

# De beste uitvinding van de laatste 100 jaar

Op de lagere school leerden we dat de belangrijkste Nederlandse uitvindingen waren:

- de boekdrukkunst door Laurens Janszoon Coster te Haarlem,
- het haringkaken door Willem Beukelszoon te Biervliet.

Met alle respect voor de Nederlandse haringvissers en het belang van de haringvisserij voor de welvaart in Nederland, mag toch gezegd worden dat de boekdrukkunst wereldwijd een belangrijker uitvinding voor het mensdom is dan het haringkaken. Jammer ook dat de toekenning van de ontdekking aan Laurens Janszoon Coster op vaderlands chauvinisme berustte en dat Johannes Gutenberg met de eer als eerste boekdrukker ging strijken.

Terugblikkend op de invloed van ontdekkingen op de ontwikkeling van de mensheid, scoort de boekdrukkunst hoog op de lijst van beste uitvindingen aller tijden. Het is van de categorie van het *vuur* en het *wiel*. Vóór de boekdrukkunst was de toegang tot wetenschap en literatuur beperkt tot de happy few die toegang hadden tot de schaarse geschriften en de enkele bibliotheken. Kopiëren van boeken was monnikenwerk. Door de boekdrukkunst is de wereld veranderd én verbeterd. Niet alleen wetenschap en literatuur hebben enorm geprofiteerd van de boekdrukkunst, maar het heeft ook lezen en schrijven tot een algemeen goed gemaakt.

Het voorbeeld van de boekdrukkunst laat zien dat honderd jaar eigenlijk te kort is om de werkelijke impact van een uitvinding in te schatten. En ook dat het bij belangrijke ontdekkingen vaak moeilijk is vast te leggen waar en wanneer precies de cruciale stap is gemaakt. Een echt belangrijke uitvinding maakt een lange evolutie door. Het is een lange weg van de eerste letterdrukkers naar de moderne snelle printers zoals die nu bij kranten gebruikt worden. Het is dus een hachelijke zaak om de beste uitvinding van de laatste honderd jaar uit te kiezen.

Wel helpt de beperking tot de laatste honderd jaar om een aantal voor de hand liggende uitvindingen uit te sluiten, zoals electriciteit, telefoon, trein, auto en vliegtuig, want die bestonden al vóór 1914. Na 1914 komen vondsten in de bio-medisch sfeer in beeld, zoals bijvoorbeeld de antibiotica, die ongetwijfeld het mensdom van veel ellende verlost hebben. De mensen leven daardoor gelukkiger en een beetje langer en het behoort zeker tot de betere uitvindingen. Maar het zijn toch verbeteringen van de bestaande situatie en niet ingrijpende omwentelingen. Daarom is mijn keuze voor een technische ontwikkeling en wel:

## De beschikbaarheid van 'onbeperkte' digitale geheugens

Het mag bevreemding wekken dat geheugencapaciteit is losgemaakt uit de context van computers en het Internet, die zeker meer zichtbaarheid in de samenleving hebben dan de op de achtergrond functionerende geheugens. En waarom de computer of het Internet niet betere uitvindingen zijn. Inderdaad zonder deze context zouden digitale geheugens een bescheidener rol spelen, maar dat geldt voor alle belangrijke uitvindingen. Het wiel is van weinig

waarde zonder wegen, het vuur behoeft lucifers en brandbaar materiaal en de boekdrukkunst is zonder papier ook van weinig nut. Ik wil met een korte schets van de geschiedenis laten zien dat de uitvinding van steeds grotere en snellere geheugens de sleutel van de digitale revolutie is geweest en in de toekomst de drijvende kracht zal zijn.

Elektronische computers zijn na de tweede wereldoorlog in zwang gekomen. Daarvóór waren de rekenmachines mechanisch en beperkt tot de elementaire bewerkingen van optellen, aftrekken vermenigvuldigen en delen. De eerste elektronische rekenmachines waren log, langzaam en moeilijk te bedienen. Ze waren bedoeld om er grote berekeningen mee uit te voeren en niet voor dataverwerking. Computers hadden een klein intern werkgeheugen, de data-invoer en opslag ging via externe dragers als ponsband, ponskaarten en tapes. Deze computers waren wel revolutionair voor de wetenschap maar niet voor de rest van de samenleving. Een eerste schatting van de behoefte aan “mainframes” kwam uit op een tiental wereldwijd.

