

Kees Vreugdenhil

Hersenonderzoek en leren

1. INLEIDING

Er is een nieuwe richting in de leerpsychologie bijgekomen. Dat is de neuropsychologie. Die is vooral geïnteresseerd in de werking van onze hersenen. Dat heeft zij gemeen met de cognitief en informatieverwerkingspsychologen. Het verschil is dat de laatste groep het moest hebben van proefjes in het laboratorium. Daar kregen proefpersonen bepaalde opdrachten en uit de resultaten ervan werden conclusies getrokken voor vermoedelijke leerprocessen. De neuropsychologen doen dat anders. Zij kijken echt onder je schedeldak om te zien wat er gebeurt als zij proefpersonen opdrachten geven. Dat doen zij niet door je dak te lichten. Zij gebruiken daarvoor apparatuur die óp het schedeldak kan meten waar hersenactiviteiten plaatsvinden. Dat doen zij onder meer met een MEG (magnetisch encefalogram). Er treden namelijk magnetische velden op bij de elektronische activiteit van de zenuwcellen in je hersenen als je van buitenaf informatie krijgt (Sitskoorn, 2007). Een verwante manier van onderzoek is fMRI (*Functional Magnetic Resonance Imaging*). De proefpersoon wordt gevraagd iets te doen of te zeggen. In het deel van de hersenen dat daarvoor verantwoordelijk is, zal een activiteit te meten zijn, omdat er meer bloed stroomt naar die plekken. Het zuurstof in het bloed verandert het magnetisch veld. Het daardoor ontstane, versterkte signaal wordt geregistreerd door een scanner en door een computer omgezet in een beeld. Omdat de scanner vier beelden per seconde kan produceren, ontstaat er een soort film van wat er gebeurt (Wolfe, 2001). Met zulke middelen kunnen neurowetenschappers vaststellen waar de signalen naar toe gaan. Ze kunnen de informatieverwerkingsprocessen letterlijk volgen, zichtbaar maken.

2 ENKELE KENMERKEN VAN ONZE HERSENEN

Hoe de hersenen precies in elkaar zitten en welke elektro-chemische processen erin plaatsvinden, komt hier niet aan de orde. In deze paragraaf zullen enkele eigenschappen of kenmerken van onze hersenen de revue passeren.

De groei van onze hersenen

Ons brein is het enige orgaan dat niet af is bij de geboorte. Het duurt drieëntwintig tot vijfentwintig jaar voordat het volgroeid is. In die jaren worden de hersenen ruim vier keer zo zwaar. Het grootste deel van die toename vindt plaats in de eerste tien levensjaren. Aan het eind daarvan heeft het kindbrein 95% van het gewicht van dat van een volwassene (Sitskoorn, 2007). De groei bestaat uit de aanmaak en de versterking van hersencellen en vooral ook uit de verbindingen tussen die cellen (Pauen, 2006). Men schat dat een volwassen brein ongeveer honderd miljard hersencellen bevat. Dagelijks sterven er zo'n zesduizend af (Schirp, 2006), maar met zo'n grote voorraad in je hoofd kun je dat bijna verwaarlozen.

De groei en ontwikkeling van het brein wordt door drie vormen van plasticiteit of veranderbaarheid mogelijk gemaakt (Sitskoorn, 2007):

- ervaringsonafhankelijke plasticiteit: een spontaan groeiproces van binnenuit, door onze genen aangestuurd;
- ervaringsverwachte plasticiteit: ontwikkeling door een samenspel van onze genen en prikkels uit de buitenwereld, waardoor gangbare eigenschappen ontstaan waar ieder gezond mens over beschikt, bijvoorbeeld het gebruik van taal, maar ook lopen, zien en

horen. Er zijn gevoelige periodes voor. De inrichting van de omgeving en de opvoeding zijn daarbij belangrijk;

- ervaringsafhankelijke plasticiteit: ontwikkeling van onze hersenen door de eigen ervaringen die we opdoen. Die zorgen voor de unieke eigenschappen van ons brein. Ze zorgen er ook voor dat ons brein vandaag weer anders is dan gisteren. Naarmate we ouder en zelfstandiger worden, kunnen we meer invloed uitoefenen op de ontwikkeling van ons brein. Sitskoorn (p. 148): ‘Zing, vecht, huil, bid, lach, werk en bewonder. Doe het in de juiste combinatie en je ontwikkelt er je vaardigheden en je hersenen mee in de richting die je voor ogen staat.’

