



## HOOFSTUK 2

# DIE BREIN

### 2.1 INLEIDING

The human brain is by far the most complex structure in the known universe. The extraordinary properties of this three or so pounds of soft tissue have made it possible for Homo Sapiens to dominate the earth, change the course of evolution through genetic engineering, walk on the moon and create art and music of surpassing beauty. We do not yet know the limits of the human mind and what it can accomplish (Thompson 2000:1-2).

Dié beskrywing laat nouliks reg geskied aan die vermoë van die brein. Die brein is so klein dat dit gemaklik in 'n mens se twee hande pas, maar is so kompleks dat die werking daarvan die mens deur die eeue heen bly ontwyk. Nog meer merkwaardig is die feit dat dit voortdurend besig is om van vorm te verander. Geen twee persone se breine is presies eners gestruktureer nie. Elke persoon se eie lewenservarings vervorm sy of haar brein in 'n unieke struktuur. Ten spyte van al die navorsing oor die brein en al die gesofistikeerde toerusting wat vandag gebruik word om die werking of funksionering van die brein te ondersoek, bly talle vrae steeds onbeantwoord, soos hoe dit die menslike psige vorm, hoe dit ervarings vaslê en hoe emosie ontstaan.

Navorsing wat rondom die brein uitgevoer word, het nie net te make met die biologie en die fisiologie van hierdie orgaan nie, maar strek veel wyer. Dit is daarom belangrik om, alvorens die biologiese strukture en fisiologiese werking van die brein ondersoek word, die kollig te laat val op die uitgebreide studieterreine wat algaande rondom die brein en breinfunksies ontwikkel het.

### 2.2 DISSIPLINES BETROKKE BY NEUROLOGIESE NAVORSING

Verskillende wetenskaplike dissiplines is betrokke by die navorsing wat spruit uit die rol wat die brein en breinprosesse in die mens se fisiese en mentale aktiwiteite speel. Voorbeelde hiervan is die volgende:

- Neurologie, die leer van die senuweestelsel. Van die persone wat op hierdie terrein werksaam is, is die neuroloë, dit wil sê artse wat in die neurologie spesialiseer en siektes van die senuweestelsel behandel, asook neurologiese wetenskaplikes wat onder meer die samestelling, biologie, fisiologie en chemie van die brein bestudeer (Odendal & Gouws 2000:740).



- Neuropsigiatrie, 'n vertakking van die sielkunde wat die rol van neurologiese probleme by psigiese versteurings ondersoek (Plug et al. 1997:239).
- Neuropsigologie, 'n vertakking van die sielkunde wat die interaksie tussen gedrag en die sensus (hoofsaaklik die brein) ondersoek (Plug et al. 1997:239). Psigoloë is persone wat die bewussyn en kennis van die mens se siel of innerlike bestudeer. In die voorwoord tot Deel 1 van *Principles of Neural Science* (Kandel et al. 2000c), word verduidelik dat die neurowetenskap poog om molekules aan die psige te koppel. Danksy moderne beeldingsapparatuur het molekulêre biologie grootliks bygedra tot 'n begrip van hoe die brein ontwikkel en hoe dit 'n persoon se gedrag en emosies beïnvloed.
- Ontwikkelingsielkunde (*developmental psychology*), 'n afdeling van sielkunde wat te make het met die studie van individue vanaf konsepie tot die dood. Dit sluit kindersielkunde in (Plug et al. 1997:252).
- Pedagogiek/opvoedkunde. Pedagoë is uit die aard van die saak ook geïnteresseerd in neurologiese navorsing, en pas so ver moontlik die kennis van die brein toe op die onderrig om die moontlike verbetering van onderrig aan leerders te bewerkstellig. Veral vir die onderrig van musiek is dit belangrik dat die onderwyser bewus moet wees van die prosesse wat in die brein plaasvind en studie kan aanmoedig of inhibeer. Kennis van die basiese anatomiese en fisiologiese prosesse wat in die brein plaasvind in reaksie op insette van buite en van binne die liggaam self, is in hierdie verband noodsaaklik. Gruhn (2004) skryf hieroor die volgende:

... teachers have discovered the brain as sort of hardware which has to be wired appropriately, and they realized that music teaching needs to be based on a solid foundation of the mental state instead of focusing on a mere hope that music do something good to the brain.

Navorsing oor breinstrukture en -funksies het gedurende die afgelope twee tot drie dekades 'n enorme opbloei beleef - in so 'n mate dat die 1990s deur President George Bush bestempel is as *Die Dekade van die Brein* (Wolfe & Brandt 1998:8). Die "ontploffing" van kennis oor die werksaamhede en strukture van die brein, soos Thompson (2000:418) dit beskryf, maak dit moeilik vir die leek om al die verskillende dissiplines ten opsigte van breinnavorsing te verstaan. Die ontleding van die psige en die verskillende aspekte van kognisie is, as gevolg van die ontwikkeling van die tegnologie, relatief jong studieverdele en begrip en insig in die verskillende benaderings word bemoelijk deur die groot hoeveelheid oorvleueling wat in dissiplines soos die volgende voorkom: die kognitiewe wetenskap,



kognitiewe neurowetenskap, kognitiewe psigologie, kognitiewe neuropsigologie en rekenaartegnologie.

## **2.2.1 Kognitiewe wetenskap**

Kognitiewe wetenskap is die term wat gebruik word vir die groep dissiplines wat die psige bestudeer, insluitende kognitiewe neurowetenskap en kognitiewe psigologie. 'n Kognitiewe revolusie het in die 1970s begin en is gestimuleer deur ontwikkelings in kunsmatige intelligensie (rekenaarsimulering) en informasietegnologie wat gelei het tot 'n toenemende sofistikasie in die studie van die psige (Statt 2003:30).

### **2.2.1.1 Kognitiewe neurowetenskap**

Kognitiewe neurowetenskaplikes probeer om die menslike kognisie te verstaan en gebruik skanderingsapparate vir die studie van breinfunksionering (Statt 2003:29).

### **2.2.1.2 Kognitiewe psigologie**

Kognitiewe psigologie is die vertakking van psigologie wat te make het met kognisie en veral die prosesse van waarneming, leer, taal, geheue en denke (Statt 2003:30). Volgens Stratton en Hayes (1988:35) het kognitiewe psigologie ook te make met kreatiwiteit, besluitneming, kognitiewe ontwikkeling en leerstyle.

### **2.2.1.3 Kognitiewe neuropsigologie**

Kognitiewe neuropsigoloë fokus op die werking en funksionering van die kognitiewe sisteme van die brein. Hulle bestudeer pasiënte wat breinbeserings opgedoen het en fokus op die tipe gestremdhede wat met breinskade gepaard gaan (Statt 2003:29).

## **2.2.2 Rekenaartegnologie**

Die mees onlangse teorieë oor die funksies van die psige is gebaseer op die funksionering van die brein wat beskryf word deur die sogenaamde konneksionistiese teorieë of modelle. Die verskil tussen die teorieë en die modelle is dat daar met die teorieë gepoog word om reëls te formuleer oor die prosesse wat in die brein plaasvind tydens die uitvoering van bepaalde take. Modelle, aan die ander kant, is pogings om hierdie toestande op rekenaars te simuleer. Rekenaarmodelle is maniere waarvolgens teorieë getoets kan word. Dit word dikwels gebruik wanneer dit oneties, baie duur, moeilik of onmoontlik is om proewe uit te voer. Dit is per slot van rekening selde moontlik om die brein van 'n lewende persoon oop te maak om te sien wat binne-in gebeur (Goldblum 2001:30-31).

## **2.2.3 Kunsmatige intelligensie**

Kunsmatige intelligensie is rekenaarsistelsels wat kan "redeneer" en wat (hopelik) dieselfde soort resultate sal produseer as menslike kognitiewe prosesse (Stratton & Hayes 1988:12).



## **2.2.4 Die kognitiewe neurowetenskap en musiek**

Die gebruik van musiek om die samestelling en funksies van die brein te ondersoek, het gelei tot studieterreine soos neuromusikologie en musiekkognisie.

### **2.2.4.1 Neuromusikologie**

Leman (1999:186) beskryf neuromusikologie as die studie van menslike musikale aktiwiteite in die brein, met die doelwit om insig te verkry in die neuronale kodering, lokalisering van funksies en dinamiese beginsels wat onderliggend is aan die prosessering van menslike musikale aktiwiteite. Volgens Leman (1999:196) het ontwikkeling en prestasie in sensoriese musikologie gelei tot die ontwikkeling van rekenaarmodelle, wat vandag die werktuie kan voorsien vir rekenaarsimulasie van musiekpersepsie. Dit het weer gelei tot die ontwikkeling van modelle wat kan dien as 'n hipotetiese en verduidelikende basis vir verdere neurologiese navorsing.

### **2.2.4.2 Kognitiewe musikologie/Musiekkognisie**

Levitin (2006:117) verduidelik dat die brein alle musiek verteenwoordig ... *and all other aspects of the world in terms of mental or neural codes ... Cognitive psychologists try to understand these codes at a somewhat higher level.* Temperley (2001:8) beweer dat dit 'n fout sal wees om te glo dat musiekteorie dieselfde doelwitte nastreef as die persepsie en voordrag van musiek. Volgens Wikipedia (2006)<sup>5</sup> is musiekkognisie 'n interdisiplinêre veld wat betrokke is by uiteenlopende studieterreine soos kognitiewe wetenskap, psigologie, musikologie, neurowetenskap, musiekteorie en rekenaarwetenskap. Laske (1977:3), wat as die vader van kognitiewe musikologie beskou kan word, het in 1977 'n nuwe wetenskaplike benadering tot musiek bekendgestel, naamlik psigomusikologie. Laske (1977:xiii) verduidelik dat musikologie en psigomusikologie die twee wetenskappe van musiek is.

## **2.3 DIE BREIN EN DIE PSIGE (MIND)**

Terwyl die navorsing rondom die neurologiese prosesse en die werking van die brein sedert die 1990s groot vordering getoon het, worstel navorsers en psigoloë steeds om die psige van die mens te beskryf. Hoe word 'n persoon se menswees, sy of haar psige, gevorm? Wat is sy/haar voorkeure en hoe word dit bepaal? Waar in die liggaam is die psige geleë? In watter mate dra oorerwing by tot 'n persoon se gedragspatrone? Hierdie en talle ander vrae bly grotendeels onbeantwoord.

Die brein word deur Corsini (2002:50) beskryf as die orgaan wat in die skedelholte geleë is en deel van die sentrale senuweestelsel vorm. Dit is die setel van die belangrikste

---

<sup>5</sup> Wikipedia word in enkele gevalle gebruik as verwysingsbron. Die geloofwaardigheid van Wikipedia word bespreek in 'n artikel deur Dondio et al. 2006 <http://www.springerlink.com/content/ump230u335h4nh97/>.

sielkundige en biologiese funksies. Corsini (2002:597) verduidelik dat met die term *mind* (psige) die georganiseerde geheel van mentale en fisiese prosesse van 'n organisme bedoel word, asook die strukturele en funksionele komponente waarvan hierdie konsepte afhanklik is. 'n Driedelige dimensionele sisteem van die psige is mettertyd deur strukturele psigoloë ontwikkel. Dit sluit die volgende funksies/eienskappe in:

- Kognisie: persepsie, sensasie (gewaarwording), geheue, intelligensie en kreatiwiteit
- Affektasie: emosionele toestande soos vrees, woede, haat, verveeldheid, vermoëienis
- Motivering (konasie): behoeftes, begeertes, doelwitte en ambisie (Corsini 2002:597).

Uit die literatuur blyk dit duidelik dat die ondersoek na die mentale prosesse waarvolgens mense dink, optree en onthou, vanaf vroeëre studies van die biologie en fisiologie van die verskillende strukture van die brein, vandag meer na die molekulêre vlak verskuif word. Volgens Kandel et al. (2000c),<sup>6</sup> in die voorwoord tot die eerste deel van *Principles of Neural Science* (vierde uitgawe), is dit vandag moontlik om die modulêre dinamiek van individuele sensuselle te koppel aan voorstellings/beeldings van perseptuele en motoriese aktiwiteite in die brein en om hierdie interne meganismes in verband te bring met waarneembare gedragspatrone. Nuwe beeldingstegnieke stel wetenskaplikes in staat om die menslike brein in aksie waar te neem. Dit is nou moontlik om spesifieke areas van die brein te identifiseer wat met spesifieke modusse van denke en gevoelens (*thinking and feeling*) geassosieer word. Kandel et al. (2000c:Voorwoord) sien die kognitiewe neurowetenskap as 'n pragmatiese poging om neurowetenskap met psigologie te verbind. Om te verstaan hoe mense handel en dink, voel en optree, is dit ook noodsaaklik om te verstaan hoe die integrale aksie van die brein – die gelyktydige samewerking van verskeie stelle neurone – kognisie voortbring.

Terwyl neurowetenskaplikes die mentale prosesse ondersoek wat in die volwasse brein plaasvind, is dit gepas om ook antwoorde te probeer vind vir die prosesse van breinontwikkeling van babas, kleuters en jong kinders. Ontwikkelingspsigoloë, soos Piaget (1896-1980), Vygotsky (1896-1934) en Gardner (geb. 1943), het hul teorieë ontwikkel deur die gedragspatrone van jong kinders te bestudeer (Sternberg 1995:395, 423, 429). Hoe 'n kind tydens die vroeë kinderjare ontwikkel (vanaf geboorte tot ongeveer tien jaar), ten opsigte van aspekte soos intelligensie, vaardighede en emosionele stabiliteit, oefen waarskynlik 'n groot invloed uit op die ontwikkeling van die psige van 'n mens tot in

---

<sup>6</sup> Die boek *Principles of Neural Science* (4<sup>th</sup> ed.) (Kandel et al. 2000c) is in nege dele verdeel. Elk van die nege dele is voorsien van 'n voorwoord wat spesifiek op 'n bepaalde aspek konsentreer. Daar is egter ook 'n algemene voorwoord geskryf wat heel voor in die boek verskyn.



volwassenheid. Die belangrikheid van die eerste lewensjare van 'n kind word in hoofstuk 3 verder bespreek.

Wanneer die kognitiewe ontwikkeling van die jong brein ondersoek word, is dit voor die hand liggend dat die groeiproses ontleed word.

### 2.3.1 Kognitiewe ontwikkeling van die jong kind: die rol van ryping en leer

Sternberg (1995:414) wys op twee belangrike konsepte in kognitiewe ontwikkeling, naamlik **ryping** en **leer**. Ryping verwys na 'n relatief permanente verandering in die gedagtes of gedragspatrone van 'n persoon wat plaasvind as gevolg van die biologiese proses van **veroudering**, waartydens persoonlike ondervindings geen rol speel nie. Omdat ryping vooraf geprogrammeer is, kom dit voor ten spyte van invloede uit die omgewing. Leer, aan die ander kant, het betrekking op enige standhoudende of permanente verandering in 'n persoon se gedagtes of gedragspatrone en is die gevolg van **ondervinding**. 'n Voorbeeld van ryping is die suigeling se suigrefleks wat verskyn en weer verdwyn namate die kind ouer word. In teenstelling hiermee vind die leerproses slegs plaas as die individu aan bepaalde ondervindings onderwerp word. 'n Voorbeeld hiervan is dat 'n individu sy of haar naam reeds vanaf 'n vroeë ouderdom onthou. Dit is uitsluitlik 'n leerproses. Volgens Sternberg (1995:414) glo die meeste hedendaagse psigoloë dat beide leer en ryping, as interaktiewe prosesse, 'n persoon se kognitiewe ontwikkeling beïnvloed. Die een omgewing mag 'n persoon se kognitiewe vaardighede ontwikkel terwyl 'n ander omgewing dit nie sal doen nie. Byvoorbeeld: 'n kind wat met buitengewone musiekaanleg gebore word, sal waarskynlik nooit sy talent ten volle ontwikkel as hy nie in 'n musikale huis grootword nie.<sup>7</sup>

### 2.3.2 Piaget se teorie<sup>8</sup>

Piaget het 'n baie belangrike invloed uitgeoefen op die ontwikkeling van kognitiewe navorsing. Hy het belanggestel in die gedragspatrone van jong kinders, en veral dié van sy eie drie kinders (Sternberg 1995:423). Die stadia van kognitiewe groei begin volgens Piaget by geboorte en word teen ongeveer 16-jarige ouderdom voltooi. Kinders kan nie stadia "oor slaan" nie en die progressie van die een stadium na die volgende vorm 'n groot transformasie van gedagteprosesse (Ely & Rashkin 2005:336-337). Volgens Gruhn en Rauscher (2002:446) het Piaget en sy navolgers die begrip van ontwikkeling uitgebrei deur klem te plaas op die substansiële domein-spesifieke kognitiewe vermoëns waarvoor kinders reeds vroeg in hulle lewens beskik. Groot klem is geplaas op die feit dat die leerproses vir kinders van alle ouderdomme aktief rondom strukture in die psige en informasie uit die

---

<sup>7</sup> Sien die debat rondom oorerwing en omgewing (*nature or nurture*) in hoofstuk 3.

<sup>8</sup> Piaget het talle boeke en artikels gepubliseer. Vir 'n bondige opsomming van hierdie teorie word, vir die doeleindes van die tesis, volstaan by die uiteensettings daarvan deur Ely en Rashkin (2005:336-337), Gruhn en Rauscher (2002:446) en Sternberg (1995:423-429).



omgewing roteer. Mentale strukture word saamgeweef met prosesse soos assimilasië en akkommodasië en dit dra ook aktief tot kognitiewe ontwikkeling by.

### 2.3.3 Vygotsky se teorie<sup>9</sup>

Daar word soms na Vygotsky verwys as die "Mozart van psigologie". Hy het hierdie titel verwerf as 'n gevolg van sy oorspronklike denke, sy vroeë afsterwe op 38-jarige ouderdom en die invloed wat hy op andere uitgeoefen het (Harvard 1999:38). Alhoewel Vygotsky se teorie nie altyd ooreengestem het met dié van Piaget nie, is Vygotsky se status in die ontwikkelingspsigologie, volgens Sternberg (1995:429), vergelykbaar met dié van Piaget en het die belangrikheid van hierdie Russiese psigoloog in die onlangse verlede toegeneem. Volgens Gruhn en Rauscher (2002:446) beklemtoon Vygotsky se sosio-historiese teorie uit die dertigerjare die belangrikheid van kulturele boustene, soos simbole en denkwyses, wat die kind van meer ingeligte persone in die samelewing verkry. Vygotsky se teorie beklemtoon dus sosiale eerder as biologiese invloede. Kinders se deelname aan kulturele aktiwiteite help hulle om die gemeenskap se boustene vir denke te internaliseer. Ontwikkeling word deur Vygotsky as 'n dinamiese en voortdurende proses beskou ... *that involves continuing, reciprocal exchanges* (Gruhn & Rauscher 2002:446). Mense en omgewingstoestande kan die kind verander of beïnvloed, wat op sy beurt weer die omgewingstoestande en mense in sy leefwêreld beïnvloed, wat weer die kind beïnvloed, in 'n nimmereindigende voortstuwende proses (Gruhn & Rauscher 2002:446).

### 2.3.4 Veelvuldige intelligensies (*multiple intelligences*) van Howard Gardner

Gardner was van jongs af baie geïnteresseerd in musiek, maar het uiteindelik besluit om sosiologie en psigologie te bestudeer. Hy is ook aanvanklik deur Piaget beïnvloed, maar het later ontdek dat Piaget en ander ontwikkelingspsigoloë nie spesifiek in musiek of die kunste belanggestel het nie. Dit het hom aangespoor om die ontwikkeling van kunssinnige vermoëns in kinders te ondersoek (Sternberg 1995:394). In 1973 begin hy met sy navorsing om die kunste uit 'n ontwikkelingsoogpunt te ondersoek (Taetle & Cutietta 2002:282). Volgens Gardner se teorie is intelligensie nie net 'n enkelvoudige eenheid nie, maar bestaan dit uit verskillende intelligensies wat relatief onafhanklik van mekaar is. Gardner (1985:x) definieer intelligensie as: ... *the ability to solve problems, or to create products, that are valued within one or more cultural settings*. 'n Belangrike deel van Gardner se intelligensieteorie is dat 'n individu se intellektuele gawes, in 'n dissipline soos byvoorbeeld

---

<sup>9</sup> Vir 'n bondige samevatting van Vygotsky se teorie word die opsomming gebruik soos saamgestel deur Gruhn en Rauscher (2002:446). Vygotsky, L.S. 1962. *Thought and Language*. Edited and translated by E. Hanfmann & G. Vakar, asook Vygotsky, L.S. 1994. *The Vygotsky Reader*. Edited by R. van der Veer & J. Valsiner, is ook in hierdie verband geraadpleeg.



musiek, nie afgelei kan word van sy vaardigheid in wiskunde, taal of interpersoonlike begrip nie (Gardner 1985:xi).

Gardner (1985:393) moedig onderwysers aan om noukeurig aandag te gee aan die biologiese en psigologiese neigings in mense en ook die besondere historiese en kulturele samehang van die omgewings waarin hulle leef.

Volgens Checkley (1997:8) het Gardner se teorie van veelvoudige intelligensies wêreldwyd 'n soort revolusie in klaskamers ontketen. Dit was 'n opstand teen die gedagte dat mense oor 'n enkele gefikseerde intelligensie beskik.

Die volgende verskillende intelligensies is aanvanklik deur Gardner (1985:73-276) geïdentifiseer:

- Taalvaardigheid
- Logiese en matematiese vaardigheid
- Ruimtelike vermoë
- Liggaamlik-kinestetiese vaardigheid
- Interpersoonlike vaardigheid
- Intrapersoonlike vaardigheid
- Musikale intelligensie.

