

## Praktikumhandleiding meten en controleren

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

Struik, K. G., Theuws, G. J., & Sonnemans, H. G. (1987). *Praktikumhandleiding meten en controleren*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Vakgroep Produktietechnologie : WPB; Vol. WPA0508-2). Technische Universiteit Eindhoven.

***Document status and date:***

Gepubliceerd: 01/01/1987

***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)

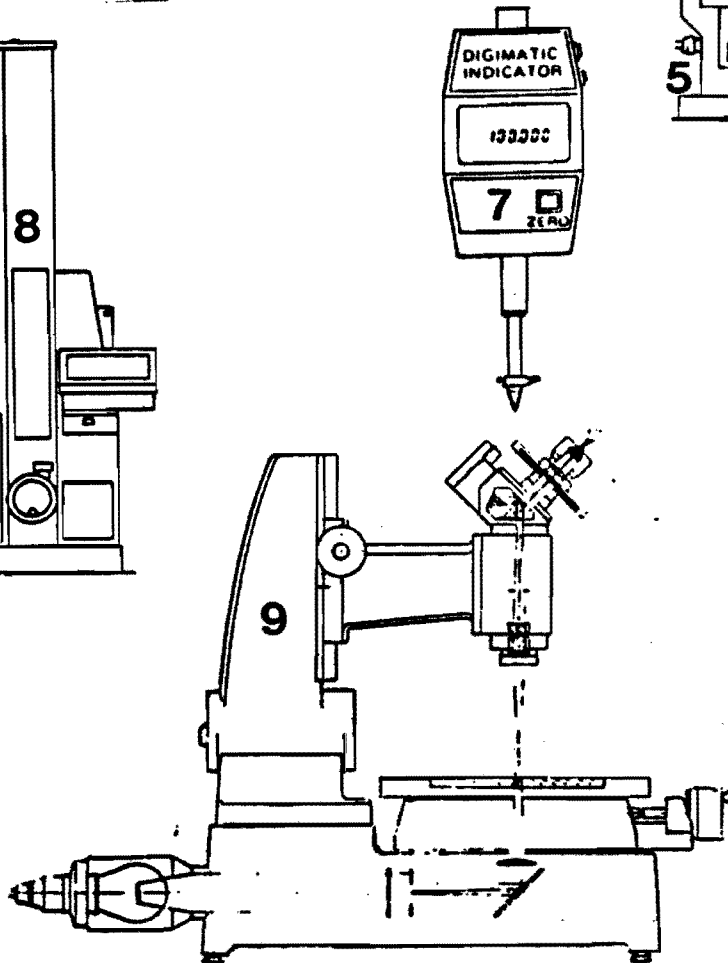
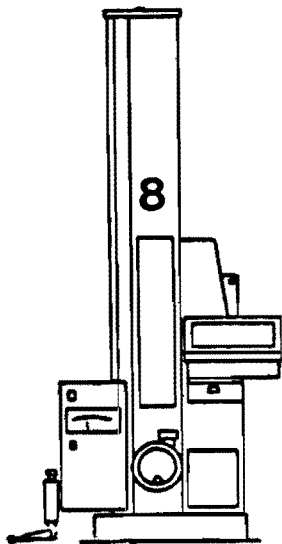
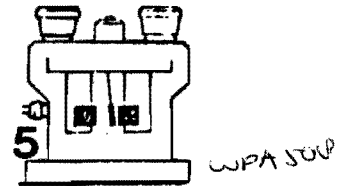
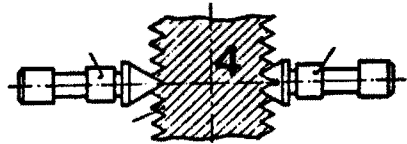
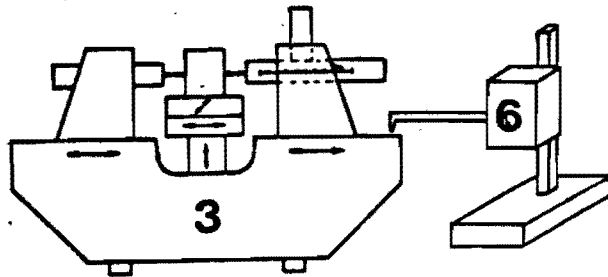
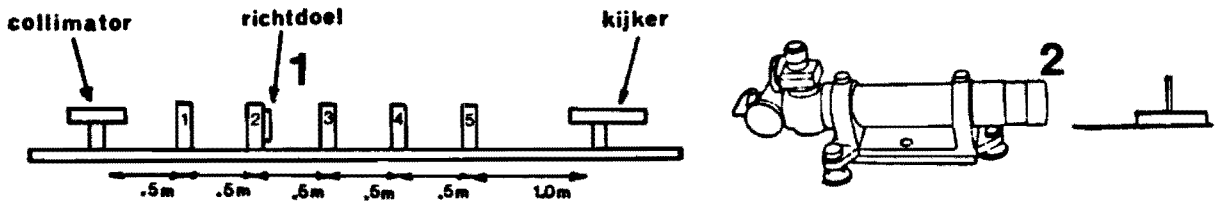
***Take down policy***

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.

