

# Ontwerp van een testopstelling voor meting van drukken in een tweefasenstroming

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

Lent, van, D., & Linden, van der, M. (1989). *Ontwerp van een testopstelling voor meting van drukken in een tweefasenstroming*. (Report WOP-WET; Vol. 89.021). Technische Universiteit Eindhoven.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1989

**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.

**ONTWERP VAN EEN TESTOPSTELLING  
VOOR METING VAN DRUKKEN  
IN EEN TWEEFASENSTROMING**

DENNIS VAN LENT  
MARCO VAN DER LINDEN

Eindhoven University of Technology  
Faculty of Mechanical Engineering  
Subgroup: - Two-Phase Flow -

Report nr. WOP-WET 89.021, June 1989

ONTWERP VAN EEN TESTOPSTELLING  
VOOR METING VAN DRUKKEN  
IN EEN TWEEFASENSTROMING

Dennis van Lent 233607  
Marco van der Linden 244202

Eindhoven, Juni 1989

TECHNISCHE UNIVERSITEIT EINDHOVEN

Faculteit der Werktuigbouwkunde

Ontwerpoefening 3.1

4B713

## Samenvatting

In een tweefasenstroming treedt er achter een verstoring zogvorming op. Om een indruk te krijgen van de drukafhankelijkheid (c.q. snelheidsafhankelijkheid) van de grootte van het zog wordt de druk gemeten aan de omtrek van de verstoring en in het zog erachter. Dit meten gebeurt in een verticaal opgestelde buis waarin de vloeistof stroomt en de verstoring zich bevindt.

Als verstoring wordt een rond buisje genomen waar de druk aan de omtrek wordt gemeten door middel van een ingebouwd pijpje. Aan de top van dit pijpje wordt de referentiedruk gemeten. Met het buisje, dat in verschillende uitvoeringen aanwezig is met op verschillende afstanden van de wand gaatjes erin, wordt de druk gemeten. Door het buisje draaibaar uit te voeren kan aan de omtrek gemeten worden.

Het meten van de druk in het zog achter de verstoring gebeurt door een gebogen pijpje vanuit de wand in de stroming aan te brengen en wel zo dat het omgebogen gedeelte evenwijdig aan de stroming komt te liggen (de meetmond ligt dan loodrecht op de stroming). Door dit pijpje op en neer te schuiven kan men door het gehele zog gaan in de richting van de lengteas van de verstoring. Dit pijpje kan men ook weer in verschillende uitvoeringen maken zodat men op verschillende afstanden van de verstoring kan meten.

## Symbolenlijst

$c_w$	weerstandscoefficient	[-]
$D, d$	diameter	[m]
$E$	elasticiteitsmodulus	[N/m <sup>2</sup> ]
$f$	doorbuiging	[m]
$g$	gravitatieversnelling	[m/s <sup>2</sup> ]
$h$	hoogte	[m]
$I$	traagheidsmoment	[m <sup>4</sup> ]
$l$	lengte	[m]
$p$	druk	[N/m <sup>2</sup> ]
$q$	verdeelde belasting	[N/m]
$r$	afstand tot het middelpunt	[m]
$Re$	getal van Reynolds	[-]
$Sr$	getal van Strouhal	[-]
$V, u, v$	snelheid	[m/s]
$x$	positie op de x-as	[m]
$\phi$	snelheidspotentiaal	[m <sup>2</sup> /s]
$\theta$	hoek met de x-as	[-]
$\psi$	stroomfunctie	[m <sup>2</sup> /s]
$\rho$	dichtheid	[kg/m <sup>3</sup> ]
$\nu$	viscositeit	[m <sup>2</sup> /s]

## Inhoudsopgave

Samenvatting	1
Symbolenlijst	2
Inhoudsopgave	3
1. Inleiding	4
2. Ordegroottebepaling van de druk	5
2.1. Parallelstroming + dipool	5
3. De drukmeter	8
3.1. Drukmeteronderzoek	8
3.2. Drukmeterkeuze	9
4. De horizontale meetbuis	12
4.1. Ontwerp van de meetbuis	12
4.2. Globale afmetingen	14
4.3. Stijfheidsberekening	14
4.4. Bepaling van de eigenfrequentie	15
5. Het zogdrukmeetapparaat	17
5.1. Het ontwerp van het zogdrukmeetapparaat	17
5.2. Globale afmetingen	18
5.3. Stijfheidsberekening	18
5.4. Bepaling van de eigenfrequentie	18
6. Lijmadviezen	20
Nawoord	22
Literatuur	23

## 1. Inleiding

In een tweefasenstroming treedt er achter een verstoring zogvorming op. Om een indruk te krijgen van de oorzaak van de zogvorming wordt de druk aan de omtrek van de verstoring gemeten, evenals de druk in de zog. Dit meten gebeurt in een verticaal opgestelde buis waarvan de diameter gegeven is. Het deel waar gemeten wordt, wordt vanaf nu de meetsectie genoemd.

Het zal duidelijk zijn dat de grootte van de zog afhankelijk is van de snelheid van het stromende medium, evenals de grootte van de verstoring. Deze laatste wordt echter constant gehouden.

Om het rekenen wat te vergemakkelijken wordt in eerste instantie de tweefasenstroming als een een-fase-medium beschouwd, namelijk water. Dan, na geslaagde experimenten met een een-fase stroming, wordt overgegaan op een twee-fase-stroming.

## 2. Ordegroottebepaling van de druk

Om de druk rond een verstoring te bepalen kan gebruik gemaakt worden van het begrip potentiaalstroming.

### 2.1. Parallelstroming + dipool

Wordt een parallelstroming met een snelheid  $V$  evenwijdig aan de  $x$ -as gecombineerd met een dipool, dan kan dit gebruikt worden om de stroming rond een cirkelcilinder voor te stellen, mits er een goede keuze van de dipoolsterkte en de orientatie van de dipool wordt gemaakt:

Superpositie van : \*  $\phi = -\frac{N \cdot x}{2 \cdot \pi \cdot r^2}$

\*  $\phi = V \cdot x$

levert:  $\phi = V \cdot x - \frac{N \cdot x}{2 \cdot \pi \cdot r^2} = V \cdot \cos(\theta) \cdot \left( r - \frac{N}{2 \cdot \pi \cdot V \cdot r} \right)$

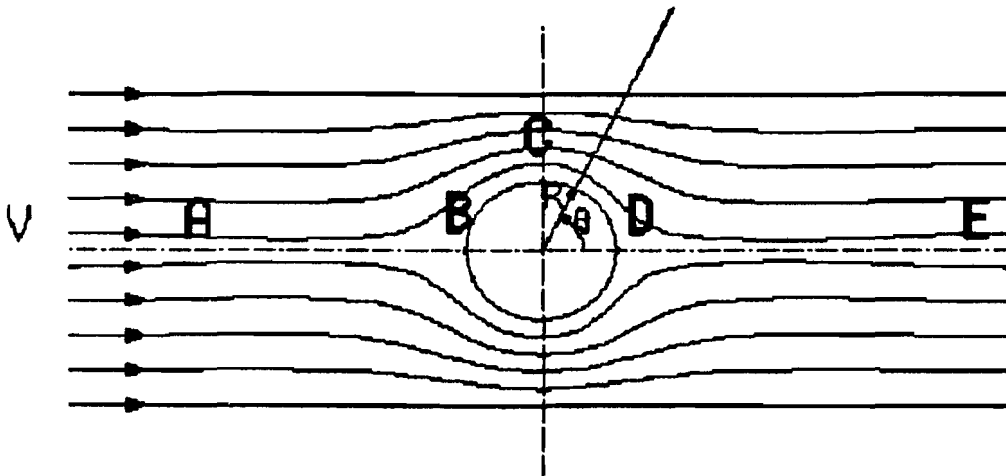


Fig.1: Potentiaalstroming rond een cilinder



Wordt deze potentiaal gebruikt om de stroming rond een cirkelcilinder met straal  $R$  voor te stellen, dan moet de cirkel een gesloten stroomlijn zijn of met andere woorden: snelheid  $U_r$  moet nul zijn op de straal  $r=R$ :

$$u_r|_{r=R} = \frac{\partial \phi}{\partial r}|_{r=R} = V \cdot \cos(\theta) \cdot \left(1 + \frac{N}{2 \cdot \pi \cdot V \cdot R^2}\right) |_{r=R} = V \cdot \cos(\theta) \cdot \left(1 + \frac{N}{2 \cdot \pi \cdot V \cdot R^2}\right) = 0$$

dus  $N = -2 \cdot \pi \cdot V \cdot R^2$

en ontstaat de volgende vergelijking:

$$\phi = V \cdot r \cdot \cos(\theta) \cdot \left(1 + \frac{R^2}{r^2}\right)$$

Dit is de snelheidspotentiaal van een parallelstroming rond een cirkelcilinder met straal  $r=R$ . De dipoolsterkte, die gekozen moet worden, is negatief, dit wil zeggen dat de orientatie van de dipool 180 moet gedraaid worden. Dit is te zien aan de lijnen van constante  $\phi$  (en constante  $\psi$ ), die getekend kunnen worden, ook voor het gebied binnen  $r=R$ . Voor de verdere berekening is alleen het gebied buiten de cirkel  $r=R$  relevant.

