

Gelijkstelling en schaling van luminantie-kontrasten van alfa-numerieke symbolen op monitoren

Citation for published version (APA):

op de Coul, E. F., & Vervuurt, F. E. W. (1987). *Gelijkstelling en schaling van luminantie-kontrasten van alfa-numerieke symbolen op monitoren*. (IPO-Rapport; Vol. 578). Instituut voor Perceptie Onderzoek (IPO).

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1987

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.

Rapport no. 578

Gelijkstelling en schaling van
luminantie-kontrasten van alfa-
numerieke symbolen op monitoren

E.F. Op de Coul en F.E.W. Vervuurt

Rapport nr. 578

Gelijkstelling en schaling
van luminantie-kontrasten
van alfa-numerieke symbolen
op monitoren

E.F. Op de Coul F.E.W. Vervuurt

Rapport van het stagewerk
uitgevoerd van oktober 1986 tot februari 1987
onder leiding van ing. M.C. Boschman

Technische Universiteit Eindhoven
Instituut voor Perceptie Onderzoek

Samenvatting

De fysische variabelen van kathodestraalbuizen moeten aan bepaalde eisen voldoen om een optimale overdracht van alfanumerieke informatie aan de mens te realiseren. Uit onderzoek naar de invloed van beeldschermparameters op het visuele comfort en de prestatie, is het luminantiecontrast een belangrijke onafhankelijke variabele gebleken.

Tijdens deze stage is de relatie tussen het fysische luminantiecontrast en het door de mens waargenomen contrast onderzocht door gebruik te maken van een drietal psychometrische meetmethoden. Daarbij worden donkere (negatief of decrementeel contrast) en heldere (positief of incrementeel contrast) karaktersymbolen van het type Beehive (dun) en IPO-Normaal (vet) gepresenteerd op een achtergrond van 40 candela per vierkante meter.

Bij de eerste methode, de contrastgelijkstelling, wordt de relatie tussen in- en decrementeel luminantiecontrast bepaald bij gelijke subjectieve contrastsensatie. Hierbij stelt de proefpersoon het luminantiecontrast van een karaktergroep zodanig in, dat dit contrast volgens zijn waarneming gelijk is aan het tegengestelde referentiecontrast van de tweede karaktergroep. Op de over de proefpersonen gemiddelde resultaten zijn drempelcorrecties toegepast in de vorm van luminantie- en contrastcorrecties. Deze drempelcontrasten zijn in een afzonderlijk experiment gemeten.

De magnitudeschatting is een psychometrische schalingstechniek waarmee de sterkte van een contrastsensatie als functie van het luminantiecontrast bepaald kan worden. De proefpersoon geeft een verhoudingsgetal tussen het contrast van een karaktergroep en een relatief laag referentiecontrast van een andere karaktergroep.

De bisectie is eveneens een schalingmethode waarbij een intervalschaal wordt gekonstrueerd via voortgezette halvering van een hoofdinterval met grenswaarden 0% en 100%. Een proefpersoon krijgt 3 karaktergroepen aangeboden, waarvan de buitenste de contrastwaarden van het beschouwde interval hebben. De proefpersoon stelt het luminantiecontrast van de mid-

delste groep zodanig in, dat het midden tussen de contrasten van de buitenste groepen ligt. Vervolgens halverwege dit ingestelde midden en het hoogste of het laagste referentiecontrast, etc. Op deze manier worden de positieve en negatieve contrastintervallen verdeeld in 16 subjectief gelijke deelintervallen. De resultaten van de bisectie zijn, evenals bij de andere experimenten, gemiddeld over de proefpersonen.

Uit de per karaktertype gemiddelde grafieken van de magnitudeschattingen en de bisecties zijn contrastgelijkstellingscurven gekonstrueerd. Deze komen goed overeen met de curven van de contrastgelijkstelling, rekening houdend met de standaarddeviaties. Bij hoge luminantiecontrasten blijkt incrementeel een sterkere indruk te maken dan decrementeel contrast voor de gebruikte contrastmaat $C = L_{max}/L_{min}$. Voor Beehive is dit andersom bij lage contrasten, terwijl voor IPO-Normaal de sensatie hierbij vrijwel symmetrisch is. Dit kan veroorzaakt worden door het verschil in karakterbreedte.

Uitgaande van de formule van Stevens, waarbij de helderheid een machtsfunctie van de luminantie is, kan men tenslotte de verhouding tussen de Stevens-exponenten voor in- en decrementele contrasten bepalen door de richtingscoëfficiënten van de gelijkstellingscurven in een hoog ($C = L_{max}/L_{min} > 2.0$) en een laag ($C < 1.5$) contrastgebied te berekenen. Hierbij valt op, dat voor Beehive de richtingscoëfficiënten in het lage contrastgebied hoger zijn (groter dan 1) dan bij hogere contrasten. Voor IPO-Normaal geldt dit eveneens, maar in mindere mate.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
1 Inleiding	5
2 Opstelling en ijking	7
2.1 de opstelling	7
2.2 de ijking	9
3 De methoden	16
3.1 contrastgelijkstelling	16
3.2 magnitudeschatting	18
3.3 bisectie	19
3.4 drempelbepaling	20
3.5 proefpersonen	21
4 Resultaten	22
4.1 contrastgelijkstellingen	22
4.2 magnitudeschatting	22
4.3 bisectie	24
4.4 drempelbepaling	24
5 Discussie	38
5.1 metingen	38
5.2 contrastgelijkstellingen	38
5.3 magnitudeschatting	40
5.4 bisectie	40
5.5 verschillen tussen proefpersonen	41
5.6 drempelbepaling	41
5.7 modelvorming	42
6 Konklusies	52
Referenties	54
Gebruikte apparatuur	55
Bijlage 1 Contrast-ijkcurven	
Bijlage 2 Magnitudeschattingen	
Bijlage 3 Bisectie	
Bijlage 4 Contrastgelijkstellingen gemiddeld over de herhaling	
Bijlage 5 ALICE	

1. Inleiding

Kathodestraalbuizen worden in steeds toenemende mate gebruikt voor het weergeven van alfanumerieke informatie. Voor fabrikanten en gebruikers is het belangrijk te weten welke eisen men aan de fysische variabelen moet stellen, opdat de informatieoverdracht voor het visuele systeem van de mens optimaal is.

Tijdens experimenten bij het IPO in het kader van het onderzoeksproject 'Ontwerpcriteria voor beeldweergave-apparatuur' is gekeken naar de invloed van verschillende fysische beeldschermparameters op het visueel comfort, op enkele oogbewegingsparameters en prestatie-maten [4], [1].

Het luminantiecontrast van de weergegeven alfanumerieke symbolen is een belangrijke onafhankelijke fysische variabele gebleken. Bovendien bleken de afhankelijke parameters een asymmetrie te vertonen voor heldere karakters op een donkere achtergrond, versus donkere karakters op een heldere achtergrond. Een verklaring voor deze asymmetrie kan men wellicht vinden als men de relatie kent tussen het fysische luminantiecontrast en het waargenomen subjectieve contrast (=helderheidscontrast).

Kontrast is in het algemeen een grootte die aangeeft in welke mate een object afsteekt tegen zijn directe omgeving. We kennen verschillende vormen van contrast. In dit stageonderzoek is uitsluitend gekeken naar het luminantiecontrast en het helderheidscontrast, dit is het door de mens waargenomen luminantiecontrast (het subjectieve attribuut). Een andere vorm is bijvoorbeeld kleurcontrast.

Het doel van de stage is de relatie tussen luminantie- en helderheidscontrast te onderzoeken, en daarbij in het bijzonder te letten op het verband tussen helderheidscontrast van donkere symbolen op een heldere achtergrond (negatief of decrementeel contrast) en heldere symbolen op een donkere achtergrond (positief of incrementeel contrast). Hierop zal een eenvoudige kwantitatieve analyse worden toegepast.

Als definitie van luminantiecontrast zal in eerste instantie worden uitgegaan van de verhouding tussen karakter- en achtergrondluminantie:

$$C = L_c/L_b$$

Deze definitie is gebruikelijk en ook gehanteerd door Leermakers en Boschman. Bij heldere karakters op een donkere achtergrond neemt C waarden aan tussen 1 en $+\infty$ en bij donkere karakters op een heldere achtergrond heeft C een veel kleiner bereik van 0 tot 1. Daarom wordt bij de weergave van de resultaten het luminantiecontrast logaritmisch uitgezet:

$$\log C = \log L_c/L_b = \log L_c - \log L_b$$

Dit heeft twee voordelen: het waardenbereik is nu symmetrisch ($[-\infty, 0]$ voor negatief en $[0, \infty]$ voor positief contrast) en het onderscheid tussen de twee vormen wordt direct aangeduid door de polariteit van de contrastwaarde. In hoofdstuk 5 komen ook andere definities aan de orde.

Er zijn drie psychometrische meetmethoden toegepast, namelijk contrastgelijkstelling, magnitudeschatting en bisectie. Een beschrijving van deze experimenten wordt in hoofdstuk 3 gegeven. Tevens zijn drempelcontrasten bepaald om later eventuele correcties hiervoor aan te kunnen brengen.

2. Opstelling en ijking

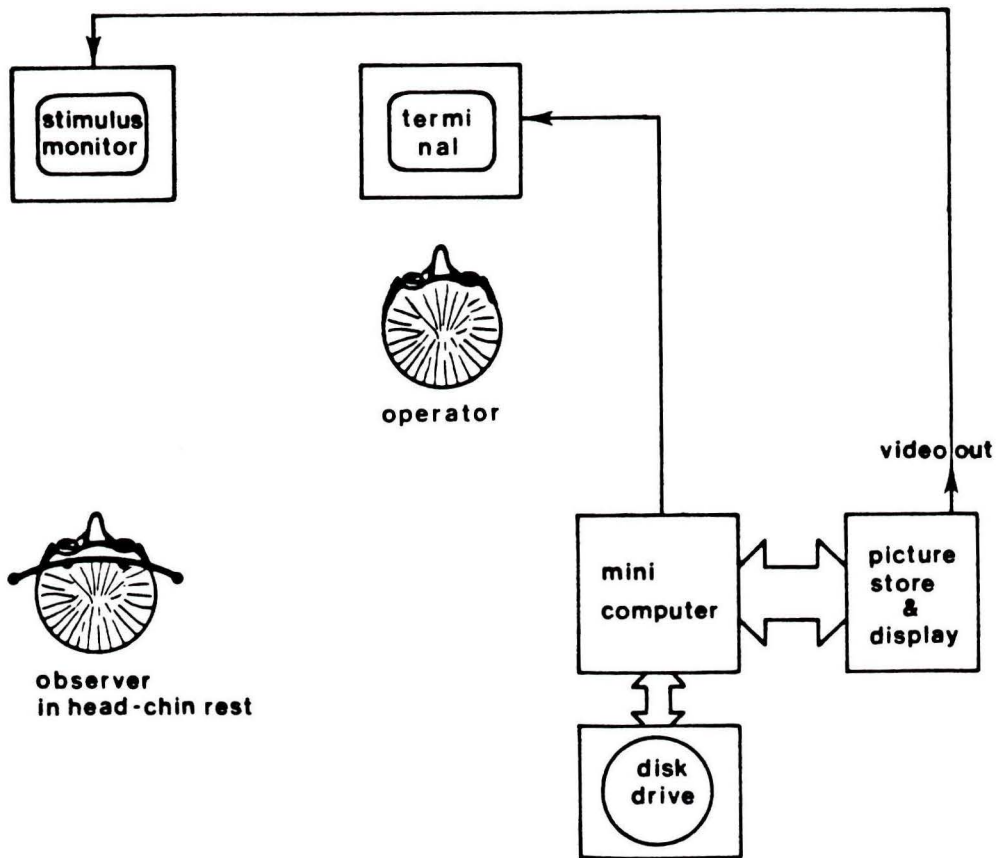
2.1 de opstelling

Bij de experimenten is gebruik gemaakt van de opstelling afgebeeld in figuur 2.1. Het hoofd van de proefpersoon bevindt zich in een hoofdsteun op 1 meter afstand van een hoge resolutie kleurenmonitor van het type Barco CTVM 2151, waarop de stimuli verschijnen. Daarbij wordt het witte vlak achter de monitor zwak verlicht door gloeilampen, waardoor de luminantie circa 5 candela per vierkante meter (cd/m^2) bedraagt. De stimuli voldoen aan de volgende condities:

- de kleur van karakters en achtergrond is zwart-wit.
- de luminantie van de achtergrond is over het gehele scherm gelijk en bedraagt $40 cd/m^2$,
- de gebruikte karakters zijn van het type Beehive en IPO-Normaal.

Het Beehive karakertype wordt gebruikt op de Beehive B550 beeldschermterminals, en heeft op een meter afstand een stokbreedte van 1.7' (boogminuten). IPO-Normaal is gedefinieerd binnen een 12×20 ($H \times V$) matrix van vierkante pixels, heeft een karakterbreedte van 18' en een stokbreedte van 3.4'. De hartsafstand tussen de karakters is 21'. Dit type is als teletext karakterset op het IPO ontwikkeld met het doel een zo groot mogelijk onderscheid tussen de verschillende symbolen te krijgen [6]. Een afdruk van beide typen is figuur 2.2.

Het beeld wordt gegenereerd door een picture storage device (PSD). Dit randapparaat heeft een beeldgeheugen van 512×512 beeldelementen (pixels) waarin videobeelden met 256 mogelijke grijsniveaus kunnen worden opgeslagen en weergegeven. De videostandaard is 625 lijnen, 50 Hz en 2:1 geïnterlineerd. Het PSD is gekoppeld aan een Philips P857 minicomputer



Figuur 2.1: de opstelling

met een harddisk als randgeheugen. Via een terminal kan de proeffeider de stimuli op het monitorbeeld plaatsen. Deze bestaan uit een twee- of drietal rechthoekige symboolgroepjes van 5 bij 5 karakters op een achtergrond met een luminantie van 40 cd/m^2 .

2.2 de ijking

Voor een bepaalde instelling van de kleurenmonitor wordt met behulp van een Pritchard fotometer de pixelwaarde vastgesteld, waarbij de gemiddelde luminantie zo dicht mogelijk bij 40 cd/m^2 komt. Deze pixelwaarde wordt

gebruikt voor de achtergrond, zodat deze steeds dezelfde luminantie heeft. Als een andere monitorinstelling gekozen wordt, moet de pixelwaarde dus ook veranderen.

Bij de eerste drie experimenten, te weten de contrastgelijkstelling, de magnitudeschatting en de bisectie, is een pixelwaarde van 117 gebruikt, waardoor de achtergrondluminantie 41.1 cd/m^2 bedraagt. Om de stappen in luminantiekontrast bij de drempelbepaling (zie §4.3) te verkleinen, is de contrastinstelling van de monitor met vijf stappen van de draaiknop verlaagd. Daardoor moet de pixelwaarde verhoogd worden tot 216 om een achtergrondluminantie van 40 cd/m^2 te verkrijgen.

De luminanties zijn gemeten met de fotometer met een 180 mm, f 3.5 lens (=standaardlens), apertuur (openingshoek) van 3 graden, filter ND2 en een fotopisch filter (zie de beschrijving van de fotometer). De relatieve meeton nauwkeurigheid hiervan is ongeveer 1%.

Het luminantiekontrast van de karakters is als volgt bepaald. De fotometer is voorzien van een 10 keer vergrotende microlens, waarmee op een afstand van enkele millimeters de luminantie van de afzonderlijke rode, groene en blauwe kleurelementen gemeten wordt. De apertuur bedraagt hierbij 20° , zodat het meetveld net iets kleiner is dan de kleurelementen. Ook hier is het fotopisch filter gebruikt. Van een stok (vertikaal streepje) van een karakter worden de kleurelementluminanties in horizontale richting gemeten, zoals is weergegeven in figuur 2.3 op pagina 12.

De luminantiewaarden van puntjes van dezelfde kleur worden in verticale richting gemiddeld. Vervolgens worden de zo verkregen waarden in groepjes van drie verschillende kleuren horizontaal gemiddeld. Dus eerst worden de eerste drie waarden gemiddeld, dan de tweede, derde en vierde waarde, etcetera, zie figuur 2.3.

Op deze manier wordt het luminantieprofiel van de letterstok bepaald en kan de halfwaardebreedte van een letterstok worden berekend. De halfwaardebreedte is de breedte waarbij het luminantieverschil tussen karakter en achtergrond de helft bedraagt van het verschil tussen de extreme waarde en achtergrond. Omdat hierbij eveneens luminantiewaarden van kleurelementen behorende bij de achtergrond gemeten worden, kan met deze waarden het luminantiekontrast berekend worden als verhouding tussen de extreme waarde van de karakter- en gemiddelde achtergrondluminantie. Zo hoeft geen rekening gehouden te worden met de afwijkende lensopening.

De achtergrondluminantie wordt bepaald als gemiddelde van de vier uiterste waarden van het gemeten gebied. Deze contrastmetingen zijn uitgevoerd voor beide karaktertypen bij de volgende pixelwaarden voor de

karakters: 12, 40, 81, 185, 214 en 255. Vervolgens zijn de contrastwaarden berekend als L_c/L_b (extreme waarde van de karakterluminantie gedeeld door de gemiddelde achtergrondluminantie). Dit is in tabel 1 weergegeven, evenals de halfwaardebreedte (in boogminuten op 1 meter afstand).

Tabel 1. Luminantiekontrasten van de ijkpunten

<i>PW</i>	L_c/L_b	Beehive		IPO-Normaal	
		halfwaardebr.	L_c/L_b	halfwaardebr.	L_c/L_b
12	0.176	2.1'	0.097	3.2'	
40	0.209	2.1'	0.105	2.9'	
81	0.478	2.1'	0.230	7.4'	
185	2.753	1.8'	3.80	2.6'	
214	3.583	2.1'	5.627	6.7'	
255	4.625	2.5'	7.562	7.6'	

Door de logaritmische pixel- en contrastwaarden is een exponentiele spline curve getrokken ($\log PW$ horizontaal en $\log(L_c/L_b)$ vertikaal), zie bijlage 1. Met behulp daarvan is een tabel bepaald, waarin de contrastwaarden behorende bij pixelwaarden van 12 tot 255 zijn gegeven, zie ook bijlage 1.

Omdat de horizontale delen van een karakter bij een laag luminantiekontrast beter zichtbaar zijn dan de verticale delen, worden de kleurelementluminanties bij de drempelbepaling in verticale richting gemeten, zoals is weergegeven in het schema van figuur 2.4.

Deze waarden worden horizontaal gemiddeld, waarbij niet alle kleuren even vaak vertegenwoordigd zijn. Dit wordt vervolgens gecorrigeerd door eerst in verticale richting te middelen over twee opeenvolgende rijen (eerst de waarden van de eerste twee rijen, dan de tweede en derde rij, etcetera), zodat elke kleur een even grote bijdrage levert aan de gemiddelde luminantiewaarde. De extreme waarde in het zo bepaalde profiel is gebruikt in de berekening van het luminantiekontrast. Tevens wordt de achtergrondluminantie gemeten, waarvan het gemiddelde wordt bepaald door de eerste drie rijen met de laatste drie te middelen, zodat ook nu weer elke kleur even sterk vertegenwoordigd is. De instelling van de Pritchard fotometer is dezelfde als bij de bovengenoemde metingen.

Met behulp van de bepaalde karakter- en achtergrondluminanties zijn de contrastwaarden voor beide karaktertypen berekend als L_c/L_b , hetgeen is

weergegeven in tabel 2.

Tabel 2. Kontrastwaarden bij de drempelbepaling

<i>PW</i>	Beehive	IPO-Normaal
	L_c/L_b	L_c/L_b
183	0.61	0.66
216	1.00	1.00
255	1.86	1.84

De pixel- en contrastwaarden zijn tegen elkaar uitgezet op een logaritmische schaal in figuur 2.5. Door de drie punten zijn twee rechte lijnstukken getrokken. De afwijking ten opzichte van een enkele rechte is niet significant vanwege de onnauwkeurigheid van de meting. Bij de metingen van de luminantiewaarden zijn de meetwaarden niet konstant maar variëren ten gevolge van onstabiliteit van het monitorbeeld rond een geschatte waarde. Daardoor wordt de totale relatieve meetonnauwkeurigheid in het luminantie-contrast op ongeveer 5% geschat. Uit de grafiek zijn de drempelcontrasten berekend. Om de luminantieresolutie van het beeldgeheugen te vergroten, is de contrastknop van de monitor vijf stappen lager ingesteld. Daardoor bedraagt de pixelwaarde van de achtergrond 216 om een luminantie van ongeveer 40 cd/m^2 te realiseren.

9LGE TZQ LT2FLA TS09UDJL 9K 10
5ZWQ7940MXH N1 IFVPFUK I8 FHIR
BR58 TUZ JDDUX PKP B0QN34LR70
2UQ9 ND09Y WFSU RFSAI 6E5 691E
4QI2L5TUJV BK6BW IPN5Z2GN 0I LC
TU KB0KA69A7Q QI6U3 KA3WX M6N9
5XXL14 OB9SM1G JW50A 5NE 6C 4W
988U0JJU IE BRJ5 UXONZIPY 1503

9LGE TZQ LT2FLA TS09
5ZWQ7940MXH N1 IFVPF
BR58 TUZ JDDUX PKP
2UQ9 ND09Y WFSU RFSA
4QI2L5TUJV BK6BW IPN5
TU KB0KA69A7Q QI6U3
5XXL14 OB9SM1G JW50A
988U0JJU IE BRJ5 UXO

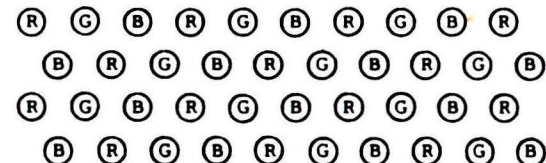
Figuur 2.2: karaktertypen Beehive en IPO-Normaal

R = rood, G = groen, B = blauw
 Pixelwaarde van de achtergrond is 117
 Letterpixelwaarde is 185
 Lettertype Beehive

2.32G	0.81R	0.52B	2.34G	0.85R	0.55B	3.00G	1.20R	0.80B	7.20G	1.61R	1.00B	2.50G	1.00R	0.62B	2.30G	0.86R	0.55B
0.77R	0.57B	2.25G	0.82R	0.56B	2.45G	0.89R	0.66B	4.70G	1.60R	1.30B	7.20G	1.57R	0.90B	2.70G	0.90R	0.64B	2.70G
2.90G	0.88R	0.74B	2.82G	0.79R	0.79B	3.30G	1.20R	1.00B	8.00G	2.24R	1.40B	6.00G	1.47R	0.85B	2.80G	1.05R	0.70B
0.96R	0.79B	3.60G	0.84R	0.79B	3.80G	1.08R	0.88B	5.40G	2.09R	1.78B	11.20G	2.39R	1.50B	4.25G	1.28R	1.87B	3.95G
4.15G	1.26R	0.80B	4.02G	1.23R	0.92B	4.30G	1.55R	1.19B	11.40G	3.26R	2.10B	9.30G	2.20R	1.22B	4.07G	1.26R	0.89B
1.24R	0.80B	4.10G	1.29R	0.82B	4.12G	1.37R	0.89B	5.62G	1.92R	1.54B	11.56G	3.15R	1.57B	4.45G	1.30R	0.81B	3.75G
som:																	
9.37G	2.95R	2.06B	9.18G	2.87R	2.24B	10.60G	3.95R	2.99B	26.60G	7.11R	4.50B	17.80G	4.67R	2.70B	9.17G	3.17R	2.14B
2.97R	2.16B	9.95G	2.96R	2.17B	10.37G	3.34R	2.43B	15.72G	5.61R	4.62B	29.96G	7.11R	3.97B	11.40G	3.48R	2.32B	10.40G
som over drie opeenvolgende kleuren:																	
<u>14.50</u>	15.06	14.96	14.30	15.41	15.95	16.37	22.10	24.32	36.83	<u>41.69</u>	41.57	28.88	20.04	17.58	14.97	<u>15.89</u>	
<u>14.48</u>	14.96	14.19	14.22	15.48	16.18	16.98	22.66	35.20	38.33	41.57	29.41	26.44	18.77	15.35	14.66	<u>15.71</u>	

maximale letterluminantie: 41.69
 gemiddelde achtergrondluminantie: $(14.50 + 14.48 + 15.89 + 15.71)/4 = 15.15$
 kontrast: $L_{max}/L_{min} = 2.752$

configuratie van de kleurelementen



Figuur 2.3: bepaling van de luminantiekontrasten

R = rood, G = groen, B = blauw
 Pixelwaarde van de achtergrond is 216
 Letterpixelwaarde is 255
 Lettertype Beehive

	0.52B	2.25G	0.74R	0.49B			
2.90G	0.91R	0.73B	2.50G	0.84R	som:		
	0.83B	3.80G	1.00R	0.76B	4.00	som over	
3.80G	1.28R	0.79B	4.07G	1.18R		2 rijen:	
	0.60B	3.50G	1.12R	0.70B	6.39	7.88	14.27
3.20G	0.94R	0.63B	3.16G	0.98R		11.12	17.51
	0.99B	3.60G	0.83R	0.89B	5.92	8.91	17.04
6.50G	1.75R	1.25B	5.10G	1.35R		16.45	14.83
	1.38B	7.40G	1.90R	1.39B	6.31		15.22
6.80G	1.87R	1.20B	7.80G	2.25R		19.92	22.76
	0.71B	5.10G	1.73R	0.94B	5.41	16.45	21.86
3.30G	1.18R	0.60B	3.90G	1.19R		19.92	25.33
	0.88B	3.20G	1.00R	0.64B	8.48	10.17	18.65
4.30G	1.22R	0.78B	3.40G	1.11R		10.17	15.89
	0.84B	3.90G	1.27R	0.78B	5.72	10.81	16.53
3.20G	1.12R	0.62B	3.95G	1.03R		6.79	17.60
					6.79	9.92	16.71

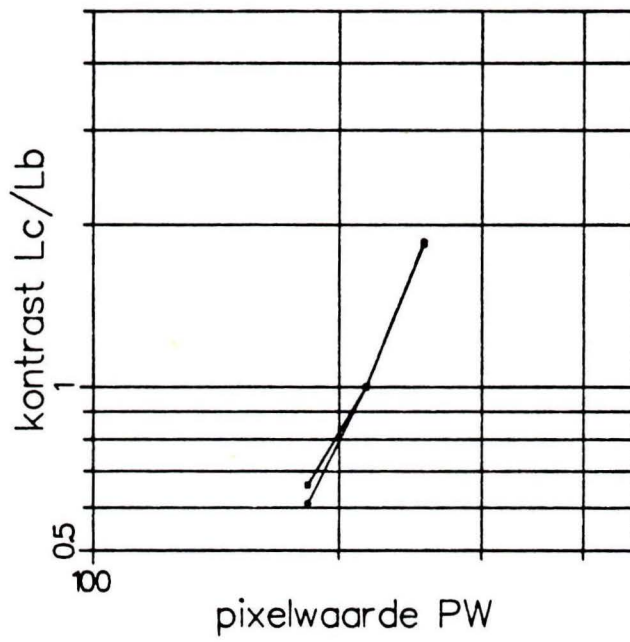
maximale letterluminantie: 28.40

gemiddelde achtergrondluminantie: $(11.88 + 14.27 + 17.60 + 16.71)/4 = 15.115$

kontrast: $L_{max}/L_{min} = 1.88$

Figuur 2.4: bepaling van luminantiecontrasten bij de drempel

drempelkontrast – pixelwaarden curven



Figuur 2.5: contrastwaarden bij de drempel

3. De methoden

3.1 contrastgelijkstelling

Het doel van dit experiment is het bepalen van de relatie tussen incrementeel (heldere karakters op donkere achtergrond) en decrementeel (donkere karakters op heldere achtergrond) luminantiecontrast bij gelijke subjectieve contrastsensatie:

$$C_{s+} = C_{s-}$$

De contrastgelijkstelling bestaat uit een aanloofase gevolgd door de zogenaamde double staircase [7]. De proefpersoon krijgt twee lettergroepen met tegengestelde contrastpolariteit aangeboden, waarvan een groep een van tevoren gekozen contrastwaarde heeft, het referentiecontrast. De proefpersoon hoeft alleen maar te zeggen of hij het gelijk te stellen contrast (de teststimulus) hoger of lager vindt dan het referentiecontrast.

