



# OVER HET NUT VAN GRONDSLAGENCRISES

## filosofie en praktijk van data science

RICHARD STARMANS

### De praktijk van Big Science

Wie zich erop toelegt hedendaagse ontwikkelingen in wetenschap en techniek te duiden vanuit een *historisch-wijsgerig* perspectief kan de laatste dertig jaar bezwaarlijk om het oeuvre van de Amerikaanse fysicus en wetenschapshistoricus Peter Galison (1955) heen. In vele opzichten neemt hij in het ideeënhistorische discours een merkwaardige positie in. Ruim een kwart eeuw geleden verscheen de door Galison geredigeerde essaybundel *Big Science: the growth of large-scale research* (1992). De titel was allerminst een al dan niet bedoelde vooruitwijzing naar onze huidige preoccupaties met Big Data en Data Science. Door deeltjesversnellers, ruimtetelescopen en satellieten beschikken natuurkundigen en astronomen al veel langer over terabytes en petabytes aan data en er

was anno 1992 dan ook geen enkele reden dit middels de titel van een nieuwe publicatie te bekrachtigen of te benadrukken. Veeleer beoogde Galison de invloed van schaalgrootte en organisatie van het moderne fysische onderzoek op de experimentele praktijk te analyseren en tevens de wetenschapsfilosofische implicaties hiervan te doorgronden. Anno 2019 zullen velen beamen dat het wetenschappelijk metier – ook buiten de fysica – in dit opzicht een forse metamorfose heeft ondergaan. Onderzoek behelst dikwijls allang niet meer de noeste arbeid, creatieve invallen of diepzinnige overpeinzingen van individuele geesten of zelfs maar kleine onderzoeksgroepen, die in hun eigen vertrouwde laboratorium zelfstandig *hypothesen bedenken*, eensgezind *experimenten opzetten*, deze tussentijds naar eigen inzicht of bevinden aanpassen en die uiteindelijk zelf bepalen wat als *resultaat* geldt

en welke conclusies daaraan verbonden mogen worden. 'Big Science' schetst de wereld van internationale samenwerking, politieke spanningsvelden en lobby's, mondiale subsidieprogramma's, peperdure deeltjesversnellers en onderzoeksgroepen van soms honderden wetenschappers. Maar ook de protocollen en conventies, minutieuze bestudering van logboeken, de veelvuldige meetings tussen experts en stakeholders, inclusief onderhandelingen, debatten en bijbehorende besluitvormings- of consensusmechanismen.

Zelfs de ogenschijnlijk eenvoudige vraag wanneer en op welke wijze in de praktijk een experiment als beëindigd of voltooid kan worden beschouwd blijkt verre van triviaal, zoals Galison al indringend had uiteengezet in zijn *How Experiments End* (1987), een studie die hem internationale bekendheid bracht. In dit boek bespreekt de auteur een drietal experimentele perioden uit de fysica, die zich kenmerken door een toenemende graad van complexiteit en organisatie. Allereerst gaat Galison in op de kleinschalige, min of meer traditionele, macroscopische studies van onder meer Einstein en De Haas naar gyromagnetische effecten. Vervolgens besteedt hij aandacht aan experimenten met kosmische straling, die in de jaren 30 zowel door Amerikaanse als Europese onderzoeksgroepen werden uitgevoerd en die zouden leiden tot de ontdekking van het mu-meson (muon). Tot slot analyseert Galison in ruim honderd pagina's de ontdekking van zogenoemde *weak electric current* als resultaat van mega-onderzoeksprojecten met langdurige experimenten, waarbij honderden onderzoekers waren betrokken. Is er bij dit alles nog ruimte voor het romantische of faustische 'genie-begrip', het idiosyncratische of hyperindividuele in het wetenschappelijke denken? Galison illustreert in zijn historische casestudies overtuigend hoe precair het kan zijn heden ten dage een nieuwe uitvinding of ontdekking te verbinden met één enkele persoon, plaats of tijdstip. De beroemde Law of Eponymy, zoals in 1980 verwoord door de historicus van de statistiek Steven Stigler (1941) lijkt op zo'n moment a fortiori in werking te treden.

