

Vraagpunten voor de bespreking bij ir. Geerlings op vrijdag 1 september te 14.00 uur

Citation for published version (APA):

Bergmans, J. (1961). *Vraagpunten voor de bespreking bij ir. Geerlings op vrijdag 1 september te 14.00 uur*. (DCT rapporten; Vol. 1961.008). Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1961

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.

Vraagpunten voor de bespreking bij ir Geerlings
op vrijdag 1 september te 14.00 uur.

De paginanummers verwijzen naar de blz. van het memorandum van ir Geerlings d.d. Juni 1961.

1. Secundaire lichtbron.

Hieronder verstaan we de, met behulp van diafragma's, strooiplaten, interferentie-filters en dergelijke hulpmiddelen voor het doel geschikt gemaakte, reële afbeelding van de lichtbron. Wij stellen ons voor deze secundaire lichtbron ongeveer 10 - 15 mm in doorsnede te doen zijn.

Op pagina 3 bovenaan spreekt ir Geerlings over een evenwijdige bundel (tophoek kleiner dan $2 \times 0,7^\circ$), die gemaakt wordt met een doublet ($d = 200$ mm, $f = 500$ mm).

Deze tophoek, die hier als een maximum gegeven wordt, is voor het doel reeds klein. Als men veel kleiner gaat, vrees ik, dat men te zware eisen moet stellen aan de optische nauwkeurigheid van de modellen. Ik verwacht, dat deze tophoek voor praktisch alle gevallen de juiste waarde zal blijken te zijn mits we erin slagen een secundaire lichtbron te maken, die voldoende helder en gelijkmatig is over het gehele oppervlak.

Wij willen dit doen door met de Weule-spiegel een groot deel van de lichtstroom op te vangen en met behulp van de andere genoemde middelen om te vormen tot een secundaire lichtbron van ongeveer 10 mm diameter. Wil Delft dit ook?

Ik wijs er op dat de grootste Xenon-lamp met geconcentreerde boog, die momenteel gemaakt wordt, de C.S.X. 1600 is met een lichtboog-lengte van 4,2 mm en -breedte van 2,1 mm.

2. Photografische kamera.

Hoe is de constructie van de technische kamera, die op blz. 3, midden, wordt genoemd?

Hoe neemt Delft deze op in de stralengang?

Komt op de plaats van de apo-tessaar het objectief van de kamera?

Men kan natuurlijk ook de apo-tessaar laten staan en een kamera met een zeer zwakke lens er achter plaatsen, waardoor dan het beeld op kortere afstand op de gevoelige plaat van de kamera wordt geworpen.

3. Instelbaarheid van afbeeldings-doublet en apo-tessaar.

Deze instelbaarheid hangt samen met de werkmethode voor de nauwkeurige metingen, die we ons voorstellen te gaan gebruiken.

Er staan momenteel 3 methoden ter discussie, namelijk:

- a) Er wordt gemeten met een photocel vast opgesteld in het punt, waar de optische as de 5- of 10-voudig vergrote afbeelding van het model doorsnijdt. Het belastingsframe is verstelbaar met de grote nauwkeurigheid die we nodig hebben om punt voor punt van het model te meten (omdat het voor kan komen dat deze punten op een onderlinge afstand van 0,1 à 0,2 mm liggen, zullen we een nauwkeurigheid van instelling van de orde van 0,01 mm moeten eisen).

