

UIP.Q
S 31 (1)

TNO-rapport

**EEG-PROFIEL IV
HET BRAINFO SYSTEEM**

Referentiewaarden van het Kwantitatieve EEG

BIBLIOTHEEK NEDERLANDS INSTITUUT VOOR
PRAEVENTIEVE GEZONDHEIDSZORG TNO

29 SEP 1992

POSTBUS 124, 2300 AC LEIDEN

IBISSTAMBOEKNUMMER

10763

NIPG-publikatienummer
92.018

September 1992

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks-
opdrachten aan TNO', dan wel de
betreffende terzake tussen partijen
gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© TNO

BIBLIOTHEEK NEDERLANDS INSTITUUT VOOR
PRAEVENTIEVE GEZONDHEIDSZORG TNO

27 OKT 1993

POSTBUS 124, 2300 AC LEIDEN

G. Schenk
J.L. Blom
A.C. van Huffelen



PROF. DR. J. VAN DER WOUDE
PROF. DR. J. VAN DER WOUDE
5 OKT 1983

POSTBUS 104 2000 AC LEIDEN

Deze uitgave is te bestellen door het overmaken van f 42,65 (incl. BTW) op postbankrekeningnr. 99.889 ten name van TNO-Gezondheidsonderzoek te Leiden onder vermelding van bestelnummer 92.018.

INHOUD

	pagina
VOORWOORD	i
SAMENVATTING	i
1. INLEIDING	1
1.1 Het E.E.G.	1
1.2 Motivering	2
1.3 Doelstelling	3
1.4 Perspectieven	4
2. LITERATUUROVERZICHT	5
2.1 Inleiding	5
2.2 Studies met betrekking tot referentiewaarden	5
2.3 Het EEG	13
2.3.1 Inleiding	13
2.3.2 Alfa-activiteit	13
2.3.3 Beta-activiteit	15
2.3.4 Mu-ritme	16
2.3.5 Theta-activiteit	17
2.3.6 Langzame activiteit in de achterste gebieden	17
3. vEEG VERSUS qEEG	18
3.1 Handwerk	18
3.2 Automatisering	18
3.3 Het visueel beoordeelde EEG	19
3.3.1 Bemonstering	19
3.3.2 Frequentiemeting	20
3.3.3 Amplitudo-meting	20
3.4 Het qEEG	20
3.4.1 Bemonstering	20
3.4.2 Frequentie	21
3.4.3 Vermogen	22
3.4.4 Resolutie	22
3.4.5 Het tijdsdomein	23

VERVOLG INHOUD

	pagina
4. MATERIAAL EN METHODEN	25
4.1 Inleiding	25
4.2 Selectie-criteria	26
4.2.1 Anamnestiche criteria	26
4.2.2 Uitsluitings-criteria bij het lichamelijk onderzoek	29
4.3 Proefpersonen	30
4.3.1 Inleiding	30
4.3.2 Opzet en inhoud van de wervingsbrief	31
4.3.3 De pers	32
4.4. Bijzondere voorzorgen	32
4.4.1 Inleiding	32
4.4.2 De veiligheid van het onderzoek	32
4.4.3 Het medisch beroepsgeheim	33
4.4.4. Informed consent	34
4.5 Het onderzoek	34
4.5.1 De voorbereiding van het onderzoek	34
4.5.2 Uitvoering van het onderzoek	35
4.5.3 De EEG-registratie	36
4.5.4 Evoked potentials	36
4.5.5 Lichamelijk onderzoek	37
4.5.6 Nabespreking	38
4.5.7 Slot-enquête	38
4.6 Apparatuur	38
4.6.1 De onderzoekruimte	38
4.6.2 De elektroden	39
4.6.3 De meetapparatuur	39
4.6.4 De stimulator	40
4.6.5 Registratie van het EEG	41
4.6.6 Het BRAINFO-systeem	42
4.6.7 Frequentiebanden	44

VERVOLG INHOUD

	pagina
5. RESULTATEN	46
5.1. Inleiding	46
5.2. Plaatsbepaling van elektroden	46
5.2.1 De elektrische lokalisatie van de oorelektroden	46
5.2.2 Vergelijking van de 'source' referentie met andere referenties	48
5.3 De database	59
5.3.1 De frequentiebanden	60
5.3.2 De ratio's	61
5.3.3 De Hjorth-parameters	61
5.3.4 De α -top frequentie	62
5.3.5 De links - rechts verschillen	62
5.3.6 De reactiviteit	62
5.3.7 De Prohibility Density Maps	63
5.4 Bewerking van gegevens	64
5.4.1 Inleiding	64
5.4.2 De Hjorth-parameters	64
5.4.3 De ' α '-frequentieband in de achterste schedelhelft	74
6. DISCUSSIE	86
6.1 Voorwaarden waaraan een referentiedatabase moet voldoen	86
6.2 Het verzamelen van proefpersonen	87
6.3 De samenstelling van de referentiedatabase	89
6.4 De referentie-elektroden	90
6.5 Enkele specifieke onderzoeken	91
6.5.1 De Hjorth-parameters	91
6.5.2 De topfrequentie	92
6.5.3 De vermogens van 0,5Hz banden tussen 8 en 11 Hz	93
6.6 Nawoord	94
LITERATUUR	95
BIJLAGEN	101
APPENDIX	123

VOORWOORD

Het rapport 'Het EEG-profiel IV' vormt het sluitstuk van 14 jaar onderzoek naar de ontwikkeling van de cerebrale activiteit bij de mens.

In het rapport wordt een tipje van de sluier opgelicht, die de ontwikkeling van de functionele activiteit van de hersenen zoals deze zichtbaar is in het EEG, verbergt.

De grote technische ontwikkelingen op computergebied in die periode zijn de voornaamste krachten geweest die de resultaten die zijn beschreven, mogelijk hebben gemaakt. Brain mapping bestond 14 jaar geleden nog niet en de geavanceerde analysemethoden die beschreven zijn in het rapport 'Het EEG-profiel III', dat de ontwikkeling en inhoud van het BRAINFO systeem beschrijft, konden pas in de afgelopen 10 jaar gerealiseerd worden.

Hoewel een onderzoeksperiode wordt afgesloten met dit rapport betekent dit geenszins dat daarin ook alle resultaten van dit project beschreven zijn. De ruim 4 gigabyte aan gedigitaliseerd EEG die met de registratie van de kwantitatieve EEG's van meer dan 300 streng geselecteerde gezonde mensen tussen 20 en 90 jaar zijn verkregen, vormen een belangrijke bron van gegevens met een grote wetenschappelijke en praktische waarde.

De referentie database zoals deze in dit rapport beschreven wordt, vormt een belangrijk produkt dat - hetzij samen met het BRAINFO systeem hetzij in combinatie met reeds in de praktijk gebruikte systemen - zowel voor de kliniek als in het toegepaste onderzoek een rol van betekenis zal kunnen gaan spelen.

SAMENVATTING

In het verlengde van onderzoek "het EEG-profiel I" over standaardwaarden van het EEG bij kinderen, werd een onderzoek verricht naar de normale waarden bij volwassenen.

De reden daarvoor is, dat kennis van normale referentiewaarden de basis vormt voor toepassing van kwantitatief EEG-onderzoek (qEEG) in de dagelijkse klinische praktijk. Hoewel er meerdere publikaties zijn verschenen in de afgelopen 20 jaar die referentiewaarden tot onderwerp hadden, schieten die - zie hoofdstuk 2 - op meerdere aspecten te kort. De hier gepresenteerde gegevens zijn daarom volledig nieuw.

De kennis van het visueel beoordeelde EEG (vEEG) is van grote betekenis als basis voor het QEEG, daarom zijn de bestanddelen van het normale VEEG met hun definities ook in dit rapport beschreven (zie paragraaf 2.3).

De meetresultaten van het QEEG kunnen echter te nauwernood direct worden gerelateerd aan die van het VEEG. De vorm van een golf wordt in het VEEG met woorden omschreven, bij het qEEG komt dat tot uiting in een deel van het uit het EEG berekende spectrum.

De eisen, die men aan een referentiedatabase moet stellen zijn in dit rapport uitgebreid beschreven. Voor wat betreft de op te nemen gegevens moet de database voor alle leeftijden en voor alle elektrodenpositie's, gescheiden voor mannen en vrouwen alle relevante variabelen bevatten en moet zij zoveel mogelijk universeel toepasbaar zijn.

De voorwaarden, waaraan de proefpersonen moeten voldoen, komen in hoofdstuk 4 uitvoerig aan de orde. Daarbij blijkt o.m. dat het begrip "gezond" slechts bij uitsluiting omschreven kan worden.

Voor het slagen van het onderzoek wordt de wijze waarop de potentiële proefpersonen worden benaderd van groot belang geacht, hetgeen in het zelfde hoofdstuk is beschreven.

De praktische gang van zaken van het onderzoek wordt in paragraaf 4.5 beschreven.

Daarin komen alle aspecten aan de orde, die hebben geleid tot een optimale kwaliteit van de registratie.

In dit rapport zijn de resultaten voor de referentie database vastgelegd, waarin op basis van 0,1 Hz banden de gegevens van 288 gezonde proefpersonen zijn verzameld, verdeeld over 24 groepen, 12 leeftijdsgroepen à vijf jaar voor ieder geslacht. De jongste leeftijdsgroep omvat de leeftijdsperiode van 20 tot 25 jaar, de oudste bevat de proefpersonen van 75 jaar en ouder.

De referentiedatabase is praktisch onmisbaar voor het BRAINFOSYSTEEM. Daarnaast is het een unieke verzameling gegevens over het normale EEG. Wil men er op de laatst genoemde wijze gebruik van maken, dan dient de statistische aanpak een andere te zijn. Immers bij de eerste wordt

de meting bij één individu vergeleken met de gegevens van de groep, terwijl bij de tweede uitsluitend groepen met elkaar worden vergeleken.

In dit rapport zijn enkele eerste conclusies over het normale qEEG van de mens gepresenteerd. De Hjorth-parameters, vooral als ze gezamenlijk worden gehanteerd, verschaffen een globaal, betrouwbaar en leeftijdsafhankelijk overzicht over het EEG.

Nader onderzoek van de topfrequentie en van de vermogens rond de topfrequentie in de achterste schedelhelft toont een duidelijk verschil in de meetgegevens tussen mannen en vrouwen. Bij beide geslachten is de topfrequentie negatief gecorreleerd met de leeftijd.

1. INLEIDING

Sinds in 1969 een onderzoek werd geïnitieerd met als doel "een aanzet te geven tot het verzamelen van standaardwaarden naar leeftijd, geslacht en rijpingsgraad van een EEG-ontwikkelingsprofiel" is er veel gebeurd. Het genoemde onderzoek is gevolgd door een nieuwe onderzoekslijn, welke resulteerde in het EEG-profiel bij gezonde schoolkinderen en een onderzoek met behulp van de kwantitatieve electroencephalografie bij kinderen met lichte cerebrale functiestoornissen. Tegelijkertijd werd gewerkt aan de ontwikkeling van een nieuwe methode voor het verwerken en bewerken van de opgenomen signalen. Dit laatste resulteerde in een uitgebreid soft- en hardwarepakket (Brainfo) waarover elders is bericht. (Blom,1992)

Bij de ontwikkeling daarvan is het vanaf het begin steeds duidelijk geweest dat het Brainfo-pakket zou moeten beschikken over een referentie data-base met "normale waarden" voor volwassenen.

1.1 Het E.E.G.

De literatuur over het onderzoek naar normale waarden van het EEG is vrij beperkt. De resultaten van de onderzoeken zijn vaak moeilijk te vergelijken, de wijze waarop de gegevens zijn verzameld loopt zeer uiteen en voldoet soms niet aan de eisen, die daaraan gesteld mogen worden. In een aparte paragraaf zal een overzicht worden gegeven van de tot op heden gepubliceerde resultaten van verschillende onderzoeksgroepen.

De visuele beoordeling van het EEG stimuleert niet tot onderzoek naar de normale waarden, in ieder geval minder dan de beschouwing van de resultaten van quantitatief EEG onderzoek (QEEG). Dit kan de weliswaar belangstellende maar ook passieve houding verklaren die er in de wereld van het visueel beoordeelde EEG bestaat voor de resultaten naar een dergelijk onderzoek.

Gaat men over tot het verzamelen van gegevens hiervoor, dan dient te voren een aantal vragen duidelijk te worden beantwoord. Deze vragen betreffen dan onderwerpen als :

- wie heeft een normaal EEG
- hoe moet dit worden opgenomen, kan dat bijv zodanig, dat het voor meerdere doelen bruikbaar is
- hoe universeel zijn de verkregen gegevens geldig.

1.2 Motivering

De beeldvormende technieken zoals de CT-scan (computer-tomografie) en MRI (magnetic resonance imaging) hebben in de afgelopen 15 jaar een duidelijke verdringing van het EEG in de diagnostiek van cerebrale afwijkingen te zien gegeven. De mening dat dit nogal eens ten onrechte gebeurt komt niet voort uit een misplaatst gevoel van achterstelling maar uit de voor de hand liggende realiteit dat functiestoornissen niet beoordeeld kunnen worden aan de hand van aan de anatomie gerelateerde afbeeldingen. De röntgenologie en de neurofysiologie maken beiden gebruik van diagnostische technieken, die elkaar enigszins overlappen. Met het EEG, en met name het QEEG, kan een functionele stoornis worden vastgesteld. Als die functie stoornis kan worden gelokaliseerd, kan de lokalisatie overeenkomen met anatomische afwijkingen. Een vergelijking van enkele voor- en nadelen van beide onderzoeksmethoden kan dit wellicht wat verduidelijken.

- Het opnemen van een EEG is een relatief tijdrovende bezigheid, de CT-scan is in verhouding snel gemaakt.
- Beide onderzoeken zijn non-invasief, CT-onderzoek betekent wel een belasting met röntgenstralen; een EEG is in die zin niet belastend, een MRI evenmin.
- Het EEG is in vergelijking met de CT-scan een goedkoop onderzoek, iets wat in nog sterkere mate geldt t.a.v. de MRI. (de CT-scan is een factor 3-4, de MRI een factor 13-14 duurder dan een EEG-onderzoek)
- Een groot verschil, dat maar al te vaak wordt genegeerd is, dat het EEG de **functie** van de hersenen weergeeft, terwijl het CT-onderzoek uitsluitend de **vorm** weergeeft op grond van de mate van doorlaatbaarheid voor röntgenstralen. Ook de MRI geeft voornamelijk de vorm weer, waarbij wel aangetekend dient te worden dat met deze techniek enige biochemische veranderingen zichtbaar kunnen worden gemaakt. (MRS)
- De resultaten van het klassieke EEG-onderzoek is voor iemand, die niet deskundig is op dit gebied een onbegrijpelijke stapel papier. In tegenstelling hiermee is het resultaat van het CT-onderzoek en van de MRI een voor iedereen herkenbaar beeld van de hersenen. Vaak wordt daarop ingespeeld door met de beoordeling, ook de CT-foto's naar de aanvrager te verzenden. De herkenbaarheid van de verkregen beelden verleiden echter gemakkelijk tot een interpretatie ervan, die bij ondeskundigen niet altijd juist zal zijn. Op meerdere neurologische afdelingen ontbreken de CT-foto's niet in de status en in welke neurologische afdeling is het EEG bij de status gevoegd ? Zeker in de neurologie heeft deze discrepantie aparte vormen aangenomen : welke cardioloog zal bij een ritmestoorning van het hart in eerste instantie een CT-scan laten verrichten ?

Met het qEEG krijgen wij de mogelijkheid om tegemoet te komen aan een aantal terechte of onterechte bezwaren tegen het EEG als klinische onderzoeksmethode.

Het stelt ons in staat sneller, objectiever en exacter antwoorden te geven op gestelde vragen over de aard en de ernst van de functiestoornis. Het verschaft ons de mogelijkheid om overzichtelijke en zelfs fraai ogende beelden te maken, die een overzicht geven van de bevindingen, beelden die enigszins doen denken aan de foto's van de CT-scan en de MRI.

Op deze wijze stelt de moderne computertechniek ons in staat het EEG-onderzoek - nu qEEG - die plaats te bezorgen tussen de klinische onderzoeksmethoden die het verdient; namelijk het onvervangbare, niet belastende functieonderzoek van de hersenen als onderdeel van een pakket van elkaar aanvullende onderzoeksmethoden in de neurologie.

1.3 Doelstelling

Doel van het onderzoek is om quantitative EEG-gegevens te verzamelen van volwassenen, waarvan mag worden aangenomen, dat zij een normale hersenfunctie hebben.

De wijze waarop deze gegevens worden verzameld, moet zodanig zijn, dat zij op iedere willekeurige wijze kunnen worden geanalyseerd. Er dient bij de data-acquisitie ook rekening te worden gehouden met meetmethoden, die nu nog zo experimenteel zijn, dat ze voor de opbouw van een referentiedatabase nog niet relevant zijn. In hoofdstuk 4 zal hier nader op worden ingegaan.

Een afgeleide doelstelling is de representatie van de gegevens voor gebruik in de praktijk. De analyses daarvan en de uiteindelijke representatie zullen in hoofdstuk 5 aan de orde komen.

De motivatie voor het opstellen van een referentiedatabase is het streven naar een samenhangend geheel van methoden, dat de clinicus in staat stelt in de dagelijkse praktijk hersenfuncties met objectieve(re) maatstaven te meten en bij de interpretatie ervan zo min mogelijk subjectieve aspecten te laten wege. Daarvoor is een op exact beschreven statistische parameters berustende referentie database, waarop de schaal van normaal naar afwijkend wordt gebaseerd, een eerste noodzaak. Deze schaal dient dus gebaseerd te zijn op exact beschreven statistische parameters.

1.4 Perspectieven

Als de klinisch neurofysioloog beschikt over een referentie-database dan kan deze zijn qEEG-onderzoek bij patiënten daar voortdurend aan toetsen. Dit stelt hem in staat de hersenfunctie op objectieve wijze te beschrijven, waarmee een beter hanteerbare bijdrage wordt geleverd aan de klinische discussie over de toestand van de patiënt. Hij doet dat bovendien in de wetenschap, dat hij zijn onderzoek ongelimiteerd kan herhalen, zonder dat dit enige nadelige invloed heeft op de gezondheidstoestand van de patiënt.

Systematisch qEEG-onderzoek van bepaalde ziektebeelden kan op den duur een qEEG-profiel opleveren, dat wellicht een grote mate van specificiteit heeft per aandoening.

Sommigen (Duffy, 1981, Walter, 1970) verwachten zelfs dat er in de toekomst mogelijkheden zullen komen gedragsveranderingen met het qEEG te meten.

2. LITERATUUROVERZICHT

2.1 Inleiding

In de afgelopen 50 jaar zijn regelmatig onderzoeksresultaten gepubliceerd over normaalwaarden van het EEG.

Deze resultaten zullen in dit hoofdstuk beknopt worden besproken waarbij zal worden nagegaan in hoeverre die gegevens in het kader van dit onderzoek relevant zijn.

De relevantie hangt af van een aantal criteria dat hieronder wordt opgesomd :

- welke selectiecriteria werden gebruikt voor de deelnemers ?
- hoe groot is de groep van deelnemers.
- met welke techniek werden de EEG's opgenomen ?
- hoe werden de gegevens verwerkt.

2.2 Studies met betrekking tot referentiewaarden

Obrist (1954) heeft in het kader van een groot opgezet onderzoek een groep van 150 ouderen onderzocht met een leeftijd tussen 65 en 90 jaar.

Hun conditie beschrijft hij als "as healthy as the average person their age", hij accepteerde een aantal chronische aandoeningen, als die voor de leeftijd acceptabel waren. Hij licht niet toe wat de criteria waren van acceptatie. De meetgegevens worden vergeleken met een groep van 1000 normalen, waarbij ook het begrip 'normaal' niet nader wordt omschreven.

De EEG's zijn - zoals voor die tijd gebruikelijk - alleen visueel beoordeeld. De technische specificaties van de registratie worden niet gegeven. Er wordt met 8 kanalen geregistreerd, waarbij zowel monopolaire als bipolaire afleidingen zijn gebruikt.

De voornaamste conclusie van het onderzoek is, dat met het stijgen van de leeftijd de langzame activiteit in het EEG toeneemt en de alfa-activiteit vermindert en in frequentie daalt. Daar geen kwantitatieve gegevens zijn gepresenteerd is de relevantie voor de onderhavige database van deze studie gering. Er is slechts een beperkte leeftijdsgroep onderzocht, bovendien zijn de selectiecriteria onduidelijk en is de registratietechniek onvoldoende omschreven en niet universeel toepasbaar. Het onderzoek heeft dan ook voornamelijk historisch waarde.

Roger (1959) onderzoekt 511 mannen van 20 jaar, die gekeurd zijn voor militaire dienst. Ook hier betreft het een onderzoek gebaseerd op de visuele beoordeling van het EEG. Technische details zoals gebruikte filters worden niet vermeld. Het doel van het onderzoek beperkt zich tot de analyse van de α -activiteit en het μ -ritme. Het μ -ritme is de activiteit in de frequentie van de α -activiteit, die zich bij de elektroden boven de sulcus centralis manifesteert en bij visuele beoordeling vaak een arcadeachtige vorm heeft. De gemiddelde frequentie van de α -activiteit voor deze leeftijdsgroep blijkt 9,8 Hz te zijn; een μ -ritme wordt bij 30% van de onderzochten gevonden.

Matousek (1966) is de eerste die voor dit onderzoek de mogelijkheid gebruikt van automatische analyse in de vorm van een frequentieanalysator vlg. Kaiser-Petersen. Deze analysator gaat uit van een aantal frequentiebanden : 1,5-3,5, 3,5-7,5, 7,5-9,5, 9,5-12,5, 12,5-17,5 en 17,5-25 Hz. Deze banden komt men in latere publikaties zeer veel tegen, doorgaans verbonden met de naam van Matousek.

De resultaten van dit onderzoek zijn gebaseerd op de registratie van vier bipolair afgeleide kanalen. De leeftijd van de deelnemers aan het onderzoek varieerde van 19 tot 67 jaar, zij werden geselecteerd aan de hand van een neuropsychiatrisch onderzoek. De omvang van de steekproef was 128, hetgeen gezien de leeftijdsopbouw niet groot kan worden genoemd.

Een belangrijke conclusie uit het onderzoek is dat bij de beoordeling van een EEG van een patiënt diens leeftijd een belangrijke rol dient te spelen, dat de norm een aan de leeftijd gerelateerde grootte dient te zijn.

Hoewel het onderzoek - voor die tijd - geavanceerd genoemd moet worden, zijn de beperkingen ervan aanzienlijk. Zo kunnen door de gebruikte bipolaire afleidingen en het beperkt aantal geanalyseerde kanalen maar enkele, meer algemene conclusies worden getrokken, terwijl de relatief brede frequentiebanden van de gebruikte analysator alleen maar globale uitspraken mogelijk maken.

Een jaar later publiceerde **Simonova** (1967) de resultaten van een onderzoek bij honderd normale proefpersonen van 17 tot 62 jaar. De proefpersonen werden pas na een zorgvuldig neurologisch en psychiatrisch onderzoek tot de steekproef toegelaten. De analyse bestond uit een visuele beoordeling van 50 tot 60 minuten EEG-registratie waarbij geen technische details over de wijze van registreren worden gegeven. Slechts algemene termen als "bipolair" en "referential" zijn in het artikel vermeld.

Een van de conclusies uit het onderzoek was, dat er geen verband gevonden werd tussen de asymmetrie van de alfa-activiteit en het al of niet rechtshandig zijn, iets wat elders in de literatuur wel is beschreven. In 12 % van de registraties kon een μ -ritme worden gevonden, terwijl 17% van

de registraties langzame activiteit over de achterste schedelhelft liet zien. Theta-activiteit met een kleine amplitudo (tot 30 μ V) was een vrij algemeen verschijnsel. De invloed van de leeftijd op het EEG is in dit onderzoek niet na gegaan.

Bij de opsomming van onderzoeken naar het EEG bij gezonden kan **Eeg-Oloffsen** (1970) niet ongenoemd blijven. Hij onderzocht de invloed van leeftijd en geslacht op EEG's van kinderen van 1 tot volwassenen van 21 jaar. In dit onderzoek werden strenge en duidelijk omschreven selectiecriteria gebruikt. In totaal onderzocht hij het enorme aantal van 928 gezonde proefpersonen. Hij vindt bij de kinderen een gemiddelde α -frequentie van 9,3Hz die toeneemt tot 10,2 Hz bij de oudsten. De meisjes toonden altijd een hogere frequentie van de alfa-activiteit. Veel van de onderzoeksresultaten hebben te maken met de maturatieprocessen, waaraan zijn onderzoeksgroep onderhevig was. Het onderhavige onderzoek begint wat betreft de leeftijd van de onderzochten, daar, waar dit onderzoek eindigde.

Matousek (1973) doet enkele jaren later verslag van een groot opgezet onderzoek wat voor een deel reeds eerder is beschreven (Eeg-Oloffsen 1971a 1971b) bij 401 kinderen en 160 adolescenten (1-15 jr, resp. 16-21 jr). Evenals in 1966 worden wederom bipolaire afleidingen gebruikt en zijn de banden met de zelfde frequentie-analysator berekend. Bij de beschrijving van de onderzoekstechniek worden nu ook de filters van het EEG-apparaat vermeld: een tijdconstante van 0,3 en laag doorlaatfilters bij < 70Hz. Er werden 7 kanalen geanalyseerd. Een van zijn conclusies is, dat er een verschil is tussen de EEG's van jongens en meisjes (een verschil in β -activiteit) als gevolg van het feit, dat meisjes banger voor het onderzoek zouden zijn dan jongens. De gebruikte filters, de afleiding en de breedte van de frequentiebanden laten echter wederom geen algemene conclusie toe. In het kader van een groots opgezet onderzoek naar veroudering onderzocht **Obrist** (1980) 47 bejaarden ouder dan 65 jaar. 27 personen uit deze groep hadden geen ernstige afwijkingen (using age related criteria) en een gemiddelde leeftijd 70,8 jaar. De overige 20 personen hadden asymptomatische of subklinische afwijkingen, de gemiddelde leeftijd was 72,3 jaar. Voor de registratie waren de onderzochten een week medicijnvrij. Er werden bipolaire en monopolaire afleidingen gebruikt. De EEG's werden visueel beoordeeld.

81% van de EEG's werd als normaal beoordeeld, 9% toonde focale en 9% diffuse langzame activiteit. De alfa-activiteit was bij de tweede groep (de groep met asymptomatische en subklinische afwijkingen) trager dan de eerste.

De toelatingscriteria voor dit onderzoek waren onvoldoende om aan te nemen, dat de eerste groep uit gezonde personen bestond. Als men op zoek is naar normen voor het EEG bij gezonde mensen, kan het resultaat van dit onderzoek daar niet toe bijdragen, niet alleen omdat over de gezondheid

onvoldoende zekerheid wordt geboden, maar ook omdat in een dergelijk onderzoek een EEG niet als "normaal" kan worden uitgeboekt.

De basis voor het onderhavige onderzoek is gelegd door Blom (1980,1990,1992) met het onderzoek naar de referentiewaarden van het kwantitatieve EEG bij kinderen van 5-13 jaar. De in dit onderzoek ontwikkelde procesvariabele zullen vroeg of laat ook bij volwassenen moeten worden toegepast. Leenden zij zich in dit onderzoek vooral voor de bepaling van de invloed van de leeftijd op het EEG (het betrof immers gezonde kinderen), deze procesvariabelen en waar nodig varianten daarvan beloven ook in de klinische praktijk en ook bij volwassenen toepasbaar te zijn. Het principe van selecteren van deelnemers aan het onderzoek is in feite overgenomen. Sinds de registratie bij de kinderen is de techniek verbeterd : tijdens dit onderzoek konden twaalf kanalen worden verwerkt terwijl bij het onderhavige onderzoek 21 kanalen kunnen worden vastgelegd voor qEEG. Vrijwel alle spectraal-parameters en twee Hjorth-parameters bleken, zij het in uiteenlopende mate, te veranderen met de leeftijd. Het vermogen neemt in alle banden af met de leeftijd, waarbij opmerkelijk is, dat deze afname tussen het 7e en het 10e jaar minder sterk verloopt dan daarvoor en daarna. Een van de drie Hjorth-parameters - de mobility - nam toe met de leeftijd en toonde de zelfde knik tussen het 7e en het 10e jaar. Voor zover dat in dit onderzoek viel na te gaan, toonde de α -top frequentie de zelfde invloed van de leeftijd als de mobility. Een verschil tussen jongens en meisjes werd niet gevonden. Er was voor alle frequentiebanden een verschil in gemeten vermogen links en rechts ten nadele van de linker hemisfeer, voor de α -frequenties occipitaal was dit verschil het meest uitgesproken.

Duffy (1984) onderzocht 63 personen met een leeftijd van 30-80 jr. De geselecteerden behoorden tot de Normative Aging Study groep. Er werd gebruik gemaakt van de linked ear-elektrodes als referentie-elektrode. De filtergrenzen voor het EEG waren van 0,5-50 Hz, terwijl hier voor het eerst gebruik werd gemaakt van computeranalyse. Daarbij werd een bemonsteringsfrequentie van 128 Hz toegepast. De gebruikte frequentiebanden waren : δ (0-3,75 Hz), θ (4-7,75 Hz), α (8-11,75 Hz), β (12-15,75, 16-19,75, 20-23,75, 24-27,75 en 28-31,75 Hz). Deze banden zijn geen verbetering ten opzichte van de door Matousek gebruikte banden omdat ze iets breder zijn.

Het gebruik van linked ear-lobes als referentieelectrode en de gebruikte filters zijn naar onze huidige begrippen geen goede keuzen en maken dat de resultaten van dit onderzoek ontoereikend zijn voor algemeen gebruik als referentiedatabase.

De vraag of er onderscheid valt te maken tussen de EEG's van patiënten, lijdende aan de "grote" psychiatrische syndromen komt men regelmatig tegen. In dat kader onderzocht **Flor-Henry** (1984) de EEG's van 63 depressieve, 75 manische en 53 schizofrene patiënten in vergelijking met de EEG's van 60 normale personen. De leeftijd werd niet vermeld.

De gebruikte opnametechniek van slechts 4 kanalen was gemeenschappelijke referentie tegen C_0 . De grenzen van de gebruikte filters waren <3 en $50>$ Hz. Voor de computeranalyse werden de signalen bemonsterd met een frequentie van 120 Hz.

De analyse van de resultaten, die overigens alleen de frequenties van 8-13/sec betrof (power en coherentie) hebben betrekking op het onderscheid tussen de EEG's van de hierboven aangeduide 3 patiëntengroepen. Als de selectiecriteria en de leeftijden van de 60 normale proefpersonen waren opgegeven dan zouden die gegevens van betekenis zijn geweest voor het onderhavige onderzoek.

Een van de grootst opgezette onderzoeken is uitgevoerd door **Matsuura** (1984) die 1416 registraties verrichtte bij personen van 6-39 jaar. De selectie geschiedde op grond van een uitvoerige neuropsychiatrische anamnese.

Alle registraties waren referentieel, d.w.z. dat voor alle elektroden het ipsilaterale oor als referentie werd gebruikt.

De gebruikte analysemethode wijkt af van de gebruikelijke : het is een mengsel van patroonherkenning en nuldoorgangsmeting. Van iedere golf werden, middels computeranalyse van het met 1000 Hz bemonsterde EEG-sigitaal iedere top, afbuiging en nuldoorgang gemeten. Op grond van deze metingen kon iedere golf worden geïdentificeerd. De aldus verzamelde gegevens stelden de onderzoekers in staat vast te stellen in welke mate golven uit bepaalde 'frequentiebanden' in het EEG voorkwamen. Dit gaf een (computer)-analyse die grote gelijkenis toont met die van het visueel beoordeelde EEG. De computeranalyse werd alleen toegepast op signalen afkomstig van de elektrodenpositie's Fp_1 , C_3 en O_1 .

De voornaamste conclusies uit dit onderzoek zijn, dat het aantal α -golven (α -time) met de leeftijd toeneemt tot het 13e jaar. Er wordt een verschil gemaakt tussen " α -time" en " α -index". Terwijl de eerste grootheid het totaal aantal opgetreden α -golven in relatie tot de tijd weergeeft, stelt de α -index de voorwaarde, dat er ten minste drie α -golven achtereen moeten zijn opgetreden.

De α -index toonde wel grote variabiliteit, maar geen invloed van de leeftijd, terwijl de α -time een toename toonde tot de leeftijd van 13 jaar om daarna constant te blijven. De resultaten worden van belang als hij de α -band in drie banden splitst : α_1 van 8,0 - 9,0 Hz, α_2 van 9,0 - 11,5 Hz, α_3 van 11,5 - 13 HZ. Met de leeftijd zag hij een geringe afname van de α_1 , een toename van de α_2

activiteit tot ± 20 jaar en een geringe toename van α_3 activiteit tot 40 jaar. De zelfde meetmethode paste hij ook toe op de theta- en de beta-frequentiebanden. De theta-activiteit neemt duidelijk af met de leeftijd, de beta-activiteit in gering mate.

De α_1 - en de α_2 -activiteit occipitaal kwam bij jongens van 14 - 17 jaar blijkens de α -time meer voor dan bij meisjes, voor de α_3 was dit andersom bij meisjes van 18 - 21 jaar. De α -index was in alle leeftijdsgroepen hoger bij mannen dan bij vrouwen. Duidelijke verschillen werden wat dit betreft niet gevonden voor de β -activiteit. Verschillen wat betreft de Θ -activiteit tussen mannen en vrouwen werden niet gevonden als de Θ -index werd gebruikt, de hogere Θ -frequentie's werden tot de leeftijd van 22-25 jaar bij de vrouwen iets meer gezien.

Helaas is in dit omvangrijke onderzoek gebruik gemaakt van afleidingen tegen het oor, en is de computeranalyse moeilijk vergelijkbaar met de resultaten van de meer gangbare analysemethoden, tenslotte betekent de leeftijdsgrens van 40 jaar een duidelijke beperking.

Toch is het nuttig enkele globale resultaten van dit onderzoek te gaan vergelijken met trends, die mogelijk in het eigen onderzoek zichtbaar worden. Met name wordt dan gedacht aan een geringe stijging van de frequentie van de α -activiteit met de leeftijd en aan het verschil tussen mannen en vrouwen.

E.R. John et al (1985) maakt gebruik van meetwaarden verkregen bij een Amerikaans multicenter onderzoek. Helaas werd gebruik gemaakt van linked earlobes en een daaruit berekende bipolair afleiding. De gebruikte frequentiebanden zijn die van Matussek. Gebruik van de gegevens stuit dus weer op de al eerder genoemde bezwaren tegen wijze van afleiden en de gebruikte frequentiebanden. Wel dient genoteerd te worden dat uit de vergelijking van de gegevens, verkregen in enkele centra blijkt, dat er geen verschillen zijn tussen de EEG's van personen van verschillende etnische of sociale achtergrond. Omdat alle registratie's op de zelfde wijze waren verricht kan aan deze conclusie een algemeen geldende waarde worden toegekend.

Het gebruik van de computer bij de verwerking van EEG's neemt toe, niet alleen in de breedte, maar ook in de diepte. Een goed voorbeeld daarvan is het onderzoek van **Volkow et al** (1987) die naast de spectraal analyse, ook factor- en clusteranalyse toepast.

Helaas valt de onderzochte leeftijdsgroep (12 - 18 jaar) buiten het interesseveld van dit onderzoek. Hij onderzocht 85 "normal healthy" kinderen. Opvallend is het ontbreken van inlichtingen over selectiecriteria en over technische details bij opname en verwerking.

Het EEG bij kinderen blijft de onderzoekers bezighouden. Zo onderzochten Gasser et al. (1988) 158 jeugdigen (77 meisjes en 81 jongens van 6 tot 17 jaar). De selectiecriteria werden ontleend aan de schoolprestatie, het niet gebruiken van "cerebraal-actieve" medicatie, de neurologische anamnese en - hoe paradoxaal dat ook moge klinken - het ontbreken van EEG-afwijkingen.

Er werden 8 kanalen met linked earlobes geregistreerd, de gebruikte filters waren : tijdsconstante 1sec.(high-pass $\pm 0,1$ Hz), low-pass filter 70 Hz, het EEG-sigitaal werd opgeslagen met een samplingfrequentie 102,4Hz.,ten slotte werden 6 epochs van 20 sec geanalyseerd. De door Matousek gebruikte banden werden aangehouden.

De ontwikkeling in leeftijd gaat niet lineair. Het vermogen in de meeste frequentiebanden neemt af met de leeftijd, behalve het vermogen in de $\alpha 2$ band, dit neemt relatief zelfs toe.

Een andere conclusie van het onderzoek is, dat er geen verschil tussen jongens en meisjes is te vinden, hetgeen dus de resultaten van Matsuura zou kunnen weerleggen. De techniek echter waarmee de gegevens in dit onderzoek en in het onderzoek van Matsuura zijn verwerkt zijn zo verschillend dat een vergelijking van beide onderzoeken praktisch onmogelijk is.

Conclusie

De aanhef van dit hoofdstuk genoemde eisen, die men aan een onderzoek naar normaalwaarden zou moeten stellen, worden nogmaals ter hand genomen :

1. welke selectiecriteria werden gebruikt voor de deelnemers ?
2. hoe groot is de groep van deelnemers ?
3. met welke techniek werden de EEG's opgenomen ?
4. zijn de gegevens zodanig verzameld en opgeslagen, dat eventuele afgeleiden daaruit kunnen worden berekend ?

Een onderzoek moet op alle punten voldoen aan de gestelde eisen, als men wil dat de resultaten algemeen bruikbaar zijn.

Een onderzoek, waarvoor een van de selectiecriteria bijvoorbeeld is, dat de deelnemers een normaal EEG moeten hebben (Gasser,1988) valt om die reden alleen al af. Obrist(1954) laat mensen toe, als zij " as healthy as the average person their age" zijn, bij zijn onderzoek in 1980 handhaaft hij dit standpunt. De resultaten van een onderzoek van uitsluitend goedgekeurde militairen (Roger,1959) verzekert ons van een goed geselecteerde groep, laat echter geen conclusie toe over andere leeftijdsgroepen. Simonova(1967) heeft wellicht de strengste toelatingscriteria gehanteerd en de meeste spreiding wat betreft de leeftijd bereikt. Helaas dateert haar onderzoek uit een tijd, dat computerverwerking van EEG-gegevens voor velen nog een utopie was.

Als EEG-gegevens worden verzameld, die als norm moeten gaan dienen voor ander onderzoek, zal tenminste de invloed van leeftijd en geslacht moeten worden aangetoond, dan wel uitgesloten. Uit voorgaand onderzoek is gebleken, dat met een groepsgrootte groter dan 12 proefpersonen de variantie niet verder afneemt, dat slordig gezegd de statistische kritische massa voor dergelijk onderzoek ligt bij minstens 12. Veronderstelt men een invloed van de leeftijd dan dienen gegevens uit meerdere leeftijdsgroepen verzameld te worden. Een compromis tussen haalbaar en differentiatie lijkt dan een leeftijdsklasse van 5 jaar te zijn. De minimumleeftijd behoort in feite 0 jaar te zijn. Dit onderzoek beperkt zich tot volwassenen en hanteert een minimumleeftijd van 20 jaar. Een maximumleeftijd hebben wij niet vastgesteld, maar men kan twijfels hebben of het zin heeft boven de 75 jaar nog te differentieren. Op grond van schaarse gegevens uit de literatuur is in dit onderzoek in eerste instantie rekening gehouden met een verschil van het EEG tussen mannen en vrouwen. Met deze overwegingen in gedachte dient een onderzoek naar de norm van qEEG-waarden bij volwassenen te beschikken over ten minste 288 proefpersonen (12 leeftijdsgroepen van ieder 2 x 12 personen).

Als de literatuur wordt bekeken met bovenstaand in de gedachten, dan moet men tot de conclusie komen, dat geen onderzoek aan deze eisen voldoet. Of de spreiding dan wel de differentiatie van de leeftijd is onvoldoende, of de aantallen proefpersonen zijn onvoldoende om te komen tot statistisch voldoende betrouwbare uitspraken.

Als de gebruikte filters al worden opgegeven, dan voldoen deze niet aan datgene, wat als correct moet worden beschouwd; Matousek (1973) maakt gebruik van een tijdsconstante van 0,3 sec. (high pass 0,7 Hz), Duffy (1984) geeft het gebruik van filters mer een band-pass van 0,5-50 Hz op, terwijl Flor-Henry (1984) zelfs van een band pass van 3 tot 50 Hz opgeeft.

Indien men op wil geven hoe groot het vermogen van gemeten hersenactiviteit op verschillende locatie's is, dan zal de grootste aandacht moeten worden besteed aan de opnametechniek.

