



PETER HAGOORT

Het Brein op een Kier (13):

Over hersenen gesproken

t

Het vermogen om te communiceren via de taal is ongetwijfeld een van de ingewikkeldste produkten van de evolutie. Met de moderne beeldvormende technieken kan worden onthuld hoe dit vermogen door een complex samenspel van gebieden in de hersenen vorm krijgt.

ijdens het uitoefenen van zijn grote hobby, het bespelen van een kerkorgel, werd de heer N. getroffen door een beroerte. De daarmee samenhangende onderbreking van de zuurstoftoevoer naar delen van de hersenen had tot gevolg dat een deel van zijn linker hersenhelft onherstelbaar beschadigd werd.

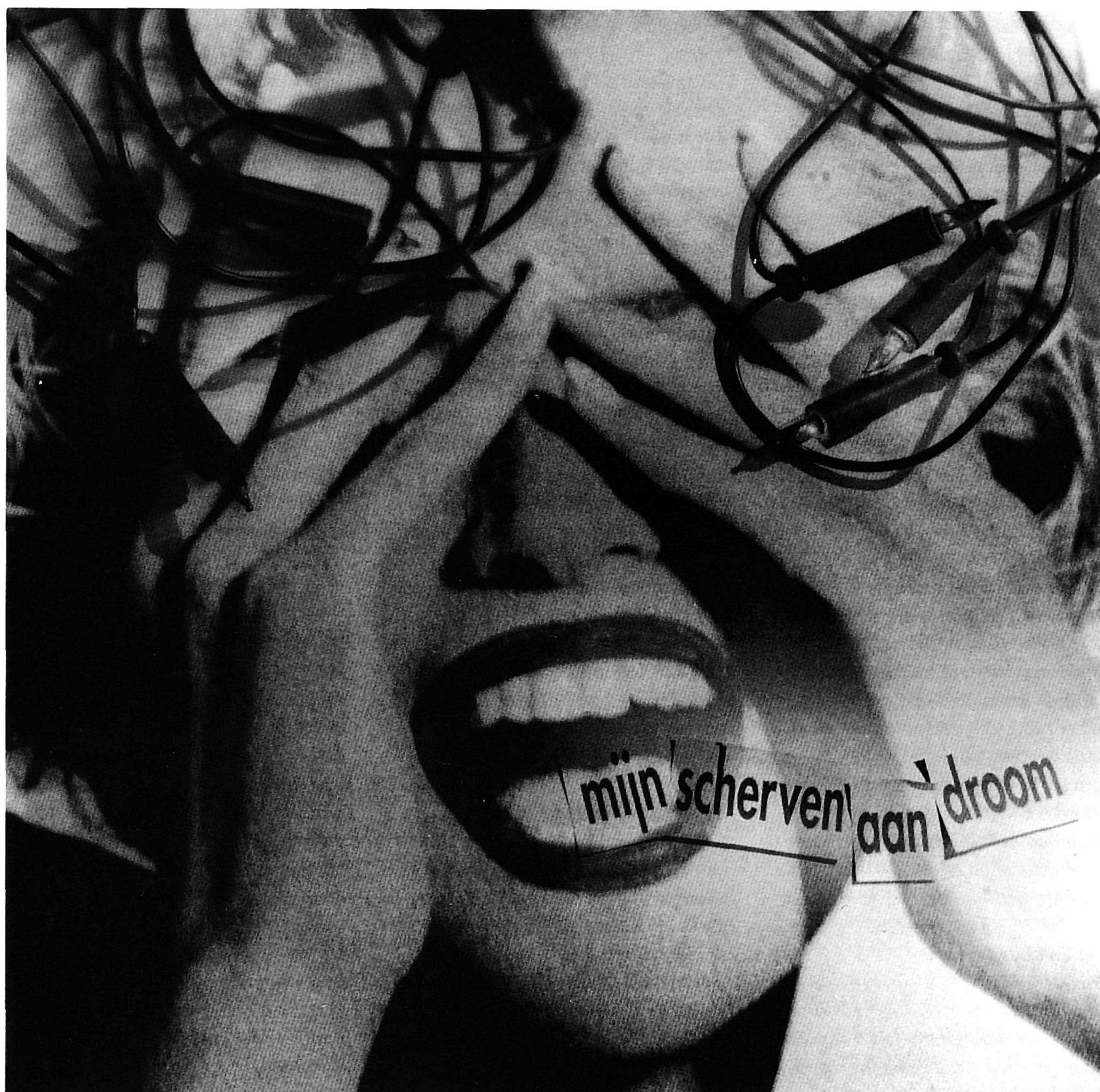
Behalve een verlamming van rechter arm en been, leidde de hersenbeschadiging tot een ernstige achteruitgang in zijn vermogen tot spreken en, in mindere mate, tot het begrijpen van taal. Gevraagd naar het verloop van zijn aandoening, antwoordde N. vijf jaar na het herseninfarct als volgt:

