

De statische en dynamische lijnspreidfunctie van het menselijke visuele systeem

Citation for published version (APA):

Eggen, J. H., & Bekkers, F. P. J. (1984). *De statische en dynamische lijnspreidfunctie van het menselijke visuele systeem*. (IPO rapport; Vol. 464). Instituut voor Perceptie Onderzoek (IPO).

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1984

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

INSTITUUT VOOR PERCEPTIE ONDERZOEK

Den Dolech 2 Eindhoven

Rapport nr. 464

De statische en dynamische
lijnspreidfunctie van het
menselijke visuele systeem

Berry Eggen en Frank Bekkers

Stage periode: november 1983 - april 1984

Coach: dr. ir. J.A.J. Roufs.

INHOUD

	pag.
Inhoudsopgave	1
Samenvatting	2
1. Inleiding	3
2. Theoretische analyse	4
2.1. Een model van het menselijke visuele systeem	4
2.2. Het principe van de storingstechniek	6
2.3. Kwantitatieve uitwerking van de storingstechniek	7
2.4. Gelijkvormigheid	11
3. Meetprocedure	13
3.1. Bepaling van de 50% drempel van een stimulus	13
3.1.1. De psychometrische kromme	13
3.1.2. Maatregelen ter verkleining van de meetonnauwkeurigheid	14
3.2. Het omzetten van de meetresultaten	17
3.3. De meetmethode	19
3.4. Meetopstelling, kondities en perceptieve gegevens	21
3.4.1. Apparatuur	21
3.4.2. Meetkondities	22
3.4.3. Gegevens van de proefpersonen	23
3.4.4. Perceptieve gegevens	23
4. Meetresultaten	25
4.1. Psychometrische kromme	25
4.2. Plaats en tijdcorrectie factoren	25
4.3. Dynamische en statische lijnspreidfunctie	28
4.4. Incrementale verlichtingssterkte van sondelijn	37
4.5. Bespreking van de meetresultaten	38
5. Conclusies	40
6. Literatuurlijst	41
Bijlage 1 Gebruikte symbolen	B1
Bijlage 2 Werking van de apparatuur	B3
Bijlage 3 Handleiding videosignaalgenerator	B11

SAMENVATTING

In dit verslag wordt de voortzetting van het onderzoek aan het I.P.O. betreffende het waarnemen van lijnen door het menselijke visuele systeem, beschreven.

Er is gekeken naar het verband tussen de statische lijnspreidfunctie en de lijnimpulsresponsie als functie van de plaats. De metingen zijn in navolging van onze voorgangers uitgevoerd met de zogenaamde "konstante helling methode". Ook is de gebruikte meetopstelling ongewijzigd gebleven.

Er is aangetoond dat de statische lijnspreidfunctie en de lijnimpulsresponsie, niet isomorf zijn.

1. INLEIDING

Het door ons gedane onderzoek kan gezien worden als een voortzetting van het onderzoek naar het waarnemen van lijnen met behulp van een T.V.-monitor, zoals dit al geruime tijd op het I.P.O. verricht wordt. Om redenen van een goede aansluiting op, en het maken van vergelijkingen met vorig onderzoek is onder gelijke meetkondities en met dezelfde apparatuur gemeten. Ons onderzoek is een voortzetting van het onderzoek gedaan door de koppels van Gerven, van Amen (Lit.3) en van Gool, Speekenbrink (Lit.4).

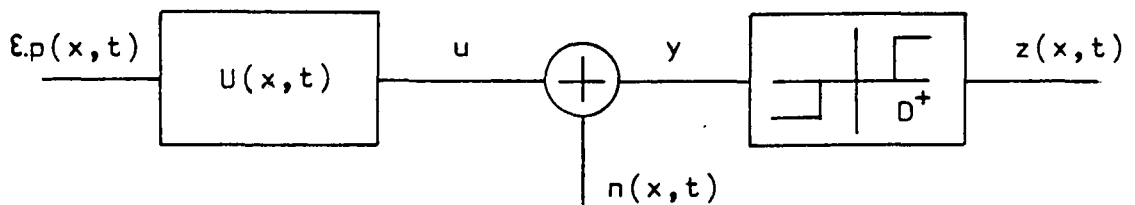
Bekeken is of de statische lijnspreidfunctie isomorf is met de lijnimpulsresponsie als functie van de plaats. Van Gerven, van Amen en Speekenbrink waren de eersten die beide grafieken voor één persoon bepaalden. De meetresultaten van van Gerven en van Amen vertoonden een te grote spreiding om een éénduidige uitspraak betreffende de gelijkvormigheid van de statische en dynamische responsies te doen. De voor Speekenbrink gemeten statische lijnspreidfunctie vertoonde te lage waarden voor kleine lijnafstanden, hetgeen mogelijk veroorzaakt werd door een fout in de meetprocedure.

1. THEORETISCHE ANALYSE

2.1. Een model van het menselijke visuele systeem

In dit onderzoek naar de mate van eventuele gelijkvormigheid van de statische en de dynamische lijnspreidfunctie wordt het piekdetectiemodel van het menselijke visuele systeem, wat afgebeeld is in figuur 2.1.1., gebruikt.

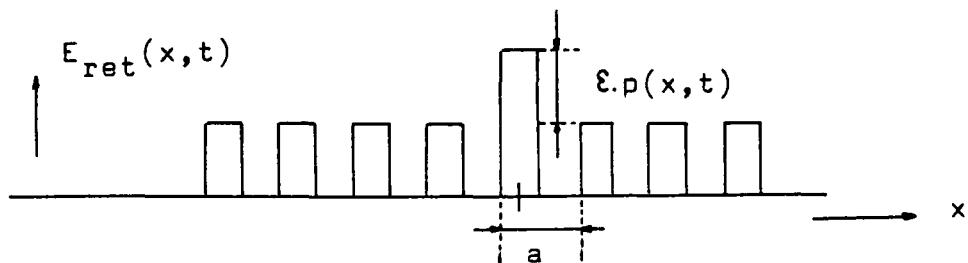
fig. 2.1.1. piekdetectiemodel



$$\begin{aligned}
 p=1 & \quad 0 \leq t < \Delta t \quad ; \quad n.a \leq x < \Delta x + n.a & \quad n=0,1,2,\dots \\
 p=0 & \quad \Delta t < t & \quad ; \quad n.a > x > \Delta x + n.a
 \end{aligned}$$

Het binnenkomende signaal $\epsilon.p(x,t)$ wordt afgeleid uit een visuele stimulus $E_{ret}(x,t)$ waarvan de vorm te zien is in figuur 2.1.2.

fig. 2.1.2. stimulus



$\epsilon.p(x,t)$ is de lijnvormige verandering van de retinale verlichtingssterkte t.o.v. een egale achtergrond.

In $\mathcal{E}.p(x,t)$ is t de lopende tijd terwijl x een plaats op de retina is. Op de fovea is $x=0$.

Het signaal $\mathcal{E}.p(x,t)$ wordt gefilterd door een filter met een impulsresponsie $U_{\zeta}(t,x)$.

In de verdere beschouwing wordt er vanuit gegaan dat het filter zich in een klein werkgebied, d.w.z. bij kleine variaties van $E_{ret}(x,t)$ t.o.v. een bepaald werkpunt, lineair en plaats- en tijdinvariant gedraagt.

Alle optredende ruis in dit model wordt gesommeerd in één ruisbron $n(x,t)$. In deze bron wordt dus ook de drift in het beslissingskriterium D^+ van de drempeldetektor betrokken.

De som van signaal en ruis, $y(x,t)$, wordt aan een drempeldetektor toegevoerd. Deze detektie geschiedt in de hersenen.

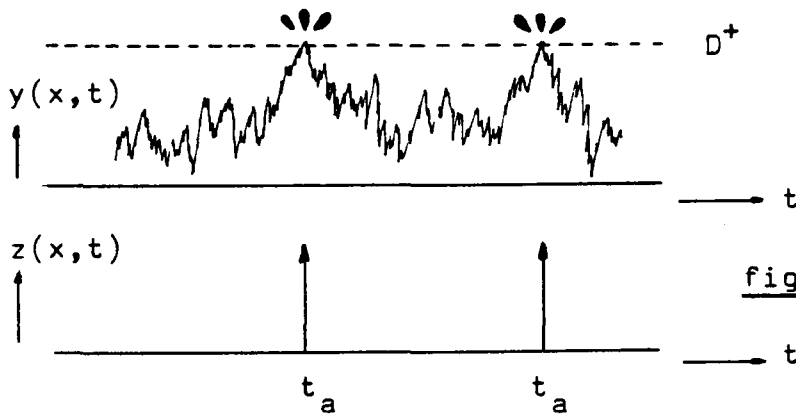


fig. 2.1.3. detetie

Op de tijden t_a in figuur 2.1.3. wordt een korte verheldering waargenomen. In bovenstaande situatie is $\mathcal{E}.p(x,t)$ zo gedimensioneerd dat $y_{max}(x,t) \approx D^+$.

2.2. Het principe van de storingstechniek

Dit principe wordt verduidelijkt aan de hand van de bepaling van de dynamische lijnspreidfunctie. Om deze functie te bepalen worden er bij toepassing van de storingstechniek achtereenvolgens 2 stimuli aangeboden, waarvan de vormen afgebeeld zijn in figuur 2.2.1.

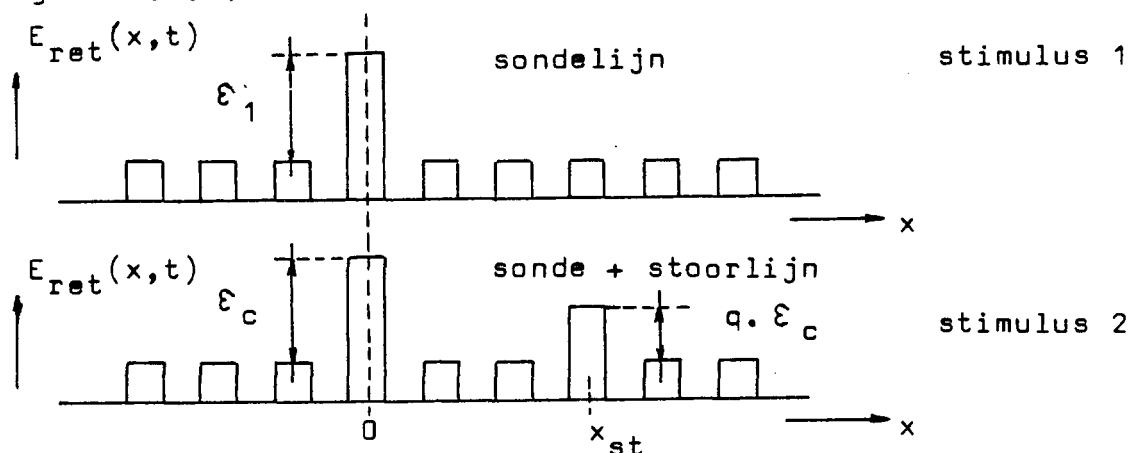


fig. 2.2.1. aangeboden stimuli

De afzonderlijke even sterke lijnen staan zo kort bij elkaar, dat zij nauwelijks afzonderlijk waargenomen kunnen worden.

In figuur 2.2.2. zijn de responsies van beide stimuli afgebeeld.

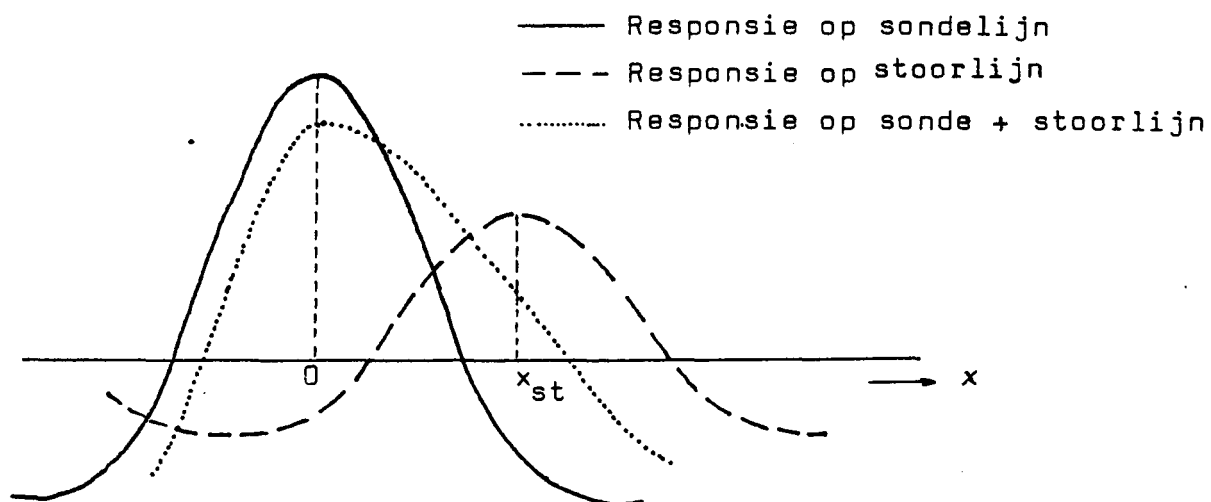


fig 2.2.2. responsies

Eerder is al aangenomen dat het filter zich in een klein werkgebied lineair en plaats- en tijdinvariant gedraagt. Dat wil dus zeggen dat de afzonderlijke responsies van sonde- en stoorlijn op een amplitudefaktor na gelijk zijn, onafhankelijk van de plaats op de retina en de tijd. (in een klein werkgebied) De responsie van de stoorlijn is echter over een afstand X_{st} in het plaatsdomein verschoven. Verder is deze responsie met een faktor q vermenigvuldigd, die beduidend kleiner is dan 1.