Opmerkelijk is dat Galison met zijn focus op de onderzoekspraktijk, het wetenschappelijke bedrijf en op 'het collectief' ten koste van 'het individu', een invalshoek kiest die in sommige opzichten lijkt aan te sluiten bij de vroege sociologische studies van Bruno Latour (1947), zoals diens fameuze *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers Through Society* uit 1987, en bij

het zogenaamde Strong Program van Barry Barnes en David Floor en andere wegbereiders van de latere Science Studies. Er lijkt zelfs een raakvlak met aanhangers van het sociaal-constructivisme, dat de gehele werkelijkheid, inclusief wetenschap en techniek opvat en bestudeert als een door mensen gestuurde en beregelde constructie met groepsinteracties, instituties en conventies, die wetenschap niet wezenlijk doen verschillen van vele andere menselijke activiteiten. Voornoemde filosofen doen dit overigens doorgaans vanuit een externalistisch perspectief, zonder kennis van de materie of inhoudelijke veranderingen en vanuit een emancipatoir, maatschappijkritisch vertrekpunt. Daarmee tekent zich een groot verschil af met Galison, die in zijn casestudies technische en soms minutieuze details niet schuwt, de natuurkunde vooropstelt en met klem afstand neemt van voornoemde traditie. Sterker nog, Galison fulmineert tegen sociaal-constructivisten als de fysicus en socioloog A. R. Pickering, in wiens bijna 700 bladzijden tellende studie *History of particle physics: a sociological analysis* uit 1983 de eerste contouren van een sociaal-constructivistisch paradigma zich aftekenen en dat kan worden opgevat als een opmaat tot zijn bekende *Constructing Quarks: A Sociological History of Particle Physics* (1984). Ondanks alles omarmt Galison in dit opzicht de wijsgerige positie van het wetenschappelijk realisme. Hij beschouwt het experiment als een 'real encounter with the world'; een werkelijkheid die objectief bestaat, onafhankelijk is van de menselijke geest en kenbaar is, al is die kennis veeleer gemedieerd door dan geconstrueerd vanuit sociale principes en mechanismen. Maar Galison gaat verder, ook in later studies. Hij hekelt de in zijn ogen monomane gerichtheid van filosofen op thema's als de structuur van wetenschappelijke *theorieën*, abstracte modellen van verklaring, causaliteit en natuurwetten, principes van confirmatie, falsificatie en rationaliteit en zeker ook de daarmee gepaard gaande 'discontinuïteiten' en 'crises': paradigmawisselingen, revoluties, gepostuleerde grondslagen crises en de zoektocht naar filosofische fundamenten. Van de weeromstuit wil hij het experiment wederom een min of meer autonome status geven, ongeacht paradigmawisselingen op theoretisch vlak of wijsgerige objecties als de Duhem-Quine thesis. Het was paradoxaal genoeg evenwel de wetenschapsfilosoof en historicus van kansrekening en statistiek Ian Hacking (1936), die in *Representing and Intervening* (1983) langs filosofische weg reeds tot vergelijkbare conclusies was gekomen en beargumenteerde dat experimenten

'a life of their own' bezitten. Hoe dan ook, voor de filosoof Robert J. Ackermann was het werk van Ian Hacking, Nancy Cartright en andere Stanford School-philosophers aanleiding in 1989 een nieuwe stroming te proclameren, *The New Experimentalism*, waartoe hij overigens ook de fysici Allan Franklin en Peter Galison rekende. (Starmans, 2017a)

## Grondslagen, crises en praktijk

Met Galison lijken we mijlenver verwijderd van een romantische conceptie van kennis waarbij de wetenschapper figureert als gedreven eenling, pionier en zoeker naar waarheid, die eigenhandig een omwenteling probeert te bewerkstelligen, die tracht inzicht te verwerven in de ware aard van de verschijnselen en hun onderliggende (eerste) beginselen. Of, eloquenter verwoord door Faust in Goethe's beroemde drama, die proclameert '*dafß ich erkenne was die Welt am innersten zusammenhält, Schau alle Wirkenskraft und Samen und tu nicht mehr in Worten kramen*'. Als zodanig dient kennis betrekking te hebben op de Great Chain of Being, een idee afgeleid van Plato en Plotinos, verder ontwikkeld in de middeleeuwse filosofie en nieuw leven ingeblazen door Arthur O. Lovejoy (1873–1962) in zijn gelijknamige ideeënhistorische studie (Lovejoy, 1938). Daartoe is het bovendien noodzakelijk de 'oorzaken der dingen' te kennen, zulks indachtig het befaamde dictum '*felix qui potuit rerum cognoscere causas*' ('gelukkig is hij die de oorzaken van de dingen begrijpt') verwoord door Vergilius in zijn *Georgica*. Daarmee treedt het aloude filosofische thema van de causaliteit opnieuw op de voorgrond, een thema dat volgens Judea Pearl (1936) ruim 100 jaar lang stelselmatig door statistici is miskend en gedwarsboemd (Pearl, 2018).

