

# Weten Wat Werkt en Waarom

Jaargang 3, nummer 1 – maart 2014

1  
2 0 1 4

Wetenschappelijk tijdschrift  
over opbrengsten en werking van ict in het onderwijs

# Colofon

**4W: Weten Wat Werkt en Waarom** is een onafhankelijk wetenschappelijk tijdschrift over opbrengsten en werking van ict in het onderwijs. 4W verschijnt eens per kwartaal op papier en online.

## Aanmelden voor dit tijdschrift

WWW: [4W.Kennisnet.nl](http://4W.Kennisnet.nl) Adres: [4W@Kennisnet.nl](mailto:4W@Kennisnet.nl)

©Kennisnet, Zoetermeer

Jaargang 3, nummer 1 – maart 2014

ISSN: 2213-8757

## Opdrachtgever

Stichting Kennisnet, Zoetermeer

## Aan dit nummer werkten mee

Marieke van der Linden (Radboud Universiteit),

Anja van der Hulst (TNO), Halszka Jarodzka

(Open Universiteit), Paul Kirschner (Open Universiteit)

## Redactie

Alfons ten Brummelhuis, hoofd afdeling onderzoek Kennisnet

Melissa van Amerongen, wetenschappelijk medewerker Kennisnet

Sylvia Peters, wetenschappelijk medewerker Kennisnet

## Coördinatie en realisatie

Petra Balk, communicatieadviseur Kennisnet

Anneleen Post, Meer dan Letters & Papier, Utrecht

## Tekstredactie

Jacqueline Kuijpers, MareCom, Breda

Anneleen Post, Meer dan Letters & Papier, Utrecht

## Vormgeving

Tappan Communicatie, Den Haag

## Fotoverantwoording pagina 17

Inge van Mill

## Met dank aan

De Talisman te Eindhoven, klas 1-2 Ro:

meester Rogier de Bakker en leerling Oscar van Elswijk  
(artikel Marieke van der Linden)

## Druk




OBT De Bink, Leiden



Naamsvermelding-NietCommercieel-GeenAfgelideWerken 3.0 Nederland. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/deed.nl>)

## De gebruiker mag:

- Het werk kopiëren, verspreiden, tonen en op en uitvoeren onder de volgende voorwaarden:

-  Naamsvermelding. De gebruiker dient bij het werk de naam van Kennisnet en de naam van de auteur te vermelden.
-  NietCommercieel. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.
-  GeenAfgelideWerken. De gebruiker mag het veranderde materiaal niet verspreiden als deze het werk heeft geremixt, veranderd, of op het werk heeft voortgebouwd.

- Bij hergebruik of verspreiding dient de gebruiker de licentievoorwaarden van dit werk kenbaar te maken aan derden.

- De gebruiker mag uitsluitend afstand doen van een of meerdere van deze voorwaarden met voorafgaande toestemming van Kennisnet. Het voorgaande laat de wettelijke beperkingen op de intellectuele eigendomsrechten onverlet.

Dit is een publicatie van Stichting Kennisnet.

# Weten Wat Werkt en Waarom

Jaargang 3, nummer 1 – maart 2014

Wetenschappelijk tijdschrift  
over opbrengsten en werking van ict in het onderwijs

# Inhoudsopgave

<b>Kunnen rekenen op je brein</b> Marieke van der Linden	<b>6</b>
<b>Serious games in de militaire beroepsvoorbereiding</b> Anja van der Hulst	<b>16</b>
<b>Digitale toetsen: waar moet je op letten?</b> Halszka Jarodzka & Paul Kirschner	<b>24</b>

# Redactioneel

De drie artikelen in deze 4w gaan over zeer geavanceerde manieren waarop ict het onderwijs in de toekomst fundamenteel zou kunnen veranderen.

Anja van Hulst beschrijft in haar artikel hoe serious games ingezet worden bij de training van beroepsmilitairen. Met de games leren militairen reageren op een veelheid van situaties die in de normale opleidingscontext niet voorhanden zijn. De games zijn speciaal doorontwikkeld voor deze militairen en zijn gesitueerd in de complexe omgevingen waarnaar zij uitgezonden worden.

Het artikel van Halszka Jarodzka en Paul Kirschner geeft ons een blik in de toekomst van digitale toetsen. Jarodzka volgde met oogbewegingsregistratie leerlingen die een digitale toets maakten. Dankzij deze techniek weten we meer en meer over hoe leerlingen naar een toets kijken; de manier waarop we toetsen afnemen zou hierdoor wel eens heel erg kunnen veranderen.

Marieke van der Linden sluit haar artikel af met een spectaculair toekomstbeeld, waarbij kinderen met rekenproblemen geholpen zouden kunnen worden met oefenprogramma's in combinatie met elektronische hersenstimulatie. Ze laat zien dat hersenen mogelijk plastischer zijn dan we vaak denken en dat kan vergaande gevolgen hebben voor het rekenonderwijs.

Techniek die onze ogen, hersenen en handelingen op de huid zitten. Dat komt wel heel dichtbij. In deze 4W belichten we wat deze technologische toepassingen betekenen voor de inrichting van onderwijs en de prestaties van leerlingen.

**Alfons ten Brummelhuis**

**Sylvia Peters**

**Melissa van Amerongen**

Redactie 4W | [4w.kennisnet.nl](http://4w.kennisnet.nl)

# 1

## Kunnen rekenen op je brein

**Marieke van der Linden**

Donders Institute for Brain, Cognition and Behaviour  
Radboud Universiteit Nijmegen

Iedereen heeft een aangeboren systeem voor grove schatting van aantallen. Als dit systeem zwak is, levert dat problemen op met rekenen. Hersenscans tonen aan dat het hersendeel dat het schattingsvermogen huisvest, kleiner en minder actief is bij mensen met dyscalculie. Na specifieke training gericht op dit hersendeel neemt de hersenactiviteit na verloop van tijd toe. Elektronische hersenstimulatie in combinatie met training levert nóg betere resultaten op.