Verdere intelligensies wat op 'n later stadium deur Gardner (1999:48-60) geïdentifiseer word, is natuurkundige (*naturalist*), geestelike (*spiritual*) en eksistensiële intelligensie.<sup>10</sup>

## 2.4 BREINSISTEME EN TEORIEË OOR DIE WERKING VAN DIE BREIN

Deur die eeue is elke serebrale eienskap, struktuur en funksie van die brein bestudeer en mettertyd voorsien van Latynse en Griekse name, gewoonlik beskrywend van aard (Sousa 2001:15). Die probleem vir navorsers is grootliks daarin geleë dat dit nie net die biologie of fisiologie is wat ter sprake is nie, maar ook hoe die verskillende areas in die brein saamwerk om boodskappe van buite of binne die brein te stuur en te ontvang. Chemiese verbindings beïnvloed ook die werkswyse van die brein. Verder maak die rol van abstrakte fasette soos emosies, geheue, psige, oorerwing, ondervinding en omgewingsfaktore dit baie moeilik om 'n geheelbeeld te verkry. Sylwester (1995:1) verwys na die ontsagwekkende kompleksiteit van die brein en beskou die ingewikkelde elektrochemiese aktiwiteite wat in die brein

---

<sup>10</sup> Die geestelike en eksistensiële intelligensies voldoen nie aan Gardner se vereistes nie.





plaasvind, as van die redes hoekom dit so moeilik is om die werking van die brein te verstaan.

Vanweë die komplekse funksionering van die brein het navorsers die werking daarvan aan die hand van die een of ander model of teorie probeer verduidelik. Daar is inderwaarheid verskeie maniere waarop die fisiologie en biologie, dit wil sê die fisiese voorkoms en samestelling, asook die werking of funksionering van die brein, beskou kan word. Al die teorieë het ten doel om die mens te help om hierdie ingewikkelde fenomeen makliker of beter te verstaan. Verskeie modelle van die argitektuur van die brein het deur die jare voorgekom, maar die meeste is geleidelik uitgefaseer (Sylwester 1995:39). Dit is belangrik om te begryp dat hierdie modelle slegs teoreties van aard is en 'n poging om die ingewikkelde stelsels van die brein se prosesserings- en werkswyse te verduidelik.

Een van die eerste konsepte het die brein verdeel op grond van die fisiese posisie van die dele waaruit dit saamgestel is, naamlik die voorbrein, middelbrein en agterbrein (Herrmann 1995:31; LeDoux 1996:82; Sousa 2001:16; Sternberg 1995:84-88). Navorsers het later ingesien dat dit 'n simplistiese siening was en dus ontoereikend (Herrmann 1995:31). Latere teorieë om die werking van die brein te verduidelik is dié van die drieledige brein (*triune brain*) (MacLean 1978:308-342) en die linker- en regterbrein (Sylwester 1995:39).<sup>11</sup> Die jongste teorie rondom die samestelling en werking van die brein is die konsep van modulariteit en die klem wat op die belangrikheid van modules van saamwerkende neurone geplaas word (Amaral 2000a:318-336; Diamond & Hopson 1998:63; Mountcastle 1997:701-722).

#### **2.4.1 Die teorie van die drieledige brein (*triune brain*)**

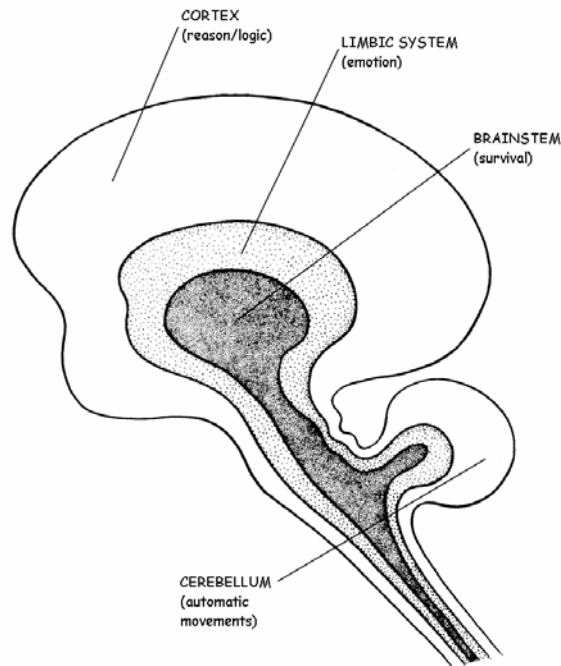
Hierdie teorie behels dat die brein uit drie dele bestaan, elk bo-op die vorige geplaas in 'n patroon van breine binne breine. Volgens hierdie teorie was oorlewing gesetel in die onderste of oudste brein, emosies in die middelste gedeelte en hoë-orde<sup>12</sup> denke in die boonste en jongste breinarea (MacLean 1978:308-342). Hierdie model wat vir die eerste keer in 1952 gepropageer is, was baie gewild tydens die 1970s. Omdat dit maklik is om te verstaan, is dit wydverspreid gebruik, veral in opvoedkundige kringe. Onlangse uitsprake het bevind dat dit waarskynlik bruikbaar is as 'n funksionele metafoer van die brein se organisasie eerder as 'n presiese of akkurate model. Dit word vandag egter as oudmodies beskou en nie meer toegepas nie (Jensen 1998b:4).

---

<sup>11</sup> In die literatuur word ook soms verwys na die tweeledige brein (*dual brain*).

<sup>12</sup> Hoë-orde denke (*higher mental processes*) impliseer intelligensie, verbeelding en komplekse mentale prosesse. Hierdie prosesse kan oor 'n lang periode saamgevoeg word in 'n tipe eenheid of totaliteit. Hoë-orde denke stel 'n persoon in staat om komplekse aspekte te analiseer en saam te vat (Corsini 2002:445).

MACLEAN'S TRIUNE BRAIN MODEL



**Figuur 1: MacLean se drieledige breinmodel (Sylwester 1995:40)**

#### **2.4.2 Die teorie van die tweeledige brein/linker- en regterbrein**

Die vroeëre konsep van 'n holistiese brein is gaandeweg vervang met 'n intense kulturele belangstelling in die interaksie tussen die twee hemisfere asook die onderskeie funksies van die twee serebrale hemisfere (Sylwester 1995:39). Die samewerking tussen die twee hemisfere het veral baie aandag getrek na die bevindings van Sperry en sy span met pasiënte wat gedurende die sestigerjare gedeeldebreinoperasies ondergaan het. Volgens hierdie teorie word die brein in twee helftes, genoem hemisfere, verdeel. Hierdie verdeling is merkbaar in die neokorteks,<sup>13</sup> en ook in die limbiese sisteem (Herrmann 1995:32; Thompson 2000:20). Die twee hemisfere word verbind deur netwerke wat sorg dat informasie van die een kant van die brein na die ander kant versprei word (Herrmann 1995:32; Restak 2000:21). [Herrmann (1995:63) maak met die samestelling van sy heelbreinmodel gebruik van die konsep van 'n drieledige brein saamgevoeg met die konsep van die linker/regterbreinteorie of tweeledige brein. Uiteindelik het hy hierdie "heelbreinmodel" slegs as 'n metaforiese model beskou].

<sup>13</sup> Die **neokorteks** word deur sommige bronne slegs **korteks** genoem.



### 2.4.3 Die modulêre brein

Die korteks bestaan uit ses duidelik waarneembare lae waarvan die onderskeie lae interverweef is (Mountcastle 1997:701). Neurone (breinselle), wat naby die buitenste oppervlak van die korteks gesetel is, beskik oor uitgestrekte, horisontale verbindings na ander neurone (Shaw 2000:58). Gardner en Kandel (2000:469) verduidelik dat kortikale neurone funksioneel in kolomme gerangskik is:

... so that all six layers of the cortex in any column receive information representing the same location and modality. The columns are arranged topographically, projecting a precise representation of the external body surface.

Enkel kortikale neurone met dieselfde "belange" neig om vertikaal gerangskik te word in kortikale kolomme, amper soos dun silinders (Amaral 2000a:329, 331; Sylwester 1995:47). Volgens Wills (1993:264) glo sommige wetenskaplikes dat hierdie kolomme, en nie individuele neurone nie, die fundamentele eenheid van die struktuur van die korteks is. Ook Amaral (2000a:331) en Thompson (2000:20) deel hierdie siening. Amaral (2000a:331) verduidelik: *Columns are thought to be the fundamental computational modules of the neocortex.*

Volgens Mountcastle (1997:701) word kortikale kolomme ook soms modules genoem en hy gebruik albei terme om die beurt. Goldblum (2001:21-22) verduidelik dat sommige modules baie groot is en elk uit etlike duisende neurone bestaan. Daar word bereken dat ten minste etlike honderde sulke modules bestaan. Al die neurone binne-in elk van die modules is direk of indirek verbind aan al die ander neurone. Dit is as gevolg van hierdie ingewikkelde verbindings tussen neurone in elke module dat die modules ook beskryf word as **neuronale netwerke** (kyk ook 2.6.4.3).

Goldblum (2001:21-22) verduidelik verder dat elkeen van hierdie modules of netwerke verantwoordelik is vir een spesifieke aspek of stadium van 'n spesifieke mentale proses, soos om bekende gesigte te herken of die regte woorde te vind as 'n persoon iets wil sê. As gevolg van die komplekse interverweefdheid mag dieselfde module betrek word by meer as een proses. Een voorbeeld hiervan sou wees dat die module wat gesigte herken ook insette benodig van die modules wat kleur en vorm verwerk, wat op hul beurt weer hierdie inligting moet oordra aan die module wat die name van die bekende gesigte verskaf.

Goldblum (2001:32) waarsku dat die neurowetenskap nog nie klarigheid het oor al die prosesse wat in die brein tussen neurone en modules plaasvind en hoe netwerke gevorm word nie: ... *It is entirely possible that we may one day find out that the units are actually small groups of neurons working together, or, conversely, subparts of single neurons.*



Hodges (2000b:20) verwys ook na die sisteem van modules wat in die brein aktief is wanneer musiek geprosesseer word, en voer aan dat in stede daarvan om op 'n simplistiese regs-links tweedeling te fokus, dit meer akkuraat is om musiekprosessering in die brein te beskou as gemodulariseerd. Musikale ervarings is op sigself multimodaal, en betrek ten minste die ouditiewe, visuele, kognitiewe, geheue, affektiewe en motoriese sisteme.

Alhoewel Flohr en Hodges (2002:1003) waarsku dat teorieë rondom breinfunksie en -struktuur nog verder nagevors moet word, is dit uit die beskikbare literatuur duidelik dat die teorie van die modulêre brein deur die meeste eietydse navorsers ondersteun word. Dit impliseer egter nie dat die teorieë rondom die tweeledige of linker- en regterbrein nie meer van toepassing is nie. Feit is dat die brein in twee verskillende hemisfere verdeel is en dat hierdie hemisfere uit neurone bestaan wat in kolomme of modules gerangskik is. Die eiesoortige karaktereienskappe en werkswyses van die twee hemisfere word in 2.8 meer uitvoerig bespreek.

## 2.5 BREINSKANDERINGS: VENSTERS OP DIE PSIGE

Alvorens die fisiese samestelling en funksionering van die brein bespreek word, is dit gepas om kortliks die apparatuur, wat die hedendaagse neurowetenskaplikes in staat stel om hul navorsing uit te voer, in oënskou te neem. Voor die koms van bepaalde nuwe tegnologiese aparate, is kennis van die brein bekom deur die breine van kadawers of siek persone te bestudeer. Die invloedryke Russiese neurowetenskaplike navorsers, Luria, het byvoorbeeld sy werk gebaseer op pasiënte met fisiese skade in of aan die brein. Hy het na die negatiewe gekyk om die positiewe daaruit af te lei (Odam 1995:12). Sylwester (1995:2) beskryf hoe breinnavorsers, wat in die verlede pionierswerk in die veld van neurowetenskap verrig het, noodwendig baie probleme ondervind het wanneer hulle individuele neurone of versamelings neurone wou bestudeer omdat hulle nie oor die nodige tegnologie beskik het nie. Wetenskaplikes kan vandag, deur die gebruik van 'n verskeidenheid gesofistikeerde aparate, die breine van gesonde, lewende persone ondersoek, sonder om ingrype in die liggaam te maak. Rekenaartegnologie maak skanderings van die brein moontlik. Dit het die insamel van die kennis oor die brein met rasse skrede versnel en neurologiese navorsing gerevolusioneer. In 1998 skryf Wolfe en Brandt (1998:8) dat navorsers meer in die afgelope vyf jaar geleer het (dus vanaf 1994-1998) as in die voorafgaande 100 jaar. Verwysende na die toename in die aantal neurowetenskaplikes, beweer Wolfe en Brandt in 1998: *Nearly 90% of all the neuro-scientists who have ever lived are alive today* (1998:8). Sousa (2001:2) en Thompson (2000:418) wy ook uit oor die snelle vooruitgang van die neurobeelding en -wetenskap gedurende die afgelope dekade.



Neurobeeldingstegnieke kan in verskeie kategorieë verdeel word. Hier word die mees fundamentele onderskeid tussen strukturele en funksionele skanderingstegnieke gevind.

### **2.5.1 Strukturele neurobeelding**

Strukturele neurobeelding verwys na skanderingstegnieke wat die onderskeie strukture van die brein aantoon, soos die rekenaartomografie (RT- of CAT-skanderings) en standaard magnetieseresonansiebeelding (MRB).<sup>14</sup> Strukturele neurobeelding toon kruisseksies van die brein wat lyk asof die brein met 'n mes deurgesny is en daarna gefotografeer is (Springer & Deutsch 1999:63).

#### **2.5.1.1 Rekenaartomografie (RT, beter bekend as CAT)**

Hierdie skandeerders gebruik die sentrale punt van X-strale om gedetailleerde kruisseksies van die breinstruktuur te skandeer. Met behulp van RT-tegnologie kan beroertes, kanker en misvormdheid opgespoor word. RT-skandeerders kan egter nie breinfunksie aantoon nie en is nie in staat om die brein van 'n dooie persoon van dié van 'n lewende persoon te onderskei nie (Sousa 2001:2; Sternberg 1995:102).

#### **2.5.1.2 Magnetieseresonansiebeelding (MRB)**

Hierdie skanderingstegniek voorsien akkurate informasie oor anatomiese strukture, maar verskaf nie informasie oor funksie nie (Sternberg 1995:102). Dit word onder andere gebruik om strukturele eienskappe van die breine van musici te bepaal (Schlaug 2001:281-299). Tesame met ander funksionele neuroskanderingstudies word MRB gebruik om anatomiese informasie te voorsien wat help om presies te bepaal waar patrone van aktiwiteit in die brein voorkom (Springer & Deutsch 1999:91). Die MRB-skandeerder toon groot ooreenkomste met die RT-skandeerder en dit verskaf ook dieselfde basiese informasie. MRB maak egter nie van bestraling gebruik nie. Die foto's is ook duideliker en meer gedetailleerd as dié van RT-skanderings (Sternberg 1995:102).

### **2.5.2 Funksionele neurobeelding**

Funksionele neurobeelding verwys na tegnieke wat spesifieke aspekte van breinfunksionering aantoon, soos byvoorbeeld serebrale bloedvloei. Funksionele neurobeelding kan verder onderverdeel word volgens metodes wat breinmetabolisme ondersoek en dié wat elektriese en magnetiese aktiwiteite in die brein meet. Volgens hierdie metodes word die patroon van aktiwiteit bestudeer terwyl die proefpersoon besig is om 'n taak of een of ander mentale aktiwiteit uit te voer. Daar word dus probeer om die serebrale organisasie van mentale funksies te bepaal, insluitend asimmetrieë in hierdie organisasie (Springer & Deutsch 1999:63-67).

---

<sup>14</sup> Spelling korrek volgens Plug et al. (1997:32).



### **2.5.2.1 Positron-emissietomografie (PET)**

Die duidelike en gedetailleerde foto's wat deur RT- en MRB-skandeerders verskaf word, is staties en anatomies. Sedert foto's van bewegende voorwerpe ontwikkel is, was dit 'n logiese stap dat wetenskaplikes 'n manier sou ontwikkel om foto's te neem van die fisiologiese prosesse wat in die brein plaasvind (*moving pictures*) (Sternberg 1995:102). Hierdie deurbraak het gekom met die ontwikkeling van positron-emissietomografie (PET). PET-skanderings stel die navorser in staat om die brein in aksie te sien. Emissietomografie is 'n visualiseringstegniek wat 'n beeld skep van die verspreiding van 'n radioaktiewe substraat in enige bepaalde kruisseksie van die brein of liggaam. Radioaktiewe biologiese stowwe word in die bloedstroom van 'n persoon ingespuut en die uitstraling daarvan, soos vanuit die brein gegenereer, word dan gemeet. Wanneer 'n aktiwiteit plaasvind, soos wanneer 'n persoon 'n liedjie sing, 'n appel eet, of 'n gebeurtenis in sy/haar geheue oproep, vergroot die bloedvloei na 'n spesifieke area of na verskillende areas van die brein. Hierdie aktiwiteit word geregistreer deur die PET-skandeerder en omgeskakel in beelde. PET-skanderings kan sodoende die fisiologiese funksionering van die brein aantoon en nie slegs die anatomiese strukture nie. Deur gebruik te maak van PET-skanderingstegnieke kan wetenskaplikes dus spesifieke mentale prosesse lokaliseer (Jensen 1998b:4; Sousa 2001:2; Springer & Deutsch 1999:69-71; Sternberg 1995:102; Thompson 2000:418-419).

### **2.5.2.2 Funksionele magnetieseresonansiebeelding (fMRB)**

Die fMRB is 'n goedkoper weergawe van die MRB en werk baie vinniger omdat dit veelvuldige beelde per sekonde kan skandeer (Jensen 1998b:2). Dit meet die bloedvloei vanaf die buitekant van die pasiënt (dus sonder indringing) en skakel sodoende die inspuut van 'n radioaktiewe substans uit. Hierdie vinnige skanderingstegniek toon veranderings in aktiwiteit aan wat in die verskillende areas van die brein plaasvind, byvoorbeeld hoe die brein reageer op stimuli, en ook terwyl dit verskeie take verrig. Deur gebruik te maak van PET-, MRB- en fMRB-skandeerders kan navorsers bepaal watter dele van die brein betrokke is by spesifieke take en watter dele dormant is (Sousa 2001:2). fMRB-skandeerders is byvoorbeeld deur Pascual-Leone (2001:315-329) gebruik om funksionele kortikale aanpassing in die menslike brein aan te toon in reaksie op musiekbeoefening en -beluistering.

### **2.5.2.3 Elektroënsefalografie (EEG)**

Histories was daar verskeie tegnologiese ontwikkelings wat 'n omwenteling in die studie van die menslike brein teweeggebring het. 'n Vroeë voorbeeld was die elektroënsefalograaf (EEG) wat die elektriese aktiwiteite van die brein via elektrodes op die kopvel gemeet het (Thompson 2000:417-418). Proefpersone se EEG-aktiwiteite is gemeet terwyl hulle onder



meer verbale take uitgevoer, briewe geskryf en ruimtelike take onderneem het, soos byvoorbeeld die bou van 'n geometriese patroon met gekleurde blokkies (Springer & Deutsch 1999:75). Die frekwensie en intensiteit van hierdie breingolwe dui die areas van die brein aan wat aktief is wanneer die persoon besig is met die oplos van probleme (Jensen 1998b:3).

#### **2.5.2.4 Magnetoënsfalografie (MEG)**

Neuronale aktiwiteite kan nie slegs elektrisiteit genereer nie, maar kan ook magnetiese velde ontwikkel. Magnetiese velde wat geskep word deur die aktiwiteite van 'n enkele neuron is baie klein, maar dit kan gebeur dat die magnetiese velde van 'n aantal neurone wat gelyktydig aktief is, saamwerk om sterker magnetiese velde te skep wat aan die oppervlakte van die skedel gemeet kan word. So 'n meting word 'n magnetoënsfalogram genoem (MEG). Die groot voordeel van hierdie tegniek bo die EEG is dat dit 'n area van aktiwiteit meer akkuraat kan bepaal (Springer & Deutsch 1999:80). Daar is byvoorbeeld van MEG-skandering gebruik gemaak in eksperimente uitgevoer deur Pantev et al. (2001:300-314) om kortikale vergrotings op te spoor in die breine van strykinstrumentspelers, asook veranderings in die ouditiewe kortikale areas van proefpersone, wat in reaksie op musiekopvoeding ontstaan.

## **2.6 BASIESE ANATOMIE VAN DIE BREIN**

Vir die doel van hierdie studie word die fisiologie en biologie van die brein kortliks onder die volgende hoofde bespreek:

- Uitwendige strukture
- Inwendige strukture
- Die verbindings tussen die verskillende dele van die brein
- Breinselle: neurone en gliaselle.

### **2.6.1 Uitwendige strukture**

In die volgende afdeling word die volgende aspekte bespreek, naamlik:

- Uiterlike voorkoms, biologiese kenmerke en basiese funksionering
- Die serebrum
- Die serebellum
- Die motoriese korteks.

