



OORLOGSHELD WISKUNDEGENIE MARTELAAR

Ook de wiskunde heeft een martelaar: de geniale Alan Turing kraakte Hitlers code, maar stierf in verdachte omstandigheden aan het gif van een cyanideappel.

Door Dirk HUYLEBROUCK

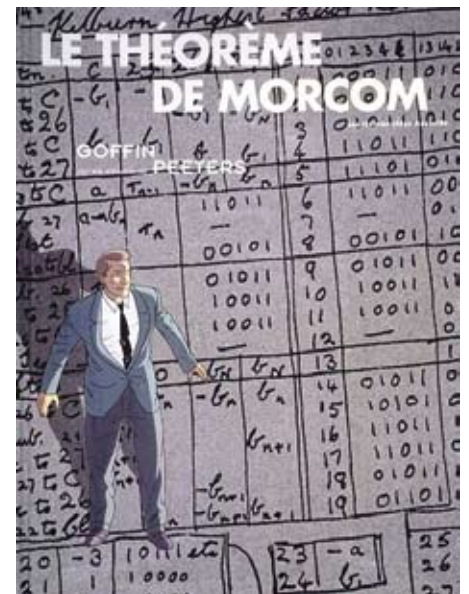
Volgens *Time Magazine* was Alan Turing een van de twintig belangrijkste wetenschappers en denkers van de vorige eeuw. Deze wiskundige kraakte tijdens de Tweede Wereldoorlog een levensbelangrijke code van de Wehrmacht, en dat had zulke spectaculaire gevolgen dat er films, toneelstukken en tekenverhalen over werden gemaakt. Turing is voor vele informatici ook de vader van de moderne computerwetenschap, terwijl zijn verwezenlijkingen in de meest abstracte wiskunde tot op vandaag worden bestudeerd. Hij stierf in 1954, enkele dagen voor zijn 42ste verjaardag, aan een dosis cyanide.

De omstandigheden van zijn dood bleven mysterieus: naast zijn bed werd een gedeeltelijk opgegeten appel gevonden. Er bestaat een sterk vermoeden dat die appel iets met zijn dood te maken had, maar niemand heeft ooit geweten wat precies. Of misschien heeft niemand het ook willen weten, want Andrew Hodges besloot zijn biografie *Alan Turing, the Enigma* (1983) met de opmerking dat er nergens een gedenkteken scheen te bestaan ter ere van Turing, een oorlogsheld en een held van de wetenschap.

Op discrete wijze kwam daar echter verandering in. De Universiteit van Manchester liet in 2001 een levensecht beeld plaatsen van Turing in het kleine Saksville Park in het centrum van de stad. De klassieke media berichtten er weinig over, al deden de gespecialiseerde wiskundige pers en holebi-media wel inspanningen om bezoekers warm te maken voor een pelgrimstocht naar het beeld. Zo wordt Turings naam in het begin van de eenentwintigste eeuw niet alleen gezuiverd, maar krijgt de man stilaan ook de erkenning die hij verdient.

LEVEN EN WERK

Alan Mathison Turing werd geboren in Londen op 23 juni 1912. Hij liep school aan het Sherborne-college in het zuidwesten van Engeland. Op zijn interesse voor de wiskunde en de wetenschappen werd in die periode neergekeken, omdat men vond dat hij in klassieke zin moest worden opgevoed. Daardoor belandde hij in Cambridge aan King's College, en niet aan het prestigieuzere Trinity College. Hij kreeg er na zijn studies een beurs als onderzoeker, gebaseerd op zijn verhandeling over de 'centrale limietstelling'. Vele lezers zullen zich deze stelling herinneren uit



Turings dramatische leven inspireerde menig verhaal, zoals dit beeldverhaal over wiskunde en militaire spionage. De titel verwijst naar Turings jeugdliefde.

hun lessen statistiek: het gemiddelde van een groot aantal onafhankelijke variabelen volgt bij benadering een normale verdeling (een klokvormige Gausskromme), zelfs al volgen

de variabelen zelf geen normale verdeling.

Op vierentwintigjarige leeftijd publiceerde hij het artikel *Berekenbare getallen* (*On Computable Numbers*), waardoor velen hem beschouwen als de vader van de informatica. De ondertitel luidde 'met toepassing op het *Entscheidungsproblem*'. Dat verwijst naar een vraag van David Hilbert over de 'beslissings-theorie': is er een algoritme (een eindige reeks helder gestelde redeneringen), opgesteld in een formele taal, waardoor een wiskundige uitspraak in die taal een duidelijk antwoord met 'waar' of 'vals' oplevert? Natuurlijk, zou men denken, dat is toch de essentie van de 'wis-kunde', de kunde van het wis en zekere? Of toch niet, want tussen 1935 en 1937 formuleerden Alonzo Church en Alan Turing duidelijke, maar ontkennende antwoorden. Ze baseerden zich op het werk van de beroemde logicus Kurt Gödel, waarbij ze de abstracte denkwijze van de logica concreetiseerden tot het niveau van computerhandelingen.

