**Leren in het kippenhok**

**Door**

**E-mail**

[©Mieke Van Kerkhove](mailto:mieke.vankerkhove@pandora.be)

Als je je hersens beter wil gebruiken is het verstandig er meer over te weten

80% van de kennis over de hersenen komt voort uit onderzoek uit de laatste 20 jaar.

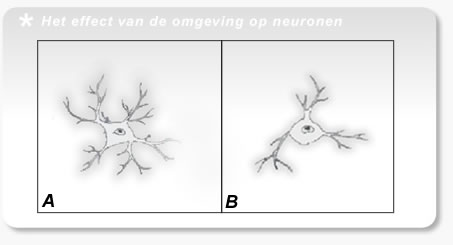
De basiseenheid van onze hersenen is de zenuwcel of neuron. Deze eenheid is microscopisch klein. Om je hierbij iets te kunnen voorstellen: er kunnen 30.000 van deze cellen in een speldekop.

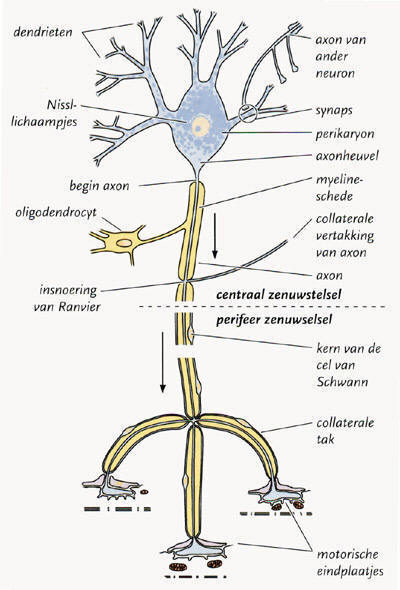
In je hersenen bevinden zich minstens 1.000.000.000.000 afzonderlijke neuronen of zenuwcellen.Ieder neuron heeft een hoofdlichaam, één axon en een variabel aantal zich vertakkende dendrieten

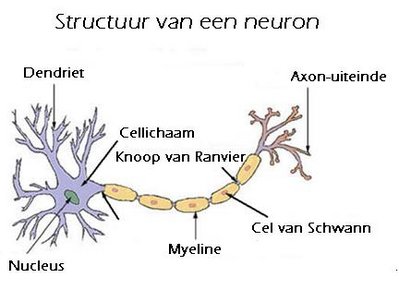
Dendrieten zijn vertakkingen aan de zenuwcellen die rechtstreeks informatie van andere zenuwcellen ontvangen en verwerken en die zo de basis vormen van het geheugen.  
Dendrieten ontvangen informatie via verbindingen, synapsen genaamd.   
Als die verbindingen niet regelmatig worden gebruikt kunnen dendrieten verschrompelen. Dit vermindert het vermogen van de hersenen nieuwe informatie in het geheugen op te slaan en oude informatie op te roepen

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Hersenen bestaan uit hersencellen ofwel: **neuronen.** Het aantal neuronen in de menselijke hersenen wordt geschat op ongeveer 100 miljard. Volgens neurowetenschappers vindt leren plaats wanneer twee neuronen met elkaar communiceren. Deze communicatie vindt plaats door het doorgeven van 'stroompjes'. Iedere neuron kan verbinding maken met ongeveer 5.000 andere neuronen. Deze verbindingen worden gelegd via de uitlopers van deze neuronen: de dendrieten. Het leervermogen van een mens wordt niet zozeer bepaald door aantal neuronen (hoewel dit enorme aantal zeker helpt, maar meer door het aantal dendrieten. Deze hebben namelijk een exponentiële invloed op complexiteit van het neurale netwerk die de hersenen vormen. Uit onderzoek bij ratten is gebleken dat extra dendrieten worden aangemaakt in een stimulusrijke omgeving en dat dit niet gebeurt in een stimulusarme omgeving. Dendrieten bleken tot op hoge leeftijd te kunnen worden aangemaakt. Ook op hoge leeftijd kun je dus leren. Zo vonden Britse taalonderzoekers dat ook op hoge leeftijd wel degelijk de klank finesses van andere nieuwe talen konden leren onderscheiden.







Naast neuronen spelen ook bepaalde eiwitten een belangrijke rol, waaronder de zogenaamde neurotransmitters. De productie van deze eiwitten staan weer onder invloed van hormonen als adrenaline en cortisol en waarschijnlijk endorfine. Door onderzoek aan insecten en weekdieren (vooral slakken), wordt kennis opgebouwd over de chemische processen die een samenspel vormen met de elektrische stroompjes van de neuronen. Dit onderzoeksterrein kent momenteel vele doorbraken.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Niet het aantal cellen is van belang maar het aantal verbindingen tussen die cellen.  
Elke neuron staat met **1 tot 100.000 andere cellen in wisselwerking**.

Neuronen maken onderling geen fysiek contact. De impulsen worden uitgewisseld door een zeer complex **elektrochemisch proces**. Bij een prikkeling van een zenuwcel wordt een elektrisch stroomje opgewekt dat door de axon bij de synaptische spleet terecht komt.

Dit uiteinde wordt aangezet tot het afscheiden van een chemische boodschappenstof of **neurotransmitter.** Hierdoor kan de elektrische impuls worden doorgegeven aan de volgende zenuwcel. De zenuwimpulsen en de neurotransmitters brengen in feite gecodeerde informatie over.

Onderzoekers kwamen tot de vaststelling dat door stimulatie het aantal verbindingen kon worden opgevoerd. **Hoe meer je leert, hoe meer dendrieten worden gevormd.**

Waar het dus op aan komt is het **maken van verbindingen tussen de neuronen**. Door onze hersenen te prikkelen, stimuleren we de groei van dendrieten, maken we meer verbindingen en wordt de kwaliteit van de verbindingen beter.

