

HOE ZWAAR IS LICHT



HOE ZWAAR IS LICHT

Meer dan 100 dringende
vragen aan de wetenschap

Samenstelling Beatrice de Graaf
en Alexander Rinnooy Kan

UITGEVERIJ BALANS

Inhoud

De Nationale Nieuwsgierigheid – 11

Beatrice de Graaf en Alexander Rinnooy Kan

Zullen we ooit met onze dieren kunnen praten? – 15

Arjen van Alphen en Catholijn M. Jonker

Hoe zou onze economie eruitzien zonder leningen? – 18

Barbara Baarsma en Wim Boonstra

Hoe bang moeten we voor terrorisme zijn? – 21

Edwin Bakker

Hoe goed kent een mens zichzelf? – 24

Meike Bartels

Worden we toleranter als we religieuze scholen afschaffen? – 27

Christoph Baumgartner

Hoe oud wordt *De Nachtwacht*? – 30

Klaas Jan van den Berg

Hoe kunnen wij het best omgaan met de supermacht van vulkanen? – 34

Manfred van Bergen

Kan een kernexplosie onze aarde uit haar baan halen? – 38

Eric Bergshoeff

Welke lessen kunnen wij trekken uit de geschiedenis van de wetenschap? – 41

Klaas van Berkel

Hoe meet ik zelf mijn gezondheidstoestand en de doelmatigheid van een therapie of behandeling? – 44

Sandra Beurskens

Waarom moet een economie groeien om het bestaande welvaartsniveau te handhaven? – 47

Dirk Bezemer

Wordt een beschaving altijd ‘beter’? – 50

Raf de Bont

Hoe worden bacteriën resistent tegen antibiotica? – 53

Marc Bonten

Waarom kunnen jongeren beter leren dan volwassenen? – 56

Barbara Braams

Heeft iedereen in de toekomst een genenpaspoort? – 59

Annelien Bredenoord

- Waarom geloven mensen in ‘autoriteit’?** – 62
Christien Brinkgreve
- Waarom neemt de criminaliteit in Nederland af?** – 65
Gerben Bruinsma
- Is er een alternatieve theorie voor de oerknal?** – 68
Remco Castelijm
- Waarom slaan we de stamcellen uit de navelstreng niet op na de geboorte van elke baby?** – 71
Hans Clevers
- Wat gaan de quantumcomputer en het quantuminternet voor ons betekenen?** – 74
Julia Cramer
- Kunnen computers het wetboek interpreteren?** – 78
Bart Custers
- Is een implanteerbare kunstnier haalbaar?** – 81
Patricia Y.W. Dankers
- Hoe kan tijd langzamer lopen in zwaartekracht?** – 83
Dennis Dieks
- Hoe zijn de grenzen tussen privé en publiek verschoven onder de invloed van sociale media?** – 86
José van Dijck
- Hoe zwaar is licht?** – 89
Robbert Dijkgraaf
- De aarde draait, is dus altijd in beweging, hoe kan het dan toch windstil zijn?** – 92
Henk Dijkstra
- Wat is haalbaar en effectief om een taalbarrière tussen arts en patiënt op te lossen?** – 95
Sandra van Dulmen
- Zou je uit bliksem energie kunnen winnen?** – 98
Ute Ebert
- Bestaat er een kleinste element?** – 101
Daan van Eijk
- Bestaan sterrenbeelden voor altijd?** – 104
Lucas Ellerbroek
- Hoe kan het placebo-effect bijdragen aan een betere gezondheidszorg?** – 107
Andrea W.M. Evers
- Gaan robots in de toekomst al ons werk doen?** – 110
Vanessa Evers
- Hoeveel mensen kan de wereld aan?** – 112
Louise O. Fresco
- Wat is de invloed van architectuur op het woon- en leefgenot?** – 115
Dick van Gameren

Neemt culturele diversiteit toe of af? – 119

Halleh Ghorashi

Hoe kunnen we voorkomen dat mensen verslaafd raken aan gamen? – 122

Anneke Goudriaan

Vorrang op de rotonde: wat is de veiligste manier? – 125

Marjan Hagenzieker

Wat komt er na democratie? – 128

Carolien van Ham

Hoe ziet de binnenstad er in de toekomst uit? – 133

Carola Hein

Op welke manier vindt zingeving plaats in een maatschappij waarin religie wegvalt? – 137

Ernst van den Hemel

Kunnen er nieuwe medicijnen ontwikkeld worden zonder proefdieren? – 140

Coenraad Hendriksen

Wat is een absoluut gehoor en is het erfelijk? – 143

Henkjan Honing

Is het in de toekomst mogelijk om op Mars te wonen?

En wordt het een aangenaam verblijf of juist niet? – 146

Gerard 't Hooft

Hoe definieer je kwaliteit van leven? – 149

Marli Huijjer

Hoeveel beter zouden we zijn met alleen openbaar vervoer? – 152

Dennis Huisman

Kan aardwarmte een vervanging zijn voor verwarming van onze huizen? – 155

Jan-Dirk Jansen

Wat kunnen archieven ons leren over 'de Nederlander'? – 158

Lotte Jensen

Tienerbrein: moeten we het sturen en inspireren of juist loslaten? – 161

Jelle Jolles

Wat zou er gebeuren als we een paar wolven zouden loslaten

in Oostvaardersplassen? – 164

Erik A. de Jong

Kunnen we voor onze batterijen een alternatief vinden voor lithium? – 167

Petra de Jongh

Vormt kunstmatige intelligentie een nieuwe stap in de evolutie? – 170

Catholijn M. Jonker

Hoe zouden we de Deltawerken vormgeven met de kennis van nu? – 173

Bas Jonkman

Kunnen we met stamcellen nieuwe tanden laten groeien? – 176

Jenneke Klein Nulend

- Is thorium een goed alternatief voor kernenergie?** – 179
Jan Leen Kloosterman
- Hoe blijf ik als burger eigenaar van mijn data?** – 182
Sander Klous
- Hoe kun je vechtscheidingen voorkomen?** – 184
Esther Kluwer en Catrin Finkenauer
- Kan er een innovatief experimenteel model ontwikkeld worden om medicijndoseringen voor kinderen te verbeteren?** – 189
Catherijne Knibbe
- Hoe kunnen we het immuunsysteem beter inzetten tegen kanker?** – 193
Yvette van Kooyk
- Bestaat er zoiets als een natie?** – 196
Joep Leerssen
- Waarom kunnen zelfs hedendaagse supercomputers π niet berekenen?** – 199
Johan van Leeuwen
- Waarom zijn vrouwen en meisjes vaker dan mannen en jongens slachtoffer van mensenhandel?** – 202
Joanne van der Leun
- Wanneer ben je bejaard als je steeds ouder wordt?** – 205
Andrea B. Maier
- Hoe lossen we de file op?** – 208
Marieke Martens
- Hoeveel bomen zijn er nodig om in onze zuurstof te voorzien?** – 212
Harro A.J. Meijer
- Waar komt het toenemende geweld tegen ambulancepersoneel en treinconducteurs vandaan?** – 215
Erik van der Meulen
- Waarom gaan littekens nooit meer weg?** – 218
Esther Middelkoop
- Hoe kunnen we het immuunsysteem ‘trainen’ om effectiever op te treden tegen infecties?** – 221
Mihai G. Netea
- Hoe zou communicatie verlopen in een eventueel hiernamaals?** – 224
Marc van Oostendorp
- Kunnen we voorspellen welke virussen van dier op mens kunnen overspringen?** – 227
Ab Osterhaus
- Wat vertellen trekvogels ons over de staat van het klimaat?** – 230
Theunis Piersma
- Waarom draait de aarde tegen de klok in?** – 233
Simon Portegies Zwart

