De getalmysteries

Een wiskundige reis door het dagelijks leven

Marcus du Sautoy

UITGEVERIJ NIEUWEZIJDS

Oorspronkelijke titel: *The Number Mysteries – A Mathematical Odyssey Through Every Day Life,* Fourth Estate, een imprint van HarperCollins*Publishers*, Londen 2010.

Uitgegeven door: Uitgeverij Nieuwezijds, Amsterdam
Vertaling: Krivaja Translations, Marianne Kerkhof, Enschede
Redactionele adviezen: Ionica Smeets, Leiden
Zetwerk: Holland Graphics, Amsterdam
Omslagontwerp: Studio Jan de Boer, Amsterdam

ISBN 978 90 5712 330 6
NUR 918

FSC www.fsc.org MIX Papier van verantwoorde herkomst FSC® C004472

Bij de productie van dit boek is gebruikgemaakt van papier dat het keurmerk van de Forest Stewardship Council (FSC) mag dragen. Bij dit papier is het zeker dat de productie niet tot bosvernietiging heeft geleid.

Inhoud

Introductie

Is er werkelijk een klimaatverandering gaande? Zal het zonnestelsel plotseling uiteenspatten? Is het veilig om je creditcardgegevens via internet te versturen? Hoe kan ik het casino verslaan?

Vanaf het moment dat we konden communiceren, hebben we vragen gesteld – om te voorspellen wat de toekomst zal brengen en onze omgeving naar onze hand te zetten. Het machtigste middel dat mensen hebben gecreëerd om hun weg te vinden in de wilde en complexe wereld waarin we leven, is de wiskunde.

Van het voorspellen van de baan van een voetbal tot het in kaart brengen van een populatie lemmingen, van het kraken van codes tot het winnen bij Monopoly, wiskunde verschaft ons de geheime taal tot het verklaren van de mysteries van de natuur. Maar wiskundigen hebben niet overal antwoord op. Er zijn nog steeds veel diepe en fundamentele vragen die we al worstelend proberen op te lossen.

In elk hoofdstuk van de *De getalmysteries* neem ik je mee op een reis langs de belangrijkste thema's van de wiskunde, en aan het eind van elk hoofdstuk presenteer ik je een wiskundig mysterie dat nog niemand heeft kunnen oplossen. Dit zijn enkele van de grootste onopgeloste problemen aller tijden.

Maar het oplossen van een van deze raadsels bezorgt je niet alleen wiskundige roem, het levert je ook een astronomisch fortuin op. Een Amerikaanse zakenman, Landon Clay, heeft voor de oplossing van elk van deze mysteries een prijs van een miljoen dollar uitgeloofd. Je vindt het misschien vreemd dat een zakenman zulke enorme bedragen uitloooft voor het oplossen van wiskundige raadsels. Maar hij beseft dat de gehele wetenschap, technologie, economie, en zelfs de toekomst van onze planeet, berust op wiskunde.

In elk van de vijf hoofdstukken van dit boek maak je kennis met een van deze miljoen-dollarraadsels.

Hoofdstuk 1, *Het wonderbaarlijke voorval met de oneindige reeks priem-*

getallen, heeft als thema het meest elementaire object van de wiskunde: het getal. Ik laat je kennismaken met de priemgetallen, de belangrijkste maar ook de meest raadselachtige getallen in de wiskunde. Degene die hun geheimen weet te ontrafelen, kan op een wiskundig miljoen rekenen.

In hoofdstuk 2, *Het verhaal van de ongrijpbare vorm*, gaan we op reis langs de vreemde en wonderbaarlijke vormen van de natuur: van dobbelstenen tot zeepbellen, van theezakjes tot sneeuwvlokken. Ten slotte gaan we in op de allermoeilijkste vraag – welke vorm heeft ons universum?

Hoofdstuk 3, *Het geheim van de winnende reeks*, laat je zien hoe de wiskunde van logica en waarschijnlijkheid je bij het spelen van spelletjes voordeel kan opleveren. Of je nu graag met Monopolygeld speelt of liever met echt geld gokt, wiskunde is vaak het geheim achter de winst. Toch zijn er enkele zeer simpele spelletjes die zelfs de grootste geleerden nog voor een raadsel stellen.

Cryptografie is het onderwerp van hoofdstuk 4, *Het geval van de onbreekbare code*. Wiskunde is vaak de sleutel geweest tot het decoderen van geheime berichten. Maar ik zal je laten zien hoe je slimme wiskunde kunt gebruiken voor het maken van nieuwe codes waarmee je veilig via internet kunt communiceren, berichten door de ruimte kunt sturen en zelfs de gedachten kunt lezen van een vriend of vriendin.

Hoofdstuk 5 gaat over wat we allemaal graag zouden willen kunnen: *De zoektocht naar het voorspellen van de toekomst*. Ik zal uitleggen waarom wiskundige vergelijkingen de beste waarzeggers zijn. Ze voorspellen eclipsen, verklaren waarom boemerangs terugkomen en vertellen ons uiteindelijk wat de toekomst in petto heeft voor onze planeet. Maar sommige van deze vergelijkingen kunnen we nog steeds niet oplossen. Het hoofdstuk eindigt met het probleem van turbulentie, dat alles beïnvloedt – van de vrije trappen van David Beckham tot de vlucht van een vliegtuig –, maar toch nog steeds een van de grootste mysteries van de wiskunde is.

De wiskunde die ik presenteer, varieert van gemakkelijk tot moeilijk. De onopgeloste problemen aan het eind van elk hoofdstuk zijn zó moeilijk dat niemand weet hoe ze moeten worden opgelost. Maar ik geloof heilig in het nut om mensen in contact te brengen met de grote ideeën van de wiskunde. We raken enthousiast over literatuur wanneer we in aanraking komen met Shakespeare of Steinbeck. Muziek komt tot leven als we voor het eerst Mozart of Miles Davis horen. Zelf Mozart spelen is lastig; Shakespeare lezen is vaak een opgave, ook voor de geoefende lezer. Maar dat wil niet zeggen dat we het werk van deze grote denkers moeten reserveren voor de kenners. Met wiskunde is het net zo. Dus als sommige wiskunde moeilijk lijkt, geniet van wat je begrijpt en denk aan het gevoel dat je had toen je voor eerste keer Shakespeare las.

Op school leren we dat wiskunde fundamenteel is voor alles wat we doen. In deze vijf hoofdstukken wil ik wiskunde tot leven brengen en je enkele van de mooiste deelgebieden van de tot dusver ontdekte wiskunde laten zien. Maar ik wil je ook de kans geven om het op te nemen tegen de grootste denkers in de geschiedenis, door enkele nog onopgeloste problemen te bekijken. Ik hoop dat je aan het eind begrijpt dat wiskunde echt het hart vormt van alles wat we zien en doen.

Een toelichting bij websites

Dit boek heeft zijn eigen webpagina: **www.nieuwezijds.nl/getalmysteries**. In dit boek verwijs ik naar pdf-bestanden die je daar kunt downloaden om een paar van de spellen te spelen of vormen te bouwen die in het boek genoemd staan.

In het boek staan ook verwijzingen naar andere websites. Al deze sites zijn op de gebruikelijke manier toegankelijk, door intypen van het adres in een webbrowser, of door met je smartphone de QR-code te scannen die bij elk webadres afgebeeld staat. Op een voor QR-codes geschikte smartphone moet je eerst een QR-codelezer downloaden. Om te scannen zet je de codelezer aan en houd je de cameralens in goed licht boven de code.

Er is ook een Engelstalige app voor de iPhone te koop, 'Marcus du Sautoy's Number Mysteries' geheten, waarmee je interactieve versies van een aantal spelletjes uit het boek kunt spelen.

