

**Hoofdstuk 5.****Bewustzijn.**

Inhoudsopgave Hoofdstuk 5.	
1. Inleiding. . . . .	2
2. Kernbewustzijn. . . . .	5
3. Aandacht. . . . .	10
4. Netwerken bij aandacht. . . . .	11
A: Visuele oriëntering . . . .	11
B: De identificering en bewustwording . . . .	12
C: Handhaving van de waakzame toestand .	12
5. Wat doet aandacht? . . . . .	13
Ad 1: . . . . .	13
Ad 2: . . . . .	17
Ad 3: . . . . .	18
Ad 4: . . . . .	18
6. Ons zelfbeeld. . . . .	19
7. Kiezen en beslissen. . . . .	26
8. Dopamine . . . . .	26
9. Drugs en bewustzijn. . . . .	31
A. Alcohol. . . . .	31
B. Cannabis (Marihuana) . .	31
C. Opiaten. . . . .	32
D. Chemische drugs. . . . .	33
10. Overzicht. . . . .	

**Samenvatting.**

Na enkele beschouwingen over verschillende aspecten van bewustzijn wordt een onderscheid gemaakt tussen kernbewustzijn en complexere vormen van bewustzijn. Een definitie van bewustzijn wordt voorgesteld. Vervolgens wordt ingegaan op de overeenkomst en de verschillen tussen aandacht en bewustzijn. Daartoe worden de verschillende netwerken die bij aandacht samenwerken nader bekeken. Vervolgens wordt het fenomeen aandacht nader geanalyseerd en een model ervoor besproken. Bewustzijn berust op het bestaan van een ervaring dat verschillende toestanden mogelijk zijn. Ons zelfbeeld speelt daarbij een belangrijke rol. Dit wordt nader geanalyseerd. Kiezen en beslissen zijn uitingen van bewustzijn. Wat stuurt deze processen? Ten slotte wordt de invloed van drugs op ons bewustzijn nagegaan.

### *1. Inleiding.*

Bewustzijn is een hybride begrip. Het bewustzijn manifesteert zich o.a. via reacties op de omgeving, via aandacht, wil, denken, dagdromen e.d. Van één kant bekeken is het een basis-eigenschap, die verbonden is aan de fysieke staat waarin het zenuwstelsel zich op een bepaald moment bevindt. Het gaat er daarbij om **dat** we in contact staan met de omgeving, anderen of onszelf. Van een andere kant benaderd, laat het allereerst zijn culturele boventonen horen waarmee het in onze maatschappelijke omgeving functioneert. Het gaat er daarbij om **hoe** we in contact staan met de omgeving, anderen of onszelf. Zo zijn er een aantal uitdrukkingen waarbij de betekenis van het woord bewustzijn telkens een ander accent heeft. Hij kwam weer bij bewustzijn: hij reageerde weer op zijn omgeving. Het drong langzaam tot zijn bewustzijn door: zijn aandacht werd gericht. Hij deed dat bij volle bewustzijn: hij deed dat willens en wetens. Zijn diepste bewustzijn was geschokt: zijn geweten was geraakt. Het is dan in de eerste plaats een relationeel fenomeen en heeft daardoor culturele aspecten. Dat houdt in dat er waardeoordelen aan de wijze van communicatie verbonden zijn. Bij bewustzijn is er dan ook steeds een wisselwerking tussen (emotionele) relevantie en betekenis, tussen waarderen en herkennen, tussen bewustzijn en gewaarwording. Bewustzijn heeft vele gezichten. (Block 1995)

Als iemand niet meer in communiceert met iets of iemand vermoeden we dat diegene niet meer bij bewustzijn is, maar we zullen dat nooit met zekerheid weten omdat we slechts de ene helft van de communicatiebrug vormen. Als de andere helft niet met ons communiceert of enigerlei reactie vertoont, interpreteren we dat alsof dat uit onvermogen komt (een waardeoordeel); kortom dat de andere helft niet bij bewustzijn is. Trouwens het omgekeerde kan ook voorkomen, nl. dat we uit iemands reacties opmaken dat hij bewust is terwijl de reacties in werkelijkheid onbewuste automatismen zijn. Ons oordeel over ons eigen bewustzijn kent dat probleem ook. Normaal gesproken voelen we ons bij bewustzijn wanneer we wakker zijn. Maar we kunnen ons moeilijk realiseren hoelang we dagelijks in feite afwezig zijn, d.w.z. niet in wisselwerking met onszelf of anderen staan. We zijn weliswaar wakker en hebben heel weinig stimuli nodig om weer bij de tijd te zijn maar toch verkeren we in een soort “stand-by” positie, een basistoestand die we als een kernbewustzijn kunnen beschouwen. Veel processen, die door ons zenuwstelsel geregeld worden, verlopen onbewust. We bewaren bijvoorbeeld ons evenwicht zonder daar aandacht aan te geven. Zelfs als we het verliezen kunnen we dat niet bewust met onze wil corrigeren. Als we dat proberen gaat het vaak zelfs veel slechter. Autorijden doen we vaak op de automatische piloot. Ook spreken, het vormen van zinnen en het kiezen van woorden, zijn processen die niet voor introspectie vatbaar zijn gebleken. We horen wat we zeggen en zijn het daar dan meestal mee eens. Ook de bijbehorende gelaatsuitdrukkin-

gen en gebaren worden zelden bewust gevormd. Doen we dat wel dan worden we door anderen meteen herkend als slechte toneelspelers. Emoties laten zich soms pas onderdrukken als ze zich aangekondigd hebben, over het ontstaan hebben we weinig te vertellen. Onze gedachten dwalen maar wat rond. De tijd dat we daar bewust sturing aan geven is heel beperkt. Vaak reageren we op prikkels (zowel van binnen als van buiten) op voorgeprogrammeerde wijze en worden ons dat pas bewust als we dat aan ons zelf waarnemen. Reflexen horen helemaal in het onbewuste gedeelte thuis. Ze zijn niet te sturen. We zijn net als de honden van Pavlov op tal van prikkels te conditioneren en verliezen daar dan de controle op. Van bewuste sturing komt dan weinig meer terecht. Vooroordelen en taboes beperken in sterke mate het gebied waar het bewustzijn zijn werk kan doen. Kortom, het aandeel van het bewustzijn in ons leven is maar heel beperkt (zie ook 3: Onbewust en onderbewust). Toch vormt dat beperkte deel voor ons nou juist de essentie van ons bestaan!

Voor ons gevoel speelt ons hele leven zich alleen af in ons bewustzijn. Daarom is bewustzijn zo belangrijk voor ons. Zo belangrijk dat we het als een aan onze eigen soort verbonden eigenschap zijn gaan beschouwen. We kennen het niet anders. We moeten echter, indien we de eigenschap bewustzijn willen definiëren alle waardeoordelen, die via het communiceren in ons bewustzijn sluipen, buiten beschouwing laten.

Ervaringen, die op een zeker moment gedeeld worden, veroorzaken niet dezelfde gewaarwordingen. We stuiten daardoor op het probleem van de representatie van ervaringen in ons zenuwstelsel. (Zie ook 4: Leukippos) Er is een intuïtief geloof dat in onze hersenen plaats is voor opslag van voorvallen (feiten, waarnemingen, meningen, gevoelens, woorden e.d.) die vervolgens weer in hun oorspronkelijke vorm kunnen worden teruggeroepen. Hoe langer hoe meer

***Onbewust en onderbewust.***

Misschien ten overvloede zij er hier nogmaals op gewezen dat het onbewuste niet hetzelfde is als het onderbewuste, het door Freud gepostuleerde gebied waar verdrongen "bewuste" gedachten en belevenissen opgeslagen zouden zijn en die zich niet meer in directe zin kunnen manifesteren doordat ze door censuur getroffen zijn. Psychoanalyse volgens Freudiaans recept is dan nodig om deze verdrongen "bewuste" inhoud weer toegankelijk voor het bewustzijn te maken. Er wordt echter hoe langer hoe meer aan getwijfeld of dit reëel is. Het onbewuste deel van de activiteiten van ons zenuwstelsel is in principe nooit door introspectie bewust te maken. Het bewuste gedeelte komt niet verder dan de afstandsbediening van ons televisietoestel. Wat zich afspeelt in het apparaat vanaf ontvangst tot weergave ontgaat ons en dat is verreweg het grootste en meest complexe

**3: Onbewust en onderbewust.**

***Leukippos.***

Leukippos uit Milete dacht ongeveer 485 jaar voor Christus dat voorwerpen een kopie van zichzelf via de zintuigen aan de ziel presenteren en zo kenbaar werden. Hoewel zijn idee over de atomoi als kleinste ondeelbare deeltjes - via zijn leerling Democrites - nog wel opgeld heeft gedaan, heeft zijn notie over het waarnemen het niet gehaald. Het is overigens nu bijna 2500 jaar later nog steeds niet verdwenen en het idee dat er in de hersenen een kleine replica van het waargenomene aanwezig is waart nog steeds rond.

**4: Leukippos**

wordt het echter duidelijk dat waarnemingen uiteengegrafeld worden in verschillende aspecten die afzonderlijk in de cortex worden opgeslagen. Door synchronisatie van het vuren van de betrokken neuronen wordt weer een beeld gevormd van de oorspronkelijke waarneming. (zie ook hoofdstuk 6: Leren/Geheugen) Niet alle aspecten zijn hier echter voor nodig. Belangrijke deelaspecten kunnen toch het hele beeld doen herbeleven. Soms zijn dat feitelijke gegevens zoals plaats en vorm, soms emotionele zoals angst. Het treedt zowel op in dromen als bij zintuigwaarnemingen. We kunnen ons zo ook vergissen en herkennen soms zaken die niet kloppen. Ons bewustzijn en het begeleidend zekerheidsgevoel misleidt ons dan. Ook woorden, als samenvatting van concepten, kunnen ons verwarren (zie ook hoofdstuk 9: Taal).

Het is ontegenzeggelijk een voordeel voor levende wezens als de hersenen uit zintuiglijke waarnemingen een model van de omgeving kunnen maken en opslaan. Op basis daarvan kan ervaring worden opgebouwd, voorspellingen worden gedaan en onderbouwde gedragsbeslissingen worden genomen. De evolutie heeft er dan ook voor gezorgd dat dit overlevingsgereedschap in allerlei vormen aanwezig is. Wat weten we ervan?

We kunnen nagaan wat er fysiek gebeurt met lichtprikkels die op ons netvlies vallen en uitpluizen hoe ze worden verwerkt door de neuronen in onze hersenen, maar het blijft een raadsel hoe die verschillende neuronen ons doen zien wat we waarnemen. Bij een televisie is er een scherm waarheen de elektrisch gecodeerde informatie gestuurd kan worden, maar er is geen scherm in ons hoofd, er zijn alleen maar neuronen die kennelijk deze taak uitvoeren. Toch is dit miraculeuze feit een van de pilaren waar de werking van ons bewustzijn op rust. Ook voelen we de verschillende behoeften van ons lichaam duidelijk aan waardoor we in staat zijn daarop te reageren en zo ons voortbestaan te rekken.

Wanneer we filosoferen over bewustzijn houden we ons meestal bezig met een zeer complexe vorm van bewustzijn. We ontdekken er steeds weer andere aspecten aan, die we trachten te integreren in een totaalbeeld. Maar veel van die aspecten zijn meer of minder verkapt waardeoordelen die er door de relationele eigenschappen van bewustzijn zijn ingeslopen. Vanzelfsprekend wordt onze definitie zo ook complex en neigen we ertoe bijv. dieren van het bezit van (deze vorm van) bewustzijn uit te sluiten. Er zijn echter ook andere, minder vergaande vormen van bewustzijn mogelijk. Deze worden daardoor onderbelicht. Als we beginnen met te onderkennen dat bewustzijn vele gezichten heeft en het eigenlijk uit verschillende onderdelen bestaat, kunnen we de discussie erover verhelderen. In het hier volgende zal dan ook worden ingegaan op een aantal aparte verschijnselen die met bewustzijn te maken hebben. Allereerst zal dat een nadere beschouwing van kernbewustzijn inhouden. Daarna komt aandacht in het vizier omdat we via aandacht de selectie maken van het gebied dat binnen ons bewustzijn valt. Omdat bewustzijn ook communicatie omvat en communicatie het bestaan van meer dan een bron inhoudt, is het van belang om na te gaan vanuit welke basis deze communi-

catie plaatsvindt. Een nader onderzoek naar wat we als het eigene (ons zelfbeeld in fysieke zin) beschouwen lijkt dan ook op zijn plaats. Een van de mogelijkheden die bewustzijn ons geeft is het maken van een keuze. Hoe beslissen we, is bewustzijn daarvoor nodig? Hoewel we in hoofdstuk 7: Verstand, daar dieper op in zullen gaan lijkt het nuttig om enkele basale eigenschappen nader onder de loep te nemen. Ook kunnen we met chemicaliën de toestand van ons bewustzijn manipuleren. Wat doen drugs met die beleving en kan dat ons iets vertellen over de functionaliteit ervan? Tenslotte kunnen we ons afvragen in hoeverre onze beleving van een bewuste toestand bijdraagt aan ons voortbestaan.

## **2. Kernbewustzijn.**

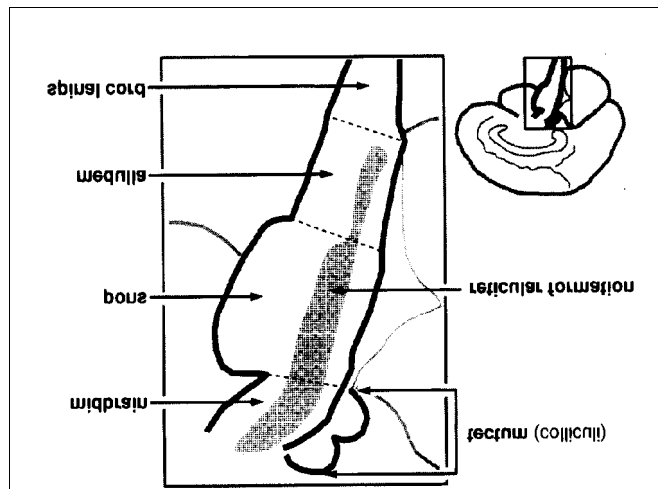
Bewustzijn is niet noodzakelijk voor het reageren op de omgeving. Reflexen zijn een goed voorbeeld van reacties op voorvallen waarbij wel sprake is van een vorm van reageren maar niet van bewustzijn. Allerlei automatismen zijn aanwezig die op grond van een signaal (bijv. een verandering in onze omgeving) een aanpassing tot stand brengen, kortom daarop reageren. Planten kennen dergelijke mechanismen evenals bacteriën en vele andere biologische en niet-biologische systemen. Toch zijn we niet geneigd om deze categorieën bewustzijn toe te kennen. Ons waarde oordeel over bewustzijn vertelt ons dat er een (vrije) keuze mogelijk moet zijn, al dan niet realiseerbaar. De stap van automatisme naar (vrije) keuze is erg groot. Lig daar niets tussen?

(Baars 1988) (global workspace), (Edelman 1989) (primary consciousness) en (Damasio 1999) (core consciousness), hebben allen voorstellen gedaan over het bestaan van een soort basisbewustzijn. Het blijkt een vruchtbaar idee. Stel er is bewustzijn mogelijk zonder begrip van ruimte en tijd (dus zonder dat we de “mallen” van Emanuel Kant gebruiken en dus niet aan het betekenis geven toekomen). Laten we dat kernbewustzijn noemen; het betreft het besef van het hier en nu. Er is geen vroeger of later, geen elders, alleen het nu en hier. We zijn als het ware net ontwaakt. Het is niet afhankelijk van (declaratief) geheugen, werkgeheugen, taal of rede. Het hoeft niet exclusief menselijk te zijn. De inhoud ervan verandert verder voortdurend. Er is een steeds veranderende stroom van onderhuidse gewaarwordingen en ervaringen die passeert. Het is alsof er een steeds wisselende groep neuronen actief is die intrinsiek instabiel moet zijn om dat kernbewustzijn te kunnen aanpassen en te laten voortkabbelen.

