

Over ‘brein en leren’ in relatie tot onderwijsontwikkeling¹

Jelle Jolles²

Pim was als zesjarige al een leuk en goedlachs jongetje. Hij was alert, en daarbij ook ondernemend en actief. De meester meldde op de oudergesprekken met een lachje ‘dat hij er zijn handen wel vol aan had’. Maar met enige vertedering vertelde hij ook dat het een goed joch was en dat er niks verkeerds in schuilde. Zijn moeder was daar wel blij mee want ze had zelf wel eens haar twijfels omdat haar zoon vaak zo nadrukkelijk aanwezig was. En dan al die vragen die hij stelde. Ieder antwoord riep weer een nieuwe vraag op, en hij domineerde zo wel menig gesprek. In de jaren erna bleven zij en haar man wel wat twijfels houden. Was het normaal om je kind zijn huiswerk te overhoren terwijl hij ondersteboven in de hondenmand lag? Was hij nou laat met rekenen en taal, of maakte ze zich teveel zorgen over zijn slechte cijfers? De onderwijzeressen in groep 4 tot en met 6 op de lagere school hadden ook wat twijfels gekregen over de schoolvorderingen. Erg gemotiveerd leek hij hun ook niet.

Pim ging naar de middelbare school. Qua interesses en intellectuele mogelijkheden moest hij het op HAVO wel kunnen redden, dacht de juf uiteindelijk. De CITO toets bevestigde haar indruk. De ouders hadden meer vertrouwen in zijn mogelijkheden maar besloten toch al halverwege de eerste klas basisvorming om hem geen Latijn meer te laten volgen. Het was toch ook raar dat hij zoveel moeite kon hebben met het begrijpen van zoiets simpels als ‘I, you, he, she, we, you, they’ is eigenlijk hetzelfde als ‘Je, tu, il, elle, nous, vous, ils’ maar dan in een andere taal. Het feit dat hij alles van dinosauriërs wist en veel van de planeten rond de zon, maakte hun wel wat minder bezorgd. Maar toch hadden ze door dat zijn schoolcarrière niet gekenmerkt zou zijn door rust, evenwichtigheid en voorspelbaarheid. Pim was motorisch goed, sportief, had niet veel maar toch heel goede vrienden, bleef behoorlijk actief en ook wel impulsief maar haalde in een keer zijn eindexamen VWO. Zijn matige prestaties in diverse schoolse vakken zijn nu geheel verdwenen. Momenteel studeert hij nominaal: hij gaat op voor zijn bachelors natuurwetenschappen en daarnaast volgt hij vakken kunstgeschiedenis. Hij is gemotiveerd en haalt goede cijfers³.

¹ J.Jolles. Over ‘brein en leren’ in relatie tot onderwijsontwikkeling. Webcomment 60613. Te downloaden van www.jellejolles.nl.

Dit artikel is de schriftelijke weergave van een lezing gehouden op het ‘Platform Brein & leren’, ministerie OCW 2 juni 2006 en is een verdere uitwerking van een lezing gehouden op de themamiddag van de NVI-NVL (Ned Ver Schoolleiders en Ned Ver Leerlingbegeleiders), te Rotterdam op 20 april 2006.

² Prof dr Jelle Jolles, Instituut Hersenen & Gedrag, Universiteit Maastricht, postbus 616, 6200 MD Maastricht, j.jolles@np.unimaas.nl, www.jellejolles.nl

³ Naam en details zijn om redenen van privacy aangepast

Vanwaar deze beschrijving van Pims carrière tot nu toe? Omdat Pims gang door de lagere en middelbare school karakteristiek is voor de route die gevolgd wordt door zeer, zeer veel kinderen in Nederland. Pim is niet een ‘gemiddeld kind’ en is gedurende de hele schoolperiode gekenmerkt geweest door soms opmerkelijk goede maar ook opmerkelijk slechte prestaties. Altijd goed in bepaalde vakken, maar minder in andere vakken. Vaak een goede motivatie maar ook lange perioden minder geïnteresseerd, en van plan om eens wat anders te gaan doen. En twijfels. Twijfels bij de ouders over het kind, twijfels bij de ouders over de school. Twijfels bij de leerkrachten over het kind, en soms twijfels over de ouders die duidelijk te hoge ambities voor hun kind hadden. Twijfels bij de ouders van vriendjes: ‘heeft die Pim van jullie niet gewoon ADHD?’ en twijfel bij het kind zelf: ben ik anders dan andere kinderen? Ben ik minder goed? Wat willen ze nou van me?

Met Pim is het goed gekomen, gelukkig. Ondanks lange perioden van hyperactiviteit, van impulsiviteit en van schoolprestaties die er qua cijfers niet mee door konden. Ondanks merkwaardige fouten die hij nog in de taal maakte toen hij in klas 3 zat van het VWO. Ondanks twijfels die anderen hadden over zijn functioneren. Wellicht dankzij steun van zijn ouders. En zeker dankzij enkele leraren die met grote motivatie de situatie hebben gecreëerd waarin hij zich toch verder heeft kunnen ontwikkelen. Als 22 jarige jongeman terugkijkend heeft hij zelf de indruk dat hij geluk heeft gehad en uiteindelijk ook wel baat heeft gehad bij de wat moeizame jaren die hij ook wel heeft doorgemaakt.

Over cognitieve ontwikkeling en recente inzichten omtrent ‘brein en leren’

De boodschap die ik in dit stuk tekst verpak, kan in enkele zinnen worden samengevat. De ontwikkeling die Pim heeft doorgemaakt is een voorbeeld van de grote individuele variabiliteit die bestaat in de cognitieve ontwikkeling. Deze hangt zelf weer samen met individuele patronen in hersenontwikkeling. En die ontwikkeling blijkt veel langer door te lopen dan men tot nu toe dacht, en wel tot ruim na het 20e levensjaar. Neem een groep van dertig kinderen van dezelfde leeftijd. Bekijk nu hun functioneren op het niveau van de verschillende schoolse vaardigheden, van sociaal gedrag, beleving, maar ook waarneming, geheugen en taal. Die kinderen blijken gekenmerkt te worden door een grote variatie in het niveau van functioneren over verschillende functiedomeinen. En die variabiliteit verandert met de leeftijd. In sommige perioden is ze meer uitgesproken dan in andere.

Recent onderzoek naar hersenen-gedrag relaties heeft nog veel andere dingen aangetoond. De wijze waarop wij als mens informatie tot ons nemen en verwerken blijkt te worden bepaald door zowel biologische factoren als door cognitieve en psychosociale factoren. De biologie van ons brein is bepalend voor de efficiëntie waarmee informatie via de zintuigen binnenkomt. Die biologie zorgt ervoor dat belangrijke prikkels worden opgeslagen en dat minder belangrijke niet worden vastgehouden. Dat is efficiënt, want daardoor wordt de capaciteit van de hersenen niet nodeloos belast. Die capaciteit is immers niet onbegrensd. De omgeving blijkt evenzeer belangrijk te zijn. Het lerende kind heeft er baat bij wanneer er niet teveel afleidende informatie is. Ook is het belangrijk wanneer het voldoende wordt gestimuleerd en gemotiveerd om zijn gedrag zodanig te

plannen dat informatieoverdracht en de vastlegging daarvan optimaal is. Modern onderzoek naar hersenen-cognitie relaties heeft bovendien enorm veel inzicht opgeleverd over de functieontwikkeling. Over taal en waarnemen, over aandacht en geheugen. En over functiestoornissen zoals dyslexie en ADHD en de hersenmechanismen die daar verantwoordelijk voor zijn. Bovenal breekt sinds een jaar of tien het inzicht door, dat de bevindingen relevante informatie geven over mogelijke toepassing in het onderwijs. Het gaat daarin om bevindingen over de cognitieve ontwikkeling, over de hersenontwikkeling bij leren en over de hersenmechanismen bij taal- en andere functiestoornissen. Daarover gaat de rest van deze presentatie.