Hier zijn enkele andere websites die je misschien wilt bekijken:

www.conted.ox.ac.uk Als je dieper in de ideeën en thema's van dit boek wil duiken: er wordt een vijf weken durende cursus ontwikkeld aan het Department of Continuing Education van de Universiteit van Oxford, die je kan ondersteunen bij het verder bestuderen van de getalmysteries.

www.rigb.org/christmaslectures2006 Dit is de website voor mijn kerstlezingen van 2006 bij de Royal Institution. De site bevat een groot aantal flash games – een handelsreizigersprobleem om op te lossen, codes om te kraken, en nog veel meer.

www.maths.ox.ac.uk/~dusautoy Mijn homepage bevat een selectie van archiefmateriaal uit vaktijdschriften en belangrijke media.

www.simonyi.ox.ac.uk De officiële site van het Simonyi Professorship for the Public Understanding of Science aan de Universiteit van Oxford. Het bevat informatie over mijn komende activiteiten.

http://twitter.com/MarcusduSautoy Volg mij op Twitter.

www.mangahigh.com Een online wiskundeschool die ik heb opgezet met gratis online games en andere manieren om mensen te helpen wiskunde te leren en hier plezier aan te beleven.

www.whatevertrevor.com Een gratis voetbalspel dat ik heb ontwikkeld. Gebruik je wiskundige vaardigheden om te voorspellen hoe de Engelse voetbalcompetitie volgend seizoen eindigt, en je kunt een geldprijs winnen!

www.claymath.org De website van het Clay Mathematics Institute. Hierop staan wiskundige beschrijvingen van de miljoen-dollarproblemen.

www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~history Een prachtige bron van wiskundige biografieën, beheerd door de Universiteit van St Andrews.

http://mathworld.wolfram.com Een goede site voor de meer technische definities en uitleg van het wiskundig materiaal.

http://bit.ly/cUeZNU M3, Marcus' Marvellous Mathemagicians, is een groep Oxford-studenten die helpt de wiskundige boodschap te verspreiden. M3 organiseert workshops, activiteiten en verzorgt lezingen voor een zeer uiteenlopend publiek.

1

Het wonderbaarlijke voorval met de oneindige reeks priemgetallen

1, 2, 3, 4, 5, … het lijkt zo simpel: tel er 1 bij op, en je krijgt het volgende getal. Toch zouden we ons zonder getallen geen raad weten. Wie won de wedstrijd Arsenal-Manchester United? We zouden het niet kunnen zeggen. Beide partijen scoorden een hoop doelpunten, dat wel. Wil je iets opzoeken in de index van dit boek? Eens kijken. Het stuk over het winnen van de loterij staat ergens middenin. En de loterij zelf? Hopeloos zonder getallen. Het is ongelofelijk hoe essentieel de taal van de getallen is voor alles wat er in de wereld gebeurt.

Zelfs in het dierenrijk zijn getallen essentieel. Groepen dieren kiezen tussen vechten of vluchten door te tellen of het aantal dieren van de rivaliserende groep groter is of niet. Het overlevingsinstinct hangt voor een deel af van hun rekentalent, maar achter de ogenschijnlijke eenvoud van de reeks opeenvolgende getallen ligt een van de grootste mysteries van de wiskunde verborgen.

2, 3, 5, 7, 11, 13, … Dit zijn de priemgetallen, de ondeelbare getallen die de bouwstenen zijn van alle andere getallen: de waterstof en zuurstof van de wereld van de wiskunde. Deze hoofdrolspelers in het verhaal van de getallen liggen als juwelen her en der verspreid in de oneindige uitgestrektheid van het getallenrijk.

Hoe belangrijk priemgetallen ook zijn, ze vormen een van de meest prikkelende raadsels die we op onze zoektocht naar kennis zijn tegengekomen. Maar hoe we priemgetallen kunnen vinden, is een volledig mysterie omdat er geen magische formule lijkt te zijn die je van het ene priemgetal naar het volgende brengt. Het is net een verborgen schat, waarvan niemand de schatkaart heeft.

In dit hoofdstuk gaan we op zoek naar wat we wel over deze bijzondere getallen weten. In de loop van deze tocht zullen we ontdekken hoe verschillende culturen hebben geprobeerd priemgetallen vast te leggen en in kaart te brengen, en hoe musici van hun gesyncopeerde ritme gebruik hebben gemaakt. We zullen zien waarom de priemgetallen zijn gebruikt voor communicatie met buitenaardse wezens en hoe ze hebben bijgedragen aan de geheimhouding van sommige gegevens op internet. Aan het eind van dit hoofdstuk behandel ik een wiskundig vraagstuk over priemgetallen waarvan de oplossing je een miljoen dollar kan opleveren. Maar voor we ons op een van de grootste raadsels van de wiskunde gaan storten, beginnen we eerst met een van de grootste getalmysteries van onze tijd.

Waarom koos David Beckham rugnummer 23?

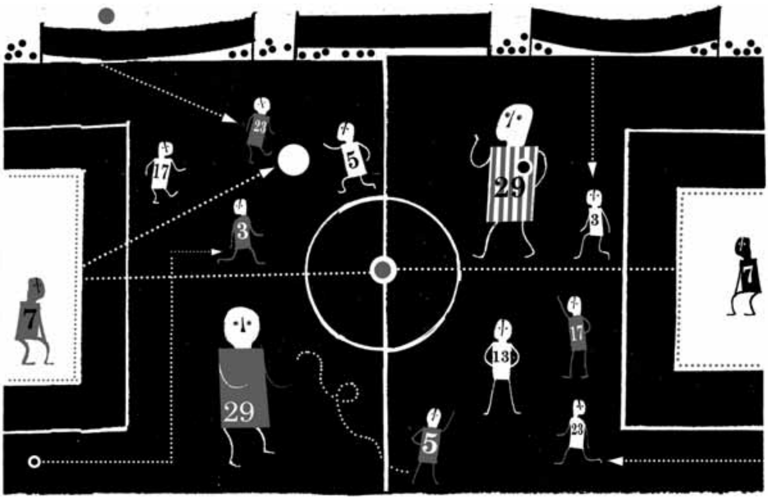
Toen David Beckham in 2003 overstapte naar Real Madrid, werd er driftig gespeculeerd over zijn keuze om met rugnummer 23 te spelen. Velen vonden het vreemd, omdat hij voor Engeland en Manchester United altijd met nummer 7 had gespeeld. Het probleem was dat bij Real Madrid nummer 7 al vergeven was aan Raúl en de Spanjaard niet van plan was dit af te staan aan de glamourboy uit Engeland.

Over Beckhams keuze deden allerlei theorieën de ronde, met als populairste de Michael Jordan-theorie. Real Madrid wilde de Amerikaanse markt veroveren door de Amerikanen massaal aan het replica-voetbalshirt te krijgen. Maar voetbal (of 'soccer', zoals het daar genoemd wordt) is geen populaire sport in de States. Amerikanen houden van basketbal en honkbal: sporten die eindigen met standen als 100-98, waarbij er altijd een winnaar is. Ze snappen niet wat de lol is van een wedstrijd die 90 minuten duurt en die in 0-0 kan eindigen doordat geen van de partijen scoort of wint.

Volgens deze theorie had Real Madrid onderzoek gedaan en vastgesteld dat de populairste basketbalspeler ter wereld onbetwist Michael Jordan was, de topscorer van de Chicago Bulls. Tijdens zijn gehele carrière speelde Jordan in een shirt met nummer 23. Het enige dat Real Madrid te doen stond, was het getal 23 op de rug van een voetbalshirt te zetten, te duimen en te hopen dat de magie van de Jordan-connectie zou werken en tot een doorbraak op de Amerikaanse markt zou leiden.

