

Afdeling der Luchtvaart-
en Ruimtevaarttechniek
Technische Hogeschool Delft
Delft

Prins Maurits Laboratorium TNO
Organisatie voor Toegepast
Natuurwetenschappelijk Onderzoek
Rijswijk

Memorandum M-549
Rapport PML 1985-C-84
SFCC publikatie NO. 33

HANDLEIDING VOOR DE INSTELLING VAN DE LICHTGELEIDINGSOPTIEK TUSSEN DE VASTE BRANDSTOF VERBRANDINGSKAMER EN DE SPECTROGRAAF

T. Wijchers

Delft/Rijswijk

Januari 1986

Summary

In this report, a method to adjust the optical set up between the Solid Fuel Combustion Chamber (SFCC) and the spectrograph is described.

Chapter 2 consists of a brief description of the light path along the subsequent optical components.

In chapter 3, the spectrograph entrance slit illumination, needed for back light of the adjustment procedure, is installed (3.2). Then the set up in the rocket test stand is built (3.3). This manual ends with the adjustment of the optical set up for three different paths of detection.

This project is sponsored by the Technology Foundation (Stichting voor de Technische Wetenschappen) and the Management Office for Energy Research PEO (Stichting Projectbeheerbureau Energieonderzoek).

In addition, means and manpower are made available by a special funding from Delft University of Technology (Beleidsruimte), while also manpower and computer facilities are provided by the Department of Aerospace Engineering, Delft University of Technology and the Prins Maurits Laboratory TNO. This latter laboratory also provides the project with funding.

INHOUD

Samenvatting

1. Inleiding.
2. De werking van de optische opstelling.
3. Het installeren van de optische componenten.
 - 3.1. Selectie van in te stellen componenten.
 - 3.2. Verlichting van de intree spleet van de spectrograaf.
 - 3.3. Montage van de optische componenten in de proefstand voor geval a en b.
 - 3.4. Het instellen van de optiek voor geval a en b.
 - 3.5. Montage en instelling van de optische componenten in de proefstand voor geval c.

1. Inleiding

Om spectroscopie te bedrijven is het noodzakelijk dat het licht, afkomstig van de Vaste Brandstof Verbrandingskamer (VBVK), vanuit de proefruimte naar de spectrograaf wordt gebracht.

De beste methode om dit licht met zowenig mogelijk verlies en onder de juiste ruimtehoek, aan de intree spleet van de spectrograaf toe te voeren bleek een samenstelling van lenzen en spiegels te zijn.

Dit memo heeft tot doel een beschrijving te geven van de instelling van deze optische opstelling tussen VBVK en spectrograaf. Het begrijpen van deze beschrijving, zonder dat men de opstelling voor zich ziet en er eventueel mee kan manipuleren, zal moeilijk zijn voor diegenen die weinig of niet met optische componenten hebben gewerkt.

Belangrijk voor de instelling is het in acht nemen van de juiste volgorde van handelingen zoals die hier worden aangegeven. Zeer belangrijk is voorts de grote zorgvuldigheid waarmee met optische componenten moet worden omgegaan. Een lens bijvoorbeeld, die aan beide zijden bedekt is met vingerafdrukken, heeft als gevolg van dit vuil slechts ca. 85% van de oorspronkelijke transmissie. Zou alle optiek van de opstelling aldus verontreinigd zijn, dan is van de oorspronkelijke transmissie slechts ongeveer de helft over. Het is gewenst dat alleen oordeelkundig personeel de spectrograaf opent en daarin manipulaties uitvoert. Het rooster in de spectrograaf moet zeer zorgvuldig worden behandeld; dat wil zeggen het mag onder geen beding worden aangeraakt.

2. De werking van de optische opstelling

Licht, uitgezonden door de VBVK, kan langs drie principieel verschillende wegen naar de spectrograaf worden geleid (zie fig.1):

geval a) van de vlam in de VBVK door de transparante wand naar achtereenvolgens spiegel M2, lens L1, spiegel M3, spiegel M4 en lens L2,

geval b) van de uitlaatvlam langs dezelfde componenten als vermeld in a,

geval c) van de vlam in de VBVK via een (kwarts) venster in de wand van de injectiekamer en vervolgens via M1 en de componenten die zijn vermeld in a.