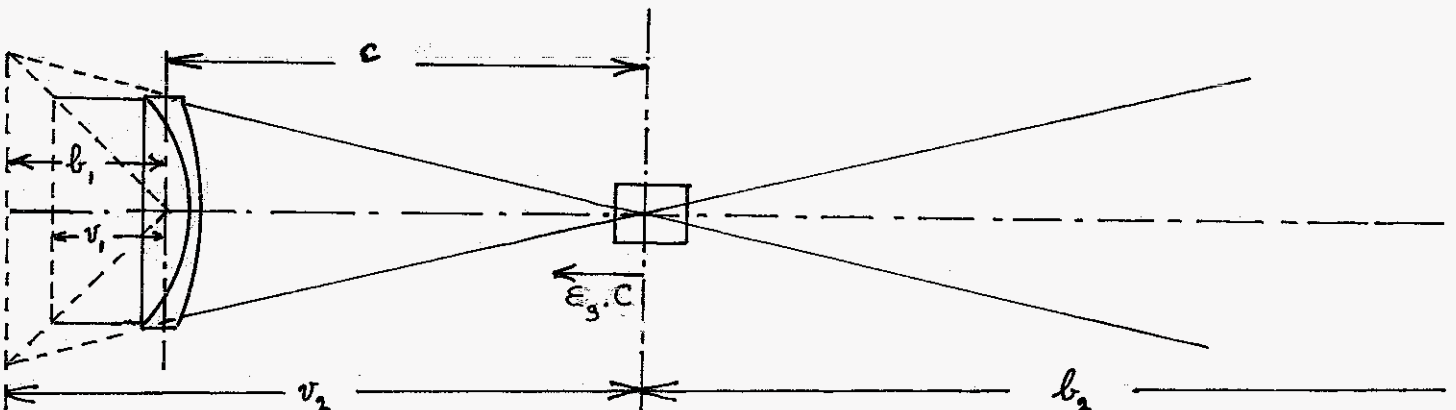
- b) De photocel is in het beeldvlak verplaatsbaar met een nauwkeurigheid van 0,1 mm over een betrekkelijk klein oppervlak. Er wordt dus slechts gemeten in het deel van de afbeelding, waar de lensfouten minimaal zijn. Om alle delen van het model te kunnen door-meten zal het nodig zijn om het belastingsframe in een groot aantal zuiver gefixeerde standen te kunnen blokkeren.
- c) Het belastingsframe staat bij de meting in één stand geblokkeerd. Ook het afbeeldingsdoublet en de apo-tessaar blijven in hun stand: gecentreerd ten opzichte van de optische as. Het beeld van het model blijft dus op zijn plaats. De combinatie $\frac{1}{4}$ - λ -plaat en analysator-polaroid plaat is nu echter transportabel opgesteld, zodanig dat met een instelnauwkeurigheid van 0,01 mm het middelpunt van de beide genoemde platen in lijn gebracht kan worden met ieder te meten modelpunt. Door een prismatje, dat van opzijde in de hartlijn van deze beide platen gebracht kan worden, wordt nu het licht, dat van het modelpunt komt, zijdelings weggenomen en met een eenvoudige lens op een photocel geworpen.

De methoden a en c hebben boven methode b het voordeel, dat altijd gemeten wordt met behulp van hetzelfde punt van de $\frac{1}{4}$ - λ -plaat en hetzelfde punt van de analysator-polaroid-plaat. Deze beide platen kunnen dus in hun vassing ingesteld worden op de optische eigenschappen van die middelpunten. Men kan waarschijnlijk zelfs de ϵ_3 (zie mijn verslag WE-61/2), zijnde de afwijking in $\frac{1}{4}$ - λ van de $\frac{1}{4}$ - λ -plaat, voor dat punt zeer klein maken door uit een grotere plaat een geschikt punt op te zoeken.

Verder hebben methoden a en c het voordeel boven b dat de vergroting van het optische systeem in de meting geen rol speelt.

Omdat in het memorandum van ir Geerlings, naar het mij voorkomt, methode b wordt gepropageerd, waarbij een juiste vergroting wél een rol in het meetresultaat speelt, verbaast het me des te meer te lezen, hetgeen hij over de instelbaarheid van het afbeeldingsdoublet en de apo-tessaar op de tweede helft van blz. 3 zegt.

Doordat deze beide delen samen de afbeelding verzorgen is hun onderlinge verstelmogelijkheid zeer gering. In tegenstelling tot de door ir Geerlings genoemde verstelbaarheid van 500 tot 250 mm zou ik voorstaan een vaste onderlinge stand van deze beide delen, die samen de vergrote afbeelding op het scherm verzorgen.



Noemen we:

afstand model tot optisch centrum Doublet : v_1
 afstand virtueel beeld tot optisch centrum Doublet : b_1
 afstand virtueel beeld tot optisch centrum Apo-tessaar: v_2
 afstand reëel beeld tot optisch centrum Apo-tessaar : b_2
 afstand van de optische centra van de beide lenzen : c .

Voor het verkrijgen van een bepaalde vergrotingsverhouding a moet zijn:

$$a = \frac{b_1}{v_1} \cdot \frac{b_2}{v_2}$$

Om het model volledig in beeld te kunnen brengen mag c slechts weinig afwijken van de brandpuntsafstand van het Doublet: r_1 (= 400 mm). Deze eis wordt nog verscherpt als we, voor het bereiken van een nauwkeuriger afbeelding, de apo-tessaar gaan diafragmeren.