Op de cirkelwand is alleen  $U_\theta$  aanwezig

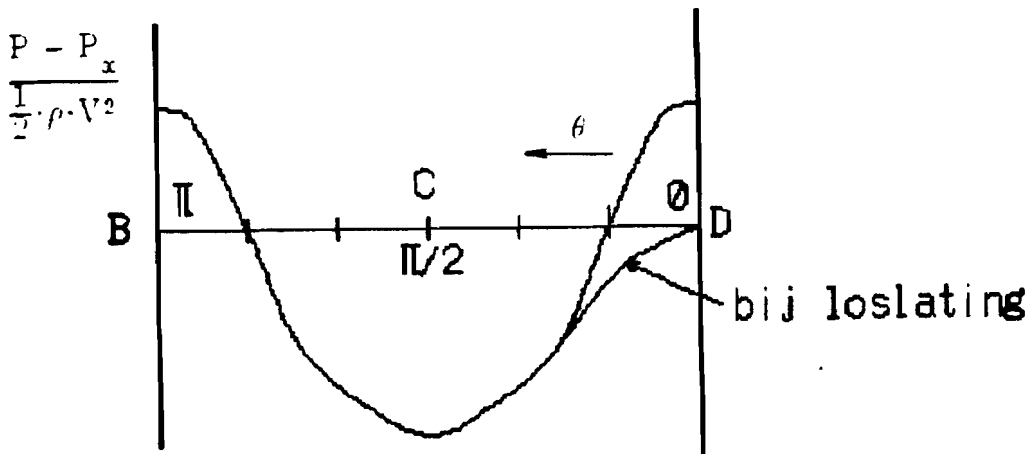
$$u_\theta|_{r=R} = \frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial \theta} |_{r=R} = -2 \cdot V \cdot \sin(\theta)$$

Wordt nu een stroomlijn ABCDE gevolgd, dan wordt met Bernoulli (alleen geldig langs een stroomlijn en geen energiedissipatie door de omgeving) gevonden, dat, indien de druk in A gelijk genomen wordt aan  $p_\infty$  .:

$$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 + p_\infty = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u_\theta^2 + p$$

voor de drukverdeling op de cirkelwand BCD:

$$\frac{P - P_x}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2} = 1 - u \cdot \sin^2(\theta)$$



**Fig.2: Drukverdeling rond een cirkel.**

Neem voor :

$$\rho_{\text{water}} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$v = 1.2 \text{ m/s (maximaal optredende snelheid)}$$

$$\Rightarrow (p - p_0)_B = 720 \text{ Pa.}$$

$$\Rightarrow (p - p_0)_C = -2160 \text{ Pa.}$$

$$p = p_0 \text{ bij } 150^\circ \text{ (en bij } 30^\circ \text{ indien er geen loslating optreedt).}$$

### 3. De drukmeter

De te gebruiken drukmeters moeten aan bepaalde eisen voldoen, te weten:

- \* de drukvariatie die de drukmeter aan moet kunnen is niet groot. De drukmeter hoeft dus niet snel te reageren op drukveranderingen. De stroming wordt namelijk stationair verondersteld.
- \* Het is de bedoeling dat de drukmeter een drukverschil meet. Dit drukverschil, zoals berekend in hoofdstuk 2, zal als maximale waarde ongeveer 2160 Pa zijn.
- \* Gewenste meet- en afleesnauwkeurigheid  $\pm 5$  Pa.

#### 3.1. Drukmeteronderzoek.

Prandtl-type	nauwkeurigheid 0.001 inch water
Micrometer-type	nauwkeurigheid 0.001 inch water
Air-micromonometer	nauwkeurigheid 0.0002 inch water

Als waarden genomen:

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$h = 0.001 \text{ inch} = 25.4 \cdot 10^{-6} \text{ m.}$$

Met  $p = \rho \cdot g \cdot h$  volgt dan dat de nauwkeurigheid van deze drukmeters 0.254 Pa is.

Bovengenoemde drukmeters kunnen alleen gebruikt worden als de druk nagenoeg constant is.

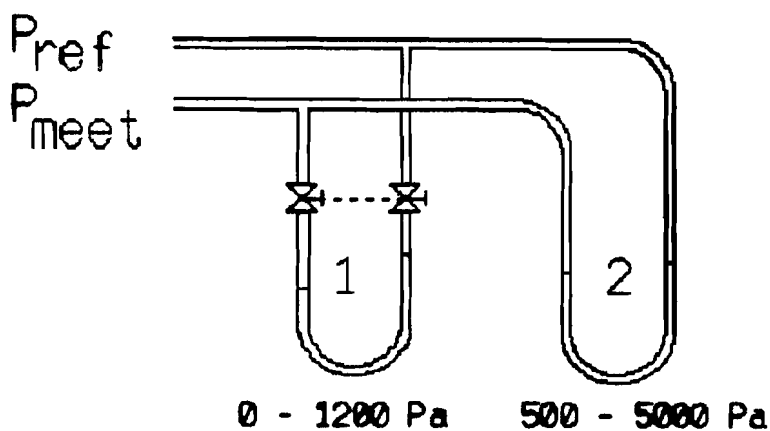
Deze drukmeters zijn voor ons doel wel te gebruiken maar er zijn andere drukmeters, welke gebruikt kunnen worden, maar waarvan de kosten veel lager zijn. De nauwkeurigheid is te groot voor ons doel in relatie tot de prijs.

Andere onderzochte drukmeters waren de piezo-electrische elementen. Deze waren te onnauwkeurig en dus niet voor ons doel te gebruiken.

### 3.2. Drukmeterkeuze.

Toen er enig idee was van de grootte van de te meten druk, kon er gerichter gezocht worden en werd als drukmeter een doodgewone manometer gekozen. In eerste instantie werd er zelfs nog gedacht aan een schuin opgestelde manometer, om een redelijke nauwkeurigheid te verkrijgen, of een twee-vloeistoffen U-buis.

Uiteindelijk werd gekozen voor een configuratie met twee manometers met ieder een andere meetvloeistof, zodat er twee meetbereiken werden verkregen zonder dat de U-buis een grote lengte zou krijgen.



**Fig.3: Manometeropstelling.**

In de hieronder weergegeven tabel geeft  $d(p)$  de nauwkeurigheid aan die bereikt kan worden als de manometer met een nauwkeurigheid van een millimeter afgelezen wordt.

**Tabel 1: De twee gekozen manometers.**

Meetbereik [Pa]	Dichtheid meetvloeistof [kg/m <sup>3</sup> ]	$d(p)$ [Pa]	lengte [m]
0-1200	1.20E+3	2.0	0.6
500-5000	1.75E+3	7.5	0.6

Hoe is tabel 1 tot stand gekomen?

$$p = \rho g h \text{ met } \rho = \rho_{\text{meetvloeistof}} - \rho_{\text{water}}$$

$$= (1.2 - 1)$$

$$= 0.2$$

=> vergrotingsfactor = 5;

$$p = \rho g h \text{ met } \rho = \rho_{\text{meetvloeistof}} - \rho_{\text{water}}$$

$$= (1.75 - 1)$$

$$= 3/4$$

=> vergrotingsfactor = 4/3

Hieruit volgt dan een groot meetbereik van 500 - 5000 Pa en een klein meetbereik van 0 - 1200 Pa (om een redelijke lengte van de meetsectie te verkrijgen, zie even verderop).

De te bereiken nauwkeurigheid van de manometer hangt af van de nauwkeurigheid waarmee we kunnen aflezen. Stel dat deze nauwkeurigheid 1 mm is.

$$1) p = (1.2 - 1) \cdot 10 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3$$

$$= 2 \text{ Pa.}$$

De meetnauwkeurigheid: 2 Pa.

De lengte van de meetsectie van de U-buis wordt hiermee:

$$h = \frac{p_{\max}}{\rho \cdot g} = \frac{1200}{0.2 \cdot 10^3 \cdot 10^3} = \frac{3}{5} \text{ m} = 0.6 \text{ m.}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad p &= (1.75 - 1) \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \\ &= 7.5 \text{ Pa.} \end{aligned}$$

De meetnauwkeurigheid: 7.5 Pa.

De lengte van de meetsectie van de U-buis wordt hiermee:

$$h = \frac{p_{\max}}{\rho \cdot g} = \frac{5000}{0.75 \cdot 10^3 \cdot 10} = 0.66 \text{ m.}$$

De te gebruiken vloeistoffen zijn verkrijgbaar onder de naam Meriam-oil en tevens in voorraad (bij de vakgroep W.O.P. aan de T.U.E.).

#### 4. De horizontale meetbuis

De meetbuis ,c.g. obstakel, dient ervoor om aan de omtrek van de verstoring (in dit geval de meetbuis zelf) de druk te meten. Dit moet over de gehele omtrek van de buis gebeuren en als het kan op verschillende afstanden van de buiswand waar de meetbuis in bevestigd moet worden.