# Handleiding Praktikum Werktuigkundige Meettechniek



Samengesteld door :      Ing.K. Struik  
 :      G.J. Theuvs  
 :      H. Sonnenans

BB 999750

**Praktikum Werktuigkundige Meettechniek.**

**Praktikumhandleiding METEN EN CONTROLEREN**

Samengesteld door :   Ing.K. Struik  
                          :    G.J. Theuws  
                          :    H. Sonnemans

**Copyright uitsluitend bestemd voor gebruik voor TUE studenten  
Werktuigkunde Eindhoven. Niets van deze inhoud mag worden  
vermenigvuldigd, openbaar gemaakt of in de handel gebracht.**

Eindhoven 19871126

**Praktikumhandleiding Meten en Controleren**

## Inhoudsopgave

	Pagina
<b>A</b>	<b>Aanwijzingen.....A.1</b>
	Technische wenken.....A.3
	Fouten analyse.....A.6
	Gebruik van waarschijnlijkheidspapier.....A.17
<b>Proef 1</b>	<b>Optische uitlijnmethode.....1.1</b>
	Opdrachten.....1.3
<b>2</b>	<b>Metingen met een auto-kollimator.....2.1</b>
	Opdrachten.....2.4
<b>3</b>	<b>Lengtemeting.....3.1</b>
	Opdrachten.....3.4
	Handleiding im meetbank.....3.6
	Handleiding Fluke 845AB                    3.11
<b>4</b>	<b>Schroefdraadmetingen.....4.1</b>
	Opdrachten.....4.5
<b>5</b>	<b>Vlakdheidsmetingen.....5.1</b>
	Opdrachten.....5.5
	Handleiding waterpas.....5.7
<b>6</b>	<b>Ruwheid.....6.1</b>
	Handleiding Ruwheidsmeter.....6.8
	Opdrachten.....6.13
<b>7</b>	<b>Statistiek.....7.1</b>
	Opdrachten.....7.3
	Handleiding schroefmaat.....7.4
	Horizontale optimeter DPI.....7.5
<b>8</b>	<b>Hoogtemeter.....8.1</b>
	Opdrachten.....8.3
	Handleiding Mitutoyo Hoogtemeter.....8.7
<b>9</b>	<b>Werkplaatsmicroscop.....9.1</b>
	Opdrachten 1.....9.9
	Werking microscop.....9.14
	Tabel 1.....9.17
	Formules.....9.18
	Opdrachten 2.....9.19
	Digimatic. Head.....9.23

## 1. Algemene aanwijzingen

### 1.1. Indeling van het praktikum

Het praktikum begint om 13.30 uur en eindigt om 17.30 uur. Er wordt van U verwacht, dat U in deze tijd de proef volledig uitvoert. Hiervoor is een goede voorbereiding van de proef noodzakelijk.

### 1.2. Verkwijze

Lees de handleiding van de proef die U dient uit te voeren.

aandachtig door en beantwoord de daarin gestelde vragen.

(Voorzover U dit al niet tijdens de voorbereiding heeft gedaan).

Waarschuw hierna de assistent. Deze zal U de antwoorden geven, zodat U zelf de vragen kunt nakijken. Zijn er nu nog onduidelijkheden dan kunt U die met de assistent bespreken. Nu kunt U met de uitvoering van de opdrachten beginnen. Van de 2e of de 4e proef (afhankelijk van Uw plaats in het rooster) die U moet uitvoeren dient U een verslag te schrijven; van de andere proeven hoeft U alleen de waarnemingsbladen en de antwoorden behorende bij de proef in te leveren.

### 1.3. Verslag

Het verslag dient in beknopte vorm te bevatten:

- a. Doel van de proef.
- b. Een opsomming van de gebruikte instrumenten met fabrikaat, typenummer, enz.
- c. Beknopte beschrijving van de proef en de werking der instrumenten in eigen woorden (zodanig schetsen).
- d. Een overzichtelijke weergave van de waarnemingen en verwerking hiervan tot een meetuitkomst.
- e. Bepaling van de toevallige fouten door berekening van de standaarddeviatie uit een reeks waarnemingen.
- f. Foutendiskussie, waarin systematische afwijkingen aan de orde komen.
- g. Conclusie.

Opmerking: 1. Als U waarnemingen in een grafiek uitzet vermeld hierop dan duidelijk:

- a. Wat de grafiek voorstelt.
- b. Wat U langs de assen van de grafiek heeft uitgezet.

2. Verslagen binnen een week inleveren. Deze worden nagekeken, waarna U een oproep krijgt om het te bespreken.

3. De vragen hoeven niet rechtstreeks te worden beantwoord in het verslag.
4. Er mogen in het verslag geen waarnemingsbladen uit het praktikum voorkomen.

1.4. Alle gebruikte instrumenten moeten aan het eind van de middag worden uitgeschakeld.

Inverband met roestvorming van blanke delen door zuur van de handen vragen wij u deze met een doek schoon te wrijven en licht in te oliën? De instructeurs zijn u dankbaar!

## 2. Technische wenken

### 2.1. Het instellen van een optische instrument

De bedoeling van het scherpstellen is, dat men tegelijkertijd het te meten voorwerp en een instelmerk - bijv. een kruisdraad - scherp ziet en wel met ongeacomodeerd oog. (Dit is ontspannen oog).

Voor scherpstellen op het voorwerp is meestal een of andere instelknop aanwezig, die bij een microscoop vaak de gehele tubus verplaatst; voor scherpstelling op de kruisdraad wordt bijna steeds een kartelrand van het oculair versteld. Omdat deze laatste, de oculairinstelling, de afbeelding in het meetobject beïnvloedt, moet eerst de kruisdraadafbeelding met de oculairinstelling worden scherpgesteld.

Dat gaat het beste als men het meetobject niet ziet doordat dit weggenomen of afgedekt is, of heel onscherp gesteld. Vervolgens gaat men als volgt te werk.

