

# De talige Aap

*Communiceren via spreken en luisteren naar taal*

► Peter Hagoort

De NWO-Spinozapremie 2005 is dit jaar toegekend aan prof. dr. Peter Hagoort, hoogleraar Cognitieve Neurowetenschap aan de Radboud Universiteit van Nijmegen, onder andere voor zijn onderzoek naar het menselijk taalvermogen en de manier waarop hij het F.C. Donders-instituut binnen vijf jaar naar wereldfaam heeft geleid. Het centrum in Nijmegen waar Peter Hagoort werkt is in 2002 door de koningin geopend. Er werken 120 mensen uit 20 verschillende landen. Zij doen onderzoek met moderne hersenscantechnieken om cognitieve functies in kaart te brengen.

**D**e negentiende-eeuwse Utrechtse geleerde F.C. Donders, heeft de onderzoeksagenda al heel pregnant samengevat, namelijk door de vraag te stellen: "Wat geschiedt er in de hersenen, terwijl we gevoelen, denken en willen." In zijn tijd was het de wetenschap der hersenfysiologie die zich met dit onderzoek bezighield. Tegenwoordig noemen we het hersenwetenschap. De vraag is eenvoudig, maar de wijze om er antwoord op te geven niet.

Een van de meest complexe vaardigheden namelijk die de menselijke soort heeft opgeleverd is het vermogen te communiceren via spreken en luisteren naar taal. Mensen stemmen weliswaar in velerlei opzicht genetisch voor 99% overeen met de aap, maar die ene % verschil is te vinden in het unieke communicatiemiddel. Het is de natuurlijke taal waarmee wij communiceren. Er is geen enkele diersoort die ons dat nadoet.

De menselijke hersenen stellen ons in staat deze complexe vaardigheden zonder noemenswaardige inspanning te verrichten. Een groot deel van de dag brengen we

zonder problemen door met spreken van en luisteren naar woorden, zinnen, conversaties, et cetera. De prijs die we daar echter voor betalen is dat ons bewustzijn geen toegang heeft tot de processen die onze gedachten in klankreeksen omzetten, of tot de processen die uit de trillingen van de trommelvliezen de boodschap van de spreker destilleren. Ons bewustzijn van taal beperkt zich tot begin (intentie) en eindproducten (spraak), maar wat zich daartussen in de duikboot van ons brein afspeelt blijft onder de oppervlakte van ons bewustzijn. In mijn bijdrage zal ik laten zien hoe we met behulp van recente hersenscanningstechnieken stukje bij beetje de organisatie van het menselijk taalvermogen in kaart brengen en zodoende een kijkje krijgen in de duikboot zelf. Eveneens zal ik laten zien dat tolken een beroep moeten doen op extra hersenactiviteit.

De laatste 10-15 jaar is men er steeds beter in geslaagd het menselijk brein te onderzoeken zonder dat de schedel van gezonde mensen gelicht hoeft te worden, om te zien hoe al die complexe functies als taal, aandacht, geheugen en waarneming in elkaar zitten en wat de fei-



*Phineas Gage stond  
binnen enkele  
ogenblikken weer  
overeind en leek op  
het eerste gezicht niet  
veel te mankeren*

telijke hersenprocessen zijn die ons in staat stellen om zo anders te zijn. We wisten al langer dat ons brein uit twee hersenhelften bestaat, dat aan de buitenkant zich de grijze stof met ongeveer 100 miljard zenuwcellen bevindt, dat daaronder de witte stof met een totale lengte van 100.000 km de zenuwcellen met elkaar verbindt. De verbinding tussen de twee hersenhelften vormt de hersenbalk, een dikke vezelbundel. Dan hebben we nog de kleine hersenen, die voor de motoriek en allerlei andere functies van belang zijn. Met behulp van computeralgoritmes kunnen we tegenwoordig het brein ontvouwen en zien dat de truc van Moeder Natuur om zoveel mogelijk hersenmassa te creëren zonder tegelijkertijd de omvang van het hoofd te laten toenemen ongelooflijk geraffineerd is. Zij heeft de hersenmassa als een prop papier in die schedel gevouwen: 2/3 van de oppervlakte van onze cortex ligt zogezegd naar binnen gevouwen.