In de aanloofase worden de startwaarden bepaald voor de staircases A en B. De pixelwaardesprong wordt na elk antwoord gehalveerd, totdat het verschil in pixelwaarde 2 bedraagt en de proefpersoon van antwoord verandert, zie figuur 3.1. De hoogste pixelwaarde wordt gebruikt als startwaarde voor staircase A en de laagste voor staircase B.

Binnen staircase A wordt de letterluminantie zolang met 1 pixelwaarde verminderd, totdat de proefpersoon twee keer achter elkaar het contrast lager beoordeelt dan het referentiecontrast. Het omslagpunt is dan de pixelwaarde tussen de waarden waarbij het antwoord veranderde. Staircase B begint met de laagste startwaarde en verloopt op dezelfde manier als A, echter met het verhogen van de letterluminantie. De staircases A en B wisselen elkaar af volgens een door de experimentleider opgegeven cyclus. Door deze manier van afwisselen van A en B heeft de proefpersoon geen inzicht in het verband tussen zijn antwoorden en de aangeboden stimuli. Het gehele proces stopt als de beide staircases een omslagpunt hebben gehad. Van de

```

PW                antwoorden
                  (1 = hoger, 0 = lager)
255                                1
118 0
187                                1
153                                1
136                                1
128      1
124      0
126      1
                                aanlooffase stopt

***** staircase start *****
A126      1
B124      0
A125      0
B125      1
A124      0
B126      1
A125      1
B125      1
A126      1
B124      0

Proefpersoon: XXX
Aantal stimuli aanlooffase: 8
Aantal stimuli staircase A: 5
Aantal stimuli staircase B: 5
Aantal stimuli eerste cyclus: 3
Aantal stimuli tweede cyclus: 1
Aantal omslagpunten bij minimale stapgrootte: 3
Pixelwaarde referentiestimulus: 110
Pixelwaarde achtergrond: 117
Omslagpunt voor A 1: 125.5
Omslagpunt voor A 2: 124.5
Omslagpunt voor B 1: 124.5
Gemiddelde pixelwaarde teststimulus: 124.8333
Standaarddeviatie van het gemiddelde: 0.3333
Minimale stapgrootte: 1

```

Figuur 3.1: de procedure van de contrastgelijkstelling

zo verkregen omslagpunten worden het gemiddelde en de standaarddeviatie bepaald. Deze gemiddelde pixelwaarde is dan een maat voor de luminantie van de teststimulus waarvan het contrast gelijkgesteld is aan het referentie-contrast.

De gelijkstellingen zijn voor beide lettertypen gedaan met eerst een 14-tal donkere referentiecontrasten aan de linkerkant van het beeldscherm en vervolgens evenveel lichte referentiecontrasten aan de rechterkant. Dit is door elke proefpersoon twee keer uitgevoerd. Een gelijkstelling vereiste zo'n 15 tot 20 beoordelingen. Een serie gelijkstellingen duurde een half uur tot drie kwartier, en de tijd ertussen was minstens een uur.

3.2 magnitudeschatting

De resultaten van het gelijkstellingsexperiment zeggen niets over de relatie tussen fysisch en subjectief contrast. Met behulp van psychometrische schalingstechnieken is het wel mogelijk om de sterkte van de contrastsensatie te bepalen als functie van het luminantiecontrast. De methode van magnitudeschatting maakt gebruik van een zogenaamde ratioschaal [5]. De proefpersoon geeft een verhoudingsgetal voor de teststimulus, dat aangeeft hoe de contrastsensatie zich verhoudt tot een interne psychologische referentie of een werkelijk aangeboden referentiestimulus.

Het aangeboden beeld bestaat evenals bij de contrastgelijkstelling uit twee lettergroepen (referentie- en teststimulus) op een achtergrond van 40 cd/m^2 . Aan de linkerkant van het scherm is het aangeboden positieve of negatieve referentiecontrast vrij laag, namelijk 1.31 respectievelijk 0.776 ($=1/1.289$) en is bij beide karaktersettypen gelijk. Deze contrastwaarden zijn per karakterset aan elkaar gelijk gesteld bij de contrastgelijkstelling (zie §4.1), zodat met de schattingen van positieve en negatieve contrasten ook een gelijkstellingscurve gekonstrueerd kan worden. De pixelwaarden van de rechtergroep zijn gekozen uit een serie waarden die begint met 0 en met stappen van 14 oploopt tot 253. De volgorde van de aangeboden teststimuli is willekeurig gekozen bij het positieve referentiecontrast en omgekeerd daaraan bij het negatieve referentiecontrast, zodat eventuele invloed van de stimulusvolgorde op het beoordelingscriterium geëlimineerd wordt.

De verschillen tussen de herhalingen van een proefpersoon en tussen de proefpersonen onderling kunnen erg groot zijn (zie bijlage 2). Hier wordt rekening mee gehouden door de resultaten te bewerken met een normerings en middelingsmethode (zie §4.2). Met behulp van de over alle proefpersonen gemiddelde waarden zijn de curven voor Beehive en IPO-Normaal getekend, die het verband aangeven tussen het contrast en het genormeerde verhoudingsgetal. Uit deze curven zijn gelijkstellingscurven gekonstrueerd door negatieve en positieve contrasten met gelijke waardering tegen elkaar uit te zetten.

Elke serie van 19 schattingen werd per proefpersoon twee keer uitgevoerd. Ze duurden vijf tot tien minuten. De tijd ertussen was minstens een kwartier.

3.3 bisectie

De bisectie is evenals de magnitudeschatting een schalingsmethode. Er wordt een intervalschaal gekonstrueerd via voortgezette halvering van een hoofdinterval met grenswaarden 0% en 100% tot kleinere deelintervallen. Voor het gebruik van deze schalingsmethode geldt de restrictie, dat het te schalen attribuut monotoon verloopt als functie van de fysische onafhankelijke [5] over het hoofdinterval, wat hier het geval is.

De grenswaarden van het positieve en negatieve contrastinterval zijn bepaald uit de over de proefpersonen gemiddelde contrastgelijkstellingscurven (zie §4.1). Door deze waarden zo te kiezen kunnen de schaalwaarden van beide intervallen met elkaar vergeleken worden. Bij lettertype IPO-Normaal loopt het negatieve contrastinterval van pixelwaarde 37 tot en met 114 (contrastwaarden van 1/9.67 respectievelijk 1/1.1) en wordt het positieve interval begrensd door 120 en 212 (contrastwaarden van 1.1 en 5.53, die dus subjectief gelijkgesteld zijn aan 1/1.1 en 1/9.67). Bij lettertype Beehive worden de contrastintervallen begrensd door pixelwaarden 60 en 114, respectievelijk 120 en 200.

De proefpersoon krijgt drie lettergroepen naast elkaar aangeboden, waarbij de contrasten van de linker en rechter groep de grenswaarden zijn. Het contrast van de middelste groep wordt door de proefpersoon zodanig ingesteld, dat het subjectief midden tussen de twee grenskontrasten komt te liggen.

De eerste halvering (50% punten) wordt vijf keer herhaald, omdat de standaarddeviatie hierbij het grootst zal zijn. Daarvan wordt het gemiddelde en de hierbij horende standaarddeviatie berekend. Voor de vier zo onstane intervallen wordt vervolgens nog 3 keer een halvering uitgevoerd, zodat de oorspronkelijke intervallen elk zijn opgedeeld in 16 deelintervallen van 6.25%. Hierbij wordt elke bepaling herhaald, waarbij de referentiegroepjes (grenzen van het deelinterval) verwisseld zijn om eventueel ongelijke invloed van linker en rechter stimulus uit te middelen. Deze procedure staat beschreven in bijlage 3. Van de twee gevonden halveringspixelwaarden wordt het gemiddelde genomen.

In de grafieken zijn de contrasten horizontaal -op een logaritmische schaal- en de schaalwaarden vertikaal -op een lineaire schaal- uitgezet (zie §4.3). Uit deze curven zijn de gelijkstellingscurven gekonstrueerd door negatieve en positieve contrastwaarden met dezelfde schaalwaarde tegen elkaar uit te zetten.

De bepaling van 1 intervalschaal duurde drie kwartier tot een uur. Tussen

twee bepalingen van een proefpersoon verstreek minstens anderhalf uur.

3.4 drempelbepaling

Bij het analyseren van de resultaten van de hierboven beschreven experimenten kunnen de drempelcontrasten -die contrastkondities waarbij de stimuli nog juist zichtbaar zijn- een belangrijke rol spelen. Daarom is deze drempel voor elke proefpersoon bepaald voor incrementeel en decrementeel luminantiecontrast. Hierbij is weer gebruik gemaakt van de double staircase methode (zie §3.1), met de beperking dat de pixelwaarde van de letters niet hoger -bij decrementeel contrast- of lager -bij incrementeel contrast- dan die van de achtergrond (namelijk 216) kan worden. De linker lettergroep is nu niet zichtbaar.

De proefpersoon antwoordt of de rechter groep zichtbaar is of niet. Nadat de twee omslagpunten zijn gevonden, wordt het gemiddelde bepaald, dat als waarnemingsdrempel wordt genomen. De contrastinstelling van de monitor is zo laag ingesteld, dat de achtergrondluminantie van 40 cd/m^2 nog juist kan worden gerealiseerd. Desondanks zijn de contraststappen nog iets te groot, omdat de kleinste stap soms net zichtbaar is. Om deze reden is het experiment 6 keer herhaald voor beide lettertypen. Van de gevonden waarden is het gemiddelde bepaald voor elke proefpersoon.

Zes drempelbepalingen duurden ongeveer tien minuten, terwijl er ruim tien minuten tussen zat.

3.5 proefpersonen

Aan de experimenten namen 3 proefpersonen deel, waarvan in tabel 3 enkele relevante gegevens zijn vermeld.

Tabel 3. Gegevens van de proefpersonen.

persoon:	FV	MB	MOdC
ervaring:	naief	ervaren	naief
leeftijd:	25 jaar	30 jaar	23 jaar
visus binoculair met evt. correctie:	2.0	2.0	1.5
correctie L,R in dioptrie: met:	0,0	0,0	-1.75,-1.75 kontaktlens

4. Resultaten

4.1 contrastgelijkstellingen

Van de meetseries is het gemiddelde bepaald over de herhaling per proefpersoon. Hiervan zijn curven gemaakt, waarin het negatieve contrast horizontaal en het positieve contrast vertikaal is uitgezet als L_{max}/L_{min} , zie bijlage 4. Hierbij is gekozen voor geometrische middeling (wortel uit het produkt), omdat de resultaten op een log-log schaal gepresenteerd worden. De formule voor de gemiddelde $\log C$ en de standaarddeviatie daarvan is dan als volgt:

$$\log \bar{C} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log C_i = \log \left[\left(\prod_{i=1}^n C_i \right)^{\frac{1}{n}} \right]$$

$$S_{\log C} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log C_i - \log \bar{C})^2}{n(n-1)}}$$

In de grafieken zijn de bijbehorende standaarddeviaties aangegeven met verticale (bij negatief) dan wel horizontale lijnstukken (bij positief referentiecontrast). De lengte hiervan is tweemaal de standaarddeviatie.

Tenslotte zijn de twee grafieken (voor beide karaktertypen) van figuur 4.1 en 4.2 gekonstrueerd, waarin de gemiddelde resultaten behorende bij positieve en negatieve referentiecontrasten zijn uitgezet. De grafieken voor IPO Normaal lopen verder door dan die voor Beehive, doordat met bredere karakters hogere contrastwaarden bereikt kunnen worden.

4.2 magnitudeschatting

De magnitudeschatting is met 19 teststimuli uitgevoerd door de drie proefpersonen voor beide karaktertypen bij positief en negatief referentiecontrast.

Dit levert 12 meetseries op van 19 resultaten elk. Omdat de verschillen tussen de series vrij groot zijn, worden de gevonden waarden volgens onderstaande methode met behulp van het statistische softwarepakket ALICE genormeerd en gemiddeld, zie ook bijlage 5.

Allereerst worden de resultaten behorend bij een proefpersoon genormeerd op alle schattingen die door die proefpersoon zijn gedaan. Dit geometrische gemiddelde is een maat die aangeeft over welk bereik die proefpersoon geschaald heeft. Deze transformatie is dus een correctie op verschillend schaalgebruik door verschillende proefpersonen.

Per karaktertype zijn twee verschillende (positief en negatief) referenties gebruikt. Deze referenties zijn bepaald uit de gemiddelde gelijkstellingsgrafieken (zie §4.1), en dus gemiddeld genomen gelijkgesteld. Dit hoeft echter niet zo te zijn voor de individuele proefpersoon. Daarom is een extra transformatie nodig als correctie voor het effect van de gebruikte referentie. Hiertoe wordt voor elke proefpersoon en elk karaktertype een correctiefactor bepaald, die aangeeft hoe de schattingen van een stimulus bij positieve referentie zich gemiddeld verhouden tot de schattingen bij negatieve referentie. Deze correctiefactor is het rekenkundig gemiddelde van het quotiënt tussen de schattingen bij positieve en negatieve referentie over de herhalingen voor beide karaktertypen. Daarvan zijn er dus zes :

pp.	Beehive	IPO-Normaal
MOdC	1.474	1.303
FV	1.095	1.043
MB	0.987	1.012

Van de zo verkregen gekorrigeerde resultaten wordt de logaritme genomen, waarvan vervolgens de gemiddelden en standaarddeviaties over de herhalingen, de referentiekontrasten en de proefpersonen worden bepaald. Er zijn dan nog twee verzamelingen van 19 logaritmische waarden over, elk behorend bij een karaktertype.

Deze waarden zijn uitgezet tegen de contrastwaarden L_c/L_b van de teststimuli, hetgeen in figuur 4.3 en 4.4 is getekend. Van deze grafieken is een aangepaste versie gemaakt (zie figuur 4.9 en 4.10), waarbij de verticale lineaire schaal zodanig is veranderd, dat deze curven direkt vergeleken kunnen worden met de schalingscurven van de bisectie (§4.3).

De gevonden grafieken zijn gebruikt om de curven in figuur 4.5 en 4.6 te konstrueren, die de over de drie proefpersonen gemiddelde gelijkstellingen van positieve en negatieve contrasten L_{max}/L_{min} weergeeft voor beide

karaktertypen.

4.3 bisectie

Bij de bisectie zijn de schaalwaarden van het positieve en negatieve contrastgebied bepaald per proefpersoon voor beide karaktertypen. De schaalwaarden van 0% tot 100% zijn uitgezet tegen de contrastwaarden L_c/L_b in grafieken die in bijlage 3 gegeven zijn. Hierin is alleen de standaarddeviatie (op log-log basis) in het 50% punt aangegeven, omdat de overige deviaties van dezelfde orde van grootte zijn. Met behulp van deze grafieken zijn gelijkstellingscurven met L_{max}/L_{min} voor elke proefpersoon gemaakt, die te vinden zijn in bijlage 3.

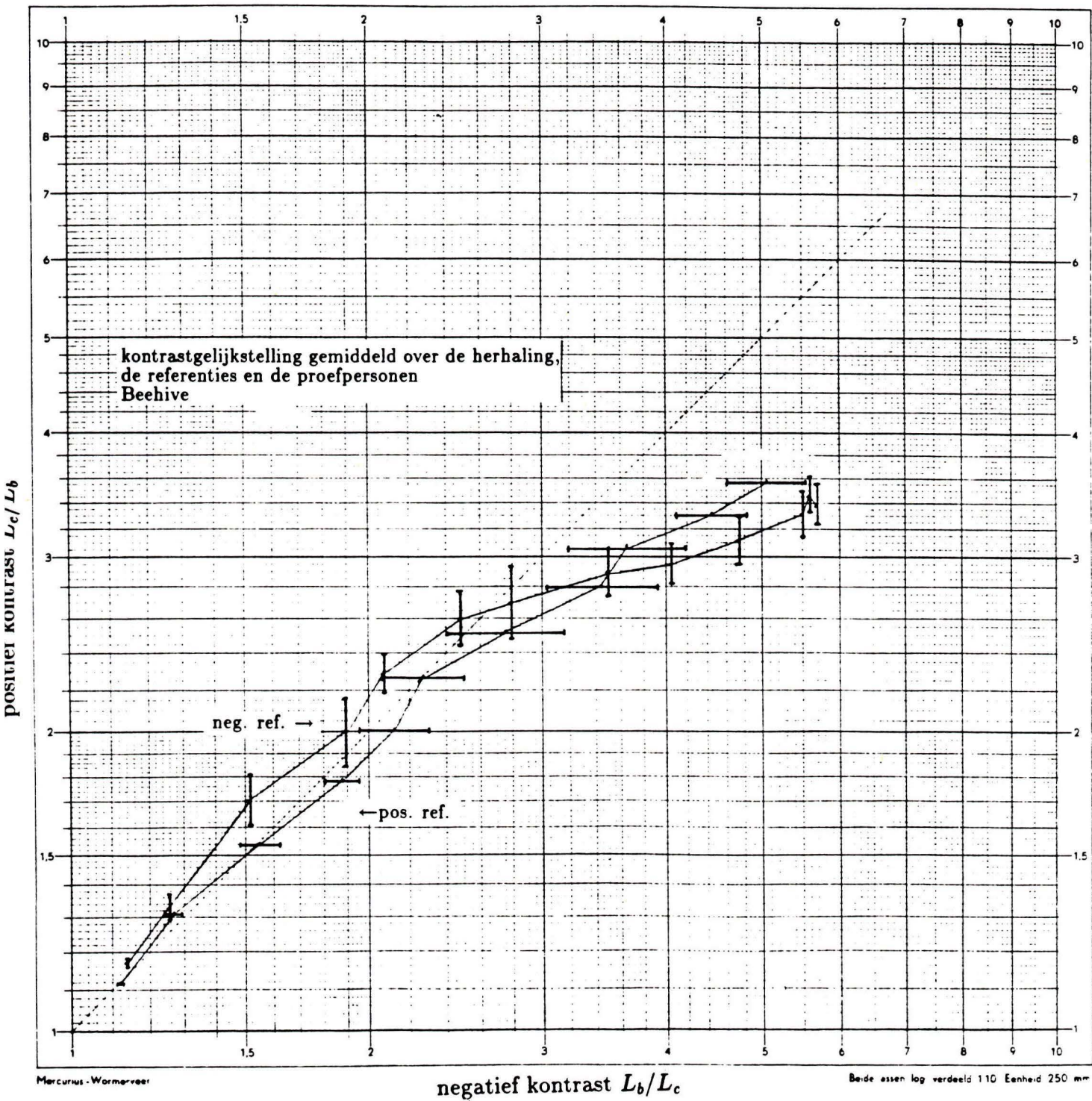
Om een vergelijking met de resultaten van de contrastgelijkstelling en de magnitudeschatting mogelijk te maken, zijn de gevonden contrastwaarden gemiddeld over de proefpersonen. In figuur 4.7 en 4.8 zijn de over de proefpersonen gemiddelde grafieken getekend, met als contrastmaat L_c/L_b . Omdat de verticale schaling van de gemiddelde magnitudeschattingscurven is aangepast kunnen deze grafieken daarmee vergeleken worden, zie figuur 4.9 en 4.10. Met behulp van de gemiddelde schalingscurven zijn de beide gelijkstellingscurven met L_{max}/L_{min} in figuur 4.11 en 4.12 gekonstrueerd.

4.4 drempelbepaling

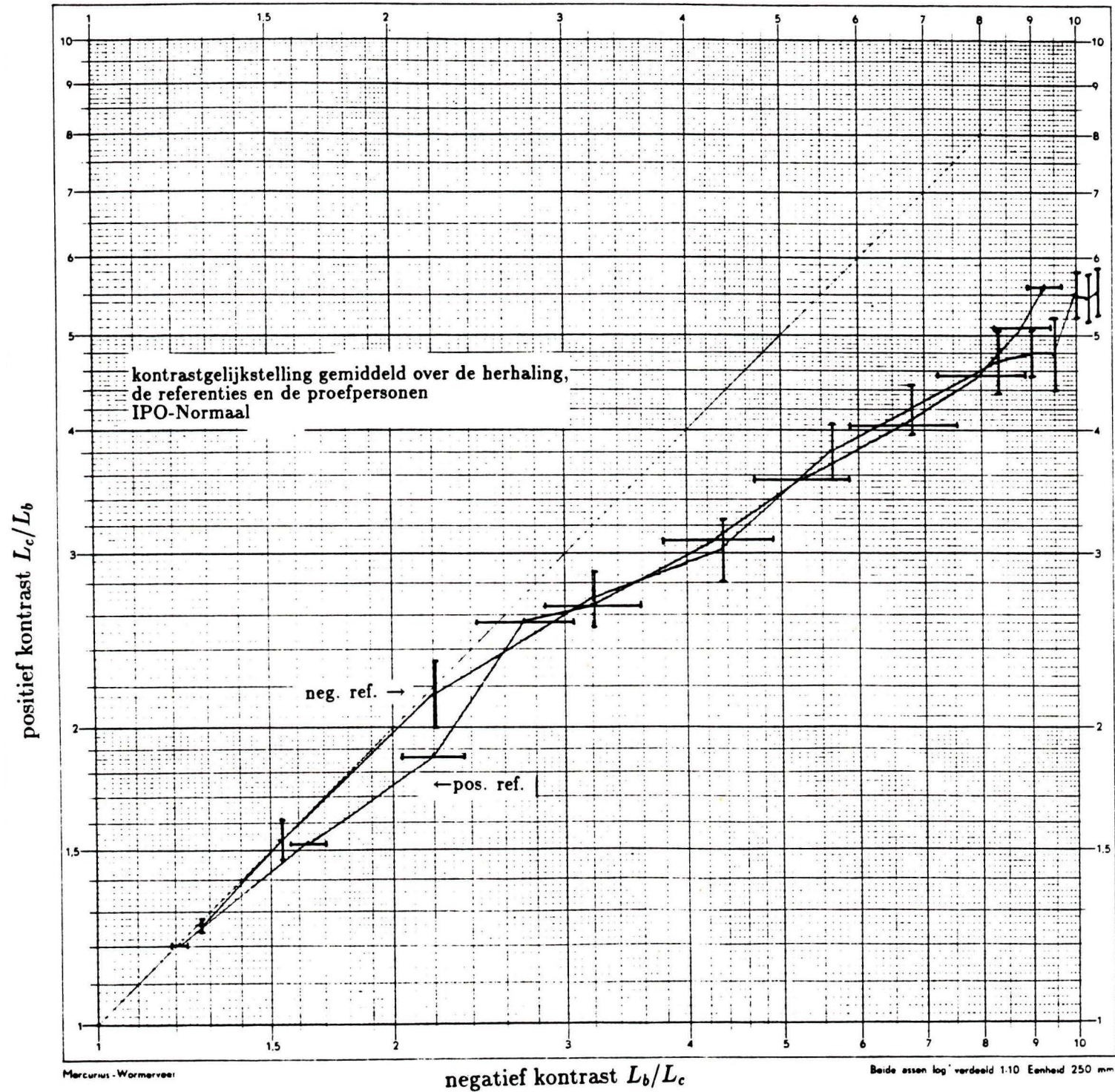
Elke proefpersoon heeft de drempelbepaling bij positief en negatief contrast zes keer uitgevoerd voor beide karaktertypen. Van de zo gevonden contrastwaarden zijn de geometrische gemiddelden berekend. De standaarddeviaties zijn klein omdat de stapgrootte aan de grove kant was. De resultaten staan in tabel 4. Het gemiddelde op log-basis toont de symmetrie in de drempels.