Voor dataverwerking zijn toegankelijke geheugens met grote capaciteit nodig en die waren duur en moeilijk te maken. Het gebruik van magnetische kern geheugens was een belangrijke stap om computers sneller te maken, maar zo'n geheugenelement moest met de hand vervaardigd worden. Daarom hadden de computers aanvankelijk niet veel impact buiten het specialistische wetenschappelijk onderzoek, dat niet zoveel data, maar vooral rekenkracht nodig had. De rekenkracht van computers groeide volgens de wet van Moore: iedere twee jaar een verdubbeling. Dat is een exponentiële groei, met een imposante exponent, maar het einde van de wet van Moore is nu in zicht.

De ontwikkeling van geheugencapaciteit ging aanvankelijk langzaam. Het is nog geen 25 jaar geleden dat Philips een all-out poging deed om een megabit geheugen te fabriceren, de *megachip*. Niettemin waren toen de geheugens al zo groot dat de computer voor boekhoudkundige doeleinden nuttig bleek. Het gemak van het schrijven, lezen en kopiëren van digitale informatie is zo evident, dat ook beperkte geheugencapaciteit een computer nuttig maakt voor kantoorwerk. In het Frans heet een computer *ordinateur* en inderdaad het 'ordenen' (manipuleren) van gegevens en niet het rekenen werd het belangrijkste gebruik van de computer. Beeldschermen verschenen in alle kantoren en de gebruikers van de computer hoefden niet meer over wiskundige of programmatische kennis te beschikken om met de computer om te gaan.

In vergelijking met de gestage ontwikkeling van de rekensnelheid van computers, volgens de wet van Moore, is de groei in geheugencapaciteit explosief te noemen. De megachip van Philips moest een tiende Megabyte aan geheugen bevatten terwijl nu een Terabyte geheugen mogelijk is. Dat is een factor tien miljoen in pakweg vijfentwintig jaar of wel een verdubbeling elk jaar! Dus een exponentiële groei met tweemaal de exponent van Moore. Die ontwikkeling is zo snel, omdat telkens andere geheugendragers ontwikkeld worden. Ze komen in verschillende soorten, dynamisch en statisch, al naar gelang hun functie. In het begin moesten de grotere bestanden nog op externe geheugens als magnetic tapes, floppy discs, CD's en DVD's gezet worden. Tegenwoordig zijn de harde schijven al groot genoeg om die vormen van geheugen overbodig te maken. In de nieuwste computers ontbreekt daarom een DVD-drive, omdat de DVD als een verouderd medium gezien wordt. Aan de wieg van de snelle en grote geheugens hebben vele vaders gestaan. Albert Fert en Peter

Grünberg hebben in 2007 de Nobelprijs gekregen “for the discovery of Giant Magnetoresistance”, een fysisch effect waarop de grote magnetische geheugens gebaseerd zijn. Er was een beetje haast nodig voor de toekenning want op de dag van de uitreiking was deze techniek al verouderd en grotendeels vervangen door flash memory (die in een geheugenstick gebruikt wordt).

De groei van geheugencapaciteit heeft een andere belangrijke ontwikkeling tot gevolg gehad. Bij de experimenten van CERN kwamen zoveel gegevens beschikbaar, dat het ondoenbaar werd om die daar lokaal te analyseren. De analyse moest door een groot aantal onderzoekers, verspreid over de wereld, uitgevoerd worden. Dat vroeg om een netwerk waarbij alle onderzoekers vrije toegang tot elkaars gegevens hadden. Daaruit is het *World Wide Web* ontstaan, oftewel het Internet, een netwerk van aan elkaar gekoppelde computers. Cruciaal hierbij was de ontwikkeling van de protocollen waarmee de computers met elkaar konden communiceren. Op deze manier is er een wereld open gegaan, niet alleen voor wetenschappelijke doeleinden, maar voor alle data-uitwisseling en voor iedereen.

