

# Enkele gedachten over de bouw van een spannings-optisch meetapparaat

**Citation for published version (APA):**

Bergmans, J. (1961). *Enkele gedachten over de bouw van een spannings-optisch meetapparaat*. (DCT rapporten; Vol. 1961.005). 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](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

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

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

ENKELE GEDACHTEN OVER DE BOUWVAN EENSPANNINGS-OPTISCH MEETAPPARAAT1. Basisplan, waarover tussen Delft en Eindhoven overeenstemming bestaat.

Het model wordt verlicht door een telecentrische bundel met een cirkelvormige dwarsdoorsnede van ruim 200 mm diameter en een tophoek van  $2 \times 1^\circ$ , afkomstig van een compact-source kwiklamp van 150, 250 of 500 Watt (het vermogen van deze lamp te kiezen in verband met het te bereiken effect van de projectie en in verband met de gevoeligheid van de te gebruiken fotocellen).

Metingen worden uitgevoerd met monochromatisch licht van een golflengte van 546,1 m $\mu$ . Dit licht wordt verkregen met behulp van een interferentiefilter; voor "wit" licht wordt gebruik gemaakt van het volledige spectrum van de compact-source kwiklamp.

Om de lichtstroom van de compact-source lamp zo nuttig mogelijk te gebruiken zijn spiegels en lenzen van de firma Weule te Goslar besteld, welke momenteel in het laboratorium te Eindhoven worden beproefd. Voor de projectie-optiek is een Askania-douplet besteld, waarvan wij het eerste exemplaar in augustus verwachten.

2. Meetnauwkeurigheid.

Bij de meetmethode volgens Sénarmont blijkt de afwijkingshoek van de grote as van het licht, dat door de analysator-polaroid-plaat wordt opgevangen, volgens intern rapport T.H.E. van 4 maart 1961 te bedragen:

$$\Delta\left(\frac{\gamma}{2}\right) = -2 \varepsilon_1 \varepsilon_2 \sin \gamma + \varepsilon_1 \varepsilon_3 \cos \gamma + \varepsilon_2^2 (2 \sin \gamma - \frac{1}{2} \sin 2 \gamma) - \\ - 2 \varepsilon_2 \varepsilon_3 \cos \gamma \sin^2 \frac{\gamma}{2} + \frac{1}{8} \varepsilon_3^2 \sin 2 \gamma.$$

Om de totale fout van de meting te kennen, moet men bij deze  $\Delta\left(\frac{\gamma}{2}\right)$  nog optellen  $\varepsilon_4$ , de afwijkingshoek tussen resp. de polarisatierichting en de stand van het assenkruis van het punt van de analysator-polaroid-plaat en van het punt van de  $\frac{1}{4}$ - $\lambda$ -plaat.

In de veronderstelling, dat de hoekafwijkingen van de assenkruisen van dubbele breking van de diverse punten der  $\frac{1}{4}$ - $\lambda$ -platen van dezelfde grootte zijn als de hoekafwijkingen van de polarisatierichtingen van de diverse punten der polaroid-platen, kunnen wij het volgende zeggen over de nauwkeurigheid van de meting.

Wanneer voor de meting de volledige polaroid- en  $\frac{1}{4}$ - $\lambda$ -platen worden gebruikt, moet men voor  $\varepsilon_1$  en  $\varepsilon_2$  waarden verwachten van ongeveer

$\frac{1}{100}$  radiaal en voor  $\varepsilon_3$  van  $\frac{1}{18}$  radiaal. Geen van de termen van bovenstaande formule komt dus boven de  $\frac{1}{900}$ .

Samen zullen ze altijd klein zijn ten opzichte van de  $\varepsilon_4$ , die zeker op  $\frac{1}{200}$  radiaal geschat zal moeten worden, hetgeen overeenkomt met  $\frac{1}{600}$  fringe. Wanneer met deze nauwkeurigheid genoeg wordt genomen, kan men een toestel bouwen, waarbij gemeten wordt met een cel, die in de 5- of 10-voudig-vergrote afbeelding langs coördinaten verplaatst wordt, terwijl bij deze meting willekeurige punten van resp. de polarisator- $\frac{1}{4}$ - $\lambda$ - en analysator-plaat met elkaar samenwerken.

Omdat de Technische Hogeschool Eindhoven een meetnauwkeurigheid van  $\frac{1}{600}$  fringe voldoende acht, lijkt de beslissing eenvoudig: zodra de metingen aan de  $\frac{1}{4}$ - $\lambda$ -plaat uitwijzen, dat de boven omschreven veronderstelling omtrent zijn nauwkeurigheid juist is, wordt het apparaat in deze vorm gebouwd.

De opgave van Askania omtrent de nauwkeurigheid van zijn doublet brengt ons echter moeilijkheden.

Wij willen in staat zijn om "punten" van het model te meten en stelden als eis, dat zo'n "punt" geen grotere diameter dan 0,2 mm zou hebben. Daarom suggereerden wij in de "Erläuterung zur Zeichnung WE 60 105" een waarde van 0,01 mm voor  $a$ , zijnde de diameter van het cirkeltje in het vlak van de door het doublet gemaakte virtuele afbeelding van het modelvlak, dat in de ongunstigste omstandigheden alle lichtstralen bevat, die van één mathematisch punt van het modelvlak uitgingen. Askania kon voor deze  $a$  geen kleinere waarde dan 0,2 mm garanderen. Bij deze fout komt dan nog de afwijking van  $\frac{1}{4}\%$  in de proportionaliteit terwijl ook de projectielens nog fouten aan het geheel zal toevoegen. Het blijkt dus dat zelfs met deze dure projectie-optiek fouten worden geïntroduceerd, die het ons onmogelijk maken om zeker te weten, dat wij werkelijk de lichtstroom meten van het door ons gedefinieerde "punt" van het model.

