

# Het verleggen van de uittreepupil van een werkplaats- microscop

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

Struik, K. G. (1971). *Het verleggen van de uittreepupil van een werkplaats-microscop*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Laboratorium voor mechanische technologie en werkplaatstechniek : WT rapporten; Vol. WT0258). Technische Hogeschool Eindhoven.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1971

**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.



technische hogeschool eindhoven

laboratorium voor mechanische technologie en werkplaatstechniek

blz. 1 van 15 blz.

rapport nr. 258

rapport van de sectie:

codering:

M.3

titel:

Het verleggen van de uittreepupil  
van een werkplaat microscop.

auteur(s):

K. G. Struik.

trefwoord:

uittreepupil

sectieleider:

Drs. J. Koning.

hoogleraar:

Prof. Dr. P. C. Keenstra.

samenvatting

Het kan bij optische apparatuur  
voorkomen dat de uittreepupil - dat is de plaats  
waar men het oog houdt als men in een microscop  
kijkt - op een zodanige plaats ligt dat dit bij  
langdurig meten als hinderlijk wordt onderhouden.  
Er wordt in dit rapport een methode beschreven  
om de uittreepupil van een werkplaat micro-  
scop te verleggen waarbij vergroting en  
gemichtveld dezelfde blijven.

prognose

datum:

7-1-71

aantal blz. 15

geschikt voor  
publicatie in:

Uitree pupil (U.P.) :

Hieronder verstaan we het beeld dat door het oculair van het diafragma gevormd wordt, dit ligt meestal 12-15 mm. buiten het oculair. Alle lichtstralen die van het voorwerp komen en door het diafragma gaan zullen ook door de U.P. gaan.

Gerichtsveld, geeft de begrenzing van het "bruikbare" gedeelte van het voorwerpsvlak, welke nog juist een hoofdstraal door het stelsel kan sturen. Dit gedeelte van het voorwerpsvlak zal een cirkel zijn met een diameter  $d$ , die later berekend zal worden.

Microscop :

Om een voorstelling te krijgen van de stralengang in een microscoop, is in fig 7 de stralengang voor de beeldvorming in een sterk vereenvoudigd model weer gegeven.

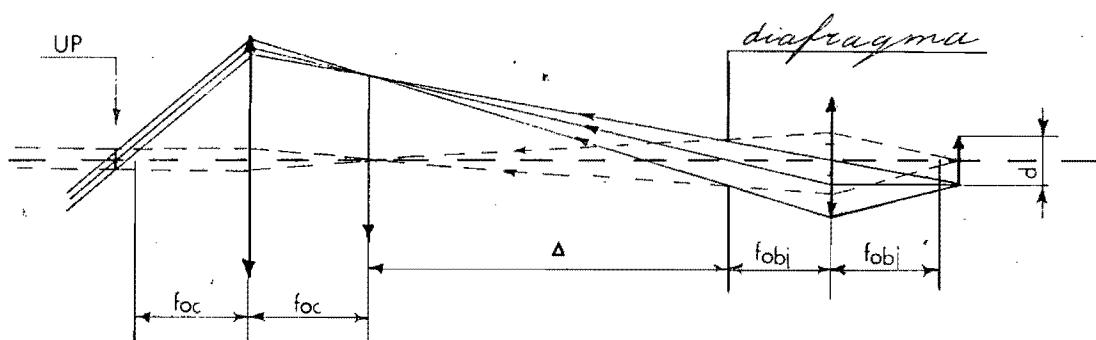


fig 7 stralengang in microscoop. Het diafragma is voor telecentrische afbeelding, waarop hier niet verder ingegaan wordt. Zie Hodam pag 129.

De getrokken lijnen geven de loop van de stralen weer welke vanuit de voet van het voorwerp vertrekken; de stippel lijnen doen dit voor het midden van het voorwerp. We zien dat het oculair zodanig geplaatst is dat het beeld van het voorwerp, welk door het objectief gevormd wordt in het brandvlak van het oculair valt, hierdoor zullen alle lichtstralen welke vanuit één punt van het voorwerp vertrekken onderling evenwijdig uit het oculair treden, waar door het mogelijk is het voorwerp met een ongeaccomodeerd oog waar te nemen.

Voor de totale vergroting  $V$  geldt:

$V =$  lineaire vergroting van het objectief  $\times$   
 angulaire vergroting van het oculair.