##### 4.1 Ontwerp van de meetbuis

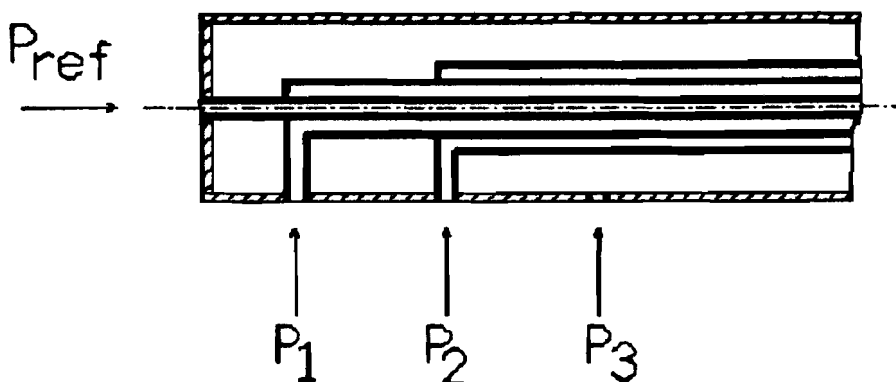
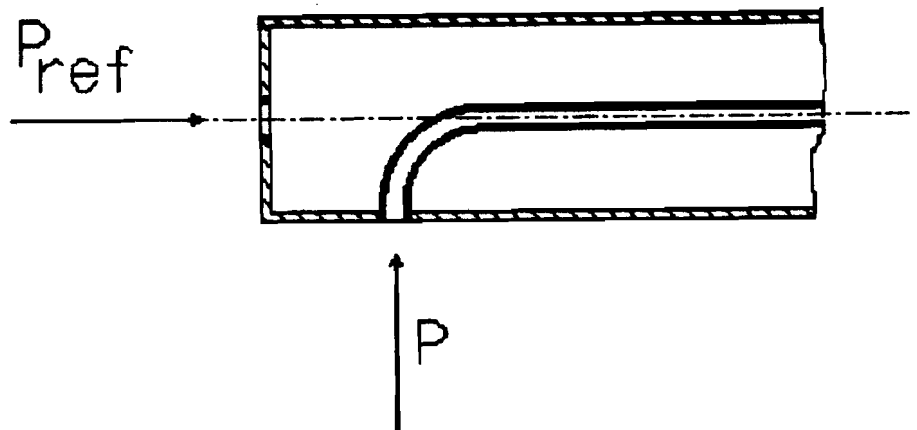


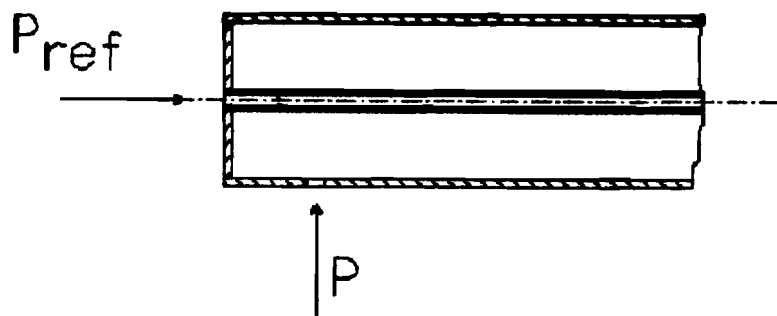
Fig.4: Eerste ontwerp voor een meetbuis.

Dit idee is technisch nauwelijks uitvoerbaar omdat de uitwendige diameter van de meetbuis slechts 2.0 mm. is. Het voordeel is echter dat drie verschillende drukverschillen tegelijkertijd gemeten kunnen worden.



**Fig.5: Tweede ontwerp voor een meetbuis.**

Dit ontwerp is al veel beter dan de eerste omdat het technisch veel beter te realiseren is. Maar het kan nog simpeler, zie fig.6.



**Fig.6: Derde ontwerp voor een meetbuis**

De keuze is gevallen op de meetbuis met een kleiner pijpje erin zoals in fig.6.



#### 4.2 Globale afmetingen

Uitwendige diameter van uitwendige pijp:  $D_u = 2.0 \text{ mm}$ .

Inwendige diameter van uitwendige pijp:  $D_i = 1.6 \text{ mm}$ .

Uitwendige diameter van binnenste pijp:  $d_u = 0.7 \text{ mm}$ .

Inwendige diameter van binnenste pijp:  $d_i = 0.4 \text{ mm}$ .

#### 4.3 Stijfheidsberekening

$$I = \frac{\pi \cdot (D_u^4 - D_i^4)}{32} = 9.3 \cdot 10^{-13} \text{ m}^4.$$

$$E_{\text{staal}} = 210 \cdot 10^9 \text{ Nm}^{-2}.$$

Wordt nu het volgende aangenomen:

$$l = 25 \text{ mm}$$

$$v = 1.2 \text{ m/s}$$

$$C_w = 1$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

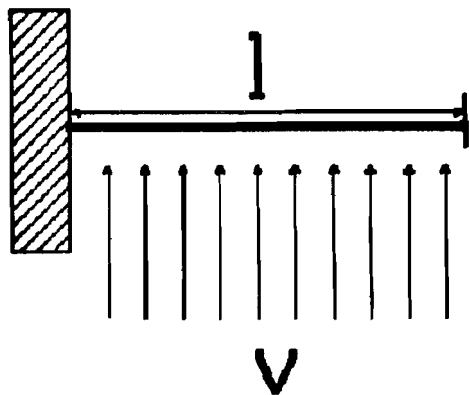


Fig.7: Situatieschets voor het berekenen van de doorbuiging van het pijpje.

Door de snelheid van het medium ontstaat er een kracht op de buis (indien aangenomen dat de belasting gelijkmatig verdeeld is en de stroming turbulent is):

$$F_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot C_w \cdot D_L \cdot l = 0.036 \text{ N.}$$

$$q = \frac{F_w}{l} = \frac{0.036}{25 \cdot 10^{-3}} = 1.44 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Vergeetmenietje toepassen:

$$f = \frac{q \cdot l^4}{8EI} = \frac{1.44 \cdot (25 \cdot 10^{-3})^4}{8 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 9.3 \cdot 10^{-13}} = 3.6 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 0.36 \mu\text{m.}$$

Dit is te verwaarlozen ten opzichte van de afmetingen van het ontwerp. De meetbuis met de maten zoals aangegeven bij globale afmetingen zal dus stijf genoeg zijn.

#### 4.4 Bepaling van de eigenfrequentie

Omdat er hier sprake is van een loodrechte aanstroming op de buis kunnen er stromingsgeïnduceerde trillingen ontstaan. Voor de berekening van deze frequentie wordt uitgegaan van een starre buis die op zijn plaats gehouden wordt in een een uniforme stroming. Hierbij wordt uitgegaan van fig.7.

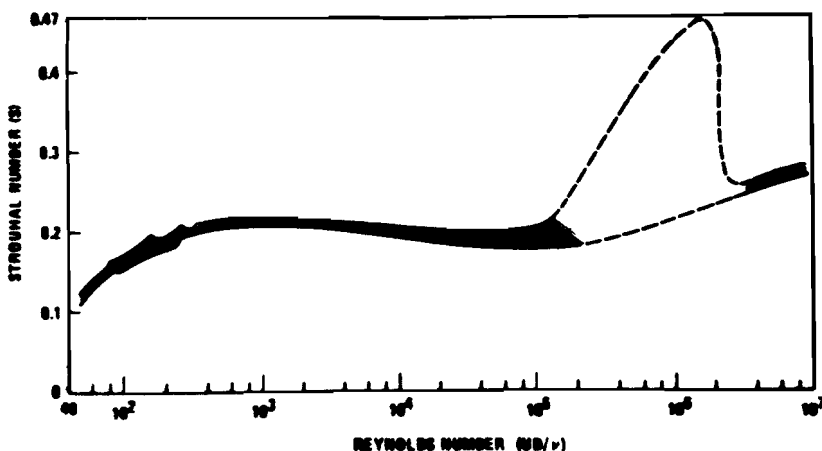


Fig.8: Sr als functie van Re voor een cilinder.

Oplossingsstrategie:

- bereken eerst  $Re$ :  $Re = \frac{U_o \cdot D}{\nu} = \frac{1.2 \cdot 40E-3}{1.0E-6} = 48000$

(Hierbij moet voor  $D$  de inwendige diameter van de buis genomen worden waarin het medium stroomt: 40 mm. Voor  $\nu$  wordt de maximale snelheid genomen die optreedt:  $\nu = 1.2$  m/s).

- bepaal uit de grafiek (fig.8) het getal van Strouhal:  $Sr$

$$Sr = 1.7$$

- bereken met  $Sr = \frac{f \cdot D_o}{U_o}$  de frequentie  $f$ :  $f = \frac{Sr \cdot U_o}{D_o} = \frac{1.7 \cdot 1.2}{2.0E-3} = 1020$  Hz.

Dit is de stromingsgeïnduceerde mechanische trillingsfrequentie.

Met de kennis dat de belletjes met een frequentie van ongeveer 20 Hz. vrijkomen (in het ongunstige geval kan dit oplopen tot 100 Hz.), zal het wel duidelijk zijn dat de meetbuis niet in zijn eigenfrequentie zal gaan trillen.

## 5. Het zogdrukmeetapparaat

Het zogdrukmeetapparaat dient ervoor om in het zog, dat optreedt achter de verstoring in de buis, de druk te meten. Het is de bedoeling dat deze druk wordt gemeten in zowel axiale als radiale richting van de meetsectie en dat de meetmond loodrecht staat op de axiale as van de meetsectie (zie fig.9). Om dit te bereiken wordt een over een hoek van  $90^\circ$  gebogen pijpje in de meetsectie aangebracht, en wel zo dat het pijpje heen en weer kan schuiven in radiale richting. De variatie in de axiale richting wordt bereikt door op verschillende niveaus te meten met steeds andere gebogen pijpjes waarvan dus de lengte van het omgebogen stuk varieert.

### 5.1. Het ontwerp van het zogdrukmeetapparaat

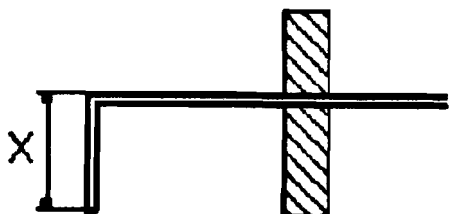


Fig.9. Globale schets van het zogdrukmeetapparaat.

Voor de lengte  $x$  kan men verschillende waarden nemen om zo op verschillende hoogtes in het zog te meten. Tevens moet erop gelet worden dat het zogdrukmeetapparaat het zog niet verstoort, dat wil zeggen dat het verticale gedeelte het zogdrukmeetapparaat groot genoeg moet zijn.