Tot voor kort waren we aangewezen op experimenten van de natuur zoals een hersenbloeding of een andere hersenbeschadiging om iets te weten te komen over hersenactiviteiten. Het meest beroemde voorbeeld is de spoorwegwerker Phineas Gage, die in 1848 in Amerika aan een spoorweg aan het werk was. Hij was bezig met springstof rotsblokken te verwijderen ten behoeve van egalisatie van een aan te leggen spoorweg. Phineas Gage was in gesprek met collega spoorwegwerkers en hij vergat vervolgens een laag zand aan te brengen, zodat de dynamietstaaf gelanceerd werd, via de oogkas het brein van Phineas Gage doorboorde en 300 meter

verderop in het zand terecht kwam. Phineas Gage stond tot verbazing van de toeschouwers binnen enkele ogenblikken weer overeind en leek op het eerste oog niet veel te mankeren. Snel bleek dat bij Phineas Gage toch het nodige veranderd was en wel zijn sociale gedrag. Was hij tot dan toe een buitengewoon stipte en betrouwbare persoon geweest voor zijn werkgever, nu hield hij zich niet langer aan de regels van het spel. Hij kwam niet meer op tijd naar zijn werk of überhaupt niet en begon zich aan een ander spel en weddenschap over te geven, het gokken. De sociale regulering van het gedrag van Phineas Gage was veranderd. Zo'n geval leidt tot de conclusie dat het gebied dat door dit ongeluk beschadigd is bij een intact brein kennelijk een belangrijke rol speelt bij de sociale regelingen van het gedrag.

Als je kijkt naar televisiebeelden van de Tour de France herken je een wielrenner op een kleurige fiets, die in beweging is. We realiseren ons echter in ons bewustzijn niet dat dit beeld in ons brein geconstrueerd wordt uit het hele stelsel van samenwerkende hersengebieden, die elk een stukje van die visuele wereld voor hun rekening nemen. Datgene wat we waarnemen, wordt door ons brein gereconstrueerd via een ingenieus systeem van allerlei routes die allerhande stations binnen die hersenen aandoen. De stations nemen elk een deeltaakje voor hun rekening, zoals bij voorbeeld kleur, herkenning van het object en beweging.

Als het beeld binnenkomt op het netvlies wordt het in eerste instantie doorgeschakeld naar een gebied achterin het hoofd. Achter in het hoofd bevindt zich bij ons

Ons bewegingsapparaat wordt kruislings aangestuurd. De linker hersenhelft zorgt voor het rechtergedeelte, de rechterhelft stuurt het linker deel van het lichaam aan



Als je thee schenkt moet je weten waar het kopje zich in de ruimte bevindt.

het centrum waar we mee kijken. Vervolgens wordt het beeld langs twee verschillende routes door het brein geleid. De ene route stelt ons in staat de objecten te herkennen, bij voorbeeld een gezicht of een stoel of een fiets. En passant passeert het beeld een station, dat de waarneming van kleur voor zijn rekening neemt. De andere route zorgt dat we kunnen zien waar in de ruimte het object zich bevindt. Je kunt bij voorbeeld een object als een glas herkennen, van welke kant je het ook bekijkt. Als je het echter wilt pakken om er een slokje uit te nemen, dan is het relevant om precies te weten hoe het zich in de ruimte bevindt.

¶  
Heeft de achterkant van het brein te maken met visuele activiteiten, de primaire motorschors is aan slag om bij voorbeeld de 100 spieren die bij spraak betrokken zijn aan te sturen, de hand te laten bewegen, of de benen als er gelopen moet worden. We hebben gevraagd iemand in onze scanner bepaalde bewegingen te maken, met de linker voet, met de rechter wijsvinger, met de tong. Daar horen bepaalde patronen van activiteit bij. Verschillende stukjes in de motorische schors zijn verantwoordelijk voor verschillende types motorische bewegingen. Ons bewegingsapparaat wordt kruislings aangestuurd. De linker hersenhelft zorgt voor het rechter gedeelte, de rechter hersenhelft stuurt het linker deel van het lichaam aan. Binnen het gedeelte van ons brein dat bewegingen aanstuurt heb je weer subspecialisaties, een stukje is van belang om je hand te bewegen, een andere om je voet te bewegen.

Wanneer u een afbeelding van een bekende Nederlan-

der ziet, herkent u hem of haar op basis van een plaatje. Voor iedere categorie, gezichten, gereedschappen, dieren is een bepaald gedeelte van het brein van belang. Wanneer het gedeelte dat bij voorbeeld de herkenning van gezichten aanstuurt uitgeschakeld is, kan dat tot gevolg hebben dat mensen de gezichten van hun eigen kinderen niet herkennen. Ze herkennen hun kinderen aan de stem en aan de kleren, maar wanneer je het gezicht tussen een aantal andere gezichten op een foto aanbiedt, kan de persoon in kwestie niet aanwijzen wie zijn kind is. Dit mankement kan genetisch zijn en te maken hebben met het feit dat het systeem niet goed is aangelegd.

