

## Interview Marijn Heule

## Bewijs dat nét op 200 laptops past

De jonge Nederlandse informaticus Marijn Heule van de Universiteit van Texas in Austin leverde het grootste wiskundige bewijs ooit. Toch is die omvang een bijzaak, legt hij uit.

Van onze verslaggever  
Martijn van Calmthout

**D**aar zit hij dan, op het terras van een ontbijtcafé aan de Amsterdamse Singel: informaticus dr. ir. Marijn Heule (37) die op zijn gemak toast met scrambled eggs eet. Niets wijst erop dat de computerwetenschapper, opgeleid in Delft en sinds 2013 verbonden aan de Universiteit van Texas in Austin, momenteel het middelpunt is van een media-storm.

Stormpje, corrigeert hij meteen. 'Het grootste bewijs ooit zegt niet zoveel. Als ik het nog slimmer had aangepakt, was het ironisch genoeg juist kleiner geweest. Misschien wel geen record.'

De getallen zijn desalniettemin intrigerend. Het computerbewijs voor een stelling die dertig jaar geleden door de Amerikaanse wiskundige Ronald Graham werd geponeerd, omvat 200 terabyte. Wat, met andere woorden, net past op tweehonderd laptops en ongeveer even groot is als de hele inhoud van de Koninklijke Bibliotheek, gedigitaliseerd. In gecompliceerde vorm (68 gigabyte) te downloaden van Heules website, zodat iedereen met genoeg rekentijd het desgewenst kan checken.

Een klein deel van het bewijs is een klassieke beschrijving, een artikel op hoofdzaken dat ook op de website arxiv.org is gepubliceerd. De rest is het checken van 2 tot de macht 7.825 (iets van 10 tot de macht 2.300) mogelijke gevallen, om te zien of ze een uitzondering op Grahams stelling opleverden. Er zit 40 duizend uur rekentijd in, schat Heule.

De Nederlander is een van de drijvende krachten achter internationale competities onder bouwers van computerbewijssoftware, zijn specialisme in Texas. Veel computerbewijzen komen erop neer eventuele tegenvoorbeelden van het gestelde



Marijn Heule: 'Er zit 40 duizend uur rekentijd in dit bewijs.'  
Foto Jiri Buller / de Volkskrant

uit te sluiten. Voor een beetje ingewikkeld probleem geeft dat immens veel rekenwerk en Heule ontwikkelde de laatste jaren een reeks technieken die dat slimmer doen dan voorheen. Dat maakt zijn bewijzen pakweg veertig keer kleiner dan met klassieke narekenmethoden. Waar dat veelal op neerkomt, legt Heule uit, is het vervangen van fijnere details door eenvoudiger versies van een bewijs, waarbij degenen die het nakijkt, de details invult. 'Alsof je in een tekst de klinkers weglaat, terwijl je nog steeds begrijpt wat er staat.'

Het huidige monsterbewijs, zegt Heule, is weliswaar leuk voor de media, maar wiskundig gezien niet eens een echt hoogstandje. Zijn punt

is eigenlijk een heel ander, zijn werk is nadrukkelijk bedoeld als een schoolvoorbeeld. Heule, jong maar wel editor van een vuistdik handboek over computerbewijzen: 'Letterlijk. Ik wil laten zien dat je de mededeling dat je voor een gecompliceerde stelling geen tegenbewijs hebt kunnen vinden, ook helemaal voor anderen controleerbaar maakt. Door het te doen en ondanks de enorme omvang gewoon toegankelijk te maken.'

#### Logische eis

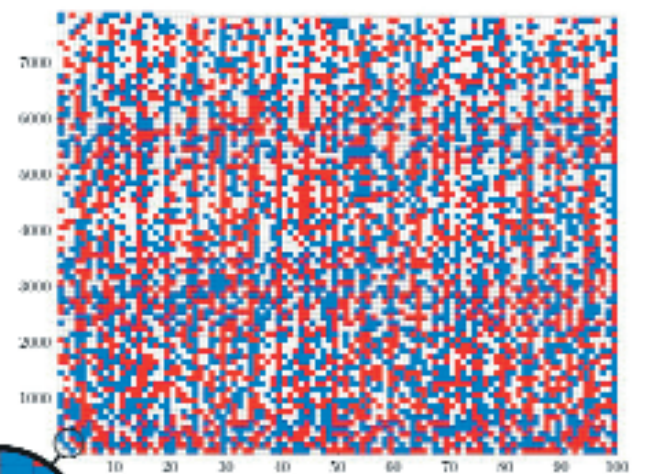
Die controleerbaarheid klinkt als een logische eis, maar was lang in de computerbewijskunde niet erg gebruikelijk. Dat komt door een zekere

asymmetrie in de bewijskunde. Een stelling die een voorbeeld vraagt, is gemakkelijk te controleren als dat voorbeeld eenmaal gevonden is. Een stelling die iets uitsluit, vergt narekenen van alle potentiële voorbeelden.

Jarenlang verschenen er daarom in zijn vak bewijzen waarin de auteurs beweerden dat ze alles hadden nage-rekend, maar zonder een controleerbaar bewijs te produceren. Volgens Heule geen gezonde wetenschap, al helemaal niet als het om het checken van belangrijke software gaat. Heule: 'Wiskunde is één ding. Maar van de besturing van een vliegtuig wil je zeker weten dat er geen bug in zit. Dat geloven of vermoeden is niet genoeg.'