Anderen vonden dit te cynisch, maar kwamen met een meer onheilspellende theorie. Julius Caesar werd vermoord door 23 messteken in zijn rug. Was Beckhams keuze voor zijn rugnummer een slecht voorteken? Weer anderen dachten dat de keuze verband hield met Beckhams voorliefde voor *Star Wars* (In de eerste *Star Wars*-film werd Princess Leia gevangen gehouden in Detention Block AA23). Of was Beckham misschien in het geheim lid van de Discordianisten, een moderne cultbeweging die chaos verheerlijkt en een kabbalistische obsessie heeft voor het getal 23?

Maar zodra ik Beckhams rugnummer zag, dacht ik meteen aan een meer



Figuur 1.01

wiskundige verklaring: 23 is een priemgetal. Een priemgetal is een getal dat uitsluitend deelbaar is door zichzelf en door 1. 17 en 23 zijn priemgetallen omdat ze niet kunnen worden geschreven als het product van twee kleinere getallen, terwijl 15 geen priemgetal is omdat $15 = 3 \times 5$. Priemgetallen zijn de belangrijkste getallen in de wiskunde omdat alle andere gehele getallen worden gevormd door het vermenigvuldigen van priemgetallen.

Neem bijvoorbeeld het getal 105. Het is duidelijk dat dit getal deelbaar is door 5. Dus kan ik schrijven $105 = 5 \times 21$. 5 is een priemgetal, een ondeelbaar getal, maar dit geldt niet voor 21: dit kan ik schrijven als 3×7. Dus kan 105 worden geschreven als $3 \times 5 \times 7$. Maar verder kan ik niet gaan. Ik ben aanbeland bij de priemgetallen, de ondeelbare getallen waaruit het getal 105 is opgebouwd. Dit kan ik met elk getal doen, omdat elk getal ofwel priem en dus ondeelbaar is, ofwel niet-priem en dus te schrijven is als het product van kleinere ondeelbare getallen.

De priemgetallen zijn de bouwstenen van alle getallen. Net zoals moleculen zijn opgebouwd uit atomen zoals waterstof en zuurstof of natrium en chloor, zijn getallen opgebouwd uit priemgetallen. In de wereld van de wiskunde zijn de getallen 2, 3 en 5 te vergelijken met waterstof, helium en lithium. Dat maakt ze tot de belangrijkste getallen in de wiskunde. Kennelijk waren ze ook van belang voor Real Madrid.

Toen ik me iets meer verdiepte in het voetbalteam van Real Madrid, begon ik te vermoeden dat ze weleens een wiskundige op de bank zouden kunnen hebben zitten. Een kleine analyse liet zien dat ten tijde van Beckhams

Een fantasievoetbalwedstrijd met priemgetallen

Download het pdf-bestand voor dit spel van **www.nieuwezijds.nl/getalmysteries**. Iedere speler knipt drie tafelvoetbalpoppetjes uit als spelers en kiest verschillende priemgetallen om op hun rug te schrijven. Download ook een van de voetballen van Plato (zie pagina 58).

Eerst gaat de bal naar een speler van team 1. Het doel is om de drie spelers van de tegenstander te passeren. De tegenstander kiest de eerste speler die de speler van team 1 moet proberen te tackelen. Gooi de dobbelsteen. De dobbelsteen heeft zes vlakken: wit 3, wit 5 en wit 7, en zwart 3, zwart 5 en zwart 7. Aan de hand van de dobbelsteen deel je jouw priemgetal en dat van de speler van je tegenstander door 3, 5 of 7 en kijk je wat de rest is. Bij een witte 3, 5 of 7 win je als de rest groter is dan, of gelijk aan die van de tegenstander. Bij zwart win je als de rest kleiner is dan, of gelijk aan die van de tegenstander.

Om te scoren moet je alle drie de spelers van de tegenstander passeren en het daarna opnemen tegen een willekeurige keuze van priemgetallen door de tegenstander. Als je op enig moment door de tegenstander wordt verslagen, gaat de bal naar de tegenstander. Vervolgens gebruikt degene die in balbezit is gekomen de speler die gewonnen heeft om de drie spelers van de tegenpartij te passeren. Als team 1 een schot op doel mist, dan krijgt team 2 de bal en geeft die aan een van hun spelers.

Je kunt een spelduur afspreken of het eerste team dat drie doelpunten maakt laten winnen.

transfer alle *Galácticos,* de supersterren van Real Madrid, priemgetallen als rugnummer hadden: Carlos (de steunpilaar in de verdediging) nummer 3; Zidane (het hart van het middenveld) nummer 5; Raúl en Ronaldo (de sterspitsen van Real) 7 en 11. Dus was het misschien onvermijdelijk dat Beckham een priemgetal kreeg, een getal waaraan hij zeer gehecht raakte. Toen hij vertrok naar LA Galaxy, stond hij erop om dit priemgetal mee te nemen in zijn poging om het Amerikaanse publiek voor deze prachtige sport te winnen.

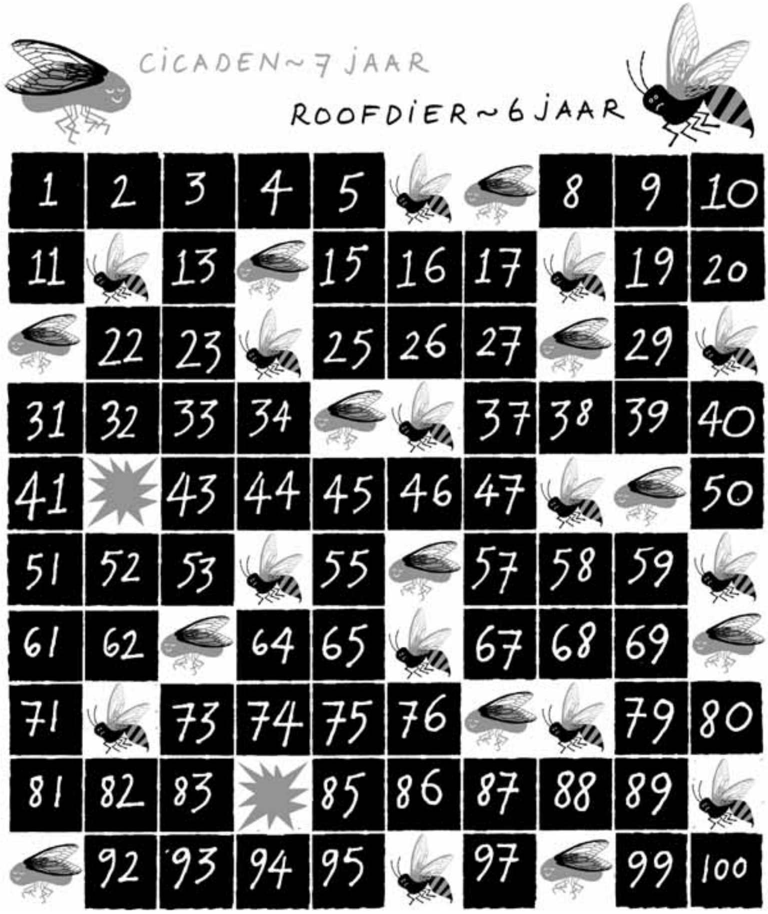
Het volgende lijkt volkomen irrationeel uit de mond van een wiskundige, iemand die toch verondersteld wordt logisch en analytisch te denken. Toch speel ook ik bij mijn voetbalclub, Recreativo Hackney, met een priemgetal als rugnummer, dus voelde ik enigszins een band met de man met nummer 23. Mijn zondagamateurclub is wat kleiner dan Real Madrid en we hadden geen shirt met rugnummer 23, dus heb ik voor 17 gekozen, dat, zoals we verderop zullen zien, best een leuk priemgetal is. Toch ging het in het eerste seizoen dat we samenspeelden niet bijzonder goed. We spelen in de tweede klasse van de Londense zondagamateurs, en dat eerste seizoen eindigden we helemaal onderaan. Gelukkig is dit de laagste divisie in Londen, dus konden we alleen nog maar stijgen.

