Eelco Anneveldt
CONCEPT & COPY

anneveldt.net
eelco@anneveldt.net
+31 6 29 53 05 72

# ELEKTROFYSIOLOGISCH MONITOREN VAN ONGEBOREN BABY'S



Een goed begin is het halve werk. Deze uitdrukking krijgt extra gewicht in de context van het menselijk leven. Want tijdens de zwangerschap, de geboorte en in de eerste levensmaanden is dat leven extra kwetsbaar. Twee projecten die – mede – gefinancierd worden door het Universiteitsfonds zijn erop gericht om de kansen van pasgeboren en ongeboren kinderen te verhogen.

Eén daarvan is HASTA, een afkorting die, na wat creatief schuiven met letters, staat voor "Healthy Ageing starts with a healthy STArt". Het is een project van o.a. dr.ir. Beatrijs van der Hout. Zij is Universitair Docent bij de faculteit Electrical Engineering in de vakgroep Signal Processing Systems op TU/e en bij het Eindhoven MedTech Innovation Center.

HASTA draait om elektrofysiologisch monitoren van moeder en kind. Deze methode is mede ontwikkeld op de TU/e en inmiddels zover uitgekristalliseerd dat het al in medische omgevingen wordt toegepast. In een intensieve samenwerking met het Máxima Medisch Centrum (MMC) werkt o.a. Beatrijs aan de verfijning en doorontwikkeling.

### Elektrofysiologisch monitoren

Beatrijs legt uit waarom deze methode een stevige stap vooruit is: "We willen natuurlijk al tijdens de zwangerschap weten of het goed gaat met het kindje. Maar conventionele methoden geven ons niet altijd voldoende informatie. Of ze hebben beperkingen waardoor ze onder bepaalde omstandigheden niet goed of zelfs niet werken.

Elektrofysiologische monitoring heeft die beperkingen niet omdat het zich richt op de elektrische signalen van spieren. Elke spieractiviteit heeft een eigen signatuur en die kun je, met behulp van elektrodes, aan het huidoppervlak meten. Zo ontstaat een gedetailleerder beeld van de toestand en gezondheid van de baby. Beatrijs: "Dat helpt medici om adequate zorg te bieden."

### De juiste informatie voor de juiste keuzes

Beatrijs: "Elektrofysiologische monitoring geeft ons ook de informatie waarmee we in belangrijke scenario's op tijd keuzes kunnen maken. Zo kan een arts er al vroeg in de zwangerschap voor kiezen om de geboorte in een omgeving te laten plaatsvinden die is toegerust op specifieke problemen. Maar ook tijdens de bevalling is er dankzij deze methode veel informatie beschikbaar. Op basis daarvan kan een arts bijvoorbeeld ruim op tijd kiezen voor een andere soort bevalling."

De nauwkeurigheid van deze methode helpt om de zorg rondom moeder en kind beter in te richten, wat zich vertaalt in een grotere kans op leven, een betere kwaliteit van leven en efficiëntere zorg. "Maar vlak ook de impact op de moeder en het gezin niet uit", vult Beatrijs aan, "Als er een probleem met je baby wordt geconstateerd, maak je je zorgen. Hoe meer we kunnen doen om die zorgen weg te nemen of om te zorgen dat ouders zich voor kunnen bereiden op een moeilijke bevalling of complexe medische toekomst van hun kind, hoe beter."



### Thuismonitoring

Er zijn meer voordelen die een belangrijk verschil kunnen maken voor de aanstaande ouders en de zorg. Beatrijs: "Een diagnose betekent ook dat er van alles geregeld moet worden. Bijvoorbeeld als een aanstaande moeder opgenomen wordt voor monitoring. Dat is steeds weer een extra belasting voor haar en haarsociale omgeving, en dat boven op de zorgen die ze al heeft. En natuurlijk is elke opname ook een belasting voor de zorg. Kortom: hoe meer we dat kunnen vermijden, hoe beter."