Dynamische en flexibele netwerken

Voor de werking van onze hersenen zijn niet de afzonderlijke hersencellen het belangrijkste, maar de verbindingen tussen al die miljarden cellen. In onze hersenpan ligt dan ook een uiterst fijn weefsel van een soort draadjes waar signalen bliksemsnel doorheenlopen. Het weefsel bestaat uit een groot aantal netwerken. Men noemt deze neurale netwerken, omdat ze uit hersencellen (neuronen) bestaan. In de eerste twee levensjaren is het weefsel van verbindingen het grootst. Het is net of ons lichaam zegt: laten we maar zoveel mogelijk verbindingen maken, dan kan er ook veel geleerd worden. Dat gebeurt dan ook in die eerste levensjaren! In de jaren daarna, tot in de puberteit neemt het aantal verbindingen af. Ze worden weggesnoeid als ze niet meer gebruikt worden (Friedrich, 2006). Een voorbeeld: een kind van drie heeft ongeveer vijftienduizend verbindingen per hersencel. Bij volwassenheid is de helft weggesnoeid (Sitskoorn, 2007). Dat wegsnoeien is voor de blijvende verbindingen gunstig. Ze krijgen meer ruimte en worden sterker, zolang ze gebruikt worden tenminste. Het enorme netwerk in onze hersenen is dan ook dynamisch. Dat komt door de plasticiteit van de hersenen: de netwerken zijn veranderbaar.

Dit gegeven houdt in dat mensen met gezonde hersenen op elk moment allerlei vaardigheden kunnen leren als ze dat willen. Dat kan het bespelen van een muziekinstrument zijn, of slim en snel hoofdrekken, of tennissen, of wat dan ook. Sitskoorn (2007) spreekt dan ook over ‘het maakbare brein’. Als je ergens aanleg voor hebt, betekent dit, dat je al over een aantal basale vaardigheden beschikt waardoor je sneller dan anderen leert pianospelen. Als je het bovendien doet in je gevoelige periode gaat het nog sneller.

De hersenen zijn niet alleen dynamisch, maar ook flexibel. Als bepaalde delen niet gebruikt worden, krijgen aangrenzende delen meer ruimte en kunnen die dus sterker worden. Een voorbeeld: iemand die blindgeboren is, krijgt geen prikkels via zijn ogen binnen. Het daarbij horende deel van de hersenen, de visuele cortex, wordt niet ontwikkeld. Delen die er direct naast liggen, grijpen hun kans. Dat betekent dat veel blinden scherper dan andere mensen klanken kunnen waarnemen en een betere tastzin hebben (Sitskoorn, 2007).

Complexe netwerken

Het leren zorgt ervoor dat er nieuwe verbindingen bijkomen en bestaande worden versterkt. Die kunnen zich dan specialiseren en zich samenvoegen met verwante netwerken. Zo ontstaan complexe netwerken. Hüther (2006, p. 47) stelt dat de opbouw van complexe netwerken van hersencellen niet lukt als kinderen

- in een wereld opgroeien waar de verwerving van kennis en de algemene vorming onbelangrijk worden gevonden (een pretmaatschappij);
- geen gelegenheid krijgen om actief aan de vormgeving van de wereld deel te nemen (passieve consumptie van leerstof en van het aanbod van media);
- geen vrijheid krijgen om hun eigen creativiteit speels te ontdekken (functionalisering);
- overprikkeld, onzeker en bang gemaakt worden (overbelasting);

- niet zelf ervaringen kunnen opdoen bij het te boven komen van moeilijkheden en het oplossen van problemen (verwenning);
- geen uitdagingen ervaren en men niet let op hun specifieke behoeften en wensen (verwaarlozing).

Geheugennetwerken

Door hersenonderzoek is er veel meer bekend over de werking van het geheugen. Als kinderen en volwassenen leren, gaat de informatie via de zintuigen eerst naar het werkgeheugen. Is de inhoud interessant genoeg, dan vindt er een bewerking plaats. Daarbij speelt al eerder opgeslagen kennis een rol. Daarna worden de bewerkte gegevens eerst in het korte-termijn geheugen (KTG) en later in het lange-termijn geheugen (LTG) opgeslagen. Dat klinkt alsof allerlei beelden, begrippen, woorden en gedachten in een soort ladenkastje of in een keurig geordende ‘videotheek’ terecht komen. Dat is niet zo. Wat je leert, komt terecht in delen van dat enorme weefsel van hersencellen met hun verbindingen. Misschien heb je weleens filmbeelden gezien van het treingleidingscentrum van de Nederlandse Spoorwegen. Aan de wand zie je een enorm netwerk van bolletjes en draden. Overal floepen lampjes aan en je kunt volgen waar de treinen rijden.