Bij droomloze slaap is er geen (kern)bewustzijn. Daar onderdelen van de slaap een natuurlijke vorm van bewusteloosheid inhouden lijkt het voor de hand te liggen dat zowel de slaap-wakker cyclus als bewustzijn en bewusteloosheid voortkomen uit analoge processen die dicht bij elkaar ontstaan. Bij zowel droomloze slaap als bewusteloosheid zijn alleen onze basisfuncties, nodig om ons in leven te houden, nog actief. Dat zijn o.a de ademhaling, hartslag, temperatuurregeling, de werking van onze ingewanden en de regeling van een aantal door

hormonen gestuurde processen. Al deze processen worden gestuurd door de hersenstam en de hypothalamus. Het lijkt een goed startpunt voor (kern)bewustzijn.

De hersenstam (zie fig: 1), bestaande uit *midbrain*, pons en medulla, regelt de meest basale levensfuncties zoals die van het hart, de longen en de ingewanden. Ook slapen en wakker zijn wordt daar gecontroleerd. De hersenstam ontvangt signalen over de toestand van de vitale levensfuncties in het



**Figuur 1:** Plaats van de *reticular formation*.

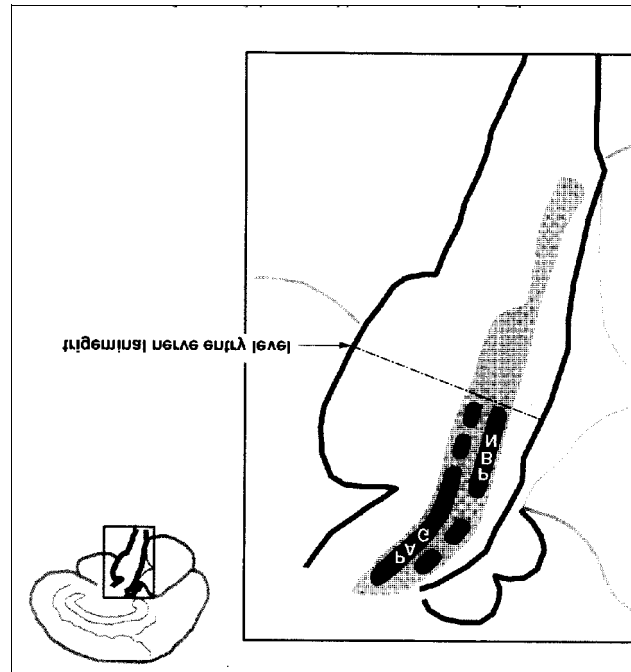
hele lichaam. Ook is er sprake van vele onderlinge lokale verbindingen. Verder zijn er talrijke kernen aanwezig met speciale taken. Bovendien dient het als geleiding voor prikkels van de hersenen naar het lichaam en vice versa. Zoals we in hoofdstuk 4: Waken en slapen, gezien hebben, vonden *Moruzzi* en *Magoun* in 1949 dat stimulering van de *reticular formation* van de hersenstam activiteit en desynchronisatie van het EEG opriepen terwijl vernietiging van de achterkant ervan (zoals *Lindsley* bij dieren uitvoerde) slaap opriep waarbij echter de sensorische en motorische verbindingen intact bleven.

Er is zeker een grote overlap in toestanden van wakker zijn en slapen enerzijds en bewust en niet-bewust zijn anderzijds, maar er is geen sprake van volledig samengaan. Het zijn kennelijk verschillende processen. Gedurende de slaap is ook bewustzijn mogelijk, anders konden we niet dromen. Daar dromen niet alleen tijdens de REMslaap optreden, maar soms ook tijdens diepe slaap (stap 4 slaap) duidt dat erop dat bewustzijn en slaap afzonderlijke processen zijn. Wakker zijn garandeert trouwens ook niet dat iemand volledig bewust is. We kunnen met open ogen afwezig zijn en dan weer plotseling in de realiteit terugkeren, alsof we in een diepe slaap geweest zijn. Bij slaap wordt de mogelijkheid om via de zintuigen waarnemingen te doen drastisch beperkt, maar ook bij (kern)bewustzijn is meer nodig om de afzonderlijke boodschappen van de zintuigen door te laten dringen. Dat is aandacht. Aandacht is niet hetzelfde als bewustzijn en is niet voldoende voor bewustzijn. Diffuse aandacht gaat soms vooraf aan bewustzijn, terwijl gerichte aandacht op het optreden van bewustzijn volgt.

Als gevolg van (tweezijdige) beschadiging van de *reticular formation* in een gebied vanaf het midden van de pons tot aan de *midbrain* en hypothalamus kan coma en een blijvende vegetatieve staat optreden. Er blijken praktisch altijd enkele kernen in de *brainstem* tegmentum getroffen te zijn zoals de cuneiform nucleus en de nucleus pontis oralis. Coma is een toestand

waarbij het onmogelijk is enig contact met de patiënt te maken maar zijn hart blijft werken, zijn longen functioneren, zijn nieren werken, kortom met enige hulp van het *intensive care* team blijft hij leven. Alles wijst er echter op dat hij niet bij bewustzijn is. Zelfs wanneer na enige tijd een vegetatieve toestand intreedt, waarbij de patiënt, volgens zijn EEG, perioden van slaap en wakker zijn vertoont en waarbij hij, in antwoord op stimulering, zijn ogen opent, is er geen teken van bewustzijn waar te nemen. Hoewel diepe slaap en het niet hebben van bewustzijn op elkaar lijken, zijn ze kennelijk toch niet hetzelfde.<sup>1</sup> (Plum and Posner 1980)

Er is een deel van de *reticular formation* dat betrokken is bij het creëren of onderbreken van bewustzijn en dat is het deel boven het vlak dat ter hoogte van de intree van de *trigeminal nerve*, loodrecht op de pons aangebracht kan worden. (Plum and Posner 1980) Dat is niet toevallig. Een aantal nucleï die bij controle van homeostasis betrokken zijn, bevinden zich hier. De *parabrachial nucleus*, die signalen uit het hele lichaam ontvangt betreffende het milieu en de interne organen bevindt zich juist boven dat vlak. De *nucleus pontis oralis*, die belangrijke verbindingen heeft met de cortex, bevindt zich daar ook. Verder de kernen die dopamine, norepinefrine, acetylcholine en serotonine afscheiden. De *trigeminal nerve* verschaft tenslotte de informatie over de toestand in het hoofd, zowel van de spieren als de interne organen. De andere lichaamsdelen hebben die al gemeld via het ruggenmerg onder het deelvlak, zodat alle informatie die via zenuwen naar de hersenen gaan boven dat vlak aanwezig zijn. Het enige wat de hersenen nog niet bereikt heeft is de chemische informatie die via de hypothalamus en de *subfornical organs* binnen komt. Wanneer er schade ontstaat bij of boven het vlak van de *trigeminal nerve* dan wordt het systeem, dat de basisfuncties waarneemt en handhaaft, aangetast.



**Figuur 2:** Deel van de reticular formation van belang voor bewustzijn. PAG=periaqueductal gray; PBN = parabrachial nucleus.

<sup>1</sup>De beschadiging bij coma is aan de achterkant van de reticular formation. Aan de voorkant lopen alle zenuwbanen van en naar het lichaam. Bij beschadiging daarvan treedt een toestand van “*locked-in syndrome*” op, waarbij de patiënt bewustzijn houdt, hoewel hij niets kan bewegen behalve zijn oogleden en evt. zijn ogen (alleen recht op en neer) doordat de zenuwbanen daarvan aan de achterkant van de *reticular formation* lopen.

Kernbewustzijn is ook geen voorwaarde voor leven. Bij afwezigheid ervan kan toch leven bestaan. Reacties op waarnemingen kunnen ook automatisch plaatsvinden en bijv. zorgen voor het handhaven van de noodzakelijke homeostase. Wat voor doel dient kernbewustzijn dan? Kernbewustzijn maakt het mogelijk dat er naast de automatische reactie ook nog een alternatieve reactie plaats kan vinden. Via kernbewustzijn kan de wissel worden omgezet, ook naar andere vormen van bewustzijn.

Volgens (Linás and Paré 1991) wordt bewustzijn, zowel bij slaap als wakker zijn, opgewekt in een gesloten neurale lus, die de *reticular formation*, de thalamus en de cortex omvat. In deze lus bevinden zich, zowel in de thalamus als de *reticular formation*, neuronen die spontaan vuren. De activiteit van deze neuronen wordt mede beïnvloed door zintuigneuronen die signalen van de buitenwereld binnen brengen. Momenteel wordt aangenomen dat tijdens bewustzijn de *reticular formation* de thalamus en de cortex continu bestookt met signalen waardoor zekere vormen van corticale samenhang worden gevormd. Ook bij slaap is de *reticular formation* betrokken bij de wakker- en slaapcycli (Zie ook hoofdstuk 4: Waken en Slapen).

Kernbewustzijn zou kunnen optreden als de controleinstrumenten van de hersenstam een non-verbaal beeld oproepen over hoe de eigen toestand van het organisme is wanneer er een afwijking geconstateerd wordt van de norm. Het kan het eindpunt van procesdeel 1 zijn van het betrokken functiesysteem. Als zodanig is het sterk met (basis)emoties verbonden, waarbij het kan worden beïnvloed door het verwerken van een waarneming, werkelijk waargenomen wordt of herinnerd. Door dat proces wordt het beeld van de veroorzakende waarneming versterkt en vult het kernbewustzijn. Er is iets. Het kunnen ook zintuigindrukken zijn die bekend zijn en waar men aan gewend is, waardoor ze geen verdere reactie oproepen. Hoewel dus geen bewustzijn in de volle betekenis, waarbij vrije keuzes kunnen worden gemaakt, is er wel degelijk sprake van een gewaarwording die echter nog wacht op een vervolg. Het is het begin van bewustzijn, het is kernbewustzijn.

Daarnaast bestaat er, in ieder geval bij mensen, een uitgebreid bewustzijn waarin verleden en toekomst naast een omgeving voorhanden zijn en er een besef van “zelf” aanwezig is. Ook allerlei tussenvormen zijn mogelijk, afhankelijk wat er mee gedaan wordt. Zonder werkgeheugen en (declaratief) geheugen kan het meestal niet functioneren. Het wordt versterkt en ondersteund door taal, waarin brokken bewustzijn tot hanteerbare concepten gestold zijn.

We anticiperen continu op onze omgeving. Wanneer onze anticipatie klopt met de werkelijkheid die via onze zintuigen binnenkomt is er niets aan de hand. De confrontatie levert vaak een minimale vorm van bewustzijn op. Onze gedachten gaan naar een volgende (verwachte) gebeurtenis. Wanneer het echter niet klopt blijft onze aandacht gevangen. De tijd staat als het ware even stil en we herhalen onze poging om te anticiperen. De activiteit van onze betrokken neuronen breidt zich uit over een omvangrijker gebied. We betrekken er meer



herinneringen bij om het nieuwe feit te kunnen plaatsen. Soms negeren we het verschil en zien (of horen, voelen etc.) we slechts wat we willen zien. Bewustzijn ontstaat kortom door de verschillen bij de confrontatie tussen “bottom up” en “top down” processen. (Zie ook \$5: Wat doet aandacht?).

(Rauschecker 1998) beschrijft hoe de cortex via top-down processen de selectiviteit en synchronisatie van neuronen in de thalamus regelt. Zintuiginformatie wordt nl. via de thalamus aan de cortex doorgegeven. Het aantal door de cortex naar de thalamus teruggezonden signalen is echter ca. tien maal groter! (Guillery 1967) Deze corticale terugkoppeling verschaft een positieve “feedback” naar de correcte input terwijl tegelijkertijd niet-relevante informatie wordt onderdrukt. Wanneer deze terugkoppeling wordt verstoord gaat de synchronisatie verloren en breidt het gebied op de thalamus, dat eerst beperkt werd tot het z.g. “*receptive field*” van de zintuigsignalen, zich sterk uit. Er ontstaat als het ware een nieuwe kans tot herkenning.

Dat anticiperen is veelal een onbewust aspect. Het kan zowel via snelle oriëntaties gaan waarbij afzonderlijke kenmerken in het hele visuele gebied parallel worden waargenomen waarna, via aandacht voor een bepaald gebied, deze verschillende kenmerken, die daar aanwezig zijn, worden geïntegreerd tot een herkenbaar beeld. De anticipatie ontstaat doordat die specifieke verzameling kenmerken ook (grotendeels) in het geheugen aanwezig blijkt te zijn.

Pijn kan het een en ander goed illustreren. Allereerst is er het felle pijnsignaal dat onze aandacht vraagt. We kunnen daar meestal niet op anticiperen. Daarna volgt het langzame signaal, de zeurpijn. We doen daar meestal wat aan door te wrijven e.d. Door zelf een “pijn” te creëren voelen we het minder doordat de anticipatie klopt met de werkelijkheid. We kunnen daarom onszelf ook niet kietelen!

Ook bij onze sensorische waarnemingen is een dergelijk mechaniek werkzaam. Binnenkomende signalen zenden “voormeldingen” die reacties oproepen in de betreffende geheugenplaatsen van waaruit een verwachting teruggestuurd wordt naar het signaalkanaal. Dit is mogelijk omdat de verwerking en integratie van het sensorische signaal tot een beeld enige tijd vergt. Wat onze ogen zien wordt namelijk niet als integraal beeld verwerkt maar opgesplitst in verschillende componenten die betrekkelijk onafhankelijk van elkaar worden bewerkt. Het bewust worden van een gewaarwording vergt daardoor een relatief lange tijd.

(Zeki 1993) en (Harth 1993) onderzochten de circuits die de binnenkomende sensorische prikkels en de bestaande concepten met elkaar verbinden. Hierbij is duidelijk geworden dat visuele signalen niet passief via de *lateral geniculate nucleus* naar de cortex geleid worden om daar verder verwerkt te worden maar dat er andere verbindingen zijn die de binnenkomende signalen onderscheppen, verwerken en het terug zenden om de manier waarop het signaal

wordt ontvangen te beïnvloeden en dus de wijze waarop het wordt beleefd. We zien de wereld op een wijze die we al kennen.

Hoe zou het komen dat bewustzijn optreedt? Wanneer het eindpunt van het “droog-zwemsignaal” niet overeenkomt met het signaal dat de werkelijke toestand weergeeft is er een discrepantie. De voortgang stagneert en we vergelijken opnieuw en eventueel nog een keer. Het aantal betrokken hersencircuits neemt toe.

***Uitgebreid bewustzijn ontstaat als het aantal betrokken hersencircuits toeneemt. Dat geschiedt als uit de cortex een beeld wordt losgemaakt dat geen tegenhanger in de zintuiggewaarwording vindt. Het kan zijn dat deze zintuiggewaarwording ontbreekt, zoals bij dromen of denken, of dat er geen overeenstemming mee is zoals met iets nieuws of onbekends en ten slotte omdat we anders geanticipeerd hebben dan we waarnemen. Het verrast ons.***

Het onklaar raken van uitgebreid bewustzijn laat het kernbewustzijn echter onaangetaast, maar wanneer het kernbewustzijn wegvalt verdwijnt ook het uitgebreid bewustzijn.

### **3. Aandacht.**

Wanneer onze aandacht ergens door wordt getrokken vindt dat in de regel onbewust plaats. We weten meestal niet precies wat het is dat onze aandacht trekt, hoogstens hebben we een vermoeden. Soms schrikken we, als datgene wat onze aandacht trekt, erg onverhoeds komt waardoor ons angstsysteem als eerste in actie komt, maar gewoonlijk gaat ons oriëntatiesysteem snel tot actie over waardoor we kunnen vaststellen wat het is. We worden het ons dan bewust, maar aandacht komt in al deze gevallen voor bewustzijn. Anders is het wanneer we zelf besluiten ergens op te letten, we selecteren dan iets uit ons geheugen en zoeken dat met onze zintuigen op. Ten slotte kunnen we ons in gedachten ergens op concentreren, los van onze zintuigen. In het laatste geval is het bewustzijn er eerder dan de aandacht. Aandacht en bewustzijn zijn dan ook duidelijk verschillende begrippen maar hangen wel nauw samen. Het ene kan niet zonder het andere. Aandacht is als het ware de helft van bewustzijn.

(Cavanagh 1992) vroeg zich af hoeveel van de zintuiglijk informatie, die de hersenen bereikt, eigenlijk kan doordringen in het bewustzijn. Het blijkt dat er een grens is aan die hoeveelheid. Het aandachtssysteem beperkt de hoeveelheid informatie die we uit bijv. een visuele stimulus kunnen oppikken, ook al kunnen de visuele neuronen het onderscheiden. Er is een grens aan de “*attentional resolution power*”. Goochelaars maken hier handig gebruik van. 90% van hun trucks berust op het verschijnsel dat we selectief waarnemen en zien wat zij ons willen laten zien. Dat wil niet zeggen dat er geen mogelijkheden meer zijn om te reageren buiten het aandachtsveld. Veel processen gaan onbewust door zonder dat we er erg in hebben. Alleen onze mogelijkheden om keuzes te maken zijn beperkt tot het aandachtsgebied.