## 5.2 Globale afmetingen

Uitwendige diameter:  $D_u = 0.7 \text{ mm}$

Inwendige diameter:  $D_i = 0.4 \text{ mm}$

## 5.3 Stijfheidsberekening

$$I = \frac{\pi \cdot (D_u^4 - D_i^4)}{32} = 2.11 \cdot 10^{-14} \text{ m}^4.$$

$$E_{\text{staal}} = 210 \cdot 10^9 \text{ Nm}^{-2}.$$

Wordt nu het volgende aangenomen met fig.7 in ons achterhoofd:

$$l = 40 \text{ mm}$$

$$v = 1.2 \text{ ms}^{-1}$$

$$C_w = 1$$

$$\rho = 1000 \text{ kgm}^{-3}$$

Door de snelheid van het medium ontstaat er een kracht op de

buis:  $F_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot C_w \cdot D_u \cdot l = 0.0202 \text{ N}.$

$$q = \frac{F_w}{l} = \frac{0.0202}{25 \cdot 10^{-3}} = 0.808 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Vergeetmenietje toepassen:

$$f = \frac{q \cdot l^4}{8EI} = \frac{0.808 \cdot (40 \cdot 10^{-3})^4}{8 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 2.11 \cdot 10^{-14}} = 5.8 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 58 \mu\text{m}.$$

Dit is te verwaarlozen ten opzichte van de afmetingen van het ontwerp. De meetbuis met de maten zoals aangegeven bij globale afmetingen zal dus stijf genoeg zijn.

## 5.4 Bepaling van de eigenfrequentie

Hierbij volgen wij hetzelfde stramien als in paragraaf 4.4:

- bereken eerst  $Re$ :  $Re = \frac{U_c \cdot D}{\nu} = \frac{1.2 \cdot 40E-3}{1.0E-6} = 48000$

- bepaal uit de grafiek het getal van Strouhal:  $Sr$

$$Sr = 1.7$$

- bereken met  $Sr = \frac{f \cdot D_L}{U_\infty}$  de frequentie  $f$ :  $f = \frac{Sr \cdot U_\infty}{D_L} = \frac{1.7 \cdot 1.2}{0.7E-3} =$   
 $= 2914 \text{ Hz.}$

Deze frequentie is groot genoeg om niet in trilling te geraken door de met een maximale frequentie van 100 Hz. langskomende belletjes

## 6. Lijmadvieszen

Omdat de meetsectie in perspex is uitgevoerd, worden de overige onderdelen ook voor een groot deel in perspex uitgevoerd om een visuele toegankelijkheid te blijven waarborgen. Om perspex aan metaal te laten hechten zal er gelijmd moeten worden.

Er bestaat de keuze uit o.a. de volgende lijmen:

### Loctite cyanoacrylate adhesive IS 415

Aanbevolen voor metaal op kunststof.

- kan speling tot 0.2 mm opvullen (met activator AC tot 0.5 mm);
- goed bestand tegen oplosmiddelen;
- goede slagvastheid;
- hoge trek- en schuifsterkte;
- in 3 tot 90 seconden handvast.

Gegevens:

- schuifsterkte: 20-25 Nmm<sup>-2</sup>
- treksterkte: 30-35 Nmm<sup>-2</sup>  
(op kunststof: 6-20 Nmm<sup>-2</sup>)
- temperatuurbereik -60 tot 80 °C
- kleurloos
- eindsterkte na 12 uur  
(met activator AC: 15 min.)
- viscositeit bij 25 °C: 1500 mPs.

### Loctite adhesive 317 + activator NF (N 736)

Een van de contactvlakken vooraf behandelen met activator NF en de lijm op andere vlak aanbrengen.

- max. speling: 0.1 mm.

Gegevens:

- schuifsterkte: 25-35 Nmm<sup>-2</sup>
- treksterkte: 35-45 Nmm<sup>-2</sup>
- temperatuurbereik: -55 tot 150 °C
- eindsterkte na 12 uur met verwarmen tot 120 °C: 2 tot 3 minuten
- viscositeit bij 25 °C: 3500 mPs.

#### Anaerobe lijm Loctite 306

(Voor goede uitharding: activator T (N 747) gebruiken of verwarmen tot 200 °C).

- zeer sterk en chemisch bestendig;
- dito: Loctite 307;
- (vrij dik met extra trek- en schuifsterkte)

#### Keuze

Het ligt voor de hand dat van de onderzochte lijmen Loctite adhesive 317 + activator NF (N 736) Het meest in aanmerking komt. Deze levert een hechtere verbinding dan de andere lijmen en heeft een groter temperatuurbereik. Dit wil natuurlijk niet zeggen dat de andere lijmen niet zullen voldoen.



## 7. Nawoord

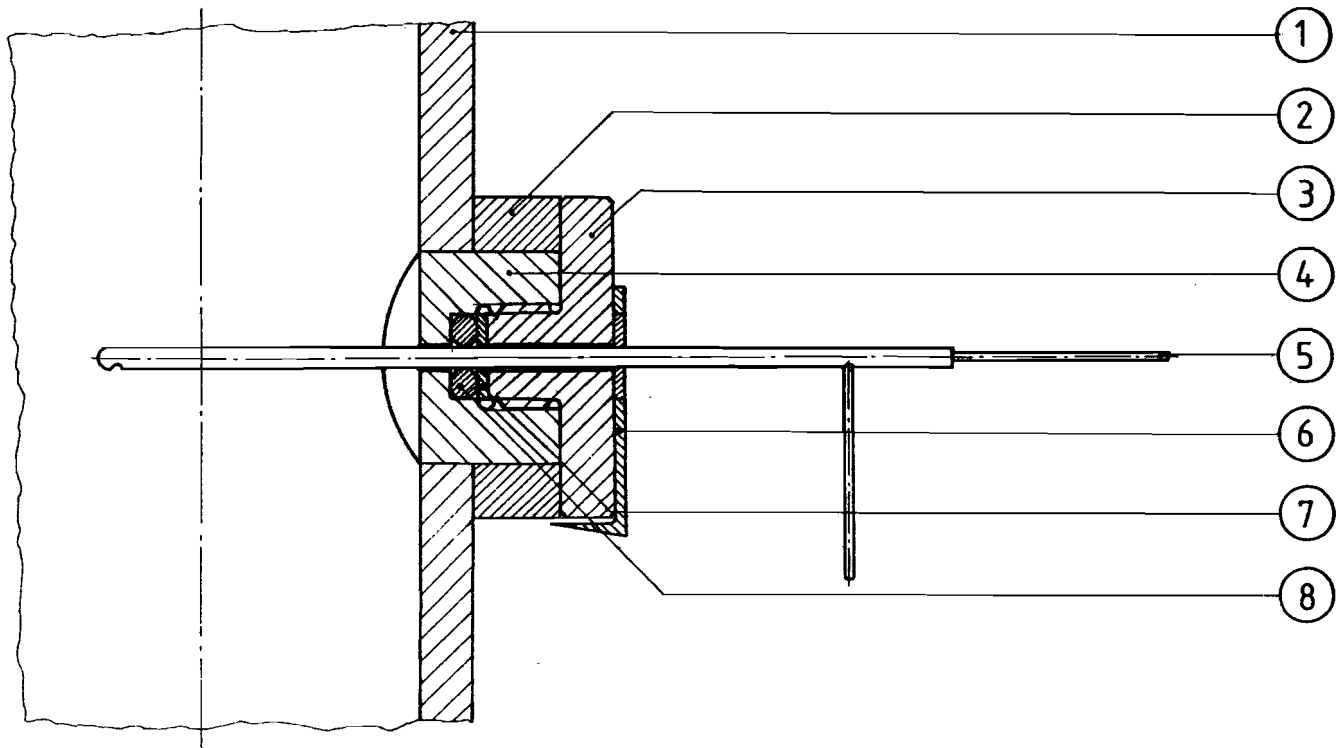
Het ontwerp voor een testopstelling voor meting van drukken in een twee-fasen-stroming is gereed.

Na de technische realisatie van dit onderwerp kan er mee geexperimenteerd worden. In eerste instantie met een een-fase-stroming (b.v. water), en in tweede instantie met een twee-fasen-stroming (b.v. water met luchtbelletjes).

Tijdens de experimenten zal blijken of de testopstelling voldoet, en zo niet, in welke richting dan naar verbeteringen gezocht dient te worden.

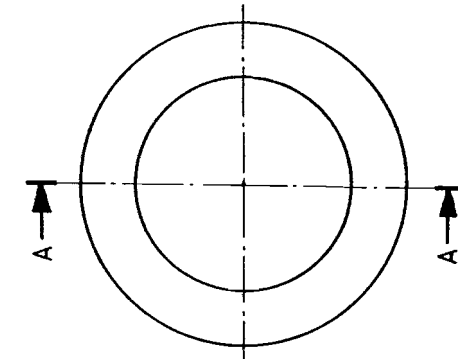
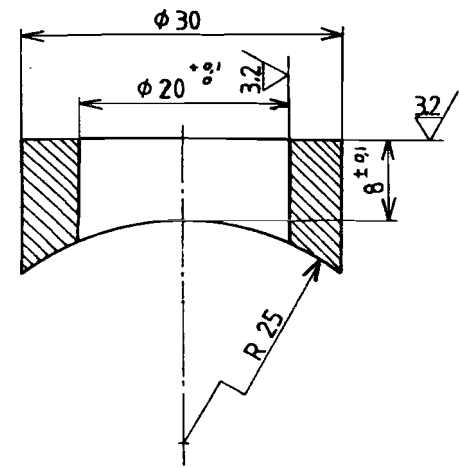
## Literatuur

- [1] Instrument Technology vol.I, Measurement of Pressure, Level, Flow and Temperature, E.B. Jones (1975)
- [2] Fundamentals of Temperature, Pressure and Flow Measurements, R.P. Benedict (1977)
- [3] Piezo-electric polymer transducer for impact pressure measurement, Aime S. DeReggi, National Bureau of Standards Washington D.C.
- [4] Entwicklung von neuartigen halbleiter Drucksensoren, Ernst Obermeier (1983).
- [5] Druk en drukverschilmetingen, G.V.L. Sanders (1980).
- [6] Ein verfahren zu untersuchung der Randstorungen an Kreiszyinderschalen, Dietmar Sanlitzten (1971).
- [7] R12-Zweifasenstromung in Drosselkapillairen unter Stromungsbedingungen, G. Petry (1983).
- [8] 2 Dimensional modelling of capillairy liquid flow in a thin annulus, M.E.S. Vogels.
- [9] Zur kapillair kohaesion feuchter Haufwerke, P.G. Abel (1969).
- [10] Fysische transportverschijnselen voor W, Faculteit der Technische Natuurkunde T.U.E., G. Vossers.
- [11] Practicumhandleiding Fysische Transportverschijnselen voor W, Stromingsgeinduceerde Trillingen, T.U.E.
- [12] Kapillaritat und Oberflachenspannung, B 44: Hydrostatik (Statik der FlUssigkeiten), Dubbel 16 auflage.

