

Explorations in learning and the brain: On the potential of cognitive neuroscience for educational science

Berlijn: Springer Verlag, 2009, 80 pagina's
ISBN 978-0-387-89511-6

*T. de Jong, T. van Gog, K. Jenks, S. Manlove,
J.G. van Hell, J. Jolles, J.J.G. van Merriënboer,
Th. van Leeuwen, A. Boschloo*

Een rapport over de mogelijke waarde van neurowetenschappen voor onderzoek van onderwijs roept de vraag op hoe het ook weer zat met de relatie tussen cognitieve psychologie en biologie. De vraag is niet nieuw maar soms lijkt het alsof de antwoorden, die al in de vorige eeuw zijn gegeven, bij hedendaagse onderzoekers onbekend zijn. Ik probeer even het geheugen op te frissen. Als we menselijk gedrag willen beschrijven en verklaren, wat is dan de waarde van het biologische of het cognitieve perspectief? Als we willen weten hoe kinderen van 6 jaar hoofdrekenommen oplossen van het type $2 + 3$, gaan we dan reactietijden meten om te achterhalen of ze het antwoord als rekenfeit hebben opgeslagen (Siegler, 1978), of gaan we proberen met behulp van de meting van reactietijden strategieën te onderscheiden, zoals mentaal doortellen of alles opnieuw tellen (Groen & Parkman, 1972), of leggen we het kind in de scanner om te zien of het mentaal toch nog op de vingers telt, zichtbaar aan verhoogde activiteit in het horizontale segment van de intrapariëtale sulcus van de linker hemisfeer (Zago, Pesenti, Mellet, Crivello, Mazoyer, & Tzourio-Mazoyer, 2001)? De keuze tussen het biologische of het cognitieve perspectief hangt in dit geval af van de onderzoeksvraag, en het is duidelijk dat er vanuit beide perspectieven interessante hypothesen getoetst kunnen worden. Maar zijn er grenzen aan wat we kunnen zien vanuit elk van beide perspectieven? En kunnen we het cognitieve perspectief niet gewoonweg herleiden tot het biologische perspectief? De antwoorden op deze vragen moeten we wel paraat hebben als we ons gaan verdiepen in de vraag wat de

waarde van neurowetenschappen voor onderzoek van onderwijs is.

Neurowetenschappelijk onderzoek naar de invloed van rijping van het zenuwstelsel op het gedrag van leerlingen wekt al snel de indruk dat het biologische perspectief een betere verklaring biedt voor bijvoorbeeld verschillen tussen jongens en meisjes dan het cognitieve perspectief. De invloed van rijping op leren is natuurlijk geen nieuw vraagstuk. De bioloog Piaget (Inhelder & Piaget, 1958) beweerde op grond van zijn analyse van de ontwikkeling van de hersenen dat kinderen pas op hun 12^e jaar toe waren aan hypothetisch-deductief redeneren. In dezelfde redeneerlijn past de opvatting van Weizenbaum (1976) dat leerlingen op de basisschool beter buiten kunnen gaan spelen dan leren programmeren op de computer.

Misschien moeten we het iets fundamenteeler bezien. Al in 1985 legde Fodor uit dat bepaalde cognitieve processen, autonome reflexen bijvoorbeeld, volledig biologisch bepaald worden, terwijl andere processen, zoals de waarneming, gedeeltelijk gestuurd worden vanuit het biologische niveau en gedeeltelijk cognitief bepaald zijn. Ten slotte zijn er ook cognitieve processen, de werkelijk hogere cognitieve processen zoals denken en problemen oplossen, die volledig cognitief bepaald worden. Om uit te leggen wat hij onder modulariteit verstond, verklaarde (Fodor, 1985) autonome reflexen in twee opzichten: 1) ze zijn noninferentieel, dat wil zeggen ze vergen geen mentale activiteit, en 2) ze zijn geëncapsuleerd, dat wil zeggen ze zijn afgescheiden van de rest van het cognitieve systeem, ze hebben hun eigen 'database' die niet in verbinding staat met de rest van het cognitieve systeem. Hogere cognitieve processen zijn echt slim: ze zijn inferentieel, en niet geëncapsuleerd. De waarneming ziet precies tussen de hogere cognitieve processen en de autonome reflexen in. Waarneming is geëncapsuleerd: datagedreven, zeer snel, oppervlakkig, en zonder toegang tot veel van de achtergrondkennis van het organisme, georganiseerd rond de *bottom-up* informatie-