#### 4. Netwerken bij aandacht.

Het feit dat centraal staat bij aandacht is dat een identieke (visuele) stimulus op verschillende wijzen verwerkt kan worden. We kunnen onze verwerkingsmogelijkheden op de meest centrale aspecten van de (visuele) stimulus richten terwijl we de perifere in de schaduw laten. Maar we kunnen ook (steels) uit onze ooghoeken dingen in de gaten houden waarbij we onze aandacht niet op het centrum van ons blikveld richten. Verder kan onze aandacht getrokken worden door plotseling “in het oog springende” beelden. Ten slotte kunnen we voorwerpen met bepaalde kenmerken zoeken, temidden van andere die er op lijken, door achtereenvolgend elk voorwerp met aandacht te bekijken. Hoe richten wij onze aandacht op een bepaald aspect van het visuele beeld en wat zijn de mechanismen in de hersenen die dat mogelijk maken?

Volgens (Posner and Raichle 1994) zijn er drie verschillende netwerken te ontdekken die samenwerken om aandacht tot stand te brengen en te houden.

- A: De eerste is de oriëntering;
- B: De tweede is de identificering en bewustwording van het object of de gebeurtenis;
- C: De derde is de handhaving van de waakzame toestand.

**Ad A: Visuele oriëntering** kan op twee verschillende manieren plaatsvinden, nl. openlijk en steels. Bij openlijk is het oog gericht op het te onderzoeken doel en is de afbeelding ervan op de gele vlek, maar bij steels kijken is het doel op het perifere deel van het netvlies aanwezig. Toch kan daar de aandacht op gericht worden. De aandacht kan zo sneller verschuiven dan het oog kan of wil draaien. Bij oriëntatie blijken drie hersendelen samen te werken nl. de *posterior parietal lobe*, de *superior colliculus*, en de *pulvinar*. Via de *parietal lobe* wordt de aandacht van zijn momentane focus afgehaald om vervolgens de *superior colliculus* (in samenwerking met de *midbrain*) te melden dat het de focus (openlijk of steels) kan verplaatsen naar de nieuwe plek. Ten slotte verhoogt de *pulvinar* het contrast van het aandachtspunt t.o.v. zijn omgeving, waardoor het er uitspringt.

Indien aandacht is besteed aan een bepaald gebied in het blikveld en een nieuw gebied wordt geïnspecteerd dan blijkt het niet gemakkelijk om de aandacht naar het eerste gebied terug te laten keren maar ook dat er geen belemmeringen zijn om naar nieuwe gebieden te gaan. De *superior colliculus* is waarschijnlijk voor dit fenomeen verantwoordelijk. Hierdoor is het mogelijk om naast in het oog springende beelden, die in eerste instantie alle aandacht vragen, toch daarna op andere details te letten. Het monopolie van het aandachttrekkende kan zo worden omzeild.

De rechter *parietal lobe* is actief bij oriëntering in zowel de rechter als de linkerhelft van het blikveld terwijl de linker *parietal lobe* alleen actief is in de rechterhelft. Beschadigingen van de rechter *parietal lobe* hebben dan ook grotere gevolgen voor het optreden van *neglect* (Zie

\$11: Ons zelfbeeld.). Verder blijkt de linker *posterior parietal lobe* de steelse aandachtverplaatsing naar rechts te regelen en de *rechter posterior parietal lobe* naar links, ongeacht de plaats in het blikveld. Hierbij bleek er geen verschil te zijn in neurale activiteit als de aandacht naar een externe locatie verplaatst wordt of alleen in gedachten.

Bij beschadigingen aan de linker of rechter *posterior parietal lobe* is er nog een verschil. Als er figuren getoond worden die opgebouwd zijn uit kleinere afbeeldingen dan zien mensen met een linker beschadiging (en dus een functionerende rechterhelft) alleen de grote lijn en mensen met een rechter beschadiging alleen de details. Het visuele systeem ziet kennelijk de wereld op verschillende schalen van globaal naar details. Het aandachtssysteem kan als een zoomlens functioneren, afhankelijk van het gebruik van de hersenhelften! (zie fig. 3)

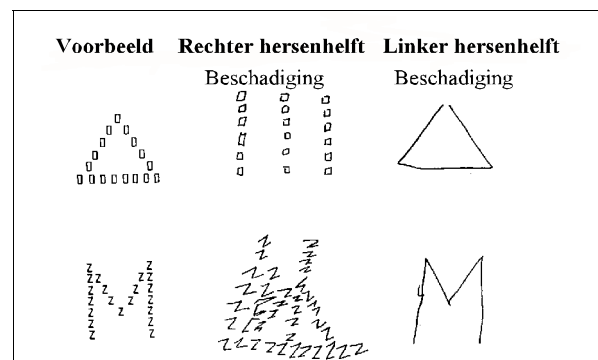


Fig. 3: De zoomlens in ons visuele systeem.

#### ad B: De identificering en bewustwording van het object of de gebeurtenis

zijn, na de oriëntatie, de volgende stappen in het proces. Het gaat daarbij niet alleen om het naamgeven maar ook om de daarbij behorende reacties. Betekenis en (emotionele) relevantie gaan immers samen. De *anterior cingulate gyrus* wordt actief wanneer we een nieuw doel krijgen of zelfs alleen maar een bijzonder voorwerp opmerken. Bij apen is dit gebied nauw verbonden met pijnwaarneming, emotionele kretten of bewegingsreacties, allemaal reacties die samenhangen met de ontdekking van belangrijke gebeurtenissen. Wanneer er beschadigingen optreden bij de *anterior cingulate gyrus* in beide hemisferen kunnen ze een afwijking veroorzaken, “*akinetic mutism*”, waarbij patiënten zich wel kunnen oriënteren op externe stimuli, inclusief mensen, en ze eventueel met hun ogen kunnen volgen, maar geen andere initiatieven kunnen nemen. Ze lijken doelloos. Sommige patiënten kunnen hiervan herstellen. Een herstelde patiënt antwoordde op de vraag waarom hij nergens op reageerde met de mededeling: “er viel me niets in”. Het blijkt dat de *anterior cingulate gyrus* een plek is waar controle wordt uitgeoefend. Het werkt nauw samen met andere delen van de *prefrontal cortex* waar o.a. het werkgeheugen is gesitueerd. Er is daarnaast een lange historie van bewijs dat door beschadiging van de *prefrontal cortex* samenhangend gedrag afneemt of zelfs onmogelijk wordt.

**Ad C:** Ten slotte blijft de **handhaving van de waakzame toestand** over. Stel dat we een rij woorden te horen krijgen waaruit we de woorden moeten kiezen die een dier aangeven. We moeten dan geconcentreerd luisteren. Er gaan dan ook fysieke veranderingen mee gepaard. De hartslag gaat omlaag en het lichaam en de hersenen worden rustiger, maar PET-scans

geven aan dat er meer bloed naar de rechter *frontal lobe* en dito *parietal lobe* vloeit. Deze gebieden maken dan ook deel uit van een netwerk dat verantwoordelijk is voor de handhaving van de attente toestand. Mensen met een beschadigde rechter *frontal lobe* presteren minder als waakzaamheid geboden is en hun hartslag gaat minder omlaag. Tegelijkertijd wordt norepinefrine door de locus coeruleus afgescheiden waarvan wordt aangenomen dat het de verhouding signaal-ruis in die hersendelen, waarheen het gestuurd wordt, verbetert. De rechter hersenhelft speelt bij waakzaamheid de hoofdrol. Tegelijk met de activering van de rechter *frontal lobe* neemt de activiteit van de *anterior cingulate gyrus* af. Dit lijkt zinnig omdat tijdens het uitkijken naar gewenste signalen er geen interferentie gewenst wordt van andere doelselecties. Wel heeft waakzaamheid invloed op de oriënteringsactiviteiten. Er zijn sterke verbindingen tussen de locus coeruleus met de *parietal lobe*, de pulvinar en de colliculus, allemaal onderdelen van het oriëntatiesysteem. Door norepinefrine zal dat systeem sneller en beter werken.

Gesproken woorden in een rustige omgeving trekken meestal direct de aandacht, evenals sommige geuren, kreten, pijnprikkels etc. Duidelijk van de normale omgeving afwijkende indrukken roepen een oriënteringsreactie op tenzij de invloed ervan afgezwakt wordt door een gerichte waakzaamheid die selectief naar bepaalde signalen zoekt. Men zou kunnen stellen dat de som van “top-down en bottom-up” aandacht een bepaald maximum niet kan overschrijden, hetgeen impliceert dat beide vormen elkaar niet uitsluiten en naast elkaar kunnen voorkomen.

### **5. Wat doet aandacht?**

Nu we enkele processen, die samenwerken om aandacht tot stand te brengen, hebben onderzocht is de volgende stap om na te gaan hoe dit in de praktijk uitpakt. De volgende vragen zullen we daarbij trachten te beantwoorden.

1. In welke fase van het (visuele) proces grijpt de aandacht aan?
2. Welke eenheden van (visuele) informatie worden door aandacht geselecteerd?
3. Hoe beïnvloedt aandacht de neurale reactie op een stimulus?
4. Wat is de bron van deze aandachtsignalen?

**Ad 1:** Een van de klassieke vragen bij onderzoek naar aandacht is de plaats waar de aandacht aangrijpt. Is dat aan het begin van het visuele proces of aan het eind, is het “top-down of bottom-up”? Het blijkt dat het visuele beeld in zijn geheel wordt waargenomen waarbij voorwerpen ruw geïdentificeerd worden en onze aandacht getrokken wordt door plotseling “in het oog springende” beelden.

Tootell (Tootell and e.a. 1995) bekeek de activiteiten in de hersenen van personen die een uitdagend rooster op een scherm zagen. Wanneer de uitdijng ophield ervoeren zij het z.g. watervaleffect, het effect dat optreedt wanneer we onze blik afwenden van een bewegend beeld, zoals een waterval, naar een stilstaand beeld. Het laatste beeld lijkt nu in de tegengestelde richting te bewegen. Gedurende de tijd dat deze illusie werd waargenomen bleef er activiteit in MT (V5), een bewegingsgevoelig deel in het visuele zintuigpad. Dit was voor Tootell aanleiding te veronderstellen dat deze activiteit de illusie veroorzaakt of althans er aan bijdraagt. Er is dan sprake van een “bottom-up” effect.

De neuronen in MT zijn gevoelig voor de richting van de beweging van stimuli in hun *receptive field*. MT neuronen zijn maximaal gevoelig voor hun eigen voorkeursrichting en worden geremd door beweging in de omgekeerde richting. De richtinggevoelige neuronen zijn in verticale colommen georganiseerd. Thomas Albright ontdekte dat deze kolommen grenzen aan kolommen die cellen bevatten die gevoelig zijn voor de tegenovergestelde richting. Deze aangrenzende kolommen zijn zo verbonden dat activiteit in de ene kolomsoort de activiteit in de antagonistische kolom onderdrukt. Wanneer de neuronen voor een bepaalde richting uitgeput raken worden de antagonistische neuronen ontheven van hun remming en worden actief. Hierdoor ontstaat de illusie van een beweging in tegengestelde richting. Dus de activiteit van richtingsgevoelige neuronen in MT veroorzaakt de waarneming van beweging in de voorkeursrichting van de neuronen.

***Top-down en bottom-up.***

Mensen geven selectieve visuele aandacht aan onderdelen van een scène op basis van hetzij bottom-up, dan wel top-down processen. Bij in het oog springende beelden komen de signalen bottom-up via de “*dorsal stream*” (waar de plaats bepaald wordt) naar de *posterior parietal cortex*. Sommige beelden zijn van nature opvallend, zoals een knipperend licht in een donkere omgeving of een rode jas temidden van groene uniformen. De snelheid van deze op in het oog springende beelden gebaseerde selectie is hoog en bedraagt ca 25 tot 50 msec. Opvallende auditieve signalen krijgen overigens in het algemeen voorrang boven visuele.

Bij taak en wil afhankelijke kenmerken wordt de selectie via top-down processen bepaald door o.a. de *prefrontal cortex*, die terugkoppelt naar de visuele cortex alwaar het kenmerk uit de ontvangen visuele beelden wordt gevist. Daarom neemt het top-down proces ook meer tijd, ca 200 msec. of meer.

**5: Top-down en bottom-up.**

Logothetis (Leopold and Logothetis 1996) onderwierp apen aan een test waarbij aan elk oog apart een verschillend beeld werd gepresenteerd zoals bijv. een gezicht en een boom. Hoewel elk beeld continu op een van de retina's aanwezig was zag de aap, net als een mens, op elk tijdstip, bewust slechts één beeld. Beide beelden wisselden elkaar spontaan af waarbij de aap getraind werd om aan te geven welk beeld hij zag. Gedurende acht jaar verzamelde Logothetis' team informatie over de activiteiten van neuronen in het visuele pad vanaf de primaire visuele cortex (in de *occipital lobe*, achterin de hersenen) tot het gebied dat IT genoemd wordt (in de *frontal temporal lobe*, achter en beneden de slaap), het eindstation waar de identificatie van het beeld plaatsvindt. In de primaire visuele cortex veranderde slechts 18% van de neuronen hun

reactie als het beeld omklapte. Dit suggereerde dat in dat gebied de neuronen voornamelijk weergaven wat zich op het netvlies van beide ogen afspeelde. In gebieden die halverwege het visuele traject lagen (het gebied MT of V5), correleerden de activiteiten van de helft van de neuronen met het beeld dat gezien werd. Ten slotte bleek dat in IT, aan het eind van het visuele traject, bijna 100% met het beeld correleerde, hetgeen er op wees dat daar het bewust waargenomen beeld de dienst uitmaakte. Het nietbewuste stuk was daar niet meer terug te vinden in tegenstelling tot de primaire visuele cortex. De selectie van het bewust waargenomen beeld vindt kennelijk tijdens de verwerking plaats. Volgens (Ullman 1995) vindt er een vergelijking plaats tussen wat bewust beleefd wordt en het binnenkomende signaal waarbij voornamelijk de verschillen doorgegeven worden. Hierdoor klapt het beeld na verloop van tijd om.

(Kanwisher and Wojciulik 2000) geven aan dat aandacht in een vroeg stadium van visuele bewerking (o.a. in de *primary visual cortex*, V1) kan ingrijpen en deze kan beïnvloeden. Afhankelijk van de hoeveelheid te verwerken (visuele) stimuli geschiedt dat eerder of later. Via aandacht wordt dan een subset geselecteerd voor verdere verwerking (Zie 6: onoplettendheid (Rees, Russell et al. 1999)). De vraag is wat het lot is van de niet geselecteerde beelden. Hoe ver gaan ze nog met het visuele pad mee?

***“Inattentional blindness”.***

Bij een bepaald experiment moet een proefpersoon bepalen welke van beide armen van een kruis langer is, de horizontale of de verticale. Onverwacht wordt dan een visuele stimulus in de buurt van het kruis gepresenteerd. Nadat de proefpersoon op de vraag heeft geantwoord wordt hem gevraagd of hij iets anders gezien heeft. Meestal blijkt hij niets waargenomen te hebben. Er zijn aanwijzingen dat dit te wijten is aan een gebrek om het onverwachte item verder te verwerken. (Rees, Russell et al. 1999)

**6: Onoplettendheid.**

Een mijlpaal in het hersenonderzoek is dat van Robert Desimone et al (Desimone and Duncan 1995). Zij trainden apen om hun ogen gefixeerd te houden op een punt in het midden van een scherm, terwijl de onderzoekers in het visuele verwerkingscentrum, V4 genaamd, de elektrische activiteiten maten van neuronen, die gevoelig zijn voor kleur en vorm. Dit ligt aan het begin van een rij centra die tezamen de identiteit van beelden bepalen. (Het “wat”-pad, dit in tegenstelling tot het “waar” pad, dat de plaats ervan bepaalt.) Neuronen in V4 hebben “*receptive fields*”, dat zijn gebieden van het visuele beeld die onderzocht kunnen worden op specifieke kenmerken, zoals in dit geval vorm en kleur. Desimone stelde het visuele beeld op het scherm zo af dat twee objecten, een rood en een groen, binnen het “*receptive field*” van een voor rood gevoelige neuron viel. Daarna gaven ze de aap een taak die aandacht vroeg voor het rode object. In dat geval vuurde de cel goed. Maar in volgende tests vroegen ze aandacht voor groen. Nu vuurde de neuron niet, hetgeen opmerkelijk was daar het rode object nog steeds in het “*receptive field*” lag. Het was of het rode object uitgefilterd was door de aandacht die het dier voor groen had. Er was sprake van een bewust “top-down” effect op de neuron. Het visuele pad wordt kennelijk gecontroleerd door het idee waarnaar gekeken wordt. Door het contact met de buffers van het werkge-

heugen wordt omgekeerd ook de waarneming beïnvloed. We ruiken etensgeuren eerder en selectiever wanneer we honger hebben.