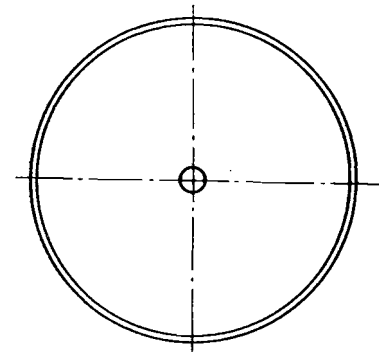
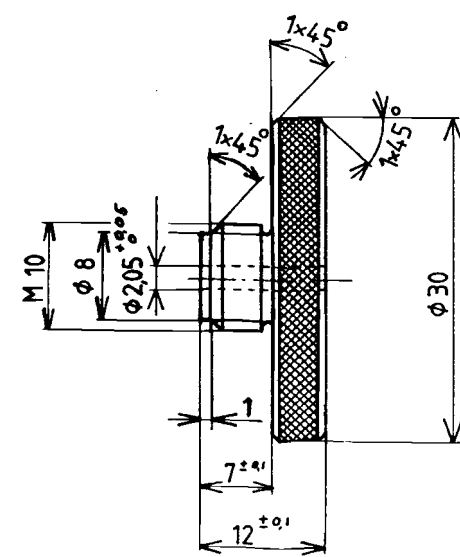


②  $\nabla 6.3 / ( \nabla 3.2 )$

DOORSNEDE A-A

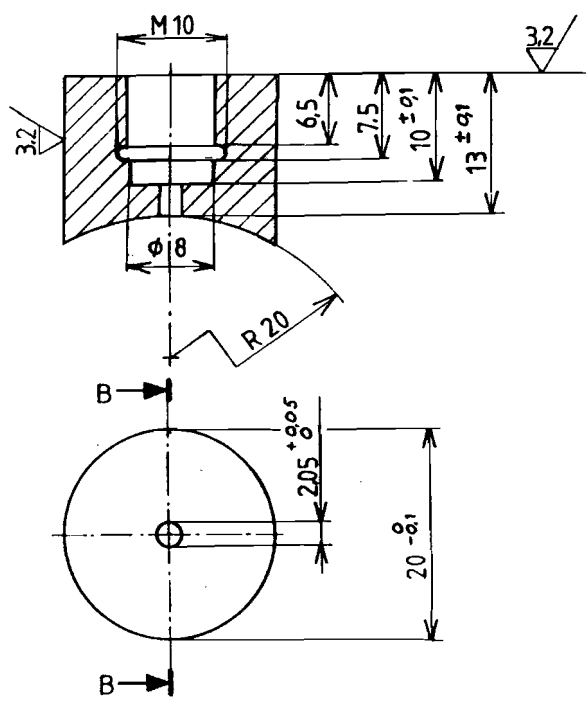


③  $\nabla 6.3$



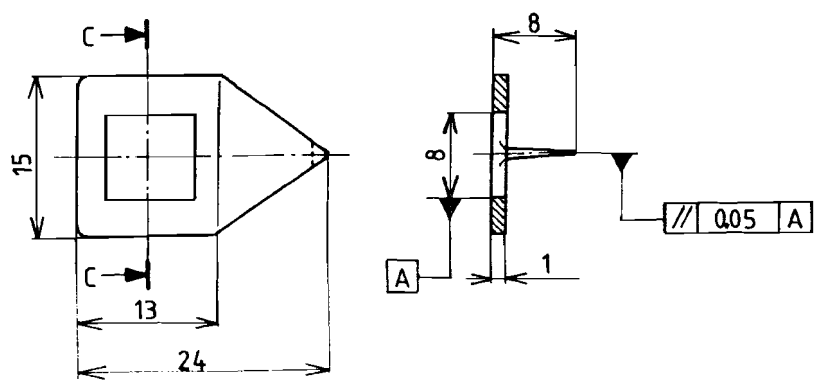
④  $\nabla 6.3 / ( \nabla 3.2 )$

DOORSNEDE B-B



⑥  $\nabla 6.3$

DOORSNEDE C-C



niet getolereerde maten :  $\pm 0,2$

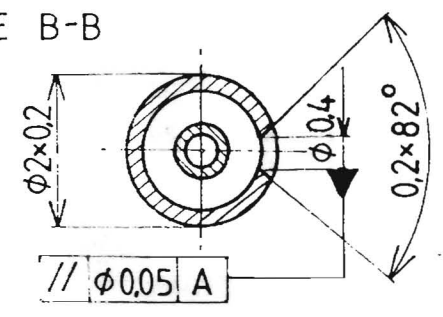
nr.	aant.	benaming	materiaal	afm.	norm	opmerkingen
8	1	PAKKINGRING	RUBBER	$\phi 8 \times 3$		
7	1	VLAKKE SLUITRING	St.	2,1 x 8	NEN 2268	dikte 1 mm.
6	1	WIJZER	MESSING			
5	1	MEETBUIJSJE	r.v.s.			zie tek. 2
4	1	PROP	PERSPEX			
3	1	AANDRAAIMOER	MESSING			gekarteld
2	1	BUS	PERSPEX			
1	1	PIJP	PERSPEX	$\phi 50 \times 5$		
		nr. aant. benaming	materiaal	afm.	norm	opmerkingen

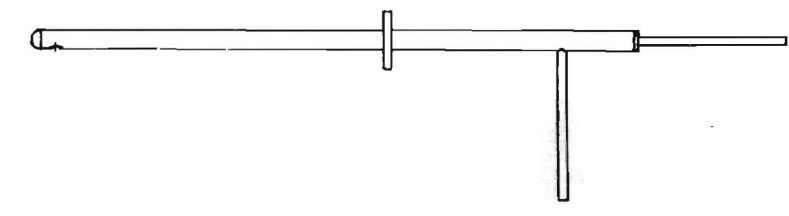
TOLERANTIES VLGS NEN 2365		PROJECTIE		BENAMING	
h.v. $\phi \pm 0,15$ $\phi \pm 0,25$		30° 10' ± 30'		AM DRAAIBARE MEETOPSTELLING	
PASSINGEN VLGS N 802		NUTHEIDSWAARDEN VLGS NEN 430		AANTAL 1	
				MATERIAAL DIV.	
Faculteit WERKTUIGBOUWKUNDE Groep W.O.P. Technische Universiteit Eindhoven		SCHAALE 2:1 GET. M.v.d.Linden GEC.:		DATUM 4-1 TEKENINGNR. 1	
				WIJZIGING	