Lens L2 is zodanig opgesteld dat diens brandpunt F2 samenvalt met het middelpunt van de intree spleetopening S van de spectrograaf. Een evenwijdige bundel, invallend langs de as van L2 komt dus samen in het middelpunt van S.

Bij goed opgestelde vlakke spiegels M3 en M4 is deze evenwijdige bundel afkomstig van lens L1. Dit licht kan dan slechts afkomstig zijn van een puntvormige lichtbron in het brandpunt F1 van L1. Licht, afkomstig van F1 wordt in deze opstelling dus samengebracht in punt F2 in het middelpunt van S; het lichtpunt F1 wordt scherp afgebeeld in F2 op S.

Omdat echter bij gewijzigde opstelling van L1 en L2 ook een scherpe afbeelding van een zeker punt P en S mogelijk is, spreken we in het algemeen hier van het zogenaamde detectiepunt P, dat per definitie scherp op het middelpunt van S wordt afgebeeld.

Het licht vanuit P wordt dus, via de optiek, optimaal door S doorgelaten.

Licht dat afkomstig is van punten P1 vóór of achter detectiepunt P worden onscherp (als schijfje) afgebeeld op S. Dit licht wordt dus minder optimaal door S doorgelaten, wordt dus minder optimaal gedetecteerd, en wel minder naarmate P1 verder van P is verwijderd. Het detectie volume heeft de vorm van twee afgeknotte kegels die met de stompe toppen naar elkaar toegekeerd en verbonden zijn. De top van elk van deze kegels bestaat uit de afbeelding van S ter plaatse van P.

3. Het installeren van de optische componenten

3.1. Selectie van in te stellen componenten

De spectrograaf en lens L2 zijn vast en optimaal opgesteld; operationeel dient aan hun opstelling niets te worden veranderd.

De instelling van de optiek tussen L2 en de VBVK beperkt zich tot de hoek instelling van de spiegels M4, M3, M2 en voor geval c M1, en tot de plaats instelling langs de optische balk van de spiegels M3, M2 en de lens L1.

De monteringen voor de optische componenten zijn zodanig ontworpen en vervaardigd, dat alle componenten onderling optimaal gefixeerd zijn langs de overige vrijheidsgraden, mits de instelling van de opstelling correct is uitgevoerd.

3.2. Verlichting van de intree spleet van de spectrograaf

Bij de instelling van de optiek wordt gebruik gemaakt van de omkeerbaarheid van de stralingsrichting langs dezelfde weg.

We beelden de intree spleet opening S scherp en met maximum efficiëntie af in het detectiepunt P, waarvan de juiste plaats ten opzichte van de VBVK vooraf is vastgesteld. Hiertoe wordt de verlichting van de intree spleet van binnen uit de spectrograaf als volgt ingesteld:

- 1) Belangrijk ! Wees er zeker van dat de eventueel aan de spectrograaf gemonteerde OMA-detector is uitgeschakeld.
- 2) Open het bovenluik aan de spleetzijde van de spectrograaf. Zorg hierbij dat er weinig of geen direct licht op de detector valt.

Waarschuwing 1

De nu volgende manipulaties in de spectrograaf vinden dicht bij het rooster plaats. Reeds vluchtig aanraken van dit rooster (f 9000,-) met welk voorwerp dan ook veroorzaakt op die plaats een, voor het oog onzichtbare doch onherstelbare beschadiging, waardoor de kwaliteit van het rooster blijvend is verminderd. Aanraken moet dus altijd worden vermeden.

Waarschuwing 2

In de spectrograaf zijn zwarte schermen aangebracht. Deze zijn belangrijk omdat zij het strooilicht afschermen. Ze zijn dun en enkele hebben een rand van zwart plakband. Deze schermen laten het bedoelde licht net passeren; zorg er daarom voor dat ze niet verbuigen of dat randen worden beschadigd, omdat anders de efficiëntie afneemt en er fout gekalibreerd wordt.

- 3) Breng de licht afsluit dop aan op de montagebuis van de detector aan de binnenzijde van de spectrograaf.
Neem de volgende punten door met behulp van figuur 2.

- 4) Selecteer de hulplens L3 binnen de spectrograaf door de oranje klemschroef los te draaien. Breng de bevestigingsring waaraan de lens is bevestigd tot dicht bij het uiteinde van de staaf en zet de ring voorlopig vast met de lens er loodrecht onder.