Tabel 4. Drempelkontrast L_c/L_b

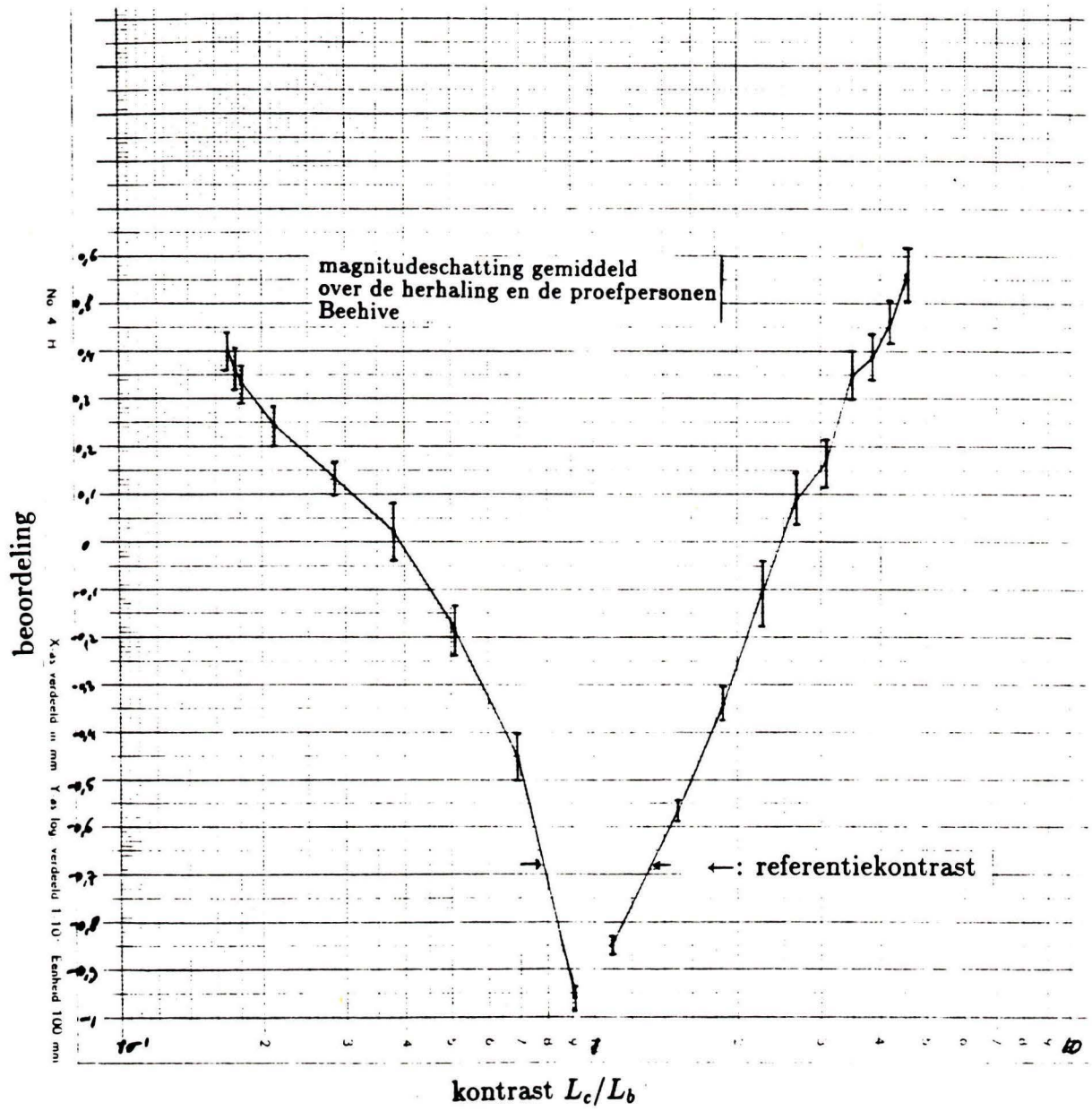
pp.	Beehive		IPO-Normaal	
	positief	negatief	positief	negatief
MOdC	1.016	0.983	1.011	0.989
FV	1.016	0.984	1.009	0.990
MB	1.016	0.986	1.015	0.988
<i>gem.</i>	1.016	0.984	1.012	0.989
$SD_{gem.} \times 1000$	0.14	0.88	1.8	0.57
$\log gem. \times 1000$	6.9	-6.8	5.0	-4.8



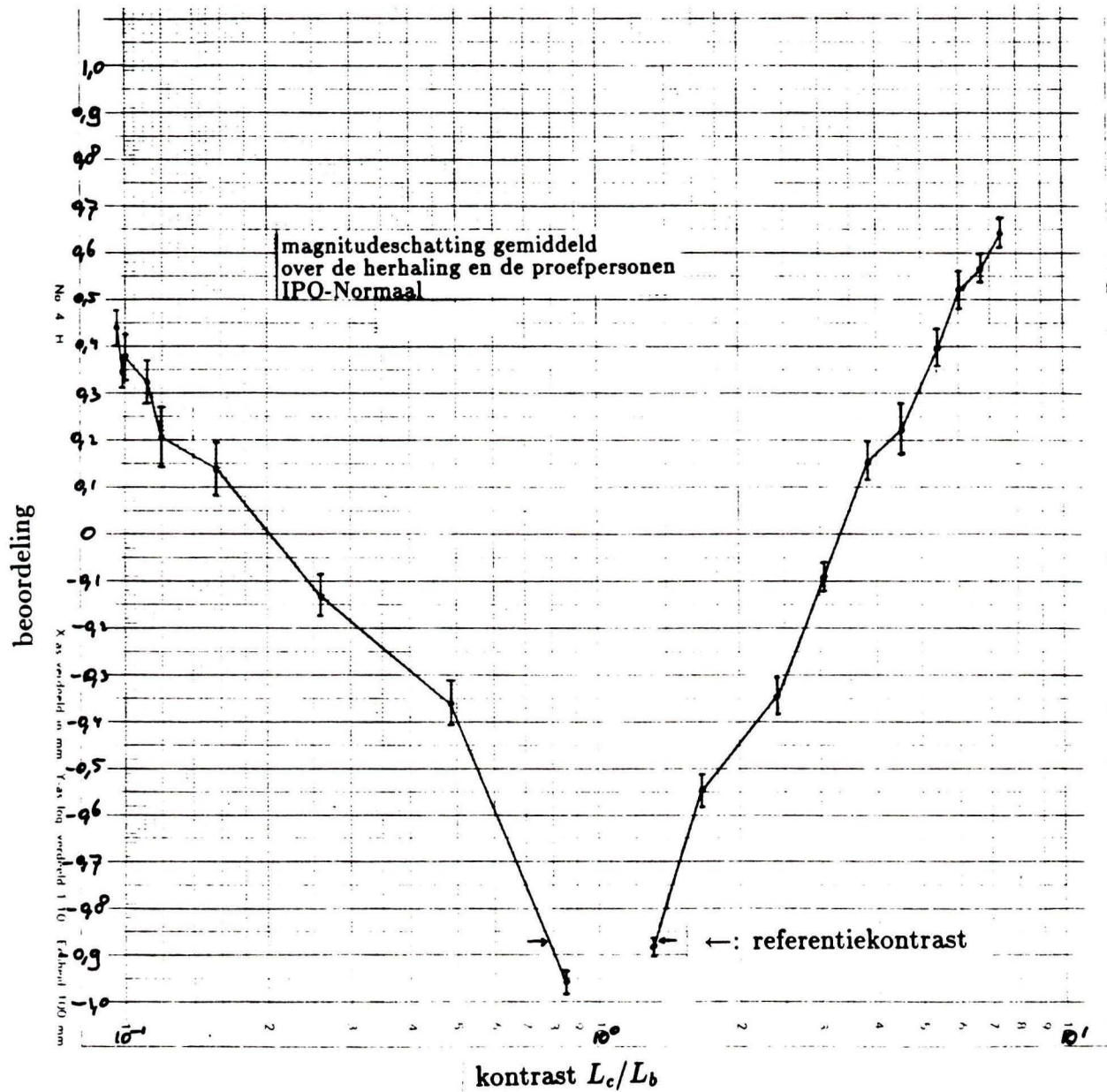
Figuur 4.1: gemiddelde gelijkstelling voor Beehive



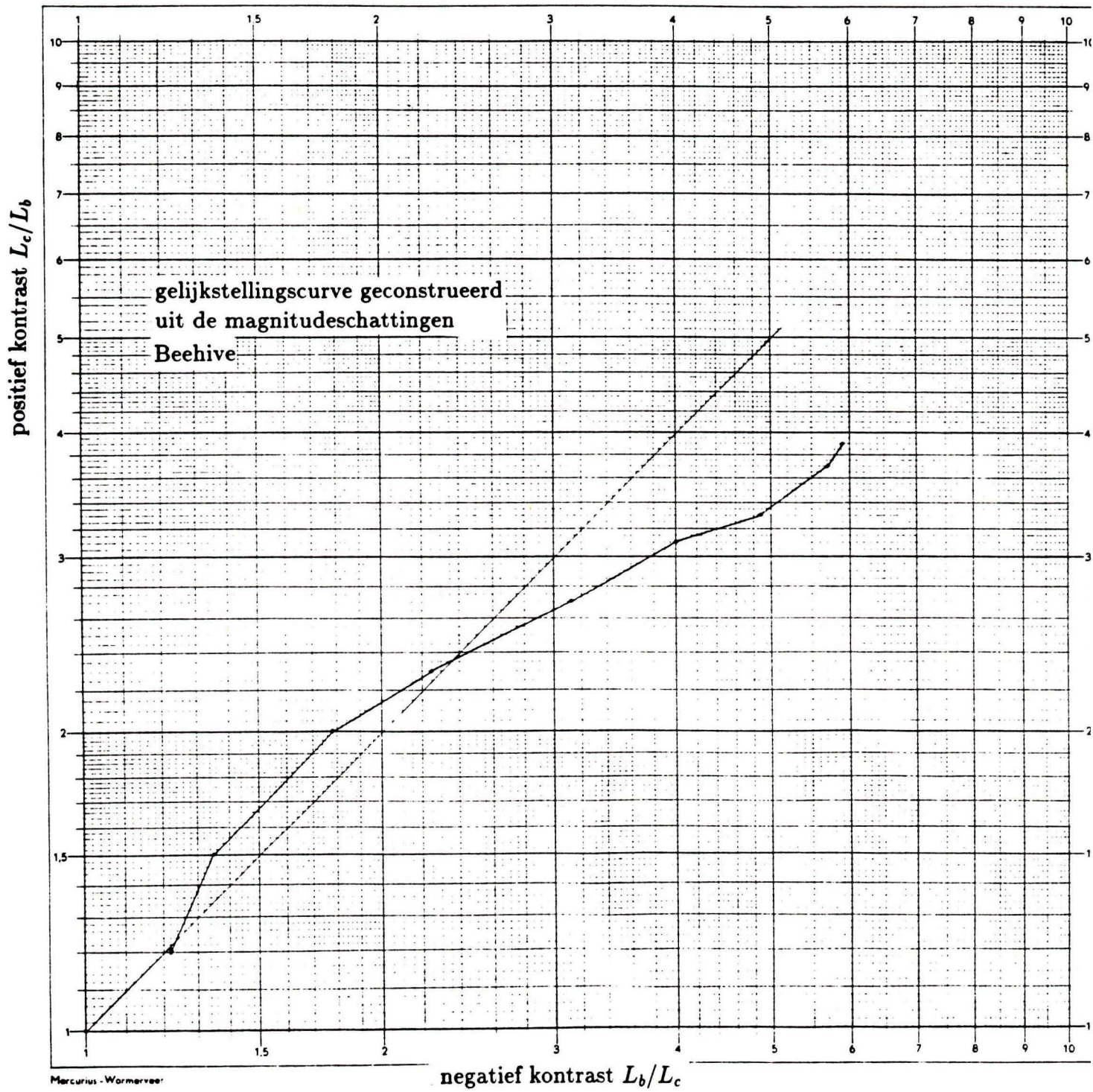
Figuur 4.2: gemiddelde gelijkstelling voor IPO-Normaal



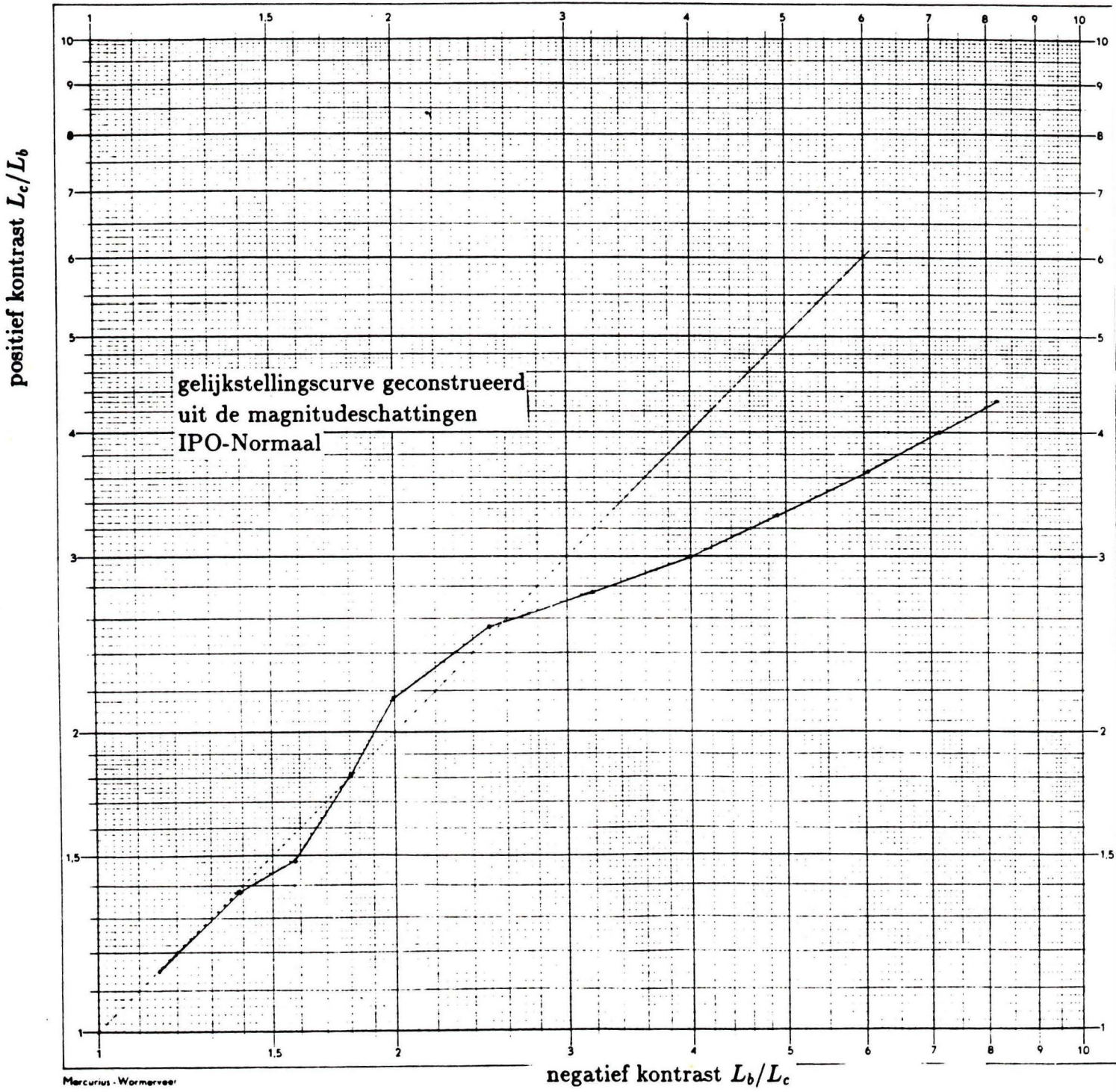
Figuur 4.3: gemiddelde magnitudeschatting voor Beehive



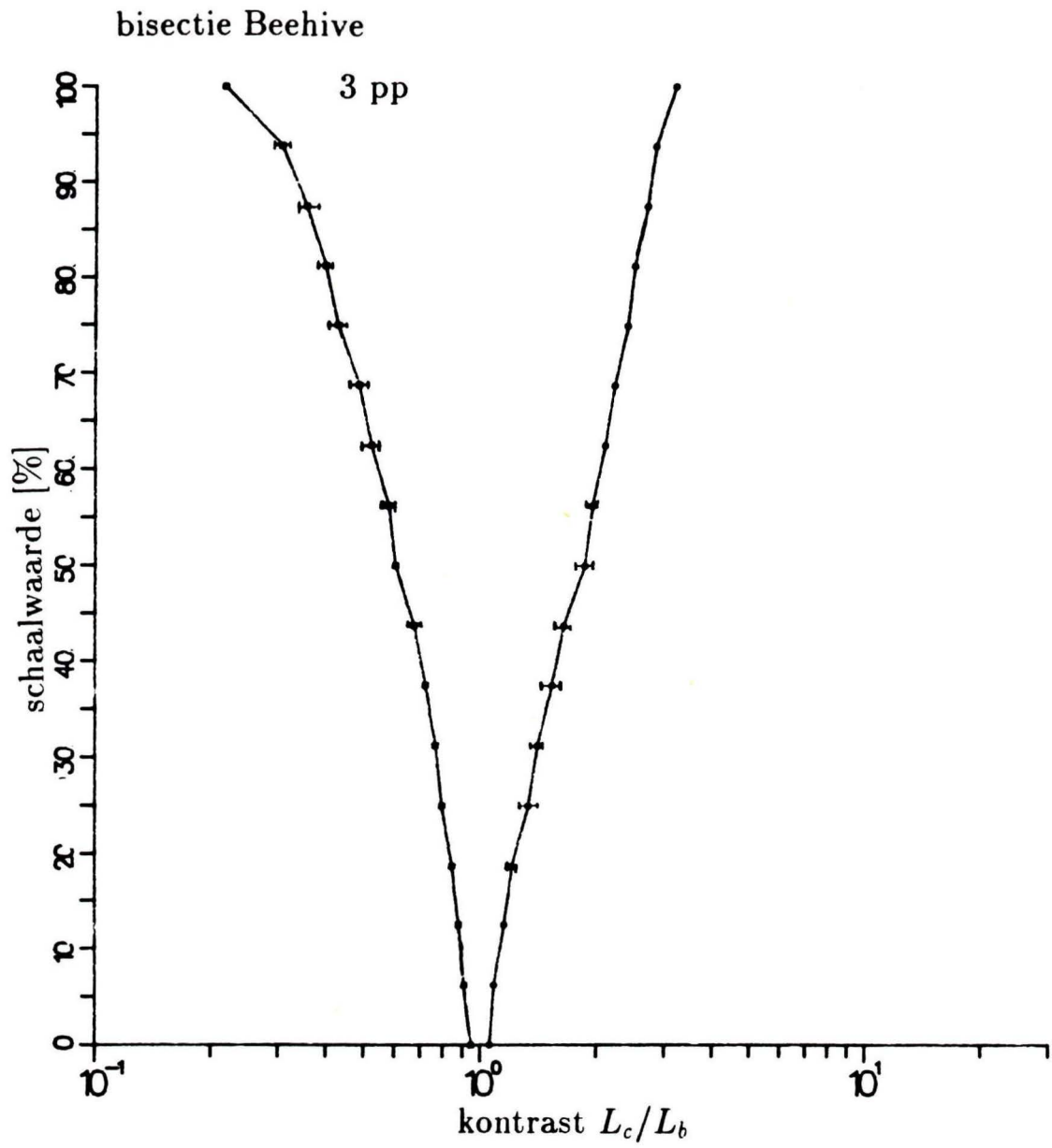
Figuur 4.4: gemiddelde magnitudeschatting voor IPO-Normaal



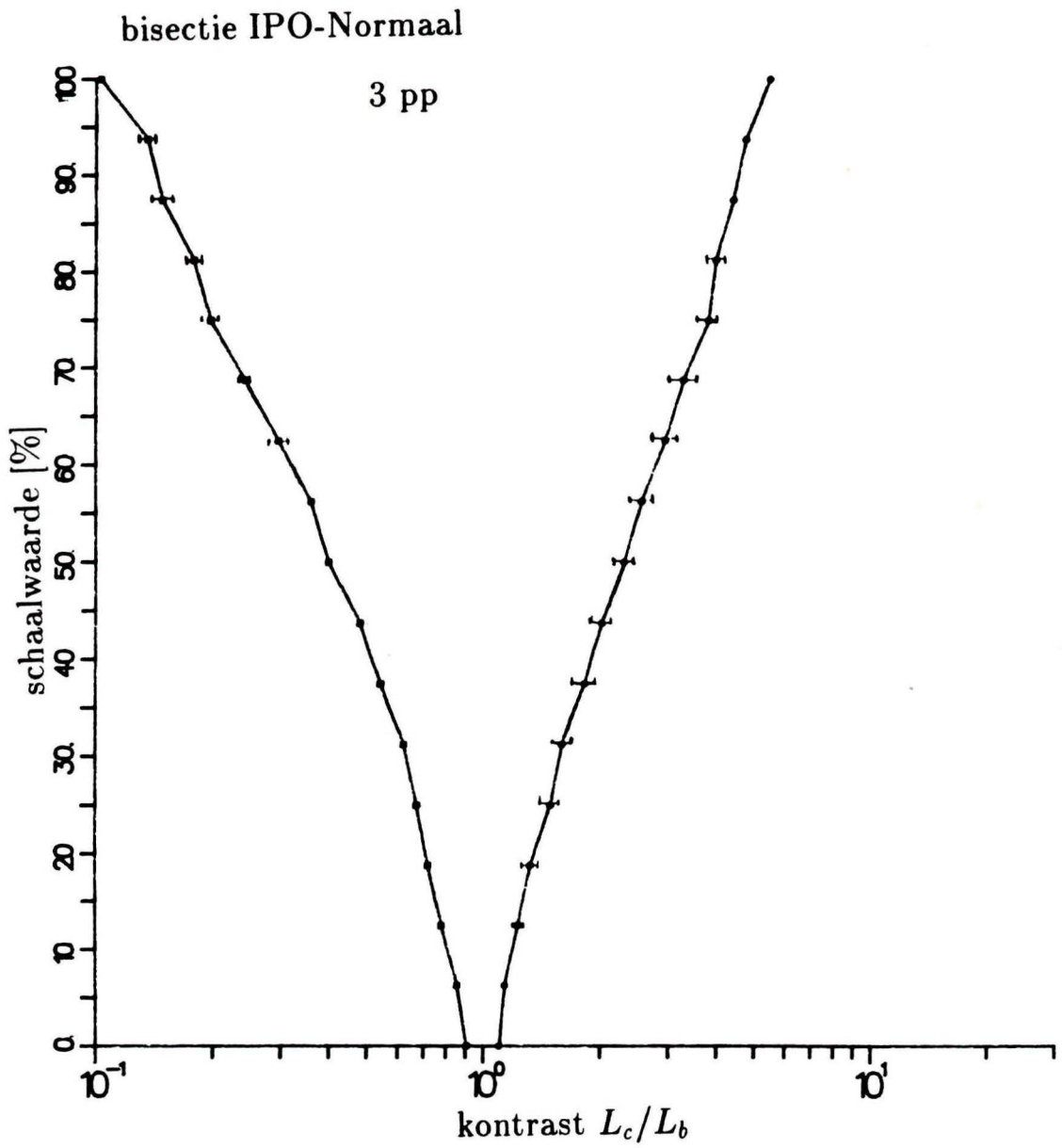
Figuur 4.5: gelijkstelling gekonstrueerd uit de magnitudeschatting voor Beehive



Figuur 4.6: gelijkstelling gekonstrueerd uit de magnitudeschatting voor IPO-Normaal

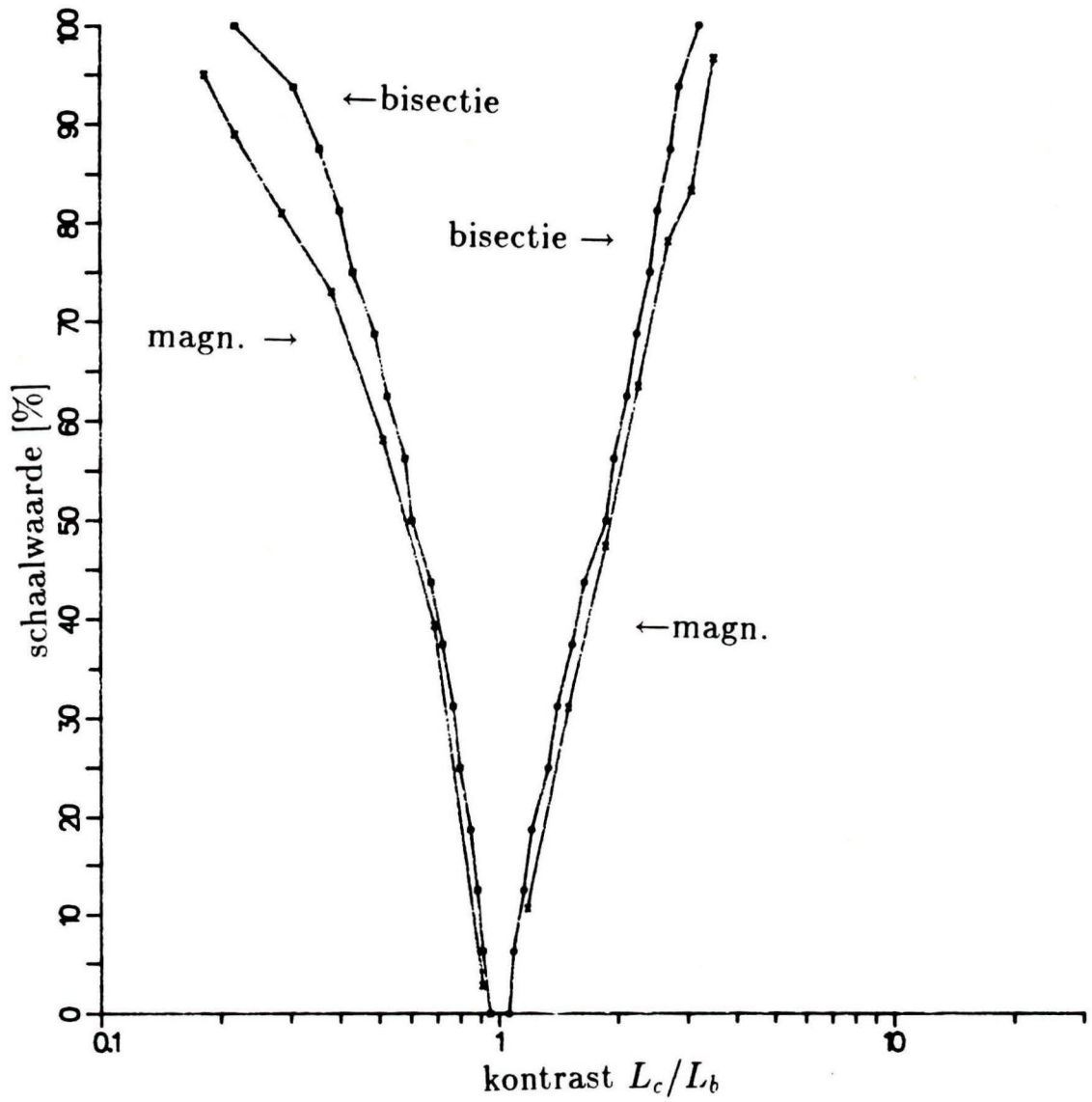


Figuur 4.7: gemiddelde bisectie voor Beehive



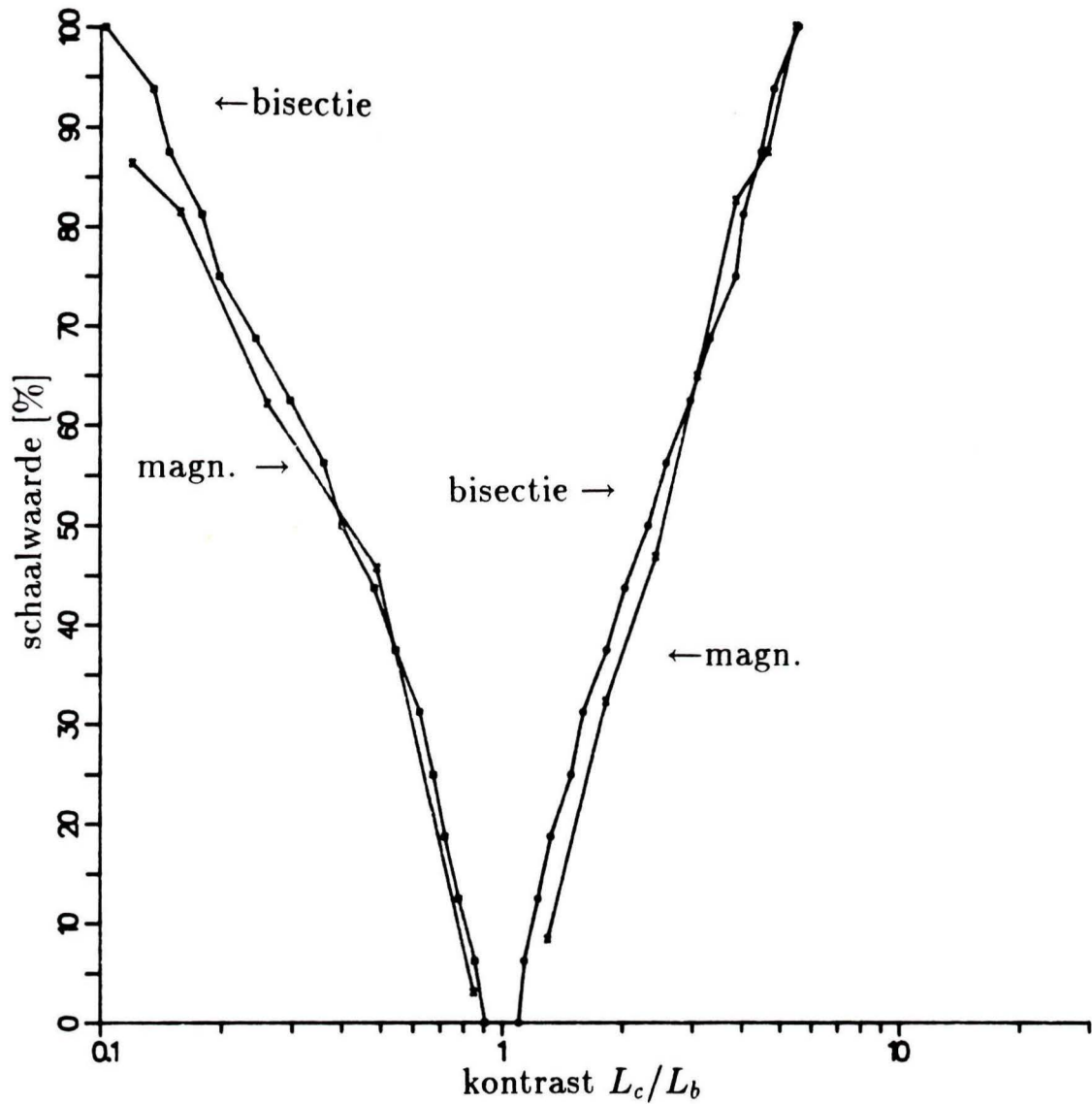
Figuur 4.8: gemiddelde bisectie voor IPO-Normaal