Bij een voldoende kleine waarde van q komt de top van de responsie op stimulus 2 zeer dicht in de buurt van $x=0$ te liggen.

De verandering in de amplitude van ξ_c t.o.v. ξ_1 , om het maximum van de responsie op stimulus 2 op drempelnivo te brengen, wordt in goede benadering bepaald door de amplitude van de stoorresponsie op de plaats waar de responsie van de sonde maximaal is.

2.3. Kwantitatieve uitwerking van de storingstechniek

In dit gedeelte worden de vergelijkingen bepaald waarmee de dynamische en statische lijnspreidfunctie vastgelegd kunnen worden, uitgaande van de gemeten ξ_1 en ξ_c en een aantal vaste systeemp parameters. De verlichtingssterkte van het netvlies bij het aanbieden van een bepaalde stimulus is gelijk aan:

$$E_{ret} = L_v \cdot A_p \quad (Td) \quad 2.3.1.$$

Hierin is L_v de luminantie van de stimulus in $Cd.m^{-2}$, en A_p het oppervlak van de pupil in mm^2 . Alleen stimuli waarvoor geldt $\xi > 0$ worden beschouwd, omdat alleen maar verhelderingen optreden.

Indien er een stimulus, zoals aangegeven in figuur 2.2.1. aangeboden wordt, dan zal er op het netvlies een verandering van de hoeveelheid aangeboden licht ontstaan welke gelijk is aan

$$\varepsilon \cdot p(x,t) \quad (\text{Td.boogmin.sec}) \quad 2.3.2.$$

$$p(x,t) = 1 \quad -\frac{1}{2} \Delta x < x < \frac{1}{2} \Delta x ; \quad 0 < t < \Delta t$$

$$p(x,t) = 0 \quad \frac{1}{2} \Delta x < x < -\frac{1}{2} \Delta x ; \quad \Delta t < t < 0$$

In 50% van de gevallen waarbij alleen de sondelijn aangeboden wordt zal er detectie optreden indien er geldt

$$\varepsilon_1 \cdot \Delta x \cdot \Delta t \cdot U_{\delta}(t_{ex}, 0) = D^+(t_1) \quad 2.3.3.$$

De amplitude van de ruis $n(x,t)$ moet klein zijn t.o.v. de amplitude van de responsie. In de fovea wordt x gelijk aan 0 verondersteld. Verder wordt van de proefpersoon verwacht dat hij fixeert op de plaats van de sondelijn.

Indien er naast de sondelijn ook een stoorlijn aangeboden wordt, dan zal er in 50% van alle gevallen detectie optreden indien er geldt

$$\varepsilon_c \cdot \Delta x \cdot \Delta t \cdot U_{\delta}(t_{ex}, 0) + q \cdot \varepsilon_c \cdot \Delta x \cdot \Delta t \cdot U_{\delta}(t_{ex}, x) =$$

$$= D^+(t_2) \quad q \gg 1 \quad 2.3.4.$$

De vergelijkingen 2.3.3. en 2.3.4. gaan over in

$$U_{\delta}(t_{ex}, 0) = \frac{D^+(t_1)}{\varepsilon_1 \cdot \Delta x \cdot \Delta t} \quad 2.3.5.$$

$$U_{\delta}(t_{ex}, 0) + q \cdot U_{\delta}(t_{ex}, x) = \frac{D^+(t_2)}{\varepsilon_c \cdot \Delta x \cdot \Delta t} \quad 2.3.6.$$

Beide stimuli kunnen niet gelijktijdig aangeboden worden.

Door een altijd aanwezige drift in het detectie nivo D^+ is dus $D^+(t_1)$ niet gelijk aan $D^+(t_2)$. Indien echter beide metingen zeer snel achter elkaar uitgevoerd worden, dan mag aangenomen worden dat de drift zeer klein is, zodat geldt $D^+(t_1) \approx D^+(t_2)$. Vergelijking 2.3.5. aftrekken van vergelijking 2.3.6. geeft

$$\frac{q \cdot U_{\zeta}(t_{ex}, x)}{D^+(t)} = \frac{1}{\Delta t \cdot \Delta x} \left[\frac{1}{\varepsilon_c} - \frac{1}{\varepsilon_1} \right] \quad 2.3.7.$$

Om o.a. de niet in de tijd constante drempel $D^+(t)$ uit deze formule te elimineren wordt de dimensieloze genormeerde dynamische lijnspreidfunctie $U_{\zeta}^*(t_{ex}, x)$ ingevoerd.

$$U_{\zeta}^*(t_{ex}, x) = \frac{U_{\zeta}(t_{ex}, x)}{U_{\zeta}(t_{ex}, 0)} = \frac{1}{q} \left[\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_c} - 1 \right] \quad 2.3.8.$$

De normfactor NF voor deze dynamische lijnspreidfunctie is gelijk aan

$$\begin{aligned} NF &= \overline{\left[\frac{U_{\zeta}(t_{ex}, 0)}{D^+(t)} \right]}^t \\ &= \overline{\left[\frac{1}{\varepsilon_1 \cdot \Delta t \cdot \Delta x} \right]}^t \quad (\text{Td.boogmin.sec})^{-1} \quad 2.3.9. \end{aligned}$$

Met behulp van deze factor kan de absolute dynamische lijnspreidfunctie $U_{\zeta}(t_{ex}, x)$ bepaald worden in D^+ eenheden volgens

$$\frac{U_{\zeta}(t_{ex}, x)}{D^+} = NF \cdot U_{\zeta}^*(t_{ex}, x) \quad 2.3.10.$$

De vorm van de statische stimulus is afgebeeld in figuur 2.3.1.

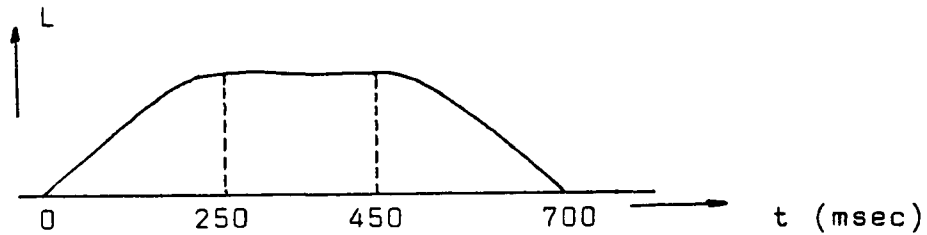


fig. 2.3.1. statische stimulus

De verandering van de hoeveelheid aangeboden licht op het netvlies is nu gelijk aan

$$\epsilon \cdot p(x) \quad (\text{Td.boogmin}) \quad 2.3.11.$$

$$\begin{aligned} \text{met } p(x) &= 1 & -\frac{1}{2} \Delta x < x < \frac{1}{2} \Delta x \\ p(x) &= 0 & \frac{1}{2} \Delta x < x < -\frac{1}{2} \Delta x \end{aligned}$$

Indien alleen de sondelijn aangeboden wordt geldt er bij detectie

$$\epsilon_1 \cdot \Delta x \cdot U_S(x) = D^+(t_1) \quad 2.3.12.$$

Wanneer ook de stoorlijn aangeboden wordt, geldt er bij detectie

$$\epsilon_c \cdot \Delta x \cdot U_S(x) + q \cdot \epsilon_c \cdot \Delta x \cdot U_S(x) = D^+(t_2) \quad 2.3.13.$$

Indien op de vergelijkingen 2.3.12. en 2.3.13. dezelfde bewerkingen uitgevoerd worden zoals bij de bepaling van de genormeerde dynamische lijnspreid-functie, dan is de genormeerde statische lijnspreid-functie gelijk aan

$$U_S^*(x) = \frac{U_S(x)}{U_S(0)} = \frac{1}{q} \left[\frac{\epsilon_1}{\epsilon_c} - 1 \right] \quad 2.3.14.$$

De normfactor NF behorende bij deze statische lijnspreidfunctie is gelijk aan

$$NF = \frac{\overline{U_{\zeta}(x)}^t}{\overline{D^+(t)}^t} = \frac{1}{\varepsilon_1 \cdot \Delta x} \quad (\text{Td.boogmin})^{-1} \quad 2.3.15.$$

2.4. Gelijkvormigheid

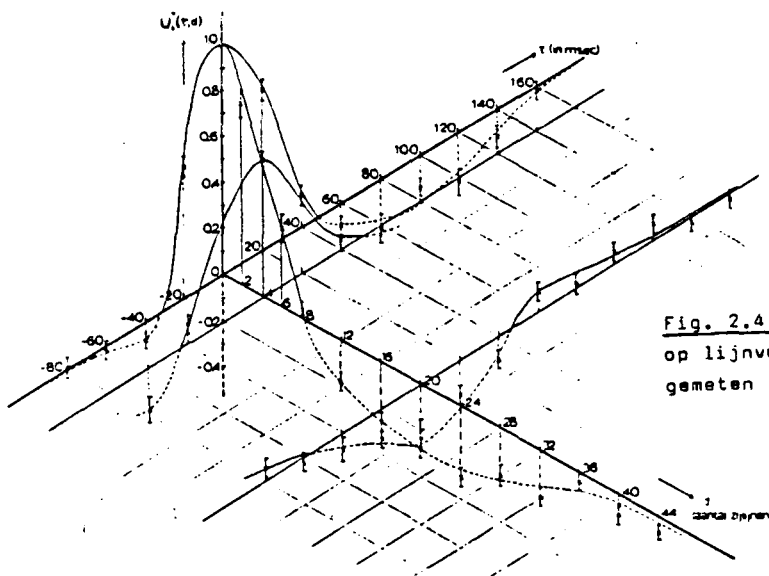


Fig. 2.4.1. : Genormeerde impulsresponsie op lijnvormige stimulus in plaats en tijd, gemeten door R.J.B. (Lit. 2)

De responsie op een impulsvormige lijnstimulus is $U_{\zeta}^*(t, x)$. Een grafiek van deze impulsresponsie is afgebeeld in figuur 2.4.1.

Onderzocht wordt nu of er een verband bestaat tussen de dynamische lijnspreidfunctie $U_{\zeta}^*(t_{ex}, x)$ en de statische lijnspreidfunctie $U_{\zeta}(x)$.

Voor de statische lijnspreidfunctie $U_{\zeta}^*(x)$ geldt

$$U_{\zeta}^*(x) = \lim_{t \rightarrow \infty} \int_{-\frac{1}{2}t}^{\frac{1}{2}t} U_{\zeta}^*(\tau, x) d\tau \quad 2.4.1.$$

We onderzoeken nu of het volgende eenvoudige verband bestaat

$$U_{\delta}^*(x) = C \cdot U_{\delta}^*(t_{ex}, x/\chi) \quad (\text{gelijkvormigheid}) \quad 2.4.2.$$

Wanneer beide responsies tegen de logaritmie van de plaats uitgezet worden dan ontstaat de volgende vergelijking

$$U_{\delta}^*(\log x) = U_{\delta}^*(t_{ex}, \log x - \log \chi) \quad 2.4.3.$$

Indien de aanname 2.4.2. juist is, dan moeten beide genormeerde responsies uitgezet tegen de logaritmie van de lijnafstand na een verschuiving over een afstand $\log \chi$ precies over elkaar vallen.

Deze aanname is dus eenvoudig grafisch te controleren.

3. MEETPROCEDURE

3.1 Bepaling van de 50% drempel van een stimulus

3.1.1 De psychometrische kromme

De proefleider beschikt over een stimulus S , waarvan de fysische sterkte I gevariëerd kan worden. Opzet is nu, om na te gaan welk sterkte niveau de grens tussen waarneembaarheid en onwaarneembaarheid van de stimulus aangeeft. Hiertoe krijgt de proefpersoon voor verschillende waarden van I de stimulus een aantal keren aangeboden. Het blijkt dat bij elke I een zekere fraktie van het aantal aangeboden stimuli wordt waargenomen. Wanneer men het percentage waargenomen stimuli uitzet als functie van de fysische stimulussterkte I , krijgt men het volgende resultaat: (Fig. 3.1.1.1)

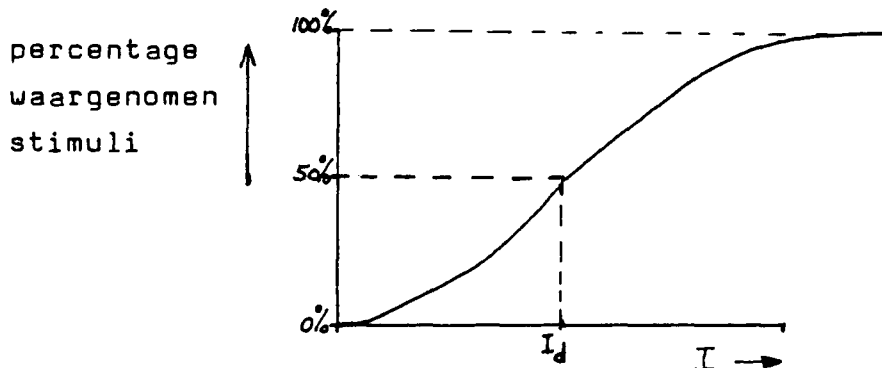


Fig.3.1.1.1: De psychometrische kromme

Uit fig.3.1.1.1, de zogenaamde psychometrische kromme, blijkt dat er geen duidelijk omslagpunt van waarneembaar naar onwaarneembaar is, maar dat er een geleidelijke overgang bestaat. De psychometrische kromme kan geïnterpreteerd worden, als zijnde het resultaat van een stochastisch proces.