Wanneer het gaat over de vraag waar attentie aangrijpt zijn er verschillende stromingen. In de “late selectie theorie” wordt het hele visuele beeld geanalyseerd tot en met het identificeren van objecten waarna aandacht een subset kiest voor verdere analyse. Bij de “vroeg selectie theorie” wordt juist gesteld dat na een rudimentaire verwerking van het visuele beeld aandacht nodig is om objecten beter te herkennen en verdere analyses uit te voeren. Uitvoerig onderzoek aan aparte neuronen bij apen heeft aangetoond dat in de primaire visuele cortex er met of zonder aandacht geen verschil in bewerking is. Aandacht maakt daar geen verschil maar wel in de extrastriate cortex<sup>2</sup>. Dit komt overeen met het onderzoek van Desimone.

Nieuwe onderzoeken met fMRI-scans hebben dat beeld echter bijgesteld.

Daarbij bleek dat aandacht waarschijnlijk wel invloed had op de primaire visuele cortex. Het meest opvallende was dat aandacht de activiteit in sensorische hersengebieden kan veranderen voordat een stimulus begint. Het genereren van een beeld van de eigenschappen in de verbeelding kan dienen als mal voor het verwachte beeld (Driver and Frith 2000). Wanneer we zoeken naar een vriend in een menigte is het van belang om zich de karakteristieken van zijn gezicht voor te stellen. Ook ons proprioceptisch gevoel simuleert een beweging alvorens het uit te voeren. Hoewel deze vorm van aandacht de zintuigstructuren van de hersenen sterk kan beïnvloeden, ontstaat er gewoonlijk geen bewuste gewaarwording. De hersenen zijn in staat om de zintuiglijke consequenties van opzettelijke acties te voorspellen. Dat proces zou verstoord kunnen zijn bij bijv. schizofrenie, waardoor patiënten hun eigen gedrag en gedachten ervaren alsof ze door externe krachten veroorzaakt zijn.

### ***Model voor Aandacht.***

(Duncan 1998) en (Desimone and Duncan 1995) hebben een model voor aandacht ontwikkeld. Hun theorie berust op drie aannamen.

- ! Gezien de grenzen aan onze mogelijkheden om verschillende stimuli tegelijkertijd bewust te verwerken, ontstaat er competitie tussen visuele objecten voor de beschikbare hulpbronnen. Daar de neurale neerslag van visuele stimuli wijd verspreid in de hersenen plaats vindt, geschiedt deze competitie op vele plaatsen.
- ! De neurale populaties, die verschillende aspecten van één object weergeven, ondersteunen elkaar wederzijds. Als er een winnaar op een plaats tevoorschijn komt wordt het bijpassende object in het hele systeem dominant. Als op een plek een object dominant wordt, worden de kenmerken van andere objecten onderdrukt.
- ! De competitie kan worden beïnvloed door bottom-up factoren, zoals verschillen in de intensiteit van de stimuli, maar ook door top-down acties, zoals bewuste taakstellingen. Deze top-down invloed vindt plaats door verhoogde activiteit van neuronen populaties die de relevante attributen van het (evt. te zoeken) object weergeven.

### **7: Model voor aandacht.**

---

<sup>2</sup>: alle visuele verwerkingscentra buiten de primaire visuele cortex.



De vraag waar aandacht aangrijpt, wordt dus mede bepaald door de vraag of aandacht door zintuiglijke waarnemingen of door interne bedoelingen getrokken wordt.

De plaats van interventie door aandacht hangt verder mede af van de hoeveelheid en complexiteit van de visuele stimuli. Wanneer deze hoog is vindt de interventie eerder plaats en omgekeerd. Ook kan bij conflicterende resultaten, zoals bij de Stroop-test<sup>3</sup>, de hulp worden ingeroepen van andere hersendelen, in dit geval de *anterior cingulate gyrus*.

**Ad 2:** Wordt aandacht getrokken via een plaats in het visuele veld, door kenmerken van het beeld of door hele objecten? Hoewel ruimtelijke selectie duidelijk optreedt als aandacht in het spel is blijkt het toch niet het enige te zijn. Aandacht kan zich soms richten op kenmerken zoals kleur of beweging. Ook is het mogelijk dat een object met bijbehorende kenmerken het doel van aandacht vormt. Er zijn echter aanwijzingen dat we geen perfecte controle hebben over deze verschillende vormen van aandachtselectie. Ons bewustzijn is hier niet volledig de baas over (Kanwisher and Wojciulik 2000). Elk kan in bepaalde mate voorkomen, ook onbedoeld.

We integreren de verschillende deelaspecten van ons visueel systeem tot één percept, waarbij we weliswaar de deelaspecten waarnemen in de gespecialiseerde delen van ons visueel systeem maar we zijn ons dat niet bewust. Bewust zien we alleen maar het geïntegreerde beeld (het percept). Anne Treisman (Treisman 1993) ontdekte de integratie van de kenmerkende eigenschappen van een voorwerp en een waarschijnlijk mechanisme hoe dat gebeurt toen zij normale proefpersonen onderzocht van wie het aandachtssysteem overbelast werd door verschillende taken.

Proefpersonen werd een kort moment enige gekleurde letters getoond waarbij hen gevraagd werd om de identiteit van een gelijktijdig getoond cijfer, bijvoorbeeld een vier, te noemen. Wanneer zij, terwijl ze de cijfervraag beantwoordden, letters, zoals een blauwe O en een rode X te zien kregen, rapporteerden ze dat ze een blauwe X en een rode O gezien hadden. Dit verschijnsel wordt een "*illusory conjunction*" genoemd omdat verschillende elementen van verschillende stimuli gecombineerd worden om in onze geest een voorwerp te vormen dat niet bestaat.

Het mechanisme van deze integratie van waargenomen visuele kenmerken moet haast per definitie buiten de primaire en secundaire visuele gebieden plaatsvinden. Het blijkt dat de *parietal lobe*, het gebied bij uitstek voor geautomatiseerde processen van hogere orde, gespecialiseerd is voor deze taak (Friedman-Hill, Robertson et al. 1995). Het brengt niet alleen ruim-

---

<sup>3</sup>: bij de Strooptest, genoemd naar J.R. Stroop (1935), wordt gevraagd om de kleur van letters aan te geven die een woord vormen dat een andere kleur aangeeft. Dus het woord "groen" gedrukt in blauwe letters.

telijke, maar ook bijpassende kleur- en vormkenmerken tezamen. Deze kenmerken worden eerst parallel over het visuele beeld geanalyseerd, voordat aandacht selecteert. Seriële verschuivingen van ruimtelijke aandacht naar de locatie van aparte objecten maken het mogelijk om de afzonderlijke kenmerken van de objecten op basis van hun plaats te integreren. Kenmerken, die op de plaats waar de aandacht op gericht is, aanwezig zijn, worden geïntegreerd tot een stabiel percept door referentie aan een “hoofdkaart” van locaties die verwijst naar de betreffende kenmerklocaties. Het blijkt echter ook mogelijk de aandacht op bijv. het kenmerk kleur te richten en dat als integrerend kenmerk te gebruiken. De abstracte schilderkunst speelt hierop in. Het “object” wordt daardoor evenwel abstracter en is niet meer aan plaats gebonden. De verbinding met bestaande objecten wordt daardoor speculatiever.

**Ad 3:** Hoe beïnvloedt aandacht de neurale reactie op een stimulus? Werkt aandacht als een “*multiplier*”, waarbij de reactie van de betreffende neuronen bij aandacht met een factor vermenigvuldigd wordt t.o.v. de reactie van die neuronen indien er geen aandacht in het spel is, of is er sprake van een “*baseline shift*” waarbij de reactie van de neuronen bij aandacht met een constante hoeveelheid wordt verhoogd, ongeacht de sterkte van de stimulus? Hoewel de meeste onderzoeken aangeven dat er sprake is van een “*multiplier*”, (McAdams and Maunsell 1999; Reynolds, Pasternak et al. 2000) blijkt dat, als er geen (externe) stimulus aanwezig is, aandacht de activiteit van neuronen met een “*baseline shift*” kan verhogen (Kastner, Pinsk et al. 1999). Verbeelding stuurt de activiteit van neuronen “top-down” in verschillende gebieden. Bij verwachting van beweging wordt het gebied MT/MST, waar beweging wordt geanalyseerd geactiveerd, terwijl, wanneer personen hun ogen sloten en aan gezichten dachten, de “*fusiform face area*”<sup>4</sup> (FFA) actief werd. (O’Craven and Kanwisher 2000) Deze verschuiving is waarschijnlijk niet een algemene “*baseline shift*” maar een die het gevolg is van het aandachtsgebied.

**Ad: 4.** Wat is de bron van deze aandachtssignalen? Er zijn sterke aanwijzingen dat een netwerk in de *frontal* en *parietal cortex* voor visuele aandacht verantwoordelijk is waarbij de achterste *parietal* component verantwoordelijk is voor de oriëntatie en bepaling van de ruimtelijke plaats en de voorste *frontal* component in verband wordt gebracht met de doel bepaling, activering en eventueel bewegingen (Posner and Petersen 1990). In de studie over “*baseline shift*” van (Kastner, Pinsk et al. 1999), waar bij verwachting van een stimulus (top-down effect) een verhoging werd gevonden van de basisactiviteit van de betrokken neuronen, bleek dat alleen in de *frontal* en *parietal* gebieden deze verhoging even sterk was voor gerichte aandacht bij zowel aanwezigheid als afwezigheid van de visuele stimulus. Dit duidt er op dat

---

<sup>4</sup>:De “*fusiform space area*” is een moduul in de *extrastriate cortex*, gespecialiseerd in het herkennen van gezichten. Kanwisher, N., J. McDermott, et al. (1997). “The fusiform face area.” *J. Neurosci.* **17**: 4302 - 4311.

bepaalde gebieden in de *frontal* en *parietal* gebieden de top-down signalen produceerden die de activiteit elders in het visuele systeem moduleerden.

(Fockert, Rees et al. 2001) hebben aangetoond dat het werkgeheugen in de *frontal cortex* een belangrijke rol speelt bij het bepalen van de aandacht. (zie hoofdstuk 6; Leren/-Geheugen, deel 2, §7: werkgeheugen) Het werkgeheugen heeft in zijn werkregisters een beperkte mogelijkheid tot opslag van gegevens waarmee op dat moment gewerkt wordt. Terwijl proefpersonen een rijtje van vijf cijfers in gedachten moesten houden, werd hun een aantal afbeeldingen van personen getoond waaronder niet relevante voor de taak. Wanneer het rijtje cijfers eenvoudig was, zoals 0,1,2,3,4, had de proefpersoon er geen last van en kon hij gemakkelijk de relevante afbeelding kiezen. Als echter het rijtje cijfers lastig te onthouden was (een hoge werkgeheugenbelasting) leidden de niet- relevante afbeeldingen sterk af bij de keuze van de goede terwijl bovendien in de primaire visuele cortex een veel grotere activiteit viel waar te nemen. De hoge werkgeheugenbelasting verhinderde het richten van de aandacht op de relevante afbeelding. Hieruit concludeerden (Fockert, Rees et al. 2001) dat het werkgeheugen in de *frontal cortex* een belangrijke rol speelde bij de controle van visuele aandacht. De aandachtsruimte wordt kennelijk bepaald door de mogelijkheden van het werkgeheugen.

Het resultaat van verschillende fMRI studies geeft aan dat verschuiving van steelse en openlijke aandacht (dat is zonder en met oogbewegingen) opvallend dezelfde activiteiten in de *frontal* en *parietal* gebieden veroorzaakt. Dit geeft aan dat deze gebieden vooral te maken hebben met oculomotor planning en niet met de uitvoering ervan. Hoewel aandacht bij gehoor en tast minder uitvoerig zijn onderzocht dan bij gezicht, hebben recente onderzoeken aangegeven dat verschillende *frontal* en *parietal* gebieden betrokken zijn bij aandachtsselectie, onafhankelijk van de modaliteit (Duncan and A.M. 2000).

## **6. Ons zelfbeeld.**

Bewustzijn maakt het mogelijk om ons te onderscheiden van onze omgeving. We weten waar we eindigen en waar iets anders begint. Zonder bewustzijn zouden we ons niet in gedachten in ruimte en tijd kunnen bewegen, niet naar ons zelf kijken en niet om ons zelf kunnen lachen en ons niet in een ander verplaatsen. Hoewel bewustzijn uit onszelf voortkomt wordt het niet alleen door onszelf gestuurd maar ook door de omgeving die mede voor de vorming ervan heeft gezorgd. We leren waar we op moeten letten en wat geen aandacht behoeft. Door betekenis toe te kennen aan gebeurtenissen, voorwerpen of woorden stelt ons bewustzijn in hanteerbare brokken. Dat bij dat proces vaak allerlei onbewuste selecties worden gemaakt, dringt minder tot ons door. We zijn ons voornamelijk van het eindresultaat bewust.

Soms zijn we ons minder bewust van de wereld zoals die zich voordoet maar meer van de plaats die we daarin innemen. We zien als het ware onszelf als een derde, die we aanwij-

zingen kunnen geven. We zijn zelfbewust en dat is voor velen het belangrijkste deel van ons bewustzijn. Er is bij praktisch iedereen een besef aanwezig van wat “eigen” is en wat “vreemd”.

Eigen zijn enerzijds al die gevoelens en gewaarwordingen die een persoonlijk karakter hebben en waarvan we menen dat ze strikt tot onze eigen belevingswereld beperkt blijven en niet zonder meer aan anderen overdraagbaar zijn. We kunnen wel proberen ze aan anderen duidelijk te maken maar we kunnen er nooit zeker van zijn of we daarin zullen slagen. Ons oordeel blijft altijd subjectief. We nemen daarbij een z.g. eerste persoons standpunt in, dit in tegenstelling tot het z.g. derde persoons standpunt, waarbij we trachten ons los te maken van onze subjectiviteit en we juist de mogelijkheid tot verificatie vooropstellen. We besteden een groot deel van ons leven aan het in balans brengen van onze eerste persoons beleving en ons derde persoons inzicht, tussen (emotionele) relevantie en betekenis.

Anderzijds vertelt ons lijf ons wat de grenzen van ons “zelf” zijn; wat eigen is. De ruimte die erdoor ingenomen wordt, bepaalt het gebied waarover wij het gevoel hebben dat we de meeste zeggenschap hebben. Alles wat er buiten valt is eerder onderworpen aan invloeden die onze eigen bedoelingen kunnen doorkruisen.

***Uitspraak.***

We spend the first year of our lives learning that we end at our skin and the rest of our lives learning that we don't.

**Prof S. Gorn;** *The Individual and Political Life of Information Systems,*  
in E.B.Heilprin et al. Spartan Books, 1965

**8:** Uitspraak.

Toch is er een overgangsgebied aanwezig zoals uit onderzoek van o.a. (Gentilucci, Fogassi et al. 1988) en (Rizzolatti, Luppino et al. 1998) blijkt. Sommige *multimodal*<sup>5</sup> *neurons* in de *posterior parietal lobe* en in de *ventral premotor cortex* reageren alleen maar op de aanwezigheid van objecten in een beperkte ruimte om ons heen, de peri-persoonlijke ruimte. De peri-persoonlijke ruimte is een bewegingsruimte waarvan de grens wordt bepaald door de directe werkzame ruimte van de verschillende lichaamsonderdelen zoals de benen, het hoofd, de armen. Wat in feite relevant is voor de neuronen van deze hersengebieden is de plaats t.o.v. het lichaam van iets dat het doel kan worden van een (binnen “handbereik” liggende) actie. Er is, via deze neuronen, een actieve, dynamische relatie tussen deze naaste omgeving en onszelf. En er is meer! (Iriki, Tanaka et al. 1996) ontdekten in een deel van de *posterior parietal cortex* van de aap bimodale (visueel en tast) neuronen die vuurden als de hand van de aap werd aangeraakt of als (visuele) objecten binnen handbereik werden gebracht. Het merkwaardige was echter dat als de aap een hark gebruikte, het gebied waarop de neuronen reageerden op visuele objecten zich uitbreidde over het gebied dat de hark bestreek. Het lichaamsschema van de aap

---

<sup>5</sup>: “multimodal” wil zeggen dat de betreffende neuron gevoelig is voor prikkels van verschillende zintuigen, bijvoorbeeld visuele zowel als tast impulsen.

veranderde wanneer de hark werd gebruikt. De hark werd een deel van de hand. (Berti and Frassinetti 2000) toonden aan dat wanneer de cerebrale weergave van lichaamsruimte uitgebreid wordt om gereedschap, dat de persoon gebruikt, in te sluiten, ruimte die eerst als veraf beleefd werd nu als dichtbij gezien werd. De eerdergenoemde *multimodal neurons* van de *posterior parietal lobe* en de *ventral premotor cortex* gingen ook op die ruimte reageren!