### 2.6.1.1 Uiterlike voorkoms, biologiese kenmerke en basiese funksionering

Die brein is geposisioneer aan die bokant van die spinale kolom en gebed in die skedelbeen. Dit word omring deur beskermende membrane. Die brein is voortdurend aktief, ook tydens slaap (Sousa 2001:15). Van buite gesien is dit in twee helftes verdeel wat **serebrale hemisfere** genoem word. Die oppervlakte is vaalgrys, vol plooië (voue) en groewe. Die voue sorg daarvoor dat die oppervlakte maksimaal vergroot word (meer selle per vierkante sentimeter) (Jensen 1998b:8). Die "heuwels" van die voue word *girus* genoem en die valleie *sulkus* (Mithen 2005:29). Breingrootte en -gewig verskil van persoon tot persoon. Volgens Jensen (2000a:15) is elke brein nie slegs uniek nie, maar elke brein ontwikkel ook teen sy eie pas.

### 2.6.1.2 Die serebrum (grootharsings)

Die buitenste gedeelte van die brein, genoem die **serebrum**, beslaan ongeveer 80% van die totale massa van die brein en bestaan uit biljoene neurone (sensuselle) (Sousa 2001:19).<sup>15</sup> Om die een of ander steeds onbekende rede bedien die linkerhemisfeer die regterkant van die liggaam en die regterhemisfeer die linkerkant – dus oorkruis (Sousa 2001:19). Die buitenste gedeelte van die hemisfeer word bedek deur die **korteks** (Latyn: *cortex* = boombas). Hierdie buitenste laag van die hemisfeer staan ook bekend as die **neokorteks**, omdat dit die jongste toevoeging tot die kortikale argitektuur is, dit wil sê die laaste struktuur van die brein wat tydens die evolusieproses ontwikkel het (Diamond & Hopson 1998:20; Shaw 2000:54; Wolfe 1998a:21).

Die eiesoortige vermoëns van die serebrale korteks word deur Thompson (2000:19) as volg beskryf:

Within the vast human cortex lies a critical part of the secret of human consciousness, our superb sensory capacities and sensitivities to the external world, our motor skills, our aptitudes for reasoning and imagining, and above all our unique language abilities.

Alhoewel die kleiner voue of plooië uniek is aan elke brein, is daar vier belangrike voue, genaamd lobbe, wat in alle menslike breine voorkom (kyk Figuur 2). Spesifieke areas van elke lob word beskryf as **superior, inferior, anterior en posterior**, verwysende na hul nabyheid aan die kruin van die kopbeen, eerder as hul belangrikheid in breinaktiwiteite (Mithen 2005:29). Die take wat die verskillende lobbe verrig, kan oorvleuel, maar in hoofsaak spesialiseer elke lob in spesifieke funksies:

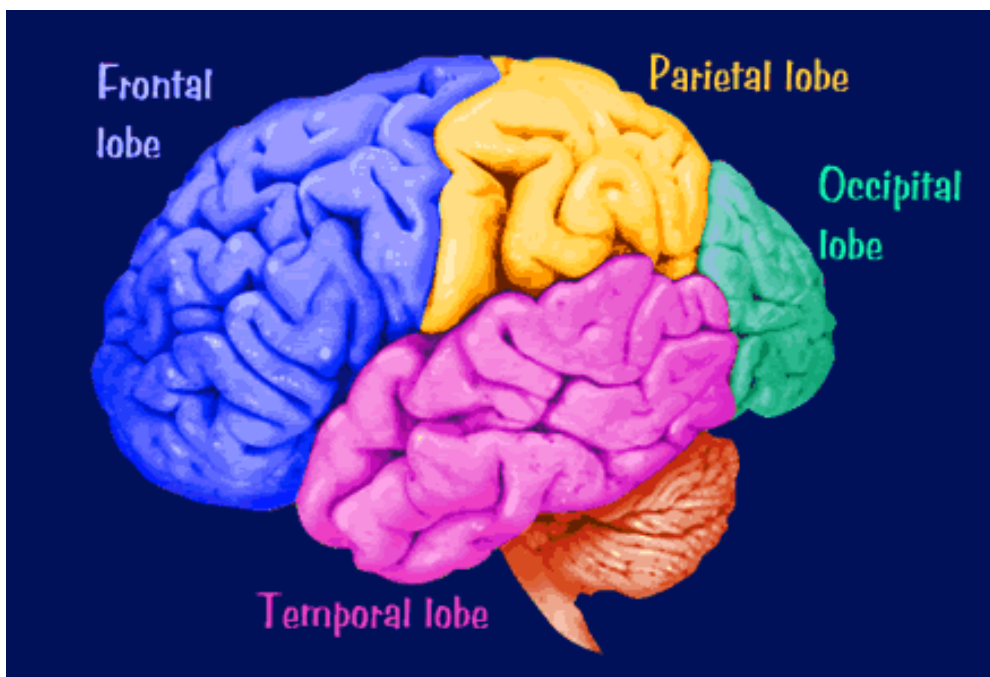
---

<sup>15</sup> Volgens Diamond & Hopson (1998:41) en Herrmann (1995:32) 80%, Jensen (1998b:9) 75% en Sylwester (1995:47) 85%.



- Die oksipitale lobbe is aan die agterkant van die brein geleë en prosessee hoofsaaklik visuele stimuli.
- Die frontale lobbe, die area rondom die voorkop, beslaan ongeveer 50% van die volume van elke serebrale hemisfeer. Die frontale lobbe speel 'n belangrike rol in taal, beweging, beplanning en bewussyn. Dit bepaal ook die persoonlikheid, emosie en uitvoerende beheer van 'n persoon (Restak 2000:20).
- Die pariëtale lobbe is net agter die frontale lobbe geleë. Die dun motoriese korteks skei die pariëtale en frontale lobbe van mekaar. Die pariëtale lobbe prosessee alle sensoriese gevoelens behalwe reuk.
- Die temporale lobbe is aan die bokant van elke oor geleë en is verantwoordelik vir gehoor en spraak (alhoewel spraak meestal aan die linkerkant voorkom). Dit bevat ook verbindings wat na die amigdala en hippokampus lei, wat op hul beurt belangrik is vir leer, geheue en emosie (Restak 2000:20).<sup>16</sup>

Die onderskeie lobbe van die brein word in figuur 2 aangedui.



**Figuur 2: Die lobbe van die brein** ([www.morphonix.com](http://www.morphonix.com))

Die wetenskaplikes van die sewentiende eeu het die korteks die "grys stof" (*gray matter*) genoem (Diamond & Hopson 1998:19; Thompson 2000:11). Dit is die area waar neuronale interaksie plaasvind (Thompson 2000:11). Die res van die massa wat deur die kortekslaag

---

<sup>16</sup> Musiek word in verskillende areas van die onderskeie lobbe geprosesseer. Kyk 2.9 in hierdie verband.



omring word, bevat senuweevesels of aksone wat omhul word met 'n miëlinbedekking. Die term "wit stof" (*white matter*) word soms gebruik om die groot areas van breinweefsel te beskryf wat hoofsaaklik deur miëlin bedek word. Volgens Thompson (2000:11) bestaan die wit stof hoofsaaklik uit senuweevesels wat met die verskillende grysstofareas verbind.

Die serebrale korteks funksioneer nie vanself nie en reageer slegs op insette van elders. Die verbindingsnetwerke van die brein is nie gefikseer nie en pas voortdurend by senuwee-impulse aan. Wanneer leerders onderrig ontvang, is die onderwyser in werklikheid besig om die strukture van die neurone en hul chemiese samestelling in die serebrale korteks van die leerders te stimuleer en te verander (Diamond 1998:21).

### **2.6.1.3 Die serebellum**

Die serebellum (Latyn: klein brein) is net onder die agterste gedeelte (okspitale gedeelte) van die brein geleë. Dit bevat 'n veel groter aantal neurone as enige ander enkele onderverdeling van die brein, insluitende die serebrale hemisfere (Amaral 2000a:322). Die regulering van motoriese koördinasie en basiese aspekte van leer en geheue is van die funksies waarvoor die serebellum verantwoordelik is (Thompson 2000:16). Die serebellum ontvang somatosensoriese impulse vanaf die spinale kolom, motoriese impulse vanaf die serebrale korteks en impulse oor balans vanaf spesifieke organe in die middeloor. Dit is belangrik vir liggaamshouding en balans, asook vir die koördinering van kop- en oogbewegings. Dit speel 'n rol in die sensitiewe aanpassing (*fine tuning*) van die bewegings van spiere en die aanleer van motoriese vaardighede. Meer onlangse navorsing het bevind dat die serebellum ook betrokke is by fasette soos taal en ander kognitiewe funksies (Amaral 2000a:322). In *The Cerebellum and Cognition* (Schmahmann 1997) word verskeie ander funksies van die serebellum bespreek en die leser kan hierdie boek raadpleeg vir verdere informasie. Schmahmann (1997:11-12) verwys onder andere ook na die rol wat die serebellum speel in nie-motoriese aktiwiteite soos emosionele ontwikkeling. Parsons (2003:247/248) en sy kollegas het verder bevind dat wanneer die regter superior temporale girus geaktiveer was tydens die speel van 'n Bachwerk, 'n gedeelte van die linker serebellum ook geaktiveer is, terwyl aktivering van die linker temporale lob gekorreleer het met aktiwiteite in die regter serebellum.

Die serebellum monitor impulse vanaf senu-eindpunte, en is, volgens Sousa (2001:20), om daardie rede betrokke by die aanleer, uitvoering en tydsberekening van motoriese take. Dit is betrokke by die koördinering van bevele soos om 'n gholfstok te swaai en 'n koppie na die mond te bring sonder om die inhoud te mors. Dit wil voorkom asof die serebellum ook die geheue van herhalende bewegings stoor, soos om te tik of 'n skoenveter vas te maak. Volgens Odam (1995:13) mag die serebellum ook belangrik wees in die



langtermynmemoriserings van spraak en musikale beweging. Odam (1995:13) is van mening dat beweging fundamenteel te belangrik is in die ontwikkeling van die mens om in net een area van die korteks plaas te vind.

#### **2.6.1.4 Die motoriese korteks**

Die motoriese korteks is 'n band wat bo-oor die brein strek, van oor tot oor, tussen die pariëtale en frontale lobbe. Hierdie strook beheer liggaamsbewegings en werk saam met die serebellum om die aanleer van motoriese vaardighede te koördineer (Thompson 2000:306-310). Navorsing uitgevoer op pasiënte wat aan Parkinson se siekte gelei het, het getoon dat die temporale lobbe en die motoriese korteks in wisselwerking met mekaar opereer (Thaut et al. 2001:163-172). Iwaki (2005:19) stel dit soos volg: *Auditory rhythm stimulation has relevance to motor control*. Ter illustrasie hiervan kan genoem word die verskynsel dat mense dikwels outomaties "tydhou" wanneer musiek met 'n aansteeklike ritme gespeel word.

#### **2.6.1.5 Afleiding**

Uit bostaande gegewens kom dit voor dat die serebellum, in samewerking met die motoriese korteks, betrokke is by die motoriese bewegings wat uitgevoer word wanneer klavier gespeel word. Omdat die serebellum impulse van die punte van die vingers (senu-eindpunte) ontvang, is dit direk betrokke by die speel van note op 'n klavier deurdat die vingers "boodskappe" of "bevele" vanaf die serebellum ontvang. Verder beheer die serebellum ook take wat volgens 'n tydsvolgorde uitgevoer word, wat natuurlik van die allergrootste belang is wanneer 'n klavierwerk gespeel word.

### **2.6.2 Inwendige strukture**

Die inwendige strukture van die brein kan verdeel word in die breinstam en die limbiese sisteem. Drie strukture in die limbiese sisteem is belangrik vir die doeleindes van dié studie en elkeen word vervolgens afsonderlik behandel.

#### **2.6.2.1 Die breinstam**

Die breinstam is aan die bopunt van die spinale kolom geleë en is die oudste en diepste area van die brein. Basiese liggaamlike funksies soos polsslagslag, asemhaling, regulering van liggaamstemperatuur en spysvertering word hiervandaan gekontroleer (Sousa 2001:17-18). Volgens Hannaford (1995:32) is die reptilliese brein of breinstam die oudste area van die brein wat ontwikkel het. Dit is ook die eerste area van die brein wat ontwikkel na bevrugting. Hierdie ontwikkelingsproses van die breinstam duur tot 15 maande na geboorte. Hannaford beskryf die breinstam se funksie soos volg: *The job of this brain is self preservation. The*



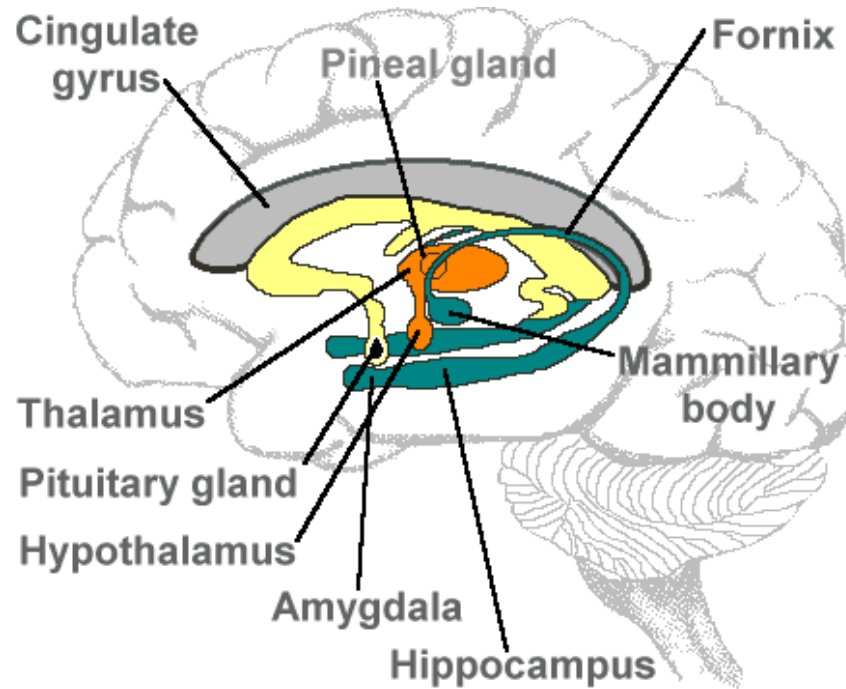
*reptilian brain monitors the outer world through sensory input and then activates the body to physically respond in ways that ensure survival (1995:32).*

Dit wil voorkom asof die strukture van die breinstam baie vroeg in 'n persoon se leeftyd geprogrammeer word en dat dit nie maklik verander kan word as dit reeds vasgelê is nie. Die mens se temperament en emosies bestaan sonder enige insette van die individu self. Dit kan nie aangeleer word soos byvoorbeeld om 'n telefoonnommer te onthou nie (Sylwester 1995:43). Outomatiese en refleksaksies word gedeeltelik deur hierdie area van die brein hanteer. Dit is ook die deel van die brein wat beheer oorneem wanneer 'n persoon deur gevaar bedreig word of stres ervaar, omdat dit die liggaam se veg-of-vlug reaksies inisieer en reguleer (Hannaford 1995:32).

### **2.6.2.2 Die limbiese sisteem**

Die limbiese sisteem omvou die breinstam en beslaan ongeveer 20% van die volume van die brein. Die meeste van die sisteme in die limbiese area word in albei hemisfere van die brein aangetref (Sousa 2001:18). Die limbiese sisteem is geleë tussen die breinstam en die serebrale hemisfere en is aan albei hierdie areas gekoppel met groot en goed ontwikkelde verbindings. Die limbiese sisteem vorm 'n baie belangrike komponent van die totale werking van die brein deurdat dit bydra tot kognitiewe prosessering en emosionele reaksies. Dit vervul ook 'n belangrike rol in die oordrag van inkomende informasie na die geheuestore (Herrmann 1995:33). Dit is 'n voor die hand liggende afleiding om te maak dat die meeste logiese denke in die korteks sal plaasvind, omdat sensoriese impulse geanaliseer en ontleed moet word. Die posisie van die limbiese sisteem tussen die serebrum en die breinstam fasiliteer interaksie tussen emosies en rede (Sousa 2001:18).

Veral drie strukture van die limbiese sisteem is belangrik vir leer en geheue, naamlik die talamus, hippokampus en amigdala. Die onderskeie strukture van die inwendige areas van die brein word in figuur 3 aangetoon.



## The Limbic System

**Figuur 3: Die belangrikste dele van die limbiese sisteem**

([normandy.sandhills.cc.nc.us/psy150/brlimbic.html](http://normandy.sandhills.cc.nc.us/psy150/brlimbic.html))

### **2.6.2.3 Talamus** (Grieks = binnekamer)

Die ovaalvormige talamus is ongeveer so groot soos 'n okkerneut en is net buitekant die "hoofingang" na die serebrale hemisfere geleë (Restak 2000:21). Die talamus vorm 'n noodsaaklike skakel tussen die sensoriese reseptore en die serebrale korteks vir alle inkomende sensoriese informasie behalwe reuk (Hannaford 1995:53). Dit stuur ook motoriese impulse vanaf die serebrale korteks, deur die breinstam en vandaar na die spiere. Die talamus interpreteer toestande soos temperatuur, sensasie van pyn, ligte aanraking en drukking, terwyl dit ook 'n rol in emosie en geheue speel (Hannaford 1995:53). Die talamus se funksie word dikwels vergelyk met dié van 'n finale herleistasie (Hannaford 1995:53; Sylwester 1995:45;Thompson 2000:16).

### **2.6.2.4 Hippokampus** (Grieks = seeperd, as gevolg van sy vorm)

Die hippokampus is naby die basis van die limbiese area geleë. Die hippokampus met sy verbindings klassifiseer en stoor uitgesoekte geheues op 'n objektiewe wyse in toepaslike geheuenetwerke in die brein. Sylwester (1995:45) vergelyk die hippokampus met 'n bibliotekaris wat selektief materiaal stoor om die biblioteekversameling uit te brei. Hy stel dit soos volg: ... *we can functionally think of the hippocampus as the card catalog for our library of memories.*



### 2.6.2.5 *Verskillende tipes geheue*

Wetenskaplikes tref 'n onderskeid tussen langtermyn- en korttermyngeheue. Langtermyngeheue kan verdeel word in eksplisiete/verklarende geheue (*explicit/declarative memory*) en nie-verklarende/implisiete geheue (*implicit/non-declarative memory*) (Squire 1992:195). Volgens Squire en Kandel (1999:145) verskil die korttermyngeheue van die langtermyngeheue deurdat eersgenoemde nie permanente anatomiese of chemiese veranderings in die brein tot gevolg het nie, terwyl die vermoede bestaan dat die langtermyngeheue dit wel doen. Goldblum (2001:89-90) wys daarop dat die twee tipes geheues in verskillende areas in die brein gestoor word. Verskillende verbindingstrukture word tussen die eenhede aangetref. Korttermyngeheue word in die binneste area van die brein gestoor, bestaande uit die hippokampus en verwante strukture. Hierdie areas word soms kollektief die hippokampus genoem. Die langtermyngeheue word in die neuronale netwerke in die korteks gestoor, aan die buitekant van die brein. In teenstelling met korttermyngeheue wat slegs plaaslik gestoor word, word langtermyngeheue versprei tussen alle neurone in 'n spesifieke netwerk. Dit beteken dat korttermyngeheue slegs 'n klein aantal neurone betrek, terwyl langtermyngeheue in die uitgebreide verbindingnetwerke van die brein gestoor word (Goldblum 2001:89-90).

Snyder (2000:52) beklemtoon die belangrikheid van herhaling. Informasie wat die brein binnekom deur die korttermyngeheue, hou nie onbepaald nie en vervaag mettertyd, behalwe wanneer dit deur die proses van herhaling lewend gehou word. Snyder verduidelik:

Rehearsal is necessary not only to maintain information temporarily as a short-term memory, but to store that information more permanently in long-term memory. The longer the contents of short-term memory are kept active, the more likely they are to persist as long-term memory (2000:52).

Herhaling as die sleutel tot langtermyngeheue word ook deur Sternberg (1995:278) beklemtoon: *The key technique we use for keeping information, is rehearsal which is the repeated recitation of an item. (Rehearsal is also involved in transferring information into long-term memory).*

Jensen (2000a:39) beklemtoon die belangrikheid van die deeglike vaslegging van informasie en waarsku dat onderwysers moet aandag skenk aan die **korrekte** aanbieding van feite: *Get it, get it right, and strengthen it. This is the basic learning process that builds intricate neural networks and makes them uniquely our own.*

Kandel et al. (2000a:1230-1231) verduidelik dat eksplisiete geheue betrek word by feitelike kennis van mense, plekke en dinge. Eksplisiete geheue is uiters plooibaar en sluit die



assosiasie van 'n veelvoud stukkies en brokkies informasie in. 'n Doelbewuste poging is nodig om hierdie geheue op te roep. Eksplisiete geheue kan verder onderverdeel word in **episodiese geheue** ('n geheue vir persoonlike ervarings en gebeure) en **semantiese geheue** ('n geheue vir feite). Semantiese geheue word aangewend om objektiewe kennis te stoor en op te roep, soos byvoorbeeld die kennis wat uit 'n boek of in die skool geleer kan word. Alle eksplisiete geheues kan uitgedruk word in verklarende stellings soos die volgende: "Verlede somer het ek in die platteland by my ouma gekuier" (episodies) en "Lood is swaarder as water" (semanties). Implisiete geheue word onbewustelik opgeroep en is betrokke by die aanleer van motoriese refleksaksies of perseptuele vaardighede.

Alhoewel dit algemeen aanvaar word dat die hippokampus verantwoordelik is vir die vestiging van geheue, beweer Squire (1992:195) dat die rol van die hippokampus ten opsigte van geheue kleiner is as wat aanvanklik aanvaar is. Sekere vorms van leer, soos die aanleer van vaardighede en gewoontes asook aanwakking<sup>17</sup> kan wel plaasvind in die afwesigheid van die hippokampus.

