



**Kennis zit in netwerken
van neuronen**

Veelvuldig toetsen stimuleert het geheugen

■ Henk van Berkel

Dr. Mult. H. van Berkel is oud-hoofdredacteur van Examens, tijdschrift voor de toetspraktijk.
E-mail: henkvanberkel22@gmail.com

Onderzoek naar de hersenen heeft een aantal verrassende resultaten opgeleverd die zeer bruikbaar zijn voor het onderwijs. Nog niet zo lang geleden was het onmogelijk onderzoek te doen naar het functioneren van (menselijke) hersenen zonder letterlijk ingrijpende handelingen te verrichten: met dunne naalden tot diep in de hersenen doordringen. Er zijn nog nauwelijks proefpersonen die zoiets vrijwillig willen ondergaan. Maar sinds de geneeskunde technieken heeft ontwikkeld als (f)MRI, PET- en CT-scan en EEG, hebben neuropsychologen die technieken aangegrepen om ze in te zetten voor hun onderzoek naar het functioneren van de hersenen. De resultaten zijn verbluffend.

Hoewel bij lange na de hersenen niet al zijn geheimen heeft prijsgegeven, weten we al veel. Bijvoorbeeld dat informatie over onderwerp A niet ergens zit 'opgesloten' in kastje A, maar dat die informatie in feite is vormgegeven in een netwerk van neuronen. Neuronen hebben we genoeg. In onze hersenen zitten er zo'n 100 miljard. Al die neuronen maken verbindingen met andere neuronen, via zogenaamde dendriten. Soms wel met duizend andere neuronen. Hokjes bestaan niet, wel netwerken van neuronen die functioneren in bepaalde gebieden van de hersenen. Hoe komt er informatie in die netwerken?

Vorming van netwerken

Heel in het kort: onze zintuigen sturen continu signalen naar het zintuiglijk geheugen. Dat geheugen werkt als een filter: wel of niet doorsturen naar het werkgeheugen, ook wel kortetermijngeheugen genoemd. Veruit het merendeel haalt het werkgeheugen niet. Dat is maar goed ook. Het werkgeheugen zou op tilt raken. Het kan maar weinig informatie aan. Het

werkgeheugen doet wat de naam zegt: het verwerkt informatie. Maar het verwerkingsvermogen is beperkt. Het kan slechts ongeveer zeven informatie-eenheden onthouden. Dat is zelfs te weinig om een 06-nummer te onthouden. Om de binnengekomen informatie tot nut te laten zijn, moet er een truc worden gevonden: het geheugen gaat *chunken*. Dat wil zeggen, het geeft aan de binnengekomen informatie betekenis en probeert hiertussen verbanden te leggen. Voor het onthouden van een telefoonnummer is dat bijvoorbeeld door een bepaalde ritmiek in het cijferpatroon aan te brengen: xx xxx xx xxx. Dat verhoogt de capaciteit van het werkgeheugen aanzienlijk omdat op die manier de beperking van zeven afzonderlijke eenheden wordt omzeild. Een verband tussen samenhangende informatie kan worden gezien als één. Op die wijze kan de capaciteit van het werkgeheugen worden opgerekt.

Het werkgeheugen stuurt de uitkomst van zijn informatieverwerking naar het langetermijngeheugen die het ergens opbergt. Waar precies

weten we niet, maar waarschijnlijk ergens aan de voorkant van de hersenen, achter ons voorhoofd. Opbergen moet je breed opvatten. Er zijn geen kastjes in onze hersenen. Opbergen betekent in feite dat nieuwe informatie deel gaat uitmaken van een bestaand netwerk dat een representatie is van 'iets', van een vaardigheid bijvoorbeeld, of de inhoud van een bepaald boek. Herhaalde of langdurige activering van een netwerk leidt tot aanpassingen; er ontstaan nieuwe verbindingen, het aantal dendrieten groeit, of versterken bestaande. Het werkt ook andersom. Uit het langetermijngeheugen worden netwerken van neuronen naar het werkgeheugen gebracht om daar met nieuwe informatie te worden gevoed of er door te worden versterkt. Experts onderscheiden zich van leken doordat ze robuuste netwerken hebben gevormd door jarenlang te studeren. Daarvoor zijn wel externe prikkels nodig.