Het omgekeerde komt ook voor. Er is dan sprake van “*neglect*”, (Zie 9: “*Neglect*”) waarbij een deel van het lichaam niet meer als eigen ervaren wordt. Ook kan een deel van de omringende ruimte worden genegeerd. (Berti and Frassinetti 2000) beschrijven een patiënt (P.P.), die door een beroerte in zijn rechter hemisfeer “*neglect*” vertoonde in de peripersonlijke ruimte bij verschillende taken zoals het door midden delen van lijnstukken. Wanneer de door midden te delen lijn op enige afstand werd gepositioneerd, bijvoorbeeld een meter, en de patiënt gevraagd werd deze met behulp van een aanwijzer met een laserstraal door midden te delen, lukte dit uitstekend en vertoonde de patiënt geen “*neglect*”. Als echter de lijn met behulp van een aanwijzestok door midden moest worden gedeeld waarbij de patiënt de lijn met de stok kon aanraken, kwam het verschijnsel “*neglect*” weer geheel terug en werd een deel van de lijn niet opgemerkt. Ook hier werd de lichaamsruimte door de stok vergroot en omsloot zijn peri-persoonlijke ruimte de lijn en daarmee zijn afwijkende beleving van zijn lichaam en naaste omgeving.

#### “*Neglect*”.

Patiënten met beschadigingen aan hun rechter *parietal lobe* kunnen een grote variëteit aan symptomen vertonen. Daar de rechter hersenhelft de linker lichaams helft aanstuurt kunnen o.a. delen van de linkerhelft van hun lichaam verlamd zijn. Er zijn patiënten die daarbij echter ontkennen dat er iets met hen aan de hand zou zijn en die zelfs er op aandringen uit het ziekenhuis ontslagen te worden. Ze kunnen weigeren te geloven dat hun (verlamde) linkerarm deel van hun lichaam vormt en serieus beweren dat iemand anders hun bed deelt! Wanneer zij woorden op een bladzijde moeten lezen blijken deze patiënten vaak midden in de regel te beginnen en de linkerhelft van de pagina te negeren. Zelfs als een rijtje letters via de fovea (gele vlek) van het oog aangeboden wordt missen ze de eerste letters. Ook hebben dergelijke patiënten dezelfde moeite bij het zich voor de geest halen van afbeeldingen. Eduardo Bisiach, een Italiaanse neuroloog, liet patiënten, die goed bekend waren met een kerkplein in hun woonplaats Milaan, het plein beschrijven zoals het er uitzag als ze op de trappen van de kerk stonden. Ze rapporteerden de meeste zaken aan de rechterkant maar heel weinig van die aan de linkerkant. Wanneer hij ze vroeg om het plein van de andere kant te beschrijven, dus met het gezicht naar de kerk toe, rapporteerden ze beelden die ze eerder (aan de linkerzijde) genegeerd hadden maar die nu rechts stonden en omgekeerd negeerden ze eerder gerapporteerde beelden die nu links stonden. Dit wijst erop dat het wat-pad van het visuele traject (in de *temporal lobe*) nog functioneert, maar het waar-pad (in de *parietal lobe*) verstoord is. Kennelijk zijn beide gegevens tegelijk nodig om tot het bewustzijn door te dringen.

#### 9: “*Neglect*”.

Ook is er een complementair verschijnsel waar te nemen als de hersenen onbeschadigd zijn maar het lichaam verminkt is, bijvoorbeeld door amputatie van een been. Er kan dan z.g. fantoom-pijn optreden waarbij de betrokkene pijn voelt in het afgezette deel van zijn been! (Ramachandran and Blakesley 1998) beschrijven zelfs een geval van een vrouw, die aangebo-

ren stompjes in plaats van armen had maar pijn in de armen voelde, die ze nooit had bezeten. Er is echter nooit iemand gevonden die pijn had in een niet bij een mens passend lichaamsdeel zoals een staart. Pijn is een signaleringssysteem dat ons niet alleen een beschadiging of bedreigende belasting meldt maar ook de plaats. In de hersenen is blijkbaar een beeld aanwezig van het lichaam zoals dat genetisch is bepaald en dat zich aanpast wanneer iemand opgroeit. Sensoren in de spieren en gewrichten melden daarnaast de spanning en gesteldheid aan de hersenen waardoor een steeds weer aangepast beeld kan worden opgebouwd van de ruimtelijke toestand van het lichaam. Kennelijk kunnen zowel aan de hersenzijde als aan de perifere kant van dat communicatiesysteem fouten optreden waardoor een verkeerd beeld van het lichaam wordt gevormd.

Het z.g. proprioceptisch gevoel, het weten waar onze lichaamsdelen zich bevinden en het aanvoelen welke bewegingen ze in de ons omringende dichtbij ruimte kunnen maken, is o.a. het gevolg van de mogelijkheden die deze categorieën signalerende neuronen ons geven. Ze geven een beeld van onszelf als eenheid in de ruimte en onze mogelijkheden erin. Ze onderscheiden ons van de rest van de ruimte. Het is de basis voor ons “zelf” gevoel. Niet voor niets vinden we het onaangenaam wanneer onbekenden ons ruimtelijk te dicht naderen. Evenals bij dieren wordt onze rust verstoord als er geen afstand gehouden wordt. Kinderen zoeken veiligheid door zich aan een ouder te binden. Wanneer er iets mis is met deze signalering, zoals uit het optreden van “*neglect*” blijkt, verandert ons “zelf” beeld dramatisch. Ons lichaam is het centrum van ons ruimtebesef dat overeenkomstig aangepast wordt bij bewegingen. Als de *posterial parietal cortex* beschadigd is hebben we een onvolledig beeld van onszelf en daardoor van onze plaats in onze omgeving. We zijn (partieel) ruimtelijk blind. We hebben daardoor het gevoel niet meer te bestaan in dat (blinde) gebied.

Onze waarneming van onszelf in onze omgeving kent twee polen, een subjectieve en een objectieve en beide hebben hun informatiebronnen. De subjectieve (en onbewuste) via het proprioceptisch gevoel en mogelijke pijnervaringen, de objectieve (en bewuste) via de visuele waarneming. Van onze eigen auto weten we vrij nauwkeurig hoe groot deze is, welke ruimte hij inneemt en of we door een bepaalde opening kunnen rijden, maar we gebruiken ons visuele systeem om het geheel te sturen. Wanneer het proprioceptisch gevoel ontbreekt, doordat de informatie over houding en positie mist wegens het niet functioneren van de betrokken zenuwbanen, ontstaat een situatie die vergelijkbaar is met een soort algemeen “*neglect*”. Het ontbreken van het subjectieve element heeft grote invloed en maakt dat de objectieve waarneming anders geïnterpreteerd wordt. Het is mogelijk, door de nood gedwongen, om geleidelijk met behulp van de visuele waarneming de plaats van de proprioceptische informatie op te vullen maar het blijft een bewuste handeling die niet te automatiseren valt (Zie 10: *Proprio-blindness*). De bewuste beleving van het eigen lichaam als subjectieve eenheid berust, naast de

eerder genoemde processen, mede op de onbewuste proprioceptische processen. Het is het eindresultaat ervan.

Deze voorbeelden en het verschijnsel “*neglect*” leert ons dat het inzicht over hetgeen we als “eigen” kunnen noemen sterk bepaald wordt door onbewuste processen, waarbij onze lichamelijke toestand een belangrijke rol speelt. Veel van de stuurprocessen vinden automatisch en onbewust plaats. Er moet een duidelijk onderscheid gemaakt worden tussen wat door onszelf stuurbaar is en datgene wat daarbuiten valt.

Een serie experimenten met aparte neuronmetingen in de *premotor cortex* van actieve apen, uitgevoerd in de tachtiger jaren, bracht aan het licht dat er neuronen bestonden die actief werden, niet wanneer er zomaar eenvoudige motorische bewegingen gemaakt werden, maar wel wanneer er een specifiek doel mee te bereiken viel. Deze neuronen vuurden elke keer wanneer de aap een bepaald object greep, of hij dit nu met de linker poot, de rechterpoot of zijn mond deed (Gentilucci, Fogassi et al. 1988) (Rizzolatti, Camarda et al. 1988). Dit wijst erop dat het niets te maken had met de betreffende motorneuronen maar dat deze neuronen met het doel van de actie verbonden waren. (Gallese 2000) ontdekte dat deze speciale klasse neuronen, de “*canonical neurons*”, selectief geactiveerd worden als de aap, bij afwezigheid van enig actieve beweging, voorwerpen ziet, waarvan de kenmerken, zoals vorm of afmeting, nauw verbonden zijn met het type actie dat de neuron codeert. In ons geval bijv. grijpen. Het is daarbij interessant dat deze neuronen een nauw verband tonen met objecten van verschillende vorm (bijv. kubus, kegel of bol) die echter alle dezelfde grijpmethode verlangen. Bovendien hoeft de grijpbeweging niet uitgevoerd te worden daar het zien van de voorwerpen alleen al de “grijpneuronen” activeert. Het simpele waarnemen van objecten is daardoor in staat om automatisch het meest gangbare motorprogramma te bepalen dat nodig is om er mee om te gaan. Het “nergens aanzitten” dat we onze kinderen voorhouden is waarschijnlijk een reactie op het automatisme van de “*canonical neurons*”! De “*canonical neurons*” zijn gelegen op area F5, van de *ventral premotor cortex*, en wederzijds verbonden met de

### “*Proprio-blindness*”.

Oliver Sachs bespreekt in “The man who mistook his wife for a hat” (1985) een vrouw, die een onomkeerbaar verlies aan *proprioception* heeft. Ook Jonathan Cole uit Engeland beschrijft in zijn boek “Pride and a daily marathon” (1995) een man die een dergelijke aandoening heeft. Beide patiënten hebben het gevoel hun lichaam kwijt te zijn. Sachs spreekt dan ook van “*The disembodied lady*”. Beiden voelen nog wel pijn en hielden daardoor een globaal lichaamsbeeld. De vrouw kan wel vertellen waar ze pijn heeft maar er niet naar wijzen. De man, Ian Waterman, verloor tijdens zijn ziekte het gevoel van zijn lichaam. Als hij niet keek wist hij niet waar zijn ledematen waren. Hij kon bewegingen in gang zetten maar had er geen controle over. Zijn armen en benen bewogen alle kanten op, soms met pijnlijke gevolgen voor hemzelf of omstanders. Hij slaagt er met grote wilskracht in via visuele terugkoppeling de bewegingen van zijn lichaam en speciaal zijn ledematen weer onder controle te krijgen. Dit vergde eindeloze, nooit aflatende concentratie, bewuste planning van elke beweging en constante visuele feedback. Hij kon op het laatst een ei vasthouden zonder het fijn te knijpen of te laten vallen, maar slaagde er niet in tegelijk te lopen daar deze taak zo geheel beslag legde op zijn bewustzijn dat niets overbleef voor het vasthouden

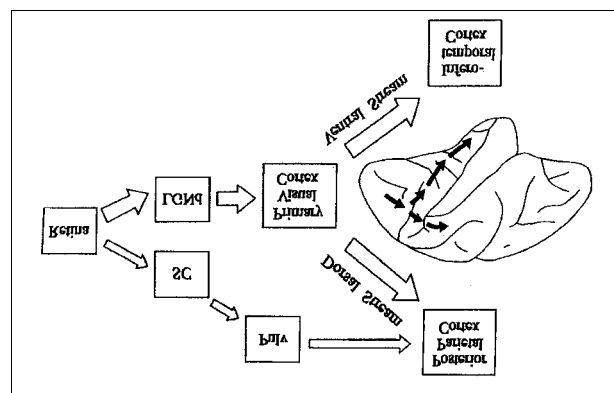
### 10: Proprio-blindness.

*posterior parietal cortex*, (het einde van het *dorsal visual pathway*, waar de plaatsbepaling bij visuele waarnemingen geschiedt; zie verderop).

De oude tweedeling in eigen en vreemd blijkt eigenlijk niet meer geldig te zijn. Er zijn in feite drie delen, nl. ons lichaam binnen ons vel, onze directe omgeving waar we directe invloed op uit kunnen oefenen of die ons kan beïnvloeden en de overige ruimte om ons heen. Grammaticaal was dat eigenlijk al wel duidelijk doordat er een eerste persoonsvorm is (ik en wij), een tweede persoonsvorm (jij en jullie) en een derde persoonsvorm (hij/zij en zij). Er blijkt nu een neurale achtergrond en spiegeling van deze indeling te zijn!

Ons basale gevoel van “eigen” blijkt opgebouwd te zijn uit verschillende, betrekkelijk onafhankelijke, grotendeels onbewust werkende functiesystemen zoals pijnsignalering, proprioceptisch gevoel en het daaraan verwante evenwichtsgevoel, peri-persoonlijke ruimte en de werking van de “*canonical neurons*”. Daarnaast maken zintuigen bewuste reacties mogelijk en kan er via leren en geheugen een autobiografisch en individueel complex van referenties aan omstandigheden worden opgebouwd die ook als “eigen” kan worden beschouwd. De vraag die nu gesteld kan worden is of het “eigen” een overkoepelende rol gaat spelen en als een bewuste geïntegreerde eenheid gaat opereren en sturen (er een dominerende “ik” functie aanwezig is) of dat de afzonderlijke systemen betrekkelijk onafhankelijk blijven functioneren en er een opportunistisch reactiepatroon op de wisselende omstandigheden in de omgeving blijft plaatsvinden. Voor het laatste pleiten (Milner and Goodale 1995) (Milner and Goodale 1998). Zij maken bij hun onderzoek gebruik van het feit dat de visuele informatie zich volgens (Ungerleider and Mishkin 1982) in twee onafhankelijke hoofdgroepen splitst, een z.g. *ventral stream*, die de bewuste visuele ge-

waarwording teweegbrengt waardoor het beeld kan worden benoemd en een z.g. *dorsal stream*, die evt. een momentane, precieze motorische actie verzorgt en grotendeels onbewust werkt (bijv. via de “*mirror neurons*”). Zij illustreren dit door o.a. waarnemingen bij patiënten met beschadigingen in een van de twee kanalen. Wanneer de *ventral stream* niet werkt is er sprake van *agnosics*, waarbij de patiënt niet in staat is om een voorwerp bewust waar te nemen maar wel over motorische mogelijkheden beschikt zoals het vangen van een toegesgooide bal of met een goede oriëntatie de vlakke hand in een voorgehouden (scheve) “brievenbus” steken. Dit fenomeen is bekend als “*blindsight*”. Als de *dorsal stream* beschadigd



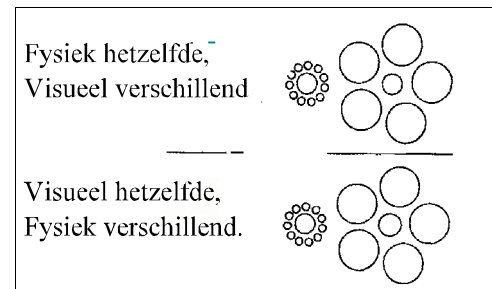
**Figuur 4:** Hoofdstromen visuele informatie.

Betekenis: SC.= Superior Colliculus; Pulv.= Pulvinar; LGNd.= Lateral Geniculate Nucleus (pars dorsalis) (Milner and Goodale 1995)



is (*optic ataxis*) kunnen de patiënten het beeld wel identificeren maar hebben moeite om het te grijpen of aan te raken. Zij kunnen de ruimtelijke informatie, die inherent is aan elk beeld niet gebruiken.

