Rekenen met Raderen

De prehistorie van de computer*

H. van Maanen
Haarlems Dagblad, Haarlem

Samenvatting

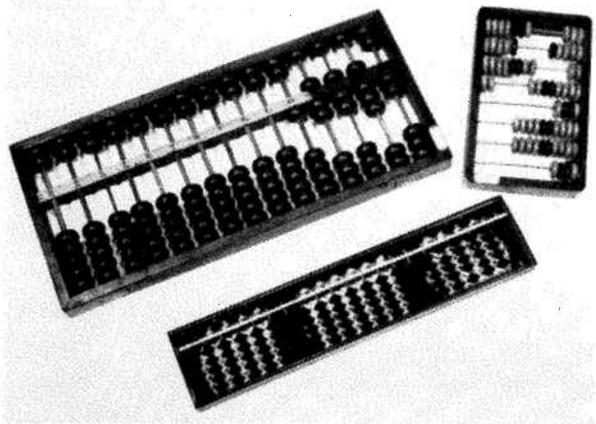
In het voorjaar van 1987 werd in het Teylers Museum in Haarlem een tentoonstelling over de geschiedenis van de computer gehouden. Ter gelegenheid daarvan was een fraai overzicht verschenen.
Wij prijzen ons gelukkig dit artikel een wijdere verspreiding te geven door het in de Nieuwe Wiskrant op te nemen.

Vlak na de Tweede Wereldoorlog stond de wereld voor grote veranderingen op velerlei gebied. Een van die veranderingen, waarvan wij de gevolgen tegenwoordig dagelijks meer en meer ervaren, betrof de komst van de elektronische rekenmachine. Ook in Nederland kwamen al spoedig dergelijke rekenmachines gereed, als eerste in 1952 de ARRA, de Automatische Relais-Rekenmachines Amsterdam, bij het Mathematisch Centrum, het onderzoeksinstituut van de Stichting Mathematisch Centrum. Overigens werd daar voor 1952 en voor een deel ook nog daarna het rekenwerk er mechanisch gedaan, met apparaten als de Marchant en de Friden.
De Stichting en haar instituut werden op 11 februari 1946 opgericht op grond van de gedachte tijdens de bezettingsjaren dat een instituut als het Mathematisch Centrum zou kunnen bijdragen aan de versterking van het wiskundig kader, waaraan na de Tweede Wereldoorlog zowel de universiteiten en hogescholen als de industrie in Nederland grote behoefte zouden hebben. Dit heeft geleid tot taken van het instituut op het gebied van onderzoek, educatie en dienstverlening.
In het instituut dat inmiddels het Centrum voor Wiskunde en Informatica (CWI) heet, wordt ook veel onderzoek op het gebied van de informatica verricht, mede in het kader van het Informatica-Stimuleringsplan (INSP) van de Nederlandse overheid en van het ESPRIT-programma van de EEG.
Toen de Stichting Mathematisch Centrum in 1986 haar 40-jarig jubileum ging vieren, wilde men ook de schijnwerper richten op die eerste jaren die nog vielen in de 'prehistorie' van de rekenmachines. Zo kwam het idee van een tentoonstelling over het mechanisch rekenen op. Men was zo gelukkig in Teylers Museum een geïnteresseerde en enthousiaste partner te vinden, waardoor het idee kon worden gerealiseerd.
De tentoonstelling is in hoofdzaak gebaseerd op educatieve panelen van een collectie in opbouw van het Technisch Tentoonstellingscentrum in Delft en op een aantal rekenmachines voor het merendeel afkomstig uit het Scripteon Museum voor Schrift- en Kantoortechniek in Tilburg.
Voor het tijdelijk afstaan van deze voorwerpen zijn de organisatoren de eigenaars zeer dankbaar.
De hierna volgende tekst over het 'rekenen met raderen' is van de hand van Hans van Maanen, wetenschapsjournalist bij het Haarlems Dagblad. Hij besluit met de opmerking dat de huidige computer wellicht al over enkele tientallen jaren in het museum staat. Daarheen is, met de oudere apparaten, al in ieder geval het rekentuig verwezen dat veertig jaar geleden in gebruik was, ten tijde van de oprichting van het Mathematisch Centrum.

Rekenen met raderen

Een intelligent kind zal, als het een tijdje met een telraam heeft gewerkt, het anders gebruiken dan de bedoeling is. Volgens de instructies stelt elk kraaltje steeds een eenheid voor, onafhankelijk van het staafje waarop het kraaltje zich bevindt. Met zes staafjes van tien kralen kan dan tot zestig worden geteld. Een slim kind zal na verloop van tijd op het bovenste staafje de eenheden bijhouden, op het tweede staafje de tientallen, op het derde de honderdtallen, enzovoort. Zo kan het in een ommezien tot miljoen tellen.

Op het principe dat staafjes steeds meer waard worden (in feite hetzelfde principe dat gehanteerd wordt om grote getallen te schrijven) berusten veel exotische telramen. De Grieks-Romeinse *abacus* verspreidde zich vanuit het gebied van de Middellandse Zee naar Rusland (de *stsjoti*) en naar Japan (de *soroban*). Winkeliers in die landen kunnen met een verbijsterende snelheid op deze apparaten rekenen (afb. 1).

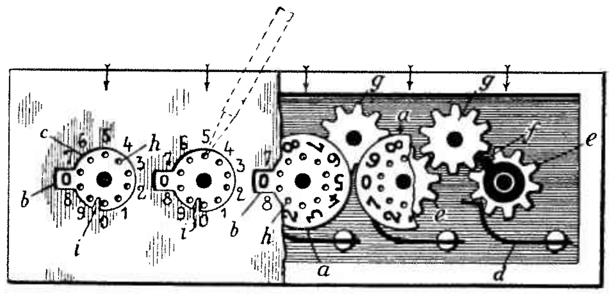


Afb. 1. De abacus, stsjoti en soroban in een hedendaagse uitvoering.