Hoe werd er in de afgelopen tien jaar aangekeken tegen ‘hersenen en leren’?

De eminente onderwijswetenschapper John T. Bruer publiceerde in 1997 een wetenschappelijk artikel over de mogelijke toepasbaarheid van gegevens uit hersenonderzoek. Dit artikel zou bijzonder invloedrijk blijken te zijn. De titel was ‘Education and the brain: a bridge too far’. Hij evalueerde de verschillende mogelijkheden en pretenties van die tijd en stelde vast dat er weliswaar sprake was van interessante theoretische kennis omtrent het brein maar dat de tijd geheel niet rijp was voor enigerlei inpassing in de educatie. Deze situatie is –slechts 8 jaar verder- radicaal veranderd. Er verschijnt in de laatste jaren een snel groeiend aantal artikelen in toptijdschriften. Het tijdschrift Nature wijdde in 2005 een editorial aan ‘Bringing neuroscience into the classroom’. En een zeer recent artikel in Trends in Cognitive Sciences greep terug op de metafoer die door Bruer is gebruikt en meldt dat er meerdere bruggen zullen en moeten worden gebouwd over de woelige wateren die het onderwijsdomein en de wetenschap -in dit geval cognitieve neurowetenschap- van elkaar scheiden (zie ook Jolles 2006). Sinds 1999 groeit het aantal internationale samenwerkingsverbanden op gebied van ‘brain sciences, learning and education’ snel. Dit wordt mede geïnstigeerd door de OESO, de organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (met name het Centre for Educational Research and Innovation, CERI).

In Nederland is, mede in relatie tot de CERI initiatieven in februari 2004 de ‘Week van Hersenen en Leren’ georganiseerd. Deze kan worden beschouwd als startpunt van de ‘brain and learning’ ontwikkeling in ons land. Het boekje dat de commissie Hersenen en Leren in mei 2005 publiceerde⁴ heeft verdere brandstof geleverd voor de uitbouw van het onderwerp. Parallel hieraan is in de VS eind 2004 de internationale ‘Mind Brain Education Society’ opgericht, mede naar aanleiding van een zeer succesvolle conferentie. Tevens neemt het aantal universiteiten dat ‘Mind Brain and Education’ als aparte master programma aanbiedt, snel toe. De missie van dit soort programma’s wordt uitgedrukt in

⁴ J.Jolles, R.de Groot, J.van Benthem, H.Dekkers, C.de Glopper, H.Uijlings, en A.Wolff-Albers. 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. Te downloaden van www.nwo.nl (zoeken op ‘Leer brein kennen’) en www.jellejolles.nl.

parafrasen van de stelling ‘*To create a new field of Mind, Brain and Education, with educators and researchers who expertly join biology, cognitive science and education*’. Op Harvard University is dit reeds een bloeiende richting die zich richt zowel op studenten en onderwijsgevenden in de specialistische –academische- disciplines en in het brede doelgebied van educatoren en schoolpersoneel. Ook in andere topuniversiteiten zoals die in San Diego lopen soortgelijke initiatieven. Er zijn diverse universitaire departementen voor Educatie in de VS die zich op momenteel grote schaal een hersenscanner aanschaffen en multidisciplinaire programma’s ontwikkelen voor strategisch, fundamenteel en toegepast onderzoek in ‘brain, learning and education’. Een goed voorbeeld van doelen en pretenties wordt uitgedrukt door stelling die is overgenomen uit het programma van de universiteit van Texas in Arlington:

On Mind, brain and education and its potential

Mind brain education has the potential to change the face of education and has major implications for systematic change in the future. A new direction to provide a scientific explanation to questions like:

- *How do children learn and at what level of cognition?*
- *At what cognitive levels are we teaching?*
- *What levels of cognition are required for the careers of the future- careers that do not yet exist?*
- *How do we teach children so that they will succeed in an ever-changing environment?*
- *How do we impact the average teacher and thus significantly change the norm?*

Weer een ander instituut -het Ross instituut, ‘for advanced study and innovation in education’- stelt dat de enorme toename in onze kennis over de hersenen een grote belofte inhoudt voor het verbeteren van de schoolse opleiding van kinderen. Het is in dat opzicht van groot belang om de samenwerking van biologen, cognitief wetenschappers en onderwijsonderzoekers te stimuleren teneinde de snel toenemende behoefte aan de toepassing van de nieuwe inzichten in de onderwijspraktijk te kunnen waarmaken. Wel moet een probleem worden genoemd. Het probleem dat er sinds tien jaar ook erg veel pseudo-wetenschappelijke producten op de markt zijn gekomen op het gebied van ‘Brain-based learning’. Brochures, apparaten, trainingmethoden, video’s, geprotocolleerde leermethoden, cursussen en nog veel meer Een simpele zoekopdracht aan Google leverde me meer dan 54 miljoen hits op. Bij doornemen van een tiental sites die ik at random getrokken had op de eerste twee Google pagina’s bleken de gelezen pagina’s een onthutsende hoeveelheid onnozelheden, storende onjuistheden of aperte onwaarheden te bevatten. Voorts bracht een recente inventarisatie door prof Usha Goswami van de University of Cambridge (UK, zie referentielijst) aan het licht dat de gemiddelde onderwijsgevende in Engeland per jaar rond de zeventig van dit soort producten of informatiebronnen krijgt aangeboden. Natuurlijk bestaan er ettelijke goede boeken over brain based learning. Echter, er zijn veel meer slechte, en er zijn ook heel erg slechte. En er zijn bedrijven die veel geld verdienen met het verspreiden van pseudo-kennis die alleen in de verte te maken heeft met het brein of met cognitie en die hun

boodschap mooi maken door aan te schurken tegen modieuze pseudo-inzichten over het functioneren van het brein.

Kortom, wat is de stand van zaken.

De stand van zaken is dat het onderwerp 'Hersenen en leren' behoort tot de rubriek 'booming business'. Sinds een jaar of tien wordt in snel toenemende mate een poging gedaan om principes uit hersen- en cognitiewetenschap te vertalen naar toepassing in de onderwijspraktijk. Er bestaat een honger naar kennis op dit onderwerp, hetgeen weerspiegeld wordt door de grote hoeveelheid producten over 'brain & learning' dat aan het educatieveld wordt aangeboden. In wetenschap en wetenschappelijk onderwijs bestaan veel voorbeelden van topwetenschappers en goede onderwijsinstellingen -vooral in de Verenigde Staten- die zich in het onderwerp zijn gaan interesseren, en onderwijsaanbod hebben op Mind, brain and education. Het feit dat de OESO, en met name het Centre for Educational Research and Innovation (CERI) in 1999 gestart is met een project 'brain research and learning' is ook een aanwijzing voor het potentiële belang dat dit onderwerp geacht werd te hebben. Nederland heeft dankzij de activiteiten rond 'de Week van Hersenen & Leren' in 2004 en het boekje 'Leer het brein kennen' nog een aardige start gemaakt op dit domein en zelfs een voorsprong op andere West-Europese landen. Het is wel zaak om deze voorsprong vast te houden, en verder te gaan tot implementatie van bestaande inzichten, en daarnaast verdiepend onderzoek te doen op dit bijzondere gebied.

