

CKI ‘100 jaar geleden’

De magie van de technologie, de magie van het denken

Matthijs Westera

Het samenstellen van de honderdste AiAiAi is een mooie gelegenheid voor reflectie. Hoe zag CKI er bijvoorbeeld 100 jaar geleden uit? Wat hebben de filosofen, psychologen en computerwetenschappers de afgelopen eeuwen uitgespookt? Hoe zijn we aanbeland waar we nu zijn? In dit artikel wordt beargumenteerd dat de invloed van technologische ontwikkeling op de cognitiewetenschap, zoals die zich eeuwen lang voordeed, nog steeds in volle gang is.

Je blik op de wereld is in grote mate afhankelijk van je kennis. In een weiland ziet een botanist hele andere dingen dan een boer. Wat je weet en kent is grotendeels afhankelijk van de omgeving waarin je opgroeit, en daarmee van de technologie die je tot je beschikking hebt. De technologie beïnvloedt daarom onze kijk op de wereld en bepaalt het beeld dat wij hebben van vreemde fenomenen zoals vuur, π , de ruimte en, voor ons van belang, cognitie.

Deze beschouwing begint in het midden van de 17^e eeuw, met de ontdekkingen van geleerden als Robert Boyle, omtrent de compressie van gassen, en Galileo Galilei, omtrent het vacuüm. Onderzoek naar buizen, volumes, gassen en pompen was in die tijd erg hip. Niemand minder dan René Descartes leek de vondsten van onder meer Boyle te projecteren op het brein. Dat deed hij in zijn boek *L’homme*, dat hij rond 1630 publiceerde, waarin de open ruimten in het brein, de ventrikels, centraal staan en het denken wordt gezien als het stromen van mysterieuze, vluchtige levensstoffen van de ene ruimte naar de andere. Zenuwen worden beschreven als holle buisjes waardoorheen de mysterieuze ‘animale’ stof stroomt ‘als een fijne bries’, van de sensorische organen naar de pijnappelklier, die de schakel vormt tussen lichaam en geest.¹

Vreemd genoeg beweerde Descartes dit alles terwijl al lang bekend was dat de ventrikels helemaal niet gevuld zijn met een vluchtige stof, maar met een vloeistof. Wellicht maakte de techniek in die tijd meer indruk dan de vondsten in de biologie en de anatomie. Hoe kwam dat? Wat was die X-factor waardoor een theorie van de geest in termen van gassen het won van een (anatomisch meer plausibele) theorie in termen van vloeistoffen?

Voordat we deze vraag beantwoorden springen we een eeuw vooruit in de tijd, naar de weefmachines van de 18^e eeuw, die de kopgroep vormden in de industriële revolutie. De complexe weefpatronen bestonden uit veel herhaling, waardoor bij de fabriekseigenaren al snel de behoefte kwam om het weefproces te automatiseren. Dat coderen gebeurde met gaatjes, eerst in papier en later in kartonnen ponskaarten onder leiding van IBM. In het midden van de 19^e eeuw werden ponskaarten toegepast in de eerste programmeerbare computer, ontworpen en gedeeltelijk gebouwd door Charles Babbage.

Gelijktijdig met, maar niet gerelateerd aan de ponskaarten ontstonden, gedurende de industriële revolutie, de stoommachines. Hoewel een prototype, de zogenaamde *aeolipile*, al twee millennia eerder ontworpen en gebouwd was door de ingenieur Heron van Alexandrië heeft het verbeteren ervan voor industriële toepassingen nog geduurd tot ver in de negentiende eeuw.

¹ Interessant is dat hij het opbollen van ruimten in het brein onder invloed van de animale bries vergeleek met de opbollende zeilen van een schip – een ander stuk techniek dat in de zeventiende eeuw erg populair was (denk aan de grote ontdekkingsreizen en de VOC).