Wat het telraam is voor het kind, is de kilometerteller voor de automobilist. Een kilometerteller kan ook steeds maar met 1 tegelijk omhoog – maar dat gaat wel al automatisch. Als op een van de tandwieltjes een 9 verschijnt, treedt een eenvoudig mechaniek in werking zodat het tandwiel links daarvan wordt meegetrokken en met 1 wordt opgehoogd op het moment dat de 9 weer een 0 wordt. Maar als de kilometerstand niet met 1 maar met 100 moet worden verhoogd, moet 100 keer worden doorgedraaid.

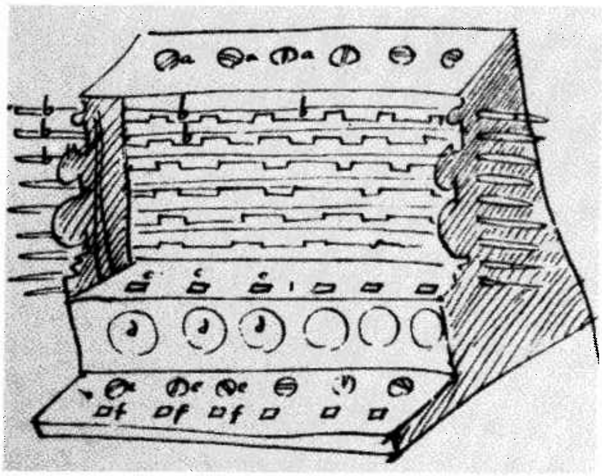
Schickard

Een intelligent iemand zal dat probleem willen oplossen en zo van de kilometerteller een telmachine maken. Als de cijfers onafhankelijk van elkaar werken, hogen we eenvoudig de derde rol 1 op om bij de kilometerstand 100 op te tellen. Ook moet een oplossing worden gevonden voor de omgekeerde bewerking, het aftrekken. Dan moet de rol rechts worden teruggedraaid. Dit is het probleem van de *decimaaldoorvoer* en de eerste die daarvoor een oplossing vond was de Duitse geleerde Wilhelm Schickard (1592–1635). Schickard was hoogleraar Bijbelse talen – hij kende er twaalf – maar ook astronoom, landmeter, kopergraveur en tekenaar. In een brief aan zijn collega, de vermaarde astronoom Johannes Kepler, schreef hij op 20 september 1623: "U zou vast moeten schateren als u hier was en zag hoe de machine de plaatsen links, als ze langs de tien en de honderd komt, geheel zelfstandig verhoogt, respectievelijk verlaagt als ze aftrekt."
De decimaaldoorvoer was elementair en werkte via een hulptandwiel. Op het negende tandje van elk cijferwiel zat een extra uitsteeksel dat een tussentandwiel een zetje gaf en dat gaf op zijn beurt de cijfers op het volgende tandwiel een zetje (afb. 2). De machine kon niet alleen optellen en aftrekken, maar ook vermenigvuldigen en delen. Dat gebeurde met een speciaal mechaniek dat op het optel- en aftrekgedeelte



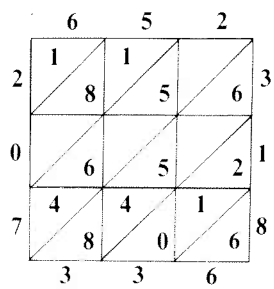
Afb. 2. Eenvoudig mechanisch optellen en aftrekken. Invoer van de getallen geschiedt door een stift in het betreffende gaatje te steken en de raderen te draaien. De hulptandwielen (g) zorgen voor de decimaaldoorvoer.

was gebouwd – dus niet, zoals later gebruikelijk, door herhaald optellen of aftrekken (afb. 3). Die opbouw bestond uit zes rollen met de tafels van vermenigvuldiging. Met draaien, schuiven en goed de tel bijhouden konden er produkten en quotiënten worden bepaald.

