

# DE COMPUTER EN ROUTE

1950 – 1990

10

*Op weg naar een nieuw computertijdperk*

1960 – 1995

11

*Oost-Europese computers*

1960 – 1990

**Maarten Looijen**

12

*Rekencentra Nederlandse Universiteiten*

1958 – 1990

13

*Internet en Microsoft*

1997 – 2009

14

*Het nieuwe computertijdperk*

DE COMPUTER *EN ROUTE*

## Andere uitgaven bij Van Haren Publishing

Van Haren Publishing (VHP) is gespecialiseerd in uitgaven over Best Practices, methodes en standaarden op het gebied van de volgende domeinen:

- IT en IT-management;
- Enterprise-architectuur;
- Projectmanagement, en
- Businessmanagement.

Deze uitgaven zijn beschikbaar in meerdere talen en maken deel uit van toonaangevende series, zoals *Best Practice*, *The Open Group series*, *Project management* en *PM series*.

Op de website van Van Haren Publishing is in de **Knowledge Base** een groot aanbod te vinden van whitepapers, templates, gratis e-books, docentenmateriaal etc. Ga naar [www.vanharen.net](http://www.vanharen.net).

Van Haren Publishing is tevens de uitgever voor toonaangevende instellingen en bedrijven, onder andere: Agile Consortium, ASL BiSL Foundation, CA, Centre Henri Tudor, Gaming Works, IACCM, IAOP, IPMA-NL, ITSqc, NAF, KNVI, PMI-NL, PON, The Open Group, The SOX Institute.

Onderwerpen per domein zijn:

### IT en IT-management

ABC of ICT™  
ASL®  
CATS CM®  
CMMI®  
COBIT®  
e-CF  
ISO 17799  
ISO 20000  
ISO 27001/27002  
ISPL  
IT4IT  
IT-CMF™  
IT Service CMM  
ITIL®  
MOF  
MSF  
SABSA  
SIAM

### Enterprise-architectuur

ArchiMate®  
GEA®  
Novius Architectuur Methode  
TOGAF®

### Businessmanagement

*BABOK® Guide*  
BiSL® en BiSL® Next  
BRMBOK™  
BTF  
EFQM  
eSCM  
IACCM  
ISA-95  
ISO 9000/9001  
OPBOK  
SixSigma  
SOX  
SqEME®

### Projectmanagement

A4-Projectmanagement  
DSDM/Atern  
ICB / NCB  
ISO 21500  
MINCE®  
M\_o\_R®  
MSP®  
P3O®  
*PMBOK® Guide*  
PRINCE2®

Voor een compleet overzicht van alle uitgaven, ga naar onze website: [www.vanharen.net](http://www.vanharen.net)

# **DE COMPUTER *EN ROUTE***

**Maarten Looijen**

# COLOFON

Titel:	DE COMPUTER <i>EN ROUTE</i>
Auteur:	Prof. Dr. Ir. Maarten Looijen
Uitgever:	Van Haren Publishing, Zaltbommel, <a href="http://www.vanharen.net">www.vanharen.net</a>
ISBN	Hard copy 978 94 018 0244 4 eBook 978 94 018 0245 1
Druk:	Eerste druk, eerste oplage, november 2017
Vormgeving:	Mitsgaders, Den Haag
Copyright:	© Van Haren Publishing, 2017

Neem voor vragen omtrent de inhoud contact op met de auteur Maarten Looijen via [m.looijen@tudelft.nl](mailto:m.looijen@tudelft.nl)

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Hoewel deze uitgave met de grootst mogelijke zorg is opgesteld, kan noch de auteur, noch de editor, noch de uitgever enige aansprakelijkheid aanvaarden voor schade voortvloeiend uit fouten of onvolkomenheden in de tekst.

# INHOUD

9 *Woord vooraf*

## 1

12 *Rekentuig en rekenkunst*

3100 v.Chr.

