

# Psychologische Functieleer en Cognitieve Ergonomie: een Siamese tweeling?

Willem B. Verwey

*Ooit zijn cognitieve ergonomie en psychologische functieleer samen ontstaan uit vragen naar de mentale mogelijkheden en beperkingen van de mens. Echter, deze onderzoeksgebieden blijken uit elkaar te groeien en dat is een verlies voor beide gebieden. Deze stelling wordt aan de hand van een aantal voorbeelden onderbouwd. Dit artikel is een verkorte versie van de rede uitgesproken bij de aanvaarding op 11 december 2003 van het ambt van hoogleraar Psychologische Functieleer met bijzondere aandacht voor de Mediapsychologie, aan de Faculteit Gedragwetenschappen van de Universiteit Twente.*

## Inleiding

Eén van de deelgebieden van de ergonomie is de cognitieve ergonomie. Ooit is dit onderzoeksgebied samen met de psychologische functieleer ontstaan uit praktische vragen over mentale mogelijkheden en beperkingen van de mens. Er kan echter geconstateerd worden dat de cognitieve ergonomie en de psychologische functieleer de afgelopen decennia langzaam uit elkaar gegroeid zijn. Juist nu, kort na de start van het onderwijsprogramma Toegepaste Psychologie aan de Universiteit Twente, is het zinvol om hier eens bij stil te staan.

## Psychologische functieleer

De naam psychologische functieleer wordt gebruikt om aan te duiden “het onderzoek dat zich bezig

houdt met de informatieverwerkingsprocessen die verantwoordelijk zijn voor de functies waarnemen, motoriek, leren, beslissen, denken, geëmotioneerd raken, spreken, en schrijven, die zich in tal van situaties, bij kind en volwassene, individueel en sociaal, in normale en gestoorde vorm voordoen”. Dit kunnen we lezen op de website van de Nederlandse Vereniging voor Psychonomie ([www.psychonomie.nl](http://www.psychonomie.nl)). Veel mensen vinden psychologische functieleer zo'n boeiend vak omdat het ons op een tamelijk exacte manier vertelt wie en wat we zijn. Overigens wordt de naam *psychonomie* ook regelmatig gebruikt als synoniem voor psychologische functieleer. Beide termen zullen hier door elkaar heen worden gebruikt.

De psychologische functieleer ontwikkelde zich in het bijzonder tijdens en kort na de Tweede Wereldoorlog toen er vragen kwamen naar de grenzen van het menselijk functioneren: Hoe lang kan iemand naar een radarscherm kijken? Waarom maken piloten van sommige vliegtuigtypen meer fouten dan van andere? De in die tijd overheersende vormen van psychologie, het behaviorisme en de Gestaltpsychologie konden hierop geen antwoord geven. Dit nieuwe soort onderzoek maakte gebruik van een goed controleerbare omgeving, het laboratorium, om fenomenen vast te leggen en theorieën te ontwikkelen en te toetsen over de processen die van belang zijn bij die praktische vragen.

---

*Informatie over auteur:*

*Prof. dr. ing. Willem B. Verwey is verbonden als hoogleraar aan de Universiteit Twente, Faculteit Gedragwetenschappen, Postbus 217, 7500 AE Enschede, Email: [w.b.verwey@gw.utwente.nl](mailto:w.b.verwey@gw.utwente.nl)*

---

## Box 1 een classic

Morsecode werd en wordt in de scheepvaart en in het leger gebruikt om teksten te verzenden door ze te coderen als series van korte en lange piepjes. Een kort piepje heet een *punt* en een langer durend piepje heet een *streep*. De puntjes en streepjes worden geproduceerd door een telegrafist die een *seinsleutel* gedurende kortere of langere tijd indrukt. Een bepaalde combinatie van punten en streepjes geeft een letter aan, bijvoorbeeld de letter 's' bestaat uit drie punten, de letter 'o' bestaat uit drie streepjes, en de letter 'a' bestaat uit punt-streep.