We gebruiken dagelijks getallen en aantallen en vaak maken we daarmee ook nog eens (on)bewust berekeningen. Zo weet u de datum van vandaag, wat een euro waard is of volgt u vanavond een recept om het avondeten klaar te maken. Rekenen omvat veel vaardigheden, waaronder het vermogen om hoeveelheden om te zetten in symbolen zoals getallen. Maar

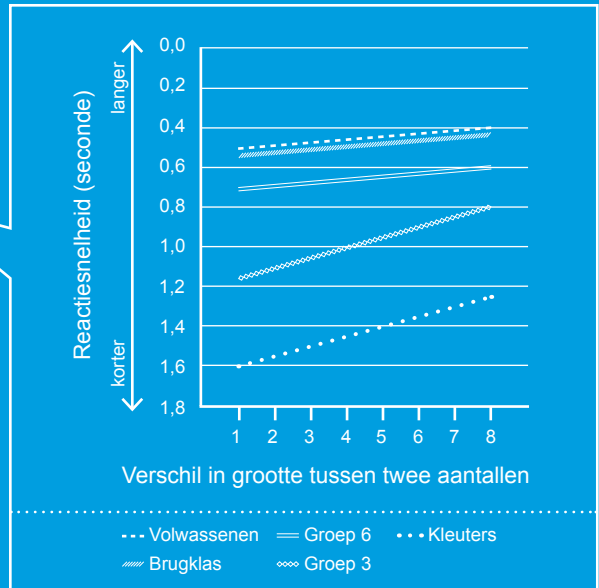
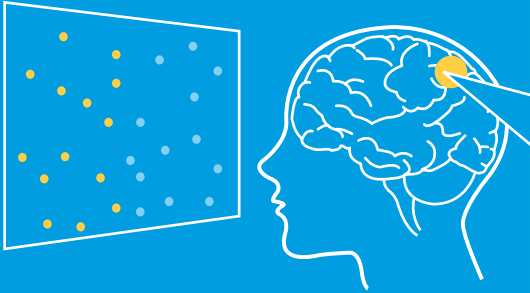
denk ook aan het werkgeheugen dat nodig is om bepaalde bewerkingen toe te passen, zoals wanneer u een reeks getallen optelt. En u gebruikt uw langetermijngeheugen als u de tafel van drie nodig hebt.

Dit artikel richt zich op de basis van het rekenen, namelijk de representatie van aantallen in ons brein, en probeert inzichtelijk te maken





## Wat is meer? Geel of blauw?



**Figuur 1:** Een voorbeeld van hoe ANS experimenteel getest wordt. De proefpersoon ziet heel kort een vlak met stippen en moet aangeven of hij meer gele of blauwe stippen heeft gezien. Wanneer mensen bezig zijn met dit taakje wordt bij hen de IPS (intra pariëtale sulcus) actief, hier in geel aangegeven op een brein waar we van de zijkant tegenaan kijken. In de grafiek staat de reactiesnelheid op zulke taakjes afgezet tegen het verschil in grootte tussen de aantallen stippen. Met de leeftijd wordt de reactiesnelheid korter, met name voor kleine verschillen tussen getallen. Ons vermogen om aantallen te schatten wordt dus preciezer tijdens de ontwikkeling van kind naar volwassene. Deze grafiek is gebaseerd op data die verzameld zijn en gerapporteerd door Sekuler & Mierkiewicz (1977).

waarom deze basis zo belangrijk is en of er mogelijkheden zijn om deze te versterken.

### ANS: aangeboren systeem om aantallen te schatten

We worden allemaal geboren met een *Approximate Number System* (ANS), een systeem voor grove bepaling van aantallen. Het gaat hierbij echt om een eenvoudig systeem, waar zelfs geen taal aan te pas komt. Niet alleen baby's, maar ook dieren zoals apen, duiven en zelfs salamanders zijn in staat om aantallen van elkaar te onderscheiden. Wat moet u zich hierbij voorstellen? Stel, ik heb in een hand vijf blokjes en in mijn andere hand negen blokjes: iedereen kan makkelijk aanwijzen in welke hand ik de meeste blokjes heb.

In experimenten is het ANS op zo'n zelfde

manier eenvoudig te testen. Dit wordt meestal gedaan door op een scherm twee vlakken met stippen te laten zien en een proefpersoon te vragen welk vlak de meeste stippen heeft. Hoe groter het verschil in aantal, hoe sneller de proefpersoon beslist. Er is dus een duidelijk afstandseffect te zien in reactiesnelheid. Het ANS is preciezer naarmate de te vergelijken aantallen kleiner zijn en het verschil tussen de aantallen groter: vier tegenover acht is véél gemakkelijker dan veertig tegenover tweeënveertig. De precisie neemt toe met de leeftijd van de proefpersoon (figuur 1).

### Het huis van ANS in het brein: IPS

Sinds ruim 100 jaar weten we dat de neurale basis van het ANS te vinden is in de pariëtaal kwab en dan meer specifiek in het horizontale segment



van de intra pariëtale sulcus (IPS). Uit hersenonderzoek is bekend dat de IPS bij bijna al het rekenen en verwerken van getallen en hoeveelheden betrokken is (Dehaene et al., 2004). Als mensen de eerder genoemde ANS-taak in de scanner doen, dan zien we dat daarbij hun IPS actief wordt. Bijzonder is dat de IPS net zoals het ANS een afstandseffect laat zien tussen aantallen of getallen. Er lijkt dus een sterke link tussen het ANS en de IPS.

De IPS ligt trouwens vlakbij het gebied in de hersenen waar ook de vingers gerepresenteerd zijn. Het is dus niet zo toevallig dat we leren tellen op onze vingers of dat het Engelse woord voor 'vinger' en 'getal' beide *digit* is.

## ANS en IPS in relatie tot rekenproblemen

Sommige mensen hebben een beter ANS, oftewel zijn beter in staat zulk soort taakjes uit te voeren dan andere mensen. Er zijn dus individuele verschillen waar te nemen in hoe precies het ANS werkt. Waar die verschillen vandaan komen, is nog onbekend. In elk geval blijven die verschillen stabiel tijdens de ontwikkeling tot volwassene, en onderzoek heeft laten zien dat het resultaat van de eerder genoemde ANS-taak dan ook tot op zekere hoogte kan voorspellen hoe kinderen en volwassenen zullen scoren op bepaalde wiskundige taken. Waarschijnlijk werkt het ANS als voorspeller omdat het aan de basis staat van het rekenen (Halberda et al., 2008). Is die basis zwak, dan geeft dit problemen bij elke volgende stap in het rekenen.

Zijn de rekenproblemen ernstig van aard, dan kun je spreken van dyscalculie. Het blijkt dat bij kinderen met dyscalculie hun IPS

minder actief is en dat dit gebied ook kleiner is dan bij leeftijdsgenoten met normale rekenvaardigheden (Price et al., 2007). Tevens laat onderzoek zien dat, naast problemen met bijvoorbeeld het uitvoeren van rekenkundige bewerkingen, ook de kern van het rekenen (het ANS) bij dyscalculie al verstoord is. Mensen met dyscalculie hebben een veel minder nauwkeurig ANS.

## Oefening baart kunst

Het lijkt er dus op dat simpele taken zoals aantallen vergelijken, fundamenteel zijn voor het leren begrijpen van getallen en daarmee voor het rekenen. Daarom kun je het beste zo vroeg mogelijk beginnen met oefenen. Daarvoor valt te denken aan het gebruik van speelgoed of spelletjes die het ANS stimuleren en de IPS activeren.

