

# Hoe Franciscus Donders bewees dat denken tijd kost

Donders Instituut viert 200ste geboortedag Donders

Deze publicatie is onderdeel van het thema [Over taal gesproken](#) op Kennislink.nl.

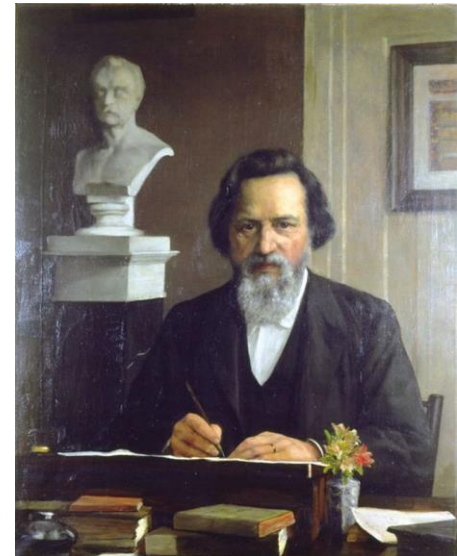
**Het Donders Instituut viert dit jaar de 200ste geboortedag van Franciscus Donders, grondlegger van het cognitieve hersenonderzoek. Ter gelegenheid van dit jubileum herhaalde taalpsycholoog Ardi Roelofs het baanbrekende experiment waarmee Donders 150 jaar geleden aantoonde dat denken tijd kost. Hij gebruikte hierbij de originele stimuluslijsten uit de archieven van het Utrechtse Universiteitsmuseum.**

Auteur: [Erica Renckens](#)

“Eindelijk had ik een goede reden om onder werktijd in de geschiedenis van Franciscus Donders te duiken”, vertelt Ardi Roelofs, die als hoogleraar Taal en Aandacht aan de Radboud Universiteit is verbonden aan het Donders Instituut. Dit Nijmeegse onderzoeksinstituut voor hersenen, cognitie en gedrag is vernoemd naar de arts en fysioloog die in 1818 in Tilburg werd geboren. Hoewel Donders zijn wereldfaam verwierf met onderzoek naar het oog en oogafwijkingen, staat hij ook aan de wieg van een toen nog onontgonnen vakgebied: de cognitieve hersenwetenschap.

“Destijds dacht men dat zenuwgeleiding sneller ging dan het licht. Niet te meten dus. Hetzelfde gold voor de snelheid van denken”, vertelt Roelofs. “Maar Donders’ vriend Hermann von Helmholtz toonde in 1850 aan dat dit niet klopte.” De Duitse natuurkundige hakte de poot van een kikker af en bedde die in een elektrisch circuit in. Hij stimuleerde de zenuwbaan op verschillende afstanden van de spier en keek hoe snel de spier samentrok. Op basis van zijn metingen schatte hij de zenuwsnelheid in op dertig meter per seconde.

Ook in de 19e eeuw was het al onethisch om een been af te hakken voor experimentele doeleinden, dus moest Von Helmholtz zijn methode iets aanpassen om te onderzoeken hoe dit bij mensen zat. Hij gaf zijn proefpersonen een elektrische prikkel op verschillende plekken op het been en vroeg ze zo snel mogelijk een knop in te drukken. Doordat de voet verder weg zit dan het bovenbeen, zou je ook hier een schatting kunnen doen van de zenuwsnelheid. Roelofs: “Von Helmholtz vond echter veel variatie tussen zijn proefpersonen. Daar was volgens hem dat lastige brein de oorzaak van. Donders vond het juist interessant dat het signaal via de hersenen liep. Hij herhaalde het experiment met onder meer zijn dochter Marie en besepte dat het brein ervoor zorgde dat de meting indirect was.” Hij bedacht daarop een ander experiment – waarmee zijn naam in 2002 aan de buitengevel van het Nijmeegse onderzoeksinstituut belandde.