Afleiden tegen een gemiddelde referentie is van alle in gebruik zijnde afleidingen de minst slechte, maar ook aan deze opnametechniek kleven bezwaren. Het gemiddelde van alle geregistreerde hersenpotentialen is niet nul, evenmin heeft het een constante waarde. Zolang er EEG's worden gemaakt, streeft men naar een opnametechniek, waarbij gebruik kan worden gemaakt van de perfecte, indifferente referentie. Zonder iemand tekort te doen, kan men stellen, dat deze ideale referentie niet bestaat. Het beschouwen van een EEG-registratie blijft daardoor een licht frustrerende bezigheid, omdat men nooit zeker is van de exacte oorsprong van de activiteit.

De Laplace-transformatie, zoals door Hjorth(1975) is voorgesteld benadert het ideaal zeer dicht, heeft echter het nadeel, dat een realisatie 'in real time' daarvan niet altijd even eenvoudig is.

Voor het verzamelen van resultaten als van dit onderzoek is opgave van de source-derivation echter ideaal, in ieder geval dienen de gegevens zo gepresenteerd te worden, dat men ten alle tijde daaruit de source-derivation kan afleiden. Aan deze eis voldoet geen van de hierboven vermelde publikatie's.

2.3 HET EEG

2.3.1 Inleiding

Hoewel dit onderzoek het qEEG betreft, is het noodzakelijk de activiteiten te beschrijven, die doorgaans zijn te zien in wat men een "normaal EEG" pleegt te noemen. Hierdoor wordt de relatie maar vooral ook het verschil tussen het klassieke EEG en het qEEG duidelijker omschreven.

De ruimte, die de bespreking van de α -activiteit inneemt lijkt groot: het is de eerst en meest beschreven activiteit. De eerste beschrijving van α -activiteit valt ook samen met de eerste beschrijving van een menselijk EEG. De andere activiteiten, zeker niet minder belangrijk met name in hun betekenis voor de pathologie zijn pas in de loop van de jaren beschreven.

2.3.2 Alfa-activiteit

Geschiedenis

De α -activiteit is het eerst door Berger (1929) beschreven. In zijn eerste publikatie vermeldt hij twee soorten golven : zelf lijkt hij er de voorkeur aan te geven, de golven naar hun duur en grootte te beschrijven. "Man kann Wellen von etwass grossere Ausslag und etwas grossere Dauer von durchschnittlich 90-100 μ V und solche von kurzerer Dauer und geringerer Hohe von 40-50 μ V unterscheiden." In de zelfde alinea bevestigt hij ook het eerder door Prawdicz-Neminski (1913) verrichte werk. Deze sprak over "Welle erster Ordnung von denen 11-15, und kurzere Welle zweiter Ordnung, von denen 20-32 auf eine Sekunde kommen" voor de elektrische activiteit gemeten bij onderzoek aan dieren en noemde de verkregen curve "**Elektrocerebrogramm**". Berger hield deze samenvoeging van Latijn en Grieks voor "barbarisch" en stelde voor het onderzoek "**Elektrenkephalogramm**" te noemen.

In een publicatie een jaar later verlaat Berger (1930) beide vorige wijzen van aanduiden en spreekt dan van "alpha-wellen".

De eersten, die de bevindingen van Berger bevestigen, Adrian en Matthews, stellen voor het "Berger Rhythm" te noemen, waarop Berger stelt de neutrale term "E.E.G." te gebruiken.

Definitie

De terminologiecommissie van de internationale federatie voor Electroencephalografie en klinische neurofysiologie heeft in 1966 de volgende definitie opgesteld:

"The α -rhythm is a rhythm, usually with a frequency of 8-13 c/sec in adults, most prominent in the posterior areas, present most markedly when the eyes are closed, and attenuated during attention, especially vision" (Storm van Leeuwen, 1966)

De beschrijving van de α -activiteit is daarmee niet beeindigd, er zijn vele, meer gedetailleerde gegevens over bekend geworden. Walter (1967) stelt uit een onderzoek in rust bij 50 mannelijke volwassenen, dat door het openen der ogen de relatieve afname van activiteit van 4-7/sec en van 11-14/sec groter is dan van 8-10/sec. Helaas vermeld hij de leeftijd niet.

Lehmann (1971) onderzocht de α -activiteit met hulp van een 48 (!) -kanaals registratie bij 5 personen. De afleiding geschiedde tegen de gemiddelde referentie. Hij zag drie locatie's voor α -generatoren die min of meer onafhankelijk van elkaar leken te werken (semi-independent) : twee vrij constante locatie's die beiderzijds occipitaal zijn gelegen en een derde locatie die variërend ligt van pariëtaal tot voorbij de vertex.

Frequentie

Over de exacte boven- en ondergrens van de ritmiciteit zijn geen gegevens bekend. Doorgaans worden gegevens over de α -activiteit weergegeven in de vermogens per band, zoals door Matusek voor de kwantificering van het EEG is voorgesteld. Vlg. Roger (1959) is de gemiddelde frequentie van de α -activiteit bij 20 jarigen 9.8 Hz. Er bestaat een neiging tot dalen van de frequentie met het stijgen van de leeftijd, "ten minste een gehele periode" vlg. Obrist (1954, 1963). Matsuura (1985), die drie in plaats van twee α -banden gebruikt ziet een stijging van de gemiddelde α -frequentie tot het 40e levensjaar bij de visuele beoordeling van het EEG.

Amplitudo

Over de amplitudo van de α -activiteit worden uiteenlopende mededelingen gedaan.

Berger vond, in zijn relatief beperkte onderzoekmateriaal een amplitudo tot 100 μ V. Simonova vond bij volwassenen 28% met een amplitudo lager dan 20 μ V, 66% tot 60 μ V en 6% hoger dan 60 μ V (Simonova, 1967).

Herhaaldelijk is ook gewezen op de amplitudo-asymmetrie van de α -activiteit waarbij de activiteit rechts hoger is dan links. (Cobb, 1963), (Cornil, 1947), (Simonova, 1967).

Hoewel Berger dacht, dat de α -activiteit diffuus verspreid was vond Adrian in 1934 reeds, dat deze activiteit praktisch uitsluitend occipitaal en parietaal voorkwam.

2.3.3 Beta-activiteit

Ook deze wordt al in de eerste publikatie van Berger genoemd als golven van kortere duur of golven van de tweede orde en werd later beta-golven.

De Terminologie commissie van de Internationale Federatie voor Electroencephalografie en Klinische Neurofysiologie (1966) stelt voor beta-activiteit te noemen "all EEG rhythms consisting of waves with frequency higher than 13 c/sec.

Meerdere onderzoekers onderscheiden, waarschijnlijk op voorstel van Gibbs drie frequentiegebieden van de beta-act.

F1 of "slightly fast" met beta-act vanaf 13 /sec

F2 of "very fast"

F3 of "exceedingly fast" met beta-act boven 30/sec (Gibbs, 1943)

In de literatuur worden meestal drie verschillende soorten β -activiteit beschreven, die elk hun voorkeurslocalisatie hebben. Deze zijn :

1. De centrale cq frontocentrale beta-activiteit.

Karakteristiek voor deze activiteit is dat ze onderdrukt wordt door contralaterale bewegingen of tactiele stimulatie.

2. De diffuse beta-activiteit zonder specifieke reactiviteit.

Dit is meestal activiteit met lage amplitudo, die men boven alle schorsgebieden kan terugvinden en die vaak duidelijker wordt bij het openen van de ogen.

3. Posterieure beta-activiteit.

Deze is op te vatten als een harmonische α -variant, met de zelfde localisatie en de zelfde reactiviteit als de α -activiteit.

Eén van de problemen vooral met de wat oudere literatuur over het voorkomen van beta-activiteit, is dat de resultaten nogal afhankelijk zijn van de gebruikte opnametechnieken. Echter in de literatuur is sprake van een duidelijke consensus over de aparte plaats die de frontocentrale β -activiteit inneemt, waarover met name in het begin van de jaren '50 veel is gepubliceerd door Penfield en Jasper (Jasper, 1949)

Door Grünwald (1968) is gevonden dat de beta-activiteit toeneemt gedurende visuo-motore en cognitieve taken in de occipito-temporale gebieden en niet in de centrale gebieden.

2.3.4 Mu-ritme

Het mu-ritme of zoals Gastaut (1952) en Gastaut (1952) het in het eerste artikel betitelt het "rhythme rolandique en arceau", is een elektrische activiteit, die zich op papier duidelijk onderscheidt van ander activiteit zowel in localisatie als in vorm.

Door de terminologiecommissie (1966) is voorgesteld om hier de naam mu-ritme aan te geven. De term is afgeleid van de vorm van de golven, die enigszins gelijken op de Griekse letter μ .

Doorgaans is de frequentie van het μ -ritme iets hoger dan de in het zelfde EEG gevonden α -activiteit. Het mu-ritme wordt onderdrukt door actieve of passieve beweging of door tactiele prikkels in de contralaterale extremitet (Magnus, 1954).

Het mu-ritme komt evenveel bij mannen als vrouwen voor.

Verschilt van de α -activiteit dus in:

- De localisatie, namelijk centraal, of wel het gebied van de gyrus praecentralis.
- De vorm, de arcade-vorm of μ -vorm.
- De reactiviteit. Het μ -ritme verdwijnt niet door het openen der ogen, de α -activiteit wel. Het μ -ritme verdwijnt door bewegen of tactiele prikkels, de α -activiteit niet.

Overeenkomsten zijn dat beide soorten activiteit het zelfde frequentiegebied bestrijken en dat beiden verdwijnen bij doezelen.

De aanvankelijke relatie tussen het mu-ritme en de beta-act. door Gastaut (1952) beschreven, is later afgezwakt (Magnus, 1954) of zelfs bestreden (Roger, 1959). De centrale beta-activiteit toont de zelfde reactiviteit op motorische en tactiele stimuli.

2.3.5 Theta-activiteit

In 1944 stelt Walter (Walter, 1944) voor zijn oorspronkelijke delta-frequentieband (Walter, 1936) (alle frequentie's lager dan 8/sec) op te splitsen in een theta-band (3,5 - 7,5/sec) en een delta-band. Er is veel studie gemaakt van correlatie's tussen gedrag en theta-act. De resultaten zijn echter zeer uiteenlopend en lijken bij kinderen meer tot overeenstemming te leiden dan bij volwassenen (Dixon, 1964) (Mundy-Castle, 1957) (Maulsby, 1971).

Kooi (1964b) onderzocht 218 neurologisch normale volwassenen van 21 tot 81 jaar. Hij vond een toename van theta-act. met de leeftijd, zulks in tegenstelling tot andere onderzoekers.

Verschillende onderzoekers hebben zich bezig gehouden met de relatie tussen de hoeveelheid theta-activiteit en de "mental state". De resultaten van deze onderzoeken zijn niet altijd met elkaar in overeenstemming (Walter, 1950b, Maulsby, 1971, Dixon, 1964a, Mundy Castle, 1957a).

Matousek (1968, 1967) berekende de verhouding tussen theta- en α -act. bij normale en abnormale EEG's. Op de wijze waarop het materiaal is verzameld, kan men echter kritiek hebben.

Simonova (1967) onderzocht eveneens een groep gezonde volwassenen en vond theta-activiteit bij 44% van de onderzochten gedurende 31% van de tijd, in 55% had deze activiteit een amplitudo hoger dan 10 μ V, maar hoger dan 30 μ V vond zij slechts bij 3%. In 23 % van alle gevallen had de activiteit een frequentie van 6-7/sec. Wellicht is deze opsomming van percentages minder overzichtelijk, belangrijk is wel haar conclusie is dat ieder normaal EEG altijd enige theta-activiteit bevat.

2.3.6 Langzame activiteit in de achterste gebieden (Slow posterior activities)

Bij de bespreking van het normale EEG bij volwassenen in het Handbook of Electroenceph. and clin. Neurophysiol. wordt over activiteit met een lagere frequentie dan de theta alleen deze activiteit besproken.

Er worden twee soorten genoemd :

- slow posterior rhythms waarmee wordt bedoeld de geïsoleerde α -variant met de zelfde reactiviteit als de α -activiteit en met een frequentie van 1/2, 1/3 of 1/4 van de α -act.,
- slow posterior arrhythmic waves, onregelmatig, doorgaans asymmetrische langzame activiteit, die onderdrukt wordt door het openen van de ogen.

Beide soorten activiteit komen vooral bij mensen tot 25 jaar voor. In de literatuur wordt geen duidelijke informatie gegeven over de achtergrond van deze activiteit.

3. vEEG VERSUS qEEG

Het visueel beoordeelde EEG (vEEG) versus het quantitatieve EEG (qEEG)

3.1 Handwerk

Van oudsher beoordeelt de klinische neurofysioloog het EEG, zoals dat op papier wordt uitgeschreven. Gewapend met potlood en liniaal stelt hij zich tot taak een complete, objectieve en zorgvuldige beschrijving te geven van het EEG. Het is een relatief tijdrovende aangelegenheid deze taak naar behoren uit te voeren. De objectiviteit stelt hoge eisen aan de beoordelaar. Menig klinisch neurofysioloog kent het gevoel van onbehagen, dat hem bekruipt als hij zich na een zorgvuldige beschrijving van een EEG afvraagt of deze beschrijving wel compleet is, of dezelfde conclusie een jaar tevoren zou zijn getrokken en of die conclusie dezelfde zou zijn als die van zijn collega.

3.2 Automatisering

De computer verschaft ons de mogelijkheid, het EEG-signaal zo compleet, zorgvuldig, en objectief te analyseren als de hard- en software daartoe de gelegenheid bieden.

Ten onrechte suggereert "automatisering" vaak een vergroting van nauwkeurigheid. Nauwkeurigheid wordt in de eerste plaats bepaald door de zorgvuldigheid waarmee de gegevens verzameld worden; automatisering kan alleen de exactheid van de beschrijving verhogen.

Grey Walter (1969) kan als een van de eersten worden beschouwd op het gebied van de automatische analyse van neurofysiologische signalen. Zijn waarschuwing blijft actueel :

"The intimacy of contact between man and machine can be exciting or embarrassing; as they absorb more of our talents, it becomes more difficult for us to look through our artifacts rather than at them".

Ogenschijnlijk lijkt de computer-analyse van het EEG (het qEEG) direct in het verlengde te liggen van de beoordeling door de klinische neurofysioloog (vEEG), met als voordeel tijdsbesparing en een grotere nauwkeurigheid. De verleiding is dan ook groot, om de resultaten van beide soorten beoordeling naast elkaar te leggen. Matousek (1978) vergelijkt de visuele beoordeling met de resultaten van analyses in het frequentie- zowel als het tijdsdomein. Hij concludeert, dat de analyseresultaten in het frequentiedomein en afgeleiden daarvan hoger correleren met de resultaten van de visuele beoordeling dan die in het tijdsdomein. Met name het quotiënt van Θ - en α -vermogen

wordt daarin als voorbeeld genoemd. Walter (1978) legt de verschillende analyse-methoden naast elkaar : een tijdsdomein analyse lijkt door zijn directheid veel concreter dan de veel indirectere frequentiedomein analyses. Hij concludeert m.i. echter terecht, dat er meer gegevens verloren gaan in een tijds- dan in een frequentiedomein-analyse.

Samson-Dollfus (1985) lijkt zich in een overzichtsartikel over de analyse van achtergrondactiviteit bij epilepsie, al los te maken van het beeld van de visuele beoordeling van het EEG.

De "mapping" (Duffy,1981), het grafisch weergeven van de verdeling van bepaalde parameters uit het EEG over de hersenen, is door velen aanvankelijk beschouwd als een beschamende concessie aan hen die een visuele beoordeling op prijs blijven stellen. Het is echter - mits correct toegepast - een wijze van presentatie die een zeer overzichtelijk en compact overzicht van de meetgegevens mogelijk maakt; deze wijze van presenteren is echter nauwelijks meer vergelijkbaar met de presentatie op papier van het oorspronkelijke vEEG.

De gegevens verkregen met het qEEG zijn in meerdere opzichten anders dan de beschrijvingsgegevens van het vEEG. Het qEEG zal zich daar dan ook steeds meer los van moeten maken, hetgeen onder andere is te bereiken, door met de grootste zorgvuldigheid met de terminologie om te springen.

De meetgegevens zouden ingevoerd kunnen worden in een expert-system, zoals bv door Matousek al is beschreven (Matousek 1983) voor het verkrijgen van suggesties t.a.v. de functionele betekenis van de meetgegevens. Dat hiervoor een referentie database een noodzakelijke voorwaarde is mag duidelijk zijn.

3.3 Het visueel beoordeelde EEG

3.3.1 Bemonstering

Bij de beoordeling van de papierregistratie worden relatief kleine stukken EEG voor analyse uitgezocht. Doorgaans zal de reden van de keuze zijn, dat dit de beoordelaar is opgevallen, of als (in zijn ogen) representatief voor het EEG, of juist als het tegendeel daarvan (een transiënt). Hierbij speelt de opmerkzaamheid van de beoordelaar een rol, maar ook het ideaalbeeld dat hij op dat moment van een EEG voor ogen heeft, niet in de laatste plaats echter ook de plaats waar het stuk EEG zich op het papier bevindt : bij voorkeur niet op de vouw, bij voorkeur wel bij die elektrodenpositie's waar de te beoordelen signalen volgens de kennis van de beoordelaar aanwezig behoren te zijn.

3.3.2 Frequentiemeting

Bij de beoordeling van het stuk EEG zal met hulp van potlood en liniaal een nuldoorgangsmeting worden verricht aan de hand waarvan een uitspraak wordt gedaan over de 'frequentie' van het signaal. Onder 'frequentie' wordt dan niet verstaan het fysische begrip met als eenheid Herz, maar de periodiciteit; het aantal malen per tijdseenheid, dat een min of meer identieke vorm zich herhaalt.

De nauwkeurigheid van deze meting is afhankelijk van

1. de hoogte van de te meten 'frequentie'.
2. de snelheid van het papiertransport
3. de kwaliteit van het pen-systeem
4. de nauwkeurigheid van de beoordelaar.

Men kan aannemen, dat in het gebied tussen 8 en 12/sec een nauwkeurigheid van een 1/2 periode wordt bereikt als gemeten wordt bij een papiersnelheid van 2 tot 3 cm/sec.

3.3.3 Amplitudo-meting

Een top-top meting - doorgaans van de naar schatting hoogste golf - dient voor de opgave van de amplitudo van het signaal.

De nauwkeurigheid van de meting van de amplitudo is afhankelijk van de kwaliteit van het gebruikte pensysteem. Doorgaans kan men stellen, dat de nauwkeurigheid af zal nemen met het stijgen van de frequentie, echter ook in die gevallen waarbij de frequentie lager is dan 1 per seconde, daar het vaak moeilijk is vast te stellen waar de maxima en minima zich bevinden.

3.4 Het qEEG

3.4.1 Bemonstering

Uitgangspunt van de berekeningen voor het qEEG is een artefactarm signaal. Dit is van groter belang dan bij het vEEG, daar de beoordelaar daarbij de artefactvrije perioden zelf kan uitzoeken.

Er dient verder zekerheid te bestaan over de conditie van de patiënt : zijn de ogen open of dicht en bestaat de gewenste toestand van alertheid. Dit geldt overigens in de zelfde mate voor het vEEG.

Zeker de geroutineerde beoordelaar zal zonder daar al te veel bij stil te staan perioden met artefacten of bijvoorbeeld met doezelverschijnselen buiten zijn beschouwing laten: daarin is en blijft hij de computer voorlopig de baas. De toestand van de patiënt moet in de meetperiode stationair zijn (Walter, 1978), waarmee bij het vaststellen van de duur van een meetperiode - epoch - rekening dient gehouden te worden. Een goede duur is een periode van 10 seconden, hetgeen ook in het onderhavige onderzoek is gebeurd. In de meeste commerciële qEEG-systemen worden kortere periodes gebruikt, hetgeen ten koste gaat van de frequentieresolutie.

In tegenstelling tot het vEEG worden van de geselecteerde periode **alle** signalen in de bewerking opgenomen, zodat in principe geen informatie verloren gaat, maar bewust bepaalde informatie wordt geselecteerd.

3.4.2 Frequentie

Theoretisch kan men een epoch gedigitaliseerd signaal van één kanaal beschouwen als de som van een oneindig aantal in frequentie oplopende, zuiver sinusvormige signalen, waarbij de grondfrequentie gelijk is aan de inverse van de epoch-duur ($1/T$, T is de duur van een epoch). Is T 10 seconden dan is de grondfrequentie 0,1 Hz.

De amplitudo van ieder der samenstellende sinus bepaalt het frequentiespectrum van het EEG-sig-naal. Met hulp van een mathematische bewerking, de Fourier Transformatie kan het vermogen van elk der samenstellende frequenties berekend worden. Daar niet iedere component in de zelfde fase begint, hoort bij iedere amplitudo ook altijd een fase (0 - 360°).

In de praktijk berekent men uiteraard niet een oneindig aantal samenstellende elementen maar neemt men bijvoorbeeld alle frequenties tot 30 Hz. Daarnaast krijgt men statistische informatie-winst door niet naar één epoch te kijken, maar het gemiddelde van een aantal perioden te analyseren. Dit maakt de voorwaarde van een stationaire toestand van de onderzochte tijdens de meetperiode een essentiële voorwaarde. In het onderhavige onderzoek is uitgegaan van 10 epochs.

Het is duidelijk, dat de meest voorkomende frequentie in het EEG signaal ook als maximum in het frequentiespectrum zal worden teruggevonden. Men gaat er echter te gemakkelijk vanuit dat het (visueel beoordeelde) EEG-sig-naal een zuivere sinus is. Naarmate de vorm van het signaal daar meer van gaat afwijken zal het moeilijker worden het oorspronkelijke EEG-sig-naal in het frequentiespectrum te herkennen.

Ook zullen éénmalig optredende signalen de verschillen tussen vEEG en qEEG vergroten. De invloed van een sinus van 10 Hz en 1µV gedurende tien seconden is even groot als een eenmalig

optredende sinus van $100\mu\text{V}$. De eerste blijft echter bij de beoordeling van de papierregistratie onopgemerkt, de tweede niet. In het qEEG zullen beiden in de zelfde mate zichtbaar zijn.

De vorm van de signalen op het papier wordt geuit in de verschillende componenten van het frequentiespectrum. Een zuivere sinusvormige activiteit zal maar weinig andere samenstellende frequentie's laten zien, echter hiervan afwijkende vormen, zoals steile δ -golven, trifasische golven, scherpe Θ -golven, etc. zullen een aanzienlijke bijdrage leveren in andere frequentiecomponenten, met name in de hogere gebieden, dan alleen hun grondfrequentie.

Als voorbeeld kan gelden de steile deltagolf. Dit is per definitie een golf met de duur van tenminste $1/4$ seconde (4 Hz), waarvan het stijgende gedeelte een derde deel van de totale duur inneemt, het dalende gedeelte dus tweederde. Om een dergelijke vorm te bereiken, dient er ten minste een belangrijke bijdrage tot deze vorm te zijn gegeven door een sinus met een frequentie van $3 \times$ de grondfrequentie van de stijle deltagolf. Met andere woorden : de Fourier Transformatie van een stijle deltagolf zal naast vermogen in deltafrequentie ook vermogen in het drievoud daarvan - de α -frequentie - tonen.

3.4.3 Vermogen.

De met de hand gemeten amplitudo en de hoogte van de top in het vermogensspectrum hebben nauwelijks enige relatie. De opgegeven waarde is te beschouwen als een afgeleide van het oppervlak onder de sinus bij de opgegeven frequentie. De waarden (de vermogens) kunnen op verschillende wijze gepresenteerd worden als μV^2 , de wortel daaruit (μV), de absolute amplitudo of de logaritme. In dit laatste geval wordt soms de verhouding tot een vaste waarde gebruikt (bijv $1 \mu\text{V}$). Dit quotient is de dB (decibel) welke wordt berekend als $10 \times \log X / \log V$. Log X is de gevonden waarde en log V is de vaste referentiewaarde.

Bij de visuele beoordeling wordt de amplitudo van de top van een signaal gemeten dat in het vermogensspectrum over een aantal frequenties wordt verdeeld. De top-top amplitudo op papier is dus iets geheel anders dan de 'amplitudo' ($=\sqrt{\mu\text{V}^2}$) van een (som van) sinus(sen).

3.4.4 Resolutie

De resolutie van een frequentiespectrum is afhankelijk van de frequentie, waarmee het signaal is bemonsterd en de duur van een epoch. Theoretisch wordt een sinus volledig beschreven door twee

punten (Principe van Shannon). Theoretisch dient dus de bemonsteringsfrequentie van het EEG-signaal ten minste het tweevoud te bedragen van de hoogste te meten frequentie, te weten $2 \times 35 \text{ Hz} = 70 \text{ Hz}$.

Indien zich signalen met een hogere frequentie dan de halve bemonsteringsfrequentie in het te bemonsteren signaal bevinden, kunnen deze aanleiding geven tot een foutieve bemonstering, doordat zij een foutieve bemonsteringswaarde kunnen geven: dit probleem heet 'aliasing' en wordt voorkomen, hetzij door het signaal eerst te filteren, hetzij door het signaal met een veel hogere frequentie te bemonsteren en het bemonsterde signaal daarna digitaal te filteren. Beide methoden hebben voor en nadelen.

Wil men meerdere tegelijkertijd optredende signalen nauwkeurig vergelijken, dan dient de bemonstering van alle kanalen uiteraard steeds op een gelijk tijdstip te gebeuren. De daarvoor noodzakelijke technische voorzieningen zijn in het BRAINFO systeem aanwezig.

3.4.5 Het tijdsdomein

Naast de bewerkingen in het frequentiedomein bestaat de mogelijkheid tot berekeningen in het tijdsdomein. Door Hjorth (1970) is daarvoor een aantal mathematische bewerkingen voorgesteld, die gebaseerd zijn op de statistische eigenschappen van het signaal. Deze zijn :

- de Activity. Deze is gelijk aan het totale vermogen van het gemeten signaal,
- de Mobility. Deze grootheid is afgeleid van de eerste afgeleide van het signaal en is een maat voor de gemiddelde frequentie van het signaal.
- de Complexity. Afgeleid van de tweede afgeleide van het signaal is dit een maat voor de bandbreedte van het signaal..

Voorals deze drie grootheden naast elkaar worden gebruikt kan iets meer over de aard van het gemeten signaal worden gezegd, dan uit de analyses in het frequentiedomein alleen.

Evenals dat het geval was met de beschrijving van het EEG, kan men terecht betwijfelen, of het qEEG wel de complete beschrijving is van het EEG en of men aan de hand van het frequentiespectrum het oorspronkelijke EEG terug kan krijgen. Door terugtransformatie van het gehele spectrum kan men het oorspronkelijke EEG in het tijdsdomein weer reconstrueren. Men dient hiervoor dan zowel over het amplitudospectrum als over het fasespectrum te beschikken. Bij de berekening van het vermogensspectrum is de separate informatie uit het fasespectrum niet meer beschikbaar en is

uiteraard terugtransformatie niet meer mogelijk. Ook door het middelen van de epochs is een deel van de oorspronkelijke informatie niet meer beschikbaar.

Als in de bovenstaande regels "EEG" staat zonder voorvoegsel, wordt het beeld bedoeld, zoals dat met een papierregistratie is verkregen. Een van de eerste taken, die men zich dient te stellen bij het bewerken van qEEG gegevens is het loslaten van het beeld van rust EEG en zich de kennis van de kwantitatieve gegevens vertrouwd maken. Voor het opsporen en herkennen van transients blijkt het menselijk brein nog steeds de snelste, zij het niet altijd even betrouwbare, patroonherkenning te kunnen uitvoeren. Om met voldoende zekerheid dergelijke verschijnselen automatisch te herkennen en te beschrijven is aparte software nodig.

4. MATERIAAL EN METHODEN

4.1 Inleiding

De opzet van het onderzoek is het verzamelen van qEEG-parameters bij **gezonde** mensen en niet een poging om te bepalen wat het normale EEG is, tenzij zou kunnen worden afgesproken dat onder 'het normale EEG' het EEG bij gezonde mensen wordt verstaan.

Roger et al (1959) en velen voor hem viel op, dat er een grote spreiding bestaat in de meetgegevens van het EEG bij gezonden. Op voorhand zal men deze spreiding moeten accepteren. Als van een groep personen na zorgvuldig onderzoek wordt vastgesteld, dat zij gezond zijn dient men alle meetwaarden die bij hen worden gevonden - hoe onverwacht ook - te accepteren als behorende bij een gezond persoon. Zo beschreef Kooi (1964) reeds verschijnselen in de temporaalkwabben in de vorm van α -bursts, theta en zelfs delta-golven bij mensen zonder enige vorm van neurologische afwijkingen. Nog maar al te vaak worden dergelijke verschijnselen als stoomis aangemerkt, hoewel ook toen reeds werd aangetoond, dat de onderzochte personen wel gezond waren.

Het begrip gezond -voor dit onderzoek essentieel - dient te worden gedefinieerd. Gezondheid is een zeer moeilijk te omschrijven begrip, waarvan de inhoud zal wisselen afhankelijk van de context waarin het wordt gehanteerd. In het boek "Human Aging" (Lane et al.1980) wordt een apart hoofdstuk besteed aan de selectiecriteria voor deelname aan een onderzoek van gezonde mensen. De criteria die daarin worden genoemd verschillen niet van de criteria, die in dit onderzoek zijn gehanteerd. In het genoemde onderzoek zijn de criteria echter uitgebreid met biochemische, röntgen- en ECG-gegevens. In de context van referentiewaarden voor het EEG zijn deze gegevens echter niet nodig. Daarvoor dient "gezond" te betekenen, dat er geen aanwijzingen zijn voor of verdenkingen op enige dysfunctie van het centraal zenuwstelsel. De daartoe opgestelde selectiecriteria voldoen daaraan en zullen in de volgende paragrafen worden besproken.

4.2 Selectie-criteria

4.2.1 Anamnestiche criteria

Hieronder vallen de volgende criteria :

Algemeen

De proefpersoon mag tijdens het onderzoek niet onder medische behandeling tenzij er geen medicijnen zijn voorgeschreven en de behandeling een aandoening betreft, die geen enkele relatie heeft met het functioneren van het centraal zenuwstelsel (men kan b.v. denken aan het voorschrijven van steunzolen, behandeling van sportblessures, huidaandoeningen).

Neurologische criteria tot uitsluiting

- I. Proefpersoon heeft ooit een epileptisch insult gehad. Aan het optreden van een insult ligt immers een cerebrale functiestoornis ten grondslag, waarvan niet bekend is, of die ooit zal verdwijnen.
- II. Een trauma capitis van enige betekenis.
Een commotio cerebri korter dan een jaar voor het onderzoek is reden tot uitsluiting. Hiermee wordt de tijd aangehouden, die staat voor een volledig herstel van een commotio cerebri. Heeft het trauma capitis aanleiding gegeven tot opname in een ziekenhuis van meer dan 24 uur, dan wordt aangenomen dat het een contusio cerebri betreft en wordt een blijvende cerebrale dysfunctie aangenomen. (J.Courjon, 1972)
- III. Vasculaire hoofdpijn.
Proefpersonen, met aanvallen of perioden van hoofdpijn, vergezeld door ten minste twee van de volgende verschijnselen: nausea, photophobie, hyperacusis of stemmingswisselingen, danwel prodromale verschijnselen in de vorm van cerebrale uitvalsverschijnselen, worden van deelname uitgesloten (Heron, 1967) (E.Niedermeyer, 1972).
- IV. Duizeligheidsklachten van centrale origine. Dit betekent, dat iedere vorm van draaiduizeligheid uitsluiting inhoudt. Orthostatische duizeligheidsklachten zijn geen aanleiding tot exclusie, tenzij deze tot herhaald collaberen leiden.
- V. Binoculair dubbelzien. Dit is aanleiding tot uitsluiting, evenals andere neurologische visusstörungen. Afwijkingen aan de media van het oog vormen geen reden tot uitsluiting.

Psychiatrische criteria tot uitsluiting

I. Psychiatrisch lijden, met name de proces-psychosen.

Hoewel er geen eensluidendheid over bestaat, zijn er voldoende publicatie's verschenen over EEG-veranderingen tijdens psychosen om dit als reden tot uitsluiting te rechtvaardigen. Donger (1974) gaat uitvoerig in op de verschillen die er zowel inter- als intra-individueel bestaat bij psychiatrische aandoeningen. Obrist (1980) daarentegen vindt geen verschil tussen de EEG's van psychiatrisch gestoorde en normalen. Om aan te tonen hoe moeilijk verschillende onderzoeken vergelijkbaar zijn kan hier nog vermeld worden dat Flor-Henry (1984) in een vergelijkend onderzoek van depressieve, manische en schizofrene patienten met normalen een desorganisatie van de rechter, later ook van de linker hemisfeer vindt in ernst toenemend van depressieve via manische naar schizofrene patienten. Deze conclusie werd getrokken uit een onderzoek waarbij de α -activiteit parietaal en middientemporaal links en rechts werd vergeleken door middel van de bepaling van de coherentie en de phaseverhoudingen.

II. Het gebruik van psychopharmaca.

Dit is vrijwel inherent aan het doormaken van een psychose en kan aanleiding zijn tot een langdurige dan wel blijvende functiestoornis. Als voorbeeld mag gelden de tardive dyskinesie, die kan ontstaan bij de behandeling met psychopharmaca. Ook de zeer lange eliminatietijden, die het merendeel van deze middelen blijken te hebben spelen bij deze overweging een rol.

Het (hebben) ondergaan van een psychotherapie dan wel een gesprekstherapie wordt niet beschouwd als teken van een dusdanig ernstig psychiatrisch leiden, dat een dysfunctie van het centraal zenuwstelsel waarschijnlijk is.

III. Een ernstige intelligentiestoornis.

Een spreiding van intelligentie bij proefpersonen zal zeker bestaan, wij zijn echter van mening dat aan een duidelijke oligofrenie een dysfunctie van het cerebrum ten grondslag ligt. Daarom is als criterium opgesteld, dat een proefpersoon minimaal het basisonderwijs dan wel de lager onderwijs geheel moet hebben gevolgd. Indien uit de anamnese zou blijken, dat er in de jeugd verschijnselen zijn opgetreden, die zouden kunnen wijzen op één van de vele vormen van ADD (Attention Deficit Disorder), dan is dat reden tot uitsluiting.

Criteria tot uitsluiting op basis van het gebruik van geneesmiddelen en/of toxische stoffen.

I. Geneesmiddelen, die de functie van het CZS kunnen beïnvloeden.

Daar het van de meeste middelen aannemelijk is dat ze invloed op het centraal zenuwstelsel kunnen uitoefenen (met name de pijnstillers) is medicijngebruik altijd aanleiding tot uitsluiting met uitzondering voor de volgende middelen :

- anticoagulantia,
- lage doseringen van cardiotonica of diuretica,
- medicamenten voor lokaal gebruik (zalven, cremes enz)
- anticonceptiva.

II. Werken in een omgeving, waarin sprake is van ernstige milieuverontreiniging

III. Hoog alcohol- of tabakgebruik; ieder gebruik van onder de opiumwet vallende verslavingsmiddelen.

Als hoog wordt aangemerkt meer dan 5 alcoholconsumptie's of meer dan 25 sigaretten of het equivalent daarvan gemiddeld per dag.

Chronische aandoeningen die tot uitsluiting leiden.

Een aantal chronische aandoeningen kunnen de functie van het CZS beïnvloeden.

I. Ernstige hart- of vaatziekten, (van der Drift, 1972), (Niedermeyer, 1972).

Hebert (1980) onderzocht preoperatief een aantal patienten, die een open hartchirurgische ingreep zouden ondergaan. De conclusie van het onderzoek is dat het EEG bij deze patienten een versterkte invloed van de leeftijd te zien geeft. Patienten, die een CVA hadden doorgemaakt werden van het onderzoek uitgesloten. Hebert's conclusie is gebaseerd op de vergelijking van EEG's, opgenomen bij de onderzoeksgroep met een controlegroep van cardiovasculair gezonde mensen. De verschillen zijn vooral gevonden in de frequentie van de α -activiteit occipitaal, Θ -activiteit temporaal en de δ -activiteit frontaal.

II. Ernstige respiratoire aandoeningen.

Zodra een respiratoire aandoening aanleiding geeft tot een verminderd zuurstofaanbod aan het centrale zenuwstelsel, moet worden aangenomen, dat de functie van het centrale zenuwstelsel gestoord is. Als een respiratoire aandoening leidt tot het onvermogen, enige lichamelijke arbeid te verrichten, dan is proefpersoon uitgesloten van het onderzoek.

III. Veranderingen van de hormoonhuishouding.

Het bestaan van een zwangerschap leidt tot exclusie, niet omdat dit als een stoornis wordt aangemerkt, maar omdat de verschuivingen in het hormoonevenwicht dermate groot zijn,

dat de invloed daarvan op het centrale zenuwstelsel onontkoombaar is. In dit verband is o.a. de publicatie van Harding (1976) van belang, die meetbare schommelingen van meerdere EEG-parameters in de loop van de menstruele cyclus registreerde. Uiteraard zijn dergelijke schommelingen binnen het kader van dit onderzoek wel geaccepteerd. Zwangerschap is echter wel uitgesloten omdat dit als een minder algemeen voorkomende toestand kan worden beschouwd en duidelijke veranderingen in het EEG te weeg brengt. Het gebruik van de pil is zó algemeen, dat de invloed daarvan op het EEG - mocht die bestaan - als binnen de norm moet worden geaccepteerd.

4.2.2 Uitsluitings-criteria bij het lichamelijk onderzoek

Algemeen

I. De bloeddruk.

Een systolische druk hoger dan 200 mmHg of een diastolische druk hoger dan 100 mmHg leidt tot exclusie. (van der Drift, 1972)

II. Cyanose.

Een zichtbare cyanose, ook als dit uitsluitend bestaat aan de lippen of de nagels, leidt tot uitsluiting van het onderzoek.

III. Tachypnoe in rust (Niedermeyer, 1972).

Onder tachypnoe wordt verstaan een ademfrequentie van hoger dan 24/minuut in rust.

Neurologische criteria.

I. Visusafwijkingen.

De visus wordt bepaald omdat een groot links-rechts verschil of een algemene visusdaling, die niet door afwijkingen in de media (b.v. cataract) dan wel als gevolg van een latente, aangeboren diplopie kan worden verklaard, maar een aandoening van de nervus opticus doet vermoeden, aanleiding is tot exclusie.

II. Gezichtsvelden.

Duidelijke afwijkingen van de gezichtsvelden leiden uiteraard tot uitsluiting. In het kader van dit onderzoek is het niet mogelijk de gezichtsvelden bij iedere proefpersoon te bepalen met verfijnde apparatuur. Dit leidt er toe, dat alleen die proefpersonen worden uitgesloten, waarbij de gezichtsvelden blijkens het onderzoek vlg. Donders beperkt zijn.

III. Facialis-asymmetrie.

Een facialis-asymmetrie anders dan die kenmerkend voor een perifere facialis-paralyse is aanleiding tot exclusie.

IV. Reflexen.

De pees- en periostreflexen aan armen en benen dienen binnen de in de neurologie gehanteerde grenzen symmetrisch te zijn, tenzij de asymmetrie het gevolg is van een aandoening van het perifere zenuwstelsel (b.v. een doorgemaakte hernia nuclei pulposi).

V. Spiertonus.

De spiertonus moet binnen de klinisch gebruikelijke grenzen blijven.

Dit betekent dat de spiertonus noch te hoog noch te laag noch asymmetrisch mag zijn terwijl specifieke stoornissen zoals het tandradfenomeen niet aangetroffen mogen worden.

VI. Tremor.

Tremoren, hetzij voelbaar hetzij zichtbaar zijn altijd aanleiding tot uitsluiting. Daarbij is het niet van belang of zij alleen in rust of bij actie optreden. (bv intentietremor, parkinson-tremor, etc.).

VII. Coordinatiestoornissen.

Iedere coordinatiestoornis die tijdens lopen, spreken en schrijven zichtbaar worden is aanleiding tot uitsluiting.

VIII Een links-rechtsverschil in kracht, dat niet door een oorzaak in het perifere zenuwstelsel kan worden verklaard, is aanleiding tot uitsluiting.

4.3 Proefpersonen**4.3.1 Inleiding**

De werving van proefpersonen voor een over het algemeen onbekend onderzoek lijkt niet eenvoudig. Aanvankelijk is getracht twee grote bedrijven (K.L.M. en P.T.T.) voor het onderzoek te interesseren. De redenering was, dat alle voorbereidend werk - voorlichting, anamnese en lichamelijk

onderzoek - zou kunnen gebeuren in de ruimtes van de bedrijfsgeneeskundige dienst. In principe waren de staven en het personeel van de B.G.D. bereid hun medewerking hieraan te verlenen. Bij de aangezochte bedrijven strandde het verzoek om medewerking echter op directieniveau, alwaar men productiviteitsverlies dachtte.

Daar het duidelijk was, dat bij de bedrijven de leeftijdsgroep van 60 jaar en ouder nauwelijks aanwezig zou zijn werd tegelijkertijd getracht de medewerking te verkrijgen van een groot onderzoek, uitgevoerd door de Universiteit van Rotterdam bij ruim 10.000 ouderen boven 55 jaar in Rotterdam en omgeving. Deze poging tot samenwerking kon echter niet gerealiseerd worden met als argument, dat men bevreesd was voor interferentie tussen de onderzoeken.