In formule  $V = - \frac{\Delta}{f_{obj}} \times \frac{250}{f_{oc}}$  1

waarin  $\Delta =$  tubuslengte in mm. welke vaak 160 mm. is

$f_{obj} =$  brandpuntsafstand van het objectief in mm.

$f_{oc} =$  brandpuntsafstand van het oculair.

250 mm is de afstand van het nabijheids punt.

Het - teken komt er in omdat het beeld op zijn kop staat.

Indien men nu een oog op de plaats van de U.P. houdt ziet men een cirkel waarvan de diameter  $d_3$  op de volgende manier is te bepalen zie fig 2.

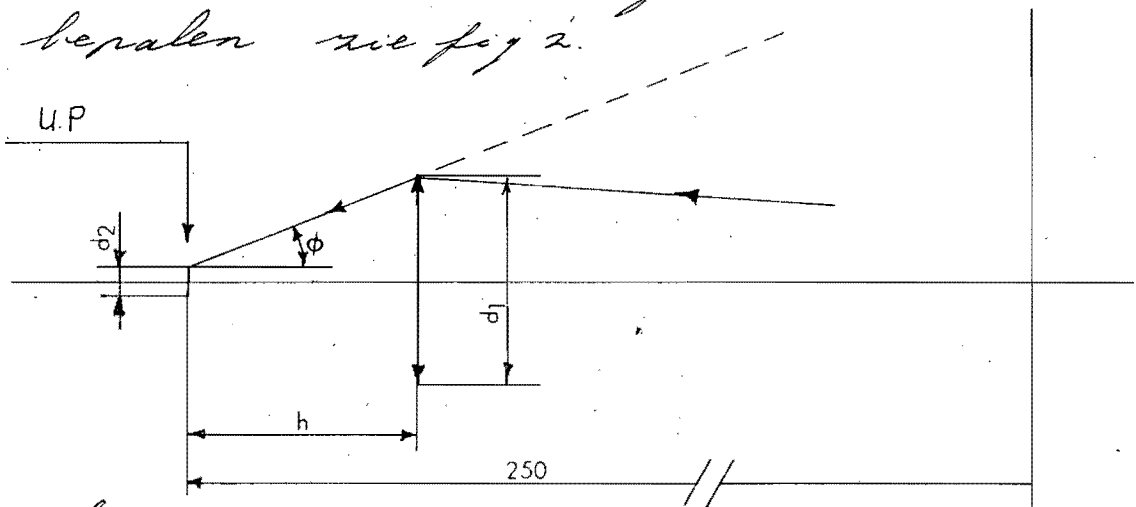


fig 2.

nabijheidsvlak

$d_1$  = diameter oculair

$d_2$  = diameter U.P.

$$\tan \phi = \frac{d_1 - d_2}{2h}$$

$d_3$  is diameter in het nabijheids punt en is ongeveer  $500 \tan \phi$

Voor de werkplaats microscoop is  $\tan \phi \approx \frac{6}{14}$  en  $d_3$  dus  $\approx 500 \cdot \frac{6}{14} \approx 200$  mm.

Als nu de afmeting van het grootste voorwerp  $d$  in kunnen we voor de vergroting ook

$$schrijven \quad V = \frac{d_3}{d} = \frac{500 \tan \phi}{d}$$

$$\text{of } d = \frac{500 \tan \phi}{V} \quad 2.$$

We zien dat de diameter van het gezichtsveld omgekeerd evenredig is met de vergroting.

## Uitvoering.

Hoals gebleken is hebben we te maken met twee soorten afbeeldingen en wel

- afbeeldingen van voorwerpen en beelden
- afbeeldingen van pupillen.

We bekijken eerst de afbeelding van de evenwijdige bundels welke uit de microscop komen door de uitree pupil.

Plaatsen we een lens achter de voorpronkelijke U. P. dan zullen de evenwijdige stralen naar het brandvlak hiervan convergeren en hier een reëel beeld vormen welk alleen op een scherm is waar te nemen.

Door een 2<sup>e</sup> lens achter de eerste te plaatsen op een afstand  $2f$  zijn de uitredende bundels weer onderling evenwijdig. Het gezichtsveld blijft gelijk als de lichtstraal welke onder de maximum hoek  $\phi$  invalt op de eerste lens zodanig gebroken wordt dat hij nog op de tweede lens valt.

