

De wetenschap van het leren toegepast op schoolboeken

Citation for published version (APA):

Surma, T., & Delnoij, L. (2018). De wetenschap van het leren toegepast op schoolboeken. In L. De Man, & M. Van den Brande (Eds.), *Over schoolboeken en leermiddelen: Sleutels voor onderwijskwaliteit?* (pp. 133-155). Politeia.

Document status and date:

Published: 17/12/2018

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Document license:

Taverne

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

De wetenschap van het leren toegepast op handboeken

Citation for published version (APA):

Surma, T., & Delnoij, L. E. C. (2018). De wetenschap van het leren toegepast op handboeken. In L. De Man, & M. Van den Brande (Eds.), *Over schoolboeken en leermiddelen: Sleutels voor onderwijskwaliteit?* (pp. 133-155). Politeia.

Document status and date:

Published: 17/12/2018

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Document license:

Taverne

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

<https://www.ou.nl/taverne-agreement>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

pure-support@ou.nl

providing details and we will investigate your claim.

Downloaded from <https://research.ou.nl/> on date: 01 Feb. 2022

Open Universiteit
www.ou.nl



AUTEURS:

Tim Surma
Laurie Delnoij

DE WETENSCHAP VAN HET LEREN TOEGEPAST OP SCHOOLBOEKEN

Tim Surma, MSc. is leraar wiskunde en zette later de stap naar onderwijswetenschappen, waarin hij afstudeerde aan de Open Universiteit. Hij gaf les in algemene didactiek aan een specifieke lerarenopleiding in Gent en is tot op heden wiskundeleraar in het secundair onderwijs. Daarnaast doctoreert hij bij het onderzoekscentrum voor leren, doceren en technologie (Welten Instituut) aan de Open Universiteit in Heerlen op topics als effectief leren en instructie.

Laurie Delnoij, MSc. studeerde pedagogiek aan Fontys Hogeschool in Sittard en nadien psychologie aan de universiteit van Maastricht, waar ze een specialisatie in sociale en gezondheidspsychologie behaalde. Ze gaf les in psychologie aan de pedagogiekopleiding in Sittard en doet tegenwoordig promotieonderzoek naar interventies die studiesucces vergroten bij het onderzoekscentrum voor leren, doceren en technologie (Welten Instituut) aan de Open Universiteit in Heerlen.

1 Inleiding

Anekdote 1

De auteur van een schoolboek psychologie rest een uitdagende, doch intimiderende taak. Het is haar opdracht nieuwe psychologiestudenten kennis te laten maken met dit vakgebied. Ze wil een compleet overzicht bieden van alle vertakkingen ervan, waarvan een groot deel waarschijnlijk ook niet haar expertise is. Het Kitty Genovese verhaal, het verhaal van de meervoudige intelligenties en het Stanford Prison experiment moeten behandeld worden, om maar enkele voorbeelden te noemen. Tot dusver slaagden auteurs hierin: er zullen maar weinig psychologiestudenten zijn die deze voorbeelden gemist hebben. Echter, zal deze auteur ook de kritieken die op deze ‘psychologische begrippen’ werden geleverd in de afgelopen decennia voldoende inbedden in het lesmateriaal?

Anekdote 2

De leraar wiskunde gebruikt het schoolboek als leidraad voor de planning en uitvoering van zijn lessen. Binnen een lessensequentie meetkunde geeft hij achtereenvolgens de hoofdstukken over volumeberekening van ruimtefiguren zoals ze zijn geordend in het schoolboek (vb., eerst kubus, dan balk, dan prisma ...). Er wordt in elk hoofdstuk eerst een stuk theorie aangebracht. Nadien volgen er telkens voldoende oefenkansen om de formule toe te passen. Bij kleine, tussentijdse toetsen beheersen de leerlingen de leerstof goed maar bij een grotere toets over een meerdere lessen blijken de leerlingen te falen. De leraar merkt een verschil tussen de prestaties van zijn leerlingen op de korte termijn en de leereffecten op langere termijn.

Twee leidende vragen

Schoolboeken leiden dikwijls de dagelijkse onderwijspraktijk van leraar en leerling en zijn in dat opzicht een niet te onderschatten ‘opportunity to learn’. Bovenstaande scenario’s leiden ons tot twee belangrijke vragen die het verdere verloop van dit hoofdstuk vorm zullen geven.

A. Is inhoudelijke content correct weergegeven?

Wanneer in een schoolboek aardrijkskunde de auteur de effecten van global warming foutief of onvolledig weergeeft (m.a.w. niet evidence-based weergeeft), dan bestaat de kans dat de leerling geen correcte informatie bijleert over dit fenomeen. We exploreren hoe auteursteams, uitgeverijen en leraren hiermee kunnen omgaan.

B. Hoe kan cognitieve wetenschap het effectief ontwerp en gebruik van een schoolboek beïnvloeden?

Elk schoolboek maakt bepaalde didactische keuzes. We brengen een aantal basisprincipes van effectieve instructie, gebaseerd op decennia aan cognitief wetenschappelijk onderzoek, in kaart. Deze bijdrage pretendeert niet een wetenschappelijke reviewstudie te zijn over de kwaliteit en evaluatie van schoolboeken. Zie daarvoor o.a. het werk van Pingel (2009), Tomlinson (2011) en het Duitse Georg Eckert Institute for International Textbook Research.

Wel bieden we een startpunt voor verdere exploratie van relevant cognitief onderzoek over instructie en leren dat het potentieel heeft om het effectief gebruik van schoolboeken te verbeteren. Vanzelfsprekend zijn er ook andere invalshoeken belangrijk voor uitgeverijen voor het ontwerp van schoolboeken. Zo denken we aan aspecten die mogelijk – nog meer dan de cognitieve – bepalend zijn voor educatieve uitgeverijen, zoals commerciële aspecten (vb. hoeveel bladzijden kan een boek tellen? Hoeveel kleurplaatjes zijn er mogelijk?) of design aspecten (vb., hoe ontwerp ik het schoolboek zodat de lay-out leraren overtuigt om het te implementeren in hun vak? Welke lettertypes zijn ideaal voor optimaal leescomfort?).

2 Theoretische achtergrond

2.1 Schoolboek als *opportunity to learn*

Een schoolboek biedt een ‘opportunity to learn’, vrij vertaald als een ‘mogelijkheid om te leren’. Dit is de overlapping tussen de informatie die leerlingen aangeboden krijgen om te leren (via schoolboeken, curricula, lessen) en datgene waarop leerlingen getest worden (Floden, 2002).