13 De steenformatie van Stonehenge

14 Sterrenkundige apparaten

18 De abacus

21 Rekenlatten en logaritmen

## 2

26 *Wilhelm Schickard*

1592-1635

27 Niet Blaise Pascal

28 Vroege astronomen

31 Wilhelm Schickard

32 De briefwisseling

36 De eerste rekenmachine

38 *Een rekenvoorbeeld*

39 *Nauwkeurigheid van de rekenmachine*

## 3

42 *Charles Babbage*

1791-1879

43 Studietijd

44 Na de universiteit

45 De Difference Engine

50 De Analytical Engine

51 Ada Lovelace

52 De laatste jaren

## 4

54 *John Vincent Atanasoff*

1903 - 1995

55 John Vincent Atanasoff

56 De Atanasoff-Berry-computer

61 Gerehabiliteerd

## 5

66 *Konrad Zuse*

1910 - 1995

67 Studie en werk

67 De z1 en de z2

70 De z3 en navolgende modellen

71 De eigen onderneming

73 Gehonoreerd

## 6

76 *John von Neumann*

1903 - 1957

80 Von Neumann en de computer

84 Institute for Advanced Study

85 Geniaal en geleerd

## 7

88 *Japanse computers*

1950 - 1960

90 De Japanse computergeschiedenis

91 De eerste computers

92 De parametron-computer

94 De transistor-computer

## 8

98 *Fujitsu*

1935 – 1980

99 *Fujitsu*

101 *Compatibiliteit*

103 *De Japanse taal*

## 9

106 *Nederlandse impressies*

1950 – 1990

107 *Het rekenen*

110 *De PTT*

112 *Het Mathematisch Centrum*

117 *Philips*

118 *De overgang naar de jaren zestig*

## 10

122 *Op weg naar een nieuw computertijdperk*

1960 – 1995

128 *International Business  
Machines Corporation (IBM)*

132 *Digital Equipment Corporation (DEC)*

139 *Wet van Moore*

## 11

140 *Oost-Europese computers*

1960 – 1990

141 *Comecon*

141 *Sovjet-Unie*

141 *ELBRUS computers*

142 *ES EVM computers*

142 *BESM computers*

144 *Algams*

144 *Strela*

144 *Algol 68*

144 *Oekraïne*

145 *Wit-Rusland*

146 *Bulgarije*

146 *Armenië*

146 *Estland*

146 *Oost-Duitsland*

147 *Roemenië*

147 *Polen*

148 *Joegoslavië*

## 12

150 *Rekenentra Nederlandse Universiteiten*

1958 – 1990

151 *Rekenentrum  
Rijksuniversiteit Groningen*

154 *Rekenentrum  
Technische Hogeschool Delft*

156 *Rekenentrum Technische  
Hogeschool Eindhoven*

158 *Rekenentrum  
Rijksuniversiteit Leiden*

161 *Rekenentrum Katholieke  
Hogeschool Tilburg*

163 *Rekenentrum Katholieke  
Universiteit Nijmegen*

165 *Rekenentrum Technische  
Hogeschool Twente*

170 *Stichting Academisch  
Rekenentrum Amsterdam (SARA)*

176 *Samenwerking Universitaire  
Rekenfaciliteiten (SURF)*

178 *Overlegorganen*

# 13

180 *Internet en Microsoft*

1957 - 2009

181 Het internet

183 Ontstaan van Microsoft

# 14

188 *Het nieuwe computertijdperk*

2000 - ...

189 Mobiele telefoons

190 Social media

191 Webshop

191 Big Data

192 Cloud computing

193 Supercomputers en  
Super-supercomputers

193 Kwantumcomputers

194 Robotisering

195 Bedreigingen

197 Maatregelen tegen bedreigingen

198 Green computing

199 Tot uw dienst

203 Gevolg en vervolg

207 *Epiloog*

209 *Literatuur*

209 1 Rekentuig en rekenkunst

209 2 Wilhelm Schickard

209 3 Charles Babbage

210 4 John Vincent Atanasoff

210 5 Konrad Zuse

210 6 John von Neumann

211 7 Japanse computers

211 8 Fujitsu

211 9 Nederlandse impressies

212 10 Op weg naar een nieuw  
computertijdperk

213 11 Oost-Europese computers

213 12 Rekencentra Nederlandse  
Universiteiten

214 13 Internet en Microsoft

214 14 Het nieuwe computertijdperk

215 *Over de auteur*

216 *Defensie Computer Centrum/  
Duyverman Computer Centrum*





# WOORD VOORAF

Dit boek is een vervolg op *Grepen uit de Geschiedenis van de Automatisering* dat in 1992 en in 1995 is uitgebracht en na te zijn uitverkocht niet meer is verschenen. In 2017 heb ik besloten om deze geschiedenis, mede op verzoek van anderen, een vervolg te geven maar wel met de nieuwe titel *DE COMPUTER EN ROUTE*. Tegelijkertijd zijn in de oorspronkelijke tekst aanpassingen en aanvullingen gedaan, waar dat nodig was. *Het Woord vooraf* van de oorspronkelijke uitgave startte met het volgende.