Belangrijker zijn echter enkele principiële kritiekpunten op het overigens imposante oeuvre van Galison. Uiteraard heeft de auteur gelijk dat afgebakende, gedetailleerde casestudies een diep inzicht kunnen geven in de natuurkundige praktijk en dat filosofen niet vanuit een ivoren toren of *ex cathedra* kunnen verordonneren hoe wetenschap dient te worden begrepen of gewaardeerd. Maar zo'n voorstelling van zaken is niet minder dan een false dilemma, een *stroman-fallacy*. In Galisons minutieuze casestudies en daaruit volgende wetenschapsfilosofische bespiegelingen overheerst een monomane focus op de lopende gang van zaken, ontbreekt een werkelijk diachroon perspectief, bestaat door rigide afbakening van disciplines nauwelijks aandacht voor grensoverschrijdend of interdisciplinair onderzoek en wordt bovenal de kloof

tussen praktijk en theorie zeer eenzijdig en gechargeerd uitgewerkt, waarbij elk normatief kader of zelfs maar metaperspectief als 'hobbyhorses' van filosofen dreigt te worden afgedaan. Hierbij staat de pejoratieve duiding van algemene methodologische en epistemische kwesties, zoals abstracte verklaringsmodellen en de hiervoor genoemde discontinuïteiten en crises voorop. Het punt is dat voor veel disciplines, diezelfde 'dagelijkse praktijk' nu juist wel door deze kwesties wordt bepaald en zonder reflectie daarop niet kan worden begrepen. Het gaat dan wellicht om jongere, interdisciplinaire wetenschapsgebieden, waarbij verschillende paradigmawisselingen of juist een methodenpluralisme aan de orde van de dag zijn, waarbij grondslagen minder zijn uitgekristalliseerd, die als het ware in een permanente crisis verkeren, of – milder geformuleerd – hun wetenschappelijke status moeten verdedigen en steeds op zoek zijn naar methodologische rechtvaardiging en algemene filosofische fundering van hun wetenschapsgebied. Disciplines, waarbij bovendien niet altijd duidelijk is welke inhoud in academische curricula nu moet worden gedoceerd en op welke wijze, of hoe de verworven kennis moet worden toegepast in de beroepspraktijk.

Tot deze disciplines behoort in menig opzicht ook de statistiek. Dat blijkt als we de gekozen historisch-filosofische invalshoek voortzetten; van vroege studies van Ian Hacking als *The Emergence of Probability* (1975) en *The Taming of Chance* (1989) tot Steven Stiglers meer recente *The Seven Pillars of Statistical Wisdom* (2016); van Deborah Mayo's *Error and the Growth of Knowledge* tot Andrew Gelmans pleidooi voor wijsgerige verankering in *Philosophy and the Practice of Bayesian Statistics* uit 2011; van Gerd Gigerenzer's vroege *The Empire of Chance; how probability changed science and everyday life* (1989) tot zijn meer recente studies over *decision-making en risk-communication*. Daarbij komt dat statistische handboeken dikwijls een coherente en niet ter discussie staande methodologie suggereren, terwijl het vaak gaat om onderling tegenstrijdige methoden, naast elkaar bestaande scholen, iets dat al sinds het vroege werk van vader en zoon Pearson, Fisher, Neyman en Bayesianen als Lindley en later Savage manifest bleek (Starmans, 2018a). De traditionele problemen rond de interpretatie van het kansbegrip komen daar nog eens bij. In data science wordt dit alles nog versterkt en staan statistical learning, gebaseerd op de verre van eensgezinde (inferentiële) statistiek en machine learning, gebaseerd op computational intelligence en algorithmic data analysis in menig opzicht tegenover elkaar. Dergelijke grondslagencrisis leiden doorgaans tot meer alge-

