

Weten Wat Werkt en Waarom

Jaargang 1, nummer 1, 2012

Wetenschappelijk tijdschrift
over opbrengsten en werking van ict in het onderwijs

Colofon

4W: Weten Wat Werkt en Waarom

4W: Weten Wat Werkt en Waarom is een onafhankelijk wetenschappelijk tijdschrift over opbrengsten en werking van ict in het onderwijs. De papieren editie verschijnt eens per kwartaal.

©Kennisset, Zoetermeer
Jaargang 1, nummer 1, November 2012

Aanmelden voor dit tijdschrift:

WWW: 4W.Kennisset.nl

Adres: 4W@Kennisset.nl

Opdrachtgever:

Stichting Kennisset, Zoetermeer

Aan dit nummer werkten mee:

- Hedderik van Rijn & Menno Nijboer, Cognitieve Psychologie en Kunstmatige Intelligentie en Computational Neuroscience, Rijksuniversiteit Groningen
- Adriana G. Bus, Faculteit der Sociale Wetenschappen, Universiteit Leiden
- Vincent Hoogerheide, Sofie M. M. Loyens en Tamara van Gog, Instituut voor Psychologie, Erasmus Universiteit Rotterdam
- Ton de Jong, Faculteit Gedragwetenschappen, Universiteit Twente
- Arno Reints en Hendrienne Wilkens, CLU; Expertisecentrum Leermiddelenontwikkeling, Universiteit Utrecht

Redactie:

Alfons ten Brummelhuis, hoofd afdeling onderzoek Kennisset
Melissa van Amerongen, wetenschappelijk medewerker Kennisset
Sylvia Peters, wetenschappelijk medewerker Kennisset

Coördinatie en realisatie:

Petra Balk, communicatie adviseur Kennisset

Tekstredactie:

Het Laatste Woord, Bennekom
Jacqueline Kuijpers, MareCom Breda

Illustratie:

Flos Vingerhoets Illustratie, Haarlem

Vormgeving:

Tappan Communicatie, Den Haag

Druk:

OBT bv, Den Haag

ISSN:

2213-8757



Naamsvermelding-NietCommercieel-GeenAfgeleideWerken 2.5 Nederland

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 Kennisset te vermelden.
 - ⊘ Niet-commercieel. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.
 - ⊖ Geen Afgeleide werken. De gebruiker mag het werk niet bewerken.
- 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 Kennisset.

Het voorgaande laat de wettelijke beperkingen op de intellectuele eigendomsrechten onverlet. (www.creativecommons.org/licenses)

Dit is een publicatie van Stichting Kennisset.

Inhoudsopgave

Redactioneel	4
Optimaal feiten leren met ict Hedderik van Rijn en Menno Nijboer	6
Educatieve software voor jonge kinderen Adriana G. Bus	12
Observationeel leren van videovoorbeelden Vincent Hoogerheide, Sofie M. M. Loyens en Tamara van Gog	17
Onderzoekend leren met computersimulaties Ton de Jong	23
Wat bepaalt de kwaliteit van digitaal leermateriaal? Arno Reints en Hendrienne Wilkens	28

Redactioneel

Onder de nieuwe titel *4W, Weten Wat Werkt en Waarom*, bundelt Kennisnet wetenschappelijke bijdragen van onderzoekers over opbrengsten en werking van ict in het onderwijs. Nu op papier en straks ook online.

Weten wat werkt en waarom: daarmee leggen we de nadruk op de algemene principes en onderliggende mechanismen die helpen te begrijpen wanneer en waarom ict in het onderwijs werkt. Kennis hierover verzamelden we de afgelopen jaren al, via de onderzoeksregeling *Kennis van Waarde maken*. Daar gaan we mee door, maar met *4W* zetten we een stap verder en bundelen de beschikbare inzichten tot meer algemene inzichten.

De eerste artikelen van *4W* geven we nu gebundeld op papier uit, als een klassiek tijdschrift. Dit blijven we doen, elk kwartaal. Daarnaast werken we toe naar een online magazine, 4w.kennisnet.nl, waar u straks niet alleen de artikelen uit deze bundel zult aantreffen, maar u ook nieuwe bijdragen direct kunt lezen, downloaden en bestellen. Online ontstaat zo een verzameling van wetenschappelijke artikelen, gemakkelijk doorzoekbaar, actueel en vernieuwend, passend bij een eigentijds tijdschrift en bij Kennisnet.

We besteden aandacht aan toepassingen van ict bij didactisch handelen, in de schoolorganisatie en voor professionalisering. Met de inzichten uit de artikelen willen we lezers helpen om een professionele afweging te maken of een ict-toepassing adequaat en kansrijk is. Zo leveren we een bijdrage aan het vaak complexe en langdurige proces op scholen om ict te integreren in het onderwijs van de 21ste eeuw.

In deze eerste editie komen diverse toepassingen van ict aan bod die van invloed zijn op het leerproces. Van Rijn en Nijboer laten zien dat ict kan helpen bij het leren van feiten. De computer kan exact bepalen wat het juiste moment is om een feitje te herhalen. Bus beschrijft wat werkt bij multimediale leermiddelen voor jonge kinderen: functionele interactiviteit met prestatiefeedback. Hoogerheide, Loyens en van Gog bespreken wat we uit onderzoek weten over educatieve video-voorbeelden, zonder dat aanwezigheid van een docent vereist is. De Jong laat zien dat leerlingen

leren van simulaties en toont aan dat deze simulaties met ict nog effectiever zijn en ook praktischer om in te zetten en efficiënter. De laatste bijdrage is een overzichtartikel. Hierin brengen Reints en Wilkens in kaart welke eigenschappen digitale leermiddelen leerzaam maken, vanuit een breed onderwijskundig perspectief.

Het was plezierig om te merken dat onderzoekers direct positief reageerden op onze vraag of ze de inzichten op het terrein waarop zij deskundig zijn beknopt en toegankelijk op een rij wilden zetten. Velen werken nog aan een bijdrage. Wij zijn hen allen erkentelijk voor hun enthousiaste medewerking.

Indien u op de hoogte gehouden wilt worden van het verschijnen van nieuwe artikelen, dan kunt u zich aanmelden voor attenderingen via onderstaande link.

Redactie 4W / 4W.kennisnet.nl

Alfons ten Brummelhuis, Sylvia Peters, Melissa van Amerongen

Optimaal feiten leren met ict

HEDDERIK VAN RIJN EN MENNO NIJBOER

Rijksuniversiteit Groningen

Feitjes leer je het beste als je ze geregeld herhaalt en overhoord wordt door iemand die inspeelt op wat je al wel en nog niet kent. Deze vorm van maatwerk kan nu ook door de computer geleverd worden, dankzij programma's die gebaseerd zijn op modellen van het menselijk geheugen. Resultaat: indrukwekkend verbeterde leerprestaties.

Zonder kennis van het Duitse vocabulaire is het onmogelijk om de schoonheid van Rilke's gedichten te waarderen, zonder kennis van de jaartallen van belangrijke gebeurtenissen vallen veel geschiedkundige trends niet te verklaren, en zonder de namen van hoofdsteden te kennen zijn stukken uit een kwaliteitskrant vaak niet te plaatsen.

Hoewel het voor veel scholieren geen populair deel van het onderwijs is, zal het leren van een basishoeveelheid feitenkennis noodzakelijk blijven wat vaak neerkomt op domweg stampen. "Stampen" bestaat uit het zo vaak mogelijk herhalen van de leerstof, vaak op de laatste dag voor een toets, of zelfs in de uren voorafgaand aan een toets. Vaak is dit niet veel meer dan het herhaald overlezen van rijtjes met te leren woorden. Het is echter al meer dan een eeuw bekend dat deze methode op langere termijn erg inefficiënt is: op het moment van de toets is de kennis misschien nog wel bekend, maar al snel daarna is de geleerde materie vergeten (Ebbinghaus, 1885).

Het spreidingseffect en het overhooreffect

Eén van de redenen waarom overlezen zo weinig effectief is, is dat informatie die je passief tot je hebt genomen minder goed beklijft dan informatie die je actief hebt opgehaald. Dit zogenoemde overhooreffect wordt veroorzaakt door de betere verbindingen die in het geheugen worden aangemaakt bij actief ophalen. Hierdoor is een overhoring als leer methode een veel betere voorbereiding op een latere toets dan het overlezen van de lesstof.

Een ander effect dat het bekijken van kennis positief beïnvloedt is het spreidingseffect. Zoals veel mensen uit ervaring weten, is het beter om het leren over een aantal dagen te verdelen, dan alles in de avond voor een toets te persen. Maar zelfs binnen één enkele leersessie geldt dit leereffect: het is beter om een feitje met geruime tussenposes te leren, dan hetzelfde feitje meerdere keren achter elkaar te onthouden.

Als leerlingen elkaar helpen bij het leren van feitenkennis, of ouders hun kinderen helpen, gebeurt dit vaak in de vorm van overhoren. Misschien zonder dat de leerling het beseft leidt het overhoren, vanwege het overhooreffect, tot het beter onthouden van de kennis. Daarnaast zal een goede overhoorder impliciet het spreidingseffect meenemen: een feitje dat de leerling direct weet, zal de overhoorder niet snel nog een keer vragen, maar een feitje dat met veel horten en stoten wordt geproduceerd, zal hij veel sneller laten terugkomen. Hiermee voldoet een goede overhoorder dus aan de twee belangrijkste criteria voor het succesvol leren van feitenkennis: het spreidingseffect en het overhooreffect.

Het zal echter duidelijk zijn dat deze methode alleen werkt als de volgorde waarin de feitjes worden aangeboden als maatwerk is aangepast aan de leerling. Dit is dan ook één van de redenen waarom het lastig is om deze principes te gebruiken als er geen overhoorder in de buurt is. En dat is dan weer een reden waarom deze principes niet vaker in het onderwijs worden gebruikt (Pashler et al., 2007).

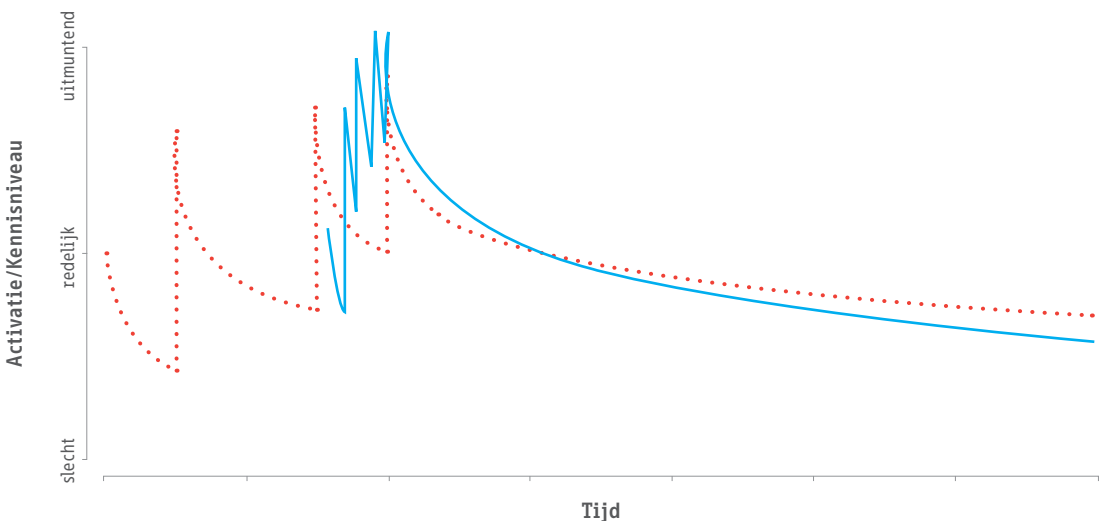
Feitenleer-methodes

Om het spreidingseffect en het overhooreffect toch te kunnen gebruiken, zijn er over de jaren heen verschillende systemen ontwikkeld, zoals het Leitner-systeem en de Pimsleur-methode. In de Pimsleur-methode wordt de informatie met steeds grotere intervallen herhaald. Deze methode voldoet hiermee aan het spreidingseffect en aan het overhooreffect. Echter, het interval tussen de herhalingen wordt niet aangepast op de individuele leerder - het systeem levert confectie waarbij het uitgaat van de gemiddelde leerling.

Waar de Pimsleur-methode voor iedereen hetzelfde is, is het Leitner-systeem volledig gestuurd door de antwoorden van de leerder. Hoewel deze methode aan de meeste criteria voor het optimaal leren van feiten voldoet, is het een methode die niet goed om kan gaan met “twijfelachtige” antwoorden, want wat als een leerder het antwoord wel weet, maar pas na 5 minuten nadenken?

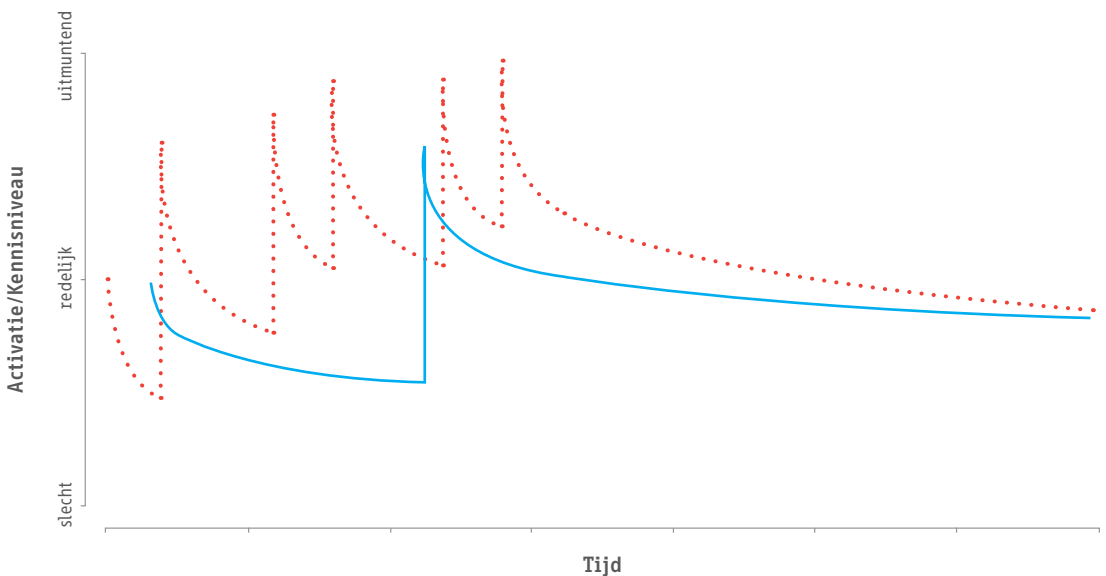
Geheugenmodellen

Gelukkig kunnen moderne theorieën over het menselijk geheugen ons helpen om maatwerk te leveren voor het optimaal leren van feitjes (Pavlik & Anderson, 2005; Taatgen, 2009). Volgens deze theorieën kan het kennisniveau van ieder feitje worden uitgedrukt als een getal dat aangeeft hoe “actief” dat feitje in ons geheugen is. Bepalend zijn het aantal eerdere oefeningen en de data/tijdstippen waarop het feitje precies is geoefend. Figuur 1 laat twee verschillende situaties zien: de blauwe, doorgetrokken lijn geeft de activatie aan van een “gestampt” feitje dat vier keer kort achter elkaar is geoefend, de rode, gestippelde lijn representeert een feitje dat even vaak maar meer gespreid is aangeboden. De pieken die in de lijnen te zien zijn, geven de momenten aan waarop het feitje is geoefend. Zoals te zien is in deze grafiek, zakt de activatie na een oefening heel snel weg, maar neemt dit verval met de tijd af. Vanuit het oogpunt van het leren van feiten is de interessantste observatie dat vlak na de laatste aanbieding het “gestampte” feitje actiever is, maar dat dit feitje ook sneller weg zakt, waardoor het gespreid aangeboden feitje uiteindelijk tot een hoger kennisniveau zal leiden. De verklaring hiervoor is dat de snelheid van het verval van een feitje afhankelijk is van hoe actief het feitje was toen het opnieuw werd aangeboden. Tijdens gespreid aanbieden zal de activatie bij nieuwe aanbiedingen lager zijn, en dus het verval ook kleiner. Hierdoor zorgt gespreid aanbieden tot het beter bekijken van kennis.



Figuur 1. Door meer gespreid leren (de rode, gestippelde lijn) zal de uiteindelijke beheersing van een feitje beter zijn dan bij het kort achter elkaar herhalen van een feitje.