Mensen maken bij het aanleren van een nieuwe handeling gebruik van een 'nieuw' circuit dat bestemd is voor het leren van nieuwe taken.

Door nieuwe dingen te leren en door je intellectuele capaciteiten efficiënter te benutten kan je de fysische eigenschappen van uw hersenen veranderen.

**Neurobiologen** gebruiken krachtige microscopen en piepkleine elektroden om de veranderingen tijdens het leerproces te zien in één enkele hersencel

Ze kunnen zien dat wanneer een kat iets leert, of wanneer zijn hersenen elektrisch geprikkeld worden, er nieuwe verbindingen tussen de neuronen ontstaan door vertakking van de dendrieten.

Onderzoekers rapporteerden dat ze er in waren geslaagd aan te tonen dat **het aantal dendrieten in de schors van oudere hersenen kan toenemen.**  
Er werden ook veranderingen gemeten in de **synapsen** - de spleten tussen zenuwcellen waar informatie wordt uitgewissend en de zenuwcel ofwel wordt aangezet om te vuren, ofwel wordt geremd.

Leren resulteert niet alleen in het toevoegen of verminderen van synapsen, maar ook in het veranderen van de sterkte van die contacten.

Leren heeft dus alles te maken met het stimuleren van hersencellen

**Het experiment van Rosensweig**

Rosensweig toonde aan dat het aantal verbindingen tussen de hersencellen door middel van stimulatie in veel hoger tempo kan worden opgevoerd dan er hersencellen verloren gaan.  
Daarmee heeft Rosensweig gedemonstreerd dat het brein intelligenter kan worden als de leeftijd toeneemt

Rosensweig deed onder andere proeven met ratten. Hij vormde twee groepen. De ene groep ratten kwam in een fundamentele laboratorium omgeving: maximaal drie dieren in een kooi, voldoende voedsel, aten en aandacht. De tweede groep werd met 12 bij elkaar in een veel grotere kooi geplaatst. In deze kooi plaatsten de onderzoekers allerlei interessante objecten om te beklimmen, geluid mee te maken of om aan te ruiken. Elke dag verplaatsten de onderzoekers de voorwerpen om de omgeving steeds te veranderen en een stimulerende uitwerking te laten hebben.

Rosenzweig toonde aan dat de verschillen tussen de beide groepen ratten heel opmerkelijk was, zelfs na een heel korte tijd. De dieren uit de grote kooien de zogenaamde verrijkte omgeving - lieten aanzienlijke chemische en anatomische veranderingen in hun hersenen zien. Hun hersenschors was zwaarder en dikker, hun neuronen hadden grotere cellichaampjes en de neuronkernen waren eveneens groter en de cel was actiever. Bovendien bleken deze ratten vriendelijker en makkelijker te hanteren. Ook bij andere onderzoeken werd aangetoond dat niet aalleen de neuronen meer dendrieten telden, maar deze ratten een dichter en ingewikkelder zenuwpatroon ontwikkelden. In een verrijkte omgeving zijn de neuronen dus actiever, zij ontwikkelen meer vertakkingen en de verbindingen zijn beter.

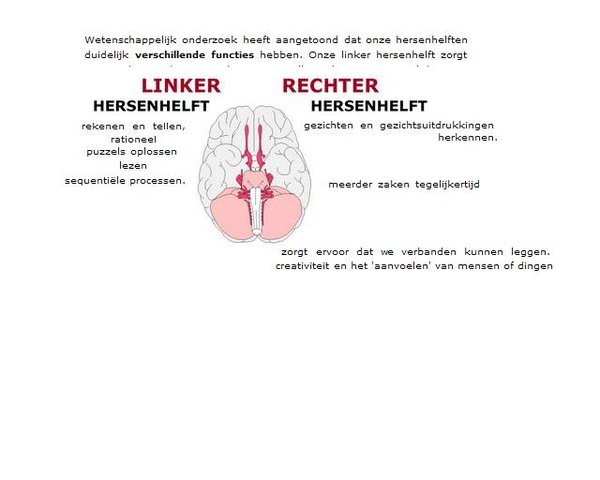
Ook ontdekte Rosensweig dat als hij ratten gebruikte van een tamelijk hoge leeftijd er ongeveer drie weken nodig waren in een verrijkte omgeving om hetzelfde niveau te bereiken als soortgenoten die van het begin af aan in die omgeving hadden geleefd. Hij stelt dan ook dat de hersenen van dieren en mensen een blijvende plasticiteit of flexibiliteit bezitten.

**Het korte termijngeheugen**

Het korte termijngeheugen wordt ook het werkgeheugen genoemd. Het wordt gebruikt voor heel specifieke taken, zoals het optellen van getallen. Het houdt informatie slechts 10 of 20 seconden vast.  
Het korte termijngeheugen is belangrijk voor alle activiteiten waarvoor we bij bewustzijn moeten zijn, zelfs voor iets eenvoudigs als het begrijpen van een zin

Het korte termijngeheugen kan maximum 7 tot 9 stuks informatie - getallen, woorden of beelden - tegelijk bevatten.  
Dit geheugen is eigenlijk ook een filter dat ons beschermt tegen een overdosis van onbelangrijke informatie (we kiezen welke informatie we willen bijhouden).

Ieder nieuw gegeven vervangt één dat er al was. Bijgevolg gaat een korte termijn herinnering vlug verloren door afleiding van buitenaf of door andere gedachten.  
Van belang is dat de stap naar het lange termijn geheugen altijd via het korte termijngeheugen loopt.  
Als we dus dingen goed willen onthouden dan moeten we beginnen met zo goed mogelijk benutten van ons korte termijngeheugen.  
Alles wat we in ons hoofd hebben opgeslagen is via onze zintuigen binnen gekomen.  
Dus hoe beter we onze zintuigen gebruiken hoe beter we onze hersenen voeden.