Wat er in onze hersenen gebeurt, lijkt daarop, alleen is dat netwerk oneindig veel groter en verandert het voortdurend. Als een leerling op school een vraag krijgt van de juf over iets waar de groep al een poosje mee bezig is, flitsen er bij wijze van spreken op verschillende plaatsen in zijn brein lampjes aan. Die worden bliksemsnel met elkaar verbonden en hij kan antwoord geven. Het antwoord komt dus niet van één plaats in je hersenen, zoals lang werd gedacht. Het antwoord wordt op verschillende plaatsen samengesteld en dan als één reactie naar buiten gebracht. Een voorbeeld. Vroeger dacht men dat jonge kinderen taal leerden verwerken in een apart deel van hun hersenen. Daar zat het taalcentrum en als moeder tegen haar peuter sprak, brabbelde die de woordjes na en daarmee kwamen die woordjes in het taalcentrum. Als het kind een half uurtje later naar de bal wijst en tegen moeder zegt: ‘Bal, bal’, dan zouden die woorden direct uit het centrum komen. Dat blijkt niet zo te zijn, volgens de Nijmeegse hoogleraar cognitieve neurowetenschap Peter Hagoort (*NRC Handelsblad*, 12-06-2005). Het woordje ‘bal’ dat het kind uitspreekt, komt uit verschillende netwerken in de hersenen: uit het talige netwerk, maar ook uit het netwerk waarin ligt opgeslagen wat het kind al weet van zijn wereldje, én uit het netwerk waarin hij de gebaren die zijn moeder tijdens het gesprek met hem maakte, heeft bewaard.

Vijf soorten geheugens

Het lange-termijn geheugen is dus geen ladenkastje, maar het ligt verspreid over een heleboel netwerken. Er worden op dit moment dan ook vijf soorten lange-termijn geheugens (LTG) onderscheiden, elk met een andere functie. Ze zijn hier zo geordend dat het LTG met de diepste werking bovenaan staat (Brand/Markowitsch, 2006). De gegevens hieruit kunnen we ons het beste herinneren. De laatste, het procedurele geheugen werkt vrijwel geheel onbewust in op ons gedrag en handelen. Dit zijn de vijf LTG’s:

- a het episodische geheugen. Dat is een soort autobiografie van alles wat we meemaakten, onze levenservaringen en belevenissen in concrete gebeurtenissen. Het is daarom aan tijd en plaats gebonden: je weet wanneer en waar die gebeurtenis zich afspeelde. Als je je een gebeurtenis uit je leven herinnert, bijvoorbeeld de dag dat je een schooldiploma haalde, dan reconstrueer je eigenlijk die gebeurtenis. Maar omdat niet alle details meer in je herinnering zijn zoals ze echt waren, vul je ze onbewust in met gegevens die erop lijken.. Daardoor worden herinneringen nogal eens mooier of erger dan de gebeurtenis ooit was (Wolfe, 2001; Brand/Markowitsch, 2006; Schirp, 2006). De kracht van het episodisch geheugen is dat de ervaringen die erin liggen opgeslagen, verbonden zijn met allerlei

netwerken van hersencellen. Dat komt, omdat wij tijdens het intens beleven van een gebeurtenis op veel manieren worden aangesproken via onze zintuigen, onder meer visueel, auditief, emotioneel, sociaal, motorisch en cognitief. Gegevens daaruit komen in verschillende netwerken terecht. Dat heeft het grote voordeel dat we ons langs vele ‘ingangen’ die ervaringen weer kunnen herinneren. Als we een bepaalde geur ruiken, denken we ineens terug aan het huis van onze grootouders waar we vroeger vaak logeerden. Allerlei beelden ervan en gebeurtenissen erin komen weer terug in onze herinnering. Geuren vormen dus zo’n ingang, maar dat kunnen ook kleuren, vormen, gevoelens, bewegingen van mensen, voorwerpen, enzovoort zijn. Als we bepaalde ‘ingangen’ niet meer paraat hebben, zijn er altijd wel andere om de herinnering op te roepen (Schirp, 2006). Het episodisch geheugen heeft daarom een zeer krachtige en breed toegankelijke werking.