Stoommachines hebben voor het bijna uitsterven van de witte berkenspanner gezorgd, en ponskaarten hebben de holocaust gestroomlijnd², maar ze hebben blijkbaar nooit die X-factor gehad waardoor men deze technieken ging projecteren op het brein (behalve dan in de uitdrukking “even stoom afblazen” en in het zeer bekende gezegde “alsof er een ponskaart in je centrale sulcus zit”). Dit in tegenstelling tot het tamelijk blitse alternatief: elektriciteit.

Elektriciteit was bedacht door God tussen de 6,000 en 10,000 jaar geleden en voor het eerst getemd door de mensheid onder leiding van mensen als Volta, Faraday en Ohm, in de negentiende eeuw. Vrijwel meteen was het een inspiratiebron voor Mary Shelley bij het schrijven van *Frankenstein* (1819), waarin een gedrocht tot leven wordt gewekt met elektriciteit.³ Dit was aanvankelijk de status van elektriciteit: een mysterie. Pas tegen 1900 wordt de kracht enigszins bedwongen door middel van weerstanden, schakelingen en peertjes van Philips. Het brein wordt dan gezien als een systeembord, met weerstanden, schakelingen, lampjes en vooral een berg snoeren. Maar wat is nu die X-factor? Waarom sloegen gasdruk en elektriciteit wel, maar vloeistoffen, stoommachines en ponskaarten niet echt aan in ons beeld van het denken?

Volgens mij moet techniek, om geprojecteerd te kunnen worden op iets mysterieus en magisch als het denken, op zijn minst zelf een beetje magie bevatten. Dit was het geval voor gassen, die veel ongrijpbaarder waren dan vloeistoffen en waarvan de aard niet precies bekend was, en dit was (en is) het geval voor elektriciteit, een enorm vluchtig verschijnsel dat vaak een indrukwekkend en soms een dodelijk schouwspel oplevert. Stoommachines en ponskaarten, twee zeer invloedrijke vormen van techniek, missen een dergelijke magie. Ze zijn volkomen mechanisch en transparant.⁴ Hoe moet je iets magisch als het denken verklaren in termen van tandwieltjes, zuigers of kartonnen kaarten? Het hebben van een portie magie, dat is de X-factor.

Aan het begin van de twintigste eeuw vindt de opkomst van de telefonie plaats, met als gevolg dat het brein werd vergeleken met een telefooncentrale. Een telefooncentrale, in feite een enorme elektronische schakeling, heeft beduidend meer X-factor, meer magie, dan een simpel systeembord. Ontelbaar veel snoeren en schakelingen zorgen er op welhaast magische wijze voor dat duizenden mensen paarsgewijs tegelijk met elkaar kunnen praten. Ook nu nog wordt in veel psychologieboeken de cortex vergeleken met een telefooncentrale.

Na de telefonie kreeg het behaviourisme de overhand in de psychologie, waardoor de geest als black box werd beschouwd. De magie van het denken zelf werd weggeredeneerd en er werd maar even helemaal niets op het brein en de geest geprojecteerd. Toen deze stroming, wat de neuropsychologie betreft, werd afgeschreven stond de digitale computer te lonken als een schitterende kandidaat. De digitale computer was, zeker voor de leek, maar ook voor veel academici, een alleskunner badend in de magie. Het beeld van cognitie als een dergelijk physical symbol system heeft de cognitiewetenschap enkele decennia gedomineerd. Maar in de jaren negentig, met de teloorgang van expertsystemen en de teleurstellende prestaties van SHDLU in de echte wereld, sloeg het om.

Diverse problemen in de symbolische aanpak stonden het bereiken van machine-intelligentie in de weg, zoals het symbol grounding problem, de onmogelijkheid alles formeel te definiëren en het frameprobleem. Doordat we aan het nut van symbolen in machine-intelligentie gingen twifelen, maar ook doordat we steeds veeleisender werden en daardoor tegen de beperkingen van de digitale computer aanliepen, kwam het symbolisme ook bij het

² Althans, volgens “IBM and the Holocaust” van Edwin Black.

³ Galvani had in 1791 al ontdekt dat zenuwcellen informatie overbrengen door middel van elektriciteit. Dit droeg wellicht bij aan de dominantie van elektriciteit in het beeld dat men had, en nog steeds heeft, van het denken.