- Moeten we ons beter beschermen tegen de gevaren van superintelligentie?** – 235
Eric Postma
- Hoe Nederlands was de Nederlandse Gouden Eeuw?** – 238
Maarten Prak
- Wat is het vreemdste dier op aarde?** – 241
Jelle Reumer
- In hoeverre kan een mens veranderen in gedrag?** – 244
Denise de Ridder
- Waar liggen mogelijkheden voorbehandeling bij mensen met somatisch onvoldoende verklaarde lichamelijke klachten?** – 247
Judith Rosmalen
- Hoe ontstaan obesitas en diabetes type 2 en hoe kunnen deze op individuele basis worden behandeld?** – 250
Liesbeth van Rossum
- Waarom kan massa niet negatief zijn?** – 254
Wim van Saarloos
- Is het mogelijk om van gras melk te maken zonder tussenkomst van een koe?** – 257
Johan Sanders
- Hoe wordt smaak bepaald?** – 260
Julian Schaap
- Kunnen topsporters hun prestaties verbeteren door hun hersenen te trainen?** – 263
Erik Scherder
- Wat zijn de regels van de wetenschap en liggen die voor altijd vast?** – 266
Rens van de Schoot
- Zijn mensen onbewust racistisch?** – 268
Maureen Sie
- Waarom hebben oude talen een ingewikkeldere grammatica dan moderne talen?** – 271
Nicoline van der Sijs
- Hoe kunnen we zonnecellen beter en goedkoper maken?** – 274
Wim Sinke
- Wat is sneller: het licht of een gedachte?** – 278
Marc Slors
- Hoe kan het dat je heel moe bent, en toch niet kan slapen?** – 280
Eus van Someren
- Zijn hersenziektes als parkinson en alzheimer in de toekomst te voorkomen?** – 283
Iris Sommer en Philip Scheltens
- Het aantal teken dat is besmet met de Borrelia-bacterie (ziekte van Lyme) neemt sterk toe, wat kan hiervan de oorzaak zijn?** – 286
Hein Sprong

- Waarom trekken sociale media constant onze aandacht en leiden ze ons af van waar we mee bezig zijn?** – 290
Stefan van der Stigchel
- Wat kan de wetenschap ons leren over het ontsporen van het debat over Zwarte Piet?** – 292
Alex van Stipriaan
- Kan radioactief afval gerecycled worden?** – 295
Behnam Taebi
- Waarom is de opkomst bij verkiezingen meestal zo laag?** – 298
Henk te Velde
- Wat maakt een taboe een taboe?** – 301
Martine Veldhuizen
- Waarom vinden wetenschappers geen donkere materie?** – 304
Erik Verlinde
- Spelen niet-genetische factoren (de exposoom) een belangrijke rol in de kans op ziekte?** – 307
Roel Vermeulen en Rick Grobbee
- Kan de biologie een rol spelen in het oplossen van problemen die gepaard gaan met de groeiende technologische complexiteit van onze software?** – 311
Jurgen J. Vinju
- Hoe zijn de rechten van andere dieren dan mensen te waarborgen?** – 314
Janneke Vink
- Hoe werken antidepressiva?** – 318
Christiaan Vinkers en Roeland Vis
- Komt er in de toekomst een elite van ‘superieure’ mensen?** – 321
Arjan de Visser
- Wat kunnen we doen aan angst en stress bij zwangere vrouwen?** – 324
Carolina de Weerth
- Kernwapens: welke landen bezitten ze en door wie worden ze beheerd?** – 327
Rob de Wijk
- Kan de overheid het roken illegaal maken?** – 330
Marc Willemsen
- Criminologie: is de onschuldpresumptie wel een goed uitgangspunt?** – 333
Maartje van der Woude
- Nawoord** – 336
Louise J. Gunning-Schepers, voorzitter Nationale wetenschapsagenda

De Nationale Nieuwsgierigheid

BEATRICE DE GRAAF EN ALEXANDER RINNOOY KAN

Wat wil Nederland weten? Op die vraag wil de Nationale Wetenschapsagenda een antwoord geven dat de Nederlandse onderzoekers prikkelt tot nieuwe inspanningen en uitdaagt tot nieuwe samenwerkingsverbanden. *Sapere audere*, durf te vragen. Het is een kernbegrip van de Verlichting, de vraag als dé manier om te leren en te groeien. Het is in die geest, met de vraag als bouwsteen, dat de Nederlandse Kenniscoalitie zich in 2015 schaarde achter het plan om de nieuwsgierigheid van Nederland te relateren aan het wetenschappelijk onderzoek in ons land.

Vanuit deze ambitie moest de Nationale Wetenschapsagenda wel opgebouwd worden met de vragen van alle nieuwsgierige Nederlanders als vertrekpunt, van wetenschappers en van niet-wetenschappers. In de lente van 2015 werd daarvoor een digitaal loket geopend. Na een korte periode van spanning – wie gaan er indienen, komen er te weinig vragen, of juist te veel exotische? – sloot de inschrijving met 12.000 substantiële, serieuze vragen, aanzienlijk meer dan verwacht. Het was de eerste en niet de laatste aangename verrassing. Burgers hadden ingediend, oud en jong, man en vrouw. Instellingen hadden ook meegedaan, van ziekenhuizen tot scouting clubs. En natuurlijk ook

de onderzoekers zelf, die hun eigen vragen mochten opsturen en dat in groten getale deden. Er waren weinig restricties. De vragen moesten wetenschappelijk te beantwoorden zijn, ze moesten in Nederland kunnen worden onderzocht, en wel het liefst binnen een onderzoeksperiode van rond de vijf à tien jaar. Voor wiskundigen en ingenieurs betekende dat dat er niet gevraagd mocht worden naar de bekende weg, voor sociale en geesteswetenschappers vaak juist wel. ‘Wat is een natie?’ is een vraag die in elke tijd, door elke generatie op iedere plaats opnieuw gesteld kan worden, en steeds weer tot nieuwe antwoorden leidt. ‘Kun je een kabelbaan bouwen naar de maan?’ is ook een mooie vraag, maar die is te snel van een antwoord te voorzien (‘Nee!’), en dus als leidinggevende, agendabepalende vraag voor de komende jaren minder interessant.

Wat de NWA wilde, was de Nederlandse nationale nieuwsgierigheid in kaart te brengen. Wat willen mensen weten, aan welke kennis hebben bedrijven, maatschappelijke instellingen en verbanden behoefte? En wat zouden onderzoekers en kennisinstellingen zelf inbrengen als ze de kans kregen zo’n landelijke onderzoeksagenda te vullen? Die Nationale Nieuwsgierigheid leverde zo direct al een schat van vragen op.

DE KUNST VAN HET VRAGEN STELLEN

De kunst van het vragen stellen werd intensief beoefend. Door heel Nederland werden bijeenkomsten gehouden om het idee achter de NWA toe te lichten. Eerste-hulp-bij-het-formuleren-van-een-wetenschappelijke-vraag-loketten werden geopend; wetenschappers stonden burgers bij in het formuleren van hun vraag; minister van ocw Jet Bussemaker en andere bewindslieden gaven huiskamercolleges en de verrassendste vragen mochten op de televisie worden gesteld. Zo vroeg minister-president Mark Rutte zich al jaren af hoe de wetenschap eigenlijk de ondergang van het Romeinse Rijk verklaart en of we daaruit lessen kunnen trekken voor de omgang met de Europese Unie. En Katja Schuurman wilde weten hoe je gezond en fit oud kon worden.

Het verrassend grote aantal wierp onmiddellijk de volgende horde op die moest worden genomen. Hoe zijn de juiste, meest richtinggevendende en kwalitatief veelbelovendste vragen te selecteren uit deze imposante berg van nieuwsgierigheid? De stand van de Nederlandse nieuwsgierigheid had maar weinig onzinvragen opgeleverd. De paar vragen die afvielen waren dan ook vragen die reeds van een antwoord waren voorzien of die snel afgevinkt konden worden. Een vraag als 'Hoe ontwikkel je een MRI-scanner die niet zoemt?' is zeer relevant voor patiënten die dagelijks benauwde momenten in MRI-scanners doorbrengen, maar zo'n technische puzzel is geen vraag die de komende jaren groepen wetenschappers lang kan bezighouden. Vragen naar de zin van het bestaan waren ook lastig. Sommige zijns- en zingevingsvragen leveren wel degelijk interessant filosofisch of theologisch

onderzoek op, maar bij andere (naar de waarheid van telepathie bijvoorbeeld) staan onderzoekers met hun mond vol tanden en verwijzen zij graag door naar een ander loket dan dat van de wetenschap. Weer andere vragen weerspiegelden dromen en verwachtingen, innige wensen en behoeften: 'Kunnen we de aarde voorgoed vreedzaam maken?' of: 'Kunnen we op Mars een nieuwe samenleving inrichten?' Maar ook dat soort vragen stuit op de beperking van de wetenschappers in Nederland. Er is te weinig tijd, te weinig geld, het zijn te grote dromen om vanuit Nederland te kunnen beantwoorden, laat staan te realiseren.