Zo zijn er computerspellen te koop die ontworpen zijn om de IPS te activeren. Deze spellen maken gebruik van op hersenwetenschap gebaseerde adaptieve software en passen zich dus aan het niveau van de speler aan. Een voorbeeld is een spel waarbij de speler moet aangeven welk vlak de meeste stippen bevat (vergelijkbaar met de manier waarop het ANS wordt getest). Naarmate de speler beter wordt, worden de verschillen tussen de aantallen kleiner. Zoals gezegd is bij kinderen het ANS niet zo heel precies en bij kinderen met rekenproblemen is die nauwkeurigheid zelfs nog minder. Met dit spelletje wordt de precisie van het ANS verhoogd. Verschillende studies laten zien dat door training met zulke spelletjes over een langere tijd de rekenvaardigheden van kinderen verbeteren (Park & Brannon, 2013).

## ELEKTRONISCHE HERSENSTIMULATIE

Bij elektronische hersenstimulatie wordt de neurale activiteit van een deel van de hersenen vergroot door gedurende korte tijd, maximaal twintig minuten, zwakke elektrische stromen van 1 milliAmpère op de hersenen in te laten werken. Dit heet in jargon transcraniële ('schedel-passerende') stimulatie. Er zijn diverse technieken voor. Voor de openingsfoto is geposeerd met bestaande (wetenschappelijke) apparatuur. De techniek wordt nu al gebruikt voor mensen met bijvoorbeeld cognitieve beperkingen.

Transcranial direct current stimulation (tDCS), een van de gangbare technieken, is draagbaar, pijnloos, goedkoop en voor zover bekend: veilig. Er zijn bedrijven die de apparatuur verkopen voor persoonlijk gebruik thuis.

Het toepassen van deze technologie roept veel ethische en wetenschappelijke vragen op. Een van die vragen is wat het onderwijs te doen staat wanneer door inzet van deze nieuwe vorm van leertecnologie leerlingen in staat zijn tot betere onderwijsprestaties.

*Bron: Cohen et al., (2012). Current Biology, 22(4), pp. R108-R111. Zie <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982212000140>*

## Wijzigingen in het brein door rekenspelletjes

Waarom werkt dit type training, wat gebeurt er dan precies in het brein? Onze hersenen blijven ons hele leven plastisch, dat wil zeggen dat ze kunnen veranderen om zich aan te passen aan een nieuwe vaardigheid of situatie (Kolb & Wishaw, 1998). Diverse studies laten zien dat training in een bepaalde vaardigheid veranderingen in het brein teweeg brengt in gebieden die direct betrokken zijn bij die vaardigheid. Onderzoek heeft laten zien dat wiskundigen een grotere IPS hebben en dat dit gebied groter is naarmate zij langer als wiskundige aan het werk zijn (Aydin et al., 2007). Er is dus een relatie tussen ervaring en de grootte van de IPS. Maar hoe zit het nou met training van de basisvaardigheid? Kun je door middel van training van het ANS de IPS activeren en deze daarmee stimuleren tot betere prestaties? En hoe zorg je er dan voor dat dit effect blijvend is?

In een recente studie werd een computerspel gebaseerd op hersenonderzoek gebruikt om het inschatten van hoeveelheden te verbeteren bij kinderen met dyscalculie (Kuciana et al., 2011). Het spel was speciaal ontwikkeld om de IPS te activeren. De kinderen speelden het spel vijftien minuten per dag, vijf dagen per week, gedurende vijf weken. Uit hersenscans bleek dat de activiteit van hun IPS vijf weken na de training was toegenomen. Het lijkt er dus op dat door specifieke interventie de onvoldoende breinactiviteit van de IPS na verloop van tijd richting normale niveaus gaat.

## Elektronische stimulatie

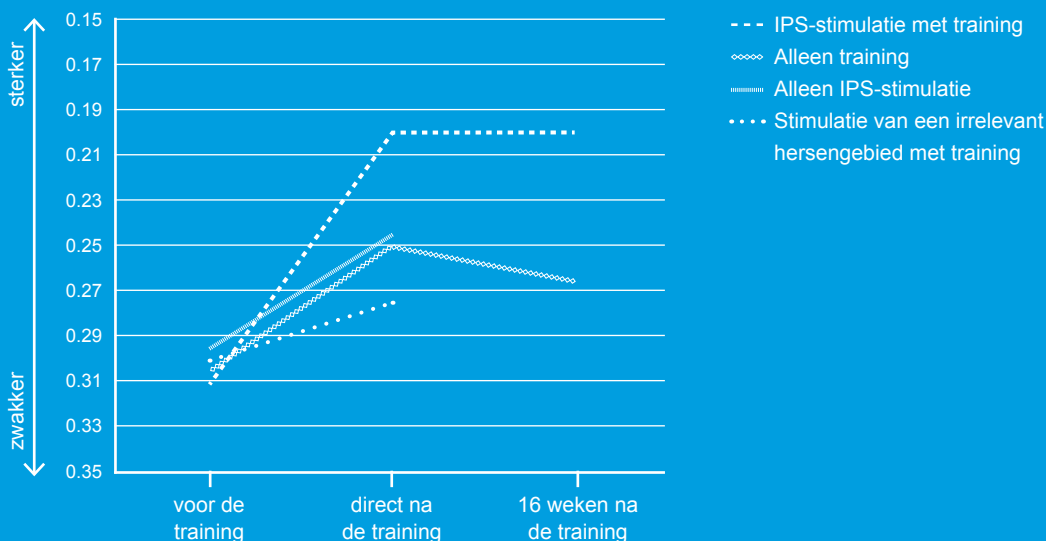
Het oefenen met een ANS-taak werpt dus zijn vruchten af, maar dit effect kan versterkt worden als de training gecombineerd wordt met elektronische stimulatie van de IPS. Dat blijkt uit een zeer recente studie van Cappelletti en collega's (2013). De toegepaste stimulatie is een nieuwe pijnloze techniek om hersenen te stimuleren: *transcranial Random Noise Stimulation* (tRNS). Men vermoedt dat deze manier van stimuleren de plasticiteit van het gestimuleerde gebied tijdelijk vergroot, waardoor het bevattelijker is voor leereffecten.

De training bestond uit vijf dagen achter elkaar het ANS taakje doen, dus aantallen stippen met elkaar vergelijken en bepalen welke de

grootste is. De deelnemers waren veertig volwassen proefpersonen die in vier groepen van tien werden verdeeld. De eerste groep kreeg alleen de training, de tweede groep alleen de stimulatie van de IPS. De derde en vierde groep kregen beide, maar alleen in groep vier werd de IPS gestimuleerd; in groep drie stimuleerde men een motorisch hersengebied dat geen relatie had tot de training. De verbetering van de taak werd niet alleen tijdens de training gemeten, maar ook nog elke twee weken tot zestien weken na de training.