Impact van toetsen

En daar begint de link met toetsen. Het beantwoorden van een vraag dwingt een student of leerling tot nadenken. Dat impliceert reconstructie van bestaande kennis. Er is namelijk geen lade waar het zo uit kan worden gehaald zoals een computer dat doet uit een harde schijf. Studenten hebben de studiestof bestudeerd en op de toets moeten zij het netwerk dat zij in hun hersenen hebben gevormd over het onderwerp, uit het langetermijngeheugen terughalen naar het werkgeheugen. Daar vindt de koppeling plaats met de toetsvraag en komen studenten tot een antwoord. Zij verstevigen zo het reeds bestaande netwerk of breiden het uit doordat de toetsvraag hen heeft gedwongen twee netwerken aan elkaar te verbinden. Het werkgeheugen plaatst vervolgens het gewijzigde netwerk met sterkere onderliggende verbindingen terug in het langetermijngeheugen. De beste toetsvragen om dit proces te initiëren zijn vragen die studenten aanzetten tot nadenken. Vragen naar feitenkennis zetten geen creatief denkproces op gang dat leidt tot nieuwe of uitgebreidere netwerken. Dat laat

onverlet dat het bevragen van studenten naar hun kennis nuttig is omdat het hebben van kennis een voorwaarde is voor het verkrijgen van inzicht. Toepassingsvragen en vragen die een beroep doen op hogere cognitieve vaardigheden, activeren het denkproces veel meer en beter.

Reflecteren

Reflecteren op het geleerde is belangrijk. Er zijn vele definities van reflecteren. Binnen de context van (het voorbereiden op) de toets betekent het dat studenten nadenken over wat ze hebben geleerd, wat het geleerde toevoegt aan datgene wat ze voorafgaande aan het leerproces al kenden, dat ze hoofd- en bijzaken van elkaar kunnen scheiden en dat ze nadenken over de plaats die het geleerde inneemt in het vak dat ze hebben bestudeerd, aan de theorie ervan of aan de praktische toepassingen. Reflecteren is het sleutelbegrip, brainstormen met jezelf noem ik het wel eens. Reflecteren is een vorm van herhalen. Een toetsvraag nodigt studenten uit dat te doen. Direct toetsen na een leerperiode zorgt ervoor dat informatie langer in het hoofd blijft. Het is niet voor niets dat achter ieder hoofdstuk in veel studieboeken een aantal vragen staat. Door die te beantwoorden wordt meteen na het bestuderen de informatie steviger in een netwerk opgenomen.

Maar er zijn ook onderwijssituaties die dat kunnen doen. Studenten laten nadenken over het geleerde is niet zo moeilijk. Daar zijn technieken voor bedacht. Zo gaf ik studenten die mijn vak volgden, altijd de mogelijkheid zelf vragen te construeren voor de komende toets plus een toelichting waarin ze aangaven waarom ze dat een 'toetswaardige' vraag vonden. Ik beloofde hen dat ik de vijf beste vragen zou opnemen in de (schriftelijke) toets die in totaal uit vijftien vragen bestond. Studenten maakten volop gebruik van deze mogelijkheid. Mijn doel was studenten te leren nadenken over wat belangrijke onderwerpen van de studiestof waren en welke minder. Ook mochten zij een spiekbriefje van A-5 formaat meenemen naar de toets,

enkelzijdig. Ook dat dwong studenten na te denken over de belangrijke en minder belangrijke onderwerpen uit de studiestof. Bovendien, heel belangrijk, maakten ze een schriftelijke uitwerking van belangrijke onderwerpen en uit onderzoek is bekend dat wat je opschrijft beter beklijft. Studenten zeiden me vaak na afloop dat ze het spiekbrieftje helemaal niet hadden geraadpleegd 'want wat erop stond, kenden ze al'. Door het opschrijven was het beklijfd. Dat was precies mijn doel. Wat een docent natuurlijk ook kan doen, is studenten te vragen om aan het eind van de onderwijsperiode een reflectieverslag te schrijven. Zoals een schaker na afloop van een partij met de tegenstander analyseert, zo zouden studenten na het leren moeten reflecteren op wat zij nu wijzer zijn geworden. De docent kan besluiten het verslag mee te tellen voor de eindcijfer, indien ze er tenminste van overtuigd zijn dat de student zelf de auteur is van het verslag want het internet wemelt van dit soort 'hulpmiddelen' voor studenten.

Het laten bestuderen van gebruikte, maar nog relevante toetsvragen is een andere techniek om leerstof wat dieper in de hersenen te laten indalen. Studenten zijn gek op oude toetsen, en terecht. Oude toetsvragen geven de diepgang weer van de leerstof in relatie tot de komende toets. Dat helpt hen om doelmatiger te studeren. Dit draagt ook bij tot het beter verwerken van de leerstof omdat studenten zullen proberen de vragen te beantwoorden. Essentieel is dat studenten dat doen zonder raadpleging van het (model)antwoord want dan is er geen sprake van verwerking van het geleerde maar van puur reproductie.