Franciscus Cornelis Donders (1818-1889) geschilderd door zijn tweede vrouw, Bramine Hubrecht, met op de achtergrond de buste van Hermann von Helmholtz. *Bramine Hubrecht, 1888*

## Denken kost tijd

In dit experiment voert de proefpersoon drie bijna identieke taken uit. In taak A zegt iemand steeds ‘ki’ en moet de proefpersoon dit zo snel mogelijk nazeggen. In taak B herhaalt de proefpersoon ook steeds wat er gezegd wordt, maar nu kan dit ‘ka’, ‘ke’, ‘ki’, ‘ko’ of ‘ku’ zijn. De hersenen van de proefpersoon moeten dus de klanken van elkaar onderscheiden en snel het bijbehorende articulatie-programma kiezen. In taak C hoort de proefpersoon dezelfde klanken als bij B, maar hoeft hij deze alleen te herhalen als hij ‘ki’ hoort. Zijn brein kan het articulatie-programma dus alvast selecteren, maar de proefpersoon moet wel goed luisteren om de klanken van elkaar te onderscheiden.

Donders registreerde de verschillende reactietijden en trok deze van elkaar af om te bepalen hoeveel tijd de extra ‘denkstap’ kostte. Door de reactietijd van taak A af te trekken van die van taak C, stelde hij vast dat het onderscheid maken tussen de klanken zo’n 36 milliseconden duurt. Het selecteren van het juiste articulatieprogramma duurt ongeveer 47 milliseconden, bleek uit het verschil in reactietijden tussen taak B en C. Roelofs: “Zo toonde hij aan dat mentale processen tijd kosten. Een opzienbarende bevinding, die hij dan ook direct in verschillende talen publiceerde.”

## Denktijden registreren

Donders’ reactietijd-experimenten waren erg vernieuwend. Hij beschikte natuurlijk nog niet over snelle computers, dus hoe kon hij dan zo nauwkeurig meten? “Hiervoor gebruikte hij een *fonautograaf*, een gepatenteerd apparaat van de Fransman Leon Scott de Martinville”, vertelt Roelofs. “Het is eigenlijk een soort halve grammofoon, waarmee je alleen kunt opnemen, niet afspelen. Als je spreekt in een toeter, brengt dat een membraam in trilling. Dat membraam zet met een klein naaldje een golf op beroet papier, dat ronddraait op een cylinder. Edison bedacht later dat als je het beroete papier vervangt door was, je het geluid ook weer zou kunnen reconstrueren.”

Donders liet de mond van de toeter wat breder maken, zodat hij de geluiden van twee personen naast elkaar goed kon registreren. Ook zette hij een stemvork op het apparaat: de gelijkmatige geluidsgolf van de pure toon diende als tijdsindicatie. Et voilà, de noëmatachograaf (‘gedachtensnelheidsschrijver’) was geboren.

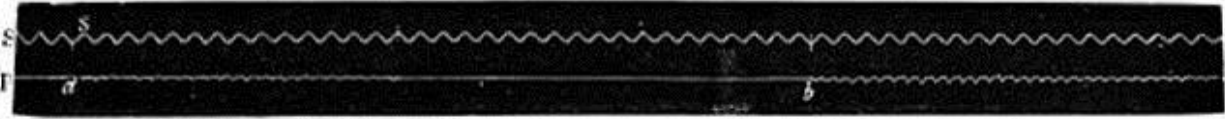


Met de noëmatachograaf registreerde Franciscus Donders in 1865 spraakgeluid.

*Universiteitsmuseum Utrecht University*

## Opmerkelijke ontdekking

Diezelfde noëmatachograaf is tegenwoordig in bezit van het Universiteitsmuseum Utrecht – en was ter gelegenheid van dit jubileum te bezichtigen in het Anatomisch Museum van het Radboudumc. Het Universiteitsmuseum Utrecht bezit meer waardevolle stukken uit Donders’ verleden, zo ontdekte Roelofs tijdens zijn speurtocht. “Het museum heeft ook alle originele, handgeschreven stimulus-lijsten van Donders”, vertelt hij. Op de lijsten staan de lettergrepen die bij de verschillende taken werden voorgelezen, inclusief de resultaten. “Zo zag ik dat Donders op maandag 21 augustus 1865 om 7 uur ’s avonds negen lijsten afwerkte met twee van zijn studenten, Hamer en Stark. Ze wisselden steeds van rol in het experiment, maar Donders publiceerde alleen zijn eigen reactietijden. Dat was in die tijd gebruikelijk.”