Enerzijds bepaalt de inhoud van het schoolboek, vaak nog meer dan de vakinhoudelijke of vakoverschrijdende eindtermen die de overheid aanreikt, wat een leerling moet kennen en kunnen. Een wiskundeschoolboek dat een bepaalde meetkundestelling onderbelicht in de oefeningen, vergroot de kans dat leerlingen te weinig oefenkansen krijgen. Anderzijds

beïnvloedt een schoolboek ook de manier waarop de leerstof wordt overgebracht. Zo zullen schoolboeken die leerstof op een modulaire en thematische manier aanbrenge(n), dat anders doen dan schoolboeken die een spiraal-aanpak hanteren, waarin de belangrijkste leerstof regelmatig opnieuw aan bod komt. Sommige studies beweren dat leraren (in dit geval van wetenschappelijke schoolboeken) tot 95% vertrouwen op hun schoolboek voor zowel het inhoudelijke aspect (de zogenaamde leerstof) als het pedagogisch-didactische aspect (Harms & Yager, 1981). Wanneer leraren lessen moeten voorbereiden en geven die buiten hun vakinhoudelijke expertise vallen, vertrouwen ze doorgaans meer op bestaande curriculummaterialen zoals schoolboeken en werkblaadjes. Met hedendaagse inhoudelijke hervormingen (vb. thematisch vakoverschrijdend werk, projectwerk, nieuwe vakken zoals STEM of Mens en Maatschappij) worden leraren soms in vakken geplaatst waar ze zich niet adequaat voor opgeleid voelen. Suboptimale leermaterialen kunnen in dit geval zelfs hinderlijk zijn voor het leren van de leerling én voor het didactisch handelen van de leraar. Daarentegen kunnen goed ontworpen leermaterialen, die inhoudelijk correcte informatie delen en die aanbieden op een manier dat ze rekening houden met hoe mensen effectief leren, een krachtige katalysator zijn om het leren en lesgeven te verbeteren. Wanneer leerling en leraar door het gebruik van het schoolboek bijvoorbeeld regelmatig geconfronteerd worden met kansen om eerder opgedane basisvaardigheden en -kennis op te frissen, is er een realistische hoop dat die basisvaardigheden en -kennis de vloek van de vergeetcurve kunnen doorstaan (zie verder, *distributed practice*, p. 146). Enige realiteitszin leert ons natuurlijk dat het nooit enkel de kwaliteit van het gebruikte schoolboek zal zijn dat de leerwinst en prestaties van leerlingen kan verklaren: daarvoor is de complexiteit van het klaslokaal en de autonomie van de leraar gelukkig te groot.

2.2 Belang van een schoolboek voor de leerling

Er is weinig wetenschappelijk bewijs dat het gebruik van schoolboeken een directe impact heeft op de leerprestaties leerlingen, ondanks de vaststelling dat schoolboeken een prominente rol vervullen in de dagelijkse onderwijspraktijk (Durwin & Sherman, 2008; Landrum, Gurung, & Spann, 2012). Of leerlingen de schoolboeken gebruiken, wordt onder andere bepaald door hun attitude ten opzichte van deze schoolboeken. Die wordt op zijn beurt dan weer bepaald door bijvoorbeeld de aanwezigheid van herkenbare, praktische en levensechte toepassingen, de leesbaarheid en het gebruik van tabellen en grafieken ter illustratie. Daarnaast wordt het gebruik van deze schoolboeken ook positief beïnvloed door een drietal andere factoren: de aanwezigheid van studiehulpmiddelen (de leerbaarheid), hoe gemakkelijk het schoolboek in gebruik is, maar vooral het al dan niet gebruiken van het schoolboek door de leraar zelf (Landrum et al., 2012).

De belangrijkste rol om leerlingen te stimuleren om daadwerkelijk gebruik te maken van de schoolboeken, blijft dus de leraar. Vermoedelijk kan de kwaliteit van de instructie door de leraar de mindere attitude van een leerling ten opzichte van het schoolboek teniet doen (Landrum et al., 2012). Het oordeel van de leerling over de lees- en leerbaarheid van de leerstof kan dus een factor zijn in het beslissingsproces om een schoolboek te gebruiken, al blijft het gebruik door de expert (in casu de leraar) het belangrijkste (Durwin & Sherman, 2008).

3 Is inhoudelijke content correct weergegeven?

3.1 Kritiek op psychologische concepten in schoolboeken

In veel scholen zijn schoolboeken nog steeds de voornaamste bron voor leerstof. De inhoud van deze schoolboeken beïnvloedt, via de leraren, ook de leerlingen en hun prestaties. Wanneer de inhoud van deze schoolboeken niet zorgvuldig en accuraat is weergegeven, zijn de gevolgen nefast. Diverse onderzoekers analyseerden content van bijvoorbeeld Engelstalige psychologieschoolboeken (Ferguson, Brown, & Torres, 2016; Griggs & Whitehead, 2014; Lucas, Blazek, Raley, & Washington, 2005). Psychologieschoolboeken besteden over het algemeen wel aandacht aan de verschillende vertakkingen van het vakgebied maar dit gebeurt vaak niet volledig en/of accuraat (Ferguson et al., 2016; Griggs & Whitehead, 2014; Lucas et al., 2005). Zo komen essentiële onderwijs- en schoolpsychologische concepten in 65% van de schoolboeken aan bod, maar coveren die slechts 0.19-0.29% van de leerstof in deze schoolboeken (Lucas et al., 2005). In een minderheid van de boeken worden topics volledig en accuraat weergegeven (Ferguson et al., 2016). Dit laat vermoeden dat de studenten die gebruik maken van deze schoolboeken wellicht (niet intentioneel) onvolledig of onjuist (vb. verouderd) geïnformeerd worden over belangrijke topics binnen het vakgebied, en daarmee dus niet de kans krijgen om de correcte informatie te bestuderen en leren.

Een experiment als het Stanford Prison Experiment komt in het grootste deel van de psychologieschoolboeken wel aan bod, maar vaak onvolledig en niet accuraat. Ondanks dat er in de afgelopen decennia een flinke portie kritiek op dit experiment geleverd is, komt deze kritiek te weinig aan bod in de schoolboeken die psychologisch onderzoekers raadplegen in het begin van hun studiercarrière. Dit heeft ook invloed op leraren. Het blijkt dat leraren in verhouding evenveel leestijd besteden aan topics (zoals de kritiek op het Stanford Prison Experiment) zoals die in schoolboeken wordt behandeld (Bartels, Milovich, & Moussier, 2016). Dit suggereert dat de lijn die in schoolboeken wordt gestoken ook richting geeft aan de uitvoering en planning van lessen. Bovendien betekent

dit dat auteurs van schoolboeken een belangrijke taak is toegeschreven. Ze bepalen de eerste stap in het creëren van de opportunity to learn voor leerlingen via de (al dan niet) inhoudelijke volledigheid van deze schoolboeken.

3.2 Schoolboeken aan lerarenopleidingen

Niet enkel binnen schoolboeken voor psychologie-opleidingen werd onderzoek gedaan naar inhoudelijke volledigheid. Het NCTQ (National Council on Teacher Quality) bracht in kaart in hoeverre schoolboeken, gebruikt in lerarenopleidingen in de VS, de meest essentiële leer- en instructiestrategieën bevatten. De resultaten waren niet meteen bemoedigend: geen enkel schoolboek gaf een heldere beschrijving van alle belangrijke leerstrategieën (Pomerance, Greenberg, & Walsh, 2016). Dit deed de vraag rijzen naar hoe schoolboeken in Vlaanderen en Nederland effectieve leerstrategieën in kaart brengen. Om na te gaan of toekomstige leraren in lerarenopleidingen hierover geïnformeerd werden, analyseerden we de schoolboeken en syllabi die ze gebruiken in didactisch-pedagogische vakken als een empirische indicator voor hun opportunity to learn (Surma, Vanhoyweghen, Camp, & Kirschner, 2018). De resultaten voor Vlaanderen en Nederland waren vergelijkbaar met die van de VS. Informatie in de boeken over leerstrategieën ontbreekt te vaak, was onvolledig beschreven, of refereerde te zelden naar wetenschappelijke bronnen. Naast inhoudelijk foute informatie kan onvolledige informatie dus evenzeer een hinderpaal zijn voor het leren van de leerlingen en leiden tot mogelijke misconcepties.