*Seinsleutel voor morsecode*

In 1897 rapporteerden professor William Bryan en Mr. Noble Harter een onderzoek naar de vaardigheid om morsecode te zenden en te ontvangen. Hiertoe leerden zestig ervaren telegrafisten eerst de zin "ship 364 wagons via Erie quick" uit hun hoofd. Daarna moesten zij die zin telegraferen. De reden dat ik deze studie hier noem is dat hij nog steeds geciteerd wordt. Het is een classic geworden. De onderzoeksvraag van Bryan en Harter betrof de mate waarin telegrafisten zich houden aan de voorgeschreven relatieve intervallen. De resultaten laten zien dat de verhouding tussen de punten en streepjes sterk varieerde. Waarom wordt nu juist dit experiment nog regelmatig geciteerd? De gerapporteerde individuele verschillen zijn eigenlijk helemaal niet zo interessant. Nee, de verwijzingen naar dit experiment hebben te maken met de conclusie van Bryan en Harter dat het zenden en ontvangen van morsecode een hiërarchische taak is: Niet alleen worden de piepjes door een ervaren telegrafist als één geheel, één letter, waargenomen, maar dergelijke letters blijken gezamenlijk ook weer als een eenheid, een woord, waarneembaar. Net zoals we bij het lezen niet meer al spellende de klanken van de letters tot een woord hoeven te combineren, beschrijven Bryan en Harter dat de geoefende telegrafist de woorden als geheel leert herkennen zonder op de letters of op de piepjes te letten. Deze conclusie, die voortkwam uit een praktische vraag in een tijd dat er geen onderscheid was tussen cognitieve ergonomie en psychologische functieleer, bleek een belangrijke stap voor de theorie, voor ons inzicht in menselijk functioneren. Dat is de reden dat deze studie een classic is geworden en nog steeds geciteerd wordt.

*Bryan, W.L., & Harter, N. (1897). Studies in the physiology and psychology of the telegraphic language. Psychological Review, 4, 27-53.*

Mijn leeropdracht beslaat een onderzoeksgebied dat tegenwoordig veelal gezien wordt als twee aangrenzende gebieden, het fundamenteelere psychologische functieleer en de meer toegepaste cognitieve ergonomie. En hoewel het onderscheid tussen fundamenteel en toegepast onderzoek vaak gemaakt wordt, wil ik, in navolging van collega's als Sanders (1998), Wertheim (1998), en Johnson (2003), nog maar eens duidelijk maken dat psychologische functieleer en de cognitieve ergonomie niet twee verschillende vakken zijn. Mijn opleider, de hooggeleerde Sanders, heeft in dit verband altijd gepleit voor het concept van *back-to-back* research. Toepassing en theorie liggen zo dicht tegen elkaar aan dat ze als een Siamese tweeling vergroeid zijn. Toegepast onderzoek dwingt de onderzoeker tot het nadenken over de wijze waarop mensen informatie verwerken, genereert zo fundamentele vraagstellingen, en stuurt bestaande fundamentele onderzoekslijnen aan en bij. Fundamenteel onderzoek daarentegen levert de onderzoekshypo-

thesen voor de cognitieve ergonomie en geeft regels voor de uitvoering van onderzoek.

Laat het duidelijk zijn dat innovatief psychonomisch en cognitief ergonomisch onderzoek een grondige kennis van theoretisch én toegepast onderzoek vereisen. Juist voor toegepast, ergonomisch, onderzoek ligt het gevaar op de loer dat er onvoldoende gebruik gemaakt wordt van theoretische kennis en er maar wat gemeten wordt. Metingen dienen echter uitgevoerd te worden op basis van een goede theorie waaruit hypotheses worden afgeleid over wat je denkt te vinden. (zie Box 1)

### Ongeduld!

In de psychonomie gaat het erom dat we ontdekken wat de wetmatigheden, de invarianten, zijn die ons gedrag bepalen. Deze wetmatigheden leren ons hoe

mensen informatie verwerken. En als experimenteel psycholoog leggen we onze metingen vast in modellen en theorieën. Deze psychologische modellen leiden er toe dat we de mogelijkheden en beperkingen van het menselijk functioneren kennen. En dat we weten hoe mensen het beste bepaalde taken kunnen leren. Dankzij onze theorieën en modellen zijn we bijvoorbeeld in staat te voorspellen hoe we een training in elkaar moeten zetten, en hoe een apparaat ontworpen dient te worden om zo te voorkomen dat mensen fouten en ongevallen maken. Het is dan natuurlijk wel cruciaal dat de apparaten en trainingen die zo ontworpen zijn, ook daadwerkelijk op hun bruikbaarheid getoetst worden. Die evaluatie ontbreekt er bij het ontwerpen van moderne systemen nogal eens aan, veelal vanwege geldgebrek.