Thompson (2000:366) wys daarop dat wanneer 'n persoon nuwe motoriese vaardighede aanleer, soos byvoorbeeld om te leer klavierspeel, spesifieke stimuli geassosieer word met spesifieke opeenvolgende bewegings. Hierdie aktiwiteite verg aanvanklik aansienlike konsentrasie en inspanning. Hierdie stimulus-geassosieerde bewegings moet herhaaldelik geoefen word. Namate die vaardigheid gaandeweg verbeter, kan die vlak van konsentrasie daal. Die bewegings is dan in die langtermyngeheuestore vasgelê. Alhoewel 'n mens normaalweg nie daarvan bewus is dat die vaardigheid in die geheuestore vasgelê is nie, sal die vaardigheid daar wees wanneer dit benodig word. Die aanleer van semantiese en motoriese vaardighede het baie in gemeen. Oefentye wat nie te lank duur nie en eerder oor 'n langer periode versprei is, soos byvoorbeeld een uur per dag vir vyf dae, is baie doeltreffender vir beide tipes geheue as vyf uur wat tydens een sessie geoefen word.

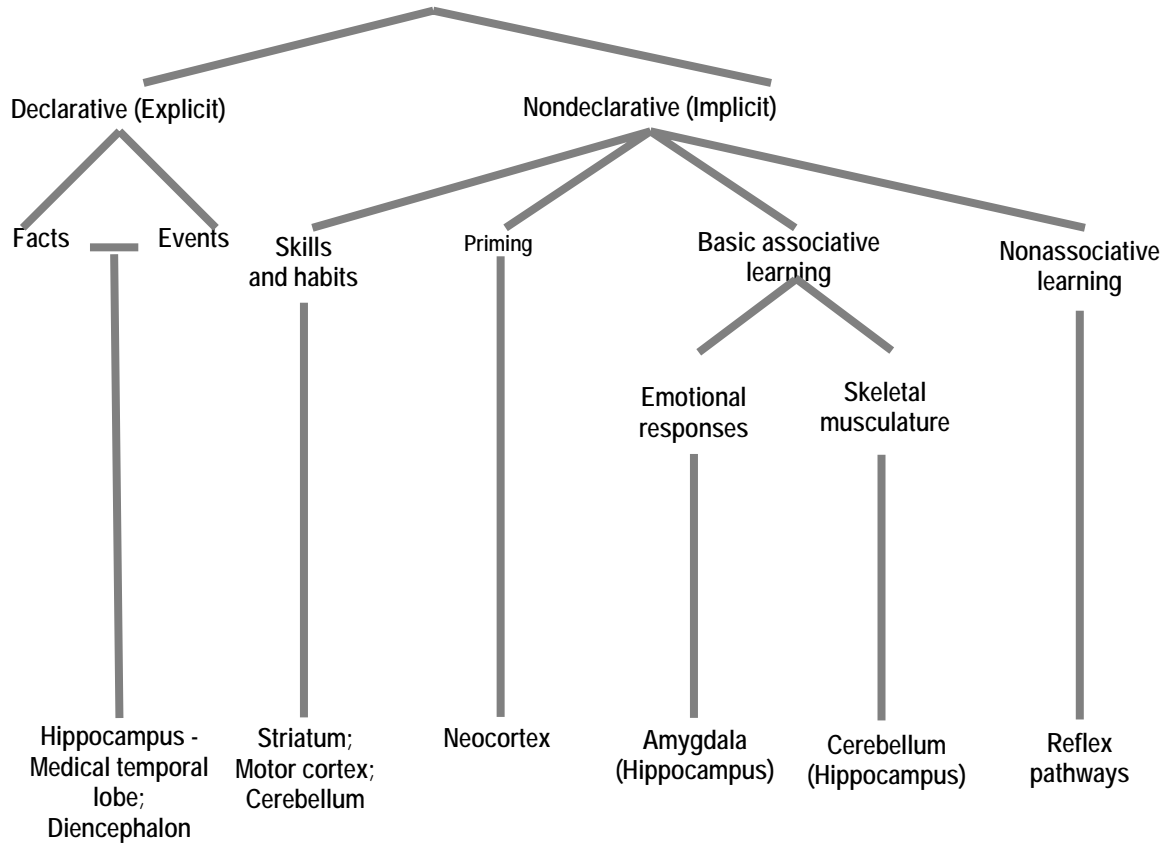
'n Tentatiewe skema van die verskillende tipes of aspekte van langtermyngeheue en hul assosiasie-breinstrukture, word in figuur 4 aangetoon:

Korttermyngeheue word ook soms **werkgeheue** genoem. Hierdie definisie het ontwikkel vanaf die konsep van 'n unitêre geheuesisteem (Baddeley 1992:556). Baddeley (LeDoux 1996:270) verduidelik waar denkprosesse plaasvind (soos byvoorbeeld om 'n getal te onthou):

---

<sup>17</sup> Aanwakking (*priming*) is die fasilitering van die herkenning of herroeping van 'n stimulus (soos byvoorbeeld 'n gedagte of 'n woord) deur vooraf 'n verwante of identiese stimulus aan te bied (so byvoorbeeld sal die woord "vader" tot gevolg hê dat die woord "moeder" daarna vinniger herken word). Kyk Squire en Kandel (1999:160-164) vir 'n meer uitvoerige bespreking van hierdie fenomeen.

... thinking occurs in a mental workspace that has limited capacity ... This workspace is called working memory, a temporary storage mechanism that allows several pieces of information to be held in mind at the same time and compared, contrasted, and otherwise interrelated.



**Figuur 4: Skematiese voorstelling van langtermyngeheues** (Thompson 2000:365)

Snyder (2000:49) verduidelik dat die werkgeheue uit onmiddellike persepsies en verwante langtermyngeheues bestaan. Dit bevat ook kontekstuele informasie wat semi-geaktiveer is ... *but not in consciousness and information that has just been in consciousness. Because it includes things both on the fringe and at the center of consciousness, working memory is not entirely identical to consciousness.*

Alzheimer-siekte impliseer 'n afbreek van hippokampale neurone, en die aanvang van die toestand word aangedui deur 'n geleidelike verlies aan geheue (Sylwester 1995:45). Skade aan die hippokampus lei tot erge anterograde amnesia (Thompson 2000:392).<sup>18</sup> Iversen et al. (2000:986) beskryf hoe 'n persoon met skade aan die hippokampus die kognitiewe eienskap van stres of vrees kan vergeet. 'n Persoon met 'n beskadigde hippokampus kan

<sup>18</sup> *Anterograde amnesia* is die onvermoë om enige nuwe herinneringe te stoor nadat amnesia 'n aanvang geneem het. Herinneringe vóór die amnesia kan wel opgeroep word (Thompson 2000:504).





byvoorbeeld nie onthou wat hom of haar bang gemaak het nie en ook nie waar 'n vreesaanjaende of angswekkende ervaring plaasgevind het nie.

#### **2.6.2.6 Amigdala** (Grieks = amandel)

Die amigdala is dié gedeelte van die limbiese sisteem wat spesifiek gemoeid is met emosionele ervarings. Dit is 'n komplekse struktuur wat uit tien duidelike nuklei bestaan.<sup>19</sup> Die sensoriese invloei van verskeie aangeleerde emosionele toestande, veral vrees en angstigheid, word aan die amigdala voorsien deur middel van 'n spesifieke stel nuklei: die basolaterale kompleks (Iversen et al. 2000:990). Volgens Iversen et al. (2000:988) veroorsaak elektriese stimulasie van die amigdala vreesagtige gevoelens en angstigheid. 'n Persoon verloor die vermoë om die emosionele implikasies van gebeure te bepaal wanneer die amigdala chirurgies verwyder word. Hierdie toestand word soms beskryf as affektiewe blindheid (Goleman 1995:15). Goleman beskryf die rol wat die amigdala in emosionele omstandighede speel soos volg: *The amygdala acts as a storehouse of emotional memory, and thus of significance itself; life without the amygdala is a life stripped of personal meanings* (1995:15).

Wanneer 'n herinnering opgeroep word, word dit saam met die emosionele komponent opgeroep wat teenwoordig was toe die prosessering in die geheuestore vasgelê is. Dit verklaar waarom mense dikwels dieselfde emosiekomponent ervaar wanneer gebeure in die geheue opgeroep word (Restak 2000:106; Sousa 2001:19). Terwyl die hippokampus die feite onthou, behou die amigdala die emosionele komponent wat gepaard gaan met die feite. LeDoux het die onderskeie rolle van die hippokampus en die amigdala op die volgende wyse persoonlik aan Goleman verduidelik: *The hippocampus is crucial in recognizing a face as that of your cousin. But it is the amygdala that adds you don't really like her* (LeDoux 1996:20).

#### **2.6.2.7 Afleiding**

Onderwysers hoop altyd dat hul leerders op 'n permanente basis sal onthou wat hulle geleer word. Daarom is dit, volgens Sousa (2001:19), belangrik vir die onderwyser om te besef dat die twee strukture in die brein wat hoofsaaklik verantwoordelik is vir langtermyngeheue, die hippokampus en die amigdala, gesetel is in die emosionele sisteem. Dit is dus belangrik dat onderwysers sal probeer om informasie so aan te bied dat die leerder dit as 'n aangename ervaring sal onthou, sodat die emosionele ervaring tesame met die feite geprogrammeer en in die langtermyngeheue gestoor word (Sousa 2001:19).

---

<sup>19</sup> *Nuklei* is 'n algemene term wat dui op 'n groep selligame in die brein wat dieselfde of soortgelyke funksies vervul (Plug et al. 1997:239).



Uit die navorsing kan verder afgelei word dat die limbiese sisteem baie belangrik is vir die uitvoering van musiek. Vir klavierspel kan aanvaar word dat die memorisering van 'n klavierwerk deur dit te stoor in die langtermyngeheuestore, deur bemiddeling van die hippokampus moontlik gemaak word. Dit gebeur in samewerking met die serebellum en motoriese korteks wat die uitvoering en tydsordening van motoriese bewegings moontlik maak.

Die moontlikheid dat die amigdala en die hippokampus 'n rol speel of 'n bydrae kan lewer in die musikaal-gevoelvolle voordrag van 'n klavierwerk, moet nog deur neurowetenskaplikes ondersoek word.

Die rol wat die limbiese sisteem en spesifiek die amigdala in die ontstaan en beheer van emosie speel, word in hoofstuk 3 verder bespreek.

### **2.6.3 Verbindings**

Die brein is vol verbindings of senuweebane wat deur die verskillende dele van die brein gebruik word om met mekaar te kommunikeer. Hierdie verbindings kan in twee groepe verdeel word: dié wat verbindings binne-in elke hemisfeer voorsien en dié wat skakels vorm tussen die twee serebrale hemisfere en die twee helftes van die limbiese sisteem (Herrmann 1995:34-35). Herrmann verwys na hierdie verbindings as ... *hundreds of millions of "hard wires" running from neurons in one half of the brain to mirror image neurons in the other* (1995:35).

#### **2.6.3.1 Die corpus callosum**

Die corpus callosum funksioneer as 'n verbindingsnetwerk tussen die regter- en linkerhemisfeer. Die corpus callosum van 'n volwasse persoon dra ongeveer vier biljoen boodskappe per sekonde oor deur die 200 miljoen (of meer) senuweevesels wat die twee hemisfere verbind (Hannaford 1995:79). Volgens Odam (1995:10) bereik die corpus callosum nie sy volle omvang van funksie voordat 'n kind nie sy of haar puberteit bereik het nie.

Die hemisfeer komplementeer mekaar se funksies via die corpus callosum. Dit wil voorkom asof hierdie veselagtige verbinding 'n baie belangrike rol speel om interhemisferiese harmonie in die normale brein te bewerkstellig, spesifiek deur die integrering van die visueel-ruimtelike en verbale funksies wat help om die denke en die handelings van die twee hemisfere te verenig (Iaccino 1993:11). Volgens Levy (1983:70) speel die corpus callosum 'n baie belangrike rol omdat dit albei hemisfere **gelyktydig** aktiveer, wat hulle in staat stel om informasie gelyktydig te proses en persepsies af te lei.

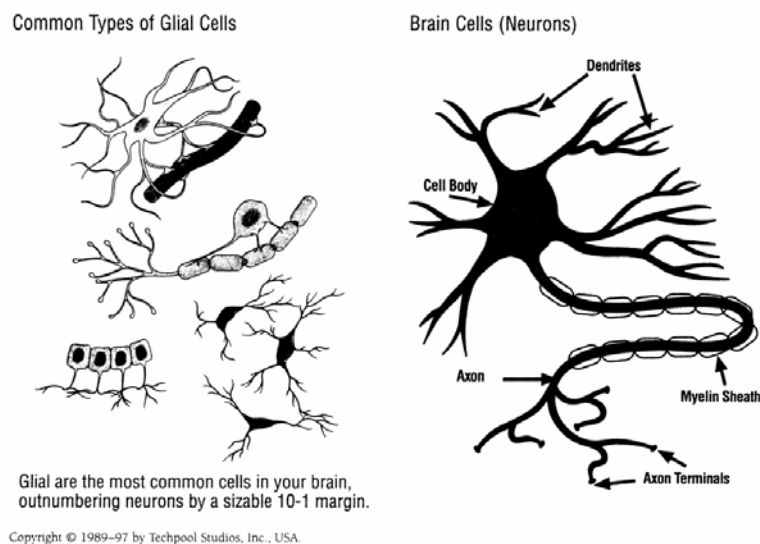
Die belangrike rol wat die corpus callosum in die prosessering en uitvoering van musiek speel, word in hoofstuk 3 verder bespreek.

### 2.6.3.2 Die hippokampale kommissuur

Die twee lobbe van die limbiese sisteem word verbind deur die kleiner hippokampale kommissuur. Net soos die corpus callosum die serebrale hemisfere saamsnoer, verbind die hippokampale kommissuur die twee helftes van die limbiese sisteem en maak dit 'n bilaterale struktuur. Die miljoene gevestigde verbindingsbane fasiliteer interlimbiese kommunikasie, net soos die corpus callosum tussen die twee serebrale hemisfere doen. Dit stel die brein in staat om die aktiwiteite te koördineer wat in parallelle areas van elke serebrale hemisfeer plaasvind (Herrmann 1995:37).

### 2.6.4 Breinselle: neurone en gliaselle

Daar word bereken dat die menslike brein 'n honderd biljoen neurone bevat en nog tien maal soveel ondersteunende selle, genaamd gliaselle. Die serebrale korteks alleen bevat dertig biljoen neurone. Wat van meer belang is, is die aantal kontakpunte in die neuronale netwerke. Die dertig biljoen neurone in die serebrale korteks vorm ses triljoen sinapse wat 'n gemiddeld van 2000 sinapse per neuron beteken (Restak 2000:12). Ook Ornstein en Thompson (1984:21) wy uit oor die groot aantal neurone en neuronale verbindings wat in die menslike brein voorkom en beweer dat die aantal interverbindinge wat moontlik tussen selle gevorm word, meer is as die aantal atome in die heelal.



Figuur 5: Gliaselle en neurone (breinselle) (Jensen 1998b:4)



Twee tipes selle word in die brein aangetref, naamlik neurone en gliaselle (kyk figuur 5). Gliaselle is nie-neuronale selle in die sin dat hulle nie informasie gelei nie (Thompson 2000:44). Gliaselle verskaf die stellasie of raamwerk wat nuutgevormde neurone gebruik om te beweeg na dié breinareas waar hulle spesifieke neuronale funksies moet vervul (Sternberg 1995:106; Sylwester 1995:29). Gliaselle verrig die "huishoudelike" take soos om van afvalmateriaal ontslae te raak en hulle help ook om voedingstowwe aan die neurone te voorsien (Shaw 2000:327; Sternberg 1995:106; Thompson 2000:44). **Glia** is die Griekse woord vir "gom" en daar is oorspronklik gedink dat dit die gom is wat die brein bymekaar hou (Sylwester 1995:29; Thompson 2000:44). Gliaselle vorm ook 'n isolerende laag miëlin rondom die senuweevesels (aksone) wat boodskappe na verafgeleë selle stuur. Hierdie isolerende stof dra daartoe by dat die akkuraatheid en die spoed van so 'n neuronale boodskap verhoog word (Sternberg 1995:106; Sylwester 1995:29).

Neurone (breinselle) is gespesialiseerde selle wat spesifiek aangepas is vir bepaalde take, soos byvoorbeeld die oordrag van elektriese boodskappe dwarsdeur die liggaam. Alhoewel hul funksies in 'n groot mate ooreenstem, verskil neurone almal van mekaar (Stevens 1979:49).

Neurone kan in drie hoofipes verdeel word: sensoriese, intermediêre en motoriese neurone (Hannaford 1995:19; Thompson 2000:40-43).

#### **2.6.4.1 Samestelling en funksionering van neurone**

Thompson begin sy bespreking oor neurone met die volgende stelling: *The neuron is the most interesting cell in all biology. It is born before the birth of its host, it lives for the lifetime of its host, it never divides to form other neurons, and it dies with its host* (2000:29).

'n Neuron bestaan uit vier dele:

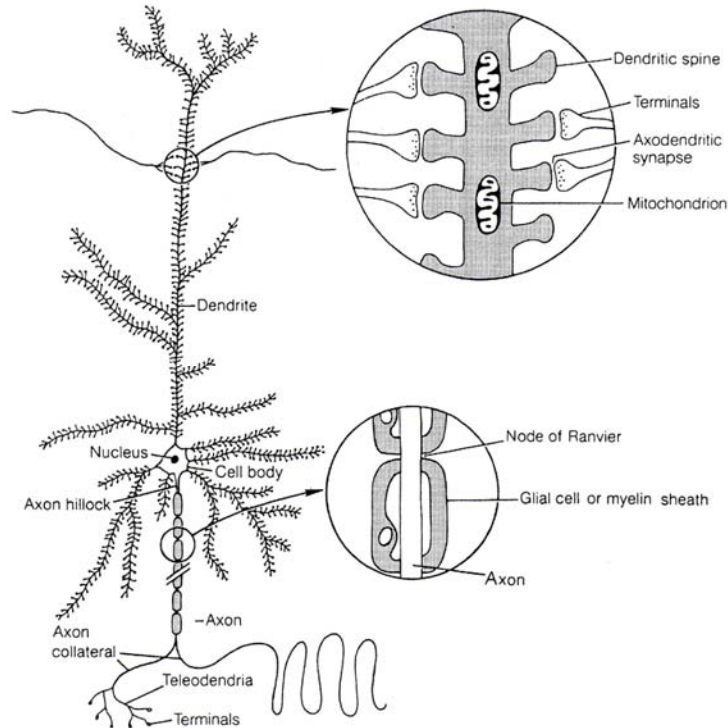
- *Die selliggaam* (Plug et al. 1997:61).
- *Dendriete* (Grieks = boom), die takagtige uitlopers van die neuron wat senuwee-impulse ontvang en na ander neurone lei (Plug et al. 1997:61). 'n Wisselende aantal dendriete kan uit 'n neuron spruit. Soms is daar soveel dendritiese vertakkings wat uit 'n enkele neuron spruit dat die geheelbeeld die voorkoms van 'n boom verkry. Omdat dendriete oortrek is met sinapse, vergroot hulle die ontvangsoppervlakte van die neuron (Thompson 2000:40).
- *Sinapse* (Grieks = bind saam), die funksionele kontakpunte tussen twee neurone, wat in werklikheid 'n klein spasie is (Plug et al. 1997:339). Dit word ook die sinaptiese "spleet" genoem. 'n Tipiese neuron in die serebrale korteks kan duisende sinaptiese kontakpunte met ander selle vorm (Thompson 2000:34).



- *Die akson*, die dunner, lang gedeelte van 'n neuron wat elektriese impulse vanaf die selliggaam gelei (Plug et al. 1997:14). Baie dendriete kan uit 'n neuron groei, maar elke neuron het net een akson (Thompson 2000:33). Sommige aksone dra boodskappe slegs tussen die lae van die dun kortikale membraan of van een breinarea na die ander. Hierdie aksone kan minder as 'n miljoenste duim lank wees, maar aksone kan ook soms 'n meter of meer lank wees (Diamond & Hopson 1998:21-22; Petersen 2000:68; Restak 2000:26; Sylwester 1995:30). Aan die onderkant van die aksone is **telodendria**<sup>20</sup> (telefoonbome), die eindvertakking van die akson waar die oordrag van senuwee-impulse oor die sinaps na 'n ander neuron plaasvind (Plug et al. 1997:376). In hierdie eindpunte is sinaptiese blasies/vesikels wat spesifieke chemiese stowwe bevat wat **oordragstowwe** genoem word (Goldblum 2001:24). Om in staat te wees om met duisende ander selle te verbind, kan die aksone oor en oor in twee verdeel. Volgens Stevens (1979:49) verskil die strukture van aksone en dendriete. Die meeste aksone is langer en dunner as dendriete en die vertakkings aan die eindpunte lyk anders as dié van die dendriete. Die vertakkings van die dendriete neig ook om nader aan die selliggaam te bly (kyk figuur 6). Goldblum (2001:24) verduidelik dat die belangrikste verskil tussen aksone en dendriete is dat die aksonale vertakkings elektrisiteit uitwaarts vanaf die selliggaam begelei terwyl die dendriete die elektriese ladings terug herlei na die selliggaam. Volgens Jensen (1998b:12) en Sylwester (1995:33) verbind die meeste aksone slegs met dendriete. Dendriete verbind normaalweg nie met mekaar nie.