****

Onze hersenen bestaan uit twee helften. Een linker- en een rechterhersenhelft.  
In 1981 ontving Roger Sperry (een Amerikaanse onderzoeker van het Califonia Institute of Technology) de Nobelprijs voor zijn baanbrekend werk over de verschillen tussen de linker- en de rechterhersenhelft.

Bij de meeste mensen, speelt de linkerkant een dominante rol bij analytische processen:logica, woorden, redeneren, getallen, analyse**(1)**

Deze helft is zeer geschikt om taaluitingen te horen en op te slaan, om numerieke informatie te verwerken en om problemen logisch op te lossen.  
De linkerkant verwerkt de informatie serieel: het ene stuk na het andere.

De rechterkant speelt een dominante rol bij creatieve processen:   
ritme, beelden en verbeelding, kleur, dagdromen, herkenning van gezichten, herkenning van patronen. Deze helft kan beter beelden, fysieke kenmerken en emoties herkennen en onthouden.  
De rechterkant verwerkt informatie parallel: vat stukjes informatie tegelijk in een coherent geheel samen

Het stroop-effect

Het stroop-effect wordt zo genoemd naar John Ridley Stroop die in 1935 hierover voor het eerst publiceerde. Het stroop-effect illustreert een aantal principes over aandacht, reactiesnelheid, automatisering van geheugenprocessen.   
Dit soort testen kan gebruikt worden om effecten te meten van een gebrek aan slaap, of effecten van zware inspanningen.  
Het stroop-effect toont aan dat zich in de hersenen verschillende gebieden bevinden en dat de werking van die verschillende gebieden elkaar kunnen verstoren. Deze testen vergen een hoge mate van concentratie.

Het stroop-effect illustreert ook dat wie heeft leren lezen, daarvoor zeer goede 'sporen' in zijn hersenen heeft gelegd. Het is bijna onmogelijk om een woord dat je ziet NIET te lezen. Reclamemakers maken hiervan gebruik door vb. tijdens het afspelen van een film, het woord coca-cola te 'verbergen'.

De filmkijker neemt onbewust het woord, dat slechts een fractie van een seconde op het scherm verschijnt, in zich op.

doe zelf de test ;

Noem zo snel mogelijk de kleuren waarin deze woorden zijn geschreven.  
Dus niet de woorden zelf maar de gebruikte kleur.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| rose | blauw | groen |
| oranje | zwart | geel |
| paars | zwart | rood |
|  | wit |  |

**APPENDIX I**

*Eigenschappen van hersenweefsel*Zoals elk orgaan zijn onze hersenen opgebouwd uit

afzonderlijke cellen, de hersencellen of neuronen.

De hersenen verschillen echter in *3 opzichten* sterk van de andere organen in ons lichaam.

Communicatie

Uiteindelijk berust de werking van de hersenen als orgaan essentieel op de communicatie van de hersencellen met mekaar. Dat dus in tegenstelling met andere organen. Hersencellen geven dus *signalen* aan mekaar door. Een hersencel bestaat uit een cellichaam met een kern en twee soorten uitlopers. Relatief korte uitlopers langswaar de signalen binnenkomen: de dendrieten, en een lange uitloper, waarvan het uiteinde vertakkingen vertoont, het axon. De cel pikt via de dendrieten signalen op van vorige cellen, en geeft ze via het axon door naar de volgende. Deze signalen zijn *electrische actiepotentialen* of *zenuwimpulsen*. Maak je geen zorgen, het gaat hier maar om millivolts - binnen je hoofd is er dus geen geknetter van hoogspanning te zien!

Omdat cellen van mekaar en de van de buitenwereld zijn afgescheiden via een ononderbroken omhullend vlies of membraan, kunnen deze electrische impulsen zomaar niet zonder meer van het ene naar het andere neuron worden doorgegeven. Op welbepaalde kleine afgelijnde plaatsen raken de membranen van de neuronen mekaar heel dicht, en zo'n plaats noemt men een synaps. De kleine ruimte tussen de twee celmembranen bij de synaps noemt men de synaptische spleet. Het axonuiteinde van de vorige cel vormt een synaps met de volgende, ofwel op één van de dendrieten, ofwel op het cellichaam zelf.  
  
Komt er een electrische impuls aan op het axonuiteinde van het zender-neuron, dan wordt er daar een chemische stof afgescheiden die vrijkomt in de synaptische spleet en inwerkt op receptoren op het membraan in de synaps met het ontvanger-neuron. Deze stof geeft dus de signalen door en wordt daarom transmitter genoemd. De communicatie in de hersenen verloopt dus gedeeltelijk chemisch, en daarom kunnen geneesmiddelen (chemische stoffen) die op deze transmitters inwerken, de communicatie en dus hersenwerking verbeteren bij bepaalde aandoeningen, zoals bijvoorbeeld bij depressies of bij fobieën (onrealistische angst). Deze chemische stap bij de signaalvoortplanting veroorzaakt een sterke vertraging in de communicatie van cel tot cel, vooral als we dat vergelijken met de snelheid van de puur electronische signaaloverdracht in computers.  
  
Waarom zijn onze hersenen dan toch zoveel beter bij het oplossen van de veelheid van taken die hun worden gesteld? Wel, een neuron heeft meestal heel veel synapsen (typisch 1000) met andere neuronen. Er ontstaan *groepsfenomenen* in dit ingewikkelde netwerk van neuronen die met mekaar zijn verbonden en met mekaar communiceren. De werking van de gehele hersenen is dus veel meer dan de som van de verschillende elementen die er deel van uitmaken.