Het model dat is afgebeeld in figuur 1 gaat uit van een geïdealiseerde situatie waarin alle feitjes even snel wegzakken. Een meer realistische situatie is afgebeeld in figuur 2, waarbij één feitje makkelijk is (de blauwe lijn), en één feitje moeilijk (de rode, gestippelde lijn). Zoals in deze figuur te zien is, zal het moeilijke feitje zes keer moeten worden herhaald om op een gelijk niveau uit te komen als het makkelijke feitje. Dit fenomeen is precies waarom menselijke overhoorders zo effectief zijn - die kunnen hier zonder moeite op inspelen.



Figuur 2. Door individuele verschillen kan een makkelijk feitje (de blauwe lijn) met maar twee leer-momenten uiteindelijk even goed beheerst worden als een moeilijker feitje (de rode, gestippelde lijn) waarvoor zes leermomenten nodig waren.

Volgens dit type geheugenmodellen is de activatie van een feitje direct gekoppeld aan de tijd die het kost om dat feitje op te halen: een feitje dat heel laag actief is, zal moeilijker op te halen zijn waardoor dit proces langer zal duren, als het feitje al niet vergeten is. Daarom kan de tijd die het kost om een antwoord te geven gebruikt worden om in te schatten hoe goed iemand een bepaald feit kent. Op basis daarvan kan de interne activatie worden aangepast zodat het model het onderscheid leert tussen makkelijke en moeilijke feitjes. Daarna kan het model worden gebruikt om te voorspellen hoe de beheersing van deze feitjes zal wegzakken na verloop van tijd.

Ict-ondersteund leren van feiten

Het idee dat hierboven wordt beschreven kan worden toegepast in een systeem dat geoptimaliseerd leren van feitenkennis mogelijk maakt. Dit systeem bevat een computersimulatie van hoe het menselijk geheugen werkt en kan op ieder moment een inschatting geven van hoe goed ieder feitje beheerst wordt. In dit systeem wordt dat feitje aangeboden dat op dat moment een lage activatie heeft. Herhaling voorkomt dat deze feitjes vergeten worden en omdat de activatie laag is, zal de herhaling veel effect hebben. Op deze manier implementeert het systeem op een vloeiende manier de spreidings- en overhoorprincipes: feitjes die moeilijk zijn zakken snel weg, en worden dus snel herhaald. Feitjes die echter makkelijk zijn, worden snel beantwoord, en daardoor zullen ze minder vaak worden herhaald.

Gedurende de afgelopen jaren hebben studenten van de Rijksuniversiteit Groningen dit systeem geïmplementeerd en uitgebreid getest op middelbare scholen en in de eerste jaren van universitaire opleidingen. In vergelijkingen met gewoon “stampen” of met verschillende vormen van “verbeterd stampen” levert deze geoptimaliseerde methode verbeteringen op die meer dan één rapportcijferpunt kunnen zijn (Van Rijn, 2010).

Deze methode is verbeterd en getest in het Kennisnetproject SlimStampen, in NT2-lessen (Nederlands als Tweede Taal). SlimStampen bleek een ideaal systeem te zijn in deze lessen: doordat het systeem zich automatisch aanpast aan het niveau van de leerling, kon het zowel nuttig worden gebruikt voor leerlingen met een zeer beperkte taal-achtergrond, als voor leerlingen die een academische opleiding hadden afgerond. Door de aanpassingen op individueel niveau, bleek deze geoptimaliseerde leermethode ook zeer motiverend te werken.

Over de auteurs

Hedderik van Rijn is universitair hoofddocent cognitieve psychologie aan de Rijksuniversiteit Groningen, en betrokken bij de opleidingen Kunstmatige Intelligentie en Computational Neuroscience. Zijn werk richt zich op de rol van tijd in cognitie, zoals het op het juiste moment aanbieden van te leren informatie. **E-mail: hedderik@van-rijn.org**



Menno Nijboer is verbonden aan de vakgroep Kunstmatige Intelligentie, waar hij werkt aan een proefschrift over optimaal multitasking. Zijn afstudeeronderzoek heeft aangetoond dat de Slim-Stampen-methode de beste resultaten oplevert als informatie meermaals geleerd wordt.

Wat we weten over feiten leren met ict

- Om zo optimaal mogelijk feiten te leren moet het leerschema worden aangepast aan de kennis en kunde van de individuele leerling. Daarnaast moet rekening worden gehouden met spreidingseffecten (leren met tussenpozen) en met het overhooreffect (actief ophalen van de feiten middels een overhoring zorgt voor betere verbindingen in het geheugen).
- Deze vorm van maatwerk kan nu ook door de computer geleverd worden, dankzij programma's die gebaseerd zijn op modellen van het menselijk geheugen.
- Door de adaptiviteit van deze computermodellen krijgt iedere leerling een op zijn of haar leercapaciteiten aangepast leerprogramma. Hierdoor zijn de leeropbrengsten duidelijk hoger, evenals de motivatie van de leerder.

Meer weten?

- Ebbinghaus, H. (1885). *Memory: A contribution to experimental psychology*. Teachers College, Columbia University, vertaald door Henry A. Ruger en Clara E. Bussenius (1913). Beschikbaar op: <http://psychclassics.yorku.ca/Ebbinghaus/index.htm>.
- Pashler, H., Bain, P., Bottge, B., Graesser, A., Koedinger, K., McDaniel, M. & Metcalfe, J. (2007). *Organizing Instruction and Study to Improve Student Learning (NCER 2007-2004)*. Washington, DC: National Center for Education Research, Institute of Education Sciences, U.S. Department of Education.
- Pavlik, P. I., & Anderson, J. R. (2005). Practice and forgetting effects on vocabulary memory: An activation-based model of the spacing effect. *Cognitive Science*, 29(4), 559-86.
- Rijn, H. van (2010) *SlimStampen. Optimaal leren door kalibratie op kennis en vaardigheid*. <http://onderzoek.kennisnet.nl/onderzoeken-totaal/slimstampen>.
- Taatgen, N.A. (2009). Kennisopslag, vergeten en geheugen. In R. Klarus & R.J. Simons (Red.), *Wat is goed onderwijs? Bijdragen uit de psychologie* (pp. 33-46). Den Haag: Lemma.

Educatieve software voor jonge kinderen

ADRIANA G. BUS

Universiteit Leiden

Het aanbod van educatieve computerprogramma's voor peuters en kleuters groeit exponentieel. Maar leren kinderen ervan? Na meer dan een decennium wetenschappelijk onderzoek wordt steeds duidelijker van welke programma's ook de allerjongsten kunnen leren.

Midden jaren 90 kwam edutainment (education + entertainment) op de markt: computerprogramma's voor kinderen die serieus leren met spelen combineren. Het was een ware belevenis kennis te maken met *Just Grandma and Me*, *Kid Pix*, *Dr Brain* en andere fascinerende programma's uit de beginfase van educatieve software voor kinderen (Ito, 2009). Sindsdien is het aanbod van educatieve software enorm gegroeid. Naast prentenboeken apps als stimulans voor de taal- en leesontwikkeling is er nu ook speelse software voor alfabetische kennis (*Graphogame*) of getalbegrip (*Number Race*).

Drie vitale principes

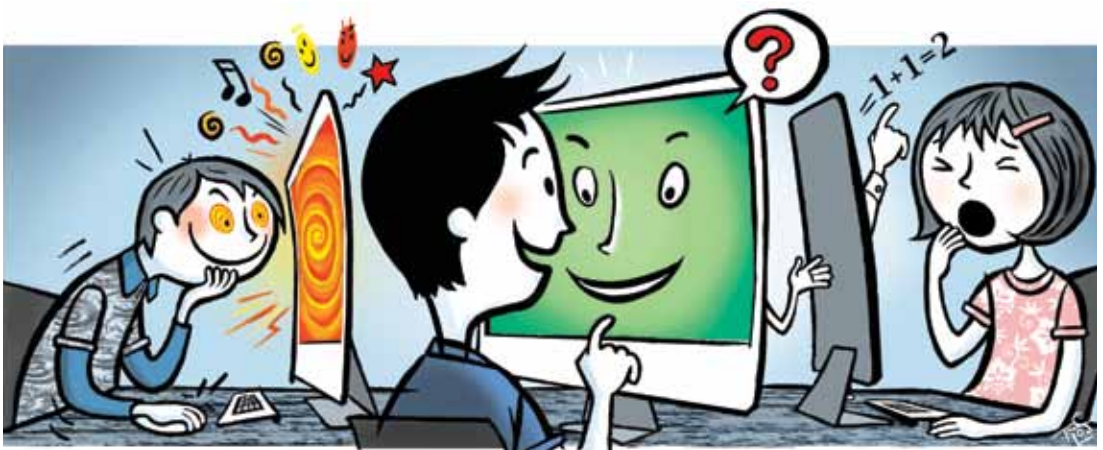
De vraag was en is natuurlijk of kinderen er ook daadwerkelijk van leren. De aanvankelijke euforie over de educatieve mogelijkheden temperde al snel toen de resultaten bij de verwachting achterbleven (De Jong & Bus, 2002). Maar was dit terecht? Al experimenterend wordt steeds duidelijker dat edutainment unieke mogelijkheden biedt. De programma's kunnen er zelfs aan bijdragen dat talenten van sommige kinderen beter uit de verf komen (Kegel, 2011 en Van der Kooy-Hofland, 2011). Hoe ziet een programma eruit dat dit voor elkaar krijgt? Verschillende onderzoeken hebben drie vitale principes opgeleverd waaraan edutainment moet voldoen wil een kind er ook zonder leerkracht van profiteren: interactiviteit, functionaliteit en feedback.

1. Interactiviteit

Al heel lang wordt interactie gezien als een belangrijk ingrediënt voor geletterde activiteiten van jonge kinderen. Ze leren meer van voorlezen als volwassenen tussen het lezen door vragen stellen over het verhaal of uitleg geven over moeilijke woorden. Ook elektronische prentenboeken, soms aangeduid als *nook books* (Barnes & Noble) of *vooks* ("e-books" met video), werken beter met vragen of uitleg tussendoor (Smeets & Bus, 2012). In plaatjes worden bijvoorbeeld hotspots ingebouwd. Na een muisklik in de illustratie of aanraking van het touchscreen krijgt het kind uitleg over wat hij of zij ziet ("beer is verlegen, hij heeft een rood hoofd gekregen"). Nog effectiever zijn meerkeuzevragen ("waar is beer verlegen?") waarbij het kind uit drie plaatjes de afbeelding kiest die het best bij 'verlegen' past. Betekenis geven (*making meaning*) werkt beter dan uitleg krijgen (*taking meaning*).

Veel ouders ervaren het als negatief dat interactieve computerprogramma's hun inbreng onmogelijk maken. "Als voorlezend ouder zit je erbij en kijk je ernaar", is een veelgehoorde klacht over prentenboeken apps. Als ouders toch proberen een interactief verhaal op ipad, ipod of laptop aan hun kind voor te lezen ontstaat irritatie over en weer, was de voorspelbare uitkomst van een onderzoek door het *Joan Ganz Cooney Center* (2012).

Voor kinderen van drie jaar en ouder werken prentenboeken apps even goed als interactief voorlezen (De Jong, 2003). Maar voor nog jongere kinderen is belangrijk dat woorden, plaatjes en geluiden die extra aandacht krijgen, toegesneden zijn op wat hen bezighoudt. Mogelijkheden om dat te realiseren zijn (nog) niet voorhanden in de huidige generatie apps. De eerste app met interactieve momenten naar keuze moet nog verschijnen.



2. Functionaliteit

Een goede balans van tekst en animaties kan het arousal niveau (de betrokkenheid van leerlingen bij een verhaal) verhogen. Dat maakt het mogelijk om boeken vaker aan te bieden en de leeservaring te intensiveren. Uit onderzoek weten we dat prentenboeken op de computer minder snel vervelen dan gewone boeken. Bij een gewoon boek loopt de huidweerstand als indicator voor arousal al na enkele herhalingen sterk terug; bij een levend boek op de computer blijft huidweerstand op een hoog niveau ook nadat het boek al vier keer is ‘gelezen’ (Verhallen & Bus, 2009).

Maar overdaad schaadt. Vóór het computerscherm nemen kinderen maar al te gemakkelijk een *ik-speel-spelletjes-houding* aan waardoor de educatieve doelen in het gedrang raken. Vooral als kleuters gewend zijn computers voor spelletjes te gebruiken is de kans groot dat ze het boek in de app over het hoofd zien en alleen nog maar met iconische elementen in de weer gaan.

Dit kwam naar voren in een experiment met een prentenboek op de computer met een groot aantal direct activeerbare hyperlinks. De kinderen konden op elk scherm filmpjes in de statische illustraties activeren of animaties opstarten die het verhaal en losse woorden in het verhaal verduidelikten. Ze konden daarbij luisteren naar de mondelinge tekst en deze desgewenst nogmaals oproepen.

Wat bleek? Achter de computer kwamen de meeste kleuters direct in een speelse stemming en hopten ze kriskras door het boek op zoek naar leuke animaties. Ook de spelletjes trokken veel aandacht. Daaraan ging ongeveer de helft van de beschikbare tijd op. Na zes keer een kwartier met de hypertext te hebben gespeeld had maar één van de zestien kinderen in de computergroep het complete verhaal gehoord en dan nog niet in de juiste volgorde. Terwijl alle mogelijkheden voorhanden waren riep dit programma dus geen *ik-lees-een-boek* houding op. Eerdere computerervaring met spelletjes oefende grote invloed uit op hoe de kinderen dit nieuwe programma benaderden (De Jong & Bus, 2002).

3. Adaptieve prestatiefeedback

Misschien nog wel belangrijker dan opdrachten om kennis en vaardigheden te oefenen is inspelen op emotionele aspecten van leren, zoals aandacht, toewijding en doorzettingsvermogen. Vaak wordt gedacht dat computers in dit opzicht onderdoen voor leerkrachten, maar computerprogramma's kunnen daaraan juist substantieel bijdragen, mits de ingebouwde interactieve momenten aan bepaalde voorwaarden voldoen (Kegel & Bus, 2011).

Zo blijkt uit onderzoek dat een computerprogramma (in casu als eerste stap naar alfabetische kennis) pas effect heeft als een computertutor kinderen voortdurend aanmoedigt te reageren, nog eens goed na te denken, tips geeft om de juiste oplossing te vinden en uitlegt waarom hun antwoord goed was. In het bijzonder de 35% (risico)kleuters met een genetische aanleg voor aandachtsproblemen profiteert van de feedback (Kegel et al., 2011). Zij leren zelfs significant meer dan hun leeftijdgenoten zonder aanleg voor aandachtsproblemen - een onverwachte maar wel begrijpelijke uitkomst. Want de verhoogde prikkelbaarheid van kinderen met aandachtsproblemen werkt in hun voordeel als het programma hun aanpak van de opdracht in goede banen leidt door voortdurend feedback te geven.

Consequent feedback geven lukt een computerprogramma beter dan een ouder of leraar. Dat kan verklaren waarom computerprogramma's soms effectiever zijn dan oefenen onder supervisie van een leerkracht (Saine et al., 2011).

Over de auteur

Adriana Bus is hoogleraar orthopedagogiek aan de Universiteit Leiden met als leeropdracht remediatie en preventie van leerproblemen.

E-mail: bus@fsw.leidenuniv.nl



Wat we weten over educatieve programma's voor jonge kinderen

Prentenboeken apps en andere computerprogramma's voor jonge kinderen worden opgeluisterd met talloze multimediale toevoegingen. Deze kunnen de effectiviteit van computeractiviteiten verhogen mits drie vitale principes gerealiseerd zijn:

- Het eerste is interactiviteit. Hierbij geldt dat betekenis geven (making meaning) effectiever is dan betekenis aangeboden krijgen (taking meaning).
- Het tweede is (mono)functionaliteit. Als een programma te veel 'vreemde' elementen bevat benaderen kinderen het als een computerspel en komen ze niet toe aan oefenen waarvoor het programma eigenlijk is bedoeld.
- Het derde is feedback. Met continue prestatiefeedback komen met name de talenten van een grote groep risicokinderen beter uit de verf.

Meer weten?