Om welke informatie gaat het nu eigenlijk, die zulke potenties zou kunnen hebben voor toepassing in het onderwijs? Daarover gaat de volgende paragraaf.

Nu eventjes in de hersenen kijken

Wat inleidende opmerkingen. Een zeer belangrijk uitgangspunt voor de moderne visies op 'leren' is dat de mens moet worden opgevat als een complex, informatieverwerkend systeem, zoals ik in een eerdere paragraaf heb genoemd. De mens staat in interactie met zijn sociale omgeving. In het geval van scholieren in het basis- en voortgezet onderwijs bestaat die omgeving uit datgene wat de onderwijzer, de ouders en vriendjes vertellen. Ook bestaat ze uit de aard van de informatie en de boeken waarin de informatie is verpakt, of de veranderende beelden op het beeldscherm: al deze informatie moet door de zintuigen worden verwerkt. Verschillende cognitieve processen filteren de binnenkomende informatie om te zorgen dat bepaalde zaken niet worden opgeslagen en andere wel. Het brein 'selecteert' de belangrijke informatie en houdt onbelangrijke informatie buiten. In principe, althans want er zijn omgevingen waar zoveel prikkels zijn dat het brein niet in staat is om goed te kiezen. In rumoerige omgevingen is het bijvoorbeeld moeilijk concentreren. Afleiding, distractie, algemener 'aandachtsprocessen', noemt de cognitiewetenschapper dat, terwijl ook 'werkgeheugen' of 'planning' en andere cognitieve processen van groot belang worden geacht.

Verschillende analyseniveaus. In wetenschappelijk onderzoek is duidelijk geworden dat de informatieopslag of het terugroepen ervan kan worden geanalyseerd op verschillende niveaus. Deze niveaus lopen van het niveau van de fundamentele hersenbiochemie via hersenanatomie tot het niveau van sociale processen. Waarom is het belangrijk om die niveaus kort te bespreken? Omdat er blijkt fors wat spraakverwarring te bestaan die het gevolg is van het feit dat de invalshoeken van de verschillende niveaus verschillend zijn. Iedere discipline heeft zijn eigen taal bekijkt net weer wat andere zaken, analyseert die op andere wijze en beschrijft ze in andere termen. De meest relevante niveaus zijn de volgende:

Het hoogste of meest complexe niveau is dat van het sociale systeem en de individu in zijn context. Een niveau daarbeneden is het niveau van de individu met zijn of haar beleving en gevoelens. Het niveau van de grove hersenstructuur is daar weer onder, en zo daalt het af via netwerken van hersencellen via het niveau van de hersencel en delen van die cel tot het niveau van moleculen. In de laatste tien jaar wordt veel onderzoek gedaan op gebied van de zg. ‘cognitieve neurowetenschap’. Daarvoor worden in het bijzonder hersenimaging studies uitgevoerd, waarbij de hersenactiviteit wordt gemeten gedurende uitvoering van een cognitieve taak, zoals het leren van nieuwe informatie. Gewoonlijk worden in dit soort onderzoek aspecten van ‘leren’ in relatie gebracht tot vrij grote structuren in de hersenen. Zo wordt bijvoorbeeld gesproken over ‘*activatie van de hersenen in onderdelen van de prefrontale schors*’ of ‘*activatie in de bovenste winding in de temporale schors*’.

De hersenen zelf zijn te analyseren vanuit de invalshoek van de anatomie, de fysiologie, de biochemie, de farmacologie en andere. Zoals gezegd, ook processen en mechanismen op die ‘diepere’ niveaus worden al vele jaren in relatie gebracht met leren. Er is het niveau van ‘grote samenhangende netwerken van hersenstructuren en hersencellen’. Daaronder is er het niveau van de cel met de duizenden contacten die deze heeft met andere cellen. En daar weer onder zit het niveau van structuurtjes waar de zenuwcel zelf weer uit is opgebouwd, en waarin biochemische processen hun invloed uitoefenen. Het is van belang om in het domein van ‘hersenen en leren’ een duidelijk standpunt in te nemen over het niveau dat wordt bestudeerd. Veel spraakverwarring blijkt namelijk te bestaan doordat niveaus door elkaar worden gehaald. Als voorbeeld: kennis over de cognitief neurowetenschappelijke invalshoek neemt gewoonlijk de sociale invalshoek niet in overweging evenmin als de psychologische, terwijl die wel erg belangrijk zijn. En omgekeerd.

En nu: Uit de grote hoeveelheid soorten kennis over structuur en functie van ons brein is er een deel pas recentelijk verworven. Dat gaat vooral over kennis uit de cognitieve neurowetenschap. Daarnaast is er relevante biopsychologische kennis die kan worden beschouwd als handboekenkennis; ze is te vinden in studie boeken over ‘biologische psychologie’ voor psychologiestudenten.

Hieronder zal ik een aantal bevindingen bespreken, waarvan ik inschat dat ze nogal wat invloed kunnen hebben op ons denken over onderwijs en de innovatie daarvan. Omdat dit stuk -als de weerslag van een lezing- niet de pretentie heeft om een alomvattend en in alle opzichten genuanceerd beeld te geven, maar alleen beoogt om het onderwerp ‘op de landkaart te zetten’, beperk ik me tot een aantal ‘grote’ onderwerpen en bespreek deze in kort bestek.

Het brein is plastisch. Het ontwikkelt zich voor de geboorte maar vormt zich verder in reactie op de omgeving en wel tot op hoge leeftijd. Het is al sinds geruime tijd goed bekend hoe de structuur van de hersenen zich ontwikkelt vanaf de conceptie. Rond het moment van de geboorte zijn de hersenen ‘klaar’ voor een zekere mate van autonoom functioneren. Voor zelfstandig ademen, spijsverteren, en onderhouden van vitale lichamelijke functies. Veel hersendelen zijn echter nog niet uitgerijpt op het moment van de geboorte. Vele verbindingsbanen tussen vele hersendelen moeten zich nog vormen, cellen moeten nog contact met elkaar maken om te kunnen functioneren en moeten nog uitlopers vormen. Kortom, de grote structuur is er weliswaar, maar vrijwel alle hersenstructuren, moeten nog een start maken met de verdere ontwikkeling. Sinds een jaar of 15 weten we dat het brein plastisch is, en ook blijft tot op hoge leeftijd. Dit wil zeggen dat de hersenstructuur zich continu doorontwikkeld als reactie op de ervaringen die iemand opdoet. Tevens betekent het dat mensen tot op hoge leeftijd kunnen blijven leren, waarmee de hersenmythe ontkrachtigd is dat kinderen in hun eerste levensjaren zoveel mogelijk moeten worden blootgesteld aan leerervaringen opdat zij zich optimaal ontwikkelen. Het zijn waarschijnlijk prikkels uit de omgeving, of het beroep dat op de cellen wordt gedaan, die bepalen hoe de cellen uitgroeien en functioneel rijpen, en van de netwerken waarin deze opgenomen zijn. Dus: de eisen die aan het ontwikkelende kind worden gesteld, bepalen mede de functionele ontwikkeling van het brein.