- a. Schroef het oculair geheel uit.
- b. Richt het oog op een veraf gelegen punt (ongecomodeerd oog),
- c. Kijk vervolgens in het oculair en draai het in tot de maximale scherpste juist is verkregen (niet door de scherpste stand heen draaien). Hierdoor bereikt men, dat met ongeacomodeerd oog wordt waargenomen.

Daarna stelt men het object scherp met de scherpstelknop (bij de Wild-Theodoliet is ook de objectscherpstelling een kartelring die zich verder van het oculair af bevindt, zie de handleiding).

Als dit alles met zorg is gebeurd valt het "tussenbeeld" van het instrument, dit is het door het objectief van het voorwerp gevormd beeld, samen met de kruisdraad.

Bij niet juist scherpstellen ontstaan parallaxfouten. Dit is te controleren door het hoofd zijdelings te bewegen, waarbij dan het kruisdraadbeeld verschuift ten opzichte van de invangdraden. Bij juist scherp stellen staat het beeld stil ten opzichte van de invangdraden en kan geen parallaxfout optreden.

## 2.2. Dode gang

Bij een aantal instrumenten is dode gang in het afleesmechanisme aanwezig. Dit kan men onschadelijk maken door steeds van een kant te meten.

## 2.3. Behandeling van eindmaten

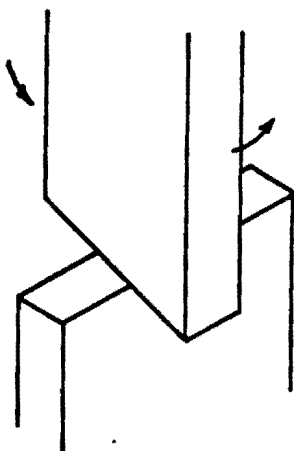
- a. Onderhoud Elke eindmaat vóór gebruik zorgvuldig ontvetten met een zeemleren lap en eventueel met petroleum ether. De meetvlakken zo weinig mogelijk met de vingers aanraken. De eindmaten neerleggen op een zeemleren lap. Na gebruik eerst schoonmaken, daarna invetten en op zijn plaats in de doos leggen.

N.B. Een doos eindmaten kwaliteit 0 kost ruim f 1.000,-.

- b. Samenstellen. Controleer of de samen te stellen vlakken goed schoon zijn. Leg de vlakken zò op elkaar, dat de eindmaten een

hoek van  $90^{\circ}$  met elkaar maken (zie figuur) en druk ze aan. Draai vervolgens de eindmaten langzaam over elkaar.

In de goede stand dienen de eindmaten aan elkaar te hechten. Bij beschadiging der eindvlakken lukt dat niet. Om verdere beschadiging te voorkomen mag niet geforceerd worden. Bij goed aangesprongen eindmaten bedraagt de dikte der luchtlaag minder dan  $0,1 \mu\text{m}$ .



Uitgangspositie bij  
samenstellen van eindmaten.



#### 2.4. Nauwkeurigheidsklassen van eindmaten

Nauwkeurigheidsgraad	Toelaatbare afwijking v.d. nominale maat
00	$\pm (0,05 + 0,001 \cdot L) \mu\text{m}$
0	$\pm (0,10 + 0,002 \cdot L) \mu\text{m}$
I	$\pm (0,20 + 0,004 \cdot L) \mu\text{m}$
II	$\pm (0,40 + 0,008 \cdot L) \mu\text{m}$

Tabel 1.

L = maximale nominale maat voor ieder nominaal bereik in mm.

De toelaatbare afwijkingen van eindmaten worden vaak verwerkt als toevallige afwijkingen.

$S_{\text{eindmaat}} = \text{toelaatbare afwijking}/2.$

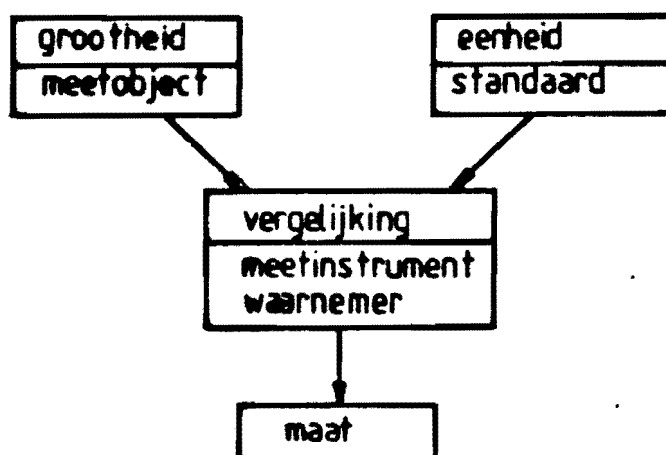
### 3. FOUTENANALYSE IN HET MEETPROCES.

#### Inleiding.

De te behandelen meetprocessen zullen toegespits zijn op de meting van werktuigbouwkundige onderdelen. Na een algemene beschrijving van het meetproces worden de standaard- en systematische afwijkingen behandeld. Voor we onderzoeken wat de invloed van verschillende afwijkingen op het meetresultaat is, dienen we deze afwijkingen eerst te bepalen. Daarna worden aan de hand van een aantal praktijkproblemen hun invloed op het meetresultaat onderzocht. De gebruikte terminologie is in overeenstemming met NEN 3114.