Plasticiteit

De cellen in ons lichaam sterven na een bepaalde tijd af maar tegelijkertijd worden er door celdelingen steeds nieuwe jonge cellen gevormd die de taak van de verdwenen cellen overnemen. Op die manier kunnen de organen toch hun functie blijven vervullen tot op hogere leeftijd. *Niet zo met de hersenen!* Na de geboorte delen de hersencellen immers niet meer. Bij afwezigheid van celdelingen neemt het aantal hersencellen dus gestaag af met de leeftijd. Wij verliezen daarom dagelijks onherroepelijk een aantal hersencellen dat niet meer wordt vervangen, zoals dat wèl gebeurt in de andere organen. Wat dan wel wijzigt met de leeftijd zijn de onderlinge verbindingen tussen de neuronen, en dit verschijnsel noemt men de plasticiteit. Het vormen van dergelijke nieuwe verbindingen is de basis van het l*eren*.  
  
Deze plasticiteit is vlak na de geboorte het grootst. Dat noemt men de ontwikkelingsplasticiteit. Die stemt onze hersenen in sneltreinvaart af op de omgeving waarin wij opgroeien en later moeten leven. In ons eerste levensjaar leren wij veel meer dan in de rest van ons leven.  
Waarom worden de hersenen dan niet kant en klaar afgeleverd bij de geboorte, zoals bij de lagere diersoorten? De reden is dat de hoeveelheid informatie die nodig zou zijn om onze hersenstructuur volledig te beschrijven veel te groot is om in onze genen, in ons erfelijk materiaal dus, te worden opgeslagen. Het gaat hier namelijk om 100 miljard neuronen, met elk 1000 verbindingen.

IQ ( ?) mens ligt nooit vast ....

In de jaren '90 heeft zich een kennisexplosie voorgedaan op het gebied van de hersenen.

Vanuit geheel verschillende disciplines zoals de genetica, de natuurkunde, de farmacologie is nieuwe kennis bij elkaar gekomen, waardoor wij heel anders over onze "hardware" kunnen gaan nadenken.

Hoewel we nog geen allesomvattend, coherent model hebben van de werking van het brein, weten we genoeg om veranderingen aan te brengen in de manier waarop wij opvoeden en les geven .

Wat is intelligentie?

Het is goed om ons te bezinnen op wat wij onder intelligentie verstaan.

Te veel ( volwassen ) mensen zien intelligentie als een stabiel kenmerk van een kind. Een niet veranderlijk gegeven **Je bent slim of je bent het niet.**

Uit hersenonderzoek blijkt dat het brein in staat is zich steeds opnieuw aan te passen aan zich wijzigende omstandigheden.

Dit betekent dat ***een brein steeds opnieuw kan leren en dus intelligenter kan worden.***

Toch verschillen mensen onderling qua **leervermogen.** Net zoals mensen onderling verschillen in bijvoorbeeld de snelheid die zij kunnen ontwikkelen bij het hardlopen.

Deze beperking heeft een biologische oorzaak: **vermoedelijk maakt de ene mens gemakkelijker dendrieten aan dan de andere en verschilt ook de kwaliteit van de neurotransmitters.**

Dit betekent dus dat **niet iedereen hetzelfde niveau van intelligent gedrag kan bereiken.**

Bovendien verschilt ieder mens in **de wijze vaninformatieverwerking**.

**Hoe worden mensen slimmer?**

Volgens neurowetenschappers vindt **leren plaats wanneer twee neuronen met elkaar communiceren**.

Zij zeggen dat neuronen 'geleerd' hebben wanneer de ene neuron een boodschap stuurt naar een andere neuron (Hannaford, 1995).

**Hersenen zijn een levend, veranderend, evoluerend orgaan dat zich voortdurend aanpast naar gelang de input die het ontvangt, de wijze van verwerking en de output die het uitstuurt.**

**Men schat het aantal neuronen bij de mens op ongeveer 100 miljard.**

**Iedere neuron kan verbinding maken met wel 5.000 andere neuronen.**

**De intelligentie van een mens is niet afhankelijk van het aantal neuronen, daar hebben we er meer dan genoeg van, maar van het aantal dendrieten.**

Dendrieten zijn de uitlopers van de neuronen (zie afbeelding ).

Het aantal dendrieten bepaalt hoeveel verbindingen er kunnen worden gelegd en hoe uitgebreid het neurale netwerk wordt.

**Uit onderzoek bij ratten blijkt dat extra dendrieten worden aangemaakt in een stimulusrijke omgeving en dat dit niet gebeurt in een stimulusarme omgeving.**

**Dendrieten bleken tot op hoge leeftijd te kunnen worden aangemaakt. Ook op hoge leeftijd kun je dus intelligenter worden. Je bent dus nooit te oud om te leren. Integendeel!**

Wolfe (1996) ontdekte dat ratten die bleven leren ook beduidend langer leefden. **Blijven leren is dus goed voor ons brein en voor de kwaliteit van ons leven!**

De neuron links heeft een groot aantal dendrieten onder invloed van een stimulusrijke omgeving. De rechter neuron daarentegen heeft maar weinig dendrieten en is niet in staat veel verbindingen te maken. De rechterneuron heeft dus minder leervermogen

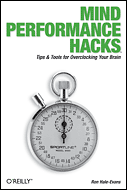
**NOTEN**

(1)

" **Onze linker hersenhelft staat dus voor de logica en de rechter voor het gevoel."?**

Neen , want dat is een **slecht , intuitief en populariserend** woord en termen gebruik afkomstig uit ouderwetse "popwetenschap "

**"Het gaat vooral over het vrij en op het gevoel af beschouwen. Zoals je in kunst ook vaak een boodschap ziet zonder die direct te kunnen verwoorden.** "  
  
De link tussen logica en gevoel is vooral te zien als **een goede verhouding tussen je oudere (diepere) en jongere hersenen.**

****

<http://books.google.be/books?id=Z7rBtJcTlY8C&dq=Mind+Performance+Hacks&source=gbs_summary_s&cad=0>

Er staat in **het boek " Mind Performance Hacks"** trouwens ook een interessante hack over ;

***"The ABC model of emotion, widespread in contemporary psychotherapy, holds that it is not an activating (A) event, such as rejection by a friend or lover, that causes you emotional consequences (C) such as depression; rather, the linchpin is your invisible beliefs (B) about the event that come in between A and C. Fortunately, it's often easier to intentionally change beliefs than emotions.*** "  
  
Hier de hack die ons helpt **"wild"** te "denken"

(maar ook dat woord doet nog teveel aan logica denken).  
  
