

## LABORATORIUM ONTWIKKELING KATODESTRAALBUIZEN

Groep: Voorontwikkeling en Speciaalbuizen

Hoofdpriject  
Project : Voorontwikkeling 1 DH 3.

Hoofdprijectleider:

Projectleider(s): Ing. Himmelbauer, Ir. Peper.

Assistent-projectleider(s): R.M. Pas.

**EIGENDOM EN COPYRIGHT**  
N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN  
EINDHOVEN

Inzage aan derden of reproductie, in welke vorm ook, is  
zonder schriftelijke toestemming verboden.

**EIGENTUM UND COPYRIGHT**  
N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN  
EINDHOVEN—DIE NIEDERLANDE

Einsichtnahme durch Dritte oder Nachdruck, in jeweder  
Form, ist nur mit schriftlicher Genehmigung gestattet.

**PROPERTY AND COPYRIGHT**  
N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN  
EINDHOVEN — NETHERLANDS

Disclosure to third parties or reproduction, in any form  
whatsoever, without written consent is forbidden.

**PROPRIÉTÉ ET COPYRIGHT**  
N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN  
EINDHOVEN—PAYS BAS

La communication à des tiers ou la reproduction, sous quelque  
forme que ce soit, n'est autorisée qu'après consentement écrite.

Bestemd voor:

Hr. Wassenaar.

Voorontwikkeling 1 DH 3.

INHOUDSOPGAVE.

1. Inleiding.
2. Voorlopig ontwerp van de onderdelen.
3. Lensmetingen m.b.v. het weerstandsnetwerk en de PACE.
4. Bepaling gevoeligheid en uitsturing van afbuigplaat Y m.b.v. geleidend papier.
5. Bepaling gevoeligheid en uitsturing van afbuigplaat X m.b.v. verslag nr. 80.
6. Rooster 1.
7. Rooster 2 t/m 4.
8. Y-plaat.
9. X-plaat.
10. Rooster 5.

Samenvatting.

In dit rapport wordt het ontwerp voor alle metalen onderdelen van de 1 DH 3 behandeld. De voorontwikkeling hiervan is gestart in februari '63. Op 13-3-'63 is de zeefbespreking gehouden voor de metalen onderdelen en in september '63 is de buis in ontwikkeling genomen.

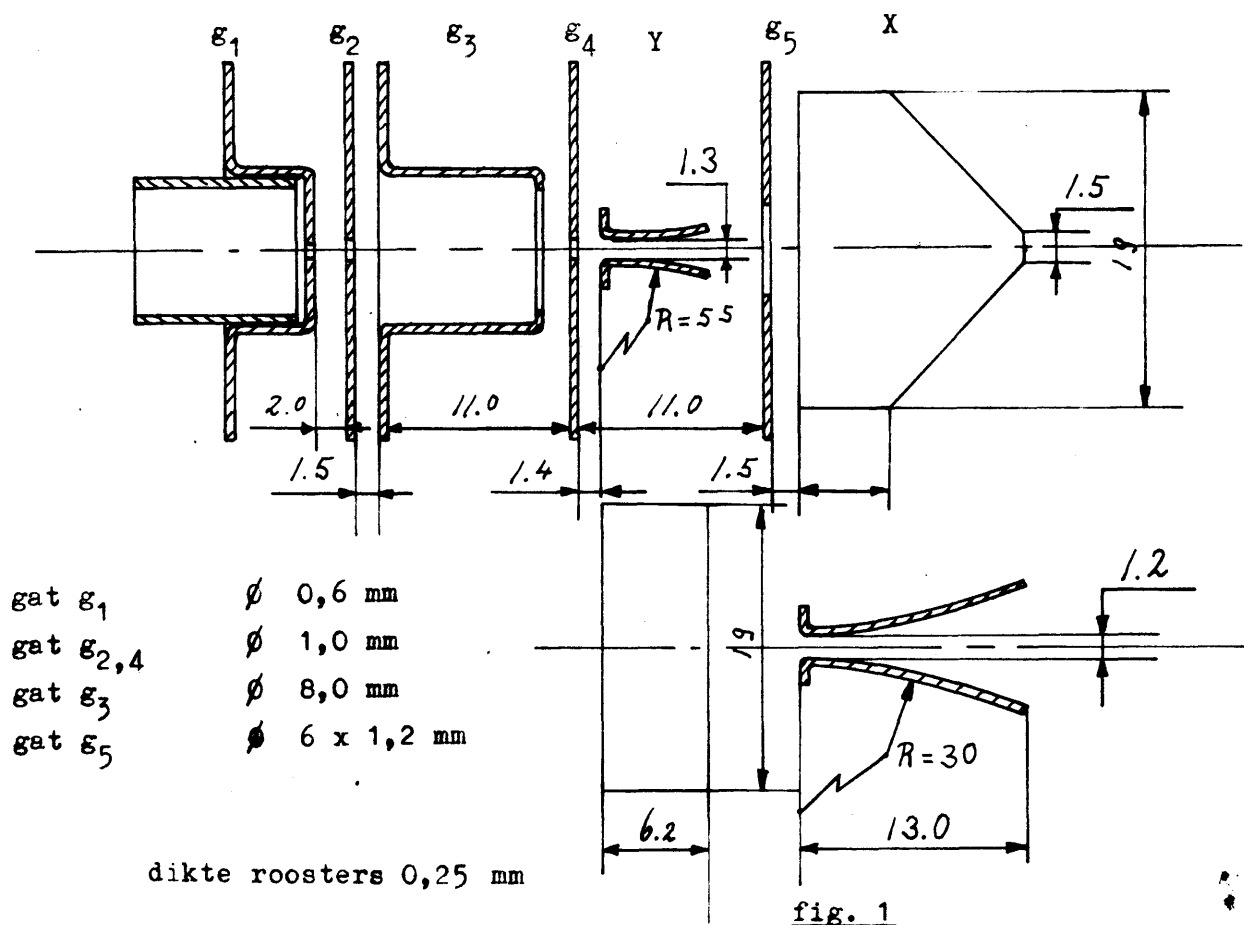
1. Inleiding.

Deze oscillograafbuis dient dezelfde eigenschappen te krijgen als de 1 CP 31 en moet dan ook voldoen aan de eisen op de C.V.-spec. voor de 1 CP 31 : CV 2302.

- a. totale lengte:  $100 \pm 3$  mm
- b. afknijpspanning bij  $V_{g2-4} = 500$  volt : 8-27 volt.
- c. fixed fokus; d.w.z. dat de fokusspanning gelijk moet zijn aan de katodespanning.
- d. lijnbreedte bij een schermstroom van  $4 \mu A$  : 0,6 mm.
- e. volledige uitsturing : 3 cm.
- f. gevoeligheid X bij  $g_{2-4} = 500$  volt : ca 53 V/cm.  
en Y bij  $g_{2-4} = 500$  volt : ca 45 V/cm.

2. Voorlopig ontwerp van de onderdelen.

In fig. 1 is de engelse kanonkonstruktie weergegeven.