- b het semantische geheugen. Dat is het eigenlijke kennissysteem in onze hersenen. Het bevat allerlei feiten die we bijvoorbeeld ooit op school geleerd hebben, zoals jaartallen en tafels van vermenigvuldiging, maar ook trefwoorden en begrippen, symbolen en formules, regels en algemene kennis over de wereld om ons heen. Het is niet aan tijd en plaats gebonden. Dat betekent dat we niet precies kunnen nagaan waar of wanneer we dit geleerd hebben, maar we kunnen aan die kennis in dit geheugen wel betekenis geven. We kunnen bijvoorbeeld uitleggen hoe je bepaalde feiten toepast of waar formules voor dienen (Wolfe, 2001; Brand/Markowitsch, 2006; Schirp, 2006).
- c het perceptuele geheugen. Dit geheugen bevat beelden van onder meer voorwerpen, personen en klanken waar we ooit eerder mee in aanraking kwamen, zonder dat dit erg intensief en bewust gebeurde. We spreken dit geheugen aan als we bijvoorbeeld iemand tegenkomen en denken: ‘Hee, dat gezicht komt me bekend voor, maar ik weet niet wie het is.’ Of: ‘Dat melodietje heb ik eerder gehoord. Van wie was dat ook alweer?’ (Brand/Markowitsch, 2006)
- d het grondverfgeheugen. De naam van dit geheugen komt van het Engelse woord *priming*, in de grondverf zetten. Denk maar aan *primer*. We krijgen dagelijks veel indrukken waarvan we ons helemaal niet bewust zijn. Stel je voor dat je ’s morgens aan het ontbijt de krant zit te lezen. Op de achtergrond klinkt muziek uit de radio. In de krant lees je iets interessants, waarvan je elementen onthoudt. Je bent je beslist niet bewust van de muziek die er op de achtergrond ook is. ’s Middags zit je in de lunchpauze in de schoolkantine te eten en je luistert intussen naar de muziek die daar weerklinkt. Opeens hoor je een paar tonen en je weet zeker: dat werd vanmorgen ook op de radio gespeeld. Dezelfde soort ervaringen heb je als je zit te lezen. Je hoeft niet het hele woord ‘kapstok’ te zien om te weten dat er kapstok staat. De eerste lettergreep ‘kap’ is genoeg om een sterk vermoeden te hebben dat er ‘kapstok’ in de tekst staat. In je geheugen zijn de muziek en het woord ‘kapstok’ ooit eens onbewust opgeslagen, maar niet echt bewerkt of door jou toegepast. Ze staan nog in de grondverf. Als je de muziek weer hoort of het woord weer leest, krijgen ze iets meer betekenis voor je. Er komt een likje glansverf overheen (Wolfe, 2001; Brand/Markowitsch, 2006). Het perceptuele en het grondverfgeheugen hebben gemeen dat zij beide tot stand komen door toevallig, halfbewust leren. Dat wordt ook wel impliciet leren genoemd.
- e het procedurele geheugen. Dit is het minst bewuste geheugensysteem en dat is maar goed ook. Hier liggen namelijk allerlei routines en automatismen, zoals lopen, fietsen, tandenpoetsen, autorijden of geïmproviseerd lezen (Wolfe, 2001). Het zijn vaardigheden die je ooit en meestal door flinke oefening hebt geleerd. Niet zelden is dat leren van die vaardigheden verlopen volgens ‘gissen en missen’ of geconditioneerd leren met stimulus – response. Over deze routines kun je meestal niet spreken. Je kunt moeilijk onder woorden brengen wat er precies gebeurt als je loopt of fietst. Probeer je het toch aan

iemand uit te leggen, dan raak je vaak zelf van slag af (Brand/Markowitsch, 2006). Voor een aantal routines die we uitvoeren, geldt dat zowel het procedureel als het semantisch geheugen wordt aangesproken. Bij het autorijden bijvoorbeeld gebruik je niet alleen ooit aangeleerde vaardigheden (procedureel geheugen), maar ook bepaalde kennis die je toen verworven hebt. Dat laatste doet een appèl op je semantisch geheugen (Schacter, 1997).

Een ontspannend leerveld

Een ander kenmerk van de hersenen is dat ze van nature aanzetten tot nieuwsgierigheid (Jolles et al, 2004; Herrmann, 2006). Die brengt het kind ertoe noodzakelijke ervaringen voor zijn ontwikkeling in zijn directe leefomgeving op te zoeken en ook werkelijk op te doen.