Hack 21. Contemplate Po  
  
***Use a new word to examine seemingly impossible alternatives, juxtapose random ideas, and challenge stale concepts.   
Creativity expert Edward de Bono invented the word po to shake up people's thoughts. He listed several etymologies for it. One is that it can be seen as "arising from such words as hypothesis, suppose, possible, and even poetry"; another is that it stands for provocative operation, a kind of mental hack to get ideas "unstuck" and move them forward.1   
Wherever the word comes from, po is a great tool for playing with ideas and seeing the potential surrounding them, without getting too caught up in the details.  
In Action  
Provocative operations with po come in three basic kinds, which de Bono calls PO-1, PO-2, and PO-3.2 Each is useful to provoke certain kinds of thinking and move a creative situation forward in a different way.  
PO-1  
PO-1 means using po to protect a "bad" idea from premature judgment so that it can be used as a stepping-stone to genuinely good ideas. For example, if you are considering solutions to the problems that the U.S. space program has suffered, you might say to yourself, "Po the space shuttle should be blown into a million pieces." Normally, blowing up the space shuttle would be a bad idea, but po "protects" it so that it can lead to potentially good ideas.  
You don't think about and judge that specific idea, but focus instead on ideas that come from it. In this example, one idea might be a group of smaller, modular vehicles holding only one person that assemble into a larger station when in space, and then break apart again for reentry. Not only might this be cheaper and easier to produce, but also, in case of a disaster, only one person would be killed instead of the whole crew.  
PO-2  
PO-2 means using po to juxtapose ideas randomly to help you seed your mental random-number generator [Hack #19]. Suppose you are trying to develop a new idea for a game. You might provoke yourself with the phrase "game po eyeglasses," which might then lead to the following ideas:  
• An inexpensive video game system built into a set of goggles that project the graphics directly onto the retina  
• A scavenger hunt for charity, with prizes for the team that collects the largest number of used eyeglasses to be recycled in developing countries  
• A dexterity game in which people who wear eyeglasses are handicapped by having to take them off and people who don't are handicapped by having to put them on  
Probably not all of these ideas would be useful to you, but some might, and if they aren't, you can replace eyeglasses with some other word.  
PO-3  
PO-3 means using po as a creative challenge for change. It is used to set aside an existing idea, or parts of one, without actually rejecting it.  
For example, consider the statement made in a meeting you are attending: "Our group should meet every week, as we always have." You might ask the following questions:  
• "Po every: why not alternate weeks?"   
• "Po week: why not every five days, or every month?"   
• "Po group: why doesn't our group break into multiple smaller, overlapping special interest groups that can meet when they want?"  
How It Works  
The subtitle of de Bono's book Po is Beyond Yes and No. According to de Bono, the problem with much of human thought is that we prematurely accept or reject ideas with yes or no, and once we accept one, we cling to it far longer than is useful.  
The word po is intended to provide a kind of breathing space outside of what de Bono calls the "YES/NO system," where we can pause and coolly consider all the possibilities. Metaphorically speaking, instead of automatically turning to yes or no when we see an idea, we can jump up and look at them both from a higher viewpoint.***Douglas Hofstadter has another word for this: he calls it jootsing, for jumping out of the system.  
"***In Real Life  
Po is a terrific tool for isolated brainstorming scenarios, but it can be highly useful in the heat of everyday life as well. For example, if someone cuts you off in a car, your natural reaction might be to get hot and lean on the horn, cussing loudly. If instead you mutter "po" to yourself, you might remind yourself to invoke what general semantics calls a semantic pause or the wedge of awareness:3 a pause to reflect on what you are doing before you do it. You can then ask yourself whether it's really worth upsetting yourself over the incident.  
Similarly, if your spouse knows the word po, one of you can say it to remind yourselves that an argument need not have a winner and a loser, but that both parties can retain their different viewpoints. By saying "Po!" you're saying, "Let's agree to disagree." You can also use it to reach a reasoned decision together. When you're tempted to run to opposite sides and dig in your heels, you can both step up onto po and look at the situation from the same calm spot."***

**End Notes**  
1. de Bono, Edward. 1999. **Six Thinking Hats.** Back Bay Books.  
2. de Bono, Edward. 1972. Po: **Beyond Yes and No**. Penguin Books.  
3. Dawes, Milton. "**The Wedge of Consciousness: A Self-Monitoring Device."** <http://miltondawes.com/md_wedge.html>

(well worth reading if you find this hack useful).

• The Po Machine

<http://www.davidaspitzley.org/PoMachine/Index.asp>

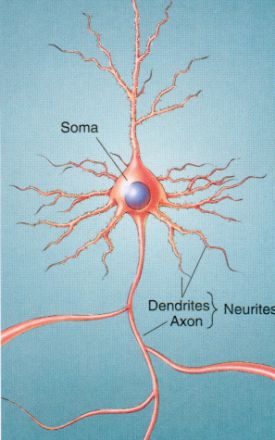
conjoins words randomly with PO-2 and collects visitors' connections between them.