Een probleem is echter dat voor velen, waaronder ook toegepaste wetenschappers, de afstand tussen het fundamentele functionele onderzoek en het toepassingsgerichte ergonomische onderzoek nogal groot blijkt te zijn. Te groot. Die toegepaste onderzoekers denken dan, ach je kunt toch niet al die theorie bijhouden. En beleidsmakers en geldschieters zijn ongeduldig, die willen snel antwoorden op hun vragen.

### **Toepassingen van functionele**

---

Van de zomer viel mij op een gegeven moment op dat ik bij het motorrijden nooit mijn richtingaanwijzer vergeet af te zetten na een afslag. Dit gaat bij een motor namelijk niet automatisch en vergt een aparte handeling. Maar ik vergeet tot grote ergernis van mijn vrouw wel af en toe de pen uit mijn overhemd te halen als ik het in de was doe. Waarom vergeet ik het ene wel en het andere niet? En waarom liet, zoals de Los Angeles Times van 18 augustus j.l. ons liet weten, die professor van het University College Irvine in de V.S. afgelopen zomer zijn 10 maanden oude zontje achter in de auto in de felle zon, zodat deze overleed aan oververhitting? Sterker nog, waarom gebeurt dit in de V.S. jaarlijks met zo'n dertig kinderen? En waarom blijken artsen zoveel medische fouten te maken dat er momenteel jaarlijks zo'n 3000 doden vallen in Nederland (zie bv. de website van de Nederlandse Vereniging van Medische Dissidenten)?

Deze voorbeelden van fouten in het alledaagse bestaan kunnen begrepen worden met behulp van de modellen die de psychonomie ontwikkelt. En hoewel veel fouten nooit voorkomen zullen kunnen worden, zullen onze functionele modellen wel kunnen bijdra-

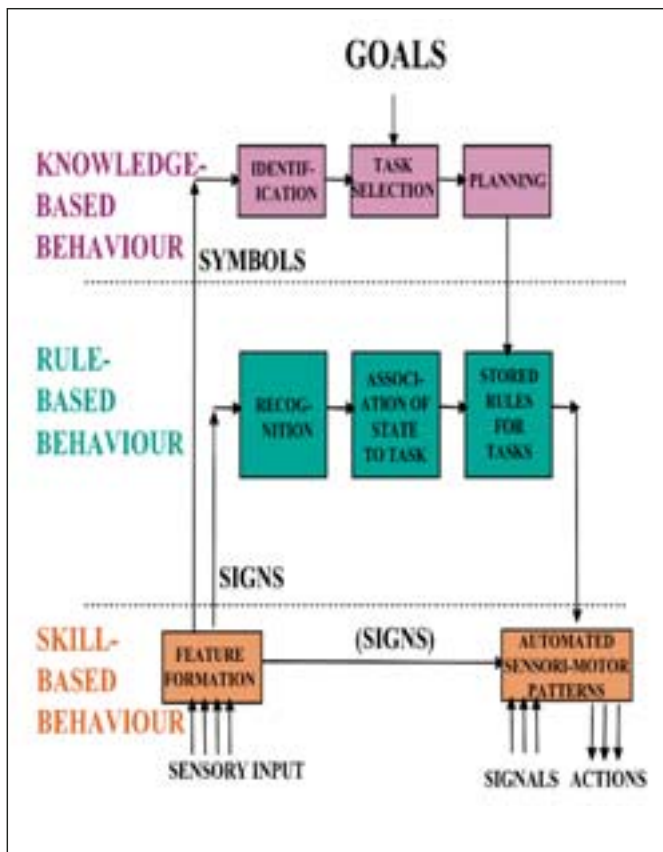
gen aan het ontwerp van systemen die menselijke fouten door hun ontwerp juist tegengaan. Als dan door een verstandig ontwerp van apparaten en trainingen deze getallen met slechts 10 procent dalen hebben we al veel gewonnen, dan hebben we misschien wel honderden mensenlevens gewonnen. En wellicht honderden miljoen euro's zoals ons eerder dit jaar door Stanton en Baber (2003) in *Applied Ergonomics* werd voorgerekend. Het blijkt dat alleen al de invoering van het derde remlicht in de V.S. jaarlijks \$900 miljoen oplevert! Gewoon omdat er minder aanrijdingen zijn. Natuurlijk is het gebruik van gezond verstand niet voorbehouden aan functionelepsychologen, maar zij zijn wel in staat om vanuit de mens redenerend voorspellingen te doen over potentieel zinvolle oplossingen om menselijke fouten tegen te gaan en prestatie te verbeteren. En dat dergelijke voorspellingen fundamentele kennis noodzakelijk maken is beleidsmakers en geldschieters soms moeilijk aan het verstand te brengen.