Maar hoe moesten we onze positie op de ranglijst verbeteren? Misschien waren ze daar bij Real Madrid wel iets op het spoor – zou er misschien psychologisch voordeel te behalen zijn uit het spelen met een priemgetal als rugnummer? Misschien speelden er wel teveel van ons in shirts met niet-priemgetallen, zoals 8, 10 of 15. Het seizoen daarop haalde ik het team over om van rugnummers te veranderen en speelden we allemaal met priemgetallen: 2, 3, 5, 7, … enzovoort tot en met 43. Dit deed iets met ons. We promoveerden naar de eerste divisie, waar we er al snel achterkwamen dat priemgetallen maar één seizoen meegaan. We degradeerden weer naar de tweede divisie en zijn nu op zoek naar een andere wiskundige theorie om onze kansen te vergroten.

Moet de keeper van Real Madrid rugnummer 1 dragen?

Als de belangrijkste spelers van Real Madrid priemgetallen dragen, welk nummer moet de keeper dan hebben? Of in wiskundige termen: is 1 een priemgetal? Het antwoord luidt: ja en nee. (Dit is het type wiskundevraag waar iedereen van houdt: beide antwoorden zijn goed.) Tweehonderd jaar geleden begonnen de tabellen met priemgetallen bij 1 als zijnde het eerste priemgetal. Want 1 is tenslotte niet deelbaar, omdat het enige gehele getal waardoor het gedeeld kan worden 1 zelf is. Tegenwoordig zeggen we dat 1 geen priemgetal is, omdat de belangrijkste eigenschap van priemgetallen is dat ze de bouwstenen van getallen zijn. Als ik een getal vermenigvuldig met een priemgetal, krijg ik een nieuw getal. Hoewel 1 niet deelbaar is, krijg ik als ik een getal met 1 vermenigvuldig hetzelfde getal terug, en om die reden nemen we 1 niet op in de lijst met priemgetallen en beginnen we bij 2.

Het is duidelijk dat de spelers van Real Madrid niet de eerste waren die de mogelijkheden van de priemgetallen ontdekten. Maar welke cultuur deed dat als eerste: de oude Grieken? De Chinezen? De Egyptenaren? Nee, wiskundigen werden in hun ontdekking van de priemgetallen verslagen door een merkwaardig klein insect.

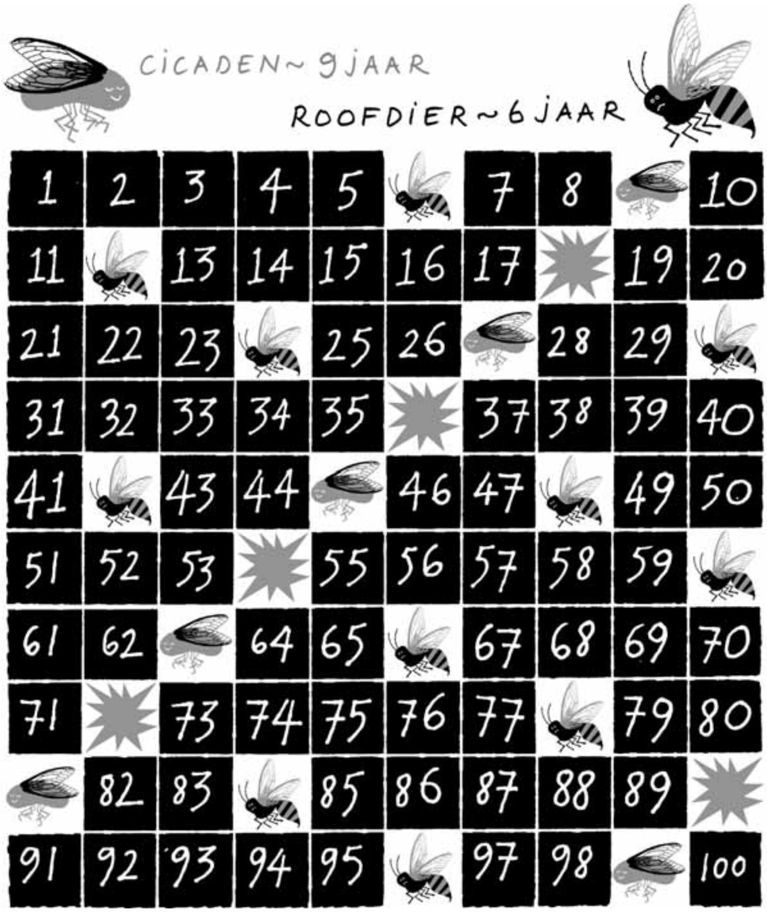


Figuur 1.02: *De wisselwerking gedurende 100 jaar tussen cicadenpopulaties met een zevenjarige levenscyclus en een natuurlijke vijand met een zesjarige levenscyclus.*

Waarom heeft een Amerikaanse cicadensoort een voorkeur voor het priemgetal 17?

In de bossen van Noord-Amerika leeft een cicadensoort met een wel zeer vreemde levenscyclus. Deze cicaden verschuilen zich zeventien jaar lang onder de grond waar ze weinig anders doen dan zuigen aan de wortels van bomen. In de maand mei van het zeventiende jaar komen ze massaal boven de grond en nemen bezit van het bos: er verschijnen tot een half miljoen cicaden per hectare.

De cicaden zingen elkaar toe in een poging een partner aan te trekken.



Figuur 1.03: *De wisselwerking gedurende 100 jaar tussen cidadenpopulaties met een negenjarige levenscyclus en een natuurlijke vijand met een zesjarige levenscyclus.*

Samen maken ze zoveel lawaai dat inwoners van het gebied vaak voor de duur van deze 17-jaarlijkse invasie verhuizen. Bob Dylan werd voor zijn lied ‘Day of the Locusts’ geïnspireerd door het horen van de kakofonie van cicaden die in de bossen rond Princeton tevoorschijn kwamen toen hij in 1970 een eredoctoraat van de universiteit in ontvangst nam.

Nadat ze een mannetje gevonden hebben en bevrucht zijn, leggen de vrouwtjes bovengronds elk zo’n 600 eieren. De cicaden vieren zes weken lang feest om vervolgens allemaal te sterven, waarna het weer 17 jaar lang rustig is in het bos. De volgende generatie eitjes komt hartje zomer uit. De larven vallen op de grond, om zich daarna in te graven in de bodem totdat

Cicaden versus natuurlijke vijanden

Download het pdf-bestand voor het cidadenspel van **www.nieuwezijds.nl/getalmysteries.** Knip de natuurlijke vijanden en de twee cicadenfamilies uit. Zet de natuurlijke vijanden op de getallen uit de tafel van zes. Iedere speler krijgt een cidadenfamilie. Neem drie standaard dobbelstenen met zes vlakken. De worp van de dobbelstenen bepaalt hoe vaak jouw cicadenfamilie verschijnt. Gooi je bijvoorbeeld 8, dan zet je je cicaden op elk getal uit de tafel van 8. Maar als er al een natuurlijke vijand op een getal staat, dan kun je daar geen cidade neerzetten; zo kun je geen cicade op 24 zetten omdat die plaats al bezet is door een natuurlijke vijand. De winnaar is degene die de meeste cidaden op het bord heeft. Je kunt het spel variëren door voor de periode van de natuurlijke vijand een ander getal dan zes te nemen.

ze een wortel vinden waarmee ze zich voeden, terwijl ze op hun beurt 17 jaar wachten op het volgende grote cicadenfeest.