Na een paar weken waarin onderzoekers uit alle geledingen van het wetenschapsveld in jury's de vragen door hun vingers hadden laten glijden, werd er een eerste ordening en categorisering aangebracht. Meer dan 4000 vragen waren in het bakje van de sociale wetenschappen gerold, 3000 in de medische en gezondheidswetenschappen, 2000 in de natuurwetenschappen, 1400 in de technische wetenschappen en 1200 in de geesteswetenschappen. De jury's kregen vervolgens de opdracht om de vragen in nog kleinere stapeltjes van samenhangende vragen te verdelen. Zo ontstonden 140 clusters. Die kregen als titel een Grote Vraag mee, en vormden elk een verzameling van onderliggende gerelateerde vragen. Via de website en database van de NWA kan elke onderliggende, valide vraag worden opgeroepen. Er zijn zo in feite bijna 12.000 vragen op de NWA beland.

EEN SCHATKAMER VAN VRAGEN

De NWA is tot stand gekomen door de inbreng van velen, ze weerspiegelt de stand van de Nationale Nieuwsgierigheid, en ze

richt zich tot velen. Uit alle vragen is uiteindelijk een selectie van 140 valide, substantiële en relevante overkoepelende vragen tot stand gekomen die door wetenschappers als voldoende uitdagend en divers is ingeschat. Zo kon de NWA uitgroeien tot de stimulerende collectie die de initiatiefnemers voor ogen stond.

Een punt van aandacht was het feit dat de ingediende vragen niet het complete wetenschapsveld weerspiegelden. Bij het indienen van vragen is er een aantal vakgebieden wat bekaaid vanaf gekomen, in het bijzonder die van de letteren, alsmede enkele andere velden uit de wis- en natuurwetenschap. Andere domeinen trokken juist enorm de belangstelling: vragen rondom gezondheid, ziekte en vragen naar de dood en de zin van het bestaan waren populair. Of vragen over sport en bouwen – wellicht omdat vanuit dat veld veel instellingen en lobbyverenigingen hun krachten hadden gebundeld om in beeld te komen. De juryleden hebben daarom een proces van weging toegepast en er tevens op gelet dat minderheidsvragen ook een faire kans kregen.

Eigenlijk roepen zo goed als alle cluster-vragen op tot een interdisciplinaire aanpak. In veel gevallen overstijgen de vragen het onderscheid tussen de grotere wetenschappelijke domeinen en vergen samenwerking tussen twee of meer velden. Denk aan de vraag ‘Hoe krijgen we grip op de onvoorspelbaarheid van complexe netwerken en chaotische systemen?’ Die vraag is relevant voor communicatie, informatie, verkeer, transport, financiën, energie, klimaat, maar ook voor terrorisme en internationale betrekkingen. Om die vraag te kunnen beantwoorden is kennis nodig van statistiek, wis-

kunde, maar ook van chemie, economie, hersenonderzoek, informatie, natuurkunde en geschiedenis, om alvast maar iets te noemen. Andere overkoepelende vragen roepen hetzelfde veelvoud aan disciplines en vakgebieden op: ‘Wat zijn de patronen en oorzaken van criminaliteit en hoe vallen deze te beïnvloeden?’ of: ‘Hoe kunnen kinderen en adolescenten veilig en gezond opgroeien?’ en een hele mooie: ‘Hoe werkt wetenschap en hoe kan beleid hierop inspelen?’ In vrijwel alle vragen zitten elementen van beschrijving, categorisering, maar ook van normering, evaluatie en ethiek.

De NWA is dus zeker niet in de eerste plaats een instrument van het bedrijfsleven, zoals soms werd gevreesd. Het is ook niet een reductie van de diversiteit van wetenschap omwille van beleidsdoeleinden. Zuivere, ongebonden, fundamentele onderzoeksrichtingen zijn net zo hard nodig om de grote vragen te kunnen gaan oplossen. De Wetenschapsagenda biedt alle spelers binnen de wetenschap de mogelijkheid elkaar te vinden. De NWA koppelt bestaande onderzoeksagenda’s – van hogescholen, universiteiten, het bedrijfsleven, MKB, VNO-NCW, overheden, maatschappelijke instellingen – aan elkaar. Al die onderzoeksagenda’s zijn op de website van de NWA in kaart gebracht, de agenda’s van de afnemers en opdrachtgevers van onderzoek eveneens.

De Wetenschapsagenda is daarmee een makelaar in kennis en inzicht. Via de agenda kunnen routes van vraag naar vraag worden doorlopen, die via de site ook letterlijk kunnen worden bewandeld en doorgescrold. De agenda roept op tot verbeelding, verbeelding in het bedenken van nieuwe vragen voor een volgende editie, of van antwoord-

den, of van manieren om samen te werken om tot zo'n antwoord te komen.

VERBEELDING

Onderzoek gedijt alleen bij verbeelding en verbeelding heeft ruimte nodig. Kinderen, adolescenten en studenten moeten worden opgeleid in het stellen van de juiste vragen, om zo hun dromen en wensen na te jagen. Onderzoek heeft die ruimte nodig, maar ook die onzekerheid. Onderzoekers weten niet van tevoren wat er uit een bepaald onderzoek aan resultaten gaat rollen. Experimenten kunnen mislukken. Archieven kunnen bij nader inzien niet de juiste documenten bevatten of niet leiden tot de antwoorden die de onderzoeker er hoopte te vinden. Het idee dat de onderzoeker oorspronkelijk had over een bepaalde formule, of het antwoord dat de opdrachtgever hoopte te horen over de bruikbaarheid van die specifieke algoritme, kan tot niets leiden. Het kan ook tot een uitkomst leiden die zeer verrassend en origineel is, maar niet direct 'nuttig'. Van dat soort onderzoek zijn voorbeelden te over.

Wetenschap is een sport, een uitdaging, een ambitie. Het is een droom, een spel, een hobby. Het is van groot belang, nut en noodzaak voor de Nederlandse kenniseconomie. Maar het is ook gewoon voor de existentiële waarde, bijvoorbeeld voor het vormen van burgers, of voor het onderwijzen en opvoeden van kinderen.

Er zit een spanning in de agenda tussen de collectiviteit van de grote vragen en de zoektocht van de eenzame wetenschapper. Er zit frictie tussen enerzijds de verbeelding van het individu, de eenzame onderzoeker, of het toegewijde team in het lab en ander-

zijds de geldschietters, de belastingbetalers en de 'maatschappij' die snel(ler) resultaten willen zien. Het ecosysteem van de Nederlandse wetenschap, dat bindweefsel tussen onderzoekers, afnemers, betalers en *enablers*, is teer. De NWA probeert dat ecosysteem te versterken en te beschermen. De bottom-upwijze waarop vragen zijn binnengehaald en de bedachtzame wijze waarop ze door wetenschappers en onderzoekers zijn veredeld en geordend, geven die unieke meerwaarde aan de agenda. Maar de rijkdom van die agenda is toch vooral dat ze die pareltjes van vragen die Nederland bezighouden, of zouden moeten bezighouden, laat schitteren.

In dit boek hebben wij ruim honderd van die pareltjes bijeengebracht, geselecteerd uit de 12.000 ingediende vragen – de bouwstenen van de NWA waar het allemaal mee begon. 'Hoe oud wordt de Nachtwacht?', 'Bestaat er een kleinste element?', 'Hoe blijf je als burger eigenaar van je eigen data?', 'Wat maakt een taboe een taboe?', 'Hoe zwaar is licht?'