mene wijsgerige of epistemische reflecties en dikwijls ook tot het ontstaan van subdisciplines als de Filosofie van het betreffende Wetenschapsgebied, zoals economie, psychologie, sociologie of biologie en meer recentelijk de informatica (Floridi, 2014). Filosofie van data science is dan een voor de hand liggende volgende schrede. We zullen hier niet eens ingaan op het feit dat data science en AI in het huidige AI-science debat nauw met elkaar verweven zijn en dat ook historisch beschouwd AI en de Filosofie van AI altijd twee kanten van dezelfde medaille hebben gevormd.

Hoe dan ook, wie zich op deze problematiek wil toeleggen kan het beste de probabilistische revolutie eind 19e en begin 20e eeuw als vertrekpunt nemen, die ontstond tegen de achtergrond van de opkomst van de moderne wetenschap, een proces van historisering van het wereldbeeld, de proliferatie van nieuwe disciplines, fragmentatie van kennis, grondslagen crises en spectaculaire vooruitgang in wiskunde en natuurkunde, en vervolgens terugkerende grondslagen crises in ‘nieuwe’ disciplines zoals psychologie, sociologie, economie, genetica, landbouwwetenschap en vele meer. Juist deze zochten fundering in de opkomende probabilistische wetenschap, kansrekening en statistiek en doen dat in zekere zin nog steeds (Krüger, 1981, 1987). Een kleine, zeer onvolledige bloemlezing:

- Pogingen binnen de psychologie om hardnekkige problemen rond repliceerbaarheid, geldigheid en generaliseerbaarheid het hoofd te bieden (Paschler, 2012), (Open Science Collaboration, 2015);
- Sociale wetenschappers worstelen met toepassen en interpreteren van significance testing, p-waarden en betrouwbaarheidsintervallen (Meehl, 1990), (Gigerenzer, 2018);
- Publicatiebias en verwante problemen in de epidemiologische en medische literatuur, waarmee Ioannidis zich al vele jaren bezighoudt (Ioannidis, 2005);
- Cathy O’Neils aanklacht tegen slimme, maar biased algoritmen in *Weapons of Math Destruction* (2016) en de roep om Responsible and Explainable data science;
- Ethische problemen en morele dilemma’s die intrinsiek lijken aan het gebruik van statistische methoden (Starmans, 2018a);
- Judea Pearls pleidooi voor causaliteit om het project van de sterke AI te redden en de in zijn ogen desastreuze invloed van de statistiek op wetenschappelijke vooruitgang een halt toe te roepen (Pearl, 2018);
- Het feit dat veertig jaar na het werk van Kahneman en Tversky experts nog steeds moeite hebben op een con-

sistente manier met onzekere en onvolledige kennis te redeneren;

- Juridische besluitvorming in de zaak van Lucy de B. en andere rechtzaken;
- Discussies over interpretatie en extrapolaties van meetgegevens in klimaatdiscussies;
- De gemengde gevoelens, verdeelde standpunten en geconstateerde complicaties bij recente plannen voor invoering van statistiek in lager onderwijs, waarbij VVSOR terecht een mediërende rol wil spelen.

Al deze kwesties zijn zuiver methodologisch van aard en worden voor een belangrijk deel bepaald door de stand van zaken in de moderne statistiek. Daarnaast kunnen we constateren dat op vergelijkbare manier bepaalde richtingen binnen management science, accountancy, communicatiewetenschap hun beproefde methodologie overboord zetten ten faveure van een data-driven benadering. Kort gezegd, de crisis van statistiek en data science kan dan de crisis van de wetenschap worden, waarop de filosoof Edmund Husserl in een geheel andere context ongeveer 100 jaar geleden reeds preludeerde (Starmans, 2018c).