¶  
Om nog even door te gaan op het feest der herkenning. Hij, die de laatste dag van de Vierdaagse de Via Gladiola te Nijmegen binnenwandelt, ontvangt een buit. Hij ontvangt niet alleen het kruis van de Vierdaagse, maar trekt ook met een gladiool langs de eretribune, waar Erica Terpstra een graag geziene gast is. Vroeg in de morgen komt gladiool 1 bij haar voorbij, maar aan het eind van de middag heeft zij duizenden gladiolen gezien. Waarschijnlijk zoveel, dat ze er voor de rest van het jaar genoeg van heeft. Vraag is nu wat er in het brein verandert tussen het zien van de eerste en de zoveelste gladiool. Wordt het brein efficiënter in het herkenningsproces? Wat verandert er in het brein bij het kijken tussen gladiool 1, gladiool 2 en gladiool 'n'? Het blijkt dat er achter in het hoofd behoorlijk veel activiteit is om gladiool 1 waar te nemen. Naarmate er echter meer gladiolen voorbij trekken, zie je een verminderde activiteit ont-

staan. Het brein is efficiënter geworden in het coderen van de gladiool. Er zijn minder activiteiten nodig om het zien van de gladiool te bewerkstelligen. M.a.w. oefening baart kunst. Hoe meer je dingen doet, hoe meer je herkent, hoe minder hersenactiviteit er gerekruteerd hoeft te worden om dat proces uit te voeren.

¶  
We weten vrij veel over de kennis die we in ons geheugen over taal hebben. We weten dat in het lange termijngeheugen ongeveer 50.000 woorden van de moedertaal zijn opgeslagen. Heb je kennis van meer talen, dan kun je er vanuit gaan dat het aantal opgeslagen woorden vermenigvuldigd kan worden met het aantal van de talen, die je spreekt. We spreken wel over woorden, maar de notie 'woord' is in feite een soort verzamelt erm waaronder heel veel verschillende vormen van informatie opgeslagen liggen. Het gaat over heel verschillende typen kennis. We kennen het klankpatroon, we weten meestal ook hoe de woorden geschreven worden. Het gaat ons uiteraard om de betekenis van die woorden, want klank is slechts het vervoermiddel om ons bij de betekenis te brengen. We kennen ook de grammaticale eigenschappen van die woorden. We weten dat het 'de' of 'het' is. De sofa, het bankstel. Het zijn eigenschappen, die niets met het natuurlijk geslacht te maken hebben. We weten dat 'koe' een zelfstandig naamwoord is en 'loeien' een werkwoord. Je kunt zeggen 'de koe loeit', maar niet 'de loei koet'. Dit zijn syntactische eigenschappen waar ook informatie over is opgeslagen. Spreken is niet alleen een ongelooflijk complex proces omdat er zoveel informatie gegenereerd wordt, maar de spreker stuurt gelijktijdig met een enorme snelheid zo'n 100 spieren op een gecoördineerde manier aan. Gemiddeld spreken we met een snelheid van 2-3 woorden per seconde, een verslaggever van paardenkoersen gaat het met groot gemak de kant op van 4-5 woorden per seconde.

¶  
Het blijkt dat een spreker eens per 1000 woorden een verspreking maakt. Die versprekingen op zichzelf zijn zeer illustratief voor het spreekproces. Zich verspreken overkomt iedereen wel eens. Zo zei de voorzitter van de Politiebond op de radio 'We moeten ook de boezem in eigen hand steken'. In 'met het oog op morgen' sprak een FNV medewerker over 'lonen met lage landen'. Het illustratieve van deze versprekingen is, dat woorden van dezelfde woordklasse, in dit geval zelfstandige naamwoorden, met elkaar van plaats verwisseld zijn. Het zal niet gebeuren dat een werkwoord met een zelfstandig

Woorden kunnen op een verkeerde plek terechtkomen, maar niet op een plek waar ze syntactisch niet thuishoren. 'Nu zijn we met onze feiten op de neus gedrukt'...

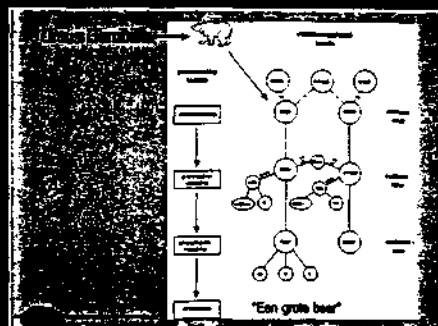
naamwoord van plaats wisselt. Deze voorbeelden tonen aan dat op het moment waarop je die klankstructuur invoegt, er een syntactische structuur klaarligt die je de plaats van zelfstandige naamwoorden vertelt. De woorden kunnen op een of andere manier op een verkeerde plek terechtkomen, maar niet op een plek waar ze syntactisch niet horen. 'Nu zijn we met onze feiten op de neus gedrukt'.