Groep vier liet de beste resultaten zien: de hersenstimulatie versterkte de effecten van de training. Dus de combinatie van hersentraining en -stimulatie van de IPS werkte beter dan het

Score voor schatten van aantallen



**Figuur 2:** Aantallen schatten met training en hersenstimulatie. De figuur laat zien dat de combinatie van training en IPS-stimulatie de beste resultaten levert, ook op lange termijn. De waarde op de y-as (Weber-fractie) geeft aan hoe snel en accuraat proefpersonen zijn in het detecteren van verschillen in aantallen: hoe lager het getal, hoe sneller en accurater. De grafiek is gebaseerd op Cappelletti et al., 2013.

afzonderlijk aanbieden van beide technieken of het combineren van de training met de stimulatie van een hersengebied dat irrelevant is voor de training. Daarbij hield het effect van de training met gerichte stimulatie veel langer aan: deze verbetering werd nog gemeten zestien weken na de training. De resultaten staan weergegeven in figuur 2.

### Betekenis voor het onderwijs

We weten dus dat het trainen van het ANS de rekenvaardigheden van kinderen verbetert. De vraag is nu of we deze training nog verder kunnen ondersteunen met elektronische stimulatie van het IPS, zoals Cappelletti heeft onderzocht bij volwassenen. Omdat de hersenstimulatie-techniek tijdelijk de plasticiteit van de hersenen verhoogt, is onduidelijk of het ook bij kinderen kan worden toegepast. Immers, kinderhersenen zijn volop in ontwikkeling en bevinden zich dus al in een staat van verhoogde plasticiteit. Onlangs is aangetoond dat bij volwassenen met een vermoedelijk verhoogde plasticiteit in bepaalde

hersengebieden zulke stimulatie minder effectief is dan bij volwassenen waarbij geen sprake is van verhoogde plasticiteit. Maar wellicht dat kinderen met dyscalculie wel kunnen profiteren van het ophogen van plasticiteit. Het zou zomaar kunnen dat bij hen de IPS juist te weinig plasticiteit laat zien. Om deze vragen te beantwoorden is verder onderzoek nodig.

Het onderzoek van Cappelletti naar tRNS is nog pril, maar stelt u zich eens voor wat een verdere ontwikkeling in het hersenonderzoek naar rekenen in combinatie met – al dan niet simpele – trainingparadigma's zou kunnen betekenen. Stel dat onderzoekers kunnen aantonen dat kinderen beter gaan rekenen als ze bij het oefenen hersenstimulatie krijgen. Worden onze (klein)kinderen in de toekomst met een stimulatiehelmpje op naar school gestuurd? Zodat tijdens de lessen die hersengebieden waarvan is vast komen te staan dat ze nog niet volgens plan rijpen, wat extra kunnen worden gestimuleerd? Een spectaculair futuristisch perspectief voor het onderwijs.



## Marieke van der Linden

Auteur

[m.vanderlinden@fcdonders.ru.nl](mailto:m.vanderlinden@fcdonders.ru.nl)

---

Marieke van der Linden werkt als postdoctoraal onderzoeker bij het Donders Institute for Brain, Cognition and Behaviour in Nijmegen en is verbonden aan de afdeling Cognitive Neuroscience van het Universitair Medisch Centrum St. Radboud. Zij onderzoekt leren en geheugen.

# Wat we weten over rekenvaardigheden en het brein

- Iedereen wordt geboren met een systeem dat heel grof aantallen kan bepalen (ANS, Approximate Number System).
- Bij kinderen met een zwak ontwikkeld ANS treden later eerder rekenproblemen op.
- Bij deze kinderen is de neurale basis van het ANS (IPS) kleiner en minder actief is dan bij leeftijdgenoten met normale rekenvaardigheden.
- Oefenen helpt: bij specifieke training in het vergelijken van aantallen treedt een normalisatie op van de hersenactiviteit, met positieve gevolgen voor de rekenvaardigheden.
- Elektronische stimulatie, gericht op het verhogen van de plasticiteit van de IPS, versterkt en verlengt dit effect. Dit is onderzocht bij volwassenen; vervolgonderzoek moet uitwijzen of deze stimulatie ook effectief is bij kinderen.

## Meer weten?

Aydin, K., Ucar, A., Oguz, K., Okur, O., Agayev, A., Unal, Z., Yilmaz, S. & Ozturk, C. (2007). Increased Gray Matter Density in the Parietal Cortex of Mathematicians: A Voxel-Based Morphometry Study. *American Journal of Neuroradiology*, 28, 1859-1864.

Cappelletti, M., Gessaroli, E., Hithersay, R., Mitolo, M., Didino, D., Kanai, R., Cohen Kadosh, R. & Walsh, V. (2013). Transfer of Cognitive Training across Magnitude Dimensions Achieved with Concurrent Brain Stimulation of the Parietal Lobe. *The Journal of Neuroscience*, 33(37), 14899-14907.

Dehaene, S., Molko, N., Cohen, L. & Wilson, A. (2004). Arithmetic and the brain. *Current opinion in neurobiology*, 14(2), 218-24.

Halberda, J., Mazocco, M. & Feigenson, L. (2008). Individual differences in non-verbal number acuity correlate with maths achievement. *Nature*, 455, 665-668.

Kolb, B. & Whishaw, I. Q. (1998). Brain plasticity and behavior. *Annual Review of Psychology*, 49, 43-64.

Kuciana, K., Gronda, U., Rotzera, S., Henzia, B., Schönmann, C., Plangger, F., Gällic, M., Martina, E. & Astera, M. von (2011) Mental number line training in children with developmental dyscalculia. *Neuroimage*, 57(3), 782-795.

Park, J. & Brannon, M. (2013). Training the Approximate Number System Improves Math Proficiency. *Psychological Science*, 24(10), 2013-2019.

Price, G.R., Holloway, I., Räsänen, P., Vesterinen, M. & Ansari, D. (2007). Impaired parietal magnitude processing in developmental dyscalculia. *Current Biology*, 17(24), R1042-R1043.

Sekuler, R. & Mierkiewicz, D. (1977). Children's Judgments of Numerical Inequality. *Child Development*, 48(2), 630-633.

# 2

## Serious games in de militaire beroepsvoorbereiding

Anja van der Hulst  
TNO

Met serious games kunnen leerlingen oefenen in virtuele omgevingen die in het echt niet voorhanden zijn. Zo leren zij uiteenlopende situaties in te schatten en op basis daarvan te handelen. Om dit effect te bereiken is een goede didactische inbedding een voorwaarde. Anders is een serious game niets meer dan een spelletje. Dat blijkt uit onderzoek in de militaire opleidingspraktijk.