A2

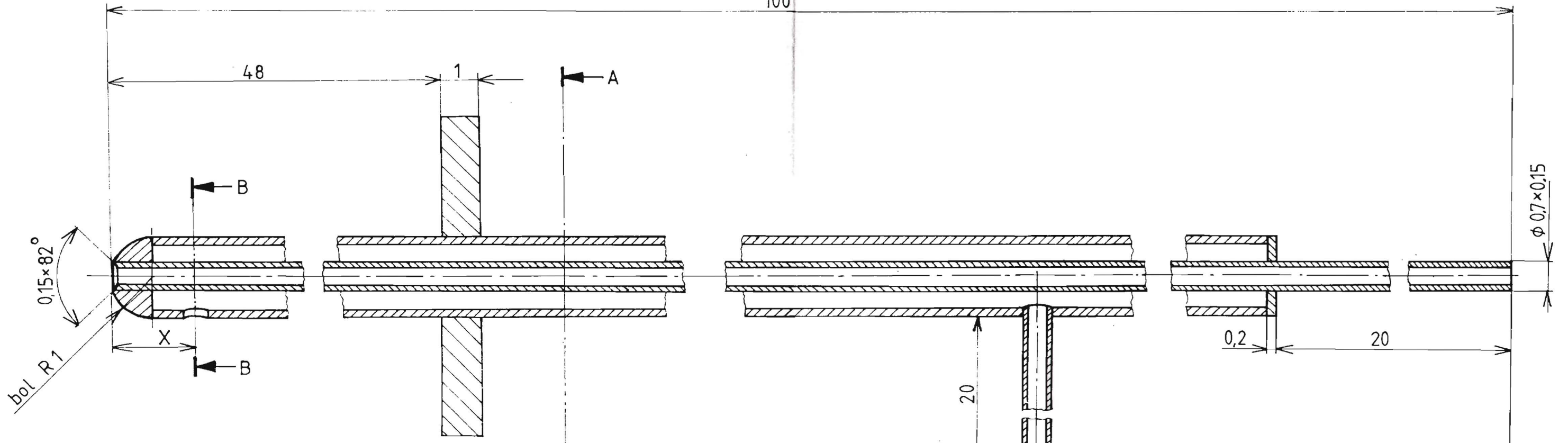
DOORSNEDE B-B



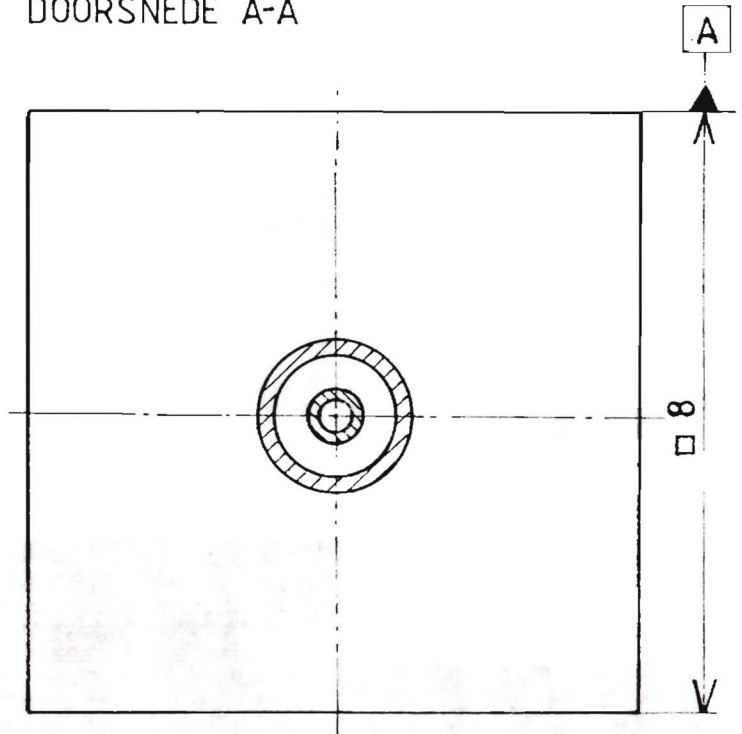
MEETBUISJE SCHAAAL 1:1



100



DOORSNEDE A-A



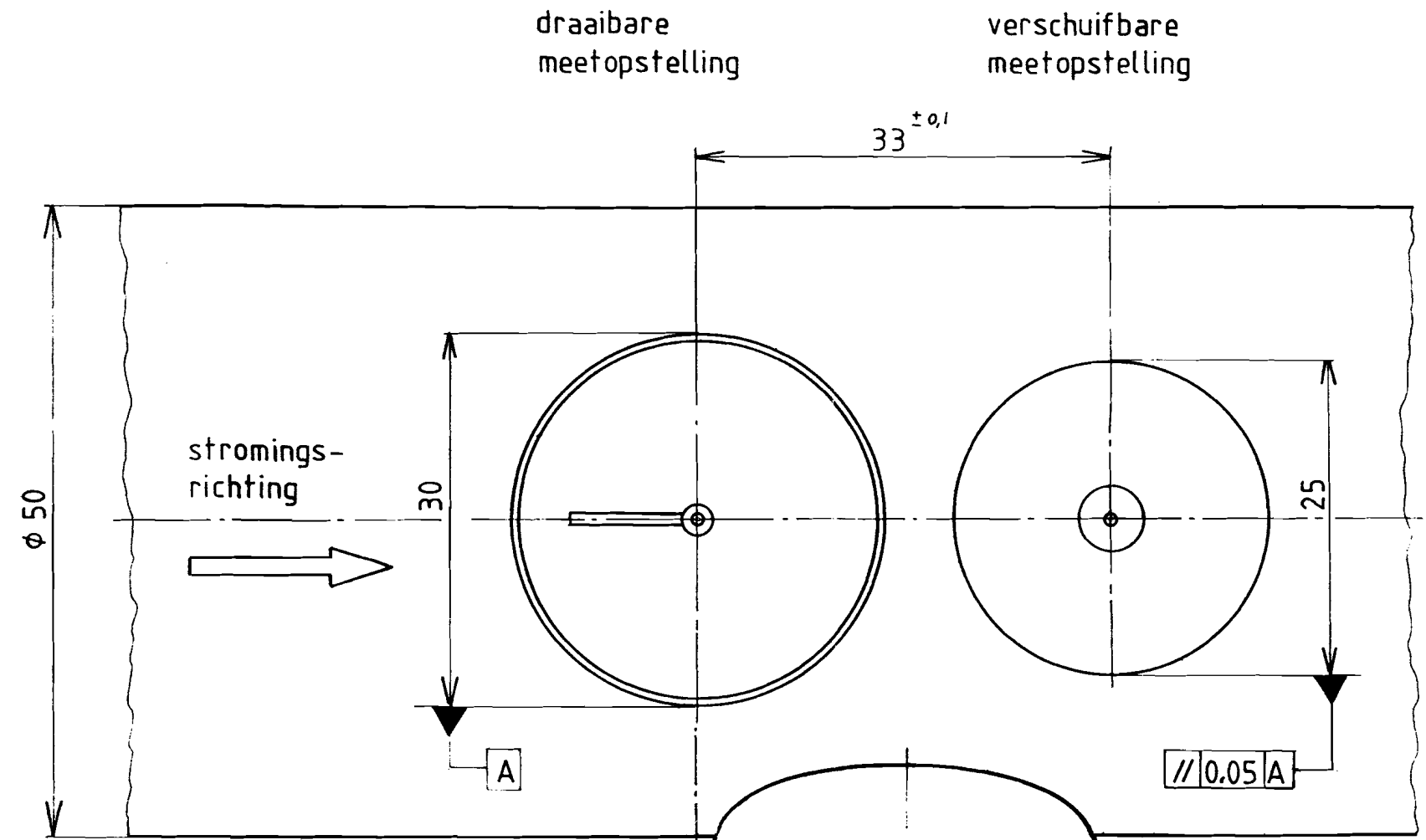
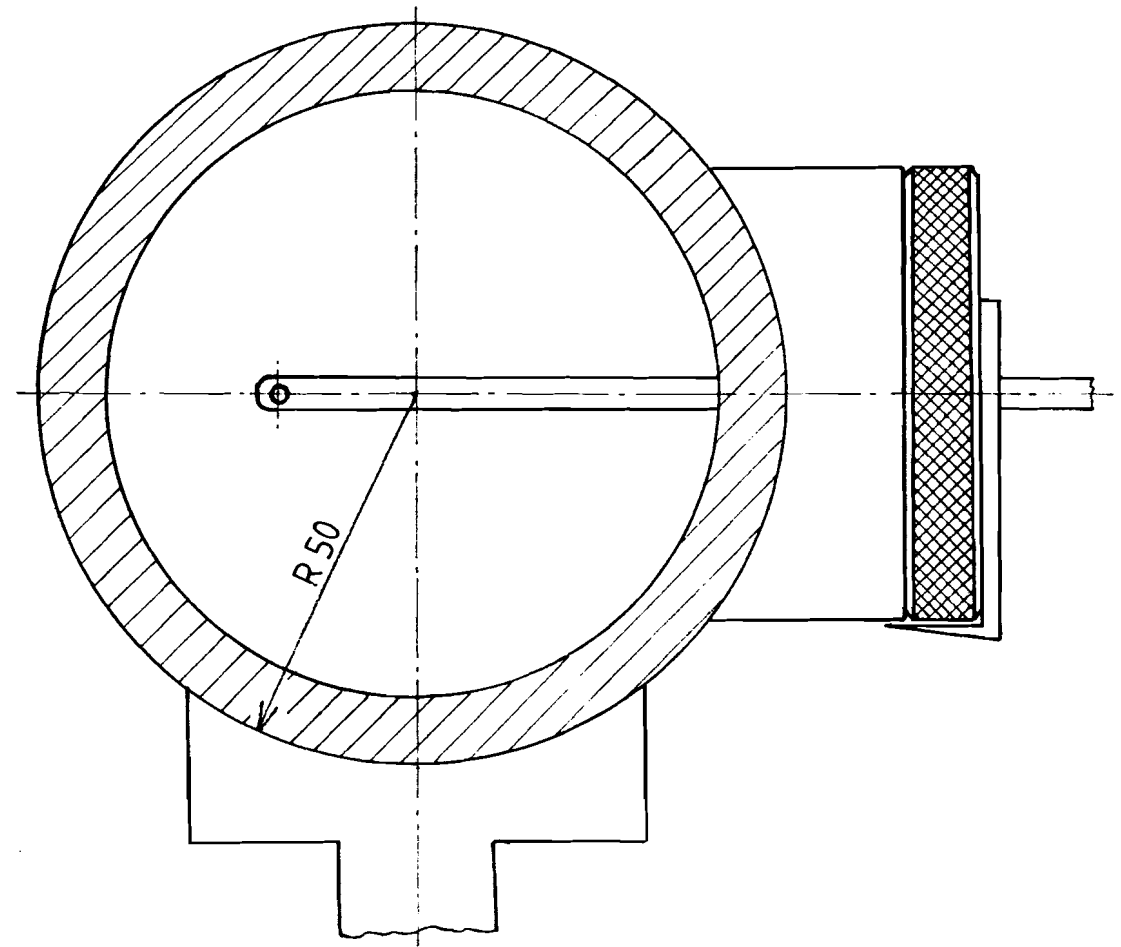
- |     |    |
|-----|----|
| X = | 3  |
|     | 7  |
|     | 11 |
|     | 15 |
|     | 19 |
|     | 23 |