Leren met neurale netwerken: neurobiologische inzichten en toepassingen daarvan

<http://www.kennislink.nl/web/show?id=85168>

In de tijd van Descartes werd het functioneren van het brein vergeleken met een hydraulisch systeem met aandrijfzuigers.  
In de hedendaagse populair wetenschappelijke literatuur wordt het brein vaak vergeleken met een geavanceerde computer.  
Het is de mens kennelijk eigen om zeer complexe systemen, die niet begrepen worden en die verwondering wekken, te vergelijken met de meest geavanceerde stand van de techniek   
op dat moment.  
Toch gaat de vergelijking tussen computers en de hersenen volledig mank. In deze tekst wordt uiteengezet waarom. Tevens zal duidelijk gemaakt worden, hoe de hersenen informatie kunnen leren en opslaan.

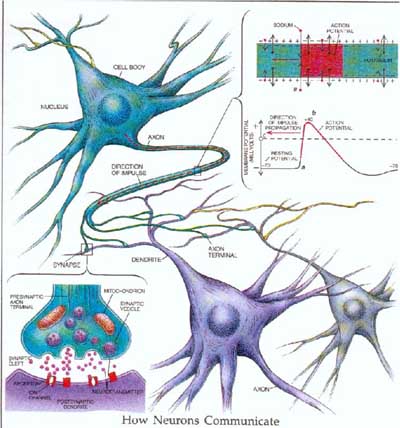
**Communicatie en informatie uitwisseling tussen zenuwcellen.**  
Hoewel er veel verschillende typen cellen zijn in het zenuwstelsel, is de basis structuur van zenuwcellen steeds hetzelfde (zie afbeelding 1).   
Iedere zenuwcel heeft een cellichaam (soma).   
Ten gevolge van een actieve ionenpomp in de membraan van de cel (veelal een eiwitstructuur, die positieve Na+-ionen naar buiten pompt) is de elektrische potentiaal van het cellichaam voor een zenuwcel   
in rust ongeveer – 60 milliVolt t.o.v. de buitenkant van de cel. Indien de interne potentiaal een drempelwaarde overschrijdt (hoger wordt dan bijv. -30 mV) ontstaat een zogenaamde actiepotentiaal:   
een kortdurende (duur ongeveer 1 ms) verhoging van de interne potentiaal naar +80 mV, waarna de interne potentiaal weer teruggaat naar –60 mV (zie afbeelding 2).   
Deze actiepotentiaal ontstaat door ionenstromen door het membraan van de cel en loopt vervolgens weg van het cellichaam met een snelheid van ongeveer 50 m/s via de zenuwuitloper van de cel (ook wel axon genoemd).   
Dit axon splitst zich na enige tijd en de diverse uitlopers van het axon gaan naar andere cellen.   
Deze uitlopers komen aan bij de antenne-achtige structuur, waarop de signalen van een groot aantal andere cellen binnenkomen.   
Bij het contact punt (synaps genoemd) komt bij een actiepotentiaal een neurotransmitter vrij, die er voor zorgt, dat de geleidbaarheid van het membraan voor ionen verandert.  
Indien positieve ionen (bijv. Na+ of K+) naar binnen kunnen stromen, wordt de interne potentiaal hoger.   
Indien negatieve ionen naar binnen stromen (bijv. Cl-) wordt de interne potentiaal lager. De mate, waarin de geleidbaarheid voor ionentransport door het membraan verandert ten   
gevolge van de vrijkomende neurotransmitter, kan veranderen. Gemakshalve wordt daarom vaak gezegd, dat de sterkte van de synaptische verbinding tussen twee neuronen kan veranderen  
(zie ook hieronder).  
De diverse veranderingen in de membraanpotentiaal planten zich voort via de dendrietenboom naar het cellichaam.   
Indien de interne potentiaal daar de drempelwaarde overschrijft, ontstaat zoals eerder uitgelegd, een actiepotentiaal.



<http://www.kennislink.nl/upload/85171_962_1026299970440-afb_1.JPG>

Afbeelding 1. Schematisch voorbeeld van een zenuwcel of neuron.   
Het neuron ontvangt input van andere neuronen op de dendrieten.   
Vandaar gaan de signalen naar het cellichaam (soma).  
Indien de totale input een drempelwaarde overschrijdt, wordt een actiepotentiaal   
gegenereerd, die zich voortplant langs het axon naar andere cellen in het zenuwstelsel.

**Hoe wordt informatie in de hersenen opgeslagen ?**In 1949 bedacht een zekere mijnheer Hebb, dat de informatie opgeslagen ligt in de sterkte van de synaptische contacten. Hij redeneerde dat, indien twee cellen regelmatig gelijktijdig een actiepotentiaal genereren ,  
deze cellen kennelijk bij dezelfde taken betrokken zijn en derhalve informatie moeten uitwisselen.   
Als gevolg van plasticiteit van de synaptische verbinding tussen deze twee neuronen, wordt de synaptische verbinding dan effectiever (sterker), waardoor informatie uitwisseling tussen deze twee neuronen in   
de toekomst beter en efficienter zou kunnen geschieden.   
Dit proces is later (in de negentiger jaren) ook inderdaad experimenteel aangetoond. Als daarentegen de twee cellen wel actief zijn, maar zelden samen een actiepotentiaal genereren, hebben de cellen niets met elkaar   
van doen en zijn verbindingen tussen de cellen niet nodig. In dat geval worden synaptische verbindingen zwakker of verdwijnen ze zelfs.   
Kort samengevat, redeneerde hij, dat de sterkte van een synaptische verbinding proportioneel toeneemt met de waarschijnlijkheid dat twee cellen op hetzelfde moment een actiepotentiaal genereren.   
In latere experimenten zijn deze veronderstellingen met betrekking tot het veranderen van de synaptische sterkten experimenteel bevestigd.