Beatrijs en haar teamleden optimaliseren daarom nu de algoritmen voor het uiteindelijke doel van HASTA: thuismonitoring van hoogrisico-zwangerschappen. Een apparaat dat aanstaande moeders mee naar huis nemen, krijgt input van een plaksensor die zij zelf aanbrengen. De meetdata wordt, samen met gezondheidsdata die de moeder zelf invult, doorgestuurd naar een ziekenhuis. Een medewerker analyseert ze en stuurt een bericht terug dat alles in orde is of adviseert de moeder om contact op te nemen en/of langs te komen. De apparaten worden getest in het MMC. Beatrijs: "We hebben één van onze ruimtes omgebouwd tot een soort test-thuiskamer. De aanstaande moeders zijn daar niet aangesloten op de ziekenhuisapparatuur, waardoor het de thuissituatie nabootst, terwijl er toch continu medici in de buurt zijn. Zo kunnen we in een veilige omgeving de gebruikerservaring testen."

### Denken als een engineer

Beatrijs was jong toen ze haar opleiding verloskunde afrondde. Te jong om al te gaan werken, vond ze zelf. Dus besloot ze er 1 jaar Biomedische Technologie (BMT) aan TU/e aan vast te plakken. Dat werden er 5. De combinatie van een medische en een technische studie zal niet voor iedereen logisch klinken, maar Beatrijs zag al snel verbanden en kansen: "Mijn studie BMT maakte me ook duidelijk dat technologie onze wereld echt kan helpen gezonder te worden. In de samenwerkingen tussen het MMC en TU/e laten dat ook wel zien. Samen kunnen we meer. De medici zien kansen in technologie die engineers ontwikkelen en engineers zien technologische mogelijkheden om de zorg beter te maken."

Ze merkte al snel dat ze ook in de verloskunde dacht als een ingenieur: "Als ik een tijdgevoelige beslissing moest nemen, schetste ik scenario's in mijn hoofd en doorliep die. En dan nam ik een besluit."

### De toekomst

Beatrijs' manier van denken komt ook goed van pas bij een ander onderdeel van haar werk: het in kaart brengen van verbanden tussen meetresultaten. Beatrijs: "Soms meet je bij spier X waarde Y, omdat die meting wordt beïnvloed wordt door wat er gebeurt in spier Z. Dat is belangrijk om te weten. Met dergelijke inzichten kunnen we artsen nog beter helpen metingen te interpreteren. Bovendien kunnen we die gegevens in een later stadium 'voeden' aan een AI (Artificial Intelligence) in de thuismeet-app, die dan een eerste analyse kan maken."

Beatrijs heeft duidelijke wensen en ambities voor de toekomst: "Ik zou het mooi vinden als wij als ingenieurs de zorg een stuk kunnen ontlasten, zodat de medici zich helemaal kunnen focussen op de patiënten. Met ons werk kunnen we bijvoorbeeld afgestudeerde artsen helpen. Zij moeten nog veel leren, maar als wij die kennis al in kaart hebben gebracht en hen de juiste tools geven, kunnen ze veel sneller ervaring opdoen. En dat is met de toenemende druk op de zorg mooi meegenomen.'

Eelco Anneveldt
CONCEPT & COPY

anneveldt.net
eelco@anneveldt.net
+31 6 29 53 05 72

# COMPUTER VISION ONDERSTEUNT ARTSEN BIJ KANKERDIAGNOSES

**Bij alle vormen van kanker geldt: hoe eerder artsen een diagnose kunnen stellen, hoe beter. Vooral bij de agressieve, snelgroeiende soorten als slokdarm- en longkanker. In het meest ideale scenario detecteer je de symptomen al in een prescreening.** Maar **kanker of een voorstadium ervan ontdekken is niet makkelijk. Een arts moet op een CT-scan of tijdens een endoscopie speuren naar signalen die soms zo subtiel zijn dat zelfs de meest getrainde ogen ze makkelijk missen. Als dat niks oplevert zijn er biopten nodig.**

**Vooral de ingewikkelde casussen kosten artsen veel tijd die ze niet meer aan directe zorg kunnen besteden. De toenemende druk op ons zorgsysteem helpt ook niet bepaald. Gelukkig wordt er hier op de campus hard gewerkt aan een bijzondere vorm van ondersteuning voor deze medisch specialisten.**
Dit artikel bestaat uit twee delen. Het eerste deel gaat over het project. Om dat deel overzichtelijk en toegankelijk te maken zijn technische details weggelaten. Toelichting daarbij leest u in het tweede deel.