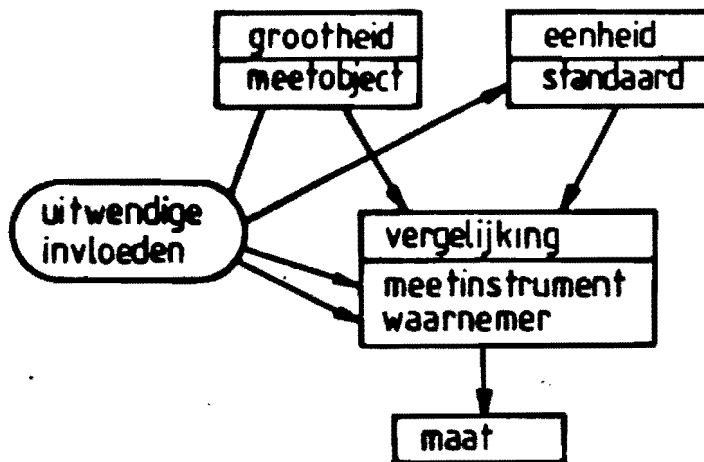
#### 3.1. Wat is meten?

Meten komt altijd neer op het vergelijken van het meetobject met een standaard. Het resultaat is een verhouding, dus een dimensieloos getal. Dit resultaat met de bij de standaard behorende eenheid noemt men de maat. Zie figuur 1.



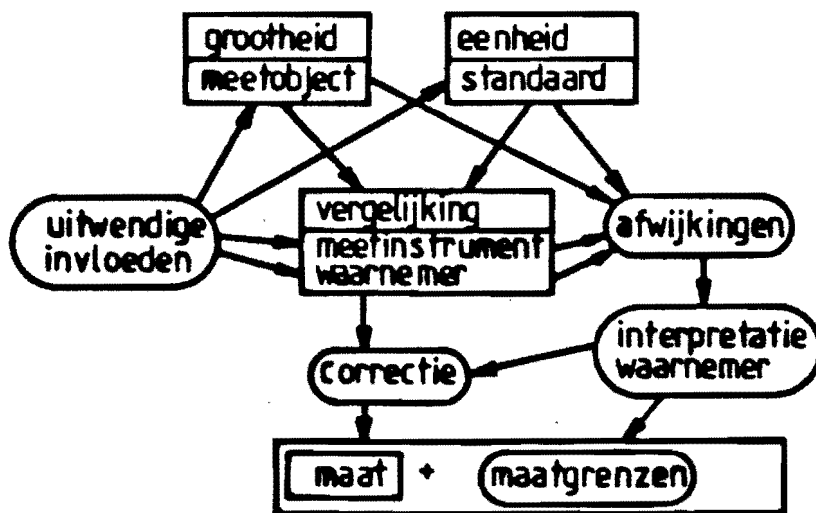
Figuur 1. Meten is vergelijking van een meetobject met een standaard.

In de praktijk treden invloeden van buiten op. Hierdoor kunnen waarnemingsfouten ontstaan. Hieronder verstaat men niet alleen fouten die de waarnemer maakt, en welke hij misschien bij een zorgvuldigere uitvoering had kunnen vermijden, maar ook fouten die aan de waarneming inherent zijn. Zie figuur 2.



Figuur 2. Uitwendige beïnvloeding van de maat.

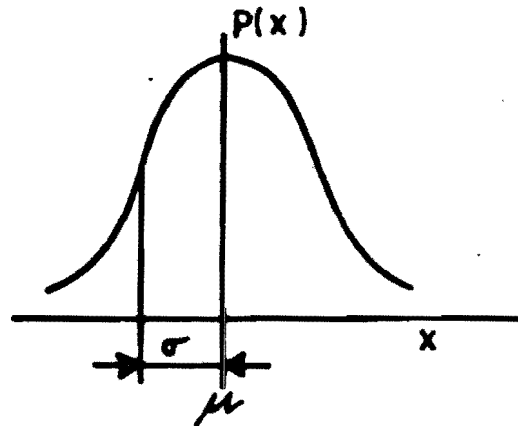
Denk hierbij bijvoorbeeld aan temperatuurschommelingen. Vaak kunnen zelfs de oorzaken van de variaties in de meetuitkomsten niet duidelijk worden weergegeven. De waarnemer krijgt er een extra taak bij, hij moet de meetgegevens analyseren en interpreteren. Zie figuur 3.



Figuur 3. Interpretatie van de waarnemingen.

Het zal dan blijken dat het resultaat onjuist is en het afwijkingen vertoont. Het is zinvol hierbij twee aspecten duidelijk te onderscheiden. Op de eerste plaats blijkt het dat de meetuitkomsten na herhaling niet overeenstemmen. Deze afwijking wordt aangeduid met "precisie" en wordt

kwantitatief beschreven door een statistische spreidingsmaat, de standaard afwijking genoemd. De meetwaarden voldoen aan een normale verdeling. In figuur 4 is de verdelingsfunctie van een normale verdeling weergegeven.



Figuur 4. Normale verdeling.

Op de tweede plaats zijn er de afwijkingen die constant zijn of langzaam variëren in de tijd. Dit zijn de zogenaamde systematische afwijkingen. Dit zijn de gevaarlijkste afwijkingen in een meetproces. In principe is voor deze afwijkingen te corrigeren, daar zij nagenoeg constant zijn. Deze afwijkingen kunnen o.a. ontstaan door een niet juiste meetprocedure, afwijkingen in de temperatuur of door een fout in de standaard. In principe kunnen zij alleen door kalibratie worden bepaald.

### 3.2. Omschrijving van enkele begrippen.

Gezochte waarden.	$x_g$	De waarde die aan de te meten grootte wordt toegedacht.
Nominale waarde.		De waarde volgens tekening.
Meetmethode.		De wijze waarop en de omstandigheden waaronder de metingen worden verricht.
Meetuitkomst.	$x_i$	Door een meting verkregen waarde.
Gemiddelde meetuitkomst.	$\bar{x}$	Het rekenkundig gemiddelde van n meetuitkomsten.
		$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$
Meetverwachting.	$\mu$	De waarde waar $\bar{x}$ toe nadert bij een toenemend aantal metingen.