3.3 Misconcepties in wetenschappelijke vakken

Misvattingen die leerlingen zich tijdens de secundaire school hebben gevormd, hebben de neiging om hen gedurende hun hele academische loopbaan te volgen (Cangelosi et al., 2013). Hoe langer een leerling zo'n misconceptie heeft, hoe moeilijker het is om deze te corrigeren (voor wiskunde, zie vb. Kilpatrick, Swafford, & Findell, 2009). Daarom is het absoluut noodzakelijk deze misconcepties aan te pakken terwijl de leerlingen nog op de schoolbanken zitten. Misconcepties zijn vaak ook terug te vinden in gepubliceerde materialen en worden daardoor bij leraren en hun leerlingen versterkt of gehandhaafd (Francek, 2013; King, 2010).

Voor leraren is het een tijdrovende taak om te ontdekken welke misconcepties voortvloeien uit het curriculum door het gebruik van schoolboeken. Leraren, maar vooral auteurs kunnen relevante wetenschappelijke bronnen raadplegen om de vaakst voorkomende misconcepties in hun vakgebied te identificeren. Zo zijn er wetenschappelijke reviewstudies voorhanden die inzicht geven in de meest voorkomende misconcepties, zie bijvoorbeeld King (2010) voor wetenschappen en Francek (2013) voor geografie.

3.4 Een boodschap voor auteurs en educatieve uitgeverijen

We benadrukken dat we op basis van een inhoudelijk onvolmaakt schoolboek niet de conclusie mogen trekken dat bepaalde leerstof niet of foutief onderwezen wordt door de leraar. Het staat leraren immers vrij om aanvullend leer materiaal te creëren. Ook hebben we evenmin data die suggereren dat onze schoolboeken die gebruikt worden van het lager tot het hoger onderwijs in ons land bol staan van onvolmaaktheden of het nalaten om misconcepties tegen te gaan. Met bovenstaande onderzoeken geven we echter aan dat het jammer genoeg niet vanzelfsprekend is om integraal te vertrouwen op de inhoudelijke correctheid van aangeleverd educatief materiaal.

Uit de enorme hoeveelheid beschikbaar materiaal aan artikelen, populairwetenschappelijke tijdschriften, websites en andere schoolboeken hebben auteurs van schoolboeken als kennismakelaars immers de zware taak om essentiële inhoud te selecteren, te organiseren en die om te zetten in leerstof voor toekomstige leerlingen. Vaak zijn deze auteurs voltijdse leraren die dit als extraatje in hun takenpakket meenemen. Van hen kan ook niet nog verwacht worden dat ze van elk subtopic inhoudelijk even goed op de hoogte zijn of dat ze tijd investeren om bijvoorbeeld een internationale oriëntering van bepaalde topics te onderzoeken en te kijken of ze evidence-based zijn. Daarom suggereren we de volgende drie maatregelen om de inhoudelijke kwaliteit van schoolboeken te waarborgen.

- Inhoudelijk-pedagogisch veronderstellen we dat auteursteams zich laten leiden door de voorgeschreven doelen, bepaald door hun doelpubliek (vb. leerplannen van het katholiek onderwijs indien een schoolboek geschreven wordt voor die markt). Eigen accenten kunnen vanzelfsprekend aangebracht worden, zolang ze niet van de kernboodschap afleiden. De kerninhouden moeten helder en foutloos weergegeven worden.
- Bij de herwerking van hun teksten kan het een uitdaging zijn voor auteurs om rekening te houden met de wetenschappelijke stand van zaken. Daarom adviseren we dat auteurs naar (primaire) wetenschappelijke bronnen verwijzen en bronvermeldingen ook vermelden in de handleidingen. Binnen de vakgebieden bestaan er ook reviewstudies die overzichten bieden van de vaakst voorkomende misconcepties.
- Educatieve uitgeverijen kunnen hun materiaal laten screenen door een extern team van vakinhoudelijke experts (bemerkt het meervoud), indien dit nog niet zou gebeuren. Wetenschappelijke evidentie is zeker voor complexe topics zoals kolonisatie en global warming vaak moeilijk interpreteerbaar en verdient in schoolboeken de nodige duiding, nuance en verfijning. Het is immers vanzelfsprekend dat uitgeverijen, die duur les materiaal aanbieden aan leerlingen, moeten streven naar kwalitatief hoogstaand en nagenoeg foutloos materiaal. We beseffen dat tijdsdruk en economisch

rendement belangrijke hinderpalen kunnen zijn voor deze screening maar het belang van correcte inhoudelijke informatie voor hele generaties van leerlingen kan niet te weinig onderstreept worden.

4 Hoe kan cognitieve wetenschap het effectief ontwerp en gebruik van een schoolboek beïnvloeden?

4.1 *Evidence-based versus evidence-inspired*

De inhoud van een schoolboek mag dan wel inhoudelijk correct zijn, het is de kwaliteit van de instructie door de leraar die bepalend is opdat de inhoud de leerling ten volle bereikt (Landrum et al., 2012). De manier waarop je als leraar een schoolboek gebruikt kan, in tegenstelling tot de pure inhoud van het schoolboek, niet strikt evidence-based zijn. Het is immers een utopie om te denken dat men er na decennia van geheugenonderzoek in geslaagd is om onveranderlijke wetten vast te stellen die consequent van toepassing zijn op alle mogelijke variaties in materialen, leerlingen, instructie- en leerstrategieën (Roediger, 2008). Toch zijn cognitief psychologen erin geslaagd om een aantal algemene leerprincipes (zoals gespreid leren en zelftesten, zie verder) te identificeren die een positief effect hebben op het leren. Hoewel er momenteel nog steeds verder onderzoek wordt gedaan naar deze principes, zijn de meeste daarvan al decennialang goed en uitgebreid gedocumenteerd. Daarnaast is er tegenwoordig meer dialoog ontstaan tussen geheugenonderzoekers en een belangrijke groep van gebruikers van geheugenonderzoek, namelijk de leraren. Auteurs, zelf vaak leraren, kunnen zich dus laten inspireren door deze principes en ze toepassen bij het ontwerp van hun leermiddelen. Daarom spreken we in de context van het gebruik van schoolboeken eerder over ‘evidence-inspired’ of ‘evidence-informed’ werken. Zie bijvoorbeeld de onderwijs-wetenschappelijke blogs van The Learning Scientists, X, Y of Einstein, 3-star learning experiences of A Design For Education¹ voor laagdrempelige wetenschapscommunicatie over onderwijs en leren.

Wanneer schoolboeken de leerprincipes mee integreren, hebben ze een extra kracht: de leraar die zich misschien niet steeds bewust is van de principes, past ze onbewust ook toe in haar-zijn les wanneer die het boek volgt. We suggereren om deze principes ook te integreren in de handleiding in het lesmateriaal. Dit kan leraren informeren over de kracht van de toepassing van deze principes.