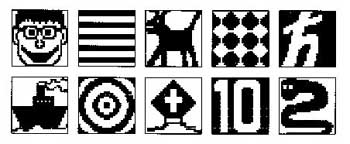
  
<http://www.kennislink.nl/upload/85175_962_1026300295747-afb_2Gkl.jpg>

(Ga voor voor een grotere versie naar de webpagina )

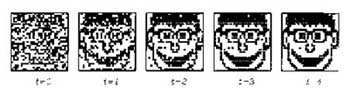
Afbeelding 2.   
Schematisch overzicht van de wijze waarop een axon zich vertakt en input geeft op de dendrieten van een ander neuron.  
De neurotransmitter, die bij een synaps vrijkomt indien daar een actiepotentiaal aankomt, leidt tot een verandering van de potentiaal over het membraan.   
Dit kan leiden tot een actiepotentiaal (panel rechtsboven) waarbij de potentiaal over het membraan van – 80 mV stijgt naar +40 mV en daarna weer teruggaat naar de oorspronkelijke waarde.  
Dit alles gebeurt binnen ongeveer een milliseconde.

Om te begrijpen hoe de informatie opgeslagen ligt in de synapsen, gaan we het gedrag van een neuron vereenvoudigen. Stel dat Jij de sterkte voorstelt van de synaptische verbinding van neuron j   
naar neuron i. Aangezien neuronen actief zijn of niet actief zijn, stellen we de toestand van een neuron i voor door si, en die toestand is 0 of 1.   
De toestand si van het neuron is 0 als het neuron in rust is, en de toestand si is 1, indien het neuron een actiepotentiaal genereert. De input, die neuron i ontvangt van neuron j op tijdstip t is nul,  
als neuron j in rust is, en is Jij indien neuron j een actiepotentiaal genereert op tijdstip t.   
De totale input van een neuron i op tijdstip t wordt dan gegeven door de sommatie van alle Jij, waarvoor geldt dat neuron j een actiepotentiaal genereert op dat moment.   
Zoals eerder is uitgelegd zal neuron i zelf een actiepotentiaal genereren indien de totale input een drempelwaarde overschrijdt. Dus geldt, dat voor een volgende tijdstip t+1 geldt, dat si = 1 als de totale input de   
drempelwaarde overschrijdt. Als daarentegen de totale input kleiner is dan de drempelwaarde, volgt si = 0 voor tijdstip t+1.

Stel nu dat we het netwerk iets willen leren. Dat kunnen we doen volgens de eerder beschreven Hebb-leerregel door de sterkte van de synaptische verbindingen tussen neuron i en j proportioneel te maken met de activiteit   
van de twee neuronen i en j. In afbeelding 3 hebben we negenhonderd neuronen in een matrix van 30 bij 30 neuronen geordend.   
Witte hokjes corresponderen met neuronen die actief zijn en een actiepotentiaal genereren.   
Zwarte hokjes corresponderen met neuronen, die in rust zijn. We kunnen nu de 10 patronen leren aan het netwerk door voor elk patroon de sterkte van de verbinding tussen alle paren van neuronen sterker te maken  
(zie afbeelding 3A), indien de twee neuronen beide actief zijn en zwakker te maken indien het ene neuron actief is en het andere niet. Dit doen we voor elk patroon. Er kan nu aangetoond worden, dat de activiteit in   
het netwerk van neuronen overeenkomt met een energie oppervlak, waarin de toestanden van de neuronen zodanig veranderen, dat het netwerk naar een “minimum energie” toestand gaat.   
Die minimum energie correspondeert met een van de geleerde patronen.  
Dit wordt geillustreerd in afbeelding 3B, waar we een patroon aanbieden, dat een van de 10 aangeleerde patronen is en dat ernstig met ruis is verstoord (meest linker paneel van afbeelding 3B).   
Vervolgens gaat elk neuron op basis van de input, die het krijgt van de andere neuronen in het netwerk, de toestand aanpassen en komt  
in de toestand +1, als de input de drempelwaarde overschrijdt, en in de toestand 0, indien de input onder de drempelwaarde blijft.   
Daardoor verandert de activiteit in het netwerk. De opeenvolgende panelen geven de toestand van het netwerk weer op opeenvolgende momenten in de tijd.   
We zien, dat het netwerk evolueert naar het aangeleerde patroon, dat verborgen lag in de ruis.  
Dit voorbeeld illustreert dat neurale netwerken (zowel biologische als artificiele neurale netwerken) uitstekend in staat zijn om bekende patronen in ruis te herkennen.

  
<http://www.kennislink.nl/upload/85176_962_1026300295599-afb_3Akl.jpg>

Afbeelding 3A. Een aantal patronen, die zijn aangeleerd aan het neuraal netwerk.   
Elk patroon bestaat uit de activiteit van 900 neuronen, die in een matrix van 30 bij 30 neuronen zijn gerangschikt.   
Een neuron, dat actief is wordt met wit aangegeven en een neuron dat niet actief is, wordt met zwart aangegeven.   
Vervolgens worden de synaptische verbindingen tussen de neuronen aangepast volgens de Hebb leerregel (zie tekst).



Afbeelding 3B. Een van de aangeleerde patronen wordt met ruis verstoord en wordt dit verstoorde patroon aan het netwerk aangeboden: elk neuron wordt wel of niet actief gemaakt overeenkomstig het verstoorde patroon. Daarna verandert elk neuron autonoom van toestand, afhankelijk van de binnenkomende signalen van de andere neuronen. Geleidelijk komt hierbij het in de ruis verborgen, aangeleerde patroon weer

Meer informatie en uitleg over het leren en opslaan van informatie in het zenuwstelsel kan gevonden worden in het boek van Kandel et al. (zie bronnen).