Daaruit kwamen de 'Turingmachines' voort, geen echte machines met elektronica of radertjes, maar erg toegankelijke en intuïtieve denkconstructies. Het gevolg is dat er vandaag een heel vakgebied zich bezighoudt met de 'theory of computation'. Het idee van een universele Turingmachine die alle denktaken van andere machines zou kunnen overnemen, schiep het droombeeld van een computermeid voor alle werk, of meer respectvol, een alles (be-)denkende machine.

In die tijd werkte Turing met Church aan het prestigieuze Princeton Institute for Advanced Study, waar hij in 1938 zijn doctoraat verdedigde. Daarna keerde hij terug naar Cambridge. Als snel kondigde de oorlog zich aan, en zijn interesse voor coderingstheorie bracht Turing naar de Bletchley Park Code and Cypher School. Hij werd door de regering gerekruteerd en verbeterde de Poolse Bomba-decodeermachine, die bij het begin van de oorlog als enige in staat was de Duitse Enigma-code te kraken. Turings verbetering bleek een beslissende doorbraak in WOII. De ontcijfering van de berichten van met name de Duitse zeemacht spaarde honderdduizenden levens. In 1945 werd Turing voor zijn verdiensten tijdens de oorlog beloond met de Orde van het Britse Imperium.

Na de oorlog werd Turing lid van een onderzoeksgroep van de Universiteit van Manchester, die verantwoordelijk was voor vele doorbraken in de ontwikkeling van de elektronische rekenmachine en de computer. Een van Turings belangrijkste bijdragen was een verrassende en erg leesbare handleiding over programmeren van computers, en hij mag dan ook beschouwd worden als de allereerste 'computerwizz'. Turing kroop zelfs in de



Een levensecht beeld van Turing in het kleine Saksville Park in Manchester.



Waarom het beeld onder één oog enkele lijnen vertoont, alsof het weent, blijft onduidelijk.



Rechts hut 3 in Bletchley Park, waar Alan Turing er tijdens WOII in slaagde een bestaand decodeerapparaat zodanig te verbeteren dat het de Duitse Enigma-code kon kraken. De ontcijfering van de berichten spaarde honderdduizenden levens.

huid van een computer toen in 1948 een van de eerste schaakprogramma's zou worden getest, maar nog geen enkele computer krachtig genoeg was om dit programma te testen (hij verloor weliswaar).

In 1950 beschreef Turing een bijzonder vroeg experiment op het gebied van de artificiële intelligentie dat nog steeds zijn naam draagt (zie 'De Turingtest', p. 42). Het is dan ook niet verwonderlijk dat de Turing Award voor bijdragen aan de computerwetenschappen, die sinds 1966 wordt uitgereikt, alomtorend wordt gezien als de ICT-Nobelprijs.

WISKUNDIGE NUANCE

Hoewel de verdiensten van de man voor de computerwetenschappen moeilijk te overschatten zijn en hij soms beschreven wordt als een soort Bill Gates avant-la-lettre, was hij wel degelijk een echte wiskundige. Niet alleen ging zijn masterverhandeling over de statistiek, ook later interesseerde Turing zich voor

vele deelgebieden van de wiskunde. Tegen het einde van zijn leven legde hij zich zelfs toe op de biologische processen waardoor een organisme bepaalde vormen ontwikkelt en andere niet (zoals het bepalen van het aantal blaadjes van een plant, dat steeds de rij van Fibonacci volgt: 1, 1, 2, 3, 5, 8, ...).

Ook richtte Turing lange tijd zijn aandacht op de zogenaamde zetafunctie $\zeta(s)$, genoteerd met de Griekse letter zeta of ζ , die was opgesteld door de Duitse wiskundige Bernhard Riemann. De 'Riemannhypothese' werd beroemd door *A Beautiful Mind*, de film over John Nash. Voor de waarden van 2 en van 3 wordt ze gegeven door:

$$\zeta(2) = 1 + 1/2^2 + 1/3^2 + 1/4^2 + \dots = 1 + 1/4 + 1/9 + 1/16 + \dots = 1,6\dots$$

en

$$\zeta(3) = 1 + 1/2^3 + 1/3^3 + 1/4^3 + \dots = 1 + 1/8 + 1/27 + 1/64 + \dots = 1,2\dots$$

Het is mogelijk in de noemers ook machten in te voeren die één van de hypothetische

wortels van -1 gebruiken (met een wiskundig symbool ' i '), en in dat geval kan deze functie nul worden. Riemann stelde de vraag voor welke waarden dit gebeurt en deed een erg verrassende suggestie, die computerberekeningen later altijd zouden bevestigen, maar niet konden bewijzen.