bisectie en magnitudeschatting Beehive



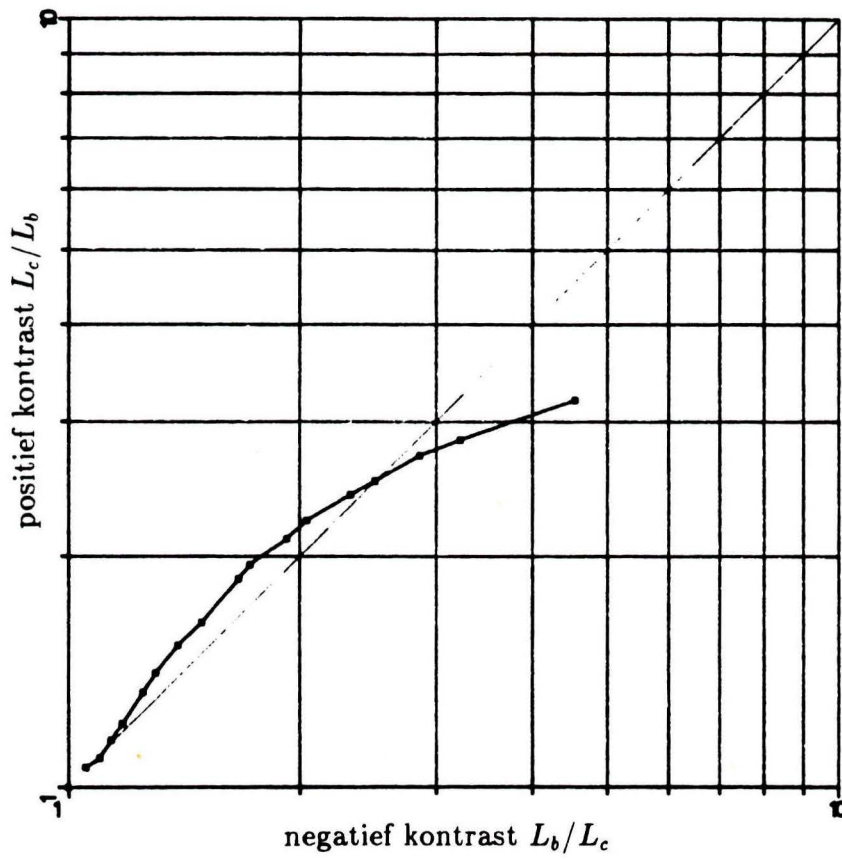
Figuur 4.9: gemiddelde bisectie en magnitudeschatting voor Beehive

bisectie en magnitudeschatting IPO-Normaal



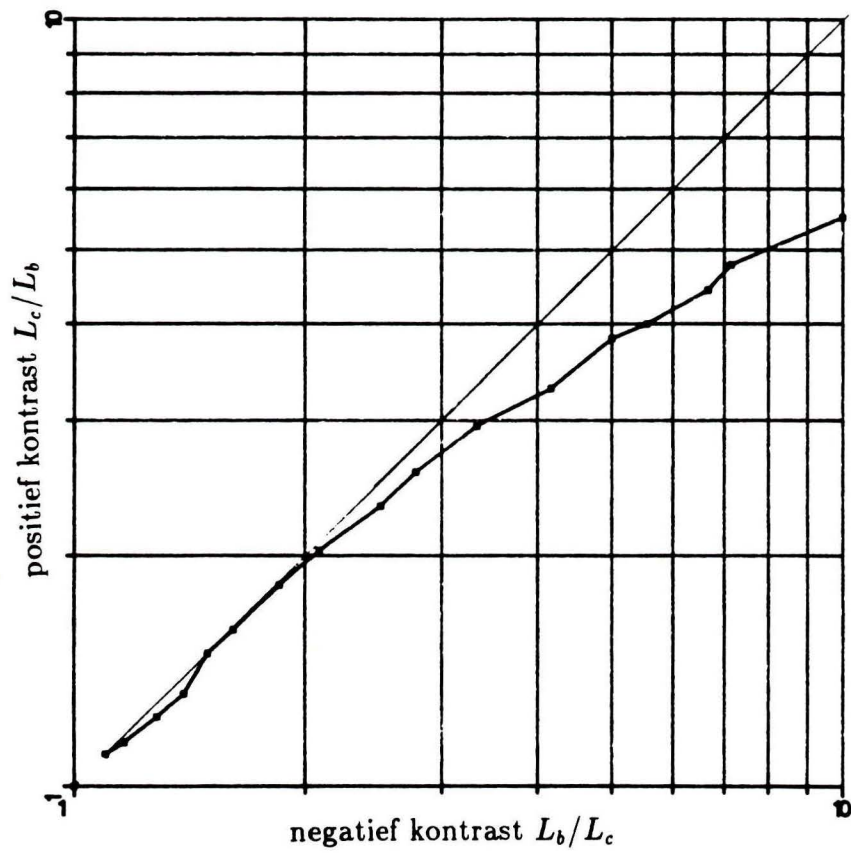
Figuur 4.10: gemiddelde bisectie en magnitudeschatting voor IPO-Normaal

gelijkstelling uit bisectie Beehive



Figuur 4.11: gelijkstelling gekonstrueerd uit de gemiddelde bisectie voor Beehive

gelijkstelling uit bisectie IPO-Normaal



Figuur 4.12: gelijkstelling gekonstrueerd uit de gemiddelde bisectie voor IPO-Normaal

5. Discussie

5.1 metingen

Alvorens de resultaten te bespreken eerst enkele opmerkingen over de metingen. Bij het beoordelen van het contrast spelen niet alleen de karakter en achtergrondluminanties een rol. Grensfrekwentie en oplossend vermogen van de monitor zijn evenzeer van invloed. De karakterbreedte neemt bij extreme contrasten toe en donkere karakters lijken scherper dan lichte, hoewel dit niet psychometrisch is aangetoond. De letter- en achtergrondluminantie is verder nog in verticale richting gemoduleerd ten gevolge van de tv-rasterscan.

Uitgangspunt is echter de algemene indruk van het aangeboden contrast. De verticale luminantievariaties ten gevolge van de beeldlijnen worden door het meten van de gemiddelde luminantie opgeheven. Van de invloed van de karakterbreedte kan men wellicht een indruk krijgen door de meetresultaten bij de verschillende karaktertypen met elkaar te vergelijken. De breedteverandering gaat bij incrementeel en decrementeel contrast redelijk gelijk op, zodat de invloed daarvan niet groot hoeft te zijn (zie tabel 1, §2.2).

De ervaring van de proefpersoon is waarschijnlijk wel van belang. Bij onervaren proefpersonen zal het beoordelingscriterium sterker aan verandering onderhevig zijn. Proefpersoon MB had de meeste ervaring. Zijn resultaten wijken enigszins af van de andere twee en hebben kleinere standaarddeviaties.

5.2 contrastgelijkstellingen

Bij beschouwing van de individuele gemiddelde grafieken blijkt bij hoge contrastwaarden geen duidelijk onderscheid tussen Beehive en IPO-Normaal te zijn (zie bijlage 4). Ze lopen ook niet altijd monotoon, vooral bij hoge contrasten. Bij alle proefpersonen kruisen ze elkaar. Alleen bij lage contrasten

ligt de grafiek van Beehive iets boven die van IPO-Normaal.

Verder is er een niet gering verschil tussen de meetseries van een proefpersoon. Dit veroorzaakt de standaarddeviaties in de per proefpersoon gemiddelde grafieken (zie bijlage 4). In de grafieken valt op dat zowel bij Beehive als bij IPO-Normaal de standaarddeviaties bij incrementeel hoger zijn dan bij decrementeel referentiekontrast. Blijkbaar is het gelijkstellen van een negatief aan een positief contrast moeilijker dan andersom. Dit komt niet tot uitdrukking in de over de proefpersonen gemiddelde grafieken, omdat de daarin weergegeven standaarddeviaties behoren bij die middeling.

Hoewel dit stageonderzoek niet is bedoeld om verschillende contrastformules met elkaar te vergelijken, willen we de resultaten met de volgende drempelgecorrigeerde maat toch presenteren:

$$C_+ = |L_c - L_{d+}| / L_b \quad , \quad C_- = |L_c - L_{d-}| / L_b$$

L_{d+} en L_{d-} zijn de karakterluminanties van de drempel bij achtergrondluminantie L_b . De karakterluminantie wordt dus gecorrigeerd met de drempelluminantie. De gecorrigeerde contrastmaten laten zich dus als volgt benaderen:

$$C_+ \approx L_c / L_b - 1 \quad , \quad C_- \approx 1 - L_c / L_b$$

Deze drempelcorrectie wordt toegepast op de over de drie proefpersonen gemiddelde grafieken (zie figuur 4.1 en 4.2, §4.2).

Deze gecorrigeerde gelijkstellingsgrafieken zijn getekend in figuur 5.1 en 5.2. De twee curven in een figuur zijn voor incrementeel en decrementeel referentiekontrast. De grafiek van Beehive loopt vergeleken met de grafiek met luminantieverhouding als contrastmaat een stuk rechter. Voor die van IPO-Normaal geldt dit in iets mindere mate. Merk op dat het decrementeel contrast niet groter kan zijn dan 1. Verder valt op dat de curven boven de diagonaal liggen, dit in tegenstelling tot figuren 4.1 en 4.2 in §4.2, die met contrastmaat L_{max}/L_{min} zijn uitgezet. De vraag of bij een bepaald contrast decrementeel dan wel incrementeel contrast een grotere sensatie geeft is dus afhankelijk van de definitie.

Uit de grafieken met contrastmaat L_{max}/L_{min} is bij lage contrasten af te lezen, dat incrementeel en decrementeel contrast een ongeveer even grote sensatie geven, want ze liggen dicht bij de diagonaal, rekening houdend met de standaarddeviaties. Deze symmetrie komt ook in andere onderzoeken naar voren (vgl. [2]). Bij hogere contrasten worden ze asymmetrisch, zodat de richtingscoëfficiënten veranderen. Dit wordt verder beschouwd in §5.7. Voor beide lettertypen liggen de curven met negatief iets boven die met

positief referentiecontrast bij laag contrast. Waarschijnlijk zijn de resultaten toch enigszins afhankelijk van de aangeboden referentie. De grafieken met de drempelgecorrigeerde contrastmaat tonen hetzelfde verschijnsel.

De over de proefpersonen gemiddelde grafieken zijn eveneens contrastgecorrigeerd, dat wil zeggen het contrast L_{max}/L_{min} is gecorrigeerd met het drempelcontrast $(L_{max}/L_{min})_d$. De grafieken hiervan zijn uitgezet in figuur 5.3 en 5.4. Een gevolg van deze correctie en het logaritmische assenstelsel is het oprekken van de gelijkstellingscurven in het lage contrastgebied, waardoor ze eveneens rechter worden. Ook hier liggen de curven redelijk dicht bij de diagonaal, terwijl ze bij hogere contrasten asymmetrisch worden. De curven van decrementeel liggen weer boven die van incrementeel referentiecontrast.

5.3 magnitudeschatting

Wanneer de gemiddelde grafieken van Beehive en IPO-Normaal met elkaar vergeleken worden, valt op dat de grafiek van Beehive een stuk hoger ligt (figuur 4.3 en 4.4 in §4.2). Dit is slechts het gevolg van het feit, dat de gebruikte referenties voor Beehive niet dezelfde contrastsensatie geven als de referenties gebruikt bij IPO-Normaal. Alleen de vorm kan zo vergeleken worden.

Bij Beehive loopt de grafiek in het lage negatieve contrastgebied een stuk steiler dan in het lage positieve gedeelte. Daardoor ligt de gelijkstellingscurve boven de diagonaal (figuur 4.5 in §4.2), hetgeen in overeenstemming is met het resultaat van de contrastgelijkstelling (figuur 4.1 in §4.1). De gekonstrueerde gelijkstellingscurve voor IPO-Normaal (figuur 4.6) begint precies op de diagonaal. Bij hogere contrastwaarden liggen beide grafieken weer onder de diagonaal, zoals bij de contrastgelijkstelling.

5.4 bisectie

Uit de grafieken in bijlage 3 en figuur 4.7 en 4.8 in §4.3 blijkt, dat de punten waar de grootste contrastgebieden overbrugd worden (25%, 50% en 75%), herkenbaar zijn aan lichte knikken, zowel in de individuele als in de gemiddelde grafieken.

In figuur 4.9 en 4.10 in §4.3 zijn de grafieken voor elk karaktertype naast de resultaten van de magnitudeschatting gezet. Bij lage contrasten is de overeenkomst groot. Slechts bij hogere negatieve contrasten wijken ze in

belangrijke mate van elkaar af. Dit kan veroorzaakt worden, doordat het schatten van hoge contrasten bij een laag referentiekontrast lastiger is dan halveren, aangezien de contrastverhouding daar enkele tientallen bedraagt.

De gekonstrueerde gelijkstellingscurven van figuur 4.11 en 4.12 in §4.3 tonen dezelfde verschijnselen als die van de contrastgelijkstelling. De curve van Beehive loopt in het lage contrastgebied weer boven de diagonaal, terwijl die van IPO-Normaal op de diagonaal begint. Bij hogere contrasten liggen ze onder de diagonaal. Deze grafieken zijn eveneens voor de drempelgecorrigeerde contrastmaat $C = |L_c - L_d| / L_b$ uitgezet in figuur 5.5 en 5.6. De curve van Beehive loopt evenals figuur 5.1 erg recht, behalve vanaf het eerste punt. De curve voor IPO-Normaal loopt iets minder recht, zoals bij de contrastgelijkstelling in figuur 5.2.

De standaarddeviaties van het gemiddelde over de proefpersonen op logaritmische schaal zijn gegeven in bijlage 3. Men kan deze standaarddeviaties opgebouwd denken uit twee componenten, namelijk die van het referentiekontrast (dit is het gemiddelde van de standaarddeviatie van linker en rechter referentiekontrast) en een additionele deviatie die toeneemt met de grootte van het contrastinterval. Dit is inherent aan de gevolgde methode. Beter zou het namelijk zijn om na iedere halvering het gemiddelde over de proefpersonen te nemen en dit als referentiekontrast te gebruiken. Zo wordt doorwerking van de standaarddeviaties voorkomen. Dat zou echter veel bewerkelijker zijn. Vanwege de tijd is daar van afgezien.

Alle gelijkstellingsgrafieken zijn per karaktertype ook in één figuur getekend, namelijk in figuur 5.7 en 5.8.

5.5 verschillen tussen proefpersonen

Tussen proefpersonen MOdC en FV zijn de resultaten niet zo erg verschillend, doch van MB kan gezegd worden, dat deze vergeleken met de andere twee incrementeel contrast consequent hoger beoordeelt. Ten gevolge daarvan liggen zijn gelijkstellingsgrafieken lager.

5.6 drempelbepaling

De individuele contrastwaarnemingsdrempels lopen vrijwel niet uiteen. De stapgrootte had hier eigenlijk kleiner moeten zijn dan het juist waarneembare contrastverschil. De gemiddelde drempels zijn nagenoeg symmetrisch.

5.7 modelvorming

In de literatuur wordt veelal een exponentieel verband verondersteld tussen luminantieverhouding en contrastindruk. Hiervoor wordt de zogenaamde Stevens-relatie gebruikt. Deze luidt:

$$C_s = KC^\beta$$

C_s stelt de contrastindruk voor, K is een verhoudingskonstante en β is de Stevens-exponent. Voor incrementeel en decrementeel contrast, aangegeven met + en -, gelden verschillende beta-waarden.

De berekende en gekonstrueerde gemiddelde gelijkstellingsgrafieken met $C = L_{max}/L_{min}$ lopen op logaritmische schaal vrijwel recht voor hogere contrasten. De richtingscoëfficiënten van deze grafieken zijn gelijk aan de verhouding β_-/β_+ .

$$K_- C_-^{\beta_-} = K_+ C_+^{\beta_+}$$

$X = \log C_-$ (decrementeel contrast horizontaal)

$Y = \log C_+$ (incrementeel contrast vertikaal)

dus

$$Y = (\beta_-/\beta_+)X + q$$

q is hierbij een reële konstante.

In tabel 5 zijn voor de verschillende experimenten met de lineaire-regressie methode de volgende schattingen voor die verhouding gemaakt, met links de waarde voor het contrastgebied van C_+ en $C_- < 1.5$ en rechts voor C_+ en $C_- > 2$. Tussen haakjes is het aantal regressiepunten gegeven.

Tabel 5. Schatting van de richtingscoëfficiënten β_-/β_+ van de gelijkstellingscurven

	Beehive		IPO-Normaal	
	$C < 1.5$	$C > 2.0$	$C < 1.5$	$C > 2.0$
gelijkstelling	1.004 (6)	0.545 (18)	0.924 (5)	0.672 (21)
magnitudesch.	1.96 (2+2)	0.534 (7+7)	0.76 (2+2)	0.543 (8+8)
bisectie	1.414 (6)	0.448 (6)	0.952 (5)	0.644 (10)

In deze tabel zijn de richtingscoëfficiënten van de magnitudeschatting berekend als het quotiënt van β_- en β_+ . Deze laten zich namelijk apart schatten, omdat de resultaten hierbij logaritmisch zijn uitgezet, in tegenstelling tot

de bisectie, waar de schaalwaarden lineair zijn. De gevonden waarden voor β_- en β_+ zijn vermeld in tabel 6.

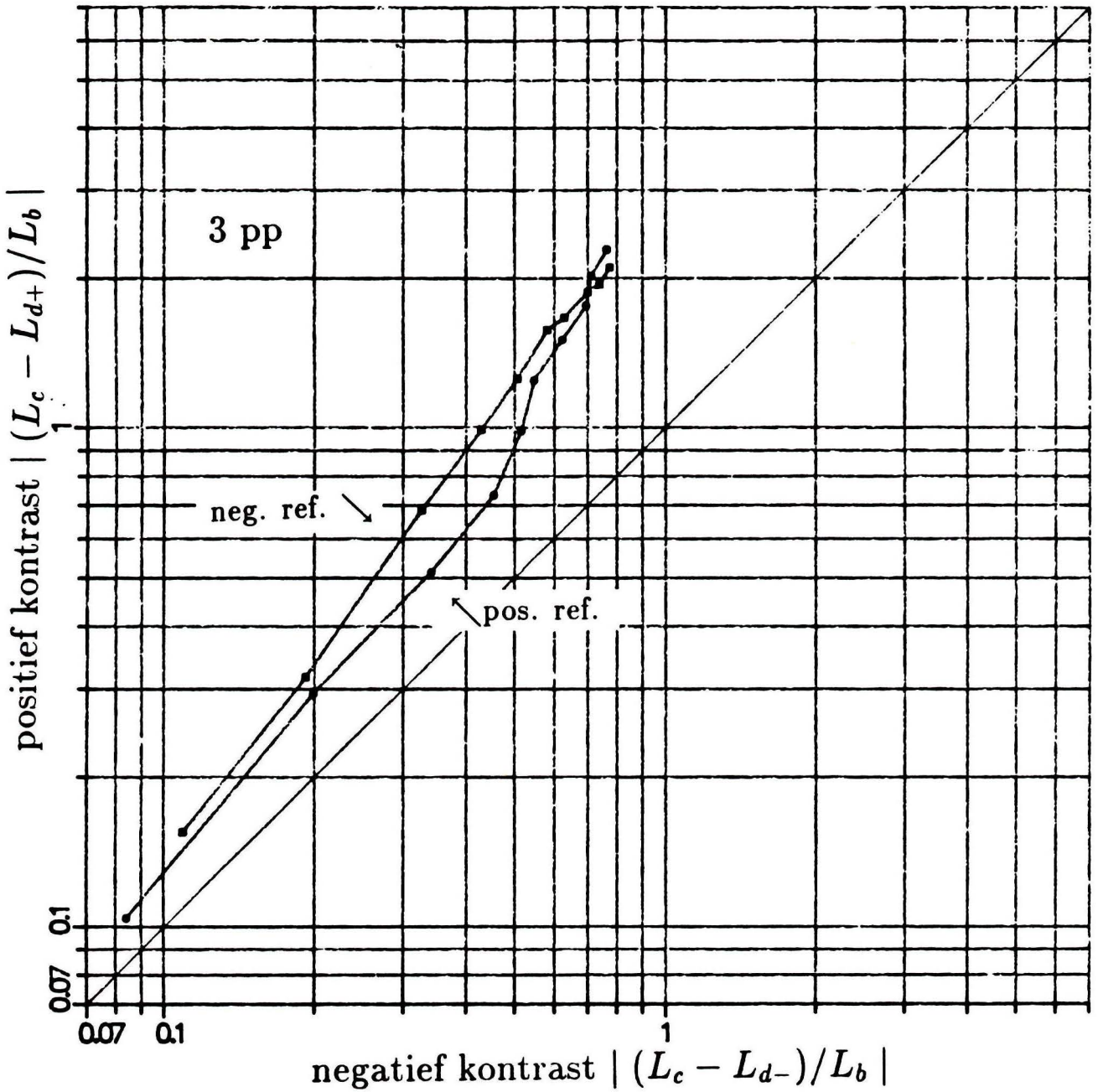
Tabel 6. Schatting van de waarden van β_- en β_+ van de magnitudeschatting

	Beehive		IPO-Normaal	
	$C < 1.5$	$C > 2.0$	$C < 1.5$	$C > 2.0$
β_-	-4.01 (2)	-1.137 (7)	-2.48 (2)	-1.083 (8)
β_+	2.05 (2)	2.128 (7)	3.27 (2)	1.996 (8)

Voor het hoge contrastgebied komen de waarden van de richtingscoëfficiënten goed met elkaar overeen. Bij het vergelijken van de waarden moet men rekening houden met het aantal punten waarop ze gebaseerd zijn en de grootte van het contrastgebied. In het lage contrastgebied bij de magnitudeschatting zijn slechts twee waarden voorhanden, die ook nog ver van elkaar liggen. Derhalve kan aan deze waarden niet veel gewicht worden toegekend.

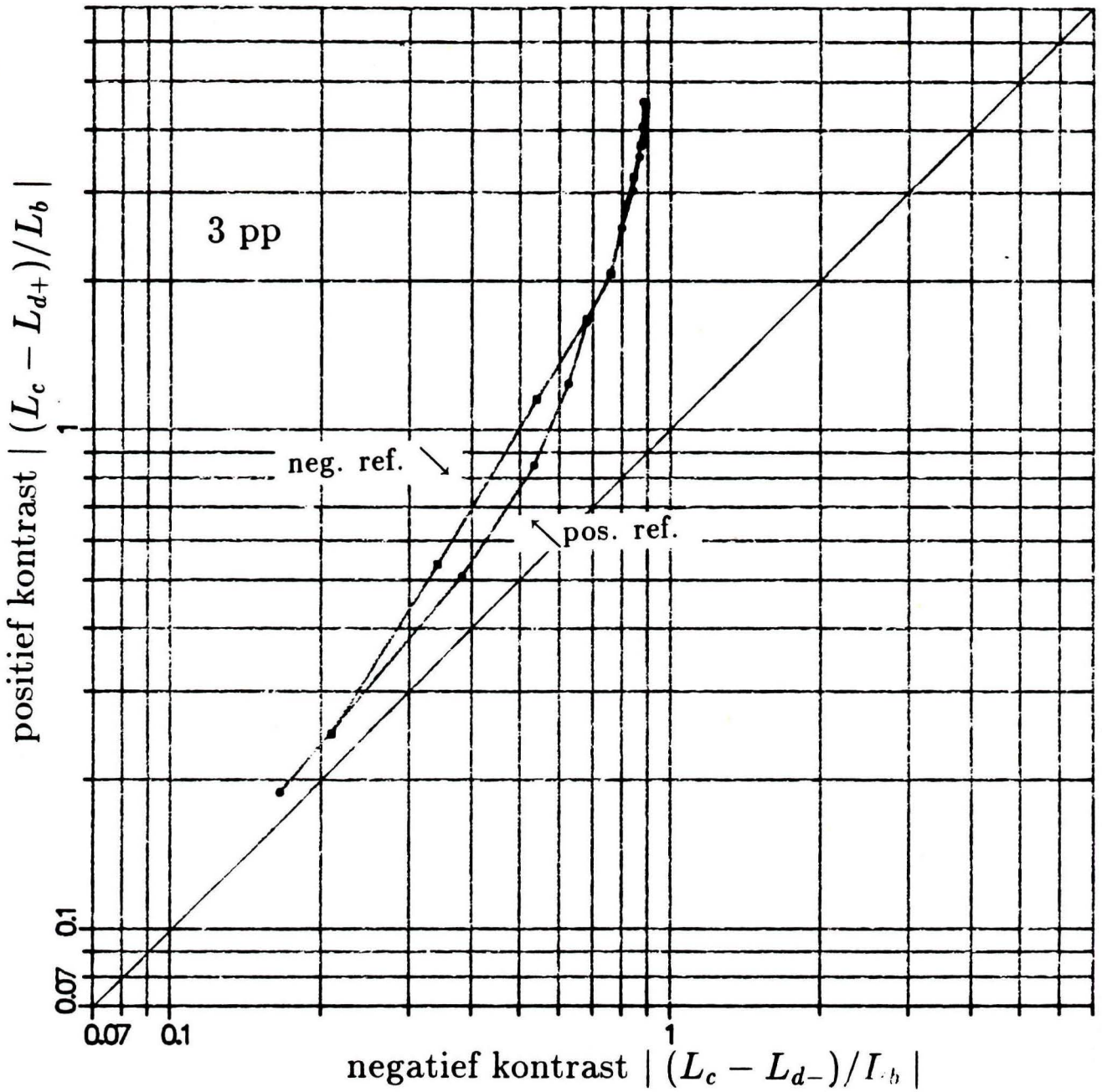
Merk op dat bij Beehive (smalle letterstokken) de helling bij lage decrementele contrasten veel sterker is dan bij lage incrementele contrasten. Deze asymmetrie komt ook in andere resultaten terug. In [4] vond men bij gebruik van dezelfde karakterset een soortgelijke asymmetrie in enkele objectieve maten.