Uiteindelijk is gekozen voor een directe benadering van de Leidse bevolking door middel van een huis aan huis bezorgde brief. Een probleem daarbij was dat in eerste instantie, op basis van mondelinge toezeggingen, er van uit was gegaan, dat de samenwerking met de Universiteit van Rotterdam geen problemen zou geven, zodat de leeftijdsgrens van 60 jaar werd aangehouden. Dit heeft dan ook voor enige vertraging in de latere werving gezorgd.

4.3.2 Opzet en inhoud van de wervingsbrief

Door het grote belang voor het onderzoek is hieraan zeer veel aandacht besteed. Daarbij zijn de volgende eisen opgesteld:

- de brief dient een beperkte lengte te hebben
- de aard en het doel van het onderzoek dienen voor ieder lezer duidelijk en eenduidig te worden omschreven
- aan het taalgebruik dienen hoge eisen te worden gesteld :
er mag niets in staan, dat ook maar de schijn wekt, voor tweeerlei uitleg vatbaar te zijn
- er mogen geen vaktermen in voorkomen
- het moet tot de laatste regel blijven noden tot lezen.

In bijlage I is de gehele brieftekst opgenomen.

Gezien het grote aantal positieve reactie's op de wervingsbrief, kan aangenomen worden, dat de bovenstaande doelstellingen zijn bereikt. Alleen in handen van een journalist, werkzaam bij een plaatselijk dagblad, bleken misverstanden mogelijk: deze ontleende aan de brief het bericht, dat de afdeling zich bezig hield met de gevolgen van milieuvervuiling.

4.3.3 De pers

Halverwege het onderzoek werd via de geëigende kanalen contact gezocht met de plaatselijke pers met een twee ledig doel :

1. voor diegenen die reeds enige tijd tevoren voor onderzoek waren geweest kon het gelden als een signaal, dat het onderzoek, dankzij hun inzet vorderde;
2. Gezien de eerder beschreven problemen enige wervende activiteit te bewerkstelligen.

Het resultaat van dergelijke actie's is uiteraard moeilijk te schatten. Wel bleek dat op basis van de berichten, die eenmalig in de lokale pers verschenen zijn zich $\pm$ 15 personen telefonisch gemeld hebben. Of dit veel of weinig is valt niet te beoordelen.

4.4 Bijzondere voorzorgen

4.4.1 Inleiding

De participatie van gezonde proefpersonen aan een biomedisch onderzoek vereisen bijzondere voorzorgen, die mede te maken hebben met ethische aspecten, verbonden aan onderzoek bij de mens. Als leidraad daarvoor is het proefschrift Wetenschappelijk onderzoek bij de mens (Lehnen 1987) gebruikt, dat onder andere de leidraad vormt voor de formulering van de wet op proefnemingen bij mensen. Een essentieel onderdeel daarbij is dat een ethische commissie instemt met het onderzoek. Deze toestemming is verkregen van de ethische commissie van T.N.O.

4.4.2 De veiligheid van het onderzoek

De gebruikte meetapparatuur dient aan de hoogste eisen van beveiliging voor de proefpersoon voldoen.

Door gebruik te maken van een optische scheiding tussen het EEG-apparaat en de computersystemen is aan een van de belangrijkste voorwaarden voldaan. Daarnaast was de gehele registratieruimte elektronisch beveiligd en voldeed aan de z.g. S 3-norm.

Er is gebruik gemaakt van de "electrocap" voor het aanbrengen van de electrodes. Daarbij wordt, voor het bereiken van de gewenste lage overgangsimpedantie tussen hoofdhuid en elektrode, door middel van een stompe injectienaald geleidingspasta onder de elektrode gebracht, waarmee een licht

krabbende beweging over de hoofdhuid wordt gemaakt. Bij uitzondering kan hierbij de hoofdhuid licht beschadigd worden. Om infectiegevaar van welke aard dan ook uit te sluiten zijn de volgende maatregelen genomen:

- na gebruik wordt de electrocap telkenmale schoongemaakt en ontsmet in een povidon-jodium oplossing.
- er wordt gebruik gemaakt van steriele disposable naalden.
- overgebleven geleidingspasta wordt na ieder onderzoek weggegooid.
- de injectiespuit wordt ontsmet met povidon-jodium.

4.4.3 Het medisch beroepsgeheim

Zowel voor de gegevens verkregen bij de anamnese als voor de onderzoeksgegevens geldt het medische beroepsgeheim. De verwerking van de onderzoeksgegevens geschiedt op een computer aangesloten op een netwerk. Onze taak is, er zorg voor te dragen, dat de personalia van de proefpersonen niet via het netwerk voor iedere aangeslotene beschikbaar komt. Iedere proefpersoon krijgt daarom aan het begin van het onderzoek een codenummer dat slechts inlichtingen geeft over de leeftijdscategorie, waarin betrokkene thuis hoort.

Die formulieren, waarop de naam van de proefpersoon voorkomt, worden voorzien van het code-nummer van de afdeling verwijderd en elders in het gebouw achter slot en grendel bewaard. Deze gegevens zijn slechts toegankelijk voor de directe medewerkers aan het project voorzover deze dit nodig hebben. Eén project medewerker is verantwoordelijk voor deze beveiliging.

Daar het een medisch onderzoek betreft bestaat de kans, dat onverwacht afwijkingen worden gevonden. Hoewel de selectie die is toegepast, de kans daarop gering maakt, is het noodzakelijk op deze eventualiteit voorbereid te zijn.

De proefpersoon wordt meerdere mogelijkheden geboden om op deze situatie te reageren. Het is noodzakelijk daarbij de uiterste zorgvuldigheid in acht te nemen en hierover geen enkele onduidelijkheid bij de proefpersoon te laten bestaan. Voor het begin van het onderzoek dient hij daarvoor één van de volgende keuzen te maken :

1. hij/zij wil het niet weten.
Deze wens hebben wij te respecteren; er wordt derhalve geen actie ondernomen.
2. hij/zij wil persoonlijk op de hoogte worden gebracht en zelf beslissen of hij met de gegevens naar een arts gaat. Dit is uiteraard een te respecteren keuze.
3. hij/zij wil, dat de gegevens buiten hem om ter beschikking komen van zijn huisarts.

4. hij/zij wil dat de gegevens aan een andere dan zijn huisarts ter beschikking komen.

Mocht er achteraf bij een behandelend arts de behoefte bestaan over de bij ons verzamelde gegevens te beschikken, dan kan dat op de normaal daarvoor geldende voorwaarden : het verzoek daartoe moet vergezeld gaan van schriftelijke toestemming van de proefpersoon.

4.4.4 Informed consent

Alle proefpersonen tekenen voor het onderzoek begint na lezing een verklaring waarin staat, dat hij/zij vrijwillig aan het onderzoek meedoet, dat hij/zij op de hoogte is gebracht van het doel en de aard van het onderzoek, dat de onderzoeksgegevens ontdaan worden van de persoonsgegevens, en dat deze met het oog op de privacy-bescherming met de noodzakelijke discretie zullen worden behandeld.

4.5 Het onderzoek

4.5.1 De voorbereiding van het onderzoek

In enkele postdistricten, in de omgeving van het NIPG-TNO is in de loop van de onderzoeksperiode met de normale postbestelling, huis aan huis een brief bezorgd, waarvan de inhoud op paragraaf 4.3.2. is besproken en in bijlage I is weergegeven.

Nadat de ontvanger kennis heeft genomen van de inhoud van de brief, kan hij zich aanmelden voor deelname aan het onderzoek door middel van een antwoordkaart (bijlage II), waarop hij/zij uitsluitend naam, adres en telefoonnummer behoeft te vermelden.

In reactie hierop wordt door ons een vragenformulier (bijlage III) met een toelichtend schrijven (bijlage IV) en een antwoordenveloppe toegezonden.

Op het vragenformulier moeten opnieuw de persoonsgegevens worden ingevuld. Tevens wordt de proefpersoon in staat gesteld te kiezen of en onder welke voorwaarden het verstrekken van medische gegevens aan derden wat hem/haar betreft kan geschieden.

Vervolgens worden een aantal vragen van algemene medische aard gesteld, waarop uitsluitend met ja of nee kan worden geantwoord.

Na ontvangst worden de antwoorden door de onderzoeker getoetst aan de uitsluitingscriteria. Op grond hiervan dient een aantal mensen te worden meegedeeld, dat zij niet voor deelname in aan-

merking komen. Dit geschiedt door middel van een brief (bijlage V) waarin één alinea kan worden aangepast.

Diegene, die op grond van de schriftelijke anamnese in aanmerking komt voor deelname, wordt telefonisch benaderd voor een afspraak. Deze wordt schriftelijke bevestigd te samen met een aantal instructies. Deze brief is in bijlage VI afgedrukt.

Om al te grote schommelingen als gevolg van circadiane ritmes in het EEG te vermijden, worden alle afspraken voor de ochtend gemaakt. Dit zou de toepasbaarheid van de database kunnen beperken, maar er lijkt niets tegen om de gegevens van een patient eveneens 's-ochtends te verzamelen, als een nauwkeurige vergelijking met de normale waarden gewenst is.

Op het afgesproken tijdstip wordt het onderzoek aangevangen met een gesprek, waarin alle vragen van de proefpersoon worden beantwoord en een toelichting op het hoe en waarom van het onderzoek wordt gegeven. Daarna wordt hem/haar verzocht conform de regels ten aanzien van humaan wetenschappelijk onderzoek het toestemmingsformulier (informed consent) te tekenen (bijlage VII).

Na ondertekening daarvan volgt het tweede gedeelte van de anamnese, volgens de vragenlijst vermeld in bijlage VIII. De vragen in dit gedeelte van de anamnese zijn niet altijd met een simpel ja of neen te beantwoorden maar behoeven meestal een interpretatie van de onderzoeker. Zo geldt bijvoorbeeld migraine als een uitsluitende aandoening, spanningshoofdpijn niet. Zeker niet alleen bij leken bestaat er een grote verwarring over de terminologie van hoofdpijn, zodat het invullen van vragen hierover beter door een deskundige kan geschieden. Ook op andere terreinen van de anamnese is de inbreng van de neuroloog een vereiste.

4.5.2 Uitvoering van het onderzoek.

Als de anamnese gereed is wordt de proefpersoon op het daadwerkelijke EEG-onderzoek voorbereid. Dit bestaat uit het aanbrengen van de electrocap en het op het gewenste peil ($2\text{ K}\Omega$ of minder) brengen van de overgangsimpedantie van de elektroden, waarna de proefpersoon naar de onderzoekruimte wordt gebracht. Dit is een geluidsarme, elektrisch afgeschermd ruimte met een onderzoeksbank, waar de proefpersoon op gaat liggen, een vast opgestelde videocamera maakt het mogelijk de proefpersoon vanuit de er buiten gelegen registratieruimte te observeren.

4.5.3 De EEG-registratie

Nadat opnieuw de overgangsimpedanties zijn gecontroleerd, wordt een korte registratie verricht om eventuele artefacten te verhelpen en te bepalen met welke versterking het signaal moet worden opgenomen.

Vervolgens worden ten behoeve van het onderzoek 5 registratie's met een duur van 150 seconden ieder verricht in de hier vermelde volgorde :

1. met gesloten ogen, waar de proefpersoon zelf de ogen fixeert door met de vingers een lichte druk uit te oefenen op de oogleden.
2. met ogen open, zoveel mogelijk naar een punt kijkend
3. met gesloten ogen, die worden gefixeerd door de onderzoeker, door een lichte druk op de oogleden van de proefpersoon (externe fixatie)
4. met ogen open (identiek aan meting 2)
5. met gesloten ogen, die zo nodig zijn afgedekt met natte watten om oogbewegingen tegen te gaan (passieve fixatie).

4.5.4 Evoked potentials

Het onderzoek wordt voortgezet met het opwekken van een visuele evoked potential, waarbij honderd artefactloze periodes van 450 msec. na en 50 msec voor de lichtflits worden gemiddeld. Ter uitsluiting van instrumentele artefacten en om een base-line te krijgen volgt dezelfde procedure met afgedekte flitslamp. De artefactdetectie geschiedt automatisch.

Vervolgens wordt de gehoordrempel van de proefpersoon bij 1000 Hz bepaald waarna twee metingen volgen van de auditieve evoked potential, de eerste met een amplitudogemoduleerd signaal 55 dB boven de individuele gehoorgrens (HL), de tweede met een frequentiegemoduleerd signaal met een intensiteit van 55 dB HL, waarbij de frequentie van het signaal voortdurend van 1000 naar 900 Hz wordt verlaagd (-10% modulatie diepte). (voor nadere details zie Blom, 1990)

4.5.5 Lichamelijk onderzoek

Na afloop van het EEG-onderzoek worden bij de proefpersoon de hieronder genoemde lichamelijke onderzoeken verricht.

- a. De bloeddruk.
Deze wordt bij de liggende proefpersoon gemeten met hulp van een half-automatische cuff-manometer.
- b. De visus.
Met hulp van een letterkaart vlgs Snellen wordt, waar nodig gebruik makend van de eigen correctie, de visus van beide ogen apart bepaald.
- c. De gezichtsvelden.
Hierbij is gebruik gemaakt de methode Donders, waarbij een bewegende vinger van buiten het gezichtsveld van de proefpersoon naar het centrum wordt bewogen, totdat de proefpersoon aangeeft de vinger te zien.
- d. De facialismusculatuur.
De aangezichtsspieren worden geïnspecteerd op symmetrie dit als uiting van het symmetrische functioneren van een der motorische hersenzenuwen.
- e. Reflexen.
De pees- en periostreflexen aan armen en benen worden gecontroleerd.
- f. Krachtsverschil.
De proef van Barré wordt uitgevoerd, waarbij de enige tijd met gesloten ogen naar voren gestrekte arm naar beneden kan zakken als er sprake zou zijn van een discreet krachtsverschil tussen links en rechts.
- g. Coordinatie.
Er wordt tijdens de anamnese en tijdens het onderzoek gelet op het bewegingspatroon, hierbij zijn met name de spraak, het lopen en de fijnere handmotoriek van belang.

4.5.6 Nabespreking

Wanneer alle bepalingen gereed zijn wordt met de proefpersoon een korte nabespreking gehouden, daarbij worden de resultaten van het onderzoek getoond en uitgelegd, tenzij de proefpersoon nadrukkelijk aangeeft daarin niet geïnteresseerd te zijn. Aan de hand van zijn eigen EEG wordt een explicatie gegeven van de meest in het oog springende details van het visueel beoordeelde EEG.

Desgewenst kan hij enkele bladzijden van zijn eigen EEG, die daarvoor speciaal zijn geregistreerd, mee naar huis nemen. Als blijk van waardering voor zijn medewerking krijgt de proefpersoon ten slotte een cadeaubon, terwijl eventueel gemaakte reiskosten worden vergoed.

4.5.7 Slot-enquete

Ongeveer 6 maanden na het onderzoek krijgt de proefpersoon een vragenformulier toegestuurd (bijlage IX). Dit heeft tot doel na te gaan of tijdens het onderzoek niet een beginnende dan wel sluimerende aandoening over het hoofd is gezien. In het begeleidend schrijven wordt de proefpersoon nogmaals bedankt, tevens treft hij een soort oorkonde van deelname aan (bijlage X).

4.6 Apparatuur

De apparatuur is opgesteld in een tweetal ruimten, die gescheiden zijn van de onderzoekruimte. De te meten signalen worden tegelijkertijd op drie wijzen opgenomen :

1. een "conventioneel" EEG-apparaat met papierregistratie.
2. een 21 kanaals bandrecorder
3. het Brainfo-systeem

Gedurende het gehele onderzoek is deze opstelling en apparatuur onveranderd gebleven.

4.6.1 De onderzoekruimte

De proefpersoon ligt gedurende de registratie op een onderzoekbank met verstelbaar hoofdeind, waarvan de hoogte naar de wens van de onderzochte wordt afgesteld. Voor een optimaal comfortabele ligging van de proefpersoon kan indien gewenst een 'rolletje' in de nek worden gelegd.

De onderzoekruimte is een elektrisch en akoestisch afgeschermd ruimte, waarin een onderzoekbank staat. Met de regelbare verlichting wordt de achtergrondverlichting op 50 lux ingesteld. Deze is ruim voldoende om een gedetailleerd beeld van de proefpersoon te krijgen door middel van de vast opgestelde videocamera, waarvan het beeld op de monitor van het EEG-toestel getoond kan worden.

Er is een continue luchtverversing, die een achtergrondruis veroorzaakt van 30 dB. De capaciteit van deze installatie is ruim voldoende om de temperatuur, afhankelijk van het seizoen constant te houden tussen de 21° en 23°C.

4.6.2 De elektroden

Gedurende het gehele onderzoek is gebruik gemaakt van de electrocap. Dit is een in verschillende maten uitgevoerd kap, waarin de zgn 'recessed' elektroden op de standaardplaatsen van het 10-20 systeem zijn aangebracht. "Recessed" elektroden zijn ronde plastic 'kamertjes' waar in het 'dak' een tinnen electrode (met een gat in het midden) is geplaatst zonder 'vloer'. De kap wordt met een band, naar keuze onder de kin of om de borst, op zijn plaats gehouden. Na het aanbrengen van de kap worden de elektroden met een stompe naald met een geleidingspasta worden gevuld. Deze constructie zorgt ervoor dat de geleidingspasta en niet de electrode contact met de hoofdhuid maakt. De voordelen hiervan boven het plakken van elektroden, direct op de hoofdhuid liggen in de tijdsbesparing, in het vermijden van het gebruik van lijm op een etherbasis en schoonmaakmateriaal in de vorm van aceton en minder ruis en storing in het signaal door het éénvormig contact tussen hoofdhuid en elektrodenpasta. Een mogelijk grotere gevoeligheid voor storingen door bewegingen van het hoofd bij gebruik van de electrocap is wellicht een nadeel, dat echter bij onderzoek van coöperatieve proefpersonen niet opgaat.

4.6.3 De meetapparatuur

Voordat de onderzochte op de bank plaats neemt, is de overgangsimpedantie van de elektroden gemeten met een op het NIPG-TNO vervaardigde electrodentester. Deze tester meet bij een frequentie van 12 Hz of de impedantie een te voren in te stellen waarde overschrijdt. Gestreefd wordt naar een overgangsimpedantie lager dan 2 k Ω . Verlaging van de overgangsimpedantie kan worden bereikt door meer geleidingspasta onder de electrode aan te brengen of door een licht-krassende beweging over de hoofdhuid onder de electrode te maken met de stompe naald waardoor de elektrodenpasta wordt aangebracht.

Het gebruikte EEG-apparaat is van het type Nihon Kohden 4221. Dit is een 21-kanaal penschrijver met individueel zowel als collectief instelbare versterking en filters. Er is onveranderlijk geregistreerd met een hoog doorlaatfilter op 0,1 Hz. (tijdsconstante 1 sec.) en een laag doorlaatfilter op 70 Hz (hoogfrequentiefilter <70 Hz). Gedurende alle metingen wordt een papier-registratie vervaar-

digd. Tijdens de eerste vijf EEG-metingen is een papiersnelheid van 3 cm/sec gebruikt, tijdens het opwekken van de evoked responses één van 1 cm/sec.

De versterking is zodanig ingesteld, dat de papierregistratie van het EEG goed kan worden beoordeeld. In de meeste gevallen was een versterking van 70 $\mu\text{V/cm}$ of 50 $\mu\text{V/cm}$ voldoende, een enkele keer is geregistreerd met een versterking van 30 $\mu\text{V/cm}$.

Zoals al eerder is gemeld is door het N.I.P.G.-T.N.O. een optische signaalscheider ontwikkeld, (zie Blom,1992) die tussen het EEG-toestel en het computersysteem is geplaatst.

4.6.4 De stimulator

Voor de licht- zowel als de geluidsstimulatie is gebruik gemaakt van een op het NIPG-TNO vervaardigde stimulatie unit, die naar keuze de lamp of de geluidsstimulator aanstuurt. De tijdsintervallen tussen opeenvolgende stimuli lagen altijd tussen de 1,7 en 2,7 sec.

De lichtbron

Als lichtbron dient de flitslamp van Nihon Kohden, typenummer L-7000-219, die gedurende 5 msec. een lichtsterkte van 3000 lux produceert. De lichtbron is steeds op een vaste afstand van 25 cm van de ooghoek van de onderzochte geplaatst. De stimulatie wordt uitsluitend bij gesloten ogen uitgevoerd.

De geluidbron

Het geluid wordt via een koptelefoon, type Sennheiser HD 230, toegediend. De gehoorsdrempel wordt bepaald bij 1000 Hz.

Gedurende 40 msec. wordt gestimuleerd met een 1000 Hz toon 55 dB boven de gehoorsdrempel als het een amplitudo-gemoduleerd signaal betreft met zwel- en afvaltijden van 10 msec, volgens een cosinusfunctie.

Voor de frequentiemodulatie wordt een 1000 Hz grondtoon 55 dB boven de gehoorsgrens gebruikt, die in frequentie 100 Hz naar beneden wordt gemoduleerd gedurende 50 msec. met een lineaire up- en down helling van 10 msec.

Alle EEG-metingen worden met hulp van een parallel aan het Brainfo-systeem geplaatste registratie-eenheid opgenomen. Deze eenheid bestaat uit een Audigraph van Medilog type AG-01, gekoppeld aan een Telefunken Videorecorder type 3975. Hiermee worden 21 EEG kanalen met een sam-

plefrequentie van 200 Hz in digitale vorm op de band vastgelegd. Ieder van de vijf EEG-metingen is, met een ruime marge voor en na de opname voor het Brainfosysteem op de band opgenomen, evenals de ijkings aan het begin en eind van de metingen. Zodoende is het mogelijk, ook EEG's in het Brainfosysteem op te nemen, waarbij dat in eerste instantie om technische redenen is mislukt.

4.6.5 Registratie van het EEG

De wijze, waarop de cerebrale activiteit wordt opgenomen en versterkt is in meer dan één opzicht de zwakste schakel in het onderzoek. De overgang van huid naar elektrode geeft gemakkelijk aanleiding tot storingen die de meting ernstig kunnen beïnvloeden.

De enige manier, waarop het mogelijk is signalen zoals het EEG te versterken is door gebruik te maken van differentiële versterkers, waarbij ieder signaal wordt gemeten ten opzichte van een referentie. Deze referentie kan een andere elektrode zijn (bipolaire afleiding), kan voor alle elektroden dezelfde elektrode zijn (monopolaire afleiding of gemeenschappelijke referentie) of is voor iedere elektrode het gemiddelde van alle elektroden (gemiddelde referentie), ten slotte dient de methode nog te worden genoemd, waarbij wordt gemeten tegen de met elkaar verbonden oor-elektroden (linked earlobes als gemeenschappelijke referentie).

Idealiter dient de referentie-elektrode een volledig onveranderlijk potentiaalniveau te bezitten, waaraan echter geen van de boven beschreven elctrodes voldoet. De invloed van de potentiaalschommelingen, die bij de referentie-elektrode optreden, kunnen aanleiding geven tot niet altijd even gemakkelijk in te schatten meetfouten. Hjorth (1975) heeft een rekenmodel opgesteld om de invloed van de gemiddelde referentie op de meet-elektrode vast te stellen en correcties daarvoor uit te voeren (Laplace-transformatie), zodat het beeld ontstaat van een afleiding tegen een theoretische indifferente referentie : "de source" (orthogonal source derivation) Deze kan berekend worden uit een montage bestaande uit monopolair geregistreerde afleidingen. Een meer fysische omschrijving is dat door de Laplacetransformatie in de - 2 dimensionale - ruimte de stroomdichtheid wordt berekend, die bij de desbetreffende electrode hoort. Bij aanname van identieke onderlinge impedanties is de stroomdichtheid, op basis van de wet van Ohm gelijk aan het locale spanningsniveau met als enige verschil de - constante - impedantie als factor.

De wijze waarop voor het BRAINFO-systeem de ruwe data worden opgeslagen biedt de mogelijkheid iedere gewenste afleiding te berekenen uit de oorspronkelijke gegevens. Zo wordt het mogelijk om verschillende montages te berekenen uit exact de zelfde meetperiode, waardoor een goede ver-

gelijking mogelijk is en een gefundeerde beslissing kan worden genomen, welke afleiding de voorkeur verdient.

Om tot een verantwoorde keuze te komen van de referentieelectrode voor de referentiedatabase dienen vier verschillende referentie's met elkaar te worden vergeleken :

1. de 'linked earlobes'
2. de gemeenschappelijke referentie.
3. de gemiddelde gemeenschappelijke referentie
4. de 'source'

In hoofdstuk 5 zal hier nader op in worden gegaan.

4.6.6 Het BRAINFO-systeem

Met hulp van de - analoge - versterkers van het EEG-apparaat wordt het signaal versterkt en analoog gefilterd. Dit signaal wordt naar het werkstation van het Brainfo-systeem gevoerd, met het doel het daarin om te zetten in een digitaal signaal en wel zodanig, dat geen gegevens verloren gaan of veranderd worden.

De frequentie, waarmee het signaal wordt bemonsterd is hierbij van grote betekenis. Hier op is reeds ingegaan in paragraaf 3.4.4. De conclusie, die daar werd getrokken was, dat de bemonsteringsfrequentie van het EEG signaal tenminste 70 Hz moest zijn. Voor de praktische situatie is dat uiteraard onvoldoende en moet een hogere frequentie worden toegepast.

De gebruikte bemonsteringsfrequentie van 204.8 Hz is echter ruim voldoende om aan alle eisen van nauwkeurigheid te voldoen. Voor de opslag van de signalen van de evoked potentials is gekozen voor een bemonsteringsfrequentie van 1000 Hz, hetgeen betekent, dat signalen tot 500 Hz of met een duur van ten hoogste 2 msec. theoretisch volledig in het signaal vertegenwoordigd zijn.

Wil men hogere bemonsteringsfrequentie's gebruiken dan worden de eisen voor de hardware ook hoger. De snelheid, waarmee processen kunnen worden afgehandeld moet gehaald kunnen worden. De hierboven genoemde bemonsteringsfrequentie's vallen ruim binnen de mogelijkheden van het BRAINFO-systeem.

Niet alleen de snelheid maar ook de vereiste geheugenruimte stijgt met het verhogen van de bemonsteringsfrequentie lineair. Ieder monster moet immers apart worden opgeslagen.

Een compleet EEG-signaal bestaat uit de signalen afkomstig van de 21 standaard-electrodepositie's uit het 10-20 systeem. Dit betekent, dat per seconde moet worden gerekend op 21×204.8 monsters. Voor een meting van 5 minuten komen we dan op :

$5 \times 60 \times 21 \times 204.8 = 1.290.240$ monsters en 2 x zoveel geheugenpositie's, daar één monster twee geheugenposities in beslag neemt.

De 21 signalen worden serieel bemonsterd, d.w.z. dat alle kanalen achtereenvolgens worden doorlopen, met als gevolg, dat er enige tijd verloopt tussen de bemonstering van het eerste en het 21e kanaal. Deze bedraagt in het BRAINFO-systeem bij 21 kanalen $\pm 0,6$ msec. Dit tijdsverschil heeft tot gevolg, dat er bij bestudering van faseverhoudingen tussen twee verschillende signalen fouten kunnen ontstaan, fouten die groter worden naarmate de frequentie van het bestudeerde signaal hoger is.

Voor deze metingen is geen gebruik gemaakt van de optioneel voor het Brainfo systeem ontwikkelde parallelle bemonsterings methode daar dit pas beschikbaar is gekomen toen de metingen reeds waren begonnen. Deze elimineert dit faseverschil volledig.

Zoals boven beschreven dienen ruim 2,4 megabyte aan EEG-gegevens voor 150 sec. registratie te worden opgeslagen. Zolang gebruik wordt gemaakt van het opslagmedium van het eigen werkstation levert dit geen problemen op. De capaciteit van dit opslagmedium, een zgn hard-disc, is echter aan beperkingen onderhevig, temeer daar daar ook de programmatuur van Brainfo een plaats dient te vinden.

Voor de definitieve opslag van de gedigitaliseerde EEG-signalen is dan ook gekozen voor de WORM (write-once-read-many). Dit systeem biedt op een schijfje van 15 cm doorsnee ruimte aan 940 Mbyte. Dit opslagmedium, waarop zich dus de gegevens van vele tientallen EEG's bevinden, dient tezamen met de centrale verwerkingsunit - de server - een centrale plaats op een EEG-afdeling in te nemen. De server en de WORM zijn via een netwerk verbonden met de andere verwerkingsstations van de afdeling. Overbrengen van de EEG-gegevens van het werkstation naar de server en de WORM geschiedt via het netwerk. Bij een eenvoudige uitvoering van het BRAINFO-systeem is de verwerkingssnelheid van het netwerk niet geheel toereikend om tijdens het EEG - dus "on-line" - de gegevens betrouwbaar over te brengen. Dit betekent, dat de opname buffers vol lopen en de registratie vertraagt. Men kan deze vertraging accepteren en dus meer tijd van de onderzochte vragen om het EEG direct op de WORM op te slaan. Een andere keus is iedere meting eerst op de harde schijf van het werkstation op te slaan en de gegevens pas aan de server en de WORM aan te bieden als de feitelijke registratie is beëindigd. Afhankelijk van de hoeveelheid gegevens zijn hiermee 5 tot 10 minuten gemoeid. Tijdens dit onderzoek is gekozen voor de tweede mogelijkheid,

omdat daarmee de registratieduur kon worden beperkt en het beroep op coöperatie van de onderzochte zo gering mogelijk kon zijn.

4.6.7 Frequentiebanden

Daar dit een inventariserend onderzoek is zijn de resultaten niet te voorspellen, waardoor men ervoor dient te waken de resultaten op voorhand door conventie's te laten beïnvloeden, die zijn vastgesteld op basis van - wellicht verkeerde - oude meetgegevens en ervaringen. Daarenboven zijn er verschillen tussen de grenzen van de gehanteerde frequentiebanden bij verschillende auteurs.

Als voorbeeld moge dienen de grenzen, voorgesteld door Matousek (1967), Larsen (1970), Blom (1980), Duffy (1984) en Matsuura (1984) (tabel 1). Door de breedte van de banden dreigen veel gegevens verloren te gaan : een niet geringe verschuiving in de gemiddelde frequentie binnen een band voltrekt zich ongemerkt.

In een onderzoek waarin de weegfactoren werden onderzocht van verschillende frequentiebanden voor het onderscheid tussen normale en abnormale EEG's, bleken tussen 7 en 15 Hz 4 banden (allen smaller dan de in de tabel genoemde banden) voor meer dan 50% aan de variantie bij te dragen.

Voor een hanteerbare database is besloten de gegevens in drie subsets op te zetten : één voor bandbreedte van 0,5 Hz, één voor bandbreedte van 1 Hz en één voor de banden vlgs Matousek.

Voor een gedetailleerde beschrijving van het Brainfo-systeem wordt verwezen naar het rapport "Het EEG profiel IV".

Tabel 1 Overzicht van de gebruikte frequentiebanden

band	Matousek (1967)	Larsen (1970)	Blom (1980)	Duffy (1984)	Matsuura (1984)
δ_1	0 - 1,4		0,1 - 1,4		
δ_2	1,5 - 3,4	0,1 - 3,9	1,5 - 3,4	0 - 3,75	0,5 - 4
Θ	3,5 - 7,4	3,9 - 7,9	3,5 - 7,4	4 - 7,75	4 - 6
					6 - 8
α_1	7,5 - 9,4	7,9 - 12,9	7,5 - 9,4	8 - 11,75	8,0 - 9,0
α_2	9,5 - 13,4		9,5 - 13,4		9,0 - 11,5
β_1	13,5 - 17,4	12,9 - 14,9	13,5 - 17,4	12 - 15,75	11,5 - 13,0
		14,9 - 20,1		16 - 19,75 20 -	13,0 - 18,0
β_2	17,5 - 25		17,5 - 21,4	20 - 23,75	
β_3			21,5 - 30	24 - 27,75	
β_4				28 - 31,75	18,0 - 30,0

5. RESULTATEN

5.1 Inleiding

Gezien de omvang van het materiaal en de korte tijd waarin dit rapport gereed moest komen, zullen, naast globale, slechts enkele resultaten uit de analyse van de opgebouwde referentie database kunnen worden gepresenteerd. Om dezelfde reden zijn slechts enkele eenvoudige statistische analyses verricht en wacht een meer complexere analyse op nadere uitvoering. In dit rapport is de aandacht uitgegaan naar vergelijkingen tussen groepen; zo is nagegaan of er invloed van de leeftijd of het geslacht op enkele EEG-parameters bestond. De benadering hiervan onderscheidt zich van de wijze waarop meetresultaten bij één individu moeten worden vergeleken met de referentiedatabase. Bij de vergelijking van de groepen is gebruik gemaakt van de standaardfout van het gemiddelde om aan te geven, binnen welke grenzen een aangegeven deel van de metingen zich bevinden. Vergelijken met de metingen van één individu met de referentiedatabase, dan wordt gebruik gemaakt van de standaard deviatie, zoals beschreven in EEG.profiel III, Het BRAINFO-systeem, J.L. Blom, 1992, blz. 95.

5.2 Plaatsbepaling van elektroden

De Laplacetransformatie, zoals door Hjorth voorgesteld, biedt grote voordelen, zoals reeds is besproken in paragraaf 4.6.5. Deze mathematische bewerking van de meetgegevens gaat uit van vaste verhoudingen van de onderlinge elektrodenafstanden. Omdat onvoldoende bekend was over de relatie van de oor-elektroden en de elektroden op de schedelhuid is het volgende onderzoek gedaan.

5.2.1 De elektrische localisatie van de oorelektroden

Bij 25 proefpersonen is de afstand gemeten tussen de processus styloideus en de onderste aanhechting van het oor. De aanhechting van het oor kan worden beschouwd als het feitelijke meetpunt op de schedel, waar de electrode zich op het oorlel ook moge bevinden. Eveneens is de afstand tussen de linker en rechter processus styloideus gemeten, om na te gaan hoe constant de verhouding tussen de afstand van de oorelectrode t.o.v. de andere elektroden op de schedel is.

De meetresultaten zijn te vinden in tabel 2.

Tabel 2 Resultaat van de meting bij 24 achtereenvolgende proefpersonen

	dist.bitemp in cm	linker oor in mm	rechter oor in mm
	34.5	53	50
	34	33	32
	31	35	38
	32	34	33
	34.5	41	38
	35	28	27
	36	47	50
	33	43	40
	33.5	38	38
	34	38	40
	32.5	41	42
	33.5	49	43
	33.5	45	45
	35	46	42
	35	42	44
	32	38	35
	31	45	47
	33	43	43
	33	42	42
	34	37	35
	36	37	38
	34	35	37
	35	46	46
	37	28	30
Gemm.	34.04	40.36	40.0
Sr.dev.	1.66	6.20	5.91
corr. bitemp	1.000	-0.0398	-0.0339
li-oor		1.000	0.9263
re-oor			1.000

De resultaten laten drie conclusies toe:

1. De afmetingen van het linker en rechter oor komen in sterke mate met elkaar overeen.
2. Er lijkt geen relatie te bestaan tussen de afmeting van het oor en de afmetingen van het hoofd.
3. De afstand van het oor tot de proc. styloideus is 12 % van de distantia bitemporalis, variërend tussen 8 en 15 %.
4. Een relatie tussen de distantia bitemporalis en de afstand tussen de oorelectroden en de middelste temporale electrode (resp. A_1-T_3 en A_2-T_4) ontbreekt. Het is derhalve moeilijk een algemeen geldend rekenmodel op te stellen, waarin voor de afstand A_1-T_3 correctie's kunnen worden toegepast voor de berekening van de Laplace-transformatie. Uiteraard kan hiervoor wel een gemiddelde waarde worden genomen. Deze is echter minder betrouwbaar en zal dus een zekere spreiding tonen.

5.2.2 Vergelijking van de 'source' referentie met andere referenties

Zoals reeds vermeld in paragraaf 4.6.7 is een vergelijking gemaakt tussen verschillende referentie elektroden. Het BRAINFO-systeem biedt de mogelijkheid, uitgaande van een monoreferentieel opgenomen EEG andere referenties te construeren. Standaard wordt de gemeenschappelijke gemiddelde electrode (Common Average) gebruikt, maar ook andere, bijv. F_0 of C_0 kan als referentie gebruikt worden. Het systeem kan daar elke andere referentiële of bipolaire montage uit berekenen. Dit is ingebouwd om de vrijheid te hebben voor de papier registratie een optimale referentie te kiezen, maar ook om verschillende electrode-combinaties te kunnen toepassen op het zelfde stuk signaal. Daarmee kunnen ook verschillende referenties met elkaar vergeleken worden.

Met de, in paragraaf 1.3 aangeduide 'mapping' techniek, is het mogelijk een overzicht te visualiseren van gemeten EEG-signalen of afgeleiden daarvan, door middel van zgn. 'maps'. Dit zijn figuren van één EEG parameter, bijv. het vermogen, waarin de EEG-electroden zijn geplaatst in een schematische afbeelding van de schedel, waarbij de verschillende waarden van de gekozen parameter in kleur worden weergegeven. Zo kan het vermogen van een bepaalde spectrale frequentie voor elke elektrodenpositie in kleur worden afgebeeld. Door toepassing van interpolatie kunnen dan de waarden voor de punten tussen de elektroden berekend worden, zodat een figuur ontstaat waarin het verloop van deze parameter over de schedel als een continu kleurverloop wordt afgebeeld.

In de afbeeldingen 1 t/m 4 zijn de 'maps' weergegeven van het vermogen van de spectrale frequenties, met een interval van 0.2 Hz, tussen 7 en 13 Hz. Dit is het gebied waarin de α -band van het EEG ligt. Steeds is van het zelfde materiaal een nieuwe map gemaakt, waarbij steeds een andere referentie-electrode is gebruikt.

De verschillen tussen de vier afbeeldingen spreken voor zich. Niet alleen lijkt er zich bij afleiden tegen de Fronto-centrale electrode (F_0) en tegen de met elkaar verbonden oorelectroden opvallend weinig activiteit in de nabijheid van deze elektroden af te spelen, de gemeten vermogens lijken bij deze afleidingen ook andere localisatie te hebben.

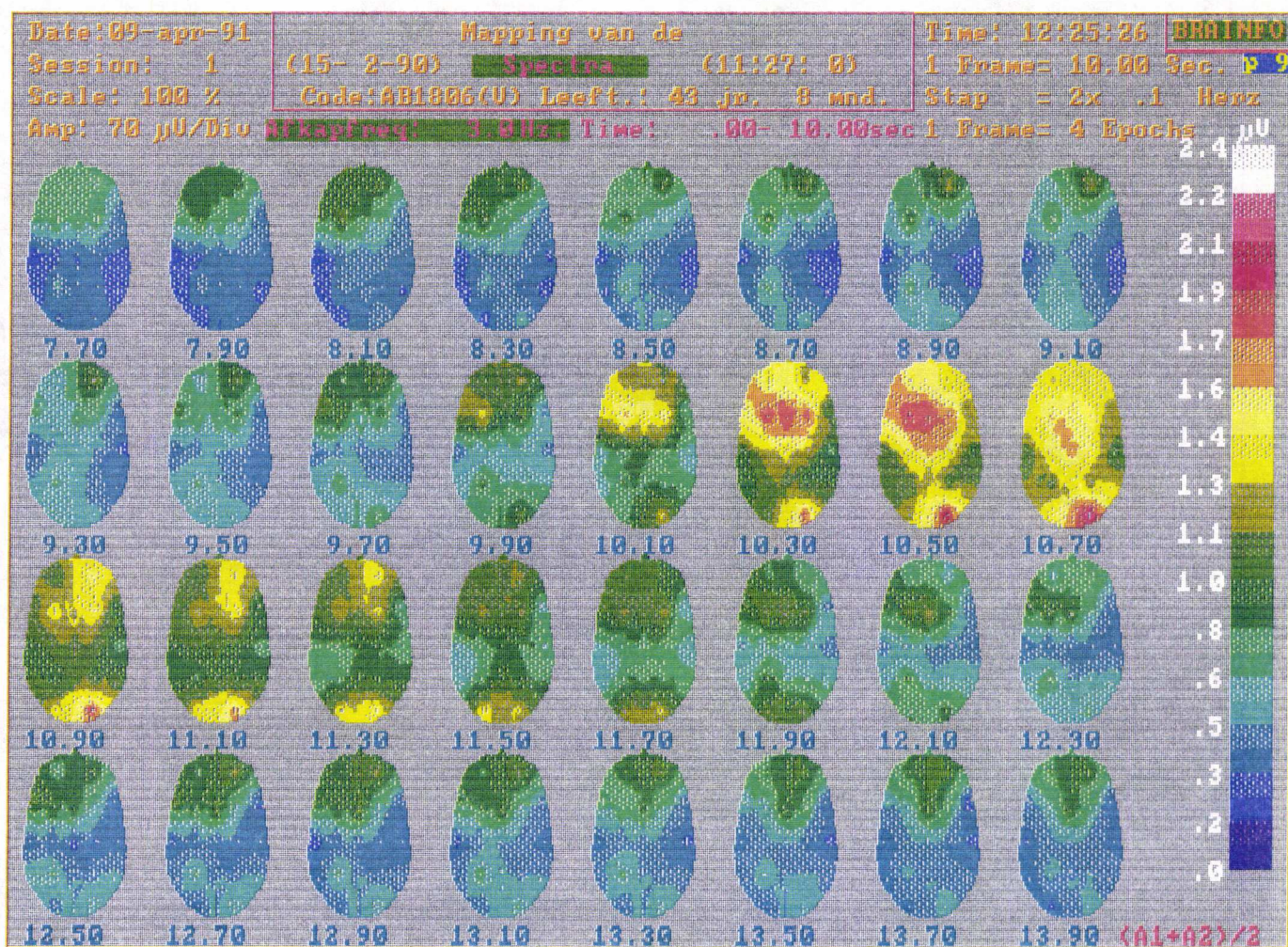
Vergelijkt men de afbeelding van de afleiding tegen de gemiddelde gemeenschappelijke electrode met die van de Source-afleiding, dan valt op dat de in de voorste schedelhelft gemeten vermogens in de α -band, bij de sourceafleiding niet aanwezig zijn.