---

<sup>20</sup> *Telodendria* word soms ook *teleodendria* gespel (kyk figuur 6).



**Figuur 6: Aksone, dendriete en teleodendria (Goldblum 2001:23)<sup>21</sup>**

#### **2.6.4.2 Die oordrag van informasie tussen neurone**

Die akson vervul twee belangrike funksies in die liggaam. In die eerste plek gelei dit impulse in die vorm van elektriese stimulering na die sinapsterminale om sinaptiese oordrag te stimuleer. Die tweede belangrike funksie is om oordragstowwe vanaf die selliggaam na die sinaptiese terminale te vervoer en dan weer vanaf die sinapsterminale terug na die selliggaam (Goldblum 2001:24-25; Thompson 2000:35).

Oordrag van neuro-impulse geskied slegs in een rigting, vanaf die selliggaam, deur die akson na die onderkant van die telodendria. Boodsappe word chemies oor die sinaptiese splete vervoer en elektries met die senuweevesels oorgedra (Hannaford 1995:22; Restak 2000:26). Alhoewel neurone nie aan mekaar raak nie en geen elektrisiteit van die een na die ander oorgedra word nie, vind kommunikasie plaas deur middel van die chemiese oordragstowwe in die aksonterminale van die neurone (Goldblum 2001:24). Wanneer 'n neuron geaktiveer word, beweeg 'n elektriese impuls af na die akson. Wanneer die elektriese stroom die blasies of vesikels bereik, veroorsaak dit dat die vesikels saamsmelt met die membraan wat die eindpunte van die akson bedek. Dit het tot gevolg dat die eindpunte oopgaan en die molekules van die oordragstof word dan uitgestort in die vloeistof

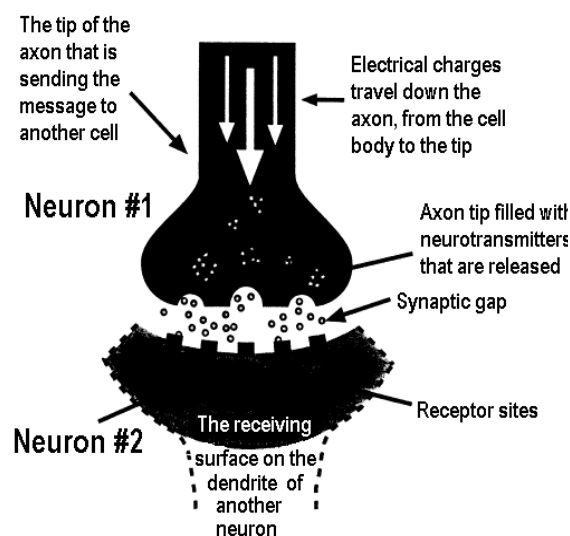
<sup>21</sup> 'n Mitochondrion is 'n klein, korrelagtige organisme wat betrokke is by verskeie liggaamsfunksies soos sellulêre metabolisme, uitskeiding en asemhaling (Corsini 2002:601).

tussen die selle. Die molekules versprei in die vloeistof, en aangesien die opening tussen die eindpunte van sel A en die dendriet van sel B baie smal is, kom baie van die molekules in aanraking met die membrane van dendriete van sel B. Dendrietmembrane is oortrek met groot proteïenmolekules wat **reseptore** genoem word. Hierdie molekules is so gevorm dat die molekule van die oordragstof daarin kan pas soos 'n sleutel in 'n slot. Soos wat elke oordragmolekule opgevang word in die reseptormolekule, word die elektriese lading in die dendrietmembraan effens verhoog (of soms verminder). Dit veroorsaak dat die porieë in die selmembraan oopgaan sodat die gelaaiete partikels (*ions*) die sel kan binnespoel (Goldblum 2001:24).

Die elektriese lading word vanaf die dendriet tot in die selliggaam vervoer, waar dit verbind met ladings vanaf ander dendriete. As die gekombineerde lading sterk genoeg is, lei dit weereens tot 'n afskeiding van elektrisiteit langs die akson en die hele proses begin weer van vooraf (Goldblum 2001:24-25). Hierdie proses word in figuur 7 geïllustreer.

Onmiddellik nadat die oordrag van die oordragstowwe plaasgevind het, moet dit weer "teruggesuiig" word in die neuron vanwaar dit gestuur is (Thompson 2000:35-36). As dit nie gebeur nie sal die ontvangerneuron deurlopend geaktiveer bly en nie slegs wanneer 'n boodskap gestuur word nie (Goldblum 2001:25).

Wanneer 'n spesifieke beweging of invoer van dieselfde impuls telkemale herhaal word, is die kans goed dat die neuronale oordrag toenemend doeltreffend sal raak. In sulke gevalle word 'n beskermende laag miëlin om die akson gevorm. Sodra miëlinisasie plaasgevind het, raak die brein se werking meer suksesvol (Hannaford 1995:21; Petersen 2000:69).



**Figuur 7: Sinaps** (Jensen 1998b:14)



Die samewerking van baie ander neurone met naasliggende sinapse is nodig om impulse te versterk. Neurone kommunikeer normaalweg slegs met naasliggende neurone. Die sterkte van die sinaps is deurslaggewend om te bepaal of die impuls sal voortbeweeg na die volgende neuron. Gewoonlik vergemaklik 'n sterk sinaps van 'n aktiewe neuron die oordrag van neuron na neuron, terwyl 'n swak sinaps oordrag verswak of blokkeer (Damasio 1994:29).<sup>22</sup> Volgens Kotulak (1994:xiii) is 'n belangrike eienskap van die werking van die brein dat dit "beter" raak hoe meer dit gebruik word. Hy stel dit soos volg: ... *the brain gets better and better through exercise, but "rusts" with disuse. It is the ultimate use-it-or-lose-it machine, placing the ability to build brain power squarely into the hand of each of us* (Kotulak 1994:xiii).

#### **2.6.4.3 Die samewerking tussen neurone en die vorming van neuronale netwerke**

Die elektriese impuls wat deur middel van die oordragstof in die ontvangerneuron gedeponeer word, is meestal swak en dit kan selfs na 'n tydjie verdwyn as dit nie deur verskeie ander impulse versterk word nie. Die dendriet van die ontvanger-neuron moet dus 'n groot aantal aktiverende chemiese boodskappe binne 'n kort tydsverloop ontvang om die selliggaam in staat te stel om 'n sterk genoeg elektriese lading te ontwikkel sodat die stroom elektrisiteit langs die akson kan vuur en op hierdie manier die boodskap oordra (Goldblum 2001:26). Dit is belangrik dat die vertakkings van die akson sinaptiese verbindings vorm met dendriete van verskeie ander neurone. Indien die aksonvertakkings net met die dendriete van een ander neuron kontak maak, sou dit onnodig wees om so baie dendriete te hê met so baie aksonvertakkings en sou die boodskap van neuron A slegs ontvang word deur neuron B. Dit is juis om groter funksionaliteit te verseker dat neurone oor groot dendrietnetwerke beskik en die aksone in verskeie vertakkings verdeel sodat die selliggaam boodskappe kan ontvang van baie neurone en sodat boodskappe gestuur kan word na baie ander neurone. Die aksonvertakkings spreid dus wyd uit en vorm sinapse met dendriete van baie ander neurone (Goldblum 2001:26-27).

Die vraag sou gestel kan word: Hoe help hierdie proses om 'n netwerk te vorm? Indien elke neuron 'n boodskap na tientalle ander neurone stuur, sal daar waarskynlik 'n struktuur soos 'n boom met wydverspreide takke ontstaan, eerder as 'n netwerk. Goldblum (2001:27) verduidelik dat 'n netwerk gevorm word wanneer sel A 'n boodskap na sel B stuur, en sel B op sy beurt ook 'n boodskap na sel A stuur. Sel A mag ook 'n boodskap na sel B stuur, wat op sy beurt 'n boodskap na sel C stuur, wat dan weer 'n boodskap na sel A stuur. Op hierdie wyse kan lusse ontstaan, met 'n wye verskeidenheid kombinasies en met talle verskillende neurone in 'n ketting. Goldblum verklaar verder:

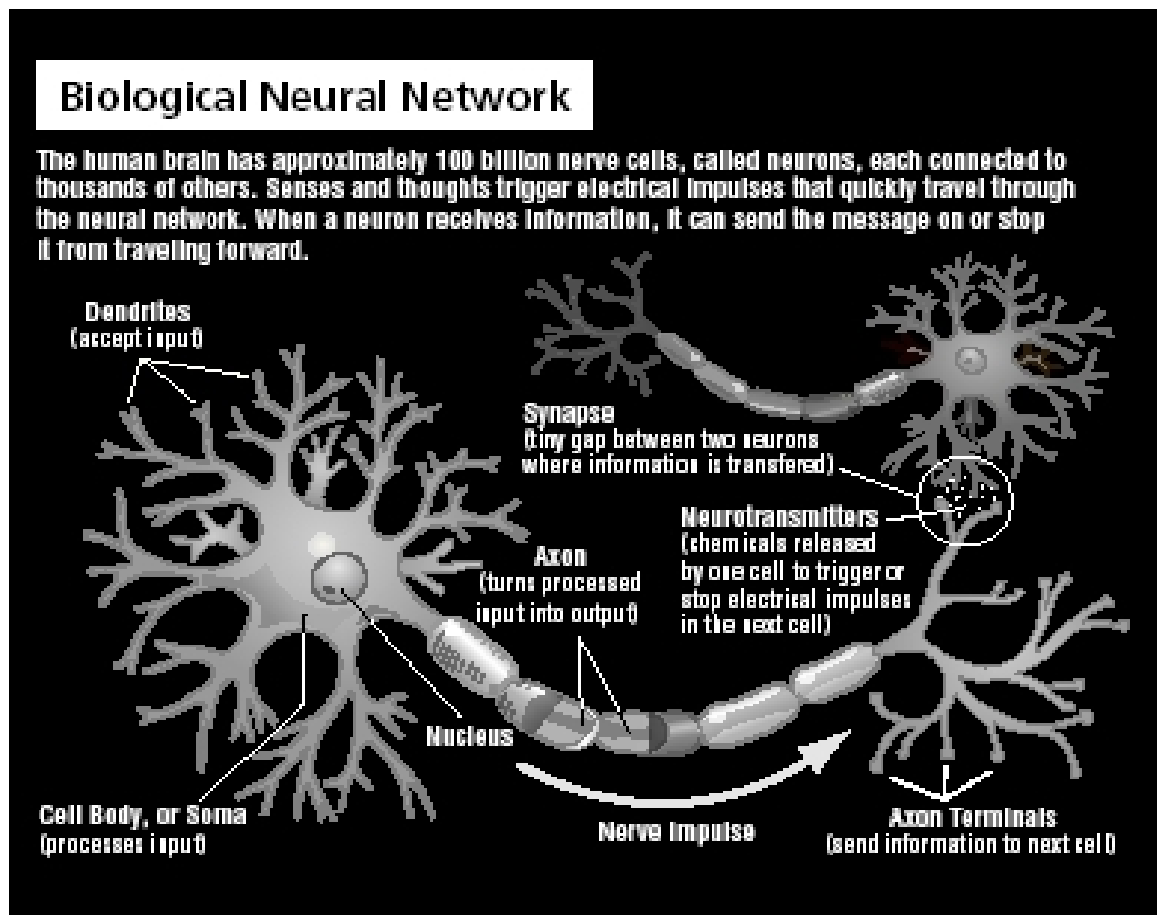
---

<sup>22</sup> Sien 3.2 vir 'n bespreking van Hebb se sinaps.



Groups of tens or hundreds of thousands of neurons in which such message loops exist constitute the neural networks, the networks of the brain which serve as the basis for all our perception, our thinking, our memory, and the planning of our actions (2001:27).

In Figuur 8 word 'n neuronale biologiese netwerk geïllustreer.



**Figuur 8: Biologiese neurologiese netwerke**  
([www.scienceclarified.com/scitech/images/lsai](http://www.scienceclarified.com/scitech/images/lsai))

#### 2.6.4.4 Hoe vind die verbindings tussen die modules plaas?

Die verbindings tussen neurone word nie beperk tot wat in individuele netwerke voorkom nie. Indien die brein perseptuele waarneming wil prosesseer, moet verskeie modules met mekaar verbind. Dit stel die brein in staat om verdere aksie te beplan wat deur die insette van die informasie moontlik gemaak word. Die verbindings tussen neurone in verskillende modules stem grootliks ooreen met die verbindings in dieselfde module. Die aksone is egter langer wanneer boodskappe na ander modules gestuur word. Dit moet lank genoeg wees om die volgende module te bereik, ongeag die gedeelte van die brein waarin dit gehuisves word (Goldblum 2001:27).



Goldblum som die verskillende oordragprosesses en die verband tussen die liggaam en psige soos volg op:

... this whole system serves as the physical basis for the phenomena we call "mind". The synapses between the neurons store all our memories, all our plans for action, all our knowledge of the world, all our hope and fears, and the changes in these synapses constitute all our learning, whether from formal schooling or from our life experiences (2001:29).

## 2.7 DIE CHEMIE VAN DIE BREIN

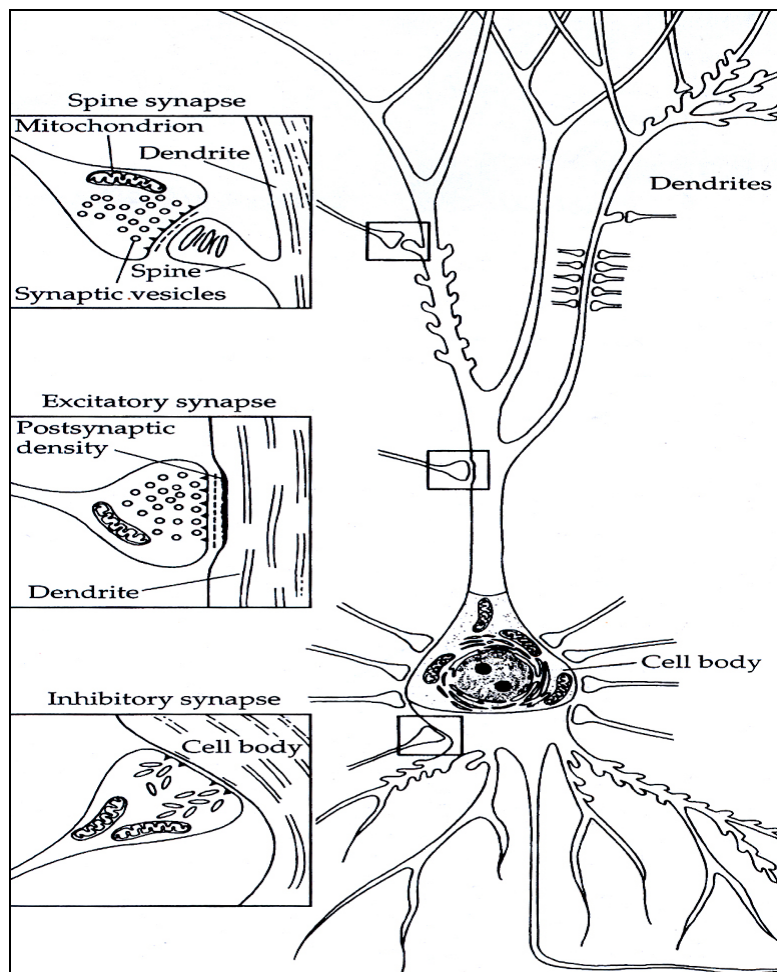
Die informasie wat deur die neurone geprosesseer word, word vasgelê in chemiese molekules wat (neuro)oordragstowwe genoem word. 'n Molekule bestaan uit twee of meer atome. Die belangrikste atome in die brein is koolstof, suurstof, stikstof en waterstof. Ongeveer tien tot dertig atome word saamgesnoer om een van die twintig verskillende tipes aminosure te vorm. Hierdie aminosure vorm die bousteene van die brein se proteïene, hormoon- en oordragstofmolekules (Sylwester 1995:33). Volgens Schwartz (2000:281) en Snyder (1985:114) verskil oordragstowwe van hormone deurdat die post-sinaptiese sel met oordragstowwe nader aan die area is waar die sinaptiese oordrag plaasvind, terwyl hormone in die bloedstroom vrygelaat word om op verafgeleë teikens te reageer. Snyder (1985:114) verduidelik dat die oordrag tussen neurone in 'n paar millisekondes voltooi kan word, terwyl hormonale kommunikasie vanweë die groter afstande wat afgelê word, verskeie ure kan neem om plaas te vind.

Daar is inderdaad groot ooreenkomste tussen hormone en oordragstowwe. Terwyl oordragstowwe deur sinaptiese verbindings oorgedra word, word die chemiese stowwe wat hormone genoem word, hoofsaaklik deur die endokriene kliere afgeskei en via die bloedstroom na ander organe en teikenselle op enige plek in die liggaam vervoer. Elke teikensel is toegerus met reseptore wat slegs spesifieke hormoonmolekules ontvang. Die hormoonmolekules word deur die reseptore uit die bloedstroom getrek en tot binne-in die selkern geneem (Snyder 1985:114). Voorbeelde van hormone is byvoorbeeld adrenalien, noradrenalien, vasopressien en androgeen (Plug et al. 1997:148). Pert (1993:178) noem dat endokriene en ander chemiese stowwe nie net in die brein gevind word nie, maar ook in die immuunsisteem, die endokriene sisteem en dwarsdeur die liggaam.

Dat dit nie vir wetenskaplikes maklik is om die hoeveelheid oordragstowwe te bepaal nie, spreek uit die teenstrydige informasie in hierdie verband. Volgens Hannaford (1995:161), Hodges (1996b:200), Jensen (2000a:73), Sternberg (1995:108) en Sylwester (1995:35) het neurowetenskaplikes meer as vyftig chemiese verbindings geïdentifiseer as neuro-oordragstowwe. Vyf jaar later beweer Sousa (2001:22) dat ongeveer honderd verskillende

oordragstowwe reeds geïdentifiseer is, terwyl Pert (1993:179) verklaar dat daar ongeveer sesstig neuropeptiede net in die brein bestaan waarvan endorfien een is. In 1999 wys Pert (1999:25) weer op die belangrikheid van veral die peptiede en beweer dat hulle ongeveer 95% van die totale hoeveelheid oordragstowwe vorm. Die peptiede speel 'n groot rol in die regulering van feitlik alle lewensprosesse.

'n Oordragstof kan opwekkende of inhiberende boodskappe na die ontvangerneuron stuur (kyk figuur 9). Eersgenoemde boodskap help om die kommunikasie-aksies van die post-sinaptiese neuron te vergroot en laasgenoemde help om dit te onderdruk. Volgens Sylwester (1995:36) is neuronale aktiwiteit in die menslike brein meer dikwels inhiberend as opwekkend. Dit stel 'n persoon in staat om op enige gegewe oomblik net op een onderwerp te konsentreer en alle ander herinneringe of ervarings te ignoreer. Sylwester verduidelik: *Imagine life with a principally excitatory brain that continually attended to everything, carried out all possible actions, and had continual open access to all prior experiences!* (1995:36).



**Figuur 9: Opwekkende en inhiberende impulse** (Thompson 2000:41)



Die leerproses geskied wanneer die sinaps deur chemiese oordragstowwe verander word sodat die invloed van een neuron op 'n ander ook geld (Sousa 2001:22). Volgens Pert (1999:26) het mense vir dekades aan die brein en sy verlenging in die sentrale senuweesisteem gedink as primêr 'n elektriese kommunikasiesisteem. Dit was algemene kennis dat die neurone iets soos 'n telefoonverbindingsnetwerk gevorm het en beskik het oor triljoene kilometers ingewikkelde oorkruisbedrading. Die oorheersing van hierdie beeld in die openbare oog was omdat wetenskaplikes slegs die apparatuur gehad het om die elektriese prosesse in die brein te bestudeer. Die apparatuur om chemiese stowwe waar te neem het relatief onlangs eers in gebruik gekom.

Pert (1993:178) verduidelik dat al die prosesse in die liggaam beheer word deur sogenaamde **boodskappermolekules**. Baie van die boodskappermolekules is peptiede. 'n Peptied word saamgestel uit 'n reeks aminosure, wat, soos reeds genoem, die eintlike boublokke van proteïene is. Daar is ongeveer drie-en-twintig aminosure wat aanmekaar gesnoer word, byna soos 'n string pêrels. Peptiede speel 'n baie belangrike rol in die funksionering van die liggaam en die brein en tekens dui daarop dat dit intersellulêre kommunikasie tussen die brein en die liggaam fasiliteer.

Pert (1999:26-27) beweer verder dat voordat breinpeptiede tydens die 1970s spesifieke aandag ontvang het, die meeste aandag van wetenskaplikes gerig was op oordragstowwe en die sprong wat hulle van een neuron na 'n ander bo-oor die sinaptiese spleet maak. Dit het voorgekom of hierdie chemiese oordragstowwe baie basiese boodskappe gedra het, soos "aan" of "af", verwysende daarna of die ontvangersel elektrisiteit vrystel of nie. Die peptiede aan die ander kant, alhoewel hulle soms soos oordragstowwe optree deur bo-oor die sinapse te swem, is baie meer geneig om deur aanvullende of bykomstige spasies te beweeg. Hulle word ook voortgespoel in die bloed en spinale vloeistof, en hulle kan lang afstande aflê en komplekse en fundamentele veranderings veroorsaak in die selle waarin hulle vrygestel word.