Hersensfunctie en gedrag zijn het resultaat van een samenspel van zowel genetische als omgevingsfactoren. In de afgelopen jaren is er bijzonder veel onderzoek uitgevoerd naar genetische factoren. In de beschrijving van de wetenschappelijke vondsten wordt echter regelmatig een te grove simplificatie gebruikt. Zo lees ik in de krant dat ‘het gen voor agressie is gevonden’ of ‘ADHD is genetisch bepaald’. De werkelijkheid ligt genuanceerder, aangezien voor vrijwel alles zowel genetische als omgevingsfactoren verantwoordelijk zijn. Om het metaforisch te zeggen: de genen zijn te vergelijken met het product van de architect; ze zijn de blauwdruk of het bouwplan. De omgeving is dan als het ware de aannemer; die maakt van het bouwplan een driedimensionaal huis, en zal vaak aanpassingen moeten doen in het bouwplan omdat dat in de bouw gewoon niet anders kan. Zo wordt tegenwoordig vaak gesproken over ‘risicofactoren’ en ‘beschermende factoren’. Er kan sprake zijn van een genetisch risico dat toch niet tot uitdrukking komt omdat het kind een heel goede en structurerende omgeving heeft die ervoor zorgt dat het brein -en dus gedrag en cognitie- optimaal rijpen waardoor het kind uit de risicogroep kan blijven. Maar vanzelfsprekend komt het omgekeerde ook voor.

De hersenontwikkeling loopt door tot na het twintigste jaar. Zoals gezegd, in de afgelopen jaren zijn wetenschappelijke doorbraken bereikt. Veel daarvan zijn op het conto te schrijven van de moderne hersenimaging technieken. Ten aanzien van hersenontwikkeling bestond enkele jaren geleden nog de overtuiging dat de hersenen zo ongeveer ‘klaar’ waren op het vijfde jaar, of hoogstens in wat details nog wat verder doorgroeiden. Nu blijkt de hersenstructuur nog door te rijpen tot in de derde decade; structuren in de voorste hersenen zijn dan pas uitgerijpt. En van juist die structuren wisten we al -door ander onderzoek- dat ze verantwoordelijk zijn voor het planmatig handelen, voor het maken van keuzen, voor het evalueren van het eigen gedrag en van de

normen van de omgeving. Van deze functies wordt vaak aangenomen dat die klaar zijn zo rond de tweede helft van de adolescentie. Dit is dus niet zo, deze zogenoemde executieve functies ontwikkelen zich nog tot in de loop van de twintiger jaren. Deze vondst is van eminent belang voor ons denken over 'zelfstandig leren' in studiehuis en tweede fase maar ook in andere educatie-fasen.

De hersenontwikkeling is niet uniform. Er blijkt dat er allerm minst sprake van is dat de ontwikkeling van alle kinderen uniform verloopt. Weliswaar lijkt *de volgorde waarin* hersendelen rijpen, steeds dezelfde te zijn, maar de periode dat verschillende kinderen in de verschillende fasen doorbrengen is sterk verschillend. Er is individuele variabiliteit en het kan bijna niet anders dat deze verantwoordelijk is voor het feit dat sommige kinderen in bepaalde vaardigheden jaren kunnen voorlopen op andere kinderen. Dan gaat het om een beter functioneren in taalvaardigheden, in rekenen, of in bepaalde sociale vaardigheden; echter, die voorsprong kan uiteindelijk weer slinken zodat de variabiliteit aan het eind van de ontwikkeling voor een groot deel verdwenen is. In eigen onderzoek in Maastricht hebben we bijvoorbeeld gevonden dat kinderen tussen 6 en 12 jaar *gemiddeld* veel beter worden in een bepaalde geheugentaak. Echter, sommige kinderen presteren al bijna vlekkeloos op de taak als ze 8 zijn, terwijl andere kinderen dat pas kunnen op hun 12e jaar. Terwijl er toch geen verschil in intelligentie of andere vaardigheden is! Voor het onderwijs is dit een belangrijke vondst omdat dergelijke variabiliteit natuurlijk erg goed bekend is bij de leraar, terwijl niet bekend is dat deze mede op hersenontwikkeling berust en eigenlijk een 'natuurlijk gegeven' is. Dit soort informatie heeft potentie voor toepassing in de onderwijsprogrammering voor verschillende leeftijdsgroepen en potentieel voor het gaan werken met 'functiegroepen' van kinderen die wellicht wat in leeftijd verschillen maar op eenzelfde niveau functioneren ten aanzien van een bepaalde vaardigheid.

Andere gebieden zijn betrokken bij werkgeheugen, bij taal, bij handelen, denken, geheugenopslag. Het hersenimaging onderzoek heeft veronderstellingen bevestigd die al vele jaren geleden in onderzoek bij neurologische patiënten zijn opgedaan; de hersenen bestaan uit een heel aantal netwerken van deelstructuurtjes. Die zijn met elkaar verbonden, en zijn ieder een radertje in een groot mechanisme. Over de jaren van de voorschool, over de lagere schoolperiode en over de middelbare schoolperiode is sprake van *functieontwikkeling*. En het is zeer waarschijnlijk dat deze samenhangt met de rijping van die structuurtjes in de hersenen. En van de rijping van de banen die de structuurtjes met elkaar verbinden.

Het is van ongelooflijk belang dat dit type onderzoek het nu mogelijk maakt om 'cognitieve processen' in beeld te krijgen. Daardoor wordt voor het eerst duidelijk dat het feit dat een bepaald kind een probleem heeft om iets speciaals te leren, aan een heel aantal hersenprocessen kan liggen. In eigen onderzoek hebben wij met hersenimaging onderzoek kunnen laten zien, dat kinderen met een zg. Specific Language Impairment (SLI) andere hersendelen gebruiken voor het uitvoeren van een leestaak dan normale kinderen. Hetzelfde gold voor kinderen met dyslexie. Dit kan niet anders betekenen dan dat de kinderen *compenseren* voor de verminderde functie en dat dit zichtbaar is aan een ander soort activatie in de hersenen. Aannemend dat de bevindingen kloppen, geeft dit type onderzoek een leidraad om het kind te leren om een zodanige leerstijl te ontwikkelen

dat het leren –gegeven de mogelijkheden van het kind en diens selectieve vaardigheidsbeperking- beter en effectiever kan verlopen.

Een doorbraak: wanneer een taak geleerd is, VERMINDERT de hersenactiviteit.

Tien jaar geleden is een grensverleggend boek gepubliceerd door Posner en Raichle, getiteld ‘Beelden in ons brein’. Hierin vatten deze twee coryfeeën veel onderzoek samen dat toendertijd was verricht naar hersenimaging. Een van de vondsten die ik in hun onderzoek het boeiendst vond, heeft groot belang voor ons inzicht in de hersenprocessen bij leren. Zij leerden de proefpersoon een bepaalde taak, bijvoorbeeld woordjes onthouden. Gedurende dit leren waren allerlei hersenstructuren behoorlijk actief. Echter, op het moment dat de persoon de taak goed kon uitvoeren, was er *geen extra activiteit* meer zichtbaar in het brein. Metaforisch gesproken: de taak werd ‘op de ruggengraat uitgevoerd’. De taak was geautomatiseerd. Wanneer de taak ietsje werd veranderd kwam de activiteit op de hersenschors weer terug. Kennelijk zijn er bij een goed doorleerde taak minder hersenfuncties nodig voor de uitvoering.