„augustus bloeding ... november ietsje vertellen ... ja mondje houden, maar innerlijk hè ... januari stukje beter ... behoorlijk herinneren enzovoort ... maar spreken moeilijk ... januari bijvoorbeeld twee woorden,

meer niet ... eh 'koffie' en 'thee' en verder niet ... maart stukje meer, tien woorden ... dus 'eten' en 'drinken' enzovoort ... mei een stukje verder meer ... honderd woorden ... nu vijfde jaar redelijk gesprekken volgen.”

Het cement ontbreekt

Afasie is de verzamelnaam voor allerlei taalstoornissen die kunnen optreden als gevolg van een hersenbeschadiging. Wat opvalt aan het antwoord van N. is de onvolledigheid van de geproduceerde zinnen. Niet alleen zijn de zinnen kort, maar er ontbreken ook elementen aan, zoals lidwoorden, voorzetsels en vervoegingen van werkwoorden. Zo zegt hij niet „ik heb in augustus een bloeding gehad”, maar „augustus bloeding”. De gemeenschappelijke noemer van de ontbrekende elementen is dat zij het syntactisch ce-



ment van de zin vormen. Zinnen zijn meer dan aaneenschakelingen van losse woorden. In welke relatie de woorden van een zin tot elkaar staan, wordt gespecificeerd met behulp van deze syntactische elementen. Zo vereist een welgevormde zin dat onderwerp en werkwoord in getal overeenstemmen. In het Nederlands wordt dat gemarkeerd door de uitgang van zelfstandige naamwoorden en werkwoorden (bijvoorbeeld 'jongen' tegenover 'jongens'; 'loopt' tegenover 'lopen'). Ook al zijn de uitingen van N. kort

en worden zij met de nodige moeite uitgesproken, het is voor de luisteraar niet al te moeilijk om de inhoud van zijn betoog te volgen. De taaluitingen van N. zijn goed te begrijpen, omdat hij nog steeds in staat is de juiste inhoudswoorden (zelfstandige naamwoorden, bijvoeglijke naamwoorden, werkwoorden) te selecteren en uit te spreken. Ook al missen de uitingen het syntactisch cement waarmee de meeste taalgebruikers hun zinnen bouwen, de resulterende telegramstijl is communicatief gesproken tamelijk effectief.

Er zijn echter ook vormen van afasie waarin het selecteren van de juiste inhoudswoorden nu juist het grote probleem vormt. Zo beschreef patiënte W. een plaatje van een man die de krant aan het lezen is als volgt: „De man leest de radio”. In tegenstelling tot N. is W. niet langer in staat het juiste woord bij een bepaald begrip uit het geheugen op te halen en te produceren. Op basis van het begrip 'krant' wordt het woord RADIO geselecteerd, een woord dat weliswaar qua betekenis enigszins verwant is met KRANT

maar het beoogde begrip toch niet in alle opzichten dekt. In het meest extreme geval leidt het onvermogen om de juiste woorden te selecteren tot semantisch jargon. De volgende uiting is daarvan een voorbeeld:

„Op een gegeven moment is 't loes als u jenkend van mij das zeggen ooh das heel moeilijk maar elk een beetje van woon dan denk ik moet doen ik.” Taaluitingen bestaan in zo'n geval uit syntactisch soms complexe zinnen waaraan echter wat betekenis betreft geen touw meer is vast te knopen. Dit is geen gevolg van een verwarde gedachte, maar van het niet langer in staat zijn de juiste woorden uit het geheugen op te halen om de gedachte in taal uit te drukken (zie ook het kader).

De bovenstaande voorbeelden illustreren dat 'het menselijk taalvermogen' de korte aanduiding is voor een hele reeks meer of minder onafhankelijke vaardigheden. De centrale puzzel voor de psycholinguïstiek is uit te zoeken waarover de taalgebruiker in zijn verschillende hoedanigheden (als spreker, schrijver, luisteraar of lezer) moet beschikken om op snelle en adequate wijze taal te kunnen produceren en begrijpen.

Het mentale lexicon

Een centrale rol in taalpsychologisch onderzoek wordt toegekend aan de woordenschat waarover taalgebruikers beschikken. Hoe is deze woordenschat georganiseerd en op welke wijze halen we die informatie uit het geheugen op? Bij een taalgebruiker met een gemiddeld scholingsniveau ligt al gauw kennis over zo'n 40.000 woorden van de moedertaal opgeslagen in de hersenen. Daarbij moeten we niet alleen denken aan kennis over hoe de betreffende woorden klinken en geschreven worden, maar ook aan specificaties van hun betekenis en syntactische eigenschappen. De syntactische eigenschappen van woorden bepalen onder andere of we te maken hebben met een werkwoord, een zelfstandig

naamwoord, een voorzetsel, enzovoort.

Bij spreken en luisteren wordt al deze informatie in een fractie van een seconde uit het geheugen opgehaald. Feitelijk is de snelheid waarmee wij kunnen spreken en verstaan ronduit verbazingwekkend. Zonder problemen volgen wij op een doorsnee zondagavond in de uitzending van Studio Sport het commentaar van Hans Eijsvogel bij 'De koers van de maand'. Eijsvogel laat zich daarin door de paarden regelmatig opjagen tot een spreektempo van zo'n vier woorden per seconde. Om zijn commentaar te begrijpen, moeten we uit ons omvangrijke mentale woordenbestand de juiste woorden inclusief hun syntactische en semantische kenmerken ophalen. Eijsvogel zelf moet bij het spreken met dezelfde snelheid de juiste woorden selecteren, maar ook nog eens de grote hoeveelheid spieren (zo'n honderd in getal) aansturen die bij het articuleren van woorden en zinnen betrokken zijn. Ook bij een doorsnee spreektempo van twee woorden per seconde, blijft dit een verbazingwekkende prestatie. Verder is het verbluffend hoe moeiteloos en adequaat wij doorgaans in staat zijn bij het spreken alle elementen van een zin te selecteren, op de juiste plaats te zetten en uit te spreken. Desalniettemin gaat er wel eens wat fout, hetgeen zich onder andere manifesteert in haperingen en versprekingen. De keren dat versprekingen iets over onze onbewuste drijfveren onthullen (de Freudiaanse verspreking) zijn te verwaarlozen vergeleken bij het aantal versprekingen dat een gevolg is van een hapering in de cognitieve machinerie die een gedachte omzet in een welgevormde zin. Zo versprak de voorzitter van de politiebond zich in een radiointerview (3/1/1989): „We moeten ook de boezem in eigen hand steken”, waarbij de twee zelfstandige naamwoorden in de zin van plaats verwisselden. Ook klanken kunnen van plaats ver-