stroom, grotendeels aangeboren, en geassocieerd met specifieke neurologische structuren. Hogere cognitieve processen, zoals denken en problemen oplossen, zijn niet geëncapsuleerd: ze zijn langzaam, globaal eerder dan lokaal, grotendeels onder bewuste controle, en geassocieerd met diverse neurologische structuren, noch bottom-up noch top down in hun wijze van verwerken, maar gekarakteriseerd door informatiestromen die alle kanten uitgaan. Tot zover Fodor (1985).

Kortom, hogere cognitieve processen kunnen niet worden gereduceerd tot biologische processen, evenmin als biologische processen kunnen worden gereduceerd tot cognitieve processen. Beide perspectieven op het gedrag van leerlingen en docenten dragen bij aan ons begrip, maar geen van beide is herleidbaar tot het andere perspectief. Het overzicht dat De Jong et al. (2009) bieden vormt een welkome verkenning van de bijdragen van beide disciplines kunnen leveren aan het betere begrip van hoe leerlingen leren en docenten lesgeven. Alvorens een overzicht te geven van de inhoud van deze waardevolle studie toch nog even een woord van waarschuwing. Goswami (2006) heeft een scherp beeld gegeven van hoe het mis kan gaan. Hoe *neuromyths* zich in de hoofden van de leergierige docenten kunnen vastzetten. Het voorbeeld van kinderen die een badge dragen met de letter V, A, of K, erop, al naar gelang hun wijze van leren kan worden getypeerd als *visueel*, *auditief* of *kinesthetisch* is wel bijzonder schrijnend (Goswami, 2006). Wat moeten we doen om te voorkomen dat deze commerciële hokuspokus de hoofden, harten en portemonnees van docenten en schoolleiders blijft beheersen? Goswami (2006) adviseerde om speciale *middlemen* in te huren die de vertaalslag kunnen maken tussen het neurowetenschappelijk onderzoek en de beroepspraktijk. Mijn advies aan neurowetenschappers en onderwijsonderzoekers is om weer eens bij Fodor en anderen (Miller & Keller, 2000) in de leer te gaan om goed te weten wat ze wel en niet kunnen zeggen, waar het wetenschappelijk verantwoord blijft en waar het volksverlakerij wordt. Goed, dat gezegd hebbende kunnen we ons nu even richten op de inhoud van De Jong et al. (2009).

Korte samenvatting van De Jong et al. (2009)

De Jong et al. (2009) doen met hun rapport verslag van een onderzoek dat in opdracht van de Programmaraad Onderwijsonderzoek is uitgevoerd. Doel van het onderzoek was om in kaart te brengen op welke manier onze kennis van onderwijs- en leerprocessen kan worden uitgebreid vanuit het perspectief van de neurowetenschappen, en hoe een interdisciplinair onderzoeksprogramma vanuit de neurowetenschappen en de onderwijswetenschappen eruit zou kunnen zien. Om dit doel te bereiken hebben de auteurs een literatuuronderzoek uitgevoerd, waarvan de resultaten zijn besproken tijdens een workshop met experts, die in maart 2008 in Amsterdam plaatsvond. De discussie tijdens de workshop droeg bij aan een verdere uitwerking van de thema's die tijdens het literatuuronderzoek waren gedefinieerd. De Jong et al. (2009) hebben tien thema's uit de onderwijswetenschappen geïdentificeerd waar neurowetenschappelijk onderzoek ons inzicht in onderwijzen en leren versterkt en uitbreidt. Hier wordt volstaan met een korte aanduiding van de thema's. Het boek van De Jong et al. (2008) vormt een waardevol naslagwerk met veel gedetailleerde informatie over elk van de thema's vanuit beide wetenschappelijke perspectieven.