Volgens Hannaford (1995:54-55) wil dit voorkom asof al die emosionele en kognitiewe prosesse wat in 'n persoon se brein plaasvind, biochemies van aard is. Die afskeiding van spesifieke oordragstowwe word geaktiveer deur die reaksie van 'n persoon ten opsigte van gebeure en situasies. Vir die psige en liggaam is elke ondervinding slegs 'n gebeurtenis. Die wyse waarop 'n persoon hierdie gebeurtenis (emosioneel) interpreteer, bepaal sy reaksie daarop. Dit is belangrik om te verstaan dat emosie en die vrystelling van oordragstowwe intiem verweef is met kognitiewe funksies.

Pert (1999:148) het met haar navorsing tot die slotsom gekom dat die dele van die brein waar die meeste peptiede voorkom, ook die areas van die brein is wat verbind word met die



uitdrukking van emosie. Dit het die vermoede laat ontstaan dat die funksie van peptiede aan emosie verwant is. Sy beweer ook dat peptiede die liggaam se organe en sisteme tot 'n eenheid verbind wat op beide inwendige en uitwendige omgewingsveranderings reageer. Sy tref die volgende vergelyking:

Peptides are the sheet music containing the notes, phrases, and rhythms that allow the orchestra – your own body – to play as an integrated entity. And the music that results is the tone or feeling that you experience subjectively as your emotions (Pert 1999:148).

## 2.8 HEMISFERE EN HEMISFERISITEIT

Die gedagte van "twee breine in een skedel" (Herrmann 1995:8) is iets wat filosowe en denkers reeds vir eeue lank besig gehou het, sonder dat dit prakties bewys kon word. Deur die navorsing wat uitgevoer is deur Broca en Wernicke, is bepaal dat die areas vir spraak in die linkerhemisfeer geleë is (Herrmann 1995:8; Mithen 2005:32).<sup>23</sup> Hierdie teorie of bevinding het daartoe gelei dat die linkere brein as dominant oor die regterbrein beskou is. Die regterhemisfeer is aanvanklik as ondergeskik aan die linkerhemisfeer beskou (Edwards 2001:30-31; Herrmann 1995:8; Springer & Deutsch 1999:14-15).

Omdat die werking van die brein so kompleks is, en moeilik toeganklik was vir navorsing voordat skanderingsapparate in dié verband gebruik kon word, het neurowetenskaplikes hul aanvanklik gewend tot die studie van diere se breine met eenvoudige neuronale sisteme. Hierdie dierestudies het waardevolle informasie aangaande basiese breinmeganismes en prosesse help ontwikkel (Sylwester 1995:8-9). Navorsing, met die toepassing van die gedeeldebrein-tegniek (*split-brain operation*), is eers toegepas op ape en katte. Met hierdie operasie word die corpus callosum, die verbinding tussen die twee hemisfere, deurgesny. Hierdie prosedure maak dit vir die brein onmoontlik om enige informasie via die corpus callosum van die een hemisfeer na die ander te stuur. Aanvanklik het dit gelyk asof geen ooglopende veranderings in die gedrag en persoonlikheid van die diere voorgekom het nie. Hierdie skynbaar duidelike afwesigheid van enige merkwaardige veranderings na die operasie het sommige navorsers laat glo dat die enigste funksie van die corpus callosum is om die twee helftes van die brein bymekaar te hou (Springer & Deutsch 1999:31-32). Dit het egter langsaam duidelik geraak dat gedragsafwykings wel voorkom. Sperry (1983:37) verduidelik dat na die chirurgie op die diere, die volgende verskille opgeval het:

---

<sup>23</sup> Sien fig. 10.



When the midline disconnection is complete, two separate mentalities are the result, which sense, perceive, learn, and remember independently. Each half seems to have its own realm of conscious awareness, and each is apparently as much out of contact with the inner mental images of the other as are two brains in separate skulls. But when a band of cross-connections is left intact, linking, for example, the right and left centers for vision or those for touch sensibility in the hands, the inner, mental, subjective experience of the one brain seems to become available to the other.

Hierdie gedeeldebrein-operasietegniek is deur Sperry en sy span navorsers tydens die vroeë sestigerjare uitgevoer op menslike pasiënte wat aan erge epileptiese stuiptrekkings gelei het. Die pasiënte was na die operasie genees van die epilepsie, en daar het op die oog af ook geen verandering in hul geheue, persoonlikheid en gedrag voorgekom nie. Maar die navorsers het steeds met onbeantwoorde vrae gespoek. Wat sou dan die nut wees van die corpus callosum, as sy buitewerkingstelling geen effek het nie? Waarom sou die brein op hierdie manier saamgestel wees indien die corpus callosum nie ook gedien het om die kognitiewe aktiwiteite van die twee denkende hemisfere te integreer nie? (Levy 1983:70).

Met verdere navorsing het Sperry en sy kollegas daarin geslaag om die funksies van elke hemisfeer te isoleer en te bepaal. Dit het uiteindelik getoon dat daar twee aparte psiges in elke menslike brein gehuisves word en dat die corpus callosum se belangrikste funksie is om samewerking tussen die hemisfere moontlik te maak (Herrmann 1995:10). Hierdie revolusionêre ontdekking het die kennis van die brein 'n groot hupstoot gegee en in 1981 'n Nobelprys aan Sperry besorg (Herrmann 1995:9; Sousa 2001:168).

Dit was vir dokters en navorsers uit daardie tydperk feitlik onmoontlik om intieme kennis aangaande die breine van gesonde mense te bekom, omdat die tegnologie nog nie genoegsaam ontwikkel was waarvolgens 'n lewende brein sonder ingryping geanaliseer kon word nie. Hierdie struikelblok is in die vroeë 1970s oorkom toe Ornstein met behulp van bepaalde EEG-tegnieke bewys het dat hemisferiese spesialisasie nie beperk was tot abnormale of siek mense nie, maar dat dit in alle mense gemeet en geïdentifiseer kan word (Herrmann 1995:13). Volgens Herrmann (1995:15) het Ornstein die weg gebaan vir 'n vloedgolf van navorsing wat toegespits was op die gespesialiseerde funksies van die brein. Hierdie navorsingstegnieke het die veld van neuropsigologiese navorsing uitgebrei en het gelei tot 'n steeds groeiende ondersteuning van die konsep van breinasimmetrie – die idee dat die twee kante of helftes van die brein van mekaar verskil. Levy (1983:70) verwys ook na die corpus callosum en die belangrike rol wat hierdie verbinding in 'n gesonde, onverdeelde



brein speel om albei hemisfere te aktiveer en dit vir albei moontlik te maak om informasie te prosessee en terselfdertyd persepsies te vorm.<sup>24</sup>

### 2.8.1 Spesialisering van take deur die twee hemisfere

Soos die navorsing betreffende die gespesialiseerde funksies van die twee hemisfere gevorder het, het 'n nuwe manier vir die konseptualisering van hemisferiese verskille ontwikkel. In stede daarvan dat daar op tipes take gefokus word (soos byvoorbeeld verbaal of ruimtelik) wat die beste deur 'n spesifieke hemisfeer verrig is, het 'n tweedeling ontwikkel wat gebaseer is op die onderskeie werksywes waarvolgens die prosesering van informasie plaasvind. Volgens hierdie ontleding is bevind dat die linkerhemisfeer gespesialiseer is vir taalfunksies, maar dat die spesialisasie moontlik gemaak word as 'n gevolg van die uitsonderlike analitiese vaardighede waaroor hierdie hemisfeer beskik en waarvan taal slegs een van die manifestasies is. Op dieselfde wyse is aangedui dat die regterhemisfeer se voortreflike visueel-ruimtelike vermoëns verkry word van die sintetiese, holistiese werkswyse waarvolgens informasie verwerk word (Springer & Deutsch 1999:48-49).

#### 2.8.1.1 Die linkerhemisfeer

Naudé (1991:26) verwys na die vernaamste bevindings vanuit sy vorige literatuurondersoek,<sup>25</sup> waarin hy die gespesialiseerde funksies van die twee hemisfere deeglik aan die hand van die navorsingsresultate, wat op daardie stadium beskikbaar was, ondersoek het. Hy vat die vernaamste gevolgtrekkings as volg saam: Die linkerhemisfeer prosessee informasie volgens 'n punt-na-punt werkswyse. Hierdie manier van prosesering kan as analities-opeenvolgend beskryf word. Die tydgebonde wyse waarop informasie prosessee word, is die linkerhemisfeer se mees uitstaande eienskap. Dit organiseer informasie sekwensieel, volgens 'n tydsgedimensie, in 'n logiese volgorde, stap vir stap. By implikasie beteken dit dat al die elemente van 'n spesifieke taak nie op 'n bepaalde punt gelyktydig deur die linkerhemisfeer waargeneem kan word nie. Om die dele van die geheel sinvol te integreer, is die hemisfeer afhanklik van die tydsorde waarvolgens elemente aangebied word. Elke element lei dus net tot die volgende element en hul onderlinge betekenis word bepaal deur die **volgorde** waarin dit aangebied of ontleed word (Naudé 1991:26-27). Hierdie wyse van prosesering maak die linkerhemisfeer by uitstek geskik om die taalsisteem te huisves, alhoewel taal slegs een voorbeeld is van hierdie soort

---

<sup>24</sup> Daar word in hierdie gedeelte van die tesis dikwels gebruik gemaak van relatief "ouer" bronne. Dit is omdat die intensiewe ondersoeke na die gespesialiseerde funksies van die twee hemisfere, asook die eienskap van hemisferisiteit, hoofsaaklik plaasgevind het vanaf die sestigerjare, nadat Sperry (1983) bevind het dat elke hemisfeer oor sy eie unieke identiteit beskik. Sedertdien het die fokus van neurologiese navorsing verskuif en beweeg na areas soos die modulêre en molekulêre samestelling van die brein.

<sup>25</sup> Sien Naudé (1985) vir 'n baie volledige literatuuroorsig rondom die linker- en regterhemisferiese funksies.

prosesseringswyse waar die volgorde van klanke, woorde en sinne die betekenis bepaal (Naudé 1991:27).

Volgens Hannaford (1995:79) word die note,<sup>26</sup> polsslag en tempo van musiek in die linkerhemisfeer geprosesseer. Dit is waarskynlik die tydgeoriënteerde en lineêre eienskappe van die linkerhemisfeer wat die tempo en polsslag van musiek prosesseer. Levy (1983:68) verduidelik dat die linkerhemisfeer onontbeerlik is vir die maak en begrip van musiek, onder andere ook omdat die **volgorde van klanke** van kritieke belang is. Dit is duidelik dat waardering en begrip, asook die uitdrukking van gevoel in musiek, afhang van 'n vermoë om tydsverwantskappe te orden. Indien hierdie onderskeidingsvermoë beskadig word, lei dit tot ernstige inkorting van musikale vermoë. Pasiënte met skade aan die linkerhemisfeer vind dit byvoorbeeld baie moeilik om te onderskei watter van twee opeenvolgende tone eerste geproduseer word. Die komponis Maurice Ravel het in die middel van sy loopbaan 'n tipe breindegenerasie van sy linkerhemisfeer ontwikkel wat 'n mate van afasie<sup>27</sup> en apraksie<sup>28</sup> tot gevolg gehad het. Alhoewel hy nog die musiek in sy kop kon hoor, was hy volkome onmagtig om dit neer te skryf (Alajouanine 1948: 232-234; Amaducci et al. 2002:75).

Leerders wat wetenskap, wiskunde en ingenieurswese studeer, toon voorkeure vir linkerhemisferiese dominansie (Iaccino 1993:41). Volgens Jensen (2000a:19) sal linkerbrein-dominante leerders waarskynlik verkies om volgens die volgende metodes te leer:

- Sekwensiële aanbieding van feite (in logiese volgorde)
- Vanaf 'n klein gedeelte na die volledige data
- 'n Fonetiese leessisteem
- Woorde, simbole, letters
- Lees verkieslik eers oor 'n onderwerp
- Verskaffing van verwante feitelike informasie
- Gedetailleerde, geordende bevele.
- In aansluiting met die bostaande leervoorkeure sal linkerbrein-dominante leerders tydens die aanleer van notasie waarskynlik 'n meer akademiese aanbieding verkies, waarin aanduidings logies geskied en verduidelikings van begrippe die demonstrasie van klankeffekte voorafgaan. Meer gevorderde leerders sal harmoniese progressies en

---

<sup>26</sup> Dit is nie duidelik wat Hannaford (1995) met "note" bedoel nie.

<sup>27</sup> Afasie = totale of gedeeltelike onvermoë om deur middel van taal (geskrewe, gesproke, gebare) te kommunikeer weens organiese beskadiging van die taalareas in die dominante serebrale hemisfeer (Plug et al. 1997:8).

<sup>28</sup> Apraksie = onvermoë om, in die afwesigheid van verlamming of sensoriese versteurings, betekenisvolle bewegings uit te voer. Die toestand ontstaan weens beskadiging van die kortikale breinarea.





vormstrukture met behulp van die analitiese werkswyse van die linkerhemisfeer ontleed. Linkerbrein-dominante leerders mag moontlik groter aanklank vind by die komposisievolgens-wet werkswyse van die Barokperiode as by die meer gevoelsgebaseerde komposisies uit byvoorbeeld die Romantiese periode.

### **2.8.1.2 Die regterhemisfeer**

Die regterhemisfeer volg 'n totaal ander kognitiewe styl van prosessering as die linkerhemisfeer. Dit prosesseer afsonderlike komponente "holisties" tot 'n geïntegreerde geheel (dus nie stap vir stap nie). Johnson en Daumer (1993:261) verduidelik dat die regterhemisfeer kennis deur beelde (*images*) verkry en nie deur woorde nie.

Die eiesoortige kenmerke van die regterhemisfeer se holistiese prosesseringswyse kan as volg saamgevat word:

- Komplekse stimuli word as 'n geheel in plaas van afsonderlik georganiseer. Die regterbrein kan brokkies informasie met 'n oogopslag waarneem en dit in een oorkoepelende gedagte prosesseer. Dit sintetiseer (vat saam, bou op) (Galín 1979:19; Naudé 1991:27; Rose 1996:14).
- Die waarneming van 'n gedeelte van 'n voorwerp is net so goed as die waarneming van die geheel, dit wil sê die geheel kan op grond van één essensiële besonderheid herken word (Naudé 1991:27).
- Omdat die neiging bestaan om die geheel waar te neem, word ontbrekende deeltjies op 'n outomatiese wyse aangevul (Galín 1979:20; Naudé 1991:27).
- Die werkswyse waarvolgens voorwerpe, emosie en gebeure in die geheel geprosesseer word, breek die skeiding tussen die verskillende elemente en fases van prosessering af. Deur 'n enkele stimulus kan verwante ervarings, beelde en gevoelens opgeroep word (Johnson & Daumer 1993:261; Naudé 1991:28).
- Die regterhemisfeer is verantwoordelik vir die passie, ritme en verbeelding van musiek (Hannaford 1995:79). Rose (1996:12) beaam ook dat die regterhemisfeer gemoed is met ritme en musiekwaardering.
- Die regterhemisfeer is ook verantwoordelik vir visuele indrukke, prente, ruimtelike patrone en kleurherkenning (Rose 1996:12).
- Die regterhemisfeer kan deur sy besondere neuronale samestelling onderskeie komponente van 'n taak gelyktydig in groepe organiseer. Op hierdie manier kan dit die raamwerk van die geheel aan die linkerhemisfeer voorsien om die geheel te kan opbreek en weer saam te stel, of dit kan die take self aanpak op 'n *gestalt* of holistiese wyse (Naudé 1985:112).



- Dit besit die vermoë om sekere konsepte te vorm, asook abstrakte emosies soos byvoorbeeld liefde, haat, lojaliteit (Rose 1996:12).
- Dit is intuïtief en subjektief. Metafore word verstaan, drome gedroom en nuwe kombinasies van idees geskep (kreatiewe vermoë) (Johnson & Daumer 1993:262).
- Die tydsordening van gebeure of waarnemings speel geen rol in die prosesseringswyse van die regterhemisfeer nie. Dit is nie gesteld op ordelike, sekwensiële prosessering nie. Dit is eerder 'n op-die-oomblik gesentreerdheid of 'n tydlose ervaring waartydens gebeure onmiddellik of tegelykertyd plaasvind: met ander woorde, gebeure en ervarings word nie chronologies volgens 'n tydsorde waargeneem nie (Iaccino 1993:32).

Leeders wat literatuur bestudeer, of op die een of ander manier by geesteswetenskappe betrokke is, toon meer regterhemisferiese dominansie (Iaccino 1993:41). Leeders met 'n dominante regterbrein sal volgens Jensen (2000a:19) waarskynlik tydens die leerproses die volgende metodes van aanbieding verkies:

- Ewekansigheid, met ander woorde, nie volgens 'n vooropgestelde logiese volgorde nie
- Vanaf geheelbeeld na onderdele
- 'n Heeltaalleessisteem
- Prente, grafieke en kaarte
- Eers sien of ervaar, dan die feite
- Die verwantskap tussen dinge
- Spontane leeromgewings
- Oop besprekings (*open-ended*), nuwighede en verrassings.
- Ten slotte, twee kriptiese aanhalings om die verskille in prosesseringswyse tussen die twee hemisfere te beskryf:

*The left hemisphere processes "parts" (sequentially): the right side processes "wholes" (randomly) (Jensen 2000a:17).*

*The language area of your brain can't recognize faces, and the face area can't do language (Gazzaniga 1998:36).*

## 2.8.2 Samewerking tussen die hemisfere

Die navorsing wat sedert die sestigerjare uitgevoer is, ná die gedeeldebrein-operasies van Sperry en sy span, het legitimiteit verleen aan die siening dat die twee hemisfere saamwerk in die prosessering van informasie en die uitvoering van daaropvolgende bevels deur die



brein. In hierdie afdeling, asook 2.8.3, 2.8.4 en 2.8.5 word verskillende outeurs aangehaal wat oor dieselfde onderwerp geskryf het. Daar word kortliks na almal verwys ten einde legitimiteit te versterk.

Sperry (1985:19) beskryf die samewerking tussen die twee hemisfere as volg:

... it is important to remember that the two hemispheres in the normal intact brain tend regularly to function closely together as a unit, and that different states of mind are apt to involve different hierarchical and organizational levels, or front-back and other differentiations, as well as differences in laterality.

Terwyl die linkerhemisfeer informasie hoofsaaklik op 'n tyd-georiënteerde wyse en die regterhemisfeer informasie hoofsaaklik volgens 'n ruimtelike dimensie orden, is daar in normale breinfunksionering 'n noue samewerking tussen die hemisfere, wat 'n unieke integrasie van kognitiewe en gedragsfunksies tot gevolg het. Hierdie relatiewe spesialisasie is die meeste van die tyd nie waarneembaar nie, omdat die hemisfere hul funksies teen 'n hoë spoed en op 'n ingewikkelde wyse koördineer (Naudé 1991:28). Bradshaw (1989:72) en Buzan en Buzan (1993:33) beklemtoon die beginsel van gelyktydige/parallele funksionering van breinsisteme, waar verskillende breinsisteme gelyktydig verskillende funksies kan uitvoer wat aanvullend tot mekaar staan en nie 'n rigiede verdeling van funksies behels nie. Volgens Bradshaw (1989:207) is daar geen bewys dat net één hemisfeer betrokke is in enige taak nie. Alhoewel albei hemisfere differensieel gespesialiseer mag wees vir analities-holistiese prosessering, reageer hulle onvermydelik op mekaar en werk hulle in wisselwerking saam. Bradshaw (1989:144) beweer verder dat die linkerhemisfeer in staat is tot die bemiddeling van alle gedragsfunksies deur middel van 'n analities-opeenvolgende prosesseringswyse terwyl die regterhemisfeer dieselfde resultaat kan bereik deur bemiddeling van 'n holistiese werkswyse. Sommige aspekte van taal mag byvoorbeeld beter deur die regterhemisfeer hanteer word, al is die werkswyse anders.

Ornstein (1997:169) beskryf die samewerking tussen die hemisfere as volg:

Clearly we don't have two brains, but one with a myriad of specializations inside, and two major ways of organizing the world. It isn't an either-or situation, or a left-right one. The ultimate objective of understanding the brain, at least this division, isn't a matter of "Drawing on the Right Side of the Brain," but of all the brain.

Wanneer 'n taak byvoorbeeld stadig geprosesseer word omdat dit moeilik en nuut is, kan die brein 'n analities-opeenvolgende prosesseringswyse volg, wat hoofsaaklik die linkerhemisfeer betrek, maar nie noodwendig die regterhemisfeer uitsluit nie. Sodra die taak meer outomaties word, en teen 'n vinniger spoed geskied, kan groter effektiwiteit bereik word deur



die regterhemisfeer se holistiese wyse van prosessering, maar weereens nie met die uitsluiting van die linkerhemisfeer nie (Miran & Miran 1987:337).

Naudé (1991:28) beweer dat meer kortikale opwekking vereis word wanneer 'n taak baie moeilik en kompleks is. By hoë vlakke van opwekking skyn dit asof die hemisfeer wat beter toegerus is om 'n spesifieke taak uit te voer, die leiding neem. Die ander hemisfeer mag moontlik 'n ondersteunende rol speel of slegs 'n agtergrondfunksie verrig. Wanneer die opwekkingsvlak daal en die taak minder kompleks is, verander die situasie egter en vind daar weinig of geen oorheersing van die een hemisfeer bo die ander plaas nie. Levy (1983:70) beskryf ook die bilaterale hemisferiese betrokkenheid wanneer 'n taak baie kompleks is en maak die bewering dat die eindresultaat as gevolg daarvan grootliks verbeter word. Dit is asof 'n enkele hemisfeer nie oor die vermoë beskik om dominansie te behou wanneer 'n taak baie kompleks raak nie. Goldberg (1983:119) dui aan dat die verskille in hemisferiese aktiwiteite tussen die twee hemisfere, soos aangedui deur EEG-studies, meestal minimaal is.