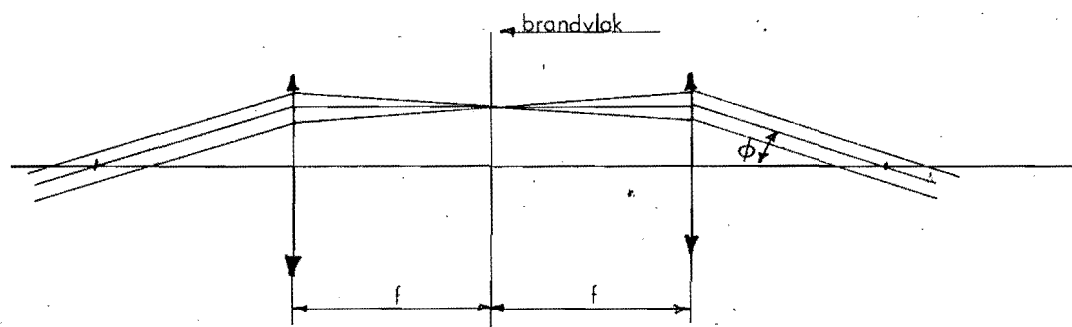


fig 3. stralengang van de beeldstralen uit het oculair  
zie fig 1

Het is het geval als hij door het brandpunt van de eerste lens invalt. De uitgaande straal gaat nu door het brandpunt van de andere lens. zie fig 3 voor de stralengang.

Voor de afbeelding van de U.P. geldt dat  $2f = v_1 + b_2$  is, en de vergroting  $-1$  (zie bylage 7)

Mede uit het bovenstaande volgt dat de afbeelding het gunstigst is als  $v_1 = f$  en dus ook  $b_2 = f$ . Voor stralengang zie fig 4.

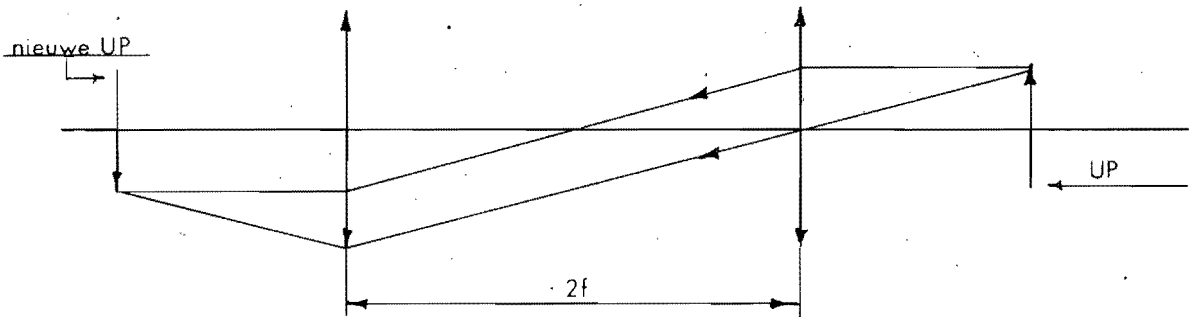


fig 4. Afbeelding van de U.P.

We zien dus dat onze nieuwe U.P. gelijk is aan de oorspronkelijke en dat het beeld wat we waarnemen even groot is maar omgekeerd staat.

De U.P. is nu  $4f$  verschoven, voor een maximale verplaatsing zouden we  $f$  dus graag zo groot mogelijk nemen. We kunnen  $f$  niet willekeurig groot nemen

omdat bij gelijkblijvend gerichtsveld de lichtstraal welke onder de maximum hoek  $\phi$  uit het oculair breekt nog op de lens moet vallen. Voor de diameter  $d_4$  van de lenzen kunnen we uit fig 5 afleiden dat