## Boole, Shannon en Lebesgue

In weerwil van Galisons focus op het collectief en Stiglers Wet van de Eponymie is het zoeken naar specifieke ankers en fundamenteën vanuit de hier gekozen aanpak wel degelijk zinvol. Het vormt een wezenlijk onderdeel van elke aanzet tot een filosofie van data science. We beperken ons vooralsnog tot een drietal wetenschappers die op heel verschillende wijze bijdroegen aan de fundering van data science, waarbij wel het probabilistische aspect op de voorgrond treedt. Toen George Boole (1815–1864) in 1854 de beginselen van zijn formele methode publiceerde in *An Investigation of the Laws of Thought, on Which are Founded the Mathematical Theories of Logic and Probabilities* werd het spoedig menigeen duidelijk dat hij een visionair was met verstrekkende ambities. Zoals uiteengezet door Starmans (2017b) zou de sterk wijsgerig georiënteerde Boole de latere 20e eeuwse analytische filosofie, logica en wetenschapsfilosofie ingrijpend beïnvloeden en laten zijn bijdragen aan de wetenschap zich als een triptiek duiden: formalisering van de (wijsgerige) logica in een algebraïsche calculus, integratie van logisch en probabilistisch redeneren, en dit alles gefundeerd in en corresponderend met een aanzet tot een computationele theorie van de menselijke geest,

waarmee hij een van de wegbereiders van de AI werd. Alereerst gaf Boole stevast een epistemische duiding aan het waarschijnlijkheidsbegrip; een kansuitspraak moet worden gezien tegen de achtergrond van de beschikbare kennis en de 'verwachting' van de persoon die zich aan de kansuitspraak committeert. Hij stond daarmee dicht bij Laplace's epistemische kansbegrip, maar hekelde diens 'principle of insufficient reason', waarbij gebeurtenissen even waarschijnlijk worden geacht indien er onvoldoende reden is het tegengestelde aan te nemen. Kansuitspraken betroffen bij Boole logische relaties tussen proposities. Ofschoon vormen van redeneren met onzekerheid doorgaans inductief zijn en dus buiten de deductieve logica vallen, vormde dit voor Boole geen reden logica en waarschijnlijkheid principieel te scheiden of de laatste uit te sluiten van de 'nieuwe' symbolische orde. Dit alles geschiedde bijna 80 jaar voordat de Rus Andrej Kolmogorov (1903–1987) de kansrekening een solide axiomatische basis zou geven.

Om diverse redenen heeft Amerikaanse wiskundige, elektrotechnisch ingenieur en uitvinder Claude Shannon (1916–2001) eveneens een onwrikbare plaats in de wetenschapsgeschiedenis ingenomen. Het was de jonge Shannon, die als student wiskunde en elektrotechniek aan MIT – nota bene – in zijn doctoraalscriptie *A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits* (1937) zou wijzen op het belang van de Boolese algebra voor een systematisch ontwerp van elektronische schakelingen en circuits. Het ontwerpen en bouwen van telefooncentrales geschiedde indertijd vooral op basis van ad hoc principes, hetgeen door de sterke opkomst van de telefonie gaandeweg problematischer werd. Velen onderkenden de noodzaak van een 'design-science', maar Shannon zag als een van de eersten in dat Boole's werk hiertoe een solide wiskundige grondslag bood. Zonder twijfel vormde Shannons thesis een preambule tot de latere micro-elektronica-revolutie en de komst van de elektronische computer. Het uitgangspunt van zijn latere, bijkans klassieke *Mathematical Theory of Communication* uit 1948 behelsde de praktische vraag hoe een signaal (bericht) door een zender via een kanaal naar een ontvanger verstuurd wordt, hoe dit gecodeerd en gedecodeerd wordt, welke rol ruis en redundantie spelen. Diverse kwantitatieve, contextuele en dynamische aspecten van informatie werden op een elegante wiskundige, probabilistische wijze geanalyseerd c.q. van een maat voorzien: hoeveelheid, dichtheid, opslag, transport, waarde, variatie en spreiding, verwachting, onzekerheid, binaire codering, et cetera. Hierdoor werd in de wetenschappen steeds vaker de fundamentele rol van informatie in het grondslagenonderzoek zichtbaar

werd, waardoor Shannons bijdrage zou uitgroeien tot een universele probabilistische theorie voor communicatie met toepassingen in de elektrotechniek, de biomedische wetenschappen, de natuurwetenschappen en ook de sociale wetenschappen en de humaniora. Overal staan informatie en informatieprocessen centraal, die vanuit verschillende invalshoeken worden bestudeerd, geformaliseerd of gesimuleerd. Saillante voorbeelden hiervan zijn terug te vinden in de hedendaagse wetenschapsfilosofie en informatica (Kolmogorov-complexiteit), fysica (Gibbs-entropie), biologie (DNA-codering) en economie (speltheorie) (Floridi, 2014). In zekere zin zette Shannon hiermee de kroon op de probabilistische revolutie (Starmans, 2017b).