De verhoging van de rekensnelheid begint zijn grenzen te voelen. Meer rekenkracht wordt nu gewonnen door meer parallele processoren. De uitbreiding van geheugencapaciteit lijkt *‘onbeperkt’*. Google heeft de politiek om geen enkel bestand meer weg te gooien, omdat *‘de groei van de geheugencapaciteit sneller is dan de aanmaak van nieuwe bestanden’*. Als de groei de vraag overtreft is er geen beperking. De kwestie is nu waartoe deze ontwikkeling leidt en of die gunstig is.

Het is niet gedurfd om te speculeren dat digitale dataopslag de boekdruk-kunst in belangrijkheid naar de achtergrond zal drukken. Een aantal jaren geleden was ik betrokken bij een nieuw te bouwen laboratorium. De vraag toen was of er een verdieping moest komen voor een bibliotheek. Ik heb de collega’s die vraag voorgelegd en de jongere generatie was unaniem van mening dat een nabije bibliotheek niet meer van groot belang was. Die verdieping is er dus niet gekomen en momenteel is het zelfs de vraag of we überhaupt nog behoefte hebben aan een centrale bibliotheek. Het lijkt geen twijfel dat digitale informatie al een belangrijker rol speelt dan gedrukte informatie, om de simpele reden dat digitale informatie zoveel makkelijker te hanteren, te kopieëren en uit te wisselen is dan drukwerk. Telefoongidsen, spoorboekjes en handleidingen raken uit de mode. Vergelijk maar de vroegere twintig delen van de Brittanica, die nauwelijks in een burgermanswoning pasten, met de huidige online encyclopedie. Juristen en dokters raadplegen niet meer hun handboeken maar hun database.

De lage prijs van giga-geheugens en de toegankelijkheid van digitale gegevens zijn een belangrijke reden voor de snelheid van de digitale revolutie. De toegankelijkheid hangt samen met efficiënte zoekroutines. Databestanden kunnen via een boomstructuur met “keywords” en “links” bijzonder snel doorzocht worden. De speld in de hooiberg is nu makkelijk te vinden. En het is nog altijd verbazingwekkend hoe gauw Google met relevante informatie komt op vrijwel iedere vraag. De toegankelijkheid is mede zo gebruikersvriendelijk omdat men niet fysiek bij de data hoeft te zijn om ze te raadplegen. De data staan eventueel in de “cloud”. Het voordeel hiervan is dat men geen lokale infrastructuur nodig heeft. In ontwikkelingslanden kunnen bancaire faciliteiten ontwikkeld worden via digitale bestanden zonder dure

kantoorgebouwen en hoogopgeleid personeel.

Zijn er geen schaduwkanten aan deze digitale revolutie? Uit oogpunt van zorg voor het milieu zijn er weinig. Een memory stick of een back-up disk kan jarenlang in de kast liggen zonder schadelijke gevolgen. Maar wat de effecten ervan op het menselijk gedrag zullen zijn is moeilijk in te schatten. De zegeningen van het Internet zijn alom geprezen. Er is gejuicht over de politieke lentes die via het internet zijn uitgebroken en die tot de val van dictators geleid hebben. Maar er kan wel eens te vroeg zijn gejuicht. De stem van het volk, versterkt door de “sociale” media, lijkt niet op rationaliteit gebaseerd en misschien moet er eerder van “asociale” media gesproken worden. En het is de vraag of men van zoveel kennisaanbod niet lui en goedgelovig wordt. Daarom heb ik mijn twijfels over het Internet als *beste* uitvinding.

Men heeft niet veel fantasie nodig om ook slecht gebruik van de overwelddigende data-opslagcapaciteit te vinden. De NSA heeft daar al een staaltje van gegeven. Ook de tienduizenden die nu “ontgoogled” willen worden zijn daar een voorbeeld van. Maar niemand kan er aanstoot aannemen dat een TomTom een geheugenkaartje bevat met het hele wegennet van Europa erop of dat een digitale camera flimpjes en honderden foto’s kan bevatten, die meteen klaar staan om bezichtigd te worden. In het vooruitzicht dat er nog veel meer lokale intelligentie in apparaten ingebouwd zal worden door de enorme mogelijkheden die door de ‘onbeperkte’ digitale geheugens beschikbaar komen, durf ik het aan, om dat de beste uitvinding van de laatste honderd jaar te noemen.

J.M.J. van Leeuwen, Pijnacker