Dit honderdtal juweeltjes koppelden we aan een honderdtal Nederlandse topwetenschappers afkomstig uit de gevestigde wetenschap (met dank aan de KNAW), maar ook uit de kringen van het jonge talent (De Jonge Akademie, Faces of Science). Er is met hartverwarmend enthousiasme aan gewerkt. Zo levert dit boek niet alleen een mooi perspectief op de Nationale Nieuwsgerigheid zelf, maar ook op degenen die zich vandaag, morgen en overmorgen wijden en zullen blijven wijden aan het adreseren van de achterliggende vragen. *Hoe zwaar is licht* is een groots gezamenlijk eerbetoen aan de vraag. *Sapere aude!*

Hoe goed kent een mens zichzelf?

MEIKE BARTELS

‘Spiegeltje, spiegeltje aan de wand, wie is de schoonste in het land?’ Lang geleden vroeg de boze koningin iedere morgen aan haar spiegel wie de mooiste van het land was. Wist ze dat dan zelf niet? Of wilde ze het eigenlijk niet weten? Jarenlang antwoordde de spiegel wat ze wilde horen. Maar op een dag vertelt de spiegel dat Sneeuwwitje duizendmaal mooier is dan zij. De schok die dit tweewegbracht bij de koningin lijkt een direct gevolg van een gebrek aan zelfkennis. Maar hoe goed kennen we onszelf eigenlijk? Als de beste, toch? Wie kent jou nou beter dan jezelf?

Deze vraag speelde niet alleen bij de boze koningin en Sneeuwwitje, maar was al aan de orde bij oude Grieken (‘Ken uzelf’), vele filosofen zoals Socrates, Plato en Descartes, en wordt ook ten tonele gebracht door de Dalai Lama (*How to See Yourself As You Really Are*). Moeten we onszelf eigenlijk beter kennen? En hoe leren we onszelf beter kennen?

Sommige aspecten van onszelf kennen we goed. Uit onderzoek blijkt dat mensen een goed beeld hebben van hun eigen emoties en gedachten. Iedereen voelt het bijvoorbeeld meteen als hij of zij nerveus is tijdens een speech of wanneer men bang is in een achtbaan. Er is ook weinig twijfel over het voelen van eigen verdriet en geluk. Der-

gelijke emoties zijn voor anderen natuurlijk lastiger te observeren. Aspecten van menselijk zijn en gedrag die juist makkelijker te zien zijn aan de ‘buitenkant’, zoals dominantie en leiderschap zijn ook geen raadsel voor onszelf. Hetzelfde geldt voor ons uiterlijk. We zijn in het algemeen goed in staat om ons uiterlijk te beoordelen aan de hand van aspecten die evolutionair gezien tot een voordeel leiden (namelijk tot meer voortplanting) zoals symmetrie van het gezicht en een gezonde uitstraling. De reden hiervoor is dat we onszelf natuurlijk vaak zien, alleen en met anderen om ons heen. Tevens ontvangen we regelmatig feedback uit de omgeving over hoe aantrekkelijk we zijn. Wel blijkt het dat mannen zichzelf toch vaak aantrekkelijker vinden dan anderen zeggen dat ze zijn. De beoordelingen over uiterlijk door anderen en zichzelf ligt bij vrouwen een stuk dichter bij elkaar.

We kennen onszelf echter minder goed wanneer het gaat over kenmerken als optimisme of pessimisme. Iemand kan zichzelf redelijk optimistisch vinden terwijl familie en vrienden daar anders over denken. Onze zelfkennis wordt nog slechter als het gaat om dimensies van persoonlijkheid. Wanneer een groep mensen zichzelf beoordeelt op persoonlijkheidskenmerken als open-

heid, zorgvuldigheid, extraversie, en emotionele stabiliteit en deze eigenschappen tevens laat beoordelen door anderen, lijkt er nog maar een matige overeenstemming te bestaan. De overeenstemming is wel sterker tussen ons eigen oordeel en dat van familie en goede vrienden, dan tussen ons eigen oordeel en het oordeel gegeven door onbekenden.

Wanneer we proberen onszelf te begrijpen moeten we er rekening mee houden dat we onszelf onbewust beschermen. Dit kan op een relatief onschuldige manier (zo vinden we onszelf meestal een betere chauffeur dan anderen en vinden we onszelf over het algemeen eerlijker dan anderen), maar het

onzelf? Door meer inzicht te hebben in hoe goed we onszelf kennen en kunnen beoordelen, hoe beter we kunnen inschatten wanneer we de beoordeling beter aan iemand anders kunnen overlaten. In een klinische setting is het bijvoorbeeld heel waardevol om te weten welke aspecten van onszelf we goed kennen en goed kunnen beoordelen en voor welke gevoelens en gedragingen we beter kunnen vertrouwen op het oordeel van anderen. Grootschalig onderzoek naar gedrags- en emotionele ontwikkeling van kinderen laat bijvoorbeeld zien dat iedere beoordelaar, of dat nu de moeder, vader of de leerkracht van het kind is, een eigen stempel op de beoordeling drukt. Moeders zien over

“Een combinatie van onderzoek met neurowetenschappen, sociologie, gedragseconomie en filosofie zal ons in de toekomst meer vertellen over hoe goed wij onszelf kennen”

kan meer gevolgen hebben als we onszelf en onze capaciteiten structureel overschatten. In meer algemene zin blijkt het zo te zijn dat we het gedrag van anderen als minder extreem inschatten dan ons eigen gedrag. Dit leidt ertoe dat we onszelf vaak beter vinden op makkelijkere taken en onszelf slechter vinden op moeilijke dingen of dingen die minder vaak voorkomen. Zo denken we dat de kans voor onszelf kleiner is dat we ouder dan 100 worden dan voor anderen. Tevens denken we dat we slechter kunnen omgaan met het overlijden van een dierbare dan anderen.

Maar wat is het belang van het kennen van

het algemeen meer problemen dan vaders, dus als we slechts gebruik zouden maken van het oordeel van de moeder, zouden meer kinderen in een klinisch traject belanden. Wanneer we alleen op vaders zouden vertrouwen zouden we problematiek over het hoofd kunnen zien. De beoordeling van leerkrachten is bijvoorbeeld waardevol omdat leerkrachten beschikken over een beter referentiekader, namelijk een klas vol kinderen van ongeveer dezelfde leeftijd. Om dus tot het beste oordeel over de gedragsproblemen van een kind te komen is het essentieel om meerdere beoordelaars in te schakelen.

Zelfkennis en de beoordeling van anderen zijn ook essentieel als het gaat om de inschatting van onze mogelijkheden bij bijvoorbeeld selectie en promotie. Het blijkt dat wanneer we onszelf beoordelen we meer kijken naar ons potentieel ('wat zouden we kunnen'), terwijl we bij anderen meer kijken naar wat iemand al heeft laten zien ('wat kan hij/zij'). Wanneer ons gevraagd wordt om onszelf te beschrijven beginnen we vaak in de toekomst en praten we over onze mogelijkheden, onze hoop en onze intenties en vervolgen dan met wat we nu zijn en in het verleden waren in het licht van de toekomst. Wanneer we echter gevraagd worden om anderen te beschrijven beginnen we met het verleden en het heden en hebben we het zelden over de toekomst.

Hoewel de klinische, bedrijfseconomische en sociale waarde van zelfkennis wel enigszins duidelijk is, ontbreekt evidentie over de effecten op lange termijn.