1) Onderzoek naar leren op basis van multimedia. Volgens het zogenoemde modaliteits-effect kan informatie het beste via verschillende modaliteiten worden aangeboden, bijvoorbeeld visueel en auditief. Daarmee wordt de cognitieve belasting van de leertaak verlaagd. Neurowetenschappelijk onderzoek brengt aan het licht dat overeenkomstige en verschillende hersengebieden actief zijn bij het verwerken van visuele en auditieve informatie. Met dit type onderzoek kan het modaliteitseffect verder onderzocht worden.

2) Onderzoek naar cognitieve belasting tijdens de uitvoering van leertaken. Volgens de cognitievebelastingstheorie moet leermateriaal zo worden samengesteld dat rekening wordt gehouden met de kenmerken van de menselijke cognitieve architectuur, bijvoorbeeld de onbeperkte capaciteit van het lange-termijngeheugen en de beperkte capaciteit

van het kortetermijngeheugen. Met neurowetenschappelijke onderzoeksmethoden kunnen activatiepatronen zichtbaar worden gemaakt waarmee ons begrip van cognitieve belasting kan worden verdiept.

3) Onderzoek naar het door inzicht oplossen van problemen, dikwijls met de ervaring van een *Aha-erlebnis*. Neurologische indicatoren van inzicht kunnen dit type onderzoek versterken, waarbij apart de rol van geheugen en aandacht in kaart kan worden gebracht. Interessant is het onderzoek naar de onderscheiden functies van linker en rechter hersenhelft bij het oplossen van complexe visuele problemen.

4) Onderzoek naar het verschil tussen impliciet en expliciet leren. Houdt impliciet leren slechts in dat leerlingen leren reageren op terugkerende patronen in het aanbod van stimuli, of leren zij wel degelijk abstracte regels, maar dan onbewust? Deze vraag kan mooi met neurowetenschappelijk onderzoek aangepakt worden door te na te gaan welke hersengebieden bij elk van beide typen leerprocessen worden geactiveerd.

5) Onderzoek naar de verwerving van meta-cognitieve en regulatieve vaardigheden. Belangrijke vraag hierbij is of zelfregulatie bewuste controle vergt, of dat de uitvoering van cognitieve taken ook onbewust gestuurd en gecontroleerd kan worden. Neurowetenschappelijk onderzoek van conflictoplossing en foutdetectie laat zien welke systemen betrokken zijn bij het verwerken van geringe en forse afwijkingen van het verwachte stimuluspatroon. Hierbij speelt de ontwikkeling van het brein een belangrijke rol. Kinderen en jonge adolescenten zijn wellicht minder goed in staat tot zelfregulatie, omdat de noodzakelijke structuren nog niet volledig ontwikkeld zijn. Het is ook mogelijk dat kinderen andere hersengebieden activeren of dezelfde structuren op een andere manier gebruiken.

6) Onderzoek naar sociale cognitie en sociaal leren door observatie en imitatie. Het onderzoek naar de werking van spiegelneuronen is voor sociaal leren van groot belang. Vragen

zoals waarom dynamische visualisaties van menselijke bewegingen soms betere en soms slechtere leerresultaten opleveren dan statische weergaven kunnen door bestudering van de werking van spiegelneuronen verder worden onderzocht. Het onderzoek richt zich op het leren van psychomotorische vaardigheden. Interessanter wordt deze lijn van onderzoek als blijkt dat spiegelneuronen ook geactiveerd worden als leerlingen luisteren naar beschrijvingen van cognitieve handelingen.