Zonder kansrekening geen statistiek, zonder statistiek geen data science. Deze dikwijls gezongen mantra maakt, gelet op de perikelen bij statistiek, de waarschijnlijkheidsrekening een welhaast vanzelfsprekend fundament van data science. Aan de reeds genoemde axiomatisering van Kolmogorov ging uiteraard het een en ander vooraf. Hier beperken we ons tot de bijdrage van Henri Lebesgue (1875–1941) die anders dan Boole en Shannon nauwelijks bekend is buiten de wiskunde. Net als Shannon zou hij met een vroege publicatie min of meer eigenhandig de basis leggen voor een nieuw onderdeel binnen de wiskunde. Zijn proefschrift *Intégrale, longueur, aire* (1902) vormde een synthese en generalisatie van veel versnipperd werk op het gebied van de integraalrekening, dat ruim 2000 jaar eerder een aanvang had genomen met Archimedes, vervolgens een belangrijke impuls kreeg in de 17e eeuw met de infinitesimaal rekening van Newton en Leibnitz, verder werd ontwikkeld in de 19e eeuw met de fundering van de analyse door Weierstrass, de epsilon-delta-definitie van limieten door Cauchy en uiteraard de Riemann integraal. Lebesgue breidde de toepassing ervan uit tot klassen van minder fraaie functies en introduceerde ook de Lebesgue-maat, waarmee de basis werd gelegd voor de maattheorie, ook in de moderne wiskunde een belangrijke subdiscipline. Lebesgue's maat generaliseerde het toekennen van bijvoorbeeld een lengte aan intervallen tot een grotere groep verzamelingen, die dan meetbaar kunnen worden genoemd. Zo kan aan uiteenlopende wiskundige objecten een lengte, oppervlakte, maar ook bijvoorbeeld een kans worden toegekend. Lebesgue's benadering werd een standaardmethode om van een maat over te gaan op een integraal. Maat- en integraaltheorie zijn dan ook nauw met elkaar verbonden en de maattheorie vormt ook historisch beschouwd een belangrijk fundament van de waarschijnlijkheidsrekening, dat daarmee ook als serieuze wiskundige discipline werd erkend.

Wie in het licht van de onderhavige problematiek op zoek gaat naar rotsvaste fundamenten voor data science kan terecht bij het recentelijk verschenen *Waarschijnlijkheidsrekening: maat theoretische uitgangspunten en fundamentele eigenschappen* van de Nederlandse wiskundigen Klaas van Harn en Piet Holewijn. Het boek doet in vele opzichten recht aan de hier geschetste betekenis van de kansrekening. De auteurs geven een bijkans volledig overzicht van de belangrijkste grondslagen van de waarschijnlijkheidsrekening. Vele elementaire onderdelen worden zeer grondig uitgewerkt; variërend van convergentiebegrippen, limietverdelingen voor extrema en voor sommen, karakteristieke functies tot stochastische wandelingen. De grote stellingen worden besproken, inclusief bewijzen. Kennis van maattheorie wordt voorondersteld, maar een uitvoerige en heldere appendix verschaft de benodigde basiskennis. Voor menig data scientist, statisticus of methodoloog zal dat geen overbodige luxe zijn, aangezien maattheorie doorgaans alleen in wiskundige of econometrische curricula een vaste plaats inneemt. Wie echter met het oog op de hier geschetste problematiek rond grondslagen en fundering de koninklijke weg wil volgen wordt in dit boek op zijn wenken bediend.