Wanneer we de brandpuntsafstand van de apo-tessaar r_2 noemen, dan gelden de volgende formules:

$$\frac{1}{v_1} - \frac{1}{b_1} = \frac{1}{r_1} \quad \text{en} \quad \frac{1}{v_2} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{r_2}$$

Met deze formules willen we nu een schatting maken over de afwijking in de vergrotingsverhouding, wanneer men een fout in de stand van het model corrigeren wil door alleen de apo-tessaar te verplaatsen.

Stel dat we in plaats van v_1 hebben $v_1 + \epsilon_1 v_1$, waarbij we ϵ_1 zo'n kleine waarde genomen hebben, dat we ϵ_1^2 tegen de eenheid mogen verwaarlozen. We krijgen dan voor de virtuele afbeelding een afstand $b_1 + \epsilon_2 b_1$, waarvan in ons geval ϵ_2 ook zo klein is, dat we ϵ_2^2 tegen de eenheid mogen verwaarlozen.

$$\frac{1}{v_1 + \epsilon_1 v_1} - \frac{1}{b_1 + \epsilon_2 b_1} = \frac{1}{r_1} \tag{1}$$

$$\frac{v_1 - \epsilon_1 v_1}{v_1^2} - \frac{b_1 - \epsilon_2 b_1}{b_1^2} = \frac{1}{r_1}$$

$$-\frac{\epsilon_1}{v_1} + \frac{\epsilon_2}{b_1} = 0$$

$$\epsilon_2 = \frac{b_1}{v_1} \cdot \epsilon_1$$

Wanneer we nu weer een scherpe afbeelding op het beeldscherm maken door uitsluitend de apo-tessaar over een afstand $\epsilon_3 \cdot c$ te verplaatsen, geldt de formule:

$$\frac{1}{v_2 + \frac{b_1^2}{v_1} \epsilon_1 - \epsilon_3 \cdot c} + \frac{1}{b_2 + \epsilon_3 \cdot c} = \frac{1}{r_2}$$

De verstellingswaarden in deze formule zijn weer in verhouding tot de andere afstanden zo klein dat we dezelfde manipulatie mogen toepassen als bij (1).

$$\frac{v_2 - \frac{b_1^2}{v_1} \epsilon_1 + \epsilon_3 \cdot c}{v_2^2} + \frac{b_2 - \epsilon_3 \cdot c}{b_2^2} = \frac{1}{r_2}$$

$$\frac{\frac{b_1^2}{v_1} \epsilon_1 - \epsilon_3 \cdot c}{v_2^2} + \frac{\epsilon_3 \cdot c}{b_2^2} = 0$$

$$\frac{b_1^2}{v_1} \epsilon_1 - \epsilon_3 \cdot c + \frac{v_2^2}{b_2^2} \cdot \epsilon_3 \cdot c = 0$$

$$\epsilon_3 \cdot c = \frac{\frac{b_1^2}{v_1} \epsilon_1}{1 - \frac{v_2^2}{b_2^2}}$$

We kunnen nu de formule van de nieuwe vergrotingsverhouding opschrijven, namelijk:

$$a' = \frac{b_1 + \frac{b_1^2}{v_1} \cdot \epsilon_1}{v_1 + v_1 \cdot \epsilon_1} \cdot \frac{b_2 \left(1 - \frac{v_2^2}{b_2^2}\right) + \frac{b_1^2}{v_1} \epsilon_1}{\left(v_2 + \frac{b_1^2}{v_1} \cdot \epsilon_1\right) \left(1 - \frac{v_2^2}{b_2^2}\right) - \frac{b_1^2}{v_1} \epsilon_1}$$

$$a' = \frac{b_1 + \frac{b_1^2}{v_1} \cdot \epsilon_1}{v_1 + v_1 \cdot \epsilon_1} \cdot \frac{b_2 \left(1 - \frac{v_2^2}{b_2^2}\right) + \frac{b_1^2}{v_1} \epsilon_1}{v_2 \left(1 - \frac{v_2^2}{b_2^2}\right) - \frac{v_2^2}{b_2^2} \cdot \frac{b_1^2}{v_1} \epsilon_1} \quad (1)$$