Merkwaardig is dat de Riemannhypothese om een of andere reden vele belangrijke wiskundigen fascineerde. Turings werk hierover is niet noodzakelijk zijn meest beroemde, maar wel een van de gebieden waar de kracht van zijn wiskundig denken het meest diepgaand wordt gevoeld. In 1950 deed hij een van de eerste pogingen om die zo gezochte nulpunten van de zetafunctie op een computer te berekenen: hij gebruikte de Mark 1 van de Universiteit van Manchester, een van de allereerste computers ooit, die vandaag alleen nog van belang is voor de archeologie van de informatica. In 1939 had hij echter al geprobeerd om eigenhandig een rekenmachine te bouwen, met radertjes en alles erop en eraan, precies voor de berekening van waarden van $\zeta(s)$.

Zijn abstract wiskundig inzicht en technisch geknutsel zou een paar jaar later een *collateral advantage* opleveren bij het beëindigen van WOII. Het toont op spectaculaire wijze aan hoe fundamenteel onderzoek op het gebied van de meest abstracte wiskunde onverwachte gevolgen kan hebben, al leggen films over het breken van een of andere code in WOII zich meestal niet toe op dat aspect.

EEN TRAGISCHE DOOD

Dat scenarioschrijvers niet noodzakelijk gevoel voor wiskunde hebben, kunnen we nog begrijpen, maar het is jammer dat films ook meer persoonlijk zaken soms doelbewust verzwijgen. Zo vond de film *Enigma* uit 2001, met Dougray Scott en Kate Winslet in de hoofdrollen, het nodig te verbloemen dat de

Een emotioneel beeld

Het plan om een standbeeld neer te zetten heeft een merkwaardige geschiedenis. Na een eerste initiatief van enkele enthousiastelingen in 1997 kwam er steun van het Britse Genootschap voor de Geschiedenis van de Wiskunde, maar de computerindustrie bleef opmerkelijk afzijdig. Gelukkig waren er andere financiële bijdragen, onder meer van de Stadsraad en de holebi-gemeenschap in Manchester. Opmerkelijk waren ook de vele kleine donaties van oudere mensen, die hun dankbaarheid voor een held uit WOII wilden tonen.

In 2001 werd het beeld onthuld. Het toonde een menselijke Turing, waar men naast kon gaan zitten, en geen klassiek rechtopstaand beeld van een strenge figuur waar men naar moet opkijken. Het werkte, want er waren soms rijen van mensen die hun beurt afwachtten om naast het beeld van Turing te mogen zitten. Hopelijk volgen ze de raad van Bertrand Russell op een plaat naast het beeld. 'Wanneer je ze juist bekijkt, bezit de wiskunde niet alleen waarheid, maar ook grootse schoonheid, een schoonheid koud en streng als van een beeld.'

Beeldhouwer Glyn Hughes begroef symbolisch zijn oude Amstradcomputer onder de gedenkplaat bij het standbeeld, en verwerkte er ook brons van geweren in. Intussen blijft het onduidelijk waarom het beeld onder één oog enkele lijnen vertoont, alsof het een traan plengt.

leider van het team codebrekers homoseksueel was. Dat personage was zonder twijfel geënt op Alan Turing, die altijd open is geweest over zijn seksuele geaardheid, zodat er geen reden was om dat te verzwijgen. Tijdens zijn tienerjaren in Sherborne liep Turing de oudere student Christopher Morcom tegen het lijf, maar zijn eerste liefde stierf aan rundertuberculose door het drinken van besmette melk. Zijn tragisch begonnen liefdesleven zou ook tragisch

sie' te genezen, en koos voor de injecties. De hele geschiedenis had wel voor gevolg dat Turing zijn levenswerk niet meer kon voortzetten, want om redenen van nationale veiligheid mocht hij zich niet meer over de codetheorie ontfermen. Twee jaar later, in 1954, werd hij dood aangetroffen in zijn huis nadat hij 'blijkbaar' een hap uit een appel had genomen die vergiftigd was met cyanide. De appel werd vreemd genoeg nooit getest door de politiediensten,

Turing werd vervolgd voor 'illegale seksuele handelingen' en kon daardoor zijn levenswerk niet meer voortzetten

eindigen. In 1952 stapte Turing naar de politie om een inbraak aan te geven, waaraan zijn 19-jarige minnaar Arnold Murray medeplechtig was.