Gaming leidt niet snel tot betekenisvol leren. Een voorval uit de beginfase van ons onderzoek naar de toepassingen van serious gaming binnen de Nederlandse Defensie maakt dit pijnlijk duidelijk. We introduceerden een infanterie-game en voor we ook maar enige instructie hadden kunnen geven, waren onze leerlingen al volop bezig om met divers militair materieel zo hard mogelijk over het terrein te scheuren en elkaar met verve af te knallen. We hebben dit maar even laten gebeuren. Binnen een kwartier waren de leerlingen

er klaar mee en maakten onverbloemd duidelijk dat ze dit volstrekt niet interessant vonden: geen operatiedoel, geen scenario, geen kritische events en daarmee geen betekenisvolle ervaring die relevant was voor hun militaire praktijk.

In de loop van de jaren zijn we beter gaan begrijpen wat voor militairen een betekenisvolle ervaring is en, hieraan gerelateerd, wat determinanten van effectief leren met games zijn. In dit artikel beschrijven we *lessons learned* uit de militaire opleidingspraktijk. Veel simulatie- en









**Figuur 1:** Missie-specifieke training in virtuele operatiegebieden (VBS2 – Tarin Kowt Afghanistan)

gaminginnovaties zijn oorspronkelijk afkomstig uit de militaire wereld en we zien de hier ontwikkelde mechanismen in toenemende mate breder toegepast worden in civiel beroepsgericht onderwijs.

### Andere eisen vragen ander onderwijs

De hedendaagse uitzendingen naar falende en fragiele staten vragen specifieke capaciteiten van militairen. De moderne conflictsituatie is een zogeheten *junior leaders war*: veel van de verantwoordelijkheden en bevoegdheden liggen laag in de organisatie. Het zijn juist de jonge mensen die de poort uitgaan, in contact treden met de lokale bevolking en in situaties van leven of dood geraakt. De moderne militair moet hiervoor in hoge mate adaptief zijn. Dat wil zeggen: zelf situaties weten in te schatten en situationeel besluiten hoe te handelen, steeds vanuit een sterk veiligheids- en normbesef (Defensievisie Leidinggeven, 2013). Dit wordt internationaal ook (h)erkend: de

Amerikaanse Defensie bijvoorbeeld zet zwaar in op het kweken van adaptiviteit bij militairen op alle niveaus (Tucker & Gunther, 2009).

De traditionele militaire ‘praatje-plaatje-daadje’ onderwijsaanpak, waarin exact verteld wordt wát militairen moeten doen en hÓe ze iets moeten doen, zet niet aan tot adaptief handelen. Dit is aanleiding geweest tot een op sociaal-constructivistische leest geschoeide vernieuwing van het militaire onderwijs, waarbij simulatie en gaming ingezet worden om situationeel leren mogelijk te maken.

### Van ervaring naar theorie

Hoe werkt een game gebaseerde sociaal-constructivistische benadering? Ter illustratie schetsen we een scenario uit de militaire commerciële *off the shelf game* VBS2, waarin de eerste militaire basisprincipes kunnen worden ontdekt. Beginners zonder enige militaire ervaring

worden in een virtueel terrein geplaatst en krijgen de opdracht zich te verplaatsen naar een dorpsplein, om daar diverse taken uit te voeren. Deze beginners hebben nog geen idee van veiligheidsprocedures en hollen zonder uitzondering ongeorganiseerd naar dat dorpsplein, waarbij totale chaos ontstaat. Vanuit een regiepositie worden ten minste drie van hen vanuit de flank geraakt – met fatale gevolgen. Dit is voor de leerlingen een uiterst heldere terugkoppeling: het is einde oefening en daarmee het begin van de reflectie. Na soms wat initieel chagrijn en vingerwijzen komen men daarbij vanzelf op de noodzaak om

- 1) de groep zo te laten verplaatsen dat er voortdurend rondom waargenomen wordt (360 graden procedure),
- 2) de groep gestructureerd te verplaatsen (in formatie) en
- 3) elkaar dekking te geven.

Na de zo veelzeggende fatale terugkoppeling, die alleen bij gaming en simulaties mogelijk is, ontdekken de leerlingen dus zelf de drie meest fundamentele militaire basisprocedures. De instructeurs hoeven slechts de relevante terminologie aan te reiken en in een vervolgoefening komen de leerlingen veilig bij het dorpsplein aan. Een volgende stap is hen in een aantal wezenlijk verschillende situaties te brengen, waar zij bovengenoemde procedures naar eigen inzicht moeten toepassen.

## Naar een sociaal-constructivistische didactiek

In de afgelopen tien jaar is binnen het militaire domein een sociaal-constructivistische didactiek ontwikkeld die voor militaire onderwijsontwikkelaars concrete handvatten biedt, genaamd *Job Oriented Training* (JOT) (Ste-

houwer et al., 2005). Bij JOT is de authentieke werksituatie het uitgangspunt en krijgen leerlingen de taken integraal aangeboden. Ze worden vanaf dag één 'in het diepe gegooid' met de opdracht realistische militaire cases op te lossen. Ze werken daarbij in groepen (syndicaten) om onderlinge discussie over tactische overwegingen te stimuleren. De scenario's zijn uitdagend, worden gradueel complexer en bouwen op elkaar voort. Wezenlijk is dat de leerlingen vooraf theorie noch procedures krijgen aangeboden. Wel hebben ze toegang tot domeinexperts en kunnen ze theorie opzoeken. Samen ontwikkelen ze zo operatieplannen die ze uitvoeren op een simulator of in een game, waarbij onder gecontroleerde omstandigheden de effecten van een plan duidelijk worden. Na elke operatie vindt vervolgens zelfreflectie plaats.

Binnen JOT hebben simulatie en gaming dus een essentiële rol gekregen. Om betekenisvol ervaringsleren goed vorm te geven is immers vergaande controle over de terreinen, objecten en gebeurtenissen in die omgeving vereist en juist games kunnen die controle bieden. Dit heeft evidente didactische voordelen: leerlingen kunnen in situaties worden gebracht die in werkelijkheid niet te realiseren zijn vanwege veiligheids-, milieu- en vredesbepalingen of vanwege de grote organisatorische inspanning die live training met zich mee brengt.

## Wat werkt?

Uit de ervaringen met serious games binnen de militaire opleidingspraktijk zijn drie belangrijke principes te destilleren waar deze aan moeten voldoen voor succesvolle toepassing binnen de beroepspraktijk:

- 1) *Didactische inbedding*. Zoals we in de introductie al vaststelden, zet een game *an sich* leer-

lingen niet aan tot ontdekkend en ervaringsleren. De effectiviteit wordt bepaald door de didactische inbedding. Deze wetenschap is niet nieuw: al rond 1966 werd duidelijk dat vrij ontdekken veelal een bijzonder teleurstellend resultaat geeft (Mayer, 2004) en dat meer gestuurde ontdekking wel tot resultaat leidt (Van Joolingen & De Jong, 1991). Ook een meta-analyse van effectiviteit van gaming door Hays (2005) maakt duidelijk dat juist de didactische inbedding van het gamen essentieel is voor effectief leren. Reflectie is zo'n wezenlijk element van een didactische inbedding. Reflectie is steeds gericht op duiding van de binnen de game opgedane ervaringen en op transfer naar nieuwe situaties. Dewey ging in 1933 al zover te stellen dat men meer leert van het reflecteren op opgedane ervaring dan van het ervaren zelf.