De sterkte waarbij 50% van de stimuli wordt waargenomen, wordt als de drempelwaarde (I_D) van de stimulus gebruikt. Men kan aantonen dat het percentage waargenomen stimuli, binnen een bereik van 20 tot 80%, bij benadering lineair afhankelijk is van de ingestelde verzwakking in dB. Gegeven het feit dat de verzwakking omgekeerd evenredig is met de stimulussterkte, krijgt men de volgende figuur. (Fig.3.1.1.2)

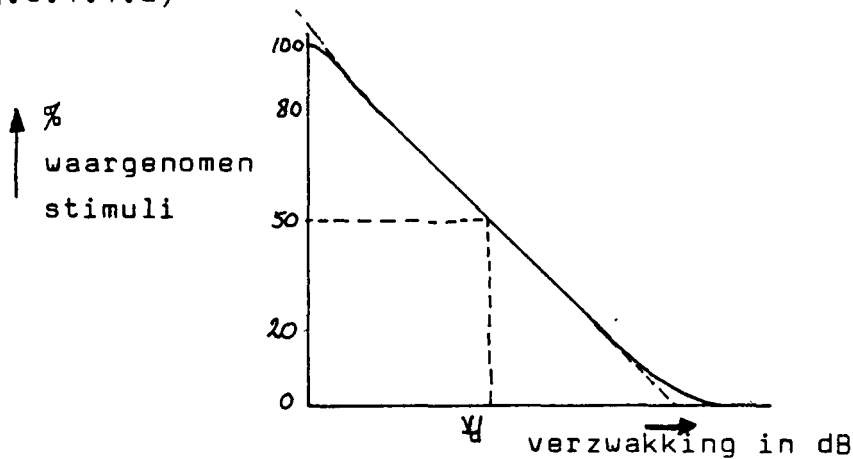


Fig.3.1.1.2: Psychometrische kromme als functie van de verzwakking in dB.

3.1.2 Maatregelen ter verkleining van de meeton nauwkeurigheid

De konstante helling methode

De helling H van het lineaire gedeelte van de psychometrische kromme (zie fig. 3.1.1.2) blijkt na-
genoeg tijdonafhankelijk te zijn. Indien deze helling bekend is, kan worden volstaan met de bepaling van het percentage waargenomen stimuli bij één bepaalde verzwakking. Met behulp van dit scoringspercentage en de helling is de drempelwaarde te berekenen. Voorwaarde is echter wel dat het scoringspercentage ligt tussen 20% en 80%, omdat

buiten deze grenzen de lineaire benadering niet meer opgaat. Een voordeel van de konstante helling methode is dat de bepaling van de drempelwaarde snel verloopt, zodat het effect van drift zo klein mogelijk blijft. Een nadeel is dat men een onnauwkeuriger meting verkrijgt. Dit laatste kan verholpen worden door over meerdere metingen te middelen.

Onnauwkeurigheid t.g.v. drift

De drempelwaarde voor een bepaalde stimulus is voor een proefpersoon, over een bepaalde tijdsduur gezien, niet konstant. Deze drempelwaarde vertoont over langere duur bezien niet-systematische drift. Zo zal bij langdurige metingen de drempelwaarde aan het eind hoger liggen dan aan het begin t.g.v. vermoeidheid. Ook kunnen ingelaste pauzes of concentratieveranderingen de drempelwaarde doen verschuiven. Aangezien men in de storingstechniek juist probeert kleine drempelverschuivingen, veroorzaakt door een storing, te meten, is het gewenst deze niet-stationaire veranderingen zo klein mogelijk te houden. Dit wordt bereikt door direkt na het meten van het verstoorte signaal het ongestoorte signaal als referentie te meten. Wanneer alle punten in willekeurige volgorde gemeten zijn, worden de metingen in omgekeerde volgorde herhaald, zodat de invloed van rest-drift op éénparige drempelverschuivingen nog wordt verminderd. ("counter-balance")

Onnauwkeurigheid t.g.v. ruis

De ruis kan als volkomen tijdonafhankelijk beschouwd worden. Door de metingen een aantal malen te herhalen, wordt de ruis grotendeels uitgemiddeld. Er geldt een

optimum, zodat de winst in nauwkeurigheid door het uitvoeren van meer metingen op een gegeven moment klein is t.o.v. de reeds gehaalde nauwkeurigheid.

Onnauwkeurigheid t.g.v. de kostante helling methode

Beschouw onderstaande figuur :(Fig. 3.1.2.1)

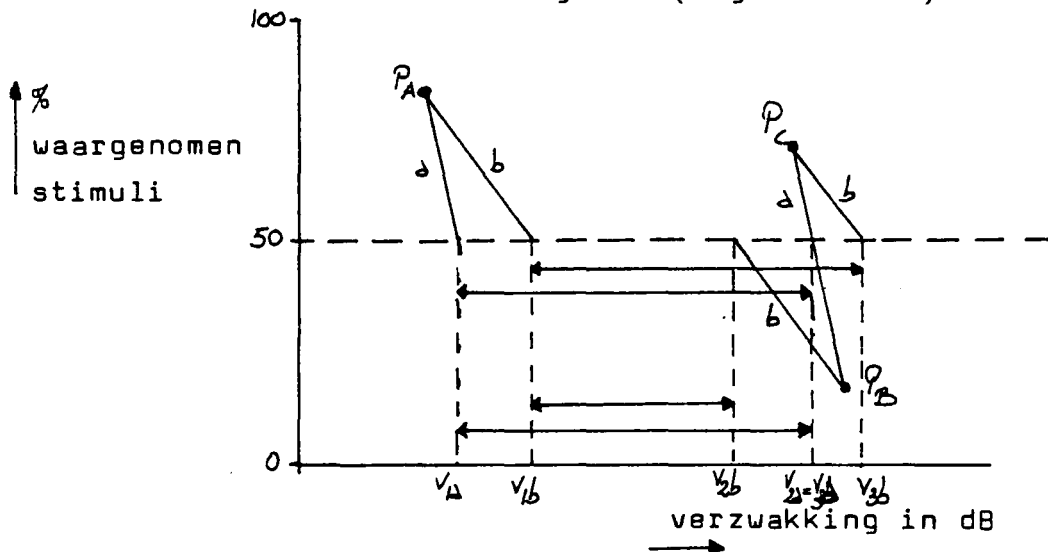


Fig.3.1.2.1: Onnauwkeurigheid t.g.v. konstante helling methode

Stel dat de waarde van de helling van het lineaire gedeelte van de psychometrische kromme ligt tussen a en b. Dit betekent dat de verzwakking op drempelniveau, gebaseerd op het scoringspercentage P_A , zich bevindt tussen v_{1a} en v_{1b} . Dezelfde redenering kan men opzetten voor de scoringspercentages P_B en P_C . Uit fig.3.1.2.1 volgt dat het verschil in verzwakking, als 50% drempel berekend, tussen P_A en P_B (maximaal $v_{2a} - v_{1a}$ en minimaal $v_{2b} - v_{1b}$) onnauwkeuriger is dan het verschil in drempels behorende bij P_A en P_C (ergens tussen $v_{3a} - v_{1a}$ en $v_{3b} - v_{1b}$). De proefleider dient de verzwakker dus zodanig in te stellen, dat de scoringspercentages van referentiestimulus en gestoorde stimulus zoveel mogelijk beiden boven of beiden onder 50% liggen.

3.2 Het omzetten van de meetresultaten

In paragraaf 2.3 zijn uitdrukkingen afgeleid voor de dynamische - en statische lijnspreidfunctie, resp. vgl. 2.3.8 en 2.3.14 . Opgemerkt dient te worden dat tengevolge van beperkingen van de monitor (zie 3.4.1) de dynamische lijnspreidfunctie voor oneven lijnafstanden vermenigvuldigd moet worden met een tijdcorrectie faktor K_t . De incrementale verlichtingssterkten ϵ_1 en ϵ_c worden ingesteld met behulp van een logaritmische stappenverzwakker. Beide grootheden worden verzwakt ten opzichte van hetzelfde vaste referentieniveau ϵ_r . Voor de, met de konstante helling methode, bepaalde 50% drempelniveaus v_{d1} (alleen sondelijn) en v_{dc} (sonde- + stoorlijn) geldt:

$$v_{d1} = -20^{10} \log\left(\frac{\epsilon_1}{\epsilon_r}\right) \quad \text{en} \quad v_{dc} = -20^{10} \log\left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_r}\right) \quad 3.2.1$$

Uit 3.2.1 volgt voor Δv en daarmee voor ϵ_1/ϵ_c :

$$v_{dc} - v_{d1} = \Delta v = 20^{10} \log\left(\frac{\epsilon_1}{\epsilon_c}\right) ; \quad \frac{\epsilon_1}{\epsilon_c} = 10^{\Delta v/20} \quad 3.2.2$$

Het is nu mogelijk om $U_\delta^*(x)$ en $U_\delta^*(t_{ex}, x)$ direkt uit te drukken in de stand van de stappenverzwakker op 50% drempelniveau:

$$U_\delta^*(x) = \frac{1}{q} (10^{\Delta v/20} - 1)$$

$$U_\delta^*(t_{ex}, x) = \frac{1}{qK_t} (10^{\Delta v/20} - 1) \quad , \quad x = \text{oneven} \quad 3.2.3$$

$$U_\delta^*(t_{ex}, x) = \frac{1}{q} (10^{\Delta v/20} - 1) \quad , \quad x = \text{even}$$

Uit de formules 2.3.9 en 2.3.15 blijkt dat \bar{C}_1^{-t} bepaald moet worden om de normfactoren te kennen. Er geldt:

$$\bar{C}_1^{-t} = \Delta L_{\text{gem}} (P_{\text{det}}=0,5) \cdot A_p \quad (\text{Td}) \quad 3.2.4$$

Hierin is ΔL_{gem} de gemiddelde waarde van de luminantie van alle metingen bij drempelwaarde en A_p de gemiddelde pupil-diameter in mm^2 . ΔL_{gem} kan worden berekend met behulp van het verband tussen de verzwakking van de verlichtingssterkte v in dB en de luminantie zoals dit volgt uit de ijkgrafiek van de monitor (zie bijlage 2):

$$\log \Delta L_{\text{gem}} = 1,98 + v(\text{dB})/19,23 \quad 3.2.5$$

Indien de monitor en verzwakker lineair zouden zijn, zou gelden $\log \Delta L_{\text{gem}} = 1,98 + v(\text{dB})/20$.

3.3 De meetmethode

Er is gebruik gemaakt van de konstante helling methode. Hiertoe is de helling van de psychometrische kromme meerdere malen tijdens de stage bepaald. Dit gebeurde door bij vier verzwakkerstanden telkens tien stimuli aan te bieden, waaruit dan de waarnemingskans bepaald werd. Uit deze vier meetpunten werd grafisch de helling bepaald. Vervolgens werden de verzwakkingen nogmaals in omgekeerde volgorde afgewerkt, hetgeen een tweede waarde voor de helling opleverde. Beide waarden leverden na middeling de uiteindelijke helling.

Uit vgl. 3.2.4 volgt dat alleen Δv nodig is om de genormeerde statische en dynamische lijnspreidfunctie te berekenen. Δv wordt op de volgende manier bepaald: eerst wordt bij een bepaalde verzwakking v_{ab} (in dB) de detektiekans P_{ab} bepaald door tien maal de referentie- en stoorlijn aan te bieden. Vervolgens wordt bij een verzwakking v_a (in dB) de detektiekans P_a bepaald door tien maal alleen de referentielij n aan te bieden. Dit gebeurt voor twee verschillende verzwakkerstanden v_{ab} . Daarna worden de metingen in omgekeerde volgorde herhaald. Op deze manier wordt Δv vier maal berekend. (zie fig.3.3.1)

dB	A+B										P_{ab}	dB	A										P_a	ΔV
v_{ab}												v_a												
v_{ab}												v_a												
v_{ab}												v_a												
v_{ab}												v_a												

Fig.3.3.1: Gebruikte meetvolgorde

Uit fig.3.3.2 volgt dat Δv berekend kan worden met de volgende formule:

$$\Delta v = v_{dc} - v_{d1} = 1/H(P_{ab} - P_a) + (v_{ab} - v_a) \quad (3.3.1)$$

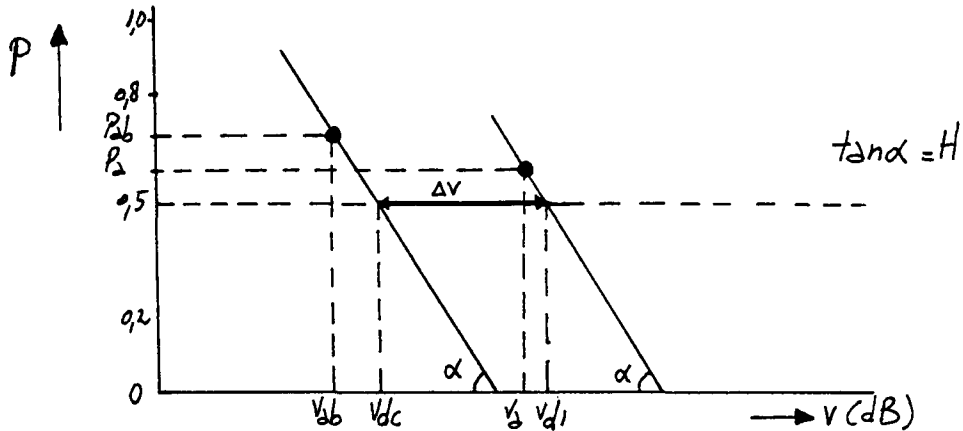


Fig.3.3.2: Bepaling Δv uit de resultaten van een meting

P_{ab} en P_a zijn stochastisch verdeelde grootheden, zodat in Δv een spreiding aanwezig is. Δv moet dus een groot aantal keren bepaald worden. In ons geval is Δv voor elk meetpunt van $U_{\delta}^*(x)$ en $U_{\delta}^*(t_{ex}, x)$, 24 maal bepaald. De gemiddelde $\overline{\Delta v}$ is ingevuld in vgl. 3.2.3. Dit betekent dat elk punt van $U_{\delta}^*(x)$ en $U_{\delta}^*(t_{ex}, x)$ gebaseerd is op 480 stimuli.