De komst van de eerste computers luidde het begin in van de moderne geschiedenis van de automatisering; een geschiedenis die al weer enige decennia van de twintigste en eenentwintigste eeuw bestrijkt. Maar daarbij dient wel te worden bedacht dat er ook een oude geschiedenis van de automatisering is, die teruggaat tot de Middeleeuwen en zelfs ver daarvoor. Omdat de mens altijd getracht heeft het rekenen en het beheer van verzamelingen te ondersteunen met technische hulpmiddelen, zijn door de eeuwen heen talrijke, vaak heel ingenieuze hulpmiddelen bedacht. De wens steeds nauwkeuriger natuurkundige en boekhoudkundige aspecten te kunnen beschrijven én het menselijk vernuft hebben ertoe geleid dat steeds beter toepasbare methoden en technieken zijn gerealiseerd. Uitgedrukt in tijd bestrijkt de oude geschiedenis een periode die vele malen langer heeft geduurd dan de periode waarin de moderne computer zich wist te ontwikkelen. Die lange periode kenmerkt zich door vele uitermate boeiende ontwikkelingen die in veel gevallen als voorlopers zijn te beschouwen van de denkwijzen en technische producten van dit moment. Om die reden wordt in dit boek met betrekking tot het begrip automatisering geen onderscheid gemaakt tussen de periode waarin het begrip ‘automatisering’ gemeengoed is geworden en de periode waarin men andere termen gebruikte bij het ontwikkelen en toepassen van allerhande middelen. Deze benadering is min of meer te vergelijken met de Engelse aanduiding *history of computing* dat alles op rekengebied en bijbehorende hulpmiddelen omvat.

Over die lange automatiseringsperiode zijn inmiddels vele boeken en artikelen verschenen. Toch blijft veel van het beschrevene min of meer verborgen, zeker in Nederland. Het beperkt zich meestal tot een aantal vaak herhaalde hoofdlijnen waarin steeds weer dezelfde personen en dezelfde apparaten worden genoemd. Kennelijk is het niet zo eenvoudig om tot de omvangrijke buitenlandse literatuur door te dringen om een wat breder beeld te krijgen. Tot de onmogelijkheden behoort dat zeker niet. Wel zal men dan niet zelden met veel technische details worden geconfronteerd die niet altijd even gemakkelijk te begrijpen zijn.

Uit eigen waarneming is gebleken dat de belangstelling voor de geschiedenis van de automatisering almaar toeneemt, terwijl het aantal publicaties op Nederlands taalgebied nog pover is. Daaraan is getracht iets te doen. Het zou daarbij niet moeten gaan om een terugblik in een verleden dat nauwelijks of geen betekenis meer heeft, maar veeleer om kennis te nemen van de vele ontwikkelingen die essentieel zijn geweest voor de methoden, de technieken en de automatiseringsmiddelen van nu. Met deze zienswijze voor ogen is vervolgens de vraag gesteld hoe breed en hoe diep deze geschiedenis van de automatisering diende te worden uitgewerkt. Op voorhand was duidelijk dat, gelet op de enorme omvang ervan, beperkingen zouden moeten worden opgelegd. Het werd dan ook een uitdaging om vanuit een breed gebeuren een aantal markante gebeurtenissen te belichten uit zowel het verre als het nabije verleden, ofwel grepen te doen uit de geschiedenis van de automatisering.

De afweging tussen ‘wat wel en wat niet’ heeft geleid tot een opzet die allereerst een palet van ingenieuze rekenapparaten biedt vanaf heel vroege tijden tot omstreeks 1700. Na dat palet wordt de schijnwerper gericht op een vijftal pioniers op rekenapparatuur en computergebied. Het is een greep uit de vele pioniers die elk op een of andere wijze een bijdrage hebben geleverd. De oudste van de vijf is Wilhelm Schickard, die meer dan driehonderd jaar na zijn dood wederom bekendheid verwierf toen zijn rekenapparaat, vanuit een briefwisseling met de astronoom Kepler, bij toeval herontdekt werd. Dan volgt Charles Babbage, die in de negentiende eeuw zodanige machineconcepten wist te ontwerpen dat hij te beschouwen is als de grootvader van de computer. Als derde in de rij volgt John Vincent Atanasoff, wiens uitvinding uit het begin van de jaren veertig pas dertig jaar later door een juridisch proces bekendheid verwierf. Konrad Zuse is de vierde pionier. Hij werkte in Duitsland tijdens de Tweede Wereldoorlog aan de ontwikkeling van de z-computers. Na de oorlog bleek dat zijn productontwikkeling parallel liep aan de computerontwikkeling in de Verenigde Staten, waar als vijfde in de rij van de pioniers John von Neumann een moderne computerarchitectuur op zijn naam wist te brengen.