- Chiong, C. et al. (2012). *Print books vs. e-books. A Cooney Center quick report.*
- Ito, M. (2009). *Engineering play. A cultural history of children's software.* Cambridge, MA: The MIT Press.
- Jong, M.T., de & Bus, A.G. (2002). Quality of book-reading matters for emergent readers: An experiment with the same book in a regular or electronic format. *Journal of Educational Psychology, 94*, 145-155.
- Kegel, C. A. T., & Bus, A. G. (2011). Feedback as a pivotal quality of a web-based early literacy computer program. *Journal of Educational Psychology.* Doi: 10.1037/a0025849.
- Kegel, C. A. T., Bus, A. G., & Ilzendoorn, M. H. van (2011). Differential susceptibility in early literacy instruction through computer games: The role of the Dopamine D4 Receptor Gene (DRD4). *Mind, Brain, and Education, 5*, 71-78.
- Saine, N.L., Lerkkanen, M.-J., Ahonen, T., Tolvanen, A., & Lyytinen, H. (2011). Computer-assisted remedial reading intervention for school beginners at risk for reading disability. *Child Development, 82*, 1013-1028.
- Smeets, D. J. H., & Bus, A. G. (2012). Interactive electronic storybooks for kindergartners to promote vocabulary growth. *Journal of Experimental Child Psychology, 112*, 36–55. Doi:10.1016/j.jecp.2011.12.003
- Verhallen, M.J.A.J., & Bus, A.G. (2009). Video storybook reading as a remedy. *Journal for Educational Research Online, 1*, 11-19.
- Zie ook dissertaties van De Jong (2003), Kegel (2011), Smeets (2012), Van der Kooy-Hofland (2011) en Verhallen (2009) (<https://openaccess.leidenuniv.nl/handle/1887/9744/search>).
- Op <http://www.bereslim.nl/lettersinbeweging.htm> is een demo te vinden van 'Letters in beweging', een educatieve game voor kleuters met consequente prestatiefeedback.

Observationeel leren van videovoorbeelden

VINCENT HOOGERHEIDE, SOFIE M. M. LOYENS EN TAMARA VAN GOG

Erasmus Universiteit Rotterdam

Observationeel leren, dat wil zeggen, leren door te kijken naar het goede voorbeeld van anderen, is een natuurlijke manier van leren die jonge kinderen spontaan gebruiken. Alles zelf door eigen ervaring moeten leren zou niet alleen zeer tijdrovend maar vaak ook gevaarlijk zijn. Gelukkig kunnen we leren van het goede voorbeeld van anderen. Observationeel leren van voorbeelden noemen we dit.

We onderscheiden twee typen voorbeelden. Er zijn tekst-gebaseerde, *uitgewerkte voorbeelden*, waarin stap voor stap uitgewerkt is hoe een probleem opgelost moet worden. Daarnaast zijn er *modelvoorbeelden* waarin iemand (het 'model', dit kan een leraar zijn, maar ook een medeleerling) voordoet en uitlegt hoe een taak uitgevoerd moet worden.

Tegenwoordig maken mensen steeds meer spontaan gebruik van online *videomodelvoorbeelden* (YouTube, Khan Academy), waarin het model in beeld kan zijn of waarin alleen het computerscherm van het model te zien is waarop hij de taak uitvoert, voorzien van een voice-over.

Zulke videovoorbeelden zijn aantrekkelijk voor het onderwijs. Leerlingen kunnen, zonder dat aanwezigheid van een docent vereist is, leren hoe ze een taak moeten aanpakken. De focus op het voordoelen en uitleggen van leertaken onderscheidt video-modelvoorbeelden van andere soorten educatieve video's zoals colleges of documentaires.

Videovoorbeelden zijn steeds gemakkelijker en goedkoper te maken en op te slaan in een elektronische leeromgeving. Maar zoals vaak het geval is, lopen de technologische mogelijkheden vooruit op wat we weten over de wijze waarop deze voorbeelden het meest effectief ontworpen



Figuur 1. Student bekijkt videovoorbeeld op smartphone.

en ingezet kunnen worden om de leerresultaten te maximaliseren. Deze bijdrage gaat in op wat we weten over waarom en wanneer het leren van videovoorbeelden effectief is.

Waarom is het leren van videovoorbeelden effectief?

Zowel tekst-gebaseerde voorbeelden als videovoorbeelden zijn uitermate effectief om kennis en vaardigheden aan te leren. Dat blijkt uit onderzoek, waarin tekst-gebaseerde uitgewerkte voorbeelden (op papier of online) vooral gebruikt werden voor instructie van probleem-oplostaken die veelvuldig voorkomen in vakken als economie, wis-, schei-, en natuurkunde. Videovoorbeelden werden daarnaast ook gebruikt voor schrijftaken, kunstzinnige taken, vaardigheden als samenwerken of assertiviteit, en zelfs metacognitieve taken zoals zelfbeoordeling (Van Gog & Rummel, 2010).

Cognitieve theorieën (Sweller et al., 1998) verklaren waarom voorbeelden effectief zijn in termen van leerprocessen. Wanneer leerlingen nog geen kennis hebben over een leertaak, weten ze niet hoe ze die taak moeten aanpakken en kunnen ze alleen terugvallen op algemene strategieën zoals 'trial and error'. Zulke strategieën leiden slechts heel langzaam tot leren.

Soms komen leerlingen wel op de goede oplossing, maar vaak hebben ze geen idee meer hoe ze daar gekomen zijn. Met als gevolg dat ze bij de volgende, vergelijkbare variant van die taak weer diezelfde, inefficiënte strategie moeten hanteren.

Wanneer leerlingen een voorbeeld bestuderen kunnen ze kennis opbouwen over hoe zo'n taak aangepakt moet worden. Deze kennis kunnen ze inzetten wanneer ze zelf een vergelijkbare variant van de taak moeten uitvoeren. Daardoor zijn leerresultaten na het bestuderen van voorbeelden (afgewisseld met zelf oefenen) beter dan na alleen zelf oefenen, terwijl het vaak minder tijd en moeite kost.

Sociaal-cognitieve theorieën (Bandura, 1986) benadrukken daarnaast de motivationele kant van het observeren van hoe iemand anders een taak aanpakt (live of op video). Wie ziet dat een medeleerling in staat is een taak goed uit te voeren, krijgt vertrouwen in het eigen vermogen om hetzelfde te doen. Dat kan een positief effect op de leerresultaten hebben.

Voorwaarden voor effectiviteit van videovoorbeelden

Leren van voorbeelden is dus effectief. Maar dan moet er wel aan een aantal voorwaarden zijn voldaan. We noemen er drie: de voorkennis van de leerling, het ontwerp van de voorbeelden en de manier waarop ze ingezet worden.

Vorkennis

Voorbeelden als instructievorm zijn -voor zover we weten- voor vrijwel iedereen effectief. Echter, de voorkennis die een leerling al heeft over de leertaak die in het voorbeeld gedemonstreerd wordt, is bepalend voor de effectiviteit. Het bestuderen van voorbeelden is vooral effectief wanneer leerlingen nog geen of heel weinig kennis hebben over een leertaak. Voor leerlingen met al enige kennis van de leertaak is het zelf actief toepassen ervan tijdens het oefenen van de taak juist effectiever (Kalyuga et al., 2003).

Ontwerp

De manier waarop voorbeelden ontworpen zijn, is sterk van invloed op het leerresultaat. Een algemene richtlijn is: voorkom dat leerlingen hun aandacht moeten verdelen over meerdere informatiebronnen (bijvoorbeeld tekst en een grafiek) die naar elkaar verwijzen en beide nodig zijn voor een goed begrip (Sweller et al., 1998).

Bij videovoorbeelden speelt nog iets anders. Bij sommige taken (zoals het uitwerken van een probleem-oplostaak) bouwt de informatie stap voor stap op en zijn eerdere stappen nog zichtbaar. Maar bij andere taken (zoals een demonstratie van een proces of procedure) zijn eerdere stappen soms niet meer zichtbaar wanneer de volgende stap gezet wordt. Dit leidt tot een hoge werkgeheugenbelasting omdat leerlingen de eerdere informatie in gedachten moeten houden, terwijl er tegelijkertijd nieuwe informatie binnenkomt die ze moeten verwerken. Wat soms helpt is leerlingen controlemiddelen aanreiken (pauzeren, terugspoelen). Helaas weet echter niet iedereen hier optimaal gebruik van te maken. Het kan daarom soms beter zijn om de video in segmenten aan te bieden, met een heel korte pauze na elke stap. Ook kunnen visuele aanwijzingen ingezet worden die de aandacht van de leerling op het juiste moment naar de juiste plaats leiden. Dergelijke ‘handvatten’ in een ontwerp voorkomen dat leerlingen informatie ‘missen’ (Wouters et al., 2007; Van Gog & Rummel, 2010).

Het is een open vraag of de keuze om het model te laten zien, of alleen wat hij/zij doet op het computerscherm (zoals in de videovoorbeelden van de Khan Academy), invloed heeft op de leerresultaten of de motivatie van leerlingen. Een gerelateerde vraag is of de gelijkheid tussen het model en de leerling van invloed is. Eerder onderzoek heeft aangetoond dat dit mogelijk is, hoewel de effecten niet eenduidig waren (Van Gog & Rummel, 2010).

Inzet

Een groot voordeel van online videovoorbeelden is dat ze flexibel ingezet kunnen worden. Ze kunnen op school of thuis bekeken worden wanneer leerlingen een taak niet goed genoeg begrepen hebben om er zelf uit te komen tijdens het oefenen. Ze kunnen ook de leraar ontlasten: deze hoeft niet telkens opnieuw een taak voor te doen, maar kan die tijd besteden aan extra ondersteuning aan leerlingen die dat nodig hebben. In extremere vorm kan dit idee betekenen dat het onderwijs helemaal op zijn kop wordt gezet: kinderen bekijken instructie thuis online en de tijd in de klas wordt besteed aan begeleide oefening en verdieping (“flipping the classroom”; Bergmann & Sams, 2012).

Een belangrijke vraag is dan wat de beste verhouding is tussen het bekijken van videomodel-voorbeelden en het zelf oefenen met leertaken; niet alle opties zijn even effectief voor het leerresultaat. Uit onderzoek komt naar voren dat voor leerlingen zonder voorkennis van een leertaak, *voorbeeld-probleem paren* (eerst observeren, dan zelf doen) effectiever zijn voor het leren dan *probleem-voorbeeld paren* (eerst zelf doen, dan observeren; Van Gog et al., 2011).

Hoewel dit onderzoek niet met videovoorbeelden gedaan is, lijkt het aannemelijk dat deze effecten ook hiervoor gelden.

Over de auteurs

Vincent Hoogerheide, MSc is promovendus en verricht onderzoek naar de vormgeving van educatieve videovoorbeelden in het door Kennisnet gefinancierde project “Students’ next top model: Effects of video-based examples with different types of models on self-efficacy and learning”.



E-mail: hoogerheide@fsw.eur.nl

Dr. Sofie Loyens is universitair docent en verricht onderzoek in het domein van leren en instructie. Zij bestudeert onder andere de effectiviteit van instructiemethoden zoals probleemgestuurd onderwijs.

Prof. dr. Tamara van Gog is bijzonder hoogleraar. Haar onderzoek richt zich voornamelijk op observationeel leren van uitgewerkte voorbeelden en videovoorbeelden. Daarnaast doet zij onderzoek naar het ontwerp van instructieve animaties en (leren) zelfgestuurd leren.

Alle drie de auteurs zijn werkzaam bij de sectie Onderwijspsychologie van het Instituut voor Psychologie, Erasmus Universiteit Rotterdam.

Wat we weten over videovoorbeelden

- In videovoorbeelden demonstreert een model (docent, medeleerling) hoe een leertaak uitgevoerd moet worden.
- Online videovoorbeelden zijn populair en ook aantrekkelijk voor gebruik in het onderwijs. Ze zijn flexibel in te zetten en zijn steeds gemakkelijker te maken en op te slaan in elektronische leeromgevingen.
- Videovoorbeelden zijn ook zeer effectief voor het leren, mits leerlingen nog weinig of geen voorkennis hebben, de voorbeelden goed ontworpen zijn (alle stappen zijn goed te volgen en de aandacht wordt op het juiste moment naar de juiste plaats geleid) en goed ingezet worden in het onderwijs, met de juiste verhouding tussen observeren en zelf oefenen.

Meer weten?

- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Bergmann, J. & Sams, A. (2012). *Flip your classroom: Reach every student in every class every day*. Eugene, OR: International Society for Technology in Education.
- Gog, T. van, Kester, L. & Paas, F. (2011). Effects of worked examples, example-problem, and problem-example pairs on novices' learning. *Contemporary Educational Psychology*, 36, 212–218.
- Gog, T. van & Rummel, N. (2010). Example-based learning: Integrating cognitive and social-cognitive research perspectives. *Educational Psychology Review*, 22, 155–174.
- Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P. & Sweller, J. (2003). The expertise reversal effect. *Educational Psychologist*, 38, 23–32.
- Sweller, J., Merriënboer, J. J. G. van & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10, 251-295.
- Wouters, P., Tabbers, H. K. & Paas, F. (2007). Interactivity in video-based models. *Educational Psychology Review*, 19, 327-342.

Onderzoekend leren met computersimulaties

TON DE JONG

Universiteit Twente

Nieuwe kennis wordt verkregen door onderzoek. Onderzoekers bedenken vragen, stellen hypothesen op, ontwerpen experimenten, verzamelen data en denken na over wat deze data voor hun hypothesen en theorie betekenen. Zo worden de grenzen van de wetenschap telkens verlegd. In onderzoekend leren doen leerlingen hetzelfde maar dan in een begrensde leeromgeving met de ondersteuning die ze nodig hebben om het onderzoek succesvol uit te voeren. Zo verwerven ze kennis over het domein dat onderzocht wordt maar ook over het doen van onderzoek.

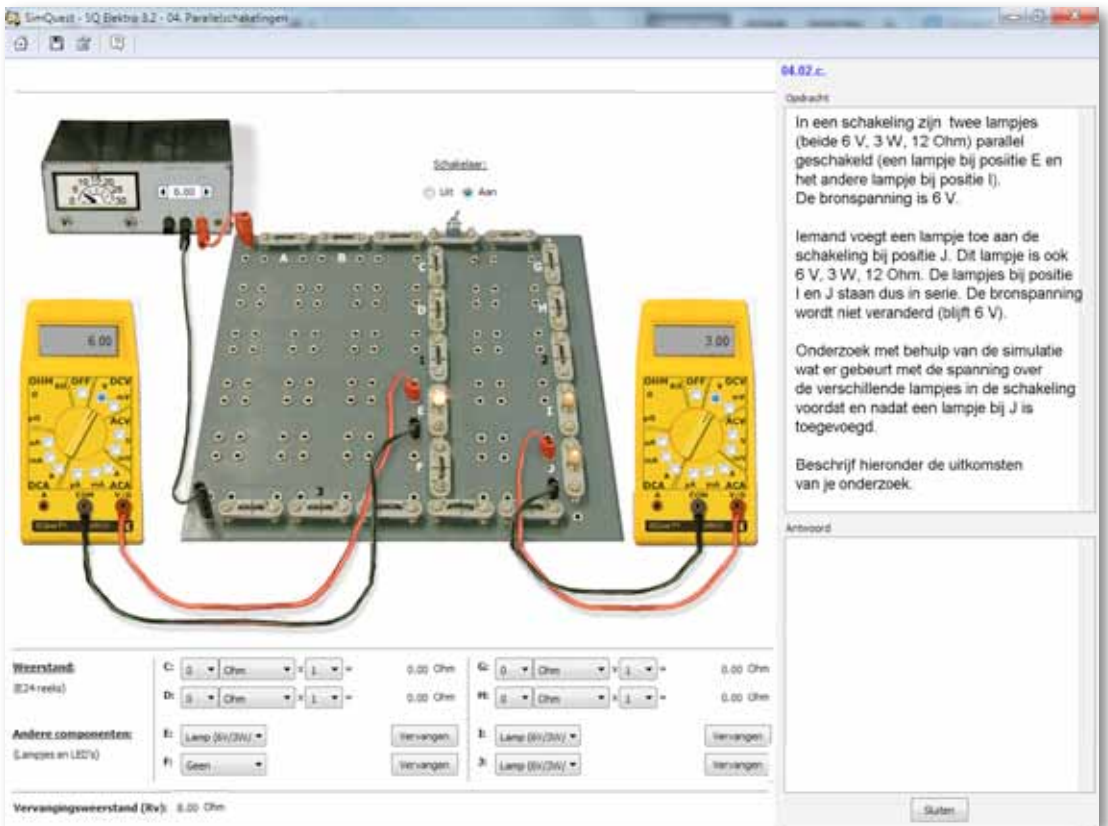
Computersimulaties

Een *computersimulatie* vormt een goede basis voor onderzoekend leren. Een computersimulatie bevat een nabootsing van (een deel van) de werkelijkheid. Deze werkelijkheid kan uit veel domeinen afkomstig zijn, zoals economie, natuurkunde, scheikunde, biologie, psychologie of geneeskunde. De nabootsing in een simulatie is gebaseerd op een *model*. Dit betekent dat er in het computerprogramma reken- of redeneerregels zijn die het gedrag van de simulatie bepalen. Leerlingen kunnen gedrag van het model onderzoeken door waarden van variabelen in de simulatie te veranderen en de veranderingen in de simulatie te observeren (De Jong, 2006).