Volgens Jensen (2000a:17) kan gebeure wat in een hemisfeer plaasvind, gebeure beïnvloed wat terselfdertyd in selfs verafgeleë dele van die ander hemisfeer plaasvind. Dit is inderwaarheid feitlik onmoontlik om een hemisfeer te "verhoed" om informasie van die ander helfte te kry (Jensen 2000a:18). Johnson en Daumer (1993:262-263) maak in hierdie verband die stelling dat daar feitlik niks is wat 'n normale persoon kan doen, wat net een hemisfeer betrek nie: ... *we need both methods of processing in order to truly understand complex systems of communication which involve all our processing mechanisms*. Verwysende na die buitengewone buigsaamheid waartoe die jong brein in staat is, beweer Johnson en Daumer (1993:261) dat jong kinders oor min, indien enige, hemisferiese spesialisasie beskik. Dit is moontlik dat 'n kind normaal kan ontwikkel al verloor hy ook een hele hemisfeer, omdat albei hemisfere oor die vermoë tot albei prosesseringswyses beskik ... *because each side does possess the potential for both processing modes*.

### **2.8.3 Horisontale en/of vertikale prosessering**

Volgens Naudé (1985:47) sal dit 'n fout wees om uitsluitlik te konsentreer op die linker- en regter- kortikale hemisfere en die horisontale samewerking tussen die twee. Die vertikale organisasie van die brein speel eweneens 'n baie belangrike rol in die werking van die brein. Trouens, die funksionele organisasie van die brein is gebaseer op kortikale, subkortikale en breinstamfunksionering. Joseph (1990:256) wys daarop dat sekere subkortikale dele in die limbiese sisteem ook gelateraliseer is. Vanweë verbindings tussen die linker- en regterhemisfeer op subkortikale en kortikale vlak, kan die ervarings en invloede vanuit die regter-subkortikale en kortikale streke direk oorgedra word na die linkerhemisfeer om

beskryf of benoem te word. Op hierdie manier werk die regter- en linkerhemisfeer saam, nie alleen om kommunikasie moontlik te maak nie, maar inderwaarheid alle vorms van gedrag, wat denke en leer insluit (Joseph 1990:256).

#### 2.8.4 Hemisferisiteit: feit of fiksie?

Die mees onlangse beskrywings van die funksies van die brein verwys na die modulariteit daarvan, eerder as die hemisferisiteit (kyk 2.4.2 en 2.4.3). Dit wil voorkom asof die begrippe **modulariteit** en **hemisferisiteit** egter nie teenoor mekaar staan nie, maar eerder aanvullend tot mekaar optree. Elk van die twee hemisfere verrig take op 'n spesiale manier en elke hemisfeer bestaan uit versamelings of modules neurone wat saamwerk. By implikasie beteken dit dat modules of groepe modules in elke hemisfeer in ooreenstemming met die verkose werkswyse van die hemisfeer sal opereer.

Dit is opvallend dat ten spyte van die geweldige hoeveelheid navorsing wat sedert die negentigjare oor die brein gepubliseer is, navorsers na c.1995 relatief min verwys na die begrip van **hemisferisiteit**.<sup>29</sup> Dit is duidelik dat die belangstelling in die onderskeie werkswyses van die twee hemisfere afgeneem het. Hierdie waarneming word deur Springer en Deutsch (1999:357-358) ondersteun wanneer hulle beweer dat baie van die meer onlangse neurologiese navorsing nie meer 'n duidelike fokus op hemisferiese verskille plaas nie:

Over time, the emphasis on "laterality" of function in brain research has subsided as new and increasingly sophisticated questions about cerebral organization are being asked and, to some extent, answered.

Tog is Springer en Deutsch (1999:358) van mening dat die fundamentele beginsel van serebrale organisasie 'n belangrike rol in kognitiewe neurowetenskap speel, al word die beginsel nog nie ten volle verstaan nie. Sergent (1995:189) beweer in hierdie verband dat die probleem van funksionele asimmetrie van die brein die essensie van menslike neuropsigologie vorm. Logika en ervaring laat die mens glo dat twee simmetriese strukture, wat uit dieselfde weefsel bestaan en oor dieselfde anatomiese organisasie beskik, noodwendig dieselfde eienskappe en funksies moet hê, soos in die geval van die oë, longe, niere of ore. Dit is egter nie die geval met die brein nie, en die strukturele ooreenkomste van die twee belangrikste dele word nie vergesel deur ooreenkomstige funksionele ekwivalente nie. Dit is 'n paradoksale fenomeen wat geen ekwivalent in die natuur het nie (Sergent 1995:189).

---

<sup>29</sup> Vir 'n samevatting oor die navorsing oor die brein wat uitgevoer is deur die medium van musiek, word die leser verwys na drie bronne waarin 'n oorsig gegee word van die meeste van hierdie navorsing, naamlik: Colwell, R. (Red) 1992. *Handbook of Research on Music Teaching and Learning*; Colwell, R. en Richardson, C. (Reds.) 2002. *The New Handbook of Research on Music Teaching and Learning*; Zatorre, R. en Peretz, I. (Reds.) 2001. *Biological Foundations of Music*.



Volgens Hannaford (1995:178-180) word die inname van sensoriese informasie gefasiliteer wanneer die dominante oog, oor, hand en voet aan die teenoorgestelde kant van die liggaam as die dominante hemisfeer is. Die patroon van neuronale netwerke verskil van persoon tot persoon en hierdie netwerke word nie alleen gevorm deur ondervindings wat 'n persoon opdoen nie, maar is ook aangebore. Die neuronale bedrading word verder gedeeltelik bepaal deur die spesifieke manier waarop 'n persoon verkies om sensoriese informasie in te neem. Hierdie netwerke vorm 'n persoon se unieke leerstyl en is nie op sigself sleg of goed nie, maar is slegs 'n neiging tot 'n bepaalde tipe persepsie. Wanneer nuwe informasie ingeneem word, bestaan die neiging om meer staat te maak op die dominante sensoriese organe (oë of ore) en die voorkeurmanier van informasie-prosessering. In stresvolle omstandighede funksioneer slegs een hemisfeer, óf die gestalt-óf die logiese hemisfeer, en 'n persoon het minder effektiewe gebruik van die sintuie wat nie deur die dominante hemisfeer beheer word nie (Hannaford 1995:178-180).

In die lig van die meer onlangse informasie wat deur die navorsing na vore gebring is, is die kwessie rondom lateraliteit of hemisferisiteit vanuit verskillende hoeke deur navorsers en pedagoë bespreek en het daar ook ernstige meningsverskil ontstaan oor die geldigheid of nodigheid vir verdere navorsing daaroor. Sommige navorsers, soos Efron (1990:65), stel dit sterk: ... *I consider that part of laterality research concerned with performance asymmetries to be **brain dead**.*

Iaccino (1993:220), aan die ander kant, beweer drie jaar later dat die toekoms baie belowend lyk vir serebrale asimmetrieë en dat eksperimentele tegnieke toenemend verfyn word om te bepaal hoe buigbaar en/of gevestig hierdie asimmetrieë is. Hy sluit sy boek af met die volgende stelling:

... one constant remains, regardless of the conceptualization that is adopted: namely, that the brain hemispheres are not mirror images of each other, structurally or functionally speaking. This point should be kept in mind when reaching any conclusion concerning cerebral asymmetries, both now and in future decades (Iaccino 1993:221).

Ornstein (1997) verskaf in sy boek, *The Right Mind*, nuwe perspektiewe rondom die onderskeie funksies van die twee hemisfere en hoe hulle met mekaar saamerk. Hy benadruk die rol wat die regterhemisfeer speel en sluit sy boek af met die volgende insiggewende paragraaf:

If we take a modern view that the mind is made up of different talents, each of them on stage at any time, then it is clearly the right hemisphere that provides this stage. And given the right hemisphere's focus on the large elements of our lives, it provides the possibilities for us to choose, by a complex process



involving all the brain's power, what we might call "the right mind" for different situations (1997:176).

### 2.8.5 Hemisferiese asimmetrie

Die terme **hemisferisiteit**, **hemisferiese asimmetrie** of **serebrale dominansie** verwys na die verskille in die prosesseringswyses van die twee hemisfere. Hierdie verskillende aspekte van die lateraliteit van die twee hemisfere en die **voorkeur** van 'n individu om hoofsaaklik te steun op 'n bepaalde manier van informasieprosessering wat eie is aan 'n bepaalde hemisfeer, word uitvoerig deur Bogen (1969:135-162) bespreek. Springer en Deutsch (1999:294) verduidelik verder dat die konsep van hemisferisiteit die uitbreiding of verlenging is van die verskynsel dat die twee hemisfere verskillend gespesialiseer is vir die onderskeie denkmodesse.

Gedurende die laat 1960s en vroeë 1970s het 'n beduidende getal navorsers die gespesialiseerde funksies van die linker- en regterhemisfeer ondersoek. Trouens, die publikasies van die groep navorsers onder leiding van Sperry wat die implikasies van die gedeeldebrein-operasie ondersoek het, het gelei tot so 'n groot aantal studies oor die hemisfeer dat daar soms daarna verwys word as 'n PhD-fabriek (Walsh 1987:314). Ook Galin (1979:23) brei uit oor die sogenaamde **dichotomania** wat gemanifesteer is deur die betrokkenheid van persone in ander velde as neuropsigologie, soos byvoorbeeld opvoedkunde, sosiologie, skeppende kuns en filosofie: *Like many productive ideas, this one is sometimes applied over enthusiastically.*<sup>30</sup>

Hierdie vloedgolf van navorsing het 'n positiewe en negatiewe invloed uitgeoefen. Aan die positiewe kant is baie informasie in 'n kort tyd bekom, maar aan die negatiewe kant was daar die neiging om elke tweedeling in terme van linker- en regterbrein te interpreteer. Dit het daartoe gelei dat die skeidslyn tussen feit en fantasie nie altyd duidelik was nie en verwronge persepsies het as gevolg daarvan by baie mense posgevat (Springer & Deutsch 1999:294; Ornstein 1997:87-96).

Volgens Kinsbourne (1980:334) bestaan daar 'n gevaar dat mense die **spesialisasie** van die brein vir kognitiewe prosesse kan verwar met die **keuse** van 'n kognitiewe styl. Sommige persone beskryf die linkerhemisfeer as dat dit oor "koue rasionaliteit" beskik, in teenstelling met die regterhemisfeer se "kreatiewe en intuïtiewe flair." Hierdie waardebepalings is nie gegrond op sistematiese bewyse nie. Dit wil voorkom asof 'n individu oor 'n eie kognitiewe

---

<sup>30</sup> Gazzaniga en LeDoux (1978:6) beskryf die groot hoeveelheid navorsing oor die funksies van die twee hemisfere as volg: *the basic claims concerning hemisphere functioning underwent a radical change. There arose a barrage of overdramatized accounts of the uniqueness of mind left and right. These representations ... gave rise to a cultlike following and were largely written by people who have never seen a patient, but they were fed, in part, by new studies carried out by those directly involved in the experimental enterprise. We believe that these "pop" versions of hemispheric function are in error.*



styl beskik, wat nie verander wanneer die balans tussen die hemisfeer versteur word nie (byvoorbeeld deur 'n besering). Om dus te vra of 'n individu die linkerhemisfeer se analitiese of die regterhemisfeer se verwante prosesse verkies om probleme op te los, is om 'n te eenvoudige tweedeling te gebruik vir 'n individu se vermoë om sy brein te gebruik vir probleemoplossing. Dit is in ieder geval baie moeilik om vas te stel watter hemisfeer op 'n bepaalde stadium in beheer is, omdat die hemisfeer via die corpus callosum so interverweef is. Die meeste van die tyd funksioneer die twee helftes van die brein as 'n eenheid. Dit beteken dat in die ongeskonde menslike brein verskeie dele aan elke kant van die serebrum konstant aktief mag wees. Dit is net persone wie se corpus callosum chirurgies ontkoppel is, wat by die uitvoering van 'n spesifieke taak gekonfronteer word met die **keuse** om óf die linker- óf die regterhemisfeer te gebruik (Kinsbourne 1980:335).

Gegewe die groot aantal verskillende prosesse wat op kortikale vlak gebruik kan word en die individu se vermoë om van die prosesse selektief te gebruik, is dit nie duidelik deur watter meganisme 'n persoon die geskikte proses sou kies om te gebruik vir 'n spesifieke taak nie. Kinsbourne (1980:335) is van mening dat 'n kiesmeganisme nodig is om selektief die geskikte gedeeltes van die serebrale korteks te aktiveer. Aanduidings is dat die breinstam die area is waarin so 'n kiesmeganisme gesetel is (Kinsbourne 1980:336).<sup>31</sup> Alhoewel geen verdere verwysing na 'n kiesmeganisme wat in 'n bepaalde area in die brein gevind word, in die literatuur opgespoor kon word nie, word daar wel herhaalde male verwys na die mens se vermoë om 'n bepaalde hemisfeer se werkswyse te kies.

Volgens Odam (1995:10) is die meeste mense nie bewus van 'n persoon se vermoë om 'n spesifieke hemisfeer vir 'n bepaalde taak te kies nie en wend hulle nie hierdie vermoë tot hulle voordeel aan nie. Dit kan egter aangeleer word. Hoe minder 'n mens bewus is van die vermoë om 'n breinfunksie te kies, hoe groter is die moontlikheid van mislukking in die uitvoering van take: *The less we are aware of our ability to choose and use appropriate brain functions, the less well we function and the more we are in danger of chaotic thinking, depression and irrational action* (Odam 1995:10).

Met betrekking tot die keuse wat 'n individu uitoefen wanneer musiek geprosesseer word, beweer Odam (1995:85) dat mense wat geleer het om die linkerhemisfeer in regterhemisfeer-geïnisieerde take te gebruik (soos byvoorbeeld musici) 'n meer aanpasbare gebruik van die brein toon as diegene wat slegs geleer het om die linkerbrein te gebruik. Odam (1995:85) vervolg:

---

<sup>31</sup> Dr. E. van der Walt, neurochirurg, het in 'n persoonlike onderhoud (2004) die mening uitgespreek dat dit onwaarskynlik is dat die breinstam oor so 'n kiesmeganisme sal beskik, veral omdat die breinstam meer te make het met diepliggende biologiese prosesse.





There is also strong evidence to show that humans are well able to learn to choose which hemisphere to use for a particular task and that the ability to make such a choice can be educated. We have to be able to know how and when to engage what parts of our brain, just as in physical education we have to learn how to engage various muscles.

Serebrale verskille in 'n persoon kan ten goede of ten kwade verander, afhangende van die tipe blootstelling wat so 'n persoon ervaar. Dit beteken dat geen twee breine ooit absoluut eners sal lyk nie. Lateralisasie is nooit absoluut nie en 'n bepaalde patroon sal nooit vir 'n spesifieke groep mense op presies dieselfde manier ontwikkel nie. Iaccino (1993:211) verduidelik dit as volg:

... the asymmetrical blueprint can be changed, for the better or the worse, depending on the type of experiential agents administered to subjects. Because lateralization is never absolute, no single asymmetrical pattern ever will be found for a particular group of subjects. There will be as many blueprints as there are individual variations, and, sad but true, scientists may never be able to account for all of the patterns, even within a theoretical framework.

In hierdie verband wys Altenmüller et al. (2000a:100) daarop dat die konsep van **statiese** hemisferisiteit nie toepaslik is nie, juis omdat mense maklik van een kognitiewe modus na 'n ander kan oorskakel.

## 2.9 DIE PROSESSERING VAN MUSIEK IN DIE TWEE HEMISFERE

Daar is geen voor die hand liggende manier waarvolgens die fenomeen "musiek en die brein" op sy eie bestudeer kan word nie. Flohr en Hodges (2002:991) verduidelik dat die enorme kompleksiteit van breinfunksionering dit uiters moeilik maak om navorsing oor breinfunksies uit te voer en logiese en korrekte afleidings te maak. Wanneer die navorsing oor die brein en musiek boonop met die subtiliteite en ingewikkeldheid van menslike musikale gedrag ontleed word, is dit duidelik dat neuromusikale navorsing uiters gekompliseerd is.

Flohr en Hodges (2002:991) verduidelik dat dit belangrik is om in gedagte te hou dat die brein net 'n gedeelte vorm van 'n veel groter sisteem wat die sentrale senuweestelsel (brein en spinale kolom) en die perifere senuwees (wat boodskappe van en na die brein vervoer) insluit. Daarby stel die brein ook hormone in die bloedstroom vry sodat die brein, in 'n sekere sin, dwarsdeur die liggaam versprei is. Sommige navorsers werk net vanaf 'n suiwer neurologiese gesigspunt wat gemoeid is met fisiologiese prosesse. Ander navorsers werk weer vanaf 'n meer mentale of kognitiewe benadering. Dit wil voorkom asof moderne kognitiewe neurowetenskap nou begin om hierdie gaping te oorbrug. Die konsep van



psigoneuroimmunologie (*psychoneuroimmunology*) erken interverbindinge tussen die psige, brein en liggaam. Musiek is 'n fenomeen wat voortspruit uit interaksies tussen al drie (Flohr & Hodges 2002:991).

### 2.9.1 Wat word onder "musiek" verstaan?

Wat Flohr en Hodges (2002:991) nie met die voorafgaande stelling noem nie, is dat afgesien van die kompleksiteit van die brein en die hoogs gespesialiseerde werking van menslike musikale gedrag en die psige, musiek self 'n geweldige komplekse entiteit is en dat die prosessering van die verskillende fasette van musiekbeoefening en -beluistering op velerlei terreine 'n ondersoek regverdig. Dit spreek vanself dat 'n ondersoek na musiek en die brein dus oor 'n wye veld van verskeie dissiplines versprei moet wees. Afgesien van die mees voor die hand liggende eienskappe van musiek, soos byvoorbeeld melodie, harmonie, ritme en timbre, is daar ook ander eienskappe wat in berekening gebring moet word wanneer die prosesse ondersoek word waardeur musiek in die brein "opgeneem" word. Volgens Levitin (Yanofsky 2007:70) is een van die probleme met navorsing oor hoe die brein musiek prosesseer juis dat dit nie rekening gehou het met die wyse waarop mense musiek ondervind of ervaar nie.

Altenmüller (2001:274) brei uit oor subjektiewe konsepte wat onder die term **musiek** bedoel word:

Before considering brain substrates of music processing, we have to clarify what we term "music" in this context. To our understanding, music is not a mere acoustic structure in time, or a stimulus created in a laboratory to fit a well-controlled experimental design, but a phenomenon of subjective human experience.

By al hierdie komponente wat onder die sambreelterm "musiek" ingesluit kan word, resorteer ook nog aspekte soos die onderrig en aanleer van musiek. Jensen (2000a:245) verduidelik:

The brain responds differently depending on if you are learning music by hearing it, playing it, reading it, being told about it, visualizing a score, recalling a concert, or experiencing strong emotions involving music. Each of these events is registered and processed differently in the brain. For example, melody activates the right brain, while harmony and rhythm activate more of the left brain; and measuring beats activates the cerebellum.

### 2.9.2 Die rol van ervaring en voorkeure tydens die prosessering van musiek

Afgesien van spesifieke areas in die brein waar verskillende aspekte van musiek geprosesseer word, toon die hemisfere ook bepaalde voorkeure wanneer die prosessering van musiek ter sprake kom. Deur fundamentele navorsing is reeds bepaal dat hemisferiese



oorheersing deur musikale vaardigheid en kundigheid bepaal word (Bever & Chiarello 1974:537-540). Altenmüller (2001:273) verduidelik dat kortikale aktiwiteit gedurende musiekprosessering die ouditiwe "leerbiografie" van 'n persoon reflekteer, met ander woorde, die persoonlike ondervindings wat 'n persoon tydens sy/haar lewensloop opdoen. Die beluistering van musiek, die aanleer (bespeling) van 'n musiekinstrument, formele en professionele onderrig word op verskeie maniere en in areas geprosesseer wat ook kan verander of verwissel na gelang van omstandighede en ook vinnig kan aanpas ... *result in multiple, in many instances multisensory, representations of music, which seem to be partly interchangeable and rapidly adaptive* (Altenmüller 2001:273). Deur middel van eksperimentele programme is ook vasgestel dat formele onderrig en informele ervaring wat opgedoen word in verskillende omgewingstoestande, meetbare veranderings in die neurochemie en selfs neuroanatomie van die brein tot gevolg het (Black & Greenough 1998:81). Dit sluit aan by die begrip van die plastisiteit van die brein.