- 5) Draai de intree spleet geheel open (ca. 3 mm) en stel de hoogte in op ca. 5 mm.

- 6) Plaats de halogeenlamp op voet in de spectrograaf op ca. 90 mm vanaf L3. De hoogte van de gloeidraad boven de bodem van de spectrograaf moet ca. 96 mm bedragen. Deze hoogte is meestal reeds ingesteld. Het is de bedoeling dat de halogeenlamp door de hulplens op de intreespleet scherp wordt afgebeeld. Hierdoor komt een maximale hoeveelheid licht door de spleet naar buiten langs de

as van L2, in het vervolg kortweg as genoemd.

Zorg ervoor dat de lengte richting van de gloeispiraal van de lamp, loodrecht op de as staat.

7) We zien, na wat schuiven met de lamp in een richting loodrecht op de as, een wazige min of meer ronde lichtvlek op papier voor de buis van L2 als gevolg van de uittredende lichtkegel. Deze kegel wordt begrensd door de vassing van L3 (zie figuur 3). De uittredende lichtkegel moet symmetrisch om de as liggen; de lichtvlek moet dus in het midden van de buis opening vallen.

8) We zetten deze lichtvlek in het midden van de buis opening door een kleine verplaatsing van L3 loodrecht op de as (dus draaing om de bevestigingsring). Verdwijnt de vlek dan krijgen we deze terug door een kleine verplaatsing van de lamp loodrecht op de as. We herhalen dit punt 8 totdat de vlek goed en helder in het midden wordt bevonden. De lamp ligt nu op de as. Zorg dat L3 vast zit.

9) We bepalen nu langs de as de optimale plaats van de lamp waarbij deze scherp op S wordt afgebeeld. We kunnen dit beeld op S niet zien. We vinden de juiste plaats echter door na te gaan waar op de as een bepaalde verplaatsing van de lamp loodrecht op de as aanleiding geeft tot de snelste afname in intensiteit van de lichtvlek.

10) Regelen we de spleethoogte dan zien we de helderheid van de vlek pas verminderen wanneer die hoogte kleiner wordt dan ca. 3 mm.

Stel de helderheid door middel van deze hoogte regeling (niet de breedte regeling) in op ca. 50% van de maximum helderheid. De hoogte is dan 2 à 3 mm.

De intree spleet wordt nu op de juiste manier van binnen uit de spectrograaf verlicht. Houden we het witte papier ter controle achter lens L2, dan zien we aan de lichtvlek dat deze lens homogeen doorstraald wordt door de in het vervolg te noemen proefbundel.

3.3. Montage van de optische componenten in de proefstand voor geval a en b

Aangenomen wordt dat de statieven die de optische balk dragen, reeds op de juiste manier zijn opgesteld, dat wil zeggen, de klemmen voor de balk zijn in elkaars verlengde gericht langs een lijn evenwijdig aan de as van de VBVK opstelling.

1) Hang de balk op en monteer M2 overeenkomstig de juiste detectie richting boven het detectie punt P van de VBVK of de uitlaatvlam. Het is goed hierbij de balk zo aan te brengen dat deze bij M2 en statief St1 zoweinig mogelijk uitsteekt (zie figuur 3).

2) Monteer L1 zodanig dat de ruimte tussen de ruiters van M2 en de dichtst bijzijnde ruiters van L1 ca. 280 mm bedraagt.

3) Monteer M3 zodanig dat tussen de vattings van L1 en M3 minstens enkele centimeters vrij zijn.

Controleer of de klemmen van de balk, van M2 van M3 en van L1 stevig zijn aangedraaid!

4) Stel M3 met de fijnregeling in op neutraal, dat wil zeggen, de beide schijfvormige delen van de montering van M3 zijn onderling evenwijdig. Stel de montering van M3 in met de verticale bevestigingsbout aan de ruiters zodanig dat de montering een hoek van 45° maakt met de ruiters (en dus met de balk).

De optiek in de proefruimte is nu geplaatst en moet vervolgens worden ingesteld.