1 <http://www.learningscientists.org/>, <https://pedrodebruyckere.blog/>, <https://3starlearningexperiences.wordpress.com/>, <http://www.adesignfor.education/>.

Elke volgende paragraaf vertegenwoordigt een goed onderzocht principe dat kan worden gebruikt om het leren, het begrijpen en het toepassen van leerstof te verbeteren. Het is onmogelijk om elk van deze leerprincipes zelfs in één enkel hoofdstuk te bespreken. We hebben ernaar gestreefd om het algemene principe samen met enkele concrete voorbeelden te belichten. De geciteerde bronnen zijn een aanknopingspunt voor een verdere zoektocht voor leraar en auteur.

4.2 4.2 Aanbieden van nieuwe leerstof

Voor het verwerven van nieuwe leerstof bieden we vier principes aan die geïntegreerd kunnen worden in schoolboeken: (a) heldere, duidelijke informatie aanbieden, (b) advance organizers introduceren bij de start van hoofdstukken, (c) uitgewerkte voorbeelden van oefeningen voorzien, (d) woord en beeld combineren.

A. Bied heldere en duidelijke informatie aan

Niet elke leerling leert beter wanneer die iets zelf moet ontdekken. Onderzoek van Klahr en Nigam (2004) illustreerde bijvoorbeeld dat leerlingen die onderzoeksvaardigheden expliciet aangeleerd kregen (in plaats van die zelf te ontdekken) beter presteerden op transfertaken (m.a.w., taken die inzicht in de materie veronderstellen zodat je ze kunt toepassen in andere contexten). Kirschner, Sweller, en Clark (2006) ijverden in hun ondertussen klassieke artikel voor voldoende begeleiding en instructie van experts tijdens het leren. Schoolboeken die leraren (en dus leerlingen) niet equiperen met voldoende ‘scaffolds’ (tijdelijke ondersteuning bij moeilijke taken) doen vooral cognitief zwakkere leerlingen te kort. Een schoolboek (in casu, leerwerkboeken) waarin leerlingen alle essentiële informatie zelf moeten opzoeken of noteren, zorgt voor potentiële problemen. Elke leraar die langer dan een paar weken voor een groep leerlingen heeft gestaan, weet dat wat de leerling invult in het leerwerkboek niet altijd exact overeenkomt met wat de leraar wil dat genoteerd wordt (en dat is een understatement). In dat opzicht is het belangrijk dat een schoolboek tenminste een duidelijke, volledige neerslag van de te leren informatie biedt aan de leerlingen.

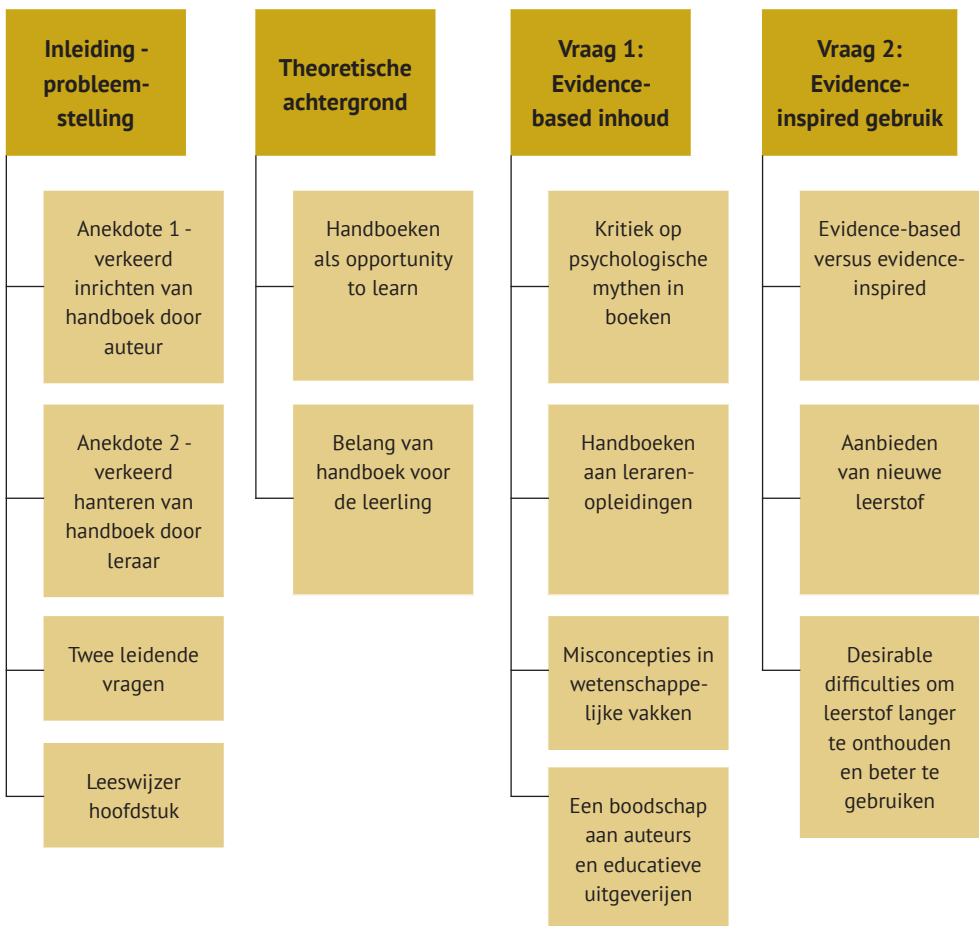
TAKE AWAY

Zorg ervoor dat essentiële informatie (die de leerlingen moeten kennen) ook duidelijk, ondubbelzinnig en gestructureerd in het schoolboek gedrukt staat.

B. Integreer advance organizers bij de start van het hoofdstuk

Domeinspecifieke voorkennis is een van de belangrijkste determinanten voor toekomstig leren (zie ook de 'knowledge is power'-hypothese van Hambrick & Engle, 2002). Wat een leerling al weet, vormt inderdaad de basis voor verder leren. Zonder relevante achtergrondkennis zal een leerling amper in staat zijn om betekenisvolle informatie te halen uit het schoolboek. Daarom is het integreren van advance organizers in schoolboeken zinvol. Een advance organizer kan je omschrijven als een voorbeschouwing (primer) die relevante domeinspecifieke voorkennis van leerlingen ophaalt en die verbindt (of vergelijkt) met de nieuwe kennis (Ausubel, 1960). Vaak zijn advance-organizers grafische voorstellingen die relaties verduidelijken tussen wat al gekend is en nog niet gekend is. Ze zorgen voor een groter conceptueel framework waarin de nieuwe kennis geplaatst wordt. Zie hieronder een voorbeeld van een advance organizer die dit hoofdstuk zou kunnen begeleiden (afbeelding 1).

Afbeelding 1: een advance organizer bij dit hoofdstuk



Andere vormen van advance organizers communiceren bijvoorbeeld de doelen (succes-criteria, verwachtingen) van het hoofdstuk, zonder daarbij in de valkuil te trappen het te laten vervallen in een administratief afvinkwerk. Advance organizers worden idealiter bij de start van een hoofdstuk geplaatst. We sporen leraren ook aan om die advance organizers daadwerkelijk te gebruiken. Auteurs van schoolboeken kunnen triggers voorzien door regelmatig terug te keren naar dit overkoepelend framework van de les door bijvoorbeeld te vragen om onderdelen in de advance organizer aan te vullen. Voor een overzicht van de voordelen en gebruik van advance organizers, zie Mayer (1979) en Nesbit en Adesope (2006).