Voor het onderwijs zijn er vele implicaties. Zo laat het onderzoek zien, dat optimaal leren ervoor zorgt dat het brein gaat automatiseren. Dit is ook wel begrijpelijk aangezien op die manier heel efficiënt gewerkt kan worden. Daardoor kan het brein meerdere taken tegelijk uitvoeren. In de tweede plaats geeft het aan, dat hersenimaging als techniek een grote rol kan spelen voor het monitoren, dus het bijhouden, van de efficiëntie van het leerproces. Dit zou een techniek kunnen zijn, die de leraar helpt in de diagnostiek van ‘wat is voor dit kind de meest optimale wijze van leren’ en ‘is de leerstof geautomatiseerd’. Dit is een belangrijk punt waarop onderzoek zich in de nabije toekomst zal richten.

Er zijn verschillende leerstrategieën, en deze berusten op andere hersenfuncties.

Ook weer uit onderzoek van Posner en sindsdien al vele keren bevestigd in andere typen taken is de volgende bevinding: afhankelijk van de strategie die iemand gebruikt om iets te leren, worden verschillende hersendelen geactiveerd tijdens het leerproces. Wanneer iemand een verbale strategie gebruikt om iets te leren (bijvoorbeeld woordjes in gedachten herhalen) worden met name delen van het brein aan de voorkant van de hersenen geactiveerd. Wanneer een complex visuele strategie wordt gebruikt blijken daarentegen meer achterin de hersenen structuren te worden geactiveerd. Hieruit kan worden geconcludeerd dat zo’n persoon zich een visueel plaatje voorstelt van datgene wat onthouden moet worden. Dus: de hersenscan laat als het ware ‘zien’ welke strategie de persoon gebruikt!

Weer ander onderzoek laat zien dat het zich herinneren van een bepaald woord na een visueel signaal anders verloopt dan na een auditief signaal, dat via de oren binnenkomt. Dergelijke bevindingen vormen een onderbouwing van de praktijkervaring van vele onderwijsgeevenden, namelijk dat er verschillende leerstijlen worden gehanteerd door kinderen (maar ook volwassenen). Echter, het imaging onderzoek laat niet alleen maar zien wat we al wisten maar voegt verdiepende kennis toe. Voor de nabije toekomst is nu de vraag die moet worden onderzocht, of iedereen wel de stijl of stijlen hanteert die hem of haar past, en of ook andere strategieën dienen te worden geoefend in de educatiesituatie. Ook dit is een onderwerp dat op zeer korte termijn middels praktijkonderzoek tot toepassing in het onderwijs moet kunnen leiden.

Hersenontwikkeling gaat parallel met de ontwikkeling van taal, van vocabulaire en van hogere taalfuncties. Er is bijzonder veel kennis en ervaring opgedaan over de hersenontwikkeling in relatie tot taalontwikkeling; ze lopen parallel.

In eigen onderzoek bleek dat er aspecten van taalontwikkeling zijn, die pas relatief laat rijpen. We vergeleken kinderen tussen 6 en 12 jaar met elkaar in het vermogen om complexe taaluitingen te begrijpen (zoals de vraag ‘is vaders broer dezelfde als de vader van de broer?’). Tot onze verrassing bleek slechts tweederde van de kinderen op 12-jarige leeftijd dergelijke zinnen goed te begrijpen. Het ging hier ook nog om kinderen van hoogopgeleide ouders. En dit moet wel implicaties hebben voor prestaties op school aangezien dergelijke taaluitingen gewoon zijn in de communicatie vanuit leraar naar scholier. Het zou dus best kunnen zijn dat ook goed presterende kinderen niet alles begrijpen wat de onderwijsgevende vraagt of vertelt.

Voorts lijkt ook het abstraheren, generaliseren en categoriseren -als belangrijk aspect van taal- pas in het laatste deel van de lagere school uit te rijpen, en dan ook nog niet eens bij alle kinderen. Bij veel kinderen is het waarschijnlijk zelfs medio middelbare schooltijd nog geheel niet uitontwikkeld. Dit is een niet onbelangrijke bevinding aangezien die vormen van taal zo’n belangrijke rol kunnen spelen in de manier waarop we de wereld beschrijven, en ons eigen handelen of dat van anderen verklaren. Het gaat in wezen om de wijze waarop wij *denken*. Veel cognitief hersenonderzoek is er nog niet naar gedaan, maar dat verandert snel: het is een belangrijk onderwerp met forse toegepaste waarde. Ook heeft het nogal wat potentie in relatie tot competentieontwikkeling en tot de wijze waarop wij optimaal kennis zouden kunnen verwerven.

Een goed ontwikkelde hersenschors wordt dunner. Pas recent is duidelijk geworden dat wat betreft de hersenomvang ‘meer niet noodzakelijkerwijs beter is’. Bij hersenontwikkelingsstoornissen komt het regelmatig voor, dat de schors *te dik* is en daarmee een uiting is van het feit dat er nog geen goede differentiatie en functionele rijping heeft plaatsgevonden. Wat er moet gebeuren, is dat cellen contact met elkaar zoeken en een functioneel contact aangaan. Die cellen waar dat contact gemaakt is versterken elkaar en zorgen dat ‘overtollige’ cellen of verbindingen verdwijnen. Zo blijken veel kinderen met ernstig autisme tot 40% te veel cellen in de voorste schors te hebben.

Spectaculair zijn recente bevindingen die tonen dat het *dunner worden* van de schors in de lagere schoolleeftijd sterk gekoppeld is aan een intelligentie; bij kinderen met hogere intelligentie wordt de schors dunner op een eerder moment in de tijd dan bij andere kinderen. Dit suggereert dat er bij deze kinderen tot dat moment zich een efficiënter leerproces heeft afgespeeld en dat daardoor de cellen elkaar op eerder moment gevonden hebben. Daardoor konden overtollige cellen en verbindingen eerder worden afgebroken en als nutteloos bouw materiaal afgevoerd. Er zijn goede redenen voor de opvatting dat de efficiëntie van dit hersenontwikkelingsproces sterk medebepaald is door de kwaliteit van de leeromgeving. Dan gaat het bijvoorbeeld om de leeromgeving op school of om de interacties thuis!

Nog eens over genetica en omgeving. Er wordt veel onderzoek gedaan naar de rol van genetische factoren in relatie tot intelligentie, en naar genetica bij diverse cognitieve functies en functiestoornissen. Zeer belangrijk hierin is onderzoek naar een-eiïge

tweelingen, die identiek zijn in hun genetische opmaak. Recent hersenimaging onderzoek heeft bij herhaling laten zien, dat zelfs bij identieke tweelingen, die in hun uiterlijk niet of vrijwel niet onderscheidbaar zijn, wel degelijk verschillen in hersenstructuur zijn vast te stellen. Opmerkelijk is dat die hersendelen die gekenmerkt zijn door de grootste verschillen nou net degene zijn waarvan we weten dat die wat later in de adolescentie rijpen, en die de meest centrale rol spelen in de wijze waarop de mens interageert met zijn omgeving. Het gaat weer om onderdelen van de prefrontale schors (aan de voorkant van de hersenen) en temporale schors ('boven het oor aan de zijkant'). Dit is weer een aanwijzing dat omgevingsfactoren mede bepalend zijn voor de functionele ontwikkeling van de hersenen. En dit geeft duidelijk aan dat omgeving bijzonder belangrijk is en dat gedrags- en cognitieve functies niet zomaar door de genen worden bepaald. Integendeel, de omgeving is bepalend voor de efficiëntie waarmee de blauwdruk van het brein tot expressie komt.