3.4 Het instellen van de optiek voor geval a en b

- 1) Schakel de, in 3.2 beschreven, intree spleet verlichting in.
- 2) Stel M4 om de horizontale- en verticale as zodanig in dat de uittreedende proefbundel van M4, spiegel M3 vol en symmetrisch omvat.
- 3) Stel M3 zodanig in dat de L1 verlatende lichtkegel het midden van M2 treft (te controleren met wit papier). Als M3 in dit punt 3 veel moest worden bijgesteld, dan kan het nodig zijn punt 2 en dit punt te herhalen. Eventueel kan M3 langs de balk versteld worden (daarna weer goed vastzetten) om L1 goed uit te lichten. Controleer veiligheidshalve.
Zijn punt 2 en 3 goed doorlopen dan zien we dat L1 symmetrisch verlicht is door de proefbundel.
- 4) Stel M2 om de horizontale- en verticale as zodanig in dat de proefbundel de VBVK-as onder de gewenste hoek van de detectierichting treft.
- 5) Verschuif M2 langs de balk zodanig dat het detectiepunt P door de bundel wordt getroffen. Zet M2 vast.
- 6) Nu moet alleen het brandpunt F1 van L1 nog samenvallen met P.
Draai daartoe M2 om de verticale as (met de fijnregeling) zodanig dat de proefbundel langs die zijde van de VBVK scheert waar de bundel niet door een draadstang wordt onderschept. Voor geval b (meting achter de VBVK) is deze laatste draaiing niet nodig. Ga voor b door met punt 8, laat 9 weg.
- 7) Op een afstand van M2, gelijk aan de afstand van M2 tot P, houden we een papier in de bundel; we zien een heldere lichtvlek die in het algemeen niet scherp begrensd is.
- 8) We verschuiven uitsluitend lens L1 (natuurlijk weg de gehele buis) langs de balk totdat we een scherp begrenste lichtvlek zien; dit is het beeld van de intree spleet opening. Zet L1 vervolgens weer vast.

Opmerking

Omdat in de spectrograaf de halogeenlamp door middel van de hulplens op de intree spleet is afgebeeld zien we in het beeld van de intree spleet opening bovendien een afbeelding van de gloeidraden. Stel echter door middel van L1 scherp op de begrenzing van de intree spleet opening.

- 9) We draaien M2 om de verticale as weer zodanig terug dat de proefbundel door P gaat.
De opstelling tussen VBVK en spectrograaf is nu ingesteld. Om de opstelling gebruiksklaar te maken nemen we nog de volgende maatregelen:
- 10) Alle ruiters van de balk moeten stevig vastzitten. Blijkt dat niet het geval te zijn, dan is er ingesteld op losse onderdelen en moet de instelling herhaald worden met vastgezette onderdelen.
- 11) Verwijder de halogeenlamp uit de spectrograaf.
- 12) Draai de hulplens L3 weg van de as en zet deze dicht bij de intree spleet vast.
- 13) Stel intree spleet S in op de gewenste breedte en hoogte. Deze hoogte is voor de OMA detector minstens 3 mm.
- 14) Verwijder de licht afsluit dop van de detector montage buis. Zorg hierbij voor minimaal direct op vallend licht op de detector.
- 15) Sluit de spectrograaf door het luik te plaatsen, en de schroeven met de hand losjes aan te draaien, terwijl het luik met de hand wordt neergedrukt.
- 16) Monteer de bedieningsknop van de klapspiegel. De opstelling voor geval a en b is nu voor gebruik gereed.