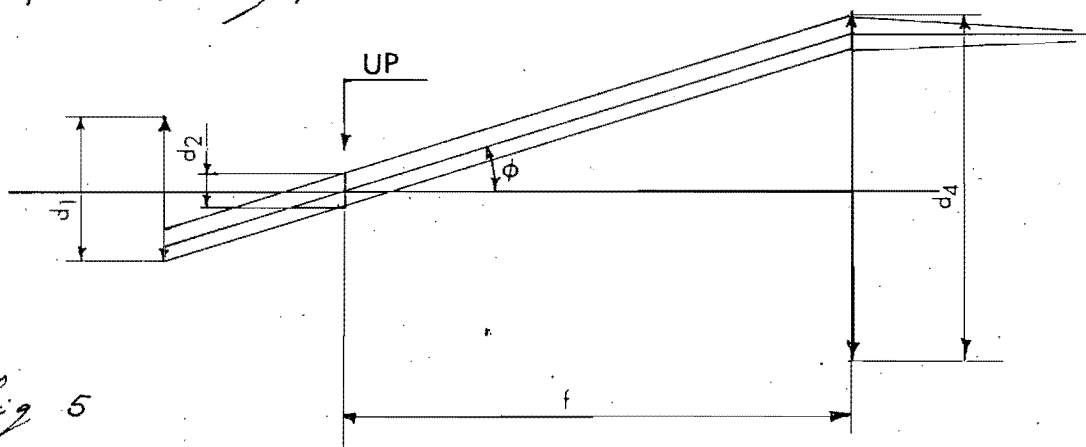
$$d_4 = 2f \tan \phi + d_2$$


fig 5

De gebruikte lenzen hebben een brandpuntsafstand  $f$  van  $\approx 33$  mm,  $d_2 \approx 2$  mm met deze gegevens vinden we  $d_4 \approx 30$  mm. De gebruikte lenzen hebben een diameter van 27 mm, welke dus redelijk voldoende. De u.p. is nu  $4f \approx 130$  mm. verlegd. Bij gebruik van lenzen met grotere brandpuntsafstanden geeft dit ook een grotere diameter van de lenzen, waardoor het geheel groter, zwaarder en minder gemakkelijk te monteren zal zijn.

Om de u.p. nu nog verder te verleggen hebben we achter dit stelsel een tweede stelsel lenzen geplaatst welk gelijk is aan het eerste.



In de buurt van de U.P. lopen de lichtstralen, welke beeld en pupil vormen dicht bij de optische as waardoor we met behulp van een klein prisma de intredende en uit-tredende bundel een hoek met elkaar kunnen laten maken. We hebben een prisma gebruikt waarbij de intredende en uit-tredende bundel een hoek van  $145^\circ$  met elkaar maken. Doordat er in het prisma 2 reflecties plaats vinden is de totale breking tussen de intredende en uit-tredende lichtstralen onafhankelijk van de invalshoek. (zie bijlage II)

Als we nu het prisma wat schiep zetten, wat gedaan is om hinderlijke lichtreflecties te voorkomen, zal dit geen invloed hebben op de stralen gang.