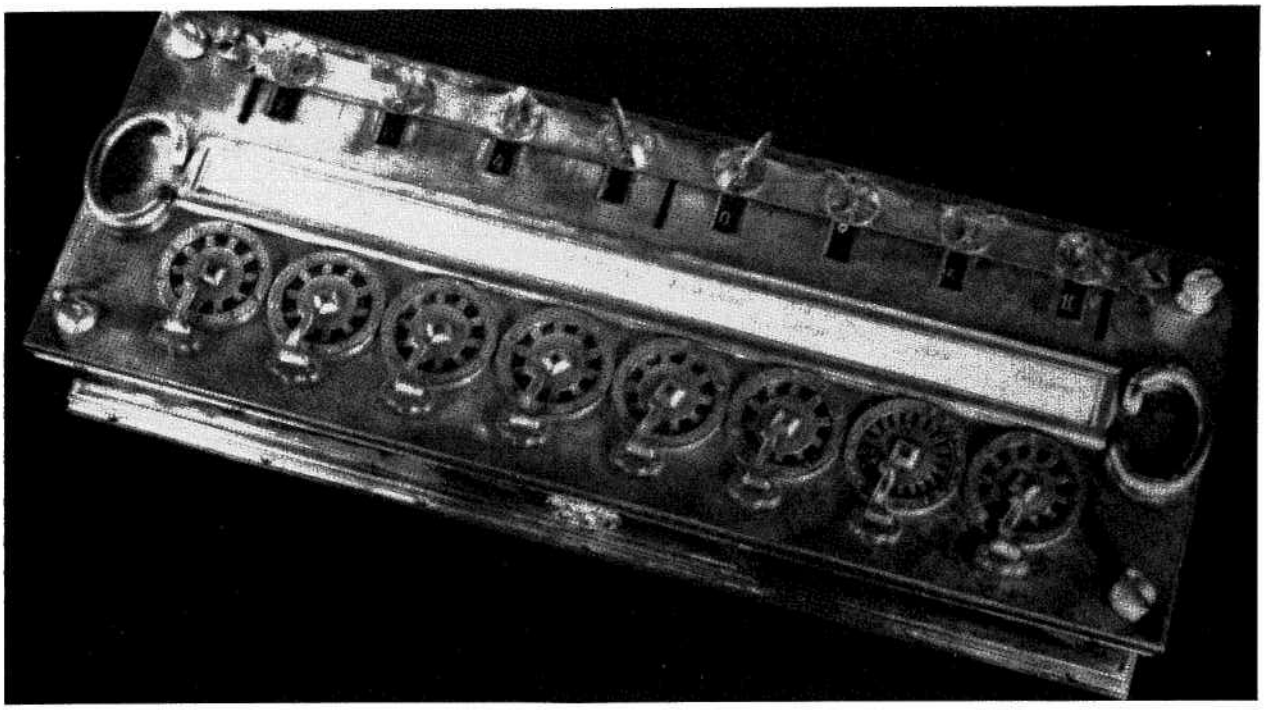


Afb. 3. Beschrijving en schets van de eerste rekenmachine in een brief van Schickard aan Johannes Kepler, 20 september 1923.

De rekenmethode was gebaseerd op een oude, Arabische manier van vermenigvuldigen (afb. 4).



Afb. 4. Arabische manier van vermenigvuldigen; hierboven 652 × 318. Elk vakje bevat het produkt van de cijfers erboven en rechts ernaast. De tientallen worden steeds boven de diagonaal geschreven, de eenheden eronder. De cijfers worden langs de diagonalen opgeteld; in dit geval met 207336 als uitkomst.



Afb. 5. Telmachine van Pascal, ontwikkeld voor het Franse muntstelsel in die tijd. De twee raderen aan de rechterzijde hebben een verdeling in respectievelijk 20 sous en 12 derniers.

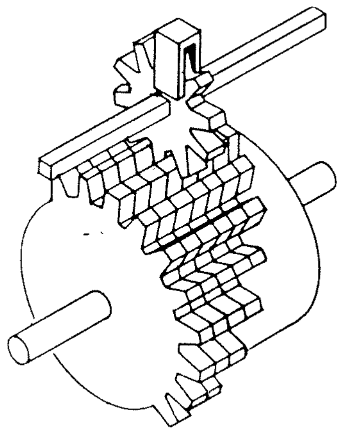
Schickards geniale machine raakte, mede door de woelingen van de dertigjarige oorlog, geheel in de vergetelheid. Pas dankzij de volledige uitgave van Keplers brieven kwam zijn idee in 1957 weer boven water.

Pascal

Tot 1957 was het de beroemde Franse filosoof en wiskundige Blaise Pascal (1623–1662) die met de eer streek de eerste telmachine te hebben ontworpen Hij ontwierp in 1642 eveneens een telmachine – hij was toen twintig jaar en bedacht hem voor zijn vader die belastingambtenaar was. Het apparaat kon echter alleen optellen en aftrekken. De cijfers werden met een pennetje op wieltjes ingesteld en het resultaat was op een venster af te lezen. Een schuif zorgde ervoor dat de uitkomsten bij optellen en aftrekken op de juiste wijze werden vertoond (afb. 5).
De decimaaldoorvoer was in feite veel ingewikkelder en storingsgevoeliger dan die van Schickard en sommige onderzoekers betwijfelen of het apparaat eigenlijk wel betrouwbaar genoeg was om ermee te rekenen. Maar Pascal kon zijn spullen uitstekend aan de man brengen. Koningen en hoge ambtenaren kregen het apparaat als geschenk, aan gewone mensen kon Pascal honderd pond per stuk vragen omdat hij van die koningen en hoge ambtenaren het octrooirecht had gekregen.

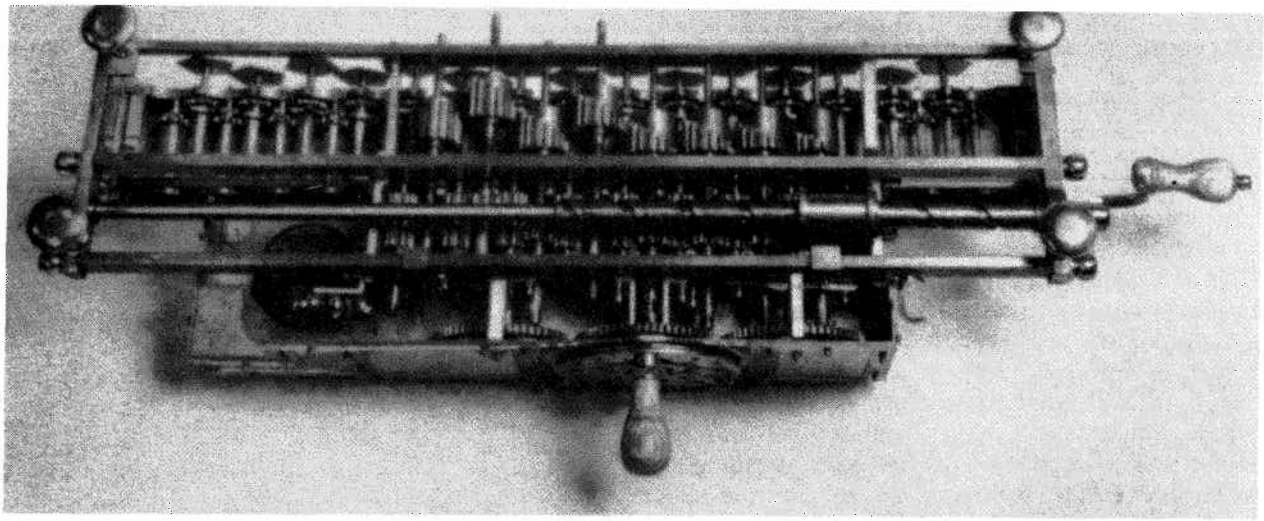
Leibniz

Een beslissende stap in de mechanisering van het rekenen zette de filosoof en wiskundige Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716). Hij kende noch het werk van Schickard, noch dat van Pascal en construeerde rond 1671 de eerste echte rekenmachine. Als de computer niet was uitgevonden zouden we nog steeds op zijn machines rekenen – en bovendien was hij de eerste die bedacht dat mechanisch rekenen beter in het tweetallig stelsel kan gebeuren.
Leibniz' belangrijkste bijdrage was de uitvinding van de *staffelcilinder* (afb. 6). Stel, we nemen een cilinder



Afb. 6. Schematische voorstelling van een staffelcilinder.

