij botsende moleculen de analogie met bijvoorbeeld biljartballen herkennen, dan geeft dat op zijn minst een gevoel van herkenning en daarmee begrip.

In dit boek hebben we het vooral over wiskundige modellen. Op Wikipedia vind je daar de volgende definitie van: 'Een wiskundig model is een wiskundige beschrijving van een systeem, meestal met als doel systematische analyse mogelijk te maken en om voorspellingen over het systeem te kunnen doen. De beschrijving concentreert

zich daarbij op een bepaald aspect, bijvoorbeeld de structuur, het gedrag, of bepaalde soorten eigenschappen; niet relevante details worden weggelaten. De aard van een wiskundig model hangt helemaal af van het soort systeem en de te beschrijven aspecten.⁵ Een hele mond vol. Worden we nu eigenlijk veel wijzer van zo'n definitie?

Dat is maar de vraag. Modelleurs onder elkaar hebben een vaak onuitgesproken, gedeeld begrip over wat een model precies is. Dat wil niet zeggen dat ze er precies hetzelfde naar kijken, maar ze herkennen een model als ze er een zien zonder dat ze zich druk maken om een definitie. Dit lijkt een beetje op de manier waarop de filosoof Ludwig Wittgenstein naar het begrip 'spel' keek.⁶ Iedereen weet wat een spel is en herkent het ook als zodanig, maar een goede definitie is moeilijk te geven. Sommige spellen speel je alleen, sommige met anderen. Soms is de bedoeling om te winnen, soms speelt dat geen rol. De voorwerpen waarmee spellen gespeeld worden variëren enorm, en soms is er überhaupt geen voorwerp nodig en speelt het spel zich volledig in ons hoofd af. Kortom, een poging tot het definiëren van wat een spel is voegt weinig toe aan onze gedeelde kennis.

Met een wiskundig model is het eigenlijk net zo. In de definitie die we zojuist citeerden wordt opgemerkt dat wiskundige modellen meestal voor een systematische analyse of een voorspelling worden gebruikt. Ook dat is maar de vraag. Sommige modellen zijn gemaakt om iets te voorspellen, maar veel andere juist om iets achteraf te verklaren. Sommige modellen, zo zullen we zien, creëren hun eigen werkelijkheid, terwijl andere juist willen proberen de externe werkelijkheid zo goed mogelijk te beschrijven. Weer andere modellen proberen een kans aan een gebeurtenis toe te kennen, of proberen uit te

rekenen wat er gebeurd zou zijn als de realiteit zich anders had ontwikkeld. Kortom, de definitie is toch wat te kort door de bocht.

We zien daarom niet veel heil in een definitie, en geven er de voorkeur aan om de lezer mee te nemen in een verbale beschrijving van allerlei soorten modellen en verschillende situaties waarin deze gebruikt worden. De bespreking van al die verschillende modellen geeft een beter beeld dan een definitie ooit zou kunnen doen. Zoals we zullen uitleggen hebben de verschillende modellen zeer uiteenlopende functies, precies zoals de spellen van Wittgenstein erg divers waren. Maar het zal de lezer vast ook opvallen dat er vrijwel geen prominent maatschappelijke kwestie te vinden is waarbij modellen geen rol spelen. Ze zijn werkelijk overal, en het belang van een goed inzicht in de diversiteit en de aard van modellen kan moeilijk overschat worden.

Wegener zegt nu het volgende over deze modellen: 'Wiskundige modellen [...] functioneren als een soort bemiddelaars tussen theorie en realiteit'. Het is bijna poëzie, en mooi geformuleerd. Wegener denkt hierbij vooral aan de fysica, waarbij hij modellen ziet als instrumenten om natuurwetten betekenisvol te maken. Dat is een interessant gezichtspunt, maar toegepast op andere zaken dan de fysica schiet het tekort. In die gevallen zouden we Wegener misschien kunnen parafraseren door te stellen dat modellen de bemiddelaars zijn tussen de realiteit en onszelf, waarbij het maar zeer de vraag is in hoeverre de realiteit zich door ons laat ontrafelen. Het begrip 'realiteit' omvat immers alleen dat wat onze ervaring ons voorspiegelt, dus wat onze zintuigen waarnemen. Modellen liggen dan ook – afgezien van hun wiskundige component die niet aan de ervaring

is gebonden – noodzakelijkerwijs in het verlengde van die door ons ervaren, en dus niet objectief vaststelbare werkelijkheid.

Dat is een nuttig beginpunt van onze overdenkingen: wiskundige modellen zijn de bemiddelaars tussen de realiteit en onszelf, en net zoals de meer gebruikelijke menselijke bemiddelaars hebben ze als het ware eigen meningen en eigen gezichtspunten. Bemiddelaars helpen om een gesprek op gang te brengen, en zijn soms zelfs voorwaarde voor zo'n gesprek. Laten we die interpretatie in ons hoofd houden, want het gesprek zal een belangrijk onderdeel van onze benadering worden.