Deze resultaten, waarvan dit slechts een voorbeeld is, leiden tot de conclusie dat het gebruik van de met elkaar verbonden oorelectroden ('linked earlobes') of de centrale electrode C_0 , maar ook de gemiddelde gemeenschappelijke electrode als referentie, gemakkelijk leiden tot verkeerde conclusies.

Op basis van de theoretische achtergronden van de source als referentie (zie BLOM 1992) kan, bij vergelijking met de gemiddelde gemeenschappelijke referentie, geconcludeerd worden dat de sourceafleiding een correctie geeft op de onderlinge beïnvloeding die door het middelen over het schedel-oppervlak wordt gemaakt (dit effect staat klinisch bekend onder de naam 'Goldmann-effect'). Of deze correctie volledig is, is niet aan te tonen.

Figuur 1 toont de beelden, als wordt afgeleid tegen de met elkaar verbonden oren (linked aerlobes). Behalve rechts occipitaal wordt frontaal relatief veel vermogen gemeten tussen 10,10 en 11,30 Hz; het lagere gemeten vermogen bij de oren valt op.

Figuur 1

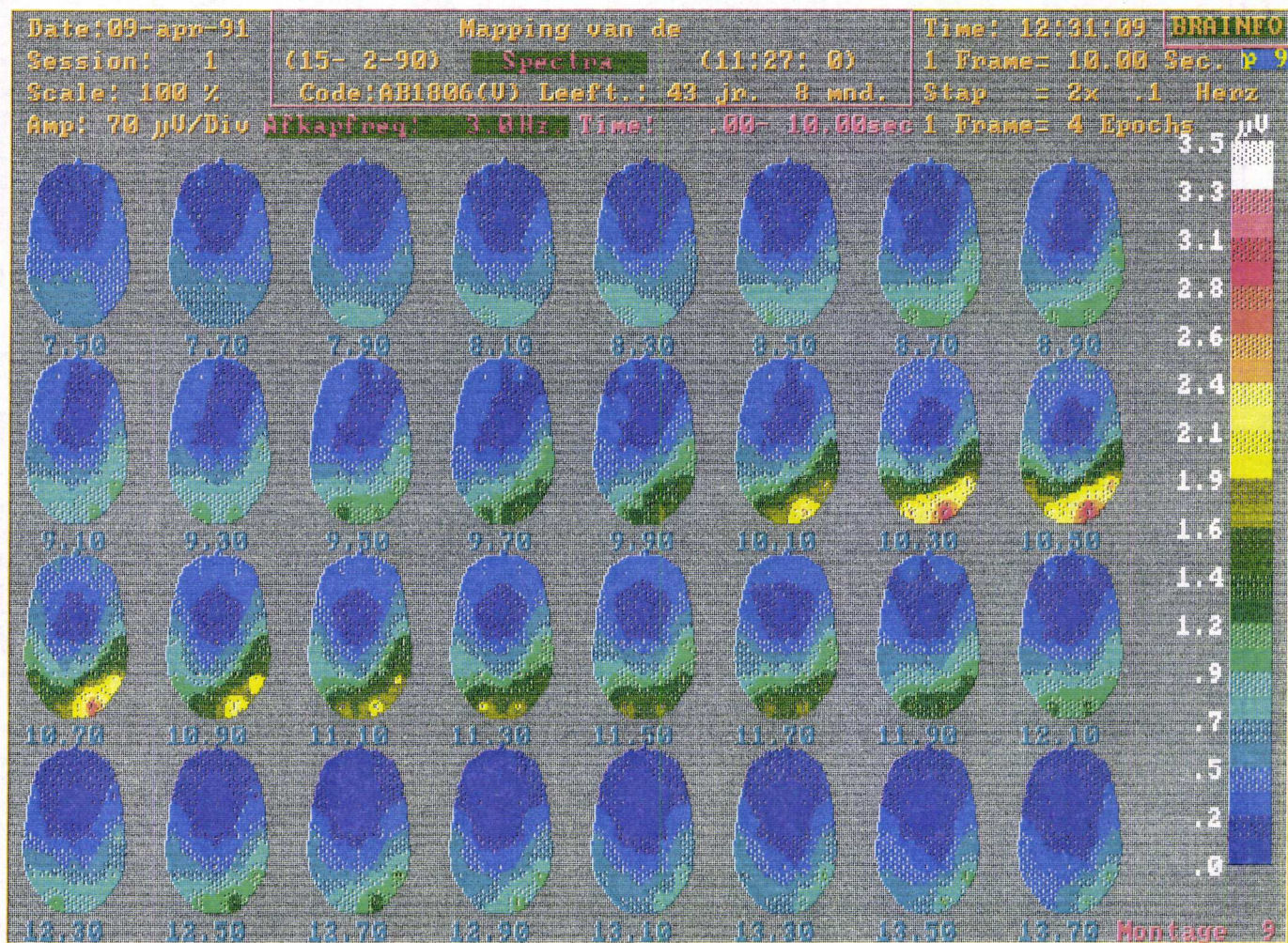


Toelichting bij figuur 1 t/m 4.

Ieder van de vier figuren toont vanaf 7,7 van telkens 0,2 Hz hoger het vermogen zoals berekend met de FFT. De grootte van het vermogen wordt in kleur uitgedrukt, de schaal daarvoor, die voor alle afbeeldingen de zelfde is, bevindt zich rechts naast de MAP's. Alle afbeeldingen betreffen een meting van exact de zelfde meetperiode.

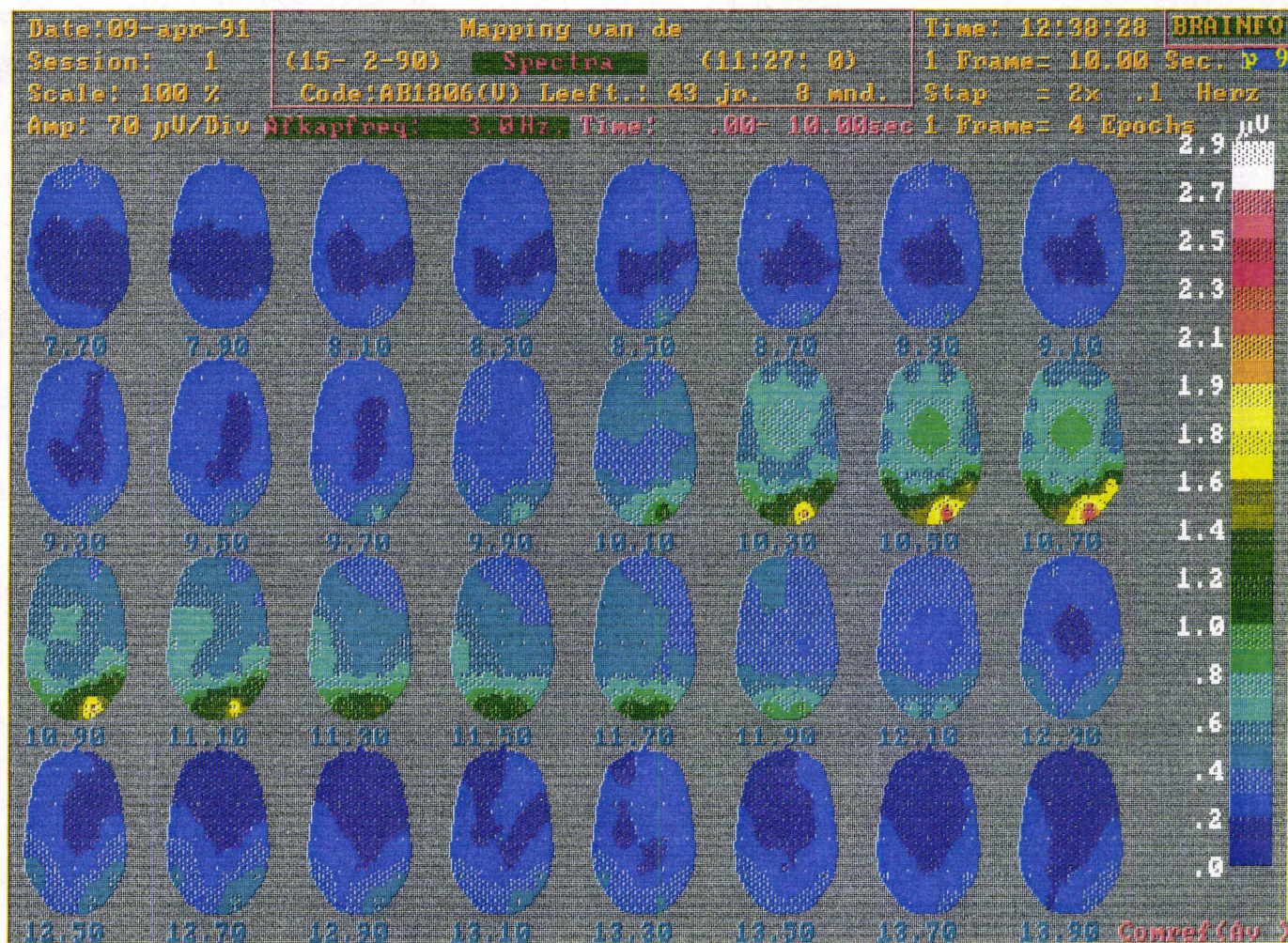
Figuur 2 toont het resultaat van de berekening, als tegen een gemeenschappelijke electrode (in dit geval F_0) wordt gemeten. Bij alle frequentie's is het gemeten vermogen bij de referentie-electrode vrijwel nihil. Het relatief geringe vermogen dat bij alle frequentie's occipitaal wordt gemeten, is bij geen van de andere afleidingen terug te vinden.

Figuur 2



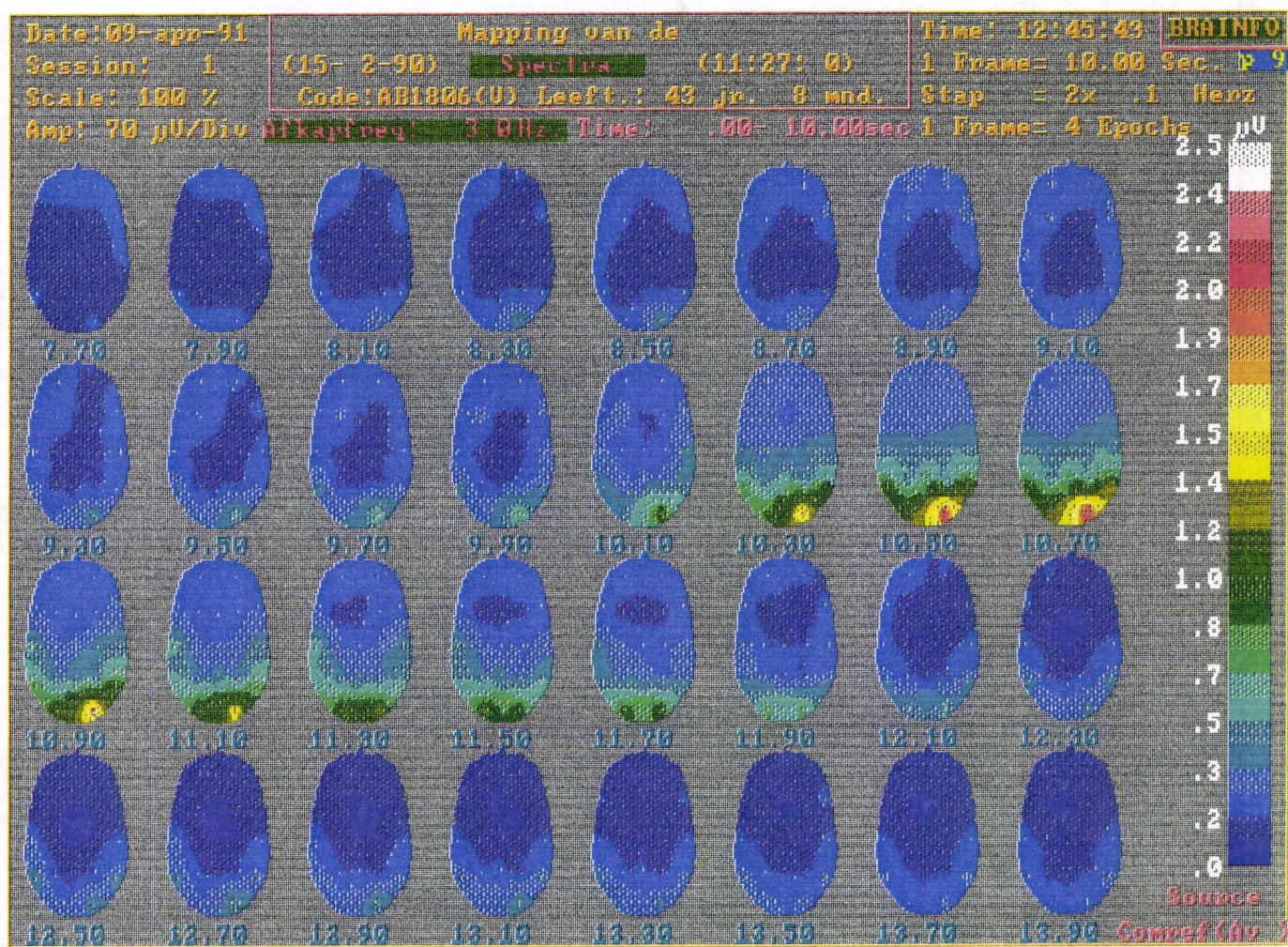
Figuur 3 toont de afleiding tegen de gemeenschappelijke, gemiddelde referentie (afleiding vlg. Goldmann). Vooral tussen 10,30 en 11,50 Hz neemt niet alleen occipitaal het gemeten vermogen toe, er lijkt in alle gebieden een toename van de activiteit te zijn (het vermogen wordt a.h.w. uitgesmeerd, ook wel Goldmann-effect genoemd).

Figuur 3



Figuur 4 tenslotte toont de Source-afleiding. Tussen 10,30 en 11,10 is alleen occipitaal een toename van het vermogen te zien. Het frontaal geregistreerde vermogen tussen 10,10 en 11,30 is onvindbaar.

Figuur 4



5.3 De database

De gegevens zijn ontleend aan de EEG's van 144 mannen en 144 vrouwen. Beide groepen onderverdeeld in 12 leeftijdsklassen van 5 jaar, de jongste leeftijdsgroep omvat de leeftijden 20 tot en met 24, de oudste leeftijdsgroep zijn proefpersonen ouder dan 75 jaar. Hierdoor zijn 12 leeftijdsklassen geconstrueerd, elk bestaand uit 24 proefpersonen, 12 mannen en 12 vrouwen. De grootte van de groepen is vastgesteld aan de hand van de resultaten van een vorig onderzoek (EEG-Profiel II, J.L. Blom, 1990).

De variabelen die tot uitgangspunt van de database dienen, zijn gebaseerd op het vermogen per 0,1 Hz tussen 0,1 en 30 Hz met daaruit afgeleide gegevens en de Hjorth parameters welke per proefpersoon per electrodepositie (21) zijn berekend uit één aaneengesloten stuk EEG van tien perioden (epochs) van 10 seconden.

Zoals in hoofdstuk 4 reeds is beschreven zijn twee metingen gebruikt, een met geopende en een met gesloten ogen en is voor twee referentie-electroden, n.l. de source en de gemiddelde gemeenschappelijke electrode eenzelfde database geconstrueerd.

Dit betekent dus dat iedere variabele in de database de gemiddelde waarde is van de 12 proefpersonen voor die leeftijdsklasse. Zoals later zal blijken is het op basis van de geringe spreiding van het gemiddelde per leeftijdsklasse mogelijk geen 5-jaarsklassen maar 10-jaars klassen te maken waardoor het aantal waarnemingen per klasse waarop de database is gebaseerd verdubbeld.

Om er voor te zorgen dat constante, niet op het EEG betrekking hebbende factoren onnodig de variantie van de variabelen zou vergroten is een correctie toegepast.

De daarvoor geconstrueerde correctie factor is de verhouding tussen het totale vermogen van de individuele proefpersoon en het totale gemiddelde vermogen voor de leeftijdsgroep voor dat kanaal:

$$W_K = \frac{P_{iK}}{P_{totK}}$$

Hierbij is K het kanaal, P_{iK} het totale vermogen van proefpersoon_i voor kanaal K en P_{totK} het totale vermogen voor de leeftijdsgroep voor kanaal K.

Als gevolg van geringe en niet te voorkomen bewegingen van de proefpersonen ontstaan in een EEG bijna altijd niet gewenste signalen. De hoeveelheid van dergelijke, zo genoemde artefacten is onderling sterk verschillend. Deze artefacten kunnen een duidelijke invloed hebben op de spectraalwaarden, vooral in het frequentiegebied van 0.1 tot 1.4 Hz. Nu worden deze artefacten

weliswaar met een speciaal onderdeel van het BRAINFO systeem zo veel mogelijk verwijderd, maar het lukt niet om bij alle proefpersonen een artefact vrij EEG te verkrijgen. Daarom wordt voor de berekening van de correctiefactor niet uitgegaan van het totale vermogen maar van het totale vermogen minus het vermogen in de δ_1 -band van Matousek. Dit is de som van het vermogen tussen 0.1 en 1.4 Hz.

In de volgende paragrafen zullen zeer beknopt alle gegevens, die in de data-base voorkomen besproken worden. Deze gegevens zijn per kanaal, per meting, per geslacht en per referentie electrode aanwezig. De omvang van de totale database is ± 25 Mb.

5.3.1 De frequentiebanden

De database is opgezet voor verschillende bandbreedten daar statistische analyse aantoonde dat de, per leeftijdsgroep gemiddelde, waarden van opeenvolgende spectraalwaarden niet samen genomen mochten worden. Daarom zijn drie verschillende bandbreedten genomen die elk voor een ander doel gebruikt kunnen worden.

Deze bandbreedten zijn:

a. 0,5 Hz logbandvermogens

Per electrode-positie, per meting, per leeftijdsgroep en per geslacht naar keuze gemeten tegen de gemiddelde gemeenschappelijke referentie dan wel tegen de source zijn er 60 vermogensbanden, uitgedrukt in de logaritme van het gemiddelde vermogen van 0,5 Hz bandbreedte. Uitgaande van 21 elektroden bestaat dit stukje van de database dus uit 21×60 vermogenswaarden (of 19 in het geval van de sourceafleiding).

b. 1.0 Hz logbandvermogens

Verbreden van de band heeft tot gevolg dat het cijfermateriaal wordt verkleind en daardoor aan overzicht wint. Tevens zal de relatieve spreiding afnemen. Een nadeel is echter, dat verschillen kleiner dan 1 Hz niet meer kunnen worden gemeten.

c. logbandvermogens vlg Matusek

De door Matusek gebruikte banden hebben vrijwel algemeen ingang gevonden, reden waarom zij niet ongenoemd kunnen blijven. Deze gegevens kunnen echter slechts dienen om een globaal inzicht te verkrijgen van de inhoud van het EEG-sigitaal.

5.3.2 De ratio's

De verhouding tussen het gemeten vermogen in de Θ -band en één der beide α -banden is door Matusek (Matusek 1971) gezien als een der betrouwbaarste parameters, waaraan eventuele veranderingen van een EEG kunnen worden aangetoond. Daar deze daarom zeker klinische relevantie zullen hebben zijn de volgende ratio's in de referentie database opgenomen:

- a. Θ/α_1 ratio
- b. Θ/α_2 ratio
- c. $\Theta/(\alpha_1+\alpha_2)$
- d. α_1/α_2 ratio
- e. $\delta_1(\alpha_1+\alpha_2)$ ratio
- f. $\delta_2(\alpha_1+\alpha_2)$ ratio

5.3.3 De Hjorth-parameters

Door Hjorth (1973) zijn een aantal parameters voorgesteld, afkomstig uit het tijdsdomein die een globale indruk geven van het EEG voor één kanaal. Deze parameters zijn gebaseerd op de statistische eigenschappen van een EEG signaal gedurende de meetperiode. Hoewel deze parameters theoretisch te berekenen zijn uit de Fourier coëfficiënten, is het gemakkelijker ze rechtstreeks uit het EEG te berekenen. De drie Hjorth parameters zijn:

a. De Activity

De Activity is het gemiddelde vermogen van een signaal. Zij wordt berekend door middelling van alle monsters van één epoch.

b. De Mobility

Dit is een maat voor de gemiddelde frequentie-inhoud van het EEG-sigitaal en wordt berekend uit de eerste afgeleide van het EEG-sigitaal.

c. De Complexity

De complexity is een maat voor de frequentie-breedte van het EEG signaal: hoe hoger de waarde, hoe groter de bandbreedte. Het wordt berekend uit de tweede afgeleide van het EEG-sigitaal. (Voor verdere detaillering wordt verwezen naar Het EEG-profiel I (Blom, 1980))

5.3.4 De α -top frequentie

De α -top frequentie is die frequentie waarbij het hoogste vermogen wordt gemeten boven de δ_1 -band. Dit is een uiterst belangrijk gegeven daar uit de visuele beoordeling van het EEG reeds 40 jaar bekend is dat de eerste veranderingen t.g.v. een aandoening, die in een EEG optreden, zich vaak manifesteren in een verandering in de α -frequentie. Daar dit vaak lokale processen betreft zal dit zich uiten in een afwijking t.o.v. dezelfde plaats in de tegenovergestelde hersenhelft, hetgeen zich overigens ook voor de andere parameters van het EEG kan voordoen wat een apart item in de database is (zie paragraaf 5.3.5).

5.3.5 De links - rechts verschillen

Daar de activiteit bekend is van alle electrodepositie's, is een vergelijking mogelijk tussen overeenkomstige elektroden links en rechts. Voor de praktische toepassing van de database is het van groot belang te weten, hoe groot de links-rechts verschillen bij gezonden mogen zijn. Daarom voorziet het BRAINFO-systeem in de mogelijkheid Probability Density Maps (PDM's) te maken voor deze gegevens. Voor de details over deze toepassing wordt verwezen naar paragraaf 5.3.7.

5.3.6 De reactiviteit

De activiteit aanwezig bij gesloten ogen kan worden vergeleken met die bij geopende ogen en is een indicatie voor de mate waarin het cerebrum tussen aandachtsniveau's kan wisselen. Nu is uit de klinische praktijk reeds bekend dat met name de mate waarin de α -activiteit wordt onderdrukt een belangrijk gegeven is voor het al dan niet aanwezig zijn van cerebrale functiestoornissen. Hoewel in de literatuur niet duidelijk vermeld, is uit de praktijk bekend dat met het stijgen van de leeftijd de α -activiteit minder onderdrukt wordt bij het openen van de ogen.

In het BRAINFO systeem kan de verhouding van de activiteit bij gesloten ogen tot die bij geopende ogen als maat voor de reactiviteit worden gehanteerd en fungeren als één van de kenmerken van veroudering. Deze maat is voorhanden voor alle frequentie resoluties, zowel voor 0.5 Hz als voor de Matousek banden, en per kanaal. Hiervan kunnen ook PDM's worden gemaakt.

5.3.7 De Probability Density Maps

Het principe van de mapping is reeds besproken in paragraaf 3.2. Door middel van mapping kan iedere parameter, die met het qEEG wordt gemeten, op een overzichtelijke wijze worden afgebeeld. Men kan deze getallen echter ook toetsen aan de referentiedatabase. Zo is het mogelijk door middel van mapping een overzicht te krijgen van de mate waarin één parameter verschilt van het gevonden gemiddelde bij gezonden. Zo kunnen fraai uitzijnde beelden worden gemaakt, die maar al te gemakkelijk tot verkeerde conclusie's leiden. Vindt men b.v. bij één elektrode-positie een waarde van een parameter, die met een 5% overschrijdingskans verschil van het gemiddelde (naar leeftijd en geslacht gematched) in de referentiedatabase, dan behoeft dit geen enkele betekenis te hebben. Immers een 5% overschrijdingskans betekent, dat één op de twintig maal deze waarde toevallig afwijkt van de verwachte waarde. De kans op de omgekeerde situatie is exact even groot: een dergelijke onderscheidingskans wordt dan juist niet geconstateerd. Men heeft in dezelfde mate te maken met vals positieve en vals negatieve uitslagen. De kans op zowel vals positief als vals negatief neemt af, naarmate men de overschrijdingskans verkleint, maar in dezelfde mate zal het discriminerend vermogen van het systeem afnemen. De kans op beide fouten wordt ook verminderd als het onderzoek wordt herhaald, hetgeen lang niet altijd mogelijk zal zijn.

Een tweede mogelijkheid is het, om te eisen, dat er meerdere onderling onafhankelijke parameters op dezelfde locatie een afwerking van het verwachte gemiddelde tonen. Naast het hanteren van strenge statistische normen, het werken met de zo aantrekkelijk ogende probability-adjusting maps nog behoefte aan regels, die in de praktijk zullen moeten worden getoetst. Uiteindelijk moet een optimum worden gevonden tussen de mate van de overschrijdingskans, het aantal variabelen dat wordt gebruikt en de klinische gegevens. De klinische relevantie zal dan zwaarder wegen dan de statistische relevantie.

5.4 **Bewerking van gegevens**

5.4.1 Inleiding

Door de reeds eerder vermelde beperkingen kunnen slechts enkele van de grote hoeveelheid aan gegevens in dit rapport nader worden beschreven.

Om toch zoveel mogelijk informatie te geven is gekozen voor een overzicht van het totale materiaal in de vorm van de drie Hjorth parameters berekend voor alle elektrodenpositie's, bij gesloten en geopende ogen, voor de gemiddelde gemeenschappelijke referentie en voor de source referentie.

Tevens zullen de resultaten over het verloop van de α -top met de leeftijd en de reactiviteit worden beschreven.

5.4.2 De Hjorth-parameters

Aan de hand van 24 tabellen zijn de Hjorth-parameters weergegeven. (tabel 8 t/m 31 APPENDIX I).

Activity

Bij vergelijken van de tabellen, berekend voor de afleiding tegen de gemiddelde referentie met die voor de source valt op, dat bij deze laatste de waarden lager zijn. Alle activiteit komt door de gemiddelde referentie tot uitdrukking bij, in principe alle elektroden, dus zowel die welke in de directe omgeving van het te meten fenomeen liggen als - en wel in even sterke mate - aan verder weg gelegen elektroden. Op deze wijze wordt bv α -activiteit behalve occipitaal en temporaal, ook parietaal weergegeven en, zelfs in relatief sterkere mate, ook frontaal. Dit 'smerende' effect blijkt ook uit het feit dat met de toets van Hartley de varianties van de leeftijdsgroepen voor de Activity onderling niet significant verschillen. Wanneer ditzelfde wordt gedaan voor de source referentie zijn de varianties wel verschillend. Een verklaring hiervoor is dat de onderlinge afhankelijkheid welke tussen de elektrode wordt gecreëerd door het gebruik van de gemiddelde referentie onderdeel vormt van de totale onderlinge variantie en dat kennelijk de bijdrage van deze partiële variantie aan het geheel substantieel is.

De standaarddeviatie van de Activity per electrodepositie is relatief groot, wat wijst op een aanzienlijke spreiding van de individuele meetresultaten. Kleine, ogenschijnlijk duidelijk verschillen dienen dan ook met de grootste reserve te worden bekeken. Zo geeft vergelijking van de activity

tussen mannen en vrouwen voor overeenkomstige leeftijdsgroepen nooit een significant verschil te zien. Voordat men hieruit de conclusie zou trekken dat er in het algemeen geen verschil tussen het EEG van mannen en vrouwen bestaat, moet men beseffen dat de Activity een zeer globaal gegeven is over het gemeten vermogen. Bijzondere en significante details zijn in deze parameter niet terug te vinden en een invloed van de leeftijd op de activity kan ook niet worden aangetoond.

Een overzicht in de onderlinge verhoudingen van de Activity is in de figuren 5 t/m 10 afgebeeld. Hierin zijn per electrodepositie de waarden van de activity, gecumuleerd over de leeftijdsgroepen, weergegeven. Zij zijn berekend voor de source referentie. Deze optelling van de waarden in de verschillende leeftijdsgroepen mag men doen daar er geen leeftijdseffect op de Activity is aangetoond.

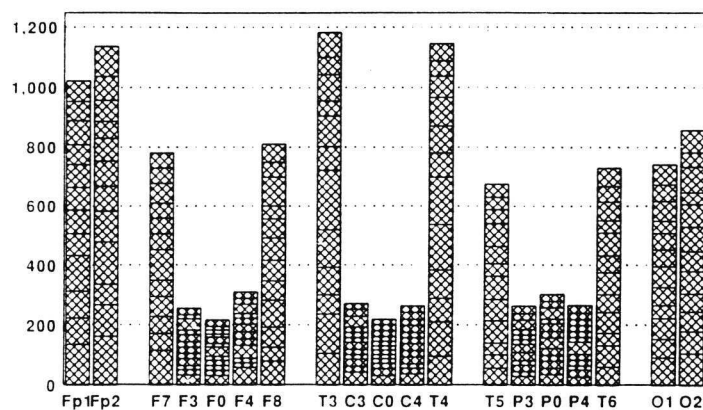
Beschouwt men de verdeling van de Activity over de schedel, dan valt op, dat de hoogste waarden worden gevonden in beide voorste, middelste en achterste temporaalstreken, frontopolair en occipitaal.

De gemiddelde waarden voor de Activity zijn bij vrouwen in de occipitale, de achterste en middelste temporale en frontopolaire gebieden hoger dan bij mannen. Alleen in de voorste temporale gebieden is de Activity bij mannen hoger dan bij vrouwen.

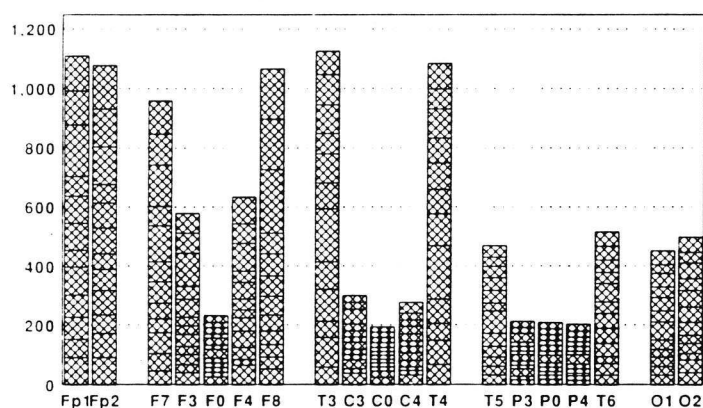
Behalve in de achterste temporale en occipitale gebieden, waar de Activity bij mannen en vrouwen rechts iets hoger is dan links, is er voor de Activity geen asymmetrie.

De resultaten voor de reactiviteit (zie paragraaf 5.3.6) van de Activity zijn terug te vinden in de figuren 5 en 10. Deze toont zowel bij mannen als bij vrouwen een afname in de occipitale en achterste temporale gebieden. Dit is begrijpelijk als men bedenkt dat bij geopende ogen de α -activiteit onderdrukt wordt. In de middelste gebieden lijkt openen of sluiten van de ogen weinig effect te ressorteren. In de voorste gebieden neemt de activity juist toe als de ogen worden geopend, uit het feit, dat de Activity frontopolair niet significant verandert, mag men concluderen, dat dit niet veroorzaakt wordt door een toename van oogartefacten, maar een uiting is van de veranderingen in het cerebrum door de veranderde aandachtstoestand.

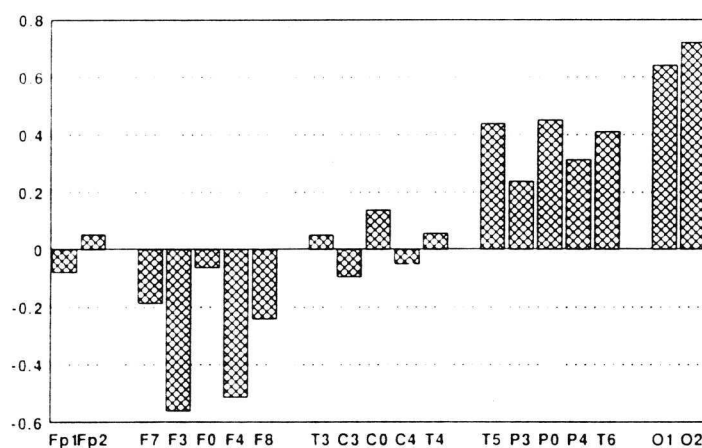
Figuur 5 Activity - Vrouwen ogen dicht - alle leeftijden



Figuur 6 Activity - Vrouwen ogen open - alle leeftijden



Figuur 7 Reactivity van de activiteit - Vrouwen - totaal van alle leeftijdsgroepen



Toelichting bij figuur 5 t/m 10.

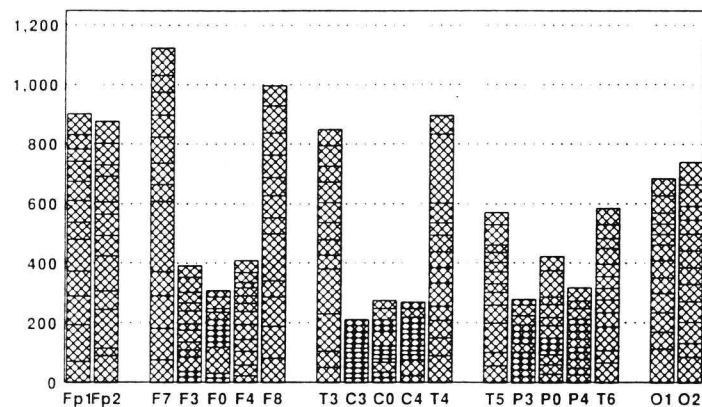
Op de verticale as van fig. 5, 6, 8 en 9 is de grootte van de activiteit weergegeven.

Horizontaal worden de electrodeposities afgebeeld.

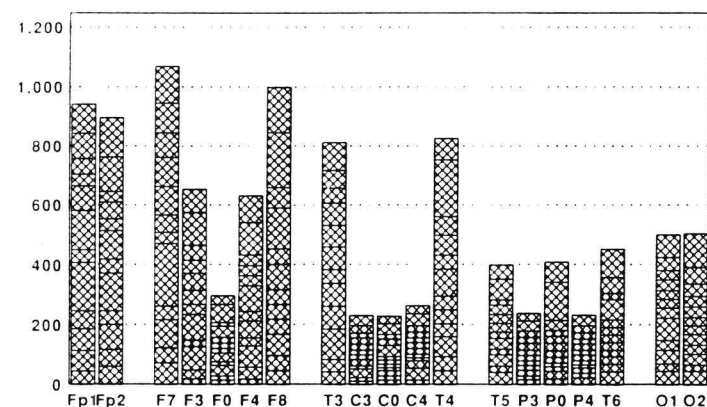
Iedere kolom bestaat uit twaalf delen, voor iedere leeftijdsgroep één, van onder naar boven in opklimmende volgorde. Figuren 5 en 6 geven dus een totaal beeld van 144 vrouwen bij gesloten resp. geopende ogen; figuren 8 en 9 geven hetzelfde voor de mannen.

Figuur 7 en 10 geven het quotiënt weer van de activiteit bij gesloten ogen en die bij geopende ogen verminderd met een. Boven de nullijn uitstekende kolommen wijzen dus op een grotere activiteit bij gesloten ogen.

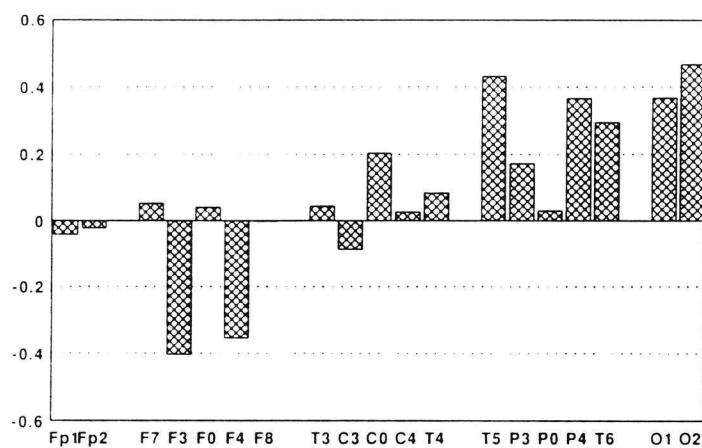
Figuur 8 Activity - Mannen ogen dicht - alle leeftijden



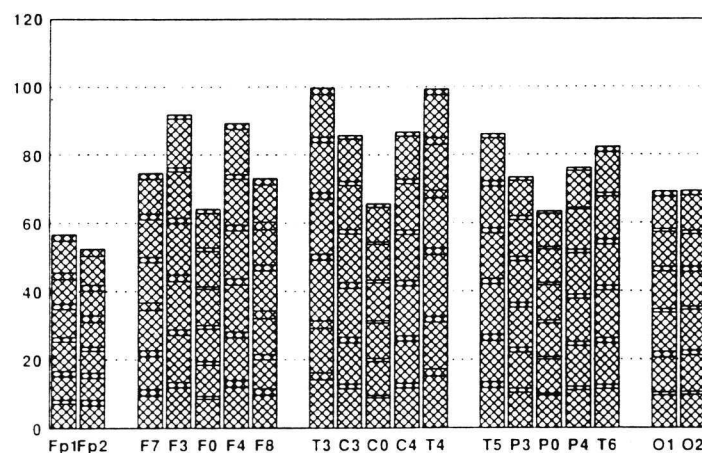
Figuur 9 Activity - Mannen ogen open - alle leeftijden



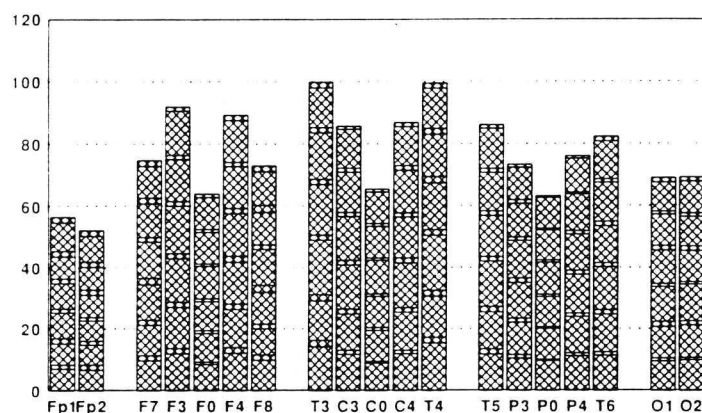
Figuur 10 Reactiviteit van de activiteit - Mannen - totaal van alle leeftijdsgroepen



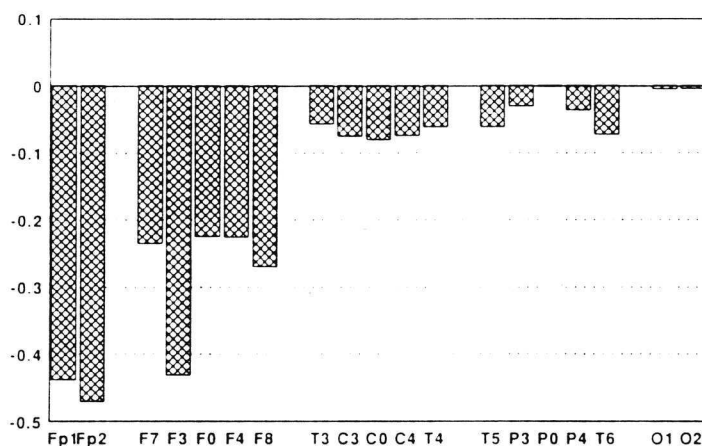
Figuur 11 Mobility - Vrouwen ogen dicht - alle leeftijden



Figuur 12 Mobility - Vrouwen ogen open - alle leeftijden



Figuur 13 Reactiviteit van de mobility - Vrouwen - totaal van alle leeftijdsgroepen



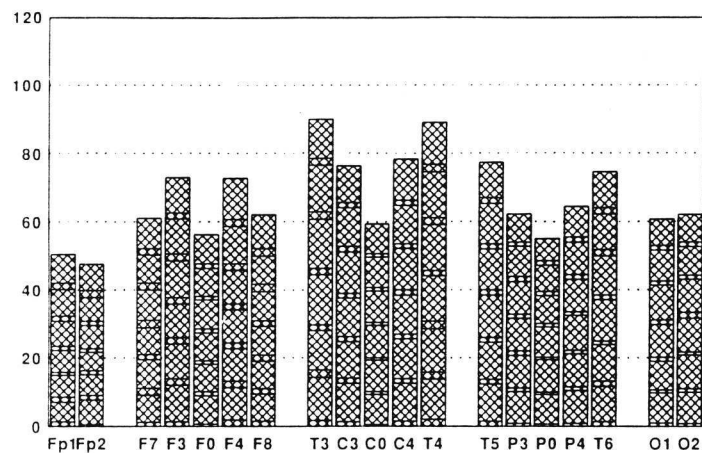
Toelichting bij figuur 11 t/m 15.