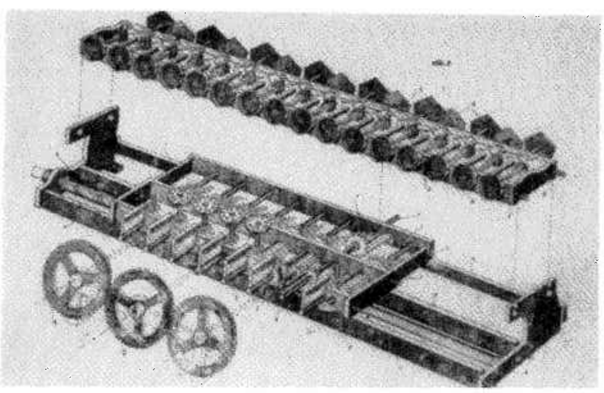
met een enkel uitsteeksel en zetten daar een gewoon tandwiel tegenaan. Als we de cilinder een keer laten ronddraaien krijgt het tandwiel ook een enkele tik en kan het een tellertje een enkel zetje geven. Nemen we een cilinder met twee tanden, dan krijgt het tandwiel twee tikken en wordt het tellertje met twee opgehoogd – enzovoort. Leibniz nu maakte een cilinder met een oplopend (gestaffeld) aantal tandjes van 1 tot 9 en zorgde er met een ander mechaniek voor dat deze



Afb. 7. Interieur van Leibniz' rekenmachine. Boven in het midden zijn de staffelcilinders duidelijk zichtbaar.

voor het tandwiel op en neer kon schuiven.
Als de gebruiker bijvoorbeeld een 6 instelt, schuift de cilinder zes plaatsen omhoog zodat het tandwiel 6 tandjes tegenover zich heeft. Een draai aan de slinger doet de cilinders een keer rondgaan en er wordt eenvoudig opgeteld. Om af te trekken hoeven de cilinders alleen maar de andere kant op te draaien.

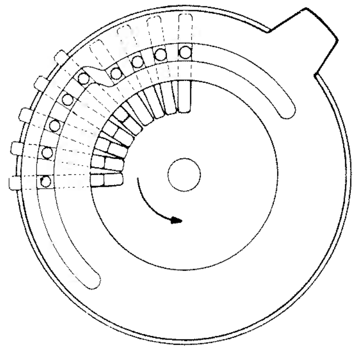
Met een zo vereenvoudigde optelling komt ook het vermenigvuldigen binnen handbereik. Immers, vermenigvuldigen is niet anders dan herhaald optellen. Een apart telwerk houdt daartoe bij hoe vaak de slinger heeft gedraaid, dus hoe vaak er is opgeteld. Als een getal van drie cijfers moet worden vermenigvuldigd, moet de grote wagen waarop het resultaat wordt bijgehouden, drie keer worden opgeschoven: voor de eenheden, de tientallen en de honderdtallen (afb. 7). Voordat Leibniz echter żo ver was, had hij al een fortuin eraan uitgegeven: 24000 daalders. Net als Schickard en Pascal werd Leibniz gehinderd door het feit dat het ontwerp zijn tijd vooruit was: de instrumenten om voldoende nauwkeurig te fabriceren bestonden nog niet (afb. 8). Serieproduktie was dus onmogelijk en in feite ook onnodig: de industriële revolutie moest nog komen. De decimaaltoevoer van Leibniz was nog steeds niet voor honderd procent betrouwbaar, ondanks een aantal ingenieuze voorzieningen. Bovendien eisten langere doorvoeringen, zoals van 9999 naar 10000, onevenredig veel kracht.
Pas in 1820 werden deze problemen definitief opgelost door de Elzasser Charles Thomas. Zijn Arithmomètre was tot in onze eeuw in de handel, maar niet goedkoop.



Afb. 8. Tekening van het interieur van Leibniz' rekenmachine. In het midden de verschuifbare wagen. Boven de schijven voor het aflezen. De vijfhoekige platen dienen om de decimaaldoorvoer bij gebrekkige werking te corrigeren.

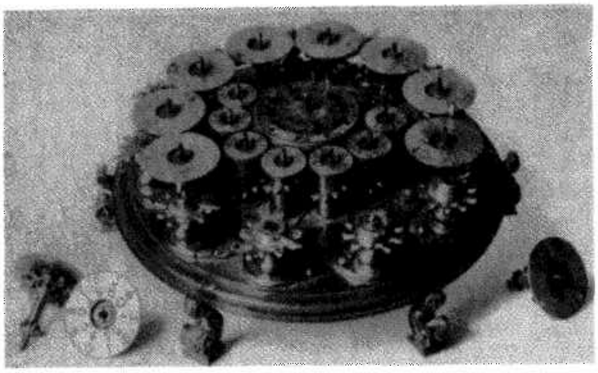
Braun

De staffelcilinder van Leibniz kan worden beschouwd als een groot tandwiel met een variabel aantal tanden. Op hetzelfde principe is het *nokkenrad* gebaseerd (afb. 9). De oorsprong van dit ingenieuze tandwiel ligt in het duister, maar de eerste vermelding ervan vinden we in 1709 bij de Italiaan Poleni. Bij het nokkenrad worden de tanden van binnenuit naar buiten gedrukt als er een 9 op de machine wordt ingedrukt komen er negen tanden op het wiel naar buiten, als er een 8 wordt ingedrukt acht, enzovoort.