Een unieke onderzoeksopzet die het gebied van zelfkennis en de waarde van beoordeling door anderen zal kunnen versterken en versnellen, is wanneer men informatie gebruikt van identieke tweelingen. Identieke (ofwel eeneiige) tweelingen ontstaan als

Meike Bartels (1973) is Professor in Genetics and Wellbeing bij de afdeling Biologische Psychologie van de Vrije Universiteit. Ze studeerde in 1998 af als biologisch psycholoog en promoveerde in 2003 bij het Nederlands Tweelingen Register. In 2014 is ze tot hoogleraar benoemd in het University Research Chair programma van de Vrije Universiteit. Het hoofddoel van haar onderzoek is om inzicht te krijgen in het samenspel van genen en omgeving dat leidt tot verschillen in geluksgevoel tussen mensen. Door te leren van degenen die zich goed en gelukkig voelen, wil ze meer te weten komen over oorzaken van verschillen in geluk.

één bevruchte eicel zich in tweeën splitst. Feitelijk zijn er dus twee personen die elkaars kloon zijn. Hoe goed kennen zij zichzelf? En hoe goed kennen zij hun genetisch identieke tweelingzus of -broer? Een combinatie van tweelingonderzoek met neurowetenschappen, sociologie, gedragseconomie en filosofie zal ons in de toekomst nog meer gaan vertellen over hoe goed we onszelf kennen.

Worden we toleranter als we religieuze scholen afschaffen?

CHRISTOPH BAUMGARTNER

Artikel 23 van de Nederlandse Grondwet garandeert de vrijheid van onderwijs: particulieren en rechtspersonen kunnen scholen op religieuze of levensbeschouwelijke grondslag stichten en in het onderwijs de levensbeschouwing, die aan de school ten grondslag ligt, tot uitdrukking brengen. Het onderwijs aan zulke bijzondere of religieuze scholen moet aan algemene, door de wet geregelde eisen van deugdelijkheid voldoen om uit de openbare kas bekostigd te kunnen worden.

Hangt de tolerantie in de samenleving af van de religieuze achtergrond van de scholen? Is het voor tolerantie beter als religie als vak wordt gegeven waarin verschillende religies behandeld worden?

Wat betekent het eigenlijk als we zeggen dat iemand tolerant is? Tolerantie is in pluralistische samenlevingen een bijzonder belangrijk goed omdat tolerantie de bereidheid omvat om iets vrijwillig toe te laten, bijvoorbeeld een handeling, dat we eigenlijk als negatief en ongewenst beoordelen.¹ We laten zo een handeling toe omdat we daartoe redenen hebben die sterker wegen dan de redenen die onze negatieve beoordeling van de desbetreffende handeling onderbouwen. Om een voorbeeld te noemen: mensen wier

religie door anderen in het openbaar bespot wordt zullen dat als negatief en ongewenst ervaren; toch laten ze dit meestal toe (en dus tolereren ze het) omdat ze de vrijheid van meningsuiting als een belangrijk principe respecteren. Het is duidelijk dat tolerantie goed en noodzakelijk is voor het vreedzame samenleven van mensen met verschillende religies, normen en waarden. Tolerantie is echter per definitie begrensd. Wanneer de redenen voor het toelaten van een handeling zwakker wegen dan de redenen, die voor het niet-toelaten spreken, is het niet meer gepast om de desbetreffende handeling te tolereren. Hier is de grens van tolerantie bereikt. Men kan het eerdergenoemde voorbeeld veranderen en zich voorstellen dat iemand een kerkdienst of een religieuze uitvaartceremonie verstoort en daarbij de religie bespot – hier zou men kunnen zeggen dat er goede redenen zijn om in te grijpen als iemand dergelijke handelingen verricht.

Deze definitie van tolerantie maakt al duidelijk, dat het bewustzijn dat men een bepaalde religie of religie in het algemeen afwijst geen hindernis voor tolerantie is. Integendeel, tolerantie vooronderstelt juist verschillen die door degenen, die tolerant zijn ook beoordeeld worden. De neutraliteit

die het openbaar onderwijs claimt, is geen vereiste en ook geen waarborg voor het ontwikkelen van tolerantie. De kwestie is veel eerder of het onderwijs aan religieuze scholen in het algemeen het ontwikkelen van morele houdingen zoals tolerantie belemmert. Er zijn nauwelijks aanwijzingen die deze aanname ondersteunen, wat door verschillende redenen verklaard kan worden.

Ondanks de vergaande ontkerkelijking van de Nederlandse samenleving gaat de meerderheid van de leerlingen in het basisonderwijs en het algemeen voortgezet onderwijs naar religieuze scholen in de zin van artikel 23 van de grondwet (in 2015 meer dan 70 procent). De secularisatie en de daarmee

meeste religieuze scholen primair op waarden als respect, naastenliefde, menselijke waardigheid, eerbied voor het leven of juist tolerantie. Op sommige religieuze scholen worden ook feestdagen van ‘andere’ religies (bijvoorbeeld het Suikerfeest aan christelijke scholen of Kerst of Pasen aan islamitische scholen) respectvol behandeld of zelfs gevierd. Zulke omstandigheden bevorderen juist een vreedzame omgang met diversiteit; leerlingen maken kennis met verschillende (en gedeeltelijk rivaliserende) religieuze overtuigingen en praktijken zonder deze allemaal zelf te hoeven omarmen. Ze leren praktijken toe te laten vanwege de waarde die deze voor anderen hebben – ook

“Ze leren praktijken toe te laten vanwege de waarde die deze voor anderen hebben”

verbonden ontzuiling leidden dus niet tot een massale migratie van kinderen van religieuze scholen naar openbare, maar de scholengemeenschap werd veel heterogener qua religieuze of levensbeschouwelijke achtergrond.² Ook is de invloed van de religieuze of levensbeschouwelijke richting op vele religieuze scholen verzwakt. Aan protestants-christelijke en katholieke scholen vindt nauwelijks selectie van leerlingen op basis van hun geloofsovertuiging plaats.³ Ook in inhoudelijk opzicht is het onderwijs aan religieuze scholen meestal niet gericht op het socialiseren van kinderen in een specifieke, bijvoorbeeld christelijke levensbeschouwing. Voor zover er sprake is van waardeoverdracht doelt het onderwijs aan de

als ze sommige van deze praktijken misschien negatief beoordelen. Maar ze leren ook dat juist vanwege en omwille van verschillende naast elkaar bestaande identiteiten grenzen nodig zijn die door iedereen gerespecteerd moeten worden.

Het bestaan van dergelijke tolerantie bevorderende omstandigheden en een daarmee overeenkomend schoolbeleid is echter niet vanzelfsprekend. Dit geldt voor alle scholen, maar artikel 23 lijkt religieuze scholen toch de mogelijkheid te geven om de schoolpopulatie en het onderwijs exclusiever met één religie te verbinden. Daarom komt met een zekere regelmaat de vraag terug of artikel 23 in principe de deur opent voor religieus exclusivisme en zelfs fun-

damentalisme in het Nederlandse onderwijssysteem. Deze kritiek werd in het verleden met name (maar niet uitsluitend) met betrekking tot islamitische scholen geuit, hetgeen in 2002 een reden was voor nader onderzoek door de Binnenlandse Veiligheidsdienst en de onderwijsinspectie. Beide instanties concludeerden dat de ruime meerderheid van islamitische scholen geen aanleiding geeft tot zorg met betrekking tot de democratische rechtsorde en een positieve rol vervult bij het bevorderen van sociale cohesie in de Nederlandse samenleving. De rapporten wezen er echter ook op dat bepaalde buitenlandse orthodox-islamitische organisaties in enkele van de scholen invloed hadden verworven en dat op één (basis)school een beleid was gevoerd dat was ‘gericht op de overdracht van waarden en normen die zijn ontleend aan een interpretatie van de islam die voor de leerlingen het risico met zich meebrengt dat zij geïsoleerd raken van de westerse samenleving’.⁴

Hier gaat het echter om uitzonderingen. Dergelijke gevallen laten het belang zien van de regeling dat alle vormen van door de overheid bekostigd onderwijs aan algemene door de wet geformuleerde deugdelijkheidseisen moeten voldoen. Dit geldt uiteraard ook voor onderwijs aan religieuze scholen. Het afschaffen van religieuze scholen zou niet alleen het kind met het badwater weggoeien. In de huidige situatie zou men door de afschaffing van artikel 23 met het oog op de ontwikkeling van waarden als tolerantie vermoedelijk ook meer schade aanrichten dan goed doen vanwege de bo-

ven aangeduide positieve bijdrage van het onderwijs aan religieuze scholen. De vraag of we toleranter worden als we religieuze scholen afschaffen kan daarom met ‘nee’ worden beantwoord. Het vermoeden dat kennis van verschillende religies tolerantie kan bevorderen en om die reden een plek in alle vormen van onderwijs zou moeten krijgen is echter een belangrijk punt dat in de ontwikkeling van onderwijsbeleid meer aandacht verdient.