gelijkstelling Beehive



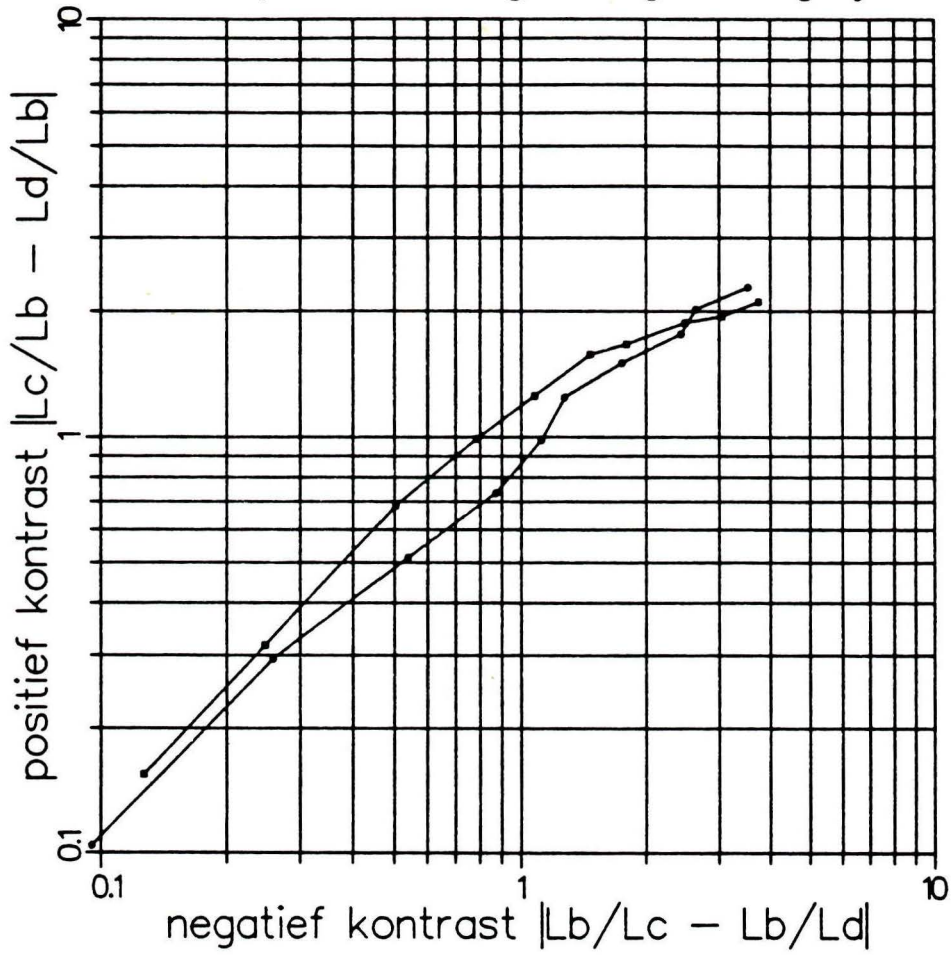
Figuur 5.1: drempelluminantiekorrektie toegepast op de gemiddelde contrastgelijkstelling voor Beehive

gelijkstelling IPO-Normaal



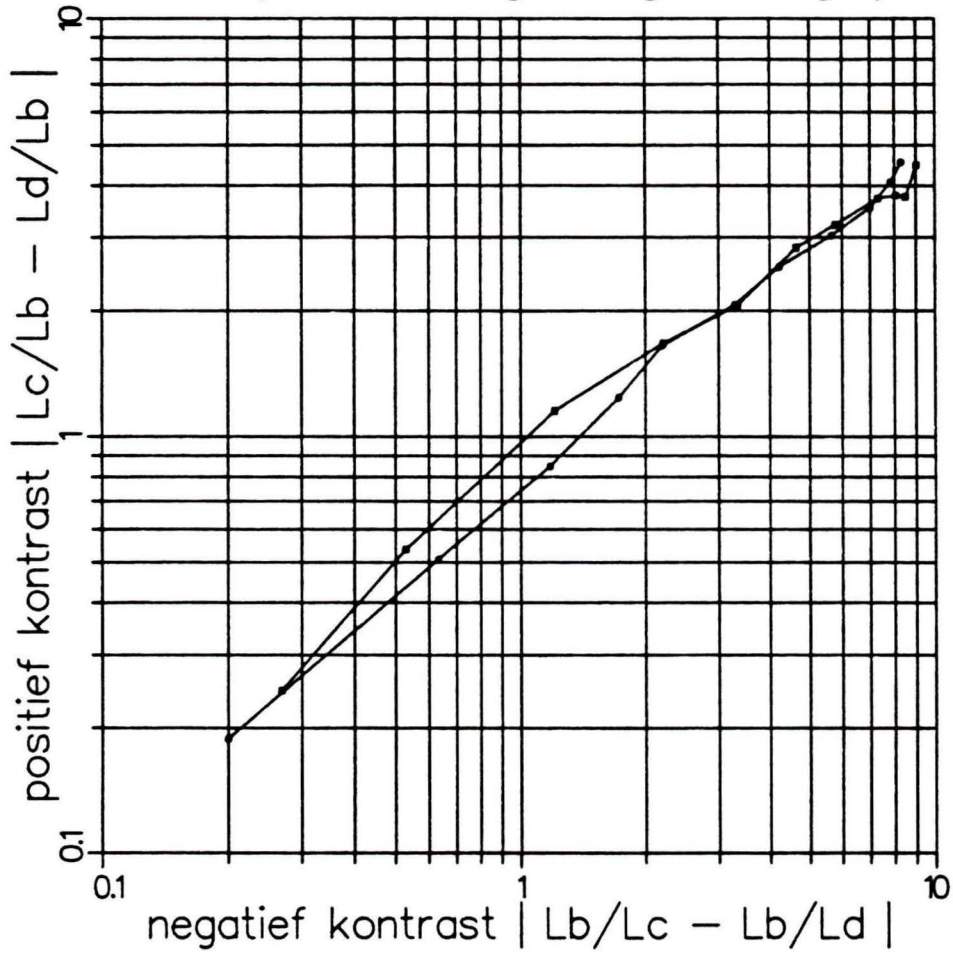
Figuur 5.2: drempelluminantiekorrektie toegepast op de gemiddelde contrastgelijkstelling voor IPO-Normaal

drempelcontrast gekorrigeerde gelijkstelling, Beehive



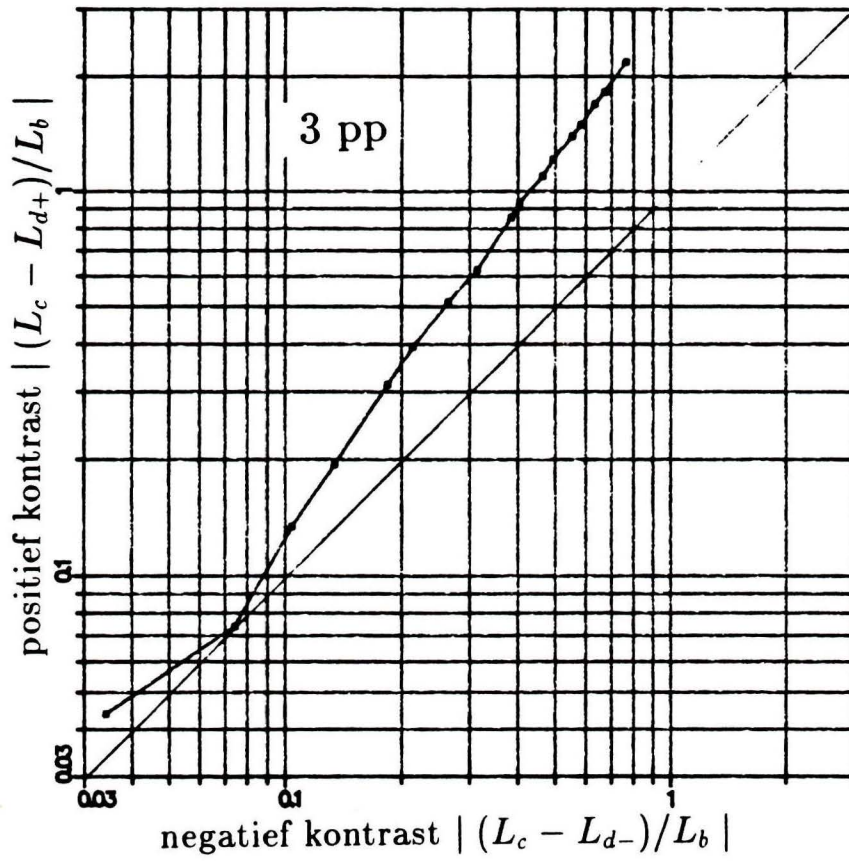
Figuur 5.3: drempelcontrastcorrectie toegepast op de gemiddelde contrastgelijkstelling voor Beehive

drempelcontrast gekorrigeerde gelijkstelling, IPO-N.



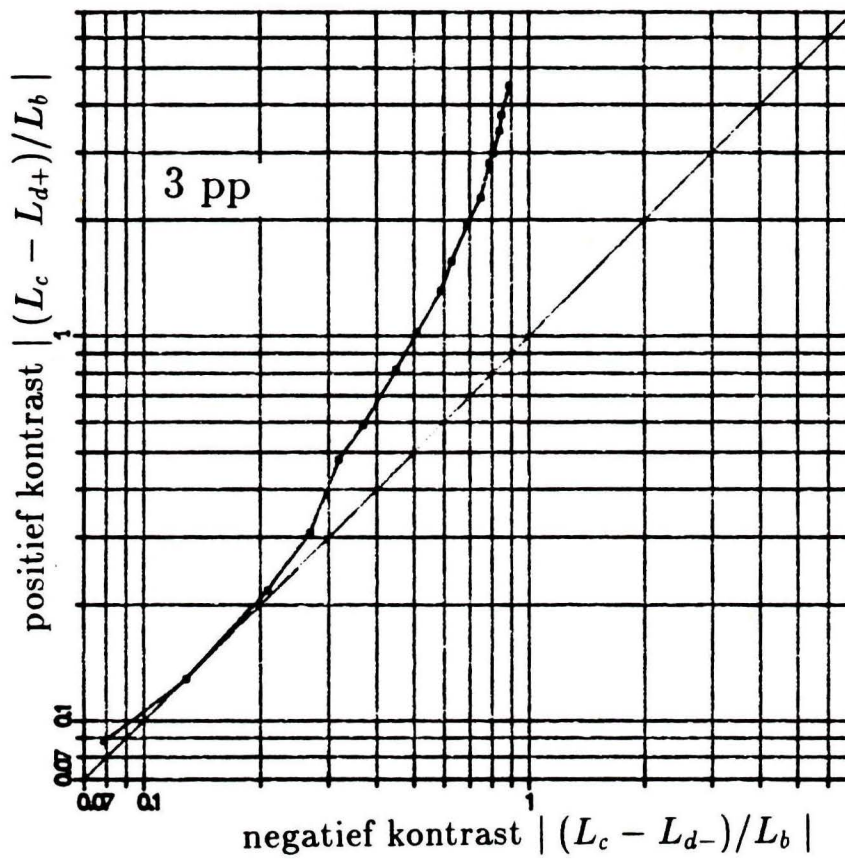
Figuur 5.4: drempelcontrastcorrectie toegepast op de gemiddelde contrastgelijkstelling voor IPO-Normaal

gelijkstelling uit bisectie Beehive



Figuur 5.5: drempelluminantiekorrektie toegepast op de gelijkstelling gekonstrueerd uit de gemiddelde bisectie voor Beehive

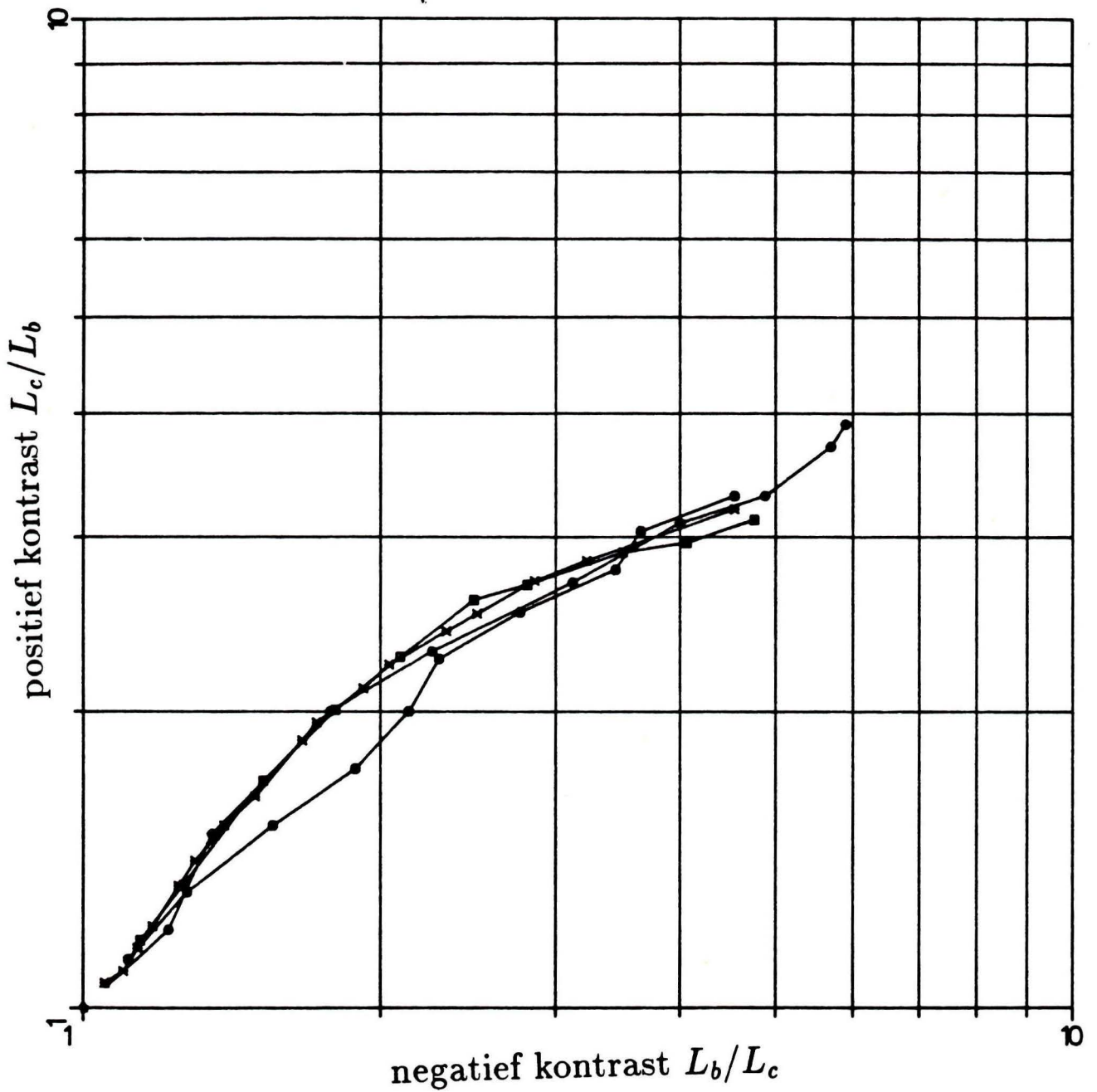
gelijkstelling uit bisectie IPO-Normaal



Figuur 5.6: drempelluminantiekorrektie toegepast op de gelijkstelling gekonstrueerd uit de gemiddelde bisectie voor IPO-Normaal

gelijkstelling Beehive

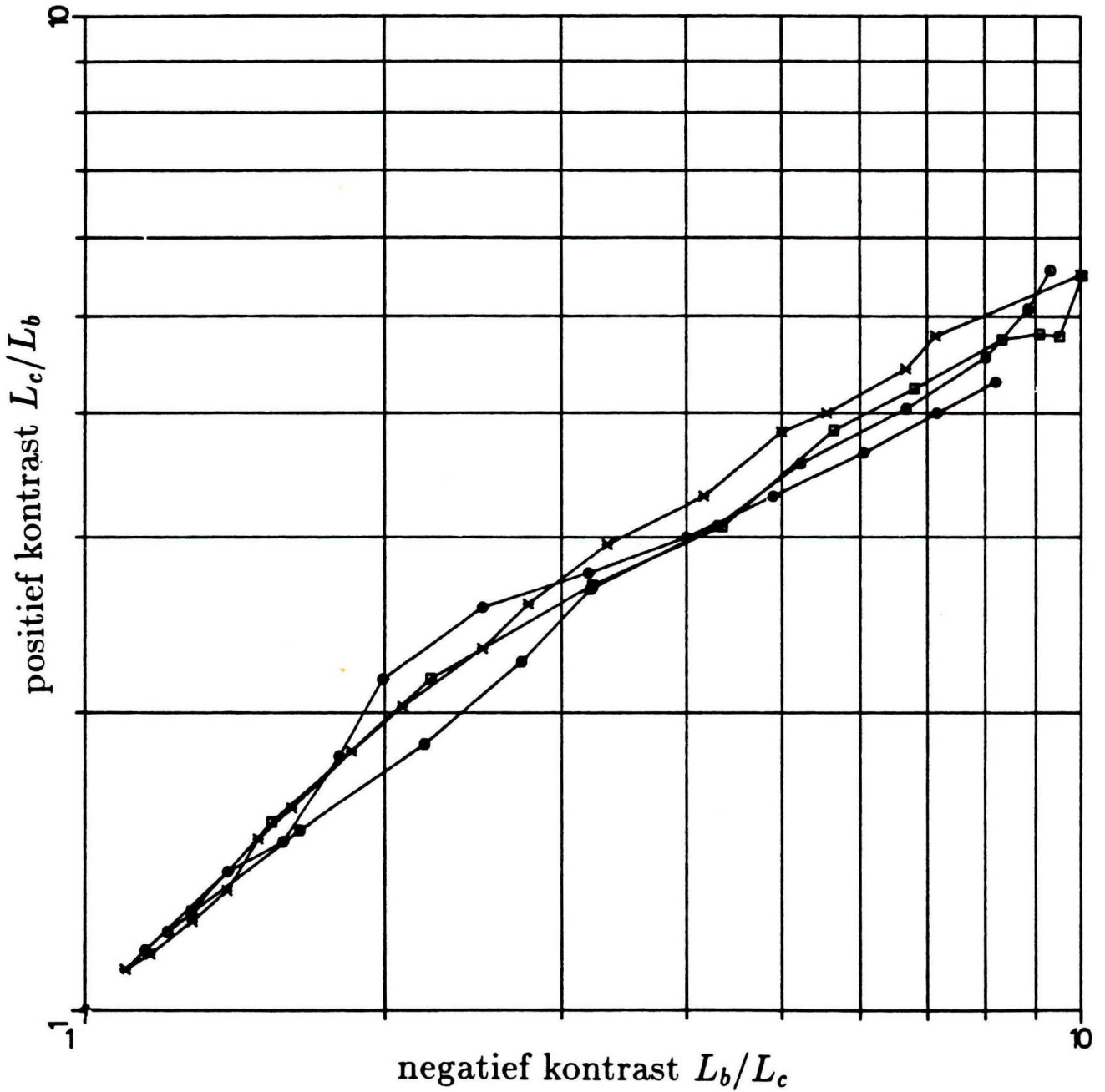
- gelijkstelling neg. ref.
- gelijkstelling pos. ref.
- × gelijkstelling bisectie
- gelijkstelling magnitudesch.



Figuur 5.7: de gelijkstellingen voor Beehive

gelijkstelling IPO-Normaal

- gelijkstelling neg. ref.
- gelijkstelling pos. ref.
- × gelijkstelling bisectie
- gelijkstelling magnitudesch.



Figuur 5.8: de gelijkstellingen voor IPO-Normaal

6. Konklusies

- De gelijkstellingsgrafieken van de contrastgelijkstelling en de magnitudeschatting behorende bij Beehive vallen erg goed samen, namelijk ruim binnen de standaarddeviaties van de gemiddelde meetwaarden. Bij IPO-Normaal is dit in het hoge contrastgebied minder het geval.
- De gelijkstellingscurven uit de bisectie en van de contrastgelijkstelling komen bij beide karaktertypen goed met elkaar overeen. Opgemerkt kan worden, dat de gelijkstellingspunten bij 0% en 100% identiek zijn aan punten van de contrastgelijkstelling.
- In de gelijkstellingscurven is bij laag contrast een duidelijk verschil te zien tussen Beehive en IPO-Normaal. De grafiek van Beehive ligt daar boven de lijn $C_+ = C_-$. Een oorzaak kan wellicht gevonden worden in het verschil in stokbreedte tussen beide karaktersets.
- Uit de niet-drempelgecorrigeerde gelijkstellingsgrafieken van de drie experimenten kan afgelezen worden, dat voor hoge contrasten positief een sterkere indruk maakt dan negatief contrast. Bij Beehive blijkt negatief contrast in het lage contrastgebied iets sterker te worden waargenomen dan positief. Bij IPO-Normaal is de waarneming in dit gebied symmetrisch.
- Met de drempelluminantie-gecorrigeerde contrastmaat wordt de bovenstaande konklusie tegengesteld. De grafieken zijn daarbij rechter, dus het helderheidscontrast wordt door deze maat beter benaderd.
- De schalingscurven van de magnitudeschatting en de bisectie liggen alleen bij hoge (negatieve) contrasten iets meer uit elkaar. Dit kan veroorzaakt zijn, doordat het schatten van hoge contrasten ten opzichte van een laag contrast moeilijker is dan het halveren van contrastgebieden.

- Een antwoord op de vraag of bij een bepaalde contrastwaarde decrementeel dan wel incrementeel contrast een grotere sensatie geeft, is in belangrijke mate afhankelijk van de gebruikte definitie van fysisch contrast.
- Bij de bepaling van de richtingscoëfficiënten van de gelijkstellingscurven blijken de coëfficiënten bij lage contrasten hoger te zijn dan bij hoge contrasten. Vooral bij het Beehive karaktertype is dit het geval.

Referenties

- [1] Boschman, M.C., Leermakers, M.A.M., Roufs, J.A.J. 1985 *The effect of video bandwidth on the judgement of comfort, visual performance and eye movements using visual display units*. IPO Annual Progress Report 20, pp. 73-79
- [2] Burckhardt, D.A., Gottesman, J., Kersten, D., Legge, G.E. 1984 *Symmetry and constancy in the perception of negative and positive luminance contrast*. J.Opt.Soc.Am. Vol.1, No.3, March 1984, pp. 309-316
- [3] Roufs, J.A.J. 1989 *Collegedictaat Licht en Geluid*. Technische Hogeschool Eindhoven, dictaatnr. 1.148
- [4] Leermakers, M.A.M. & M.C. Boschman 1984 *Eye movements, performance and visual comfort using VDT's*. IPO Annual Progress Report 19
- [5] Marks, L.E. 1974 *Sensory processes*. Academic Press, New York, chapter 2, pp. 32-58
- [6] Nes, F.L. van 1989 *New characters for Teletext with improved legibility*. IPO Annual Progress Report 18
- [7] Saelmans, P.H. 1989 *Gebruikersinformatie voor EDS, een Experimenteerprogramma voor de DubbelStaircasemethode*. IPO handleiding nr.47

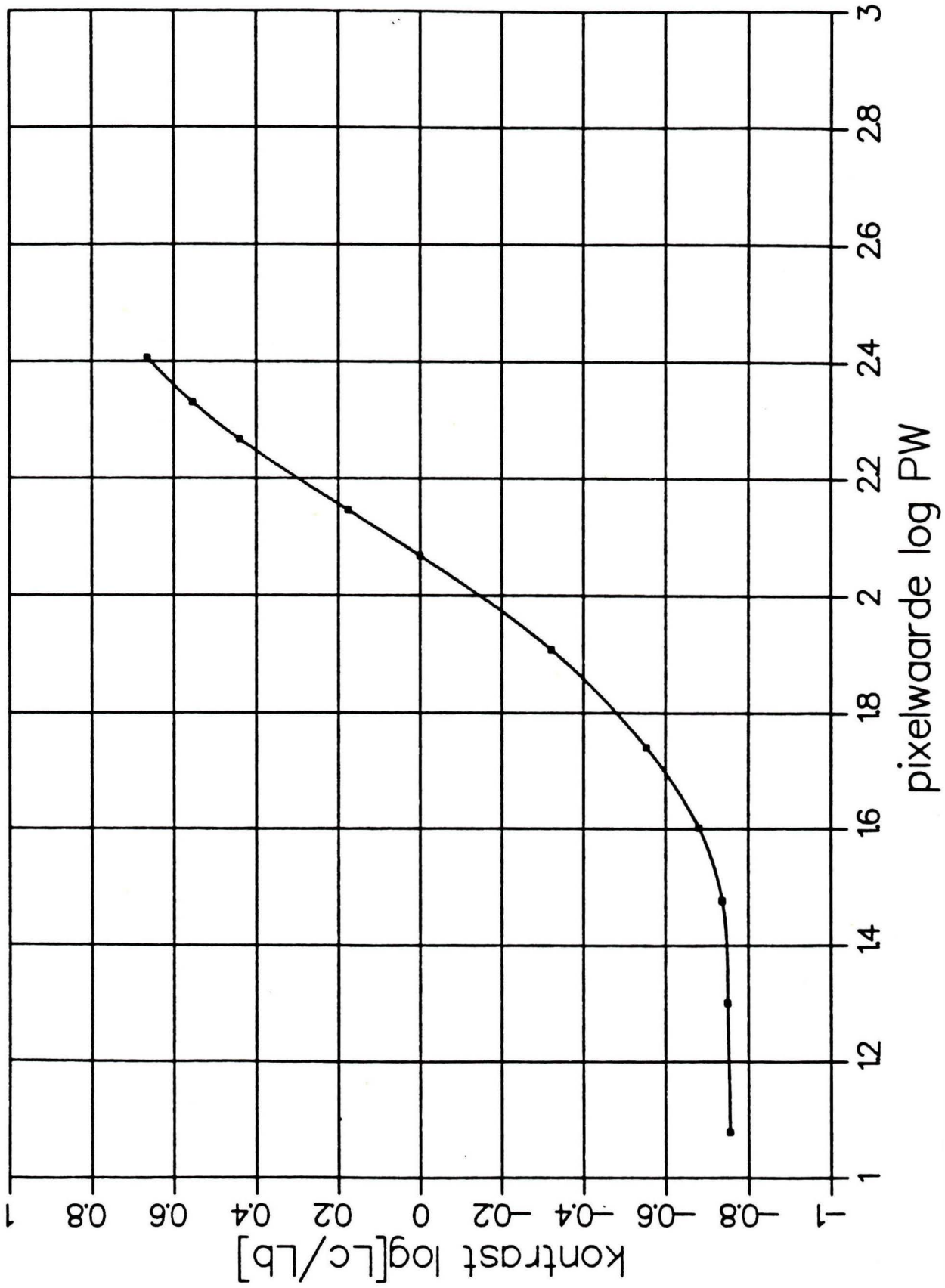
Gebruikte apparatuur

- Barco CTVM 2151 studio kleurenmonitor
- Philips P857 minicomputer
- Philips picture storage device
- Pritchard fotometer model 1980A

BIJLAGE 1

kontrast-ijkcurven

kontrast — pixelwaarden curve beehive

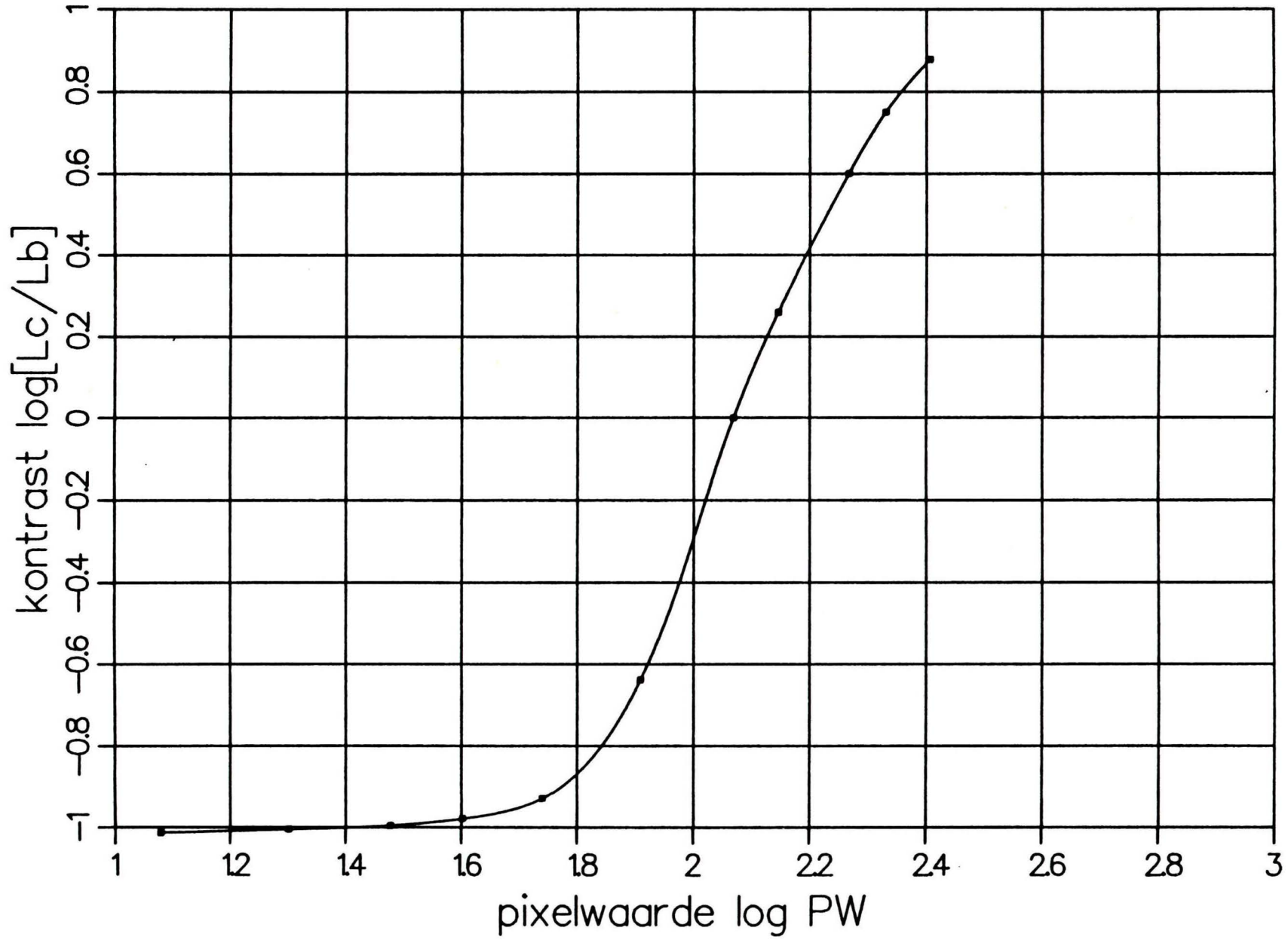


ijktabel Beehive

PW	L_c/L_b	PW	L_c/L_b
12	.176	59.142	.3036
12.467	.1768	59.709	.3071
12.952	.1775	60.282	.3107
13.457	.1780	60.861	.3143
13.981	.1783	61.445	.3181
14.525	.1786	62.034	.3219
15.091	.1787	62.630	.3258
15.679	.1787	63.231	.3298
16.289	.1787	63.838	.3339
16.924	.1786	64.450	.3381
17.583	.1784	65.069	.3423
18.268	.1783	65.693	.3467
18.979	.1781	66.324	.3512
19.718	.1780	66.960	.3558
20.486	.1779	67.603	.3605
21.284	.1779	68.252	.3653
22.113	.1780	68.907	.3703
22.974	.1781	69.568	.3754
23.869	.1784	70.236	.3806
24.798	.1788	70.910	.3859
25.764	.1794	71.590	.3914
26.767	.1802	72.277	.3970
27.810	.1812	72.971	.4028
28.893	.1825	73.671	.4087
30.018	.1840	74.378	.4148
31.187	.1858	75.092	.4211
32.402	.1880	75.813	.4276
33.663	.1906	76.540	.4342
34.974	.1937	77.275	.4411
36.336	.1973	78.016	.4481
37.752	.2014	78.765	.4554
39.222	.2062	79.521	.4629
40.749	.2117	80.284	.4706
42.336	.2179	81.055	.4785
43.985	.2248	81.833	.4867
45.698	.2323	82.618	.4951
47.478	.2405	83.411	.5038
49.327	.2494	84.211	.5127
50.278	.2542	85.019	.5218
50.760	.2566	85.835	.5312
51.247	.2591	86.659	.5408
51.739	.2617	87.491	.5506
52.236	.2643	88.330	.5607
52.737	.2670	89.178	.5711
53.243	.2697	90.034	.5817
53.754	.2725	90.898	.5926
54.270	.2753	91.770	.6037
54.791	.2782	92.651	.6152
55.317	.2811	93.540	.6268
55.848	.2841	94.438	.6388
56.384	.2872	95.344	.6511
56.925	.2904	96.259	.6637
57.471	.2936	97.183	.6765
58.023	.2968	98.116	.6897
58.579	.3002	99.057	.7032