Afb. 9. Schematische voorstelling van het nokkenrad. De tanden worden bij het instellen naar buiten gedrukt. Hier is het getal 5 zichtbaar.

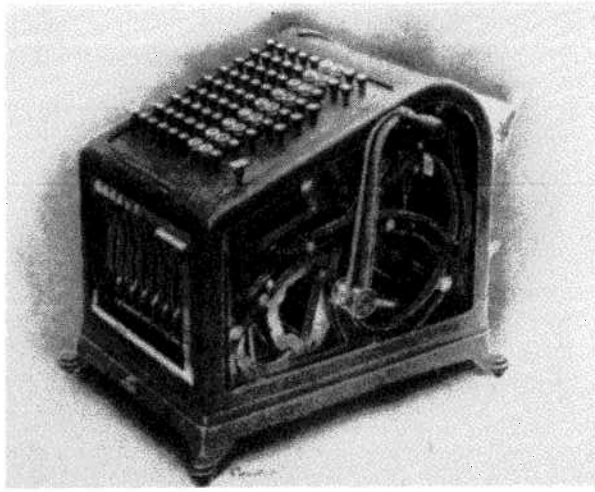
Een hulptandwiel verzorgt dan weer het telwerk. Het voordeel van het nokkenrad boven de staffelcilinder is zijn compactheid.
De Duitse 'hof-opticus en mechano-mathematicus', Antonius Braun, bouwde rond 1750 een ronde rekenmachine met nokkenraderen. Een grote zwengel in het midden moest rondgedraaid worden om alle assen en tandwielen in beweging te zetten (afb. 10). Het hele apparaat heeft meer weg van een planetarium dan van een rekenmachine – en inderdaad werden de rekenmachines in die tijd, voor de Franse revolutie, nog gebouwd en gekocht op grond van natuurfilosofische en misschien theologische motieven, maar niet met winstoogmerk. Een belangrijke taak van rekenmachines was het demonstreren van het 'werelduurwerk'. Sterrenkundigen waren bezig aan te tonen dat de planeten in zuiver wiskundig te begrijpen banen om de zon draaiden en de rekenmachine en het planetarium gaven het model.



Afb. 10. De rekenmachine van Braun uit 1750 met toepassing van het nokkenrad. Gesigneerd: Braun invenit. Vayringe fecit.

Burroughs, Odhner

De industriële fase van de rekenmachine begon pas in de negentiende eeuw met de reeds genoemde Charles Thomas. Werkelijk groot pakte de Amerikaan William Burroughs het aan. Hij ontwierp in 1884 een machine met druktoetsen die bovendien het resultaat op papier kon zetten. In 1888 verkreeg hij het octrooi en van zijn machine werden er rond 1970 nog drie miljoen per jaar verkocht (afb. 11).

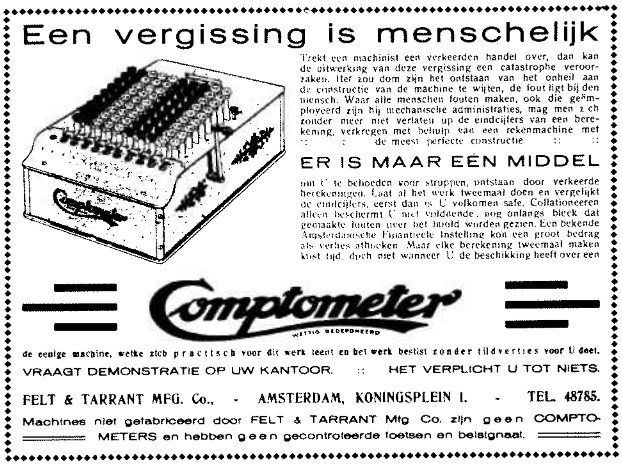


Afb. 11. De toetsenmachine van Burroughs uit het eind van de vorige eeuw, maar populair tot in de jaren zestig.

De Zweeds-Russische ingenieur, Willgodt Odhner, kreeg een Duits patent op een nokkenradmachine in 1874. Het is haast onvoorstelbaar dat met deze machine tot voor enkele jaren op alle kantoren ter wereld werd gerekend. Slechts de elektriciteit maakte de bediening wat lichter, het principe was nog steeds zeventiende-eeuws. Nog tot na de eerste wereldoorlog werd een machine die twee getallen van meer dan een cijfer met elkaar kon vermenigvuldigen zonder dat de mens iets hoefde te schuiven of te draaien 'zeer opmerkelijk' genoemd.

Comptometer

Hoe rekende men vroeger op zo'n machine? Als voorbeeld zullen we de *Comptometer* en de *Brunsviga* nemen, rond de eeuwwisseling de twee populairste machines. Eerst de Comptometer (afb. 12).



Afb. 12. De Comptometer: reclame uit 'Het Leven', februari 1926.

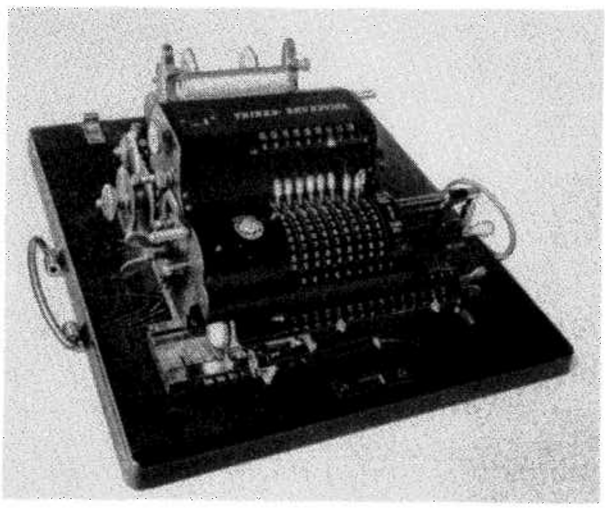
De machine heeft acht kolommen. Aangezien rekenmachines vooral voor financiële berekeningen werden gebruikt, zijn die door verschillende kleuren toetsen onderverdeeld in tweemaal drie kolommen voor de guldens en eenmaal twee kolommen voor de centen. Op de toetsen staan grote en kleine cijfers: de grote zijn voor het optellen en vermenigvuldigen, de kleine voor aftrekken en delen.
De Comptometer werkt zonder slinger – het zichtbare slingertje dient om alle registers schoon te maken. De decimaaldoorvoer gaat in twee stappen hetgeen een hoger werktempo mogelijk maakt.
Om een getal op te tellen, laten we zeggen $+123$, hoeven slechts de toetsen 1, 2 en 3 op de juiste plaats te worden ingedrukt, tegelijk of na elkaar.