**Uitschieter.** Een ongewoon grote afwijking, b.v. een afleesfout. Deze wordt weggelaten in de berekening.

**Gemeten standaard afwijking.**  $S_x$  De theoretische standaardafwijking kan worden benaderd door  $S_x$ . Te berekenen volgens:

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \{ (x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2 \}}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{II}$$

**Standaardafwijking van het gemiddelde.**  $S_{\bar{x}}$   $S_x$  wordt in de praktijk standaard afwijking genoemd. Dit is een maat voor de spreidingsbreedte van  $\bar{x}$  en

**Betrouwbaarheidsinterval.** wordt berekend volgens  $S_{\bar{x}} = \frac{S_x}{\sqrt{n}}$ . Een interval dat met een vastgestelde kans de meetverwachting bevat. Deze wordt voor een normale verdeling berekend volgens:

$$\bar{x} - tS_{\bar{x}} < \mu < \bar{x} + tS_{\bar{x}}$$

De waarde van  $t$  is afhankelijk van het aantal metingen en de betrouwbaarheid. Zie tabel 1. In de geometrische meettechniek werkt men meestal met een betrouwbaarheid van 95% en neemt men onafhankelijk van het aantal waarnemingen  $t=2$  zodat we krijgen  $\bar{x} - 2S_{\bar{x}} < \mu < \bar{x} + 2S_{\bar{x}}$ . Dus de meetverwachting  $\mu$  ligt met een kans van 95% in het interval

$$\bar{x} \pm 2S_{\bar{x}} \quad \text{IV}$$

Bijzonder geval. Men heeft 1 enkevoudige meetuitkomst, dus  $n=1$ . Uit eerdere gelijksoortige metingen kent men  $S_x$ . Het betrouwbaarheidsinterval voor de meetverwachting wordt nu gevonden volgens

$$\mu = x \pm 2S_x \quad \text{V}$$

**Systematische afwijking.**  $\delta = \mu - x_g$ . Het verschil tussen de meetverwachting en de gezochte waarde. Hoe we deze kunnen berekenen zien we in het hoofdstuk waar de systematische afwijkingen behandeld worden.

**Correctie.** Een bedrag dat bij de meetuitkomst algebraïsch wordt opgeteld om een bekend deel van de onzuiverheid van een meetmethode in rekening te brengen. Correcties kunnen worden bepaald uit kalibraties of soms worden berekend uit gegevens die betrekking hebben op de omstandigheden waaronder de meting plaats vindt,

b.v. temperatuur, kantelfout enz. Dit zijn in het algemeen de systematische afwijkingen.

Voor een normale verdeling kan een benaderde waarde voor  $S$  gevonden worden uit de spreidingsbreedte, volgens  $S_x = W d_n$  in goede benadering kan men  $S = \frac{W}{\sqrt{n}}$  aanhouden. Met  $W = x_{\max} - x_{\min}$ ,  $n$  = aantal waarnemingen,  $d_n$  wordt met behulp van de volgende tabel bepaald.

$n$	$d_n$
2	0,9
3	0,6
4	0,5
5	0,45
6	0,4
7	0,37
8	0,35
9	0,33
10	0,32

Opmerking:

De formule  $S_x = W d_n$  mag alleen gebruikt worden voor  $n < 10$ , omdat anders te weinig informatie uit de waarnemingen wordt gehaald. Kies voor het bepalen van standaardafwijkingen steeds  $n=9$ .

aantal waarnemingen $n$	betrouwbaarheid (in %)			
	90	95	99	99,8
2	6,31	12,7	63,7	318
3	2,92	4,30	9,93	22,3
4	2,35	3,18	5,84	10,2
5	2,13	2,78	4,60	7,17
6	2,02	2,57	4,03	5,89
7	1,94	2,45	3,71	5,21
8	1,90	2,37	3,50	4,79
9	1,86	2,31	3,36	4,50
10	1,83	2,26	3,25	4,30
11	1,81	2,23	3,17	4,14
12	1,80	2,20	3,11	4,03
13	1,78	2,18	3,06	3,93
14	1,77	2,16	3,01	3,85
15	1,76	2,15	2,98	3,79
16	1,75	2,13	2,95	3,73
17	1,75	2,12	2,92	3,69
18	1,74	2,11	2,90	3,65
19	1,73	2,10	2,88	3,61
20	1,73	2,09	2,86	3,58
21	1,73	2,09	2,85	3,55
31	1,70	2,04	2,75	3,39
$\infty$	1,65	1,96	2,58	3,09

Tabel 1. Tabel van t-waarden.

### 3.3. Bepaling van de standaardafwijking (s.a.).

Bereken het gemiddelde en de s.a. van een serie waarnemingen.  $L_i$  in mm.  
 0,015; 0,014; -0,057; -0,087; 0,011. 0,030; 0,081; -0,042; 0,058.

Volgens formule I berekenen we eerst  $\bar{L} = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 L_i = -0,0103$  mm, afgerond  $\bar{L} = -0,01$  mm, en  $S_L$  berekenen we volgens formule II

$$S_L = \sqrt{\frac{1}{8} \sum_{i=1}^9 (x_i - 0,0103)^2} = 0,0536 \text{ mm, afgerond } S_L = 0,05 \text{ mm.}$$

De toevallige afwijking in de enkele waarneming kan worden vastgesteld door een interval van  $\pm 2S$  te nemen. Dit betekent voor een normale verdeling een betrouwbaarheid van 95%.