100.008	.7170	172.374	2.3841
100.968	.7312	174.028	2.4323
101.937	.7457	175.698	2.4812
102.915	.7606	177.384	2.5305
103.903	.7758	179.087	2.5803
104.900	.7913	180.805	2.6306
105.906	.8073	182.540	2.6813
106.923	.8237	184.292	2.7324
107.949	.8404	186.061	2.7838
108.985	.8576	187.847	2.8357
110.031	.8752	189.649	2.8881
111.087	.8933	191.469	2.9410
112.153	.9118	193.307	2.9944
113.229	.9309	195.162	3.0483
114.316	.9504	197.035	3.1027
115.413	.9704	198.926	3.1575
116.521	.99099	200.835	3.2128
117.639	1.0121	202.762	3.2684
118.768	1.0337	204.708	3.3242
119.908	1.0559	206.673	3.3802
121.058	1.0787	208.656	3.4361
122.220	1.1021	210.659	3.4919
123.393	1.1260	212.680	3.5474
124.577	1.1505	214.721	3.6022
125.773	1.1756	216.782	3.6567
126.980	1.2013	218.862	3.7109
128.198	1.2277	220.963	3.7649
129.429	1.2546	223.083	3.8189
130.671	1.2822	225.224	3.8730
131.925	1.3105	227.386	3.9273
133.191	1.3394	229.568	3.9818
134.469	1.3689	231.771	4.0367
135.760	1.3992	233.995	4.0920
137.063	1.4301	236.241	4.1478
138.378	1.4616	238.508	4.2043
139.706	1.4939	240.797	4.2614
141.047	1.5269	243.108	4.3194
142.400	1.5606	245.441	4.3783
143.767	1.5949	247.797	4.4381
145.147	1.6300	250.175	4.4991
146.540	1.6658	252.576	4.5613
147.946	1.7024		
149.366	1.7396		
150.799	1.7776		
152.246	1.8163		
153.707	1.8558		
155.183	1.8960		
156.672	1.9369		
158.175	1.9785		
159.693	2.0208		
161.226	2.0639		
162.773	2.1076		
164.335	2.1520		
165.912	2.1972		
167.505	2.2429		
169.112	2.2894		
170.735	2.3364		

kontrast – pixelwaarden curve IPO–Normaal



ijktabel IPO-Normaal

PW	L_c/L_b	PW	L_c/L_b
12	.097	62.034	.1315
12.467	.0972	62.630	.1330
12.952	.0974	63.231	.1346
13.457	.0976	63.838	.1363
13.981	.0977	64.450	.1380
14.525	.0979	65.069	.1399
15.091	.0980	65.693	.1418
15.679	.0982	66.324	.1439
16.289	.0983	66.960	.1461
16.924	.0984	67.603	.1484
17.583	.0985	68.252	.1508
18.268	.0986	68.907	.1533
18.979	.0987	69.568	.1560
19.718	.0988	70.236	.1589
20.486	.0989	70.910	.1619
21.284	.0991	71.590	.1652
22.113	.0992	72.277	.1686
22.974	.0993	72.971	.1722
23.869	.0995	73.671	.1760
24.798	.0997	74.378	.1800
25.764	.0999	75.092	.1843
26.767	.1001	75.813	.1889
27.810	.1004	76.540	.1938
28.893	.1007	77.275	.1990
30.018	.1010	78.016	.2045
31.187	.1013	78.765	.2104
32.402	.1017	79.521	.2166
33.663	.1022	80.284	.2233
34.974	.1027	81.055	.2305
36.336	.1032	81.833	.2381
37.752	.1039	82.618	.2462
39.222	.1046	83.411	.2547
40.749	.1053	84.211	.2637
42.336	.1062	85.019	.2732
43.985	.1072	85.835	.2833
45.698	.1083	86.659	.2938
47.478	.1096	87.491	.3049
49.327	.1112	88.330	.3166
50.278	.1121	89.178	.3289
50.760	.1126	90.034	.3417
51.247	.1132	90.898	.3553
51.739	.1137	91.770	.3694
52.236	.1143	92.651	.3842
52.737	.1149	93.540	.3998
53.243	.1155	94.438	.4160
53.754	.1162	95.344	.4330
54.270	.1169	96.259	.4507
54.791	.1176	97.183	.4692
55.317	.1184	98.116	.4885
55.848	.1192	99.057	.5086
56.384	.1201	100.008	.5296
56.925	.1210	100.968	.5514
57.471	.1219	101.937	.5740
58.023	.1229	102.915	.5976
58.579	.1240	103.903	.6220
59.142	.1251	104.900	.6474
59.709	.1262	105.906	.6736
60.282	.1274	106.923	.7008
60.861	.1287	107.949	.7289
61.445	.1301	108.985	.7578
		110.031	.7877
		111.087	.8185
		112.153	.8502

114.316	.91600	208.656	5.3374
115.413	.95007	210.659	5.4483
116.521	.98485	212.680	5.5575
117.639	1.0203	214.721	5.6643
118.768	1.0565	216.782	5.7690
119.908	1.0936	218.862	5.8723
121.058	1.1314	220.963	5.9743
122.220	1.1701	223.083	6.0755
123.393	1.2097	225.224	6.1761
124.577	1.2501	227.386	6.2764
125.773	1.2915	229.568	6.3767
126.980	1.3337	231.771	6.4773
128.198	1.3769	233.995	6.5784
129.429	1.4210	236.241	6.6803
130.671	1.4661	238.508	6.7834
131.925	1.5123	240.797	6.8878
133.191	1.5594	243.108	6.9939
134.469	1.6076	245.441	7.1021
135.760	1.6569	247.797	7.2126
137.063	1.7072	250.175	7.3258
138.378	1.7587	252.576	7.4421
139.706	1.8113		
141.047	1.8651		
142.400	1.9201		
143.767	1.9763		
145.147	2.0337		
146.540	2.0924		
147.946	2.1525		
149.366	2.2138		
150.799	2.2765		
152.246	2.3406		
153.707	2.4061		
155.183	2.4730		
156.672	2.5413		
158.175	2.6112		
159.693	2.6825		
161.226	2.7554		
162.773	2.8298		
164.335	2.9058		
165.912	2.9834		
167.505	3.0626		
169.112	3.1435		
170.735	3.2260		
172.374	3.3102		
174.028	3.3960		
175.698	3.4836		
177.384	3.5728		
179.087	3.6638		
180.805	3.7565		
182.540	3.8509		
184.292	3.9469		
186.061	4.0448		
187.847	4.1444		
189.649	4.2459		
191.469	4.3492		
193.307	4.4543		
195.162	4.5610		
197.035	4.6693		
198.926	4.7789		
200.835	4.8896		
202.762	5.0012		
204.708	5.1133		
206.673	5.2255		

BIJLAGE 2 magnitudeschattingen

MAGNITUDESCHATTINGEN uitgevoerd met:
 een herhaling (HE=02), 19 stimuli (ST=19),
 twee referentiekontrasten (RE=02), namelijk positief 1.31
 (letterpixelwaarde is 132) en negatief 0.776 (letterpixelwaarde
 is 104 bij een pixelwaarde voor de achtergrond van 117),
 drie proefpersonen (PP=03) en twee lettertypen (TY=02).

positief referentiekontrast

PW	MOdC		FV		MB	
	Beehive	IPON	Beehive	IPON	Beehive	IPON
0	-20	-16.5	-12	-16	-12	-15
14	-20	-13	-9	-13	-8	-8
28	-18	-18	-11	-13	-10	-8
42	-14	-17	-10	-14	-7	-5
56	-10	-11	-8	-9	-5	-3
70	-13	-15	-7	-8	-5	-2
84	-8	-5	-2.5	-2	-2	-2.5
98	-3	-2	-1.3	-4	-1.3	-1.5
112	-0.6	-0.6	-0.8	-0.8	-0.5	-0.5
126	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.6
140	1.2	1.2	1.1	2	1.3	1.3
154	1.6	1.6	3	4	1.5	2
168	11	7	8	5	2	4
182	15	10	5	7	6	8
196	9	16	10	10	10	9
210	16	22	17	16	15	15
224	21	25	17	15	16	25
238	22	27.2	15	17	20	20
252	22	22	16	18	25	20

(herhaling)

PW	MOdC		FV		MB	
	Beehive	IPON	Beehive	IPON	Beehive	IPON
0	-7.5	-13	-10	-8	-13	-12
14	-6	-11	-11	-9	-10	-10
28	-7	-5	-8	-15	-9	-10
42	-4.5	-9	-6	-10	-8	-6
56	-4	-12	-7	-8	-5	-5
70	-2.5	-6	-5	-12	-3	-4
84	-3	-4	-3	-5	-2	-4
98	-1.6	-1.4	-1.01	-1.5	-1.5	-2
112	-0.4	-0.7	0.6	-0.6	-0.5	-0.4
126	0.6	0.5	0.7	0.7	0.8	0.6
140	1.2	1.1	1.5	1.2	1.2	1.5
156	1.6	1.6	5	2.5	2	1.5
170	1.7	3.5	6	3.5	4	3
184	3.5	8	7	4	5	8
196	3	12	12	7	6	6
210	9	11	10	12	10	15
224	8	15	9	11	12	15
238	6	17	16	19	12	24
252	7	16	18	17	20	25

negatief referentiekontrast

PW	MOdC		FV		MB	
	Beehive	IPON	Beehive	IPON	Beehive	IPON
0	12	18	17	14	12	10
14	8	10	15	18	10.	8
28	8	8	17	16	12.	12
42	5	9	13	12	10.	7
56	3	6	10	8	8.	7
70	2	5	9	10	5.	4
84	3	2.5	4	5	3	2
98	1.5	1.3	4	3	1.5	1.5
112	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4
126	-0.5	-0.4	-0.8	-0.7	-0.5	-0.7
140	- 1	-1.3	-1.5	-1.1	-1.2	-1.1
154	-1.9	-2.5	- 2	- 3	-2.5	- 2
168	-2.5	-1.9	- 3	- 4	- 5	- 4
182	- 4	- 4	-13	-10	- 8	-10
196	- 7	-10	- 7	- 5	-10	- 5
210	-10	-14	-10	-12	-20	- 8
224	-13	-18	-15	-14	-15	-15
238	-13	-18	-17	-14	-20	-15
252	-19	-26	-18	-18	-25	-30

(herhaling)

PW	MOdC		FV		MB	
	Beehive	IPON	Beehive	IPON	Beehive	IPON
0	10	15	12	16	8	10
14	12	11	9	12	12	8
28	9	13	7	10	10	10
42	5	9	10	14	8	12
56	5	13	8	11	5	4
70	3	7	5	8	3	5
84	3	4	4	5	2	4
98	1.5	1.7	1.9	4	1.4	3.5
112	0.4	0.4	0.7	0.6	0.4	0.5
126	-0.4	-0.5	-0.8	-0.7	-0.8	-0.9
140	-0.9	-0.9	- 2	- 3	-1.5	-1.5
154	-1.8	-1.3	-2.5	- 4	- 2	-1.8
168	-1.3	- 5	- 4	- 5	-3.5	- 3
182	- 3	- 4	- 5	- 6	- 4	- 8
196	- 3	- 6	- 6	- 5	- 6	-13
210	-4.5	- 8	- 6	- 9	- 9	- 9
224	-5.5	-13	- 6	-12	-10	-20
238	- 7	-12	-14	-15	-12	-20
252	-21	-22	-10	-18	-15	-25

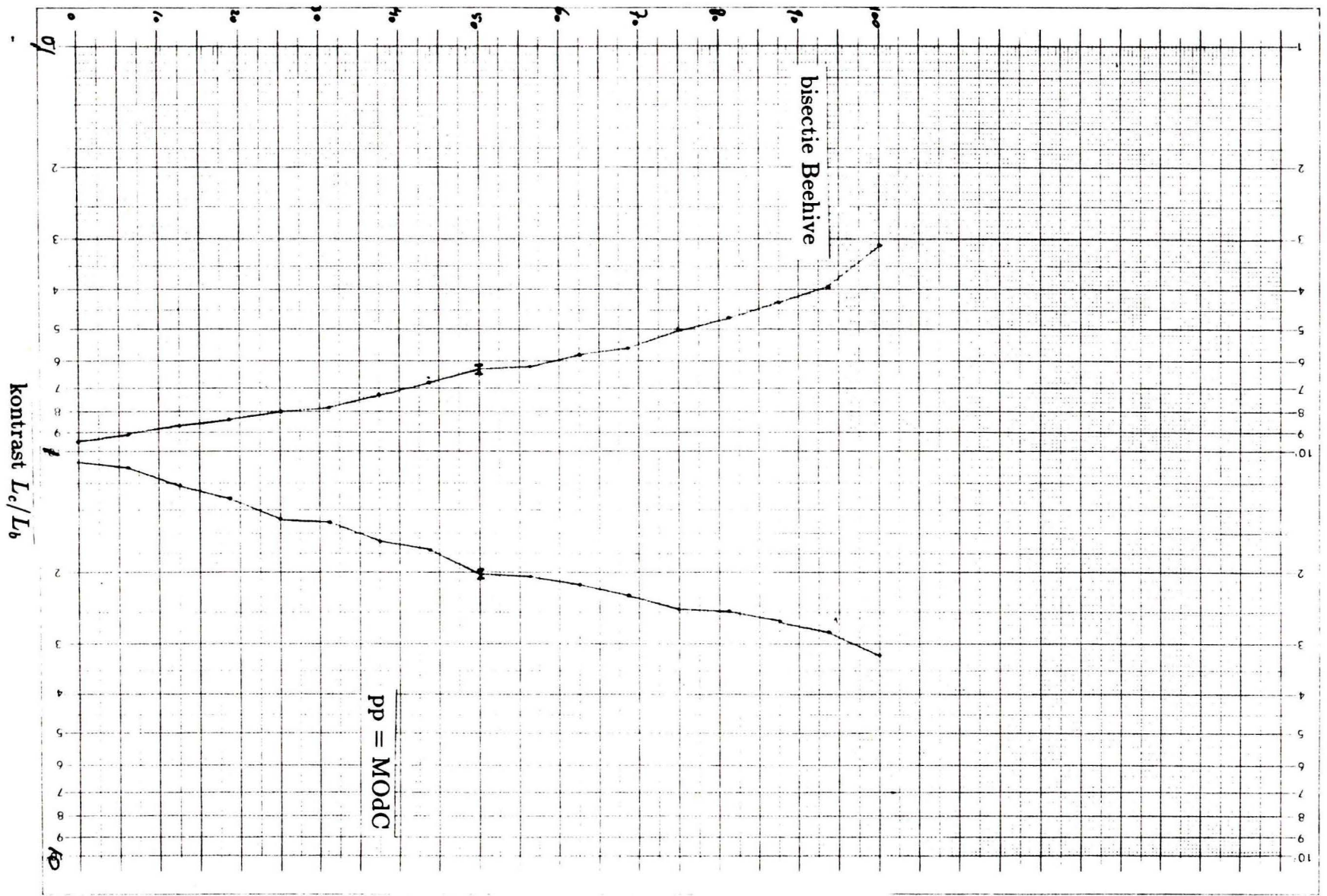
T MRP01
 TE 19 /01 /86 TIME 14H-00M-00S-
 REL = PSD SOURCE U3 DATE = 13 08 84 40M PACK NBR = 0000 COMA
 00
 01 CONSTRUCTIE CONTRAST-INTERVALSCHAAL M.B.U. BISECTIE EXPERIMENT
 02
 03 PROEFPERSOON: MARTIN
 04
 05 PIXELWAARDE ACHTERGROND: 117
 06 PIXELWAARDE REFERENTIE 1: 120
 07 PIXELWAARDE REFERENTIE 2: 156
 08
 09 HET INTERVAL TUSSEN DE TWEE REFERENTIES IS VERDEELD IN 16
 10 SUBJECTIEF GELIJKE DEELINTERVALLEN VAN CONTRASTSENSATIE.
 11 DE GRENZEN VAN DEZE DEELINTERVALLEN IN PIXELWAARDEN:
 12
 13 120 : : : : : : : : : : : : : : : : : 156
 14 : : : : : : : : 135 : : : : : : : : : :
 15 : : : : : : : : 135 : : : : : : : : : :
 16 : : : 125 : : : : : : : : 143 : : : :
 17 : : : 127 : : : : : : : : 147 : : : :
 18 : 123 : : : 131 : : : 140 : : : 149 :
 19 : 122 : : : 130 : : : 139 : : : 153 :
 20 117 117 117 117 117 117 117 117 117
 21 117 117 117 117 117 117 117 117 117
 22
 23 GEOMETRISCH GEMIDDELTE PIXELWAARDEN:
 24 120 117 122 117 126 117 130 117 135 117 139 117 145 117 151 117 156
 0F

Standaarddeviaties van log *gem.* bij bisectie.

schaalwaarde [%]	Beehive	IPO-Normaal
100	0.0000	0.0000
93.75	0.0211	0.0226
87.5	0.0261	0.0315
81.25	0.0212	0.0198
75	0.0274	0.0244
68.75	0.0267	0.0156
62.5	0.0234	0.0255
56.25	0.0182	0.0139
50	0.0122	0.0063
43.75	0.0180	0.0094
37.5	0.0106	0.0105
31.25	0.0103	0.0101
25	0.0029	0.0093
18.75	0.0059	0.0061
12.5	0.0058	0.0056
6.25	0.0085	0.0034
0	0.0000	0.0016
0	0.0000	0.0000
6.25	0.0027	0.0063
12.5	0.0132	0.0143
18.75	0.0181	0.0229
25	0.0254	0.0287
31.25	0.0193	0.0270
37.5	0.0281	0.0261
43.75	0.0240	0.0297
50	0.0215	0.0313
56.25	0.0150	0.0343
62.5	0.0112	0.0340
68.75	0.0110	0.0370
75	0.0119	0.0278
81.25	0.0058	0.0233
87.5	0.0065	0.0129
93.75	0.0034	0.0145
100	0.0000	0.0005

schaalwaarde [%]

X-as verdeeld in mm, Y-as log verdeeld 1·10¹. Eenheid 100 mm.