Simulaties kunnen *onderdelen van boeken* vervangen, bijvoorbeeld als simulaties leerlingen laten experimenteren met bewegende objecten als rijdende auto's. Leerlingen kunnen dan bijvoorbeeld de beginsnelheid, de versnelling en de wrijving met de weg veranderen om te zien hoe dit de snelheid van de auto beïnvloedt. Simulaties kunnen ook *een practicum* vervangen, bijvoorbeeld wanneer leerlingen kunnen experimenteren met een elektrisch circuit dat ze normaalgesproken in het echt in de practicumzaal tegenkomen.

Begeleiding bij onderzoekend leren met computersimulaties

Simulaties die voor het onderwijs gemaakt zijn moeten *ondersteuning* voor de leerling bieden om het leren effectief te laten plaatsvinden. Deze ondersteuning is nodig omdat leerlingen de leerprocessen die onderdeel uitmaken van onderzoekend leren soms nog onvoldoende beheersen. Zo weten veel leerlingen niet hoe een hypothese er uit moet zien. Ze ontwerpen dan hypothesen die niet verworpen kunnen worden en daardoor inhoudelijk niet relevant zijn. Vaak ontwerpen leerlingen ook slechte experimenten, waarin bijvoorbeeld meerdere variabelen tegelijk worden veranderd, zodat de uitkomst van het experiment niet goed aan een oorzaak kan worden gekoppeld. Leerlingen interpreteren de data die een simulatie presenteert vaak verkeerd en hebben moeilijkheden met het vinden van regelmatigigheden in de data. Een voorbeeld hiervan



04.02.c.

Gedacht

In een schakeling zijn twee lampjes (beide 6 V, 3 W, 12 Ohm) parallel geschakeld (een lampje bij positie E en het andere lampje bij positie I). De bronspanning is 6 V.

Iemand voegt een lampje toe aan de schakeling bij positie J. Dit lampje is ook 6 V, 3 W, 12 Ohm. De lampjes bij positie I en J staan dus in serie. De bronspanning wordt niet veranderd (blijft 6 V).

Onderzoek met behulp van de simulatie wat er gebeurt met de spanning over de verschillende lampjes in de schakeling voordat en nadat een lampje bij J is toegevoegd.

Beschrijf hieronder de uitkomsten van je onderzoek.

Antwoord

Weerstand: R24 (reëls)

C: 0 Ohm

D: 0 Ohm

Andere componenten: Lampjes en LED's

E: Lamp (6V/3W)

F: Geen

G: 0 Ohm

H: 0 Ohm

I: Lamp (6V/3W)

J: Lamp (6V/3W)

Vervangingsweerstand (Rv): 0.00 Ohm

Sluiten

Figuur 1. Dit is de simulatie van een elektrisch circuit met een opdracht die leerlingen helpt bij het uitvoeren van een onderzoek. In de opdracht moeten leerlingen een lampje toevoegen in het elektrisch circuit en met behulp van de voltmeters vaststellen wat er gebeurt met de spanning over de verschillende lampjes. Deze simulatie is ontwikkeld in het Kennisnetproject “Onderzoekend leren met computersimulaties in het beroepsonderwijs” door Bas Kollöffel (Universiteit Twente). Het onderzoek wordt uitgevoerd bij het ROC Twente.

is het slecht lezen van grafieken. Daardoor kunnen leerlingen onterechte conclusies trekken. Tot slot blijken leerlingen in veel gevallen slecht te reguleren; ze werken onsystematisch en monitoren hun leerproces niet. Hoe kunnen we leerlingen nu ondersteunen?

Ondersteuning kan bestaan uit kleine opdrachten die leerlingen door de simulatie leiden. Deze opdrachten helpen leerlingen bij het plannen van hun leerproces en helpen ze aandacht te geven aan de relevante aspecten van de simulatie. Opdrachten kunnen worden aangeboden in een vaste volgorde, maar ook op een manier dat leerlingen vrij zijn om al dan niet opdrachten te kiezen en in de volgorde van keuze. Een ander voorbeeld is een *monitoring tool*; dit is een spreadsheet dat leerlingen helpt de gegevens die zij verzamelen met de simulatie op te slaan en te ordenen. Alle gedane experimenten kunnen worden opgeslagen, geordend en opnieuw worden afgespeeld. Dit helpt leerlingen bij het monitoren van hun experimenteelgedrag. Een *hypothese kladblok* biedt leerlingen elementen (variabelen, relaties en condities) waarmee ze hypothesen kunnen samenstellen. Het kladblok zorgt ervoor dat op die manier altijd een toetsbare hypothese ontstaat. Een andere vorm van ondersteuning is het aanbieden van *kant en klare hypothesen*. Ook kunnen leerlingen *hints* worden aangeboden over hoe te experimenteren (bijvoorbeeld: “Probeer eens een extreme waarde in de simulatie.”) of hints om te reflecteren over de verworven kennis. Een andere nuttige manier van ondersteuning is de leerlingen ‘just-in-time’ achtergrond informatie of uitleg te geven.

Onderzoekend leren met computersimulaties; werkt het?

Studies tonen aan dat onderzoekend leren vaak effectiever is dan andere vormen van onderwijs (Furtak et al., 2012) en ook dat onderzoekend leren met computersimulaties, in vakgebieden als natuurkunde, scheikunde, biologie en economie, een zeer effectieve vorm van leren is in vergelijking met directe vormen van onderwijzen, mits de ondersteuning voor de leerling goed geregeld is (Alfieri et al., 2011). Onderzoek laat zien dat in vergelijking met echte practica leren met computersimulaties tot gelijke of betere conceptuele kennis en experimenteervaardigheden leidt (Triona & Klahr, 2003). Dit wordt toegeschreven aan het feit dat leerlingen in simulaties, vergeleken met echte laboratoria, sneller en meer experimenten kunnen doen en experimenten met fouten dus ook snel kunnen herstellen. Recent onderzoek laat zien dat bepaalde combinaties van echte en gesimuleerde practica de beste resultaten geven (Jaakkola et al, 2011). Onderzoekend leren is wel tijdrovender dan directe instructie (Eysink et al., 2009).

Andere voordelen van leren met computersimulaties

Met computer simulaties kunnen leerlingen dus goed onderzoekend leren. Er is nog een aantal redenen waarom juist simulaties een goede rol in onderzoekend leren kunnen spelen.

- A Simulaties bieden veiligheid. Wanneer er bijvoorbeeld geëxperimenteerd wordt met chemische preparaten, bestaat het gevaar van vergiftiging. Dat gevaar is niet aanwezig in een simulatie.
- B Simulaties zijn vaak goedkoper. Wanneer een echt experiment dure apparatuur of dure gebruiksmaterialen vereist kan het voordeliger zijn een simulatie te gebruiken.
- C Simulaties zijn altijd en overal te gebruiken. Leerlingen kunnen een simulatie op tijd en plaats van hun keuze gebruiken en hoeven dan bijvoorbeeld geen toegang tot het practicumlokaal te hebben.
- D Met simulaties zijn experimenten mogelijk die in schoolsituaties niet kunnen. Een voorbeeld is hier DNA manipulaties.
- E Met simulaties kun je de tijd aanpassen. Zo is een zeer snel proces zodanig te vertragen dat de leerling het kan observeren (bijv. het wegschieten van een kanonskogel en het volgen van de baan van de kogel). Het omgekeerde, een traag proces (bijv. het groeien van een plant) versnellen, is ook mogelijk.
- F Met simulaties kunnen specifieke in de praktijk niet vaak voorkomende situaties worden gecreëerd zoals een crash met een vliegtuig.
- G In simulaties wordt het laten zien van aspecten die in het echt niet gezien kunnen worden, zoals krachten of lichtstralen mogelijk.

Over de auteur

Ton de Jong is hoogleraar Instructietechnologie aan de Universiteit Twente. Zijn onderzoek richt zich op het ontwikkelen van adaptieve ondersteuning voor onderzoekend leren in computeromgevingen. Verschillende van zijn simulaties worden op grote schaal in het onderwijs gebruikt (bijv. ZAP, zap.gw.utwente.nl en SimQuest, www.simquest.nl). **E-mail: a.j.m.dejong@utwente.nl**



Wat we weten over onderzoekend leren met computersimulaties

- Met simulaties kunnen leerlingen onderzoekend leren en zo actief en diep kennis construeren. Met simulaties kunnen experimenten snel en efficiënt worden uitgevoerd en in experimenten kunnen misconcepties zichtbaar worden.
- Om het onderzoekend leren effectief te maken moet de leraar of het computerprogramma zelf het onderzoekend leerproces inhoudelijk begeleiden.
- Computersimulaties hebben in vergelijking met experimenten in een werkelijke situatie voordelen in de vorm van veiligheid, kosten, onafhankelijkheid van tijd en plaats, de uitbreiding van de mogelijkheid tot experimenteren met systemen, het aanpassen van de tijdschaal van de werkelijkheid en het laten zien van anders onzichtbare variabelen.

Meer weten?

- Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J. & Tenenbaum, H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of Educational Psychology*, 103, 1-18.
- Eysink, T. H. S., Jong, T. de, Berthold, K., Kollöffel, B., Opfermann, M. & Wouters, P. (2009). Learner performance in multimedia learning arrangements: an analysis across instructional approaches. *American Educational Research Journal*, 46, 1107-1149.
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H. & Briggs, D. C. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching. *Review of Educational Research*, 82, 300-329.
- Jaakkola, T., Nurmi, S. & Veermans, K. (2011). A comparison of students' conceptual understanding of electric circuits in simulation only and simulation-laboratory contexts. *Journal of Research in Science Teaching*, 48, 71-93.
- Jong, T. de, (2006). Computer simulations - Technological advances in inquiry learning. *Science*, 312, 532-533.
- Triona, L. M. & Klahr, D. (2003). Point and Click or Grab and Heft: Comparing the Influence of Physical and Virtual Instructional Materials on Elementary School Students' Ability to Design Experiments. *Cognition and Instruction*, 21, 149-173.

Wat bepaalt de kwaliteit van digitaal leermateriaal?

Arno Reints en Hendrienne Wilkens

CLU. Expertisecentrum Leermiddelenontwikkeling, Universiteit Utrecht

Waar moeten leraren op letten als zij digitaal leermateriaal zoeken of maken? Deze vraag vormt het uitgangspunt van deze studie. De antwoorden ontleen we aan een breed scala van onderzoek. Het resultaat is een overzicht van en inzicht in de kwaliteitscriteria waaraan digitaal leermateriaal moet voldoen wil het leerzaam zijn en leerlingen in staat stellen met succes te leren.

Al het leermateriaal, zowel folio als digitaal, is ontworpen om leerlingen doelgericht te laten leren: kennis, vaardigheden, attitudes, competenties. Dat is de primaire functie ervan. Natuurlijk heeft het materiaal ook secundaire functies, bijvoorbeeld dat het de neerslag is van het examenprogramma of de leraar helpt zijn lessen voor te bereiden. Deze functies zijn medebepalend voor de kwaliteit. Maar het is de primaire functie die in deze publicatie vooropstaat.

Voor digitaal leermateriaal geldt vanzelfsprekend hetzelfde. Ook dat heeft belangrijke secundaire functies, bijvoorbeeld dat het online makkelijk te bereiken is of dat het voor leerlingen attractief is, maar het gaat er in de eerste plaats om dat het leerzaam is. Dat hangt af zowel van de intrinsieke eigenschappen van het materiaal, zoals de herkenbaarheid en de ordening, als van de extrinsieke eigenschappen, zoals de manier waarop de leraar het materiaal inzet in de klas.

In veel gevallen zullen voor folio en digitaal leermateriaal dezelfde kwaliteitscriteria gelden. Maar digitaal leermateriaal heeft twee eigenschappen die folio materiaal niet heeft: *multimodaliteit en adaptiviteit*. Onder multimodaliteit verstaan we dat het materiaal verschillende zintuigen tegelijkertijd aanspreekt. Adaptiviteit houdt in dat een programma zich automatisch aanpast aan het niveau van de leerling, waardoor flexibele leerroutes ontstaan. Folio materiaal kan dat niet.

Kwaliteit = leerzaamheid

We meten de kwaliteit van leer materiaal dus af aan de vraag of het de primaire functie van onderwijs vervult: dat het leerlingen doelgericht laat leren. Kwaliteit stellen wij hier dus gelijk aan leerzaamheid. Maar wat is leren dan? We volgen hier de definitie van Boekaerts en Simons (1995): iemand heeft iets geleerd wanneer we een stabiele verandering in zijn kennis of gedrag constateren, die het gevolg is van leeractiviteiten en een zekere mate van wendbaarheid heeft. Vooral die wendbaarheid is een belangrijk kenmerk. Het houdt in dat iemand in staat is het geleerde toe te passen in andere situaties dan waarin hij de betreffende kennis of vaardigheid verworven heeft.

Wendbaarheid onderscheidt kennis van informatie. Informatie is niet wendbaar en heeft slechts een incidentele betekenis. Pas wanneer informatie in het langetermijngeheugen is opgeslagen en daardoor weer kan worden gebruikt als een nieuwe situatie daarom vraagt, spreken we van kennis. Lang niet alle informatie wordt in het onderwijs gebruikt om kennis te verwerven. Veel informatie mag na raadpleging gerust weer vergeten worden en is dan ook niet te beschouwen als leer materiaal.

Wat opvalt aan de definitie van Boekaerts en Simons is dat ze zich vooral richten op het resultaat van leren: verandering in kennis of gedrag. Het gaat dan om waarneembare leerprestaties. Maar hoe dat leren plaatsvindt, is een andere vraag. Daar bestaan allerlei opvattingen over, waarvan het informatieverwerkingsmodel van Mayer en Moreno (2003) tegenwoordig de meeste aanhangers heeft.

Volgens Mayer en Moreno houdt leren in dat aangeboden informatie wordt omgevormd tot wendbare kennis. Bij vrijwel alle mensen verloopt dat proces in drie fasen: selectie, organisatie en integratie. Leer materiaal moet zo zijn ingericht dat het deze drie deelprocessen zo goed mogelijk ondersteunt. Deze bijdrage richt zich op hoe dat het beste kan.

Ook al verloopt het leerproces in het algemeen volgens de genoemde drie fasen, dat wil nog niet zeggen dat alle mensen op dezelfde manier leren. Ze hebben verschillende leerstijlen en verschillen daarnaast in hun motivatie, interesse en cognitieve mogelijkheden. In deze publicatie bespreken we ook hoe je daar in je didactiek rekening mee kunt houden, hoe je de beste koppeling kunt maken tussen leer materiaal en leerling.

Drie soorten kwaliteitscriteria

Bij het beoordelen van leermateriaal worden vaak drie aspecten onderscheiden: *leerstof*, *didactiek* en *presentatie* (Elen, 1993). Dit is een zinvol onderscheid. In de eerste plaats is leren zonder leerstof onmogelijk: het is als kijken zonder beeld of horen zonder geluid. Maar leerstof is op zichzelf nog ruw materiaal: het moet didactisch vorm krijgen. En tenslotte moet het geheel nog in een aantrekkelijke en functionele vorm worden gegoten, met teksten, beeld en geluid. Pas als aan al die eisen is voldaan, voldoet het leermateriaal maximaal aan de kwaliteitscriteria. De driedeling leerstof, didactiek en presentatie bepaalt de inhoud van de volgende paragrafen:

1. Leerstof	2. Didactiek	3. Presentatie
1.1 Leerstof selecteren	2.1 Didactische strategieën	3.1 Begrijpelijke teksten
1.2 Leerstof ordenen	2.2 Didactische werkvormen	3.2 Functionele beelden
1.3 Leerstof verpakken	2.3 Leerprocessen sturen	3.3 Lay-out

1 Leerstof

Voor wie leermateriaal maakt of beoordeelt, is de leerstof een essentieel onderdeel. Welke leerstof is wanneer nodig en hoe wordt hij het beste verpakt? Samengevat gaat het om:

1. *selectie* van de leerstof: sluit de stof aan bij de eindtermen, leerlijnen en leerdoelen en bij de voorkennis en interesses van de leerlingen?
2. *ordening* van de leerstof: zijn er sterke en meervoudige verbindingen tussen de onderdelen?
3. *verpakking* van de leerstof: sluit de stof goed aan bij de zintuiglijke waarneming en kan hij effectief verwerkt worden in het geheugen?