Het is zonder meer een uitzonderlijk hoogstandje van de natuur dat deze cicaden het verstrijken van 17 jaar kunnen bijhouden. Het gebeurt zelden dat een cicade een jaar te vroeg of een jaar te laat tevoorschijn komt. De jaarlijkse cyclus die de meeste dieren en planten doormaken, wordt geregeld door temperatuurschommelingen en de wisseling van seizoenen. Er is niets wat duidelijk bijhoudt of de aarde 17 keer om de zon heeft gedraaid en de verschijning van deze cicaden in gang kan zetten.

Voor een wiskundige is het meest merkwaardige gegeven de keuze van het getal: 17, een priemgetal. Is het puur toeval dat deze cicaden ervoor hebben gekozen om zich een priem aantal jaren ondergronds schuil te houden? Het lijkt erop van niet. Er zijn andere cicadesoorten die 13 jaar lang ondergronds blijven en weer anderen die de voorkeur geven aan een cyclus van 7 jaar. Allemaal priemgetallen. Tamelijk verbazingwekkend: als een 17-jarige cicade te vroeg tevoorschijn komt, gaat het in het algemeen niet om een verschil van één, maar van vier jaar, met een kennelijke verschuiving naar een cyclus van 13 jaar. Er lijkt dus echt iets met priemgetallen te zijn dat deze verschillende cicadensoorten helpt. Maar wat zou dat kunnen zijn?

Hoewel wetenschappers er niet zeker van zijn, is er een wiskundige theorie opgedoken die de verslaving van de cicaden aan priemgetallen kan verklaren. Eerst enkele feiten. Een bos heeft ten hoogste één cicadebroedsel, dus heeft de verklaring niets te maken met het delen van hulpbronnen tussen verschillende broedsels. Vrijwel elk jaar komt ergens in de Verenigde Staten een broedsel van priemgetalcidaden tevoorschijn. De jaren 2009 en 2010 zijn cicadenvrij. Daarentegen lijkt er in 2011 een omvangrijk broedsel van 13-jarige cicaden in het zuidoosten van de Verenigde Staten op komst te zijn. (Toevallig is 2011 ook een priemgetal, maar ik vermoed niet dat de cicaden zo slim zijn dat ze dat weten.)

De beste theorie tot dusver voor de priemgetallevenscyclus van de cicaden is het mogelijke bestaan van een natuurlijke vijand die ook periodiek in de bossen opduikt en zijn komst zodanig plant dat deze samenvalt met die van de cidaden, om zo van een feestmaal van net boven de grond gekomen insecten te genieten. Hier komt natuurlijke selectie om de hoek kijken, omdat cicaden die hun leven volgens een priemgetalcyclus regelen, de natuurlijke vijand veel minder vaak tegen zullen komen dan niet-priemgetalcicaden.

Stel bijvoorbeeld, dat de natuurlijke vijand elke 6 jaar opduikt. Cicaden die elke 7 jaar bovengronds komen, zullen de natuurlijke vijand slechts eens in de 42 jaar tegenkomen. Maar bij cicaden die elke 8 jaar bovengronds komen zal dit eens in de 24 jaar het geval zijn; en bij cicaden die elke 9 jaar verschijnen, gebeurt dit nog vaker: eens in de 18 jaar.

In de bossen van Noord-Amerika lijkt een heuse competitie te hebben plaatsgevonden om het grootste priemgetal te vinden. De cicaden zijn zo succesvol geweest dat de natuurlijke vijanden ofwel zijn verhongerd of weggetrokken, terwijl de cicaden met hun vreemde priemgetallevenscyclus zijn achtergebleven. Maar zoals we zullen zien, zijn de cicaden niet de enigen die het gesyncopeerde ritme van de priemgetallen hebben benut.

Waarom zijn de priemgetallen 17 en 29 de sleutel tot het einde der tijden?

Tijdens de Tweede Wereldoorlog verbleef de Franse componist Olivier Messiaen als krijgsgevangene in Stalag VIII-A, waar hij onder zijn medegevangenen een klarinettist, een cellist en een violist ontdekte. Hij besloot een kwartet te componeren voor deze drie musici plus hemzelf op piano. Het resultaat was een van de beroemdste werken uit de twintigste-eeuwse muziek: *Quatuor pour la fin du temps* (Kwartet voor het einde der tijden). Het werd voor het eerst uitgevoerd voor gevangenen en bewakers binnen Stalag VIII-A, met Messiaen op een gammele cafépiano die ze ergens in het kamp hadden gevonden.

In het eerste deel, ‘Liturgie de Cristal’, wilde Messiaen een gevoel van eindeloze tijd creëren, waarin een hoofdrol weggelegd bleek te zijn voor de priemgetallen 17 en 29. Terwijl de viool en de klarinet thema’s uitwisselen die

Figuur 1.04: *De 'Liturgie de Cristal' uit* Quatuor pour la fin du temps *van Messiaen. De eerste verticale streep geeft aan waar de ritmische reeks van 17 noten eindigt. De tweede verticale streep geeft aan waar de harmonische reeks van 29 noten eindigt.*

vogelgezang verbeelden, leveren de cello en de piano de ritmische structuur. Het pianogedeelte bevat een zich steeds herhalende ritmische opeenvolging van 17 noten, en de akkoordenreeks die naast dit ritme gespeeld wordt, telt 29 akkoorden. Dus op het moment dat het ritme van 17 noten voor de tweede keer begint, is de akkoordenreeks op ongeveer tweederde van het geheel. Het effect van de keuze van de priemgetallen 17 en 29 is dat de ritmische reeks en de akkoordenreeks zich pas na 17 × 29 noten in het stuk herhalen.

Het is deze voortdurend verschuivende muziek die het gevoel van tijdloosheid creëert dat Messiaen zo graag wilde oproepen – en hij gebruikt dezelfde truc als de cicaden met hun natuurlijke vijand. Vergelijk de cicaden maar met het ritme en de natuurlijke vijand met de akkoorden. De verschillende priemgetallen 17 en 29 houden de twee zodanig uit ritme, dat het stuk eindigt voordat je ooit de muziek zich hebt horen herhalen.

Messiaen was niet de enige componist die gebruik heeft gemaakt van priemgetallen in de muziek. Ook Alban Berg gebruikte een priemgetal als basis voor zijn muziek. Net als David Beckham speelde Berg met het getal 23 – hij werd er zelfs door geobsedeerd. Zo is bijvoorbeeld in zijn *Lyric Suite* de structuur van het stuk opgebouwd uit reeksen van 23 maten. Maar verstopt in het stuk zit een verhaal over een liefdesaffaire die Berg had met een rijke, getrouwde vrouw. Hij gebruikte een reeks van 10 maten die zijn

Longplayer is te beluisteren via **http://longplayer.org** of door met je smartphone de afgebeelde code te scannen.

geliefde voorstelde, en vervlocht deze met zijn eigen signatuur van 23 maten. Deze combinatie van wiskunde en muziek gebruikte hij om zijn affaire te verbeelden.