Deze inzichten hebben ertoe geleid dat een belangrijk deel van de leeractiviteiten nu plaats vinden buiten de feitelijke gameplay, te weten in de introductie van de setting, de analyse en eventuele planning voorafgaand aan het gamen, de (zelf)reflectie achteraf en een duiding van de ervaringen door een domeinexpert, waarbij deze met de leerlingen bespreekt hoe zij het geleerde in andere contexten kunnen toepassen.

2) *Kort-cyclisch trainen*. Een belangrijk leerdoel voor de moderne militair is adaptiviteit. Kolowski (1998) zegt hierover dat "repetitive exposure to new situations" essentieel is om adaptiviteit te bereiken. Aanvankelijk leken de gaming sessies die wij ontwikkelden op grote, meerdaagse veldoefeningen. Dit had als nadeel dat er werd getraind in een enkele setting.

Naarmate we langer met toepassing van JOT en gaming experimenteerden, hebben we de oefeningen steeds 'kort-cyclischer' gemaakt,

zodat uiteindelijk vier tot acht kernachtige scenario's in wezenlijk verschillende conflicten en terreinen binnen het tijdsbestek van een dag zijn uit te voeren.

Dit kort-cyclische karakter maakt dat leerlingen de bevindingen uit eerdere reflecties direct in het volgende scenario kunnen toepassen. De kort-cyclische toepassing is onder meer getest bij de landmacht bij het trainen van dreigingsanalyse ter bestrijding van bermbommen (Van der Hulst et al., 2011). Daarbij viel op dat waar de leerlingen voorheen slechts letten op een beperkt aantal standaardindicatoren uit de procedure voor dreigingsanalyse, zij nu aanzienlijk meer en per situatie wezenlijk verschillende indicatoren gebruikten om de dreiging te analyseren. Deze indicatoren zijn bovendien meer relevant dan de standaardindicatoren.

3) *Relevante realiteit*. Een terugkerende vraag is geweest of de geboden virtuele omgevingen een voldoende relevante realiteit kunnen bieden. De omgeving hoeft niet 100% realistisch te zijn, als de situatie maar de voor tactische vorming essentiële elementen in zich heeft. Dat wil zeggen: de juiste aanwijzingen, ofwel in filmtermen 'cues', moeten aanwezig zijn om een goede analyse te kunnen maken en te komen tot 'situationele' besluitvorming.

De huidige serious games bieden deze cues vaak slechts ten dele. Zo is het zichtbare gedrag van mensen als aanwijzing voor de sfeer en dreiging nog onvoldoende natuurgetrouw te simuleren. Anders ligt dat bij terreinen en bebouwing. Ervaringen met de commerciële *off the shelf game* VBS2 in de Nederlandse militaire setting (Buiel et al., 2013) laten zien dat het gebruik van virtuele omgevingen voor dreigingsanalyse en

planning vaak te verkiezen is boven het gebruik van de eigen fysieke oefenterreinen. Een van de redenen is dat de variatie in terreinen in Nederland beperkt is. Serious games maken bijzondere (verstedelijkte) omgevingen als oefenterrein beschikbaar, waardoor de leerling in betrekkelijk korte tijd competenties in een reeks van wezenlijk verschillende settingen kan verwerven.

### Opbrengsten van serious gaming voor het beroepsonderwijs

In de initiële fase van de invoering van JOT-Serious Gaming (JOT-SG) is gekeken naar de verschillen in effectiviteit tussen een traditionele opleiding luchtverdediging voor pelotonscommandanten van de landmacht en een op JOT-SG gebaseerd curriculum in een experimentele luchtverdedigingsgame (Stehouwer, 2005). Als eerste bleek dat na de invoering van JOT-SG het verkorten van de opleiding van negen naar zes maanden geen negatieve effecten had: een onverwacht positief resultaat. Daarnaast zag het toenmalige team van instructeurs en operationeel commandanten een wezenlijke versterking

van het probleemoplossend vermogen en een meer professionele attitude in vergelijking met de groepen uit de oude opleiding. Inmiddels heeft de Nederlandse Luchtmacht miljoenen geïnvesteerd in een veel verder doorontwikkelde luchtverdedigingsgame en worden de opleidingen nog steeds naar tevredenheid uitgevoerd op basis van de JOT-SG principes.

In een tweede studie is gekeken naar de effecten van een driedaags kort-cyclisch trainingsprogramma op de besluitvormings- en commandovoeringscompetenties van drie groepen leerlingen. Het bleek dat er sprake was van een steile leercurve en een aanwijsbare vorm van *crosstraining*: de leerlingen verwierven ook besluitvormingscompetenties in gamesessies waarin zij niet zelf in de rol van commandant acteerden (Van der Hulst et al., 2008). Concluderend zien we dan ook dat de leerlingen binnen JOT-SG andere competenties verwerven dan leerlingen die op de traditionele manier zijn opgeleid. Het zijn deze resultaten die ertoe leiden dat simulatie en games een serieuze plek krijgen in curricula binnen, maar ook buiten het militaire opleidingsveld.



**Anja van der Hulst**

Auteur

[anja.vanderhulst@tno.nl](mailto:anja.vanderhulst@tno.nl)

Dr. Anja van der Hulst (TNO) studeerde onderwijskunde en promoveerde aan de Universiteit van Amsterdam (UvA) op ontdekkend leren binnen simulatie. Ze is gespecialiseerd in

simulatie en gaming voor complexe besluitvorming en is gastdocent bij de mastertrack Game Studies van de UvA.

# Wat we weten over serious games in de militaire beroepsvoorbereiding

- Met een videogame of simulatie kunnen leerlingen vaardigheden trainen in situaties die in het echt niet voor leerdoeleinden beschikbaar zijn.
- Didactische inbedding van het gamen is essentieel voor effectief leren; ongestuurde ontdekking levert nagenoeg geen rendement op.
- Wezenlijke didactische kenmerken van serious games zijn: reflectie en directe feedback gericht op duiding van de ervaringen; veel herhaling en variatie in oefensituaties; oefensituaties met 'cues' die realistisch en noodzakelijk zijn voor leren.
- Serious games zijn dan efficiënte middelen om complexe vaardigheden te trainen zoals adaptiviteit: het snel kunnen inschatten van verschillende situaties en vervolgens situationeel besluiten hoe te handelen. Leerlingen die getraind hebben met een serious game, ontwikkelen een sterker probleemoplossend vermogen, een meer professionele attitude en sterkere besluitvormingscompetenties dan leerlingen die niet op deze wijze hebben getraind.
- Ontwikkeling van een doordachte serious game vereist specifieke expertise en kost tijd en geld.