## AI kijkt mee



Fons van der Sommen is universitair hoofddocent bij de faculteit Electrical Engineering en hij leidt de onderzoeksgroep 'Architectures for Reliable Image Analysis (ARIA)'. Zijn onderzoeksteam houdt zich bezig met 'Computer Vision'. Zij ontwikkelen en trainen AI-modellen om scans te analyseren, (vroege) signalen van kanker te detecteren en/of artsen te wijzen op delen van de scans die extra aandacht verdienen. En dat is nog maar het begin van hun ambities.

Fons kwam niet zomaar op dit project uit: "Vlak voordat ik afstudeerde kreeg mijn vader een snelgroeiende vorm van kanker. Daar was helaas al niets meer aan te doen en vrij kort daarna overleed hij. Ik was toen al bezig met beeldherkenning. Het tracken van mensen was destijds een belangrijke en populaire toepassing, maar daar lag mijn interesse niet. Ik zag vooral mogelijkheden voor medische toepassingen. Dus toen er een afstudeeropdracht voorbijkwam die draaide om automatische detectie van slokdarmkanker, heb ik die kans gepakt."

## Intensieve samenwerking daar waar het telt

Fons: "Als team werken we nauw samen met ziekenhuizen en dus met artsen die de modellen 'in het veld' testen. Die praktische inzet en directe feedback maken de modellen robuuster en versnellen de ontwikkeling."

De voordelen van intensieve samenwerkingen had Fons al tijdens zijn afstudeeropdracht. Fons: "Daar ontstond een soort sneeuwbaleffect. Artsen zagen wat ik deed op het gebied van slokdarmkanker en kwamen naar me toe met beelden en data van andere soorten kanker en de vraag of ik daar ook aan wilde werken. Een paar jaar later werken we met een team van 12 mensen hier en zo'n 20 clinici die ons helpen. Het gaat het ook niet meer alleen om slokdarmkanker, maar ook om bijvoorbeeld eierstokkanker, alvleesklierkanker, longkanker, en buikvliesmetastasen."

## Computers leren kijken

Om te duiden hoe complex Fons' project is, duiken we kort in de verschillende vormen van AI-modellen. Fons: "De AI die de meeste mensen kennen en gebruiken zijn LLM's oftewel Large Language Models. Hun gereedschap is taal. Een andere vorm is Generative AI, die met taal als input beelden en video's kan creëren. Maar als je een AI beelden wilt laten analyseren en duiden, heb je het over Computer Vision. Tekst is lineair. De data is eendimensionaal. Maar bij beelden gaat het over 2 of 3 dimensies. Dat maakt het schalen van de training soms lastig.

AI-systemen zijn neurale netwerken: modellen die leren door patronen te herkennen in data. Voor zo'n netwerk zijn beelden ook data. Een arts kan scans beoordelen dankzij kennis en ervaring, waaronder het bekijken van veel beelden. Voor een neuraal netwerk werkt dat niet anders, alleen leren die sneller en kunnen ze dus veel meer beelden verwerken en daarvan leren. Daardoor kan een goed getraind systeem patronen in de data zichtbaar maken die wij mensen veel lastiger ontdekken.

## Hond, kat, kleur en textuur

Zoveel beelden zijn er op dit gebied niet te vinden, dus Fons en zijn team kozen voor een beproefde alternatieve route: transfer learning. Daarbij leer je een netwerk de basisbeginselen met behulp van data die niet direct gerelateerd is aan je einddoel. Fons legt uit: "We begonnen met andere soorten afbeeldingen: van honden en katten. Daarmee leer je ze vormen herkennen, wat het belang van kleur en textuur is en meer.