We kunnen ons nu afvragen wat bij de samenwerking het geval is. Stuurde de *ventral stream* de *dorsal stream* of omgekeerd dan wel zijn de beide functiesystemen onafhankelijk en hebben ze een soort federatief verband? (Milner and Goodale 1995) pleiten voor het laatste. Zij verklaren dit aan de hand van een experiment van (Aglioti, Goodale et al. 1995). Zij maakten gebruik van de “Titchener Circles” illusie, (zie fig.5: Titchener Circles) waarbij een visuele gewaarwording een illusie veroorzaakt die echter geen invloed heeft op een volgende bewegingsactie. Zij gebruikten hierbij fiches als cirkels. Proefpersonen werden gevraagd om, wanneer ze verschil zagen, een van de schijven



**Figuur 5:** Titchener circles illusie.

op te pakken. Door dat te doen gaven de proefpersonen aan dat ze onderworpen waren aan de illusie. Door echter infrarode diodes aan duim en de vingertoppen te bevestigen kon worden aangetoond dat de voorgevormde vingeropening voor het grijpen nauwkeurig was afgesteld op de werkelijke afmetingen van de op te pakken schijf. Volgens (Milner and Goodale 1995) kwam deze afstelling van de vingers tot stand door onbewuste visuele informatie te gebruiken uit het *dorsal stream* pad en dat alleen de bewuste informatie uit het *ventral stream* pad door de illusie voor de gek werd gehouden. De achtergrond voor deze scheiding lag volgens (Milner and Goodale 1995) aan de totaal verschillende en onafhankelijke eisen die aan de twee kanalen worden gesteld. In het eerste geval gaat het om precieze kennis van de ruimtelijke plaats en oriëntatie, die voortdurend wordt bijgewerkt terwijl in het laatste geval het gaat om identificatie van iets als hetzelfde ding, onafhankelijk van zijn ruimtelijke plaats en oriëntatie, en dat slechts zoveel ruimtelijke informatie vraagt als nodig is voor bewuste objectherkenning en -beredenering. De *dorsal stream* is bedoeld voor momentane, vloeiende bewegingsinteractie terwijl de *ventral stream* zich bezighoudt met blijvende objectkenmerken om te kunnen herkennen en herinneren. Acties betreffende verbeelde of herinnerde voorwerpen staan onder controle van de *ventral stream*, hetgeen samengaat met ruwe en onnauwkeurige motorische behandeling en, bij beschadiging van de *dorsal stream*, zeer gebrekkige motorische prestaties. De conclusie uit beide verschijnselen luidt “what we think we see is not what guides our actions” (Milner and Goodale 1995). De visuele gewaarwording heeft echter van de twee paden als enige het privilege van bewustzijn, omdat daar een element van keuze bij aanwezig is. “Blindsight” is dan ook een proces dat onbewust verloopt.

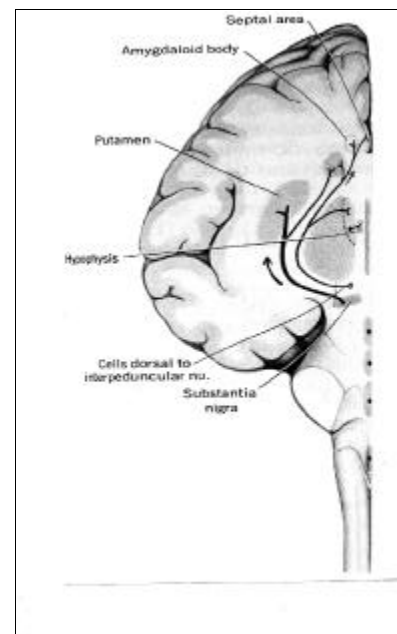
Concluderend kunnen we stellen dat sterke, voornamelijk onbewuste processen ons fysieke gevoel van wat ons lichaam is bepalen. Ook onze reacties op de buitenwereld worden in hoge mate door deze processen bepaald. Er is geen scherpe scheiding tussen ons lijf en onze omgeving te maken. Er is sprake van een overgangsgebied waarin eigen regels gelden. Deze communicatiezone is situationeel bepaald en heeft grote invloed op onze beleving en ons handelen. Dat we ons daarbij vaak laten leiden door sterk persoonlijke ervaringen uit het verleden zorgt ervoor dat we daardoor een eigen dynamiek ontwikkelen bij de communicatie met onze omgeving.

### 7. *Kiezen en beslissen.*

Wat leidt onze keuzes en beslissingen? Zoals eerder betoogd is anticipatie op de uitkomst een belangrijke eerste stap. We hebben dat gezien bij de bespreking van het proprioceptisch gevoel, bij de *mirror neurons*, maar ook bij de beschrijving van (Rauschecker 1998) hoe de cortex via top-down processen de selectiviteit en synchronisatie van neuronen in de thalamus regelt. Het aantal door de cortex naar de thalamus teruggezonden signalen is immers ca. tien maal groter dan omgekeerd! (Guillery 1967) Ten slotte is er nog onze hypothese over het ontstaan van bewustzijn waarin we veronderstellen dat het optreden van een verschil tussen het binnenkomende en het geanticipeerde signaal bewustzijn oproept. Anticipatie is kennelijk een wijd verspreid verschijnsel in de processen van de hersenen. Dit hangt nauw samen met het dopaminesysteem (zie ook hoofdstuk 3: Zenuwstelsel, § 8; A: De catecholamines).

### 8. *Dopamine.*

Dopamine is een van de vier bekende neurotransmitters die in de hersenen een algemene werking heeft. Zowel in de substantia nigra, in de *ventral tegmental area* (VTA) als in de hypothalamus wordt dopamine aangemaakt en via lange axons naar de plaats van bestemming gebracht. Vanaf de substantia nigra voeren de axons de dopamine naar de putamen en caudate nucleus waar het waarschijnlijk onontbeerlijk is voor de coördinatie van motorneuronen. Vanaf de VTA wordt de dopamine naar de amygdala, het septum en de *pre-frontal lobe* gebracht. Verder zijn dopamine-interneuronen aanwezig in de retina en de *olfactory bulb* (zie fig. 6). Dopamine oefent in het algemeen een remmende werking uit op postsynaptische neuronen. Hun remmende werking speelt een rol bij het "*focussing effect*" waarbij het signaal ten opzichte van de ruis wordt versterkt.

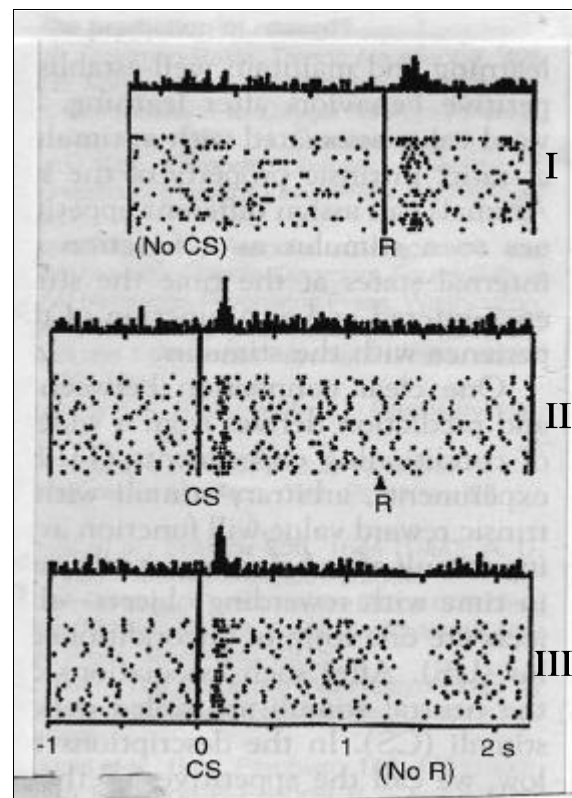


**Figuur 6:** Dopamine paden

Het lijkt erop dat dopamine een belangrijke rol speelt of heeft gespeeld bij de beslissing welk voor proces als antwoord op een prikkel zich gaat voltrekken. Bij te weinig dopamine kan de goede weg kennelijk niet altijd gevonden worden en herhaalt het begin van de handeling zich, terwijl bij teveel dopamine uitvoeringsprocessen in actie kunnen worden gezet die niet bedoeld zijn en daardoor verwarrende gevolgen hebben. Het is alsof er een totaalbeeld van de situatie en zijn verwachte ontwikkeling gevormd wordt. Wanneer deze ontwikkeling een gunstig gevolg zal hebben wordt dat door afscheiding van dopamine bevestigd. Dopamine helpt bij het selecteren van de anticipatie op doelen of zintuigprikkelers. Het is verder van cruciaal belang bij het initiëren van activiteiten (Sacks 1987).

Dopamine speelt een rol bij doelgericht gedrag, motivatie en beloning. Ook helpt het aandacht te vragen voor sommige belangrijke of verrassende gebeurtenissen en is het misschien betrokken bij leren. Informatie over beloning lijkt in verschillende vormen te worden verwerkt in uiteenlopende hersenstructuren variërend van de ontdekking en waarneming van beloning, de verwachting van op handen zijnde beloning tot het gebruik van informatie over voorspelde beloning voor de controle van doelgericht gedrag. Neuronen, die het geven van een beloning ontdekken kunnen daardoor informatie vastleggen over de (emotionele) relevantie van voorwerpen en gebeurtenissen.

Van belang is de afscheiding van dopamine in de VTA die in de *prefrontal cortex* naar de nucleus accumbens gaat. De nucleus accumbens is een z.g. “genotscentrum” (Wise 1996), d.w.z. dat het geactiveerd wordt door dopamine en daarbij positieve ervaringen geeft. Vanuit de nucleus accumbens wordt waarschijnlijk invloed uitgeoefend op de *prefrontal cortex*, het planningscentrum in onze hersenen, om zijn activiteiten te verminderen. Een aantal onderzoekers heeft aangetoond dat een aantal verslavende drugs, van alcohol tot heroïne, dopamine vrijmaakt uit de VTA en naar de nucleus accumbens stuurt. Omgekeerd deed het vernietigen van de dopamine-producerende cellen in de TVA de behoefte aan cocaïne bij ratten



**Figuur 7:** Grafische weergave van het vuren van een dopamine neuron in drie verschillende gevallen. In de grafieken is weergegeven hoe (steeds dezelfde) neuron dopamine afscheidt (zwart puntje) gedurende een bepaald tijdsverloop (horizontale as). Elke regel is een aparte proef. Op de bovenste lijn is een histogram van de verzameling gemaakt. R (Reward, beloning) geeft het tijdstip ervan aan terwijl CS het tijdstip van de geconditioneerde stimulus aangeeft

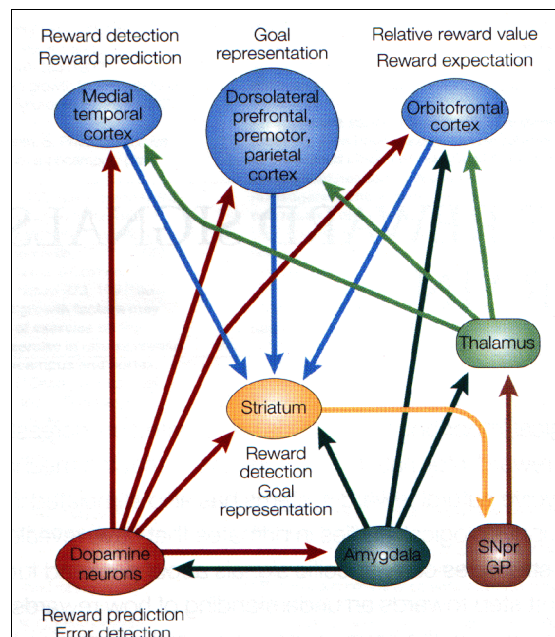
stoppen. Drugs, zoals cocaïne en amfetamine oefenen hun verslavende werking uit door de invloed van dopamine op doelneuronen te verlengen (Wise and Hoffman 1992) (zie ook §9: Drugs).

(Schultz, Dayan et al. 1997) constateerden dat dopamine-producerende neuronen reageren met korte gefaseerde reacties wanneer apen een stukje appel aanraken of een slokje vruchtensap in de mond krijgen. De reactie is onafhankelijk van het type lekkernij. Andere, niet plezierige stimuli, zoals luchtstootjes op de hand of druppels zout water in de mond geven geen reactie. De ervaring die bij de stimulus past speelt kennelijk een rol. (zie afb. 7, geval I)

Niet alleen dat dopamineniveaus stijgen als reactie op het aanbieden van lekkernijen, ze stijgen ook op gebeurtenissen die deze beloningen voorspellen. Bij ratten, die het geluid van een bel leerden associëren met voedsel, steeg het dopamineniveau in de nucleus accumbens net zo sterk bij het luiden van de bel als bij het aanbieden van voedsel. Wanneer echter de cellen geleerd hadden op de bel te reageren dan reageerden zij niet meer op het verstrekte voedsel (zie afb. 7, geval II).

Wanneer door het gedrag van het proefdier het voedselaanbod op het verwachte tijdstip achterwege bleef reageerden de dopamineneuronen minder dan normaal (zie afb. 7, geval III). Omgekeerd was de reactie sterker bij meevallend aanbod. De reacties van de dopamineneuronen zijn tamelijk homogeen voor zowel verschillende neuronen als uiteenlopende beloningen. De reacties komen voor in de meerderheid van de dopamineneuronen (55 tot 80%).

Wanneer op een nieuwe situatie een positieve ontwikkeling volgt, zal dit ook door afscheiding van dopamine worden bevestigd en worden vastgelegd zodat bij herhaling de situatie zonder onzekerheid tegemoet kan worden getreden en, indien mogelijk, automatisch worden afgehandeld. Beloning en straf zijn altijd belangrijke stuurmiddelen geweest bij de bepaling van iemands gedrag. Een algemeen beeld is dat beloningen een subjectief gevoel van genoeg geven en bijdragen tot stimulerende verlangens en emoties. Beloningen helpen waardesystemen in het leven roepen die als referentie voor gedrag en besluitvorming kunnen dienen. Omstandigheden, die beloning in het vooruitzicht stellen, zullen een motiverende werking hebben. Beloningen vervullen daarbij verschillende functies. Het kan een bepaald gedrag



**Figuur 8:** Beloningsnetwerk in de hersenen.

bevorderen zowel in frequentie als intensiteit. Het kan geleerd gedrag in stand houden. Het krijgen van een beloning kan een doel op zichzelf worden en daardoor keuzes sturen.

Onderzoekingen van (Schultz 2000) hebben de invloed van dopamine op het ontstaan van beloningsstructuren in kaart gebracht. (zie fig. 8: beloningsnetwerk) Recente neurologische studies van mensapen hebben aangetoond dat verschillende typen neuronen in een beperkt aantal hersenstructuren specifieke signalen over beloningen kunnen geven. Schultz e.a. beschrijven hoe neuronen beloning ontdekken, toekomstige beloningen leren te voorspellen op basis van eerdere ervaringen, en informatie over beloning gebruiken bij het leren en het kiezen, voorbereiden en uitvoeren van doelgericht gedrag.

Er zijn neuronen die tijdens acties vuren als een beloning wordt verwacht maar bij diezelfde actie niet vuren als er geen beloning wacht. Deze neuronen worden niet door de actie zelf gestuurd, alleen door de aan- of afwezigheid van een beloning die eerder bij die actie geleerd is.

Andere neuronen beoordelen de gewenstheid van mogelijke beloningen en vuren alleen bij de verwachting van de meest gewenste beloning. Bij apen vuren ze bijvoorbeeld wel bij een verwachte beloning van sinaasappelsap maar niet bij een stukje appel. Dezelfde neuronen vuren echter ook bij een stukje appel als de alternatieve beloning een slokje water is i.p.v. sinaasappelsap. Ze kiezen dus het gunstigste resultaat.

Verder zijn er nog neuronen die vuren als de werkelijke beloning gelijk of beter is dan de verwachte, maar niet als het resultaat tegenvalt. Deze neuronen zenden signalen naar de substantia nigra en/of de *ventral tegmental area* waar dopamine wordt afgescheiden die o.a. naar de *basal ganglia* en de *prefrontal cortex* wordt gestuurd.