De bedrijfsmechanisatie te Eindhoven centreert de lensonderdelen van buiten en kan de vorm van de afbuigplaten beter saranderen bij platen met hoeken, dan bij platen met een straal. Vandaar het volgende voorlopige ontwerp van de onderdelen:

- 1° rooster 1 : zelfde als gebruikt in DG 7-32, mogelijk met ander gat.
- 2° rooster 2 t/m 4 : roosters met uitwendige diameter van  $\varnothing 14$  en een minimale hoogte van 3 mm i.v.m. buiten-centrering.  
totale hoogte  $g_2$  t/m  $g_4$  ligt vast op 12 mm.  
i.v.m. beginafstand v.d. Y-platen is het gat van  $g_4$  op  $\varnothing 1$  gesteld, gat rooster 2 zal ook  $\varnothing 1$  gekozen worden.
- 3° Y en X-platen: vorm, welke engelse platen benaderd.
- 4° rooster 5 : centreerplaat, welke op X-spie gecentreerd zal worden. Op deze plaat kunnen centreerveren gelast worden voor kontakt met de aquadag.

### 3. Lensmetingen m.b.v. het weerstandsnetwerk en de PACE.

Een oriëntatie van de brandpuntafstand kan gevonden worden met de lensformule:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{v}$$

waarin  $f$  de brandpuntafstand,  $b$  de beeldafstand en  $v$  de voorwerpaafstand voorstelt.

Bij de 1 DH 3 is  $v \approx 55,5$  mm. We vinden voor  $f$  dan 8,8 mm. M.b.v. de PACE is het mogelijk om elektronenbanen, met willekeurige beginkondities, te berekenen. Zie fig. 2.

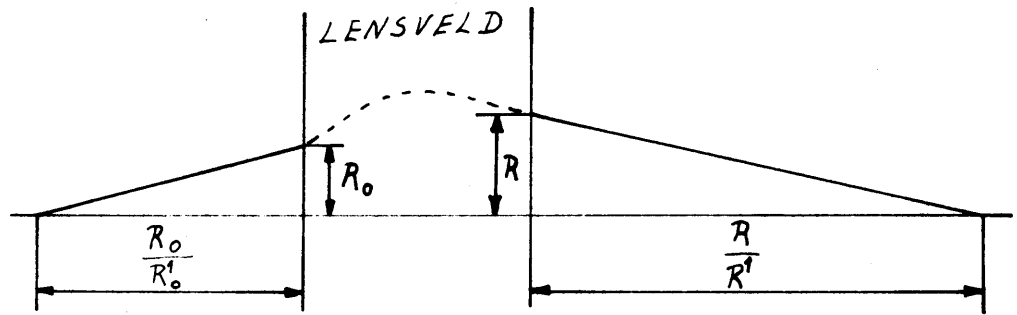


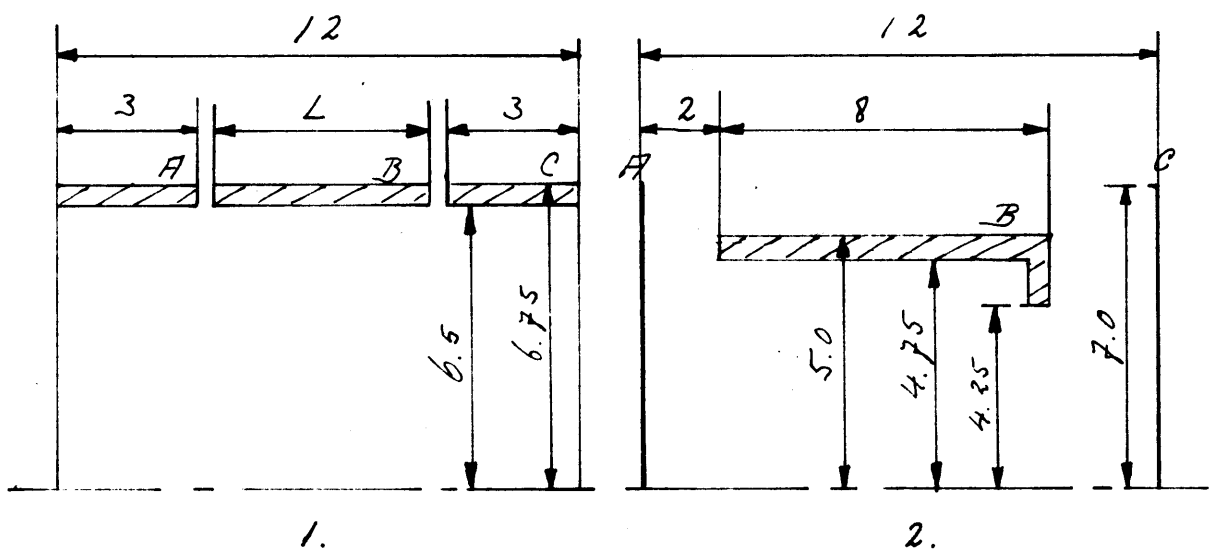
fig. 2.

De beginkondities zijn  $R_0$  en  $\frac{R_0}{R_0^1}$ ; in verband met de schaling van de machine (faktor  $\alpha$ ) worden  $R_0$  en  $\frac{1}{2} \alpha R_0^1$  ingevoerd.

De PACE geeft dan  $R$  en  $\frac{1}{2} \alpha R^1$ , zodat dus ook  $\frac{R}{R^1}$  be-

kendis. De lenzen 1 t/m 3 (zie fig. 3) zijn op het netwerk gezet.

De eerste en de derde elektrode liggen op gelijke potentiaal en de middelste ligt op katodepotentiaal.

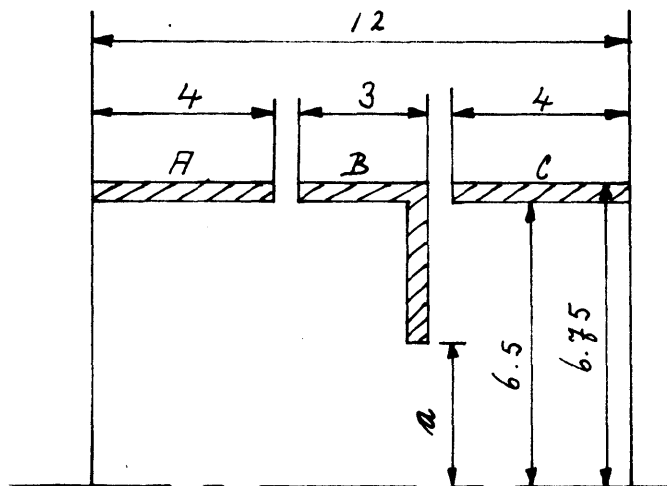


$V_A = V_C = 1$

$V_B = 0$

fig. 3.1

fig. 3.2



3.

fig. 3.3

Bij de eerste twee lenzen wordt verondersteld, dat de hoofdvlakken samenvallen in het midden van de lens, bij de derde lens ter plaatse van het diafragma van de lenselektrode. De voorwerp- en beeldafstanden zijn nu dan ook bekend zodat de lenssterkte berekend kan worden.

Wordt  $R_0^1 = 0$  gekozen, dan is  $\frac{R}{R^1}$  vermeerderd met de afstand

eind lens-hoofdvlak juist de brandpuntafstand.

Lens\_1. De gevonden brandpuntafstanden bij variabele L.