// 0.05 A      0.7 x 0.15

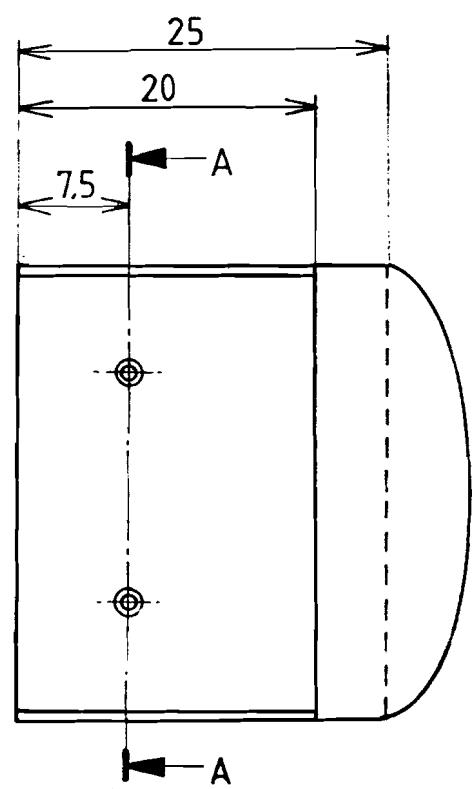
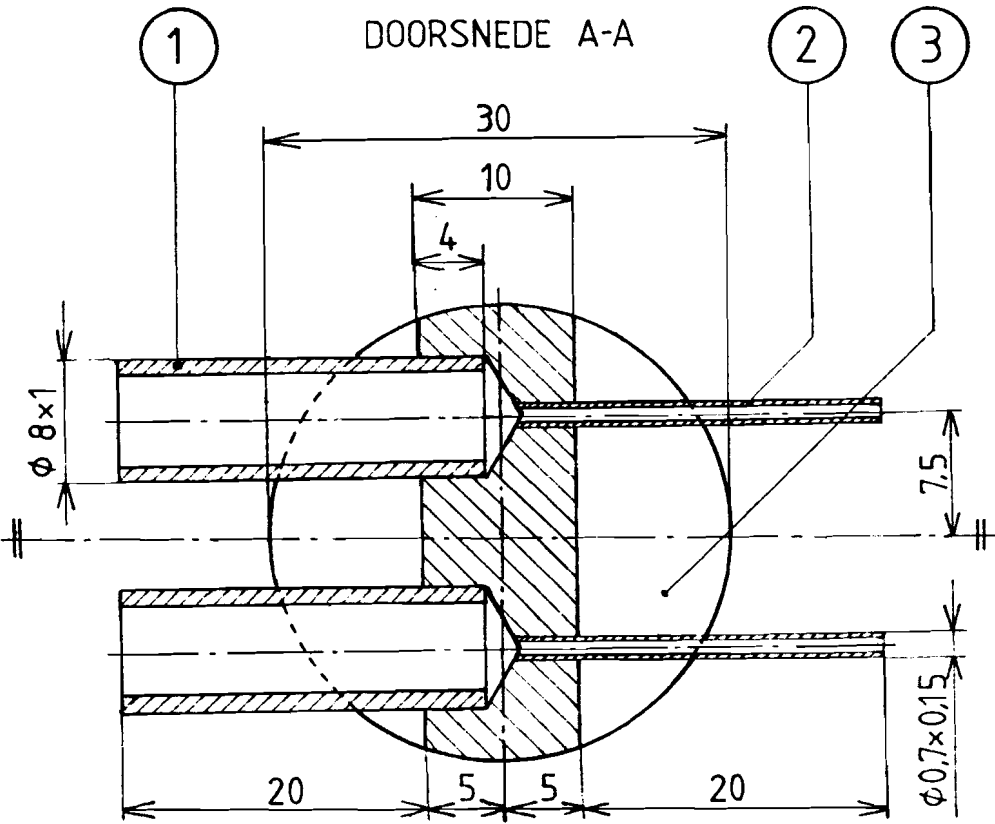
TOLERANTIES VLGS NEN 2365		PROJECTIE		BENAMING	
b.v. 8 ± 0.15    8 <sup>+0.10</sup> / <sub>-0.25</sub>		AM		MEETBUISJE	
PASSINGEN VLGS N 802		RUWHEIDSWAARDEN VLGS NEN 630		AANTAL 6 (i.v.m. X)	
				MATERIAAL P.V.S.	
TECHNISCHE HOGESCHOOL EINDHOVEN		SCHAAAL 10 : 1		DATUM	
AFDELING : WERK TUIGBOUWKUNDE		GET. M.v.d.Linden		3-11	
GROEP : W.O.P.		GEC. :		TEKENINGNR. 2	
				WIJZIGING	

A3

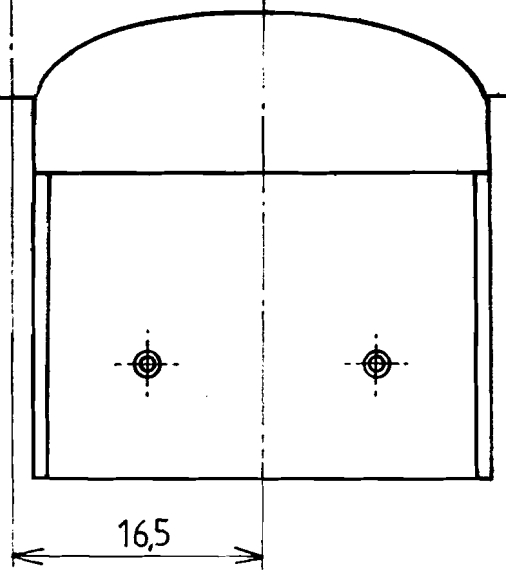
niet getolereerde maten: ± 0,2



DOORSNEDE A-A

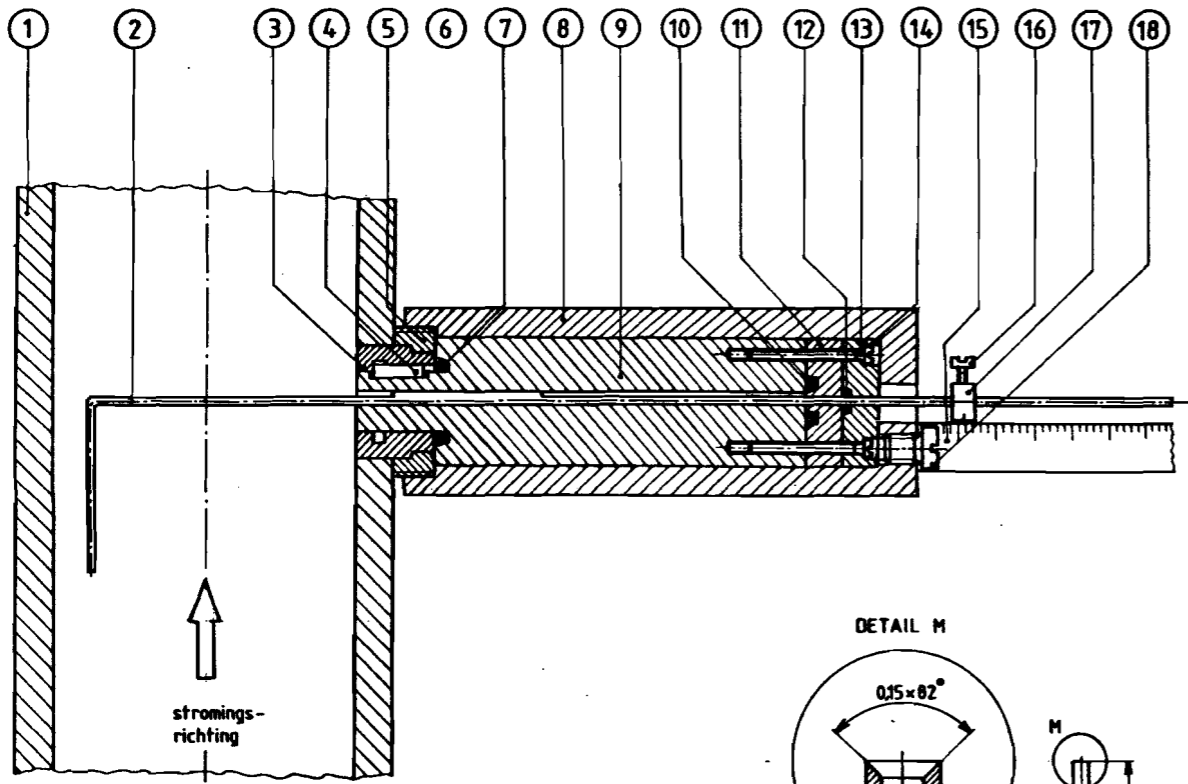


ondersteuning



3	1	DRAGER	PERSPEX	φ 30		"holling" φ 50
2	2	MEETSLANGBUIJSJE	r.v.s.	φ 0,7 x 0,15		
1	2	BEVESTIGINGSBUIJSJE	MESSING	φ 8 x 1		
nr.	aant.	benaming	materiaal	afm.	norm	opmerkingen
TOLERANTIES VLGS NEN 2365			PROJECTIE	BENAMING		
b.v. $8 \pm 0,15$ $8 \begin{matrix} +0,10 \\ -0,25 \end{matrix}$				<b>AM POSITIE &amp; ONDERSTEUNING</b>		
PASSINGEN VLGS N 802		RUWHEIDSWAARDEN VLGS NEN 630		AANTAL	MATERIAAL	
		TECHNISCHE HOGESCHOOL EINDHOVEN		SCHAAL 1:2	DATUM	TEKENINGNR.
AFDELING: WERKTUIGBOUWKUNDE		GROEP: W.O.P.		GET.: M.v.d.Linden	4-1	3
GEC.:				WIJZIGING		