De beschrijvingen in dit boek bevatten diverse anekdotes om naast allerlei historische gegevens over apparaten ook wat menselijke aspecten tot uitdrukking te brengen. Na de pioniers volgen computerontwikkelingen in twee landen die geografisch gezien heel ver uit elkaar liggen, namelijk Japan en Nederland. Hoewel Japan voor informatietechnologie niet alleen interessant maar ook belangrijk is, zijn de eerste computerontwikkelingen aldaar in het algemeen nauwelijks of niet bekend. Op dat gemis wordt ingespeeld door het beschrijven van de Japanse computersituatie in de jaren vijftig, waarna in het verlengde daarvan de start en het verdere verloop van de activiteiten van de Japanse computergigant Fujitsu worden beschreven. Na Japan volgt Nederland. Ons land heeft in de jaren veertig en vijftig hoogst interessante projecten rond de ontwikkeling van computers gekend met nuttige en belangwekkende resultaten. Daaraan voor-

afgaand wordt het een en ander toegelicht over het rekenen in Nederland en personen die op dat gebied actief zijn geweest. Het geheel is een impressie van de geschiedenis van rekenen, computerbouw en automatisering in Nederland.

Tot slot volgt een verhandeling over de transistor en over enkele computerbedrijven die zich op het kruispunt bevonden van de eerste experimentele computerontwikkelingen na de Tweede Wereldoorlog en het nieuwe computertijdperk waarin de computer gaandeweg gemeengoed is geworden.

Tot zover het *Woord vooraf* uit de oorspronkelijk editie. Nu ruim 22 jaar later kunnen we constateren dat er veel op het gebied van automatisering heeft plaatsgevonden. Om die reden zou de titel van dit boek ook de term ICT kunnen en mogen bevatten. Om die reden is dat echter niet gedaan. Hoewel thans de term ICT, die duidt op informatie- en communicatietechnologie, te pas en te onpas wordt gebruikt, is dat nog niet zo heel lang het geval. Rond 1997 duikt de term ICT steeds vaker op en dat begon voornamelijk in de toen nog verschijnende *AutomatiseringGids* (thans *AG Connect*). Sindsdien is ICT een algemene term geworden. Op de keper beschouwd is de C overbodig. De termen informatie en technologie dekken immers de overdracht van informatie geheel af. Niettemin heeft men gemeend dit door de C van communicatie extra te accentueren.

De vraag die zou kunnen opkomen of de term ICT ook het begin van de ontwikkeling en toepassing van allerhande rekenmiddelen afdekt, wordt voluit met ja beantwoord. Ook bij de meest vroege hulpmiddelen ging het immers om verstrekking en uitwisseling van informatie en communicatie tussen mensen onderling.

In deze nieuwe editie van het boek zijn vier hoofdstukken toegevoegd: een hoofdstuk over de Oost-Europese computers, een hoofdstuk dat een inkijk geeft in een aantal rekencentra van Nederlandse universiteiten, een hoofdstuk over Internet en Microsoft en een hoofdstuk onder de naam 'Het nieuwe computertijdperk'. Dit laatste hoofdstuk beschrijft de ontwikkelingen en faciliteiten op ICT-gebied die in tegenstelling tot vroeger nu door iedereen op een of andere manier worden ervaren. *DE COMPUTER EN ROUTE* geeft de lezer zicht op een lange, boeiende en leerzame periode uit het verleden, maar die ook nuttig is voor nu en toekomstige ontwikkelingen.

Omdat de tekst van de uitgaven 1992 en 1995 niet meer digitaal voorhanden was, moest deze opnieuw digitaal worden gemaakt. Dit is geheel verzorgd door mijn vrouw Aria. Daarop volgde het nauwkeurig controleren en redigeren door Ella Looijen. Vervolgens heeft de eindvormgever Alisa van Spronsen, van Mitsgaders, alle illustraties en de vormgeving verzorgd en de omslag ontworpen. Het was evenals bij voorgaande uitgaven een samenwerking die maar één predicaat kent, namelijk betrokkenheid, bijzonder en plezierig.

*Maarten Looijen, Oudewater 2017*

# 1

## *Rekentuig en rekenkunst*

3100 v.Chr.