TAKE AWAY

- Gebruik advance organizers bij de start van elk hoofdstuk.
- Zoek manieren om die advance organizers te betrekken in het didactisch proces.

C. Voorzie uitgewerkte voorbeelden

Een uitgewerkt voorbeeld is een oefening die volledig is opgelost en daarbij de oplossings-procedure demonstreert (Clark, Nguyen, & Sweller, 2011). Uitgewerkte voorbeelden, bij voorkeur in combinatie met prompts (vragen of hints die de leerlingen ertoe aanzetten om het probleem aan zichzelf uit te leggen) bevorderen het leerproces van leerlingen sterk (Booth et al., 2015). Leerlingen die uitgewerkte voorbeelden krijgen, maken minder fouten, kunnen sneller vervolproblemen oplossen en hebben minder ondersteuning van de leraar nodig (Zie o.a. Renkl, 2014). Hieronder zie je een voorbeeld van een uitgewerkt voorbeeld in een wiskundeschoolboek (afbeelding 2). Je bemerkt dat de instructies aan de rechterkant verklaringen bieden voor de gemaakte tussenstappen en kunnen gelden als prompts voor leerlingen om zelf verklaringen te bedenken voor de gezette tussenstappen.

Afbeelding 2: een voorbeeld van een uitgewerkt voorbeeld

Een vergelijking oplossen van de vorm $ax+b=c$

Om een vergelijking van de vorm $ax+b=c$ op te lossen, is het noodzakelijk om de eigenschappen van de optelling en vermenigvuldiging te gebruiken om de uitdrukking te vereenvoudigen

STAPPENPLAN Los op: $\frac{x}{4} - 1 = 3$

$$\frac{x}{4} - 1 = 3$$

$$\frac{x}{4} - 1 + 1 = 3 + 1$$

$$\frac{x}{4} + 0 = 4$$

$$\frac{x}{4} = 4$$

$$4 \cdot \frac{x}{4} = 4 \cdot 4$$

$$1 \cdot x = 16$$

$$x = 16$$

- Het is de bedoeling om de vergelijking te vereenvoudigen tot de vorm *variabele = constante*
- Tel het tegengestelde van de constante term -1 bij elk lid van de vergelijking. Vereenvoudig daarna

- Vermenigvuldig beide leden van de vergelijking met het omgekeerde van de coëfficiënt van de variabele term.
- Vereenvoudig daarna.

Het gebruiken van uitgewerkte voorbeelden verbetert zowel de verankering van conceptuele kennis (feiten, begrippen ...) als de procedurele kennis (stappenplannen, methoden van aanpak). Om de impact van deze uitgewerkte voorbeelden te vergroten wisselt men uitgewerkte voorbeelden, half-uitgewerkte oefeningen en nieuwe oefeningen af. Leerlingen die uitgewerkte voorbeelden bestuderen, er prompts bij krijgen hen ertoe verplichten het probleem aan henzelf uit te leggen, en dan daarna soortgelijke oefeningen maken, versterken dus hun begrip van de bestudeerde concepten. Het principe van de uitgewerkte voorbeelden kan men toepassen op alle vakken waar oplossingsprocedures voor oefenproblemen gebruikt worden. Sterkere leerlingen hebben minder nood aan uitgewerkte voorbeelden.

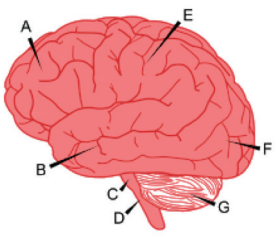
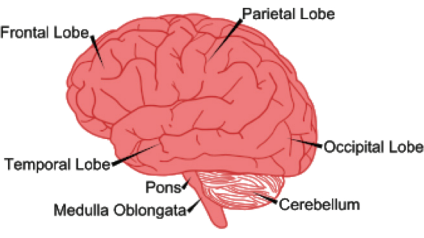
TAKE AWAY

- Bied voor nieuwe types oefeningen of problemen uitgewerkte voorbeelden aan.
- Varieer tussen uitgewerkte voorbeelden, half uitgewerkte oefeningen en gewone oefeningen.
- Zorg voor prompts die leerlingen verplichten de uitgewerkte voorbeelden te analyseren.

D. Combineer beeld en woord

“Een beeld is meer waard dan duizend woorden” is een volkse wijsheid die vanuit cognitieve wetenschap sterk ondersteund is. Er kan meer informatie worden overgebracht door een combinatie van een eenvoudige illustratie en tekst dan door middel van tekst alleen. De dual coding theorie van Allan Paivio (1971) verklaart dit picture superiority effect. Die suggereert dat verbale representaties (woorden, zowel gesproken als geschreven) en visuele representaties (afbeeldingen, animaties, schema's) een onafhankelijk en versterkend effect hebben op het langetermijngeheugen. Om gebruik te maken van de voordelen van deze dual coding, moet verbale informatie waar mogelijk vergezeld gaan van een visuele weergave. Niet elke combinatie van woord en beeld is echter even effectief. Afbeelding 3 illustreert het spatial contiguity principe (ruimtelijk nabijheidsprincipe). Dat stelt dat je beter leert wanneer gedrukte woorden in de buurt van overeenkomstige delen van afbeeldingen staan. Richard Mayer geeft in zijn Cognitive Theory of Multimedia Learning (2002) nog meer concrete richtlijnen om ervoor te zorgen dat de dubbele representatie van woord en beeld geen overbelasting wordt in het werkgeheugen van de leerling.

Afbeelding 3: een voorbeeld van het spatial contiguity principe

 <p>A - Frontal Lobe B - Temporal Lobe C - Pons D - Medulla Oblongata</p> <p>E - Parietal Lobe F - Occipital Lobe G - Cerebellum</p>	
<p>Dit schema zondigt tegen het spatial contiguity principe: leerlingen gebruiken werkgeheugencapaciteit om letters te verbinden met concepten.</p>	<p>Spatial contiguity principe: gedrukte woorden staan in de buurt van de corresponderende delen van afbeeldingen.</p>

TAKE AWAY

- Combineer informatie in woorden met beelden die de begrippen verduidelijken.
- Gebruik de concrete aanwijzingen die Richard Mayer geeft in zijn Cognitive Theory of Multimedia Learning voor het ontwerp van multimodale omgevingen (zowel op papier als online).

4.3 *Desirable difficulties* om leerstof langer te onthouden en beter te gebruiken

Leraren worden vaak geconfronteerd met leersituaties in de praktijk die de prestaties snel verbeteren maar vaak het leren op lange termijn niet ondersteunen. Denk aan de tweede anekdote bij de start van dit hoofdstuk: de leraar biedt leerlingen veel gelijkaardige oefeningen bij een bepaald onderwerp aan, waardoor leerlingen tijdens de les prima presteren. Leersituaties die echter moeilijkheden lijken te veroorzaken voor de leerling, waardoor het tempo van het schijnbare leren in de les vertraagt, optimaliseren vaak het leren en de transfer op lange termijn. Zo zal het regelmatig wisselen tussen types oefening (waarbij leerlingen achtereenvolgens het volume moeten berekenen van een balk, kubus, bol leerlingen) leerlingen voor meer problemen stellen tijdens het oefenen. Ze moeten zichzelf vragen stellen als “Welk volume moet ik berekenen? Welke formule hoort hierbij?”.