Op een gegeven moment laat je het netwerk zichzelf verder trainen. Dat heet Self Supervised Learning en het heeft de laatste 5 jaar een enorme opmars gemaakt. Zodra die basis staat, ga je over op data die wel direct gerelateerd is aan je einddoel. In ons geval dus ICT-scans en Endoscopiebeelden. Uiteindelijk krijg je dan een 'Foundation Model': een basismodel dat je nog verder kunt trainen in een specialistische richting."

Die richting is het herkennen van signalen die duiden op kanker. Daarbij kijken ze vooral ook naar de samenwerking tussen mens en machine. Fons: "Samen met het Catharina Ziekenhuis ontwikkelen we bijvoorbeeld een algoritme dat een tumor constateert en er vervolgens een lijn omheen zet. Daarmee kan een arts sneller zien hoe goed of slecht de tumor te opereren is."

## Mens en machine

Het is een voorbeeld van details en functionaliteiten waar Fons en zijn team scherp op zijn. Fons: "Juist in dit domein is het ontzettend belangrijk dat een systeem aangepast wordt aan de gebruiker in plaats van andersom. Ik heb net te vaak gezien dat mensen niet met systemen konden werken omdat de user interface gewoon niet deugde. Dat willen wij ten koste van alles voorkomen."

Het team ziet in de toekomst nog veel meer toepassingen. Fons: "Hoe meer data we hebben, hoe meer verbanden we kunnen leggen en hoe meer conclusies we kunnen trekken. Ik kan me voorstellen dat we bijvoorbeeld artsen straks ook bij de behandeling of zelfs de operatie ondersteunen en adviseren. In real-time. Want stel je voor dat je een model hebt dat veel informatie over patiënten, behandelingen en de resultaten combineert. Een AI kan dan meekijken en de behandelaar adviseren. Bijvoorbeeld door aan te geven dat 83% van de collega's in soortgelijke situaties koos voor optie A, 10% voor optie B, etc."

## Een doorkijkje naar de toekomst

Fons' enthousiasme en gedrevenheid zijn inspirerend. Het fundament onder het werk van zijn team is de oprechte wens om de zorg te ondersteunen en patiënten betere kansen te geven in de strijd tegen kanker. Daarbij zetten ze AI in een rol die medici ondersteunt en vooral niet vervangt. Zo kunnen zij zich focussen op de directe zorg en hun groei als professionals.

Met elke ontwikkeling en stap in hun werk ontdekken ze nieuwe kansen om de zorg nog beter te helpen en de wereld gezonder te maken. De hoop is dat op enig moment AI verder kan gaan dan analyse en ondersteuning en actief kan gaan bijdragen aan de genezing van kanker. Fons: "Ik geloof dat dat moet kunnen. Maar zelfs als ik zie waar we nu staan met onze ontwikkelingen vind ik het een mooi idee dat wij kunnen bijdragen aan betere zorg. Als engineers zonder medische kennis, maar met een sterk geloof in de mogelijkheden van technologie."

Eelco Anneveldt
CONCEPT & COPY

anneveldt.net
eelco@anneveldt.net
+31 6 29 53 05 72

# VERDIEPING: COMPUTER VISION ONDERSTEUNT ARTSEN BIJ KANKERDIAGNOSES

**Dit deel is een aanvulling op het hoofdartikel. Tijdens een interview krijgen we vaak genoeg informatie om 7 tot 8 pagina's te vullen. Maar om het leesbaar te houden, beperken we het hoofdverhaal meestal tot zo'n 3 pagina's.**

**We kunnen ons voorstellen dat u meer diepgang of toelichting wilt. Zeker omdat het gaat over een hot topic als AI en de toepassing binnen een domein waar iedereen, direct of indirect, mee te maken heeft gehad of nog gaat krijgen. Daarom voegen we aan dit artikel een extra sectie toe waarin we dieper ingaan op verschillende aspecten van dit project.**