Om af te trekken, -123, moeten de kleine cijfers worden gebruikt, de complementen van de grote. De constructie brengt met zich mee dat niet 123, maar 122 moet worden ingetoetst en dat een speciale aftrekhefboom moet worden neergedrukt.
Om te vermenigvuldigen, bijvoorbeeld 123×45, drukken we allereerst de toetsen 4 en 5 in de twee linkerkolommen drie keer in. Dan verplaatsen we de vingers een rij naar links en drukken twee keer (voor de tientallen). Tenslotte gaan we naar de kolom van de honderdtallen en drukken nog een laatste keer.
Het delen is helemaal lastig. Eerst wordt het deeltal, laten we zeggen 5535, neergezet. Dat moet worden gedeeld door 45. Dan zetten we eerst de vingers op de kleine cijfers 4 en 5 van de derde en vierde rij (de honderd- en duizendtallen) en trekken op die manier 4500 af tot het niet meer gaat – dat is eenmaal. Blijft over 10 en in de kolom links daarvan verschijnt het begin van het quotiënt, 1. Nu gaan we met de vingers naar rechts en trekken van 1035 zolang mogelijk 450 af. Dat gaat tweemaal, we houden 135 over. Tenslotte naar de eenheden en het quotiënt wordt 123, rest 0.
Geroutineerde rekenaars rekenden vaak alvast uit het hoofd vooruit en ze kenden allerlei ezelsbruggetjes om op het rekenen te besparen.

Rekenmachines met zwengel, zoals die van Burroughs, zijn weliswaar lichter te bedienen doordat het rekenwerk tijdens het draaien en niet bij het indrukken wordt gedaan, maar ze zijn niet eenvoudiger. Hun voordeel zat vooral in het feit dat een foute aanslag niet meteen tot een ramp leidde: men kon herstellen zolang men nog niet gezwengeld had. Toen tenslotte een motortje de taak van de hefboom kon overnemen brak de Burroughs goed door. Latere verbeteringen betroffen verder vooral het regeldrukmechanisme.

Brunsviga

Een populaire machine die met nokkenraderen werkte was de Brunsviga (afb. 13). Het nokkenradmechaniek biedt talloze voordelen boven dat van de Comptometer. Om af te trekken hoeft men slechts de slinger de andere kant op te draaien, om te vermenigvuldigen hoeven niet de vingers zijdelings te worden geschoven, alleen de wagen waarop het resultaat wordt afgelezen. Met behulp van nog een paar ander inrichtingen worden vermenigvuldigen en delen nog eenvoudiger. Grootste nadeel blijft de werksnelheid: het schuiven met hefboompjes kost meer tijd dan het indrukken van een toets. Vroeger, in het precomputertijdperk, moest men zelfs voor het rekenwerk al zorgvuldig afwegen welke machine het meest geschikt was.



Afb. 13. De Trinks-Brunsviga; met de hendeltjes worden de nokkenraderen ingesteld.

Nokkenradmachines zijn nog steeds wel in gebruik als kassa bij winkeliers, voorzover ze zich niet hebben laten verleiden tot de aanschaf van een uiterst geavanceerde toonbankcomputer. Het bedrag wordt met glijders ingesteld op de bolle buik van de kassa en met een forse draai aan de zwengel wordt het opgeteld bij dat van de vorige aankoop. Vermenigvuldigen kan men met een dergelijke kassa niet.
Daarvoor is een speciale wagen nodig zoals Leibniz die reeds had bedacht. Het eerste getal wordt ingesteld op de gewone manier: de schuifjes drukken het gewenste aantal tanden op elk wiel naar buiten (afb. 14). Met een eerste slag aan de slinger wordt dit getal

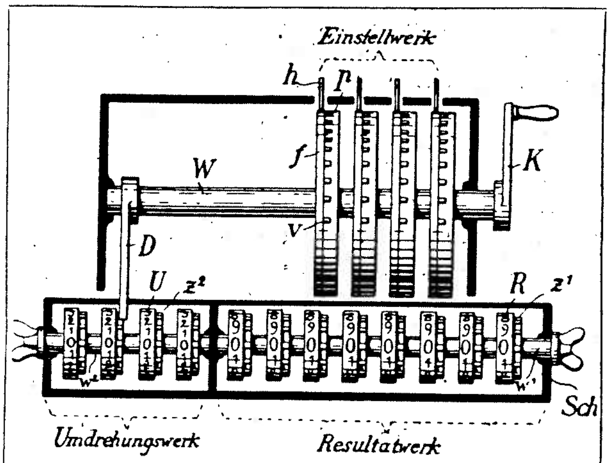


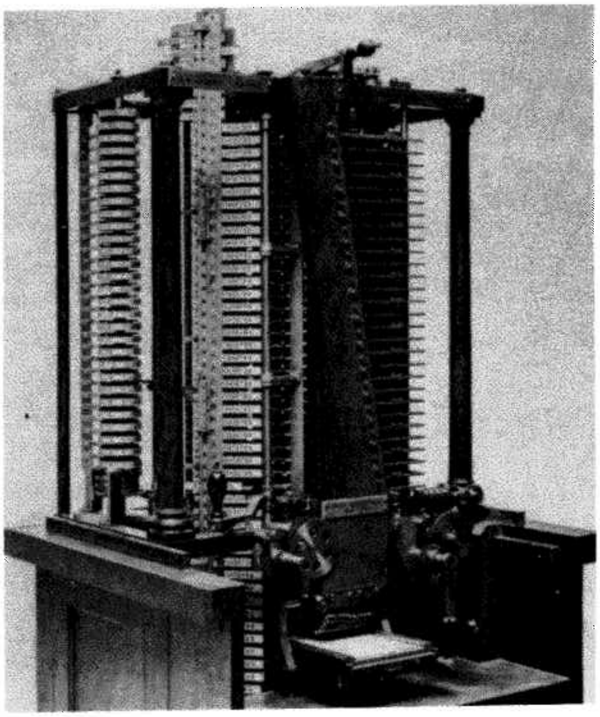
Abb. 26. Schema der Sprossenradmaschine.