3.5 Montage en instelling van de optische componenten in de proefstand voor geval c.

- 1) Monteer spiegel M1 op het daartoe dienende en goed geplaatste statief.
- 2) Monteer de balk van 1,5 m lengte met M2, L1 en M3 zodanig dat M2 recht boven M1 en L1 zo dicht mogelijk bij M2 is (de monteringen van L1 en M2 raken elkaar). Spiegel M3 wordt slechts enkele cm van de vassing van L1 verwijderd opgesteld. Controleer dat het midden van M1 op of nabij de VBVK-as ligt.
- 3) Doorloop de punten 1, 2 en 3 van 3.4. We zien bij punt 3 dat de licht kegel van L1 M2 iets overlapt.
- 4) Stel M2 om de horizontale- en verticale as zodanig in dat M1 door de lichtkegel van M2 in het midden wordt getroffen.
- 5) Spiegel M1 is uitsluitend om diens verticale bevestigingsbout in te stellen. Zet M1 enigzins vast en draai deze spiegel vervolgens zodanig dat de bundel van M1, in verticale richting gezien, het VBVK-venster in het midden treft. De bundel kan het venster nu nog boven of onder het midden treffen. Deze afwijking wordt als volgt weggenomen:
- 6) Verschuif L1 en M2 tezamen, de onderlinge afstand blijft dezelfde, over een bepaalde (kleine) afstand.
- 7) Draai M2 zodanig om uitsluitend de horizontale as dat M1 weer in het centrum door de proefbundel vanaf M2 getroffen wordt.
- 8) De bundel die het venster treft is nu verticaal verplaatst ten opzichte van de situatie in punt 5. Is deze verplaatsing juist in de verkeerde richting geweest, dan moeten punt 6 en 7 herhaald worden maar met instellingen in omgekeerde richting. Herhaal 6 en 7 totdat de bundel in het midden van het venster wordt bevonden.
- 9) De opstelling van geval c is nu tussen de VBVK en de spectrograaf ingesteld op het centrum van het venster van de VBVK. Neem nota van de twee opmerkingen na punt 10.
- 10) Doorloop de punten 10 t/m 16 van 3.4. om de gehele opstelling gebruiksklaar te maken.

Opmerking 1

We hebben voor geval c geen aandacht geschonken aan de plaats voor het brandpunt F1 en L1. Dit punt bevindt zich, als gevolg van de maten van de onderdelen van L1 en M2 op dit moment, in de injectiekamer. Door inkorten van de buis van L1 en vergroten van de spiegel M2 is het mogelijk dit punt dichterbij de VBVK te brengen. Erg zinvol is dit echter niet.

Opmerking 2

Zoals in punt 9 vermeld, is de optiek nu ingesteld op het midden van het venster. De as van de lichtkegel die wordt gedetecteerd hoeft echter niet samen te vallen met de as van de injectiekamer doordat bijvoorbeeld de injectiekamer schief staan ten opzichte van de optiek-as. Resulterende vignettering van de diafragma opening van de injectiekamer kan de te meten straling verminderen. Deze eventuele vignettering is te constateren door het licht van de proefbundel op een wit papier achter de injectiekamer te laten vallen. Hoewel dit probleem zich praktisch weinig zal voordoen, volgt hier ter completering een beschrijving van de herinstelling van M2 en M1 om bovengenoemde afwijking ongedaan te maken. We gaan van punt 9 hierboven naar punt 11.

11) Op M1 ziet men bij zwak omgevingslicht, in het (weinige) vuil op deze spiegel, twee lichtvlekken; een grote (zwakke) vlek V2, afkomstig van de proefbundel vanuit M2, en een kleine (helderder) vlek V1, afkomstig van de proefbundel reflectie aan het VBVK venster.

In het volgende nemen we aan dat het venster loodrecht op de as van de injectiekamer staat.

De proefbundel as valt samen met de VBVK-as, dus staat loodrecht op het venster,

als V1 in het centrum van V2 ligt. In het algemeen zijn deze vlekken, na de bovenstaande instelprocedure te hebben doorlopen, echter niet concentrisch, want de optiek as (door het midden van het venster) staat niet precies loodrecht op het venster. We centreren beide lichtvlekken V1 en V2 eerst in horizontale-, daarna in verticale richting.

Horizontaal

12) Draai M1 voorzichtig zodanig om diens verticale as dat vlek V1 in de richting van het midden van V2 beweegt. Nu echter gaat de proefbundel, in horizontale richting, niet meer door het midden van het venster.

13) Draai M2 zodanig om diens verticale as dat de proefbundel in horizontale richting weer door het midden van het venster gaat.

We zien nu twee veranderingen ten opzichte van de uitgangssituatie van punt 9: De vlekken V1 en V2 zijn nu meer concentrisch, en V2 ligt niet meer in het midden van M1.

14) Herhaal 12 en 13 totdat, in horizontale richting, V1 en V2 concentrisch worden bevonden.

Verticaal

15) Draai M2 zodanig om diens horizontale as dat V1 in de richting van het midden van V2 beweegt (beide vlekken bewegen echter). Nu gaat echter de proefbundel, in verticale richting, niet meer door het midden van het venster.