De steenformatie van Stonehenge

Sterrenkundige apparaten

De abacus

Rekenlatten en logaritmen

# 1 REKENTUIG EN REKENKUNST

## EEN KLEURRIJK PALET VAN INGENIEUZE REKENAPPARATEN

Aan ons huidige computertijdperk, waarin allerhande hardware en software beschikbaar zijn, is een periode van vele eeuwen voorafgegaan waarin dergelijke producten onbekende grootheden waren. Niettemin was het een periode waarin de mens voortdurend bezig was ingenieuze apparaten te ontwikkelen om daarmee het rekenen zo gemakkelijk mogelijk te maken. Toevallige ontdekkingen en intensief onderzoek hebben aangetoond dat al ver voor onze jaartelling rekentuig en rekenkunst op de een of andere wijze volop deel uitmaakten van de toenmalige wereld. Inmiddels is daar veel over vastgelegd in diverse publicaties. Met name is daarbij het vroege rekenen beschreven, en de wijze waarop dit zich stap voor stap ontwikkeld heeft tot het rekenen van nu. In dit boek worden enkele grepen gedaan uit die lange geschiedenis van de rekenkunst. Ze zijn bedoeld om aan de hand ervan de bijbehorende rekentuigen te beschrijven. Deze rekentuigen vormen namelijk een lange reeks van uiterst interessante instrumenten die voor velen zeer nuttig zijn geweest en voor sommige producten van dit moment zelfs noodzakelijk. De beschrijving in dit boek schaaft ze als het ware voor en naast het tijdperk van de mechanische rekenmachine en het tijdperk van de computer.

### De steenformatie van Stonehenge

Stonehenge is een groots prehistorisch monument in Groot-Brittannië, gelegen op Salisbury Plain, ongeveer 13 kilometer ten noorden van Salisbury. Het is een monument dat religieuze, agrarische en wetenschappelijke kennis van de latere steentijdcultuur in zich bergt.

Aangenomen wordt dat het imposante bouwwerk, dat evenals Rome niet op één dag is gebouwd, over een periode van meer dan duizend jaren tot stand is gekomen. De aanvang van de bouw schat men op circa 3000 v.Chr. Er zijn toen enorme stenen, waarvan de grootsten wel 50 ton wegen, volgens bepaalde structuren geplaatst. Zo ontstond na duizend jaar bouwen een monument dat uit twee kringen steenblokken bestaat. Er is een buitenste kring met een middellijn van 32 me-



Stonehenge

ter, bestaande uit 30 steenblokken en een binnenste kring die uit 30 kleinere steenblokken bestaat. Buiten de kringen bevindt zich een aarden wal. Onderzoek wijst uit dat Stonehenge niet alleen gediend heeft voor godsdienstige handelingen, maar dat het ook een sterrenkundig observatorium was, een 'rekenmachine'. Wanneer men op 21 juni in het centrum staat, dan kan men daar de midzomerzonsopgang waarnemen in de richting van de *Heel Stone*, langs een lijn die precies de 'as' van het monument vormt. Wanneer stenen en kuilen in diverse rechte lijnen, zogeheten *alignments*, worden beschouwd, dan zijn daarmee bepaalde zon- en maanstanden aan te duiden. Zo gaf het monument belangrijke aanwijzingen aan de toenmalige gemeenschap over de te verwachten weersomstandigheden en over de vraag wanneer bepaalde feesten gevierd moesten worden. Onderzoek in de jaren zestig van de vorige eeuw resulteerde in de theorie dat het met behulp van de steenformatie van Stonehenge tevens mogelijk was zons- en maansverduisteringen te berekenen. Het 'apparaat' van Stonehenge werd begrepen door mensen die 4000 tot 5000 jaar geleden leefden.

Thans wordt Stonehenge nog slechts gedeeltelijk begrepen. Des te groter is de bewondering voor de bouwkundige bekwaamheid van de zeer vroege samenleving rond Stonehenge, zelfs al is het idee van de oorspronkelijke bouwers niet geheel meer te achterhalen. Nadat het monument in 1908 aan de staat, het Verenigd Koninkrijk, is geschonken, wordt het door een commissie in stand gehouden.

Uit dezelfde tijd stammen gelijksoortige steenformaties, de zogeheten megalieten, in het Franse Bretagne. Vaak zijn de stenen van deze formaties, menhirs geheten, geïsoleerd opgesteld, of in lange rechte lijnen (*alignments*) geplaatst. Alleen al in de omgeving van Carnac in Bretagne treft men er honderden aan. Ook hier gaat men ervan uit dat het religieuze en hemel verkennende monumenten zijn, ten behoeve van het berekenen van opkomst, ondergang en verduistering van zon en maan. Het zijn ingenieuze en imposante monumenten uit een ver verleden. Het religieuze karakter van al deze steenformaties doet denken aan het Hebreeuwse woord *Gilgal*, dat 'kring van steen' betekent. Het is onder meer de aanduiding voor de plaats waar volgens het Oude Testament Jozua twaalf gedenksteden oprichtte, nadat de Israëlieten de Jordaan waren overgestoken en in Kanaän waren aangekomen.