1.1 Leerstof selecteren

Bij de selectie van de leerstof speelt allereerst de vraag of hij past in de *eindtermen*, *leerlijnen* en de daaraan gekoppelde leerdoelen. Die vormen belangrijke randvoorwaarden (Blockhuis e.a., 2011). Daarnaast moet de stof aansluiten bij de *voorkennis* en de *interesses* van leerlingen en moeten ze zich ermee kunnen *identificeren*. Dit motiveert hen om zich maximaal in te spannen om iets te begrijpen en te leren.

Voorkennis

Het is essentieel dat de leerstof aansluit bij de voorkennis die een leerling al heeft. Daardoor begrijpt hij de leerstof beter. Dochy (1993) concludeerde dat leerprestaties van leerlingen zeer sterk samenhangen met de aanwezige voorkennis (hij vond een correlatie van .72). Ook onderzoek van Van Dam (1993) wijst erop dat leerresultaten sterk afhangen van de mate van voorkennis (voorkennis verklaart 30-70% van de variantie in leerresultaten).

Interesse

Uit onderzoek van Krapp e.a. (1992) is gebleken dat leermaterialen die interessant zijn positief bijdragen aan de leeruitkomsten. Interessant leer materiaal motiveert leerlingen om te lezen, beïnvloedt begripsontwikkeling en resulteert in beter leren. Volgens Hidi (2006) bepaalt interesse grotendeels waar een leerling aandacht aan besteedt en wat hij zich herinnert. Interesse faciliteert leren, vergroot begrip en stimuleert zowel inspanning als persoonlijke betrokkenheid. Maar de andere kant van de medaille is: teksten waarin interessante persoonlijke ervaringen worden verteld, leiden af van tekstgedeeltes die algemene, abstracte en structureel belangrijke ideeën behandelen. Die onthoudt de leerling dan minder goed.

Interesse is vooral belangrijk bij moeilijke teksten die om een diep tekstbegrip vragen, en minder belangrijk bij teksten die oppervlakkige leerstof expliciet uitleggen (Schiefele, 1999).

Identificatie

Een manier om interesse te wekken is zorgen dat leerlingen zich kunnen identificeren met het onderwerp (Madaus en Kellaghan, 1992; Heemskerk, 2008). Zij voelen zich dan meer aangesproken en ook voor hun zelfbeeld is het van belang. Bovendien hoeven ze het onderwerp dan niet te vertalen naar hun eigen situatie, bijvoorbeeld wanneer het materiaal rekening houdt met leeftijd, verschillen tussen jongens en meisjes en couleur locale.

1.2 Leerstof ordenen

Als de leerstof geordend is in een sterke structuur, kan dit de leerling helpen om informatie beter te verwerken en op te slaan in het geheugen. Onderzoek van Vreugdenhil (2009) heeft namelijk laten zien:

- dat er samenhang moet zijn tussen stukken leerstof
- dat de verbanden zichtbaar moeten zijn

- dat leerlingen hulp moeten krijgen om zelf verbanden te leggen
- dat sterke verbindingen de kans groter maken dat de informatie tot kennis wordt

Orderingsstructuren

Wanneer iemand leermateriaal maakt of beoordeelt, is het belangrijk dat hij de sterkste orderingsstructuren gebruikt of herkent. Er zijn vier orderingsstructuren die vaak gekozen worden: de ketting, de ster, de driehoek en het spinnenweb. De minst sterke structuren zijn de ketting en de ster. Ze zijn wel makkelijk te begrijpen maar moeilijker op te roepen in het langetermijngeheugen. De driehoek en het spinnenweb zijn sterker omdat ze tussen de leerstofonderdelen meer verbanden leggen. In eerste instantie zijn ze moeilijker te begrijpen, maar eenmaal verankerd zijn ze makkelijker als geheel op te roepen.

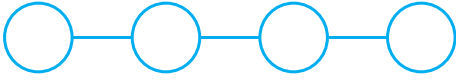
Minder sterke structuren: de ketting

In de ketting (figuur 1) is ieder leerstofonderdeel slechts met één ander onderdeel verbonden. Als er een onderdeel uit de ketting losraakt, is de totale samenhang verbroken. Een leerling kan een onderdeel van de ketting bijvoorbeeld koppelen aan zijn voorkennis. Maar de kans is groot dat hij niet de hele structuur in zijn geheugen opslaat omdat er te weinig verbindingen zijn. Zo raakt er snel informatie los.

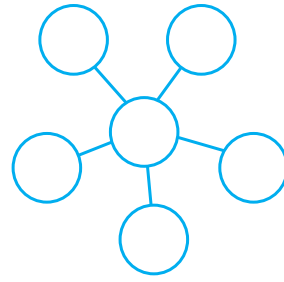
Ook al is de ketting een minder sterke structuur, toch is de keus ervoor soms onvermijdelijk omdat de leerstof zich niet anders laat ordenen. Bijvoorbeeld als het gaat om chronologisch gerangschikte gegevens, zoals bij geschiedenis vaak het geval is of om een lineair proces. Vaak herhalen en veel oefenen kan de leerling helpen het geheel toch goed op te slaan.

Minder sterke structuren: de ster

Bij de ster (figuur 2) zijn er iets meer verbindingen, maar als de leerling het centrum niet opslaat, is de kans groot dat de andere leerstofonderdelen niet kunnen aanhaken. Een voorbeeld van een sterstructuur is een les over Griekenland waarin allerlei wetenswaardigheden aan de orde komen: munteenheid, typisch Griekse gerechten, Athene, landbouw. Als er geen verbindingen tussen deze onderwerpen zijn, zal de leerling pas na veel herhaling en oefening de informatie in zijn langetermijngeheugen opslaan. De ordening kan sterker worden door wel verbindingen te maken, zoals in het voorbeeld bij het spinnenweb.



Figuur 1. Ketting



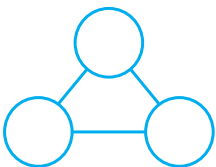
Figuur 2. Ster

Sterke structuren: de driehoek

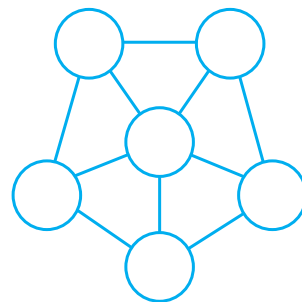
In de driehoek (figuur 3) zijn drie onderdelen met elkaar verbonden. Een voorbeeld van een driehoek is een les over staatsinrichting waarin de onderlinge relaties tussen de wetgevende, de uitvoerende en de rechterlijke macht aan de orde komen. Als de nadruk op de verbindingen ligt, is de kans groter dat de leerling het geheel opslaat.

Sterke structuren: het spinnenweb

Het spinnenweb (figuur 4) heeft meerdere onderdelen die allemaal met elkaar in verbinding staan. Als de leerling één onderdeel weet te koppelen aan zijn voorkennis, is de kans groot dat de andere meegetrokken worden. Zo ontstaat een stevige opbouw van kennis in het langetermijngeheugen. In de eerdergenoemde les over Griekenland kun je de ster ombouwen tot een spinnenweb wanneer je duidelijke verbindingen maakt tussen de verschillende onderwerpen. Je kunt ze bijvoorbeeld eerst ordenen in drie clusters: geografische ligging, klimaat en bestaansmiddelen, en daarna verbanden leggen tussen deze clusters.



Figuur 3. Driehoek



Figuur 4. Spinnenweb

Hoe kun je zien of de leerstof goed geordend is?

- Analyseer de leerstof (hoofdstuk, scherm) door de verschillende onderdelen in een structuur onder te brengen.
- Als er weinig verband tussen de onderdelen is, kijk dan of er sterkere verbindingen mogelijk zijn.
- Controleer of het beginscherm duidelijk aangeeft hoe de onderdelen verbonden zijn.

Als de ordening tekortschiet, is het wenselijk verbeteringen aan te brengen.

Mogelijkheden daartoe zijn:

- Voeg onderdelen toe die later of eerder gepland zijn.
- Verplaats losstaande onderdelen naar hoofdstukken of schermen waar ze wel verbindingen maken.
- Maak in de tekst concrete koppelingen tussen het ene en het andere onderdeel.
- Baseer de indeling van de schermen op het beginscherm. Pas ook de navigatiebalk aan.

1.3 Leerstof verpakken

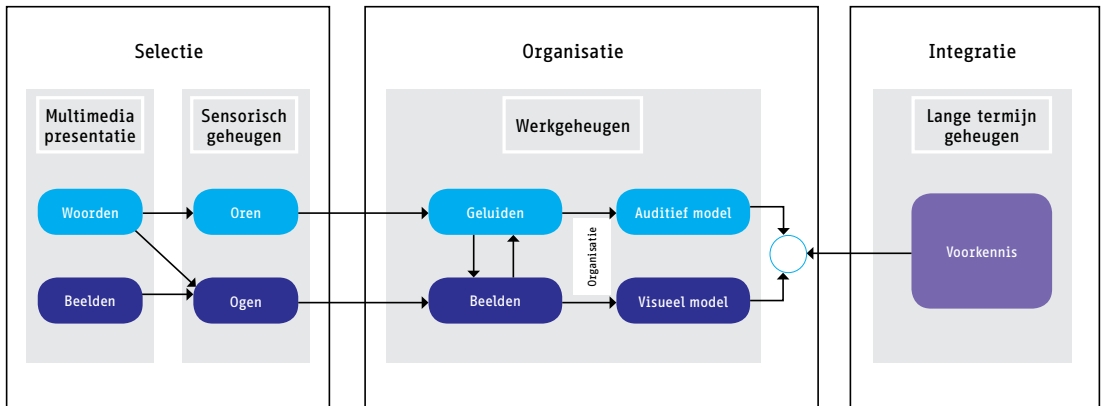
Leerstof kan op verschillende manieren verpakt worden: in tekst, film, gesproken woord of muziek. Deze verschillende verpakkingen noemen we *'modaliteiten'*. Het is belangrijk dat het leermateriaal voor voldoende afwisseling zorgt in visuele en auditieve informatie.

Ten eerste om recht te doen aan verschillen tussen leerlingen, waardoor je een grotere groep bereikt. Sommige leerlingen zijn vooral visueel ingesteld, andere meer auditief. Het is zelfs aan te bevelen om waar mogelijk concrete objecten toe te voegen aan het leermateriaal, zodat de leerlingen ook via smaak, tast en reuk kunnen leren (bij visueel of auditief gehandicapten is dit noodzakelijk en gebruikelijk).

Ten tweede is het belangrijk de juiste combinatie van modaliteiten te gebruiken, om het werkgeheugen zo goed mogelijk aan te spreken en zo min mogelijk te belasten. Hoe beter het werkgeheugen aangesproken wordt, hoe effectiever de leerling leert (Mayer en Moreno, 2003). Waarom dit zo is, wordt duidelijk door het informatieverwerkingsmodel van Mayer en Moreno.

Het verwerken van informatie vindt plaats in de volgende fasen:

1. selectie van de relevante sensorische informatie in het sensorisch geheugen
2. organisatie van de geselecteerde informatie tot mentale modellen in het werkgeheugen (ook wel 'kortetermijngeheugen' genoemd)



Figuur 5. Informatieverwerkingsmodel van Mayer & Moreno (in: Valcke, 2010)

3. integratie van de mentale modellen en de beschikbare voorkennis tot nieuwe kennis in het langetermijngeheugen

De informatie komt vooral binnen in de vorm van woorden en beelden, door de oren en de ogen. Vervolgens wordt ze verwerkt door het werkgeheugen, maar dat heeft slechts een beperkte capaciteit. Pas wanneer iemand de informatie weet te koppelen aan en te integreren in bestaande kennis, is er sprake van leren; dan slaat hij de nieuwe kennis op in het langetermijngeheugen.

De *dual channel hypothesis* speelt hierbij een belangrijke rol. De mens bezit twee parallelle kanalen om informatie te verwerken: visueel en auditief (Paivio, 1986). Als informatie binnenkomt via verschillende modaliteiten die gebruik maken van één zintuig, bijvoorbeeld geschreven tekst en plaatje (tweemaal visueel), dan vereist het proces van organiseren van de binnengekomen informatie veel inspanning. Veel effectiever is het als informatie via twee aparte kanalen wordt verwerkt, bijvoorbeeld in de combinatie gesproken tekst en beeld (auditief en visueel). Dit heet het *modaliteitseffect*.

Effectieve combinaties van modaliteiten

De volgende principes zijn van belang:

- Wanneer het leermateriaal zo veel mogelijk verschillende zintuigen aanspreekt, wordt de kans groter dat de leerling de informatie goed in het werkgeheugen opslaat. Plaatjes, filmpjes en animaties verwerkt hij effectiever als ze ondersteund worden door auditieve informatie (modaliteitsprincipe).
- Kennisverwerving verloopt vaak beter als het leermateriaal geschreven tekst en beeld tegelijkertijd presenteert (multimediaprincipe), mits tekst en beeld op één scherm of bladzij staan (ruimtelijk nabijheidsprincipe).
- Alle overbodige informatie (tekst, plaatjes en geluiden) moet achterwege blijven (redundantieprincipe).

Welke combinatie van modaliteiten het beste werkt, hangt ook af van het leerdoel. Stel dat een leerling in eigen woorden moet vertellen welke impact een vulkaanuitbarsting op de bewoners van Sicilië heeft. Dan zal een filmpje van een vulkaanuitbarsting met gesproken tekst en een aantal interviews met Sicilianen de juiste keuze zijn. Maar als een leerling moet kunnen vertellen of tekenen wat er in de aardkorst gebeurt, is een animatie met gesproken tekst beter.

Digitaal leermateriaal

Juist digitaal leermateriaal kan een uitgelezen middel zijn om selecteren, organiseren en integreren van informatie te ondersteunen. Het biedt mogelijkheden om het sensorisch geheugen op verschillende manieren aan te spreken: met bewegende beelden, gesproken teksten en muziek. Ook zijn er mogelijkheden om leerlingen op eenvoudige wijze door de stof heen te loodsen.

Voor het werkgeheugen geldt hetzelfde. Door de vele verwerkingsmogelijkheden kunnen digitale leermiddelen – vaak zonder tussenkomst van een leraar – leerlingen laten doen wat het beste bij ze past.

Bovendien biedt digitaal leermateriaal, door allerlei oefeningen en herhalingen, ruimschoots de kans om kennis te verankeren en opropbaar te maken in het langetermijngeheugen.

Wat we weten van de leerstof

- Er zijn drie criteria waarop we de leerstof beoordelen: *selectie, ordening en verpakking*.
- Selectie: Effectieve leerstof sluit aan bij de voorkennis en *interesse* van de leerlingen. Ook moeten zij zich met de stof kunnen identificeren.
- Ordening: Een goede ordeningsstructuur legt meerdere verbindingen tussen de leerstofonderdelen, waardoor het geheugen de stof in zijn geheel op kan slaan.
- Verpakking: Een goede verpakking spreekt verschillende zintuigen aan, presenteert tekst en beeld tegelijkertijd én in elkaars nabijheid en laat overbodige informatie achterwege.
- Digitaal leermateriaal biedt veel mogelijkheden om het sensorisch geheugen aan te spreken met combinaties van gesproken en geschreven tekst, muziek, beeld, film en animaties. Ook is het met doorklikmogelijkheden makkelijk om meervoudige verbindingen tussen verschillende leerstofonderdelen vorm te geven.

2 Didactiek

De vorige paragraaf ging over selecteren, ordenen en verpakken van de leerstof. Nu moeten leerlingen ook iets *doen* met die leerstof om kennis te verwerven. Wie niet actief aan de slag gaat, kan niet effectief leren. Makers van leermateriaal en leraren maken daarom gebruik van *didactische werkvormen*: instructies, vragen en opdrachten die leerlingen doelgericht aanzetten tot leeractiviteiten. Bijvoorbeeld een verslag schrijven, multiplechoicevragen beantwoorden of een rollenspel spelen. Didactische werkvormen zijn bedoeld om specifiek beoogde leerdoelen te bereiken. Maar niet iedere werkvorm is geschikt voor ieder leerdoel.

Wanneer didactische maatregelen systematisch worden toegepast, spreken we van een *didactische strategie* (in Engelstalige literatuur ‘instructional strategy’). Er bestaan veel didactische strategieën. Voorbeelden zijn voorkennis activeren of feedback geven. Specifieke kenmerken van leerlingen, bijvoorbeeld hun cognitieve mogelijkheden, vragen om een daarop afgestemde didactische strategie. Ook kan een bepaalde opvatting over leren (bijvoorbeeld de socio-constructivistische visie) leiden naar een strategie die daarop aansluit.