Een opleiding kan er zelf ook voor zorgen dat het geleerde langduriger in de hersenen blijft zitten. Bijvoorbeeld door een systeem van cumulatief toetsen te ontwikkelen. Dat klinkt ingewikkelder dan dat het is. Veel vakken in het hoger onderwijs kennen een tweetrapsraket. Dat wil zeggen, in het eerste jaar, de propedeuse, staat een inleiding in een vak geprogram-



Studenten zijn gek op oude toetsvragen

meerd en in een later jaar komt het vak terug als hoofdvak. Een cumulatief toetssysteem wil zeggen dat onderwerpen uit het inleidende vak deel uitmaken van de toets van het hoofdvak. Studenten worden op die wijze gedwongen het inleidende vak wederom te bestuderen waardoor het geleerde steviger wordt verankerd in het netwerk. Bovendien zorgt het ophalen van de oude studiestof ervoor dat de informatie tevens in een ander netwerk wordt opgenomen, namelijk in het netwerk van het hoofdvak. En dat verbetert het geheugen.

Learning by testing

Dit alles past uitstekend in de opvatting dat toetsen het leerproces sturen, learning by testing. Daarmee wordt aangeduid dat het leren (en onthouden) wordt bevorderd door studenten veelvuldig en niet-vrijblijvend te toetsen. Bij toetsen worden studenten gedwongen nieuwe associaties in hun hersenen, nieuwe netwerken, te ontwikkelen (bij gewoon studeren doen ze dat niet, althans veel minder omdat

ze niet worden geprikkeld om te reflecteren op het geleerde). Zij leren dus nieuwe associaties te maken en dat is een vaardigheid die hen later van pas komt wanneer ze weer nieuwe informatie moeten opnemen. Dat wordt het testing-effect genoemd. Door herhaling van prikkels ontstaan nieuwe netwerken en worden bestaande verstevigd en zijn voor langere tijd raadpleegbaar of herroepbaar. Het geheugen wordt dus verbeterd. De Amerikaan Roediger heeft daar veel onderzoek naar verricht. De uitkomsten ervan wijzen er inderdaad op dat regelmatig toetsen bij studenten een vaardigheid ontwikkelt die hen te pas komt bij een later leerproces.

De extra inspanningen die docenten zich moeten getroosten om meer toetsen te construeren en af te nemen, weegt ruimschoots op tegen de verbeteringen aan het leerproces bij studenten. Zij onthouden de getoetste leerstof langer en doen een vaardigheid op die hun geheugen in zijn algemeenheid verbetert. Ook geven de nieuwe ontwikkelingen in de neuropsychologie, hier heel in het kort geschetst, ons handreikingen hoe we allerlei nieuwe ideeën op het gebied van toetsing kunnen waarderen. Een belangrijk criterium is of de nieuwe toetsvorm er voor zorgt dat er nieuwe of verbeterde netwerken in de hersenen ontstaan. ■

Geraadpleegde literatuur

- Carrier, M. & Pashler, H. (1992). The influence of retrieval on retention. *Memory & Cognition*. 20 (6), 632–642.
- Frederiksen, N. (1984). The Real Test Bias: Influences of Testing on Teaching and Learning. *American Psychologist*, 39, 193–202.
- Karpicke, J. D. & Blunt, J. R. (2011). Retrieval practice produces more learning than elaborate studying with concept of mapping. *Science*, 331 (6018), 772–775.
- Karpicke, J. D. & Roediger, H. L. (2008). The critical importance of retrieval for learning. *Science*. 319 (5865), 966–968.
- Konrad, B.N. (2020). De geheimen van ons geheugen. Amsterdam: Ambo/Athos.
- McDaniel, M. A., Roediger, H. L. & McDermott, K. B. (2007). Generalizing test-enhanced learning from the laboratory to the classroom. *Psychonomic Bulletin & Review*. 14(2), 200–206.
- Roediger, H. L. & Karpicke, J. D. (2006). Test-Enhanced Learning: Taking Memory Tests Improves Long-Term Retention. *Psychological Science*. 17(3), 249–255.

Gesignaleerd

Plannen kabinet voor de eindtoets basisschool

Leerlingen uit groep 8 moeten zich vanaf schooljaar 2022-2023 gelijktijdig op 1 april aanmelden voor de middelbare school. Hierdoor maken alle leerlingen even veel kans op een plek op de school van hun voorkeur en op het voor hen best passende niveau. Ook verandert de eindtoets in een doorstroomtoets. Dat staat in een wetsvoorstel dat door de Tweede Kamer is aangenomen. Het wordt nu in de Eerste Kamer behandeld.

Lees verder op: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/schooladvies-en-eindtoets-basis-school/wetsvoorstel-doorstroomtoetsen-po>