De standaardafwijking van het gemiddelde van  $n$  waarnemingen is bij benadering volgens formule III  $S_{\bar{L}} = \frac{S_L}{\sqrt{n}}$  (zie ook p.2.2 van het collegedictaat).

Dus  $S_{\bar{L}} = \frac{S_L}{\sqrt{9}} = \frac{0,05}{3}$ , afgerond  $S_{\bar{L}} = 0,02$  mm.

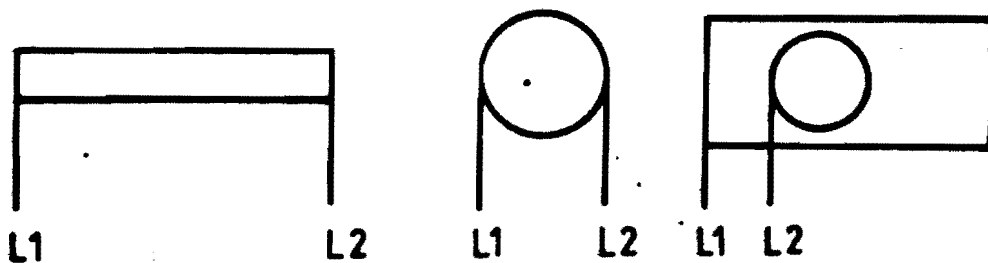
### 3.4. Foutenvoortplanting.

- Toevallige afwijkingen.

Van een grootheid  $q = f(a, b, c, \dots)$  wordt, als  $a, b, c, \dots$  onafhankelijke meetwaarden zijn met bijbehorende standaardafwijkingen  $S_a, S_b, S_c, \dots$ , de standaardafwijking van het resultaat bepaald door de relatie:

$$S_q^2 = \left(\frac{\partial q}{\partial a}\right)^2 S_a^2 + \left(\frac{\partial q}{\partial b}\right)^2 S_b^2 + \left(\frac{\partial q}{\partial c}\right)^2 S_c^2 + \dots \quad \text{VI}$$

#### 3.4.1. Voorbeelden.



Figuur 5.

1. Bepaling van de lengte uit 2 aflezingen. L1 en L2 volgens figuur 5.

- a. L1 = -0,013 en L2 = 9,032 mm. De lengte L = L2-L1 = 9,019 mm.  
Berekening van S<sub>L</sub> volgens bovenstaande regel.

$$S_L^2 = S_{L2}^2 + S_{L1}^2 \text{ of } S_L^2 = 2S^2 \quad (S_{L1} = S_{L2} = S)$$

$S_L = \sqrt{2}S = 1,41 \times 0,0536 = 0,0757$  mm. (We nemen hier de berekende standaardafwijking uit 3.3).

Volgens formule V vinden we nu voor het resultaat:

$L = 9,019 \pm 0,152$  mm, afgerond  $L = 9,02 \pm 0,15$  mm.

- b. Om meetfouten tengevolge van uitschieters te vermijden bepalen we nu L1 en L2 uit 3 waarnemingen. De s.a. is weer bekend en is gelijk aan S=0,053 mm. De berekening van L met zijn tolerantie verloopt nu als volgt:

L1 = 0,006; -0,005; 0,034.

L2 = 9,033; 9,012; 9,035. Waarden in mm.

$L = L2 - L1$  Volgens formule III vinden we:

$$S_{L2} = \frac{S_{L2}}{\sqrt{3}} = \frac{0,0536}{1,732} = 0,0309 \text{ mm.} = S_{L2}$$

Volgens formule I berekenen we de gemiddelde waarden.  $L1 = 0,012$  en

$L2 = 9,027$  dus  $L = 9,015$  mm.

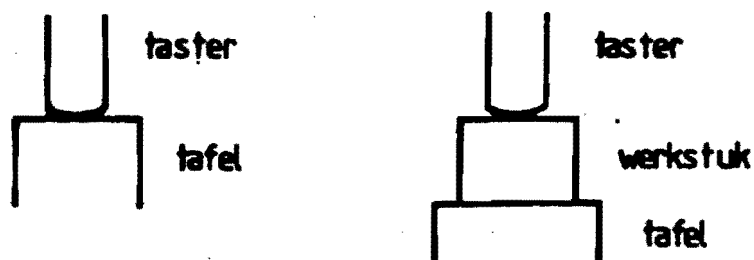
$$\text{en } S_L = \sqrt{S_{L2}^2 + S_{L1}^2} = \sqrt{0,0309^2 + 0,0309^2} = 0,0437 \text{ mm.}$$

Het resultaat volgens formule IV geeft  $L = 9,015 \pm 0,087$  mm.

- c. Het kan ook zo zijn dat de s.a. van de metingen verschillen, zoals bij het meten van een blokje. Zie figuur 6.

L0=0,011; 0,012; 0,010; 0,013; 0,012; 0,011; 0,013.

Lm=9,024; 9,029; 9,023; 9,030; 9,025; 9,021; 9,026; 9,018; 9,027.



Bepaling nul stand L0

Bepaling meetstand Lm

Figuur 6.