Op één dag werd voor beide proefpersonen FB en BE een statische en dynamische lijnspreidfunctie gemeten. Er werd gemeten voor 18 verschillende lijnafstanden, waarbij de volgorde willekeurig was. Ook werden statische en dynamische metingen afgewisseld. Voordat de proefpersoon de stimuli aangeboden kreeg, was er een adaptatie aan het scherm van ongeveer 7 minuten.

3.4 Meetopstelling, -kondities en perceptieve gegevens

3.4.1 Apparatuur

Er is gebruik gemaakt van de volgende apparatuur:

Oscilloscoop : Tektronix Type 564
Luxmeter : Philips, type onbekend (IPO nr.44)
Monitor : Philips, LDH 2151-02 8925 215 10201
Videogenerator : Zelfbouw IPO
Tellers & Logika : Tijdgeverbouwsysteem MTG (IPO)
Pupilmeter : IPO nr.

Het is mogelijk om met de videogenerator lijnen op de monitor te genereren. Het beeld van de monitor is opgebouwd uit twee rasters, welke beurtelings worden geschreven. Het schrijven van één raster duurt 20 ms. De lijnen van het eerste en tweede raster liggen om en om. Voor het experiment houdt dit de volgende beperkingen in:

1. Het is niet mogelijk om binnen 40 ms twee lijnen op dezelfde plaats te schrijven.
 2. Het is niet mogelijk om op hetzelfde moment twee lijnen op één lijnafstand van elkaar te schrijven.
- Probleem 1. wordt opgelost door de naastliggende lijn in het andere raster aan te sturen, zodat om de 20 ms een lijn kan worden geschreven. Er moet dan wel gecorrigeerd worden met plaatscorrectiefactor K_p .
- Probleem 2. wordt opgelost door de stoorlijn 20 ms later op de gewenste plaats te schrijven. In dit geval moet gecorrigeerd worden met een tijdcorrectiefactor K_t . Voor een meer uitgebreide beschouwing van de apparatuur zie bijlage 2.

3.4.2 Meetkondities

De meetkondities zijn vrijwel gelijk aan die van onze voorgangers. De proefpersoon bevindt zich in een lichtdichte ruimte op een afstand van ongeveer 2,80 m van de TV-monitor. De proefpersoon zit op een stoel, terwijl het hoofd zich in een hoofdsteun bevindt. Tussen de proefpersoon en de TV-monitor is een rechthoekige koker van zwart karton geplaatst, om mogelijk strooilicht af te schermen. Om het de proefpersoon mogelijk te maken te fixeren op de referentielijn, is op het beeldscherm van de monitor een transparante folie geplakt, waarop twee fixatiestippen op een afstand van ongeveer 8 mm (9,9 bgmin) boven elkaar zijn aangebracht. Wanneer de p.p. gereed is, zorgt hij er m.b.v. een startknop voor, dat een stimulus met een vertraging van 471,4 ms wordt aangeboden. De p.p. meldt mondeling aan de proefleider of de stimulus al dan niet is waargenomen. De proefleider noteert de waarnemingen van de p.p. en is verantwoordelijk voor de instelling van de apparatuur. De achtergrondluminantie wordt op een vaste waarde van 200 Cdm^{-2} gehouden. De luminantie wordt afgelezen op de luxmeter, waarvan de transduktor tegen het scherm is gedrukt en waarvan de aflezing geijkt is tegen een luminantiemeter. De achtergrondluminantie kan bijgeregeld worden met de helderheidsregelaar van de monitor. Na een adaptatietijd van 7 minuten volgt een meet-sessie van 30 à 35 minuten. De pupildiameter wordt aan het einde van iedere sessie m.b.v. een pupilmeter gemeten. Hierna wisselen de proefpersoon en de proefleider elkaar af.

3.4.3 Gegevens van de proefpersonen

Frank Bekkers (FB): Leeftijd: 26

Visus linker oog: 0,80

Rechter oog emblyoop; verder alleen met linker oog gemeten.

Gemiddelde pupildiameter bij een achtergrondluminantie van 200 Cdm^{-2} :

5,38 mm $s_{\text{gem}} = 0,09$

Berry Eggen (BE) : Leeftijd: 23

Visus linker oog: 1,50

rechter oog: 1,50

beide ogen: 1,50

Gemiddelde pupildiameter bij een achtergrondluminantie van 200 Cdm^{-2} :

6,13 mm $s_{\text{gem}} = 0,04$

3.4.4 Perceptieve gegevens

Evenals Beun en Vaessen (Lit.2) en van Gool en Speekenbrink (Lit.4) hebben wij als beslissingskriterium voor het waarnemen van een lijn het zien van onrust genomen. In het statische geval kreeg men de indruk de hele lijn gezien te hebben, terwijl in het dynamische geval slechts een klein stukje van de lijn of alleen maar onrust werd waargenomen. Beide proefpersonen hebben geen last gehad van gele vlekken rond de fixatiestippen, zoals van Gool, van Gerven en van Amen dit hadden (Lit.3 en lit.4). De twee fixatiestippen werkten plezierig. De drempel lag 's ochtends enkele dB's lager dan 's middags. De statische en dynamische metingen werden aanvankelijk door elkaar verricht. Later werden statische en dynamische metingen

afzonderlijk uitgevoerd. In beide situaties was de onnauwkeurigheid in de metingen gelijk. De laatste methode werkte echter plezieriger. Bij afwisseling van statische en dynamische stimuli moesten we steeds weer aan de veranderde stimulus configuratie wennen.

4. MEETRESULTATEN

4.1. Psychometrische helling

Een bij de bepaling van beide lijnspreidfuncties van belang zijnde grootte is de helling van de psychometrische kromme. De metingen, welke nodige waren voor de bepaling van deze helling, zijn halverwege de stage uitgevoerd. Uit het verleden is gebleken dat deze hellingen na een leerproces niet meer veranderen. Omdat zowel een statische als een dynamische lijnspreidfunctie bepaald moet worden, is de helling voor statische en dynamische stimuli gemeten.

	p.p. B.E.	p.p. F.B.
<u>dynamisch</u>		
aantal metingen	12	12
helling \bar{H}	-43 %/dB	-32 %/dB
spreiding $s(\bar{H})$	4 %/dB	1 %/dB
<u>statisch</u>		
aantal metingen	11	12
helling \bar{H}	-33 %/dB	-27 %/dB
spreiding $s(\bar{H})$	3 %/dB	3 %/dB

tabel 4.1.1.

4.2. Plaats en tijdcorrectie factoren

Omdat er ook gemeten wordt op oneven lijnafstanden, $x=2n-1$ met $n \in \mathbb{N}$, moet er bij de bepaling van de

dynamische lijnspreidfunctie wegens de beperkingen van de monitor, zie 3.4.1., een tijdcorrectie faktor K_t ingevoerd worden. De punten op een oneven lijn-afstand van de statische lijnspreidfunctie behoeven niet naar de tijd gecorrigeerd te worden omdat in het stationaire geval er praktisch gemiddeld wordt. De lijnen ter bepaling van de dynamische lijnspreidfunctie met oneven x worden niet aangeboden op $\tau = 0$, maar op $\tau = 20$ msec.

Om de faktor K_t te bepalen worden er 3 punten van de lijnimpulsresponsie $U_{\zeta}^*(\tau, 0)$ bepaald, namelijk bij $\tau = 20, 40$ en 60 msec.

Omdat de lijnen met $\tau = 20$ en 60 msec. niet aangeboden kunnen worden op $x=0$, maar wel op $x=1$, moet er een plaatscorrectie faktor K_p bepaald worden. K_p wordt grafisch bepaald uit die punten van $U_{\zeta}^*(t_{ex}, x)$ waar x even is. Deze waarden behoeven namelijk niet naar plaats of tijd gecorrigeerd te worden.

De gebruikte functiewaarden (x even) van de dynamische lijnspreidfuncties van beide proefpersonen zijn te vinden in de tabellen 4.3.1. en 4.3.2.

De grafische bepaling van K_p voor beide proefpersonen geschiedt in de figuren 4.2.1. a en c.

In onderstaande tabellen staan de waarden van de genormeerde lijnimpulsresponsies welke nodig zijn om de tijdcorrectie factoren K_t te bepalen. K_t wordt grafisch bepaald in de figuren 4.2.1. b en d

p.p. B.E.	$\bar{U}_{\zeta}^*(\tau, 0) = 1/K_p \bar{U}_{\zeta}^*(\tau, 1) \quad K_p = 0,85$		
τ (msec)	$\bar{U}_{\zeta}^*(\tau, 1)$	$\bar{U}_{\zeta}^*(\tau, 0)$	$s(\bar{U}_{\zeta}^*(\tau, 0))$
20	0,52	0,61	0,04
40		0,05	0,02
60	-0,20	-0,19	0,04

tabel 4.2.1.

$U_S^*(t_{ex}, x)$

P.P. B.E.

A $K_p = 0,85$

X (aantal zijlijnen)

$U_S^*(t_{ex}, x)$

P.P. F.B.

C $K_p = 0,75$

X (aantal zijlijnen)

Figuur 4.2.1.

$U_S^*(\tau, 0)$

B $K_t = 0,65$

τ (msec)

$U_S^*(\tau, 0)$

D $K_t = 0,65$

τ (msec)

p.p. F.B.	$\bar{U}_S^*(\tau, 0) = 1/k_p \cdot \bar{U}_S^*(\tau, 1) \quad k_p = 0,75$		
τ (msec)	$\bar{U}_S^*(\tau, 1)$	$\bar{U}_S^*(\tau, 0)$	$s(\bar{U}_S^*(\tau, 0))$
20	0,47	0,63	0,06
40		0,09	0,04
60	-0,14	-0,19	0,07

tabel 4.2.2.

4.3. Dynamische en statische lijnspreidfunctie

De genormeerde dynamische lijnspreidfuncties van beide proefpersonen zijn weergegeven in de figuren 4.3.1. en 4.3.2.

De statische varianten zijn weergegeven in de figuren 4.3.3. en 4.3.4.

De punten op een oneven lijnafstand van de dynamische lijnspreidfuncties zijn naar de tijd gecorrigeerd volgens:

$$U_S^*(0, X_{2n-1}) = 1/k_t \cdot U_S^*(20 \text{ msec}, X_{2n-1}) \quad n \in \mathbb{N} \quad 4.3.1.$$

In tabel 4.3.1. zijn de gemeten waarden van de dynamische en statische lijnspreidfunctie van p.p. B.E. getabelleerd. In tabel 4.3.2 staan deze gegevens van p.p. F.B.

p.p. B.E.	Dynamisch		Statisch	
x	$\bar{U}_S^*(t_{ex}, x)$	$s(\bar{U}_S^*(t_{ex}, x))$	$\bar{U}_S^*(x)$	$s(\bar{U}_S^*(x))$
1	0,92	0,03	0,75	0,05
2	0,50	0,04	0,50	0,07
3	0,32	0,05	0,14	0,08
4	0,18	0,04	0,14	0,08
5	0,11	0,05	0,01	0,08
6	0,08	0,05	-0,09	0,05
7	-0,06	0,04	-0,21	0,05
8	-0,03	0,03	-0,25	0,05
9	-0,08	0,04	-0,21	0,06
10	-0,12	0,05	-0,16	0,06
11	0,03	0,03	-0,13	0,06
12	-0,07	0,04	-0,14	0,05
15	0,00	0,04	-0,14	0,05
18	-0,13	0,04	-0,15	0,06
21	-0,09	0,04	0,02	0,07
24	-0,03	0,04	-0,03	0,06
31	0,06	0,05	-0,07	0,07
40	-0,07	0,03	-0,08	0,06

- 480 stimuli per meetpunt.
- Middeling over 24 Δv 's
- Spreiding berekent met voortplantingswet. (lit. 2: vgl 4.1.1.)
- $q = 0,3$ $K_t = 0,65$
- $\overline{s(U_S^*(t_{ex}, x))} = 0,04$
- $\overline{s(U_S^*(x))} = 0,06$

tabel 4.3.1.

Figuur 4.3.1.

