

SlimStampen

Optimaal leren door kalibratie op kennis en vaardigheid

Iedere keer als een leerling een lijstje woordjes voor een vreemde taal leert, herhaalt hij een experiment dat ten grondslag heeft gelegen aan veel van de kennis die wij nu hebben over het menselijk geheugen. In dit verslag bespreken wij een methode die deze kennis toepast en die ertoe leidt dat deze rij woordjes veel effectiever en beter geleerd kan worden. Aangezien dit onderzoek is uitgevoerd in een schoolomgeving, waarbij rekening werd gehouden met verschillen tussen leerlingen in voorkennis en vaardigheden, kunnen de uitkomsten van dit onderzoek direct worden toegepast om leren te optimaliseren.

Spreiding en toetsing

In 1885 onderzocht de Duitse wetenschapper Hermann Ebbinghaus hoe het menselijk geheugen werkt door zichzelf lange lijsten van verzonden woorden (zwap, trolf, etc) te leren. Sommige conclusies uit zijn werk zijn voor de hand liggend, zoals "vaker herhalen leidt tot beter onthouden". Maar een minder voor de hand liggende observatie van Ebbinghaus was dat je *minder* studie-momenten nodig hebt als de studie-momenten *verder* uit elkaar liggen. Dit spreidingseffect is in de ruime eeuw na de eerste studies van Ebbinghaus uitgebreid onderzocht. Uit het onderzoek bleek keer en keer opnieuw dat gespreid leren vele malen effectiever is dan massaal leren, en dat hoe groter de afstand tussen twee leermomenten, hoe groter het effect van die leermomenten is. (Zie Kader 1 voor een voorbeeld.)

In onderzoek gebaseerd op dit werk wordt er vaak naar gestreefd om de spreiding optimaal te laten zijn, waardoor er wordt gekozen om een relatief groot aantal feiten te laten leren in een relatief lange tijd. Hoewel dit zonder meer de beste leerresultaten oplevert, is de kennis die met dit onderzoek wordt opgedaan niet goed te rijmen met de manieren waarop in de praktijk geleerd wordt. Leerlingen op middelbare scholen geven bijvoorbeeld zelf aan dat zij meestal pas de avond voor een deadline relatief weinig tijd besteden aan het snel even stampen van het rijtje opgegeven woordjes.

Een andere, meer recente ontdekking (Karpicke & Roediger, 2006) wordt wel het toets-effect genoemd. Dit toets-effect houdt in dat actief iets uit het geheugen ophalen, zoals gedaan moet worden bij een toets, leidt tot groter lerend effect dan iets bestuderen. Met andere woorden, als een leerling zich succesvol weet te herinneren dat "arbre" de Franse vertaling is van "boom", leidt het ophalen van deze vertaling tot een sterker leermoment dan het woordpaar "boom - arbre" bestuderen door het min of meer passief een paar keer over te lezen. Als een leerling echter niet meer weet wat de vertaling van "boom" is, zal het bestuderen toch nodig zijn om bij een volgende toets wel het juiste antwoord te weten. Dat dit toets-principe goed werkt, valt ook af te leiden uit de vele manieren die docenten en leerlingen verzonden hebben om zichzelf te kunnen overhoren, zoals "flashcards" en websites zoals <http://www.wrts.nl>.

Kader 1

A	boom = arbre	boom = arbre	boom = arbre	wijn = vin	wijn = vin	wijn = vin
————— tijd —————→						
B	boom = arbre	wijn = vin	boom = arbre	wijn = vin	boom = arbre	wijn = vin
————— tijd —————→						
C	boom = arbre	auto = voiture	vrouw = femme	glas = verre	wijn = vin	boom = arbe
————— tijd —————→						

Voorbeelden van gespreid versus massaal leren staan in de figuur hierboven. In voorbeeld A leert een leerling een aantal maal woordpaar 1, boom - arbre, en daarna een aantal maal woordpaar 2, wijn - vin. Dit wordt massaal leren genoemd. In voorbeeld B leert deze leerling beide woordparen afwisselend, wat tot betere resultaten zal leiden. Nog betere resultaten zijn te verwachten volgens een methode die is afgebeeld in voorbeeld C, waarbij de afstand tussen twee leermomenten (zie boom - arbre) het grootst is.

Deze twee aspecten, maximale spreiding en toetsen in plaats van passief leren, staan echter op gespannen voet met elkaar. Bij een te grote spreiding, dus te veel tijd tussen twee leermomenten, zal een leerling een vertaling niet meer kunnen ophalen, en vervalt dat leermoment dus tot het minder effectieve bestuderen. Als de spreiding echter te klein is, zal een leerling de vertaling nog wel weten, maar zorgt de kleinere spreiding voor een suboptimaal resultaat. De

uitdaging is dus om de juiste balans te vinden tussen spreiding aan de ene kant, en actief ophalen van kennis aan de andere kant.