De laat-adolescent is nog lang niet klaar met de hersenontwikkeling

Over de plannings en stuurfuncties. Onderzoek naar leren in relatie tot cognitieve processen en hersenfunctie van de adolescent komt pas in de laatste jaren tot ontwikkeling. Weer levert hersenfunctieonderzoek hierin potentieel grensverleggende inzichten op. Van belang zijn vooral de functies die worden aangeduid met de 'plannings- en controlefuncties' -of uit het engels 'executieve functies'-. Sinds een 50tal jaren weten we uit onderzoek bij patiënten dat dergelijke functies berusten op het functioneren van de voorste hersendelen. In de laatste decade is er veel meer kennis opgedaan over de executieve functies bij normale ontwikkeling en veroudering. Lichte functieveranderingen kunnen aanleiding geven tot veranderingen in vaardigheden die zich in het normale leven sterk doen gevoelen. De betreffende hersendelen blijken zich in zijn algemeenheid pas te ontwikkelen in de adolescentie. De term 'executieve functies' is een verzamelnaam voor een aantal samenhangende deelfuncties. De belangrijkste zijn:

Belangrijke plannings- en controle functies

Planning en programmering van het eigen gedrag

Probleemoplossend gedrag

Inhibitieprocessen, remming

Zelf-evaluatie

Evaluatie van het eigen gedrag in relatie tot sociale normen

Social monitoring, evaluatie van intenties en beleving van anderen

Zelf-geïnitieerd zoeken

Keuzen maken op grond van sociale, emotionele en rationele criteria

Zoals gezegd, wordt pas in de laatste jaren op enige schaal onderzoek gedaan naar adolescentie. Dit geldt zeker voor de relatie met hersenfunctie en de cognitieve en hersenontwikkeling. Een samenvattend overzichtsartikel in het toptijdschrift Trends in Cognitive Sciences vatte in 2005 een aantal belangrijke vondsten samen. Voor het huidige overzicht is belangrijk dat de auteurs betogen, dat de adolescentie wordt

gekenmerkt door drie fasen: de vroege, de middel en de late adolescentie. In de vroege adolescentie start de puberteit; deze heeft mede met hormonen te maken, maar is ook bepaald door processen van hersenrijping. In de vroege adolescentie is het kind verhoogd emotioneel (in het engels, maar ook in Nederlandstalige vakliteratuur met de term 'arousal' aangeduid). Voorts is het kind te beschouwen als een 'sensation seeker' en is meer gericht op behoeftebevrediging. In de middel-adolescentie is er sprake van verhoogde neiging tot risico's nemen en ook op het ontstaan van problemen in de regulatie van stemming en de controle op het eigen gedrag. Dit is een soort tussenfase waarin de impulsremming nog onrijp is.

In de late adolescentie tenslotte ontwikkelen bepaalde delen van de voorste hersenen zich verder. Die zijn verantwoordelijk voor de plannings- en controlefuncties die boven beschreven zijn. Bij een juist ontwikkelen van deze stuurfuncties ontwikkelt zich de hoger-cognitieve controle over gedrag die nodig is voor verantwoorde gedragsplanning en organisatie, voor keuzegedrag, voor de zelfevaluatie en voor de beslissing om het gedrag aan te passen aan de eisen van de omgeving.

Ik zal een enkel maar belangrijk voorbeeld geven van het enorme belang dat in deze leeftijdsperiode bestaat omtrent de sturende rol van de omgeving. In technische termen: het zijn 'sociale cognities' die de grote rol spelen. De adolescent is eigenlijk wel zo'n beetje klaar met de primaire vaardigheden en functies. Deze zijn uitontwikkeld. Wat zich nu gaat ontwikkelen is de samenhang van deelfuncties. Deze impliceert onder anderen het evalueren van het belang van bepaalde vaardigheden in termen van 'Wat vind mijn vriendin ervan? Wat wil papa nu eigenlijk?'. Dus sociale normen gaan in deze periode een groot belang krijgen, evenals het vinden van 'een positie' binnen de groep.

Een voorbeeld. In een experiment van Gardner en Steinberg, moesten proefpersonen een soort computerspel uitvoeren (het is beschreven in het overzichtsartikel van Steinberg dat in de referentielijst is opgenomen). Met een joystick moest proefpersoon een auto over een scherm bewegen door een virtuele stad, over voorrangskruisingen, langs stoplichten en dergelijke. De onderzoekers deden een meting van het aantal en de aard van gevaarlijke situaties waarin de proefpersoon zich begaf, zoals door geel of rood licht rijden, andere auto's afsnijden en dergelijke. Drie groepen werden onderzocht en met elkaar vergeleken, namelijk adolescenten (leeftijd 13-16 jaar), 'jeugdigen' (tussen 18 en 22 jaar) en volwassenen (ouder dan 24 jaar). De drie groepen bleken niet van elkaar te verschillen in de basissituatie. Dus ze begaven zich even veel in risicovolle situaties. Een opmerkelijk verschil ontstond wanneer een vriend of vriendin meekeek met het spel. Dit 'over de schouder meekijken' was expres zo opgezet door de onderzoekers. Het bleek voor de volwassenen niet uit te maken of er iemand meekeek. Maar de adolescenten bleken zich nu bijna dubbel zo vaak in gevaarlijke situaties te begeven. De jeugdigen hadden een tussenpositie. De onderzoekers concludeerden dat dit risicogedrag kennelijk sterk bepaald werd door de sociale cognities en in wezen door het oordeel dat de proefpersoon (met name de adolescent) meende te krijgen van zijn vriend/vriendin. En juist in die periode tussen 15e en 20e jaar ontwikkelen zich de vaardigheden om weerstand te bieden tegen sociale druk, om een eigenstandige positie te kunnen innemen. Opmerkelijk is natuurlijk dat dit net een periode is waarin veel adolescenten menen dat ze al geheel volwassen zijn en adequaat en zelfstandig kunnen oordelen. Op verantwoorde wijze kunnen kiezen. Maar ook een periode waarin ze te maken krijgen met het

Studiehuis en de tweede fase, welke mede gebaseerd zijn op de stelling dat de adolescent/jongere hiertoe in staat is..... Onderzoeksgegevens zoals hierboven aangehaald stellen dit vermogen ter discussie en suggereren dat dat proces misschien pas ruim na het 20e jaar klaar is.

Kortom, wat weten we dan wel? Wat zijn de grote inzichten?

In voorgaande paragrafen heb ik een aantal grote punten besproken. Uitgangspunt is dat de hersenen plastisch zijn en de mens in staat stellen, zich aan te passen aan een veranderende omgeving. Het is een geordende en ‘rijke’ omgeving met de zintuiglijke prikkels die daarbij horen, die leidt tot efficiënte uitgroei van de verschillende hersenstructuren en hun verbindingbanen en de onderdelen van de hersencellen. En deze adequate uitgroei ligt weer ten grondslag aan efficiënt functioneren in een sociale context.

Als tweede ‘grote’ punt gaat het om de individuele patronen in de hersenontwikkeling en de cognitieve ontwikkeling. Niet bij ieder kind verloopt de rijping van verschillende functies volgens de zelfde temporele ordening; misschien wel dezelfde volgorde maar niet iedere fase heeft dezelfde duur. En het patroon van functies en relatieve disfuncties oftewel ‘sterke en zwakke vaardigheden’ is ook niet bij ieder kind hetzelfde, evenmin als de strategieën die kinderen van verschillende leeftijden en achtergronden gebruiken. De individuele ‘life-history’ van de verschillende kinderen is bepalend voor de wijze waarop informatie wordt verwerkt. Dus culturele factoren spelen een rol, de opleiding van de ouders, de taal, de mate waarin het kind voorgelezen wordt, de sociale normen en waarden in het gezin of op de school die het kind al heeft bezocht. Al deze factoren beïnvloeden het leren.