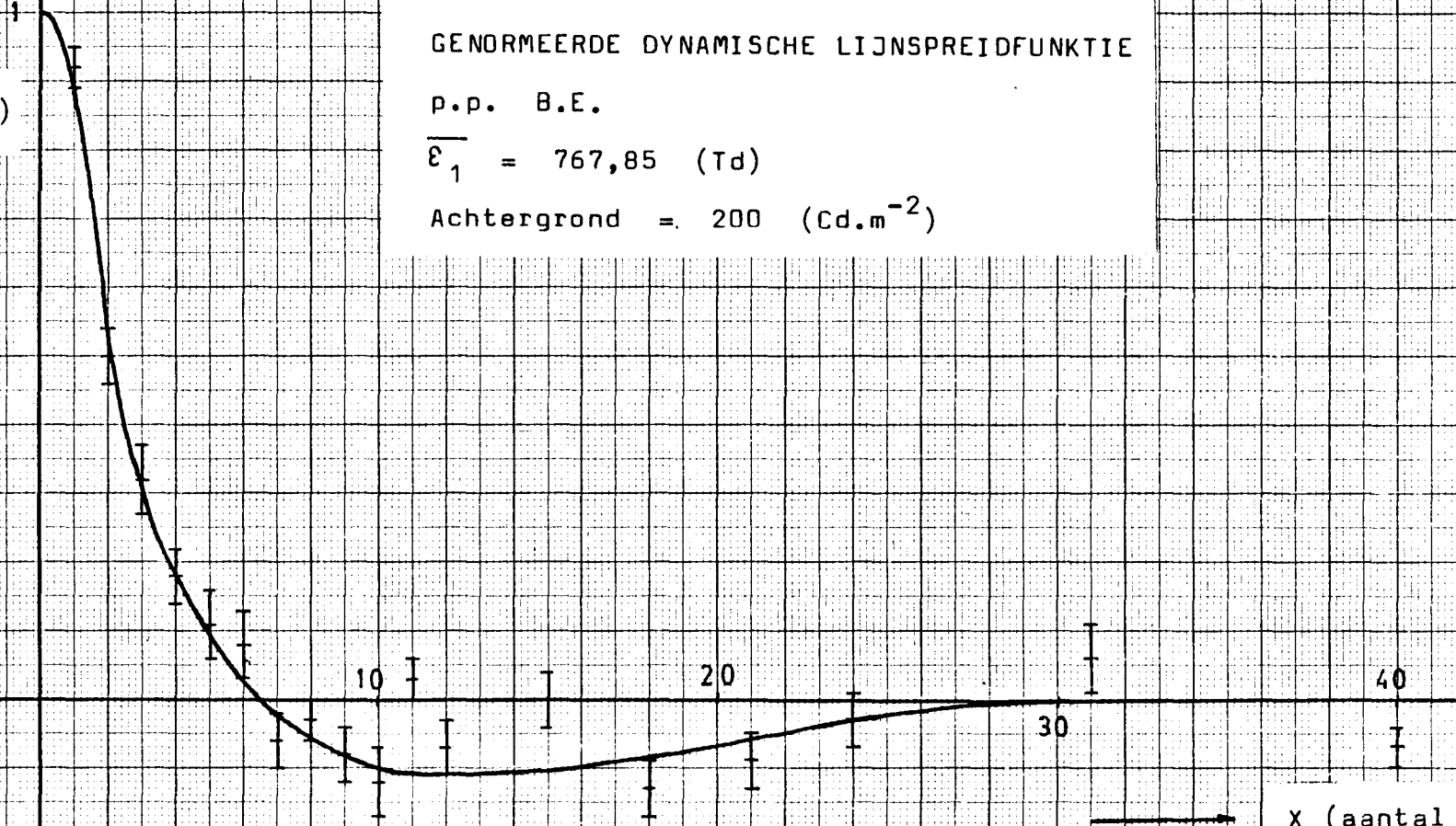
GENORMEERDE DYNAMISCHE LIJNSPREIDFUNKTIE

p.p. B.E.

$$\overline{\varepsilon_1} = 767,85 \text{ (Td)}$$

Achtergrond = 200 (Cd.m⁻²)

$U_{\xi}^*(t_{ex}, x)$



X (aantal zijlijnen)
1 zijlijn = 0,5 bgmin

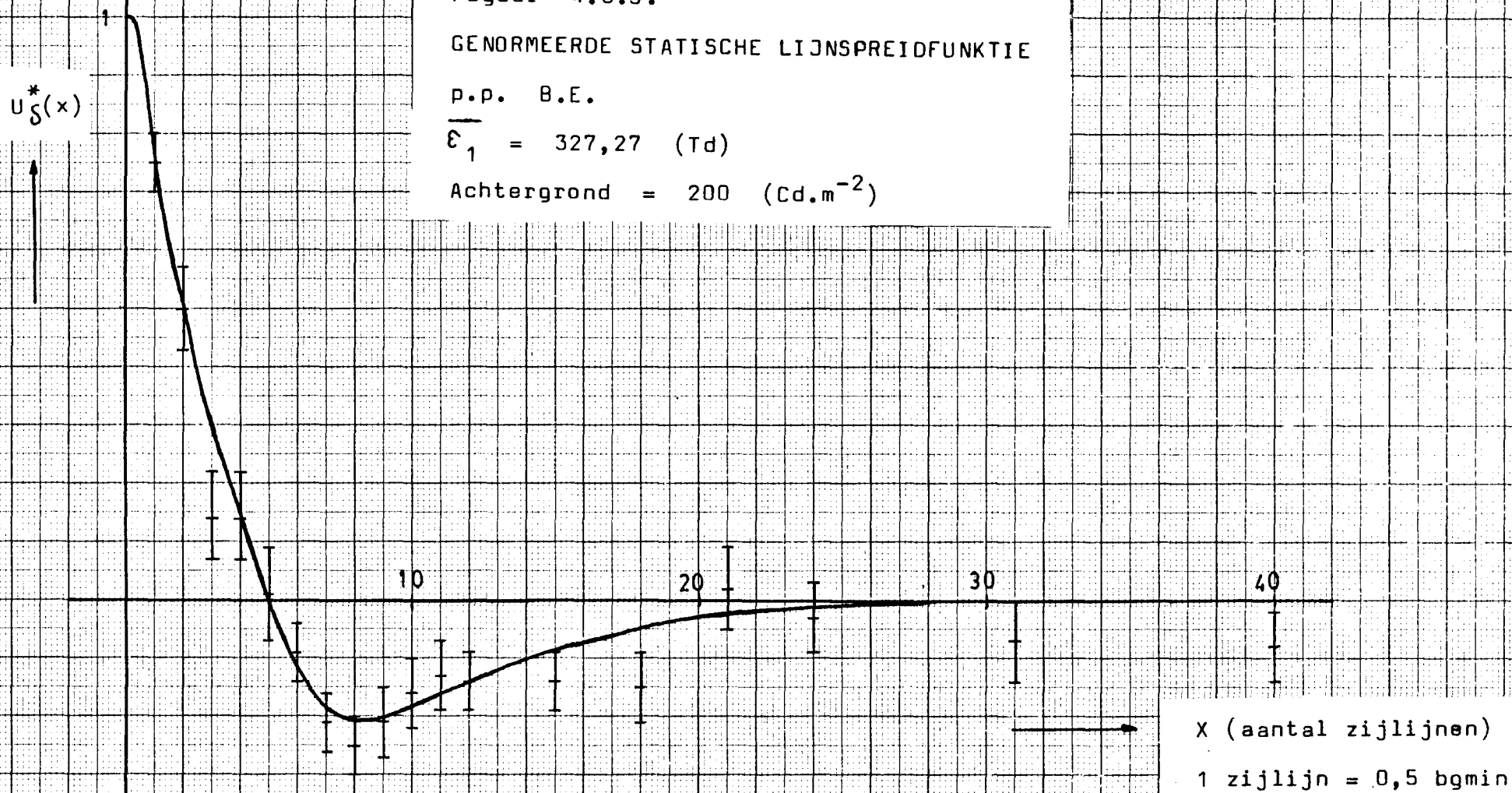
Figuur 4.3.3.

GENORMEERDE STATISCHE LIJNSPREIDFUNKTIE

p.p. B.E.

$$\overline{\epsilon_1} = 327,27 \text{ (Td)}$$

Achtergrond = 200 (Cd.m⁻²)



p.p. F.B.	Dynamisch		Statisch	
x	$\bar{U}_S^*(t_{ex}, x)$	$s(\bar{U}_S^*(t_{ex}, x))$	$\bar{U}_S^*(x)$	$s(\bar{U}_S^*(x))$
1	0,86	0,06	0,80	0,07
2	0,55	0,06	0,57	0,07
3	0,42	0,08	0,42	0,05
4	0,49	0,04	0,24	0,08
5	0,22	0,05	-0,02	0,05
6	0,27	0,06	0,08	0,06
7	0,06	0,04	0,15	0,08
8	0,13	0,07	-0,04	0,08
9	0,17	0,07	-0,13	0,05
10	0,14	0,07	-0,02	0,06
11	0,00	0,06	-0,20	0,06
12	-0,02	0,05	-0,09	0,05
15	-0,08	0,06	-0,17	0,06
18	0,03	0,05	-0,10	0,07
21	0,00	0,05	-0,23	0,08
24	-0,14	0,05	-0,12	0,07
31	0,06	0,06	-0,08	0,07
40	-0,06	0,06	0,01	0,07

- 480 stimuli per meetpunt
- Middeling over 24 Δv 's
- Spreiding berekent met voortplantingswet (lit. 2: vgl 4.1.1.)
- $q = 0,3$ $K_t = 0,65$
- $\overline{s(\bar{U}_S^*(t_{ex}, x))} = 0,05$
- $\overline{s(\bar{U}_S^*(x))} = 0,06$

tabel 4.3.2.

Figuur 4.3.2.

GENORMEERDE DYNAMISCHE LIJNSPREIDFUNKTIE

p.p. F.B.

$$\overline{\epsilon_1} = 982,62 \text{ (Td)}$$

Achtergrond = 200 (Cd.m⁻²)

$U_{\xi}^*(t_{ex}, x)$



1

10

20

30

40

x (aantal zijlijnen)

1 zijlijn = 0,5 bgmin

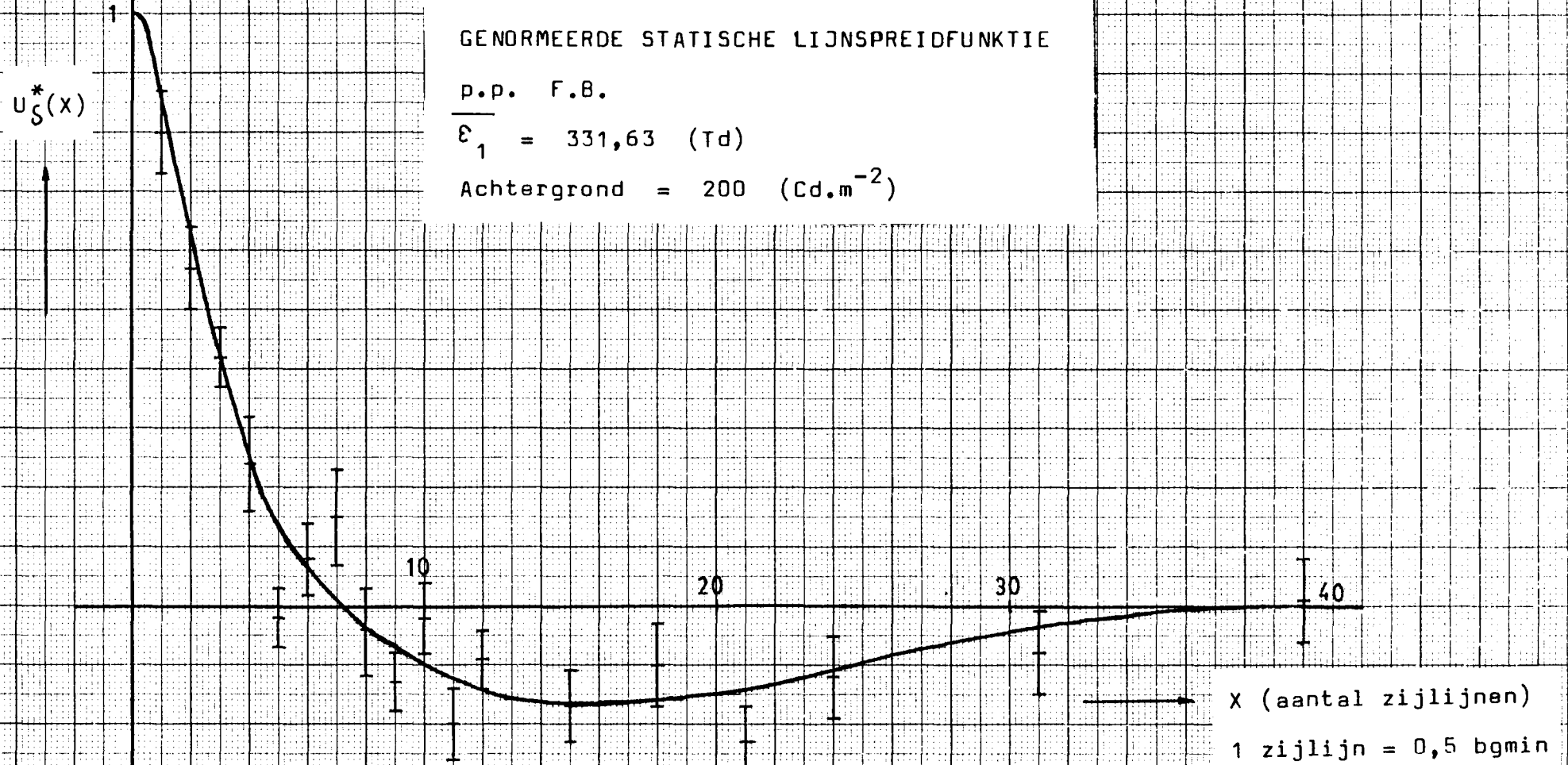
Figuur 4.3.4.