Afb. 14. Schematische voorstelling van de Brunsviga.

overgebracht op de wagen. Als de slinger nu nog een keer wordt gedraaid, wordt dit getal nog een keer op de wagen overgebracht en hebben we het met twee vermenigvuldigd. En als we de wagen eerst twee plaatsen naar rechts hadden bewogen, dan hadden we het met tweehonderd vermenigvuldigd op dezelfde manier als we bij de Comptometer onze handen verschoven.
Geheel links op de wagen zitten nog wat extra vensters en tandwieltjes waarmee wordt bijgehouden hoeveel omwentelingen de slinger in elke wagenstand heeft gemaakt. Dat bespaart het tellen. Bij het delen draaien alle raderen eenvoudig de andere kant op doordat ook de slinger de andere kant wordt opgedraaid. Mocht de rekenaar per ongeluk een keer teveel aftrekken bij het delen, dan klinkt er een belletje en herstelt een draai de andere kant op de fout.

Jacquard, Babbage, Lovelace

De aanloop tot de computer werd al begonnen aan het eind van de achttiende eeuw – men zou kunnen zeggen dat niet alleen de industriële revolutie, maar ook de computerrevolutie haar wortels in de 'manufactuur' heeft.
Bij het weven van stoffen moeten bepaalde handelingen steeds in dezelfde volgorde worden uitgevoerd. In Frankrijk kwamen eerst Bouchon, toen Falcon en tenslotte Jacquard op het idee instructies voor de weefstoel van te voren vast te leggen. Dat 'weefprogramma' werd vastgelegd op houten kaarten met gaten, zoals op het ogenblik nog draaiorgelboeken. Deze kaarten sturen dan de bewegingen van het weefgetouw. Joseph-Marie Jacquard bouwde in 1795 een weefstoel die algemeen wordt beschouwd als het begin van de programmering, maar Bouchon (1725) en Falcon (1729) gingen hem voor.
Charles Babbage (1791–1871) gaf de weg aan waarlangs de ontwikkeling zich verder zou voortzetten. Zijn probleem was de analyse, een tak van de wiskunde waarbij meer rekenwerk komt kijken dan vermenigvuldigen en delen. Hij ontwierp daartoe op papier de *analytische machine*. Niet de details, maar wel de algemene opzet van zijn machine vinden we nu nog terug in de moderne computer (afb. 15).



Afb. 15. De analytische machine van Charles Babbage.

Babbage ontleedde elk probleem in zijn onderdelen. Zijn analytische machine zou moeten bestaan uit een geheugen, een rekenwerk, een stuureenheid en een uitvoereenheid. De uiteenzetting van zijn plannen laat zich bijna lezen als een inleiding tot de moderne computerarchitectuur.
Ponskaarten zorgden voor de besturing, een afdrukeenheid zou de resultaten meteen als cliché voor de boekdrukker geschikt maken. De ideeën die Babbage had ontwikkeld over de data-invoer zouden het snelst worden verbreid, voor de rest was de wereld nog niet rijp.
Een van de weinige mensen die Babbage toentertijd begreep, was de wiskundige Ada Lovelace (1815–1852). Van haar is de uitspraak dat de analytische machine "alleen kan doen wat wij hem kunnen opdragen" – een tekst die nog steeds actueel is. Zij vertaalde een Italiaanse verhandeling over Babbage's werk in het Engels en voegde er op aandringen van Babbage haar eigen ideeën aan toe – die namen tenslotte ruim drie keer zoveel ruimte in beslag als de oorspronkelijke tekst. Zij ging nauw met Babbage samenwerken, probeerde geld voor zijn projecten bij de paardenraces te winnen en stierf even berooid en miskend als Babbage. Lovelace was de eerste die echte computerprogramma's schreef en ettelijke 'bugs' (fouten) uit die van Babbage haalde. Of ze werkelijk zo geniaal was is de laatste tijd overigens betwijfeld.

Naar de computer

De geschiedenis van de computer begint niet waar het mechanische rekenen met raderen ophoudt. De volgende grote stap werd gezet door de Duitse ingenieur Konrad Zuse, kort voor de Tweede Wereldoorlog: hij bouwde een machine die kon rekenen in het tweetallig stelsel en die alleen gebruik maakte van logische schakelingen. Toch was zijn Z 1 (1936) geheel volgens mechanische principes, dus zonder elektronica, opgebouwd. Ook hij zorgde ervoor dat zijn machine programmeerbaar was; het werk van Babbage kende hij toen nog niet, evenmin als het baanbrekende werk van Shannon, die aantoonde dat de logica van EN, NIET en OF mag worden gebruikt om rekenkunde mee te bedrijven (1938). Het blijkt namelijk dat men met een ingenieuze combinatie van deze 'logische bewerkingen' een optelling kan nabootsen. De Z 2, die al gebruik maakte van elektromagnetische schakelingen, kwam vlak voor de oorlog gereed; de Z 3 werd tijdens een bombardement vernietigd.
Zuse was een van de eersten die ook het belang van programmeertalen inzag. Hij ontwikkelde *Plancalculus*, een taal die later zou worden opgevolgd door Fortran, Algol, Basic en Pascal.