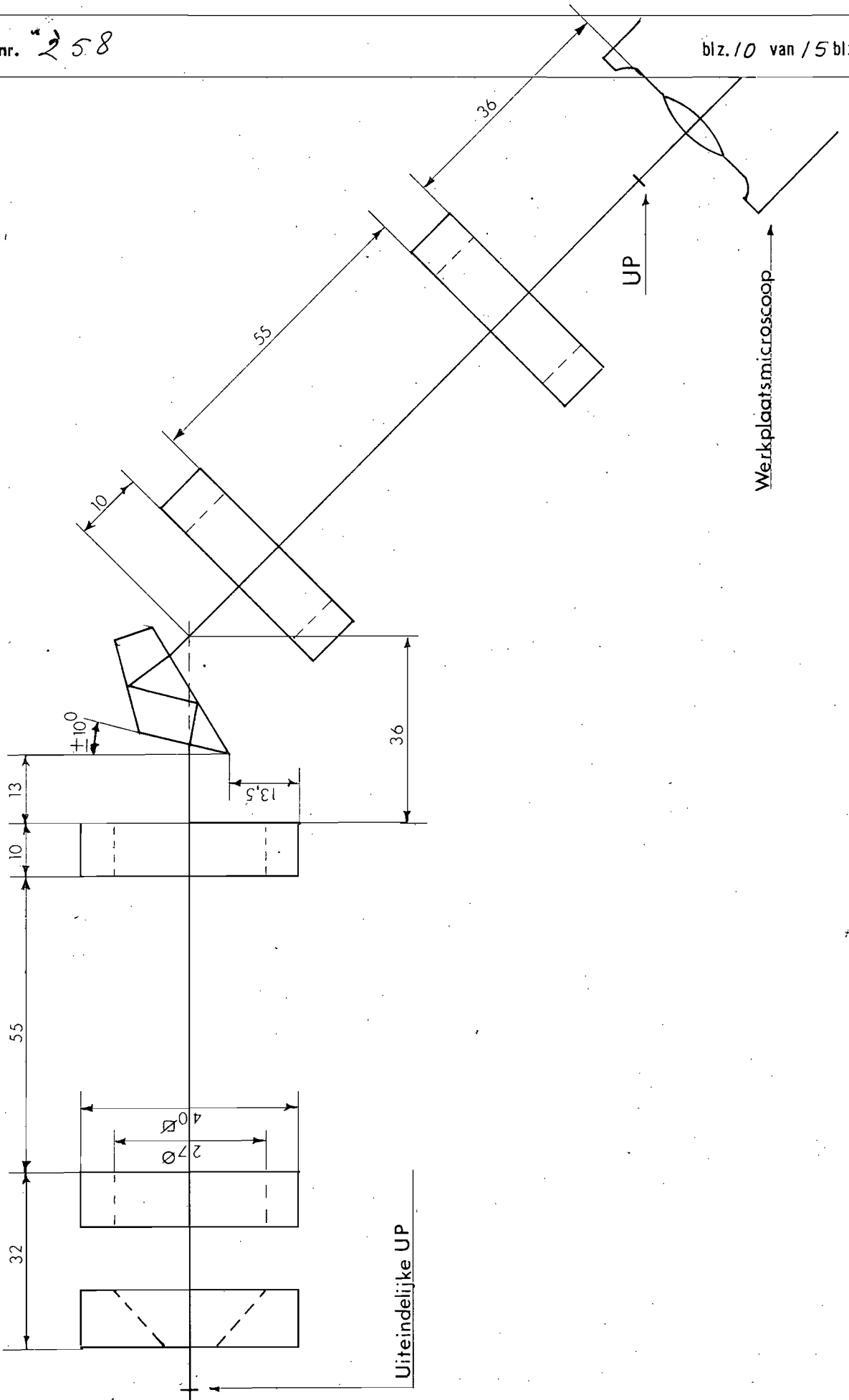
Een tweede voordeel van deze 2 stelsels is dat het eerste en het tweede stelsel beide het beeld omkeren, terwijl het prisma hiervan geen invloed heeft waardoor het beeld dat we zien als we door de uittree pupil kijken weer recht op staat.

De uiteindelijke U.P. is ongeveer 30 mm. achter de laatste lens gelokaliseerd, om nu het waarnemen gemakkelijker te maken hebben we  $\pm 13$  mm voor de uiteindelijke U.P. een plaatje geplaatst met een gat erin. Indien men nu "door het gat kijkt", bevindt de oog pupil zich juist in de uittree pupil, als men een bril

draagt zal men het plaatje iets moeten verschuiven.

Fig 6 geeft een beeld v.d. realisatie van het stelsel terwijl II op bijgaande foto het geheel aangeheld niet op een werkplaat microscop.





### Bylage I

De afstand van de beide lenzen is  $2f$ , stel dat de plaats van de U.P. van de werkplaatsmicroscopie zich op een afstand  $v_1$  van lens I bevindt. zie fig 7