De berekening gaat nu als volgt:

$$\bar{L}_0 = 0,0117 \quad S_{L_0} = 0,0011 \quad S_{\frac{L_0}{L_m}} = 0,0004.$$

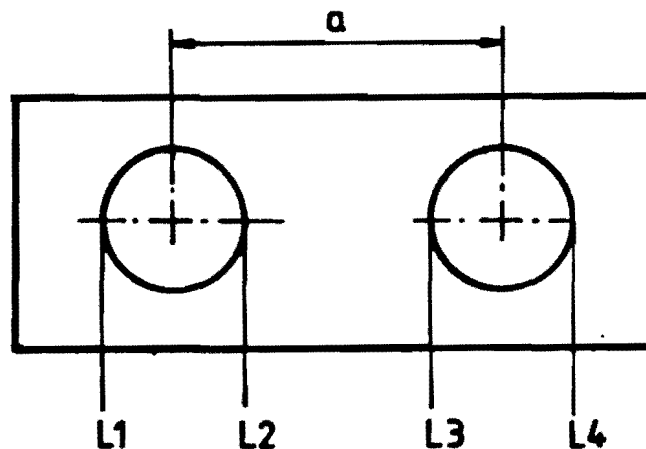
$$\bar{L}_m = 9,0247 \quad S_{L_m} = 0,0037 \quad S_{\frac{L_m}{L_0}} = 0,0012.$$

$$L = \bar{L}_m - \bar{L}_0 \text{ en } S_L \sqrt{S_{\frac{L_m}{L_0}}^2 + S_{\frac{L_0}{L_m}}^2}$$

Meetresultaat  $\bar{L} = 9,013 \pm 0,0025 \text{ mm}$ .

2. Het resultaat is gelijk aan het produkt of quotient van een aantal metingen.

a. Bepaal de hartafstand van 2 gaten. Zie figuur 7.



Figuur 7.

De standaardafwijking van de meting is bepaald in 3.3 en is  $S$ . De hartafstand  $a$  van beide gaten is:

$$a = \frac{L_4 + L_3}{2} - \frac{L_2 + L_1}{2}$$

Met behulp van formule VI vinden we voor  $S_a$ :

$$S_a^2 = \frac{1}{4} S_{L_4}^2 + \frac{1}{4} S_{L_3}^2 + \frac{1}{4} S_{L_2}^2 + \frac{1}{4} S_{L_1}^2 \text{ met } S_{L_1} = S_{L_2} = S_{L_3} = S_{L_4} = S$$

Dus  $S_a = S$ .

b. Bij lengtemeting op de lengtemeetbank moet men corrigeren voor het temperatuurverschil tussen machine en het te meten object. Vooral bij grotere lengten kan deze correctie aanzienlijk zijn. Bij eindmaten en

speermaten geeft men de lengte op bij 20°C. Dit levert bij de lengtemeetbank dan de volgende formule:

$$l_{20} = l_g - \Delta l_{sp} + \Delta l_m.$$

$l_g$  = gemeten lengte.

$\Delta l_{sp}$  = correctieterm voor de lengteverandering van het gemeten objekt.

$\Delta l_m$  = correctieterm voor de lengteverandering van de machine.

Dan volgt voor  $S$ :

$$S_{l_{20}}^2 = S_{l_g}^2 + S_{\Delta l_{sp}}^2 + S_{\Delta l_m}^2.$$

Waarbij de  $\Delta l$  termen volgen uit de formule voor de uitzetting

$$\Delta l = L \alpha (t - 20)$$

Zodat voor  $S_{\Delta l}$  volgt:

$$S_{\Delta l}^2 = L^2 \alpha^2 S_t^2 + (L(t-20))^2 S_\alpha^2 + (\alpha(t-20))^2 S_l^2$$

### 3.5. Systematische afwijkingen.

Voor systematische afwijkingen geldt de volgende relatie:

$$\Delta q = \left(\frac{\partial q}{\partial a}\right) \cdot \Delta a + \left(\frac{\partial q}{\partial b}\right) \cdot \Delta b + \left(\frac{\partial q}{\partial c}\right) \cdot \Delta c + \dots$$

De afwijkingen behouden hun teken + of -, ze kunnen elkaar zowel mee als tegenwerken. Uitgebreide voorbeelden hiervoor staan in het collegedictaat Meten en Controleren. Hoofdstuk 3.

### 3.6. Instrument nauwkeurigheid.

De onbekende systematische afwijking van een meetapparaat of standaard wordt vaak als een toevallige afwijking beschouwd. De toevallige afwijking van een aantal metingen op een eindmaat is dan als volgt gegeven:

$$S_r = \left( S_e^2 + \frac{S_m^2}{n} \right)^{1/2}, \text{ met:}$$

$S_e$  = onbekende systematische afwijking als toevallige afwijking beschouwd, (voor grootte zie 2.4).

$S_m$  = toevallige afwijking van een meting op de eindmaat,

$n$  = aantal metingen.

### 3.7. Methode van de kleinste kwadraten.

We willen het verband weten tussen een afhankelijke variabele  $y$ , en de onafhankelijke variabele  $x$ . Daartoe meten we  $y$  als functie van  $x$ . Dit levert

een meetserie:  $(x_1, y_1); (x_2, y_2); \dots (x_n, y_n)$  op. Is er een lineair verband tussen deze variabelen dan geldt hiervoor de relatie  $y=ax+b$ . Volgens de methode van de kleinste kwadraten wordt de gezochte rechte gevonden door te eisen dat:

$$\sum_{i=1}^n (y_{\text{gemeten}} - y_{\text{berekend}})^2 \text{ minimaal is.}$$

$$\left. \begin{array}{l} y_{\text{gemeten}} = y_i \\ y_{\text{berekend}} = a \cdot x_i + b \end{array} \right\} \sum_{i=1}^n (y_i - a \cdot x_i - b)^2 \text{ minimaal.}$$