¶  
Versprekingen komen niet alleen op het niveau van hele woorden voor, ook op het niveau van klanken. De Hoop Scheffer had het over het feit dat hij 'de zaag hoog opneemt'. Harmen Siezen sprak in het journaal van 'onder laud appluis' ipv 'onder luid applaus'

Wat je hier ziet is dat de klanken van plaats verwisselen of voor hun beurt gaan. Net als zelfstandige naamwoorden houden ook klanken zich aan de positie-eigenschappen. Je zult zelden of nooit de beginklank van een woord verwisseld zien worden met de eindklank van een ander woord. Blijkbaar ligt er een woordframe klaar waar de klanken aangehecht worden.

Telkens wanneer je spreekt, assembleer je de woorden opnieuw uit in ons geval de 36 klanken waaruit het Nederlands bestaat. Elke keer opnieuw kun je verwisselingen van klanken in zinnen krijgen omdat de woorden van onze taal blijkbaar niet als kant en klare pakketjes uit het geheugen gehaald kunnen worden. Voor de liefhebbers van deze versprekingen wordt verwezen naar de website van G.W. Bush, wereldkampioen versprekingen, zo zijn versprekingen al niet tegen een ander licht moeten worden gehouden.

In de hersenen bevinden zich  
verschillende gebieden die moeten  
samenwerken om uiteindelijk  
adequaat tot het proces van spreken  
te kunnen leiden



Een samenspel is nodig van een hele reeks hersengebieden.

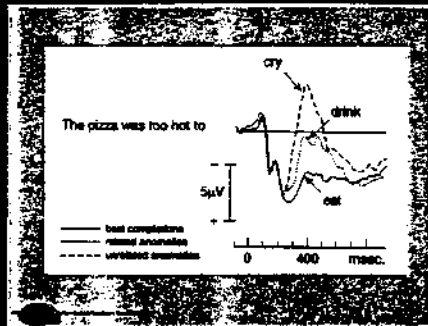
Wel weten we al heel veel over hoe het spreekproces in elkaar zit. Wanneer je bijvoorbeeld Artis binnen loopt en een uit de kooi weggelopen exemplaar van 'Ursus Horribilis', de grizzlybeer, ziet, dan zijn er als dit beeld op het netvlies valt, twee reacties mogelijk. De eerste is: maken dat je wegkomt, de minst interessante. De tweede reactie is dat je tegen degene die naast je loopt zou kunnen uitroepen: 'Hé, een beer!' of: 'Een grote beer!' Dat laatste is in feite het proces waarin we geïnteresseerd zijn. Op basis van de informatie die op je netvlies valt, herken je een betekenis, een concept, dat hoort bij het woord 'beer'. Je weet dankzij gerelateerde concepten dat een beer een dier is en dat het klauwen heeft. De informatie ligt niet als in een woordenboek opgeslagen, maar staat als een soort netwerk van betekenissen in het hoofd ter beschikking. De eerste stap die men zet – na dat concept te hebben herkend en geselecteerd om het uit te gaan uitspreken – is ophalen van grammaticale informatie. Je weet dat het om een zelfstandig naamwoord gaat, dat het 'de beer' is en niet 'het beer'. In de volgende stap moet men de klanken aanhechten, de klanken zien te vinden, die bij dit woord horen. Het proces wordt sequentieel afgelopen. Eerst de beginklank, dan pas komen de volgende klanken beschikbaar. Dit leidt er weer toe dat de spieren kunnen worden geïnstrueerd om feitelijk articulatorische bewegingen uit te voeren die de spreker vervolgens in staat stellen om die geluidstrillingen te produceren die bij het woord 'beer' horen. Om dat hele proces van ongeveer 100 milliseconden te volvoeren is een samenspel nodig van een hele reeks hersengebieden.

In de hersenen bevinden zich verschillende gebieden die, net als spelers in een orkest, moeten samenwerken om uiteindelijk adequaat tot het proces van muziek, en in dit geval tot het proces van spreken te kunnen leiden. Daarbij is het in het brein niet zo dat er ergens een dirigent staat, die al die gebieden als het ware aan zijn touwtje heeft. Neen, het is een vorm van zelforganisatie. Het is een orkest zonder dirigent. Het is een samenspel van verschillende hersengebieden, die op het juiste moment een partijtje meeblijven.