### **Sterrenkundige apparaten**

Om een getal te representeren met behulp van een rekenmachine kan men kiezen voor een analoge of een digitale voorstelling. In aansluiting daarop is er sprake van twee categorieën apparaten. De een rekt met getallen en de ander met waarden van een fysische grootte.

Historisch gezien dateren de analoge apparaten van veel eerder dan de digitale. Op zich is dat ook niet zo verwonderlijk. De vroege rekenapparaten waren namelijk vooral bedoeld om de beweging van de hemellichamen vast te stellen en om de positie van een schip te bepalen. Een apparaat uit deze categorie is het astrolabium, of sterrengrijper. De naam staat ook wel voor een verzameling van zeer uiteenlopende astronomische apparaten. Het oudst bekende is de armillairsfeer die uit een aantal ringen (*armillariae*) bestond waarmee de hemelsfeer werd weergegeven. Sterrenkundigen als Eratosthenes en Ptolemaeus, als ook de veel latere Tycho Brahe, verrichtten hiermee hun waarnemingen. Behalve van dit apparaat bedienden de oud-sterrenkundigen zich van het astrolabium planisphaerium en van het triquetrum. Het is beschreven in de *Almagest*, de Arabische vertaling van het beroemde werk van Ptolemaeus, waarvan de inhoud uiteindelijk door Copernicus werd verworpen. De astrolabia waren veelal zeer fraai bewerkt. De zeevaarders noemden het astrolabium ook wel astronomische ring. Ze gebruikten het om de hoek tussen hemellichaam en horizon te bepalen en daarmee hun positie vast te stellen. Het traditionele astrolabium bestaat uit een aantal metalen plaatjes, waarin lijnen zijn gegraveerd in de vorm van een spinnenweb. Het geheel bevindt zich binnen een cirkelvormig chassis, ook wel ‘moeder’ geheten.



Carnac



Astrolabium



Jacobsstaf met verschuifbare dwarslat



Het spinnenweb is een stereometrische afbeelding van de hemellichamen die in stand kan worden gebracht overeenkomstig de breedtegraad waarop men zich bevindt. Met aanvullende kennis over bepaalde hemellichamen en het uitvoeren van roterende bewegingen biedt het astrolabium de mogelijkheid om berekeningen uit te voeren met variabelen als de positie van de zon en enige belangrijke sterren, de lengtegraad van de waarnemer, de duur van het daglicht en het tijdstip van de dag. Voor een verdere introductie wordt met name verwezen naar *The Astrolabe* van J.D. North.

Ten tijde van Columbus waren ook kwadranten in gebruik. Eén van de oudst bekende kwadranten is het zogeheten *Gunter's quadrant*, min of meer gebaseerd op het astrolabium. Doordat bij al deze apparaten een zuivere meting op grote problemen stuitte, met name bij een slingerend schip, kwam omstreeks 1500 de Jacobsstaf in gebruik. Dit apparaat verminderde het effect van het slingeren aanzienlijk. Later zou deze door de octant (90 graden) en vervolgens door de sextant (120 graden) van Hadley worden vervangen. En weer later zou ook de sextant door modernere satellietnavigatiemiddelen, zoals GPS (*Global Positioning System*) die vanaf 1973 in de Verenigde Staten ontwikkeld werd, als reserve-uitrusting naar een hoekje van de navigatiekamer van het schip worden verwezen.

Een ander interessant sterrenkundig instrument is het rekenapparaat van Antikythera. In 1900 werden nabij het eiland Antikythera, gelegen tussen de Zuidpunt van het vasteland van Griekenland en het eiland Kreta in de Egeïsche Zee, voorwerpen gelicht uit het wrak van een schip, dat rond het begin van onze jaartelling op weg was van waarschijnlijk Rhodos naar Rome en in een storm moet zijn vergaan.