Het enige noëmatachogram dat Donders in zijn artikel publiceerde. Omdat afspelen niet mogelijk is, wist tot nu toe niemand welk geluid hier is geregistreerd (onder de sinusgolf van de stemvork). Amerikaanse onderzoekers hebben het geluid uitgelezen, en Roelofs heeft het met hulp van een collega opgeschoond en geanalyseerd, waardoor hij kon vaststellen dat hier een ‘oe’ werd uitgesproken. Op basis van de weergegeven reactietijd en enig spuurwerk in de archieven stelde Roelofs vast het hier moet gaan om de stem van Donders, die op zaterdagochtend 23 december 1865 het experiment uitvoerde met de Londense oogarts William Bowman.

*Donders (1868)*

### Historische parallel

Roelofs besloot de reactietijden van de studenten te analyseren en deed daarbij een opmerkelijke ontdekking. Waar de reactietijd bij taak B bij Donders duidelijk langer was dan bij taak C, verschilden deze bij zijn studenten niet of nauwelijks. Roelofs: “Donders vermeldde in zijn artikel al dat mensen moeite hadden met taak C, dat ze fouten maakten doordat ze te snel reageerden.” Maar Donders’ tijdgenoot Wilhelm Wundt zag een ander probleem. Deze grondlegger van de experimentele psychologie merkte op dat je daar weliswaar geen articulatie-programma meer hoeft te selecteren, maar dat je nog altijd moet kiezen of die uitgesproken moet worden of niet. Het is een ‘gaan/niet-gaan’-taak, waarbij de keuze (naast het onderscheiden) ook tijd kost.

Omdat deze kwestie nooit was opgelost, ging Roelofs er afgelopen voorjaar zelf mee aan de slag. Met zijn dochter Sterre – ‘om een mooie historische parallel te creëren’. Hij typte Donders’ lijstjes over, liet zijn dochter ze voorlezen en mat zijn eigen reactietijden. “De gemiddeldes over de negen lijsten tonen hetzelfde patroon als bij Donders, al was ik over het geheel wel wat trager dan hij”, vertelt hij. “Bovendien is het verschil tussen taak B en C bij mij kleiner dan bij hem. Ik had ook meer moeite met de ‘gaan/niet-gaan’-taak.”

### Extra denkstap

Vervolgens testte hij het twistpunt met behulp van het computationele model voor taalproductie, dat hij de afgelopen 25 jaar ontwikkelde met collega’s van het naburige Max Planck Instituut. In dit model zijn alle stadia verwerkt die nodig zijn voor het uitvoeren van het experiment: horen, onderscheiden, kiezen, articuleren. Roelofs: “Daaruit krijg ik het klassieke Donders patroon. Maar als ik een ‘gaan/niet-gaan’-beslissing inbouw en die tijd laat kosten, krijg ik juist het patroon van Donders’ studenten. Dat is een extra ondersteuning voor het idee van Wundt dat die extra denkstap tijd kost.” Het lijkt er dus op dat Donders zelf extreem goed was in zijn eigen taak.

Voor Peter Hagoort, directeur van het Donders Instituut, was het vanaf het begin duidelijk dat het onderzoeksinstituut genoemd moest worden naar de grondlegger van het cognitieve hersenonderzoek. Op de site van het instituut schrijft hij: “Door zijn subtractiemethode, waarop hedendaagse imagingtechnieken gebaseerd zijn, was Donders een bekende naam. Ik wilde een naam die overal ter



Ardi Roelofs met zijn dochter Sterre, met wie hij Donders’ experiment herhaalde.

*Roelofs*

wereld geassocieerd wordt met *neuroscience*.” Met het replicatie-onderzoek van Donders-onderzoeker Roelofs is de cirkel nu mooi rond.