## Epiloog

Thomas Kuhn benadrukte met zijn paradigmatheorie het belang van 'revoluties' en discontinuïteit in de geschiedenis van de natuurwetenschappen. Michel Foucault deed met zijn 'archeologische' methode ruwweg hetzelfde voor de geesteswetenschappen. Beide lieten zien dat de geschiedenis cruciale gebeurtenissen of perioden van radicale omwentelingen kent en trachten deze fundamentele cesuren aan te wijzen en te benoemen. Galison, Latour en Pickering hebben gelijk dat met dergelijke grote filosofische abstracties geen recht wordt gedaan aan de praktijk van onderzoek, maar hun eenzijdig historisch-sociologische benaderingen zijn evenmin toereikend. Tegelijkertijd toont die praktijk binnen diverse disciplines, waaronder statistiek en data science, aan dat vaak permanente methodologische crises optreden die allerm minst op voorhand negatief hoeven te worden geduid, juist een wezenlijk onderdeel vormen van die praktijk vragen, maar wel om een normatieve analyse en grondslagenonderzoek vragen die de discipline kunnen overstijgen. Het nut van dit soort grondslagen crises is getuige de talrijke hier genoemde historisch-filosofische statistische studies evident: ze kunnen leiden tot een zoektocht naar fundering van het vak, kruisbestuiving tussen de betreffende discipline en de fi-

losofie, een proeftuin voor de wetenschapsfilosofie en vormen soms zelfs een opmaat tot een zelfstandige status van de Filosofie van dat specifieke wetenschapsgebied.

## LITERATUUR

- Floridi, L. (2014). *The Fourth Revolution; How the infosphere is reshaping human reality*. Oxford: Oxford University Press.
- Ioannidis, J. P. (2005). Why most published research findings are false. *PLoS medicine*, 2(8), e124.
- Harn, K. van, & Holewijn, P. J. (2019). *Waarschijnlijkheidsrekening; Maattheoretische uitgangspunten en fundamentele eigenschappen*. Amsterdam: VU University Press.
- Krüger, L., Daston, L., & Heidelberger, M. (Eds.). (1981). *The Probabilistic Revolution. Volume I: Ideas in History*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Krüger, L., Daston, L., Heidelberger, M., Gigerenzer G., & Morgan, M. S. (Eds.). (1987). *The Probabilistic Revolution. Volume II. Ideas in the Sciences*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Lovejoy, A. O. (1938). *The Great Chain of Being: A study of the history of an idea*. Harvard University Press (ed. 1990).
- Meehl, P. E. (1990). Why summaries of research on psychological theories are often uninterpretable. *Psychological reports*, 66(1), 195–244.
- Open Science Collaboration. (2015). Estimating the reproducibility of psychological science. *Science*, 349(6251), aac4716.
- Pashler, H., & Wagenmakers, E. J. (2012). Editors' introduction to the special section on replicability in psychological science: A crisis of confidence? *Perspectives on Psychological Science*, 7(6), 528–530.
- Pearl, J., & MacKenzie, D. (2018). *The book of Why: The new science of cause and effect*. New York: Basic Books.
- Starmans, R. J. C. M. (2017a). Het nieuwe huis van Salomon: Peter Galison en de empirische traditie. *Filosofie*, 27(4).
- Starmans, R. J. C. M. (2017b). Van Heraclitus tot Shannon: de fluwelen revolutie van data in context en flux. *STATOR*, 18(1), 22–31.
- Starmans, R. J. C. M. (2018a) The Predicament of Truth: on Statistics, Causality, Physics and the Philosophy of Science. In Mark J. Van der Laan & Sherri Rose (Eds.), *Targeted Learning in Data Science: Causal Inference for Complex Longitudinal Studies*. Springer Series in Statistics, Springer.
- Starmans, R. J. C. M. (2018b). Een eigentijds Eutyphe-dilemma: over Deep Learning en de kolommen van orakeltaal. *Filosofie*, 28(3).
- Starmans, R. J. C. M. (2018c). Edmund Husserl: over de eenheid en de crisis van de wetenschappen. *Filosofie*, 28(6).
- Starmans, R. J. C. M. (2019). Prometheus unbound or Paradise regained - the concept of causality in the contemporary AI-data science debate. *Journal of the French Statistical Society*, Special Issue on Causality, Antoine Chambaz (ed).

RICHARD STARMANS is verbonden aan de Faculteit Bèta-wetenschappen (Department of Information and Computing Sciences) van de Universiteit Utrecht en aan Tilburg University. Hij doet onderzoek op het snijvlak van filosofie, statistiek en informatica.

E-mail: starmans@cs.uu.nl