Wanneer we nu de vorm $\left(1 - \frac{v_2^2}{b_2^2}\right) = p$ noemen, weten we dat deze p altijd iets kleiner dan de eenheid is. We mogen dan schrijven:

$$a' = \frac{b_1}{v_1} \cdot \frac{b_2}{v_2} \left(1 + \frac{b_1}{v_1} \epsilon_1\right) \left(1 - \epsilon_1\right) \frac{1 + \frac{1}{p} \cdot \frac{b_1^2}{b_2 v_1} \epsilon_1}{1 - \frac{1}{p} \cdot \frac{v_2^2}{b_2^2} \cdot \frac{b_1^2}{v_1} \epsilon_1}$$

Wanneer we in deze formule $p = 1$ stellen, dan verkrijgt de breukvorm een kleinere waarde, want de teller wordt vermindert en de noemer vergroot.

We mogen dus schrijven:

$$a' > a \cdot \left(1 + \frac{b_1}{v_1} \varepsilon_1\right) (1 - \varepsilon_1) \frac{1 + \frac{b_1^2}{b_2 v_1} \varepsilon_1}{1 - \frac{v_2}{b_2} \cdot \frac{b_1^2}{v_1} \varepsilon_1}$$

$$a' > a \left(1 + \frac{b_1}{v_1} \varepsilon_1\right) (1 - \varepsilon_1) \left(1 + \frac{b_1^2}{b_2 v_1} \varepsilon_1\right) \left(1 + \frac{v_2}{b_2} \cdot \frac{b_1^2}{v_1} \varepsilon_1\right)$$

Al deze termen zijn groter dan één behalve de tweede. Daarom vermenigvuldigen we de eerste twee met elkaar en verkrijgen:

$$\left(1 + \frac{b_1}{v_1} \varepsilon_1 - \varepsilon_1\right) = 1 + \frac{b_1 - v_1}{v_1} \varepsilon_1$$

Het product van de eerste twee termen is dus ook groter dan één.

Dus:

$$a' > a.$$

We kunnen dus niet een fout in v_1 (de afstand van model tot doublet) corrigeren met een verstelling uitsluitend van de tessaar, zonder een andere vergrotingsverhouding te krijgen. Hoe groot de invloed is van ε_1 op de vergroting, is voor iedere vergrotingsverhouding uit de formule (1) voor a' te berekenen, immers voor iedere vergrotingsverhouding zijn de exacte waarden van v_1 , b_1 , v_2 en b_2 precies uit te rekenen, wanneer men over alle gegevens van de lenzen beschikt.

Wanneer men een afwijking in de stand van het beeldvlak van het model corrigeert door doublet en tessaar in onderling gefixeerde stand samen te verstellen maakt men een veel kleinere fout. Stel dat men dan deze beide lenzen weer precies in de officiële stand ten opzichte van het modelvlak brengt, dan is er alleen een verandering in de projectie-afstand, b_2 , gekomen. Zolang als het niet om meer dan een paar millimeter verstelling gaat, maakt dit op b_2 , die toch minstens circa 2000 mm is, niet veel uit.

Zelfs voor de onder b genoemde meetmethode lijkt me een verstelling met een vaste onderlinge afstand (mits slechts een kleine verstelling) wel acceptabel.

Veel liever zou ik echter het hele probleem van de andere kant willen bekijken.

Waarom zetten we niet het doublet en de tessaar ten opzichte van het afbeeldingsscherm in een gefixeerde stand (eventueel in 2 gefixeerde standen als we aan één vergrotingsverhouding niet genoeg hebben). Dan kunnen we de scherp-stelling van de afbeelding waarschijnlijk gebruiken om de meest zuivere fijn-instelling van het af te beelden vlak van het model te verkrijgen. We zullen daarbij de volledige opening van de tessaar nodig hebben en die ook moeten vullen met lichtstroom. Daarvoor hebben we dan een telgcentrische verlichting van het model met een top-hoek meer dan $2 \times 3,5$ nodig en moeten we bij de bouw van onze secundaire lichtbron hiermede rekening houden.

4. Geleidebanen.

Deze worden genoemd onder het hoofd "Bankframe" op blz. 4.

Uit hetgeen we in het vorige punt schreven hangt het geheel af van de uitrichtingsmethode voor het model op het belastingsapparaat en van de gekozen meetmethode (a, b of c) hoe de lenzen worden bevestigd.