Nieuwsgierigheid leidt het kind bij het leren, aldus Herrmann (2006, p. 86). Om vanuit nieuwsgierigheid tot actie te komen en te gaan leren, moet wel een belangrijke voorwaarde vervuld zijn. De Duitse gedragsbioloog Sachser noemt deze voorwaarde een ‘ontspannend veld’ (Sachser, 2006, p. 21). Daarmee bedoelt hij de directe leef- en leeromgeving van het kind. Dit veld moet zowel uitdaging als veiligheid bieden aan het kind. Dat geldt overigens ook voor spel, een andere activiteit die door onze hersenen van nature wordt gestimuleerd. Spel in een ‘ontspannend veld’ gaat vergezeld door positieve emoties. Die bevorderen het door kinderen zelf gemotiveerde leren (intrinsieke motivatie). Sachser wijst erop dat er in het ‘ontspannend veld’ niet alleen gespeeld, maar ook geëxperimenteerd en onderzocht wordt. Daardoor ontwikkelen kinderen uit zichzelf strategieën voor probleemoplossing. Het ‘ontspannend veld’ moet daarvoor natuurlijk wel de juiste uitdagingen bieden. Bovendien moet het gebeurtenissen en situaties bevatten die ‘vertrouwd, voorspelbaar en controleerbaar zijn’ (Sachser, 2006, p.27). Ook is een sociaal netwerk nodig, of op zijn minst de ondersteuning door iemand aan wie het kind gehecht is (vgl. De Munnik/Vreugdenhil, 2007). Er bestaat een samenhang tussen leren enerzijds en de concentratie van adrenaline in het lichaam anderzijds. Met een gemiddelde concentratie van deze stof wordt het beste geleerd. Dat betekent dat leersituaties niet vervelend mogen zijn, maar ook niet teveel prikkels mogen bevatten en niet te veeleisend mogen zijn om tot goede leerprestaties te komen. Dat geldt ook voor het ‘ontspannend veld’. Die omgeving mag rijk zijn aan uitdagingen (Sachser, 2006), maar niet overdadig.

Ook de Duitse neurobioloog Hüther (2006) benadrukt dat het bieden van vertrouwen en veiligheid aan lerende kinderen essentieel is voor hun leerprestaties. Angst, onzekerheid en druk belemmeren of verhinderen een goed leerproces. Het brein is een open, sociaal construct, volgens Hüther. Er vinden eindeloos veel interacties plaats tussen onze genen en de buitenwereld (Jolles et al, 2004). Hoe die interacties precies verlopen, is nog voor een groot deel onbekend. Dát de omgeving voor de werking en ontwikkeling van de hersenen belangrijk is, staat als een paal boven water (Sitskoorn 2007).

Hoe het brein het beste leert

Volgens Hüther is een van de belangrijkste uitkomsten van hersenonderzoek dat het brein altijd leert. Kinderen leren die inhouden het beste, die hen helpen zich te handhaven in de wereld waarin zij opgroeien en de problemen die zich daar voordoen, op te lossen. Het brein is dus niet optimaal ingesteld voor het van-buiten-leren, maar voor probleemoplossing, aldus Hüther (2006, p. 47). Ook Arnold (2006, p. 151) maakt duidelijk dat uit de werking van de hersenen blijkt, dat ons brein zich niet ontwikkelt door het van-buiten-leren. Zij stelt dat leerlingen in het onderwijs de gelegenheid moeten krijgen zelf tot beslissingen te komen. Dat gebeurt als resultaat van vragen die zij zelf stellen en die door hun eigen bedoelingen, inzichten, behoeften en interesses worden geleid. Die vragen moeten betrekking hebben op wat er direct gebeurt en wat de leerlingen te weten willen komen. Dan krijgen de antwoorden

voor hen betekenis. Dat is volgens Arnold een adaptief proces: uit verschillende mogelijkheden die kiezen, die het beste bij je passen.

Roth (2006, p. 49) scherpt de stelling van Arnold over het van-buiten-leren verder aan.

Kennis kan niet worden overgedragen, stelt hij, kennis moet in het brein opnieuw worden gecreërd en betekenissen moeten worden geconstrueerd. Daar is voorkennis voor nodig en er moeten contexten aanwezig zijn waarin die voorkennis betekenis heeft gekregen (p.50).