## Meer weten?

Buiel, E., Hulst, A.H. van der, Voogd, J. & Oprins, E. (2013). Maintaining public order in a virtual world. *Proceedings of the Nato MSG-111 Multi-workshop*.

Hays, R.T. (2005). *The effectiveness of instructional games: a literature review and discussion* (Technical Report 2005-004). Orlando, FL: Naval Air Warfare Center Training Systems Division.

Hulst, A.H. van der, Muller, T.J., Besselink, S., Coetsier, D. & Roos, C.L. (2008). Bloody Serious Gaming – Experiences with Job Oriented Training. *Proceedings Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference (IITSEC)*.

Hulst, A.H. van der, Amade, C. & Sain, G. de (2011). VTT-C-IED: Threat assessment and planning for search using virtual environments. In NATO Science and Technology Organization, *RTO-MP-SET-175 °– Countering Improvised Explosive Devices in a Long-Term Perspective*. The Nato Sensors and Electronics Panel (SET) Specialists' Meeting.

Joolingen, W.R. van & Jong, T. de (1991). Supporting hypothesis generation by learners exploring an interactive computer simulation. *Instructional Science*, 20, 389-404.

Kozlowski, S.W.J. (1998). Training and developing adaptive teams: Theory, principles, and research. In J.A. Cannon-Bowers & E. Salas (Red.), *Decision making under stress: Implications for training and simulation* (pp. 115-153). Washington, DC: APA.

Mayer, R.E. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? *American Psychologist*, 59, 14-19.

Stehouwer, M., Serné, M. & Niekel, C. (2005). A tactical trainer for air defence platoon commanders. *Proceedings of the Interservice/Industry, Training, Simulation, and Education Conference*. Orlando, FL: IITSEC.

Tucker, J.S. & Gunther, K.M. (2009). The Application of a Model of Adaptive Performance to Army Leader Behaviors. *Military Psychology*, 21(3), 315-333.

# 3

## Digitale toetsen: waar moet je op letten?

**Halszka Jarodzka & Paul Kirschner**

Welten-instituut, Onderzoekscentrum voor leren,  
doceren en technologie, Open Universiteit

Technisch zijn er geen belemmeringen om een papieren toets op het beeldscherm te presenteren en deze te verrijken met multimedia. Maar didactisch gezien zijn er nog veel onduidelijkheden. Hoe moet een betrouwbare en valide digitale toets eruitzien?

Toetsing hoort bij onderwijs en vervult een zeer belangrijke functie in ons onderwijssysteem. Het kwalificeert leerlingen voor een opleidingsniveau en borgt de kwaliteit van onderwijs vanaf de basisschool tot en met beroepsopleidingen en universiteit. Met de digitalisering van het onderwijs veranderen ook de aard en het uiterlijk van toetsen. Gedigitaliseerde papieren toetsen maken hun entree. Denk aan de examens van het Cito die in toenemende mate gedigitaliseerd worden. Maar dat is slechts het begin. De technische mogelijkheden op het gebied van multimedia zijn legio: er zijn filmpjes, ani-

maties en geluidsfragmenten toe te voegen aan vragen. Door deze verschillende media goed te gebruiken, kan het toetsen realistischer en meer valide gemaakt worden. Bijvoorbeeld: een leerling die het gedrag van een vis moet classificeren op basis van diens bewegingen, kan dit accurater doen aan de hand van een video met bewegende beelden dan aan de hand van een tekstuele beschrijving of foto's.

Zijn digitale toetsen even betrouwbaar en valide als papieren toetsen? In 1993 is hiernaar een grootschalig onderzoek verricht (Mead & Drasgow, 1993). Hieruit bleek dat het digitali-







seren van een papieren toets (dus: het op een computerscherm presenteren van de vragen) geen effect heeft op de betrouwbaarheid. De betrouwbaarheid van een toets – digitaal én op papier – hangt af van de inhoud en van het ontwerp van de toetsvragen. Wat dit laatste betreft is er sinds het onderzoek uit 1993 veel meer mogelijk geworden. En dat roept nieuwe vragen op, zoals hoe al die multimedia het beste op een scherm gepresenteerd kan worden. De centrale vraag van dit artikel is dan ook: hoe moeten de vragen in multimediale toetsen eruitzien om de betrouwbaarheid en validiteit van de toets te garanderen? Het volledige antwoord hierop kunnen wij op dit moment niet geven, omdat er nog weinig systematisch

onderzoek heeft plaatsgevonden naar de effecten van (nieuwe vormen van) digitale toetsen. Op grond van een eerste onderzoek (Jarodzka et al., ingediend) naar het ontwerp van een gedigitaliseerde toets kunnen we echter toch al een paar algemene conclusies trekken.

### Informatie splitsen of niet?

In dit onderzoek is gekeken of de principes die ten grondslag liggen aan effectieve digitale leer-materialen ook bruikbaar zijn voor digitale toetsen. Uit theorieën over informatieverwerking is bekend dat onze cognitieve capaciteit om informatie actief te verwerken beperkt is, en dat wij die informatie alleen gedurende een beperkte tijd kunnen vasthouden. Effectieve multimediale



**Figuur 1:** Gesplitste en geïntegreerde toetsvraag. Links een beeld van hoe de toetsvraag er in gesplitste opbouw uit ziet: de vraag en de antwoordruimte staan apart (rechts) van de aanvullende informatie (de plaatjes). Rechts de herontworpen vraag, waarbij de aanvullende informatie volgens de principes van de leertheorie samen met de de vraag en de antwoordruimte wordt gepresenteerd.

leermaterialen houden hier rekening mee en zijn zo ontworpen dat de cognitieve capaciteiten in het werkgeheugen voor het leren worden vrijgemaakt. Bijvoorbeeld door onnodige complexiteit en overbodige en/of afleidende informatie te vermijden (Mayer, 2005; Sweller et al., 1998). Een voorbeeld is het *split attention* principe, dat stelt dat het geïntegreerd presenteren van informatie die bij elkaar hoort (tekst en illustratie bijvoorbeeld) het leren bevordert (Mayer, 2005; Sweller et al., 1998). Dit principe vormde het onderwerp van het onderzoek: in samenwerking met het Cito is gekeken of leerlingen beter scoren op een gedigitaliseerde papieren toets als de toetsvragen volgens het *split attention* principe zijn vormgegeven. Hiervoor werd een aantal vragen uit het centraal eindexamen *Kunst* herontworpen, wat leidde tot een gesplitste versie en een geïntegreerde versie van iedere vraag (zie figuur 1).