### **Enkele toepassingen van psychonomische theorieën bij praktische problemen**

---

#### ***Handsfree telefoneren in de auto***

In 1983 publiceerde de Deen Jens Rasmussen een belangrijk model van menselijk gedrag (Figuur 1). Rasmussen laat zien dat binnenkomende informatie via verschillende wegen tot een respons kan leiden. Dat kan via een korte snelle weg. U komt de bocht om en ziet opeens een obstakel op de weg. U staat meteen op de rem en achteraf beseft U pas wat er gebeurde. Dit is wat Rasmussen automatisch, of op vaardigheid gebaseerd gedrag (*=skill-based behavior*) noemde. Echter, het kan ook zijn dat de juiste reactie afhangt van bepaalde regels: er komt een auto van rechts, stopt U? Nou dat hangt er bijvoorbeeld van af of U op een voorrangsweg rijdt. Dit noemde Rasmussen op regels gebaseerd gedrag (*=rule-based behavior*). Tenslotte zijn er situaties die U niet kent, bijvoorbeeld U rijdt in Engeland een rotonde tegenmoet. Wat doet U? Om te beginnen dient U het normale gedrag om rechts de rotonde op te rijden te onderdrukken. Vervolgens moet U nadenken hoe het in Engeland ook al weer moet. Links de rotonde op? Ah, de beste oplossing is Uw voorligger te volgen. Zo'n redenering noemde Rasmussen op kennis gebaseerd gedrag (*=knowledge-based behavior*) omdat bestaande, veelal verbale, kennis expliciet vertaald moet worden in gedrag. En dat kost tijd en mentale inspanning.



Figuur 1 De drie sturingsniveaus van geoefende operators (Rasmussen, 1983).

Met dit model kunnen we al een beetje begrijpen waarom ik bijvoorbeeld wel de richtingaanwijzer van de motor steeds uit zet (dat is nl. skill-based gedrag waarbij een bepaalde combinatie van externe signalen automatisch de juiste beweging triggert), terwijl ik de pen in mijn overhemd laat zitten als ik het in de was gooi (meestal heb ik geen pen in mijn overhemd en het controleren van mijn borstzak automatiseert dus niet).

Uitgaande van het Rasmussen model kan de toegepaste onderzoeker ook bedenken wat voor soort taken U tijdens het autorijden kunt uitvoeren. Telefoneren met een hands-free set? Zoals ik in een recent verschenen studie liet zien kunnen mensen tijdens het autorijden best wel cognitief belastende taken uitvoeren als telefoneren ... totdat ze op een kruispunt komen of er iets onverwachts gebeurt (Verwey 2001a). De theorie geeft dat ook aan. Dan moeten de regels van het rule-based behaviour in het geheugen geactiveerd worden. En dat wordt verstoord als U nu net in onderhandeling bent met één van Uw belangrijke klanten. Tja, en je wilt tijdens zo'n belangrijk telefoongesprek ook niet zeggen dat

hij even zijn mond moet houden omdat je een kruispunt nadert. Want in tegenstelling tot een passagier ziet hij dat niet. En zelfs op een doorgaande weg zie je mensen nogal eens slingeren en langzaam rijden omdat ze hands-free (!) aan het telefoneren zijn. Het moge duidelijk zijn, telefoneren tijdens het autorijden is niet veilig, ook niet met een hands-free set. En bij deze ergonomische studie geeft de theorie aan in welke verkeerssituatie we problemen kunnen verwachten, namelijk in situaties die mentaal belastend zijn.