Net als Messiaens gebruik van priemgetallen in het 'Kwartet voor het einde der tijden' is wiskunde onlangs nog gebruikt voor het creëren van een muziekstuk dat, hoewel niet tijdloos, zich in geen duizend jaar zal herhalen. Om het aanbreken van een nieuw millennium te markeren besloot Jem Finer, een van de oprichters van The Pogues, een muziekinstallatie te bouwen in het East End in London, waarvan de muziek zich pas voor het eerst bij het aanbreken van het volgende millennium, in 3000, zal herhalen. Deze creatie wordt zeer toepasselijk *Longplayer* genoemd.

Finer begon met een stuk muziek met Tibetaanse klankschalen en gongen van verschillende afmetingen. Dit oorspronkelijke stuk duurt 20 minuten en 20 seconden, maar door het toepassen van wiskundige trucs als die van Messiaen wist hij het uit te breiden tot een werk van 1000 jaar. Zes kopieën van het oorspronkelijke stuk worden gelijktijdig gespeeld, maar met verschillende snelheden. Daarnaast wordt ieder spoor om de 20 seconden op een vaste afstand van de oorspronkelijke uitvoering opnieuw ingezet, maar de tijdsduur waarover ieder spoor wordt verschoven, varieert. Bij de beslissing hoe ver ieder spoor moet worden verschoven, komt wiskunde om de hoek kijken – om ervoor te zorgen dat de verschillende sporen pas over 1000 jaar weer synchroon lopen.

Niet alleen musici zijn geobsedeerd door priemgetallen: ook allerlei andere kunstenaars lijken er een zwak voor te hebben. De auteur Mark Haddon maakte in zijn bestseller *Het wonderbaarlijke voorval met de hond in de nacht* voor de hoofdstuknummering uitsluitend gebruik van priemgetallen. De verteller van het verhaal is Christopher, een jongen met het syndroom van Asperger, die van de wereld van de wiskunde houdt omdat hij begrijpt hoe die werkt: de logica van die wereld houdt in dat er geen verrassingen zijn. Daarentegen staan menselijke interacties bol van de onzekerheden en onlogische wendingen waar Christopher niet mee om kan gaan. Zoals Christopher verklaart: 'Ik hou van priemgetallen … Voor mij zijn ze net als het leven. Ze zijn zeer logisch maar je zou nooit de regels kunnen achterhalen, zelfs niet als je er je hele leven over na zou denken.'

Priemgetallen vinden zelfs hun weg naar het witte doek. In de futuristische thriller *Cube* zitten zeven hoofdrolspelers opgesloten in een doolhof van kamers die wat wegheeft van een ingewikkelde Rubiks kubus. Elke kamer in de doolhof is kubusvormig en heeft zes deuren naar andere kamers in de doolhof. Aan het begin van de film worden de hoofdrolspelers wakker en ontdekken ze dat ze zich in dit doolhof bevinden. Ze hebben geen idee hoe ze daar gekomen zijn, maar ze moeten een weg naar buiten zoeken. Het probleem is dat zich in sommige kamers boobytraps bevinden. De hoofdrolspelers moeten een manier ontdekken om erachter te komen of een kamer veilig is voordat ze er binnengaan, omdat hun anders een hele reeks mogelijke gruwelijke levenseinden te wachten staat, zoals levend worden verbrand, overgoten worden met zuur en tot kleine blokjes gesneden worden – zoals ze ontdekken wanneer een van hen gedood wordt.

Een van de hoofdrolspelers, Joan, is een wiskundig wonderkind en zij realiseert zich ineens dat de getallen bij de ingang van elke kamer de sleutel vormen om erachter te komen of er al dan niet een val aanwezig is. Het lijkt erop dat de kamer een val bevat als een van de getallen bij de ingang een priemgetal is. 'Jij prachtig brein', roept de leider van de groep na dit stukje wiskundige deductie. Het blijkt dat ze ook moeten oppassen voor machten van priemgetallen, maar dit gaat de slimme Joan te boven. Dit keer moeten ze vertrouwen op iemand anders uit hun groep, een autistische savant, die de enige blijkt te zijn die levend uit de doolhof van de priemgetallen weet te komen.

Je wiskunde beheersen is, zoals de cicaden ontdekten, de sleutel tot overleven in deze wereld. Iedere wiskundedocent die problemen heeft met het motiveren van zijn leerlingen zou misschien de gruwelijke levenseinden uit *Cube* als propagandamateriaal kunnen gebruiken om ze de priemgetallen te laten leren.

Waarom zijn sciencefictionschrijvers zo dol op priemgetallen?

Wanneer sciencefictionschrijvers hun buitenaardse wezens met de aarde willen laten communiceren, hebben ze een probleem. Gaan ze ervan uit dat hun buitenaardse wezens echt slim zijn en de plaatselijke taal hebben geleerd of dat ze een slimme Babelfish-achtige vertaalmachine hebben uitgevonden die als tolk fungeert? Of gaan ze er gewoon vanuit dat iedereen in het universum Engels spreekt?

Een van de oplossingen die door veel schrijvers is gekozen, is dat wiskunde de enige echt universele taal is. En de eerste woorden die iemand in deze taal zou moet spreken, zijn de bouwstenen ervan: de priemgetallen. In Carl Sagans roman *Contact* pikt Ellie Arroway, die werkt voor SETI (Search for Extra-Terrestrial Intelligence), een signaal op waarvan ze beseft dat het niet zomaar achtergrondruis is, maar een reeks pulsen. Ze raadt dat het om binaire getallenrepresentaties gaat. Terwijl ze deze omzet naar decimale getallen, ontdekt ze plotseling een patroon: 59, 61, 67, 71… allemaal priemgetallen. En terwijl het signaal doorloopt, gaat het onverminderd door met priemgetallen tot en met 907. Dit kan geen toeval zijn, zo concludeert ze. Iemand stuurt een groet vanuit de ruimte.

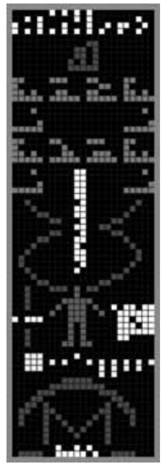
Veel wiskundigen geloven dat zelfs als er aan de andere kant van het universum een andere biologie, een andere scheikunde en een andere natuurkunde is, de wiskunde hetzelfde zal zijn. Iedereen die zich op een planeet in een baan om Vega bevindt en een wiskundeboek over priemgetallen leest, zal 59 en 61 nog steeds als priemgetallen beschouwen omdat, zoals G.H. Hardy, de vermaarde wiskundige uit Cambridge, schreef, deze getallen priemgetallen zijn ‘niet omdat we dat denken, of omdat onze hersenen zus gevormd zijn en niet zo, maar *omdat het zo is*, omdat de wiskundige werkelijkheid op die manier is opgebouwd.’

Priemgetallen kunnen dan misschien in het hele universum hetzelfde zijn, maar het blijft een interessante vraag of verhalen als die van mij ook in andere werelden worden verteld. Door de manier waarop we deze getallen door de millennia heen hebben bestudeerd, hebben we hun belangrijke eigenschappen ontdekt. Bij elke stap op weg naar het ontdekken van deze eigenschappen zien we de vingerafdruk van een bepaald cultureel perspectief, de wiskundige motieven van die periode in de geschiedenis. Zouden andere culturen in het universum andere gezichtspunten kunnen hebben ontwikkeld, die hun toegang geven tot stellingen die wij nog moeten ontdekken?

Carl Sagan was niet de eerste en zal ook niet de laatste zijn die priemgetallen gebruikt als communicatiemiddel. Priemgetallen zijn ook door NASA gebruikt in hun pogingen om contact met buitenaardse intelligentie te leggen. In 1974 zond de Arecibo-radiotelescoop in Puerto Rico een bericht naar het bolvormig sterrencluster M13, dat was uitgekozen vanwege zijn enorme aantal sterren om zo de kans te vergroten dat het bericht intelligente oren zou bereiken.