Het brein kán overigens wel van buiten leren. Eerder zijn voorbeelden van Sitskoorn beschreven waaruit blijkt dat mensen, als ze dat willen, allerlei vaardigheden kunnen trainen. Het gaat dan voornamelijk om vaardigheden die met onze bewegingen te maken hebben, zoals we die in sport en muziekbeoefening gebruiken. Ook bepaalde denkvaardigheden kunnen geoefend worden, zoals hoofdrekenen met extreem grote berekeningen. Dat moet dan wel zeer intensief en langdurig gebeuren. Maar wanneer er in school bepaalde zaken uit het hoofd moeten worden geleerd, zoals de tafels van vermenigvuldiging of jaartallen, dan zijn de meeste hersenwetenschappers van mening dat dit in samenhang moet gebeuren met praktische situaties, toepassingen of voorbeelden (Brand/Markowitsch, 2006; Hüther, 2006; Roth, 2006; Spitzer, 2006).

Ordenen met patronen

Een ander kenmerk dat interessant is voor leerprocessen is dat van de categorisering. Dat is het ordenen van losse gegevens of feiten in groepen om ze beter te kunnen onthouden. Als je bijvoorbeeld de namen van tien verschillende bomen moet onthouden, kun je ze ordenen onder twee hoofdgroepen of categorieën: naaldbomen en loofbomen. Ze worden dan beter in het semantisch geheugen opgeslagen.

De netwerken van hersencellen reageren beter op binnenkomende signalen die regelmatigheden, ordeningen laten zien. Die worden wel patronen (Schirp, 2006) of bij clusters van patronen met een metafoor 'landkaarten' (Spitzer, 2006) genoemd. Bovendien ordent ons brein ook zelf door netwerken met elkaar te verbinden die dezelfde patronen hebben of juist tegenovergestelde.

Als we vaker en korter bepaalde, geordende leerstof oefenen, worden de patronen in ons brein sterker en specifiek. Ze zijn dan makkelijker weer terug te halen in onze herinnering en kunnen ook aangepast worden (Schirp, 2006). In het onderwijs weten we al heel lang dat je bij de behandeling van nieuwe leerstof eerst moet nagaan wat kinderen al over het onderwerp weten. Wat is hun voorkennis? Daar probeer je dan op aan te sluiten. Na de voorgaande informatie over de vorming van patronen kan duidelijk zijn dat je bij het oproepen van voorkennis bij de leerlingen ook te weten komt hoe sterk of zwak die aanwezige kennis bij kinderen is geordend.

Terug naar het voorbeeld van de twee soorten bomen. Het blijkt ook makkelijker te zijn ze weer uit je geheugen op te roepen als je begint met de twee categorieën: welke naaldbomen zaten er ook alweer in het rijtje van toen? Veel leerstof in vakmethodes is gecategoriseerd. Zo'n indeling kun je kinderen leren, maar beter is nog de kinderen uit te dagen zelf een rijtje verschillende dingen te ordenen. Dan beklijft het beter. Het helpt als de leraar met tussenvragen deze ordening stimuleert (Brand/Markowitsch, 2006).

De rol van emoties

Verscheidene hersenonderzoekers wijzen erop dat emoties een belangrijke rol spelen bij leerprocessen. De Duitse neurowetenschapper Spitzer bijvoorbeeld stelt dat wat mensen drijft niet de feiten en gegevens zijn waarover zij kunnen beschikken, maar gevoelens, verhalen en vooral andere mensen (Spitzer 2006, p.160). Verhalen bevatten feiten, maar deze feiten verhouden zich tot de verhalen zoals het skelet zich verhoudt tot de gehele mens. Wie denkt dat het bij het leren vooral gaat om het inprenten van feiten, zit op een verkeerd spoor. Details

krijgen alleen in een samenhang betekenis en het zijn deze samenhang en deze betekenis die de details interessant maken. En alleen dan, wanneer de feiten in deze samenhang interessant zijn, worden ze in het geheugen opgeslagen, aldus Spitzer (p. 35). Hij wijst op de hippocampus, een klein maar zeer belangrijk deel van onze hersenen. Daar worden emotioneel gefundeerde 'besluiten genomen', bijvoorbeeld of iets wat onze zintuigen waarnemen wel of niet interessant is voor ons. Nieuwe en interessante zaken krijgen door de werking van de hippocampus een plek in een netwerk. Wolfe (2001) stelt dat ons brein biologisch zo in elkaar zit, dat het eerst reageert op prikkels of informatie met een sterk emotionele lading en pas daarna op meer zakelijke informatie.