wisselen zoals in het voetbalverslag van Evert te Napel (juni 1990): „Het snel werd speller.” (in plaats van „Het spel werd sneller”). Voormalig minister Van den Broek sprak in 1991 zijn bezorgdheid uit over „een staatsgriep naar klassiek model”, waarbij de ie-klank van 'klassiek' bij het uitspreken van 'staatsgreep' op typisch Hollandse wijze voor zijn beurt ging. De reeds genoemde Te Napel ten slotte had het tijdens zijn verslag van Ajax-Porto (januari '88) over „een goeie demarratie”, waarbij de alternatieve woorden 'demarrage' en 'acceleratie' kennelijk gelijktijdig uit het geheugen waren opgehaald en bij het uitspreken in elkaar geschoven werden.

Neurale bouwstenen

Versprekingen zijn niet willekeurig, maar voldoen aan bepaalde regelmatigigheden. Hetzelfde geldt voor de uitvalsverschijnselen als gevolg van een hersenbeschadiging. Tezamen met in experimenteel onderzoek verkregen gegevens, stelt dit soort informatie de taalpsycholoog in staat complexe taalvaardigheden in hun onderdelen uiteen te leggen en aan te geven hoe deze in de tijd zodanig georkestreerd zijn dat snelle en adequate uitvoering van de betreffende taalvaardigheid gerealiseerd kan worden. Een dergelijke schets van de onderdelen en hun samenspel wordt wel aangeduid als de cognitieve architectuur van de menselijke taalgebruiker. Pas met zo'n schets in de hand kan de vraag zinvol gesteld worden hoe taal en hersenen met elkaar samenhangen. De cognitieve architectuur vormt als het ware de bestektekening waarmee wij in het brein op zoek kunnen gaan naar de neurale bouwstenen waaruit het menselijk taalvermogen is opgetrokken.

Het in kaart brengen van de neurale architectuur van het menselijk taalvermogen is echter minder eenvoudig dan voor andere cognitieve functies zoals bijvoorbeeld de visu-

ele waarneming. Onze kennis over de wijze waarop het brein waarneemt, is voor een belangrijk deel gebaseerd op dierproeven. Voor spreken en verstaan is een dergelijk diermodel echter niet voorhanden. Sprekende dieren komen alleen in tekenfilms en kinderboeken voor. Daardoor kunnen we uit dierproeven niet al te veel leren over de neurale architectuur van het menselijk taalvermogen. Lange tijd waren we daarvoor aangewezen op 'experimenten van de natuur' in de vorm van hersenbeschadigingen en de daarmee samenhangende taaluitval. Op basis van gegevens verkregen uit deze 'experimenten van de natuur' weten we dankzij het baanbrekende werk van de Franse neuroloog Broca sinds eind vorige eeuw dat bij de meeste mensen het taalvermogen zetelt in de linker hersenhelft. In deze hersenhelft spelen met name delen van de frontaalkwab, de temporaalkwab en de pariëtaalkwab een centrale rol bij ons taalvermogen. Indien we echter meer in detail willen specificeren welke rol voor deze gebieden bij spreken en verstaan is weggelegd wordt het lastiger. Lange tijd is gedacht dat een gedeelte van de frontaalkwab (met name het gebied van Broca) de metselaar was die met behulp van syntactisch cement de bouwstenen van de zin tot een welgevormde uiting samenvoegt. De meer naar achter gelegen windingen werden geacht de woordklanken te huisvesten en ons tevens in staat te stellen de betekenis van de gehoorde uiting te achterhalen.