⁴ Het motto van het *steam-punk* genre, fantasy met stoommachines en Da Vinci-achtige uitvindingen, is dan ook dat technologie weer transparant moet worden.

bestuderen van menselijke intelligentie op de tocht te staan. De brein-computer-analogie werd met minder enthousiasme toegepast in de cognitieve psychologie, en er werd zowel vanuit de psychologie als vanuit de kunstmatige intelligentie gezocht naar een alternatief model.

Een alternatief voor het physical symbol system werd uiteindelijk gevonden in de kunstmatige neurale netwerken van het connectionisme. De komst van deze op het brein gebaseerde aanpak lijkt een kantelpunt te zijn in de in dit artikel beschreven ontwikkeling. Waar voorheen het denken een mysterieus fenomeen was, waarover door de eeuwen heen steeds vanuit een ander technologisch raamwerk is gespeculeerd, wordt in het connectionisme juist de werking van het brein toegepast in de techniek! Betekent dit dat de X-factor, de magie, uit het denken verdwenen is? Of passen we in het connectionisme juist een mechanisme toe dat we zelf eigenlijk niet goed begrijpen?

Volgens mij is het antwoord op beide vragen ontkennend. De magie is nog lang niet uit het denken. Ook passen we in het connectionisme mechanismen toe die we prima begrijpen – dankzij wire-tapping en statistische analyse weten we Bonini's paradox goed te omzeilen⁵. Maar wat is dan de aard van dit schijnbare omslagpunt?

Volgens mij is het omslagpunt zelf een grote illusie en zijn we nog steeds bezig de techniek op het brein te projecteren. Kunstmatige neurale netwerken zijn in beginsel gebaseerd op hoe we menen dat het brein werkt, maar in hun huidige vorm zijn ze toch vooral een technologische oplossing voor allerlei problemen inherent aan het symbolisme. Deze versimpelde versies van ons brein staan inmiddels zo centraal binnen de kunstmatige intelligentie, dat we dreigen te vergeten hoe enorm veel uitgebreider en complexer het brein is. Het scheelt al gauw een factor miljoen in het aantal neuronen, maar ook de invloed van hormonen, gliacellen, patronen in de bedrading en verschillen tussen de neuronen onderling worden genegeerd. We hebben wellicht het idee dat een connectionistisch systeem het brein redelijk kan benaderen, als je het maar groot genoeg maakt. Maar we zijn er nog lang niet, en volgens mij vormen kunstmatige neurale netwerken de zoveelste technologische ontwikkeling die we projecteren op ons brein.

Het feit dat we dat zo gretig doen, komt wellicht doordat ons begrip van de symbolische systemen te groot is geworden. In een tijd waarin zelfs opa's en oma's aan het Google-chatten zijn, bevat de computer als symboolmanipulator nog maar weinig magie, net zoals stoommachines en ponskaarten. Het connectionisme, gedistribueerd en adaptief, is in staat om de magie weer in het apparaat te krijgen. Zolang computers enige magie bevatten, kan onder computerwetenschappers de hoop blijven bestaan dat ze ooit zullen denken. Maar het connectionisme geeft op eenzelfde manier hoop als de ontdekkingen van Boyle en Galilei voor Descartes en de ontdekkingen van Volta, Faraday en Ohm voor dokter Frankenstein.

Blijven technologische ontwikkelingen elkaar tot in de eeuwigheid opvolgen met steeds nieuwe kandidaat-modellen voor het brein? Uiteindelijk zal door ons groeiend begrip van parallel distributed processing toch ook de magie uit het connectionisme verdwijnen. Welk stuk techniek moeten we dan gaan projecteren op het brein? Misschien is de kwantumcomputer tegen die tijd een goed alternatief. En misschien dat daar de beschreven trend wel stopt: de kwantummechanica zal volgens vooraanstaande kwantummechanici altijd onbegrepen blijven, en zal dus altijd de benodigde portie magie blijven hebben. Gelukkig maar.

⁵ Bonini's paradox: het model is even ingewikkeld als het gemodelleerde.