Tot nu toe heb ik voorbeelden genoemd van losse woorden, maar in feite spreken wij natuurlijk meestal in langere zinnen. We moeten woorden combineren met andere woorden die we vooraf gehoord hebben, of, als we spreken, met de woorden die we vooraf gesproken hebben. Dat heeft te maken met syntactische en thematische analyse. Dit is meer dan alleen maar het los naast elkaar plaatsen van afzonderlijke woordbetekenissen.

De volgende voorbeeldzinnen: 'De beroemde musicus gaf een recital op de oude piano', en 'Vier mannen waren nodig voor het vervoer van de piano', eindigen in beide gevallen met het woord 'piano'. Het betekenisaspect van 'piano' in de eerste zin heeft te maken met het feit dat het hier een muziekinstrument betreft; het betekenisaspect in de tweede zin is dat een piano een zwaar apparaat, een zwaar object, een zwaar meubelstuk is, waar je wel eens vier sterke mannen voor nodig zou kunnen hebben om hem van A naar B te verplaatsen.

De informatie die je uit je geheugen ophaalt moet als het ware verder geselecteerd en geïntegreerd worden



Een semantische acceptabele manier, of (net) niet.

met de andere informatie die in de voorgaande context geleverd is.

Dit proces kunnen we opsporen door niet alleen te kijken naar de plaats in dat brein waar het zich afspeelt, maar ook door aan de buitenkant van het hoofd van een proefpersoon, die we naar een scherm laten kijken, elektroden te plakken. We meten vervolgens de hersenactiviteiten die samenhangen met het lezen van de zinnen en de woorden op een scherm. We meten de specifieke aspecten in het signaal, die te maken hebben met de verwerking van taal. Deze techniek van hersenonderzoek (E.E.G.) wordt allang toegepast in de medische wetenschap maar dan om te kijken of de bewustzijns-toestanden van het brein een normaal beeld laten zien. Door de hersenactiviteiten te meten kunnen we het hersenspoor destilleren dat achtergelaten wordt na het lezen of uitspreken van een zin.

¶

Een zin als 'The pizza was too hot to ...' kan ofwel eindigen op een semantische acceptabele manier: 'too hot to eat', of op een manier die er niet goed in past. 'The pizza was too hot to drink' past op zichzelf nog bij de consumptiekenmerken van eten, maar 'The pizza was too hot to cry' past helemaal qua betekenis niet goed. Of het feit makkelijk of helemaal niet in te passen is kunnen we lezen uit het golfpatroon van de metingen. Er verschijnt een curve 250 milliseconden, een kwart seconde nadat dat woord op het scherm gezien is. Omdat die golf na 400 milliseconden een maximale waarde bereikt, heet het effect N400. (N staat voor negatieve potentiaal).

Door de hersenactiviteiten te meten kunnen we het hersenspoor destilleren dat achtergelaten wordt na het lezen of uitspreken van een zin

In het Donderscentrum kunnen we ook de met de elektrische activiteit samenhangende door het brein opgewekte kleine magneetvelden meten met nog meer geavanceerde apparatuur. We gebruiken daarvoor een apparaat met 151 meetpunten. Het apparaat zit gevat in een vat met vloeibaar helium om supergeleiding mogelijk te maken, volledig afgeschermd van het omgevingsmagneetveld. Het aardmagnetisch veld dat vele malen sterker is dan het magneetveld van het brein, moeten we uitschakelen.

Terwijl de proefpersoon in het systeem zinnen of andere zaken aangeboden krijgt, meten wij intussen die kleine magneetveldjes. Als we het effect met dit kostbare (70.000 euro per jaar aan Helium) apparaat meten, kunnen we zien dat het proces van het integreren van die betekenis over de linker hersenhelft plaatsvindt, dat het taalsysteem is gelateraliseerd in de linker hersenhelft. Daar ontstaat een sterkere of minder sterke activiteit, al naar gelang de zinnen die we aanbieden moeilijker of makkelijker qua betekenis met het voorafgaande verbonden kunnen worden.

Allemaal leuk en aardig, maar hoe vaak komen we in het leven zinnen tegen, die gewoon semantisch qua betekenis niet goed kloppen. Heeft dat wel iets te maken met ons normale proces van taalverwerking? Ook dit soort gevallen hebben we natuurlijk onderzocht in situaties waar er eigenlijk nauwelijks een betekenisprobleem is.

¶

Een zin als 'Janny stopte het snoepje in haar mond na afloop van de les' verschilt niet echt qua betekenis-moei-

lijkheid van 'Janny stopte het snoepje in haar zak na afloop van de les'. Van tevoren kun je uitzoeken welk van deze woorden in deze context 'Janny stopt het snoepje in haar...' het woord 'mond' dan wel het woord 'zak' het meest plausibele semantische vervolg is op de eerdere woorden. Beide zinnen zijn voor het overige zeer goed te begrijpen.