Sextant (Bron: Auteur)

Bij het bergen van de vele voorwerpen trof men naast een bronzen beeld van de god Hermes een hoeveelheid brons materiaal aan, dat leek te hebben toebehoord aan een of ander instrument. Het aanvankelijk niet nader te identificeren materiaal verbleef lange tijd in het Grieks Nationaal Archeologisch Museum, tot het de interesse opwekte van professor De Solla Price uit Yale. De Solla Price, expert op het gebied van oude uurwerken, onderzocht met behulp van de modernste technologie de op het eerste gezicht vormeloze massa metaal met aangroeiingen. Extra inspiratie ontleende hij aan een verwijzing in de geschriften van de Romein Cicero, die ergens vertelt dat hij tijdens een bezoek aan het eiland Rhodos een apparaat had waargenomen waarmee de bewegingen van de zon, de maan en de vijf planeten Mercurius, Venus, Mars, Jupiter en Saturnus waren weer te geven. Mede op grond hiervan kwam men uiteindelijk tot de conclusie dat het 'apparaat' uit het scheepswrak min of meer gelijksoortig moet zijn geweest aan dat wat Cicero ooit aanschouwde.

De reconstructie van het apparaat van Antikythera met zijn dertig verschillende tandwielen duurde vijftien jaren. Het resultaat was een nautisch meetinstrument dat als analoog rekenapparaat diende voor plaatsbepaling op zee. Het was gebaseerd op een geocentrisch wereldbeeld en ten dele vergelijkbaar met het astrolabium. Bij de laatste bleven de planeten evenwel buiten beschouwing, terwijl ze in het apparaat van Antikythera juist een belangrijke plaats innamen. Werkt het astrolabium simpel en is zeer fraai vanuit geometrisch standpunt, het raderwerk van Antikythera daarentegen werkt op basis van een complex rekenconcept dat samenhangt met bekende relaties tussen hemellichamen. Vanuit het geocentrisch wereldbeeld wordt onder meer het verschil in omloopsnelheid tussen zon en maan weergegeven. Het instrument laat zien dat wanneer de zon 19 maal de dierenriem doorlopen heeft, de maan dat al 254 keer heeft gedaan. Deze getallen vindt men terug in de betrokken tandwielen. De getallen zijn gebaseerd op de cyclus van Metoon. Metoon was een Grieks astronoom, geboren in 460 v.Chr., die vaststelde dat 19 zonnejaren nagenoeg gelijk zijn aan 235 synodische maanden of maanmaanden. Met de rekenkundige uitdrukking  $254 - 19 = 235$  wordt het verband tussen deze getallen nog eens weergegeven. Door lange tijd de stand en de loop van de hemellichamen waar te nemen constateerde men dat na negentien jaren een herhaling van de opeenvolgende standen plaatsvond. Aangenomen wordt dat deze astronomische schakelperiode door de tandwieltechnicus van het apparaat van Antikythera werd gebruikt, zonder de thans bekende wiskundige berekeningen toe te passen. Aan de tandwielgetallen lag in deze vroege beginperiode eerder een sterrenkundige waarneming dan een rekenkundige benadering ten grondslag. Pas in het begin van de veertiende eeuw had de maker van dergelijke tijdsbepalingsinstrumenten niet langer meer de pasklare oplossingen nodig van de astronomen, om omlooptijden in raderwerken om te zetten. In die tijd gaf de Engelse abt Richard van Wallingford in zijn *Tractatus horologii astronomici* een uiteenzetting over de berekening van het aantal tan-

den van de wielen in een uurwerk. Toch bleven nog diverse vragen openstaan. Pas in 1682 gaf Christiaan Huygens met zijn mathematische bijdragen afdoende antwoord.

Omdat het astrolabium niet erg gecompliceerd was, heeft men daarvan destijds grote aantallen kunnen vervaardigen. Veel exemplaren zijn bewaard gebleven. Het apparaat van Antikythera, uit het begin van onze jaartelling, is daarentegen veel gecompliceerder en bewijst eens te meer het hoge peil van theoretische kennis en technische vaardigheid in het oude Griekenland. Pas ongeveer 1000 jaar later werd door de astronoom en wiskundige Al-Biruni een instrument vervaardigd, dat vergelijkbaar is met het apparaat van Antikythera. In hoeverre een en ander met elkaar heeft te maken, zal vermoedelijk nooit worden opgehelderd.