7) Onderzoek naar affectieve processen en emoties tijdens het leren, individueel of in groepen. Neurowetenschappelijke onderzoek heeft laten zien dat emotionele gebeurtenissen beter worden onthouden dan niet-emotionele gebeurtenissen, omdat andere hersenstructuren worden geactiveerd. Verder is gebleken dat patiënten met hersenletsel waardoor sociale emoties werden onderdrukt, bepaalde cognitieve taken slechter uitvoerden. Dit domein is nog sterk in ontwikkeling.

8) Onderzoek naar taalverwerving (eerste en tweede taal) en de ontwikkeling van geleterdheid. In dit onderzoeksgebied woeden allerlei oorlogen, bijvoorbeeld over de vraag of woorden in het mentale lexicon door de aanbidding van een geschreven woord direct geactiveerd kunnen worden, of slechts indirect toegankelijk zijn via de innerlijke verklanking van het geschreven woord. Uit neurowetenschappelijke methoden blijkt dat verschillende structuren actief zijn bij de directe en de indirecte route. Maar er bestaan aanwijzingen dat de eerste stap in beide routes dezelfde hersengebieden betreft. Het laatste woord over deze controverse is nog niet gesproken, maar het gebruik van neurowetenschappelijke methoden brengt ons wel verder in de oplossing van het probleem.

9) Onderzoek naar de ontwikkeling van reken- en wiskundevaardigheden. Uit neurowetenschappelijk onderzoek blijkt dat mensen getallen ruimtelijk representeren waarbij kleine getallen links worden geplaatst en grote getallen rechts. Patiënten met hersenletsel waardoor zij het linkerdeel van hun visuele veld verwaarlozen, antwoorden op de vraag wat het midden is tussen twee getallen

met een hoger getal dan gezonde proefpersonen. Het werken met de zogenoemde lege getallenlijn als representatie bij het leren hoofdrekenen krijgt aldus uit neurowetenschappelijke hoek ondersteuning (Goswami, 2006).

10) Onderzoek naar leerproblemen zoals dyslexie en dyscalculie. Neurowetenschappelijke methoden kunnen worden benut om te onderzoeken welke stappen in het proces van het uitspreken van geschreven zijn verstoord bij dyslexie. Gaat het inderdaad fonologisch bewustzijn, het vermogen om woorden op te splitsen in spraakklanken, of spelen perceptuele en integratieve processen ook een doorslaggevende rol? Dit soort vragen kunnen we met neurowetenschappelijke onderzoeksmethoden steeds beter te lijf gaan.

Discussie

Ten slotte een kritische opmerking. Ook De Jong et al. (2009) waarschuwen voor 'neuromythes'. Die waarschuwing is gebaseerd op de overweging dat het allemaal nog niet goed spoort tussen de neurowetenschappen en de onderwijswetenschappen: neurowetenschappelijke inzichten zijn nog te vaag en abstract, maar dikwijls ook te gedetailleerd, de korrel van de analyse is nog niet goed afgestemd. Dat geldt ook voor methoden onderzoek. Neurowetenschappelijke onderzoeksmethoden zijn niet geschikt om leerprocessen te onderzoeken die zich over een veel langer tijdsbestek uitstrekken dan wat mogelijk is om met scanners en andere apparatuur te meten. In de toekomst, zo verwachten De Jong et al. (2009), zal het allemaal beter worden met draadloze EEG-apparatuur en andere vruchten van technologisch vernuft. Dan breken mooie tijden aan en zal neurowetenschappelijk onderzoek de aard van cognitieve processen duidelijker maken of bijdragen aan de oplossing van controverses in onderwijsonderzoek. Dat vooruitzicht lijkt inderdaad rooskleurig, maar wat ontbreekt in deze discussie is het principiële punt van Fodor (1985): als hoger cognitief proces is leren inferentieel en totaal niet geëncapsuleerd, geassocieerd met diverse neurologische structuren. Voor leren geldt dat het cognitieve perspectief niet herleidbaar is tot het biologische