L = 5,5 mm	f = 34,15 mm
L = 5,0	f = 38,48
L = 4,5	f = 43,09

Konklusie: de brandpuntafstand wordt niet voldoende klein bij reeds minimale afmetingen van  $g_2$  en  $g_4$  en een  $g_3$  zonder diafragma.

Lens\_2. Dit is de bestaande engelse lens, welke ter kontrolé is nagemeten. Gevonden werd  $f = 7,7$  mm, hetgeen redelijk overeenstemt met de berekende brandpuntafstand (8,8 mm).

Lens\_3. De lengte van de lenselektrode is vastgelegd op 3 mm en de lenselektrode bevat nu een diaframa met variabele straal a.

a = 2,70 mm (10 mazen) f = 10,8 mm 1 maas = 0,27 mm  
a = 2,43 mm f = 9,2 mm  
a = 2,16 mm f = 7,8 mm

De laatste waarde komt nagenoeg precies met de engelse overeen.

Het blijkt dus, dat een lenselektrode met een diafragma nodig is. De diameter van dit diafragma zal ca. 4.5 mm moeten zijn.

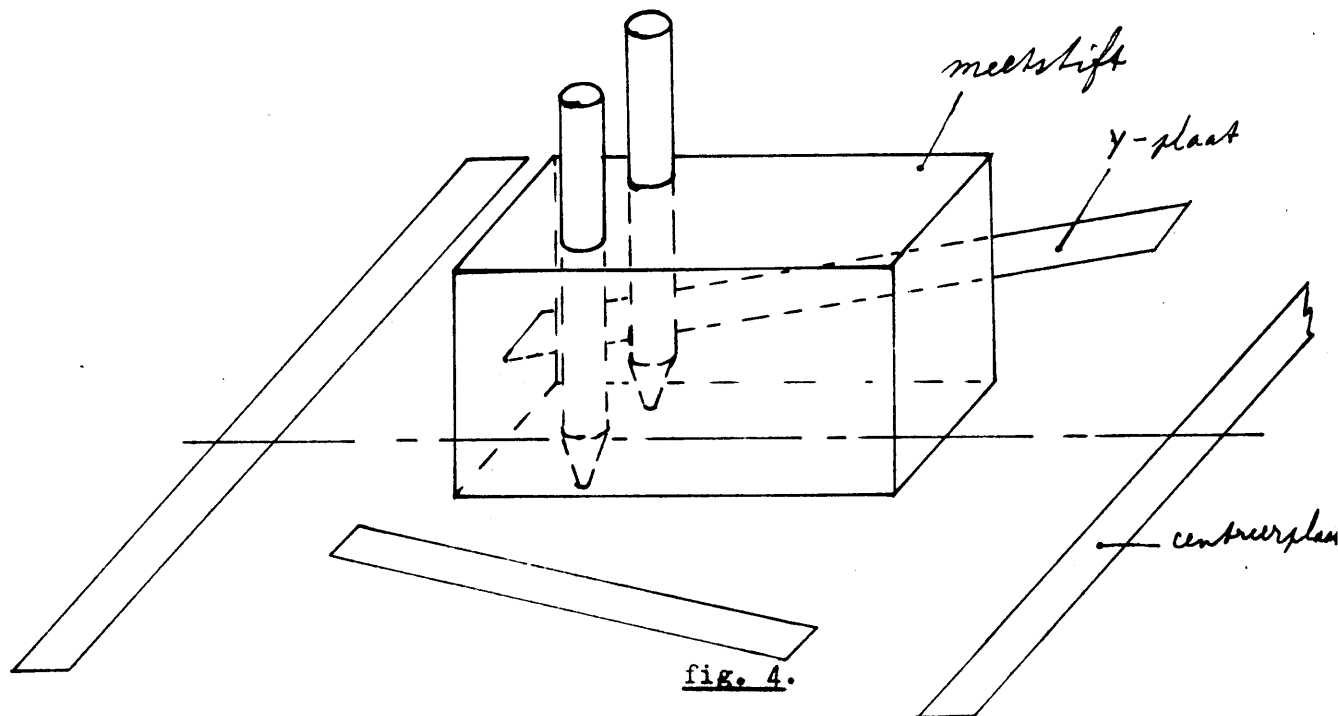
4. Bepaling gevoeligheid en uitsturing van aftuigplaat Y m.b.v. geleidend papier.

Dit geleidend papier is papier, waarop een dunne laag grafiet is aangebracht. (Het is verkrijgbaar bij: Reflex Papier Fabrik Felex Heinrich Schoeller GmbH, Düren, Duitsland. Importeur: Ir. P.J.J. Driesses, Rijksstraatweg 333, Haren, Groningen. Philips: Hr. Bouman, S.D.O. tel. 33322, Nat.Lab.).

Het papier mag niet vochtig zijn en geen kreuken vertonen. Met zilverpasta worden de elektroden-doorsneden aangebracht. De centreerplaat- en een Y-plaatdoorsnede worden geaard, op de andere Y-plaatdoorsnede wordt m.b.v. een P.S.A. 10 volt gezet. Langs de as wordt met gelijke intervallen steeds een spanningsverschil gemeten tussen twee punten evenver van de as verwijderd. (zie fig 4) De elektrodes van deze meetstift, zijn puntig, doch de punt is een vlakje, daar deze anders door het papier prikt, waardoor het veld volledig verstoord zou zijn. Gemeten wordt met een digitale voltmeter. De veldsterkte E wordt nu gegeven door:

$$E = \frac{V_d}{V \times a} \Delta V$$

waarin  $V_d$  = spanningsverschil platen in werkelijkheid.  
 $V$  = " " " op model.  
 $\Delta V$  = gemeten spanningsverschil



Door numerieke integratie m.b.v. de regel van Simpson kan dan de afbuiging en de afbuighoek bepaald worden.

Voor de afbuiging geldt:  $y(1) = - \frac{1}{2\phi} \int_0^1 \underline{E(z)(1-z)} dz$

en voor de afbuighoek:

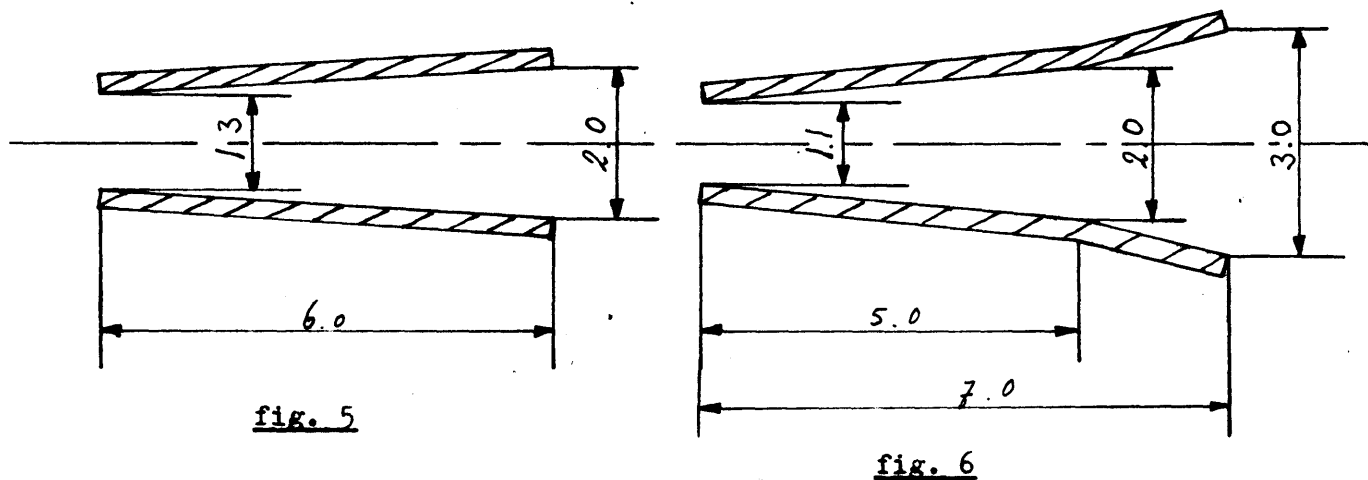
$$y'(1) = - \frac{1}{2\phi} \int_0^1 \underline{E(z)} dz$$