16) Verschuif M2 en L1 tezamen (dus over dezelfde afstand) zodanig langs de balk, dat de proefbundel in verticale richting weer door het midden van het venster gaat.

We zien (overeenkomstig in punt 13) nu dat V1 en V2 in verticale richting meer concentrisch zijn dan in punt 9 en dat V1 in verticale richting niet meer in het midden van M1 ligt.

17) Herhaal 15 en 16 totdat V1 en V2 in verticale richting concentrisch worden bevonden.

18) De optiek is nu optimaal voor geval c ingesteld. Doorloop de punten 10 t/m 16 van 3.4 om de opstelling gebruiksklaar te maken.

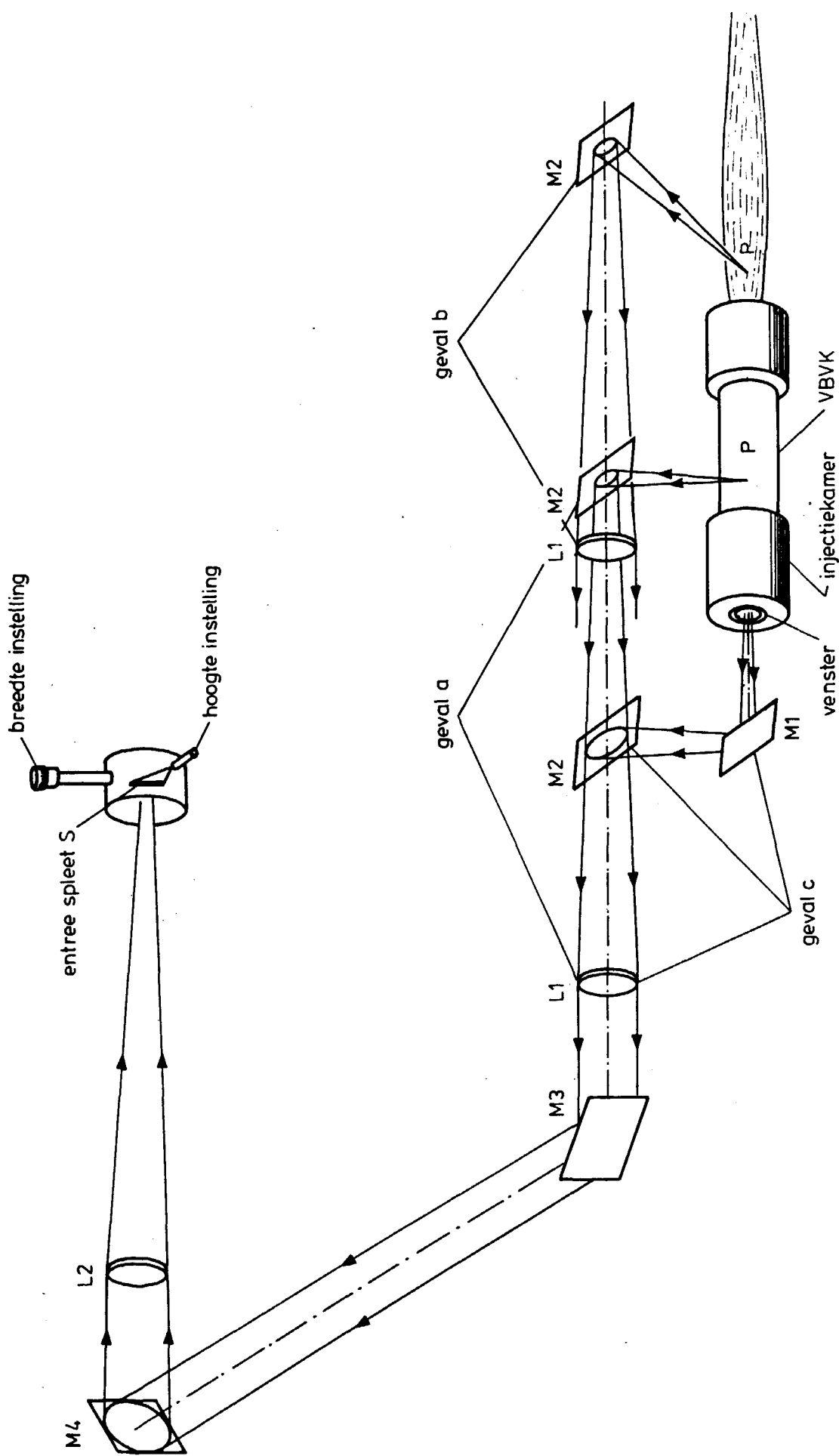


Fig. 1 Optische opstelling tussen de VBVK en de spectrograaf met entree spleet S (niet op schaal). De plaats van lens L1 en spiegel M2 is schematisch weergegeven voor de drie detectie richtingen met overeenkomstige opstellingen a, b en c.