Robert Bjork (2011) noemde deze didactische manipulaties ‘gewenste moeilijkheden’ (desirable difficulties). Deze moeilijkheden zijn o.a. het verspreiden van leer- of oefensessies in plaats van dergelijke sessies te groeperen op één moment (a. distributed practice), het gebruik van testen als leerstrategie (b. retrieval practice) en de afwisseling van gelijkaardige oefentypes tijdens het leren in plaats van het gegroepeerd oefenen (c. interleaved practice).

A. Verspreid oefenkansen over het hele schoolboek

Verspreide lees-, oefen- en studiemomenten (EN: distributed practice) hebben een beter effect op het langetermijngeheugen dan lezen, oefenen en studeren op een bepaald moment. Na een eerste gelegenheid om informatie te bestuderen, moeten er nadien nog mogelijkheden zijn om terug te keren naar de informatie. Dit spacing effect is na een eeuw van replicatiestudies een van de meest betrouwbare en robuuste effecten uit het geheugenonderzoek. Het geldt voor verschillende leeftijdsgroepen en voor een verscheidenheid aan leertaken, variërend van eenvoudige woordenschatlijsten tot meer complexe procedurele taken (Carpenter, 2017).

Gespreid leren is een desirable difficulty omdat het in eerste instantie het leren lijkt te vertragen omdat leerlingen zich de eerder geleerde leerstof moeilijker herinneren (en waarschijnlijk een deel ervan vergeten zijn). Deze aanvankelijke moeilijkheid werpt echter op de lange termijn haar vruchten af omdat verspreid leren en oefenen een betere retentie oplevert ten opzichte van het leren op één moment. Toch merken we dat oefeningen die bij een bepaalde concept horen, in schoolboeken vaak gebundeld staan op één plaats.

Door o.a. cumulatieve herhalingsoefeningen (waarbij je oefeningen van een nieuw concept aanvult met oefeningen van eerdere concepten) en de implementatie van een spiraal-aanpak (waarbij de eerdere basiskennis –en vaardigheden de basis is voor nieuwe leerstof) stimuleer je distributed practice.

TAKE AWAY

- Spreid de belangrijkste concepten en procedures over verschillende hoofdstukken.
- Voorzie regelmatig momenten waarop teruggekeerd wordt naar eerdere inhoud, bij voorkeur in combinatie met retrieval practice (zie verder).
- Voorzie niet meer oefeningen van een bepaald concept maar verspreid ze beter.
- Voorzie een spiraal-aanpak waarbij basisvaardigheden en -kennis op verschillende plaatsen in het schoolboek worden getraind in aanloop naar nieuwe vaardigheden en kennis.

B. Bied kansen om leerstof actief te herinneren

In de meeste educatieve settings wordt ‘testen’ beschouwd als louter een vorm van assessment. Op die manier dient het een dubbel doel. Het geeft enerzijds feedback over het leerproces en is het een leidraad voor toekomstige instructiemomenten (formatief evalueren). Anderzijds evalueert het het leren van de leerling (summatief evalueren). Wanneer we het over retrieval practice hebben, nemen we een andere invalshoek die bij het testen hoort. Geheugenonderzoek wijst namelijk uit dat het testen an sich (retrieval practice, het zich proberen herinneren van informatie) het geheugen aanpast en versterkt (Roediger & Karpicke, 2006). We benadrukken dat testen hier ruimer moet gezien worden als een evaluatietool, en staat dus los van beoordelen, het geven van cijfers enz.

Retrieval practice is in tegenspraak met de intuïtieve misconceptie dat ‘meten’ of evalueren een neutrale activiteit is die niks verandert aan wat je meet of evalueert. Wanneer bijvoorbeeld iemand zich weegt, heeft dat geen invloed op het lichaamsgewicht. Het testen zelf zorgt dus wel voor een positieve verandering van het langetermijngeheugen, in de literatuur vaak omschreven als het ‘testing effect’. Dit effect is, samen met het spacing effect, een van oudste en sterkst onderbouwde effecten uit educatieve en cognitieve psychologie (Karpicke, 2017).

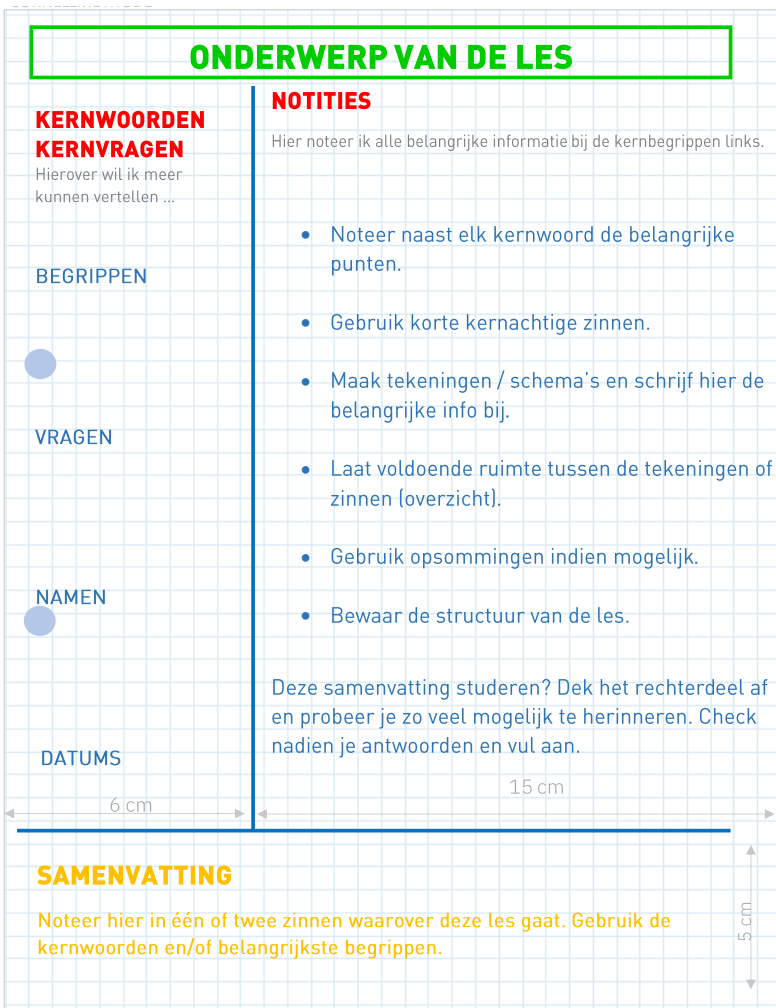
Het actief proberen herinneren van informatie maakt het dus gemakkelijker deze informatie op een later tijdstip te herinneren. Aan de manier waarop schoolboeken nieuwe informatie voor het eerst aanbieden, kan je zien hoeveel kansen tot retrieval practice er zijn (Strong & Boers, 2018).