waarin  $z = 0$  het begin en  $z = 1$  het eind van het systeem voorstelt.

In eerste instantie is gedacht aan Y-platen met dezelfde lengte als de engelse en dezelfde begin- en eindafstanden, doch vlakke platen i.p.v. gebogen platen.

Zie fig. 5.





De gevoeligheid bleek 50 V/cm te zijn en de uitsturing 27 mm.

Deze waarden moeten 45 V/cm en 30 mm zijn.

Vandaar het ontwerp van fig. 6, hetgeen wel voldeed: gevoeligheid 45 V/cm en uitsturing ruim 40 mm.

Door de kleine lengte van de Y-platen en het asymmetrisch gebruik stond niet bij voorbaat vast of de toepassing van verslag nr. 80 voldoende nauwkeurige resultaten zou geven. Het uiteindelijke ontwerp is hiermede nagerekend: gevoeligheid 50 V/cm (i.p.v. 45 V/cm) en bundel schaduw voor de helft af op de knik bij 143 volt.

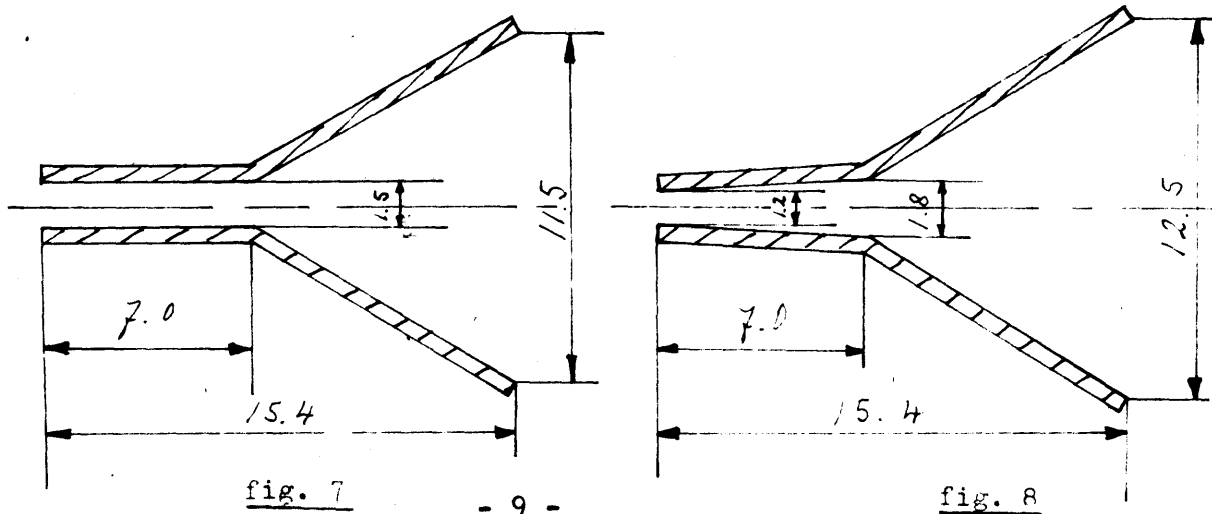
5. Bepaling gevoeligheid en uitsturing van afbuigplaat X m.b.v. verslag nr. 80.

De wijzerlengte van de X-platen is 32 mm.

De gevoeligheid: 0,19 mm/volt bij  $V_{g2-4} = 500$  volt.

De sleuf voor de X-platen is 1 mm breed.

I X-platen van de DG 7-31.



- 1° Zie fig. 7. De gevoeligheid van de plaat bij deze afstanden is 0,2 mm/volt.  
Bij 91 volt afbuigspanning schaduw de bundel voor de helft af op de knik in de plaat. Dit mag eerst bij 150 volt geschieden. (3 cm uitsturing bij een gevoeligheid van 0,2 mm/volt).
- 2° Zie fig. 8. De gevoeligheid is 0,2 mm/volt.  
Bij 102 volt schaduw de bundel voor de helft af op de knik in de plaat.  
Deze bestaande plaat kan dus niet gebruikt worden.

## II Nieuw ontworpen plaat.

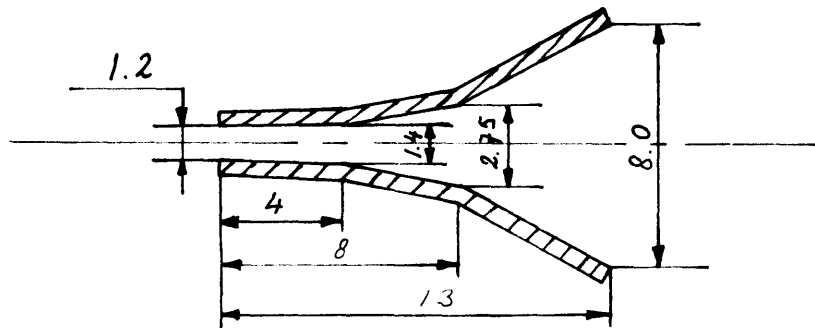


fig. 9.

- 1° Zie fig. 9. De gevoeligheid is nu 0,195 mm/volt en het voor de helft afschaduwen gebeurt op de tweede knik bij 121 volt (eerste knik bij 228 volt; op het einde van de platen : 156 volt).
- 2° Wordt de maat van 2,75 vervangen door 3,0 dan schaduw de bundel eerst voor de helft af op de tweede knik bij 132 volt.  
Dit laatste ontwerp is daarom gekozen.

## 6. Rooster 1.

- 1° Gatdiameter- afknijpspanning - katodeafstand.  
De afknijpspanning is een gegeven grootheid: 8-27 volt bij  $V_{g2-4} = 500$  volt. (De engelse bzn. liggen gemiddeld op 19 volt).

Als verder ook bekend zijn: dikte rooster 1, gat rooster 1 en afstand rooster 1- rooster 2, dan kan de katodeafstand bepaald worden m.b.v. verslagnr. 68.

Zie ook fig. 10.