Dopamine signaleert wanneer er een (belangrijke) gebeurtenis plaatsvindt of plaats gaat vinden die een verandering kan brengen in de bevrediging van een bestaande of bekende behoefte. Het vraagt er aandacht voor. Meer dopamine dan normaal geeft een positieve verandering aan, minder dopamine een negatieve. Dopamineneuronen zijn goede karakteristiek ontdekkers van omgevingsignalen met betrekking tot geleerde en/of bekende voorspellingen. In hoeverre ons zekerheidsgevoel of zelfs intuïtie hierop berust is nog onbekend. Dopamine is niet een systeem dat bij onaangename gebeurtenissen negatief reageert, alleen bij tegenvallende goede.

Ratten die in een doolhof lopen, moeten op kruispunten keuzes maken. Wanneer ze verkeerd kiezen eindigen ze enige tijd later in een doodlopende weg. Ze moeten op de een of andere manier een verband leggen tussen dit doodlopende eind en de keuze van enige tijd terug. Dit probleem komt overeen met het luiden van een bel en de verwachting van voedsel enige tijd later, zoals bij geval III het geval was. Veel gegevens zijn aanwezig die aantonen dat dieren

de tijd na de CS nauwkeurig in de gaten kunnen houden en overeenkomstig kunnen voorspellen. De verandering in dopamineafscheiding grijpt daarbij terug op de verwachting na de bel. Zo zou ook het kiezen van de verkeerde gang en het bereiken van het doodlopende eind met elkaar verbonden kunnen worden en leiden tot het leren van de goede keuze. Door een verwachte “beloning” in te calculeren kunnen de consequenties van keuzes worden geleerd. Op deze wijze kan dopamine ondersteunend werken bij leren of operant conditioneren. In het striatum, waar veel axons van dopamineneuronen eindigen, kan dopamine gedragskeuzes beïnvloeden door op het niveau van competitie van cortexsignalen richting te geven aan keuzes door niet relevante opties te blokkeren. (Zie ook hoofdstuk 6: Leren en Geheugen, § 16: procedureel geheugen). Dopamine blijkt verder een dramatische invloed uit te oefenen op het werkend geheugen (Goldman-Rakic, Elsworth et al. 1997). Wat dit voor consequenties heeft is vooralsnog niet erg duidelijk.

Dopamineneuronen maken kennelijk deel uit van een nog niet geheel bekend systeem dat ons een gevoel van richting en succes geeft en ons daardoor motiveert om door te gaan. Een stimulus komt binnen en wordt, zoals alle stimuli, op emotionele relevantie onderzocht. (zie ook : blz. 5 van hoofdstuk 8, “De emoties de baas”) Hiervoor moet het wel in een geheugen aanwezig zijn. Is het een bekende stimulus, een US of een CS, die aangenaam is of belooft te worden dan worden de dopamineneuronen geactiveerd. Is het een, t.o.v. de context, nieuwe stimulus dan ook, maar is het bijv. een bedreiging dan wordt het angststelsel ingeschakeld etc. Evenals bij het angststelsel is klassieke conditionering goed mogelijk.

Beslissingen worden genomen met de bedoeling dat het resultaat ervan positief zal uitwerken op de situatie. Dezelfde beslissing kan echter op de korte of lange termijn totaal verschillend uitpakken. (Pos 2001) geeft aan dat er bij mensen twee basistypen te onderscheiden zijn in tijdsbesef. Een type met een pragmatische, directe neiging tot probleemoplossing (een seriële benadering van problemen) en een ander type dat langer wikt en weegt en tot integrale oplossingsstypen neigt (een parallelle benadering van problemen). Het besef en de beleving van tijd kan dan ook sterk verschillen, zoals tussen individuen en zelfs gedurende de levensduur van een enkel individu. Kleine kinderen hebben een andere beleving van tijd dan volwassenen. Wat de benadering ook is, praktisch iedereen heeft moeite met de onduidelijkheid die het niet beslissen vaak met zich meebrengt. Het kiezen op zichzelf geeft kennelijk ook bevrediging. Vroegere ervaringen leiden, naast aangeboren driften, de richting van de keuze waarbij het positieve effect ervan door dopamine was aangegeven. Waarom hierbij veel mis kan gaan wordt verder besproken in hoofdstuk 7: Verstand.

### ***9. Drugs en bewustzijn.***

Drugs vertekenen de relaties tussen wat onze zintuigen en ons geheugen ons melden waardoor we misleid worden over de betekenis ervan. Ons bewustzijn verandert. We merken

verschillen op die er niet zijn of negeren die juist. Toch ervaren we deze gewaarwordingen als de werkelijkheid. Wat kunnen we van die ervaringen leren?

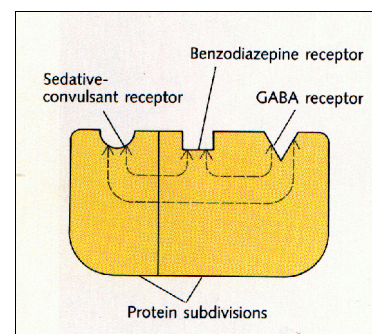
### A. Alcohol.

Bij alcoholgebruik verdwijnt het besef van verleden en toekomst al gauw. We leven in het hier en nu. Onze wereld wordt snel kleiner en daardoor (meestal) veiliger en aangener. Eerst verdwijnt de tijd, daarna de ruimte. De *prefrontal lobe* verdwijnt uit de bewustzijnsnetwerken, die zich steeds weer opnieuw vormen. Deze versterkte preoccupatie met het hier en nu en het verlies aan diepgang brengt ons mentaal terug naar onze kindsheid. Geleidelijk gaat de irrationaliteit overheersen (d.w.z. dat de verbanden met andere voorvallen en voorwerpen, die normaal houvast geven, vervagen) en gaat de coördinatie van bewegingen verloren; de spraak wordt onduidelijk. Uiteindelijk verdwijnt het bewustzijn geheel. Alcohol (en ook bepaalde chemische oplosmiddelen) verstoort de communicatie tussen neuronen doordat de cellwanden gedestabiliseerd worden en daardoor wordt de elektrische geleiding verstoord. Er zijn ook aanwijzingen dat de receptoren voor de neurotransmitter GABA, die een remmende werking uitoefent, gevoeliger worden waardoor minder signalen worden doorgegeven (zie fig.9) (Snyder 1985). Hoewel de GABA-receptor zelf niet verandert, blijkt de gevoeligheid te worden vergroot door ernaast gelegen receptoren voor sedatieven (alcohol, barbituraten) en benzodiazepines (librium, valium).

### B. Cannabis (Marihuana).

Cannabis heeft analoge effecten als alcohol, zij het dat er kleinere doses voor nodig zijn. (0,3mg voor hetzelfde effect van 7000mg bij alcohol) Dat wordt veroorzaakt doordat cannabis veel gericht werkt via het actieve ingrediënt delta-9-

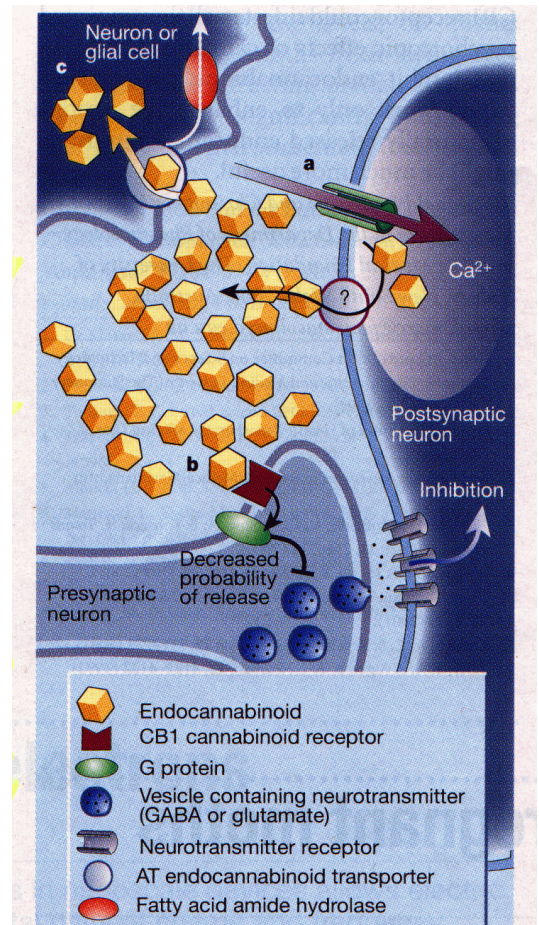
tetrahydrocannabinol op speciale receptoren op de neuronen. Naast het oproepen van een eufore toestand door het verminderen van het gevoel voor ruimte en tijd, heeft het een verwarrende invloed op de werking van het geheugen. Bij laboratoriumratten heeft dat bij leertaken tot gevolg dat het lijkt alsof de hele hippocampus verwijderd is. (zie 11: de werking van de cannaboid-receptor CB1) Het nettoeffect op de synaptische transmissie is verder analoog als bij alcohol. De tijd vertraagt merkbaar. De ijverig gezochte staat van euforie duurt in werkelijkheid slechts kort op de weg naar totale vergetelheid, maar dat is een van de kritieke kenmerken van euforie, het is voorbijgaand. Het feit dat de *prefrontal cortex* niet meer bij de zich vormende netwerken betrokken wordt, betekent het wegvallen van het besef voor ruimte



**Figuur 9:** Een enkel eiwitmolecuul bevat bindingsplaatsen voor GABA, benzodiazepines en sedatieven



Canabinoids, die als natuurlijke stof in het lichaam voorkomen, werken als retrograde boodschappers. Prikkeling van een (postsynaptische) neuron veroorzaakt depolarisatie en de instroom van calcium. Hierdoor wordt de synthese van endocannabinoids gestimuleerd. Deze worden door een onbekend mechanisme vrijgegeven en verspreiden zich. Ze verbinden zich met een CB1-receptor op de presynaptische neuron waardoor de kans op afgifte van neurotransmitters die remmen (zoals GABA) vermindert. Dit verschijnsel heet “*depolarization-induced suppression of inhibition*” of DSI. (MacDonald and Vaughan 2001) Deze CB1-receptoren komen voor op presynaptische axonen die contact maken met pyramidale neuronen. De cannaboids worden door een transporteur AT, die gevonden wordt op nabije neuronen en gliacellen, afgevoerd en afgebroken. Ook “*depolarization-induced suppression of excitation*” of DSE kan voorkomen en werkt op dezelfde wijze. Er zijn o.a. cannaboid receptoren gevonden in de hippocampus, amygdala en het cerebellum. Het effect van de cannaboids is dat hierdoor de signalen zich beter onderscheiden. Ze zijn bovendien zeer specifiek in die zin dat ze alleen werken op de neuronen die in de buurt zijn en CB1-receptoren hebben en alleen als er depolarisatie van de neuron plaatsvindt. Het verschijnsel werkt slechts enkele tienden van een seconde. Het overspoelen met van marihuana afkomstige cannaboids (THC) elimineert de lokale actiepatronen zoals een omgevallen inktpot de letters van een tekst onleesbaar maakt.



11: De werking van de cannaboid-receptor CB1.

en tijd en dat is kennelijk van belang voor het bereiken van een eufore toestand. Het werkgeheugen is niet of nauwelijks meer van belang bij deze processen. Er is geen proces meer dat om voltooiing vraagt. Alle signalen staan op veilig. De nucleus accumbens meldt waarschijnlijk aan de *prefrontal cortex* dat het zijn activiteiten kan verminderen.

### C. Opiaten.

Opium, morfine en heroïne horen bij een andere familie thuis. Opium wordt gewonnen uit de papaverplant. De gezuiverde actieve ingrediënten eruit vormen de morfine, die tien maal sterker werkt dan opium. Wanneer morfine met een relatief eenvoudige chemische reactie gemakkelijker in vet oplosbaar wordt gemaakt ontstaat heroïne, die beter in staat is de bloedbarrière van de hersenen te passeren en dus sneller werkt. Er zijn in de hersenen speciale receptoren voor opiaten die in de hersenen zelf worden aangemaakt, de *enkephalins*, die als neuro-



transmitter werken in een beperkt gebied onder de cortex en het ruggenmerg. In het middelste gedeelte van de thalamus blijken zich zeer hoge concentratie receptoren voor *enkephalins* te bevinden, waar zintuiginvoer wordt overgedragen betreffende diepe, stekende en brandende pijn. Hoewel door het verhogen van de drempelwaarde opiaten in het ruggenmerg pijn blijken te verzachten, is de belangrijkste verzachtende activiteit toch eerder gelegen in het verlagen van de subjectieve waardering ervan. Patiënten die wegens hevige pijn na een operatie met morfine worden behandeld vertellen hun doktoren dat de pijn er nog steeds is maar dat ze er niet meer om geven. De verbinding met het reactieve procesdeel dat de pijn moet opheffen wordt kennelijk sterk verzwakt. Euforie wordt waarschijnlijk bereikt door de aanwezigheid van receptoren in de amygdala en de locus coeruleus. De amygdala neemt een belangrijke plaats in bij het regelen van de emoties en in de locus coeruleus wordt norepinefrine geproduceerd die als neuromodulator o.a. de emotionele toestand moduleert. Ook hier worden de verbindingen verzwakt, net als bij alcohol en cannabis, waardoor de invloed van norepinefrine en de amygdala wordt verminderd. Niets is meer in staat om je er over op te winden. Waarom zijn we dan niet allemaal junkies? De *enkephalins* worden slechts in kleine hoeveelheden op die plaatsen waar dat nodig is afgescheiden terwijl drugs overal hun werk doen, ook op die plaatsen waar het niet opportuun is.

Een hoge concentratie opiaat-receptoren is ook in het gebied waar de ademhaling wordt gecontroleerd aanwezig (de *nucleus of the solitary tract*). Door een te hoge dosis morfine of heroïne stagneert dan ook de ademhaling (geen actie meer van procesdeel 2).

#### **D. Chemische drugs.**

**LSD** (Lyserg Säure Diäthylamid) werd in 1943 bij toeval ontdekt door de Zwitser Albert Hofmann. LSD veroorzaakt een complete heroriëntatie van bewustzijn. Kleuren lijken te gloeien, niet-bestaande voorwerpen verschijnen in het perifere gebied van het blikveld, voorwerpen lijken te pulseren en het perspectief wordt vertekend. LSD verhindert de toegang van serotonine tot zijn normale receptoren doordat het de plaats inneemt van serotonine-moleculen. De moleculaire structuur van LSD lijkt veel op die van serotonine. Serotonine wordt aangemaakt in de raphe nucleus. LSD blijkt de activiteit van de raphe nucleus (tijdelijk) te onderdrukken. LSD en andere psychedelische stoffen hebben een duidelijke invloed op serotoninereceptoren van het type  $S_2$ . Door neuronen met  $S_2$  receptoren, die de locus coeruleus beïnvloeden, zouden psychedelische stoffen het vuren van cellen daarin kunnen sturen.

De locus coeruleus is een structuur, bestaande uit centra met ca. 3 000 tot 20 000 neuronen die norepinefrine produceren en die via een zeer vertakt axonsysteem ongeveer een derde tot de helft van alle neuronen in de hersenen bereikt, zowel in het cerebellum, het ruggenmerg als in de cortex en het limbische systeem. (Snyder 1985) Norepinefrine heeft invloed op de wijze waarop we zintuiglijke waarnemingen beleven. Sterke doses maken ons waar-

schijnlijk ook bewuster van ons proprioceptisch vermogen om de plaats van onze lichaamsdelen in de ruimte te ervaren, hetgeen een sterker gevoel van “zelf” op kan leveren. De afgrenzing van ons lichaam in de ruimte wordt duidelijker ervaren en maakt het onderscheid tussen onszelf en de omgeving zonneklaar. Aghajanian van Yale University toonde aan dat elke soort zintuiglijke stimulering (visueel, auditief, geur etc.) het vuren van de neuronen in de locus coeruleus, de bron van norepinefrine, bij ratten verhoogde. De locus coeruleus vormt een soort trechter waar alle zintuiglijke prikkels langs komen en waardoor een algemene opwekkende reactie veroorzaakt wordt in de hersenen. Verder bleek dat deze verhoging sterk vergroot werd door LSD en mescaline. Een te sterke prikkeling kan de indruk geven dat de grenzen tussen verschillende zintuigen worden gepasseerd en er kan *synesthesia* ontstaan. Geluid wordt ervaren als licht, aanraking als geluid etc. Ook tijd en ruimte krijgen andere dimensies. Seconden duren uren en afstanden lijken oneindig. Dit sterk verhoogde niveau van prikkeling kan misschien verantwoordelijk zijn voor de transcendente staat die de drugs veroorzaken. Het “zelf” wordt vertekend.