Op de verticale as van fig. 11, 12, 14 en 15 is de grootte op de horizontale as is de localisatie van de mobility weergegeven.

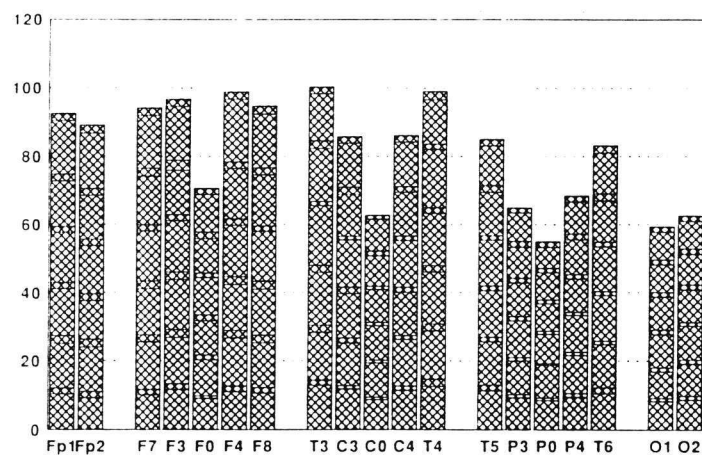
Ieder kolom bestaat uit twaalf delen, telkens het gemiddelde van een leeftijdsgroep van 10 jaar, verminderd met 2 x de standard error of the mean, vervolgens 2 x de standard error of the mean. Men krijgt zodoende een globaal overzicht over het verloop van deze waarden met de leeftijd, terwijl ook de spreiding van de waarden per leeftijdsgroep is weergegeven.

De figuren 12 en 15 geven weer het quotiënt van de mobility bij gesloten en bij geopende ogen verminderd met een weer, in dit geval vrijwel allen negatief, zodat gesteld kan worden, dat de mobility in het algemeen bij geopende ogen groter is dan bij gesloten.

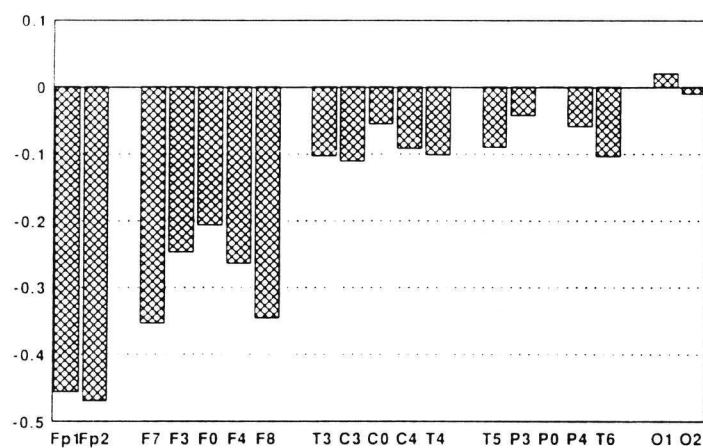
Figuur 14 Mobility - Mannen ogen dicht - alle leeftijden



Figuur 15 Mobility - Mannen ogen open - alle leeftijden



Figuur 16 Reactivity van de mobility - Mannen - totaal van alle leeftijdsgroepen



Mobility

De Mobility, die gezien kan worden als een representatie van de gemiddelde frequentie, wordt ook sterk beïnvloed door de verschillen in referentie : de fronto-polair als gevolg van oogbewegingen voorkomende lage frequentie's zullen de resultaten van de occipitale metingen beïnvloeden. Verschillen in Mobility tussen source en gemiddelde referentie laten zich hierdoor verklaren.

Opvallend is, dat de varianties, die bij de Mobility worden gevonden, veel lager zijn dan bij de Activity : de frequentie inhoud van het EEG signaal is een consistenter gegeven dan het vermogen daarvan. Blijkens de toets van Hartley mogen de gevonden variantie's bij de verschillende leeftijdsgroepen als gelijk worden beschouwd.

In de figuren 11 t/m 16 zijn de gecumuleerde waarden van de gemiddelden per leeftijdsgroep afgebeeld. Getoond wordt het gemiddelde per leeftijdsklasse terwijl boven in ieder gedeelte, dat die waarde aangeeft de grootte van twee maal de standaard fout van het gemiddelde(s.e.m.) wordt aangegeven.

De waarden voor de Mobility liggen zonder uitzondering voor vrouwen iets hoger dan voor mannen.

Ook voor de Mobility kon geen significante leeftijdsrelatie worden aangetoond.

De Mobility is gelijk voor homologe electrodeposities op linker en rechter schedelhelft behalve in het achterste temporale gebied, waar de Mobility links groter is dan rechts.

Noch bij de vrouwen noch bij de mannen blijkt de Mobility occipitaal te veranderen door het openen van de ogen. Zowel bij mannen als bij vrouwen wordt de Mobility groter in de gehele voorste schedelhelft (figuur 13 en 16) bij geopende ogen, wat kan worden verklaard door een toename van activiteit in de α - maar zeker ook in de β -band.

Complexity

De Complexity is gerelateerd aan de frequentiebreedte van het signaal. De waarden van deze laatste van de drie Hjorth-parameters toont variantie's, die in de zelfde orde van grootte liggen als die van de Mobility. Op een enkele uitzondering na zijn, volgens de toets van Hartley, de varianties per leeftijdsgroep per electrodepositie niet verschillend, hetgeen betekent dat de spreiding in de verschillende leeftijdsklassen per electrodepositie gelijk is en een gemiddelde standaarddeviatie kan worden opgegeven.

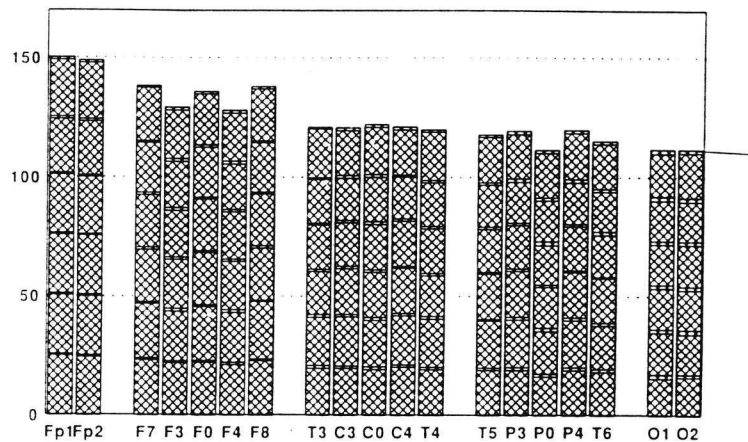
Bij beschouwing van de figuren 17 t/m 22 valt op, dat de Complexity bij de mannen zonder uitzondering iets hoger is dan bij de vrouwen. De verschillen zijn niet groot, maar ze zijn constant en gelden voor ieder electrodepositie in de zelfde mate.

Over het algemeen bestaat er geen significante correlatie tussen de Complexity en leeftijd, hierop is echter een opmerkelijke uitzondering voor beiden occipitale elektroden.

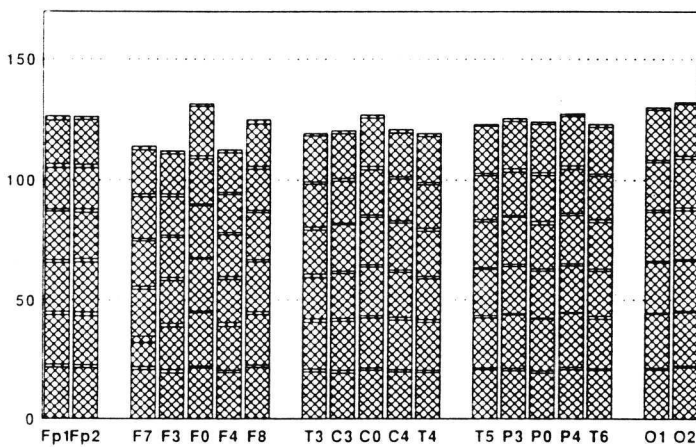
Links - rechts verschillen werden voor de complexity niet gevonden.

De Complexity heeft in de voorste schedelhelft, zowel bij mannen als bij vrouwen, hogere waarden dan in de achterste. Dit verschil verdwijnt bij registratie bij geopende ogen. In de figuren 19 en 22 kan men zien, dat dit bij beide geslachten het gevolg is van een toename van de Complexity in het occipitale gebied en het achterste 1/3 gedeelte van de schedel, een gelijk blijven in het middelste 1/3 gedeelte en een afname in het voorste 1/3 gedeelte en het frontopolaire gebied. Kennelijk is de breedte van het spectrum in de achterste schedelhelft bij gesloten ogen minder dan bij geopende ogen, terwijl dit in de voorste schedelhelft precies andersom het geval is.

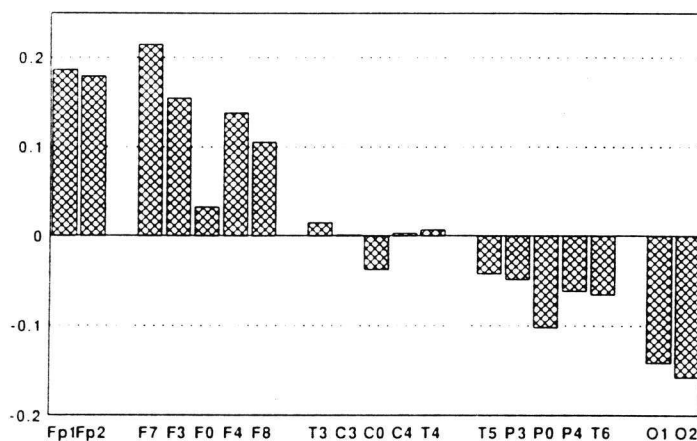
Figuur 17 Complexity - Vrouwen ogen dicht - alle leeftijden



Figuur 18 Complexity - Vrouwen ogen open - alle leeftijden



Figuur 19 Reactivity van de complexity - Vrouwen - totaal van alle leeftijdsgroepen



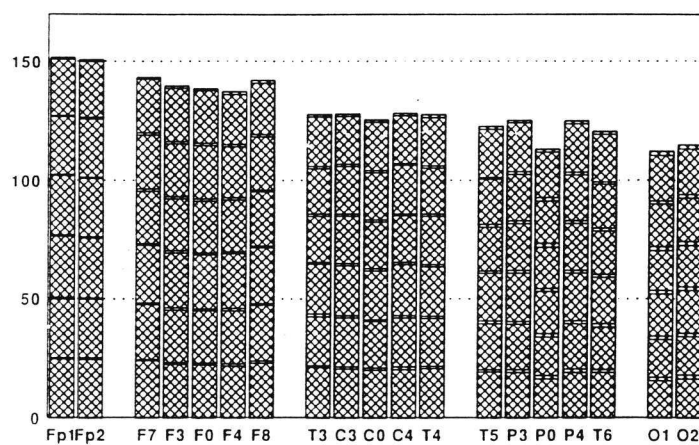
Toelichting bij figuur 17 t/m 22.

Op de verticale as van fig. 17, 18, 20 en 21 is de grootte op de horizontale as is de localisatie van de complexity weergegeven.

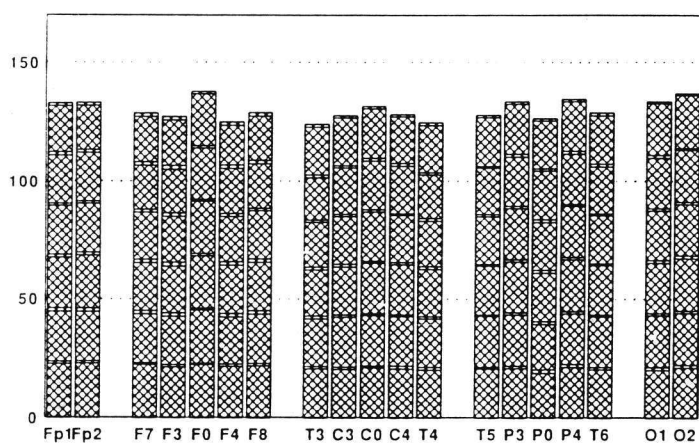
Ieder kolom bestaat uit twaalf delen, telkens het gemiddelde van een leeftijdsgroep van 10 jaar, verminderd met 2 x de standard error of the mean, vervolgens 2 x de standard error of the mean. Men krijgt zodoende een globaal overzicht over het verloop van deze waarden met de leeftijd, terwijl ook de spreiding van de waarden per leeftijdsgroep is weergegeven.

De figuren 18 en 21 geven weer het quotient van de complexity bij gesloten en bij geopende ogen verminderd met een weer.

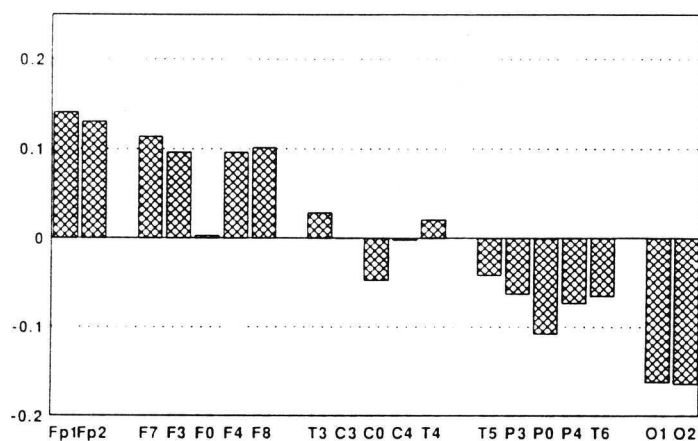
Figuur 20 Complexity - Mannen ogen dicht - alle leeftijden



Figuur 21 Complexity - Mannen open - alle leeftijden



Figuur 22 Reactivity van de complexiteit - Mannen - totaal van alle leeftijdsgroepen



5.4.3 De " α "-frequentieband in de achterste schedelhelft

Achtereenvolgens zullen hiervan twee aspecten worden besproken. In de eerste plaats de frequentie aan de hand van de topfrequentie uit het spectrum boven 1 Hz. Ten tweede de vermogens in de 0,5 Hz banden in het gebied tussen 8 en 11 Hz.

De topfrequentie

Een links-rechts verschil van de topfrequentie komt bij geen van de leeftijdsgroepen voor.

Er is een onderzoek verricht naar de topfrequentie, bepaald bij de occipitale, de temporale, de parietale en de centrale elektroden. Daarbij is nagegaan of deze frequentie verandert onder invloed van de leeftijd dan wel van het geslacht. Er is een vergelijking gemaakt tussen de gemiddelden per leeftijdsgroep van 12 personen, de resultaten daarvan zijn te zien in de figuren 23 t/m 28. Vervolgens is een variantie-analyse uitgevoerd op de waarden van de topfrequentie's, zoals die bij alle 288 proefpersonen individueel werd vastgesteld.

De gemiddelde topfrequentie per groep blijkt onder invloed van de leeftijd bij mannen zowel als bij vrouwen af te nemen, zoals valt te zien op de figuren 23 t/m 28. Deze afname is in vijf van de zes gevallen significant.

In tabel 3 zijn de resultaten van de variantie-analyse afgebeeld. De invloed van de leeftijd op de topfrequentie blijkt op deze wijze berekend in hoge mate significant te zijn. Ook bij de topfrequentie bij de centrale electrode blijkt dit het geval te zijn.

Vervolgens is op overeenkomstige wijze gekeken naar de invloed van het geslacht op de topfrequentie. Uit de vergelijking van de regressie in de figuren 23 t/m 28 valt op te maken, dat het berekende verschil in topfrequentie minimaal 0.15 Hz en maximaal 0.49 Hz bedraagt. Blijkens de variantie-analyse (tabel 3) is het effect van het geslacht op de topfrequentie op alle vier onderzochte locatie's in hoge mate significant.

Tenslotte zijn in tabel 3 de resultaten vermeld van het effect van de leeftijdsinvloed op het geslachtsverschil, dit effect blijkt niet te bestaan.

Zo kan met zekerheid worden gesteld, dat het verschil in topfrequentie tussen mannen en vrouwen een leeftijds-onafhankelijk verschijnsel is.

Met de zelfde zekerheid kan gesteld worden dat de invloed van de leeftijd op de topfrequentie onafhankelijk is van het geslacht.

Tabel 3 De resultaten van een variantie-analyse van geslachtsverschil en leeftijdinvloed op de topfrequentie

O ₁		
	F	signif. van F
geslachtsverschil	26.986	.000
leeftijdinvloed	2.763	.002
leeftijdinvloed op het geslachtsverschil	1.347	.198
T ₅		
geslachtsverschil	30.345	.000
leeftijdinvloed	2.720	.002
leeftijdinvloed op het geslachtsverschil	.748	.692
P ₃		
geslachtsverschil	23.441	.000
leeftijdinvloed	2.455	.006
leeftijdinvloed op het geslachtsverschil	.877	.563
C ₃		
geslachtsverschil	18.291	.000
leeftijdinvloed	4.335	.000
leeftijdinvloed op het geslachtsverschil	1.302	.223

De vermogens

Gekozen is voor een onderzoek van de 0.5 Hz banden vanaf 8.5 tot 11 Hz bij de linker occipitale elektroden bij gesloten ogen. In de figuren 29 t/m 42 zijn de resultaten afgebeeld resp. voor vrouwen en voor mannen.

Het vermogen tussen 8.5 en 9.5 Hz verandert bij vrouwen in dit gebied niet significant onder invloed van de leeftijd. Voor de hogere frequentiebanden - 9.5 tot 11 Hz - is er een negatieve correlatie met de leeftijd. Als er iets verandert onder invloed van de leeftijd, dan is het *niet* een

toename in de lage frequentiebanden, maar een afname van de vermogens in de hogere frequentiebanden.

Bekijkt men de overeenkomstige gegevens bij de mannen, dan blijkt, dat daar, i.t.t. wat bij de vrouwen optreedt, ook in de lagere frequentiebanden een significant leeftijdseffect zichtbaar is, terwijl opvalt, dat de vermogens in de laagste twee frequentiebanden hoger zijn dan bij de vrouwen. Uit bovenstaande blijkt, dat het leeftijdseffect op het frequentiespectrum bij mannen en vrouwen verschillend is. Mannen hebben relatief meer vermogen in de laagste frequentiebanden, welke *wel* vermindert onder invloed van de leeftijd, terwijl het wat lagere vermogen bij de vrouwen, geen effect van de leeftijd laat zien.

Met hulp van een variantie-analyse (zie tabel 4 t/m 7) is het verschil in vermogen van de 0.5 Hz banden tussen mannen en vrouwen getoetst. Het resultaat is, dat er bij de banden van 8.0 tot 10 Hz geen significant verschil tussen mannen en vrouwen kon worden aangetoond.

De band van 10.0 tot 10.5 Hz toont dan bij O_1 een verschil met een significantie van 2.5%.

Bij O_1 , T_5 en P_3 heeft bij frequentie's van 10.5 tot 12 Hz dit verschil steeds een significantie van hoger dan 1%.

Alleen bij O_1 wordt bij frequentie's boven de 9.5 Hz een effect van de leeftijd op de bandvermogens gevonden.

De vermogens van de zelfde banden bij C_3 gemeten toont eveneens een significant verschil als gevolg van het geslacht vanaf 10 Hz en een leeftijdseffect op het vermogen eveneens bij frequentie's, hoger dan 10 Hz.

Tabel 4 Resultaten van de variantieanalyse van het geslachtsverschil en de leeftijdsinvloed op de vermogens van 0.5Hz-banden bij O₁

	geslachtsverschil		leeftijdsinvloed		leeftijdsinvloed op geslachtsverschil	
	F	sign.	F	sign.	F	sign.
8.0-8.5	3.467	0.64	.636	.797	.661	.775
8.5-9.0	2.216	.138	.521	.889	.730	.709
9.0-9.5	.588	.444	1.054	.399	1.090	.369
9.5-10.0	.871	.351	2.343	.009	1.142	.328
10.0-10.5	5.063	.025	4.450	.000	1.200	.287
10.5-11.0	12.721	.000	4.962	.000	1.310	.219
11.0-11.5	24.000	.000	4.498	.000	1.626	.091
11.5-12.0	34.140	.000	3.570	.000	1.455	.149

Tabel 5 Variantieanalyse van het geslachtsverschil en de leeftijdsinvloed op de vermogens van 0.5Hz-banden bij T_s

	geslachtsverschil		leeftijdsinvloed		leeftijdsinvloed op geslachtsverschil	
	F	sign.	F	sign.	F	sign.
8.0-8.5	.007	.935	.516	.892	.376	.965
8.5-9.0	.114	.736	.294	.987	.479	.915
9.0-9.5	.593	.442	.424	.945	.553	.866
9.5-10.0	4.396	.037	1.267	.244	.587	.839
10.0-10.5	2.111	.147	1.265	.245	.902	.539
10.5-11.0	22.712	.000	1.390	.182	1.156	.318
11.0-11.5	36.913	.000	1.433	.158	1.663	.082
11.5-12.0	38.338	.000	.827	.613	1.762	.061

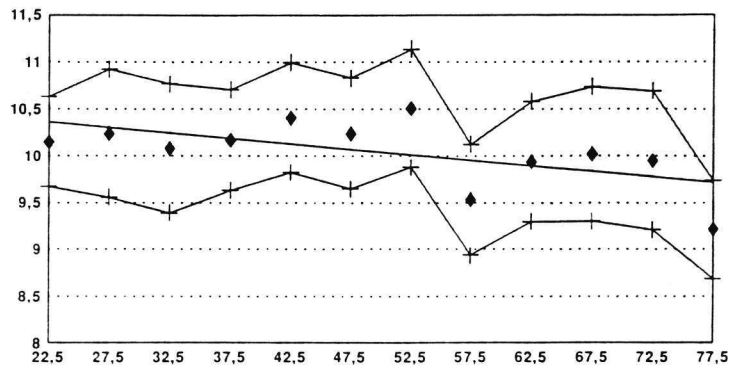
Tabel 6 Variantieanalyse van het geslachtseffect en het leeftijdseffect op de vermogens van 0.5Hz-banden bij P₃

	geslachtsverschil		leeftijdsvloed		leeftijdsvloed op geslachtsverschil	
	F	sign.	F	sign.	F	sign.
8.0-8.5	2.047	.145	.972	.492	.541	.874
8.5-9.0	1.527	.218	.764	.676	.861	.579
9.0-9.5	1.003	.317	.617	.814	1.169	.309
9.5-10.0	.007	.931	.907	.534	1.155	.319
10.0-10.5	2.111	.147	1.265	.245	1.107	.356
10.5-11.0	6.575	.011	1.721	.069	1.328	.209
11.0-11.5	12.661	.000	1.517	.125	1.678	.078
11.5-12.0	20.150	.000	.827	.613	1.648	.086

Tabel 7 Variantieanalyse van het geslachtsverschil en de leeftijdsinvloed op de vermogens van 0.5Hz-banden bij C₃

	geslachtsverschil		leeftijdsinvloed		leeftijdsinvloed op geslachtsverschil	
	F	sign.	F	sign.	F	sign.
8.0-8.5	.030	.862	.981	.464	.834	.606
8.5-9.0	.000	.996	.537	.877	.843	.579
9.0-9.5	.107	.744	.556	.864	1.095	.365
9.5-10.0	2.359	.126	1.420	.164	1.208	.282
10.0-10.5	4.710	.031	2.192	.015	1.180	.301
10.5-11.0	6.517	.011	2.330	.010	1.532	.120
11.0-11.5	12.939	.000	1.781	.057	1.764	.060
11.5-12.0	22.376	.000	.793	.648	1.992	.029

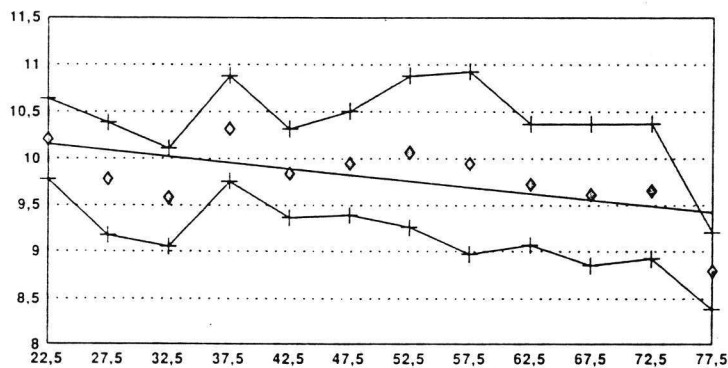
Figuur 23 Afleiding: O1 - source Topfrequentie (spectrum > 1 Hz) Vrouwen ogen dicht



$$F(\text{leeftijd}) = -0,012 \times \text{leeftijd} + 10,65$$

correl. coeff.: - 0,60 (p < .025)

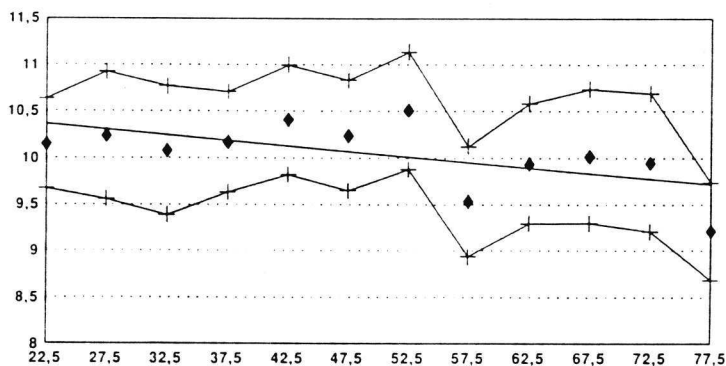
Figuur 24 Afleiding: T5 - source Topfrequentie (spectrum > 1 Hz) Vrouwen ogen dicht



$$F(\text{leeftijd}) = -0,007 \times \text{leeftijd} + 10,40$$

correl. coeff.: - 0,35 (n.s.)

Figuur 25 Afleiding: P3 - source Topfrequentie (spectrum > 1 Hz) Vrouwen ogen dicht



$$F(\text{leeftijd}) = -0,012 \times \text{leeftijd} + 10,63$$

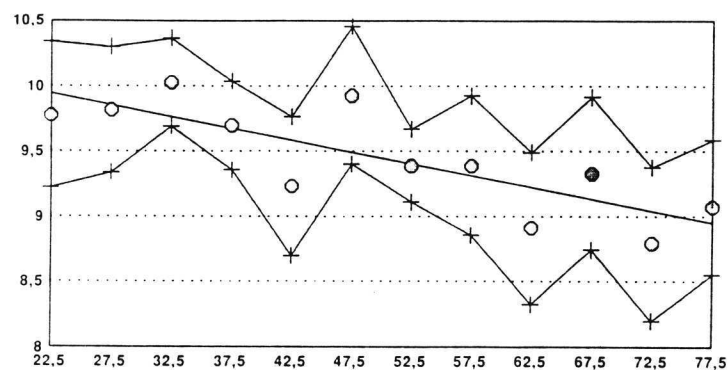
correl. coeff.: - 0,59 (P < 0,05)

Toelichting bij figuur 23 t/m 28.

Op de verticale as is de frequentie in Hz weergegeven, op de horizontale as de leeftijd. Hierbij is er vanuit gegaan, dat de gemiddelde leeftijd van b.v. de leeftijdsgroep van 20 tot 25 jaar 22,5 jaar is.

De stippen geven het gemiddelde per leeftijdsgroep weer, de lijnen verbinden telkens het gemiddelde plus of min 2 x de standaard error of the mean. De rechte lijn geeft de berekende regressie weer, waarvan de parameters onder iedere curve staan vermeld.

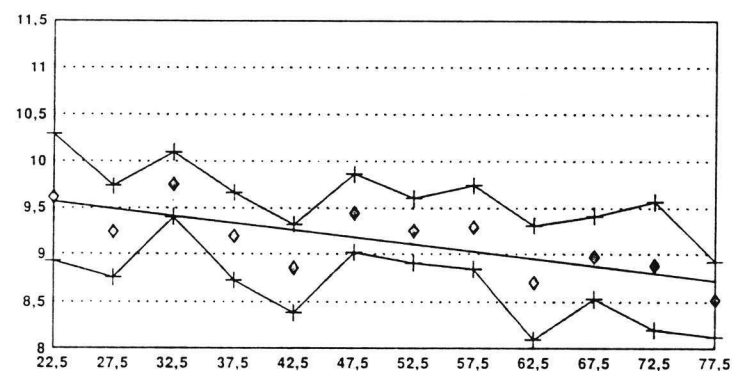
Figuur 26 Afleiding: O1 - source Topfrequentie (spectrum > 1 Hz) Mannen ogen dicht



$$F(\text{leeftijd}) = -0,018 \times \text{leeftijd} + 10,36$$

correl. coeff.: - 0,81 (P < 0,001)

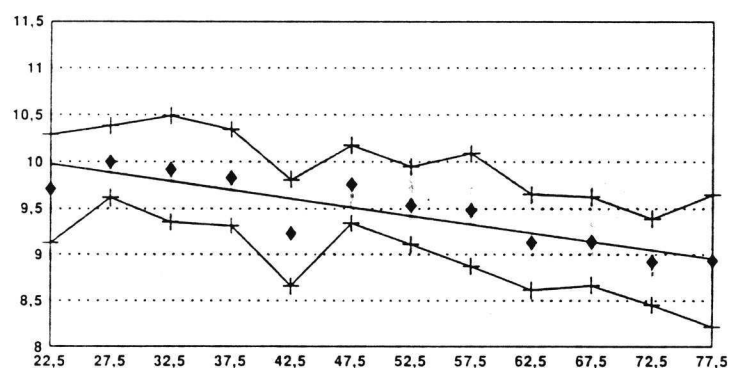
Figuur 27 Afleiding: T5 - source Topfrequentie (spectrum > 1 Hz) Mannen ogen dicht



$$F(\text{leeftijd}) = -0,015 \times \text{leeftijd} + 9,91$$

correl. coeff.: - 0,75 (P < 0,001)

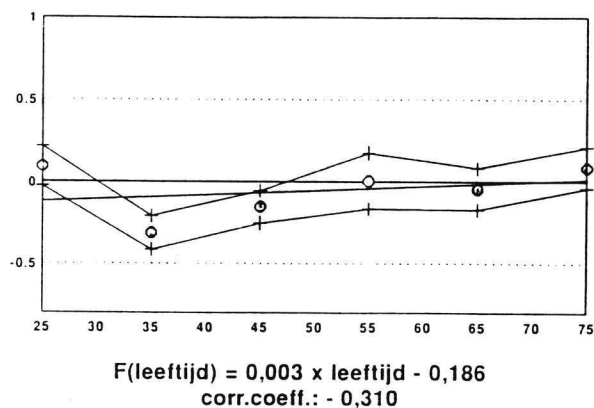
Figuur 28 Afleiding: P3 - source Topfrequentie (spectrum > 1 Hz) Mannen ogen dicht



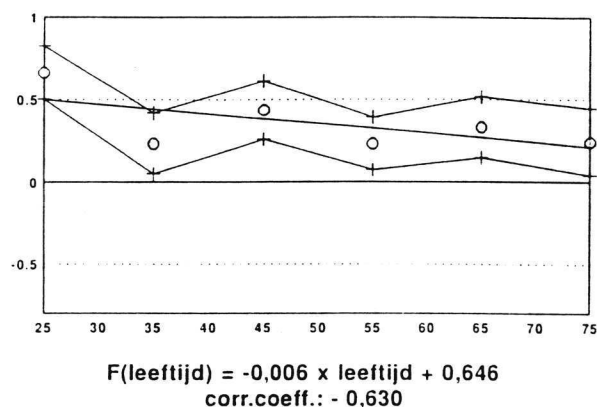
$$F(\text{leeftijd}) = -0,019 \times \text{leeftijd} + 10,48$$

correl. coeff.: - 0,87 (P < 0,001)

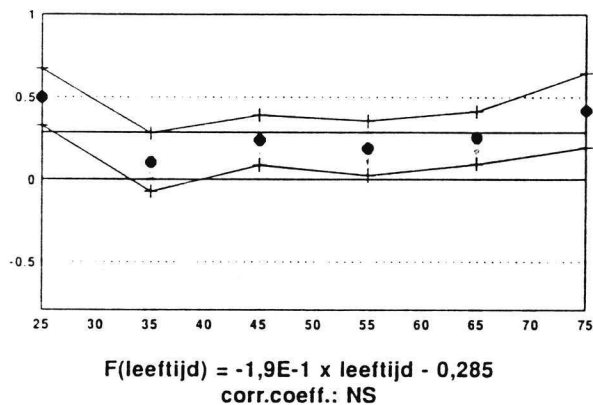
Figuur 29 0,5 Hz banden (spectrum > 1 Hz) 01 - source
Vrouwen : 8,0 - 8,4 Hz



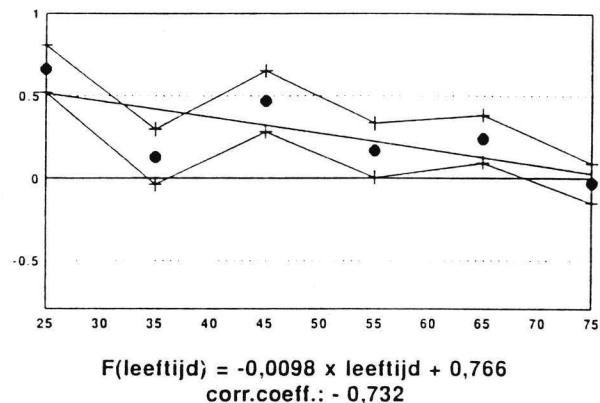
Figuur 32 0,5 Hz banden (spectrum > 1 Hz) 01 - source
Vrouwen : 9,5 - 9,9 Hz



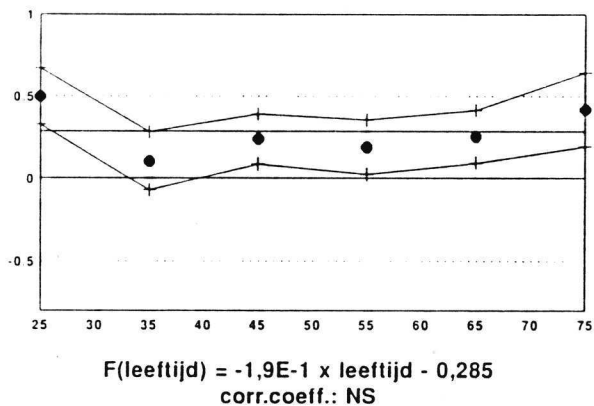
Figuur 30 0,5 Hz banden (spectrum > 1 Hz) 01 - source
Vrouwen : 8,5 - 8,9 Hz



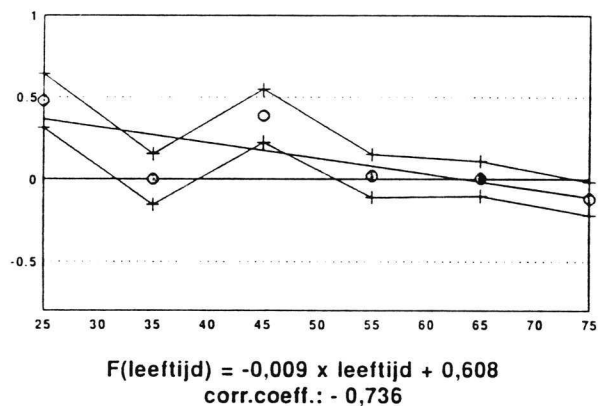
Figuur 33 0,5 Hz banden (spectrum > 1 Hz) 01 - source
Vrouwen : 10,0 - 10,4 Hz



Figuur 31 0,5 Hz banden (spectrum > 1 Hz) 01 - source
Vrouwen : 9,0 - 9,4 Hz



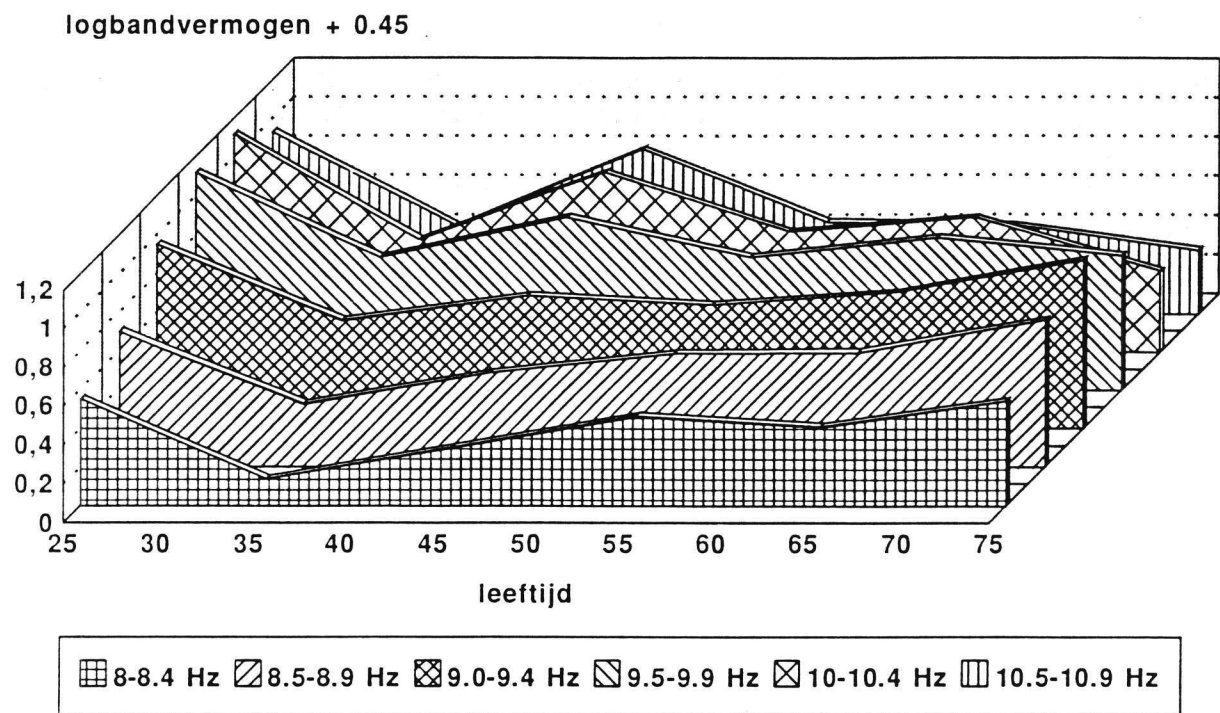
Figuur 34 0,5 Hz banden (spectrum > 1 Hz) 01 - source
Vrouwen : 10,5 - 10,9 Hz



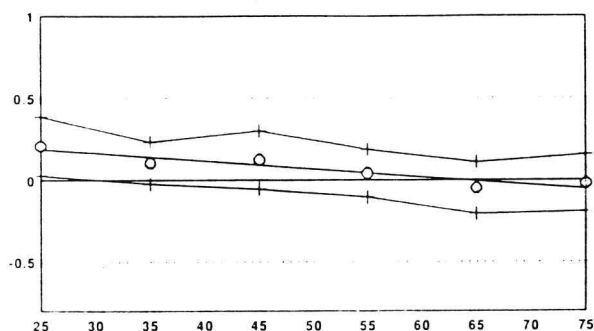
Toelichting bij fig. 29 t/m 42.

Op de verticale as van fig. 29 t/m 34 en fig. 36 t/m 41 is het logaritme van het vermogen weergegeven van de in het kopje van iedere figuur gespecificeerde frequentieband van 0,5 Hz. De gemiddelden van 6 leeftijdsgroepen (ieder met een spreiding van 10 jaar) zijn naast elkaar uitgezet, met naar boven en naar beneden 2 x de standard error of the mean. De berekende regressie is afgebeeld, de parameters daarvan staan onder de figuur. De figuren 35 en 42 geven een samenvatting van de zes bovenstaande figuren. Ter wille van de duidelijkheid is bij alle log-vermogens 0,45 opgeteld.