GENORMEERDE STATISCHE LIJNSPREIDFUNKTIE

p.p. F.B.

$$\varepsilon_1 = 331,63 \text{ (Td)}$$

$$\text{Achtergrond} = 200 \text{ (Cd.m}^{-2}\text{)}$$

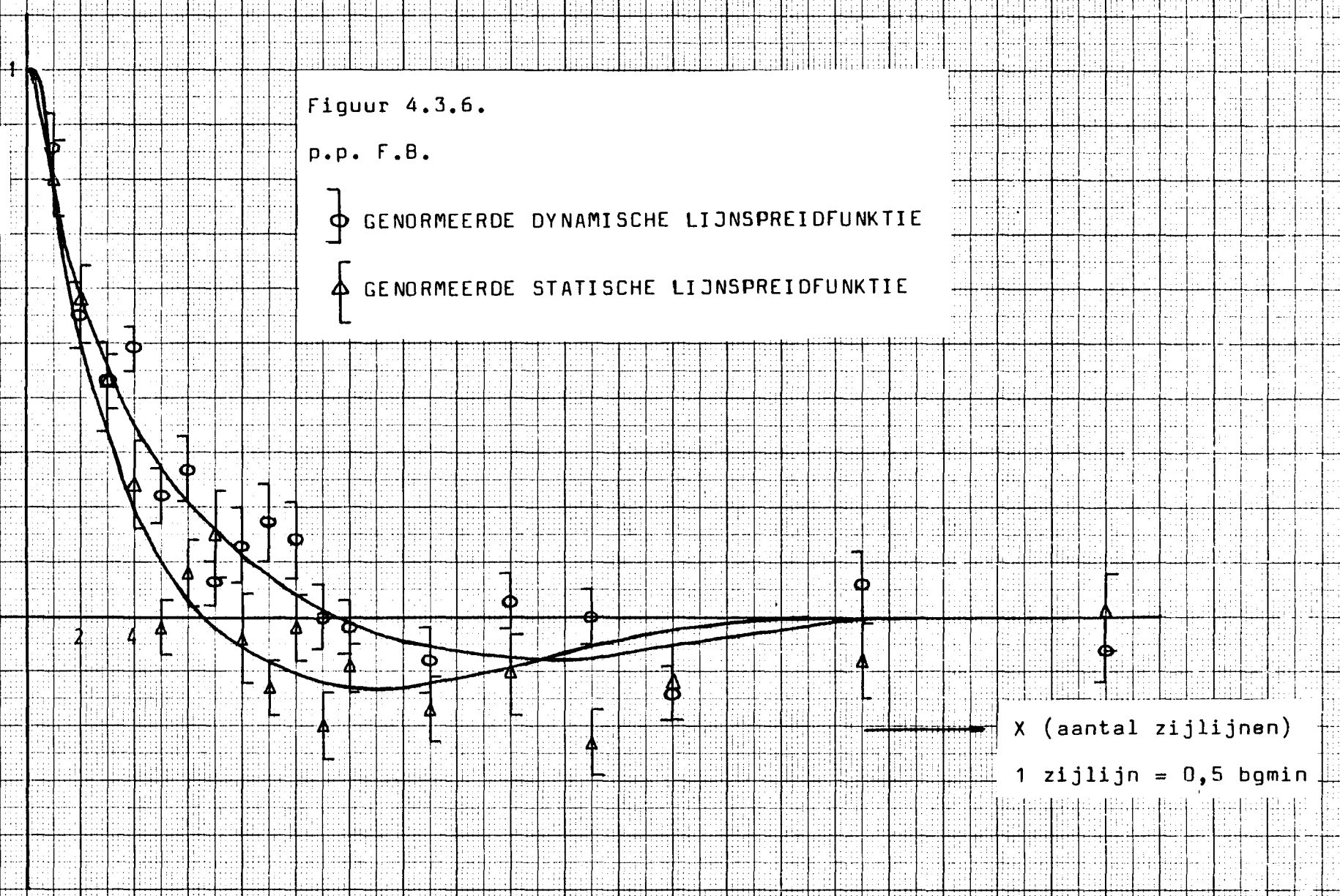


Figuur 4.3.6.

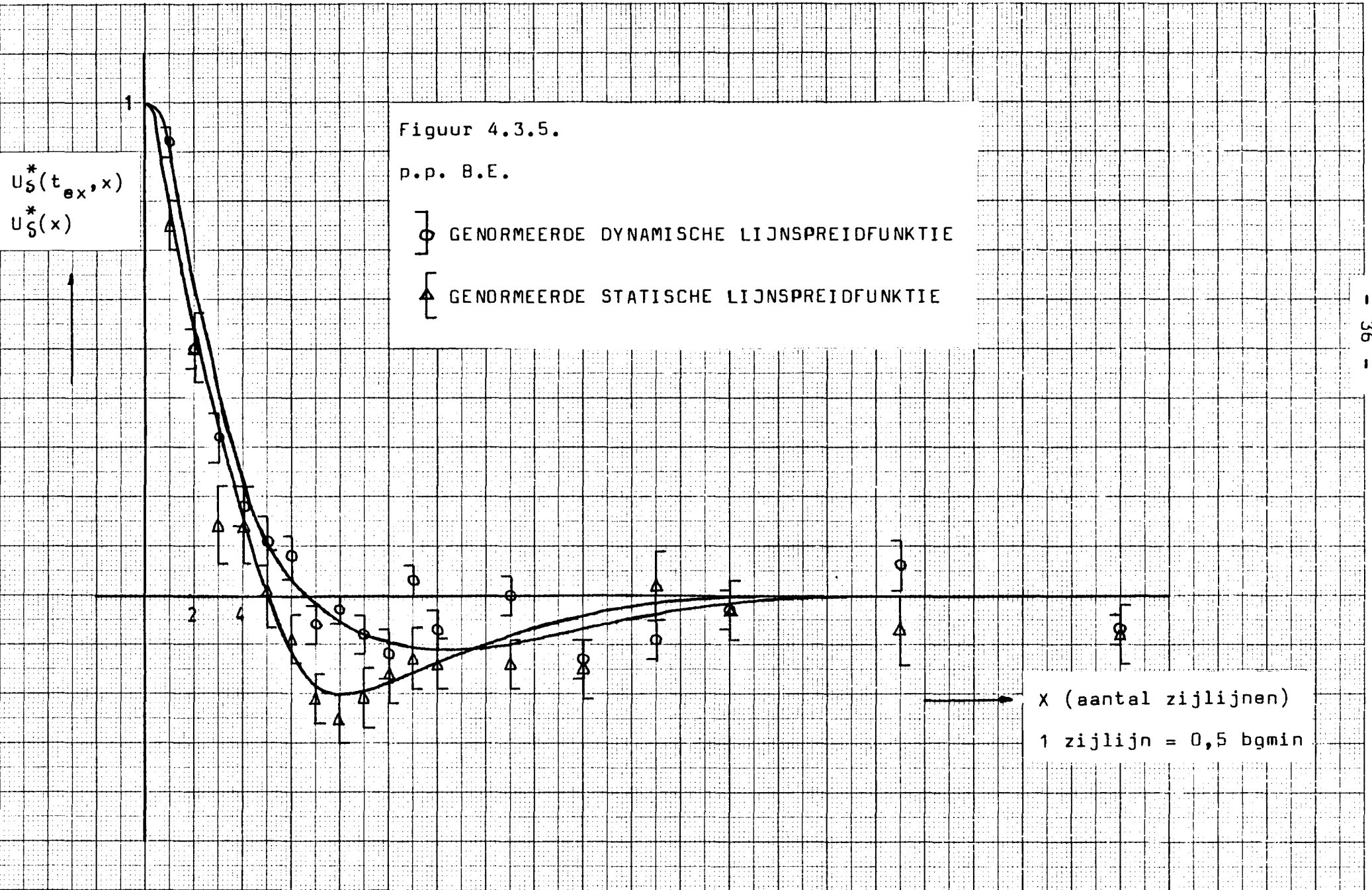
p.p. F.B.

- \circ GENORMEERDE DYNAMISCHE LIJNSPREIDFUNKTIE
- \triangle GENORMEERDE STATISCHE LIJNSPREIDFUNKTIE

$U_S^*(t_{ex}, x)$
 $U_S^*(x)$



X (aantal zijlijnen)
1 zijlijn = 0,5 bgmin



Figuur 4.3.5.

p.p. B.E.

- GENORMEERDE DYNAMISCHE LIJNSPREIDFUNKTIE
- △ GENORMEERDE STATISCHE LIJNSPREIDFUNKTIE

4.4 Incrementale verlichtingssterkte van sondelijn

Een bij de bepaling van de normfactoren van de 4 gemeten responsies van belang zijnde grootheid is $\bar{\epsilon}_1$

Dit is de gemiddelde incrementale verlichtingssterkte op de retina van alleen de sondelijn.

Voor $\bar{\epsilon}_1$ geldt:

$$\bar{\epsilon}_1 = \bar{\Delta L} \cdot \bar{A}_p \quad (\text{Td}) \quad (\text{zie} \quad \text{waarin}$$

$$\bar{\Delta L} = 10^{(1,98 - \frac{\bar{V}_d}{19,23})} \quad (\text{Cd.m}^{-2}) \quad (\text{zie B 2.1.1.})$$

In tabel 4.4.1. staan de hiervoor van belang zijnde meetwaarden van beide proefpersonen, evenals de daarvan afgeleide waarden voor $\bar{\epsilon}_1$

p.p. B.E.	Statisch	Dynamisch
\bar{A}_p (mm ²)	29,51	29,51
\bar{V}_d (dB)	17,98	10,86
$\bar{\Delta L}$ (Cd.m ⁻²)	11,09	26,02
$\bar{\epsilon}_1$ (Td)	327,27	767,85
p.p. F.B.	Statisch	Dynamisch
\bar{A}_p (mm ²)	22,73	22,73
\bar{V}_d (dB)	15,69	6,62
$\bar{\Delta L}$ (Cd.m ⁻²)	14,59	43,23
$\bar{\epsilon}_1$ (Td)	331,63	982,62

tabel 4.4.1.

4.5. Bespreking van de meetresultaten

In onderstaande tabel 4.5.1. staan de beschikbare gemiddelden van de spreiding in de statische en dynamische lijnspreidfunctiewaarden van verschillende proefpersonen

P.P.	stimuli	$s(\bar{U}_\zeta^*(t_{ex}, x))$	$s(\bar{U}_\zeta^*(x))$
B.E.	480	0,04	0,06
F.B.	480	0,05	0,06
R.J.B. (lit. 2)	600	0,04	
J.V. (lit. 2)	600	0,04	
T.S. (lit. 4)	480	0,05	0,05
H.G. (lit. 4)	480	0,06	

tabel 4.5.1.

Bij alle proefpersonen zijn de resultaten via de constante helling methode verkregen. Het valt meteen op dat er geen wezenlijke verschillen aanwezig zijn tussen de spreiding in de funktiewaarden.

Zoals R.J.B. en J.V. (lit. 2) reeds aangegeven hebben, zijn 480 stimuli al voldoende om een aanvaardbare spreiding in de resultaten te verkrijgen.

Met extra metingen zal de spreiding niet wezenlijk verminderd worden.

Bij een vergelijking van de resultaten van p.p. B.E. met die van p.p. F.B. vallen de volgende punten op:

- De maximale negatieve waarde van de dynamische lijnspreidfunctie is in beide gevallen kleiner dan de maximale negatieve waarde van de statische variant. Hieruit volgt dat er geen eenvoudige gelijkvormigheid bestaat tussen de statische en de dynamische lijnspreidfunctie

D.w.z. dat na schaling van x van de dynamische lijnspreidfunctie met een schaalfactor χ de genormeerde statische en dynamische lijnspreidfunctie niet aan elkaar gelijk zijn.

- De nuldoorgang van de statische lijnspreidfunctie ligt dichterbij de oorsprong dan de nuldoorgang van de dynamische lijnspreidfunctie. Dit duidt erop dat een statische stimulus beter gezien wordt dan een dynamische stimulus.
- Bij p.p. F.B. liggen deze nuldoorgangen in verhouding verder van de oorsprong af als bij p.p. B.E.
- Het aantal meetwaarden wat meer als 1 maal de spreiding van de geschatte lijnspreidfuncties aflight, is bij p.p. F.B. beduidend groter. Dit duidt op een extra aanwezige variantiebron

In tabel 4.5.2. staan de oppervlakten onder de genormeerde lijnspreidfuncties van beide proefpersonen

p.p. B.E.	totale oppervlak	percentage van pos. lob
$\bar{U}_S^*(x)$	0,12 (boogmin)	11 %
$\bar{U}_S^*(t_{ex}, x)$	0,54 (boogmin)	43 %
p.p. F.B.	totale oppervlak	percentage van pos. lob
$\bar{U}_S^*(x)$	0,02 (boogmin)	1 %
$U_S^*(t_{ex}, x)$	1,28 (boogmin)	75 %

tabel 4.5.2.