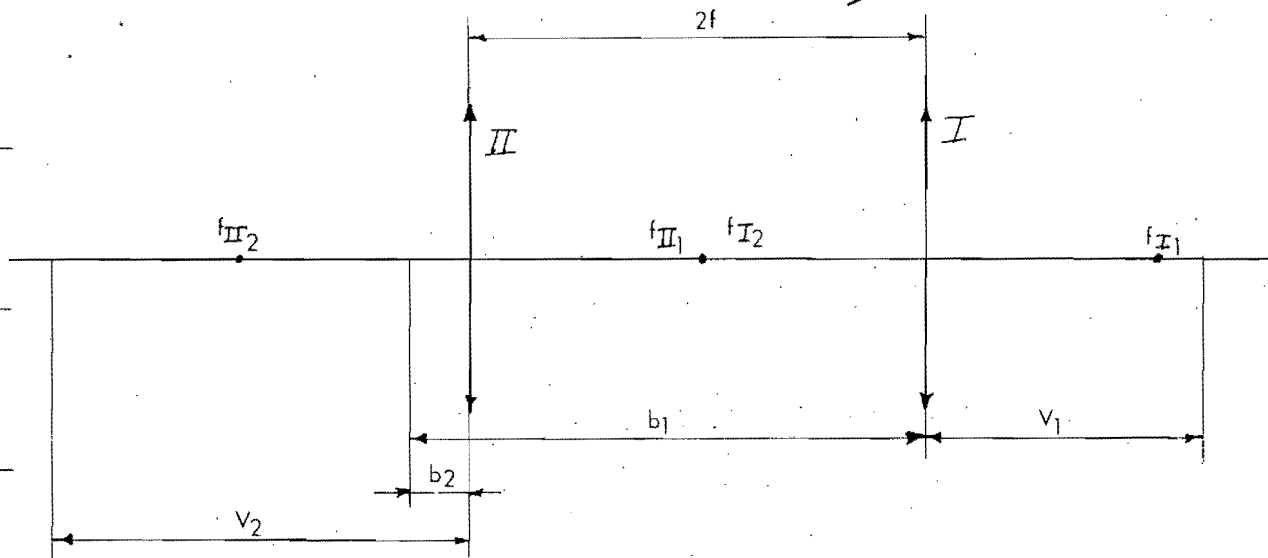


fig 7.

Met behulp van de lenzen formule

$$\frac{1}{b} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} \quad (3)$$

vinden we voor  $b_1 = \frac{v_1 f}{v_1 - f}$

dan  $v_2 = 2f - b_1 = 2f - \frac{v_1 f}{v_1 - f}$  dit geeft voor

$v_2$  met behulp van formule (3)  $b_2 = -v_1 + 2f$   
 of  $2f = v_1 + b_2$

Voor de vergroting geldt  $V = \frac{b_1}{v_1} \times \frac{b_2}{v_2}$

Vullen we hier de gevonden waarden voor  $b_1$ ,  $b_2$  en  $V_2$  in dan geeft dit  $V_1 = -1$  wat betekend dat,

- a) de grootte van het beeld is gelijk aan die van het voorwerp.
- b) het beeld op zijn kop staat.

## Bijlage II

Bewijs dat de totale breking tussen de intredende en de uit tredende lichtstraal bij het gebruikte prisma onafhankelijk van de invalshoek is.