Braun en Meier (2006) wijzen erop dat denken en voelen onlosmakelijk met elkaar verbonden zijn. Emoties zijn onmisbaar voor de vorming van patronen of schema's in de netwerken. Het kinderlijke brein is van nature 'verslaafd aan leren', het zoekt naar een kick, een beloning in de vorm van plezier in het leren. De hersenen scheiden bij zo'n leersucces daadwerkelijk een bepaalde stof af, die deze plezierervaring veroorzaakt (p. 97). Emoties zorgen er ook voor dat we een snellere toegang hebben tot onze geheugennetwerken, sneller dan door nadenken en reflecteren (Schirp, 2006).

Negatieve gevoelens zoals angst en teveel stress hebben een ongunstige invloed op ons leren. Kinderen kunnen op school dan nog wel aan taken werken die ze routinematig kunnen oplossen, maar zijn geblokkeerd als het gaat om taken waar creativiteit, het leggen van verbindingen en origineel denken voor nodig zijn. Positieve emoties helpen ons daarentegen om situaties sneller en beter te doorzien. Er is niet alleen sprake van emotionele intelligentie, maar ook van intelligente emoties (Schirp, 2006). Spitzer (2002) stelt dat emoties ons helpen om in een steeds complexer wordende wereld ons te handhaven en er een bij ons passende plek in te nemen. Ons brein signaleert of we iets prettig vinden, dan wel of we er ons onbehaaglijk bij voelen, lang voor we merken waarom dat zo is (p.171). Brand en Markowitsch (2006, p. 74) noemen drie gunstige effecten van positieve emoties bij het leren:

- Emotioneel geladen inhouden en contextinformatie worden makkelijker onthouden en herinnerd.
- Emotionele aspecten van de leersituatie dienen als richtingwijzers naar ons geheugen. Als er positieve gevoelens merkbaar zijn bij het leren op school, herinneren we ons later makkelijker wat we eerder geleerd hebben.
- Positieve emoties tijdens het leren activeren in ons brein het beloningssysteem, waardoor we ons krachtiger en met meer zelfvertrouwen gedragen. We krijgen een kick van goede leerresultaten.

Uit: De Munnik, Cees en Kees Vreugdenhil (2007). *Kennis over onderwijs*. Groningen: Wolters-Noordhoff

Literatuur

Ansari, Daniel, Donna Coch (2006). Bridges over troubled waters: education and cognitive neuroscience. In: *TRENDS in Cognitive Sciences*, Vol. 10, No. 4, S. 146-151

Becker, Nicole (2006). *Die neurowissenschaftliche Herausforderung der Pädagogik*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt

Benjafield, John (1997). *Cognition*. Upper Saddle River NJ: Prentice Hall

Brand, Matthias, Hans J. Markowitsch (2006). Lernen und Gedächtnis aus neurowissenschaftlicher Perspektive. In: Herrmann, Ulrich (Hrsg.). *Neurodidaktik. Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen*. Weinheim und Basel: Beltz Verlag

Braun, Anna Katharina, Michaela Meier (2006). Wie Gehirne laufen lernen oder: ‚Früh übt sich, wer ein Meister werden will!‘ In: Herrmann, Ulrich (Hrsg.). *Neurodidaktik. Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen*. Weinheim und Basel: Beltz Verlag

Caspary, Ralf (Hg.; 2006). *Lernen und Gehirn. Der Weg zu einer neuen Pädagogik*. Freiburg/Basel/Wien: Herder

Conway, Martin (2001). Sensory-perceptual episodic memory and its context: autobiographical memory. In: *Philosophical Transactions of The Royal Society, B*, Vol. 356, S. 1375-1384

Damasio, Antonio R. (1994). *Descartes' Error – Emotion, Reason and the Human Brain*. New York: G.P. Putnam's Sons

Goswami, Usha (2004). Neuroscience and education. In: *British Journal of Educational Psychology*, Vol. 74, Nr. 1, S. 1-14

Goswami, Usha (2006). Neuroscience and Education: from research to practice? In: *Nature Review Neuroscience* (published online 12 april 2006)

Herrmann, Ulrich (2006). Lernen findet im Gehirn statt. Die Herausforderung der Pädagogik durch die Gehirnforschung. In: Herrmann, Ulrich (Hrsg.). *Neurodidaktik. Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen*. Weinheim und Basel: Beltz Verlag