Formele benadering van leren

In het recente onderzoek dat is uitgevoerd in het kader van het afstudeeronderzoek van Marnix van Woudenberg (2008) hebben wij onderzocht of wij deze twee aspecten succesvol samen kunnen voegen. Hiervoor zijn wij uitgegaan van een wiskundig model dat kan aangeven hoe goed een bepaald feitje nog in ons geheugen zit, uitgedrukt in de activatie van dat feitje. Deze activatie wordt bepaald door het aantal herhalingen van het feitje en de momenten waarop deze herhalingen plaatsvonden. Formule 1 is hier de simpelste vorm van, opgesteld door John Anderson en Leal Schooler (1991). Hierbij is A_i de activatie van het feitje en geven de verschillende B_i waarden aan wanneer het feitje is gebruikt. De $-d$ exponent drukt het vergeten uit, want hoe langer een leermoment geleden is (waardoor de B_i waarde groot is), hoe kleiner de bijdrage van dat leermoment is aan de totale activatie. Deze formule houdt echter geen rekening met spreiding. Samen met Phil Pavlik heeft John Anderson in 2005 deze formule aangepast om beter rekening te houden met spreiding. Hiervoor hebben zij aangenomen dat de activatie van een feitje op het moment dat het feitje herhaald wordt, bepalend is voor de snelheid waarmee het vergeten wordt: hoe hoger de activatie, hoe hoger de vergeetsnelheid. Met deze benadering hebben Pavlik en Anderson succesvol alle belangrijke fenomenen die te maken hebben met spreiding weten te verklaren, hoewel ook andere benaderingen, bijvoorbeeld van Jeroen Raaijmakers (2003), op een net iets andere manier dezelfde effecten kunnen verklaren.

Formule 1:

$$A_i = \sum (B_i^{-d})$$

Echter, deze verklaringen blijven steken op een relatief hoog niveau. Op basis van deze methodes kan gesteld worden dat een gemiddeld feitje, bij een gemiddelde leerling, na een bepaald aantal herhalingen, gemiddeld op een bepaald niveau geleerd zal zijn. Dit staat in groot contrast met verscheidenheid in kennis en vaardigheden die leerlingen meenemen naar een leersessie: een leerling die regelmatig op vakantie gaat in Frankrijk zal makkelijker franse woordjes herkennen en leren dan een leerling die buiten de lessen nooit met Frans in aanraking komt. De leerling die snel leert, en dus een hogere activatie heeft, zal een grotere spreiding aankunnen dan de leerling die meer moeite heeft met leren.

SlimStampen

In ons onderzoek hebben wij een systeem ontwikkeld, *SlimStampen*, dat precies deze aanpassing tot stand probeert te brengen: als feitjes snel worden onthouden, worden ze verder uit elkaar gespreid, als feitjes de leerling moeilijk vallen, blijft de spreiding beperkt. Hiervoor probeert SlimStampen de vergeetsnelheid zo klein mogelijk te laten zijn en tegelijkertijd te voorkomen dat een toetsmoment niet wordt gehaald.

Om de vergeetsnelheid zo klein mogelijk te laten zijn, moet het herhalen van het feitje zo lang mogelijk worden uitgesteld. Omdat we ervan uitgaan dat een feitje alleen kan worden opgehaald als de activatie van dat feitje boven een drempelwaarde uitkomt, kan de activatie worden gebruikt om een optimale spreiding te genereren: zolang de activatie van het feitje nog ruim boven de drempel uitkomt, kan de leerling beter andere feitjes oefenen, omdat we daarmee de spreiding vergroten. Pas zodra de activatie in de buurt van de drempel komt, moet het feitje worden herhaald, om te zorgen dat het feitje niet onder de ophaaldrempel zakt. Hierdoor garanderen we dat we zo optimaal mogelijk gebruik maken van zowel de spreiding als de toetseffecten.

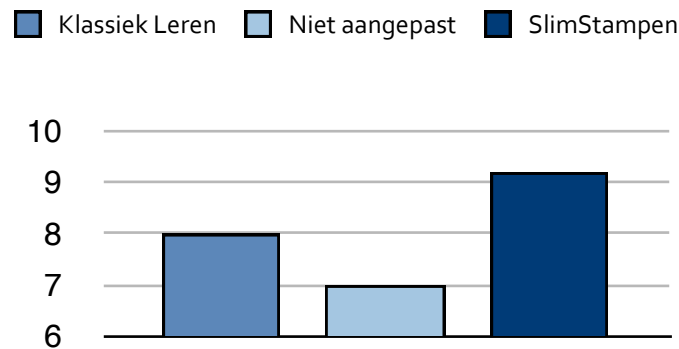
Om dit per leerling te kunnen aanpassen, maken wij gebruik van het idee dat feitjes die goed zijn opgeslagen, snel kunnen worden opgehaald uit het geheugen. Als een leerling snel een antwoord kan geven, zal het feitje relatief hoog actief zijn. Dus, als het systeem denkt dat de activatie van een feitje dicht bij de drempelwaarde ligt, moet het relatief lang duren voordat de leerling een antwoord geeft. Als de leerling echter toch snel een antwoord geeft, was dit feitje blijkbaar nog voldoende actief, en had het systeem langer kunnen wachten met herhalen waardoor de spreiding groter was geworden. Als het systeem deze situatie herkent, zorgt het ervoor dat een volgende herhalen van het feitje wat langer wordt uitgesteld. Met andere woorden, de antwoordsnelheid van de leerling wordt gebruikt om het model in SlimStampen te kalibreren op de vaardigheden en kennis van de leerling.