### **De abacus**

De abacus is een apparaat dat vaak vergeleken wordt met een telraam. Zodra de abacus echter in handen is van een ervaren gebruiker komt het grote verschil tussen beide apparaten tot uitdrukking. Razendsnel kan een abacusspecialist rekenkundige bewerkingen uitvoeren, terwijl men met een telraam meestal niet veel verder komt dan het heen en weer schuiven van wat kralen. Hoe en waar de abacus precies is ontstaan, is niet zo duidelijk. Omdat de abacus momenteel nog in het Verre Oosten aangetroffen kan worden, typeert men het apparaat graag als een van oorsprong Chinees of Japans rekeninstrument. Aangenomen mag worden dat de Chinese abacus, bekend onder de naam *swun pan*, ouder is dan de Japanse abacus, de *soroban*. In de oude Chinese literatuur wordt verwezen naar een rekenapparaat rond 1100 v.Chr. en duidt op een pre-Chinese abacus. Gaandeweg werd deze gemoderniseerd tot de vorm die tot op de dag van vandaag wordt aangetroffen.

Aan het begin van de zevende eeuw introduceerden Japanse studenten de Chinese abacus in hun land. In de loop van de tijd brachten de Japanners een verandering aan waardoor het identieke verloren ging. Wel behielden beide de vorm van een telraam met rekenschijven, maar per staafje verschilt het aantal schijven. Verder is de Japanse *soroban* fijner en sierlijker dan de Chinese *swun pan*, hetgeen gevolgen heeft voor de werkwijze en de snelheid. Naast het Oost-Aziatisch gebruik van de abacus duiden archeologische vondsten ook op een gebruik van de abacus door Grieken en Romeinen, reeds enige honderden jaren voor het begin van onze jaartelling.

Naast historische verwijzingen naar het vroege rekenen zijn er ook taalkundige verwijzingen. Al zeer vroeg was het rekenen met behulp van kiezelstenen in fijn zand bekend. Wellicht ligt het Semitische woord *abaq* (fijn zand) aan de oorsprong van het modernere woord abacus. Het woord zou daarna als *abax* door de Grieken zijn overgenomen en gebruikt als aanduiding voor een tafel waarop zogeheten rekenlijnen werden getrok-

ken. Deze tafel werd vervolgens door de Romeinen *abacus* genoemd. Doordat het vroege rekenen veelal op een abacus plaatsvond, werd het woord abacus synoniem voor rekenkunde of getalenkunde.

Dit is onder meer terug te vinden in de titel van een boek uit 1202 van Leonardo van Pisa: *Liber Abaci* (Het boek van de abacus). Verder zijn er relaties tussen de toepassing van de abacus en diverse thans in gebruik zijnde wiskundige en commerciële termen. Zo telden handelaren in vroege tijden met behulp van stenen kniekers, *calculi* genaamd. Deze benaming is terug te vinden in de hedendaagse calculator. De oude handelsmethode is te zien op de ‘marmeren tafel’ op het Griekse eiland Salamis. De tafel wordt ook wel het Armeense telraam genoemd.



*Chinese abacus*

In Engeland werd de abacus, de tafel, veelal *counting board* of *counter* genoemd. Zo had elke handelaar een *counter* in zijn zaak waarop de goederen die men kocht of verkocht geplaatst werden en waarop vervolgens de rekening (*account*) kon worden vastgesteld. Men maakte daarbij gebruik van muntachtige voorwerpen die de oorspronkelijke kiezelstenen vervingen. Bij gebruik werden ze als het ware op de tafel geworpen. Door deze handeling ontstonden er diverse namen voor de munten, afhankelijk van het land. In Frankrijk werden ze *jetons* genoemd, naar het werkwoord *jeter* (gooien). In Nederland ontstond de term *werpgeld*. Met de komst van Arabische cijfers in Europa en de ontwikkeling van goedkoop papier werd de abacus uiteindelijk in Midden- en West-Europa geheel verdrongen. In West-Europa is de abacus het langst gebruikt in Engeland. In Oost-Europa daarentegen wordt de abacus nog steeds gebruikt. Van de vele varianten die in de loop der tijd zijn verschenen, hebben slechts enkele het overleefd.

Ondanks de grote verscheidenheid is er niettemin zoiets als een ‘standaard’ tevoorschijn gekomen. Deze bestaat uit een eenvoudige tafel, met daarop een kleed waarop een aantal lijnen is getrokken. Elke lijn telt vijfmaal de directe lagere lijn en is goed voor maximaal vier fiches. Tussen elk tweetal lijnen kan maximaal één fiche worden gelegd. Het gebruik van de ruimte tussen twee lijnen voorkomt dat op een lijn een te groot aantal fiches komt te liggen waardoor het geheel onoverzichtelijk wordt. In de bijgaande figuur wordt door zo’n abacus het getal 27.351 gepresenteerd, namelijk:  $2 * 10.000 + 5.000 + 2 * 1.000 + 3 * 100 + 50 + 1$ .