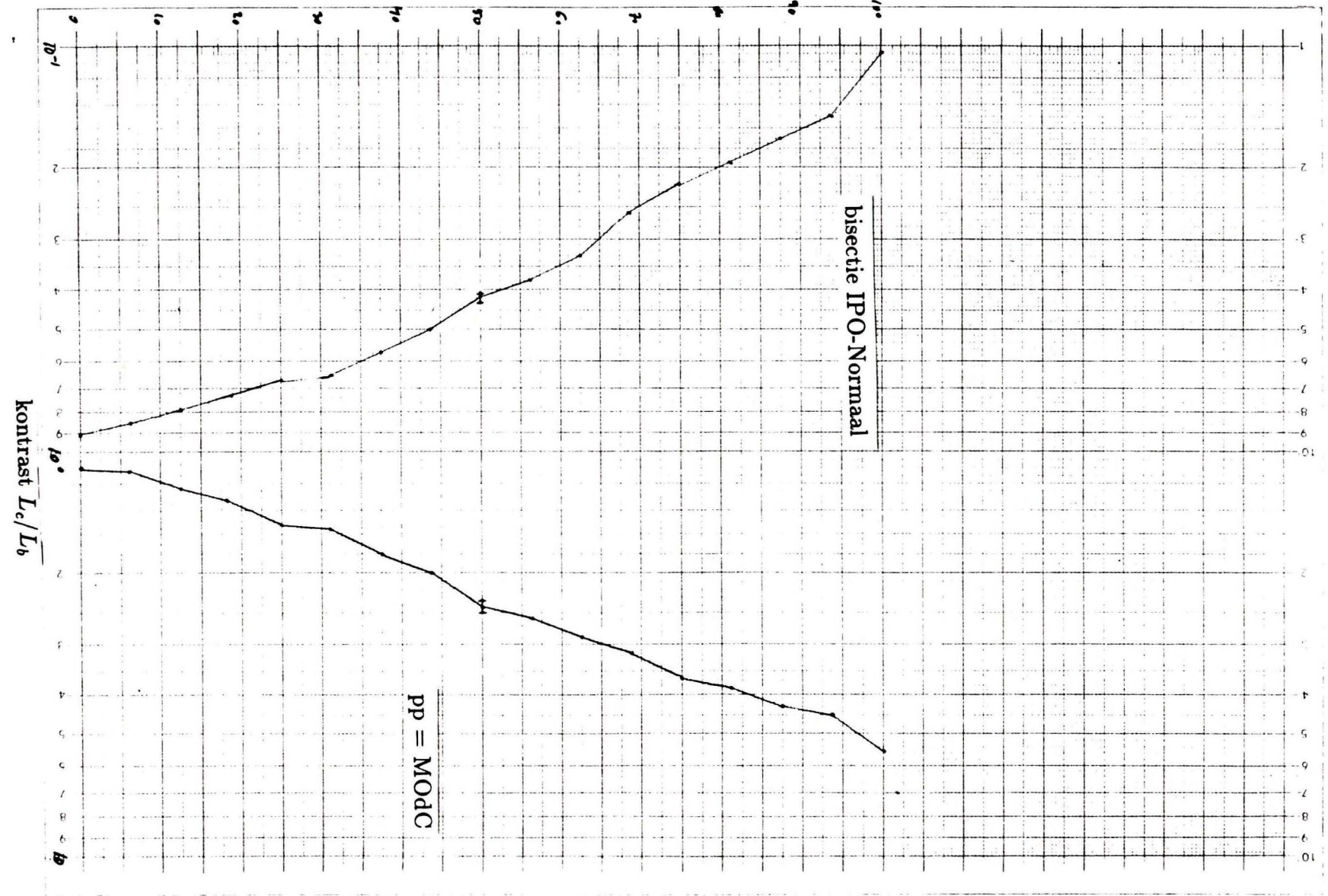
Bisectie Beehive

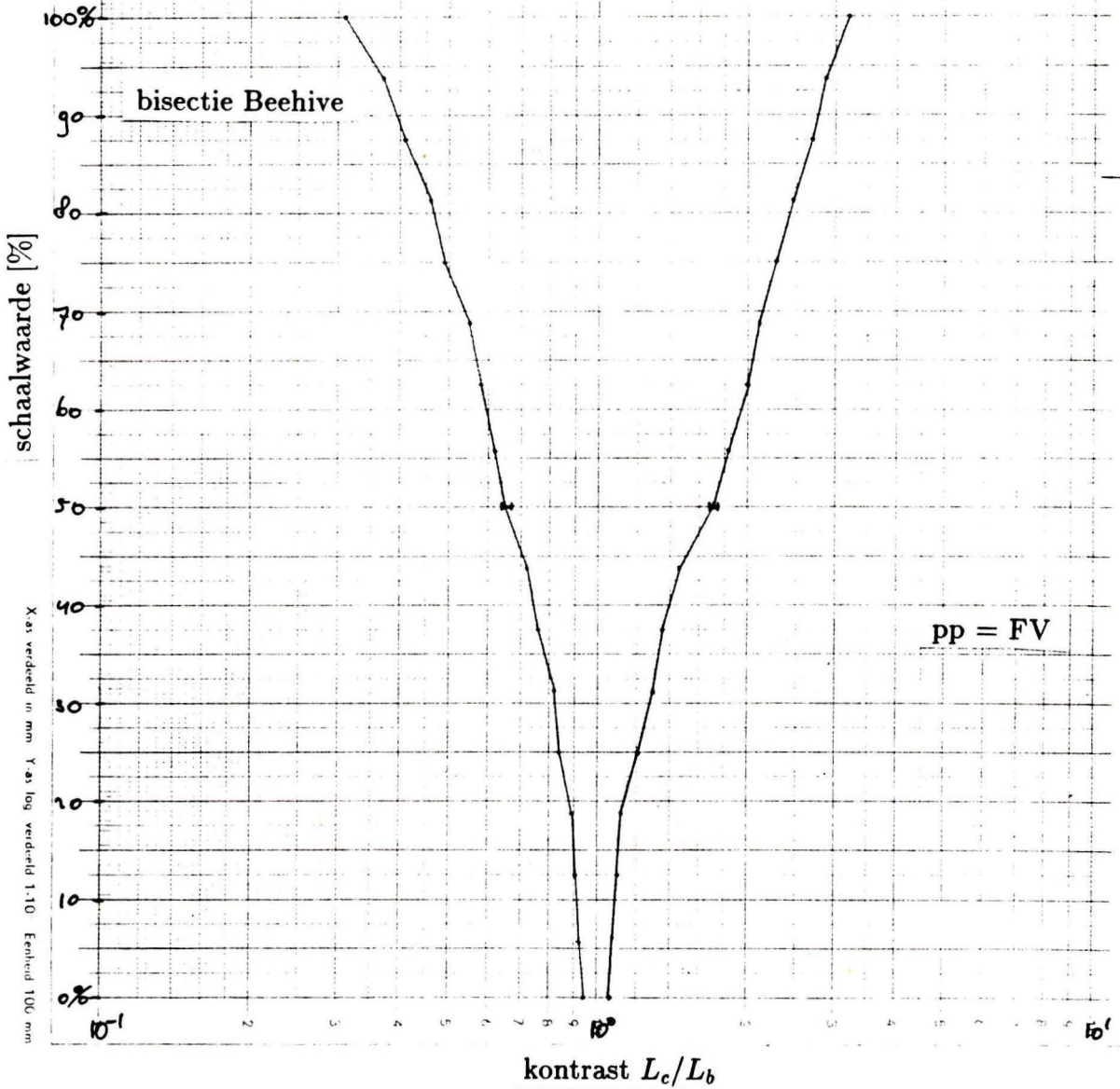
pp = MODC

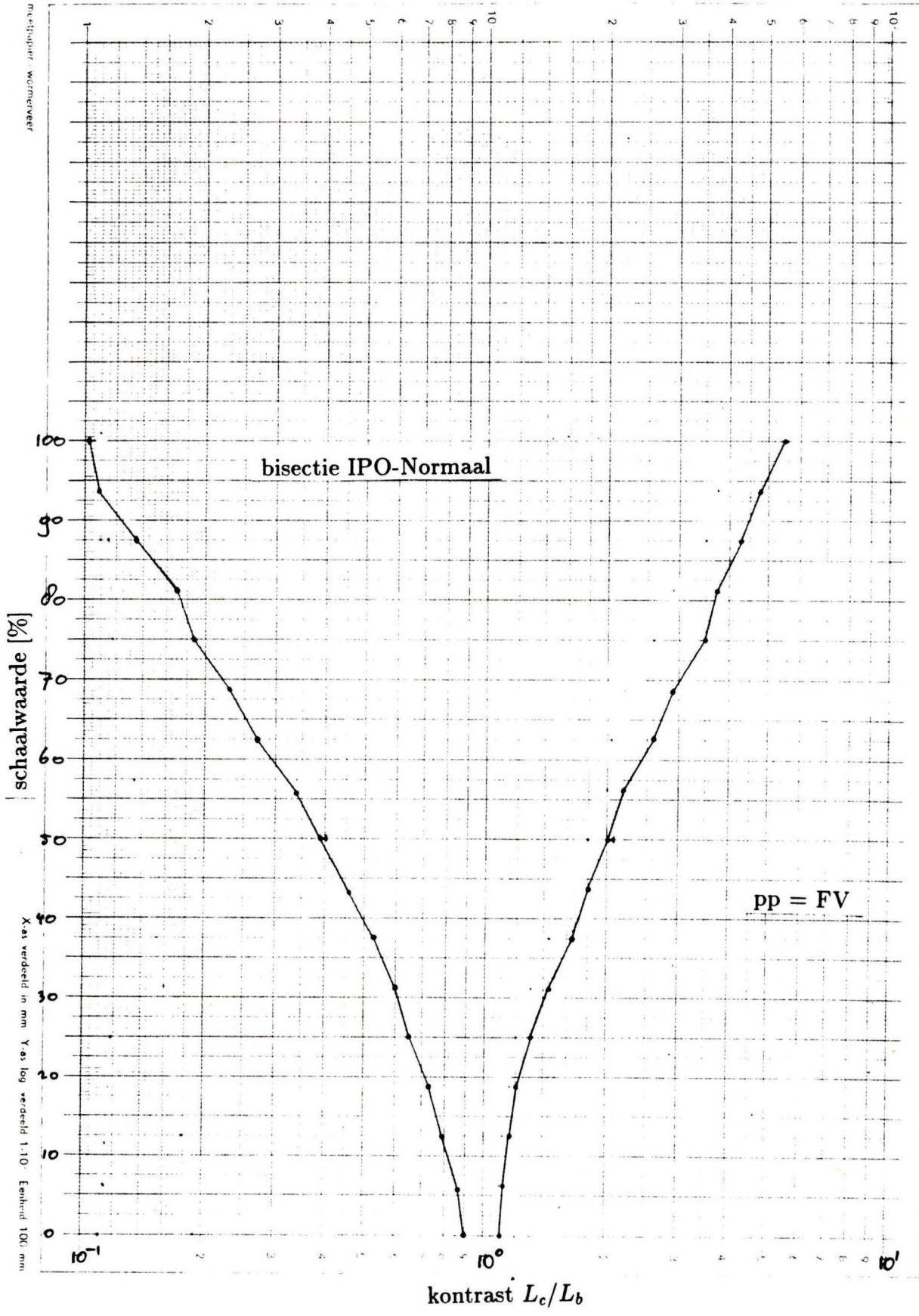
kontrast L_c/L_b

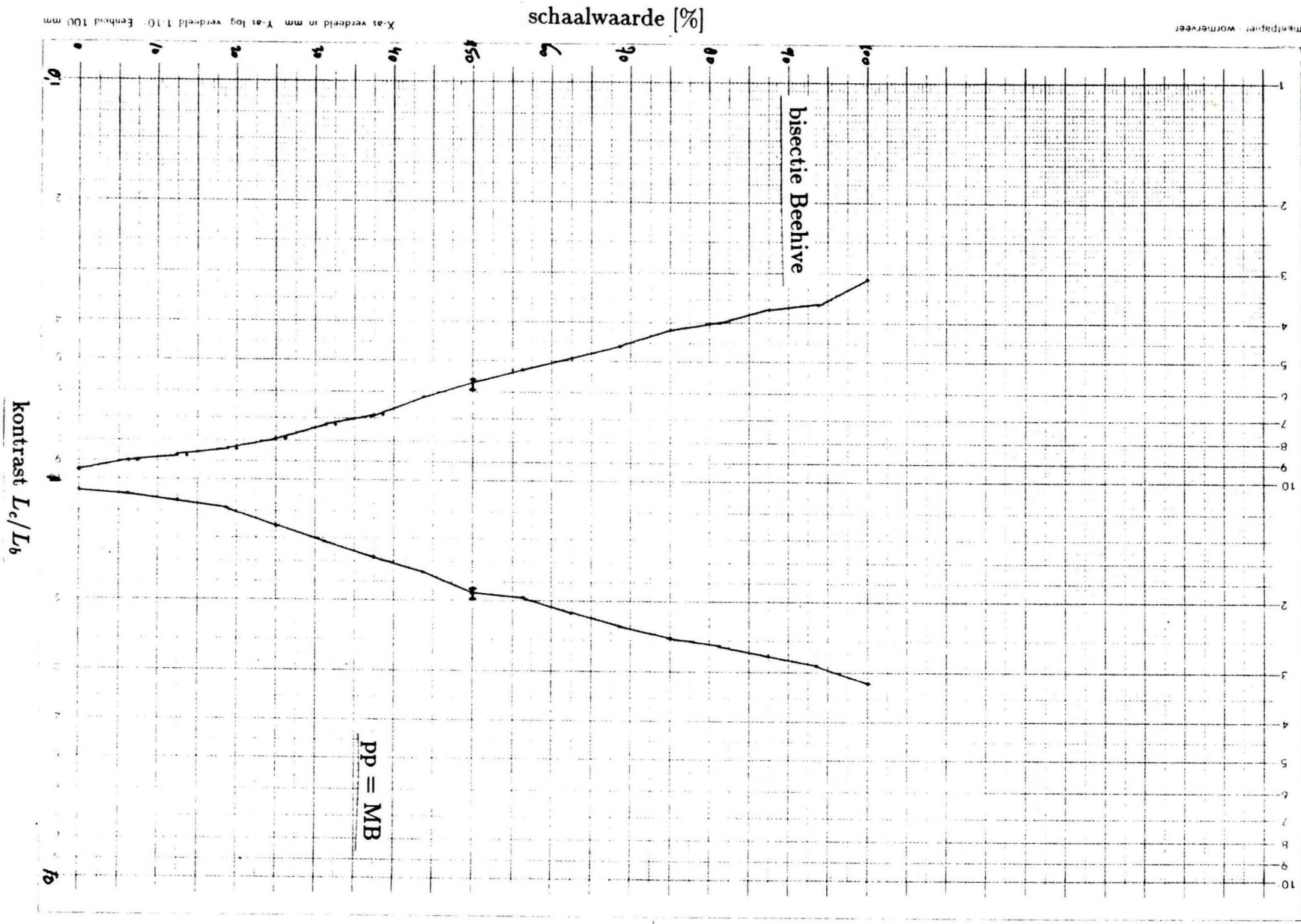
schalwaarde [%]

X-as verdeeld in mm, Y-as log verdeeld 1-10¹ Eenheid 100 mm









X-as verbeeld in mm Y-as log verbeeld 1:10 Eenheid 100 mm

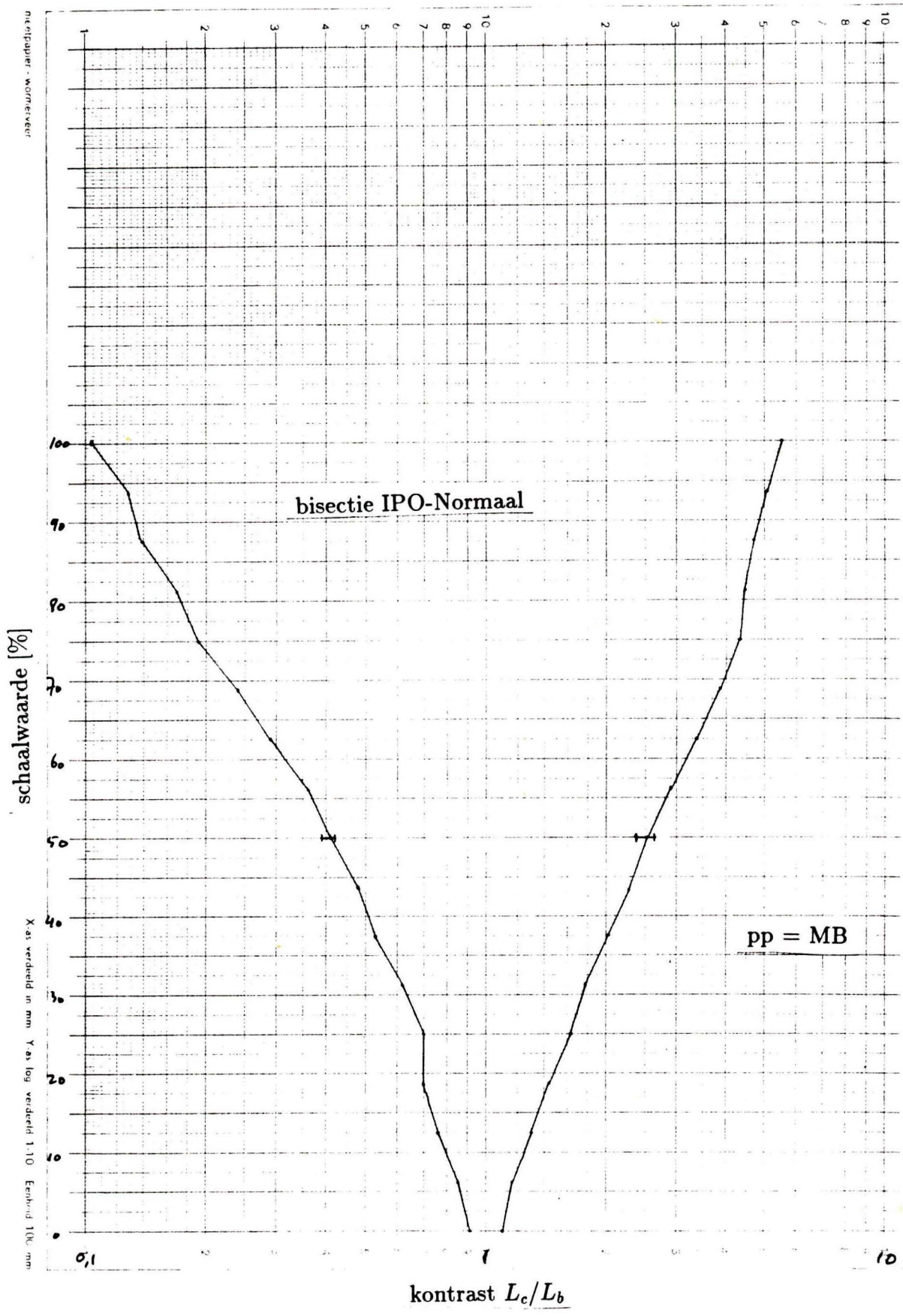
schaalwaarde [%]

kontrast L_c/L_b

Beehive

MB

in: rijpapier - korrelveer



X-as verdeeld in mm Y-as log verdeeld 1:10 Eenhed 100 mm

BIJLAGE 4

kontrastgelijkstelling
gemiddeld over de herhaling

Gelijkstellingen Beehive, negatief referentiecontrast

ref.:	MOdC		FW		MB	
	L_c/L_b	SD_{InC}	L_c/L_b	SD_{InC}	L_c/L_b	SD_{InC}
5.682	3.925	.004	3.210	.004	3.095	.005
5.618	3.772	.083	3.491	.072	3.191	.049
5.587	3.655	.072	3.424	.061	2.916	.055
4.762	3.444	.112	3.313	.032	2.669	.022
4.065	3.331	.075	2.989	.020	2.605	.017
3.509	3.398	.063	2.853	.033	2.499	.024
2.809	3.303	.064	2.755	.058	2.125	.016
2.481	3.000	.000	2.715	.013	2.135	.007
2.092	2.574	.029	2.284	.033	1.990	.020
1.802	2.564	.070	1.829	.027	1.725	.009
1.520	2.039	.025	1.567	.057	1.540	.013
1.263	1.445	.003	1.290	.008	1.270	.024
1.143	1.210	.000	1.150	.017	1.155	.004

Totale gemiddelden:

L_b/L_c	L_c/L_b	SD_{InC}
5.682	3.391	.047
5.618	3.477	.044
5.587	3.317	.051
4.762	3.123	.059
4.065	2.960	.049
3.509	2.894	.060
2.809	2.684	.084
2.481	2.591	.064
2.092	2.270	.049
1.802	2.007	.081
1.520	1.701	.060
1.263	1.333	.027
1.143	1.171	.011

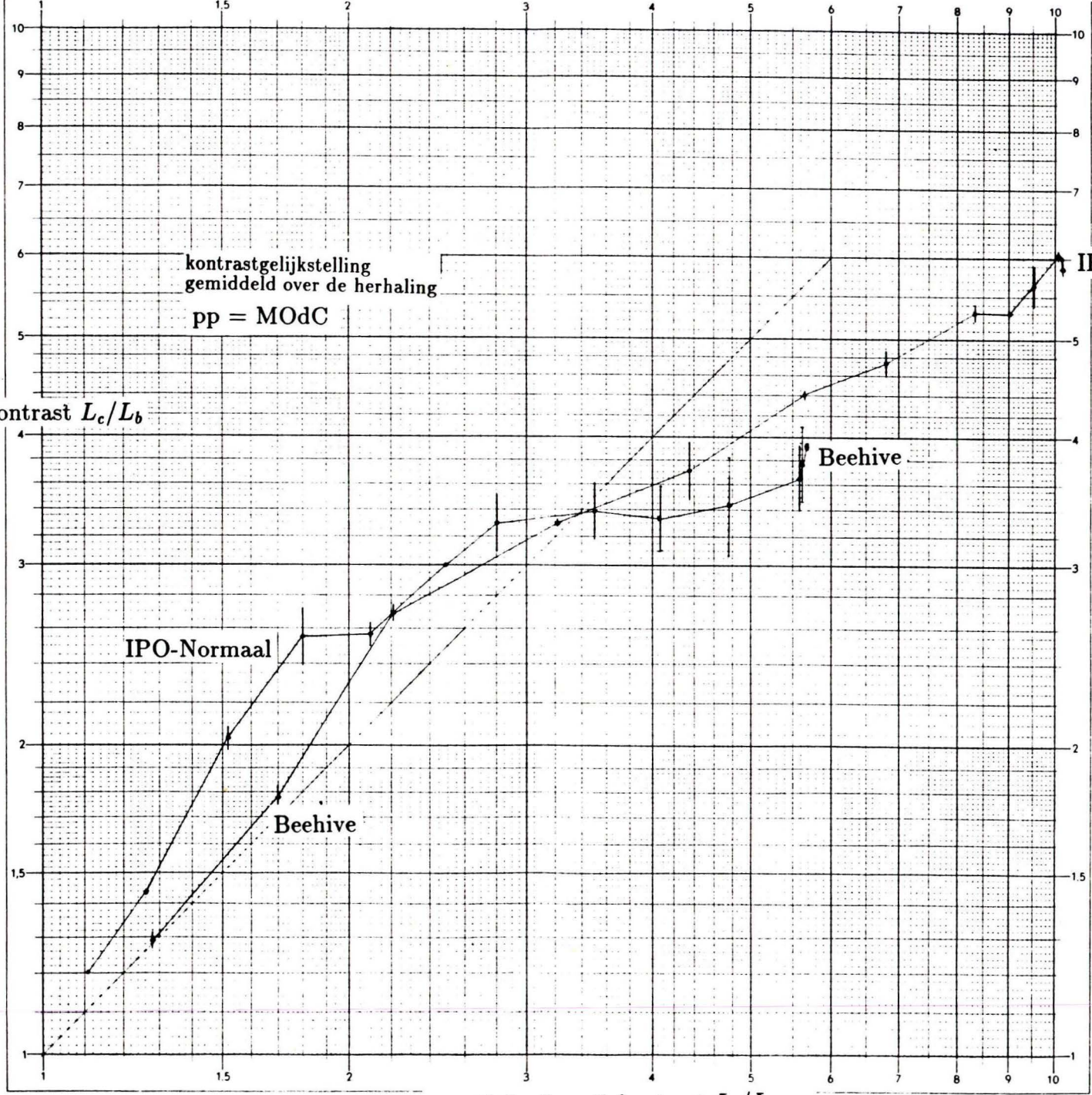
Gelijkstellingen IPO-Normaal, negatief referentiekon-
trast

ref.:	MOdC		FW		MB	
	L_c/L_b	$SD_{\ln C}$	L_c/L_b	$SD_{\ln C}$	L_c/L_b	$SD_{\ln C}$
10.31	5.899	.017	6.199	.016	4.610	.002
10.15	6.015	.006	5.859	.017	4.551	.043
10.04	6.040	.010	5.995	.001	4.595	.005
9.52	5.628	.049	5.079	.016	3.809	.137
9.09	5.305	.007	4.928	.026	4.234	.111
8.33	5.319	.021	5.141	.115	3.894	.136
6.80	4.738	.027	4.539	.018	3.524	.021
5.65	4.420	.014	4.065	.070	3.162	.043
4.35	3.727	.066	2.872	.151	2.713	.039
3.22	3.310	.012	2.464	.034	2.369	.030
2.22	2.680	.019	1.954	.145	1.933	.049
1.54	1.799	.033	1.405	.004	1.470	.000
1.28	1.300	.023	1.219	.033	1.255	.004

Totale gemiddelden:

L_b/L_c	L_c/L_b	$SD_{\ln C}$
10.31	5.524	.058
10.15	5.433	.058
10.04	5.500	.057
9.52	4.775	.083
9.09	4.801	.051
8.33	4.740	.078
6.80	4.232	.059
5.65	3.844	.067
4.35	3.074	.076
3.22	2.683	.068
2.22	2.163	.079
1.54	1.549	.049
1.28	1.258	.016

gelijkgesteld positief contrast L_c/L_b



Mercurius - Wormerveer

negatief referentiekontrast L_b/L_c

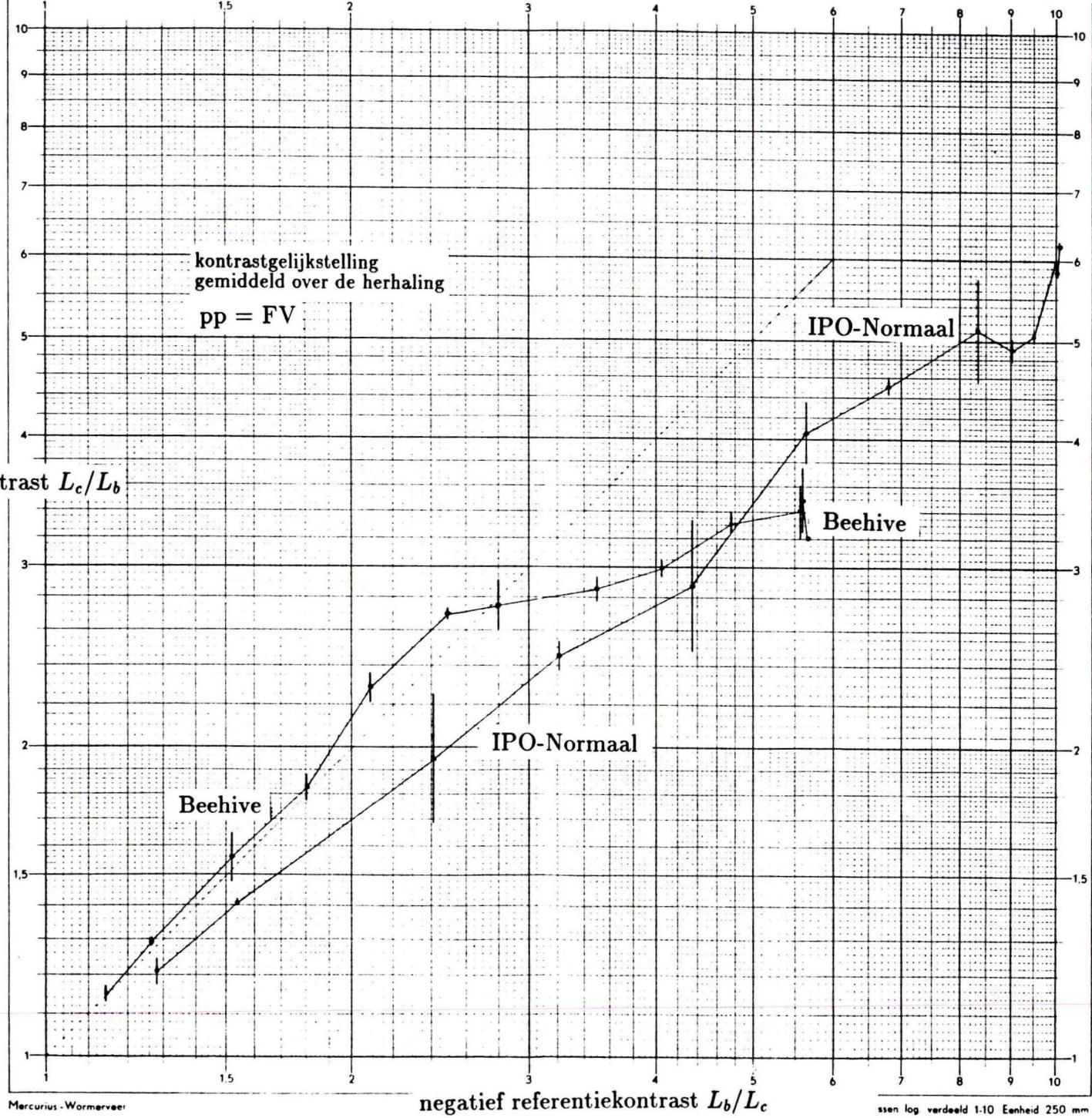
Beide assen log verdeeld 1:10 Eenheid 250 mm



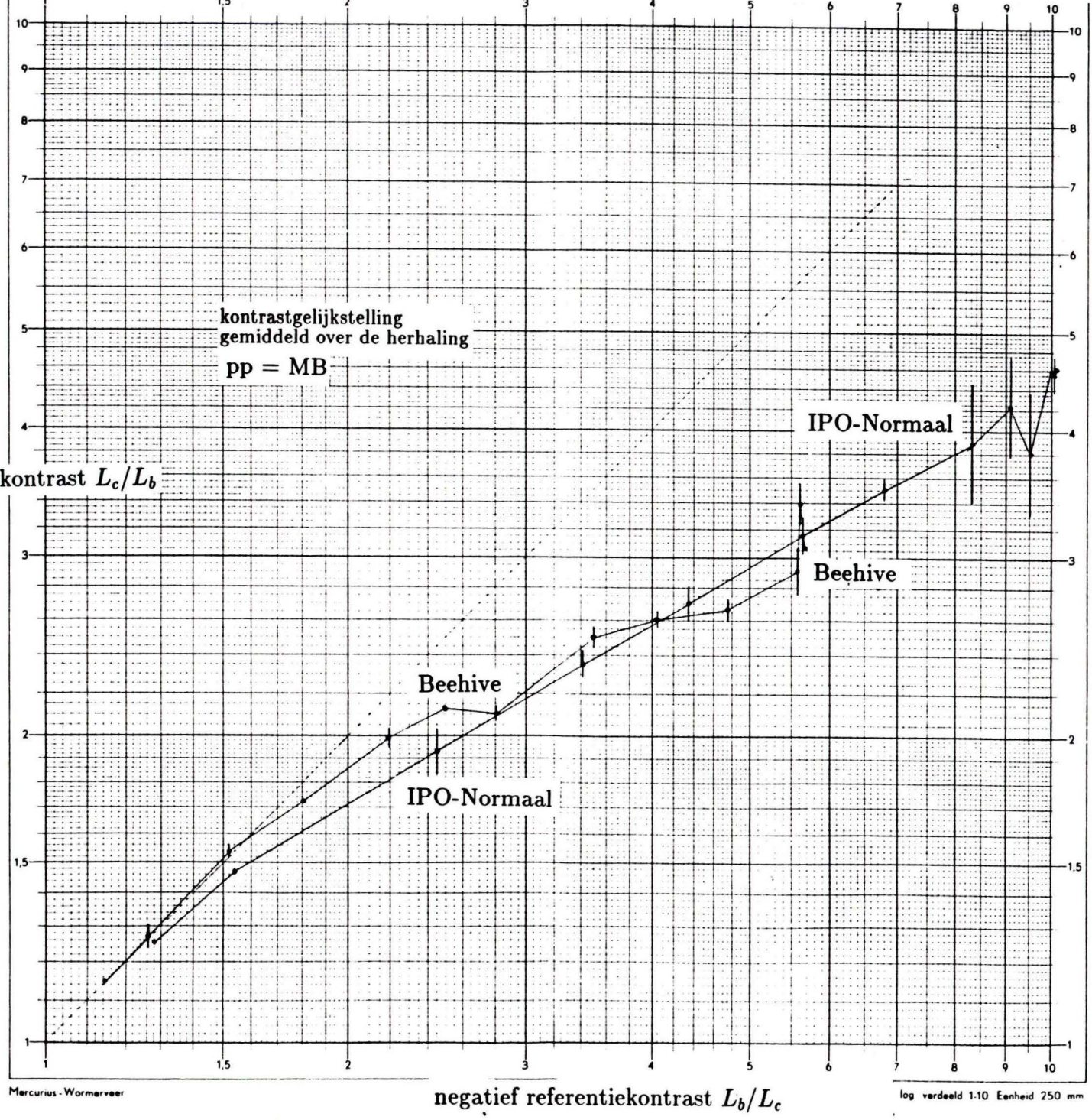
IPO-Normaal

Beehive

gelijkgesteld positief contrast L_c/L_b



gelijkgesteld positief contrast L_c/L_b



Gelijkstellingen Beehive, positief referentiekontrast

ref.: L_b/L_c	MOdC		FW		MB	
	L_c/L_b	$SD_{\ln C}$	L_c/L_b	$SD_{\ln C}$	L_c/L_b	$SD_{\ln C}$
4.03	5.705	.013	5.625	.003	5.800	.000
3.79	5.675	.013	5.425	.062	5.800	.000
3.56	5.246	.060	4.223	.268	5.800	.000
3.30	4.192	.093	3.935	.167	5.699	.018
3.04	2.783	.038	3.289	.228	5.343	.051
2.78	2.630	.000	3.239	.224	4.813	.153
2.52	2.189	.037	2.418	.252	3.984	.101
2.26	1.855	.003	2.140	.009	3.009	.142
2.00	1.797	.097	2.172	.108	2.487	.174
1.75	1.720	.110	1.945	.003	2.009	.025
1.53	1.373	.047	1.685	.077	1.624	.040
1.31	1.215	.021	1.270	.024	1.339	.030
1.21	1.090	.000	1.110	.009	1.135	.004

Totale gemiddelden:

L_b/L_c	L_c/L_b	$SD_{\ln C}$
4.03	5.709	.007
3.79	5.631	.021
3.56	5.046	.092
3.30	4.547	.088
3.04	3.657	.138
2.78	3.448	.132
2.52	2.763	.137
2.26	2.286	.098
2.00	2.133	.084
1.75	1.887	.042
1.53	1.555	.047
1.31	1.274	.021
1.21	1.111	.008

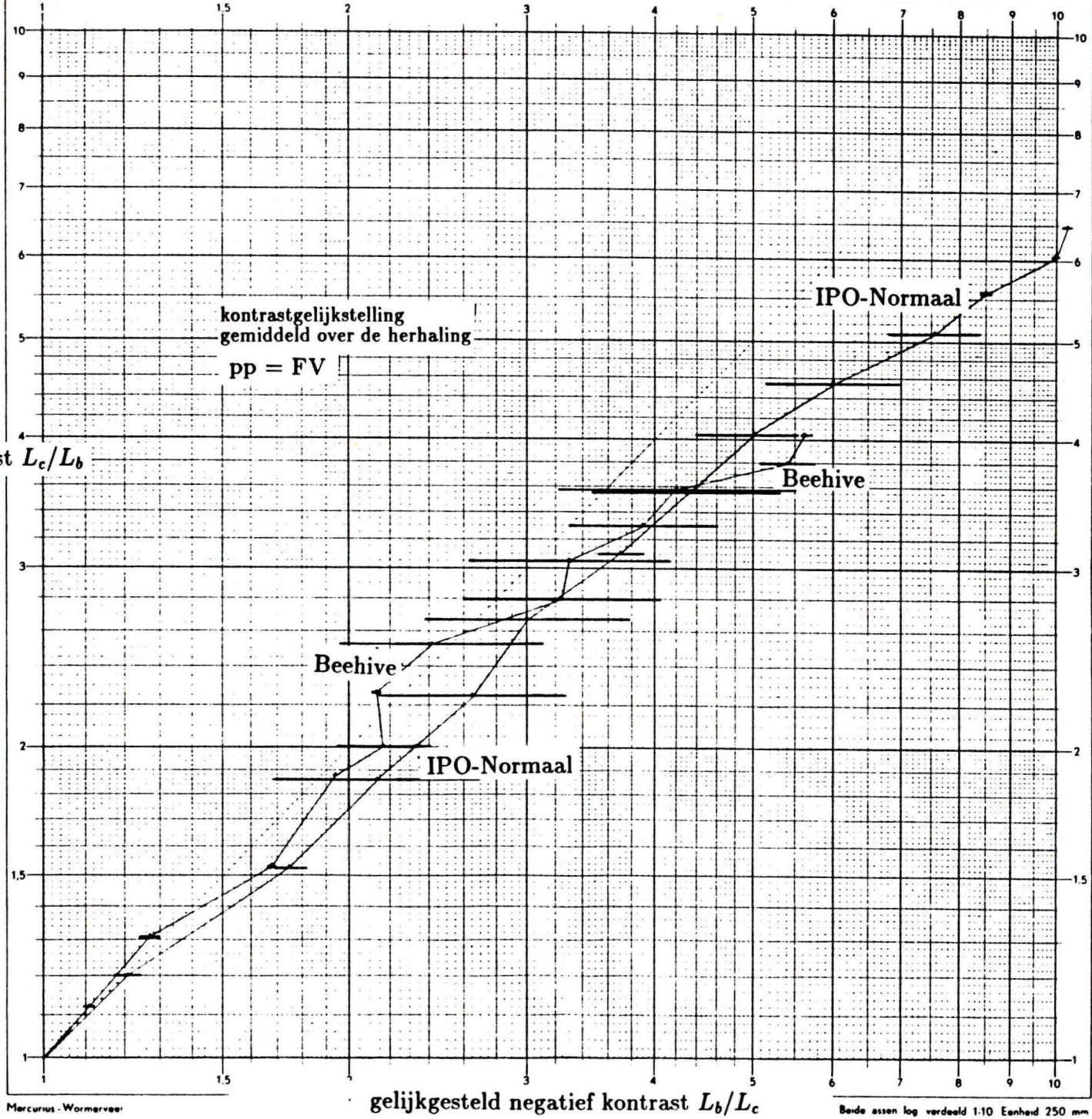
Gelijkstellingen IPO-Normaal, positief referentiekontrast

ref.: L_b/L_c	MOdC		FW		MB	
	L_c/L_b	$SD_{\ln C}$	L_c/L_b	$SD_{\ln C}$	L_c/L_b	$SD_{\ln C}$
6.45	10.450	.005	10.359	.014	10.500	.000
6.04	10.034	.016	10.000	.008	10.500	.000
5.57	9.085	.004	8.494	.015	10.500	.000
5.09	9.099	.037	7.566	.101	10.071	.042
4.55	8.747	.065	6.000	.153	9.824	.015
4.04	6.379	.081	4.971	.133	9.354	.058
3.56	4.972	.198	4.340	.209	6.634	.019
3.08	3.672	.319	3.710	.053	5.821	.142
2.66	2.603	.040	3.014	.232	4.209	.071
2.25	2.252	.055	2.643	.216	3.436	.234
1.86	2.169	.181	2.136	.234	2.259	.031
1.52	1.548	.122	1.749	.034	1.637	.061
1.20	1.161	.001	1.214	.029	1.260	.008

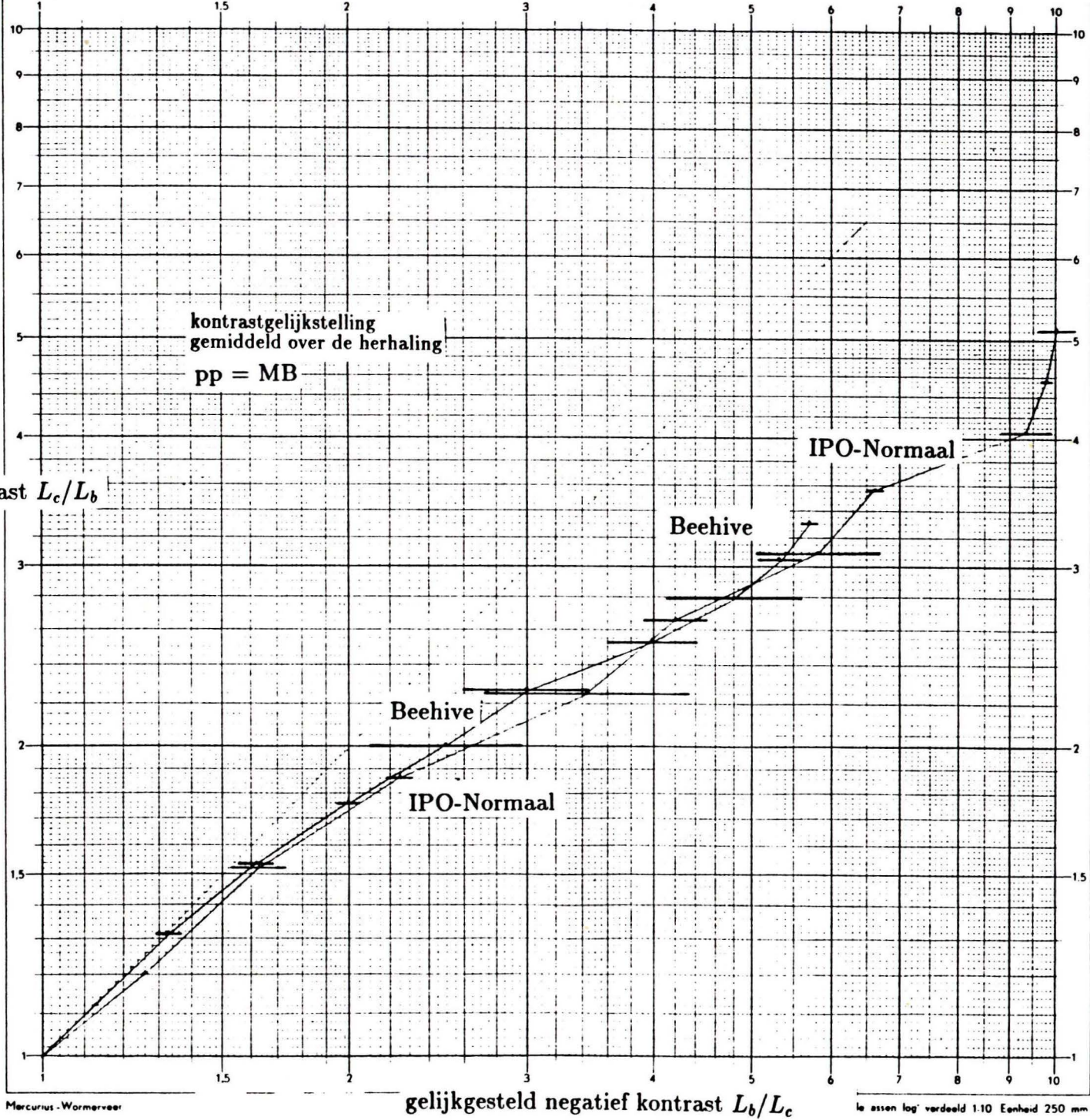
Totale gemiddelden:

L_b/L_c	L_c/L_b	$SD_{\ln C}$
6.45	10.436	.004
6.04	10.175	.011
5.57	9.323	.040
5.09	8.851	.061
4.55	8.018	.103
4.04	6.669	.124
3.56	5.231	.109
3.08	4.296	.132
2.66	3.208	.110
2.25	2.735	.114
1.86	2.188	.078
1.52	1.643	.043
1.20	1.211	.017

positief referentiecontrast L_c/L_b



positief referentiecontrast L_c/L_b



BIJLAGE 5 ALICE

Uitdraai van het ALICE softwarepakket waarmee de resultaten van de magnitudeschattingen zijn bewerkt.

HE = herhaling

ST = stimuli (19 stuks)

RE = referentiestimuli (positief of negatief)

PP = proefpersonen

TY = lettertypen (Beehive en IPO-Normaal, afgekort met IPON)

* **** MAGNITUDESCHATTING LETTERKONTRASTEN DOOR 3 PP'S

* INITIAL MATRIX PARAMETERS ARE:

DIM#	NAME	#LEVELS
1.	HE	2
2.	ST	19
3.	RE	2
4.	PP	3
5.	TY	2

* DATA FORMAT IS: (12F6.3)

* INSTRUCTION CARD IMAGES

1.	DINT	1&4:
2.	GCOR	1:
3.	DINT	1&4:
4.	LIST	1:

* MATRIX CONFIGURATION AT TIME OF OUTPUT INSTRUCTION

* THE PARAMETERS OF THE DATA MATRICES ARE:

PERMANENT MATRIX			BUFFER MATRIX			CURRENT MATRIX		
DIM#	NAME	#LEVELS	DIM#	NAME	#LEVELS	DIM#	NAME	#LEVELS
1.	HE	2	1.	HE	2	1.	HE	2
2.	ST	19	2.	ST	19	2.	ST	19
3.	RE	2	3.	RE	2	3.	RE	2
4.	PP	3	4.	PP	3	4.	PP	3
5.	TY	2	5.	TY	2	5.	TY	2

GEOMETRISCH GECORRIGEERDE RUWE DATA

HE	2		
ST	19		
RE	2		
PP	3	TY	2

(p = positief, n = negatief)

MOdC

FV

MB

eerste keer

	Beehive	IPON	Beehive	IPON	Beehive	IPON
p	4.102	3.384	2.147	2.862	2.536	3.170
n	2.461	3.692	3.041	2.505	2.536	2.113
p	4.102	2.666	1.610	2.326	1.691	1.691
n	2.051	3.077	3.220	2.147	2.113	1.691
p	3.692	3.692	1.968	2.326	2.113	1.691
n	1.641	3.487	2.862	2.505	2.536	2.536
p	2.872	3.487	1.789	2.505	1.479	1.057
n	1.846	2.666	2.147	2.147	2.113	1.479
p	2.051	2.256	1.431	1.610	1.057	0.634
n	1.231	2.051	1.431	1.431	1.691	1.479
p	2.666	3.077	1.252	1.431	1.057	0.423
n	1.026	1.846	1.789	1.789	1.057	0.845
p	1.641	1.026	0.447	0.358	0.423	0.528
n	0.615	0.513	0.716	0.895	0.634	0.423
p	0.615	0.410	0.233	0.716	0.275	0.317
n	0.308	0.267	0.716	0.537	0.317	0.317
p	0.123	0.123	0.143	0.143	0.106	0.106
n	0.103	0.103	0.089	0.089	0.085	0.085
p	0.144	0.144	0.125	0.125	0.169	0.127
n	0.103	0.082	0.143	0.125	0.106	0.148
p	0.246	0.246	0.197	0.358	0.275	0.275
n	0.205	0.267	0.268	0.197	0.254	0.232
p	0.328	0.328	0.537	0.716	0.317	0.423
n	0.390	0.513	0.358	0.537	0.528	0.423
p	2.256	1.436	1.431	0.895	0.423	0.845
n	0.513	0.390	0.537	0.716	1.057	0.845
p	3.077	2.051	0.895	1.252	1.268	1.691
n	0.820	0.820	2.326	1.789	1.691	2.113
p	1.846	3.282	1.789	1.789	2.113	1.902
n	1.436	2.051	1.252	0.895	2.113	1.057
p	3.282	4.513	3.041	2.862	3.170	3.170
n	2.051	2.872	1.789	2.147	4.226	1.691
p	4.307	5.128	3.041	2.684	3.381	5.283
n	2.666	3.692	2.684	2.505	3.170	3.170

p	4.513	5.579	2.684	3.041	4.226	4.226
n	2.666	3.692	3.041	2.505	4.226	3.170
p	4.513	4.513	2.862	3.220	5.283	4.226
n	3.897	5.333	3.220	3.220	5.283	6.339

tweede keer

p	1.538	2.666	1.789	1.431	2.747	2.536
n	2.051	3.077	2.147	2.862	1.691	2.113
p	1.231	2.256	1.968	1.610	2.113	2.113
n	2.461	2.256	1.610	2.147	2.536	1.691
p	1.436	1.026	1.431	2.684	1.902	2.113
n	1.846	2.666	1.252	1.789	2.113	2.113
p	0.923	1.846	1.073	1.789	1.691	1.268
n	1.026	1.846	1.789	2.505	1.691	2.536
p	0.820	2.461	1.252	1.431	1.057	1.057
n	1.026	2.666	1.431	1.968	1.057	0.845
p	0.513	1.231	0.895	2.147	0.634	0.845
n	0.615	1.436	0.895	1.431	0.634	1.057
p	0.615	0.820	0.537	0.895	0.423	0.845
n	0.615	0.820	0.716	0.895	0.423	0.845
p	0.328	0.287	0.181	0.268	0.317	0.423
n	0.308	0.349	0.340	0.716	0.296	0.740
p	0.082	0.144	0.107	0.107	0.106	0.085
n	0.082	0.082	0.125	0.107	0.085	0.106
p	0.123	0.103	0.125	0.125	0.169	0.127
n	0.082	0.103	0.143	0.125	0.169	0.190
p	0.246	0.226	0.268	0.215	0.254	0.317
n	0.185	0.185	0.358	0.537	0.317	0.317
p	0.328	0.328	0.895	0.447	0.423	0.317
n	0.369	0.267	0.447	0.716	0.423	0.380
p	0.349	0.718	1.073	0.626	0.845	0.634
n	0.267	1.026	0.716	0.895	0.740	0.634
p	0.718	1.641	1.252	0.716	1.057	1.691
n	0.615	0.820	0.895	1.073	0.845	1.691

p	0.615	2.461	2.147	1.252	1.268	1.268
n	0.615	1.231	1.073	0.895	1.268	2.747
p	1.846	2.256	1.789	2.147	2.113	3.170
n	0.923	1.641	1.073	1.610	1.902	1.902
p	1.641	3.077	1.610	1.968	2.536	3.170
n	1.128	2.666	1.073	2.147	2.113	4.226
p	1.231	3.487	2.862	3.399	2.536	5.072
n	1.436	2.461	2.505	2.684	2.536	4.226
p	1.436	3.282	3.220	3.041	4.226	5.283
n	4.307	4.513	1.789	3.220	3.170	5.283

* INSTRUCTION CARD IMAGES

* 5. DINT 1&4:
 * 6. HOLD :
 * 7. LDIV 3,1/2:
 * 8. DINT 2&4:
 * 9. FORG 3:
 * 10. MEAN 3:
 * 11. LIST 1:

* MATRIX CONFIGURATION AT TIME OF OUTPUT INSTRUCTION

* THE PARAMETERS OF THE DATA MATRICES ARE:

* PERMANENT MATRIX			* BUFFER MATRIX			* CURRENT MATRIX		
* DIM#	* NAME	* #LEVELS	* DIM#	* NAME	* #LEVELS	* DIM#	* NAME	* #LEVELS
* 1.	HE	2	1.	PP	3	1.	PP	3
* 2.	ST	19	2.	ST	19	2.	TY	2
* 3.	RE	2	3.	RE	2			
* 4.	PP	3	4.	HE	2			
* 5.	TY	2	5.	TY	2			

VERHOUDINGSGETALLEN POS./NEG.

			PP	3	TY	2
	MOdC		FV		MB	
Beehive	IPON	Beehive	IPON	Behive	IPON	
1.474	1.303	1.095	1.043	0.987	1.012	

* INSTRUCTION CARD IMAGES

```

* 12.  STOR      1:
* 13.  RSET      :
* 14.  DINT     1&4:
* 15.  FORG      3:
* 16.  FORG      3:
* 17.  MUL1      3 6,7,8,9,10,11,12
*           1.474167      1.302649      1.095161
*           1.042623      0.987072      1.011573
* 18.  RNMP      :
*       HE=02,ST=19,RE=02,PP=03,TY=02
* 19.  LIST      1:
  
```

* MATRIX CONFIGURATION AT TIME OF OUTPUT INSTRUCTION

* THE PARAMETERS OF THE DATA MATRICES ARE:

PERMANENT MATRIX			BUFFER MATRIX			CURRENT MATRIX		
DIM#	NAME	#LEVELS	DIM#	NAME	#LEVELS	DIM#	NAME	#LEVELS
1.	HE	2	1.	PP	3	1.	HE	2
2.	ST	19	2.	ST	19	2.	ST	19
3.	RE	2	3.	RE	2	3.	RE	2
4.	PP	3	4.	HE	2	4.	PP	3
5.	TY	2	5.	TY	2	5.	TY	2

RUWE DATA GECORRIGEERD OP SCHAAL- EN REFERENTIEVERSCHILLEN.

M0dC		FV		MB	
eerste keer					
Beehive	IPON	Beehive	IPON	Beehive	IPON
4.102	3.384	2.147	2.862	2.536	3.170
3.628	4.809	3.331	2.611	2.503	2.138
4.102	2.666	1.610	2.326	1.691	1.691
3.024	4.008	3.527	2.238	2.086	1.710
3.692	3.692	1.968	2.326	2.113	1.691
2.419	4.542	3.135	2.611	2.503	2.565
2.872	3.487	1.789	2.505	1.479	1.057

2.721	3.473	2.351	2.238	2.086	1.496
2.051	2.256	1.431	1.610	1.057	0.634
1.814	2.672	1.567	1.492	1.669	1.496
2.666	3.077	1.252	1.431	1.057	0.423
1.512	2.405	1.959	1.865	1.043	0.855
1.641	1.026	0.447	0.358	0.423	0.528
0.907	0.668	0.784	0.933	0.626	0.428
0.615	0.410	0.233	0.716	0.275	0.317
0.454	0.347	0.784	0.560	0.313	0.321
0.123	0.123	0.143	0.143	0.106	0.106
0.151	0.134	0.098	0.093	0.083	0.086
0.144	0.144	0.125	0.125	0.169	0.127
0.151	0.107	0.157	0.131	0.104	0.150
0.246	0.246	0.197	0.358	0.275	0.275
0.302	0.347	0.294	0.205	0.250	0.235
0.328	0.328	0.537	0.716	0.317	0.423
0.575	0.668	0.392	0.560	0.521	0.428
2.256	1.436	1.431	0.895	0.423	0.845
0.756	0.508	0.588	0.746	1.043	0.855
3.077	2.051	0.895	1.252	1.268	1.691
1.209	1.069	2.547	1.865	1.669	2.138
1.846	3.282	1.789	1.789	2.113	1.902
2.117	2.672	1.372	0.933	2.086	1.069
3.282	4.513	3.041	2.862	3.170	3.170
3.024	3.741	1.959	2.238	4.172	1.710
4.307	5.128	3.041	2.684	3.381	5.283
3.931	4.809	2.939	2.611	3.129	3.206
4.513	5.579	2.684	3.041	4.226	4.226
3.931	4.809	3.331	2.611	4.172	3.206
4.513	4.513	2.862	3.220	5.283	4.226
5.745	6.947	3.527	3.358	5.215	6.413

tweede keer

1.538	2.666	1.789	1.431	2.747	2.536
3.024	4.008	2.351	2.984	1.669	2.138

1.231	2.256	1.968	1.610	2.113	2.113
3.628	2.939	1.763	2.238	2.503	1.710
1.436	1.026	1.431	2.684	1.902	2.113
2.721	3.473	1.372	1.865	2.086	2.138
0.923	1.846	1.073	1.789	1.691	1.268
1.512	2.405	1.959	2.611	1.669	2.565
0.820	2.461	1.252	1.431	1.057	1.057
1.512	3.473	1.567	2.052	1.043	0.855
0.513	1.231	0.895	2.147	0.634	0.845
0.907	1.870	0.980	1.492	0.626	1.069
0.615	0.820	0.537	0.895	0.423	0.845
0.907	1.069	0.784	0.933	0.417	0.855
0.328	0.287	0.181	0.268	0.317	0.423
0.454	0.454	0.372	0.746	0.292	0.748
0.082	0.144	0.107	0.107	0.106	0.085
0.121	0.107	0.137	0.112	0.083	0.107
0.123	0.103	0.125	0.125	0.169	0.127
0.121	0.134	0.157	0.131	0.167	0.192
0.246	0.226	0.268	0.215	0.254	0.317
0.272	0.240	0.392	0.560	0.313	0.321
0.328	0.328	0.895	0.447	0.423	0.317
0.544	0.347	0.490	0.746	0.417	0.385
0.349	0.718	1.073	0.626	0.845	0.634
0.393	1.336	0.784	0.933	0.730	0.641
0.718	1.641	1.252	0.716	1.057	1.691
0.907	1.069	0.980	1.119	0.834	1.710
0.615	2.461	2.147	1.252	1.268	1.268
0.907	1.603	1.176	0.933	1.251	2.779
1.846	2.256	1.789	2.147	2.113	3.170
1.361	2.138	1.176	1.679	1.877	1.924
1.641	3.077	1.610	1.968	2.536	3.170
1.663	3.473	1.176	2.238	2.086	4.275
1.231	3.487	2.862	3.399	2.536	5.072
2.117	3.206	2.743	2.798	2.503	4.275

1.436	3.282	3.220	3.041	4.226	5.283
6.350	5.878	1.959	3.358	3.129	5.344

* INSTRUCTION CARD IMAGES

* 20. LTEN :
 * 21. DINT 2&3:
 * 22. FORG 1:
 * 23. MEAN 1:
 * 24. HOLD :
 * 25. LIST 1:

* MATRIX CONFIGURATION AT TIME OF OUTPUT INSTRUCTION

* THE PARAMETERS OF THE DATA MATRICES ARE:

* PERMANENT MATRIX			* BUFFER MATRIX			* CURRENT MATRIX		
* DIM#	NAME	#LEVELS	DIM#	NAME	#LEVELS	DIM#	NAME	#LEVELS
* 1.	HE	2	1.	ST	19	1.	ST	19
* 2.	ST	19	2.	PP	3	2.	PP	3
* 3.	RE	2	3.	TY	2	3.	TY	2
* 4.	PP	3						
* 5.	TY	2						

GEMIDDELDE GECORRIGEERDE DATA (OVER HE EN RE)

		ST 19		PP 3 TY 2	
MOdC		FV		MB	
Beehive	IPON	Beehive	IPON	Beehive	IPON
0.460	0.560	0.370	0.376	0.366	0.391
0.436	0.463	0.324	0.318	0.318	0.255
0.386	0.444	0.271	0.371	0.330	0.323
0.259	0.433	0.237	0.355	0.235	0.178
0.166	0.428	0.161	0.212	0.072	-0.017
0.068	0.308	0.083	0.233	-0.090	-0.122
-0.020	-0.055	-0.208	-0.139	-0.333	-0.197
-0.345	-0.433	-0.478	-0.274	-0.525	-0.373
-0.933	-0.900	-0.921	-0.949	-1.027	-1.022
-0.873	-0.919	-0.854	-0.893	-0.826	-0.834
-0.576	-0.583	-0.554	-0.514	-0.566	-0.546
-0.368	-0.401	-0.259	-0.219	-0.384	-0.414
-0.158	-0.039	-0.038	-0.102	-0.141	-0.133
0.096	0.146	0.112	0.068	0.068	0.255
0.085	0.385	0.198	0.072	0.211	0.214
0.349	0.478	0.275	0.341	0.430	0.380
0.416	0.605	0.307	0.372	0.437	0.590

0.416	0.619	0.462	0.470	0.512	0.617
0.593	0.695	0.451	0.511	0.640	0.721

* INSTRUCTION CARD IMAGES

* 20. DINT 1&4:
 * 21. DINT 1&2:
 * 22. FORG 2:
 * 23. FORG 2:
 * 24. DINT 2&3:
 * 25. HOLD :
 * 26. MEAN 3:
 * 27. LIST 1:

* MATRIX CONFIGURATION AT TIME OF OUTPUT INSTRUCTION

* THE PARAMETERS OF THE DATA MATRICES ARE:

* PERMANENT MATRIX			* BUFFER MATRIX			* CURRENT MATRIX		
* DIM#	NAME	#LEVELS	DIM#	NAME	#LEVELS	DIM#	NAME	#LEVELS
* 1.	HE	2	1.	ST	19	1.	ST	19
* 2.	ST	19	2.	TY	2	2.	TY	2
* 3.	RE	2	3.	HE	12			
* 4.	PP	3						
* 5.	TY	2						

GEMIDDELDE GECORRIGEERDE DATA (OVER PP,HE EN RE)

Beehive	IPON	ST	19
2.614	2.895	TY	2
2.437	2.292		
2.231	2.560		
1.844	2.228		
1.403	1.791		
1.170	1.559		
0.709	0.780		
0.385	0.466		
0.112	0.112		
0.143	0.133		
0.276	0.295		
0.481	0.474		
0.889	0.848		
1.368	1.501		
1.557	1.829		
2.401	2.629		
2.620	3.494		
3.071	3.809		
3.955	4.572		

* INSTRUCTION CARD IMAGES

* 28. RSET :
* 29. STAN 3:
* 30. DIVC :
* 3.464102
* 31. LIST 1:

* MATRIX CONFIGURATION AT TIME OF OUTPUT INSTRUCTION

* THE PARAMETERS OF THE DATA MATRICES ARE:

PERMANENT MATRIX			BUFFER MATRIX			CURRENT MATRIX		
DIM#	NAME	#LEVELS	DIM#	NAME	#LEVELS	DIM#	NAME	#LEVELS
* 1.	HE	2	1.	ST	19	1.	ST	19
* 2.	ST	19	2.	TY	2	2.	TY	2
* 3.	RE	2	3.	HE	12			
* 4.	PP	3						
* 5.	TY	2						

STANDAARDDEVIATIE VAN DE GEMIDDELDE DATA.

Beehive	IPON	ST	19
0.230	0.258	TY	2
0.266	0.196		
0.205	0.276		
0.172	0.225		
0.105	0.237		
0.179	0.217		
0.100	0.067		
0.049	0.052		
0.007	0.006		
0.006	0.007		
0.014	0.028		
0.046	0.046		
0.154	0.081		
0.210	0.128		
0.152	0.231		
0.263	0.253		
0.288	0.325		
0.284	0.277		
0.440	0.396		

* INSTRUCTION CARD IMAGES

* 32. STOP :
* NO ERRORS THIS JOB