De boodschap bestond uit een reeks nullen en enen die konden worden gerangschikt tot een zwart-wit pixelplaatje. Het gereconstrueerde plaatje verbeeldde de getallen 1 tot en met 10 in binaire notatie, een schets van de structuur van DNA, een voorstelling van ons zonnestelsel en een foto van de Arecibo-radiotelescoop zelf. Omdat er slechts 1679 pixels beschikbaar

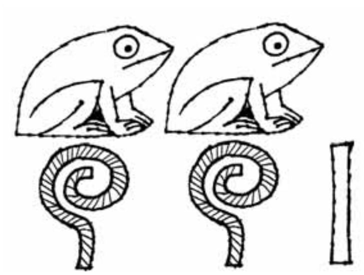
Figuur 1.05: *De boodschap die door de Arecibo-telescoop naar het sterrencluster M13 werd uitgezonden.*



waren, is het plaatje niet erg gedetailleerd. Maar de keuze voor het aantal 1679 was bewust omdat dit de sleutel bevat tot het correct rangschikken van de pixels. $1679 = 23 \times 73$, dus zijn er maar twee manieren om de pixels in een rechthoek te rangschikken en het plaatje samen te stellen. 23 rijen van 73 kolommen levert een janboel op, maar rangschik ze andersom, als 73 rijen van 23 kolommen, en je krijgt het resultaat zoals in figuur 1.05 is afgebeeld. Het sterrencluster M13 is 25.000 lichtjaar van ons vandaan, dus wachten we nog steeds op antwoord. Ik zou er de eerstkomende 50.000 jaar nog maar niet op rekenen!

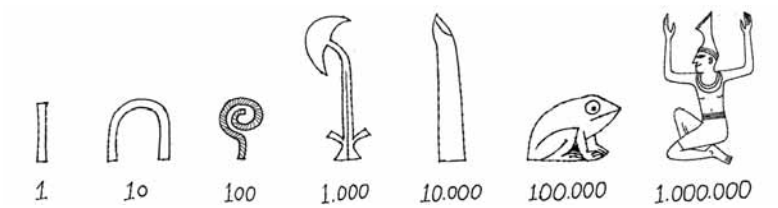
Hoewel priemgetallen universeel zijn, werden ze in de geschiedenis van de wiskunde op zeer uiteenlopende manieren genoteerd en is de notatie sterk cultuurgebonden, zoals onze reis langs diverse stations op deze planeet zal uitwijzen.

Welk priemgetal is dit?



Figuur 1.06

De oudst toegepaste wiskunde in de geschiedenis vinden we onder andere in het oude Egypte, en dit is hoe ze daar het getal 200.201 schreven. Al in 6000 v.C. lieten mensen het nomadenbestaan achter zich en vestigden zich langs de rivier de Nijl. Naarmate de Egyptische samenleving zich verder ontwikkelde, groeide de behoefte aan getallen: voor het registreren van belastingen, het meten van land en het bouwen van piramides. Net als voor hun taal maakten de Egyptenaren ook voor hun getallen gebruik van hiërogliefen. Ze hadden al een talstelsel ontwikkeld op basis van machten van 10, zoals het decimale stelsel dat we tegenwoordig gebruiken. (Deze keuze komt niet voort uit een of andere speciale wiskundige betekenis van dit getal, maar uit het anatomische feit dat we tien vingers hebben.) Ze moesten nog wel het positiestelsel uitvinden, waarbij getallen zo worden genoteerd dat de plaats van elk cijfer overeenkomt met de macht van 10 die door het cijfer wordt geteld. Zo hebben de tweeën in 222 afhankelijk van hun posities allemaal verschillende waarden. In plaats daarvan moesten de Egyptenaren voor elke macht van 10 nieuwe symbolen creëren (figuur 1.07).



Figuur 1.07: *Oud-Egyptische symbolen voor machten van 10. 10 is een gestileerd hielbeen, 100 een tros van een touw en 1000 is een lotusplant.*

Op deze manier kan 200.201 zeer beknopt worden opgeschreven, maar probeer maar eens het priemgetal 9.999.991 in hiërogliefen te schrijven: je zou 55 symbolen nodig hebben. Hoewel de Egyptenaren zich het belang van priemgetallen niet realiseerden, ontwikkelden zij wel enige verfijnde wiskunde waaronder – niet verrassend – de formule voor de inhoud van een piramide en een concept voor breuken. Maar hun getalnotatie was niet erg verfijnd, in tegenstelling tot die van hun buren, de Babyloniërs.

Welk priemgetal is dit?

Figuur 1.08

Dit is de manier waarop de oude Babyloniërs het getal 71 schreven. Net als het Egyptische rijk was ook het Babylonische rijk gecentreerd rond een grote rivier, de Eufraat. Vanaf 1800 v.C. regeerden de Babyloniërs over een groot deel van het tegenwoordige Irak, Iran en Syrië. Om hun rijk uit te breiden en te besturen, werden ze meesters in het omgaan met en het manipuleren van getallen. Verslagen werden bewaard op kleitabletten en schrijvers gebruikten een houten stokje of een uit riet gesneden pen om merktekens aan te brengen in de natte klei, die vervolgens werd gedroogd. Met de punt van de pen, die de vorm had van een wig, werden de kenmerkende spijkervormige tekens in de klei geduwd – vandaar de naam spijkerschrift.

Rond 2000 v.C. kwamen de Babyloniërs als een van de eerste culturen op het idee om een positiestelsel te gebruiken. Maar in plaats van gebruik te maken van machten van 10 zoals de Egyptenaren, ontwikkelden de Babyloniërs een talstelsel op basis van het getal 60. Ze hadden verschillende combinaties van symbolen voor alle getallen van 1 tot en met 59, en wanneer ze bij 60 kwamen, begonnen ze links aan een nieuwe 'zestig'-kolom en noteerden één zestigtal op dezelfde manier zoals wij in het decimale stelsel een 1 in de 'tientallen'-kolom zetten wanneer het aantal eenheden boven de 9 komt. Dus bestaat het priemgetal hierboven uit één zestigtal plus het symbool voor 11, wat samen 71 oplevert. De symbolen voor de getallen tot en met 59 hebben enige verwantschap met het decimale stelsel omdat de getallen van 1 tot en met 9 worden weergegeven met horizontale lijnen, maar dan wordt 10 weergegeven door het symbool van figuur 1.09.

Figuur 1.09

De keuze voor de basis 60 is wiskundig gezien veel meer gerechtvaardigd dan die voor het decimale stelsel. Het is een getal met veel delers, waardoor het erg bruikbaar is bij het rekenen. Als ik bijvoorbeeld 60 bonen heb, kan ik ze op allerlei manieren verdelen (figuur 1.12).

De Babyloniërs hadden bijna een zeer belangrijk getal in de wiskunde ontdekt: het getal nul. Als je het priemgetal 3607 in spijkerschrift had willen schrijven, had je een probleem gehad. Het is gelijk aan 3600, oftewel 60-kwadraat, plus zeven eenheden, maar als ik dat opschrijf zou het gemakkelijk kunnen lijken op één zestigtal en zeven eenheden: nog steeds een priemgetal, maar niet het priemgetal dat ik wil hebben. Om dit op te lossen introduceerden de Babyloniërs een symbooltje om aan te geven dat er in de kolom van de zestigtallen niet tot 60 geteld moest worden. Het getal 3607 zou dus moeten worden geschreven als in figuur 1.11.