Afgezien van de voordelen, die het volledig fixeren van de beide lenzen heeft, kan ik me voorstellen, dat we (speciaal als één van de meetmethoden a of c gerealiseerd wordt) liever het doublet zouden vast monteren en de tessaar een kleine instelmogelijkheid geven. Toch zal men dan geen geleidebanen voor dit deel van het toestel nodig hebben.

Wel lijkt het me, dat we plezier zullen hebben van een axiale verstelmogelijkheid van het lichtkanon tezamen met de polarisatorplaat. Onder "lichtkanon" verstaan we de "secundaire lichtbron" (zie punt 1) en de condensorlens (voor Delft een doublet en voor Eindhoven een a-sferisch-geslepen lens).

Op blz. 4 wordt voor ruimte voor spantafel + belastingsapparatuur genoemd 50 cm. Dit is een grote ruimte, die ik wel als maximale mogelijkheid zou willen aanvaarden. Deze maximale mogelijkheid heeft men dan als het lichtkanon met de polarisatorplaat in zijn achterste stand staat. Het zal prettig zijn om dit kanon over een afstand van ongeveer 30 cm naar voren te kunnen brengen met behulp van geleide banen.

5. Keuze uit de photo-elastische hulpapparatuur alvorens opdracht tot bouw te geven.

Onder hoofd 4 op blz. 5 en 6 geeft ir Geerlings zo'n groot aantal mogelijkheden van meting en van optische bouw, dat hierdoor een constructieve opzet onmogelijk wordt.

Het meest ingrijpend is de overweging om eventueel Nikols met spanningsvrije lenzen te gaan gebruiken, juist nu we de gegevens aan het verzamelen zijn om vast te stellen, dat met één eenvoudige meetmethode de hoogste precisie te bereiken is, die geëist kan worden.

6. Bijzondere meettechnieken.

Hieronder verstaan we de door ir Geerlings genoemde methoden van:

- 1e fringe - verscherping
- 2e fringe - vermenigvuldiging
- 3e Moiré - methode.

We willen hierbij nog een vierde noemen, namelijk:

- 4e het meten van platen loodrecht op hun vlak belast.

ad 1. Om deze methode in de toekomst toe te kunnen passen moeten we zorg dragen dat er aan beide zijden van het model half doorlatende glas-spiegels kunnen worden bevestigd. De methode levert scherpere photo's op. Voordelen voor de nauwkeurigheid van meten bereikt men hiermede niet.

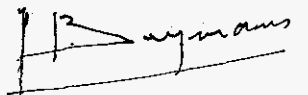
- ad 2. Deze methode vraagt niet alleen die spiegels die nu onder een kleine hoek worden geplaatst, maar ook een zijdelingse verstelbaarheid van de apo-tessaar en waarschijnlijk een sterke diafragmering hiervan. Ook deze methode levert photo's, waar meer op staat, echter geen nauwkeuriger meetresultaat.
- ad 3. Hiermede bereikt men een nieuwe informatie. Welke consequenties het openhouden van de mogelijkheid voor deze methode voor de bouw van het apparaat heeft, kan ik op dit moment nog niet overzien.
- ad 4. Reeds in het begin van ons contact over de photo-elasticiteit hebben we hierover gesproken, omdat mij de opdracht was gegeven voor Eindhoven ook de Moiré-methode van Ligtenberg te ontwikkelen. De heer Geerlings en ik waren het er toen over eens dat men langs photo-elastische weg nauwkeuriger zou kunnen werken. Men moet dan echter de lichtbron 90° verdraaid kunnen aanbrengen en met een half reflecterende en doorlatende glasplaat het model verlichten vanuit dezelfde richting als waarin gemeten wordt. Op mijn overzichtstekening heb ik aangegeven, hoeveel ruimte dit ongeveer zal gaan nemen.

7. Toegevoegde tekeningen.

Als voorbeeld om te zien, welke ruimte ongeveer beschikbaar is bij verschillende vergrotingsverhoudingen, heb ik de tekeningen WE 60 105 (voor 10 x vergroting) en WE 61 028 (voor 5 x vergroting) hierbij gevoegd.

De tekening WE 61 029 geeft de algemene opstelling van de optische hulpmiddelen.

Eindhoven, 30 augustus 1961



dr ir J. Bergmans.