Desalniettemin, als we de hersensporen vergelijken tussen het woord 'mond' en het woord 'zak', zien we opnieuw een verschil ontstaan op het moment dat je het woord 'zak' leest. Je ziet een grotere uitslag in het hersenspoor van 'Ze stopte het snoepje in haar zak', dan wanneer je het woord 'mond' leest. Kennelijk is het zo dat ons brein meer werk moet verzetten om het woord 'zak' in die context te integreren dan het woord 'mond'. Zo kunnen we de zeer subtiele processen in kaart brengen die zich bij voortduring in ons hoofd afspelen, wanneer we luisteren naar taal of wanneer wij lezen.

¶  
Syntaxis is een ander belangrijk aspect bij het begrijpen van taal. Het Duits leent zich goed voor mooie voorbeelden. 'Hond Bondskanselier bijten'. Drie inhoudswoorden worden in dezelfde volgorde in de volgende twee zinnen aangeboden. In het ene geval is het. 'Der Hund hat den Bundeskanzler gebissen', kortom: 'hond bijt bondskanselier'. Dit is ongetwijfeld nieuws in het lokale dorpsblaadje in de woonplaats van de bondskanselier, maar toch geen wereldschokkend nieuws. Anders is het als we de situatie aantreffen, en dat kan in het Duits, omdat de woordvolgorde daar relatief vrij is "Den Hund hat der Bundeskanzler gebissen", want nu is de situatie ineens 'bondskanselier bijt hond'. Je moet je dan toch zorgen gaan maken over het politieke leiderschap van je natie.

¶  
De reden waarom we deze zinnen aldus moeten interpreteren is dat de naamvalsmarkeringen van deze lidwoorden aangeven welke naamvallen het onderwerp van de zin zijn en welke het lijdend voorwerp. Kortom, syntaxis is van belang.

¶  
Wij lieten de deelnemers aan ons onderzoek het volgende kleine verhaaltje met functiewoorden en inhoudswoorden lezen, doch zonder de woorden op enigerlei wijze te markeren.

¶  
'Honderd jaar geleden was de fles ook al een gewoon dagelijks voorwerp. Toch voelde de fles van ons verhaal zich bijzonder, want ze was een wijnfles. Trots keek ze

naar de andere producten van de glasfabriek. Dat waren jampotten en schalen en glazen. Zij was blij dat zij niet zo was, want wijn is toch heel anders dan jam.'

Terwijl de proefpersonen die verhaaltjes lezen, registreerden wij met EEG's de samenhang met het lezen van inhoudswoorden en het lezen van functiewoorden. Aldus konden we een kaart maken van het hoofd, zoals de hoogtekartaal van een berggebied.

Op een moment stelt ons brein vast: 'Hé, dit is een woord van een ander type dan een inhoudswoord'. Wanneer je naar patiënten kijkt met bepaalde vormen van afasie, patiënten die met name problemen hebben met syntactisch verband in de zinnen, z.g. agrammatische patiënten, blijkt dat zij dat onderscheid niet op het juiste moment kunnen maken. Die twee karteringen zijn niet significant verschillend van elkaar. De patiënten zijn niet meer in staat om de syntactische functies die met de woorden samenhangen als het ware te extraheren uit de letterpatronen die op het netvlies vallen.

¶  
Lange tijd is gedacht dat het volwassen brein kant en klaar was, de structuur aangelegd was en dat de functies gemeten kunnen worden. Ontstaat er een beschadiging, dan is dat nu eenmaal zo. Aan een eenmaal gegroeide structuur valt niets te veranderen. Het tegendeel blijkt echter waar te zijn.

¶  
Er is een recente studie van onderzoekers uit Dresden, die drie maanden lang proefpersonen hebben laten jongleren met ballen. De onderzoekers keken naar de veranderingen in hersenstructuur, niet de hersenactiviteit maar de structuur van het brein zelf. Ze constateerden op twee plekken een toename van de hoeveelheid grijze stof. Toen die proefpersonen drie maanden het jongleren staakten, bleek dat de hoeveelheid met hersencellen samenhangende hersenstructuur ook weer afnam. Het gebied waar dit optrad, is het gebied dat te maken heeft met het waarnemen van bewegingen. Blijkbaar is het zo dat het brein heel veel investeert in de mate waarin je de baan van die ballen kunt voorspellen. Dat is de kunst van het jongleren. Een belangrijke les in de hersenwetenschappen in het algemeen: "Use it or lose it". Het brein moet op een of andere manier training en input hebben om voldoende activiteit te genereren en ook om die voldoende in goede vorm te houden.