NOTEN:

1 Rainer, F., *Toleration in Conflict. Past and Present*. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

2 Alfons, D., ‘De vrijheid van onderwijs in seculier en postmodern Nederland’. In: Broeksteeg, H. en A. Terlouw (red.), *Overheid, recht en religie*. Deventer: Kluwer, 2011, 197-219.

3 Vermeulen, B., ‘Islamitische scholen; feiten, kritieken, uitdagingen’. *Justitiële verkenningen* 33/1 (2007), p.37-49.

4 Inspectie voor het onderwijs. *Islamitische scholen en sociale cohesie*. Utrecht, 2002.

Christoph Baumgartner is universitair hoofddocent voor Ethiek aan de faculteit Geesteswetenschappen van de Universiteit Utrecht. Zwaartepunten van zijn onderzoek zijn religie in het publieke domein, tolerantie, godsdienstvrijheid, burgerschap, secularisme en religieuze diversiteit.

Hoe oud wordt *De Nachtwacht*?

KLAAS JAN VAN DEN BERG

De Nachtwacht van Rembrandt van Rijn kennen we als het beroemdste en belangrijkste schilderij uit de Nederlandse cultuurgeschiedenis. Om dit te onderstrepen neemt het de centrale plek in in de eregalerij van ons nationale museum: het Rijksmuseum in Amsterdam. Als er belangrijke buitenlandse gasten op bezoek komen, is dit het schilderij dat wordt uitgekozen voor de persfoto.

Cocq, vereeuwigd in *De Nachtwacht*, al bijna 380 jaar bestaat, geeft al wat vertrouwen dat we nog wel een lange tijd van het schilderij zullen kunnen genieten. Tegelijkertijd weet iedereen dat alles uiteindelijk gedoemd is om uit elkaar te vallen en te vergaan. Elk voorwerp of object, of het nu een appel is, een plastic zak, een gebouw, of een schilderij zal uiteindelijk uiteenvallen in losse moleculen. Ook *De Nachtwacht* zal dus ooit ver-

Elk voorwerp, of het nu een appel, een plastic zak, een gebouw, of een schilderij is, zal uiteindelijk uiteenvallen in losse moleculen. Ook De Nachtwacht zal dus ooit verdwijnen

Het kunstwerk is eigendom van ons allemaal. Een geldwaarde is niet aan te geven, om de doodeenvoudige reden dat het schilderij nooit op de markt zal komen. Tegelijkertijd is het van onschatbare waarde, zodat de beheerders van het Rijksmuseum er alles aan doen om het voor de eeuwigheid te bewaren. Dan is het logisch om je af te vragen hoelang wij en onze nakomelingen er nog van kunnen genieten.

Dat de compagnie van Frans Banning de

dwijnen. De verwachte levensduur kan tot op zekere hoogte worden voorspeld door een studie naar de makelij en de geschiedenis van dit en soortgelijke schilderijen te doen. Al hangt het verval vooral af van de omstandigheden waaronder het werk wordt getoond en bewaard.

We gaan ervan uit dat het werk niet door grote rampen zal worden getroffen. Kleine rampen en andere ongelukken heeft het werk alvast overleefd, waarbij de bekendste

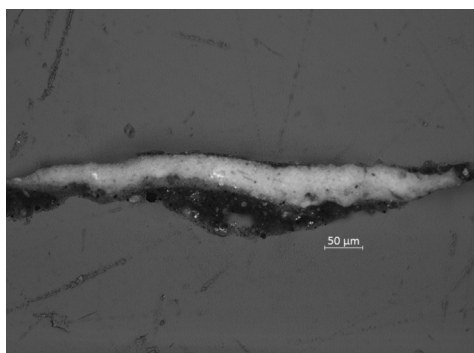
de verkleining van het schilderij is. Dit gebeurde door het afsnijden van drie repen aan de boven- en zijkanten toen het werk verplaatst werd naar het Paleis op de Dam in 1715. Daarnaast is het werk een paar keer aangevallen, waaronder in 1975 met een mes en in 1990 met zwavelzuur. Vooral het mes bracht grote schade toe en het werk moest uitgebreid gerestaureerd worden. Gelukkig heeft de Tweede Wereldoorlog nauwelijks effect gehad op het schilderij. Het lag veilig opgerold in de St. Pietersberg.

Rembrandt en zijn assistenten hebben *De Nachtwacht* van 1640 tot 1642 gemaakt. Het houten raam waarop aan elkaar genaaide banen van linnen doek werden opgespannen was enorm: zo'n vier bij vijf meter. Op het doek werd een lijmlaag aangebracht met daarop een grondering van zand en klei met wat gele en bruine oker in lijnolie.⁴ Deze lagen vormen de basis van een schilderij en zorgen voor flexibiliteit en een goede hechting met de olieverven erbovenop. Op de grondering bracht Rembrandt eerst een laag verf ('doodverf') aan om de lichte en de donkere partijen in de compositie al op te zetten. Daarop bracht hij meerdere lagen andere verf aan, waarbij hij een palet gebruikte met tussen de tien en twintig natuurlijke en synthetische pigmenten in lijnolie of, voor de witte en blauwe verven, papaverolie. De gebruikte verfstreken geven een prachtige dieptewerking met een heel subtiel contrast tussen donker en licht en tonen daarmee het meesterschap van Rembrandt.

De verftechniek en het gebruik van de, voornamelijk natuurlijke, materialen zijn heel gebruikelijk voor die tijd en zorgen voor een verrassend stabiel resultaat. Toch is het schilderij in de loop van de tijd door al-



Dwarsdoorsnede van een klein verfmonster uit *De Nachtwacht*, genomen in 1975 van de schouder van een schutter. De onderste laag bestaat uit een grondering van onder meer rivierklei met lijnolie met gele en bruine okers, daarbovenop bevinden zich zes afzonderlijke verflagen met onder meer azurietblauw, een zwart pigment, loodwit, rood vermiljoen en organisch rood. Hierop een weinig vernis en vuil. De lagen zijn in de loop van de tijd enigszins nagedonkerd. (Foto: Muriel Geldof, RCE.)



Dwarsdoorsnede van verf uit de hoofdtooi van het meisje in *De Nachtwacht* – op de eerste twee verdonkerde verflagen bevindt zich onder meer een felgele laag met een organisch geel pigment en een beetje loodwit; daarop een rest van een oud, mogelijk nog origineel, vernis. (Foto: Muriel Geldof, RCE.)



Hoofdre Restaurator Lutzen Kuiper inspecteert de schade aan *De Nachtwacht* door de aanval in 1975. Het mes is op meerdere plaatsen door verf en doek gegaan. (Foto: arthistoriesroom.files.wordpress.com.)

lerlei chemische reacties wel veranderd van uiterlijk. Zo zal in sommige partijen ontkleuring van pigmenten hebben plaatsgevonden. Het contrast in vooral de donkere partijen is nog verder verkleind door nadonkering van de lijnolie, terwijl het verschil met veel van de lichte kleuren juist vergroot is.² Daarnaast zijn in de loop van de tijd door verzeping van lijnolie met loodwit- en loodtingeelpigmenten sommige verven transparanter en daardoor vaak ook donkerder geworden. Het is interessant om te bemerken dat wij veel van deze vaak subtiele veranderingen helemaal niet als storend ervaren –

we zien deze als natuurlijke veroudering, ook wel ‘patina’ genoemd.