Didactische werkvormen en strategieën zijn er om leerdoelen te bereiken. Maar ook de *leerprocessen* van leerlingen zijn te *sturen*. Als leerlingen gerichte hulp krijgen bij het oriënteren,

plannen, monitoren en evalueren, gaan hun metacognitieve vaardigheden vooruit. Ze krijgen dan vat op hun leerproces.

2.1 Didactische strategieën

Uit literatuuronderzoek van Van Beek (2009) blijkt dat er zes didactische strategieën zijn die ervoor zorgen dat leerlingen effectief leren.

(1) Voorkennis activeren

Om de voorkennis van de leerlingen te activeren kan het handig zijn om bij het ontwerpen van het leer materiaal een vast stramien aan te houden. Terugkerende onderdelen zijn: vragen stellen en eerdere lessen samenvatten (Marzano, 1998; Gagné e.a., 1992; Veenman e.a., 1993).

Als de aanwezige leerstof de vereiste voorkennis niet activeert, moet het langs een andere weg gebeuren (McNamara e.a., 1996). Bijvoorbeeld door materiaal aan te vullen of leerlingen aan te moedigen nog eens wat terug te lezen of een bron te raadplegen.

(2) Aandacht richten en vasthouden

Ook bij het richten en vasthouden van de aandacht kan een vast stramien nodig zijn. De leerlingen moeten van tevoren precies weten wat de leerdoelen zijn en ze moeten een korte beschrijving krijgen van wat ze in deze les of in dit hoofdstuk kunnen verwachten. Een 'advance organizer' is hiervoor een goed middel. Dit is een herkenbare structuur, bijvoorbeeld een schema of een visuele presentatie, aan het begin van het hoofdstuk. Als leerlingen informatie krijgen over de leerstof vóór ze starten met het eigenlijke leerproces, kunnen ze hun aandacht alvast richten en de nieuwe informatie beter in hun geheugen organiseren en verwerken. Vooral voor het vasthouden van de aandacht is het belangrijk heldere taal te gebruiken en na te denken over voorbeelden.

Voorbeelden

Voorbeelden zijn voor alle leerlingen belangrijk (Jonker, 2008). Er is echter een onderscheid tussen leerlingen die uit zichzelf al voorbeelden bedenken bij een nieuw aangeboden concept en leerlingen die dat niet doen. Voor de eerste groep is een leertekst met enkele voorbeelden genoeg. Te veel kunnen zelfs belemmerend werken. Leerlingen die niet uit zichzelf voorbeelden

bedenken, hebben er juist wel veel nodig. Daarbij heeft de eerste groep een voorkeur om te werken van algemeen naar bijzonder, terwijl dit voor de tweede groep juist andersom is. Zij werken liever vanuit voorbeelden naar de algemene regels.

Wat zijn hiervan de consequenties voor het leermateriaal? Dat moet variatie bevatten en keuzemogelijkheden. Leerlingen die zelf voorbeelden bedenken, moeten eerst een tekst kunnen lezen met een paar voorbeelden erbij. Leerlingen die dat niet doen, moeten kunnen starten met de voorbeelden om daarna pas de bijbehorende theorie te lezen. Dit vraagt dus om een hoofdstukindeling of schermopbouw met keuzemogelijkheden.

(3) Oefen- en verwerkingsmogelijkheden aanreiken

Het is belangrijk dat leerlingen veel kunnen oefenen om de nieuwe kennis in het lange termijngeheugen te kunnen verankeren. Leerlingen verwerken de leerstof ook beter als ze meerdere soorten opdrachten maken. Bijvoorbeeld eerst zoeken naar overeenkomsten en verschillen en daarna matchingoefeningen maken, waarbij ze twee bij elkaar horende begrippen moeten koppelen. Een mindmap of een samenvatting maken zijn goede oefeningen aan het begin of het einde van een hoofdstuk. Ze kunnen daarmee hun voorkennis activeren of de nieuwe stof gestructureerd verwerken.

(4) Motiveren

Als leerlingen niet gemotiveerd zijn, ontstaan er nauwelijks leerprocessen. Leerstof en verpakking moeten er dus voor zorgen dat leerlingen er zin in krijgen. Dat vraagt om een goede *match*.

Motiverende leerstof houdt rekening met de interesses van leerlingen en met identificatie (hoofdstuk 1). Leerlingen raken eerder gemotiveerd door leerstof waar ze het nut van inzien, weten wat ze er voor zichzelf aan hebben. Aandacht besteden aan concrete ervaringen (van leerlingen of van ervaringsdeskundigen) helpt ook. Als leerstof en verpakking goed aansluiten bij de leerstijl van leerlingen (2.2), verhoogt ook dat de motivatie.

Verder werken veel leerlingen, vooral meisjes, graag in groepjes. De ene keer is het motiverend als leerlingen van gelijk niveau met elkaar werken, een andere keer is het beter als goede leerlingen samenwerken met minder goede. Dit hangt af van de leerstof en het leerdoel.

(5) Feedback geven

Een andere didactische strategie is feedback geven. Er zijn allerlei vormen van feedback. De meeste invloed op de leerprestaties gaat uit van inhoudelijke feedback: niet ingaan op gemaakte fouten maar hints geven waarmee de leerlingen verder kunnen. En informatie geven over hun prestaties en daarbij vooral bekrachtigen wat goed gaat (Hattie en Timperley, 2007).

Digitaal leer materiaal biedt veel mogelijkheden voor inhoudelijke feedback. Hints en feedback over de prestaties zijn redelijk eenvoudig in te bouwen in het materiaal. Een goed voorbeeld is het programma Lesewerkstatt van het Lehrmittelverlag in Zürich, dat leerlingen door de techniek van technisch lezen heen loodst en zich aanpast aan het niveau van de leerlingen (zie www.lehrmittelverlag-zuerich.ch).

(6) Laten reflecteren op de leertaak

Het is ook goed om leerlingen te laten reflecteren op hun werk. Vonden ze het makkelijk of moeilijk? Hoe lang hebben ze erover gedaan? Wat hebben ze ondernomen om tot de antwoorden te komen? Welke denkstappen hebben ze gemaakt? Kortom, wat was hun oplossingsstrategie en was deze succesvol? Of zouden ze het een volgende keer anders aanpakken? Zo zijn ze bewuster bezig met de leerstof. Dit heeft twee voordelen: de stof blijft beter hangen en ze hebben iets geleerd over de mate van succes van hun aanpak.

Didactische strategieën

1. Voorkennis activeren

- vragen stellen
- eerdere lessen samenvatten

2. Aandacht richten en vasthouden

- een *advance organizer* plaatsen in de inleiding
- een korte beschrijving geven van wat de leerlingen kunnen verwachten
- leerdoelen noemen aan het begin van het hoofdstuk
- voorbeelden geven
- heldere taal gebruiken

3. Oefen- en verwerkingsmogelijkheden aanreiken

- laten zoeken naar overeenkomsten en verschillen
- stof laten samenvatten
- mindmaps laten maken
- matchingoefeningen geven

4. Motiveren

- gebruik maken van concrete ervaringen
- aansluiten bij verschillende leerstijlen
- laten werken in verschillende groepsverbanden

5. Feedback geven

- hints geven
- informatie geven over de prestaties
- bekrachten wat goed gaat

6. Laten reflecteren op de leertaak

- reflecteren op gemaakte opdrachten
- reflecteren op oplossingsstrategieën

2.2 Didactische werkvormen

Didactische werkvormen worden gebruikt om specifiek beoogde leerdoelen te bereiken. Er bestaan meerdere indelingen van werkvormen. De meeste zijn terug te voeren op een indeling in drie soorten (De Corte e.a., 1981).

Een driedeling in werkvormen

Het ordeningscriterium van deze driedeling is de interactie tussen leraar en leerling. We onderscheiden de volgende werkvormen:

1. *Presentatievormen*

De leraar presenteert of demonstreert de leerstof. Digitaal leermateriaal kan dit ook doen met filmpjes, beelden, animaties en gesproken teksten. Deze werkvormen appelleren aan vrij passieve leeractiviteiten als luisteren, lezen en kijken.

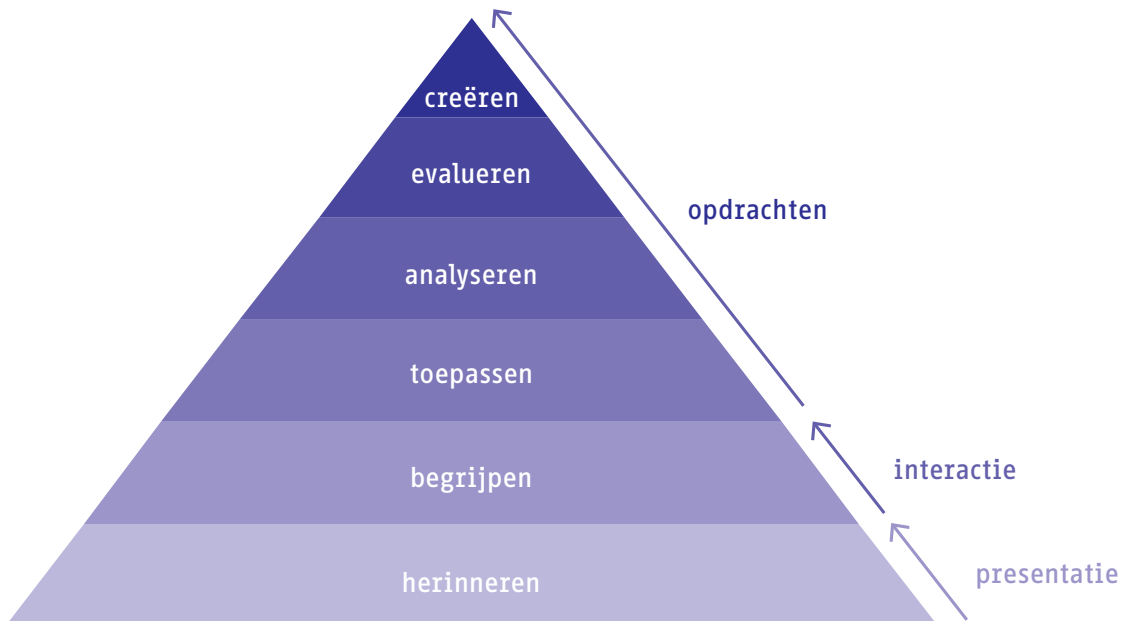
2. *Interactievormen*

Er is interactie tussen de leraar (of het digitale leermateriaal) en de leerling. Samen geven ze vorm aan het leerproces. Ze gebruiken hiervoor dialogen, chats, interactieve rollenspellen, een klassengesprek of social media.

3. *Oprichtsvormen*

De leerling krijgt een opdracht die hij zelfstandig of met medeleerlingen moet doen. Hierbij heeft hij de vrijheid om de opdracht naar eigen inzicht en in eigen tempo uit te voeren. Dergelijke opdrachten variëren van het oefenen met rekenrijtjes tot het observeren van een kudde olifanten in een dierentuin.

Niet alle werkvormen zijn even geschikt voor alle soorten leerdoelen. Om dat duidelijk te maken is de taxonomie van Bloom een bruikbaar hulpmiddel. Leren kan op verschillende cognitieve niveaus betrekking hebben. Volgens Bloom (1956) gaat dat volgens een aantal stappen. Anderson & Krathwohl (2001) onderscheiden in navolging van Bloom leerdoelen op het niveau van herinneren, begrijpen, toepassen, analyseren, evalueren en creëren (zie figuur 6). De taxonomie gaat ervan uit dat een eerder niveau voorwaarde is voor het volgende. Dus om de leerstof te kunnen begrijpen, moet je hem je eerst kunnen herinneren en je kunt hem pas gaan toepassen als je hem begrijpt.



Figuur 6. De drie werkvormen gekoppeld aan de taxonomie van Bloom en Anderson/Krathwohl

Als het leerdoel van een les of hoofdstuk het niveau van herinneren niet te boven gaat, kun je volstaan met presentatievormen. Voor begrip is al gauw een interactievorm nodig. Voor de hogere cognitieve doelen als toepassen, analyseren, evalueren en creëren zijn opdrachsvormen nodig. Ook hier geldt dat het doelniveau bepaalt welke specifieke werkvorm het meest geschikt is. Zo zal een werkvorm als interviews afnemen geschikt zijn voor het leerdoel evalueren.

Wat de taxonomie van Bloom verder bruikbaar maakt, is dat eerdere doelniveaus noodzakelijk zijn om de volgende te bereiken. Daar moet je bij de keuze van werkvormen rekening mee houden. Als het doelniveau bijvoorbeeld is dat leerlingen de bodemstructuur van Limburg kunnen analyseren, dan moeten er eerst werkvormen ingezet worden voor de doelen herinneren, begrijpen en toepassen.

Verschillen tussen leerlingen

Zoals we al eerder aangaven, verschillen leerlingen in leerstijl, motivatie en cognitieve mogelijkheden. Deze verschillen hebben betrekking op verschillen tussen groepen en op individuele verschillen. Veel vmbo-leerlingen werken graag in een concrete, authentieke, praktijk-

gerichte leeromgeving. Ze houden van opdrachten die aansluiten bij hun belevingswereld en hebben baat bij voorbeelden (Van der Neut en Teurlings, n.d). We komen er veel leerlingen tegen met een toepassingsgerichte leerstijl. Op het gymnasium zitten juist veel leerlingen met een betekenisgerichte leerstijl. Zij zoeken naar verbanden tussen verschijnselen en zijn vaak eerder gehinderd dan geholpen door concrete voorbeelden.

Er zijn ook aanwijzingen dat jongens andere leerpreferenties hebben dan meisjes (Reints, 2012, in druk). Relevante verschillen lijken te zijn:

- meisjes zijn taliger ingesteld, jongens meer ruimtelijk-mathematisch
- meisjes werken graag samen, jongens liever alleen
- jongens zijn competitiever, meisjes coöperatiever
- meisjes werken graag stap-voor-stap, jongens experimenteren liever
- jongens zijn bevattelijker voor abstracties en codetaal, meisjes meer voor natuurgetrouwe, realistische afbeeldingen

In het basisonderwijs zitten alle soorten leerlingen nog door elkaar. Door voldoende *variatie* in de opdrachten aan te brengen houd je rekening met de individuele verschillen. Leermateriaal kan dit doen door ervoor te zorgen dat er voor elk wat wils is, en door het niveau van de opdrachten te *adapteren* aan het niveau van de leerling.

Folio of digitaal leermateriaal kan met remediërende of verrijkingsoopdrachten rekening houden met verschillen in cognitieve mogelijkheden. Maar digitaal leermateriaal kun je bij uitstek inzetten om rekening te houden met verschillende leerstijlen. Daar gaan we nu wat dieper op in.

Rekening houden met verschillende leerstijlen

Er zijn talloze indelingen in leerstijlen gemaakt. Een valide en betrouwbare indeling is die van Vermunt (Coffield e.a., 2004). Vermunt (2011) verstaat onder een leerstijl: een samenhangend geheel van leeractiviteiten die een leerling gewoonlijk gebruikt, zijn leermotivatie en zijn opvatting over wat leren is (leerconceptie). Deze leerstijl is kenmerkend voor hem in een bepaalde periode.

Vermunt onderscheidt de volgende vier leerstijlen:

Leerstijl	Leerlingen
Ongericht	zijn zich niet bewust van hun voorkeur voor bepaalde leeractiviteiten, kunnen zich zelf nauwelijks sturen en zijn gebaat bij samenwerkend leren
Reproductiegericht	hebben een voorkeur voor het memoriseren, herhalen en analyseren van de leerstof en laten zich graag door een programma sturen
Betekenisgericht	leggen graag verbanden en zijn gewend zelfstandig hun leerproces te sturen
Toepassingsgericht	hebben praktijkgerichte opdrachten nodig en kunnen zelfstandig hun leerproces sturen maar laten zich ook goed sturen door een programma

Deze onderscheiding in vier stijlen komt voort uit herhaald onderzoek. Op basis daarvan ontwikkelde Vermunt de Inventaris LeerStijlen (ILS). Voor leraren kan dit een handig instrument zijn om de leerstijl van hun leerlingen vast te stellen.

Als de leraar weet welke leerstijl een leerling heeft, kan hij met leer materiaal inspelen op de stijl die bij de leerling het sterkst ontwikkeld is. Die voelt zich daardoor meteen aangesproken. Maar soms is het ook nodig dat leerlingen andere leerstijlen ontwikkelen als die belangrijk zijn in bepaalde leer- of beroepssituaties. Daarnaast is het soms nodig om bepaalde leerstijlen te omzeilen omdat die belemmerend kunnen werken samen met zwakke kanten van leerlingen. Leerlingen met een betekenisgerichte leerstijl houden niet zo van memoriseren. Ze leren topografie bijvoorbeeld beter door landen te koppelen aan aspecten waar ze betekenis aan kunnen hechten: eerst landen met een zeeklimaat, vervolgens landen met een landklimaat, mediterrane landen et cetera.