¶  
Recentelijk is gevonden dat de meertaligheid van sommige mensen ook terug te vinden is in het brein zelf. In een bepaald gebied, tussen de slaapkwab en de pariëta-





Het taalconflict in het tweetalige brein. Simultaantolken is daar een voorbeeld van. Deze vaardigheid zit bijzonder ingewikkeld in elkaar en is schier onontwaarbaar

band maar als een reeks losse woorden. Bijvoorbeeld: 'Vierecke rot Ellipse blau wegstoßen'. Dezelfde woorden zijn opgehaald uit het geheugen, dezelfde situaties zijn beschreven.

Je meet de hersenactiviteit die met de ene situatie samenhangt en je meet de hersenactiviteit in verband met de andere. Je trekt de resultaten van die metingen van elkaar af. Het verschil dat we overhouden blijkt het syntactisch encoderen te zijn. In het ene geval is het wel, in het andere geval is het niet, aanwezig.

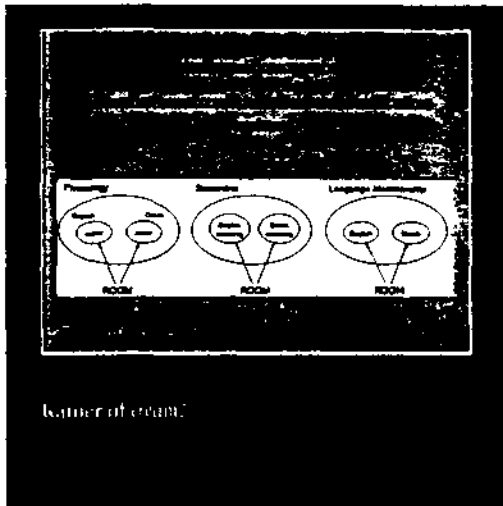
Je vindt dat in het linker frontale gebied van de linker hersenhelft een gebied geactiveerd is. Dit gebied is sterker geactiveerd wanneer je die grammaticale weigervormde zin produceert dan wanneer je de situatie beschrijft als een losse reeks woorden.

Ten slotte nog iets over wat we noemen het taalconflict in het tweetalige brein.

Een van de dingen die we vaak gedaan hebben op basis van patiëntenstudies met afasiepatiënten en andere patiënten met bij voorbeeld dyslexie, is kijken naar wat niet goed functioneert in dat taalsysteem en of we, behalve over die stoornis, ook iets kunnen leren over het intacte systeem. Veel minder onderzoek is overigens gedaan aan de andere kant van het spectrum, waar zich de mensen met een speciale taalvaardigheid bevinden. Simultaan tolken is daar een voorbeeld van. Deze vaardigheid zit bijzonder ingewikkeld in elkaar en is schier onontwaarbaar. Het is niet alleen zo dat al die snelheid waarmee je taal produceert en begrijpt in één taal geschiedt, maar tegelijkertijd worden woorden omge-

zet in een andere taal. Men heeft mij verteld dat deze vaardigheid niet aan iedereen gegeven is. Het is bovendien buitengewoon lastig en vermoeiend om dat lange tijd achter elkaar te doen.

Eén van de dingen, waar je mee te maken hebt is dat je in feite steeds de te spreken taal moet selecteren. Je hebt een soort controlefunctie nodig die je ook in staat stelt te switchen van de ene taal naar de andere. Dat kun je ook wel het taalconflict in het tweetalige brein noemen. We weten namelijk dat *grosso modo* dezelfde hersenstructuren betrokken zijn bij de talen waarover je beschikt, de talen waarin je je kunt uitdrukken. Op een of andere manier komt daar ergens een soort controlestructuur overheen, die je in staat stelt op het ene moment de ene taal te selecteren en te gebruiken en op het andere moment de andere. Wij zijn geïnteresseerd in het hersengebied dat in dat proces zo'n belangrijke rol speelt. Om dat te onderzoeken moet je opnieuw een soort speelveld voor het experimentele onderzoek bedenken. De vragen zijn op zichzelf complex, maar het definiëren van een speelveld ten behoeve van het onderzoek ligt soms binnen handbereik. Als speelveld kunnen we hier de z.g. interlinguale homografen nemen. Dat zijn woorden die b.v. in het Engels en in het Nederlands (in dit geval ging het om Engels/Nederlandse woorden) hetzelfde geschreven worden, maar in beide talen een andere betekenis en een andere uitspraak van het woord 'room' hebben. 'Kamer' betekent het woord in het Engels en 'Cream' betekent het gewoon bij ons. We weten niet precies in welke taal de betekenis ligt uitgedrukt in ons hoofd. Die heeft niet noodzakelijkerwijs met specifieke taalkenmerken te maken. Het zijn de conceptuele specificaties. Daarnaast maakt het ene woord deel uit van het Engels, het andere van het Nederlands. We geven de mensen tijdens het onderzoek de opdracht om bij een Engels woord een bepaald knopje in te drukken, bij een Nederlands woord een ander. Er is hier in wezen een soort conflict voor de interlinguale homografen gecreëerd. Je hebt aan de ene kant de neiging te zeggen: "Het is een Engels woord, het is toch 'room' [roem], aan de andere kant de neiging te zeggen dat het een Nederlands woord is. Dat soort conflictsituaties moet wel tot grotere mate van hersenactiviteiten leiden en tot rekruteren van die gebieden die op een of ander manier controle moeten uitoefenen en als het ware een keuze moeten maken. Het blijkt dat bij dit onderzoek een drietal structuren extra actief wordt. Dit gebeurt niet bij iemand die maar één taal spreekt. Bij een monolinguaal