### Waar kijk ik naar?

In het artikel beschrijf Fons hoe ze foundational modellen trainen. Dat is – simpel geformuleerd – een model dat de basisbeginselen begrijpt van bepaalde taken. Je kunt zo'n model kopiëren en vervolgens elke kopie op een andere, specifieke manier trainen zodat je ze op verschillende manieren kunt inzetten. Fons vertelt hoe ze het model leren wat een hond of een kat is. Deze en andere dieren hebben een specifieke vorm, maar ze hebben meer onderscheidende eigenschappen, zoals kleuren of vachten. En vergeleken met medische scans zijn honden en katten nog kinderspel. De vraag is dus: hoe leer je een model waar het op dat moment naar kijkt?

Fons: "Dat moetje dat model vertellen. Het probleem was: alleen al van endoscopieën hadden we miljoenen beelden. Die konden we natuurlijk nooit allemaal handmatig gaan beschrijven. Gelukkig is het zogenaamde 'self-supervised learning in de afgelopen jaren verder ontwikkeld. Daarmee kunnen modellen zelf structuur leren zonder dat je alles voor ze beschrijft. Ze geven per beeld aan wat ze zien, jij kijkt hun werk na en verbetert en vult aan waar nodig."

### Beeld + taal = multimodaal

Een foundational model kun je trainen voor een specifieke toepassing. In het project gaven artsen en onderzoekers aan wat ze zagen en op basis van die kennis leerde het model en werd het beter. Andersom kan het ook. Fons: "Modellen begrijpen steeds meer, zien veel meer dan wij mensen, kunnen veel meer onthouden en dus ook makkelijker verbanden leggen. Hoe meer data wij ze geven, hoe beter ze daarin worden. Zo ontstaat een compleet en rijk beeld over behandelingen, succesratio's etc. Dat is nuttige info voor artsen."

Die data kunnen afbeeldingen, tekst, maar ook de gegevens over genetisch materiaal zijn. Het trainen van een AI om meerdere vormen van gegevens te verwerken, heet 'multimodal learning'. Daar is wel een manier voor nodig om al die informatie toegankelijk te maken voor alle betrokken AI-types. Daarover meer in de volgende alinea.

### Een gedeelde taal van getallen

Het menselijke brein kan taal en beeld interpreteren en er waarden aan koppelen. Een voorbeeld: wij weten dat een geschreven handleiding en een handleiding die alleen uit afbeeldingen bestaat, hetzelfde doel dienen. Wij begrijpen dat zowel we de geschreven als de beschreven stap kunnen volgen om hetzelfde resultaat te bereiken.

AI-modellen zien tekst en beelden als aparte entititeiten. Een model ontwikkeld voor taal kan niks met beelden en andersom. Dan kun je elk model trainen om de output van de ander te begrijpen, maar het is veel efficiënter om een gemene deler te gebruiken. In dit geval zijn dat getallen; eenheden die je makkelijk met elkaar kunt vergelijken en combineren.

Fons: "Wij laten LLM's heel veel radiologierapporten interpreteren en vervolgens samenvatten in een rij getallen. Datzelfde doen we met beelden. Beide vormen van data zijn zo voor een model goed te vergelijken. Zo maken beide modellen keuzes op basis van dezelfde waarden en leren we ze dat twee inputs – tekst en beeld – dezelfde semantische waarde hebben."

### De relatie tussen mens en machine

De kwaliteit van software wordt niet alleen bepaald door de kwaliteit en de kracht, maar ook door de interactie met de gebruiker. De interface speelt daarbij een belangrijke rol, maar opvallend genoeg doet een typisch menselijke eigenschap dat ook.