Acht intelligenties

Gardner (1998) onderscheidt acht verschillende intelligenties, waarmee hij in feite leer voorkeuren bedoelt. Bij de keuze van digitaal leer materiaal is het verstandig om te kijken of de opdrachten voldoende rekening houden met deze intelligenties.

Meervoudige intelligenties van Gardner	Leerlingen
verbaal-linguïstisch	richten zich vooral op taal, houden van het lezen en schrijven van verhalen
logisch-mathematisch	vinden het fijn om met cijfers te werken, houden van problemen oplossen en verbanden leggen
visueel-ruimtelijk	tekenen en knutselen graag, houden van ordenen en ruimtelijke relaties, vormen en kleuren, hebben vaak een goed richtingsgevoel
muzikaal-ritmisch	houden van muziek, denken veel in maat, ritmes en patronen, zijn auditief ingesteld
lichamelijk-kinesthetisch	houden van lichamelijke activiteiten, toneelspelen en fysieke vaardigheden
naturalistisch	observeren graag natuurlijke verschijnselen
interpersoonlijk	houden van communiceren en ervaringen delen met anderen
intrapersoonlijk	denken graag na over gevoelens, stemmingen en herinneringen

Een voorbeeld van een opdracht

Tegemoetkomen aan verschillende leerstijlen en intelligenties is eenvoudiger in rijke opdrachten met verschillende werkvormen. We bespreken een voorbeeld waarin het volgende leerdoel centraal staat: ‘Aan het eind van deze lessenserie kun je een historisch overzicht geven van Amersfoort in de zeventiende eeuw.’ Dit betekent dat je:

- de belangrijkste historische gebeurtenissen van de zeventiende eeuw in Amersfoort verzamelt
- deze gebeurtenissen koppelt aan de periode voor en na de zeventiende eeuw
- deze gebeurtenissen beschrijft
- deze gebeurtenissen op een begrijpelijke manier onder de aandacht van je klasgenoten kunt brengen
- aangeeft welke invloeden van de zeventiende eeuw nog steeds merkbaar zijn in het Amersfoort van de eenentwintigste eeuw

Aan dit leerdoel kunnen vanuit de intelligenties van Gardner verschillende werkvormen gekoppeld worden:

- opdrachten waarbij leerlingen moeten lezen en schrijven. De informatie kunnen ze vinden in originele bronnen en in boeken. Vervolgens maken ze een verslag: verbaal-linguïstisch. (Leerlingen met Vermunts reproductiegerichte leerstijl maken van dit verslag een feitelijke weergave van het verzamelde materiaal. Leerlingen met de betekenisgerichte leerstijl zullen het opzetten als een verslag van een onderzoek. Ze geven vooral de verbanden tussen verschijnselen weer.)
- opdrachten die meer statistisch van aard zijn, bijvoorbeeld een opdracht over het verloop van het aantal inwoners door de eeuwen heen, met daarbij een beschrijving van epidemieën en oorlogen: logisch-mathematisch
- een maquette van de stad maken en laten zien wat er in de loop der jaren veranderd is: visueel-ruimtelijk
- geluidsfragmenten verzamelen die passen bij de verschillende periodes: muzikaal- ritmisch
- een rollenspel of presentatie maken waarin het dagelijks leven uit de verschillende periodes tot uitdrukking komt: lichamenlijk-kinesthetisch
- een overzicht maken van de flora en fauna in de verschillende periodes: naturalistisch
- weergeven van de wijzen van communiceren in de periodes en deze wijzen naspelen: interpersoonlijk
- dagboekfragmenten en dergelijke verzamelen en daar verslag van doen: intrapersoonlijk.

2.3 Sturen van het leerproces

Als laatste onderdeel van de didactiek bespreken we de sturing van het leerproces. Sturingsvaardigheden zijn bijvoorbeeld: oriënteren, plannen, bewaken, jezelf toetsen en reflecteren. Leerlingen die deze vaardigheden goed hebben ontwikkeld leren grondiger en effectiever (Bannert en Mengelkamp, 2008; Georghiades, 2004). We moeten ons dus afvragen met welk leermateriaal we leerlingen zover kunnen krijgen dat ze hun eigen leerproces sturen. We volgen daarbij Flavell (1987) die uitgaat van de sturingsvaardigheden *voorbereiden*, *plannen*, *monitoren* en *evalueren*.

Tijdens de *voorbereiding* stellen de leerlingen vast of ze de taak aankunnen, welke doelen ze willen bereiken en wat ze daarvoor nodig hebben. Bij *plannen* moeten leerlingen zich bewust worden van de tijd die ze nodig hebben om een taak af te ronden. Ze bedenken hoe ze een taak gaan aanpakken, maken een tijdsplanning en organiseren de middelen. Tijdens het werken aan

een opdracht houden de leerlingen in de gaten (*monitoren*) of ze nog op schema liggen en controleren ze of ze nog steeds begrijpen wat er van hen verwacht wordt. En bij de *evaluatie* ten slotte vragen leerlingen zich af of het product en het proces voldoende hebben opgeleverd. Zijn de leerdoelen bereikt en voldoet het eindproduct aan de eisen? Werkte de leerstrategie? Was er genoeg tijd om de opdracht af te ronden?

Een voorbeeld van sturingsopdrachten in digitaal leermateriaal

In digitaal leermateriaal kunnen alle sturingsactiviteiten in een apart scherm bij elkaar staan. Dit scherm is verdeeld in de hoofdcategorieën voorbereiden, plannen, monitoren en evalueren. Mogelijke opdrachten voor sturing van het leerproces zijn:

Vorbereiden

- Maak een mindmap met de onderwerpen in het leerdoel. Kleur de onderdelen waarvan je al veel weet groen. Kleur de onderdelen waarvan je iets weet geel. Kleur de onderdelen waarvan je niets weet lichtblauw.
- Bepaal aan de hand van je mindmap wat je belangrijkste doelen zijn voor de komende lessen.
- Schrijf kort op wat je moet doen om deze doelen te bereiken. Wat moet je lezen? Welke opdrachten moet je maken? Heb je andere mensen nodig om je doelen te bereiken?
- Bekijk de beoordelingscriteria en bepaal op welk niveau je wilt eindigen.

Plannen

- Beschrijf kort in welke volgorde je de onderdelen van de lessen gaat uitwerken.
- Beschrijf kort wat je nodig hebt om de doelen van deze lessen te bereiken.
- Bepaal hoeveel tijd je voor welk onderdeel nodig hebt en maak een planning.

Monitoren

- Bepaal of je nog steeds op de goede weg bent om je doelen te bereiken. Gebruik hierbij ook de beoordelingscriteria.
- Bekijk je planning en bepaal of je volgens de planning werkt. Als dit niet het geval is, bepaal dan hoe je weer volgens je planning kunt werken. Ga zo nodig naar je leraar.

Evalueren

- Bekijk de beoordelingscriteria en bepaal of je voldoet aan het niveau dat je wilde bereiken.
- Bepaal welke leerdoelen je volledig bereikt hebt en wat je nog moet leren.
- Beschrijf wat je de volgende keer op dezelfde manier gaat doen en wat je anders gaat doen. Motiveer dit.
- Bepaal of je je planning hebt kunnen volgen. Bepaal wat je, zo nodig, een volgende keer anders moet doen.

Wat we weten van de didactiek

- Er zijn drie criteria waarop we de didactiek van leer materiaal beoordelen: het gebruik van *didactische strategieën*, *didactische werkvormen* en het *sturen van het leerproces*.
- Didactische werkvormen zorgen ervoor dat leerlingen zelfstandig en actief bezig gaan met de leerstof. Pas dan begint het effectief leren.
- Een systematisch gebruik van didactische maatregelen is een didactische strategie.
- Leerlingen verschillen in leerstijl, motivatie en cognitieve mogelijkheden. Leer materiaal en didactische werkvormen moeten hier rekening mee houden. Rijk materiaal dat een grote variatie aan soorten opdrachten en werkvormen aanbiedt, is daarvoor het meest geschikt.
- Leer materiaal kan ook de sturingsvaardigheden van leerlingen stimuleren. Ze moeten leren voorbereiden, plannen, monitoren en evalueren door zichzelf gerichte vragen te stellen.
- Digitaal leer materiaal kan met flexibele leer routes veel keuzemogelijkheden bieden en zich aanpassen aan de leerstijl en het niveau van de leerling. Ook kan het door gerichte sturingsopdrachten leerlingen helpen wat te krijgen op hun leerproces.

3 Presentatie

Wanneer de leerstof is vastgelegd en didactisch is doordacht, moet het geheel nog de juiste vorm krijgen, met een verantwoorde en aantrekkelijke presentatie. Drie aspecten staan daarbij voorop: de teksten moeten begrijpelijk zijn, de beelden moeten het begrip ondersteunen en de lay-out moet in dienst staan van het leerproces. Wanneer zijn teksten begrijpelijk? Welke beelden zijn begripsondersteunend? Hoe richt de lay-out de aandacht van de leerlingen op wat belangrijk is? Dat zijn vragen die in deze paragraaf aan de orde komen.

3.1 Presentatie van de tekst

Tekstkenmerken spelen een rol op woordniveau, zinsniveau en tekstniveau. Op woordniveau is het van belang dat een tekst veel woorden bevat die de leerling kent. Op zinsniveau speelt de lengte van de zin wel een rol, maar het is geen doorslaggevende factor. De samenhang van de tekst is veel belangrijker. Die zorgt ervoor dat zinnen aan elkaar gekoppeld zijn en geen losse statements blijven. Samenhang speelt dan ook een belangrijke rol bij tekstbegrip: hoe meer verbindingen er worden gemaakt, des te gemakkelijker is de tekst te begrijpen (Schnotz, 1984). Het gebruik van signaalwoorden is essentieel voor zwakkere lezers (Land, 2009). Liever wat langere zinnen met signaalwoorden dan

korte zinnen die geen verband met elkaar hebben. Ook op tekstniveau spelen signaalwoorden een belangrijke rol; woorden als *eerst, toch, bovendien* en *ten slotte* leggen niet alleen verband tussen zinnen maar ook tussen alinea's. Ook tussenkopjes zijn op dit niveau essentieel.

Begrijpelijke teksten bevatten:

- veel bekende woorden, geen abstracte termen
- een heldere zinsstructuur met een actief gebruik van werkwoorden
- zinnen die verbonden zijn door voeg- en verwijswwoorden
- signaalwoorden
- een expliciete samenhang tussen onderdelen van de tekst

Teksten voor het scherm

Er is al veel gepubliceerd over schrijven voor het beeldscherm, maar dit heeft meestal geen betrekking op leerteksten. Over de begrijpelijkheid van leerteksten is nog weinig onderzoek te vinden. Wel kunnen we de algemene richtlijnen voor webteksten bespreken en die toepassen op leerteksten.

Lezers lezen een webpagina niet, ze scannen hem (Nielsen, n.d.). Dat geeft aan wat het probleem van digitale teksten in leermateriaal is: de pagina's moeten zo ingericht zijn dat leerlingen wel degelijk gaan lezen. Leesbare schermteksten moeten aan de volgende eisen voldoen (Lutgerink, n.d.):

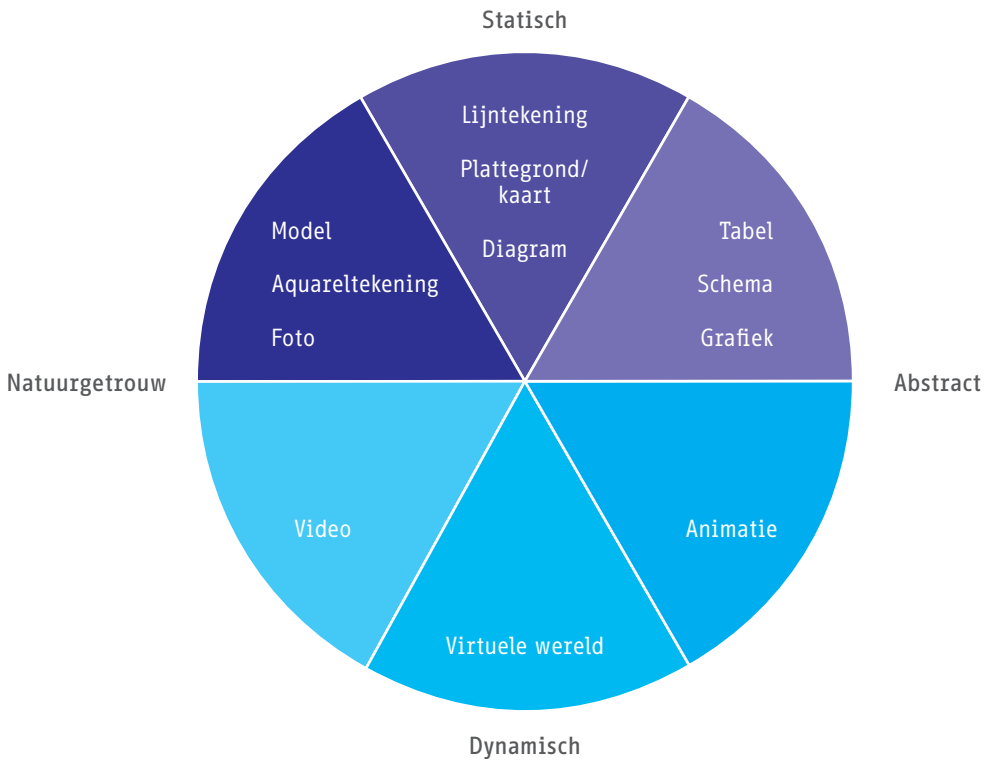
- een korte tekst met een duidelijke structuur
- de belangrijkste informatie moet in het midden staan
- de pagina beslaat niet meer dan anderhalf scherm, met een heldere indeling in paragrafen en alinea's. Iedere alinea gaat over één onderwerp
- ieder scherm heeft één kern
- inhoud die niet voor iedere leerling relevant is, staat onder hyperlinks
- opsommingen (niet meer dan negen items)
- zo weinig mogelijk vet en cursief, en geen onderstrepingen (verwarring met hyperlinks!)
- verwijswwoorden alleen naar onderwerpen op dezelfde pagina
- korte, heldere zinnen, actief taalgebruik, geen ingewikkelde constructies

Naast leerteksten zijn ondersteunende beelden belangrijk om de leerling de leerstof beter te laten begrijpen.

3.2 Presentatie van beelden

In paragraaf 1.3 kwam aan de orde dat leerlingen informatie beter verwerken als geschreven teksten gecombineerd worden met beelden (multimediatechniek); daarbij moeten tekst en beeld zo dicht mogelijk bij elkaar staan (ruimtelijk nabijheidsprincipe). Hier gaan we dieper in op de vraag welke beelden in digitaal leer materiaal het meest effectief zijn.

Ondersteunende beelden in leer materiaal omvatten zowel stilstaande beelden (illustraties, foto's en modellen) als bewegende (animaties, video's en virtuele beelden). Ze kunnen concreet en abstract zijn. Schematisch ziet dit er als volgt uit:



Figuur 7. Verschillende soorten beelden, uitgezet op twee dimensies

Er is dus keus genoeg. Maar welk type beeld of welke combinatie van beelden past het beste bij de leerstof? We onderscheiden de volgende functies van beelden: decoratief, representerend,

organiserend, interpreterend en mnemotechnisch (Carney en Levin, 2002). De volgende tabel geeft een korte beschrijving per functie.

Functie van beeld	Wat doen ze	Wanneer te gebruiken
Decoratief	Decoreren alleen maar	Zinvol alleen aan het begin van een nieuwe les om te motiveren. Bij frequent gebruik kunnen ze belemmerend werken
Representerend	Concretiseren de leerstof	Zijn nuttig om begrippen, verschijnselen en objecten te verhelderen en inzichtelijk te maken
Organiserend	Structureren de leerstof	Te gebruiken om orde aan te brengen en om een opeenvolging van handelingen te laten zien
Interpreterend	Vereenvoudigen de leerstof	Te gebruiken bij ingewikkelde processen, abstracte of complexe begrippen en verschijnselen
Mnemotechnisch	Geheugensteuntjes, ezelsbruggetjes	Ondersteunen bij moeilijk te onthouden begrippen

Tot slot nog enkele nuttige wenken:

- Het doel van de illustratie moet duidelijk zijn
- Illustraties moeten een onderschrift hebben
- Er moet een sterke band zijn tussen tekst en illustratie
- Illustraties hebben ook waarde als onderdeel van een opdracht

3.3 Lay-out

Hoe kan lay-out het leerproces ondersteunen? Lay-out is in twee opzichten belangrijk: voor het richten van de aandacht en voor het structureren van informatie (Hartley, 1999; Lorch, 1989).