Figuur 35 0,5 Hz banden (spectrum > 1 Hz) 01 - source
Vrouwen : 8 - 11 Hz



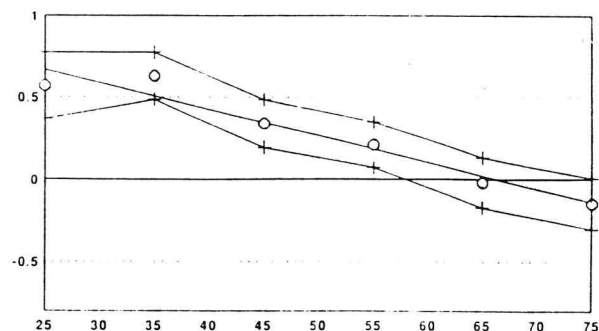
Figuur 36 0,5 Hz banden (spectrum > 1 Hz) 01 - source
Mannen: 8,0 - 8,4 Hz



$$F(\text{leeftijd}) = -0.004 \times \text{leeftijd} + 0,311$$

corr.coeff.: - 0,935

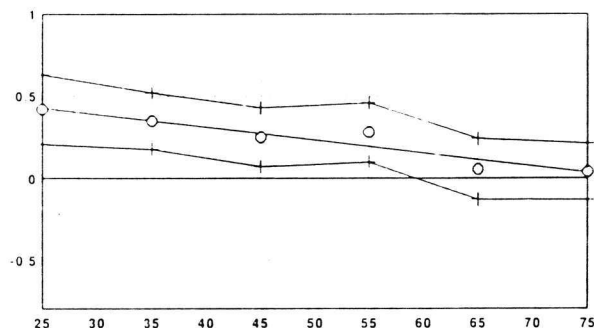
Figuur 39 0,5 Hz banden (spectrum > 1 Hz) 01 - source
Mannen: 9,5 - 9,9 Hz



$$F(\text{leeftijd}) = -0.016 \times \text{leeftijd} + 1,075$$

corr.coeff.: - 0,971

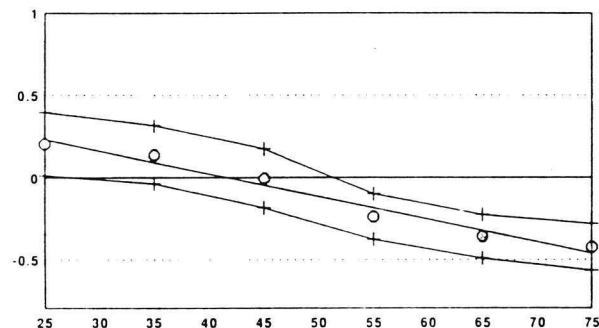
Figuur 37 0,5 Hz banden (spectrum > 1 Hz) 01 - source
Mannen: 8,5 - 8,9 Hz



$$F(\text{leeftijd}) = -0.0079 \times \text{leeftijd} + 0,626$$

corr.coeff.: - 0,950

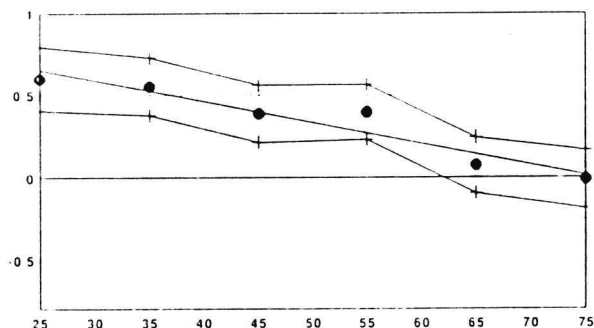
Figuur 40 0,5 Hz banden (spectrum > 1 Hz) 01 - source
Mannen: 10,0 - 10,4 Hz



$$F(\text{leeftijd}) = -0.014 \times \text{leeftijd} + 0,584$$

corr.coeff.: - 0,985

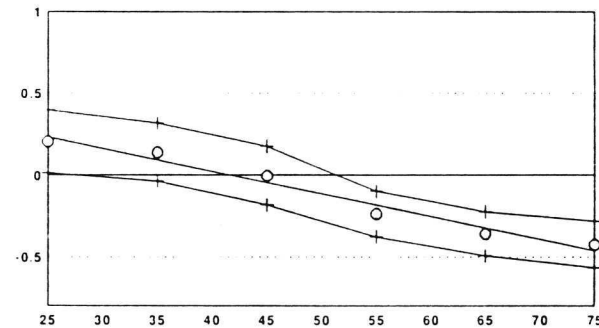
Figuur 38 0,5 Hz banden (spectrum > 1 Hz) 01 - source
Mannen: 9,0 - 9,4 Hz



$$F(\text{leeftijd}) = -0.0128 \times \text{leeftijd} + 0,975$$

corr.coeff.: - 0,958

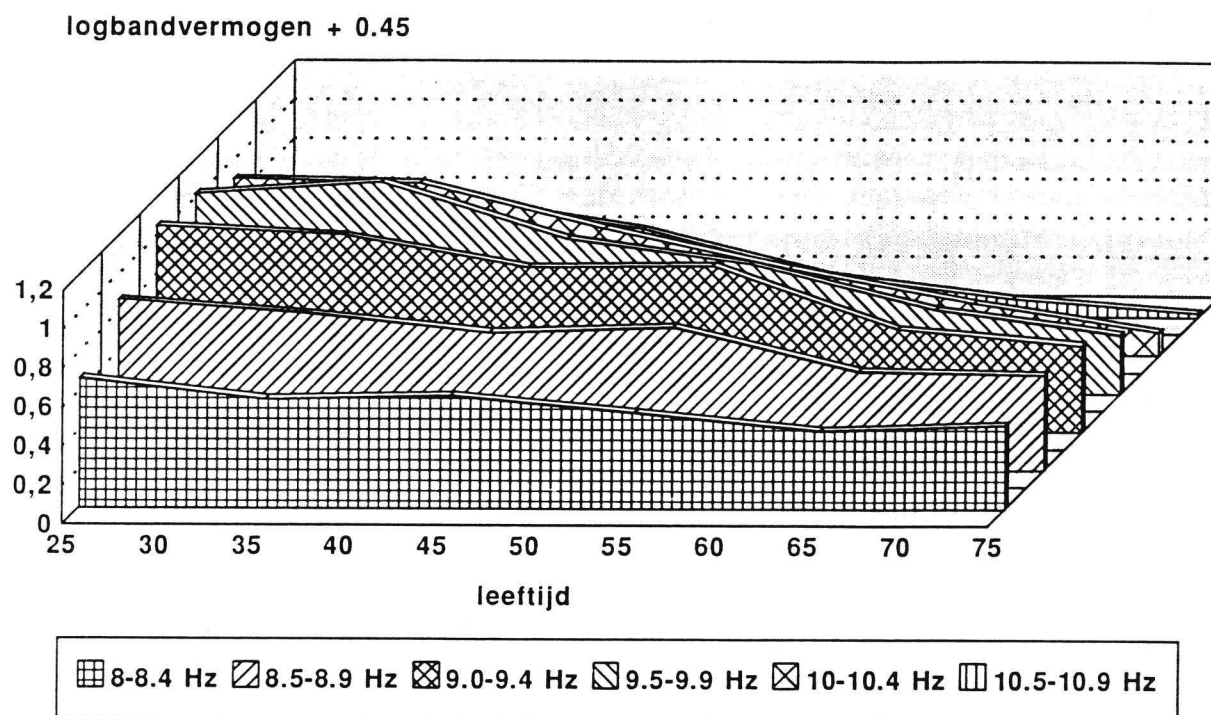
Figuur 41 0,5 Hz banden (spectrum > 1 Hz) 01 - source
Mannen: 10,5 - 10,9 Hz



$$F(\text{leeftijd}) = -0.014 \times \text{leeftijd} + 0,584$$

corr.coeff.: - 0,985

Figuur 42 0,5 Hz banden (spectrum > 1 Hz) 01 - source
Mannen: 8 - 11 Hz



6. DISCUSSIE

6.1 Voorwaarden waaraan een referentiedatabase moet voldoen

Er zijn reeds enkele onderzoeken verricht naar de normale waarden, van het EEG, ook als het doel daarvan was om een referentiedatabase samen te stellen. Als men een referentiedatabase wil gebruiken dan mag over de oorsprong der gegevens geen enkele twijfel bestaan.

Overziet men de literatuur over dit onderwerp dan valt het volgende op :

- over de techniek waarmee is opgenomen ontbreken de gegevens nogal eens, soms blijkt uit die gegevens een onjuist gebruik van filters.(Matousek, 1973) (Flor-Henry, 1984) (Roger, 1959)
- het onderzoek betrof de visuele beoordeling van EEG's.(Simonova, 1967)
- de metingen werden slechts bij een gedeelte van de elektrodenpositie's verricht.(Matousek, 1966)
- de gebruikte referentie-electroden zijn aanvechtbaar (gemeenschappelijke electrode, "linked aerlobes", gemeenschappelijke gemiddelde electrode, bipolaire afleiding).(Eeg-Oloffsen, 1971) (Matousek, 1966) (Duffy, 1984)
- er is een beperking aangebracht wat betreft de leeftijd of het geslacht.(Obrist, 1954) (Matousek, 1973) (Gasser, 1988) (Roger, 1959)
- de selectie op gezondheid is onvoldoende of vaag.(Flor-Henry, 1984) (Volkow, 1987)
- de gebruikte frequentiebanden laten slechts globale conclusie's toe.(Matousek, 1966, 1973)

Bij het verzamelen van deze referentiedatabase is aan alle bovenstaande bezwaren tegemoet gekomen. Hoewel de opzet is om deze gegevens in de praktijk te gebruiken, is een unieke verzameling van wetenschappelijke gegevens tot stand gekomen, die smeken om bewerking.

Immers: tot op heden is het bestaan niet bekend van gegevens van de EEG's van gegarandeerd gezonde mensen tussen 20 en 80 jaar in deze omvang, waarbij een onderscheid is gemaakt tussen mannen en vrouwen, waarbij zowel bij gesloten als bij geopende ogen is geregistreerd, waarbij de gegevens zijn opgeslagen in 0,1 Hz banden op een zodanige wijze, dat iedere gewenste referentiële afleiding daaruit is te berekenen.

6.2 Het verzamelen van de proefpersonen

Bij de voorbereidingen van dit onderzoek kon in geruime mate worden geprofiteerd van de ervaringen, die de afdeling neurowetenschappen had opgedaan bij het onderzoek naar een EEG-ontwikkelingsprofiel bij gezonde schoolkinderen.

Het lijkt een gemeenplaats om te stellen, dat het gehele onderzoek niet mogelijk zou zijn geweest zonder de vaak zeer enthousiaste medewerking van de vele proefpersonen. Deze medewerking zou echter bijna ondenkbaar zijn geweest als niet zoveel aandacht was besteed aan de voorbereidingen, de organisatie en aan de werving.

De tekst van de brief die werd gebruikt om proefpersonen te werven, was met grote zorgvuldigheid opgesteld. Hierdoor is er over de inhoud van de brief slechts in een uitzonderlijk geval een misverstand ontstaan; de tekst was kennelijk zo duidelijk, dat ongeveer 30% van de huis aan huis bezorgde brieven werd beantwoord, hetgeen een ongehoord hoog percentage is.

Grote aandacht is besteed aan de ethische aspecten van het werken met proefpersonen, ook - wellicht juist - als zij gezond zijn. Juist op dit punt bestond bij meerdere proefpersonen bij de aanvang van hun onderzoek een lichte onzekerheid, die echter met grote stelligheid door ons kon worden weggenomen : keer op keer kon worden aangetoond, dat eventuele problemen tevoren binnen de onderzoeksgroep uitvoerig waren besproken. Uit het feit, dat er tijdens het onderzoek geen verrassingen zijn opgetreden, zou men kunnen afleiden, dat alle aspecten te voren voldoende zijn doorgesproken.

De groep proefpersonen, die voor dit onderzoek is gebruikt, onderscheidt zich in een aantal aspecten van de groepen gebruikt bij andere onderzoeken :

1. de spreiding van de leeftijd en de verdeling in leeftijdsklassen.

Voor zover bekend bestaat er geen referentiedatabase van gezonden van 20 jaar tot boven de 75 jaar, ingedeeld in leeftijdsintervallen van 5 jaar. Al te grote sprongen in leeftijd hielden immers het risico in, dat kleinere fluctuaties in de meetwaarden onder invloed van de leeftijd zouden worden gemist.

2. het aantal per leeftijdsklassen.

Bij het onderzoek van gezonde schoolkinderen was reeds gebleken, dat een groepsgrootte van 12 voldoende was. Bij verschijnselen, die niet veranderen onder invloed van de leeftijd, de mobility bijvoorbeeld, blijken de variantie's bij de leeftijdsgroepen statistisch niet significant van elkaar te verschillen. Dit betekent, dat de twaalf leeftijdsgroepen met ieder twaalf personen meetresultaten tonen, die dezelfde samenstelling hebben en de

- zelfde opbouw. Deze overeenkomst tussen de meetresultaten per groep zou niet zijn bereikt, als de steekproefgrootte cq de groepsgrootte te gering zou zijn geweest.
3. het onderscheid tussen vrouwen en mannen.
Op grond van enkele gegevens in de literatuur is uitgegaan van een mogelijk verschil tussen mannen en vrouwen. De consequentie hiervan was de aanleg van twee parallelle databases: één voor vrouwen en één voor mannen.
 4. het feit dat alle proefpersonen buiten het medisch circuit zijn gerecruteerd. Dit in tegenstelling met de het onderzoek van R. John en van Duffy, waar dat wel het geval was. Zodra iemand zich binnen het medisch circuit begeeft, is dat omdat men advies wil over zijn gezondheidstoestand, die kennelijk niet als optimaal wordt ervaren.
 5. Alle meetgegevens zijn in de ochtenduren verzameld. Het is reeds geruime tijd bekend dat meerdere EEG-parameters veranderen onder invloed van een 24-uurs ritme, met name de frequentie van de α -activiteit toont dit verschijnsel. Het zou derhalve in tegenspraak met de doelstelling zijn (het verzamelen van nauwkeurig omschreven meetgegevens bij gezonde mensen) als deze vermijdbare invloed op de meetgegevens zou zijn toegelaten.

Alle proefpersonen, van wie gegevens zijn opgenomen in de referentie-database, zijn gezond. De selectiecriteria zijn ontleend aan datgene, wat men daarover in de literatuur kan vinden; zij zijn streng, maar een compromis in deze is niet mogelijk. Ook als het onbewezen vermoeden bestaat, dat een conditie van een proefpersoon invloed zou kunnen hebben op de hersenfunctie, dan kan men het zich niet permitteren, de meetwaarden van zijn/haar EEG te voegen bij de referentiedatabase van normale waarden. Zou later blijken, dat de meetwaarden binnen de grenzen van de referentiedatabase vallen, dan kan men achteraf bewijzen, dat desbetreffende conditie geen invloed op de meting heeft.

Vrijwel alle proefpersonen komen uit de gemeente Leiden, velen zelfs uit de directe omgeving van het laboratorium. Men kan dit beschouwen als een onjuiste steekproef. Zolang deze gemeente echter als een gemiddelde gemeente bekend staat, zonder grote milieuproblemen, zonder endemische ziekten en zonder opvallend hoge of lage intelligentie, kan men er, mede op grond van literatuurgegevens (E.R. John et al), van uit gaan, dat de bevolking van Leiden zich niet onderscheidt van de bevolking van vele andere Nederlandse, zelfs Europese stedelijke gebieden.

6.3 De samenstelling van de referentiedatabase

Het doel van de referentiedatabase is, dat klinische gegevens worden vergeleken met de normale waarden uit de database.

Natuurlijk gaat het niet aan, te stellen, dat de referentiedatabase is samengesteld uit de gegevens van te gezonde mensen. Iedere gebruiker van het systeem zal voor iedere parameter moeten bepalen hoe breed het grensgebied tussen normaal en pathologisch is. Maakt hij dat gebied te smal, dan loopt hij het risico vals-positieve uitslagen te geven; het omgekeerde is ten minste even riskant : zowel vals positieve als vals negatieve uitslagen leiden tot een onverdiende onderwaardering van de onderzoeksmethode.

Het BRAINFO-programma kan bepalen hoeveel malen de standaarddeviatie de meetgegevens verschillen van de referentiewaarden. Voordat duidelijkheid en eenduidigheid bestaat over de grenzen tussen normaal en pathologisch, zal veel klinisch onderzoek moeten worden verricht.

Omdat het onderzoek werd verricht op goed gemotiveerde, zeer coöperatieve proefpersonen, zijn de registraties van zeer hoge kwaliteit. Sommigen zullen zich afvragen of een dergelijke hoge kwaliteit haalbaar is in een klinisch laboratorium. In het BRAINFO-systeem kunnen alle stukken EEG met artefacten worden uitgesloten van de quantitative analyse, wellicht zal bij een onrustige patiënt meer "ruw" meetmateriaal moeten worden verzameld dan bij een coöperatieve, de benodigde hoeveelheid meetmateriaal voor de quantitative analyse kan zodoende worden verzameld. Indien het dan nog niet lukt, is het ook mogelijk kortere meetperioden te vergelijken met de referentie. Een quantitative analyse laat in ieder geval geen compromissen toe over de kwaliteit van het gebruikte meetmateriaal.

Er zou bezwaar kunnen worden gemaakt tegen het feit, dat alle gegevens zijn gebaseerd op registraties in de ochtenduren. Indien ook op andere uren zou zijn geregistreerd, dan zou dit hebben kunnen leiden tot een ongewenste spreiding van de meetgegevens, die onnauwkeurigheid tot gevolg had gehad. Waren de tijd en de middelen daartoe ter beschikking geweest, dan had de onderzoeksgroep gaarne een tweede referentiedatabase gemaakt voor de middaguren. Voor het meeste routinematige onderzoek zal echter de meetfout t.g.v. de daginvloed ver binnen de gestelde significantiegrenzen blijven, zodat het in het algemeen geen probleem zal zijn ook op andere tijdstippen opgenomen qEEG's met de referentiedatabase te vergelijken. Slechts voor zéér nauwkeurige analyses zal het noodzakelijk zijn hiermee rekening te houden.

6.4 De referentie-elektroden

In de literatuur bestaat bepaald geen eenstemmigheid over het gebruik van referentie-electroden. Het ideaal voor iedere neurofysioloog is natuurlijk de echte monopolaire afleiding, maar dat kan men rustig een utopie noemen.

Ieder streeft er naar een dusdanige afleiding te gebruiken, dat de werkelijkheid zo dicht mogelijk wordt benaderd.

In de Verenigde Staten van Amerika wordt daarom in navolging van Duffy vrij algemeen gebruik gemaakt van de linked aerlobes. In Europa kan vooral Lehman gezien worden als een warm voorstander van het gebruik van de gemiddelde gemeenschappelijke electrode (de zg Goldmann-afleiding).

Daarnaast wordt vrijwel altijd bij de zelfde patient een gedeelte van de registratie met andere afleidingen verricht, voorbeelden daarvan zijn de bipolaire afleidingen, de afleidingen tegen een gemeenschappelijke electrode, waarvoor dan bv F_0 , of één dan wel beide oorelectroden wordt gebruikt.

Een vergelijking tussen de verschillende referentiële afleidingen eindigt doorgaans in onzekerheid, omdat eventuele verschillen geweten kunnen worden aan het andere stuk EEG-registratie dat werd gebruikt. Op het moment, dat het mogelijk is van exact het zelfde epoch van EEG-signalen de verschillende afleidingen te berekenen, kan die vergelijking wel worden gemaakt. Deze valt dan op bijna dramatische wijze uit in het voordeel van de source (zie fig. 1 t/m 4).

De Laplace-transformatie kan pas na de registratie worden berekend (voor een 'on-line' transformatie moeten speciale voorzieningen worden getroffen), dat is een nadeel omdat de verkregen gegevens dan iets minder actueel zijn. De voordelen zijn gelegen in de grotere exactheid van weergave van de hersenactiviteit. Daarom is bij alle bewerkingen van de gegevens verder uitgegaan van de source-afleiding.

De referentiedatabase bestaat ten behoeve van de gebruiker die deze keuze nog niet heeft gemaakt uit twee gedeelten : één op basis van de afleiding tegen de gemiddelde gemeenschappelijke referentie en één op basis van de source-afleiding. Uit deze gegevens kan iedere andere gewenste afleiding worden berekend.

6.5 Enkele specifieke onderzoeken

De referentiedatabase is samengesteld om te worden gebruikt in het BRAINFO-systeem. Dat neemt niet weg, dat onder streng gecontroleerde omstandigheden een grote hoeveelheid gegevens is verzameld van gezonde mensen.

Als men deze database, die om eerder genoemde redenen uniek mag worden genoemd, gaat exploreren, kan gesteld worden, dat veel wat wordt gevonden, scherper kan worden omschreven dan tot op heden mogelijk was, dan wel nog niet op deze wijze bewerkt in de literatuur is verschenen.

De hoeveelheid gegevens, die ter beschikking staan is zeer groot, de hoeveelheid werk, dat daaraan verricht kan worden is navenant.

De enkele resultaten, die hier worden vermeld kunnen dan ook slechts als het topje van een ijsberg worden beschouwd.

6.5.1 De Hjorth-parameters

De Hjorth-parameters - activity, mobility en complexity - beschrijven het EEG op globale wijze. Juist daarom zijn zij geëigend om een eerste overzicht te verkrijgen. Deze parameters zijn ongeschikt om geringe verschillen aan te tonen en om een gedetailleerde indruk te verkrijgen van het EEG; in het kader van het zelfde type onderzoek - het qEEG - zijn er echter vele en betere methoden om gedetailleerde gegevens te verkrijgen.

Reeds bij het beschouwen van deze parameters valt de overeenkomst op van de bevindingen bij verschillende leeftijdsgroepen en verschillende geslachten. Zo is de verdeling van de waarden van de complexity en de mobility over de schedel bij mannen en vrouwen opvallend congruent (fig.11 t/m 22). Als er een verschil is tussen mannen en vrouwen, dan is dat zeer systematisch. Dit toont aan dat de referentiedatabase voldoet aan hoge statistische eisen.

Het lijkt aan te bevelen om de Hjorth-parameters altijd gezamenlijk te gebruiken. Naast het feit, dat zij globale gegevens verschaffen, geven zij ieder een ander aspect van het zelfde EEG weer.

Zo blijkt, dat de belangrijkste frequentie occipitaal gelijk blijft bij het openen van de ogen (mobility) maar dat de breedte van het spectrum toeneemt (complexity) terwijl het vermogen afneemt (activity). De verleiding is groot, om dit gegeven te vertalen naar de termen, die in gebruik zijn bij de visuele beoordeling van het EEG. Over het algemeen is dit niet mogelijk, al zou men in dit

geval kunnen stellen : "de α -activiteit wordt bij geopende ogen lager van amplitudo, zij verandert niet van frequentie, wel treedt andere activiteit op."

Terwijl de complexity frontaal bij geopende ogen lager wordt, wordt de mobility daar juist hoger evenals de activity: de belangrijkste frequentie wordt hoger, het frequentiespectrum smaller en de amplitudo hoger. Welke exacte verschijnselen hieraan precies ten grondslag liggen, kan alleen met zekerheid worden beantwoord, als daarvan meer details zijn onderzocht. Met zekerheid kan worden gesteld, dat de toename van de activity niet het gevolg is van een toename van (b.v. oog-) artefacten. Een veranderde aandachtstoestand heeft hier een aantoonbare verandering van het EEG tot gevolg.

6.5.2 De topfrequentie

Bij de keuze van een onderwerp van meer specifieke studie is besloten de α -frequentie-band in de achterste gebieden te onderzoeken. Deze beslissing komt wellicht mede voort uit de meer traditionele kijk op het EEG, waarin de α -activiteit een van belangrijkste verschijnselen is. Geringe veranderingen in de algemene toestand van de onderzochte blijken bijna zonder uitzondering het eerst te worden gezien in dit frequentiegebied; men kan hierbij denken aan de invloed van medicatie, aan circadiane ritmen, aan circulatiestoornissen, maar ook aan geringe slaapverschijnselen. Daarenboven komt men in de literatuur enkele malen tegen (Matsuura, 1984) (Eeg-Oloffsen, 1971) dat er een verschil in frequentie van de α -activiteit is gevonden tussen mannen en vrouwen. Het feit, dat de α -activiteit met de leeftijd lager van frequentie wordt mag algemeen bekend worden geacht.

Ook in de meer specifieke literatuur over het qEEG blijkt meer betekenis te worden gehecht aan de frequentiebanden tussen 7 en 12 (Lopes da Silva)

Het onderzoek, dat is verricht is nadrukkelijk geen onderzoek van het α -ritme, als men daarmee de activiteit bedoeld, die is te zien in het traditionele EEG. Met de topfrequentie, zoals gevonden in het qEEG-onderzoek, wordt de α -activiteit niet beschreven. Voor de werkelijk beschrijving van de α -activiteit met qEEG-technieken - men kan zich afvragen of dat relevant is - heeft men een complete FFT (zowel het vermogens- als het fasespectrum) nodig, pas dan is ook de vorm voldoende beschreven.

Inderdaad blijkt de topfrequentie af te nemen met de leeftijd. Over het algemeen is de afname significant. Deze bevinding is in tegenspraak met die van Matsuura. Opvallend is ook, dat de topfrequentie bij de vrouwen voortdurend 0,3 tot 0,4 Hz hoger is dan bij de mannen. Blijkens een

variantieanalyse is dit verschil significant ($F < 0,001$). Bij meisjes is dit verschil door Eeg Olofsen geconstateerd, bij volwassenen is over een dergelijke bevinding nog niet gepubliceerd.

In de berekening van de correlatie is uitgegaan van een lineair verband tussen de topfrequentie en de leeftijd, hetgeen kan, zolang men het voor een beperkte leeftijdperiode laat gelden (i.c. 20-80 jr.). Zou men buiten deze grenzen van deze veronderstelling uit blijven gaan, dan kan men berekenen, dat een gezonde vrouw op de leeftijd van 221 jaar een topfrequentie van 8 Hz heeft, een gezonde man op de gezegende leeftijd van 131 jaar. Deze berekeningen, die niet serieus genomen dienen te worden zouden ten onrechte een verschillende hoek van de regressielijnen kunnen suggereren. Verstandiger is het om te stellen, dat er geen significant verschil bestaat tussen de hoek van de regressielijn bij mannen en bij vrouwen.

Bij mannen noch bij vrouwen bestaat er een links rechts verschil wat betreft de frequentie. Praktische betekenis van een dergelijke bevinding is, dat hiermee een duidelijk leeftijdsafhankelijke parameter ter beschikking komt. Met nog meer dergelijke parameters wordt het mogelijk de verhouding tussen kalenderleeftijd en biologische leeftijd op statistisch verantwoorde wijze te bepalen.

6.5.3 De vermogens van 0.5Hz banden tussen 8 en 11 Hz

Onderzoekt men de vermogens in het frequentiespectrum rond de topfrequentie, dan blijkt er een aanzienlijk verschil te bestaan tussen mannen en vrouwen. De vrouwen hebben relatief meer vermogen in het hogere gedeelte van dit (deel)spectrum, mannen meer in het lagere gedeelte, de vrouwen hebben daarenboven ook in absolute zin een hoger vermogen als het frequentie's boven 9 Hz betreft (fig.35 en 42). Blijkens een variantieanalyse zijn de vermogens van de 0.5Hz-banden hoger dan 10Hz significant verschillend bij mannen en vrouwen.

Een onderzoek van deze omvang, waarbij 0.5Hz-banden werden gebruikt is tot op heden niet bekend. Door met veel bredere banden te werken (Matousek) gaan deze gegevens verloren, zelfs bij gebruik van relatief smalle banden (Masuura splitste de α -band in drie gedeelten).

Over de oorzaak van het gevonden verschil kan men enkele veronderstellingen doen :

Voor de hand liggend is, om het verschil te verklaren uit het verschil in hormoonhuishouding tussen mannen en vrouwen. Indien deze veronderstelling juist zou zijn, dan zouden de verschillen na de menopauze minder moeten worden. Als de verschillen kleiner worden, dan is dat pas in de hoogste leeftijdsgroep, bij vrouwen, die de menopauze ruim 25 jaar zijn gepasseerd.

Een andere verklaring is het verschil in cerebrale doorbloeding, zoals is geconstateerd bij transcra-nieel Doppler-onderzoek. Hierbij is gevonden, dat vrouwen tussen 15 en 50 jaar een aanzienlijk hogere stroomsnelheid van het bloed intracranieel hebben. Na het 50e jaar treedt een afname van deze stroomsnelheid op waardoor de meetwaarden bij mannen en vrouwen dicht bij elkaar komen. Dit verschijnsel loopt dan echter niet synchroon met onze bevindingen in het qEEG.

6.6 Nawoord

Gesteld kan worden, dat met de bewerking van de gegevens van normale proefpersonen nog slechts een zeer bescheiden begin is gemaakt. Nu reeds blijkt, hoe nuttig en ook noodzakelijk dit onderzoek is. Hoewel er reeds 60 jaar EEG onderzoek wordt verricht, blijkt duidelijk, dat de normale waarden niet allen bekend zijn. Onderzoek als dit is alleen mogelijk als men de beschikking heeft over goede computer-faciliteiten: grote reeksen getallen moeten worden gerangschikt en bewerkt, voor de statistische bewerking moeten berekeningen vele malen worden herhaald - zaken, die zonder computer ondenkbaar zijn. Nadrukkelijk wordt gesteld, dat nog zeer veel werk moet worden verricht, niet alleen achter de computer, ook in het laboratorium, maar vooral in de kliniek. Juist door de computer en de vele mogelijkheden, die zij biedt, kan het EEG-onderzoek - nu qEEG - die plaats behouden, die zij verdient tussen de vele andere - vaak zeer dure en soms agressieve - onderzoeksmethoden van de hersenen. Het qEEG blijft een van de weinige onderzoeksmethoden, die iets zegt over de functie van de hersenen.

Helaas heeft het qEEG te nog steeds te lijden onder het feit, dat het wordt vergeleken met de conventionele EEG. Aan dat misverstand zal nog geruime tijd aandacht moeten worden besteed. Dit is bitter noodzakelijk, want juist het qEEG stelt ons in staat een beter inzicht te verkrijgen in de onderliggende processen, die de hersenfunctie bepalen. Dit inzicht moeten wij ons verschaffen, niet door een zorgvuldige beschrijving van de verschijnselen, maar door te pogen aan de hand van de analyse van die verschijnselen de onderliggende processen te definiëren.

De functie - en niet de anatomie - van de hersenen is en blijft tenslotte de essentie van het bestaan van alle hogere diersoorten, van het menselijk bestaan.

LITERATUUR

- ADEY WR, KADOV RT, WALTER DO. Computer analysis of EEG-data from Gemini flight. *Aerospace Med* 1967;38:345-59.
- ADRIAN ED, MATTHEWS BHC. *Brain* 1934;57:355.
- BERGER H. Über das Elektrenkephalogramm des Menschen. *Arch Psychiat Nervenkrankh* 1929;527-70.
- BERKHOUT J, WALTER DO. Temporal stability and individual differences. *IEEE Trans Biomed Eng* 1968;3(7):165-8.
- BLOM JL. Het EEG-profiel rapport I. Leiden: NIPG-TNO, 1980.
- BLOM JL. Het EEG-profiel II, Referentiewaarden van het kwantitatieve EEG bij kinderen van 5 tot 13 jaar. Leiden: NIPG-TNO, 1990.
- BLOM JL. Het EEG-profiel III, Het BRAINFO systeem. Leiden: NIPG-TNO, 1992. publikatie 92.032.
- BOURNE JR, MATOUSEK M, FRIBERG S, ARVIDSSON A. SEER-1: The semantic EEG Evaluation Regimen. *IEEE Trans Biomed Eng* 1983;30(4):239-44.
- CHAVANCE M, SAMSOM-DOLLFUS D. Analyse spectrale de l'EEG de l'enfant normal entre 6 et 16 ans: choix et validation des parametres les plus informationnels. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1978;45:767-76.
- COBB W. The normal adult EEG. In: Hill D, Parr G eds. *Electroencephalography*. London: Macdonald, 1963: 232-49.
- COURJON E. Late effects of head injury. In: *Handbook of Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 1972;14, part B, section VII:47-67.
- DIXON NF, LEAR TE. Incidence of thetarhythm prior to awareness of a visual stimulus. *Nature* 1964a;203:167-70.
- DONGIER M. Mental diseases. In: *Handbook of Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. Amsterdam: Elsevier, 1974. Vol.13, part B.
- DRIFT JHA van der. Cardiac and vascular diseases. In: *Handbook of Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* (1972). Vol.14, part A, blz 44
- DUFFY FH. Brain electrical activity mapping (BEAM): computerized access to complex brain function. *Int J J Neurosci* 1981;13:55-65.
- DUFFY FH, BARTELS PH, BURCHFIEL JL. Significance Probability mapping: an aid in the topographic analysis of brain electrical activity. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1981;51:455-462.
- DUFFY FH, ALBERT MS, McANULTY G, GARVEY AJ. Age-related differences in brain electrical activity of healthy subjects. *Ann Neurol* 1984;16(4):430-8.
- DUFFY FH. The BEAM method for Neurophysiological Diagnosis. *Ann N Y Acad Sci* 1985;457:19-34.
- DUFFY FH. Clinical value of topographic mapping and quantified neurophysiology. *Arch Neurol* 1989;46 (10):1133-4.

- EEG-OLOFFSEN O. The development of the EEG in normal children and adolescents from the age of 1 through 21 years. *Acta Paediatr Scand Suppl* 208:4-46.
- FLOR-HENRY P, KOLES ZJ. Statistical quantitative EEG studies of depression, mania, schizophrenia and normals. *Biol Psychol* 1984;19(3-4):257-79.
- GASSER T, VERLEGER R, BAECHER P, SROKA L. Development of the EEG of school-age children and adolescents.I. Analysis of band power. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1988;69(2):91-9.
- GASTAUT H. Etude électricocortigraphique de la réactivité des rythmes rolandiques. *Rev Neurol* 1952a;87:176-82.
- GASTAUT Y. Un élément déroutant de la sémiologie électroencéphalographique: les pointes prérolandiques sans signification focale. *Rev Neurol* 1952b;87:488-90.
- GIBBS F, GIBBS EL and LENNOX WG. Electroencephalographic classification of epileptic patients and control subjects. *Arch Neurol Psychiat* 1943;50:111-28.
- GREMY F, GOLDBERG P, SAMSON-DOLLFUS D. Attempt at automation of conventional EEG analysis. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1970;29:100-104.
- GOLDBERG P, SAMSOM-DOLLFUS D, GREMY F. Analyse spectral. Fast Fourier Transform. *Agressologie* 1969;10:541-51.
- GRÜNEWALD G, SIMONOVA O und CREUTZFELDT OD. Differentielle EEG-veränderungen bei visuomotorischen und kognitiven Tätigkeiten. *Arch Psychiat Nervenkr* 1968;212:46-9.
- HARDING GFH, THOMPSON CRS. EEG rhythms and the Internal Milieu. in: *Handbook of Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 1976;vol.6A, part A, 187-90.
- HEBERT F, TOURAINE A, BERTOLDI I, SAMSON-DOLLFUS D. Résultats concernant l'analyse spectrale de l'EEG au cours du vieillissement cérébrale. *Rev EEG Neurophysiol.* 1980;10:131-5.
- HERON JR. The electroencephalogram in complex forms of migraine. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1967;22:393-5.
- HJORTH B. EEG analysis based on time domain properties. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1970;29:306-10.
- HJORTH B. Time domain descriptors and their relation to a particular model for generation of EEG activity. In: Dolce G, Kunkel, H Fischer G eds. *CEAN Computerized EEG analysis*, 1975:4-8.
- HJORTH B. An on-line transformation of EEG scalp potentials into orthogonal source derivations *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1975;39:526-30.
- HUFFELEN AC van, POORTVLIET DCJ, WULP CJH van der. Quantitative EEG in cerebral ischemia: detection of abnormalities in 'normal' EEG's. In: Pfurtsceller G, Jonkman EJ, Lopes da Silva, FH eds. *Brain ischemia, quantitative EEG and imaging techniques*. Amsterdam: Elsevier, 1984. 29-50.
- MAGNUS O. The central alpha-rythm ("rythme en arceau"). *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1954;6:349-50.
- JASPER H, PENFIELD W. Electroocorticograms in man: effect of voluntary movement upon the electrical activity of the precentral gyrus. *Arch Psychiat Nervenkr* 1949;183:163-74.

JOHN ER, PRICHEP LS, FRIDMAN J, EASTON P. Neurometrics: Computer-assisted differential diagnosis of brain dysfunctions.

JOHN ER, PRICHEP LS. Neurometric studies of aging and cognitive impairment. In: Progress in Brain research. Amsterdam: Elsevier Science Publ. 1990;85:555-65.

LANE MH, VATES TS. Medical selection, evaluation and classification of subjects. In: Human Aging, New York: Arno press, 1980:13-25.

LARSEN LE, WALTER DO. On automatic methods of sleep staging by EEG spectra. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1970;28:459-67.

LARSEN LE, WALTER DO. On automatic methods of sleep staging by spectra of electroencephalograms International federation-7th congress

LEHMANN DF. Multichannel topography. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1971;31:439-49.

LEHMANN DF. The view of an EEG-mapper. *Brain Topography* 1988;1:77-8.

LEHMANN DF. Past, present and future of topographic mapping. *Brain Topography* 1988;3:191-202.

LOPES DA SILVA FH. A critical review of clinical applications of topographic mapping of brain potentials. *J Clin Neurophysiol* 1990;7(4):535-51.

MATOUSEK M, VOLAVKA J, ROUBICEK J, ROTHG Z. EEG frequency analysis related to age in normal adults. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1967;23:162-7.

MATOUSEK M. Automatic evaluation of EEG background activity. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1967;23:486-90.

MATOUSEK M. Frequency analysis in routine electroencephalography. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1968;24:365-73.

MATOUSEK M, PETERSEN I. Frequency analysis of the EEG in normal children and adolescents. In: Kellaway P, Petersen I eds. *Automation of Clinical Electroencephalography*. New York: Raven Press, 1973.

MATOUSEK M, ARVIDSSON A, FRIBERG S. Implementation of analytic methods in daily clinical EEG routine. *Contemp Clin Neurophysiol* 1978;200-4.

MATOUSEK M, ARVIDSSON A, FRIBERG S. Serial quantitative electroencephalography. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1979;47:614-22.

MATSUURA M, YAMAMOTO K, FUKUZAWA H et al. Age development and sex differences of various EEG elements in healthy children and adults- Quantification by a computerized waveform recognition method. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1985;60(5):394-406.

MAULSBY LR. An illustration of emotionally evoked theta rhythm in infancy: hedonic hypersynchrony. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1971;31:157-65.

MIGRAINE and allied disorders. in: *Handbook of Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* Vol.14, part A, blz 73

MUNDY CASTLE AC. The EEG and mental activity. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1957a;9:643-55.

- NEMMISKI WW. Ein versuch der Registrierung der elektrischen Gehirnerscheinungen. *Zentralbl Physiol* 1913;18:951-60.
- NIEDERMEYER E. The EEG in Cardiac Disease. in: *Handbook of Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 1972. Vol.14, part A, blz 66.
- NUWER MR. Quantitative EEG: I. Techniques and problems of frequency analysis and topographic mapping. *J Clin Neurophysiol* 1988;5(1):1-43.
- OBRIST WD. The electroencephalogram of normal aged adults. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1954;6:235-44.
- OBRIST WD. The electroencephalogram of healthy aged males. In: Birren JE et al eds. *Human aging : a biological and behavioural study*. Washington DC: U.S Govt. Printing Office, 1963. PHS Publication No. 986:79-93.
- PRAWDICZ-NEMINSKI WW. Elektrische Gehirnerscheinungen. *Zentralbl Physiol* 1913;(18)951.
- ROGER A, BERT J. Etude des corrélations entre les différentes variables EEG. *Rev Neurol* 1959;101:334-60.
- ROGERS LJ, WALTER DO. Methods for finding single generators, with application to auditory driving of the human EEG by complex stimuli. *J Neurosci Methods* 1981;4:257-65.
- SAMSON-DOLLFUS D, SENANT J. Analysis of background activity. Long term monitoring in Epilepsy. *EEG.Suppl.*1985:147-61.
- SAMSON-DOLLFUS D, GACHES J, MENARD JF. Methodologie, limites et interet de la cartographie en electroencephalographie. *Ren EEG Neurophysiol Clin* 1986;16:239-48.
- SIMONOVA O, FOTH B, STEIN J. EEG studies of healthy population- normal rythms of resting recording. *Act.-Univ.Carol.Med.(Praha)* 1967;13:543-51.
- STORM VAN LEEUWEN et al. Proposal for a EEG terminology by the terminology Committee of the International Federation for Electroencephalography and Clinical Neurophysiology. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1966;20:306-10.
- VOLKOW ND, GOMEZ-MONT F, INAMDAR S. Multivariate analysis of the EEG in normal adolescents *Biol Psychiatry* 1989;22:199-204.
- WALTER DO, KADO RT. Electroencephalographic baselines in astronaut. *Aerospace Med* 1967;38:371-9.
- WALTER DO. On units and dimensions for reporting. *Electroencephalogr Clin Neurophys* 1968;24:486-7.
- WALTER DO. Analysis and synthesis of EEG's. *Contemp Clin Neurophysiol* 1978;37-40.
- WALTER WG. The location of cerebral tumors by electroencephalography. *Lancet*;1936;2:305-8.
- WALTER WG, DOVEY VJ. Electroencephalography in cases of subcortical tumour. *J Neurol Neurosurg Psychiat* 1944;7:57-65.
- WALTER WG. The impact of computers on bio-medical research. *Int J Biomed Comput* 4:79-80.
- WALTER WG. Normal rhythms. Their developement, distribution and significance. In: Hill D, Parr G eds. *Electroencephalography*. London: MacDonald, 1950b:203-7.
- WALTER WG. The future of clinical neurophysiology. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 27 1969;7:645

WOLTERS WHG red. Medische experimenten met mensen: mogelijkheden en grenzen. Utrecht: Bohn, Scheltema & Holkema, 1980.