### Pinnen

Een andere toepassing van psychonomische kennis is het intoetsen van Uw Personal Identification Number, beter bekend als de pincode. In eerste instantie onthield U de getallen van Uw pincode, bv. 2362. Toen U deze code een aantal malen gebruikt had, merkte U dat U eigenlijk steeds een bepaald ruimtelijk patroon intikte, een soort driehoekje in het geval van 2362. Tenslotte, toen U voldoende gepind had, ontstond er automatisch een motorisch patroon waarbij U wellicht zelfs meerdere vingers gebruikt. Uiteindelijk kan het zelfs zo zijn dat U het nummer niet meer weet, maar U kunt als U het toetsenbord ziet, nog steeds de juiste pincode intikken omdat het bewegingspatroon op meerdere wijzen, d.w.z. redundant, opgeslagen is in Uw geheugen. In mijn eigen fundamentele onderzoek heb ik inderdaad ondersteuning gevonden voor de gedachte dat U Uw pinnummer onthoudt in diverse codes, op diverse manieren (Verwey 2001b, 2003). Eerst alleen als een getal, later komt daar een ruimtelijk patroon bij, en tenslotte ook nog een motorische code die aangeeft wanneer welke vingers of spieren gebruikt worden.

U begrijpt dat de kracht van zo'n redundant informatieverwerkingsysteem de flexibiliteit is. U mag de nummers van Uw pincode best vergeten, als U het maar kunt intikken als dat nodig is. En U kunt nog steeds de pincode intikken als U door een hersenbloeding Uw kennis van getallen kwijtraakt, of de mogelijkheid ruimtelijke patronen te gebruiken. Kortom, de theorie vertelt ons hoe we bewegingspatronen uitvoeren en welke problemen we kunnen verwachten als een ander toetsenbord wordt gebruikt, of als iemand een bloeding in een bepaald deel van de hersenen krijgt. Deze theorie doet ook voorspelling

gen. Namelijk dat als U thuis gaat bankieren en opeens het numerieke toetsenbord van Uw computer gebruikt, U de pincode niet goed meer in kunt tikken. Daar zitten de toetsen namelijk op een andere plaats dan op de betaalautomaat (Figuur 2), en zijn Uw ruimtelijke en motorische geheugencodes nutteloos. Dan moet U gaan bedenken wat het nummer ook al weer was en dat in de juiste toetsdrukken vertalen, hetgeen een behoorlijke mentale inspanning vergt, of gebruikt U per abuis misschien wel het motorische patroon dat bij zo'n toetsenbord juist een foute PIN-code geeft. Voor dergelijke voorspellingen is geen experiment noodzakelijk. Daar hebben we de theorie voor.

### Trainingssimulatoren

De vraag naar de bruikbaarheid van simulatoren voor training is een vraag die de laatste tien tot vijftien jaar aan betekenis gewonnen heeft omdat de technische mogelijkheden stijgen terwijl de kosten van simulatoren lager worden. Bij het Institut für Arbeitsphysiologie in Dortmund, het IfADo, was ik betrokken bij het onlangs afgesloten Trainer onderzoeksproject dat door de EU gefinancierd werd. Dit project werd uitgevoerd door een consortium van 14 leden waaronder het onderzoekscentrum van Fiat, een bouwer van rijssimulatoren, de Europese vereniging van rij-examinatoren, en het Belgische verkeersveiligheidsinstituut. Eén vraag voor dit multi-