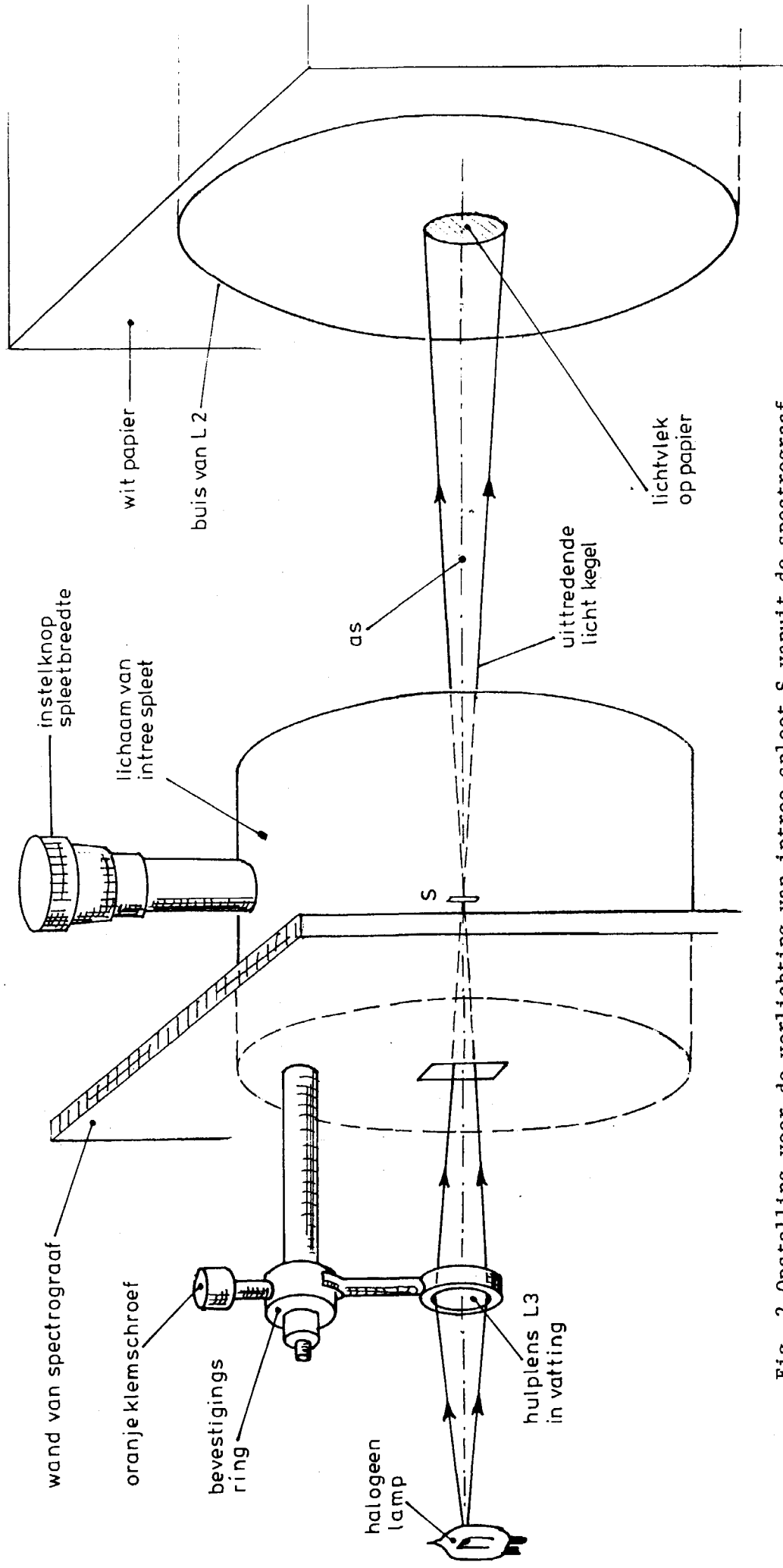


Fig. 2 Opstelling voor de verlichting van intree spleet S vanuit de spectrograaf (niet op schaal). Na voltooiing van de instelling van de opstelling tussen VBVK en spectrograaf, wordt de halogeen lamp verwijderd uit de spectrograaf en de hulpiens L3 weggedraaid.