BIJLAGEN

I	Huis aan huisbrief	103
II	Antwoordkaart	105
III	Vragenformulier	107
IV	Toelichtend schrijven	109
V	Brief over deelname	111
VI	Schriftelijke bevestiging deelname	113
VII	Toestemmingsformulier (informed consent)	115
VIII	Vragenlijst, tweede gedeelte anamnese	117
IX	Vragenlijst, 6 maanden na onderzoek	119
X	Oorkonde van deelname	121

**TNO-Gezondheidsonderzoek**

Nederlands Instituut voor
Praeventieve Gezondheidszorg TNO

Wassenaarseweg 56
2333 AL Leiden
Postbus 124
2300 AC Leiden

Fax 071 - 17 63 82
Telefoon 071 - 18 11 81

TNO VRAAGT UW MEDEWERKING

Doorkiesnummer

Datum

augustus 1991

Ons nummer

934/3770

Onderwerp

Uw brief

Geachte heer, mevrouw,

Door middel van deze brief vragen wij u om uw medewerking aan een onderzoek.

Wij zijn de medewerkers van de groep Neurowetenschappen van het Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg (NIPG-TNO) aan de Wassenaarseweg 56 te Leiden. Op dit instituut wordt reeds meer dan 10 jaar onderzoek gedaan naar de functie van de hersenen, waarbij gebruik gemaakt wordt van geavanceerde methoden.

Moderne computertechnieken maken het ons mogelijk hersensignalen zeer nauwkeurig te analyseren.

Dit stelt ons in staat om vast te stellen of, en zo ja, in hoeverre bepaalde stoffen de hersenfuncties beïnvloeden. Hierdoor wordt het bijvoorbeeld mogelijk om de invloed van milieuverontreiniging reeds in een vroeg stadium aan te tonen, dus nog voordat echte schade is ontstaan.

Ook kunnen de hersenfuncties van mensen met klachten worden gemeten om de aard en de ernst daarvan te bepalen.

Om echter te kunnen vaststellen of hersenfuncties normaal zijn, is het noodzakelijk een aantal gezonde mensen van verschillende leeftijden te onderzoeken. Op deze wijze verkrijgen wij dan normaalwaarden, waaraan bijvoorbeeld de hersenfuncties van mensen bij wie een bepaalde ziekte wordt vermoed kunnen worden getoetst.

Daarom vragen wij u om als vrijwilliger aan ons onderzoek deel te nemen.

Misschien vindt u het onderzoek belangrijk genoeg om u voor deelname aan te melden, hoewel het natuurlijk ook kan zijn dat u gewoon nieuwsgierig bent naar wat een dergelijk onderzoek inhoudt. In elk geval zullen wij, wanneer u meedoet, er alles aan doen om het onderzoek voor u een interessante ervaring te laten zijn.

Het onderzoek zelf bestaat uit het afnemen van een EEG (de afkorting EEG betekent Elektro-Encefalo-Gram, zoals deze registratie van hersensignalen wordt genoemd). Het is een onschuldig onderzoek, dat voor u geen enkel risico met zich meebrengt. Er is geen sprake van

Bijlagen

Nederlandse organisatie voor
toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek

TNO-Gezondheidsonderzoek stelt zich ten doel bij te dragen aan de verbetering van preventie en behandeling van ziekten en afwijkingen door het toepasbaar maken van kennis op medisch biologisch, psychosociaal en epidemiologisch gebied ten behoeve van de volksgezondheid en de gezondheidszorg.



Op opdrachten aan TNO zijn van toepassing de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, zoals gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank en de Kamer van Koophandel te 's-Gravenhage.

straling, noch van handelingen die voor u schadelijke gevolgen zouden kunnen hebben of lichamelijk ongemak voor u betekenen.

Tijdens het EEG ligt u gedurende ongeveer 40 minuten op een comfortabele onderzoeksbank met een soort 'badmuts' op uw hoofd. Het enige wat van u wordt verwacht is dat u op verzoek op bepaalde momenten bijvoorbeeld uw ogen opent of sluit.

Aan het EEG gaat een beknopt neurologisch onderzoek vooraf, terwijl u tijdens een inleidend gesprekje eventuele vragen aan ons kunt voorleggen.

Met de gegevens uit het onderzoek zullen wij vanzelfsprekend met de grootste zorgvuldigheid omgaan: zij zijn, zolang zij aan uw naam gekoppeld zijn, alleen toegankelijk voor de onderzoeker, zodat uw privacy gewaarborgd is. Slechts indien u daar uitdrukkelijk toestemming voor verleent, kunnen de gegevens - indien wenselijk - aan uw huisarts worden doorgegeven.

Het onderzoek is reeds enige tijd gaande en wij hebben tot nu toe enthousiaste medewerking gekregen. Nu hebben wij nog grote behoefte aan deelnemers met een leeftijd tussen 55 en 75 jaar. Als U die leeftijd heeft, dan hopen wij van harte dat u bereid bent uw medewerking aan ons onderzoek te verlenen. Uiteraard stellen wij daar een tastbaar bewijs van onze erkentelijkheid tegenover, terwijl ook eventueel door u gemaakte reiskosten zullen worden vergoed.

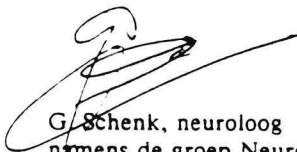
Wanneer u belangstelling heeft voor deelname aan ons onderzoek, dan verzoeken wij u bijgaande antwoordkaart in te vullen en aan ons terug te sturen. Wij zenden u dan een vragenlijst toe met het verzoek deze eveneens ingevuld aan ons terug te sturen. Aan de hand van de gegevens van deze vragenlijst kunnen wij bepalen of u voor deelname aan het onderzoek in aanmerking komt.

Het spreekt vanzelf dat deze uitnodiging ook uw eventuele huisgenoten geldt. Zoals u ziet is op de antwoordkaart plaats voor een aantal namen.

Wanneer u vragen heeft kunt u gerust telefonisch contact met ons opnemen. Ons telefoonnummers is 181694 of 181697.

In afwachting van uw, naar wij hopen, positieve reactie,

Met vriendelijke groeten,



G. Schenk, neuroloog
namens de groep Neurowetenschappen NIPG-TNO
(Hoofd dr J.L. Blom)

Ja, ik wil mijn (wij willen onze) medewerking verlenen aan het
EEG-onderzoek van het NIPG-TNO

Naam:

Geboortedatum:

Naam:

Geboortedatum:

Naam:

Geboortedatum:

Naam:

Geboortedatum:

Adres:

Telefoonnummer:

Nederlandse organisatie
voor toegepast
natuurwetenschappelijk
onderzoek



Nederlands Instituut voor
Praeventieve Gezondheidszorg TNO

GROEP NEUROWETENSCHAPPEN
DECEMBER 1989

PERSONALIA	
Naam :	man/vrouw
Voorletters :	
Geboortedatum :	
Adres :	
Postcode :	Plaats:
Telefoon :	
Ik verzoek alle gegevens, die door mij zullen worden verstrekt en de gegevens van het onderzoek geheim te houden. Zij zullen derhalve nooit aan derden ter hand worden gesteld zolang ze van mijn naam zijn voorzien. Handtekening	
Indien dat medisch wenselijk zou blijken te zijn, kan een verslag van dit onderzoek worden verzonden aan mijn huisarts, of aan die arts(en), die ik hieronder met naam en adres heb genoemd. Handtekening	
Naam (van de arts) :	
Adres :	
Postcode :	Plaatsnaam :
Naam (van de arts) :	
Adres :	
Postcode :	Plaatsnaam :

Graag ook andere zijde invullen !!

-2-

Gaarne doorstrepen, wat niet wordt bedoeld.	
1	Gebruik U medicijnen of pijnstillers ? ja / nee Zo ja, welke ?
2	Rookt U ? ja / nee Zo ja, hoeveel ? . . . sigaretten . . . sigaren per dag . . . pijpen
3	Drinkt U wel eens alcoholhoudende drank ? ja / nee Zo ja wat ? Zwakalcoholisch / Sterkalcoholisch / Beide Hoe vaak ? Af en toe / Dagelijks Hoeveel ? . . . glazen per dag
4	Gebruikt U wel eens drugs ? ja / nee Zo ja, welke ? Hoe vaak ? Af en toe / Dagelijks
5	Bent U op dit moment onder medische behandeling ? ja / nee Zo ja, waarvoor ?
6	Heeft U wel eens toevallen gehad ? ja / nee Zo ja, wanneer voor het laatst ?
7	Heeft U ooit een hersenschudding, hersenletsel of schedelletsel gehad ? ja / nee Zo ja, wanneer ? Bent U daarvoor opgenomen geweest in een ziekenhuis ? ja / nee

Heeft U ook de andere zijde ingevuld ??



TNO-Gezondheidsonderzoek

Nederlands Instituut voor
Praeventieve Gezondheidszorg TNO

Wassenaarseweg 56
2333 AL Leiden
Postbus 124
2300 AC Leiden

Fax 071 - 17 63 82
Telefoon 071 - 18 11 81

Doorkiesnummer

Datum

17 september 1991

Ons nummer

GS/mvv/931/3770

Uw brief

Onderwerp

Geachte mevrouw/heer

Onlangs hebben wij u schriftelijk benaderd met het verzoek uw medewerking te verlenen aan een EEG-onderzoek, dat verricht zal worden door de groep Neurowetenschappen van het NIPG-TNO.

U heeft positief op dit verzoek gereageerd en hiervoor zijn wij u zeer erkentelijk. Het welslagen van dit soort onderzoek is uiteindelijk voor een groot deel afhankelijk van de medewerking van vrijwilligers.

Zoals wij reeds in onze wervingsbrief hebben vermeld, is het de bedoeling dat uit diegenen, die zich voor medewerking aanmelden een selectie wordt gemaakt van personen die aan het onderzoek zullen deelnemen. Behalve leeftijd, is deelname namelijk ook afhankelijk van een aantal andere factoren. Zo is het van belang om reeds vóór het onderzoek vast te stellen dat bij de deelnemers redelijkerwijs geen hersenafwijkingen zijn te verwachten.

Om deze reden zenden wij u bijgaande vragenlijst toe. **In verband met de organisatie van het onderzoek verzoeken wij u dringend dit formulier - duidelijk ingevuld - per omgaande te retourneren.** U kunt hiervoor gebruik maken van bijgevoegde antwoordenvolp. Aan de hand van de door u verstrekte gegevens kunnen wij dan bepalen of u ook daadwerkelijk voor deelname aan het onderzoek in aanmerking komt. Het spreekt vanzelf dat uw gegevens strikt vertrouwelijk zijn en met alle waarborgen van privacy-bescherming zullen worden omgeven.

Na ontvangst van de door u ingevulde vragenlijst krijgt u van ons zo spoedig mogelijk bericht. Het lijkt ons zinvol om u reeds nu te melden dat de EEG-registratie in principe op de dinsdag- en de vrijdagochtenden zullen plaatsvinden. Wij hopen dat dit voor u geen onoverkomelijke problemen met zich meebrengt.

Overigens zullen wij bij het maken van een definitieve afspraak zoveel mogelijk rekening houden met uw wensen en mogelijkheden.

Met vriendelijke groeten,

Bijlagen

Nederlandse organisatie voor
toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek

TNO-Gezondheidsonderzoek stelt zich ten doel bij te dragen aan de verbetering van preventie en behandeling van ziekten en afwijkingen door het toepasbaar maken van kennis op medisch biologisch, psychosociaal en epidemiologisch gebied ten behoeve van de volksgezondheid en de gezondheidszorg.



Op opdrachten aan TNO zijn van toebassing de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, zoals geponeerd bij de Arrondissementsrechtbank en de Kamer van Koophandel te 's-Gravenhage.



TNO-Gezondheidsonderzoek

Nederlands Instituut voor
Praeventieve Gezondheidszorg TNO

Wassenaarseweg 56
2333 AL Leiden
Postbus 124
2300 AC Leiden

Fax 071 - 17 63 82
Telefoon 071 - 18 11 81

Doorkiesnummer

Datum

3 december 1991

9790/5015/GS/an

Onderwerp

Uw brief

Geachte heer

In dank ontvingen wij het ingevulde vragenformulier van u terug. Wij zijn zeer verheugd over het feit, dat zich zo veel mensen hebben gemeld om ons te helpen met dit onderzoeksproject en dat de beantwoording van de vragen zo vlot en zo nauwkeurig is gegaan.

Uw antwoorden op de door ons gestelde vragen geven ons helaas reden, om van uw verdere deelname af te zien. Wij zijn immers bezig gegevens te verzamelen van personen, waarvan het zo waarschijnlijk mogelijk is, dat hun hersenfunctie normaal is en niet van buitenaf door lichaamsvreemde stoffen wordt beïnvloed.

Helaas is het zo, dat de door u gebruikte medicijnen duidelijke veranderingen van het EEG teweeg brengen.

Dit betekent dus niet, dat u momenteel geen goede gezondheid zou genieten, maar geeft hopelijk duidelijk genoeg de reden aan, waarom wij van uw verdere medewerking afzien.

Graag willen wij u hartelijk danken voor de medewerking. De bereidheid tot medewerken, die wij ontmoeten verhoogt ons enthousiasme om verder te gaan.

Namens de vakgroep Neurofysiologie,

G. Schenk, neuroloog.

Bijlagen

Nederlandse organisatie voor
toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek

TNO-Gezondheidsonderzoek stelt zich ten doel bij te dragen aan de verbetering van preventie en behandeling van ziekten en afwijkingen door het toepasbaar maken van kennis op medisch biologisch, psychosociaal en epidemiologisch gebied ten behoeve van de volksgezondheid en de gezondheidszorg.



Op opdrachten aan TNO zijn van toepassing de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, zoals gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank en de Kamer van Koophandel te 's-Gravenhage.



TNO-Gezondheidsonderzoek

Nederlands Instituut voor
Praeventieve Gezondheidszorg TNO

Wassenaarseweg 56
2333 AL Leiden
Postbus 124
2300 AC Leiden

Fax 071 - 17 63 82
Telefoon 071 - 18 11 81

Doorkiesnummer

Datum

071 - 18 16 94

Ons nummer

3 december 1991

Uw brief

5815/3770/GS/mvv

Onderwerp

Geachte mevrouw

Hiermee bevestig ik onze telefonische afspraak betreffende uw deelneming aan het onderzoek "Referentiewaarden Kwantitatieve EEG".

U wordt verwacht op **maandag 16 december aanstaande om 10.45 uur** op het NIPG-TNO, Wassenaarseweg 56 te Leiden. Bij aankomst kunt u zich melden bij de receptie met de mededeling dat u komt voor het EEG-onderzoek. U wordt dan door mij of één van de andere medewerkers opgehaald.

Het is van groot belang dat de resultaten van de meting zo optimaal mogelijk zijn. Daarom is het noodzakelijk dat u

- op de dag van het onderzoek **goed uitgerust bent**, dus een goede nachtrust hebt genoten;
- gedurende de 48 uur die aan het onderzoek voorafgaan **geen pijnstillers of medicijnen** inneemt;
- op de avond voor het onderzoek **nà 8 uur geen alcoholische drank** meer gebruikt;
- op de dag van het onderzoek **niet rookt** tot **nà het onderzoek**.
- tenslotte stellen wij het op prijs indien u **vóór het onderzoek uw haar wast**, bijvoorbeeld op de avond **vóór het onderzoek** (tijdens het onderzoek dient uw hoofd dus wel droog te zijn!).

Wanneer u op bovengenoemde datum onverhoopt toch verhinderd zou zijn, of indien het voor u een probleem is om aan de bovengenoemde voorwaarden te voldoen (bijvoorbeeld doordat u kort voor het onderzoek erge hoofdpijn krijgt), dan verzoek ik u telefonisch contact met mij op te nemen, zodat wij een andere afspraak kunnen maken (telefoon 181694 of 181697).

Zonder tegenbericht ontmoeten wij u graag op de afgesproken datum. Aangezien de organisatie van het onderzoek aan een vrij strak schema is gebonden, is het belangrijk dat u op tijd aanwezig bent.

Met vriendelijke groet,

G. Schenk, neuroloog

Bijlagen

Nederlandse organisatie voor
toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek

TNO-Gezondheidsonderzoek stelt zich ten doel bij te dragen aan de verbetering van preventie en behandeling van ziekten en afwijkingen door het toepasbaar maken van kennis op medisch biologisch, psychosociaal en epidemiologisch gebied ten behoeve van de volksgezondheid en de gezondheidszorg.



Op opdracht van TNO zijn van toepassing de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, zoals gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank en de Kamer van Koophandel te 's-Gravenhage.



Nederlandse organisatie
voor toegepast
natuurwetenschappelijk
onderzoek

Nederlands Instituut voor
Praeventieve Gezondheidszorg TNO

GROEP NEUROWETENSCHAPPEN 1992

Ondergetekende,

verklaart

- dat hij/zij geheel vrijwillig aan het onderzoek "Referentiewaarden Kwantitatieve EEG" deelneemt;
- dat hij/zij op de hoogte is gebracht van het doel en de aard van het onderzoek;
- dat hem/haar is medegedeeld, dat de uit het onderzoek verkregen gegevens alleen gebruikt zullen worden als zij ontdaan zijn van de persoonsgegevens, waardoor zijn anonimiteit wordt gewaarborgd;
- dat hem/haar is medegedeeld, dat de persoonsgegevens met de uit het oogpunt van privacybescherming vereiste discretie zullen worden behandeld.

Handtekening:

Leiden, 1992

		code
8	Voelt U zich goed gezond ?	J / N
9	Heeft U een goede eetlust ?	J / N
10	Slaapt U goed 's-nachts ?	J / N
11	Bent U gauw moe ?	J / N
12	Bent U wel eens onder behandeling geweest van een zenuwarts, neuroloog of psychiater ? Zo ja, waarvoor ?	J / N
13	Heeft U wel eens in een ziekenhuis gelegen ? Zo ja, waarvoor ? en wanneer ?	J / N
14	Heeft U wel eens hoofdpijn ? Zo ja, sporadisch - regelmatig - voortdurend	J / N
15	Bent U wel eens duizelig ?	J / N
16	Heeft U wel eens last van dubbelzien ?	J / N
Opmerkingen :		

Nederlandse organisatie
voor toegepast
natuurwetenschappelijk
onderzoek



Nederlands Instituut voor
Praeventieve Gezondheidszorg TNO

GROEP NEUROWETENSCHAPPEN
NOVEMBER 1990

Naam :	
Voorletters :	man/vrouw
Geboortedatum :	Telefoon :
Adres :	
Postcode :	Plaats :
gaarne doorstrepen wat niet wordt bedoeld	
1	Zijn er sinds het onderzoek veranderingen in uw gezondheidstoestand opgetreden ? ja/nee Zo ja, in welke zin ?
2	Heeft U zich sinds het onderzoek onder behandeling van uw huisarts of een specialist moeten stellen ? ja/nee Zo ja, voor welke klachten(en)
3	Bent U na het onderzoek (andere) medicijnen gaan gebruiken ? ja/nee Zo ja, welke ?
4	Heeft U na het onderzoek toevallen of wegrakingen gehad ? ja/nee Zo ja, hoe vaak ?
5	Bent U sinds het onderzoek in een ziekenhuis opgenomen geweest ? ja/nee Zo ja, waarvoor ?

Graag ook andere zijde invullen !

-2-

Het is voor ons van belang te weten hoe U het onderzoek heeft ervaren. Zou U dit hieronder willen aangeven door bij de volgende vragen steeds één van de hokjes aan te kruisen ?		
6	Vond U het onderzoek een interessante ervaring ?	☐ ja ☐ matig ☐ nee
7	Bent U voldoende ingelicht over het doel van het onderzoek ?	☐ ja ☐ matig ☐ nee
8	Hoe heeft U de meting en de voorbereiding daartoe ervaren ?	☐ niet vervelend ☐ minder prettig ☐ onaangenaam
Eventuele opmerkingen :		

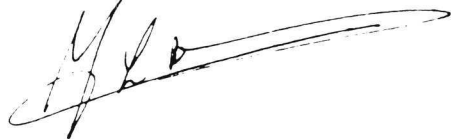
Heeft U ook de andere zijde ingevuld ?

Het
Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg-TNO
dankt

voor zijn/haar bereidwillige medewerking aan het onderzoek
"Referentiewaarden kwantitatieve EEG" van de Groep Neurowetenschappen.

Het feit dat zovelen zich spontaan en belangeloos voor deelneming
hebben aangemeld, heeft in belangrijke mate bijgedragen aan het
welslagen van het project en betekent tevens een extra stimulans
voor het werk van de onderzoekersgroep.

J.L. Blom



G. Schenk



APPENDIX 1

Tabel 8 tot en met 31

De nu volgende 24 tabellen geven de drie gemiddelden weer van de Hjorth-parameters - de activity, de mobility en de complexity *. Deze parameters zijn berekend voor iedere electrodepositie, bij geopende ogen zowel als bij gesloten ogen, bij mannen zowel als vrouwen. Daarenboven zijn deze gemiddelden ook vermeld voor de source-afleiding.

De bij iedere gemiddelde behorende variantie is om praktische redenen niet afgedrukt.

Om waar gewenst een vergelijking tussen de metingen bij de verschillende leeftijdsgroepen (de kolommen) mogelijk te maken, is de Toets van Hartley toegepast. Hiermee wordt getoetst of de betrokken groepen op grond van hun variantie van elkaar verschillen.

Voor 12 steekproeven van ieder twaalf elementen, dient het quotiënt van de hoogste en de laagste variantie groter dan 12.3 te zijn als de steekproeven op 1 % significant niveau van elkaar verschillen, voor een 5 % niveau is dit getal 8.4.

Was de uitkomst van deze toets groter dan 12.3 dan wordt dit vermeld door middel van ** onder de kolom.

Daar waar de uitkomst van deze toets kleiner dan 12.3 was, werd de gemiddelde standaarddeviatie vermeld en voorzien van een *.

Was de uitkomst van de toets kleiner dan 8.4 dan werd geconcludeerd, dat de steekproeven in hun verdeling zo weinig van elkaar verschillen, dat de gemiddelde standaarddeviatie zonder meer kon worden berekend en vermeld.

[illegible]

[illegible]

Activity, vrouwen, ogen dicht, mean common average, gecorrigeerd.																					
A0.	Fp1	F7	F3	T3	C3	T5	P3	O1	F0	C0	P0	Fp2	F8	F4	T4	C4	T6	P4	O2	A1	A2
<25 jr.	254,1	153,96	82,38	111,72	58,9	81,6	59,94	157,41	78,86	55,85	58,23	305,88	145,86	113,35	99,7	49,02	98,93	63,01	173,92	94,33	89,41
25-29 jr.	178,65	97,01	54,84	130,77	29,79	63,43	36,95	109,92	53,04	43,02	39,32	199,09	83,81	52,81	116,53	30,14	100,36	47,28	123,46	102,79	109,88
30-34 jr.	170,34	92,37	46,4	66,35	30,72	50,78	35,45	106,4	43,75	31,1	39,54	143,96	99,79	48,65	79,86	21,07	64,65	37,17	111,36	70,53	72,74
35-39 jr.	228,46	106,8	54,82	94,04	26,12	85,08	29,89	71,95	45,64	29,78	32,4	255,05	122,17	68,51	91,89	29,72	87,4	35,66	96,74	128,38	116,89
40-44 jr.	140,86	77,16	47,32	124,83	27,31	87,89	48,34	100,98	47,97	32,91	44,25	178,76	98,6	53,05	150,09	29,71	80,56	43,22	120,98	296,66	107,86
45-49 jr.	158,78	130,47	51,3	194,78	29,19	85,39	43,73	105,33	59,36	33,01	52,57	168,4	106,04	54,76	152,61	29,52	93,21	59,81	105,88	65,79	76,81
50-54 jr.	137,36	84,13	39,27	81,42	21,54	53,27	31,49	84,54	34,57	26,31	35,95	149,73	92,96	46,37	84,83	25,92	70,87	33,44	111,66	77,48	96,72
55-59 jr.	152,4	92,85	56,95	108,25	30,11	78,46	36,32	96,11	51,18	34,69	41,69	148,68	96,73	52,07	92,37	27,66	107,55	44,53	119,17	121,41	130,88
60-64 jr.	131,92	85,42	42,78	55,28	24,35	88,75	36,9	73,81	36,05	28,6	33,86	122,47	72,63	44,58	94,98	31,03	56,55	39,17	72,87	163,47	76,98
65-69 jr.	147,9	103,78	65,55	93,8	43,33	66,1	50,58	102,53	43,49	33,68	47,44	138,4	123,5	59,04	77	30,81	95,26	48,6	130,29	74,56	88,12
70-74 jr.	119,47	82,2	42,44	65,4	35,53	64,13	40,71	93,74	39,7	34,08	33,04	136,83	80,36	46,06	56,17	34,67	82,88	45,63	87,05	60,01	101,54
> 75 jr.	135,41	89,08	51,44	87,96	30,84	61,82	43,48	103,91	50,25	32,43	34,04	173,85	92,53	51,15	62,34	30,06	85,09	44	113,86	91,22	92
gem. al.d.	==	==	32,62	==	==	==	30,70*	==	==	20,35*	==	107,26*	77,05*	35,60	==	20,71*	73,60*	==	99,55*	==	==

Activity, vrouwen, ogen open, mean common average, gecorrigeerd.																					
A.O.	Fp1	F7	F3	T3	C3	T5	P3	O1	F0	C0	P0	Fp2	F8	F4	T4	C4	T6	P4	O2	A1	A2
-25 jr.	135,33	65,88	58,91	64,52	46,86	45,32	36,25	54,92	51,16	38,32	39,06	138,06	75,56	80,61	71,72	39,07	46,93	35,66	64,49	69,47	69,93
25-29 jr.	105,33	77,93	13,5	94,67	22,34	41,7	26,14	52,27	38,18	33,1	27,69	125,65	60,4	38,28	83	23,08	53,54	29,89	65,3	74,97	90,89
30-34 jr.	118,41	78,42	40,02	53,3	29,9	33,86	29,08	45,01	27,88	21,55	21,74	108,91	61,77	51,32	54,83	14,97	31,91	18,22	36,6	91,89	65,27
35-39 jr.	121,15	64,64	38,55	107,72	21,28	42,36	22,72	41,41	29,51	23,05	27,6	131,44	66,65	62,32	83,05	24,96	50	24,3	48,71	175,33	134,27
40-44 jr.	135,35	76,18	47,49	91,74	22,91	49,61	25,31	46,98	32,4	23,07	29,06	110,64	71,21	55,65	174,13	26,54	57,62	28,07	42,19	160,02	89,03
45-49 jr.	105,52	89,5	41,28	167,58	26,52	78,43	30,3	70,62	46,29	24,55	35,22	106,74	86,74	42,96	104,21	26,55	59,49	42,34	58,23	63,3	86,62
50-54 jr.	167,15	94,05	43,93	84,28	22,13	38,52	22,27	53,45	30,16	21,87	25,61	159,87	89,96	50,57	78,19	21,27	47,91	22,55	69,54	77,9	92,47
55-59 jr.	147,46	155,41	70,41	99,02	27,22	55,13	33,78	72,95	47,84	28,65	39,35	144,38	106,92	71,86	93,57	31,21	77,88	38,28	84,07	110,24	145,1
60-64 jr.	95,83	80,06	47,26	69,89	27,65	53,15	26,43	50,03	25,52	24,74	22,77	96,33	88,06	43,77	80,26	29,23	43,96	27,3	54,73	95,25	70,41
65-69 jr.	208,47	161,4	90,64	93,26	51,17	50,17	42,54	61,81	31,93	27,61	31,8	167,18	225,43	82,46	94,09	29,36	51,99	31,71	68,44	63,31	67,56
70-74 jr.	145,84	119,87	65,5	103,47	30,86	42,31	34,49	46,45	30,65	27,39	32,71	164,91	183,02	59,41	65,67	30,95	61,13	34,48	50,93	58,92	79,33
> 75 jr.	159,49	131,91	68,83	83,15	28,75	51,77	37,15	69,92	37,69	28,57	31,36	193,58	184,44	87,33	85,16	42,07	60,78	36,81	72,16	92,07	75,79
gem. al d.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13,44*	—	112,70*	—	—	—	—	—	—	—	—	—

[illegible]

[illegible]

Activity, vrouwen, ogen dicht, source, gecorrigeerd.																						
	Fp1	F7	F3	T3	C3	T5	P3		O1	F0	C0	P0	Fp2	F8	F4	T4	C4	T6	P4	O2	A1	A2
>25 jr.	134,11	114,01	31,75	104,95	42,57	56,04	28,55	90,89	31	30,47	34,49	161,45	78,89	57,82	94,69	35,85	60,28	26,91	105,35	94,33	89,41	
25-29 jr.	88,96	57,44	17,6	131,83	18,34	44,51	16,21	62,96	17,19	24,01	21,39	106,92	47,97	15,92	115,25	19,26	72,54	22,25	74,98	102,79	109,88	
30-34 jr.	88,55	57,83	13,6	64,28	23,62	40,33	21,74	69,44	14,76	16,72	23,04	68,01	66,65	15,76	80,07	13,74	39,72	14,36	63,53	70,53	72,74	
35-39 jr.	120,9	65,23	24,67	92,48	17,23	73,03	15,6	42,13	17,77	15,31	19,7	142,91	89,46	41,91	92,93	24,11	69,99	20,16	60,9	128,38	116,89	
40-44 jr.	73,87	55,18	16,83	125,93	17,13	71,84	27,16	60,22	14,56	14,04	24,56	103,72	64,93	22,71	155,38	22,75	59,48	20,14	74,57	296,66	107,86	
45-49 jr.	79,41	101,31	22,3	203,25	23,35	77,01	27,01	69,55	31,53	16,04	34,88	83,63	68,51	22,35	159,12	22,98	72,44	40,64	65,6	65,79	76,81	
50-54 jr.	76,76	54,91	16,48	79,59	14,7	40,81	14,79	56,64	12,24	13,74	20,88	86,93	75,43	25,44	83,69	19,31	57,1	16,25	84,99	77,48	96,72	
55-59 jr.	79,42	53,83	24,01	102,14	18,2	59,18	15,63	55,91	20,15	15,7	25,57	76,06	64,71	19,92	89,62	17,04	79,47	19,06	75,5	121,37	130,93	
60-64 jr.	66,56	49,81	15,66	49,76	18,03	79,09	18,69	41,36	10,8	16,58	16,87	56,14	44,76	17,22	95,62	23,05	40,73	18,72	40,75	163,41	76,94	
65-69 jr.	80,33	66,7	38,35	88,91	34,9	46,36	31,52	67,1	13,85	19,59	36,89	71,41	96,44	30,64	71,22	20,45	61,46	20,16	86,7	74,56	88,12	
70-74 jr.	63,18	52,45	12,74	57,05	23,04	41,76	21,62	57,52	12	17,71	21,41	78,87	51,49	19,46	50,47	24,21	53,13	22,17	48,71	60,01	101,54	
> 75 jr.	69,27	52,73	21,3	81,04	21,09	44,08	25,84	67,54	21,37	19,16	23,87	99,53	60,03	20,64	55,76	20,21	62,86	25,32	74,63	91,22	92	
gem. et d.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	53,11	—	—	—	—

Activity, vrouwen, ogen open, source, gecorrigeerd.																					
A.n.	Fpl	F7	F3	T3	C3	T5	P3	O1	F0	C0	P0	Fp2	F8	F4	T4	C4	T6	P4	O2	A1	A2
-25 jr.	91,29	46,23	41,04	60,68	38,43	31,73	17,33	32,02	27,03	24,77	19,7	90,44	54,01	66,43	67,94	31,88	31,96	15,4	41,22	69,47	69,93
25-29 jr.	60,3	58,22	25,81	96,28	15,84	30,96	11,74	30	15,8	20,76	13,29	80,37	39,03	19,37	80,64	16,58	39,75	14,61	42,95	74,97	90,89
30-34 jr.	75,41	69,82	33,83	55,62	29,89	29,82	24,3	31,87	15,3	14,46	10,37	62,95	41,96	38,17	56,72	11,36	23,27	7,73	21,22	91,89	65,27
35-39 jr.	75,72	47,15	28,31	110,64	17,21	36,18	13,12	24,91	15,34	13	15,93	84,58	44,97	55,61	83,91	21,3	43,39	15,99	33,08	175,33	134,27
40-44 jr.	94,73	54,28	39,34	91,32	16,57	42,02	12,89	31,82	15,32	11,59	15,24	69,59	53,77	45,41	179,65	24,91	50,2	15,57	26,44	160,02	89,03
45-49 jr.	55,12	71,53	28,03	179,98	24,37	76,29	22,57	60,17	30,7	14,01	23,87	54,36	65,46	26,59	108,13	23,12	51,4	31,32	43,34	63,3	86,62
50-54 jr.	93,09	66,2	30,91	89,09	17,63	29,17	10,75	36,9	12,54	12,17	14,03	87,19	68	37,08	82,21	16,41	39,36	11,18	53,96	77,9	92,47
55-59 jr.	92,27	124,34	60,83	97,4	19,28	41,26	14,96	47,61	24,59	14,73	20,9	84,21	74,55	58,06	89,15	24,25	62,94	16,78	55,57	110,23	145,11
60-64 jr.	66,1	63,67	43,58	67,95	22,89	44,64	13,7	34,25	12,53	15,24	13,78	63,13	69,85	37,18	85,71	24,56	37,39	14,78	39,92	95,24	70,4
65-69 jr.	174,48	141,22	111,14	95,85	51,27	37,13	29,99	44,9	21,71	17,63	20,43	127,53	216,61	92,74	97,14	22,56	39,66	16,2	52,1	63,31	67,56
70-74 jr.	113,8	104,03	69,28	102,34	24,17	31,17	19,23	29,19	18,31	16,12	19,99	127,66	169,14	66,74	66,22	23,37	48,26	20,25	35,1	58,92	79,33
> 75 jr.	117,08	112,69	67,58	77,22	23	38,32	22,82	48,37	22,85	18,29	21,75	146,08	168,18	90,97	86,35	36,86	49,29	22,77	53,01	92,07	75,79
	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	79,44	--	--	--	--	40,95*	--	--	--	--

Complexity, mannen, ogen dicht, mean common average, gecorrigeerd.																					
Añ.	Fpl	F7	F3	T3	C3	T5	P3	O1	F0	C0	P0	Fp2	F8	F4	T4	C4	T6	P4	O2	A1	A2
-25 jr.	20,84	21,36	19,54	21,53	19,94	18,89	18,03	15,45	18,4	19,15	17,42	21,17	21,36	20,15	21,26	20,37	19,03	18,46	16,14	21,43	21,84
25-29 jr.	22,78	23	20,73	22,19	20,2	19,96	18,62	17,18	19,15	19,65	18,43	22,85	22,86	21,47	22,09	20,45	19,82	19,43	18,44	22,28	22,52
30-34 jr.	21,49	22,31	19,39	20,86	18,97	19,96	17,76	16,02	17,87	18,48	17,69	21,87	22,29	20,96	20,87	20,15	18,83	18,01	15,85	21,76	21,47
35-39 jr.	22,89	21,94	20,53	21,28	19,93	18,95	19,09	16,58	18,7	18,92	18,62	22,73	22,58	20,75	20,89	20,58	18,84	19,27	18,05	22,96	22,83
40-44 jr.	23,66	23,28	21,59	22,2	21,25	20,59	20,43	18,8	19,69	19,82	19,57	23,65	23,03	22,28	21,78	22,01	20,82	20,57	19,2	22,6	22,68
45-49 jr.	22,58	22,4	20,7	21,22	19,93	19,53	19,09	17,35	18,49	19,14	18,93	22,36	22,24	21,04	21,69	20,5	18,93	18,75	17,27	22,72	22,27
50-54 jr.	22,53	21,97	20	20,49	19,43	18,23	18,4	16,78	18,53	18,82	18,58	22,16	22,44	20,52	21,41	19,73	18,01	18,51	17,75	22,26	21,71
55-59 jr.	23,12	22,15	21,18	20,65	20	19,31	20,46	18,44	19,85	19,76	20,07	22,85	22,1	21,39	21,36	20,29	19,8	20,86	19,43	21,64	21,92
60-64 jr.	24,34	23,27	22,44	20,75	21,44	20,34	20,94	19,64	20,83	20,86	20,23	24,19	23,47	22,17	21,68	22,02	21,03	21,23	20,74	22,98	22,45
65-69 jr.	20,89	20,79	20,05	19,58	18,85	18,09	17,81	16,67	17,82	18,02	17,79	21	20,53	20,27	19,83	19,13	17,51	17,72	17,37	20,38	19,95
70-74 jr.	22,4	22,12	21,56	21,09	19,67	20,66	20,19	18,99	19,64	19,99	20,14	23,09	21,47	21,44	20,58	20,21	20,6	19,57	18,72	21,99	21,63
> 75 jr.	22,82	21,68	20,77	20,97	19,76	19,84	19,2	19,49	19,32	19,14	19,46	22,7	22,41	20,99	21,88	20,01	19,94	19,96	20,67	22,02	22,21
gem. a.d.	2,73*	2,69	2,90	2,15	2,52	2,73	3,24	3,91	3,19	2,77	3,62	2,71	2,68	2,73	2,29	2,41	3,16	3,32	4,1	2,08	2,09

Complexity, mannen, ogen open, mean common average, gecorrigeerd.																					
Age	Fp1	F7	F3	T3	C3	T5	P3	O1	F0	C0	P0	Fp2	F8	F4	T4	C4	T6	P4	O2	A1	A2
<25 jr.	21.83	21.74	20.68	21.66	20.78	20.59	19.99	19.21	20.07	20.93	19.17	22.18	22.25	21.24	21.64	21.44	20.63	20.87	20.79	22.6	22.27
25-29 jr.	23.17	22.9	21.69	21.53	20.87	21.53	20.41	21.39	21.19	22.09	20.9	23.25	22.44	22.33	21.36	21.25	21.97	21.82	22.45	22.86	23.03
30-34 jr.	22.52	22.56	22.26	20.81	20.81	21.64	20.31	20.91	20.8	21.15	20.21	22.27	22.31	22.1	22.21	21.17	21.37	21.14	21.64	22.85	22.74
35-39 jr.	22.26	21.63	21.08	21.4	21.32	20.77	20.98	21.17	21.21	21.3	20.75	22.44	21.97	21.13	20.47	21.47	21.04	21.22	21.73	23.17	23.07
40-44 jr.	21.93	21.4	21.36	20.18	21.58	21.53	22.16	22.58	21.61	22.22	22.45	22.6	21.87	21.82	21.1	22.21	22.02	22.66	23.56	23.1	23.28
45-49 jr.	23.62	22.36	22.47	21.38	20.8	20.24	20.46	20.41	20.79	21.03	20.69	23.88	22.65	22.36	21.45	21.1	20.73	20.68	21.47	23.04	22.59
50-54 jr.	22.09	21.6	21.33	19.78	20.48	20.62	21	21.46	21.16	20.93	21.17	22.12	21.8	20.62	20.07	20.15	20.42	20.69	22.2	22.98	22.48
55-59 jr.	22.88	21.1	21.66	20.73	21.18	20.41	21.43	21.13	22	21.8	21.81	22.32	22.02	22.33	21.18	21.01	21.64	22.24	22.07	22.5	22.28
60-64 jr.	23.17	21.41	21.69	19.66	21.5	20.84	21.97	22.41	22.27	21.98	21.96	23.23	21.12	21.9	20.49	21.62	21.96	22.58	1.44	23.35	22.12
65-69 jr.	19.65	19.24	19.69	18.99	19.02	19.11	19.58	20.53	19.61	20.17	20.2	20.02	19.7	20.32	18.79	19.34	19.35	19.47	20.97	21.3	20.85
70-74 jr.	20.28	19.94	20.98	20.77	20.25	20.96	21.57	21.44	21.94	21.42	21.56	19.96	20.72	18.88	20.3	20.53	21.18	20.95	21.66	22.34	21.74
> 75 jr.	22.51	22.18	21.54	21.16	20.58	20.65	20.13	21.41	20.64	20.18	20.52	21.86	21.34	20.86	21.77	20.31	20.73	20.77	22.77	22.52	22.66
gem. s.d.	2.45	2.60	2.46	2.34	2.20	1.91	2.65	2.63	2.37	2.25	3.03	2.20*	2.40	2.27	2.48	2.15	2.12	2.54	=	1.89	1.96