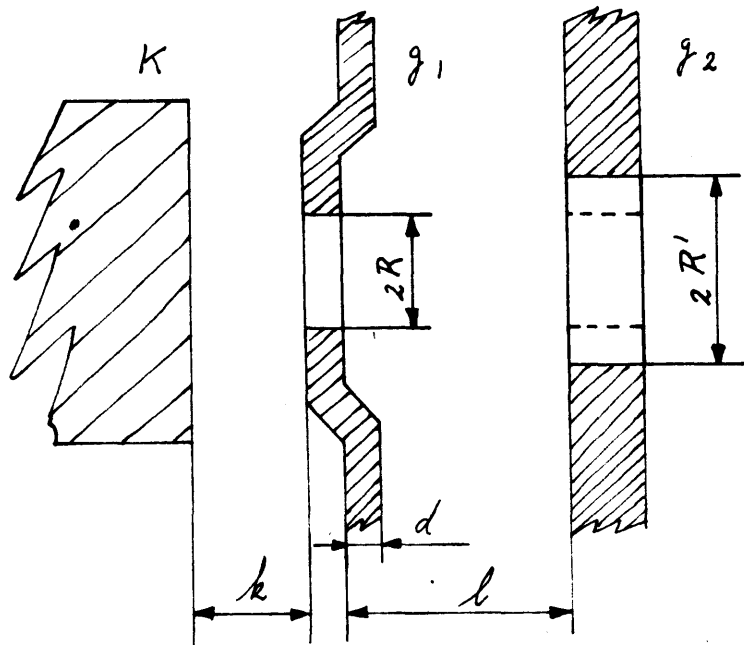


fig. 10

- $V_a$  = kanonspanning
- $d$  = dikte rooster 1
- $l$  = afstand rooster 1-rooster 2
- $V_{co}$  = afknijpspanning
- $2R$  = gat rooster 1
- $2R'$  = gat rooster 2
- $k_k$  = katodeafstand, koud.

Gebruikte formules:

$$D = \frac{V_{co}}{V_a} \quad \text{en} \quad D^1 = \frac{l}{2R} D \quad \text{voor} \quad \frac{l}{2R} > 1$$

Verder: de grafieken van Dr. R. Dorresteyn, welke  $D$  weergeven als functie van  $\frac{d}{2R}$  en  $\frac{k}{2R}$ .

Deze formules en grafieken gelden voor  $R = R^1$ ; doch daar  $l$  steeds groot is t.o.v.  $R$  en  $R^1$ , is de invloed hiervan verwaarloosbaar en stellen we  $R^1 = R$  voor de berekeningen.

De grafieken geven de "warme" katode-afstanden. Bij de 2-watt-katode (alleen op mika gemonteerd) is de "koude" katode-afstand ongeveer 0,04 mm groter.

In de tabellen vindt U de "koude" katode-afstanden in mm. bij de verschillende parameters.

Katodeafstand koud bij $V_{co} = 19$ V.				
$\frac{2 R \text{ in mm}}{l \text{ in mm}}$	0,5	0,6	0,7	0,8
2,00	0,098	0,165	0,250	0,338
2,25	0,083	0,143	0,220	0,300
2,50	0,065	0,126	0,196	0,269

Katodeafstand koud bij $l = 2,25$				
$\frac{2 R \text{ in mm}}{V_{co} \text{ in V.}}$	0,5	0,6	0,7	0,8
16	0,105	0,174	0,258	0,357
19	0,083	0,143	0,220	0,300
22	0,060	0,117	0,180	0,261

Bij de eerste bzn. is voor de afkijpspanning: 19 volt en voor de afstand rooster 1 - rooster 2: 2,25 mm gekozen. Dit levert dus bij  $g_1$ -gaten van  $\varnothing 0,6$  en  $\varnothing 0,8$  mm de katode-afstanden van 0,14 en 0,30 mm op.

## 2° De bundeldiameter.

Met behulp van een gaasje op het  $g_4$ - diafragma ( $\varnothing 4$  mm) zijn bundelproeven gedaan. Maaswijdte: 7,14 x 10<sup>-2</sup> mm.

Het gaasje bevond zich hierbij 16 mm. boven rooster 1 en 2 mm boven het diafragma van rooster 4.

Bij een  $g_1$ -gat van  $\phi$  0,6 mm ( $V_{co} = 19$  V ;  $l = 2,25$  mm en  $k = 0,14$  mm) is de bundeldiameter ter plaatse van het  $g_4$  diafragma  $\geq 4$  mm.

In punt 7 wordt ingegaan op de sferische aberratie van de lens, waarbij blijkt, dat een kleinere bundeldiameter in de lens wenselijk is. I.v.m. de konstruktie is dit niet te bereiken door diafragmeren voor de lens.

3° Lijnbreedte als functie van het gat rooster 1.

Deze wordt m.b.v. een mikroskoop (10x) gemeten op een cirkel van ca. 6 mm bij een schermstroom (meten op X-plaat) van 4  $\mu$ A. Zie tabel.

Buis-type	2 R in mm	$V_{co}$ in V	$k_k$ in mm	l in mm	$L_B$ in mm
E.T.L.	0,7	19	0,30	2,00	0,6
E.T.L. 77 44	0,8	16	0,35	2,25	0,7
E.H.V. 77 41	0,8	15	0,35	2,25	0,7
E.H.V.	0,6	13	0,18	2,25	0,6

Andere  $g_1$  onder kanon geplaatst.

1° t/m 3° gaf als meest gunstige oplossing een rooster 1-gat van 0,6 mm met  $l = 2,25$  mm en  $k = 0,18$  mm. De afknijpspanning wordt hierdoor 13 à 14 volt. Dat is 3 à 4 volt beneden het gemiddelde van eis 8-27 volt, doch ruim binnen deze eis.

7. Roosters 2 t/m 4.

In 2.2° staat reeds de gegeven totale hoogte: 12 mm.

In eerste instantie is die opgedeeld in drie roosters met een hoogte van 3,6 mm en tussenafstanden van 0,6 mm.

Ook de gaten van rooster 2 en 4 liggen al vast op  $\phi$  1 mm.

Verder is rooster 3 doorverbonden met de katode.  
Voor een zo klein mogelijke vergroting wordt het gat van rooster 3 aan de  $g_4$ -zijde gelegd. M.b.v. het weerstandnetwerk en de PACE is de grootte-orde van het gat bepaald op 4,5 mm. (Zie 3). In fig. 11 vindt U het voorlopige lensontwerp.

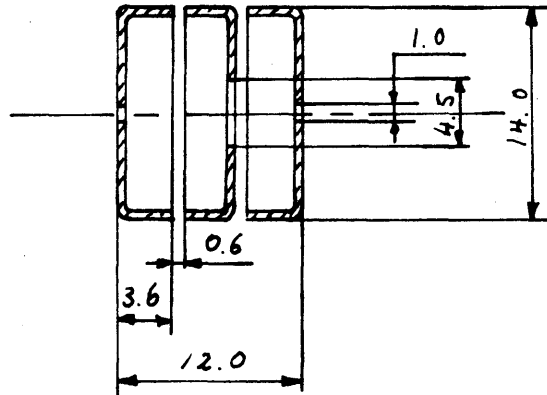


fig. 11.