Hüther, Gerald (2006). Wie lernen Kinder? Voraussetzungen für gelingende Bildungsprozesse aus neurobiologischer Sicht. In: Caspary, Ralf (Hg.). *Lernen und Gehirn. Der Weg zu einer neuen Pädagogik*. Freiburg/Basel/Wien: Herder

Jolles, J., R. de Groot, J. van Benthem, H. Dekkers, C. de Glopper, H. Uijlings, A. Wolff-Albers (2004). *Leer het brein kennen*. Over een ‘New Learning Science’ op het kruispunt van neurowetenschap, cognitiewetenschap en onderwijswetenschap: resultaat van een invitational conference georganiseerd door NWO op 5 februari 2004. Den Haag: Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO)

Koizumi, Hideaki (2004). The concept of ‘developing the brain’: a new natural science for learning and education. In: *Brain & Development*, 26, S. 434-441

Kotulak, Ronald (1997). *Inside the Brain. Revolutionary Discoveries of How the Mind Works*. Kansas City: Andrews McMeel

LeDoux, Joseph. (1996). *The Emotional Brain: The Mysterious Underpinnings of Emotional Life*. New York: Simon & Schuster

Munnik, C. de & Kees Vreugdenhil (2007). *Opvoeden in het onderwijs*. Groningen/Houten: Wolters-Noordhoff

Nyberg, Lars, Anthony R. McIntosh, Roberto Cabeza, Reza Habib, Sylvain Houle, Endel Tulving (1996). General and specific brain regions involved in encoding and retrieval of events: What, where and when. In: *Psychology*, Vol. 93, S. 11280-11285

- Pauen, S. (2006). Zeitfenster der Gehirn- und Verhaltensentwicklung: Modethema oder Klassiker? In: Herrmann, Ulrich (Hrsg.). *Neurodidaktik. Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen*. Weinheim und Basel: Beltz Verlag
- Rosenbaum, R. Shayna, Stefan Köhler, Daniel. L. Schacter, Morris Moscovitch, Robyn Westmacott, Sandra E. Black, Fuqiang Gao, Endel Tulving (2005). The Case of K.C.: contributions of a memory-impaired person to memory theory. In: *Neuropsychologia*, Vol. 43, No. 7, S. 989-1021
- Roth, Gerhard (2006). Warum sind Lehren und Lernen so schwierig? In: Herrmann, Ulrich (Hrsg.). *Neurodidaktik. Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen*. Weinheim und Basel: Beltz Verlag
- Sachser, Norbert (2006). Neugier, Spiel und Lernen: Verhaltensbiologische Anmerkungen zur Kindheit. In: Herrmann, Ulrich (Hrsg.). *Neurodidaktik. Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen*. Weinheim und Basel: Beltz Verlag
- Schirp, Heinz (2006). Neurowissenschaften und Lernen. Was können neurobiologische Forschungsergebnisse zur Weiterentwicklung von Lehr- und Lernprozesse beitragen? In: Caspary, Ralf (Hg.). *Lernen und Gehirn. Der Weg zu einer neuen Pädagogik*. Freiburg/Basel/Wien: Herder
- Sitskoorn, Margriet (2007). *Het maakbare brein. Gebruik je hersens en word wie je wilt zijn*. Amsterdam: Bert Bakker
- Smilkstein, Rita (2003). *We're Born to Learn. Using the Brain's Natural Learning Process to Create Today's Curriculum*. Thousand Oaks/Ca: Corwin Press
- Sousa, David A (2006). *How the Brain Learns*. Thousand Oaks/Ca: Corwin Press
- Stern, Elsbeth (2006). Wieviel Gehirn braucht die Schule? In: Herrmann, Ulrich (Hrsg.). *Neurodidaktik. Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen*. Weinheim und Basel: Beltz Verlag
- Tulving, Endel (2001). Episodic memory and common sense: how far apart? In: *Philosophical Transactions of The Royal Society, B*, Vol. 356, S. 1505-1513
- Tulving, E. (2005). Episodic memory and autoevidence: Uniquely human? In: Terrace, H.S. & J. Metcalfe (Eds.). *The Missing Link in Cognition* (S. 4-56). New York: Oxford University Press.
- Windhorst, Carl (2005). The slave model of autobiographical memory. In: *Cognitive Processing*, Vol. 6, Nr. 4, S. 253-265
- Wolfe, Patricia (2001). *Brain Matters. Translating Research into Classroom Practice*. Alexandria USA: ASCD