- Als een nieuw concept voor het eerst wordt aangeboden, is het geen retrieval-kans. Pas wanneer de tweede keer een oefening wordt aangeboden waar de eerdere kennis wordt opgehaald, kan het gecatalogiseerd worden als retrieval practice.
- Wanneer een oefening wordt aangeboden vooraleer de regel is gegeven, beschouwt men het in de vakliteratuur als een trial & error-oefening.

Het onderscheid tussen een trial-en-error-oefening en retrieval practice oefening verwijst dus naar de manier waarop de leerling de oefening aanpakt. Algemeen zijn trial-and-error oefeningen vrij gebruikelijk in schoolboeken, d.w.z. dat een eerste kennismaking met een nieuw concept al meteen in oefenvorm gebeurt, waarbij leerlingen – als ze het zelfstandig moeten oplossen – te werk gaan via trial-and-error. Resultaten van o.a. een experiment van Frank Boers (2018) suggereren dat **trial-and-error + feedback** minder effectief is dan een **uitleg + retrieval**-oefening. Leerlingen blijken de fouten, die ze in een trial-and-error-oefening maakten, na verloop van tijd opnieuw te maken, zelfs na het krijgen van correctieve feedback na het maken van die eerste fout.

De makkelijkste en meest vanzelfsprekende manier om retrieval practice te stimuleren is door (veel) vragen te stellen. Schoolboeken kunnen verder retrieval practice stimuleren door voldoende oefenvragen te voorzien, in de vorm van een diagnostetest, zelftest, herhalingsquiz, flashcards of Cornell-schema's. Flashcards zijn oefenkaartjes waar begrippen op een zijde gedrukt staan, de oplossing aan de keerzijde. Leerlingen kunnen hierdoor zichzelf testen. Bij een Cornell-schema zijn kernbegrippen of -vragen links geordend. Leerlingen noteren begrippen, verklaringen of voorbeelden aan de rechterkant (zie afbeelding 4). Daardoor kunnen ze zowel de linker- als de rechterkant afdekken en zichzelf testen, zonder onmiddellijk te kijken naar de antwoorden. Schoolboeken kunnen dit modelleren door uitgewerkte tot half-uitgewerkte Cornell-schema's als oefening aan te bieden of door kernbegrippen links in een kantlijn te plaatsen.

Afbeelding 4: de lay-out van een typisch Cornell-schema.



TAKE AWAY

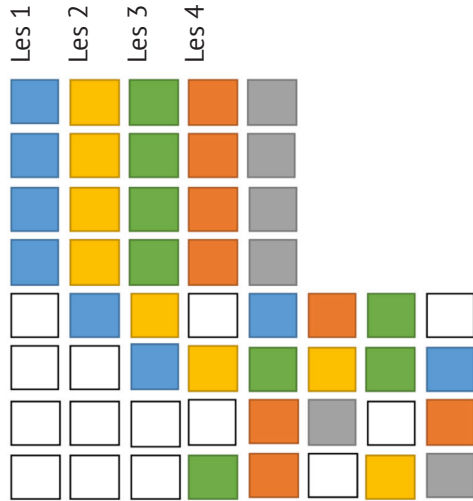
- Voorzie na de aanbrengh van nieuwe leerstof voldoende kansen waarbij leerlingen informatie kunnen ophalen uit hun langetermijngeheugen.
- Zorg voor regelmatige herhalingsquiz-vragen, geïntegreerd in de oefeningsreeksen (en niet enkel achteraan bij een herhalingsles).
- Voorzie de mogelijkheid om flashcards te gebruiken (in handleiding of digitaal).
- Plaats kernbegrippen in de linker kantlijn zodat leerlingen zichzelf kunnen testen door de rechterkant af te dekken (Cornell-schema modelleren).

C. Zorg voor afwisseling van onderwerpen in oefenreeksen.

Afbeelding 5: een oefensequentie bij interleaved practice (rechts)

Les 1	Les 2	Les 3	Les 4	
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■

Deze oefensequentie zondigt tegen *interleaved practice*: oefeningen gebundeld per leerinhoud



Traditioneel bieden schoolboeken oefeningen per onderwerp aan alvorens naar een volgend onderwerp door te schuiven (zie de tweede anekdote bij de start). Bij interleaved practice wordt een deel van elke lessenreeks besteed aan verschillende soorten problemen die in een gemengde volgorde worden aangeboden (bv. abcabcac in plaats van aaabbbccc, zie afbeelding 5). In een grootschalig experiment van Doug Rohrer en collega's (2015) maakten leerlingen huistaken waarbij oefeningen ofwel geordend waren per topic, ofwel afgewisseld werden tussen andere types oefeningen. Leerlingen die oefenden volgens het 'interleaved schema' presteerden beduidend beter. Tijdens de prestatie zelf, scoren leerlingen die interleaved oefenen soms minder goed. Het effect wordt pas duidelijk op langere termijn (Rohrer, 2012). Wie afwisselend oefent, heeft ook automatisch het voordeel van het spacing effect. Wanneer een schoolboek interleaved practice niet stimuleert, wordt alle inhoud van één (sub)onderwerp bestudeerd of worden alle problemen van één type geoefend voordat de leerling naar een andere set van problemen doorgaat. Vanaf de derde oefening binnen een bepaald onderwerp denken leerlingen bijvoorbeeld niet meer na over welke formule ze moeten gebruiken – ze doen gewoon verder met wat ze bezig zijn.

Daardoor is dit leerprincipe eveneens een desirable difficulty omdat het de momentane prestatie van de leerling tijdens de les eerder bemoeilijkt maar het toetscores op lange termijn aanzienlijk verbetert. Interleaving is veelbelovend in het aanleren van procedurele wiskundige of wetenschappelijke probleem oplossende vaardigheden, zoals het toepassen van wiskundige formules, algebraïsche regels en geometrische problem solving.

Oefenen per topic blijft aangewezen wanneer de leerstof weinig gemeenschappelijks lijkt te hebben: je hoeft bijvoorbeeld geen wiskundige constructie-oefeningen af te wisselen met algebraïsche oefeningen. Het is net het nadenken over het onderscheid tussen gelijkwaardig uitziende concepten dat de rijkdom van interleaving illustreert. Interleaving betekent evenmin dat er niet initieel geoefend mag worden op de nieuw aangeleerde vaardigheid.

TAKE AWAY

- Bied, na de initiële inoefening van een nieuw concept, ook oefeningen aan over eerder geziene concepten.
- Voorzie lessen waarbij oefeningen van eerdere lessen willekeurig door elkaar worden aangeboden.

4 Tot slot



Auteurs van schoolboeken kunnen bovenstaande principes meenemen in de creatie of herwerking van hun leermaterialen. Handleidingen kunnen leraren informeren over de instructieprincipes die ze hanteerden en waarom deze, wanneer goed toegepast, kunnen leiden tot succesvol leren. Digitale toepassingen kunnen sommige van de bovenstaande principes mee faciliteren. Zo denken we dat interleaved practice en retrieval practice perfect ingebed kunnen worden in een elektronische leeromgeving. Toch blijven de leraren die dagelijks voor de klas staan de belangrijkste actoren in onderwijsland. De leraar is aan zet. Die zorgt er immers voor dat de leermiddelen effectief gebruikt worden zodat het leren van zijn/haar leerlingen optimaal verloopt.