Ook van groot belang is het feit dat de informatieoverdracht en de efficiëntie waarmee informatie beklijft en wordt opgeslagen, afhankelijk is van de toestand van het biologische systeem. Een auto met nog een liter benzine in de tank rijdt geen 40 kilometer meer; een kind dat niet ontbeten heeft zal minder aandacht hebben voor de leerstof en meer bezig zijn met ‘hoe scoor ik dat zakje chips’; een adolescent die de avond tevoren tot half elf achter de Gameboy heeft gezeten met een actiespel en pas om half 12 goed in slaap was, heeft een minder diepe slaap en heeft de volgende dag grote moeite de aandacht op de leerstof te houden. Iets algemener gezegd, de biologiegelateerde functies ‘eten, drinken, seksualiteit, slapen, zorg, aandacht en oriëntatie en het gevoel ‘erbij te horen’ zijn bepalend voor informatieopslag, dus voor leren. Ook voor emoties en motivaties en hun hersenequivalent geldt dat.

Kortom, veel *onderwijs-extrinsieke factoren* zijn bepalend voor de efficiency van het leerproces. En tot dusver wordt over deze factoren in het onderwijs niet veel gezegd, en bestaat ook in de leerstof voor aanstaande onderwijsgegenden geen of nauwelijks plek. Wel wordt in zijn algemeenheid een aantal van deze factoren herkend, maar wordt nog weinig gedaan om de onderwijssituatie te creëren waarbinnen het leerproces optimaal zou kunnen zijn. Interessant zijn de onderwijsexperimenten waarin wel degelijk aandacht voor een aantal van bovengenoemde zaken bestaat. Jammer is dat tot dusver zo weinig ‘evidence-based’ is gewerkt zodat een zinvolle vergelijking van de aanpak nog niet mogelijk is. In de volgende tabel worden de belangrijkste factoren genoemd:

Er moet rekening gehouden worden met vele educatie-extrinsieke factoren

Factor 1: cognitieve neuropsychologie en aandachtsprocessen

Factor 2: psychobiologische factoren (bv. stress, eten, drinken, hormonen)

Factor 3: ontwikkelingsbiologische factoren (bv. hersenontwikkeling)

Factor 4: sociodemografische factoren (bv. educatie en ambitieniveau ouders)

Factor 5: klinische neuropsychologie (leerproblemen, strategieën)

Factor 6: psychopathologie (bv. angst, op tenen lopen, ADHD)

Factor 7: cognitieve gerontologie (de ouder wordende leraar)

Tenslotte: de informatie die over hersenen en gedrag al wel in het onderwijs wordt gebruikt is, zoals ik eerder naar voren bracht, vaak niet meer dan pseudo-kennis en is soms gevaarlijk door zijn pretenties. Er zou al veel gewonnen zijn wanneer bovenstaande factoren in het onderwijs beter herkend zouden worden en wanneer een proces op gang zou komen om de invloed hiervan op het leren te herkennen en er ook wat mee te doen.

Een belangrijk onderscheid is dat tussen de vele verschillende vormen van leren. Ik wil de stelling naar voren brengen dat het voor onderwijsinnovatie in ieder geval belangrijk is om verschillende vormen van leren te onderscheiden. Ik wil hiermee wijzen op het belang van taal, en van het feit dat we woorden kunnen gebruiken om verschillende processen van elkaar te onderscheiden. Door voor een proces een woord te hebben en te gebruiken, wordt deze ook makkelijker herkend en kan het in het onderwijs wellicht ook worden gebruikt. In onderstaande tabel is een aantal aspecten van leren opgenomen, waarvan in hersenen en cognitieonderzoek van de laatste tientallen jaren is duidelijk geworden dat deze onderscheiden moeten worden. Ze berusten op geheel verschillende hersenmechanismen en zijn gemakkelijk experimenteel uit elkaar te houden.

Ik zal geen poging doen om een alomvattend overzicht te geven, maar alleen om de verschillende meest belangrijke vormen van elkaar te onderscheiden. Als algemene opmerking en voorbeeld: het leren tennissen vereist een heel aantal vormen van leren. De tennisslag is een motorische en psychomotorische vaardigheid, die oog-hand-coördinatie vergt maar ook puur motorische coördinatie van een heel aantal samenwerkende spiergroepen. Daarnaast vereist het spelen van tennis ook procedurekennis, spelinzicht en nog een heel aantal factoren meer. Zo is ook het leren van feitelijke kennis (bijvoorbeeld feiten in de geschiedenisles) anders dan het leren van rekenvaardigheden maar bevat ook overeenkomsten, zoals het belang van leren van de getallenrechte ('de jaartallen') om de relatieve afstand in de tijd tussen verschillende gebeurtenissen in de geschiedenis te kunnen beschrijven en begrijpen.

Er is onderscheid tussen verschillende vormen van leren

- *Psychomotorisch leren en motorisch leren*
- *Leren van complexe handelingen*
- *Procedureleren*
- *Emotie-taal koppeling en koppeling van emotionele connotaties*
- *Leren van een simpele of complexe vaardigheid zoals schrijven, rekenen*
- *Leren van abstracte kennis, feitelijke kennis, procedurele kennis*
- *Redeneren, probleem oplossen*

Wat nadere mogelijkheden voor implementatie van potentieel relevante inzichten

Wat in dit stuk steeds weer terugkomt is de potentiële waarde van inzichten. Inzichten in het proces van informatieverwerking bij het kind en in de factoren die daarop van invloed zijn in de verschillende leeftijdsfasen. Er is momenteel nog niet een handboek te geven van de verschillende inzichten die voor de educatiepraktijk het belangrijkste zijn. Het is wel de verwachting dat een brug tussen onderzoek en praktijk geslagen kan worden en een aantal basale processen tot ontwikkeling laten komen. In dat verband zijn de volgende gedachten en inzichten mogelijk van belang:

Voor het educatieveld mogelijk wezenlijke inzichten

- *Let op de gevaarlijke mythen over het 'brain based leren'*
- *De wetenschap heeft momenteel heel veel te bieden (namelijk algemene inzichten) maar tegelijk ook minder dan we willen (er zijn nog niet veel direct toepasbare producten)*
- *Het enorme belang van de individuele patronen (geef het kind langer de kans)*
- *Het verschil tussen jongens en meisjes en tussen cultuurgroepen*
- *De rol van 'past learning history', van cultuur en individuele geschiedenis*
- *Essentieel: de stimulerende rol van de onderwijsgevende, het rolmodel*
- *Belang van intrinsieke factoren (eten, drinken, seks, behoefte aan 'erbij horen')*
- *Belangrijke extrinsieke factoren, drugs, stimulans omgeving*

Enkele gedachten over invulling in de educatiepraktijk. De derde brug die kan worden gebouwd is die, waar wetenschapper en onderwijsprofessional *samen* en in interactie komen tot nieuwe inzichten die zowel in de praktijk als in research kunnen worden getoetst en uitgebouwd. Er zijn vele mogelijkheden die in die interactie tot ontwikkeling kunnen komen. Vanuit mijn positie en zowel de ervaring met 'leren' bij personen met een hersendisfunctie en het wetenschappelijk onderzoek naar biologie-omgevingsinteracties, heb ik een aantal puntjes die als kristallisatiekern kunnen dienen voor verder gesprek. Ik breng ze hier in een tabel kort naar voren:

Mogelijk relevante punten voor de invulling in onderwijspraktijk

- *De adolescentie is een 'zoek en evaluatiefase': stimuleer dat en rem het niet!*
- *'Hangen' door adolescenten heeft een functie in ontwikkeling van sociale cognities; probeer dit soort aspecten van ontwikkeling te gebruiken in plaats van te bestrijden*
- *De taal en in het bijzonder de 'hogere taalfuncties' zijn bijzonder belangrijk; ze kunnen worden gebruikt voor het ontwikkelen van het denken, van categoriseren*
- *Stimuleer de actieve recapitulatie, het expliciteren van handelingen en doelen in de vorm van taal. Laat het kind meer herformuleren*
- *Sluit aan op de eigen spontaan gebruikte strategie maar probeer ook om meerdere andere strategieën te leren*

- *Sluit aan bij spontaan gebruikte compensatie- en coping mechanismen en laat andere, mogelijk efficiënter strategieën ontdekken en gebruiken*
- *Leer scenario's aan, stimuleer actief de planning en gedragsorganisatie*
- *Maak attent op zelf-evaluatie en sociale monitoring en het belang ervan; daarmee kan zelfsturing verbeterd worden alsmede het maken van keuzen.*
- *Leer te leren, leer de metacognitie en leer onderscheiden tussen kennis, vaardigheid en attitude/beleving*

Zijn er nog andere tips?

Zoals gezegd, bij het bouwen van bruggen kunnen vele mogelijkheden aan de orde komen waarbij de vertegenwoordigers van de wetenschappelijke en praktijkdisciplines met elkaar prioriteren en consequenties doornemen. Daarin is ongetwijfeld een grote plek weggelegd voor de praktijkervaring van de onderwijsgevende. Die zal vanuit haar/zijn praktijk het een en ander aan kennis naar voren kunnen brengen die de wetenschapper mogelijk van suggesties kan voorzien. Of gedachten zoals in deze voordracht ontvouwd 'een gouden tip' zijn, kan natuurlijk in zijn geheel nog niet worden gesteld. Wederom: beschouw ze als een eerste gedachte, een kristallisatiekern; ze hebben hun dienst bewezen wanneer ze tot nadenken aanleiding hebben gegeven en vervangen zijn door werkelijk bruikbare concepten. Ter afsluiting daarom enkele laatste mogelijk te vergulden tips:

Gouden tips.....als ze er al zijn

- *Stimuleer novelty-seeking, en niet alleen bij de heel jonge kinderen. Het brein is een novelty-machine*
- *Stimuleer positieve emoties, deze zorgen dat informatie beter beklijft*
- *Zorg voor eagerness en let op de erg belangrijke rol van 'eagerness', de positieve attitude. Het is wellicht makkelijker om 'teveel activiteit' te kanaliseren dan bij 'gebrek aan activiteit' tot activiteit te stimuleren.*
- *Zorg voor identificatiepunten. De goede leraar die rolmodel is, is hierin erg belangrijk*
- *Zorg dat er altijd sprake is van de combinatie van 'kennis', 'vaardigheden' en 'attitude'.*
- *Zorg dat alle elementen in het leerproces samenkomen en ook worden verbonden.*
- *Stimuleer de hogere taal, het redeneren, het categoriseren. Taal is een handig handvat voor inzichtontwikkeling maar ook voor zelf-controle en planning*
- *Ontwikkel de leraar; kwaliteitsverhoging van de leraar is een doelmatige en kosteneffectieve methode om het onderwijs te innoveren*

Ter afsluiting: het is een kwestie van balans

Ik heb gesproken over bruggen. Het gaat om 'overbruggen'. Deze bruggen moeten worden opgetrokken tussen velden of rivieroeveren die op dezelfde niveau liggen. Er is geen sprake van dat de een hoger ligt of beter is dan de ander. Gestreefd moet worden naar een joint action, naar een samenwerking, liefst over de grenzen van de disciplines

heen. Het is dus een kwestie van balans. Er moet hierin worden rekening gehouden met invalshoeken die verschillend zijn. En ieder moet zich realiseren dat in de verschillende invalshoeken gesproken wordt in talen die verschillend zijn en die aanleiding kunnen geven tot communicatieproblemen. Voorts zijn de belangen verschillend, aangezien de onderzoeker vaak gevangen zit in een vicieuze cirkel van geld aanvragen voor zijn onderzoek en gebrek aan tijd om zich te verdiepen in de mogelijke toepassing in het onderwijs. Voor de educatiepraktijk geldt iets analoogs. Daarom: de educator moet rekening houden met de belangen van de wetenschapper en vice versa. De hersenonderzoeker moet weten dat er ook zoets is als gedrag en cognitie. De cognitieonderzoeker moet zich realiseren dat er ook zoets is als emotie en affect. Degene die geïnteresseerd is in emotionele beleving van het kind moet zich weer openstellen voor de samenhang van beleving en complex gedrag. En de verschillende soorten onderwijsgevenden moeten openstaan voor de mogelijkheid dat het complex gedrag en de vaardigheidsproblemen waar zij mee te maken hebben kunnen samenhangen met factoren die formeel buiten zijn of haar scope liggen –zoals op gebied van biologie, aandacht, en sociaal systeem- en die toch meegenomen moeten worden ten voordele van een optimale ontwikkeling van het kind in een veranderende omgeving.

Het is allemaal een kwestie van balans.

In de komende jaren zal er hopelijk een snelle ontwikkeling zijn in fundamentele en toegepaste inzichten op dit fascinerende en maatschappelijk uiterst belangrijke domein.

Aanbevolen literatuur

- *Leer het brein kennen. Over een 'new learning science op het kruispunt van neurowetenschap, cognitiewetenschap en onderwijswetenschap*
J.Jolles, R.de Groot, J.van Benthem, H.Dekkers, C.de Glopper, H.Uijlings, en A.Wolff-Albers. (Invitational conference georganiseerd door NWO op 5 februari 2004). Te downloaden van www.nwo.nl (zoeken op 'Leer brein kennen').
- *Beter onderwijs door meer kennis over leren en de hersenen.*
J.Jolles (2006). Webcomment 60317. Te downloaden van www.jellejolles.nl.
- *Bridges over troubled waters: education and cognitive neuroscience*
Daniel Ansari & Donna Coch, Trends in Cognitive Sciences, 2006, vol. 10(4), pag. 146-151
- *Neuroscience and education: from research to practice?*
Usha Goswami, Nature reviews neuroscience, 2006, vol. 7, pag. 406-413
- *Cognitive and affective development during adolescence.*
L.Steinberg, Trends in Cognitive Sciences 2005, vol 9, pp 69-74
- *Bringing neuroscience to the classroom*
Nature, 2005, vol. 435(7046), pag. 1138
- *Influencing brain networks: implications for education*
Michael Posner & Mary Rothbart, Trends in Cognitive Sciences, 2005, vol. 9(3), pag. 99-103

- *Mapping brain maturation and cognitive development during adolescence*
Tomáš Paus, Trends in Cognitive Sciences, 2005, vol. 9(2), pag. 60-68
- *Education and the brain: a bridge too far*
John Bruer, Educational Researcher, 1997, vol. 26(8), pag. 4-16
- *Images of mind*
Michael Posner & Mark Raichle, 1994, Scientific American Books