Bij het bepalen tot welke taal een woord hoort worden drie structuren in de hersenen extra actief. Dit gebeurt niet bij iemand die maar één taal spreekt

persoon vind je niets van deze activiteit terug. Die vind je alleen maar terug bij een tweetalig persoon, die op deze manier in een soort taalconflict gebracht is.

Een gebied ongeveer in het midden vooraan speelt een belangrijke rol bij het oplossen van conflicterende, in dit geval, taal informatie, alsmede twee gebieden in de linker en rechter frontale hersenhelft. Met dit soort onderzoek krijgen wij greep op de hersencircuits die b.v. een rol spelen in uw geval, wanneer je te maken hebt met tweetalige situaties. Als je als het ware op het ene moment de ene taal moet selecteren en op het andere moment de andere taal, heb je een soort controlenetwerk nodig. Dit zijn de drie gebieden die je in staat stellen adequaat met die meertaligheid om te gaan.

Bij onderzoek naar geschreven en gesproken taal krijg je ten dele dezelfde uitkomsten en ten dele andere uitkomsten. Gesproken taal wordt niet herkend via de visuele cortex, maar daar heb je een gebied voor nodig dat met akoestische informatie om kan gaan, met auditieve informatie. Maar als het gaat om het samenvoegen van die betekenissen, die syntactische processen, dan zie je dat het niet uitmaakt of je met geschreven dan wel akoestisch aanbod te maken hebt. Je kunt zelfs zien dat luisteraars gebruik maken van de gebaren die sprekers maken. Als je b.v. zegt: 'De bal rolde naar beneden', maak je vaak tegelijkertijd met de spraak bepaalde gebaren die ook informatie bevatten. Het lijkt erop dat hetzelfde gebied dat betrokken is bij het samenvoegen van de talige betekenissen ook een belangrijke rol speelt het

samenvoegen van informatie, die niet direct talig is maar die wel samengevoegd moet worden met die talige betekenis om de interpretatie tot een geheel te lijmen.

Er is onderzoek gedaan naar storende geluiden, zoals muziek of andere herrie of wanneer veel mensen aan het praten zijn. Het blijkt dat er individuele verschillen tussen mensen zijn. Dit heeft te maken met wat ik eerder die controlestructuur noemde. In feite moet je dus in staat zijn bepaalde informatie te versterken en andere uit te filteren. Dat kan je aandacht noemen. Sommige mensen zijn heel goed in staat hun aandacht te richten en alles wat daarbuiten valt te onderdrukken. Andere mensen hebben daar meer moeite mee. Dus er zijn de nodige individuele verschillen tussen. Je maakt gebruik van een aandachtsmechanisme om het ene signaal te versterken en het andere te onderdrukken. Interessant verschijnsel is het cocktailparty fenomeen. Als je op rumoerige feestjes staat te praten met een paar mensen en je hoort ineens je naam noemen, hoewel dat aan de andere kant van de zaal kan zijn, dan is het toch vaak zo dat mensen dat oppikken. Je bent in feite op bepaalde zaken, ook al druk je die informatie weg, op een onbewuste manier zodanig ingetuned dat als die informatie er komt je het toch oppikt.

Ter afsluiting heeft de spreker een gedicht van Leo Vroman voorgedragen. Deze collega bioloog heeft zich een mensenlevenlang verwonderd over het complexe proces dat zich onder haar en schedelbeen in ons brein afspeelt. \*