Test in de praktijk

Hoewel dit soort ideeën in theorie goed zouden moeten werken, is de realiteit vaak anders. Een van de redenen hiervoor is dat een idee dat binnen de ivoren torens van de universiteit goed werkt, dikwijls niet past op de dagelijkse realiteit. Ook het spreidings-onderzoek heeft hiermee te maken omdat er meestal wordt getest met het leren van "nutteloze" feitjes (zoals de verzonnen woorden) zodat er minder individuele verschillen zullen zijn. Een ander voorbeeld is dat spreiding goed blijkt te werken als er meerdere leersessies van een uur zijn, maar dat kortere

leersessies nauwelijks worden getest omdat in korte sessies de maximale spreiding relatief klein zal zijn. Hiermee staat de theorie ver af van de praktijk, omdat leerlingen voor de typische hoeveelheid van 20 woordjes per les vaak niet meer dan een half uurtje leren gebruiken.

Om te testen of SlimStampen wél werkt in de praktijk, hebben wij een situatie nagebootst die zo dicht mogelijk aansluit bij het "normale leren". Hiervoor hebben wij, in samenspraak met vakdocenten, 20 woorden in SlimStampen opgenomen die voor een les een week later geleerd moesten worden. Daarna hebben wij 82 leerlingen uit 3 HAVO en 3 VWO een kwartier laten leren, of met de optimale methode zoals geïmplementeerd in het SlimStampen systeem, of met meer traditionele systemen. Deze leersessie vond plaats tijdens een normaal lesuur Frans, en was voor de leerlingen een op zichzelf staande opdracht. De volgende dag, bij de volgende les Frans, kregen de leerlingen een onverwachte overhoring. Figuur 1 geeft de resultaten van deze overhoring weer. "SlimStampen" is hierbij de nieuwe methode die zich aanpast aan de leerling, "Klassiek leren" is standaard leren waarbij woorden in groepjes van vijf



Figuur 1: Resultaten leermethodes in rapportcijfers

woorden worden aangeboden en getest, en "niet aangepast" is spreiding zonder dat rekening wordt gehouden met de individuele eigenschappen van de leerlingen. Zoals in deze figuur te zien is, leveren alle leermethodes gemiddeld voldoende resultaten op. De verschillen tussen de drie methodes zijn behoorlijk groot (en statistisch significant). Met vijftien minuten "Klassiek leren", scoren leerlingen gemiddeld ongeveer een 8. De volgende kolom geeft de resultaten van de niet aangepaste spreidingsmethode weer. Opvallend is dat, hoewel spreiding voor langere leersessies in de literatuur betere resultaten laat zien, dit hier niet het geval is. Leerlingen in deze methode scoren gemiddeld een 7, significant *slechter* dan de "Klassiek leren" methode, wat een duidelijke illustratie is van het verschil tussen theorie en praktijk. De grote uitschieter is de SlimStampen methode:

Door rekening te houden met de individuele verschillen van de leerlingen, zorgt deze methode dat leerlingen significant betere resultaten behalen op een onverwachte overhoring een dag later: de leerlingen scoren gemiddeld meer dan een 9!

Conclusie

Dit onderzoek heeft laten zien dat het toepassen van wetenschappelijke kennis over hoe mensen feitjes leren kan leiden tot leermethodes die binnen 15 minuten een verschil maken van meer dan 1 cijferpunt. Deze methode is zo succesvol, dat wij van plan zijn deze methode breder toegankelijk te maken, zodat ook leerlingen buiten deze eerste proef gebruik kunnen maken van de SlimStampen methode.

Referenties

- Anderson, J. R., & Schooler, L. J. (1991). Reflections of the environment in memory. *Psychological Science*, 2 (6), 396–408.
- Ebbinghaus, H. (1885). *Memory: A contribution to experimental psychology*. Teachers College, Columbia University, Translated by Henry A. Ruger and Clara E. Bussenius (1913).
- Roediger, H. L., & Karpicke, J. D. (2006). Taking memory tests improves long-term retention. *Psychological Science*, 17 (3), 249–255.
- Pavlik, P., & Anderson, J.R. (2005). Practice and forgetting effects on vocabulary memory: An activation-based model of the spacing effect. *Cognitive Science*, 29 (4), 559–586.
- Raaijmakers, J. G. W. (2003). Spacing and repetition effects in human memory: Application of the SAM model. *Cognitive Science*, 27 (3), 431–452.
- Van Woudenberg, M. (2008). *Optimal word pair learning in the short term: Using an activation based spacing model*. Unpublished master's thesis, University of Groningen.