Het is duidelijk dat het meten van de lichtstroom van een bepaald "punt" veel eenvoudiger kan gebeuren wanneer een speciaal voor dit doel gebouwde meetoptiek met een rechtgeleiding naar ieder "punt" wordt gebracht.

### 3. Voorgestelde opbouw van het apparaat.

De oorspronkelijke opzet wordt gerealiseerd, echter niet met 10-voudige vergroting, maar 5-voudige. Dit geeft ons de mogelijkheid tussen het vlak van het model en het eerste lensoppervlak van het doublet ongeveer de dubbele afstand te hebben van het minimum van 60 mm, dat wij nu hadden vastgesteld. Wij krijgen dus een afbeelding van 1 m diameter (vijf-voudige vergroting).

Door op de plaats van het model een zuiver rooster te plaatsen en een afbeelding hiervan met onze eigen optiek fotografisch op het beeldscherm vast te leggen, krijgen we daar een lijnenpatroon, waarin de kleine afwijkingfouten van onze optiek automatisch zijn gecorrigeerd.

Voor het verkrijgen van een overzicht van het gehele spanningspatroon in het model kunnen wij werken met lineair- en circulair-gepolariseerd licht, zowel monochromatisch als "wit."

Hierdoor kunnen wij bepalen, welke delen van het model voor nauwkeurige meting interessant zijn. Deze delen kunnen wij vastleggen met behulp van de coördinaten van de fotografische afbeelding.

Voor het meten bouwen wij naast de stralenbundel een draaibanksupport, waarmee een kleine meetinrichting op basis van de coördinaten van het projectiescherm zuiver tegenover ieder te meten "punt" van het model gebracht kan worden.

Deze meetinrichting bevat een kleine  $\frac{1}{4}$ - $\lambda$ -plaat, die goed aangepast kan worden aan het gebruikte monochromatische licht, zodat  $\epsilon_3$  veel kleiner kan zijn, en tevens een analysator (een klein stukje polaroid of een Nicol). Deze apparatuur vangt in iedere stand van het support de lichtstroom op, die één "punt" van het model doorlopen heeft, en meet met zijn fotocel hiervan slechts dat deel, dat geen grotere afwijking heeft dan  $\frac{1}{2}^\circ$  (of indien men wenst nog minder) van de as. De hierbij gebruikte optiek is in principe gelijk aan de combinatie: Askania doublet met projectielens, maar kan, doordat slechts licht wordt verwerkt van één "punt" van het model, klein en verhoudingsgewijs goedkoop zijn. De totale lengte, die door één of misschien twee prisma's wordt opgevouwen, blijft kleiner dan 1 m.

Een schijnbaar moeilijk punt in dit plan is de koppeling van de draaiing van de polarisator-plaat aan de draaiing van het  $\frac{1}{4}$ - $\lambda$ -plaatje van de meetapparatuur. Omdat echter aan de hoeknauwkeurigheid van deze draaiing, mede doordat  $\epsilon_3$  nu zoveel kleiner gekozen kan worden, geen hoge eis gesteld behoeft te worden (zie onze formule), kunnen wij een elektrische koppeling gebruiken.

Als wij bijvoorbeeld hiermede de stand van de polaroid-plaat met een max. hoekfout van  $\frac{1}{2}^\circ$  in overeenstemming kunnen brengen met de stand van het kleine  $\frac{1}{4}$ - $\lambda$ -plaatje en als tevens dit  $\frac{1}{4}$ - $\lambda$ -plaatje geen grotere afwijking in de retardatiehoek heeft dan  $\epsilon_3 < 1/100$  rad, spelen  $\epsilon_1$ ,  $\epsilon_2$  en  $\epsilon_3$  geen noemenswaardige rol in het meetresultaat.

Door deze constructie, die wij voorstellen met het doel om nauwkeurig te weten van welk "punt" van het model wij het licht meten, krijgen wij tevens een verbluffende meetnauwkeurigheid wat betreft de onderdelen van de fringes. Doordat immers in onze kleine meetapparatuur altijd hetzelfde punt van de  $\frac{1}{4}$ - $\lambda$ -plaat en van de analysator met elkaar samenwerken, wordt de  $\epsilon_4$  veel kleiner dan  $1/200$  radiaal en zijn we in staat de onderdelen van fringes nauwkeuriger te meten dan volgens T.H.E. nodig werd geacht. Dit behoeft echter nooit als een bezwaar aangemerkt te worden.

#### 4. Programma van de constructieve verwezenlijking.

In het kader van de algemene opzet van het ontwerp kan men de verschillende onderdelen splitsen in:

- A. delen, waarvoor praktisch geen voorstudie nodig is en waarvan dus de constructie snel kan worden aangepakt.
- B. delen met een belangrijke voorstudie.

Onder A zouden wij willen rangschikken:

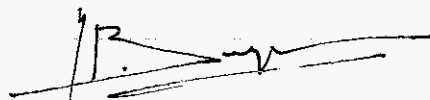
- a) het belastingstoestel;
- b) de vattingen en de draai-apparatuur voor de polaroid- en  $\frac{1}{4}$ - $\lambda$ -platen;
- c) de inrichtingen om de spanningstoestand van het model fotografisch vast te leggen.

Onder B zouden wij willen rangschikken:

- a) het lichtkanon;
- b) de fotometer inrichting.

De constructieve realisering van de onder A genoemde onderwerpen zou naar onze mening 1 juni 1961 moeten aanvangen en de constructieve realisering van de onder B genoemde onderwerpen uiterlijk 1 oktober 1961, zodat in de loop van 1962 de gehele apparatuur gerealiseerd kan worden.

Eindhoven, 24 april 1961



/dr ir J. Bergmans.