Sinds 1945 is tot in de jaren tachtig vrijwel al het grote onderzoekwerk op computergebied aan gene zijde van de oceaan gedaan – al is niet lang geleden komen vast te staan dat de Britse geheime dienst in 1943 een werkende binair computer, Colossus, in Bletchley Park in Buckinghamshire had staan.
De elektronenbuis kon voor de essentiële versterking van signalen zorgen en de eerste elektronische rekenmachine werd in 1946 gebouwd door J. Eckert en J. Mauchly: de ENIAC, de Elektronische Numerieke Integrator en Computer. De naam wijst er al op dat de machine vooral bedoeld was om integralen uit te

rekenen – zoals Babbage op zijn analytische machine kwam door het probleem van de logaritmen. De ENIAC werkte met het tientallig stelsel.
Daarna ging het allemaal steeds sneller. De elektronenbuis werd vervangen door de compactere transistor, de transistor door de chip en de chip wordt superchip. Wie nu een computerblad van tien jaar geleden doorbladert heeft al het gevoel de catalogus van een antiekveiling te bekijken.
Dat geldt nog meer voor de mechanische tel- en rekenmachines: die zijn door de computer in weinig meer dan tien jaar museumstukken geworden. Als de ontwikkelingen zo snel blijven gaan, maken we nog mee dat onze computers als curiosa op een tentoonstelling zullen zijn te zien.

* Deze tekst verscheen ter gelegenheid van de tentoonstelling 'Rekenen met Raderen' die dit voorjaar in Teylers Museum is gehouden.

Informatie over symposium Leerstofordening, d.d. 2 oktober 1987

Vooraankondiging

Per september verlaat Joop van Dormolen het PDI te Utrecht. Daar heeft hij zich gedurende negentien jaar beziggehouden met het wiskunde-onderwijs in het algemeen en het opleiden van leraren wiskunde in het bijzonder.
Bij gelegenheid van dit afscheid wordt door de afdeling wiskunde van het PDI te Utrecht op *vrijdag 2 oktober 1987* een symposium over Leerstofordening georganiseerd.

Onderwerp symposium: leerstofordening
De keuze voor dit onderwerp ligt voor de hand. Noemt men de naam Joop van Dormolen dan heeft men het ook over OOV of OSaEV. De inhoud en opzet van dit leerstofordeningsmodel moge een ieder bekend zijn. Met de uitwerking en verspreiding van dit model heeft Van Dormolen een belangrijke bijdrage geleverd aan de kwaliteit van het wiskunde-onderwijs in Nederland. Voor het eerst werd een leerstofordeningsmodel voor het wiskunde-onderwijs expliciet gemaakt, dat volgens velen direct in de klassepraktijk herkenbaar en toepasbaar was. Dit gaf wiskundedocenten aandachtspunten om hun les adequater te plannen en uit te voeren.
Hele generaties wiskundedocenten zijn grootgebracht en worden dat nog steeds met dit model (niet alleen wiskundedocenten trouwens, maar ook docenten van andere vakken, bijv. Nederlands).

Bij de uitwerking van het symposium gaan wij van een aantal uitgangspunten uit. Zo zal niet alleen de theoretische achtergrond, maar ook de praktische gebruikswaarde aan bod komen. Verder wordt er niet alleen gekeken naar het gebruik op voor de hand liggende plaatsen zoals de lerarenopleiding.
Tot slot zal er op het symposium niet alleen teruggeblikt worden (hoewel dat natuurlijk niet verboden is), maar hopen wij dat er ook aanzetten tot vernieuwing geboden worden.

Een en ander betekent dat wij rond het thema leerstofordening, toegespitst op OOV, de volgende deelthema's onderscheiden:

Het werken met OOV
- De plaats van leerstofordening binnen de lerarenopleiding: de lerarenopleider en OOV.
- Leerstofordening in de dagelijkse praktijk: de docent en OOV.
- Leerstofordening binnen leerboeken: de auteur en OOV.

Analyse en achtergrond van OOV
- Theoretische achtergronden van OOV.
- Andere leerstofordeningsmodellen.
- De plaats van OOV bij verandering van het wiskunde-onderwijs.

Opzet symposium
Bij elk van de thema's is een inleider gezocht. Deze heeft een halfuur tot drie kwartier tot zijn beschikking. Gezien het aantal genodigden kan deze inleiding niet het karakter van een werkgroep hebben.

Doelgroep
Iedere belangstellende is welkom. Met name geldt dit voor collega lerarenopleiders en schoolpracticumdocenten, evenals medewerkers van het Mathematisch Instituut, OW&OC, SLO en CITO.
Het maximaal aantal deelnemers is 140.

Globale indeling van de dag: (voorlopig)

9.15 – 9.45	Ontvangst
9.45 – 10.00	Opening
10.00 – 10.45	Thema 1
10.45 – 11.05	Koffie
11.05 – 11.35	Thema 2
11.35 – 12.05	Thema 3
12.15 – 13.15	Lunch
13.15 – 13.45	Thema 4
13.45 – 14.15	Thema 5
14.15 – 14.45	Thema 6
14.45 – 15.05	Thee
15.05 – 15.30	Sluiting

Aansluitend is er een afscheidsborrel.

Praktische punten:
Voor verdere informatie over het symposium kunt u contact opnemen met Harrie Broekman of Johan Weterings (030-533776/531725).
U kunt zich nu al opgeven voor het symposium bij:

R. Becx
PDI, afdeling wiskunde
Postbus 80120
3508 TC Utrecht.

De definitieve kosten voor deelname en de wijze van betalen worden eind augustus bekend gemaakt. Wij verwachten dat deze voor deelname zonder lunch ca. *f* 10,– bedragen (koffie, thee en verslag) en voor deelname met lunch ca. *f* 25,–.
Met maximaal aantal deelnemers is 140.
Bij de definitieve inschrijving wordt voorrang gegeven aan diegenen die zich reeds hebben aangemeld.