Tijdens het onderzoek gaf Turing met zoveel woorden toe dat hij een relatie had met Murray, waarop de speurder besliste om behalve de dader ook het slachtoffer te vervolgen, voor illegale seksuele handelingen. Turing moest kiezen tussen een celstraf en hormoneninjecties om zijn 'perver-

al bracht de lijkschouwing wel de aanwezigheid van cyanide aan het licht. Was het een ongeluk, veroorzaakt door Turings onbekommerde omgang met gevaarlijke chemische producten? Of was het zelfmoord – geïnspireerd door zijn lievelingsverhaal Sneeuwwitje – en wilde hij door deze encenering zijn moeder sparen? Of waren de veiligheidsdiensten erbij betrokken, die een homoseksueel codebreker als een gevaar beschouwden?

BEROUW KOMT NA DE ZONDE

Andrew Hodges' biografie van 1983 inspireerde dramaturg Hugh Whitmore in 1986 tot het stuk *Breaking the Code*. Tijdens de talrijke opvoeringen in Londen en New York vertolkte Derek Jacobi de rol van Alan Turing op zo'n overtuigende wijze dat een herwerkte versie met hem verfilmd werd voor televisie in 1997. Ook de stad Manchester begon stilaan te beseffen dat Turing een unieke figuur was, die veel meer bekendheid verdiende dan hij tot dan toe kreeg. Vandaag is er een Alan Turing Bridge en een weg met zijn naam, en verschillende gebouwen verwijzen naar de geniale wiskundige. Aan de University of Surrey, de streek waar Turing opgroeide, werd in 2004 een bronzen standbeeld van Turing onthuld, en in 2007 verscheen een prachtig levistenen beeld in Bletchley Park, waar Turing zijn codes kraakte.

Pieter Geelen, mede-oprichter van navigatiesystemenbouwer TomTom, schuift een deel van zijn inkomsten naar zijn Turing Foundation door. Het verhaal dat het logo van Apple verwijst naar Turings gifappel (met één forse hap eruit) blijkt op fantasie te berusten, maar het illustreert wel hoezeer Turing tot de verbeelding spreekt. En een holebi-held die wiskunde of informatica tot de verbeelding doet spreken, wie kan daar nu tegen zijn? ●

De Turingtest

Een denkproef die tot vandaag de naam Turingtest draagt, was in de jaren 1950 een provocerende bijdrage op het gebied van de artificiële intelligentie. Het is een van de eerste tests waarin werd voorgesteld om na te gaan of een machine een blijk van intelligentie zou kunnen geven. Turing beschreef hem in zijn artikel *Computing Machinery and Intelligence*: een groep (menselijke) juryleden converseert met een machine en met een mens, geïsoleerd van elkaar. De machine, die probeert menselijk gedrag te vertonen, slaagt in de test als de jury haar niet van de mens kan onderscheiden.

Hoewel sommige televisieshows de indruk wekken dat een vergelijking met een mens niet noodzakelijk een bewijs van intelligentie impliceert, was de Turingtest een bijzonder stoutmoedige visie op de intelligentie van computers in een tijd dat die er nauwelijks waren. Turing zelf suggereerde al dat het voor de machine een goede zet zou zijn om ook een aantal menselijke fouten na te bootsen en dus met opzet niet-intelligent gedrag te vertonen. Bovendien was de samenstelling van de jury een ander zwak punt, want welke mensen kunnen slim genoeg worden geacht om te bepalen of de slimste ter wereld een mens dan wel een machine is?

De Turingtest is actueler dan ooit, want wie stelt zich bij het chatten niet de vraag wie of wat er nu aan de andere kant van de lijn zit? Ook nu zijn er nog wedstrijden, zoals de Loebnerprijs, waarin een machine tenminste 30 procent van de ondervragers er in vijf minuten van moet overtuigen dat ze een mens is (www.loebner.net/Prize/loebner-prize.html). De jury bestaat uit filosofen, computerwetenschappers en journalisten. In het najaar van 2008 slaagde de chatrobot Elbot van de firma Artificial Solutions erin om een kwart van zijn gesprekspartners te laten geloven dat ze met een mens converseerden. Bij conversatie werd aanvankelijk alleen aan het uitwisselen van tekst via een keyboard gedacht, maar vandaag zijn er ook testvarianten met virtuele personages die spreken. (zie youtube.com/eosmagazine en klik op 'The Turing Test').