Gestart is met een benadering aan dit ontwerp. Gat rooster 3 in  $\phi 4$  i.p.v. 4,5 mm. Bij een schermstroom van  $4 \mu A$  was de fokusspanning + 20 volt t.o.v. de katode. Gat rooster 3:  $\phi 4,5$  gaf een fokusspanning van + 12 volt t.o.v. katode. Gat rooster 3:  $\phi 4,7$  bleek goed te zijn. Bij  $I_1 = 4 \mu A$  is  $V_{g3} = V_k$ . Zie ook fokus karakteristieken in fig. 12.

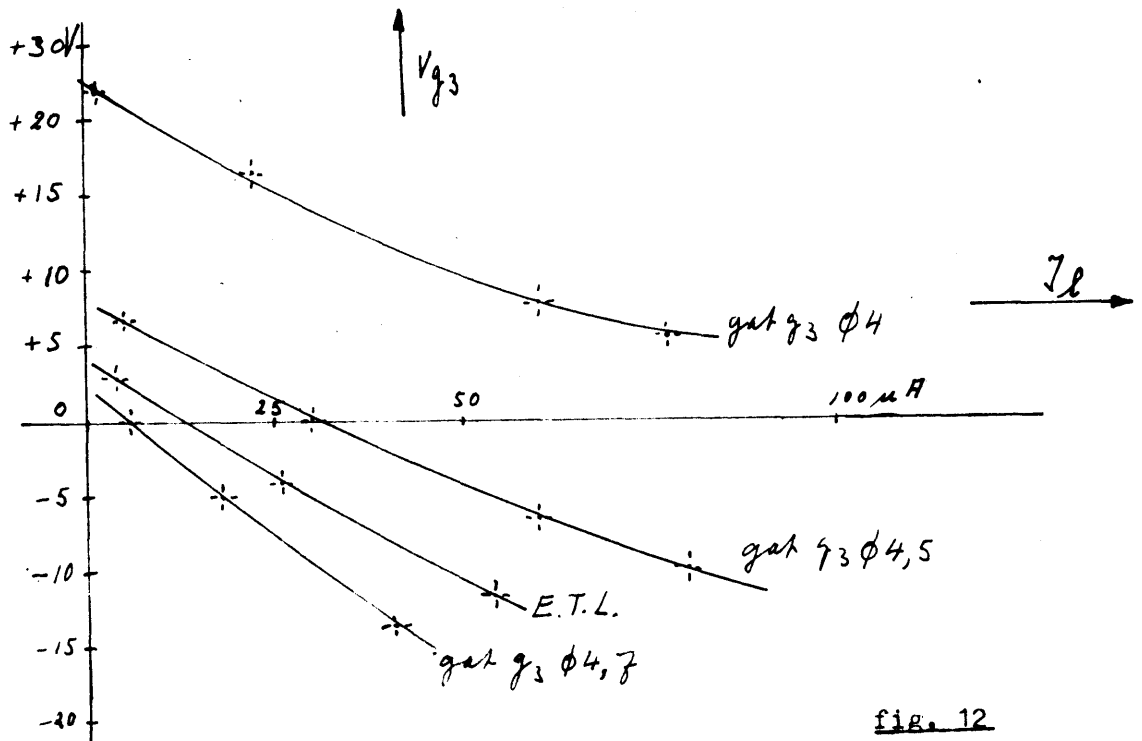
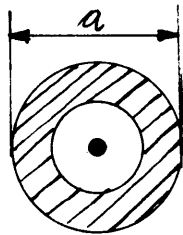


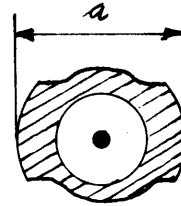
fig. 12

Bij deze buizen met het gat  $\varnothing 4,7$  bleek:

- a. De lijnbreedte is te groot: gemiddeld ca. 0,65 mm.
- b. Bij hoge stromen is een lichtende ring rond de spot te zien t.g.v. sferische aberratie (Zie fig. 13).



Kanon:  $g_1$  t/m  $g_4$



Idem met X en Y-platen

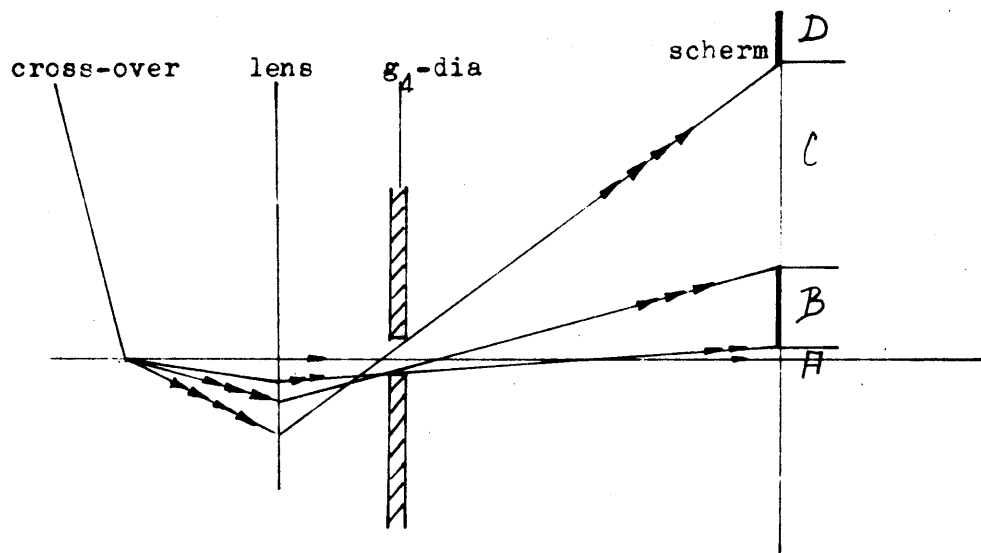
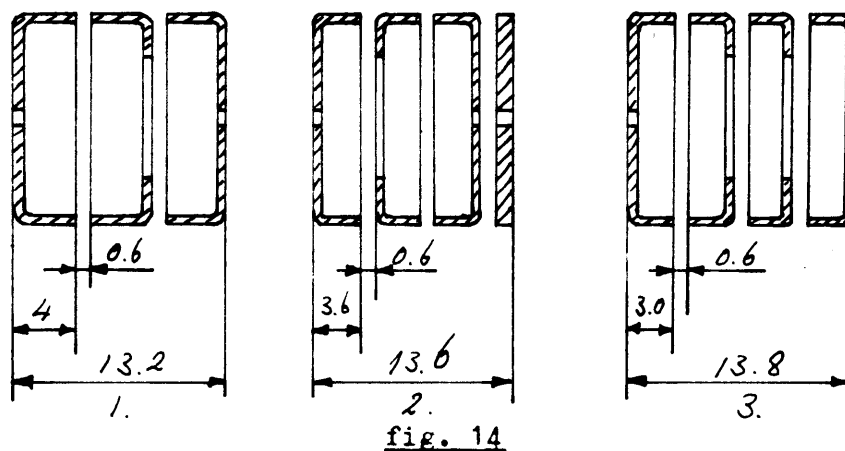


fig. 13.

- A spot gevormd door axiale stralen
- B stralen lopen tegen diafragma
- C door sterke sferische aberratie kunnen de stralen hier het diafragma weer passeren.
- D door nog sterkere sferische aberratie lopen verder alle stralen tegen het diafragma.