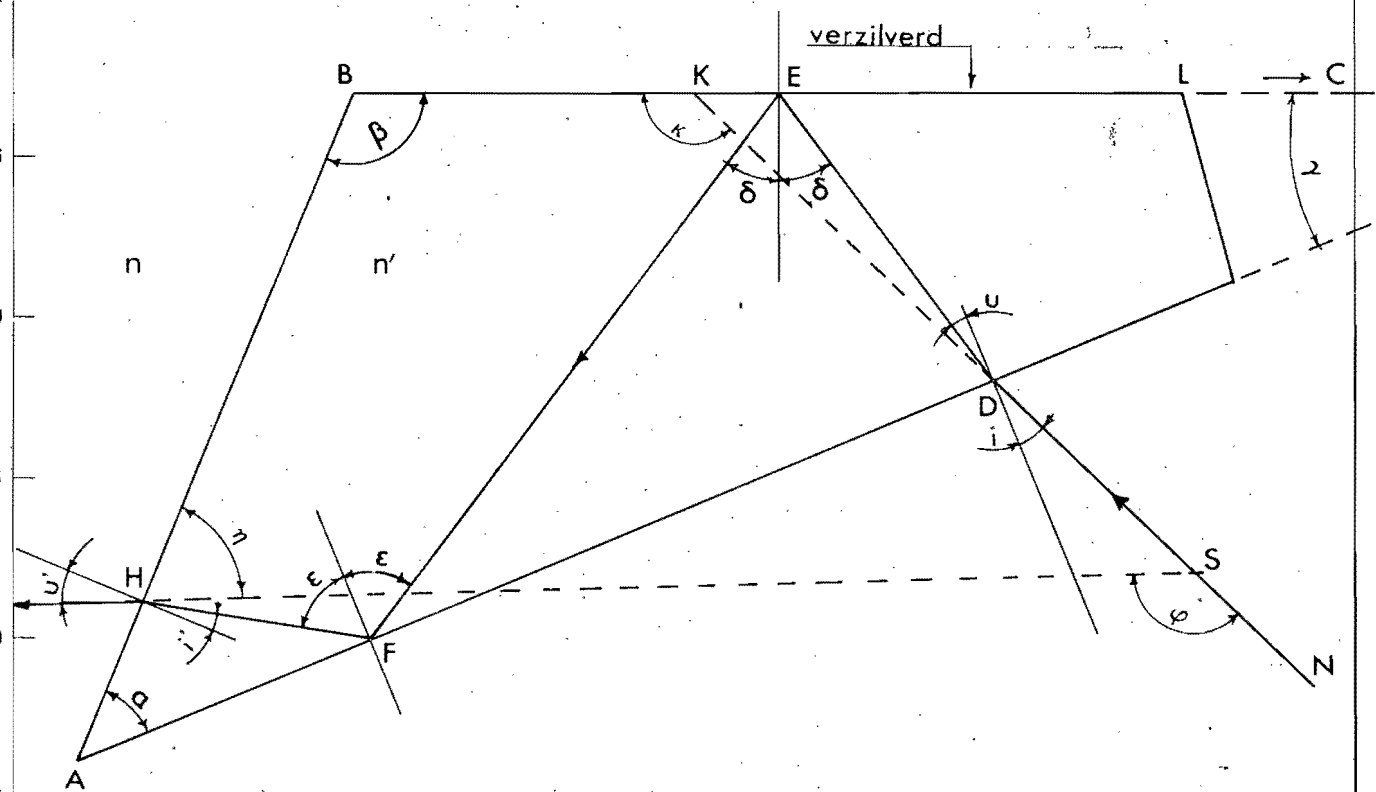


fig. 8 Stralengang in het prisma.  
 $n$  brekingsindex van de lucht  
 $n'$  brekingsindex van het prisma.  
 Bij E en F vindt totale reflectie plaats.

Bewijs: Voor de breking bij D geldt

$$\frac{\sin i}{\sin u} = \frac{n'}{n} \quad \text{en met } n = 1 \text{ geeft dit}$$

$$\sin i = n' \sin u$$

4.

Voor de breking bij H. geldt

$$\frac{\sin i'}{\sin u'} = \frac{n}{n'} \Rightarrow \sin u' = n' \sin i' \quad 5.$$

uit 4 en 5 volgt dat  $\angle i = \angle u'$  als  $\angle u = \angle i'$

In  $\triangle EDC$  geldt

$$\angle u + 90^\circ + 90^\circ - \angle \delta + \angle \gamma = 180^\circ$$

$$\text{dus } \angle u = \angle \delta - \angle \gamma$$

$$\text{of } \angle \delta = \angle u + \angle \gamma$$

6.

en voor  $\triangle AHF$

$$90^\circ + \angle i' + \angle \alpha + 90^\circ - \angle \epsilon = 180^\circ$$

$$\angle i' = \angle \epsilon - \angle \alpha$$

$$\text{of } \angle \epsilon = \angle i' + \angle \alpha$$

7.

en in  $\triangle DEF$

$$90^\circ - \angle u + 2\angle \delta + 90^\circ - \angle \epsilon = 180^\circ$$

$$2\angle \delta = \angle \epsilon + \angle u$$

$$\angle \epsilon = 2\angle \delta - \angle u$$

8.

Substitueer 6 en 7 in 8 dit geeft

$$\angle i' = \angle u + 2\angle \gamma - \angle \alpha$$

9.

van het prisma is  $2\angle \gamma = \angle \alpha$

$$\text{dus } \angle i' = \angle u$$

10.

$$\text{en ook } \angle i = \angle u'$$

waarsuit volgt dat draaien van het prisma geen invloed heeft op de totale breking.

Voor de berekening van de hoek tussen de  
 intredende en uittredende straal verlengen  
 we de intredende straal tot deze het  
 vlak  $BL$  van het prisma in  $K$  snijdt, en  
 dat het verlengde van de uittredende straal  
 de intredende snijdt in een punt  $S$ . Zie fig. 8.

$$\text{Stel } \angle HSN = \angle \varphi$$

$$\angle BKS = \angle FDS + \angle \gamma$$

$$\text{dus } \angle BKS = 90^\circ + \angle i + \angle \gamma$$

in vierhoek  $HSKB$  geldt dat

$$\angle BHS + \angle \beta + \angle BKS + \angle HSK = 360^\circ$$

$$\text{of } 90^\circ - \angle u' + \angle \beta + \angle i + 90^\circ + \angle \gamma + 180^\circ - \angle \varphi = 360^\circ$$

$$\text{waaruit } \angle \beta + \angle \gamma - \angle u' + \angle i = \angle \varphi$$

$$\text{maar } \angle u' = \angle i \quad (\text{bewezen})$$

$$\text{dus } \angle \varphi = \angle \beta + \angle \gamma = 180^\circ - \angle d$$

$$\angle d = 45^\circ \quad \text{dus } \angle \varphi = 135^\circ$$