Het schilderij moest in de loop van de eeuwen meerdere keren gerestaureerd worden, en ook deze ingrepen hebben sporen nagelaten. De voornaamste waren het schoonmaken en opnieuw vernissen, en het bedoecken van het schilderij. De bedoecking is een ingreep waarbij het originele doek aan de achterkant wordt gesteund met een nieuw doek; bij deze behandeling wordt de warme bedoeckingsspecie van lijm of was en hars deels door de achterkant tot in de verf gedrongen, waardoor bijvoorbeeld ook loszittende verf weer vast komt te zitten. De behandeling heeft waarschijnlijk veel schilderijen die in het verleden vaak onder slechte omstandigheden werden bewaard het leven gered, maar is tegelijkertijd letterlijk zo indringend dat het ook heeft gezorgd voor nadonkering en verlies van de textuur van het oppervlak. Dit is dan ook de reden dat bedoecking tegenwoordig zo min mogelijk wordt toegepast.

Er wordt tegenwoordig veel onderzoek gedaan naar de invloed van het klimaat op schilderijen. De studies laten zien dat een lage lichtintensiteit en een stabiele, lage luchtvochtigheid en temperatuur het meest bevorderlijk zijn voor het behoud.³ Maar om het schilderij vanaf nu in het pikdonker en in de vrieskist te bewaren is natuurlijk geen echte optie, want we willen vooral ook dat het zichtbaar blijft voor iedereen. Gelukkig zijn de omstandigheden in het Rijksmuseum vele malen beter dan die in eerdere eeuwen.

Dat *De Nachtwacht* in de loop van de eeuwen is veranderd door allerlei chemische reacties is een gegeven. Deze processen gaan

heel langzaam door en zullen uiteindelijk tot verval leiden. In de toekomst zullen dan ook weer nieuwe technieken ontwikkeld worden om deze processen te begrijpen en het verval verder te beperken. Er kan geconcludeerd worden dat het schilderij deugdelijk gemaakt is en in redelijk stabiele staat verkeert. Als het door collectiebeheerders, beveiligers en restauratoren zo goed wordt bewaard en in de gaten wordt gehouden als nu, kan het op deze manier zeker nog vele eeuwen, en waarschijnlijk duizenden jaren mee en zullen nog vele mensen kunnen genieten van het meesterwerk dat Rembrandt ons gegeven heeft.

NOTEN:

- 1 Groen, K., 'Earth Matters. The origin of the material used for the preparation of the Night Watch and many other canvases in Rembrandt's workshop after 1640'. *Art Matters – Netherlands Technical Studies in Art*, 3 (2005), p. 138-154.
- 2 Ooit zag het werk er nog veel donkerder uit: vele lagen verdonkerde vernis en vuil zijn er de oorzaak van dat het werk in de achttiende eeuw de eigenlijk onjuiste naam *De Nachtwacht* heeft gekregen. Deze lagen zijn later verwijderd.
- 3 Keunie, K., et al. 'Pigment Degradation in Oil Paint Induced by Indoor Climate: Comparison of Visual and Computational Backscattered Electron Images'. *Microscopy and Microanalysis* 22 (2016), p. 448-457.

Klaas Jan van den Berg werkt als onderzoeker voor de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE) en is bijzonder hoogleraar Natuurwetenschappelijke aspecten van conservering en restauratie van roerend cultureel erfgoed, in het bijzonder schilderkunst, aan de Universiteit van Amsterdam.



Restauratoren Lutzen Kuiper en Roy Hesterman bezig met bedoeiking van *De Nachtwacht* na de aanval in 1975. (Foto: Rijksmuseum Amsterdam.)

Hoe kunnen wij het best omgaan met de supermacht van vulkanen?

MANFRED VAN BERGEN

Vulkaanuitbarstingen zijn zo oud als de wereld en zullen blijven plaatsvinden zolang onze planeet bewoonbaar is. De ernst van mogelijke gevaren varieert van tijdelijk ongemak tot catastrofaal.

Lavastromen, gloedwolken, puimsteenregens en modderstromen bedreigen bevolkte gebieden en infrastructuur, aswolk leggen het vliegverkeer lam, en bij een uitzonderlijk heftige eruptie zorgen vrijkomende gassen voor een wereldwijde klimaat- en milieuramp. Sommige risico's kunnen we inperken door het gedrag van een vulkaan te bestuderen en hun signalen met slimme technologie te monitoren. We kunnen de openbare ruimte verantwoord plannen, doordachte rampenplannen opstellen en de bevolking van effectieve informatie voorzien. Maar bieden deze inspanningen een afdoende bescherming, zeker nu er al meer dan een half miljard mensen in de directe omgeving van vulkanen wonen? Moeten we niet een stap verder gaan en proberen uitbarstingen van de gevaarlijkste vulkanen te voorkomen? En zal een vulkaan zich ooit door menselijk vernuft laten temmen?

In theorie zouden we misschien met technische middelen het doorvoerkanaal kunnen blokkeren, maar zo'n 'kurk erop'-optie lijkt bij voorbaat kansloos als je bedenkt dat

magma in staat is zich door tientallen kilometers dik gesteente een weg naar boven te banen en dat de energie die vrijkomt bij een grote, explosieve vulkaaneruptie ruwweg overeenkomt met de opgeslagen hoeveelheid van het complete kernbommenarsenaal in de wereld. Een meer realistische aanpak is om de schade van een uitbarstende vulkaan in te perken. Acties die ooit met wisselend succes zijn uitgevoerd om lavastromen te stoppen of hun loop te beïnvloeden zijn: natspuiten, opwerpen van dammen, bestrooien met betonblokken en bombarderen vanuit een vliegtuig. Zo'n 'militaire' ingreep is in 1935 en 1942 voor het eerst uitgeprobeerd op Hawaii waar lavastromen van de Mauna Loa-vulkaan bewoond gebied bedreigden. De bombardementen bleken weinig effectief te zijn. In vergelijking met uitstromende lava zijn modderstromen een groter risico omdat ze meer leed veroorzaken. In voormalig Nederlands-Indië ontwierpen Nederlandse ingenieurs een van de eerste technische innovaties in de geschiedenis die dit soort gevaren van een vulkaan-eruptie kunstmatig verkleinen. Bij een uitbarsting in 1919 hadden modderstromen van de Kelud-vulkaan op Java meer dan 5000 slachtoffers gemaakt. Met een ambitieus project slaagden ze erin de waterstand

van een groot kratermeer te verlagen door tunnels in de wand aan te leggen. De kans op modderstromen werd daarmee aanzienlijk gereduceerd. Andere technologische oplossingen om hun nietsontziende kracht te beugelen zijn bijvoorbeeld de aanleg van reeksen halfdoorlatende dammen in rivierdalen zoals onder meer in Japan wordt toegepast.

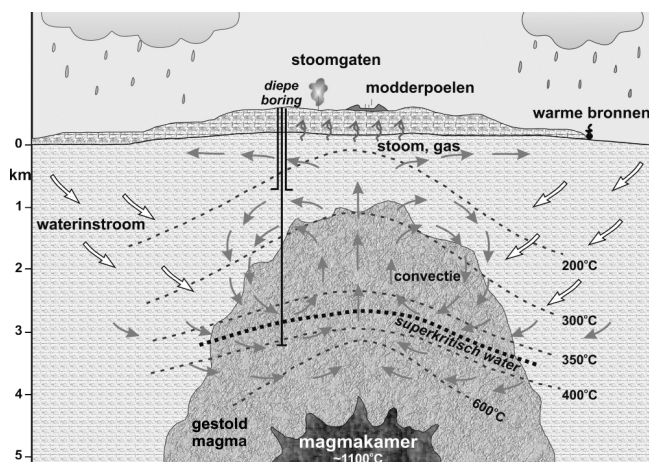
Het is hoogst onwaarschijnlijk dat het ooit zal lukken een vulkaanuitbarsting te voorkomen, maar de wetenschap die zich richt op het voorspellen van erupties staat niet stil. Met een steeds geavanceerder instrumentarium kunnen seismische trillingen, temperatuurveranderingen en minuscule bewegingen van het aardoppervlak worden gemonitord, zowel op de grond als vanuit satellieten. De registratie van dit soort signalen moet ons helpen vast te stellen wanneer een vulkaan ontwaakt, zodat bedreigde omwonenden tijdig kunnen worden geëvacueerd. In 1991 leverde de uitbarsting van de Pinatubo op de Filipijnen, de op een na grootste eruptie van de vorige eeuw, een aansprekend succesverhaal op dit

terrein. Doordat vulkanologen de waargenomen voortekenen correct interpreterden konden tienduizenden mensen op tijd in veiligheid worden gebracht. Ook Nederland ontwikkelt activiteiten in de vulkanobewaking nu Saba en Sint-Eustatius, eilanden met elk een actieve vulkaan, formeel deel uitmaken van ons land.