Aansluitend hierby verwys Altenmüller (1989:1-14) en Odam (1995:85) daarna dat die meeste van die fisiologiese eksperimente in musikale persepsie wat gedurende die afgelope dekade of so onderneem is, duidelik toon dat die linkerhemisfeer betrek word wanneer opgeleide musici musiek beluister of self speel, terwyl nie-musici hoofsaaklik die regterbrein gebruik en eers later leer om die linkerbrein ook te gebruik as die take herhaal word en uitvoering dus makliker geskied. Dit skyn dus asof opgeleide musici 'n groter **voorkeur** openbaar vir die linkerhemisfeer as nie-musici wat oorwegend die regterhemisfeer gebruik (Altenmüller 1989:7-8). Altenmüller (1989:12) verduidelik dat die verskynsel dat professionele musici musiek hoofsaaklik in die linkerhemisfeer prosesseer, moontlik verklaar kan word deur die feit dat hulle baie gebruik maak van verbale aanduidings om take op te los, omdat hulle geleer is om komplekse musikale strukture verbaal te ontleed. Dit mag ook wees omdat musici musiek op 'n meer intellektuele basis benader as nie-musici. Vanweë 'n gebrek aan ontwikkelingsstudies kan nog nie bepaal word of daar tydens die onderrig- en leerproses aan 'n universiteit of musiekskool, 'n verskuiwing in hemisferiese dominansie van die regter- na die linkerhemisfeer is nie – 'n verskynsel wat dan toegeskryf kan word aan die leerposes en die verkryging en ontwikkeling van nuwe kognitiewe strategieë. Dit sal beteken dat hemisferiese dominansie vir kognitiewe take nie gefikseer is nie en deur studie gemodifiseer kan word. 'n Verdere moontlikheid is dat linkerhemisferiese dominansie in professionele musici reeds bestaan het voordat hulle onderrig ontvang het en dat dit moontlik selfs 'n voorvereiste vir hul musikale vermoëns is (Altenmüller 1989:12).

Meer onlangse navorsing, uitgevoer deur Seung et al. (2005:323-239), het getoon dat met vergelykbare musikale take, daar tussen proefpersone verskille in die patrone van



breinaktivering voorkom, afhangende van die vorige musiekopleiding van 'n persoon. Dit ondersteun die bevindings van Altenmüller (2001:273) soos hierbo beskryf.

Dat nie alles rondom musiek en die brein altyd duidelik is nie, selfs nie vir persone wat neurologiese navorsing uitvoer nie, spreek uit die reeds genoemde stelling van Altenmüller (2001:278): ... *a puzzling variety of findings can be stated.*

### **2.9.3 Gespesialiseerde en assosiasie-breinareas**

Sternberg (1995:96) verduidelik dat die assosiasie-areas dié dele van die lobbe van die brein is wat nie deel vorm van die somatosensoriese, motoriese, ouditiewe of visuele korteks nie. Ook Restak (2000:20) maak melding van die assosiasie-areas in die brein. Hy beskryf dit as volg:

... a vast network of communicating fibers that unifies our diverse perceptual and behavioral experiences. As a result of this network we don't see the world in terms of separate sights, sounds and sensations. Instead, our brain unifies and synthesizes all our experiences into a whole, relying on those fibers of the association cortex.

By mense vorm die assosiasie-areas tot soveel as 75% van die serebrale korteks (Restak 2000:20; Sternberg 1995:96). Volgens Altenmüller et al. (2000a:99) bestaan daar verskillende gespesialiseerde funksionele areas in die brein. Hierdie areas kan onderverdeel word in sensoriese, motoriese en assosiasie-areas. Die primêre sensoriese of primêre motoriese areas van die korteks moet ten opsigte van die prosessering van informasie onderskei word van die sekondêre en tersiêre sensoriese of motoriese areas. Primêre sensoriese areas is direk verbind met afferente<sup>32</sup> sensoriese impulse vanaf die sensoriese organe, soos die ore en oë. Primêre motoriese areas is weer direk verbind met die motoriese areas wat in die spinale kolom gevind word. Meer komplekse stimuli word deur sekondêre en tersiêre sensoriese areas geprosesseer wat langs die primêre areas geleë is. Fundamentele aspekte van musiek, soos die frekwensie van tone en volume, word byvoorbeeld deur die primêre ouditiewe korteks prosesseer terwyl die sekondêre ouditiewe korteks betrokke is by die identifisering van harmoniese, ritme- en melodiepatrone. Die tersiêre ouditiewe korteks is verantwoordelik vir die prosessering van komplekse klankpatrone in 'n musiekwerk.

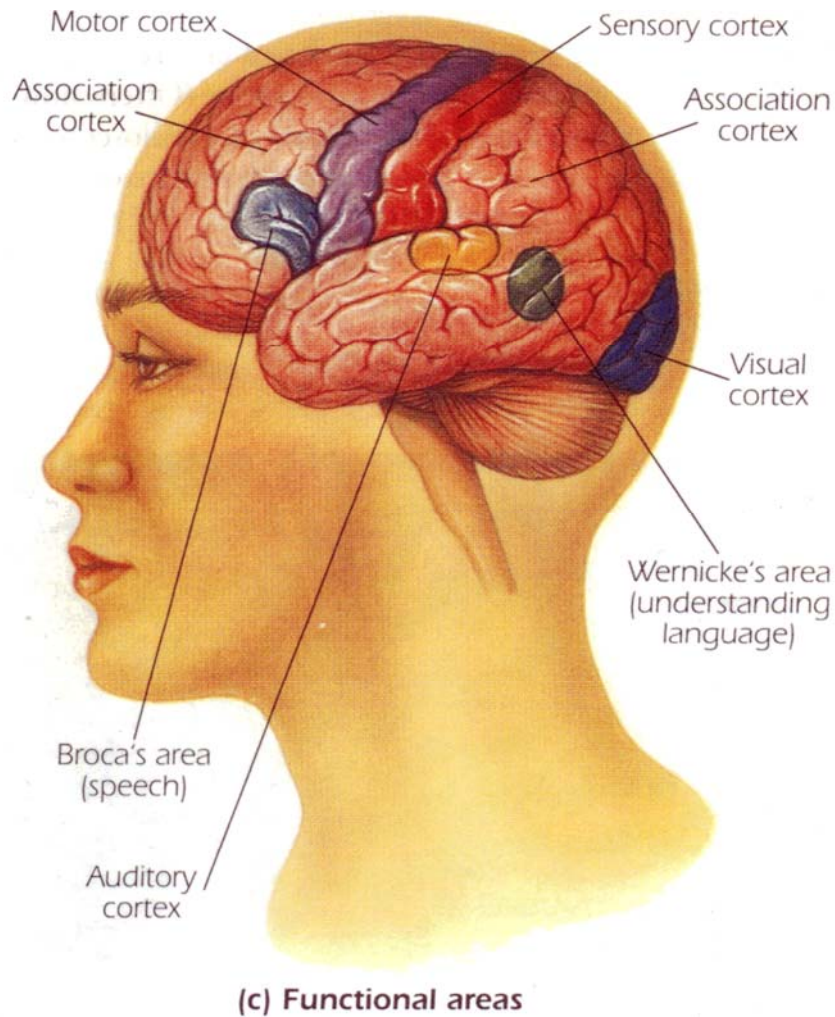
Altenmüller et al. (2000b:47) verduidelik verder dat waar sensoriese areas meestal slegs informasie van een sensoriese module prosesseer, die assosiasie-areas informasie van verskillende sensoriese of motoriese areas integreer. Die volgende voorbeeld word ter illustrasie gebruik:

---

<sup>32</sup> Afferente senu = wat na 'n sentrale orgaan lei, toevoerend (Odendal & Gouws 2000:20).

... an expert pianist reading a piano score hears the notation as an auditory representation in his or her (inner) ear and at the same time may feel the sound as a kinetic representation in his or her fingers. Such a convergent common neural representation is processed mainly in cortical multi-sensory association areas (Altenmüller et al. 2000b:47).

Die gespesialiseerde funksionele en assosiasie-areas word in figuur 10 aangetoon:



**Figuur 10: Die funksionele en assosiasie-areas (Sternberg 1995:97)**

#### **2.9.4 Modulariteit en musiekprosessering**

Soos in 2.4.3 verduidelik, is die jongste teorie oor die werking van die brein gegrond op die modulêre beginsel, naamlik dat die brein in 'n groot aantal intergekonnekteerde netwerke of modules verdeel is (Altenmüller 2001:273; Mountcastle 1997:701; Sylwester 1995:39-41).<sup>33</sup> Volgens die data van neurobeelding wat vandag beskikbaar is, wil dit voorkom asof daar

<sup>33</sup> Daar word volstaan met genoemde bronne. Vir verdere informasie aangaande die modulariteit van die brein word die leser verwys na Kandel et al. 2000c. *Principles of Neural Science* (4<sup>de</sup> uitgawe).

komplekse musikale strukture bestaan wat in verspreide areas in die brein geprosesseer en verbind word in saamwerkende netwerke of modules (Altenmüller 2001:273). Volgens Gruhn en Rauscher (2002:448) spruit dit wat die mens as musiek waarneem voort uit verspreide prosesserings in die brein, maar dit word in een bewuste entiteit saamgevoeg: *What we perceive as music originates from distributed processing, but combines into one conscious feature that forms a robust mental representation.*

Een van die oorhoofse temas in *The Biological Foundations of Music*, saamgestel onder redaksie van Zatorre en Peretz (2001), is dat musiek oor eie neuronale substrate beskik. Weinberger (2006:41; 2004:90-93) beaam later ook dat die mees onlans neurologiese bevindings bevestig dat musiek wel 'n biologiese basis het en dat die brein 'n funksionele organisasie vir musiek het.

Die presiese areas van sekere tipes musiekprosessering in die breine van 'n groot aantal proefpersone, waaronder musici, amateurs en nie-musici (dus persone sonder enige musikale opleiding) kon met behulp van skanderingsapparate bepaal word. In dié verband en verwysende na 'n aantal gevallestudies wat uitgevoer is om die moontlike ooreenkomste of verskille in die prosessering van taal en musiek te bepaal, maak Mithen (2005:40) die volgende stelling: *We are unquestionably dealing with an immensely complex issue and should not expect there to be any simple answers.*

Aangesien areas van musiekprosessering in die brein nie direk betrekking het op die onderrig van musiek nie, word daar nie in besonderhede hieroor uitgebrei nie. Verdere informasie rakende die prosessering van musiek in die brein kan kortliks as volg saamgevat word:

- Dit skyn asof daar hemisferiese spesialisasie bestaan in die prosessering van tonale patrone, waarin regter ouditiewe kortikale areas 'n belangriker rol speel as die linkerhemisfeer. Die linker ouditiewe areas is meer geskik vir ... *rapidly changing broadband stimuli, such as speech, whereas the right auditory cortex may be specialized for slower narrow-band stimuli, such as tonal patterns* (Zatorre 2001:193).
- Persone wat onderworpe is aan intensiewe musiekonderrig, reageer verskillend op musiekklanke as persone met geen musikale agtergrond nie (Pantev et al. 1998:811-814). Professionele musici prosesseer ingewikkelde harmoniese en melodiese analises oorwegend in die **linker** fronto-temporale lob (dus logies en analiserend) terwyl amateurs en nie-musici vir dieselfde analises albei frontale lobbe en die **regter** temporale lob gebruik (beide logies en *gestalt*/globaal) (Altenmüller 2001:274). Ouditiewe reaksies in die anterieure temporale korteks is groter by musici as nie-musici (Shahin et al. 2007:209).



- Bladles, die speel en beluistering van toonlere en die lees van 'n musiekpartituur terwyl na die speel daarvan geluister word, betrek almal spesifieke kortikale areas in albei hemisfere. Hierdie areas verskil na gelang van die aktiwiteit wat uitgevoer word (Sergent et al. 1992:107).
- Substeme vir toonhoogte, melodie, harmonie, ritme, tempo, metrum en toonduurte is geïdentifiseer (Parsons 2001:211-228). Parsons het die bevindings van sy navorsing in 'n onderhoud met Hodges (2000a:41) as volg saamgevat: *We found that widely dispersed, interconnected parts of the brain were used during close selective attention to different aspects of a piece of music. Often, harmony, melody, and rhythm activated different subareas of the same major brain area.* Koelsch (2005:964) het ook bevind dat musiekprosessering ondersteun word deur kortikale temporale neuronale netwerke wat strukture in albei hemisfere betrek.
- Die breine van individue wat tydens die grootwordproses blootgestel was aan Westerse musiek, toon tekens van spesifieke neuronale netwerke vir die prosessering van harmonieë volgens die Westerse tonale sisteem. Word hierdie harmoniereëls egter oortree, is spesifieke en duidelike elektriese impulse in die brein ontketen deurdad die brein reageer met ... *a distinct latency and morphology* (Nan et al. 2007:1).
- 'n Studie uitgevoer deur middel van PET-skandering het getoon dat afsonderlike kortikale areas, maar naasliggend aan die areas wat woorde/taal aktiveer, gedurende bladles ingespan word (Parsons 2001:212; Sergent et al. 1992:106-109). Volgens Parsons (soos aangehaal in 'n onderhoud met Hodges 2000a:41) het verdere bevindings getoon dat 'n spesifieke area in die regterhemisfeer wat geskrewe note en passasies ondersteun, ooreenstem met die area in die linkerhemisfeer wat gemoeid is met geskrewe letters en woorde. Dat daar aansienlike oorvleueling bestaan tussen neuronale substrate vir die prosessering van sintaks en semantiek in musiek, en dié van taalpersepsie, is deur Brown et al. (2006:2791), Koelsch (2005:207) en Koelsch et al. (2002:956) bevestig. Dit het opnuut die intieme skakeling tussen musiek en taal in die brein beklemtoon. Verdere navorsing deur Koelsch et al. (2002:964) verleen steun aan die siening dat musikale elemente in spraak 'n belangrike rol speel in die aanleer van 'n taal. Peretz (2006:25) sluit hierby aan met die bewering dat musiek 'n outonome en aangebore funksie van die mens is wat saamgestel is uit 'n veelvoud van modules wat minimalisties met ander funksies, soos taal, oorvleuel.
- 'n Onderzoek uitgevoer met behulp van fMRB om die neuronale basis van musikale frasering te ondersoek, het wydverspreide prosesseringsareas in beide hemisfere aangetoon, terwyl verskille ook voorgekom het in die identifisering van frasestruktuur



tussen boorlinge en nie-boorlinge (Westerse versus Chinese musiek) (Nan et al. 2007:1-16).

- Baie van die areas in die brein wat aktief is wanneer musiek beluister word, is dieselfde as wanneer musiek in die innerlike oor "beluister" (verbeel) word. Halpern (2001:179) gee die volgende verduideliking van die proses: *Musical imagery refers to the experience of "replaying" music by imagining it inside the head.* Halpern (2001:179) verwys verder daarna dat terwyl visuele verbeelding (*visual imagery*) reeds intensief ondersoek is, nog weinig aandag geskenk is aan ouditiewe verbeelding/oudiasie (*auditory imagery*). Verskillende outoriteite konsentreer op verskillende aspekte, bv. in hierdie tesis word baie op die oor (gehoor) gefokus, terwyl 'n kundige soos prof Ella Fourie (1990) veral op visuele aspekte wat 'n invloed op bladlees uitoefen, konsentreer.
- Die afleiding kan gemaak word dat breinsubstrate van musiekprosessering meer die **wyse** gereflekteer het waarop geluister en geprosesseer word. Altenmüller (2001:274) verduidelik: ... *brain substrates of music processing were supposed to reflect **the way of listening** and processing rather than more-or-less fixed "music centers".*
- Altenmüller (2001:278) maak die stelling dat breinsubstrate onderliggend aan ouditiewe persepsie reeds vanaf 'n vroeë stadium plasties is en van vorm kan verander in reaksie op die omgewing of afrigting en oefening. In verband met ouditiewe prosessering sê Altenmüller die volgende: *Many aspects of auditory processing in general and music processing in particular, are necessarily bound to fixed neuronal substrates common to all humans and mainly located in the superior temporal gyrus.*

Hodges (2000b:20) beskryf die hele kwessie rondom die brein en musiekprosessering as volg:

Reviewing the bulk of neuromusical research literature leads to the conclusion that music is not just in the right side of the brain, but is represented all over the brain. One of the major findings in a recent study was that musical processing is spread throughout the brain – front/back, top/bottom, and left/right. Furthermore, selectively changing the focus of attention radically alters brain activation patterns. Thus, rather than focusing on a simplistic left-right dichotomy, it may be more accurate to think of musical processing as involving widely diffuse areas of the brain.

Schuppert et al. (2000:557-558) vat die bevindings rondom musiekprosessering saam:

In summary, we conclude that perceptual musical functions do not show a clear hemispheric lateralization and that the neural substrates underlying local and global musical information processing present a cross-hemisphere heterogeneous and fragmented system. Corresponding to the complexity of





musical information itself, we therefore suggest that music processing is based on widely distributed neural networks modulated by individual aspects of musicality and music experience.

## 2.10 SAMEVATTENDE RIGLYNE VIR ONDERWYSERS

Breinnavorsing het dit vir die hedendaagse onderwyser moontlik gemaak om goed ingelig te kan wees ten opsigte van die aktiwiteite wat in die modulêre brein plaasvind en hoe hierdie prosesse leer en geheue beïnvloed. Die basis van alle leer vind plaas deur die invoer en vaslegging van informasie in die brein. Met die "vaslê" van informasie in die brein word bedoel die vermoë om feite en vaardighede te onthou. Geheue is inderdaad, soos Baddeley (1982:6) dit stel, 'n lewensbelangrike eienskap van die mens waarsonder geen persoon doeltreffend kan funksioneer nie.

Elke kolom/module in die brein spesialiseer in 'n beperkte kognitiewe funksie en groepe modules of versamelings van onderling verbonde neuronale netwerke werk saam om meer komplekse kognitiewe funksies te prosesseer. Wanneer 'n spesifieke beweging herhaaldelik uitgevoer word en wanneer die invoer van dieselfde informasie telkemale herhaal word, raak die neuronale oordrag doeltreffender, veral ook omdat miëlinering van aksone tydens die aktiveringsproses van die neurone plaasvind. Miëlinering help om die oordrag en vervoer van senuwee-impulse te versnel en te verbeter, wat help om die brein se werking meer suksesvol te maak.

Ten opsigte van die leerproses word die werking van veral die hippokampus en amigdala uitgesonder, omdat hulle betrek word met die skep van korttermyn- of werkgeheue en met die vaslegging van meer permanente geheues in die gevestigde kortikale netwerke van die brein. Die proses van onthou en die vermoë om ingewinde informasie weer op te roep, is dié belangrikste prosesse waarsonder suksesvolle studie nie kan plaasvind nie. Alle tipes geheue is belangrik vir die leerproses – die korttermyn- of werkgeheue, die eksplisiete en implisiete, semantiese en episodiese geheues. Wat veral by 'n aktiwiteit soos klavierspel belangrik is, is dat bepaalde motoriese aksies en semantiese inligting oor en oor uitgevoer moet word. Dit is slegs as die herhalingsproses oor 'n lang periode plaasgevind het dat kennis en vaardighede in die gevestigde neuronale netwerke in die korteks vasgelê word. Dit word in die langtermyngeheuestore bewaar en kan te enige tyd opgeroep word wanneer dit benodig word. Vind die herhaling nie genoegsaam plaas nie, gebeur dit dat die informasie en vaardighede geleidelik uitfaseer word en verdwyn.

Die klavieronderwyser moet besef dat sekere fasette van musiekbeoefening, soos byvoorbeeld die uitvoering van ritmepatrone, die lees van note op die notebalk, speel van majeur- en mineurtoonlere en -akkoorde, die klankherkenning van verskillende intervale en



die sing van toonhoogtes en intervalle, aktiwiteite is wat oor en oor uitgevoer behoort te word ten einde gevestigde modules of verbindingsnetwerke in die brein te ontwikkel. Dit is nie voldoende om met herhaling van hierdie konsepte op te hou wanneer dit voorkom asof die leerder dit bemeester het nie. Die "krag" van hierdie tipe vaslegging kan miskien ten beste verduidelik word aan die hand van die numeriese tafels wat laerskoolkinders in die verlede oor en oor in die klaskamer moes herhaal. Die meeste volwassenes wat hierdie proses deurloop het, sal waarskynlik kan getuig dat hulle tot op 'n gevorderde ouderdom sonder enige moeite die numeriese tafels onthou. Die onderrigmetode wat hierdie merkwaardige prestasie tot gevolg gehad het, was suiwer papegaiwerk (*rote training*). Onderwysers uit daardie periode het waarskynlik die waarde van herhaling besef, maar nie besef hoe die onderrig besig was om die leerder se breine permanent te verander nie. Wat in werklikheid gebeur het, is dat die kennis in sterk en gevestigde verbindingsnetwerke of modules vasgelê is, wat nie verander of verswak namate die persoon ouer word nie. Om werklik vaardig te raak in die uitvoering van die verskillende basiese musikale konsepte, is dit eweneens nodig dat daardie vaardighede ook so deeglik inge oefen/vasgelê word. Die herhalingsproses is in wese ook 'n tipe papegaiwerk.

Leerders behoort daarop attent gemaak te word dat oefentye verkieslik egalig versprei moet word en dat dit kontraproduktief is om alle voorbereiding vir die volgende les in een sessie te probeer afhandel. Liewer 'n klein bietjie elke dag as 'n groot hoeveelheid op een slag, behoort die leuse in verband met die oefenprogram vir elke leerder te wees.

Onderwysers moet sorg dat leerders tydens lesse en die oefenproses hul stukke, toonlere en tegniese werk altyd 100% korrek sal uitvoer. Vaslegging in die brein kan slegs suksesvol plaasvind wanneer die **korrekte** informasie herhaaldelik geprosesseer word. Wanneer 'n leerder in die gewoonte verval om stukke en toonlere soms reg en soms verkeerd te speel, kan hierdie tipe vaslegging nie suksesvol plaasvind nie, met die waarskynlike gevolg dat daar dan nie werklik 'n gevestigde verbindingsnetwerk gevorm word nie. Dit kan ook gebeur dat leerders herhaaldelik sekere passasies eers verkeerd en dan reg speel, sodat die brein beide die verkeerde en korrekte manier van speel na mekaar fikseer. Dit sal veroorsaak dat die leerder op dieselfde plek vassteek en dan weer van vooraf begin omdat foute op hierdie manier net so deeglik "inge oefen" word soos die korrekte weergawe.