## De stelling van Pythagoras in kleur

Kun je alle gehele getallen zó rood of blauw kleuren dat er geen getallen  $a$ ,  $b$  en  $c$  met driemaal dezelfde kleur zijn waarvoor de stelling van Pythagoras geldt:  $a^2 + b^2 = c^2$ . Het is een wereldvreemd raadsel, maar de vraag waarvoor wiskundige Ronald Graham in de jaren tachtig 100 dollar uitloofde past in een lange traditie van getaltheoretische uitdagingen. Onder meer de legendarische wiskundige Paul Erdős was er een kei in, maar ook de befaamde laatste stelling van Fermat heeft er mee te maken. Voor voorbeelddrietallen tot tien of misschien honderd is zoiets nog zelf na te rekenen, maar het rekenwerk wordt al snel te veel, zelfs voor supercomputers. Heule bewijst in zijn recente artikel, met twee collega's, dat Grahams stelling klopt voor alle gehele getallen tot en met 7824. Daarna gaat het ook goed mis. Bij 7825 loopt het rekenwerk plotseling dramatisch uit de hand, alsof de zaak overkookt. Het bewijs is te checken op Heules site. De 100 dollar heeft hij binnen.



## Gezond

# Wat kan oudere doen tegen slinkende spieren?

**W**ie zijn spieren een tijdje niet gebruikt, ziet ze al snel slinken. Zonder hulp komt een astronaut die maandenlang in gewichtslousheid heeft vertoefd zijn ruimteschip niet meer uit. Het gips dat een gebroken arm beschermt is door de krimpde, in onbruik geraakte armspieren al na een paar dagen te groot. Vooral ouderen zien hun spiermassa elk jaar afnemen. Voor hen kan dat gevaarlijk zijn: het werkt valpartijen in de hand, velen komen uiteindelijk de trap amper meer op. Hoeveel moeten ouderen sporten om dat spierverval te compenseren?

'Het slinken van de spieren is een ouderdomskwaal, maar wel één die al vanaf ons 30ste de kop op steekt', zegt Andrea Maier, hoogleraar veroudering aan de Vrije Universiteit. Vanuit Australië - waar ze naast haar baan in Amsterdam werkt op de Universiteit van Melbourne - wijst Maier op een voor de hand liggende remedie: beweging. 'Maar veel mensen willen niet horen dat ze moeten oefenen. Die hebben liever een medicijn dat ze elke dag moeten slikken, om

hun spiermassa uit te breiden.'

Maier is betrokken bij een product dat weleens de eerste goede kandidaat zou kunnen zijn. 'Het medicijn vermindert de afbraak van spierweefsel. Na drie maanden hadden de gezonde ouderen beduidend meer spiermassa dan de controlegroep - zonder extra te hoeven trainen.' Het medicijn, dat wereldwijd getest werd op bijna duizend gezonde ouderen, had geen bijwerkingen. Toch ziet Maier het niet als de oplossing voor het spiervervalprobleem: 'Het was een zeer geringe stijging van de spiermassa, de ouderen sprongen niet ineens in het rond, of klommen direct de trap op.' Bovendien zal de oudere toch moeten sporten - je kunt zo'n duur medicijn niet constant blijven slikken.

Ouderen die wél willen sporten, moeten goed op de voeding letten. Hoogleraar voeding van de oudere mens Lisette de Groot (Wageningen UR) zag dat in haar onderzoek uit 2013. Meer dan zestig 'fragiele ouderen' werd gevraagd twee keer per week te trainen. 'Daarvoor was een van onze colle-



gezal en omgebouwd tot krachthok', zegt De Groot. Een half jaar werden ze gevolgd, waarbij de helft bij ontbijt en lunch een extra dosis eiwit kreeg. 'De controlegroep sportte zonder extra eiwit bij de maaltijden.' De uitkomst loog er niet om. Sportende en extra eiwit consumerende ouderen zagen hun spierkracht met gemiddeld 40 procent stijgen, hun spiermassa met 1,3 kilogram. De spiermassa van de controlegroep daalde juist, ondanks de trainingen in de collegezaal. 'Sporten zonder het eetpa-

troon aan te passen heeft voor deze fragiele ouderen dus weinig zin', concludeert De Groot.

Hoe kan dat? Om spieren op te bouwen moet je goed eten, iets wat jonge mensen vaak sowieso al doen. Ouderen die bedlegerig worden, eten vaak minder. Als die zonder extra voeding gaan sporten, begint hun lichaam bestaande spieren te gebruiken als brandstof voor de nieuwe spieren.

Met de juiste voeding raadt Maier van de VU ouderen aan drie keer per week een uur aan krachttraining te doen. Na drie maanden zitten ouderen zo gemiddeld op de juiste spiermassa, bleek uit een van haar onderzoeken. Maar ook hier was een stevig ontbijt onontbeerlijk: omgerekend vier boterhammen met kaas en drie eieren. Dan moet het goed komen.

Dirk Waterval

Ook een vraag voor deze rubriek?  
Mail naar gezond@volkskrant.nl