**Verschillen in informatieverwerking door de hersenen en door een computer.**  
Waarom kunnen computers veel sneller rekenen dan de mens, maar is de mens de computer toch de baas bij veel complexe taken, zoals bijvoorbeeld bij het beoordelen van medische beelden of het besturen van een auto in het drukke verkeer ? Een computer heeft meestal één of een aantal processoren (ook wel CPU genaamd), die instructies uitvoeren op een tijdschaal van nanoseconden (één miljardste van een seconde) of sneller. Omdat de processen in een hersencel zich afspelen op een tijdschaal van ongeveer 1 milliseconden, is de CPU van een computer een miljoen keer sneller dan een zenuwcel. Dit verklaart waarom een computer veel sneller kan rekenen dan de mens. Want rekenen is immers niets meer dan 2 getallen bij elkaar optellen, vermenigvuldigen etc. en dat gaat veel sneller met een CPU dan met een zenuwcel. In de hersenen zijn echter een groot aantal cellen actief (in totaal zijn er ongeveer 10E11 zenuwcellen !), waardoor meer informatie gelijktijdig verwerkt kan worden dan in een computer, die meestal over hoogstens of enige duizenden processoren beschikt. Samenhangend met het grote aantal neuronen in het zenuwstelsel is een belangrijk verschil met een computer, dat een klein defect in de computer vaak catastrofaal is voor het functioneren, terwijl het kapot gaan van een paar zenuwcellen weinig consequenties heeft. Dit valt te begrijpen uit het feit, dat elk neuron informatie ontvangt van heel veel andere neuronen. Indien we in het voorbeeld van afbeelding 3 een paar cellen “kapot” maken, zal het effect op de totale input voor elk goed functionerend neuron gering zijn: het ontbreken van input van een paar cellen is niet zo belangrijk vanwege de correcte input van de vele overige, nog goed functionerende cellen. Als gevolg daarvan zal het, in de ruis verborgen, patroon nog steeds goed herkend worden. Dit voorbeeld illustreert een ander belangrijke eigenschap van het zenuwstelsel; indien het zenuwstelsel iets heeft geleerd, is het verliezen van een paar neuronen niet desastreus. We ervaren dat iedere dag zelf; dagelijks sterven een aantal neuronen af, die niet worden bijgemaakt. Toch wordt het effect van het dagelijks afsterven van neuronen vaak pas op latere leeftijd merkbaar in het minder worden van ons geheugen en het trager worden van ons handelen.

Er is echter nog een meer fundamenteel verschil. Een computer kan slechts goed werken indien er een foutloos computer programma beschikbaar is, waarin de oplossing van een probleem stap-voor-stap in detail is uitgewerkt. Mens en dier worden echter niet geprogrammeerd, maar leren door “trial-en-error” (letterlijk en figuurlijk door vallen en opstaan). Een voorbeeld van het leren van complexe bewegingen zie je in de voetballerij. Een voetballer, die moet leren de bal in de kruising te schieten, zal langdurig en vaak moeten oefenen. Dit leerproces verloopt erg traag. Merk op dat Pierre van Hooydonk van Feyenoord, die een reputatie heeft opgebouwd om vrije trappen te benutten, niet kan uitleggen welke spieren hij precies gebruikt en op welk punt hij de bal precies raakt om een bal in de kruising te schieten. Recent onderzoek heeft aangetoond, dat bij het leren van complexe taken de synaptische verbindingen op diverse plaastsen in de hersenen veranderen. Met moderne neuro-imaging methoden kan zichtbaar gemaakt worden waar in het brein hersenkernen actief zijn en kan dit leerproces zichtbaar worden gemaakt, waardoor nieuwe inzichten worden verkregen in de rol van verschillende delen van de hersenen bij het leren en uitvoeren van complexe taken.  
Bovenstaande verklaart, dat mensen complexe taken kunnen leren zonder expliciet te weten hoe ze dit doen. Een goede voetballer is daarom ook nog geen goede trainer !

**Nieuwe toepassingen van neuronale informatieverwerking.**  
ZInzicht in de wijze waarop hersenen leren om complexe informatie te verwerken en op te slaan, kan gebruikt worden in artificiële neurale netwerken. Hierin worden de basis principes van informatieverwerking in het zenuwstelsel gebruikt om, in het kader van de artificiële intelligentie(AI), complexe taken op te lossen die niet met de huidige informatica en AI methoden op te lossen zijn. Bijvoorbeeld de vraag ‘hoeveel kranten zullen er het komend weekend in de vrije verkoop worden verkocht ?’. Bij mooi weer gaan de mensen erop uit en zullen er meer kranten verkocht worden in de recreatiegebieden dan in de grote steden. Als Feyenoord de UEFA-cup wint, zullen er meer kranten in Rotterdam worden verkocht. Het is hierbij van belang te ontdekken in welke mate externe factoren (zoals het weer, of bepaalde gebeurtenissen in het nieuws) de verkoop bepalen. Dit kan geleerd worden met behulp van artificiële neurale netwerken, indien gegevens uit het verleden beschikbaar zijn waaruit bekend is hoeveel kranten er verkocht zijn bij diverse omstandigheden van het weer en bij diverse gebeurtenissen in het nieuws. Net zoals mensen, kunnen ook artificiële neurale netwerken op basis van, in het verleden opgedane, kennis goede beslissingen nemen in omstandigheden die volkomen nieuw zijn.. Er zijn inmiddels vele succesvolle toepassingen van artificiele neurale netwerken op het gebied van optimalisatie van een industrieel productieproces, op het gebied van patroonherkenning, of op het gebied van het voorspellen van ontwikkelingen op de financiele markten

**Bronnen**E.R. Kandel, J.H. Schwartz en T.M. Jessel. Principles of Neural Science. Prentice-Hall Inc.  
D.J. Amit. Modeling Brain Function. Cambridge University Press.

Zie ook:  
[Smart Research BV](http://www.smart-research.nl/)  
[Neuronet](http://www.kcl.ac.uk/neuronet/)

<http://www.nibi.nl/>