Referenties

- Ausubel, D. P. (1960). The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material. *Journal of educational psychology*, 51(5), 267-272. <http://dx.doi.org/10.1037/h0046669>
- Bartels, J. M., Milovich, M. M., & Moussier, S. (2016). Coverage of the Stanford prison experiment in introductory psychology courses: A survey of introductory psychology instructors. *Teaching of Psychology*, 43(2), 136-141. <https://doi.org/10.1177/0098628316636290>
- Bjork, E. L., & Bjork, R. A. (2011). Making things hard on yourself, but in a good way: Creating desirable difficulties to enhance learning. In M. A. Gernsbacher, R. W. Pew, L. M. Hough, & J. R. Pomerantz (Eds.), *Psychology and the real world: Essays illustrating fundamental contributions to society* (pp. 56-64). Washington: DC: Worth Publishers.
- Booth, J. L., Lange, K. E., Koedinger, K. R., & Newton, K. J. (2013). Using example problems to improve learning in algebra: Differentiating between correct and incorrect examples. *Learning and Instruction*, 25, 24-34. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2012.11.002>
- Cangelosi, R., Madrid, S., Cooper, S., Olson, J., & Hartter, B. (2013). The negative sign and exponential expressions: Unveiling learners' persistent errors and misconceptions. *The Journal of Mathematical Behavior*, 32(1), 69-82. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmathb.2012.10.002>
- Carpenter, S. K. (2017). Spacing effects on learning and memory. In J. H. Byrne (Ed.), *Learning and Memory: A Comprehensive Reference* (2nd ed., pp. 465-485). Oxford: Academic Press.



- Clark, R. C., Nguyen, F., & Sweller, J. (2011). *Efficiency in learning: Evidence-based guidelines to manage cognitive load*. John Wiley & Sons.
- Durwin, C. C. & Sherman, W. M. (2008) Does Choice of College Textbook Make a Difference in learners' Comprehension? *College Teaching*, 56(1), 28-34. doi:10.3200/CTCH.56.1.28-34
- Ferguson, C. J., Brown, J. M., & Torres, A. V. (2016). Education or indoctrination? The accuracy of introductory psychology textbooks in covering controversial topics and urban legends about psychology. *Current Psychology*, 1-9. <https://doi.org/10.1007/s12144-016-9539-7>
- Floden, R. E. (2002). The measurement of opportunity to learn. In A. C. Porter & A. Gamoraxt (Eds.), *Methodological advances in cross-national surveys' of educational achievement* (pp. 231-266). Washington, DC: National Academy Press. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2017.10.002>
- Francek, M. (2013). A compilation and review of over 500 geoscience misconceptions. *International Journal of Science Education*, 35(1), 31-64. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.736644>
- Griggs, R. A., & Whitehead III, G. I. (2014). Coverage of the Stanford prison experiment in introductory social psychology textbooks. *Teaching of Psychology*, 41(4), 318-324. <https://doi.org/10.1177/0098628314549703>
- Hambrick, D. Z., & Engle, R. W. (2002). Effects of domain knowledge, working memory capacity, and age on cognitive performance: An investigation of the knowledge-is-power hypothesis. *Cognitive psychology*, 44(4), 339-387. <https://doi.org/10.1006/cogp.2001.0769>
- Harms, N.C., & Yager, R.E. (1981). *What research says to the science teacher science*. Philadelphia: Open University Press.
- Karpicke, J. D. (2017). Retrieval-based learning: A decade of progress. In J. H. Byrne (Ed.), *Learning and Memory: A Comprehensive Reference* (2nd ed., pp. 487-514). Oxford, UK: Academic Press.
- King, C. J. H. (2010). An analysis of misconceptions in science textbooks: Earth science in England and Wales. *International Journal of Science Education*, 32(5), 565-601. <https://doi.org/10.1080/09500690902721681>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational psychologist*, 41(2), 75-86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Klahr, D., & Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction: Effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological science*, 15(10), 661-667. <https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2004.00737.x>

- Landrum R. E., Gurung, R. A. R., & Spann, N. (2012) Assessments of Textbook Usage and the Relationship to leerling Course Performance. *College Teaching*, 60(1), 17-24. doi:10.1080/87567555.2011.609573
- Lucas, J. L., Blazek, M. A., Raley, A. B., & Washington, C. (2005). The lack of representation of educational psychology and school psychology in introductory psychology textbooks. *Educational Psychology*, 25(4), 347-351. <https://doi.org/10.1080/01443410500041318>
- Mayer, R. E. (1979). Can advance organizers influence meaningful learning? *Review of educational research*, 49(2), 371-383. <https://doi.org/10.3102/00346543049002371>
- Mayer, R. E. (2002). Multimedia learning. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 41, pp. 85-139). Academic Press.
- National Research Council & Mathematics Learning Study Committee. (2001). *Adding it up: Helping children learn mathematics*. National Academies Press.
- Nesbit, J. C., & Adesope, O. O. (2006). Learning with concept and knowledge maps: A meta-analysis. *Review of educational research*, 76(3), 413-448. doi:10.3102/00346543076003413
- Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. New York: Holt, Rinehart, and Winston.
- Pingel, F. (2010). *UNESCO guidebook on textbook research and textbook revision*. Paris: Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Pomerance, L., Greenberg, J., & Walsh, K. (2016). *Learning about learning: What every new teacher needs to know*. Washington, DC: National Council on Teacher Quality. Retrieved from http://www.nctq.org/dmsView/%0ALearning_About_Learning_Report
- Renkl, A. (2014). Toward an instructionally oriented theory of example-based learning. *Cognitive science*, 38(1), 1-37. <https://doi.org/10.1111/cogs.12086>
- Roediger, III, H. L. (2008). Relativity of remembering: Why the laws of memory vanished. *Annu. Rev. Psychol.*, 59, 225-254. doi:10.1146/annurev.psych.57.102904.190139
- Roediger, H. L., & Karpicke, J. D. (2006). The power of testing memory. *Perspectives on Psychological Science*, 1, 181-210. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6916.2006.00012.x>
- Rohrer, D. (2012). Interleaving helps leerlings distinguish among similar concepts. *Educational Psychology Review*, 24(3), 355-367. <https://doi.org/10.1007/s10648-012-9201-3>

- Rohrer, D., Dedrick, R. F., & Stershic, S. (2015). Interleaved practice improves mathematics learning. *Journal of Educational Psychology*, 107(3), 900-908. <http://dx.doi.org.ezproxy.elib11.ub.unimaas.nl/10.1037/edu0000001>
- Strong, B., & Boers, F. (2018). The Error in Trial and Error: Exercises on Phrasal Verbs. *TESOL Quarterly*. <https://doi.org/10.1002/tesq.478>
- Surma, T., Vanhoyweghen, K., Camp, G., & Kirschner, P. A. (2018). The coverage of distributed practice and retrieval practice in Flemish and Dutch teacher education textbooks. *Teaching and Teacher Education*, 74, 229-237. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2018.05.007>
- Tomlinson, B. (Ed.). (2011). *Materials development in language teaching*. Cambridge University Press.