Fons: "Vraag vier radiologen om de randen van een bepaald gebied op een scan te beoordelen en de kans bestaat dat je vier verschillende antwoorden krijgt. Dan gaan ze in overleg en komen tot de conclusie dat ze het niet zeker weten en verder moeten zoeken. Mensen kunnen die onzekerheid uitdrukken, maar de meeste AI-modellen worden juist getraind om heel zeker van hun zaak te zijn. Als ze dat niet lukt, krijgen ze op hun kop. Wij moeten ze juist aanleren om het aan te geven als ze het niet zeker weten, want onzekerheid is een signaal om verder te onderzoeken. Maar het is ook belangrijk voor het vertrouwen tussen mens en techniek. Want iemand die altijd zegt alles zeker te weten, neem je op een gegeven moment niet meer serieus."

### Omgaan met veranderingen

Het team ontdekte tijdens hun project ook hoe gevoelig modellen kunnen zijn voor veranderingen. Fons: "Een model dat we trainden op een scanner van merk A, ging daarna structureel de fout in met beelden van een scanner van merk B. Voor ons mensen waren de verschillen tussen die beelden subtiel, maar een model dat alleen de beelden van merk A kent, ziet ineens iets heel anders."

Fons: "Wij gebruiken geen systemen van de grote aanbieders. Er is namelijk een risico dat door een update bepaalde functionaliteiten veranderen. Dat is niet zo erg als je AI gebruikt voor je huiswerk, maar in ons domein zijn dat soort updates een gevaar voor de interactie tussen mens en machine. Dat zit aan de kant van de mens en dat moet ik toelichten: als mens leren wij werken met gereedschappen en wennen we bijvoorbeeld aan hoe we een auto moeten besturen. Als die auto door een update ineens heel anders rijdt, kan dat de samenwerking tussen mens en auto negatief beïnvloeden. Maar je merkt het als bestuurder in ieder geval wel en je kunt je erop aanpassen.

Het wordt problematisch als er na een update niks lijkt te zijn veranderd, maar de auto ineens wel flink anders werkt. Of – vertaald naar ons werk – wanneer een AI ineens heel anders op beelden reageert en wij dat niet weten. Als mens ben je er bijvoorbeeld misschien al aan gewend dat een AI in bepaalde scenario's wat gevoelig reageert. Als hij dan alarm slaat, laat je niet meteen alles vallen en ren je erheen. Maar het kan na zo'n update ook zo zijn dat hij juist niet meer overgevoelig is en volledig terecht alarm slaat. Maar als mens denk je dan inmiddels dat het niet zo'n vaart zal lopen. Daar ontstaat dus potentieel gevaarlijke ruis tussen machine en mens. Die interactie is – zeker in dit domein – van levensbelang. Die moeten we goed bestuderen en met zorg optimaliseren."

### Vertrouwen en vangnetten

Hoe beter een systeem zoals dat van Fons' team wordt, hoe groter de verantwoordelijkheid die bij dat team ligt. Fons: "Want als het een tijdje goed werkt, denkt een arts 'AI kijkt mee, dus mij kan niks gebeuren.' Maar omdat je een AI al met een kleine verandering instabiel kan maken, moet je ook nadenken over vangnetten. Hoe weet je dat er iets misgaat? En hoe handel je dan? Binnen alle vormen van engineering is het gebruikelijk dat je garanties kunt afgeven: onder deze condities werkt het systeem. Maar zeker bij medische getrainde AI's kun je dat simpelweg niet. Daarom werken we ook aan verschillende methoden om het systeem robuuster te maken. "

### De balans tussen back- en frontend

Een IT-probleem dat zorgt voor ergernis bij gebruikers is een interface (frontend) die aanvoelt alsof hij erop het allerlaatst nog even is opgeplakt. Het systeem zelf (de backend) kan dat krachtig zijn en uit zijn voegen barsten van de nuttige features, maar de gebruiker kan er niks mee omdat hij ze niet kan aanspreken. Fons: "Daarom kijken we – samen met Human Technology Interaction en Industrial Design naar de link tussen mens en machine. Wat verwachten mensen van een AI? Wat moet die wel en niet doen?