Dit ontwerp voldoet dus niet:

- a. Het is gewenst de voorwerpafstand te vergroten, zodat een kleinere vergroting zorgt voor een lijnbreedteverbetering.
- b. Het is gewenst het  $g_4$ -diafragma kort achter de lens te plaatsen i.v.m. sferische aberratie.
- c. Bij de Bedrijfsmechanisatie is het malontwerp klaar en het gereedschap voor het vervaardigen der onderdelen in bewerking. Dit houdt in:
  - 1° verlengen van de  $g_2$  heeft geen zin, daar deze max. 4,0 zou kunnen worden i.p.v. 3,6 mm.
  - 2° verlengen van de  $g_2$  met een rooster van 3,0 mm en  $g_4$  als centreerplaat uitvoeren heeft tot gevolg, dat het malontwerp ingrijpend verandert zou moeten worden. Zie fig. 14. 1 en 14.2.



Een compromis leek het ontwerp als in fig. 14. 3: vier roosters van 3 mm hoogte en tussenafstanden van 0,6 mm. De gaten in de  $g_3$  zouden van de grootte-orde van 7 mm moeten zijn.

Uit gedane proeven met gaten van 6,7 en 8 mm bleek dat het gat van  $\varnothing$  8 mm. de oplossing gaf. Zie fig. 14.3.

Bij  $I_1 = 1 \mu A$  was de lijnbreedte max. 0,6 mm.

Van sferische aberratie was nu niets meer zichtbaar.

## 8. Y-plaat.

De vorm nodig om de gewenste gevoeligheid en uitsturing te bereiken staat reeds beschreven in 4.



Ten einde astigmatisme ten gevolge van asymmetrische afbuigspanning te beperken dient de breedte zo groot mogelijk te zijn.

Dit heeft tot gevolg dat de indrukbeugel van een vorm wordt als in fig. 15. Door de kleine afmetingen van de multiform isolatiestaaf ( $\square$  4 mm) moest de zwaluwstaartscheef gezet worden.

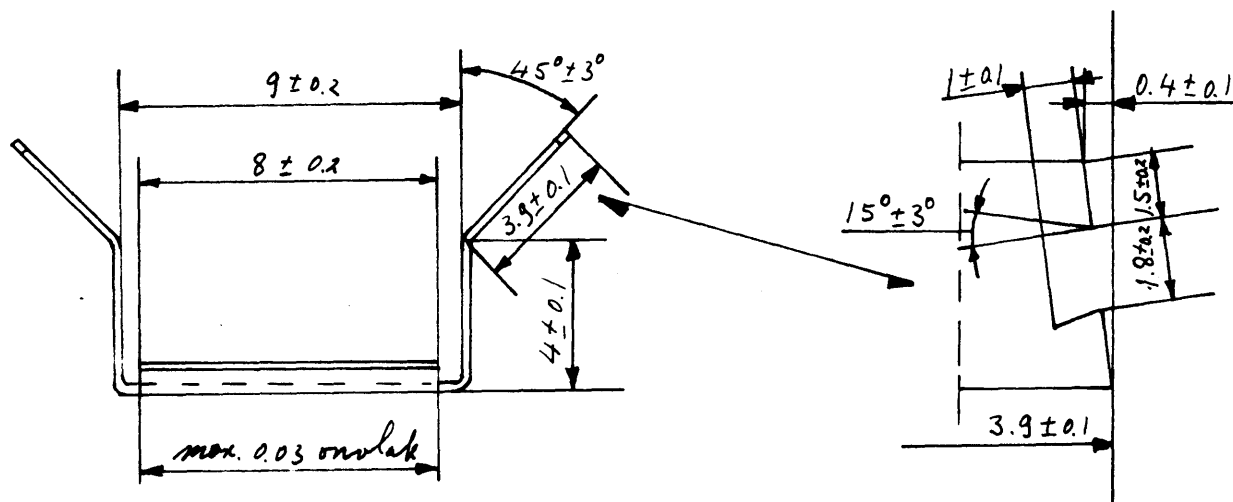


fig. 15

In fig. 6. (zie 5) is de lengte van het eerste rechte stuk 5,0 mm. Dit moest i.v.m. de 5 mm brede indrukbeugel vergroot worden tot 5,25 mm. Verder voldeed deze plaat.

#### 9. X-plaat.

In 5 vindt U de vorm beschreven, nodig voor het bereiken van de gevoeligheid en uitsturing.

Deze vorm (fig. 9) benaderde de straal van de engelse plaat met rechte stukken. Hierbij was nog geen rekening gehouden met de indrukbeugel. Daarom is het ontwerp omgerekend tot dat als in fig. 16 weergegeven.

Bij de door B.M. zo gemaakte platen bleek:

- 1° de uitsturing te klein.
- 2° de bzn. vertonen tonvervorming.

Om de te kleine uitsturing te vergroten is de tweede knik weggelaten, zodat de plaat wordt als in fig. 17.

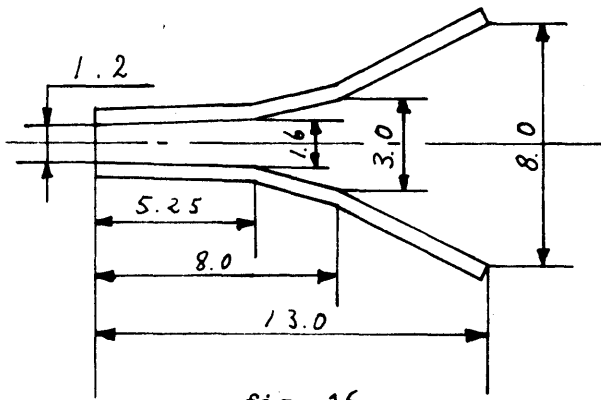


fig. 16

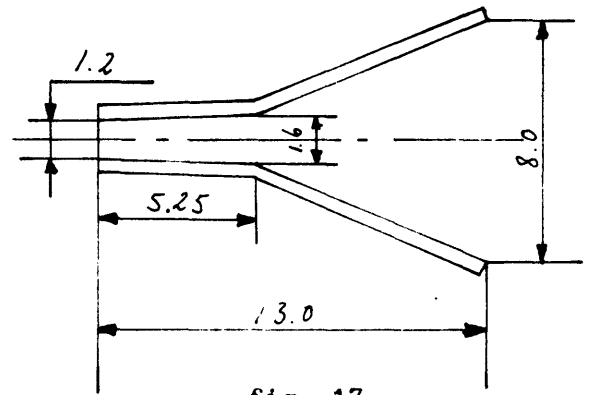


fig. 17

Dit bleek nog niet voldoende, zodat de plaatafstanden 1,2 ; 1,6 en  $8,0 \pm 0,3$  mm gewijzigd zijn in 1,3 ; 1,8 en  $8,8 \pm 3$  mm. Door al deze veranderingen zijn de X-platen ongevoeliger geworden en wel van 50 V/cm naar 53 V/cm. Deze laatste waarde is precies het gemiddelde van de eis. Verdere verbeteringen d.m.v. kanoncentrering e.d. zie eindrapport nr. 11.