perspectief, evenmin overigens als het biologische perspectief herleidbaar is tot het cognitieve perspectief. Zoals Miller en Keller (2000) terecht stelden: we hebben te maken met twee manieren van kijken naar hetzelfde proces. Dit uitgangspunt zouden we in het contact met het onderwijsveld moeten blijven benadrukken. De stelling dat 16-jarige jongens in de tweede fase van het voortgezet onderwijs achterblijven omdat ze met hun onvolgroeide prefrontaal kwab niet kunnen plannen is een neuromythe, omdat de stelling ten onrechte het cognitieve perspectief reduceert tot het biologische. Dat het biologische perspectief en het cognitieve perspectief twee manieren van kijken naar hetzelfde proces zijn, kan en moet in eenvoudige bewoordingen steeds opnieuw uitgelegd worden, ook aan gretige onderwijzers. De bijdragen van de neurowetenschappen aan de onderwijswetenschappen die De Jong et al. (2009) aanduiden zijn waardevol, maar we kunnen ook van de omgekeerde beweging resultaten verwachten. Vandaar dat De Smedt, Ansari, Grabner, Jannula, Schneider en Verschaffel (2010) zo duidelijk in hun overzicht van de relatie tussen neurowetenschappelijk onderzoek en reken- en wiskundeonderwijs bij elk onderwerp beide richtingen hebben benoemd. Zij benadrukten het tweerichtingsverkeer. Neurowetenschappen dragen bij aan onderwijsonderzoek doordat wij cognitieve processen beter gaan begrijpen en betere onderwijsexperimenten gaan opzetten. Maar omgekeerd dragen de onderwijswetenschappen ook bij aan het neurowetenschappelijk onderzoek door het definiëren van relevante variabelen en door het onderzoek naar de effecten van instructie op de neurologische correlaten van leren (De Smedt et al., 2010). Deze principiële stellingname en een schets van de bijdrage die onderwijswetenschappen aan neurowetenschappen kunnen leveren, missen we bij De Jong et al. (2009). Maar dat is dan ook mijn enige commentaar bij dit een overigens prima boek.

*Prof. dr Jos Beishuizen
Onderwijscentrum VU
Vrije Universiteit Amsterdam*

Literatuur

- De Smedt, B., Ansari, D., Grabner, R., Hannula, M., Schneider, M., & Verschaffel, L. (2010). Cognitive neuroscience meets mathematics education. *Educational Research Review*, 5, 97-105.
- Fodor, J. A. (1985). Précis of the modularity of mind. *Behavioral and Brain Sciences*, 8(1), 1-5.
- Goswami, U. (2006). Neuroscience and education: From research to practice? *Nature Reviews Neuroscience*, 7, 406-413.
- Groen, G. J., & Parkman, J. M. (1972). A chronometric analysis of simple addition. *Psychological Review*, 79, 329-343.
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*. London: Basic Books.
- Jong, T. de, Gog, T. van, Jenks, K., Manlove, S., Hell, J. van, Jolles, J., Merrienboer, J. van, Leeuwen, T. van, & Boschloo, A. (2009). *Explorations in learning and the brain: On the potential of cognitive neuroscience for educational science*. Berlin: Springer Verlag.
- Miller, G. A., & Keller, J. (2000). Psychology and neuroscience: Making peace. *Current Directions in Psychological Science*, 9, 212-215.
- Siegler, R. S. (1978). *Children's thinking: What develops?*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Weizenbaum, J. (1976). *Computer power and human reason: From judgment to calculation*. San Francisco: WH Freeman.
- Zago, L., Pesenti, M., Mellet, E., Crivello, F., Mazoyer, B., & Tzourio-Mazoyer, N. (2001). Neural correlates of simple and complex mental calculation. *NeuroImage*, 13, 314-327.