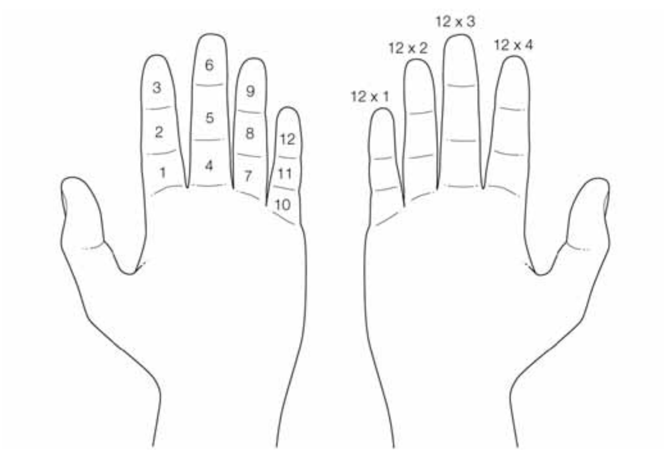
Maar ze zagen nul niet als een getal op zich. Voor hen was het gewoon een symbool dat in het positiestelsel werd gebruikt om de afwezigheid van bepaalde machten van 60 aan te geven. De wiskunde zou nog eens 2700 jaar moeten wachten, tot de zevende eeuw n.C., toen de Indiërs nul als getal introduceerden en de kenmerken ervan onderzochten. De Babyloniërs zijn niet alleen verantwoordelijk voor het ontwikkelen van een slimme schrijfwijze voor getallen, ze bedachten ook de eerste methode voor het oplos-

Op je vingers tot 60 tellen

Er zijn nog veel overblijfselen van het zestigtallig stelsel van de Babyloniërs. Er gaan 60 seconden in een minuut, 60 minuten in een uur en $360 = 6 \times 60$ graden in een cirkel. Er zijn aanwijzingen dat de Babyloniërs op een slimme manier op hun vingers tot 60 konden tellen.

Elke vinger bevat drie vingerkootjes. Elke hand heeft vier vingers, dus kun je met de duim naar elk van de 12 verschillende vingerkootjes wijzen. De linkerhand wordt gebruikt om tot 12 te tellen. Vervolgens worden de vier vingers aan de rechterhand gebruikt om bij te houden hoeveel twaalftallen je hebt geteld. In totaal kun je tot en met vijf twaalftallen tellen (vier twaalftallen op de rechterhand plus één twaalftal op de linkerhand), dus kun je tot 60 tellen.

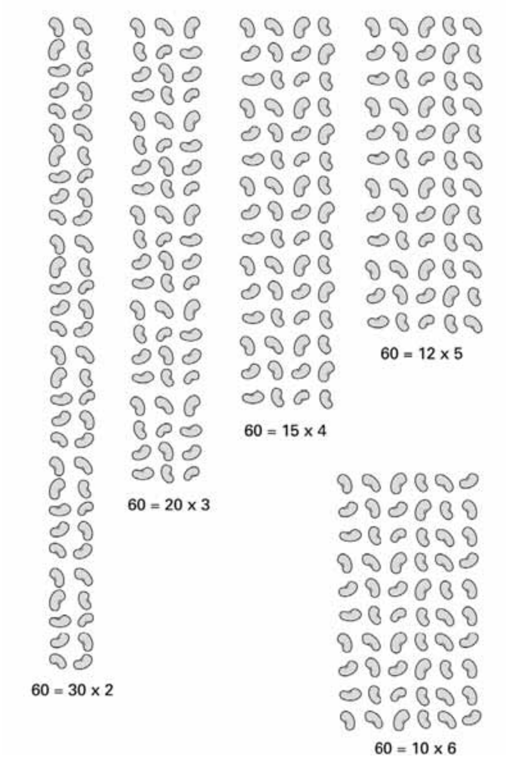
Een voorbeeld: voor het priemgetal 29 moet je met de rechterhand twee twaalftallen aangeven en vervolgens met de linkerduim naar het vijfde vingerkootje gaan.



Figuur 1.10

Figuur 1.11

$$60 = 30 \times 2 = 20 \times 3 = 15 \times 4 = 12 \times 5 = 10 \times 6$$



Figuur 1.12: *De verschillende manieren om 60 bonen te verdelen.*

sen van tweedegraadsvergelijkingen, iets wat elk kind nu op school leert. Ze hadden ook een vaag idee van de stelling van Pythagoras. Er zijn echter geen aanwijzingen dat de Babyloniërs de schoonheid van priemgetallen waardeerden.

Welk priemgetal is dit?

Figuur 1.13

De Meso-Amerikaanse cultuur van de Maya's bereikte haar hoogtepunt tussen 200 tot 900 n.C., en strekte zich uit van het zuiden van Mexico via

Guatemala tot El Salvador. Om hun astronomische berekeningen uit te voeren hadden ze een verfijnd talstelsel ontwikkeld, waarin het getal 17 werd geschreven zoals afgebeeld in figuur 1.13. In tegenstelling tot de Egyptenaren en de Babyloniërswerkten de Maya's met een twintigtallig stelsel. Ze gebruikten een punt voor één, twee punten voor twee en drie punten voor drie. Net zoals een gevangene dagen op de wand van zijn cel afstreept, schreven ze wanneer ze bij vijf kwamen geen extra punt, maar zetten ze een streep door de vier punten. Een streep komt dus overeen met vijf.

Interessant genoeg is het systeem gebaseerd op het principe dat onze hersenen snel kleine hoeveelheden kunnen onderscheiden (we kunnen het verschil aangeven tussen één, twee, drie en vier dingen), maar daarboven wordt het in rap tempo moeilijker. Hadden de Maya's tot 19 geteld (drie lijnen met vier punten erboven), dan maakten ze een nieuwe kolom om het aantal twintigtallen te tellen. De volgende kolom had het aantal vierhonderdtallen (20×20) moeten aangeven, maar bizar genoeg stelt deze het aantal 360-tallen (20×18) voor. Deze vreemde keuze houdt verband met de cycli van de Maya-kalender. Eén cyclus beslaat 18 maanden van 20 dagen. (Dat is slechts 360 dagen. Om het jaar van 365 dagen vol te maken, voegden ze een extra maand van vijf 'slechte dagen' toe, die als zeer ongelukkig werden beschouwd.)

Opmerkelijk genoeg gebruikten de Maya's net als de Babyloniërs een speciaal symbool om de afwezigheid van bepaalde machten van 20 aan te geven. Elke plek in hun talstelsel werd geassocieerd met een god en het werd als oneerbiedig tegenover de god gezien als die niets in handen werd gegeven, dus werd de afbeelding van een schelp gebruikt om niets te verbeelden. De creatie van dit symbool voor niets kwam voort uit zowel bijgelovige als wiskundige motieven. Net als de Babyloniërs beschouwden ook de Maya's nul niet als een getal op zich.

De Maya's hadden een talstelsel nodig om zeer grote getallen te tellen, aangezien hun astronomische berekeningen enorme cycli in de tijd overspanden. Zo'n cyclus wordt gemeten met de zogeheten lange telling, die begon op 11 augustus 3114 v.C., vijf posities gebruikt en doorloopt tot $20 \times 20 \times 20 \times 18 \times 20$ dagen. Dat is een totaal van 7890 jaar. Een belangrijke datum op de Maya-kalender is 21 december 2012, wanneer de Maya-datum op 13.0.0.0.0 komt. Net zoals kinderen achterin de auto wachten tot de kilometerteller verspringt, zijn inwoners van Guatemala uiterst opgewonden over deze op handen zijnde gebeurtenis – hoewel sommige doemdenkers beweren dat deze datum het einde van de wereld zal betekenen.