Zo weten we dat een systeem complementair moet zijn. Het doet dan de moeilijke taken terwijl de mens de makkelijke zelf oppakt. Daarbij is het dus ook heel erg belangrijk dat de interface dat mogelijk maakt. Want een veelgemaakte denkfout is dat een AI precies zo denkt als wij. Dat is niet zo en dus moetje de gebruiker sturen om die AI optimaal te gebruiken. En daarbij helpt een goede interface."

Eelco Anneveldt
CONCEPT & COPY

anneveldt.net
eelco@anneveldt.net
+31 6 29 53 05 72

### Veiligheid boven alles

Er is al veel te doen geweest over de manier waarop AI's met data omgaan. Sommige blijken te zijn getraind met data waarop copyright rust en in andere situaties maken gebruikers zich zorgen over wat er met hun input gebeurt.

Fons' team neemt geen risico's op dit gebied. Zij gebruiken Snellius; een Nederlandse supercomputer waar meer universiteiten gebruik van maken. Op hun afdeling hebben ze ook een paar lokale servers, maar het echte zware werk wordt gedaan door een server die eigendom van de TU/e is.' Spike-1; een machine met specificaties waar zelfs experts duizelig van zouden worden. Hij staat in Spike-1 staat in een groen datacenter in Finland en alleen de TU/e heeft er toegang toe. Meer over SpikeOne lees je hier.' Ook maken ze gebruik van een server in een datacenter op de High Tech campus, waar de TU/e ruimte huurt. Die server gebruikt technologie van Nvidia (zie volgende alinea), dat dit project met interesse volgt en zelfs een paar stappen extra zet omdat ze een aantal ideeën zelf kunnen gebruiken. Die ideeën komen overigens uit het open source deel van het project, waar ook de rest van de (wetenschappelijke) wereld toegang toe heeft. Want alleen het team en de betrokken medici hebben toegang tot de inhoudelijke data en de getrainde modellen.

### CPU / GPU

Het hart van een computer is de CPU: Central Processing Unit. Die is prima voor standaardtoepassingen en -gebruik, maar grafisch is het geen hoogvlieger. Daarvoor is er de GPU: de Graphics Processing Unit. Tot een paar jaar geleden werden die GPU's vooral gebruikt voor grafisch veeleisende toepassingen en gaming. Maar hun architectuur maakt ze ook ideaal voor AI. Hoe meer geheugen ze hebben, hoe krachtiger de modellen die je ermee kunt gebruiken. De grootste speler op het gebied van AI-geoptimaliseerde GPU's is Nvidia. Sinds de opkomst van AI stijgen de prijzen van meerdere computeronderdelen stevig. GPU's lopen daarbij voorop. Andere fabrikanten bieden ook GPU's maar de AI-ondersteuning daarvoor is minder breed.

AI vraagt om flink wat rekencapaciteit en daarmee loopt de temperatuur van zo'n server stevig op. Die warmte van de server op de High Tech Campus wordt gebruikt om er ruimtes mee te verwarmen.

### Wereldwijde open wetenschap

Wetenschappelijke projecten kunnen veel tijd kosten. Zo moeten de uitkomsten van fundamenteel onderzoek door peers worden gereviewd en daarna in een presentabele vorm worden gegoten. Dan pas kan het met de wereld worden gedeeld, bijvoorbeeld in een wetenschappelijk tijdschrift. En dan moet dat tijdschrift het ook willen publiceren, want zij zijn de 'poortwachters' naar de wetenschappelijke wereld.

De wereld van Fons en zijn team werkt anders. Onderzoekers van over de hele wereld presenteren en delen hun modellen via sites als Github. Veel van de code is 'open source' dus voor iedereen te bekijken, kopiëren ('forking') en naar de eigen hand te zetten. Zo leren wetenschappers en ontwikkelaars van elkaars fouten en vorderingen. Die wereldwijde samenwerking versnelt de ontwikkeling van modellen en de technologie eromheen behoorlijk.