Complexity, vrouwen, ogen open, mean common average, gecorrigeerd.																					
Ad.	Fpl	F7	F3	T3	C3	T5	P3	O1	F0	C0	P0	Fp2	F8	F4	T4	C4	T6	P4	O2	A1	A2
25 jr.	21,96	21,72	21,33	21,65	20,17	21,3	19,95	20,41	20,65	20,85	19,8	21,73	22	20,98	21,44	20,75	21,61	20,84	21,66	23,11	23,28
25-29 jr.	23,07	21,77	9,7	20,54	20,43	20,39	20,28	21,15	20,79	21,21	21,22	23,47	22,89	21,79	20,29	20,61	20,61	21,1	22,31	23,38	23,47
30-34 jr.	22,56	22,66	20,86	21,92	22,17	22,19	22,51	22,7	22,56	22,41	22,12	22,92	23,63	21,6	22,45	22,33	22,39	22,6	22,52	23,95	23,96
35-39 jr.	22,82	21,84	21,38	19,82	20,92	20,74	21,43	22	21,63	20,92	22,03	22,1	22,69	20,32	19,81	20,86	20,67	21,83	22,39	23,31	23,76
40-44 jr.	20,83	21,13	19,9	18,79	19,39	19,49	19,77	20,96	20,85	20,8	20,5	21,45	22,26	19,69	17,78	19,84	19,87	19,79	21,23	23,3	22,96
45-49 jr.	22,75	21,93	20,3	19,24	20,03	20,35	19,79	21,14	20,59	20,66	20,37	22,78	21,85	20,96	19,14	19,8	20,2	19,86	21,32	22,4	22,43
50-54 jr.	22,46	21,57	20,35	20,13	20,62	20,37	20,08	20,74	21,03	21	20,45	21,85	22,08	21,01	20,15	20,64	20,65	20,88	21,47	22,6	22,61
55-59 jr.	20,93	19,88	18,88	19,66	19	19,11	18,41	20,24	20,36	20,11	19,33	20,27	20,31	19,58	19,8	19,58	19,57	18,74	20,31	21,48	21,64
60-64 jr.	19,36	18,71	18,8	18,84	17,51	17,87	17,42	19,67	19,08	19,12	19,6	19,63	18,81	18,91	19,01	17,75	17,82	18,29	20,23	21,61	20,92
65-69 jr.	19,39	19,26	18,52	19,12	19,42	19,48	19,59	20,67	20,48	20,41	20,46	19,3	19,28	17,83	19,22	19,11	19,72	19,53	21,73	20,88	21,32
70-74 jr.	20,46	20,84	19,36	19,54	19,39	19,6	19,69	20,83	20,45	20,29	20,44	20,52	19,68	19,83	20,4	19,28	19,4	20,06	21,88	22,4	22,16
> 75 jr.	20,42	19,58	19,31	21	20,42	20,1	20,16	21,06	21,57	21,46	21,5	20,44	19,97	19,46	20,34	19,99	21,24	20,85	21,99	22,77	22,4
gem. et d.	2,66*	2,38	2,05*	2,45	2,44	1,88	2,57	2,15	2,23	2,27	2,50*	2,52	2,32	2,12	2,30	2,35	2,33	2,29	==	1,68*	1,67*

Complexity, vrouwen, ogen dicht, mean common average, gecorrigeerd.																					
A.n.	Fp1	F7	F3	T3	C3	T5	P3	O1	F0	C0	P0	Fp2	F8	F4	T4	C4	T6	P4	O2	A1	A2
-25 jr.	22,7	22,35	19,76	20,99	19,2	19,45	18,16	15,46	18,37	18,5	17,8	22,39	21,68	20,64	20,31	20,1	18,38	18,3	15,54	21,89	22,11
25-29 jr.	22,82	21,84	20,13	20,34	19,55	18,51	18,93	17,09	19,04	19,4	19,1	23,13	22,43	20,52	20,36	19,96	18,39	18,96	17,9	22,56	22,77
30-34 jr.	23,16	22,95	21,21	22,13	20,66	20,5	20,09	18,76	19,57	19,79	18,93	23	23,03	21,21	23,04	21,5	18,9	19,48	17,88	22,21	22,44
35-39 jr.	23,43	22,6	20,8	20,18	19,98	19,92	19,61	18,73	20,26	19,58	20,41	23,61	23,14	20,77	19,68	20,47	19,37	20,09	18,68	22,58	23,02
40-44 jr.	22,91	21,54	19,98	19,12	19,38	19,61	18,58	17,77	19,2	19,16	18,48	22,77	21,74	20,4	18,15	19,66	19,17	18,74	17,62	22,59	22,34
45-49 jr.	22,68	21,49	19,59	18,89	19,2	19,35	18,99	17,69	19,23	18,95	18,93	22,87	21,57	20,19	18,38	19,18	18,71	18,79	18,07	21,73	21,58
50-54 jr.	23,31	22,13	20,64	20,07	19,5	19,08	18,39	17,25	19,33	19,33	18,05	23,07	21,81	20,58	19,64	19,95	18,65	18,64	17,79	21,59	21,64
55-59 jr.	22,4	21,54	19,32	18,78	18,22	17,82	17,63	18,3	19,09	18,71	18,53	21,97	21,46	19,84	19,83	18,66	18,53	18,07	18,68	21,37	21,45
60-64 jr.	20,85	19,95	19,29	18,61	17,67	17,39	17	17,6	18,25	18,62	17,89	21,18	19,7	19,48	18,58	18,06	17,68	17,68	17,76	21,08	20,33
65-69 jr.	21,87	21,37	20,14	19,11	18,58	18,36	18,22	17,82	19,18	19,24	19,05	21,85	21	19,65	19,64	18,46	17,55	17,95	18,05	20,23	20,81
70-74 jr.	22,77	21,93	19,84	20,31	18,82	18,64	18,4	18,88	19,19	19,43	19,04	22,26	21,98	19,93	20,37	19,03	18,65	18,86	19,82	21,73	21,49
> 75 jr.	23,21	21,98	20,45	21,18	19,24	19,18	18,75	18,88	19,51	19,76	19,91	23,09	21,98	20,52	21,19	20,06	19,65	19,5	18,58	22,47	22,46
gem. a.d.	2,63	2,20	2,79	2,1717	—	2,48	3,21	4,11	3,19	2,96	3,49	2,65	2,49	2,67	2,29	2,27	3,06	3,10	4,02	2,03	2,07

Complexity, vrouwen, ogen open, source, gecorrigeerd.																					
An.	Fp1	F7	F3	T3	C3	T5	P3	O1	F0	C0	P0	Fp2	F8	F4	T4	C4	T6	P4	O2	A1	A2
25-34 jr.	22,34	22,36	21,13	21,5	20,39	22,07	21,34	21,07	22,08	21,46	19,68	22,03	22,33	20,09	21,38	20,73	21,72	21,89	22,15	23,11	23,28
25-29 jr.	23,5	21,64	20,34	20,6	20,61	21,02	21,39	21,97	22,62	21,48	20,97	23,51	23,09	21,18	20,06	21,11	20,72	21,66	22,85	23,38	23,47
30-34 jr.	21,73	4,15	18,91	21,81	22,45	22,66	23,74	23,59	23,39	22,69	22,25	22,69	23,3	20,9	22,51	22,74	22,97	23,6	23,03	23,95	23,96
35-39 jr.	22,3	20,9	19,67	19,71	20,81	20,99	22,05	22,56	22,61	21,14	22,06	21,33	21,48	18,73	19,22	20,76	20,52	22,42	22,85	23,31	23,76
40-44 jr.	20,23	20,73	18,97	18,42	19,83	19,4	20,63	21,54	21,81	20,91	20,08	21,07	21,53	18,57	17,34	19,85	19,64	20,29	21,52	23,3	22,96
45-49 jr.	23,08	21,43	19,57	19,32	20,04	20,8	20,55	21,97	22,66	21,32	20,63	23,18	21,97	19,84	19,09	19,88	20,34	20,32	21,84	22,4	22,43
50-54 jr.	22,99	20,49	18,57	20,01	20,75	20,6	21,27	21,63	22,79	21,23	20,23	21,69	21,32	19,78	20,23	21,03	20,61	21,9	21,88	22,6	22,61
55-59 jr.	20,46	19,31	16,89	19,38	19,32	19,16	19,58	20,95	21,89	20,6	19,61	20,13	19,87	17,4	19,76	19,76	20,33	20,01	20,83	21,47	21,63
60-64 jr.	18,59	18,38	17,04	18,73	17,47	18,82	18,3	20,26	20,28	19,73	20,4	18,89	18,59	17,36	19,16	17,73	18,21	19,23	20,52	21,6	20,93
65-69 jr.	18,93	18,77	17,19	18,75	19,45	19,98	20,4	21,43	20,15	20,62	20,3	18,54	18,15	15,89	19,08	19,06	20,27	20,41	22,43	20,88	21,32
70-74 jr.	20,46	20,46	18,62	19,58	19,72	20,11	20,83	21,51	21,38	20,71	20,31	20,09	19,02	18,17	20,24	19,29	19,33	21,29	22,2	22,4	22,16
> 75 jr.	19,38	19,22	16,93	20,79	20,23	20,51	21,01	21,75	21,58	21,86	21,74	19,36	19,21	17,03	20,16	19,76	21,53	22,03	22,64	22,77	22,4
gem.d.	3,44	=	2,99	2,79	2,64	1,97	2,58	2,15	2,12*	2,48	2,56*	3,39	2,92*	2,97*	2,69	2,72	2,47	2,29	=	1,68*	1,67*

Complexity, mannen, ogen dicht, source, gecorrigeerd.																					
A.n.	Fpl	F7	F3	T3	C3	T5	P3	O1	F0	C0	P0	Fp2	F8	F4	T4	C4	T6	P4	O2	A1	A2
-24 jr.	24,96	23,84	23,08	21,71	21,72	20,08	20,43	16,07	22,78	20,82	17,22	24,95	22,99	22,37	21,31	21,76	20,19	20,35	17,14	21,43	21,84
25-29 jr.	25,52	25,26	23,45	22,6	21,24	20,76	20,21	18,25	23,29	21,28	18,61	25,43	24,95	23,35	22,5	21,46	20,39	20,87	19	22,28	22,52
30-34 jr.	25,53	24,36	24,02	21,6	21,4	20,91	19,43	17,03	22,69	20,23	17,19	24,83	24,04	23,93	21,09	21,25	19,39	19,74	16,29	21,76	21,47
35-39 jr.	25,19	23,24	22,21	21,67	21,81	20,15	21,46	17,89	23,06	20,7	17,85	25,36	24,25	22,58	20,84	21,73	19,47	20,87	19,12	22,96	22,83
40-44 jr.	26,27	24,74	24,13	21,99	22,35	20,99	21,8	19,62	23,52	21,4	18,82	25,8	24,29	23,99	21,32	22,69	21,59	22,09	19,88	22,6	22,68
45-49 jr.	25,99	24,6	23,63	20,92	21,21	20,03	20,27	18,08	22,88	20,62	18,82	25,58	23,64	23,3	21,53	21,39	19,34	19,81	18,27	22,72	22,27
50-54 jr.	25,63	23,75	23,09	20,29	20,75	19,49	20,19	17,66	22,61	20,45	18,32	25,26	24,31	23,12	21,35	20,45	18,41	19,68	18,42	22,26	21,71
55-59 jr.	25,75	23,12	22,87	21,02	21,1	20,2	21,91	19,27	23,58	21,44	19,99	25,55	23,45	22,67	21,72	20,94	20,56	22,19	19,89	21,64	21,92
60-64 jr.	26,01	24,17	23,76	20,76	22,24	21,14	22,51	20,72	24,18	21,96	20,02	25,6	24,09	23,44	21,63	23,15	21,16	22,26	21,22	22,98	22,45
65-69 jr.	23,5	22,96	22,23	19,5	20,01	18,95	19,32	17,97	22,32	19,69	18,52	24,08	22,62	21,52	19,22	19,69	18,24	19,31	18,52	20,38	19,95
70-74 jr.	24,19	23,66	23,13	21,38	20,98	21,38	21,82	20,6	23,13	21,57	20,77	24,48	22,2	21,55	20,24	20,96	21,44	21,26	19,8	21,99	21,63
> 75 jr.	24,68	22,96	23,35	21,84	20,88	21,16	21,06	21	22,58	20,32	19,91	24,43	23,37	22,36	22,34	20,82	20,8	21,34	21,88	22,02	22,21
gem.s.d.	1,51	2,10	2,39	2,37	2,40	2,46	2,97	3,7558	1,94	2,47	3,53	1,47	2,24	2,61	2,54	2,47	2,89	3,10	3,89	2,08	2,09

Complexity, mannen, ogen open, source, gecorrigeerd.																					
A0.	Fp1	F7	F3	T3	C3	T5	P3	O1	F0	C0	P0	Fp2	F8	F4	T4	C4	T6	P4	O2	A1	A2
-25 jr.	23,05	22,61	22,22	21,72	21,72	21,12	22,02	20,62	23,09	21,81	19,53	23,65	23,35	22,55	21,72	22,04	21,14	22,46	22,21	22,6	22,27
25-29 jr.	24,52	24,17	23,12	22,04	21,33	22,17	21,97	22,73	23,22	22,48	21,42	24,15	22,93	23,15	21,35	22,01	22,22	22,94	23,02	22,86	23,03
30-34 jr.	22,74	22,16	22,97	20,75	21,59	22,55	21,98	22,3	22,97	21,53	20,08	22,12	22,6	22,21	22,31	21,59	21,84	22,27	22,41	22,85	22,74
35-39 jr.	21,91	21,28	19,96	21,35	22,03	21,2	22,7	22,55	22,85	21,95	20,49	22,05	21,19	19,76	20,11	21,28	21,42	21,96	22,58	23,17	23,07
40-44 jr.	21,48	20,96	20,68	19,88	21,51	21,81	23,38	23,66	22,55	22,67	22,39	22,72	21,37	21,4	20,77	22,47	22,27	23,95	24,38	23,1	23,28
45-49 jr.	23,74	22,32	22	21,43	21,23	20,53	21,42	20,85	23,51	21,64	20,75	24,6	22,3	22,28	21,15	21,6	20,93	21,86	22,04	23,04	22,59
50-54 jr.	21,25	21,96	20,99	19,32	20,99	21,52	22,35	22,25	22,74	21,37	21,11	21,87	21,91	20,33	19,89	20,55	20,8	21,8	22,88	22,98	22,48
55-59 jr.	22,48	20,73	21,09	20,62	21,68	21,09	22,98	22,03	23,73	22,62	22,16	22,01	21,34	21,17	21,34	21,22	22,24	23,51	22,72	22,5	22,28
60-64 jr.	23,19	21,54	21,35	19,55	21,78	21,18	23,18	23,3	23,76	22,47	22,3	23,62	21,31	22,04	20,39	22,42	22,08	23,74	23,64	23,35	22,12
65-69 jr.	20,13	18,7	19,09	18,97	19,69	19,72	21,12	21,78	21,41	21,07	20,86	19,83	19,33	19,05	18,4	19,99	19,83	20,92	22,11	21,3	20,86
70-74 jr.	19,34	19,12	19,83	20,86	21,03	21,43	22,57	22,64	22,96	22,66	21,7	18,94	20,05	17,23	20,5	20,72	21,57	22,03	22,47	22,34	21,74
> 75 jr.	21,94	21,83	21,16	21,69	21,1	21,82	21,58	22,66	22,88	20,92	20,54	20,96	20,46	18,98	21,99	20,84	21,56	22,05	23,83	22,52	22,66
gem.a.d.	==	==	3,53	2,72	2,45	2,07	2,53	2,51	2,09	2,24	2,94	2,92	3,13	3,40	2,90	2,49	2,25	2,40	2,36	1,89	1,96

Complexity, vrouwen, ogen dicht, source, gecorrigeerd.																					
	Fp1	F7	F3	T3	C3	T5	P3	O1	F0	C0	P0	Fp2	F8	F4	T4	C4	T6	P4	O2	A1	A2
20-24 jr.	25,43	24,35	22,97	21,17	20,54	20,03	19,76	16,14	22,81	20,07	16,67	24,71	23,19	21,62	20,27	20,97	19,29	20,03	15,99	21,89	22,11
25-29 jr.	25,64	23,19	22,3	20,56	20,8	19,67	20,46	17,98	22,89	20,45	18,21	25,33	24,09	22,48	20,17	21,16	19,28	20,12	18,44	22,56	22,77
30-34 jr.	26,14	24,01	23,03	23,03	22,8	21,02	21,92	19,52	23,83	21,22	18,53	26,04	25,08	23,5	23,42	22,94	20,15	21,19	18,29	22,21	22,44
35-39 jr.	25,29	23,7	21,48	20,22	20,69	20,1	20,76	19,12	23,08	20,46	20,06	25,37	24,24	20,96	19,36	20,69	19,21	20,91	19,18	22,58	23,02
40-44 jr.	25,08	22,93	21,49	18,97	20,24	19,6	19,96	18,46	22,51	20	17,88	25,46	22,88	21,23	17,97	20,25	19,52	19,95	18,17	22,59	22,34
45-49 jr.	25,26	22,47	21,24	18,66	19,89	19,84	20,3	18,61	22,65	20,13	18,57	25,33	22,58	21,09	18,19	19,28	19,01	19,6	18,5	21,73	21,58
50-54 jr.	25,54	23,38	21,28	20,15	20,14	19,54	19,91	18,01	23,22	20,77	17,71	25,2	22,92	21,3	19,72	20,6	19,12	20,18	18,58	21,59	21,64
55-59 jr.	24,99	22,82	20,15	18,79	18,9	18,55	18,9	18,86	22,14	19,77	18,53	24,28	22,57	20,46	19,91	19,27	19,03	19,1	18,95	21,35	21,43
60-64 jr.	23,59	21,1	20,7	18,96	18,24	18,16	17,79	18,66	21,68	19,61	18,47	23,46	20,63	20,75	18,76	18,29	17,69	18,26	18,52	21,08	20,33
65-69 jr.	23,69	22,33	20,82	19,19	19,29	19,24	19,34	18,51	21,65	20,17	18,54	23,4	21,95	19,86	19,73	18,78	18,09	19,15	18,46	20,23	20,81
70-74 jr.	24,89	23,35	21,51	20,64	19,76	19,52	19,61	19,64	22,29	20,56	19,09	24,27	22,87	21,41	20,88	19,54	19,16	19,89	20,72	21,73	21,49
> 75 jr.	24,76	23,07	21,37	21,74	20,1	20,42	20,13	19,87	23,05	20,91	20,7	24,89	23,06	21,26	21,48	20,7	20,44	20,86	19,29	22,47	22,46
gem a.d.	—	2,08	2,64	2,57	2,61	2,21	3,03	3,97	1,95	2,78	3,5	*	2,11	2,56	2,53	2,36	*	2,9	3,88	2,03	2,07

[illegible]

Mobility, mannen, ogen open, source, gecorrigeerd.																					
A.n.	Fp1	F7	F3	T3	C3	T5	P3	O1	F0	C0	P0	Fp2	F8	F4	T4	C4	T6	P4	O2	A1	A2
-25 jr.	12,81	12,27	13,55	14,73	12,19	12,78	9,19	9,33	9,2	8,71	8,92	10,6	11,93	12,87	14,26	12,51	12,04	9,59	9,35	8,42	9,11
25-29 jr.	11,44	11,09	13,32	14,15	13,49	13,39	11,25	8,96	10,48	10,01	9,46	11,55	12,72	12,63	15,15	12,97	12,54	11,58	10,22	10,45	10,21
30-34 jr.	14,55	15,17	13,23	16,28	13,59	13,06	10,66	9,38	10,96	10,62	9,68	14,99	13,86	14,23	14,95	13,44	13,41	11,03	10,57	10,32	10,7
35-39 jr.	16,03	16,73	18,21	15,96	14,27	14,85	11,14	8,54	12,94	11,13	10,57	15,59	16,7	18,26	17,39	15,98	13,97	13,13	10,61	9,63	10,15
40-44 jr.	16,59	15,82	17,28	18,46	15,81	14,57	11,68	9,84	12,53	11,48	9,02	14,55	15,99	16	17,13	15,13	14,17	11,49	10,81	11,82	11,09
45-49 jr.	14,64	15,81	16,55	16,41	13,9	15,49	12,38	12,31	11,02	10,69	10,01	12,12	15,59	15,45	17,05	13,32	14,79	11,92	11,26	10,98	11,55
50-54 jr.	17,41	15,83	17,68	19,56	15,41	13,96	11,37	10,82	12,81	11,52	9,35	15,79	15,56	17,32	18,06	15,47	15,24	12,29	12,2	10,87	11,81
55-59 jr.	15,34	17,11	16,06	18,01	14,47	15,42	10,85	11,25	11,51	9,6	8,93	16,02	16,81	16,64	16,06	14,42	13,59	9,77	9,83	12,21	11,45
60-64 jr.	14,68	15,78	15,28	18,58	14,52	14,76	10,8	9,96	11,04	9,87	9,14	12,96	17,14	15,81	18,59	14,3	13,82	11,65	11,25	11,9	14,28
65-69 jr.	16,35	17,71	16,88	17,08	14,62	14,9	10,85	8,93	13,08	10,58	9,22	17,13	17,33	17,82	18,73	15,11	14,86	12,1	9,67	11,69	12,54
70-74 jr.	19,42	19,46	18,8	16,5	14,97	14,34	9,22	10,34	13,25	10,33	7,45	19,72	18,48	21,12	16,27	15,94	15,28	12,32	11,29	12,56	14,31
> 75 jr.	15,95	15,66	16,64	14,96	14,36	12,57	10,43	9,18	12,55	10,62	8,14	17,26	17,4	19,54	14,51	13,75	12,74	9,95	8,23	11,26	11,97
gem. at d.	4,81	4,98*	5,33	4,60	3,97	3,94	3,27	3,29	=	2,39*	=	5,10	5,17	5,09	4,82	3,78	3,94	3,22	3,36	2,61	2,74*

Mobility, vrouwen, ogen dicht, source, gecorrigeerd.																					
An.	Fp1	F7	F3	T3	C3	T5	P3	O1	F0	C0	P0	Fp2	F8	F4	T4	C4	T6	P4	O2	A1	A2
-25 jr.	8,79	10,94	12,72	15,79	12,49	13,62	10,92	10,74	9,04	9,15	10,04	8,85	12,13	14,13	16,01	12,96	13,03	12,03	11,04	10,6	10,53
25-29 jr.	8,1	11,85	14,39	16,78	13,65	13,3	12,4	10,16	9,76	10,06	10,07	7,95	11,18	13,97	18,47	13,37	12,17	12,36	10,19	9,66	9,14
30-34 jr.	7,67	10,32	15,11	13,03	12,57	13,14	10,79	11,01	9,46	10,13	10,62	7,15	8,89	12,51	12,28	12,59	12,09	12,01	11,73	10,16	9,79
35-39 jr.	9,09	12,52	15,69	17,2	14,64	14,52	12,83	12,52	10,83	11,36	10,6	8,4	10,75	15,89	18,57	15,05	15,24	13,84	12,14	10,64	10,79
40-44 jr.	10,81	14,73	15,87	19,67	15,73	17,23	13,03	13,43	10,55	11,19	11,06	7,66	13,68	15,55	20,68	15,97	15,54	14,06	13,29	11,04	11,91
45-49 jr.	8,94	12,94	15,66	18,98	15,88	15,33	13,15	11,53	10,49	11,13	10,34	7,64	11,95	15,41	18,8	16,24	14,97	13,76	12,32	12,21	12,05
50-54 jr.	9,48	12,91	16,56	17,69	15,47	14,27	12,97	11,85	11,34	11,3	11,3	8,83	13,52	15,23	17,66	14,63	13,06	12,83	10,82	11,71	11,41
55-59 jr.	9,78	13,48	17,11	18,34	15,55	15,38	13,65	12,85	11,07	12,1	10,75	9,31	13,05	16,08	16,56	14,93	13,84	12,94	12,28	11,31	11,02
60-64 jr.	8,31	12,6	14,42	14,83	13,78	14,38	12,61	11,4	10,37	10,89	10,67	8,17	12,79	13,64	15,24	14,7	14,64	13,1	11,51	10,49	10,52
65-69 jr.	10,02	13,08	15,25	18,08	14,77	13,23	11,62	10,78	12,2	11,4	10,15	9,88	12,65	16,01	15,69	15,52	12,74	11,98	9,78	12,5	11,87
70-74 jr.	10,28	11,34	15,18	15,04	13,35	13,9	11,68	11,44	11,7	11,17	10,88	10,44	12,76	14,6	13,67	13,9	14,14	11,67	12,21	12,58	12,74
> 75 jr.	11,71	12,63	15,85	13,91	13,49	13,89	11,19	10,54	11,36	11,27	10,21	10,22	12,85	15,46	14,97	13,67	13,25	11,62	11,17	12,25	13,06
gem. n.d.	3,91	4,30	3,76*	4,58	3,42*	3,76	2,93	2,98	2,40	1,95	1,59*	4,09	4,59	4,15*	4,72	3,39	3,35	=	2,73	=	2,49

Mobility, vrouwen, ogen open, source, gecorrigeerd.																					
Aan	Fpl	F7	F3	T3	C3	T5	P3	O1	F0	C0	P0	Fp2	F8	F4	T4	C4	T6	P4	O2	A1	A2
-25 jr.	14,43	13,61	15,18	15,61	12,79	13,45	11,11	10,83	11,19	9,68	9,83	13,82	14,52	16,3	15,73	13,52	13,15	12,13	10,59	10,27	10,29
25-29 jr.	13,62	15,56	17,03	16,97	14,3	13,76	12,56	10,39	11,33	10,37	10,23	13,12	14,01	16,75	17,52	13,86	13,26	13,01	10,36	9,43	9,02
30-34 jr.	16,13	5,6	19,7	15,49	14,3	13,39	10,98	10,48	12,42	10,95	10,65	14,69	13,06	17,34	14,58	14,46	12,62	12,9	11,87	9,17	9,92
35-39 jr.	16,1	17,31	18,33	17,91	15,25	15,15	12,67	11,66	13,63	12,19	10,06	16,65	16,74	19,02	19,02	16,28	15,55	13,47	11,48	10,04	10,27
40-44 jr.	18,18	16,99	19,57	20,01	15,97	17,98	14,54	13,27	14,04	12,62	11,44	16,05	16,28	19,75	20,61	16,4	17	15,64	14,08	11,05	11,71
45-49 jr.	14,07	15,93	18,44	17,96	16,07	14,63	13,72	11,42	12,32	11,33	10,51	13,68	14,7	18,65	17,48	15,54	15,03	13,64	11,83	11,51	11,05
50-54 jr.	16,15	18,22	20,44	18,26	15,77	15,13	13,32	11,58	13,71	13,04	11,29	15,56	16,79	18,43	17,81	15,02	14,63	13,29	10,78	11,03	10,95
55-59 jr.	18,58	18,68	21,54	18,6	17,16	16,74	13,57	11,99	14,09	12,57	10,85	18,3	18,25	21,03	17,99	15,86	14,09	13,23	11,51	11	10,53
60-64 jr.	17,9	17,58	19,42	16,9	15,86	15,17	13,41	11,21	14,5	11,99	10,36	17,72	17,23	19,29	16,56	15,94	15,06	13,35	11,37	10,25	11,16
65-69 jr.	18,79	19,35	21,02	19,18	16,05	15,33	11,44	10,88	17,14	12,83	10,55	19,32	19,9	22,1	18,85	17,56	14,66	13,03	10,25	14,1	13,41
70-74 jr.	17,23	17,49	19,68	17,45	15,61	16,04	12,17	12,31	14,84	12,51	10,76	18,27	19,18	20,15	17,17	16,07	17,15	11,93	12,59	13,28	12,83
> 75 jr.	19,69	18,87	21,75	16,99	16,18	16,57	11,92	12,93	16,04	12,52	10,37	19,98	19,54	21,76	18,28	16,95	15,36	12,24	12,37	12,33	13,57
gem. at.d.	4,88	—	4,13	4,54	3,87	3,74	3,06	3,15	3,59	2,33	1,90	5,16	4,58	4,09	4,56	—	3,70	—	3,37	—	2,70

Mobility, mannen, ogen dicht, mean common average, gecorrigeerd.																					
Afl.	Fp1	F7	F3	T3	C3	T5	P3	O1	F0	C0	P0	Fp2	F8	F4	T4	C4	T6	P4	O2	A1	A2
<25 jr.	6,85	9,27	9,26	13,65	10,85	10,83	9,32	10,15	8,55	8,86	8,83	6,29	10,43	10,21	14,51	12,12	10,96	10,17	9,89	8,81	8,68
25-29 jr.	7,04	8,02	9,44	12,5	11,72	11,75	10,12	9,39	9,03	9,58	9,08	6,78	7,65	9,23	11,88	12,09	11,53	10,43	9,99	10,19	9,7
30-34 jr.	6,39	8,66	8,6	12,47	11,41	10,74	10,39	9,51	8,54	9,57	9,45	6,65	8,84	9,12	13,97	12,09	11,31	10,38	11,03	9,71	10,48
35-39 jr.	8,78	10,73	11,04	12,97	11,17	11,41	10,36	9,15	9,69	10,17	10,23	8,03	9,36	10,64	14,13	12,17	11,9	10,63	10,42	9,85	9,8
40-44 jr.	6,89	7,72	9,25	13,33	11	12	10,42	9,88	9,41	10,1	9,48	7,15	8,76	9	14,01	12,15	11,37	10,99	10,64	10,74	10,32
45-49 jr.	7,44	9,81	9,69	16,44	12,19	13,14	10,89	10,77	9,74	10,34	9,7	6,92	9,9	9,92	14,17	12,1	13,01	11,2	10,52	10,67	10,9
50-54 jr.	8,34	9,47	10,42	15,88	12,26	11,96	10,94	11,4	10,06	10,79	9,69	7,77	9,51	10,8	14,38	13,08	13,29	11,77	12,28	10,95	11,86
55-59 jr.	7,96	11,35	10,55	14,94	12,66	13,58	10,98	11,3	9,74	9,82	9,48	8,18	10,64	10,57	13,76	12,94	12,41	10,64	10,58	12,74	11,39
60-64 jr.	7,98	10,4	9,81	15,83	12,67	12,77	10,81	10,91	9,24	10,2	9,61	7,76	10,6	11,27	14,8	12,46	11,78	11,65	10,44	11,27	12,63
65-69 jr.	9,13	8,86	9,83	13,77	11,71	12	10,6	10,28	10,08	10,67	9,6	8,15	8,94	10,86	14,14	12,76	12,34	11,3	9,69	9,95	11,32
70-74 jr.	9,61	10,05	10,65	13,54	12,58	11,86	9,85	9,25	9,5	10,19	8,19	8,86	11,93	12,22	14,39	13,65	12,22	11,67	10,02	11,19	13,01
> 75 jr.	8,21	9,84	9,9	12,38	11,51	11,89	10,72	9,37	9,25	10,26	8,56	8,74	10,33	11,63	12,84	12,65	12,2	10,61	9,18	11,42	12,1
gem. n.d.	2,50	3,75	2,60	4,35	2,64	3,03	1,97	2,26	1,89	2,03*	1,95	2,26*	3,62*	2,88	4,53	2,92	2,96	2,14*	2,37*	2,48	2,48

Mobility, mannen, ogen open, mean common average, gecorrigeerd.																					
A0.	Fp1	F7	F3	T3	C3	T5	P3	O1	F0	C0	P0	Fp2	F8	F4	T4	C4	T6	P4	O2	A1	A2
-25 jr.	10,99	10,81	10,83	13,67	11,15	11,77	9,26	9,23	8,47	8,43	8,63	9,25	10,61	10,86	13,52	11,64	11,7	9,94	9,29	8,42	9,11
25-29 jr.	10,15	10,23	11,37	13,37	12,52	12,63	10,81	9,27	9,84	9,69	9,16	10,7	11,32	11,5	14,63	13,16	12,36	11,32	10,39	10,45	10,21
30-34 jr.	13,05	13,54	11,21	15,17	12,84	12,2	10,4	9,36	9,94	10,32	9,47	13,48	12,66	12,8	14,09	12,78	12,86	10,72	10,68	10,32	10,7
35-39 jr.	13,83	14,6	14,34	14,45	12,58	13,23	10,79	9,04	10,96	10,61	10,36	13,44	14,69	15,31	16,01	14,08	13,04	12,12	10,43	9,63	10,15
40-44 jr.	14,73	14,49	14,81	17,64	14,16	13,26	11,51	9,79	11,58	10,58	9,77	13,02	14,41	14,57	16,03	14,34	14,01	12,28	11,24	11,82	11,09
45-49 jr.	12,3	13,65	13,08	15,43	13,05	14,19	11,67	11,66	10,61	10,49	9,81	10,76	13,6	12,89	15,97	12,84	14,11	12,04	11,25	10,92	11,55
50-54 jr.	14,86	14,07	14,41	18,57	14,16	13,12	11,31	10,8	11,24	11,52	9,97	14,38	14,28	15,66	17,42	14,89	14,9	12,55	12,27	10,87	11,81
55-59 jr.	13,8	15,79	13,88	17,23	13,76	14,75	11,54	11,16	10,34	10,13	9,45	14,07	14,82	14,04	15,63	14,33	13,75	10,87	10,07	12,21	11,45
60-64 jr.	13,41	14,96	13,91	18,25	14,41	14,17	11,88	10,71	11,37	11,11	10,84	12,6	16,7	14,87	18,13	14,74	13,37	13,14	3,28	11,9	14,28
65-69 jr.	14,43	16,07	14,38	16,14	14,22	14,3	11,28	9,7	11,96	11,16	9,5	14,87	15,77	14,95	17,54	14,55	14,56	12,29	10,11	11,69	12,54
70-74 jr.	17,31	17,77	16,49	15,63	15,31	14,4	11,23	10,84	10,96	11,98	8,79	18,03	17,31	19,17	15,97	15,82	14,86	13,1	11,25	12,56	14,31
> 75 jr.	13,79	14,16	14,3	14,18	13,56	12,41	11,24	9,46	10,07	10,72	8,72	15,28	15,71	16,45	13,77	13,3	12,32	11,33	8,62	11,26	11,97
gem. st.d.	4,27*	=	4,30	4,22	=	3,44	2,27	2,68	2,43*	=	=	4,24	4,31	3,72	4,52	2,90*	3,32*	2,25*	=	2,57	2,70*

Mobility, vrouwen, ogen dicht, mean common average, gecorrigeerd.																					
Afn.	Fpl	F7	F3	T3	C3	T5	P3	O1	F0	C0	P0	Fp2	F8	F4	T4	C4	T6	P4	O2	A1	A2
-25 jr.	8,07	9,51	9,71	14,88	11,21	12,4	10,38	10,36	8,95	9,56	9,62	8,28	10,68	10,78	15,23	11,74	11,84	10,84	10,64	10,6	10,53
25-29 jr.	7,51	10,3	11,01	16,17	12	12,2	11,16	9,73	9,9	10,18	10,18	7,29	9,67	10,86	17,66	12,37	11,29	11,26	9,95	9,66	9,14
30-34 jr.	7,32	9,04	10,71	12,58	11,34	12,46	10,68	10,63	9,3	9,88	9,93	7,4	8,93	10,63	12,02	12,45	11,66	11,56	11,27	10,16	9,79
35-39 jr.	8,3	10,9	11,89	16,66	13,34	13,52	12,33	11,71	10,03	11,27	10,47	8,04	9,92	12,94	17,92	13,85	14,07	12,55	11,82	10,64	10,79
40-44 jr.	9,74	13,11	12,8	19,14	14,12	16,06	12,19	12,92	10,82	11,67	11,27	7,89	11,7	12,67	20,23	14,5	14,15	12,88	12,53	11,04	11,91
45-49 jr.	8,51	11,67	12,5	18,31	14,45	14,17	12,14	11,49	10,92	12,03	10,74	7,94	10,61	12,81	18,09	14,84	14,16	12,5	11,76	12,21	12,05
50-54 jr.	8,96	11,68	12,68	16,79	14,1	13,71	12,59	11,66	10,76	11,44	11,35	8,81	12,38	13,05	17,17	13,84	12,78	12,56	10,79	11,71	11,41
55-59 jr.	9,6	12,22	13,39	17,55	13,95	14,7	13,09	12,43	11,04	11,99	11,3	9,5	12,32	13,25	15,88	14,14	13,84	13,12	12,08	11,31	11,02
60-64 jr.	7,89	11,33	11,16	14,22	13	13,57	12,33	10,98	10,5	11,07	10,66	8,07	12,02	11,56	14,78	14,07	13,63	12,57	11,02	10,49	10,52
65-69 jr.	9,29	11,51	12,62	17,09	13,26	12,88	11,33	10,93	11,12	11,24	10,36	9,2	11,8	13,99	15,16	14,81	12,51	12,08	9,93	12,5	11,87
70-74 jr.	9,5	10,73	12,01	14,39	12,81	13,32	11,92	11,21	10,99	11,05	10,9	10,25	11,91	12,59	13,41	13,6	13,78	12,16	12,05	12,58	12,74
> 75 jr.	10,2	11,12	12,07	13,44	12,54	13,51	11,52	10,54	10,46	11,21	10,62	9,77	11,86	12,78	14,55	13,25	12,99	12,12	11,04	12,25	13,06
gem.a.d.	2,92	3,32	2,63*	4,41	2,40	3,25	1,99	2,32	1,57*	1,54	1,32*	3,05*	3,45	==	4,44	2,49	2,78	1,74	2,14*	==	2,49

Mobility, vrouwen, ogen open, mean common average, gecorrigeerd.																					
A.N.	Fp1	F7	F3	T3	C3	T5	P3	O1	F0	C0	P0	Fp2	F8	F4	T4	C4	T6	P4	O2	A1	A2
-25 jr.	12,72	12,42	12,06	14,63	11,78	12,35	10,88	10,44	9,49	9,42	9,5	12,46	12,93	13,97	14,76	12,58	11,94	11,25	10,31	10,27	10,29
25-29 jr.	11,53	13,12	20,54	16,17	12,8	12,58	11,45	9,74	10,27	10,16	10,08	11,01	12,01	13,14	16,79	13	12,09	11,66	9,94	9,43	9,02
30-34 jr.	14,01	12,9	16,19	14,49	13,07	12,61	10,8	10,44	10,43	10,22	9,76	13,07	11,5	14,67	14,16	13,68	12,2	12,22	11,7	9,17	9,92
35-39 jr.	14,09	15,01	14,74	17,21	14,19	14,48	12,25	11,13	11,41	11,73	10,29	14,78	14,06	16,72	17,97	15,19	14,67	12,93	11,4	10,04	10,27
40-44 jr.	16,3	15,19	16,43	19,39	15,09	16,95	13,67	12,85	12,17	12,48	11,66	14,62	13,97	17,06	20	15,15	15,83	14,35	13,24	11,05	11,71
45-49 jr.	12,28	13,44	15,36	17,28	14,72	13,53	12,83	11,4	11,82	12,01	10,81	12,31	13,04	15,64	16,86	14,88	14,28	12,91	12,06	11,51	11,05
50-54 jr.	14,3	15,87	16,45	17,74	14,36	13,99	12,65	11,33	11,54	12,6	11,3	13,84	14,34	15,41	17,54	14,41	14,11	13,15	10,64	11,03	10,95
55-59 jr.	15,8	16,48	17,33	17,45	15,48	15,47	13,07	11,48	11,39	12,41	11,43	15,73	16,14	17,15	17,21	14,95	13,94	13,25	11,36	11	10,53
60-64 jr.	15,84	15,76	16,1	15,85	14,84	14,41	13,38	11,04	12,15	12,2	11,19	15,61	15,62	16,16	15,65	15,19	14,86	13,71	11,17	10,24	11,16
65-69 jr.	17,31	17,88	18,56	18,21	14,93	14,9	12,07	11,56	13,8	12,31	11,47	17,72	17,98	19,54	18,17	16,58	14,25	13,25	10,83	14,1	13,41
70-74 jr.	15,9	15,62	16,83	16,75	14,75	15,03	12,34	11,94	12,64	12,57	11,39	16,67	17,82	16,86	16,2	15,44	16,29	13,3	12,25	13,28	12,83
> 75 jr.	17,9	17,71	18,57	16,18	14,92	15,73	12,75	12,91	12,38	12,67	11,27	18,07	18,13	18,66	17,72	16,24	14,92	13,41	12,52	12,33	13,57
gem. et.d.	4,57	4,57	3,79	4,36	3,08*	3,2	2,14	2,37	2,10	2,09	1,67	4,68	4,10*	—	4,33	—	3,09	2,05	2,60	—	2,70

Reprografie: NIPG-TNO
Projectnummer: 3770