De tonvervorming was erger dan bij E.T.L. bzn., doch lag binnen de eis. Vorm van de uitslag ziet U in fig. 18.

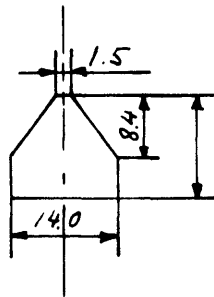


fig. 18

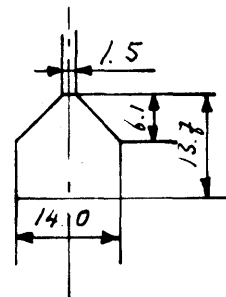
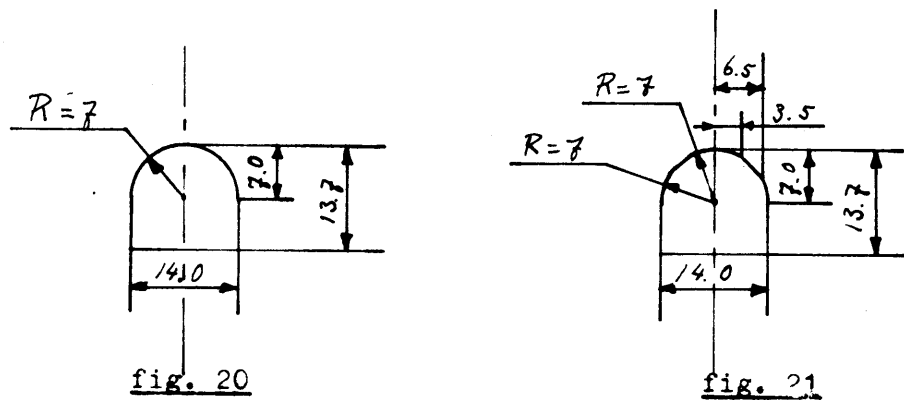


fig. 19

Bij het onderzoek naar verbetering hiervan moest tevens rekening gehouden worden met een 2 x zo grote uitsturing i.v.m. een in ontwikkeling zijnd type.

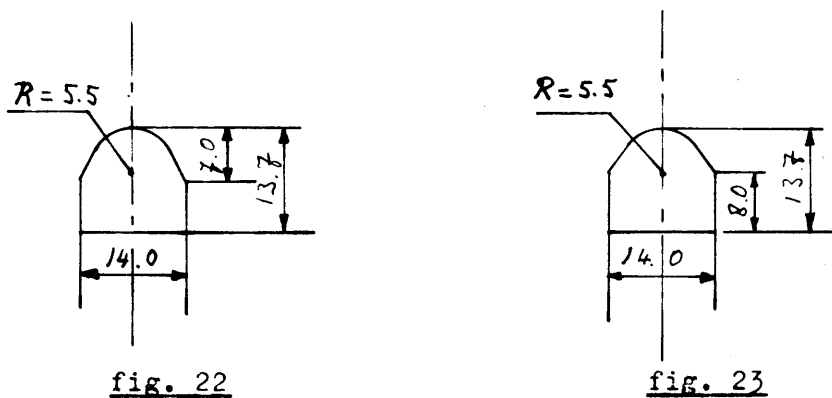
- a. 4 bzn., voorzien van provisorisch gemaakte X-platen vlg. fig. 19. zijn gemeten op tonvervorming. Meting: verticale Y-lijn wordt 18 mm in X-richting verschoven. Met een mikroskoop wordt nu de afwijking van een rechte lijn gemeten op diverse punten tot 18 mm boven en beneden de X-as.

- b. Vergroot uitgezet bleek, dat een plaat met een cirkelboog als bovenrand beter resultaat moest hebben. Daarom zijn 3 bzn. gemaakt met X-platen als in fig. 20. De tonvervorming was hierbij overgegaan in kussenvervorming.
- c. Twee bzn. zijn afgebroken en de X-platen gekorrigeerd tot die in fig. 21.



Aan de randen is nog een weinig kussen te zien.

- d. Om de stempels zo eenvoudig mogelijk te houden zijn ook X-platen bekeken met de vorm van fig. 22. 3 dusdanig gemaakte bzn. hadden een rechte Y-lijn van 20 mm; daarbuiten bleven de randen bij verschuiving in X-richting een weinig achter: lichte tonvervorming.
- e. De vorm welke aan B.M. is opgegeven ligt tussen die van fig. 21 en 22 en U vindt deze in fig. 23.



Resultaat: nauwelijks waarneembare kussenvertekening.

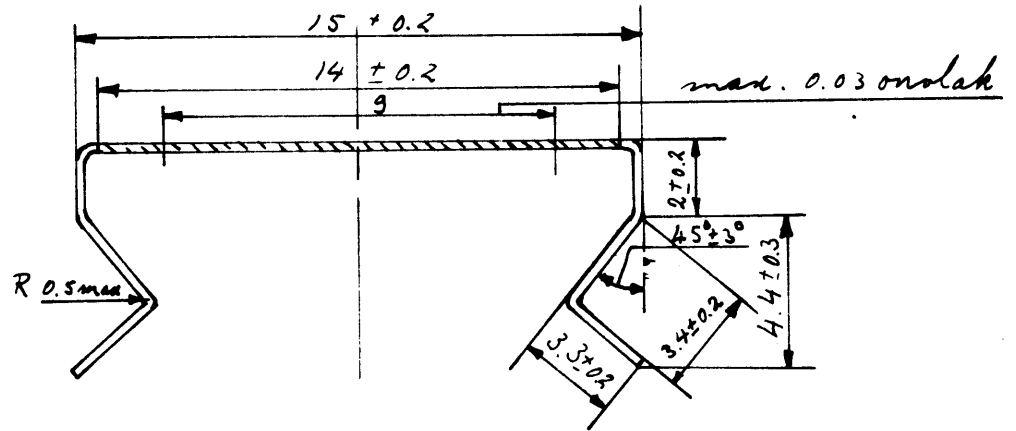


fig. 24

Ter hoogte van de X-platen is de max. Y-uitsturing reeds 9 mm., zodat de X-plaat minimaal 15 mm breed moet zijn. Het gevolg hiervan is een ongewone vorm van de indrukbeugel. zie ook fig. 24.

10. Rooster 5.

De centreerplaat is een versterking voor het kanon. Hij wordt op de X-spie gecentreerd: breedte sleuf  $1,25 - 0,05$  mm. De lengte van 7 mm wordt gegeven door de max. Y-uitsturing ter plaatse.

11. Konklusie.

De bzn. die volgens dit ontwerp gemaakt zijn voldeden aan de eisen. De technologische problemen tijdens ontwikkeling en proeffabrikage worden behandeld in eindrapport nr. 11.

Literatuur:

1. Dr. J.C. Francken: Monographs on Electron Gun Design, nr. V  
(Verslag Lab. Ontw. Katodestraalbn. nr.68)
2. Dipl. Ing. E. Himmelbauer: Calculation of Deflection plates.  
(Verslag Lab. Ontw. Katodestraalbn. nr.80)

Kopie H.H.: Bogaard, van der Bolt, v. Bragt, Cox, Himmelbauer, Laugeman, de Munck, Pas, Peper, Radstake, Willems. Wassenaar.