De aandacht van de leerling wordt beter gericht als typografie, kleurgebruik en markeringen goed toegepast zijn. Om de leerstof op een eenvoudige manier te structureren moet de auteur rekening houden met de bladspiegel, de combinatie van tekst en beeld en het gebruik van titels en tussenkopjes.

Waarom is nu een goed ingedeeld scherm met een goede tekst te herkennen? De volgende tabel noemt de aspecten die bijdragen aan het beter *richten van de aandacht* en het *structureren van informatie*.

Richten van de aandacht	
Typografie	Schreefletters (bv. Times New Roman) of schreefloze letters (bv. Verdana) maakt niet zoveel uit, als het maar een gangbaar lettertype is. De lettergrootte is wel van belang. Ervaren lezers kunnen een kleiner lettertype aan dan moeizame lezers. Te veel verschillende typografieën door elkaar kunnen verwarrend werken.
Kleurgebruik	Een juist kleurgebruik heeft een positief effect op leren (Kalyuga .e.a., 1999; Ozcelik e.a. , 2009). Begrippen worden bijvoorbeeld beter onthouden als ze in de tekst en bij de illustratie dezelfde kleur hebben; de leerling heeft dan minder tijd nodig om corresponderende begrippen in tekst en afbeeldingen te vinden.
Markeringen	Ook markeringen (kaders, icoontjes en nummers) kunnen de aandacht richten. Kaders kunnen teksten isoleren die niet direct deel uitmaken van de hoofdttekst. Het is dan in één oogopslag te zien dat het om een voorbeeld of extra uitleg gaat. Icoontjes zorgen ervoor dat leerlingen zelfstandig door de leerstof gestuurd worden. Nummering zorgt ervoor dat informatie beter onthouden wordt. Dit komt omdat teksten met nummering trager gelezen worden wat tot dieper leren leidt (Lorch en Chen, 1986; Rayner, 1998).
Structureren van informatie	
Bladspiegel	Het online lezen van teksten met marges leidt tot een beter begrip van de inhoud dan het lezen van dezelfde tekst zonder marges (Chaparro et al., 2004). Teksten met marges worden langzamer gelezen. Dit leidt tot betere scores op de vragen die na het lezen van de tekst beantwoord worden. Daarnaast is, om diezelfde reden, een grotere regelafstand belangrijk.
Tekst en beeld	Leerlingen verwerken informatie beter als teksten gecombineerd worden met beelden (zie ook 1.3). De volgende aspecten zijn daarbij van belang (Mayer, 2003): <ul style="list-style-type: none"> ▪ tekst en de bijbehorende afbeelding staan dicht bij elkaar ▪ overbodige informatie is weggelaten; links verwijzen naar meer informatie ▪ de leerteksten zijn duidelijk opgedeeld in overzichtelijke blokken
Titels en tussenkopjes	Titels en kopjes hebben een organiserende functie in de hele lay-out. Daarnaast helpen ze leerlingen om zich te oriënteren. Kopjes en titels helpen de leerling om informatie te vinden. Ook herinneren ze leerlingen eraan in welke context een tekst geplaatst is. Het gaat er altijd om dat titels de structuur van de hele tekst ondersteunen.

Belemmerende aspecten

In de tabel hiernaast is te zien welke aspecten een positieve bijdrage leveren aan het richten van de aandacht en het structureren van de informatie. Er zijn echter ook belemmerende aspecten die het leren juist tegenwerken. We noemen de belangrijkste:

- overdadig gebruik van hoofdletters
- overdadig kleurgebruik
- moeilijk leesbare combinaties van gekleurde letters (bv. rood op wit, groen op rood)
- een tekst die bijna alleen maar uit opsommingen bestaat
- een tekst met veel markeringen

Wat we weten van de presentatie

- De presentatie van de leerstof is belangrijk: de *teksten* moeten begrijpelijk zijn, de *beelden* moeten de tekst ondersteunen en de *layout* moet in dienst staan van het leerproces.
- De tekst wordt begrijpelijk door bekende woorden, een heldere zinsbouw en een actieve stijl. Digitale leerteksten moeten kort en overzichtelijk zijn, met bij voorkeur korte zinnen en een goede samenhang door voeg-, verwijs en signaalwoorden. De belangrijkste informatie hoort in het midden en de secundaire informatie onder hyperlinks. Ook een rustige typografie is van belang.
- Beelden (stilstaand en bewegend, concreet en abstract) bevorderen het leren. Ze maken de leerstof concreet, vereenvoudigen, brengen structuur aan en steunen het geheugen.
- De lay-out van het leer materiaal richt de aandacht met niet te kleine letters van een gangbaar type en met verantwoord gebruik van kleur en markeringen. De lay-out geeft structuur aan informatie door marges, beelden, titels en kopjes goed te gebruiken.

Conclusie

In dit artikel hebben we vooral vanuit het perspectief van de leerling gekeken naar digitaal leer materiaal. Hoe kan leer materiaal bijdragen aan de leerprocessen van leerlingen? Dat zou de leidende vraag moeten zijn voor iedereen die digitaal leer materiaal maakt of uitkiest.

Leerprocessen zijn complexe processen, die bovendien niet bij alle leerlingen hetzelfde verlopen, en afhankelijk zijn van wat er geleerd moet worden. Het is bijna onmogelijk een set kwaliteitscriteria te ontwikkelen die voor alle situaties zou gelden. Toch hebben we dit geprobeerd door de belangrijkste resultaten uit onderzoek en de meest relevante wetenschappelijke inzichten samen te brengen en te vertalen naar concrete toepassingen op leermateriaal. We hopen dat we hiermee een bijdrage leveren aan de kwaliteit van digitaal leermateriaal.

Met de inzichten en onderzoeksresultaten die in dit artikel zijn beschreven is een instrument ontwikkeld: het Meet Instrument Leermiddelen Kwaliteit (meer informatie hierover op de website van de CLU: www.clu.nl/index.jsp?USMID=41).

De veranderende rol van leraren

Leraren spelen een cruciale rol in het leerproces van leerlingen. De laatste decennia is de invulling van deze rol aan het verschuiven. Dit komt door drie ontwikkelingen:

1. Onderwijsvernieuwingen als de tweefasenstructuur in het voortgezet onderwijs en het competentiegericht leren in het vmbo en mbo vragen meer zelfstandigheid van de leerlingen. Leraren moeten ervoor zorgen dat hun leerlingen deze zelfstandigheid aankunnen door hen te motiveren, te begeleiden en te sturen.
2. Ict-toepassingen maken het steeds makkelijker voor leerlingen om zelfstandig aan de slag te kunnen met de leerstof. Het digitaal leermateriaal krijgt steeds meer de rol van inhoudelijk expert: de computer doceert, de leraar coacht.
3. De pedagogische taak van de leraar is zwaarder geworden onder invloed van de multiculturele samenleving en het veelvuldig voorkomen van gebroken gezinnen.

Lerarenopleidingen

Deze ontwikkelingen moeten ook hun weerslag gaan vinden in de lerarenopleidingen. Van oudsher richten die zich vooral op de didactische kwaliteiten van de aanstaande leraren. Op dit moment is het echter minstens zo belangrijk dat we leraren opleiden die precies weten hoe leerprocessen bij leerlingen verlopen. En die goed kunnen beoordelen welk leermateriaal een waardevolle bijdrage levert aan deze leerprocessen. We hopen dat deze overzichtsstudie daartoe een eerste aanzet geeft.

Over de auteurs

Arno Reints is sinds 1988 directeur van het CLU. Hij is gespecialiseerd op het gebied van het evalueren van de kwaliteit van leermiddelen. Uitgevers, scholen en overheidsinstellingen in binnen- en buitenland huren regelmatig zijn deskundigheid in. **E-mail: A.Reints@clu.nl**



Hendrienne Wilkens doet onderzoek naar de kwaliteit van leermiddelen. Ze is betrokken bij de ontwikkeling van het Meet Instrument Leermiddelenkwaliteit (MILK). Hendrienne geeft trainingen over het maken van kwalitatief goede leermiddelen aan educatieve uitgevers en docenten aan scholen.

Meer weten?

- Anderson, L.W. & Krathwohl, D.R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching and assessing. A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York/San Francisco. Longman.
- Bannert, M. & Mengelkamp, C. (2008). Assessment of metacognitive skills by means of instruction to think-aloud and reflect when prompted. Does the verbalization method affect learning? *Metacognition and Learning, 3*, 39-58.
- Beek, E. van (2009). *Instructiestrategieën in leermiddelen*. Utrecht. CLU.
- Blockhuis, C., Corbalan, G., Ten Voorde, M., & De Vries, H. (2011). *Leermiddelenmonitor 10/11*. Enschede. SLO.
- Bloom, B. (1956). *Taxonomy of educational objectives: the classification of educational goals*. New York. McKay.
- Boekaerts, M. & Simons, P.R.J. (1995). *Leren en instructie. Psychologie van de leerling en het leerproces*. Assen. Van Gorcum.
- Carney, R. N., & Levin, J. R. (2002). Pictorial illustrations still improve students' learning from text. *Educational Psychology Review, 14(1)*, 5-26.
- Chaparro, B., Baker, J.R., Shaikh, A.D., Hull, S. & Brady, L. (2004). Reading Online Text: A Comparison of Four White Space Layouts. *Usability News*, v. 6.2, gevonden op 6 januari 2012, op <http://psychology.wichita.edu/surl/usabilitynews/62/whitespace.asp>.
- Coffield, F.J., Moseley, D.V., Hall, E. & Ecclestone, K. (2004). *Learning styles and pedagogy in post-16 learning: a systematic and critical review*. London. Learning Skills Research Centre/University of Newcastle upon Tyne.

- Corte, E. de, Geerlings, C.T., Lagerweij, N.A.J., Peters, J.J. & Vandenberghe, R. (1981). *Beknopte Didaxologie*. Groningen. Wolters- Noordhoff.
- Dam, G. van (1993). Leren en geheugen. In Tomic, W. & Span, P. *Onderwijspsychologie: Beïnvloeding, verloop en resultaten van leerprocessen*. Utrecht. Lemma.
- Dochy, F.J.R.C. (1993). De invloed van voorkennis op het leerresultaat en het leerproces. In Tomic, W. & Span, P. *Onderwijspsychologie: Beïnvloeding, verloop en resultaten van leerprocessen*. Utrecht. Lemma
- Elen, J. (1993). Beoordelen van opleidingsmateriaal. Enkele theoretische bedenkingen. In: *Opleiding en Ontwikkeling*, 9, 13-17.
- Flavell, J. H. (1987) Speculation about the nature and development of metacognition. In F. Weinert & R. Kluwe (Eds.), *Metacognition, motivation, and understanding* (pp. 21 - 29). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Gagné, R.M., Briggs, L.J. & Wager, W.W. (1992). *Principles of instructional design*. Fort Worth: Harcourt Brace Janovich.
- Gardner, H. (1998). A multiplicity of intelligences. *Scientific American Presents*, 0 (1), 18-23.
- Georgiades, P. (2004). From the general to the situated: Three decades of metacognition. *International Journal of Science Education*, 26, 365-383.
- Hartley, J. (1999). What does it say? Text design, medical information and older readers. In DC. Park, R.W. Morrell & K. Shrifin (Eds.), *Processing of medical information in aging patients* (pp. 233 - 247). Mahwah, N.J: Erlbaum.
- Hattie, J. & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77, 81-112.
- Heemskerk, I. (2008). *Technology makes a difference. Inclusiveness of technology in education*. Universiteit van Amsterdam.
- Hidi, S. (2006). Interest: A unique motivational variable. *Educational Research Review*, 1, 69-82.
- Jonker, H. (2008). *Concrete elaboration during knowledge acquisition*. Proefschrift Vrije Universiteit.
- Kalyuga, S., Chandler, P. & Sweller, J. (1999). Managing split-attention and redundancy in multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology*, 13, 351-371.
- Krapp, A., Hidi. S. & Renninger, K.A. (1992). *Interest, Learning and Development*. Hillsdale NJ. Lawrence Erlbaum Associates.
- Land, J. (2009). *Zwakke lezers, sterke teksten? Effecten van tekst- en lezerskenmerken op het tekstbegrip en de tekstwaardering van vmbo-leerlingen*. Proefschrift Universiteit Utrecht.

- Lorch, R.F. & Chen, A.H. (1986). Effects of number signals on reading and recall. *Journal of Educational Psychology* 78, 263-270.
- Lorch, R.F. (1989). Text-Signaling Devices and Their Effects on Reading and Memory Processes. *Educational Psychology Review*, 1, 209-234.
- Lutgerink, J. (n.d.) Redactionele richtlijnen en schermpresentatie. Geschreven in opdracht van het Ruud de Moor Centrum, Open Universiteit, gevonden op 5 januari 2012 op http://content-e.ou.nl/content-e/pub_RDMC/Redactionele_richtlijnen_en_schermpresentatie_1288621410413/index.htm.
- Madaus, G.F. & Kellaghan, T. (1992). Curriculum evaluation and assessment. In P. Jackson (Eds.), *Handbook of research and curriculum* (pp. 436 - 463), New York NY. Macmillan Publishing Company.
- Marzano, R.J. (1998). *A Theory-Based Meta-Analysis of Research on Instruction*. Gevonden op 15 december 2011, op http://www.mcrel.org/PDF/Instruction/5982RR_InstructionMeta_Analysis.pdf.
- Mayer, R.E. & Moreno, R. (2003). Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning. *Educational Psychologist*, 38, 43-52.
- Neut, I. van der, Teurlings (n.d.). *Inspelen op leergedrag van vmbo-leerlingen*. Tilburg: IVA Beleidsonderzoek en Advies. Gevonden op 21 december 2011, op http://apsportal.nl/_userdata/File/documenten/gedrag%20ICT%20vmbo.pdf.
- Nielsen, J. (n.d.). Alertbox, *Jakob's column on Web usability*. Gevonden op 5 januari 2012, op <http://www.useit.com/>.
- Ozelik, E., Karakus, T., Kursun, E. & Cagiltay, K. (2009). An Eye-tracking Study of How Color Coding Affects Multimedia Learning. *Computers & Education (SCSI)*, 53(2), 445-453.
- Paivio, A. (1986). *Mental Representations. A Dual Coding Approach*. Oxford University Press, Oxford.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124, 372-442.
- Reints, A. (in druk). *Leerstijlkenmerken van digitale leermiddelen en het effect op de leerprestaties van jongens en meisjes*. Utrecht. CLU.
- Schiefele, U. (1999). Interest and learning from text. *Scientific Studies of Reading*, 3 (3), 257-279.
- Schnotz, W. (1984). Comparative instructional text organization. In: H. Mandl, N. L. Stein & T. Trabasso (Eds.). *Learning and comprehension of text* (pp. 53-81). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Valcke, M. (2010). *Onderwijskunde als ontwerpwetenschap. Een inleiding voor ontwikkelaars van instructie en voor toekomstige leerkrachten*. Gent: Academia Press.
- Vreugdenhil, K. (2009). Wat kunnen we leren van de neurowetenschappen. Consequenties in de klas. *Didaktief Special: Onderwijs anders organiseren*, jan-feb 2009, 8-9.

- Veenman, S.A.M. (1993). *Effectieve instructie en doelmatig klassenmanagement: een schoolverbeteringsprogramma voor enkelvoudige en combinatieklassen*. Amsterdam/Lisse: Swets&Zeitlinger.
- Vermunt, J. (2011). *Leerstijkenmerken van leermiddelen*. Keynote tijdens de CLU-Leermiddelen-dagen op 17 november 2011, gevonden op 6 januari op <http://www.clu.nl/index.jsp?USMID=79>.

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 1, nummer 1, november 2012

Inhoud

Redactioneel

- 1. Optimaal feiten leren met ict**
Hedderik van Rijn en Menno Nijboer
- 2. Educatieve software voor jonge kinderen**
Adriana G. Bus
- 3. Observationeel leren van videovoorbeelden**
Vincent Hoogerheide, Sofie M. M. Loyens
en Tamara van Gog
- 4. Onderzoekend leren met computersimulaties**
Ton de Jong
- 5. Wat bepaalt de kwaliteit van digitaal leermateriaal?**
Arno Reints en Hendrienne Wilkens