**Ecstasy** heeft vergelijkbare chemische eigenschappen als LSD, zij het minder extreem. Ecstasy werkt ook op de raphe nucleus, waar het echter een explosie van serotonine<sup>6</sup> veroorzaakt gevolgd door een uitputting ervan. Ook hier een verlies aan besef van tijd en ruimte. De euforie kan ook hier het gevolg zijn van het niet kennen van vroeger en later, van binnen en buiten. Er is alleen maar zijn. Dat blijkt ervaren te worden als een eufore toestand die tevens nagestreefd wordt via o.a. meditatie en mystiek.

**Amfetamine**, dat gelijkenis vertoont in moleculaire structuur met ecstasy, is een sterk opwekkend middel dat in het begin van de twintigste eeuw werd ontdekt en gebruikt werd om zwaarlijvigheid tegen te gaan en in oorlogstijd om de alertheid te vergroten. De verhoogde prikkelbaarheid leidt echter gemakkelijk tot rusteloosheid en hoge doses kunnen paranoïde hallucinaties veroorzaken die vergelijkbaar zijn met schizofrenie. Vergelijkbare effecten worden ook door cocaïne opgewekt dat echter door de wijze van toediening via roken of snuiven sneller en heftiger werkt dan amfetamine dat via slikken en het spijsverteringskanaal wordt opgenomen. Amfetamine verdrijft dopamine uit de *vesicles* in de *presynaptic neuron* doordat het structureel grote gelijkenis met dopamine heeft.

**Cocaïne** verhindert de absorptie van dopamine in de *presynaptic neuron* waardoor dopamine actief blijft. Beide veroorzaken daarbij een overvloed aan dopamine. Daarnaast wordt de productie van norepinefrine gestimuleerd. Deze stof verhoogt de staat van opwindning waarin

---

<sup>6</sup>:Serotonine veroorzaakt via een eigen receptor een hyperpolarisering van het membraan van neuronen. Hierdoor kan calcium via een bepaald type calciumpoort de cel binnenkomen. Wanneer echter de hoeveelheid serotonine groot is kan de hyperpolarisatie moeilijkheden veroorzaken bij het genereren van normale actie potentialen. Daardoor kan een te hoge dosis serotonine de activiteit van de neuron juist uitschakelen.

iemand verkeert en bereidt het lichaam voor op een vecht- of vluchtreactie. Het werkt niet alleen in de hersenen maar ook in het perifere zenuwstelsel.

Waarom veroorzaken al deze drugs uiteindelijk hetzelfde fenomeen nl. een eufore toestand waarbij slechts een klein netwerk actief is in de hersenen en de communicatie tussen neuronen verslechterd is? Sommige drugs maken neuromodulatoren vrij, zoals dopamine, norepinefrine en serotonine, die juist communicatie tussen neuronen bevorderen terwijl andere drugs dat niet doen en juist de communicatiemogelijkheden verstoren. Waarom geven ze dan hetzelfde resultaat?

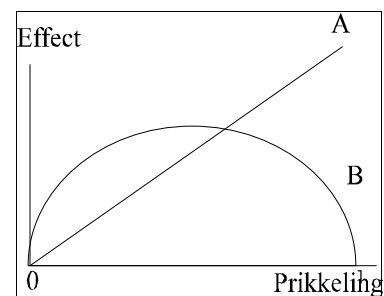
Zoals in vorige hoofdstukken al eerder incidenteel is betoogd, is uit onderzoek gebleken dat teveel neuromodulator de verbinding tussen neuronen verslechtert. Er is geen lineair verband tussen de hoeveelheid

neuromodulator en de sterkte van de neuronverbinding, zoals weergegeven door de rechte lijn in figuur 10, maar een verband waarbij de werking eerst toeneemt om na een maximum weer te dalen, zoals door de kromme in de figuur is aangegeven. Het is dus voor het effect gelijk of er een overvloed van neuromodulatoren of geen neuromodulatoren wordt toegevoegd. In beide gevallen zal de verbinding van neuronen zwak zijn. Het eindresultaat van de beschreven drugs is praktisch hetzelfde, maar de weg er naar toe is verschillend. Wat overblijft is een vorm van kernbewustzijn die we als euforie beleven.

De gelukzaligheid die nagestreefd wordt door drugsgebruikers en die (tijdelijk) bereikt wordt door de uitschakeling van het gevoel voor tijd en (soms) ruimte, schiet in zoverre haar doel voorbij, dat de continuïteit met het gewone leven verbroken wordt. Het is een discontinu proces en daardoor onnatuurlijk. Deze vorm van gelukzaligheid is dan ook niet in het gewone leven te bereiken. We kunnen slechts af en toe er langs schampen. Het gevoel dat de onbereikbaarheid dan praktisch binnen handbereik ligt, geeft ons een stimulerende sensatie die ons verzoent met onze dagelijkse onvolmaaktheid. Reizen kan prettiger zijn dan aankomen.

### **10. Overzicht.**

Het begrip bewustzijn is een vergaarbak van allerlei aspecten van onze ervaringen met het leven. Er is een basisbewustzijn als we wakker worden en de buitenwereld tot ons door gaat dringen. We kunnen dan het bewustzijn naar binnen of naar buiten richten. Bij het naar binnen richten verlaten we ons op de impulsen die uit ons geheugen opstijgen en de reacties op de non-verbale signalen van onze functiesystemen. Het is de eerste persoons definitie van bewustzijn omdat alleen wijzelf hierover een uitspraak kunnen doen. Het naar buiten gerichte



**Figuur 10** A: Lineair verband  
B: Wet van Yerkes

bewustzijn heeft veeleer een communicatieve kant waarbij informatie via onze zintuigen wordt uitgewisseld. Het waarnemen van dat proces is wat buitenstaanders doet besluiten dat we bewust zijn omdat dat de enige manier is om tot die conclusie te kunnen komen. Het is de derde persoons definitie van bewustzijn. Ten slotte is er een mengvorm van beide wanneer we in de wisselwerking met de buitenwereld onze eigen wensen en bedoelingen trachten te realiseren. We confronteren ons zelfbewustzijn met een groter verband.

We kunnen ons maar van een ding tegelijk bewust zijn. Het is een serieel proces waarin we door snel van gezichtspunt te veranderen toch een mozaïek-achtig overzicht kunnen opbouwen. We anticiperen op ontwikkelingen erin en vergelijken dat meestal met de werkelijke gang van zaken. Nu eens geeft onze anticipatie de doorslag bij wat we ons bewust zijn dan weer de werkelijkheid. We kunnen dat proces ook helemaal intern houden. Bij die vorm van bewustzijn denken we. Met behulp van drugs kunnen we (tijdelijk) die anticipatie min of meer compleet stilleggen. Zintuigindrukken kunnen daardoor ook minder doordringen. Dat geeft een eufore beleving. Die is trouwens ook te bereiken door bepaalde vormen van meditatie. Het is in ieder geval goedkoper en onschadelijk, zij het (licht) verslavend.

Daar onze functiesystemen steeds actief zijn en continu om de voorrang strijden zal ons bewustzijn voortdurend gekleurd zijn door deze “emoties”. Geen bewustzijn zonder emotie. De richting waarin ons bewustzijn ons leidt wordt door deze emoties gestuurd en gekleurd. We zouden op grond daarvan tot onderscheid tussen verschillende vormen van bewustzijn kunnen besluiten. Zeker als we de beleving ervan als uitgangspunt kiezen. We hebben echter een mogelijkheid van selectie via aandacht en zelfs een veto wanneer de situatie daartoe aanleiding geeft. Dat veto is wat de meeste mensen als bewustzijn ervaren. De overgang van het ene type bewustzijn naar het andere. Hierdoor kunnen we op wisselende externe gebeurtenissen reageren. Bij het ontbreken of sterk verzwakt werken van dat veto wordt door anderen snel tot een ziekelijke afwijking besloten. In de rechtspraak wordt dat als ontoerekenbaar beschouwd.

De meeste processen in ons lichaam verlopen onbewust en vaak parallel. Het is de overgang tussen procesdeel 1 en procesdeel 2, zoals beschreven in Hoofdstuk 1: Inleiding, waar bewustzijn kan ontstaan. “Uitgebreid bewustzijn ontstaat wanneer uit de cortex een beeld wordt losgemaakt dat geen tegenhanger in de zintuiggewaarwording vindt. Het kan zijn dat deze zintuiggewaarwording ontbreekt, zoals bij dromen of bij denken, of dat er geen overeenstemming mee is zoals met iets onbekends of nieuws en ten slotte omdat we anders geanticipeerd hebben dan we waarnamen. Het verrast ons”. Voorwaarde is wel dat de systemen in onze hersenen kunnen werken. Daarvoor is kernbewustzijn nodig. Dat wordt geregeld in de hersenstam waar ook slaap wordt gecontroleerd. Van daar uit worden cortico-thalamusslussen geactiveerd waardoor het vormen van netwerken mogelijk wordt en “het licht in de hersenen wordt ontstoken”.

Ten slotte zal een fenomeen nog wel lang onbegrepen blijven, nl. hoe de hersencellen in staat zijn om uit hun chemische en elektrische wisselwerking ons kleurrijke beelden en klankrijke geluiden te doen beleven.

- Aglioti, S., M. A. Goodale, et al. (1995). "Size contrast illusions deceive the hand but not the eye." Current Biology **5**: 679 - 85.
- Baars, B. J. (1988). A cognitive theory of consciousness. Cambridge, Cambridge University Press.
- Berti, A. and F. Frassinetti (2000). "When far becomes near: Re-mapping of space by tool use." Journal of Cognitive Neuroscience. **12**: 415 - 20.
- Block, N. (1995). "On a confusion about a function of consciousness." Behavioral and Brain Sciences **18**: 227 -47, 272 -84.
- Cavanagh, P. (1992). "Attention- based motion perception." Science **257**: 1563 -1565.
- Damasio, A. (1999). The Feeling of What Happens. New York, Harcourt Brace & Company.
- Desimone, R. and J. Duncan (1995). "Neural Mechanisms of Selective Visual Attention." Annual Reviews of Neuroscience. **18**(193).
- Driver, J. and C. D. Frith (2000). "Shifting baselines in attention research." Nature Reviews: Neuroscience **1**: 147 -148.
- Duncan, J. (1998). "Converging levels of analysis in the cognitive neuroscience of visual attention." Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. **353**: 1307 -1317.
- Duncan, J. and A.M. Owen (2000). "Common regions of the human frontal lobe recruited by diverse cognitive demands." Trends in Neuroscience **23**: 475 - 483.
- Edelman, G. M. (1989). The Remembered Present. New York, Basic Books Inc.
- Fockert, J. W. d., G. Rees, et al. (2001). "The role of working memory in visual attention." Science **291**: 1803 - 1806.
- Friedman-Hill, S. R., L. C. Robertson, et al. (1995). "Parietal contributions to visual feature binding: Evidence from a patient with bilateral lesions." Science **269**: 853 -855.
- Gallese, V. (2000). "The inner sense of action. Agency and Motor Representation." Journal of Consciousness Studies **7**: 23 -40.
- Gentilucci, M., L. Fogassi, et al. (1988). "Functional organization of inferior area 6 in the Macaque Monkey: I. Somatotopy and the control of proximal movements." Experimental Brain Research **71**: 475 - 490.
- Goldman-Rakic, P. S., J. D. Elsworth, et al. (1997). "Down-Regulation of the D1 and D5 Dopamine Receptors in the Primate Prefrontal Cortex by Chronic Treatment with Antipsychotic Drugs." Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics. **281**(1): 597 -603.
- Guillery, R. W. (1967). Journal Comp. Neurol. **130**: 197 - 222.
- Harth, E. (1993). The Creative Loop: How the Brain makes a Mind. Reading, Mass., Addison-Wesley.
- Iriki, A., M. Tanaka, et al. (1996). "Coding of modified body schema during tool use by macaque postcentral neurons." NeuroReport **7**: 2325 -2330.
- Kanwisher, N., J. McDermott, et al. (1997). "The fusiform face area." J. Neurosci. **17**: 4302 - 4311.

Kanwisher, N. and E. Wojciulik (2000). "Visual Attention: insights from brain imaging." Nature Reviews: Neuroscience **1**: 91 -100.

Kastner, S., M. Pinsk, et al. (1999). "Increased activity in human visual cortex during directed attention in the absence of visual stimulation." Neuron **22**: 751 - 761. dit is de eerste studie, die modulatie door aandacht rapporteert in de retinoptische cortex bij de aanwezigheid van visuele stimulatie. (baseline shift) Dit effect was sterker in de frontale en pariëtale areas hetgeen erop duidt dat de bron een top-down controle signaal is dat de neurale activiteit in de visuele cortex verandert.

Leopold, D. A. and N. K. Logothetis (1996). "Activity Changes in Early Visual Cortex Reflect Monkeys' Percept during Binocular Rivalry." Nature **379**(549).

Llinás, R. and D. Paré (1991). "Of dreaming and wakefulness." Neuroscience **44**.

MacDonald, J. C. and C. W. Vaughan (2001). "Cannabinoids act backwards." Nature **410**: 527 - 530.

McAdams, C. J. and H. J. Maunsell (1999). "Effect of attention on the reliability of individual neurons in monkey visual cortex." Neuron **23**: 765 - 773.

Milner, A. D. and M. A. Goodale (1995). The Visual Brain in Action. Oxford, Oxford University Press. Blz. 168

Milner, A. D. and M. A. Goodale (1998). "The Visual Brain in Action." Psyche. **4**(12).

O'Craven, K. and N. Kanwisher (2000). "Mental imagery of faces and places activates corresponding stimulus-specific brain regions." J. Cogn. Neurosci. **in**: in press.

Plum, F. and J. B. Posner (1980). The Diagnosis of Stupor and Coma. 3rd ed. Philadelphia, F.A. Davis Company.

Pos, R. (2001). Gender beyond Sex. Toronto.

Posner, M. I. and S. E. Petersen (1990). "The attention system of the human brain." Annual Review of Neuroscience. **13**: 25 - 42.

Posner, M. I. and M. E. Raichle (1994). Images of Mind. New York, Scientific American Library (HPHLP).

Ramachandran, V. S. and S. Blakesley (1998). Phantoms in the Brain: Probing the Mysteries of the Human Mind. New York, William Morrow & Co.

Rauschecker, J. P. (1998). "Cortical Control of the Thalamus: Top-down Processing and Plasticity." Nature Neuroscience **1**.

Rees, G., C. Russell, et al. (1999). "Inattention blindness versus inattention amnesia for fixated but ignored words." Science **286**: 2504 -2507.

Reynolds, J., T. Pasternak, et al. (2000). "Attention increases sensitivity of V4 neurons." Neuron **26**: 703 -714.

Rizzolatti, G., R. Camarda, et al. (1988). "Functional organization of inferior area 6 in the macaque monkey: 2 Area F5 and the control of distal movements." Experimental Brain Research **71**: 491 -507.

Rizzolatti, G., G. Luppino, et al. (1998). "The organization of the cortical motorsystem: new concepts." Electroencephalography and Clinical Neurophysiology **106**: 283 -296.

Sacks, O. (1987). Awakenings, Picador.

Schultz, W. (2000). "Multiple reward Signals in the Brain." Nature Reviews: Neuroscience **1**(3): 199 - 207.

Schultz, W., P. Dayan, et al. (1997). "A neural substrate of prediction and reward." Science **275**: 1593-1599.

Snyder, S. H. (1985). Drugs and the Brain. New York, Scientific American Library.

Tootell, R. B. H. e.a. (1995). "Visual Motor Aftereffect in Human Cortical Area MT Revealed by fMRI." Nature **375**: 139.

Treisman, A., Ed. (1993). The perception of features and objects. Attention: Selection, Awareness, and Control: A Tribute to Donald Broadbent. Oxford, Clarendon Press.

Ullman, S. (1995). "Sequence seeking and counter streams: A computation model for bidirectional flow in the visual cortex." Cereb. Cortex **5**: 1 -11.

Ungerleider, L. G. and M. Mishkin, Eds. (1982). Two visual systems. Analysis of Visual Behavior. Cambridge Mass, MIT Press.

Wise, R. A. (1996). "Neurobiology of addiction." Current opinion in neurobiology **6**: 243.

Wise, R. A. and D. C. Hoffman (1992). Synapse **10**: 247.

Zeki, S. (1993). A Vision of the Brain. Oxford, Blackwell Scientific.