Dergelijke gesprekken zijn belangrijk, omdat er soms diepgaande en vaak zeer ingrijpende maatregelen genomen worden op basis van niet meer dan een voorspelling van een wiskundig model. Dat je tussen 6 en 19 uur nog maar 100 kilometer per uur mag rijden op de snelweg is tot daaraan toe (hoewel toch heel wat mensen dit als een ultieme inperking van hun vrijheid zagen), maar dat in de toeslagenaffaire huwelijken en levens zijn verwoest op basis van een model is toch wel heel ernstig, en vast niet bij iedereen bekend. Op een heel ander terrein probeert de NAM uit alle macht met wiskundige modellen aan te tonen dat schade aan huizen niet aan aardbevingen als gevolg van gaswinning is toe te schrijven. De overheid heeft tijdens de COVID-19-pandemie scholen en horeca gesloten en het coronatoegangsbewijs ingevoerd op basis van wiskundige modellen. Het hele klimaatdossier valt of staat bij de kwaliteit van de modellen en de data die gebruikt worden. Modellen zijn inderdaad zo belangrijk geworden dat het wat ons betreft dringend nodig is dat we met z'n allen beter gaan begrijpen wat die modellen eigenlijk te zeggen hebben, hoe betrouwbaar ze zijn en

hoe we ermee om moeten gaan. We merken bovendien op dat niet alleen voorspellingen binnen een model zeer onbetrouwbaar kunnen zijn, maar dat de keuze van het model dat je wilt gebruiken zelf ook allerlei beslissingen met zich meebrengt. Deze keuze is belangrijk omdat ze ook bepaalt naar welke scenario's je überhaupt wenst te kijken.

De driedeling van Wegener schiep enige helderheid in de aard van de verschillende modellen, maar zo zwart-wit als hij het schetst is het niet altijd, en modellen kunnen soms kenmerken hebben van elk van de drie genoemde varianten. Eigenlijk is de driedeling van Wegener wat ons betreft ook niet helemaal volledig en enigszins gedateerd, maar dat kan ook best het gevolg zijn van het antwoord op de vraag wat eigenlijk een model mag heten en wat niet. De modellen van Wegener hebben allemaal tot doel om de werkelijkheid een beetje beter te begrijpen. Ze zijn in het leven geroepen om iets over de werkelijkheid te zeggen. Wat het precies betekent om iets over de werkelijkheid te zeggen is niet helemaal duidelijk, maar enige intuïtie hebben we daar allemaal wel voor, en daar komen we nog over te spreken. In deze fase van ons verhaal willen we echter ook aandacht vragen voor modellen die niet iets zeggen over de buitenwereld, maar zelf een stukje van de werkelijkheid lijken te creëren. Wat bedoelen we daarmee? We illustreren dat met het voorbeeld van de toeslagenaffaire.

Stel je wilt als overheid weten wie er fraudeert met toeslagen. Je kunt onmogelijk iedereen controleren, dus dat moet slimmer. Het idee is nu dat je op zoek gaat naar kenmerken die frauderende ouders gemeen hebben. Je begint met een verzameling ouders waarvan je weet of die wel of niet frauderen, en laat de computer dan op zoek

gaan naar kenmerken die met fraude samenhangen. Je laat de computer eigenlijk iets 'leren' door hem in eerste instantie van een heleboel data te voorzien. Na een tijdje 'begrijpt' de computer dat bepaalde combinaties van kenmerken vaker met fraude samengaan dan andere, en daarmee is een geheel nieuwe realiteit geboren. Maar deze realiteit is een mentale realiteit in het hoofd van de onderzoekers. Het enige wat er dan nog hoeft te gebeuren is dat nieuwe gevallen (die niet gebruikt zijn om de computer te trainen) aan de computer aangeboden worden, en de computer levert een label of misschien gewoon een kanspercentage dat deze ouders frauderen, puur en alleen gebaseerd op de algemene kenmerken waar de computer op getraind is. Het enige wat de mensen van de Belastingdienst dan nog moeten doen, is besluiten bij welk percentage of bij welk label de diagnose 'fraudeur' wordt gesteld. Het model dat de Belastingdienst gebruikt bepaalt dus wie het etiket fraudeur opgeplakt krijgt. Zonder model zouden er natuurlijk nog steeds fraudeurs bestaan, maar geen etiketten. Met andere woorden: het model heeft iets aan de realiteit toegevoegd waarnaar ook daadwerkelijk werd gehandeld. Bij elk redelijk gebruik van een dergelijk model zou op zijn minst een nader onderzoek of gesprek met de ouders moeten volgen. Nu was het gewoon zo dat de Belastingdienst de uitkomsten van het model als reëel interpreteerde, en dat was niets minder dan fatale verwisseling van modeluitkomsten en de realiteit. Het model werd de werkelijkheid.