Het is de laatste jaren echter steeds duidelijker geworden – dankzij CAT-scans (tegenwoordig ook vaak CT-scans genoemd) die hersenlesies zichtbaar kunnen maken – dat de plaats van de lesie slechts een geringe voorspellende waarde heeft in relatie tot de aard van het taalprobleem. Zo rapporteerden de Akense neuropsycholoog Willmes en neuroloog Poeck onlangs dat bij een groep van 221 patiënten met een taalstoor-

nis (afasie) in minder dan de helft van de gevallen uit de plaats van de hersenbeschadiging afgeleid kon worden wat voor soort afasie de patiënt had. De conclusie moet zijn dat we in globale zin de hersengebieden kunnen aanwijzen die voor het menselijk taalvermogen verantwoordelijk zijn, maar dat het niet goed lukt de afzonderlijke onderdelen van spreken en verstaan (bijv. het ophalen van een woord uit het mentale lexicon, het achterhalen van de zinsstructuur, het destilleren van de zinsbetekenis) rechtstreeks aan specifieke hersengebieden te koppelen. Dit is achteraf gezien ook niet zo verwonderlijk. Zeker voor hogere cognitieve processen zoals spreken en verstaan geldt dat daarbij meerdere hersengebieden nauw samenwerken. Een beschadiging ergens in dit netwerk van samenwerkende gebieden heeft niet alleen locale consequenties, maar beïnvloedt tevens de neurale orkestratie van het gehele systeem. CAT-scans geven een beeld van het beschadigde hersenweefsel, maar niet van de mate waarin andere gebieden met gezond weefsel ten gevolge van de lesie in hun functioneren worden belemmerd. Daarom is het nodig beelden van hersenstructuren aan te vullen met registraties van hersenactiviteit. Een beter inzicht in de relatie tussen taal en hersenen hangt af van de mate waarin we de hersenen kunnen inspecteren terwijl ze actief met taal bezig zijn.

Specifieke hersenpotentialen

Kortom, we zijn aangewezen op registraties van hersenactiviteit om het brein in bedrijf te zien. De meest bekende maat van hersenactiviteit is het electro-encefalogram (EEG). Afname van het EEG gebeurt tegenwoordig niet alleen voor medische doeleinden, maar ook in wetenschappelijk onderzoek. In dat laatste geval gaat het er onder andere om neurofysiologische correlaten op te sporen van specifieke cognitieve

vaardigheden. Indien we een proefpersoon een aantal stimuli (bijvoorbeeld woorden) aanbieden en we middelen de stukjes EEG die na elke afzonderlijke stimulus optreden, kunnen we een karakteristiek patroon van pieken en dalen in het gemiddelde EEG waarnemen. Elk van deze pieken en dalen vertegenwoordigt een afzonderlijke hersenpotentiaal. Algemeen wordt aangenomen dat verschillende hersenpotentialen door verschillende groepen hersencellen opgewekt worden.

Voor onderzoek naar het menselijk taalvermogen won deze techniek aan belang na de opzienbarende ontdekking van een hersenpotentiaal met een specifieke gevoeligheid voor taal. Het waren Marta Kutas en Steven Hillyard, beiden verbonden aan de Universiteit van Californië, die daarover in 1980 voor het eerst in *Science* rapporteerden. Zij observeerden een negatieve piek in het EEG die zijn piekwaarde bereikte zo om en nabij de 400 milliseconden nadat een woord zichtbaar geworden was. Om die reden doopten zij deze hersenpotentiaal de N400. De grootte van deze negatieve piek wordt beïnvloed door de mate waarin de betekenissen van woorden in een zin met elkaar samenhangen. Kutas en Hillyard vonden een grotere N400 voor het laatste woord in de zin „Hij besmeerde zijn boterham met sokken” dan voor het laatste woord in „Hij besmeerde zijn boterham met boter”. Simpelweg kan men zeggen dat hoe harder het brein moet werken om de verschillende afzonderlijke woordbetekenissen tot een interpretatie van de gehele uiting samen te smeden, des te groter de N400-piek.

Onlangs is in ons eigen laboratorium een hersenpotentiaal gevonden die samen lijkt te hangen met de opbouw van een syntactische structuur voor een zin. Proefpersonen kregen zinnen te lezen die in sommige gevallen een syntactische schending bevatten, zoals in „Het verwende kind gooien het speelgoed op de