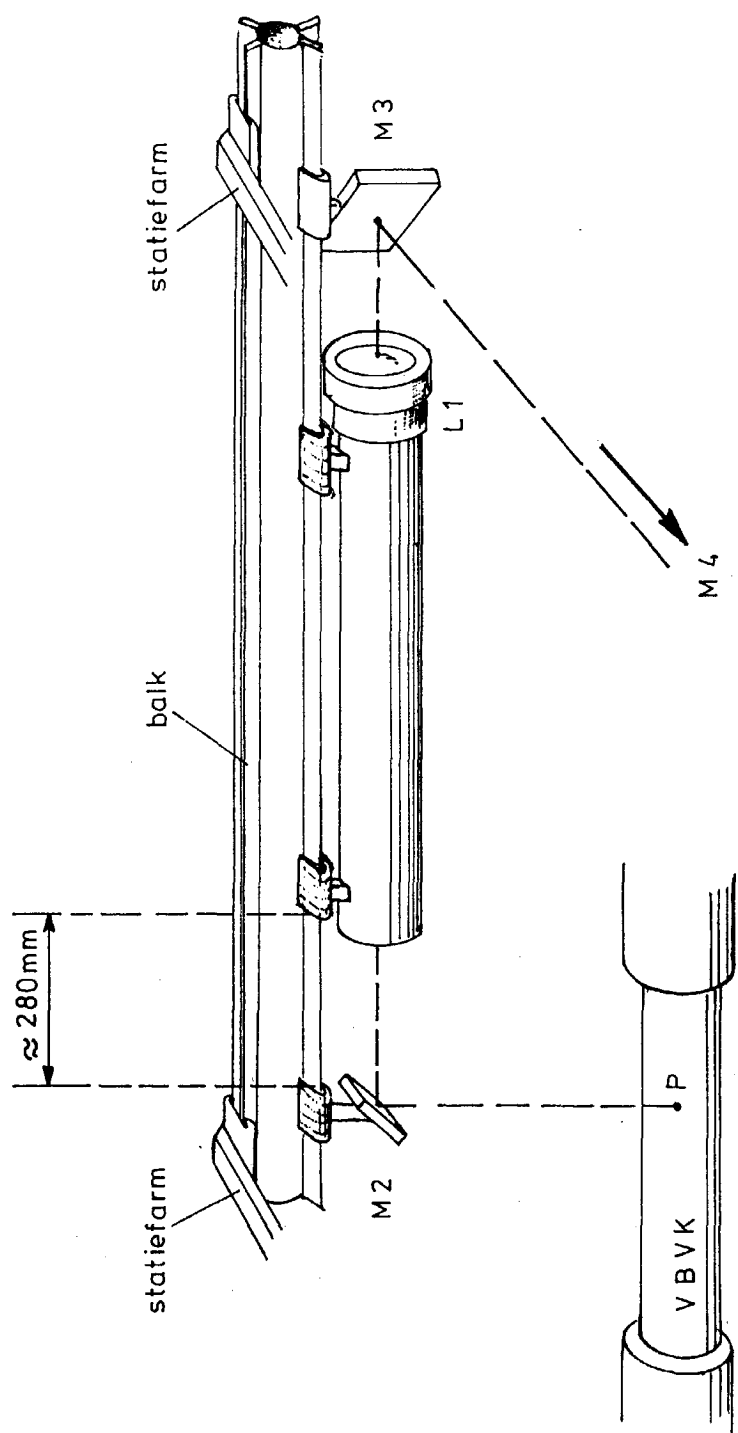


Fig. 3 Plaatsing van de optische balk en componenten M2, L1 en M3 t.o.v. de VBVK en de statiefarmen.