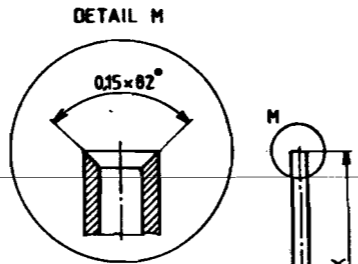
A3



niet getolereerde maten: ± 0,2

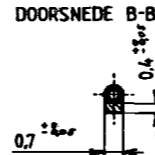
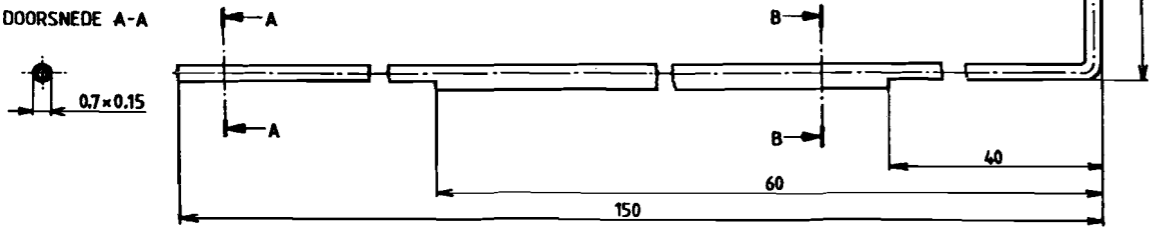
niet aangeduide rondingen: R 1

X = 32  
30  
28  
26  
24  
22



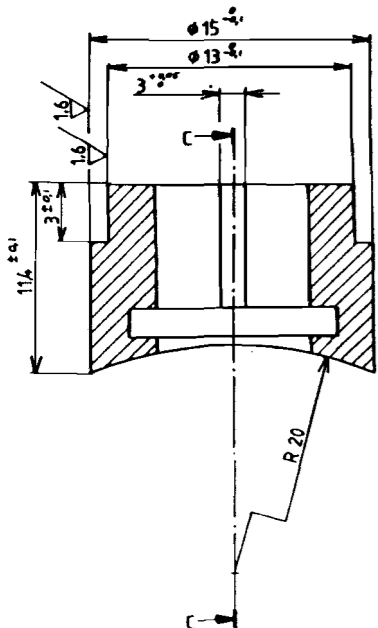
② 5:1 32/32

DOORSNEDE A-A

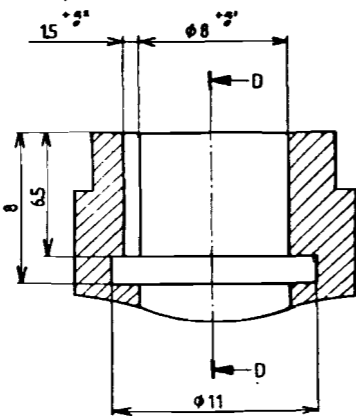


③ 5:1 6,3/16

DOORSNEDE D-D

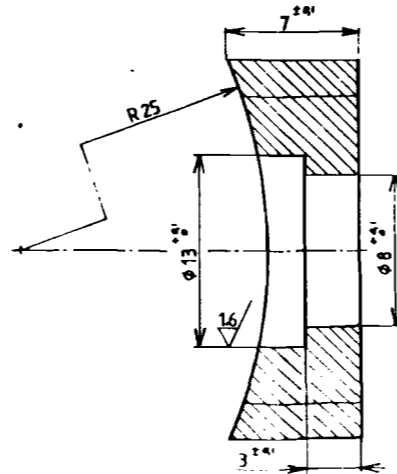


DOORSNEDE C-C

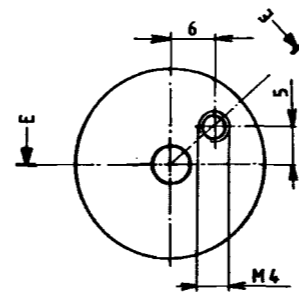


⑤ 5:1 6,3/16

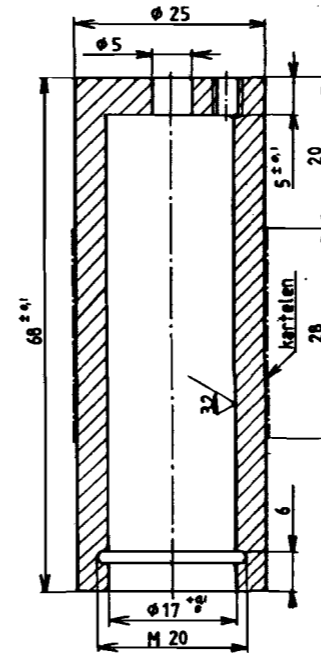
DOORSNEDE F-F



⑧ 2:1 6,3/32

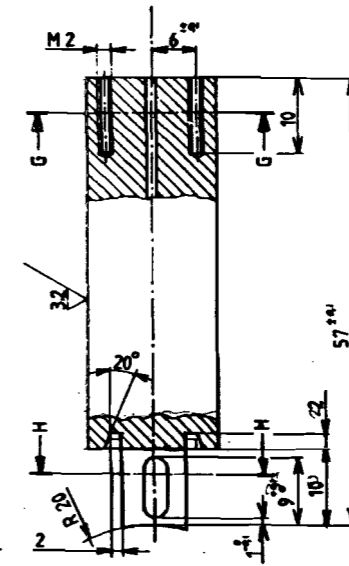
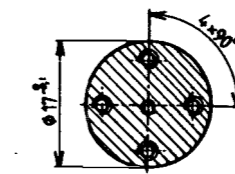


DOORSNEDE E-E

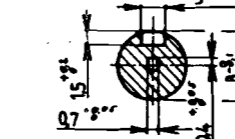


⑨ 2:1 6,3/32

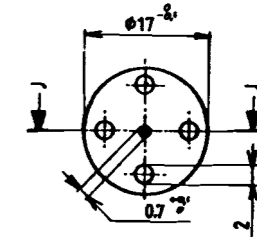
DOORSNEDE G-G



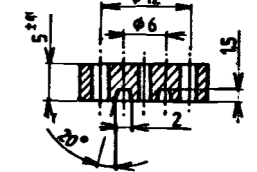
DOORSNEDE H-H



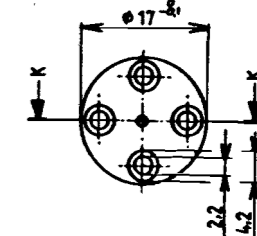
⑪ 2:1 32/32



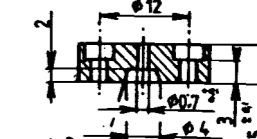
DOORSNEDE J-J



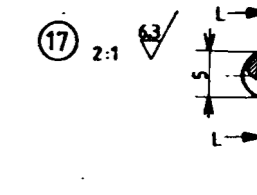
⑬ 2:1 32/32



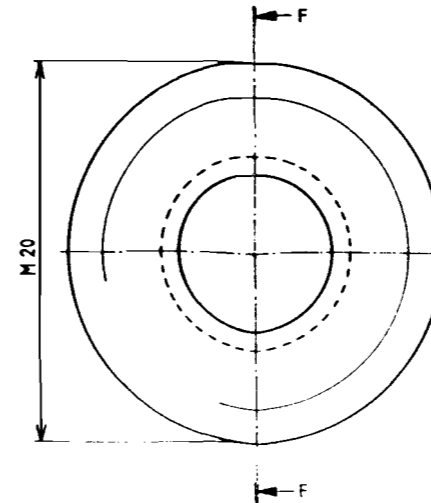
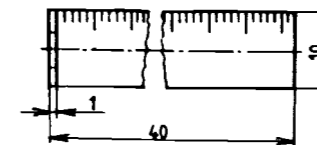
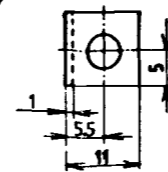
DOORSNEDE K-K



DOORSNEDE L-L



⑮ 2:1 6,3/16



18	1	CILINDERKOPSCHROEF	St.	M4 x 5	NEN 1602	
17	1	STELMOER	MESSING	Ø5 x 2	NEN 1602	met kerfje
16	1	STELSCHROEF	St.	M 2 x 4	NEN 1602	
15	1	MEETLINEAAL	r.v.s.	2 mm dik		maatverdeling
14	4	CILINDERKOPSCHROEF	St.	M 2 x 15	NEN 1602	
13	1	BUISAFDICHTBLOK	PERSPEX	Ø17 x 5		
12	1	PAKINGRING	RUBBER	Ø5 x 2		dikte 2 mm.
11	1	SPIE-AFDICHTBLOK	PERSPEX	Ø17 x 5		
10	1	PAKINGRING	RUBBER	Ø8 x 2		dikte 2 mm.
9	1	SPIEBAANCILINDER	PERSPEX	Ø17 x 59		
8	1	AANDRAAICILINDER	MESSING	Ø25 x 68		kartelen
7	1	PAKINGRING	RUBBER	Ø12 x 3		dikte 3 mm.
6	0	VLAKKE SLUITRING	St.	9 (M8)	NEN 2268	vervallen
5	1	DRAADBUS	MESSING	Ø20 x 7		aan 3 lijmen
4	1	VLAKKE INLEGSPIE	St.	3 x 3 x 8	NEN 2930	
3	1	MEETBUISPROP	PERSPEX	Ø15 x 10		aan 5 lijmen
2	6	MEETBUIS (6 x 1 x m. X)	r.v.s.	Ø0,7 x 0,15		met spievorm
1	1	STROOMPIJP	PERSPEX	Ø50 x 5		zie ook tek. 3
nc	aart	benaming	materiaal	afm.	norm	opmerkingen

TOLBIJZIJTE VLEES NIET ZIJN

PROJECT: **AM** **VERSCHUIFBARE MEETOPSTELLING**

OPDRACHT: **AM** **VERSCHUIFBARE MEETOPSTELLING**

SCHALEN: **2:1; 5:1**

TU: **WERKTUIGBOUWKUNDE**

W.O.P.

TELEFONUMMER: **4-1**

TECHNISCHE UNIVERSITEIT EINDHOVEN

A1