Uit deze waarden blijkt dat het totale oppervlak onder de statische lijnspreidfunctie van beide proefpersonen nul verondersteld mag worden. (bandfilter) De dynamische meetwaarden geven dit niet aan. De procentuele afwijkingen zijn hiervoor te groot.

5. CONCLUSIES

1. Uit de gemeten responsies volgt niet dat na schaling van de plaats met een schaalfactor χ de genormeerde dynamische lijnspreidfunctie gelijk is aan zijn statische variant. De aanname $U_{\delta}^*(x) = C \cdot U_{\delta}^*(t_{ex}, x/\chi)$ kan verworpen worden.
2. Het is niet nodig metingen aan statische en dynamische lijnspreidfuncties door elkaar uit te voeren. Voor de spreiding in de meetresultaten maakt dit niets uit. De proefpersoon ervaart afwisseling van statische en dynamische metingen als onplezierig.
3. Het totale oppervlak onder beide gemeten statische lijnspreidfuncties mag 0 verondersteld worden. Dit gegeven is nodig om het filter in het model voor het menselijke visuele systeem door een bandfilter te benaderen.
4. Conclusie 3. is niet geldig voor beide gemeten dynamische lijnspreidfuncties.
5. De visus van een proefpersoon bepaald o.a. de nuldoorgangen van de lijnspreidfuncties. Een hogere visus resulteert in nuldoorgangen die dichterbij de oorsprong liggen.

6. LITERATUURLIJST

1. Roufs, J.A.J. , "Licht en Geluid", kollegediktaat THE, nr.1.148, 1982.
2. Beun, R.J. en Vaessen, J., "Lijnimpulsresponsie van het menselijke visuele systeem als functie van tijd en plaats", Rapport nr.417, IPO, Eindhoven 1981.
3. Amen, R. van en Gerven, A. van, "Onderzoek naar het verband tussen de statische en dynamische lijnspreidfunctie van het menselijke visuele systeem", Rapport nr.434, IPO, Eindhoven 1983.
4. Gool, H. van en Speekenbrink, T., "Vergelijking van de visuele responsie van stationaire en kortgeflitste lijnen", Rapport nr.436, IPO, Eindhoven 1982.

Bijlage 1: LIJST VAN SYMBOLEN

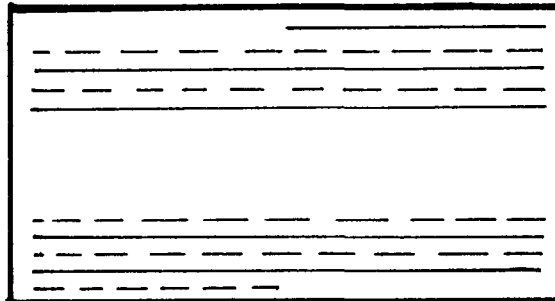
- t : tijd (ms)
- x : plaats (lijnafstanden)
- $E_{ret}(x,t)$: retinale verlichtingssterkte op plaats x van het netvlies, op tijdstip t van de achtergrond verlichting (T_d).
- $\mathcal{E}_p(x,t)$: increment in de retinale verlichtingssterkte op plaats x van het netvlies, op tijdstip t t.o.v. de achtergrond (T_d).
- $n(x,t)$: ruisfunctie
- $y(x,t)$: uitgangssignaal van het lineaire systeem inclusief ruis.
- $z(x,t)$: uitgangssignaal van het model.
- D^+ : drempelwaarde van het drempelmechanisme.
- p : detektiekans van een stimulus.
- q : verzwakking van de stoorlijn t.o.v. de sondelijn.
- τ : tijdverschuiving stoorpuls t.o.v. de sondelijn (ms).
- Δt : oplichttijd één puls.
- Δx : breedte één lijn (bgmin) (ca. 0,3mm, hetgeen in onze opstelling overeenkomt met 0,37 bgmin)
- ΔL : luminantieverschil van een lijn van een stimulus t.o.v. een willekeurige lijn op het scherm wanneer er geen puls is (Cdm^{-2}).
- ΔL_{gem} : ΔL , gemiddeld over 40 ms.
- A_p : de gemiddelde pupiloppervlakte (mm^2)
- d_{pupil} : gemiddelde pupildiameter (mm)
- \mathcal{E}_1 : incrementale verlichtingssterkte op de retina van één lijn op drempelnivo (T_d).
- \mathcal{E}_r : referentiewaarde nodig voor de definitie van v_{d1} en v_{dc} (T_d).
- v_{d1} : \mathcal{E}_1 , uitgedrukt in dB t.o.v. referentiewaarde \mathcal{E}_r .
- \mathcal{E}_c : incrementale verlichtingssterkte op de retina bij een combinatie van stoor- en sondelijn, bij drempelnivo (T_d).

- v_{dc} : \mathcal{E}_c , uitgedrukt in dB t.o.v. referentiewaarde \mathcal{E}_r .
 Δv : $v_{dc} - v_{d1}$
 v_a : ingestelde verzwakking sondelijn (dB).
 P_a : detektiékans van sondelijn bij verzwakking v_a .
 v_{ab} : ingestelde verzwakking sonde- + stoorlijn (dB).
 P_{ab} : detektiékans sonde- + stoorlijn bij verzwakking v_{ab} .
 t_{ex} : tijdstip waarop de responsie maximaal is.
 $U_{\delta}(-\tau, x)$: de lijnimpulsresponsie (LIR) = dynamische lijnspreidfunctie van een kortdurende stimulus op een afstand x en een tijd $-\tau$ t.o.v. het maximum.
 $U_{\delta}^*(-\tau, x)$: de genormeerde LIR.
 $U_{\delta}(x)$: statische lijnspreidfunctie (SLSF) van een Quasi-statische stimulus gemeten op een afstand x van het maximum.
 $U_{\delta}^*(x)$: genormeerde SLSF.
NF : normfaktor
 K_p : plaatskorrektie faktor
 K_t : tijdskorrektie faktor
H : helling psychometrische kromme (dB^{-1}).
n : geheel getal

Bijlage 2: WERKING VAN DE APPARATUUR

B.2.1 De monitor

De monitor heeft totaal 625 lijnen, die in 40 ms geschreven worden. Eerst raster 1 in 20 ms en daarna raster 2 eveneens in 20 ms. De lijnen van de rasters liggen om en om, zoals in fig. B.2.1.1 aangegeven.



1^e raster 312,5 lijnen
2^e raster 312,5 lijnen
1 lijnafstand = 0,4 mm
dikte van lijn = 0,3 mm

Fig. B.2.1.1: Rangschikking lijnen op monitor

Deze opbouw heeft de volgende konsekwenties:

1. Wanneer men twee lijnen op dezelfde plaats wil schrijven, dan is de minimale tijdsduur hiertussen 40 ms, of is deze tijdsduur een veelvoud van 40 ms.
2. De lijnafstand tussen twee (vrijwel) gelijktijdig geschreven lijnen is minimaal 2 of deze afstand is een veelvoud van twee.

IJking van de monitor

Met behulp van de Pritchard luminantiemeter is een verband bepaald tussen de ingestelde verzwakkerstand en de luminantie van de sondelijn. Hiertoe is een lens SL-20 (focussing range 356-609 mm) op de Pritchard geplaatst. Er is op een afstand van ca. 500 mm van het scherm gemeten met een cirkelvormig diafragma, waarvan de

openingshoek 2 bgmin. bedraagt. Volgens de handleiding van de Pritchard wordt met de lens SL-20 en het 2 bgmin. diafragma op een afstand van 508 mm de luminantie bepaald van een cirkelvormig gedeelte met diameter 0,28 mm, van het totale oppervlak van het objekt. (Handleiding Pritchard luminantiemeter tabel 2, pg.36) De breedte van de sondelijn is 0,3 mm. Het resultaat van de ijking is te vinden in onderstaande tabel B.2.1.1. De meetpunten zijn grafisch weergegeven in fig.B2.1.2 . Uit deze meetpunten volgt het verband tussen de luminantie van de sondelijn en de verzwakkerstand:

$$\text{Log}(\Delta L) = 1,98 + v/19,2 \quad (\text{B.2.1.1})$$

met v gelijk aan de verzwakkerstand in dB.

v	L1	L2	$\bar{\Delta L}$	$\log \bar{\Delta L}$	s(log $\bar{\Delta L}$)
0	302	302	95	1,978	0,002
1	292	292	85	1,929	0,003
2	282	282	75	1,875	0,003
3	274	274	67	1,826	0,003
4	266	266	59	1,771	0,004
5	260	259	52,5	1,720	0,004
6	254	253	46,5	1,667	0,005
7	248	248	41	1,613	0,005
8	244	244	37	1,568	0,006
9	239	239	32	1,505	0,007
10	236	236	29	1,462	0,007
11	232	232	25	1,398	0,009
12	230	230	23	1,362	0,009
13	227	227	20	1,301	0,011
14	225	225	18	1,255	0,012
15	223	223	16	1,204	0,013
16	221	221	14	1,146	0,015
17	219	219	12	1,079	0,018
18	218	218	11	1,041	0,019
19	216	217	9,5	0,978	0,022
20	216	216	9	0,954	0,023

Tabel B.2.1.1: Meetpunten ijking monitor
(achtergrond 2' meetveld is 207 Cdm⁻²)

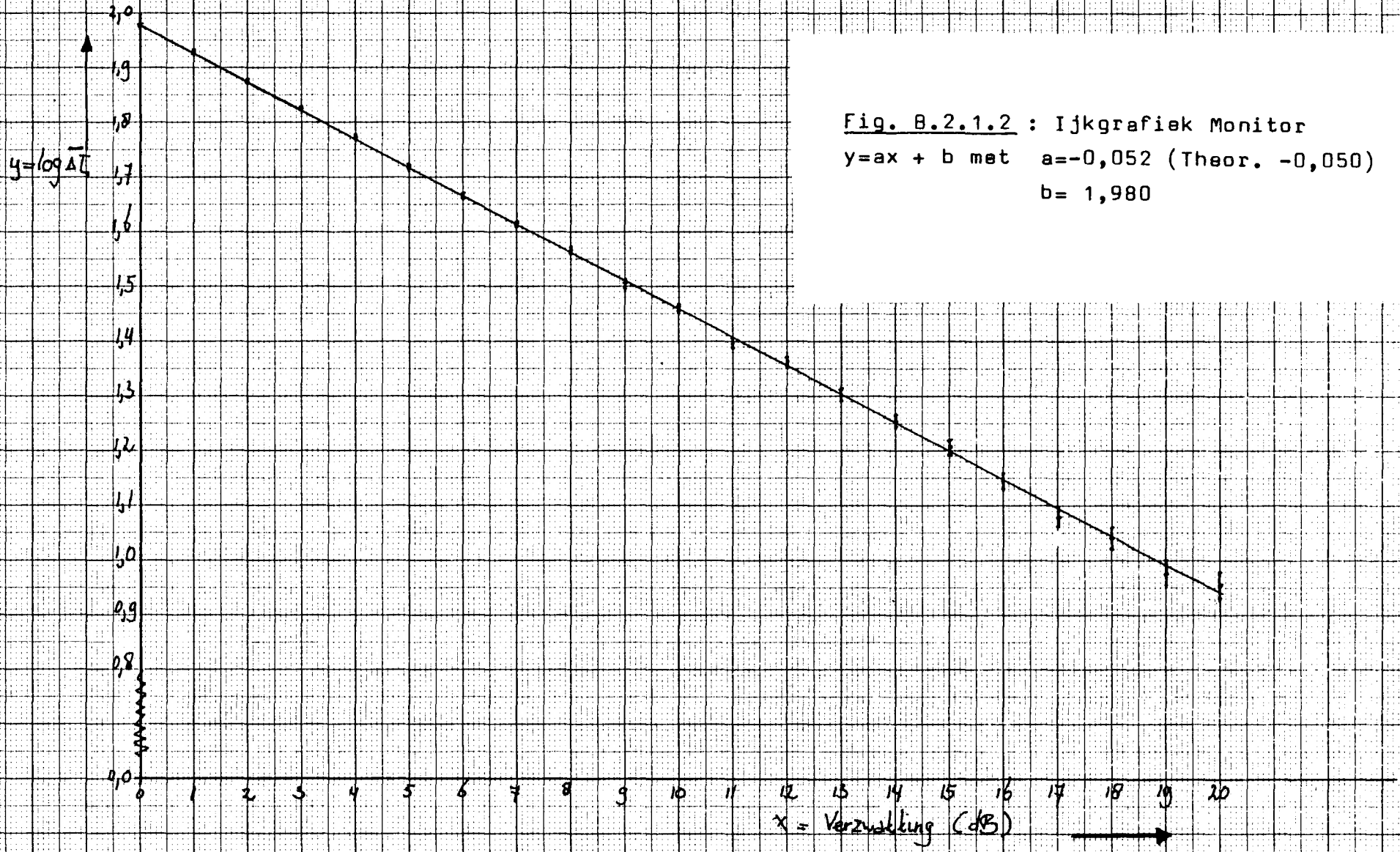


Fig. B.2.1.2 : Ijkgrafiek Monitor
 $y = ax + b$ met $a = -0,052$ (Theor. $-0,050$)
 $b = 1,980$

Interlineairing

Met een speciaal voor dit doel vervaardigd test-sig-naal is gekeken naar de interlineairing van de beeldlijnen uit beide rasters. Het test-sig-naal heeft de volgende vorm : (Fig.B.2.1.3)



Fig. B.2.1.3: Test-sig-naal Interlineairing

Wanneer de interlineairing korrekt is, dan zal op enige afstand van de monitor het volgende beeld worden waargenomen : (Fig.B.2.1.4)



Fig. B.2.1.4: Waargenomen beeld bij korrekte interlineairing

Is de interlineairing van de beeldlijnen niet korrekt, dan zal een beeld als in fig.B.2.1.5 worden waargenomen.