Uit het onderzoek blijkt dat de leerlingen bij beide typen vragen dezelfde mentale inspanning ervaren en de vragen in dezelfde tijd kunnen doorwerken, maar dat ze hogere scores behalen op de gesplitste vragen (de vragen dus die volgens het *split attention* principe verkeerd zijn opgesteld). De verklaring hiervoor is dat de herontworpen, geïntegreerde versie van de vragen ertoe leidt dat de leerlingen alle gegeven informatie bekijken – dus ook de achtergrondinformatie die feitelijk voor het maken van de toets overbodig is –, terwijl zij die in de gesplitste versie negeren.

Op basis hiervan valt te concluderen dat wat bekend is over de werking van digitale leermaterialen niet zonder meer als blauwdruk kan dienen voor het ontwerp van digitale toetsen. Leren is immers iets wezenlijk anders dan toet-

sen. Bij beide wordt informatie cognitief verwerkt. Maar bij leren gaat het erom dat leerlingen snel en zonder cognitieve overbelasting informatie selecteren, kennis opdoen en deze met hun aanwezige voorkennis verbinden. Bij toetsen wordt leerlingen juist gevraagd kennis te reproduceren of toe te passen, vaak onder tijdsdruk. Twee verschillende cognitieve processen dus, die andere eisen stellen aan het materiaal. Daarbij speelt bij toetsing ook nog de factor tijdsdruk een rol, die het nodig kan maken om strategisch overbodige informatie te negeren.

De tweede conclusie die voortvloeit uit het onderzoek is dat het toetsdoel (mede) bepaalt hoe een toets eruit moet zien. Als de bedoeling is om op kennis te toetsen en dus snel feitenkennis op te roepen, dan heeft overbodige en dus afleidende informatie in een toetsvraag een averechts effect. Als een leerling dan een slecht cijfer haalt, weet de leraar niet of dit ligt aan een tekort aan kennis of aan de extra belasting door de multimedia. Maar als de leraar wil toetsen in hoeverre zijn leerlingen relevante van irrelevante informatie kunnen scheiden en zich dus op de juiste informatie kunnen richten, dan kan een toetsvorm met veel afleidende informatie juist heel zinvol zijn.

## Eye tracking

In het onderzoek is gebruik gemaakt van oogbewegingsregistratie (*eye tracking*, Holmqvist et al., 2011) om een beeld te krijgen van hoe leerlingen bij het beantwoorden van digitale toetsvragen te werk gaan. Daarbij wordt vastgelegd naar welke informatie de leerling kijkt, in welke volgorde en voor hoe lang. Dat levert informatie op over welke strategie leerlingen hanteren bij de beantwoording van een vraag en hoe ze informatie in

# *Oogbewegingsregistratie levert informatie op over welke strategie leerlingen hanteren bij de beantwoording van een vraag en hoe ze informatie in de toets cognitief verwerken*

de toets cognitief verwerken. Uit deze registraties blijkt bijvoorbeeld dat leerlingen (onder tijdsdruk) vaak een deel van de informatie negeren. Uit de verkregen gegevens over bijvoorbeeld pupilgrootte is de mate van mentale inspanning die de leerling levert af te lezen.

Eye tracking levert dus nuttige informatie op als het gaat om de effectiviteit van toetsvragen. Maar eye tracking is meer dan een meetinstru-

ment alleen; het kan ook de basis vormen voor interventies. Als een leerling erg lang naar een grafiek kijkt, is de kans groot dat hij deze informatie niet begrijpt en kan er bijvoorbeeld aanvullende, verklarende tekst in beeld verschijnen. Zo kan de toets reageren op het kijkgedrag van de leerling. Op deze manier is in de toekomst de toetsomgeving adaptief, dus individueel, aan iedere leerling aan te passen.



## Halszka Jarodzka

Hoofdauteur

halszka.jarodzka@ou.nl

## Paul Kirschner

Auteur

Halszka Jarodzka werkt als universitair docent bij de faculteit Psychologie & Onderwijswetenschappen aan de Open Universiteit Nederland (Welten-instituut). Haar onderzoek richt zich op het inzetten van oogbewegingsregistratie om onderwijs te verbeteren. Tevens doet zij onderzoek naar het ontwerpen van toetsen in ict.

Paul Kirschner is hoogleraar Onderwijspsychologie, in het bijzonder Leren en Cognitie, bij de faculteit Psychologie & Onderwijswetenschappen aan de Open Universiteit Nederland (Welten-instituut).

### Erkenning:

Het in dit artikel beschreven onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met drs. Noortje Janssen en prof. Gijsbert Erkens van de Universiteit Utrecht en met Joke Hofstee van het Cito.

# Wat we weten over de werking van digitale toetsen

- Het digitaliseren van een papieren toets heeft geen effect op de betrouwbaarheid van de toets. De betrouwbaarheid van een toets – digitaal én op papier – hangt af van de inhoud en van het ontwerp van de toetsvragen.
- Uitgangspunten die ten grondslag liggen aan de vormgeving van digitaal leermateriaal vormen geen blauwdruk voor de opmaak van digitale toetsen, omdat leren en toetsen wezenlijk van elkaar verschillen.
- Toevoegen van multimedia is alleen zinvol onder specifieke omstandigheden, bijvoorbeeld als het doel van de toets is te bepalen of leerlingen in staat zijn in een complexe situatie informatie te schiften.

## Meer weten?

Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H. & Weijer, J. van de (2011). *Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures*. Oxford, Verenigd Koninkrijk: Oxford University Press.

Jarodzka, H., Janssen, N., Kirschner, P.A. & Erkens, G. (ingediend). *Avoiding split attention in computer-based testing: Is neglecting additional information facilitative?*

Mayer, R.E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. Mayer (Red.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 31-48). New York, NY: Cambridge University Press.

Mead, A.D. & Drasgow, F. (1993). Equivalence of computerised and paper-and-pencil cognitive ability tests: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 114, 449-458.

Sweller, J., Merriënboer, J.J.G. van & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychological Review*, 10, 251-296.

#### **4W: Weten Wat Werkt en Waarom**

4W is een wetenschappelijke uitgave van Kennisnet.

4W staat voor Weten Wat Werkt en Waarom en publiceert artikelen over opbrengsten en werking van ict-toepassingen in het onderwijs. Het gaat niet alleen om toepassingen van ict bij didactisch handelen, maar ook om toepassingen in de schoolorganisatie en voor professionalisering. De artikelen helpen professionals in het onderwijs een onderbouwde afweging te maken of inzet van een ict-toepassing adequaat en kansrijk is.

**Jaargang 3, nummer 1– maart 2014**

In dit nummer:

#### **Kunnen rekenen op je brein**

Marieke van der Linden

#### **Serious games in de militaire beroepsvoorbereiding**

Anja van der Hulst

#### **Digitale toetsen: waar moet je op letten?**

Halszka Jarodzka & Paul Kirschner