Toch zijn voorspellingen nog lang niet altijd precies en betrouwbaar genoeg. Van daar de wensdroom van sommige wetenschappers om de onzekerheden te omzeilen en het heft in eigen hand te nemen. Kunnen we de natuurkrachten niet vóór zijn en een vulkaan kunstmatig, op een gecontroleerde manier tot uitbarsting brengen zodat een tijdelijke evacuatie efficiënt kan worden gepland? Of anders, kunnen we de gassen uit een magmakamer niet laten ontsnappen en zo de druk verminderen zodat de kans op een explosieve uitbarsting kleiner wordt?

De technische uitdaging is kolossaal en bovendien is het de vraag of zo'n scenario echt zal werken. Maar ook al is dit idee wellicht te hoog gegrepen, het boren in een vulkaan is inmiddels geen sciencefiction meer.

Schematische doorsnede door een hydrothermaal systeem van een vulkaan. De diepe boring reikt tot een diepte waar water zich in een superkritische toestand bevindt. Figuur aangepast naar Saemundsson (2014).¹



Al tientallen jaren is er op verschillende plaatsen in de wereld in vulkanen geboord (vs, Japan, IJsland, Rusland, Italië).

Dat het publiek daar soms sceptisch tegenover staat is begrijpelijk: maken we geen ontembaar monster wakker? Een recent plan voor een meer dan drie kilometer diepe boring in de Flegreïsche Velden bij Napels was dan ook omstreden, zelfs bij sommige onderzoekers. In dit geologisch uiterst actieve gebied hebben zich in het verleden gigantische erupties voorgedaan. Kilometers grote, min of meer cirkelvormige depressies in het landschap, zogenaamde caldera's, zijn er nog de stille getuigen van. In 2012 werd met een boorprogramma begonnen: het

principe zwaarder moest wegen dan wetenschappelijk onderzoek voor een betere bescherming van het dichtbevolkte gebied in de toekomst. Na veel ophef in de media werd het project op gezag van de plaatselijke autoriteiten gestaakt. Een testboring had intussen een diepte van 500 meter bereikt.

Aanvankelijk diende het boren in vulkanen alleen wetenschappelijke doeleinden, maar recentelijk is het er vooral op gericht de geothermische energie te gaan benutten in onze zoektocht naar duurzame energie. De onuitputtelijke warmtebron in het diepe binnenste van de aarde is grotendeels onbereikbaar, maar vulkanen helpen ons een handje. Waar gloeiend heet magma (600 tot

‘Het boren in een vulkaan is inmiddels geen sciencefiction meer. Dat het publiek daar soms sceptisch tegenover staat is begrijpelijk: maken we geen ontembaar monster wakker?’

Campi Flegrei Deep Drilling Project, onder auspiciën van het International Continental Scientific Drilling Program. Doel was om de opbouw van de grootste caldera-structuur in kaart te brengen en gevoelige sensoren in te brengen. Daarmee zouden de ondergrondse activiteit en gesteente-eigenschappen nauwkeurig kunnen worden geregistreerd. Met die kennis zijn vulkanologen straks beter voorbereid op het moment dat deze ‘supervulkaan’ opnieuw dreigt uit te barsten. Hoewel eventuele risico's, zoals het opwekken van aardbevingen of zelfs een eruptie, miniem werden geacht, vonden sommige deskundigen dat het voorzorgs-

1200 °C – afhankelijk van de samenstelling) omhoog is gekomen en zich in de aardkorst heeft genesteld, soms op maar een paar kilometer onder het oppervlak, zit een lokale warmtebron die toegankelijker is. Decennialang wordt geothermische energie gewonnen voor het opwekken van elektriciteit, doorgaans in gebieden waar het vulkanisme is uitgedoofd. In recente jaren wordt hierin wereldwijd steeds meer geïnvesteerd.

Conventionele geothermische systemen die worden geëxploiteerd bevinden zich doorgaans op een diepte van 1000 tot 2000 meter en hebben een temperatuur van 200 tot 300 °C. De nieuwe ambitie is om in de

buurt te komen van een magmakamer, een ruimte in de aardkorst waar magma zich heeft verzameld en nog vloeibaar is. Daarvoor moet worden geboord naar dieptes van 3000 tot 5000 meter, bij temperaturen tot wel 500 °C. Het aanwezige water bevindt zich hier in een superkritische toestand, wat wil zeggen dat temperatuur en druk zo hoog zijn dat het onderscheid tussen gasvorm en vloeistof verdwenen is. In deze toestand kan water veel meer energie opslaan dan normaal. Aan het oppervlak kan de energieopbrengst daardoor misschien wel tien keer zo hoog worden.

De extreme omstandigheden stellen hele nieuwe eisen aan techniek en materialen die nodig zijn om (veilig) te boren, het thermische reservoir rendabel te laten produceren, en de warmte om te zetten in elektriciteit. Als het lukt om alle problemen het hoofd te bieden dan kan per boring een veelvoud aan energie gewonnen worden van wat tot nu toe gebruikelijk is. In een aantal landen zijn onderzoekers daarom begonnen dit soort diepe boringen uit te testen of worden daartoe plannen ontwikkeld. Op IJsland heeft men intussen de eerste ervaringen opgedaan. Al in 2010 werd op 2100 meter diepte in de Krafla-vulkaan magma van meer dan 900 °C aangeboord (per ongeluk en zonder dat dit tot serieuze problemen leidde), en werd superkritisch water van 450 °C aange-

troffen, voldoende om 36 MW elektriciteit te genereren.

In een nieuwe boring op het schiereiland Reykjanes is in december 2016 een diepte van 4200 meter bereikt. Hier wil men tot 5000 meter gaan. In 2015 ging in Italië een door de EU gefinancierd project van start om een diepe testboring uit te voeren bij Larderello in Toscane, hetzelfde gebied waar men een eeuw geleden voor het eerst is begonnen op commerciële wijze elektriciteit uit aardwarmte op te wekken. Vergevoerde plannen voor soortgelijke diep-boorprojecten zijn er ook in Japan en Nieuw-Zeeland. In alle gevallen gaat het vooral om het ontwikkelen van de kennis en techniek die nodig zijn om exploitatie economisch aantrekkelijk te maken.

Het is duidelijk dat vulkaanonderzoek er een spannende dimensie bij krijgt. Boren in een vulkaan is niet langer een gedachten-experiment van een roekeloze utopist maar staat op de internationale wetenschapsagenda, niet alleen om ons tegen natuurgeweld te beschermen maar ook om ons van duurzame energie te voorzien.

NOTEN:

1 Saemundsson, K., *Geothermal systems in global perspective. Short Course IX on Exploration for Geothermal Resources*. Reykjavik: UNU-GTP, 2014.

Manfred van Bergen is geoloog en geochemicus, met vulkaanonderzoek als speciale belangstelling. Tot zijn pensionering in 2015 was hij werkzaam als universitair hoofd-docent aan de faculteit Geowetenschappen van de Universiteit Utrecht. Samen met promovendi en studenten heeft hij talrijke wetenschappelijke projecten uitgevoerd en gepubliceerd over werkende vulkanen in Indonesië, Midden- en Zuid-Amerika, het Caribisch gebied, landen rond de Middellandse Zee en IJsland.