Fig. B.2.1.5: Inkorrekte Interlineairing

Voor onze monitor werd fig.B.2.1.4 waargenomen, hetgeen betekent dat de interlineairing korrekt is.

Er is ook nog op een andere manier naar de interlineairing gekeken. Met behulp van de Pritchard luminantiemeter is de luminantie gemeten op de plaats van de sondelijn onder verschillende kondities. Dit is gedaan met het 2' meetveld. (zie ijking monitor) De stand van de verzwakker was 0 dB. De luminantie van de stoorlijn is 0,3 maal de luminantie van de sondelijn.

<u>Konditie</u>	<u>L (Cdm⁻²)</u>
1. Sondelijn aangestuurd, geen zijlijnen	306
2. Geen lijnen aangestuurd	209
3. Alleen zijlijn x=-1 aangestuurd	215
4. Alleen zijlijn x=1 aangestuurd	215

Tabel B.2.1.2 : Interlineairingsexperiment

Uit tabel B.2.1.2 blijkt dat het effect van een zijlijn zich over meer dan één lijnafstand uitspreidt. Op plaats x=0 wordt een luminantie gemeten, wanneer alleen x=-1 of alleen x=1 wordt aangestuurd. Hierdoor wordt de luminantie van de sondelijn $(215-209)/306=2\%$ hoger. Dit effect kan verwaarloosd worden.

Uit tabel B.2.1.2 is ook te zien dat aansturing van alleen x=-1 dezelfde luminantieverhoging op x=0 te zien geeft als aansturing van alleen x=1. Dit geeft aan dat de interlineairing van de monitor korrekt is.

B.2.2 De videogenerator

De videogenerator heeft de volgende mogelijkheden:
- M.b.v. de dB-verzwakker aangesloten op G (zie fig.B.3.1), is de luminantie van de lijnen te regelen.

- De verhouding tussen de luminanties van de sonde en de stoorlijn (q) is instelbaar met L,D,F.
- Door het aansturen van poort A en B (met een lage spanning op de aansluitbus X_a en X_b) en schakelaar L kunnen twee lijnen op het scherm geplaatst worden. Poort A zet de sondelijn in het midden van het scherm (lijn 154 raster1). Poort B zet een stoorlijn op het scherm waarbij de plaats te bepalen is met schakelaars A,C,E,J en M.
- De uitgang R_s , de raster synchronisatie, geeft iedere 20 ms bij het begin van een nieuw raster een negatieve puls.
- De uitgang R_i , het raster identifikatiesignaal, geeft een positieve spanning tijdens het schrijven van raster 1 en aardnivo tijdens het schrijven van raster 2.

De videosignaalgenerator kan de stoorlijn dus alleen in de plaats t.o.v. sondelijn verschuiven. Verschuivingen in de tijd zijn mogelijk door de poorten A en B op het juiste moment aan te sturen, gebruikmakend van de overige randapparatuur.(alleen nodig in het dynamische geval)

B.2.3 Overige randapparatuur en schakelingen

Deze apparatuur bestaat uit tellers, nandpoorten en andere logische schakelingen. Deze apparatuur wordt gebruikt om in geval van dynamische metingen de poorten X_a en X_b op de juiste momenten aan te sturen. De algemene schakeling is weergegeven in fig.B.2.3.1 . Voor een uitgebreide bespreking van deze algemene schakeling zij verwezen naar IPO-rapport nr.436 .

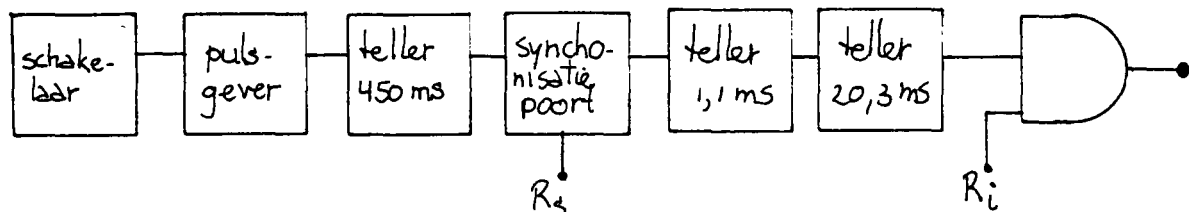


Fig. B.2.3.1: Opbouw algemene deel logische schakeling

Bijzondere schakelingen

a. Schakeling voor het meten van $U_{\delta}^*(t_{ex}, x)$ met x even :

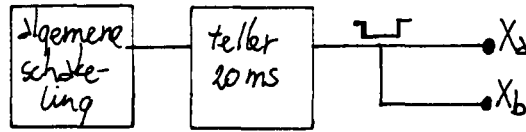


Fig. B.2.3.2: Schakeling $U_{\delta}^*(t_{ex}, x)$, x even

Als x even is, moet de stoorlijn in het eerste raster geplaatst worden. De uitgang van de algemene schakeling stuurt een teller aan, die gedurende 20 ms X_a (sonde-lijn) en X_b (stoorlijn) op aardnivo legt.

b. Schakeling voor het meten van $U_{\delta}^*(t_{ex}, x)$ met x oneven:

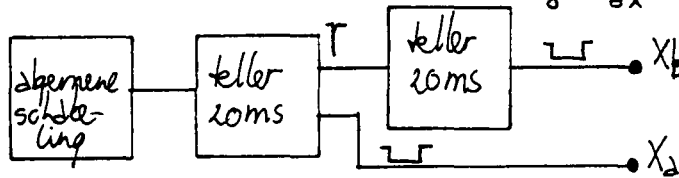


Fig. B.2.3.3: Schakeling $U_{\delta}^*(t_{ex}, x)$, x oneven

Als x oneven is, moet de stoorlijn in het tweede raster geschreven worden. De uitgang van de algemene schakeling stuurt ook nu een teller aan die X_a gedurende 20 ms op aardnivo brengt en die na die tijd een tweede teller start, die X_b 20 ms op aardnivo brengt.

c. Schakeling voor het meten van $U_{\delta}^*(-\tau, 0)$ met $\tau > 0$.

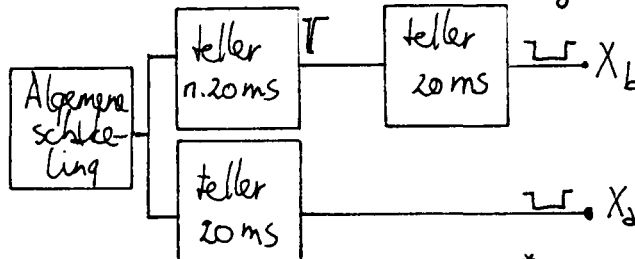


Fig. B2.3.4: Schakeling $U_{\delta}^*(-\tau, 0)$ met $\tau > 0$

Het signaal voor X_b wordt door een teller van $n \cdot 20$ ms vertraagd. ($\tau = n \cdot 20$ ms) X_a en X_b worden weer 20 ms op aardnivo gebracht.

Bij onze metingen hadden de verschillende schakelaars op de videosaalgenerator de volgende standen:

Statische meting $U_{\delta}^*(x)$: $L_1=on$; $L_2=on$; X_a en X_b aardnivo
Dynamische meting $U_{\delta}^*(t_{ex}, 0)$: $L_1=off$; $L_2=off$; X_a en X_b
gestuurd door logische schakelingen.

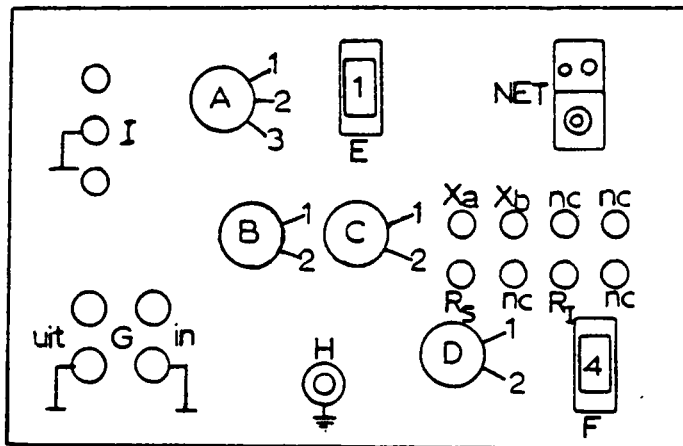
Plaatsbepaling x van stoorlijn:

x	J	M_1, M_4
1	155	off
2	155	on
3	156	off
4	156	on
5	157	off
6	157	on
7	158	off
8	158	on
9	159	off
10	159	on
11	160	off
12	160	on
15	162	off
18	163	on
21	165	off
24	166	on
31	170	off
40	174	on

K=1 : Sonde- + stoorlijn
K=0 : Sondelijn

Bijlage 3: GEBRUIKSAANWIJZING VIDEOSIGNAALGENERATOR

Frontpaneel



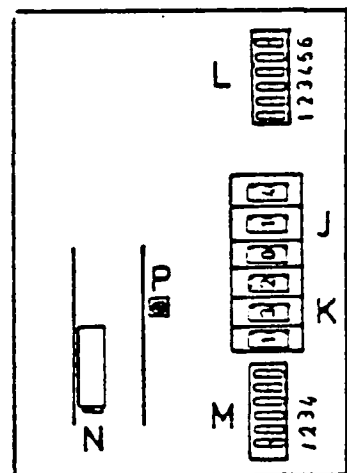
- A: A2: Alleen hoofdlijn (1^e raster) + ev. balk (afh. v. C)
A1: hfdlijn (1^e raster) + zijlijnen (1^e raster)
of hfdln + balk
A3: hfdlijn (1^e raster) + zijlijnen (2^e raster)
of hfdln + balk
- B: B1: luminantieverhoging (positief contrast)
B2: luminantieverlaging (negatief contrast)
- C: C1: hoofdlijn + balk
C2: hoofdlijn + zijlijnen (afh. v. A)
- D: (nieuw) zie bij L

- E: Duimwiel: d = afstand zijlijnen t.o.v. centrale hoofdlijn, geteld in 1^e raster, dus: stel ingesteld X , dan
indien zijlijnen in 1^e raster: $d = 2.X$
indien zijlijnen in 2^e raster: $d = 2.X - 1$.
- F: Duimwiel: instelling q . Zie verder bij L.
Schakelaar F heeft 6 standen:
 $F = 1, 2, 3, 4, 5$, en $F = 10$ aangegeven door een dot (.).
- G: Aansluitbussen voor de verzwakkers. N.B.: De onderste bussen (common) mogen niet met massa van b.v. de oscilloscoop verbonden worden.
- H: B.N.C connector = video output.
- I: Aansluitbussen voor startknop van p.p., kleur gecodeerd.
Bij verwisseling van bovenste en onderste aansluitbus start de stimulus op het indrukken van de startknop in plaats van op loslaten; dit laatste is de bedoeling.

Bovenkant bedieningskast:

J,K: Duimwielenschakelaars:

- J bepaalt de startlijn van de balk in het 2^e raster.
K bepaalt het aantal lijnen van de balk in het 2^e raster.
De balk wordt geschreven in beide rasters.
Zie verder bij M.



L: Schakelaars:

L1: stimulus continu/ stimulus afh. van startknop p.p.

L4: zwarte / witte fixatiestippen

L5: wel / geen fixatiestippen

instelling q:

-L7 on : De omschakeling van de faktor 0,1/0,02
is nu mogelijk met de schakelaar D op
het frontpaneel.

Voorwaarde: L2 off, L3 off, L6 off.

D1 (omhoog): $q = 0,1.F$

D2 (omhoog): $q = 0,02.F$

N.B.: Cramer en Deenen (1) hebben d.m.v. metingen aangetoond dat q in werkelijkheid afweek van de ingestelde waarde. Later zijn deze afwijkingen gecorrigeerd. In verband met wijzigingen aan de videosaalgenerator verdient het echter aanbeveling de waarden van q nogmaals te verifiëren. Bovendien dienen L_0 en L_{max} (afh. van instelling monitor) te worden gemeten.

M: (nieuw) Schakelaars:

M1 on : eerste lijn (in het tweede raster) van een balk wordt niet geschreven.

M4 off: laatste lijn (in het eerste raster) van een balk wordt niet geschreven.

Als M1=off en M4 = on is het aantal lijnen van de balk gelijk aan 2.K en ligt de eerste (bovenste) lijn in het tweede raster en de laatste (onderste) lijn in het eerste raster.

Met de schakelaar J kan men een balk van een bepaalde breedte in stapjes van 2 lijnen verschuiven. Met M1, M4 en K zijn nu ook stapjes van 1 lijn mogelijk.

N: instelpotentiometer: regeling duur stimulus.

P: instelpotentiometer: regeling afstand fixatiestippen.