disciplinaire onderzoeksteam was of, en in hoeverre, een rijssimulator ontwikkeld kon worden ter ondersteuning van de rijopleiding. Maar wat kun je mensen nu precies leren in een simulator en hoe voorkom je dat een dergelijke training misschien zelfs averechts gaat werken? In dit project hebben we vooral onderzocht in hoeverre de training in een eenvoudige rijssimulator, training in een echte auto kan vervangen (Figuur 3). Dat blijkt te kunnen, maar alleen tot op zekere hoogte. Op een gegeven moment moet de leerling in een echte auto gaan rijden om te voorkomen dat de overstap naar de eigenlijke taak juist weer moeilijker wordt vanwege gedragsautomatismen die alleen in de simulator gebruikt kunnen worden. De vraag in hoeverre training in simulatoren mogelijk is wordt belangrijker naarmate we technisch meer mogelijkheden hebben. En de functieleer laat ons zien hoe training tot automatisering van gedrag leidt, en wat de eigenschappen van die automatisen zijn zodat we er bij de ontwikkeling van trainingsscenario's rekening mee kunnen houden.

Deze paar voorbeelden zijn bedoeld om het belang van fundamentele kennis voor de cognitieve ergonomie duidelijk te maken. Ze sluiten aan bij de conclusie die we momenteel in de media aantreffen dat we in Nederland niet zozeer onvoldoende wetenschappelijke kennis hebben, maar dat we de fundamentele kennis beter moeten leren toepassen.




Figuur 2 Verschillende toetsenbordindelingen.



Figuur 3 Eenvoudige ("cost-effective") rijsimulatoren ontwikkeld in het EU Trainer project.

## Conclusie

Cognitieve ergonomie en psychonomie zijn van oorsprong vergroeide onderzoeksgebieden en dat moet ook zo blijven. Voor de cognitieve ergonomie is de toekomst veelbelovend omdat vanwege de toenemende technische mogelijkheden in onze maatschappij, de nadruk steeds meer op mentale, op geestelijke arbeid komt te liggen. De techniek kan steeds meer en moet dus ontworpen worden voor een mens met beperkte mogelijkheden. En er is eveneens een gouden toekomst voor de psychonomie in haar rol als leverancier van basiskennis aan het toegepaste onderzoek. De psychonomie en cognitieve ergonomie zijn met elkaar vervlochten en opgegroeid, als een Siamese tweeling. En zoals we recentelijk zagen kunnen pogingen om Siamese tweelingen te scheiden voor beide kinderen fataal zijn, of op z'n minst invaliderend. Ik raad scheiding in het onderhavige geval ten sterkste af. 

## Literatuur

- Johnson, A. (2003). If common sense wasn't reasonable it wouldn't be common. Rede uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van hoogleraar Toegepaste Verrichtingenleer en Ergonomie, Rijksuniversiteit Groningen, 25 februari 2003. *De Psycholoog*, 38, 234-238.
- Rasmussen, J. (1983). Skills, rules, and knowledge: Signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-13, 257-266.
- Sanders, A.F. (1998). Tussen Scylla en Charybdis. Afscheidsrede als

hoogleraar in de Psychologische Functieer aan de Vrije Universiteit Amsterdam. 11 september 1998.

Stanton, N.A. & Baber, C. (2003). On the cost-effectiveness of ergonomics. Editorial. *Applied Ergonomics*, 34, 407-411.

Verwey, W.B. (2001a). Evaluating safety effects of traffic congestion information systems. In P.A. Hancock & P. Desmond (Eds.), *Stress, workload and fatigue*. (pp.409-425). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Verwey, W.B. (2001b). Concatenating familiar movement sequences: The versatile cognitive processor. *Acta Psychologica*, 106, 69-95.

Verwey, W.B. (2003). Processing modes and parallel processors in producing familiar keying sequences. *Psychological Research*, 67, 106-122.

Wertheim, A.H. (1998). De psycholoog als ergonoom: Klusjesman of wetenschapper? Rede uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van hoogleraar Toegepaste Functieer, in het bijzonder de Cognitieve Ergonomie. Universiteit Utrecht, 8 mei 1998.

## Abstract

### Experimental Psychology and cognitive ergonomics: A Siamese twin?

Cognitive ergonomics and experimental psychology started together from questions about human mental capacities and limitations. However, the two research areas are growing apart, and this is a loss for both. In the present contribution this statement is backed up by a few examples. This article is a shortened version of the inaugural speech read on December 11<sup>th</sup> 2003, on the occasion of accepting the position of Professor of Experimental Psychology with special attention to Media Psychology, at the Faculty of Behavioral Research of the University Twente.