Aan deze eis wordt voldaan, als:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial}{\partial a} \left[ \sum_{i=1}^n (y_i - a \cdot x_i - b)^2 \right] = 0 \\ \frac{\partial}{\partial b} \left[ \sum_{i=1}^n (y_i - a \cdot x_i - b)^2 \right] = 0 \end{array} \right.$$

Dit levert voor  $a$  en  $b$ :

$$a = \frac{N \sum x_i y_i - (\sum x_i) (\sum y_i)}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \bar{y}}{\overline{x^2} - \bar{x}^2}$$

$$b = \frac{(\sum y_i) (\sum x_i^2) - (\sum x_i y_i) (\sum x_i)}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = \frac{\bar{y} \overline{x^2} - \overline{xy} \bar{x}}{\overline{x^2} - \bar{x}^2}$$

Uit voorgaande twee formules volgt :

$$b = \bar{y} - a \bar{x}$$

De standaardafwijking van  $a$  en  $b$  wordt gegeven door :

$$S_a^2 = \frac{Ns^2}{\Delta} \quad \text{en} \quad S_b^2 = \frac{s^2 \sum x_i^2}{\Delta}$$

$$\text{met } \Delta = N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2$$

$$\text{of } S_a^2 = \frac{s^2}{N (\overline{x^2} - \bar{x}^2)} \quad \text{en} \quad S_b^2 = \frac{1}{N} \frac{s^2 \overline{x^2}}{\overline{x^2} - \bar{x}^2}$$

$$\text{waarin } s^2 = \frac{1}{N-2} \sum_{i=1}^N (a x_i + b - y_i)^2$$

met  $a$  en  $b$  de waarden zoals hierboven berekend.

Voorbeeld.

$$a = \frac{\overline{xy} - \bar{x}\bar{y}}{\overline{x^2} - \bar{x}^2}$$

$x_i$	$y_i$	$x_i y_i$	$x_i^2$	$Z = ax_i + b - y_i$	$Z_i^2$
0	4	0	0	-1,7	2,9
5	22	110	25	1,3	1,7
10	44	440	100	0,3	0,1
15	67	1005	225	-1,7	2,9
20	85	1700	400	1,3	1,6
25	107	2675	625	0,3	0,1
30	128	3870	900	0,3	0,1
$\Sigma x_i = 105$	$\Sigma y_i = 457$	$\Sigma x_i y_i = 9770$	$\Sigma x_i^2 = 2275$		$\Sigma Z_i^2 = 9,5$
$\bar{x} = 15$	$\bar{y} = 65,3$	$\overline{xy} = 1395$	$\overline{x^2} = 325$		

$$a = \frac{1395 - 975}{325 - 225} = \frac{420}{100} = 4,20$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x} = 65,3 - 63 = 2,3$$

$$s^2 = \frac{1}{n-2} \Sigma (ax_i + b - y_i)^2 = \frac{1}{n-2} \Sigma Z_i^2 = \frac{9,5}{5} = 1,9$$

$$S_a^2 = \frac{s^2}{N(\overline{x^2} - \bar{x}^2)} = \frac{1,9}{7 \cdot 100} = 27 \cdot 10^{-4}$$

$$S_a = 5 \cdot 10^{-2} = 0,05$$

$$\text{dus } a = 4,2 \pm 0,1$$

$$S_b^2 = \frac{1}{N} \frac{s^2 \bar{x}^2}{\overline{x^2} - \bar{x}^2} = \frac{1,9 \cdot 325}{7 \cdot 100} = 0,88$$

$$S_b = 0,94$$

$$\text{dus } b = 2,3 \pm 1,9$$

$$\text{opl. } y_i = (4,20 \pm 0,1) x_i + 2,3 \pm 1,9$$

### 3.8. Het gebruik van waarschijnlijkheidspapier

Wat is waarschijnlijkheidspapier?

Om te onderzoeken of waarnemingsuitkomsten van een steekproef geacht kunnen worden afkomstig te zijn uit een populatie, die door een kromme van Gauss beschreven kan worden kan men als volgt te werk gaan. De methode komt erop neer, dat men van de frekwentieverdeling van de waarnemingsuitkomsten in de steekproef eerst een zgn. relatieve cumulatieve frekwentieverdeling maakt, en deze daarna uitzet op waarschijnlijkheidspapier. Dit waarschijnlijkheidspapier (zie fig. 1) is een speciaal soort grafiekpapier, waarbij de ene as een gewone lineaire schaalverdeling bezit, terwijl de andere as van een zogenaamde waarschijnlijkheidsverdeling is voorzien. Als men nu de relatieve frekwentieverdeling van een normale verdeling op dit papier tekent, ontstaat een rechte lijn. Omgekeerd kan men wanneer men een rechte lijn verkrijgt de conclusie trekken, dat de steekproef dan geacht kan worden afkomstig te zijn uit een normaal verdeelde populatie.

Cumulatieve frekwentieverdeling.

Zij gegeven de volgende frekwentietabel van de diameters in mm van in micaplaatjes geponsde gaten:

diameter	aantal gaten	cumulatief aantal	relatieve cumulatieve frekwentie in procenten	klasse midden
1,55<1,60	1	1	1	1,575
1,60<1,65	5	6	9	1,625
1,65<1,70	14	20	28	1,675
1,70<1,75	24	44	63	1,725
1,75<1,80	21	65	93	1,775
1,80<1,85	4	69	98	1,825
1,85<1,90	1	70	100	1,875

n = 70

Uit de tabel zien we dat 28% van de waarnemingsuitkomsten van de steekproef kleiner is dan 1,70 mm. Dit getal (28%) noemt men de relatieve cumulatieve frekwentie van de derde klasse.

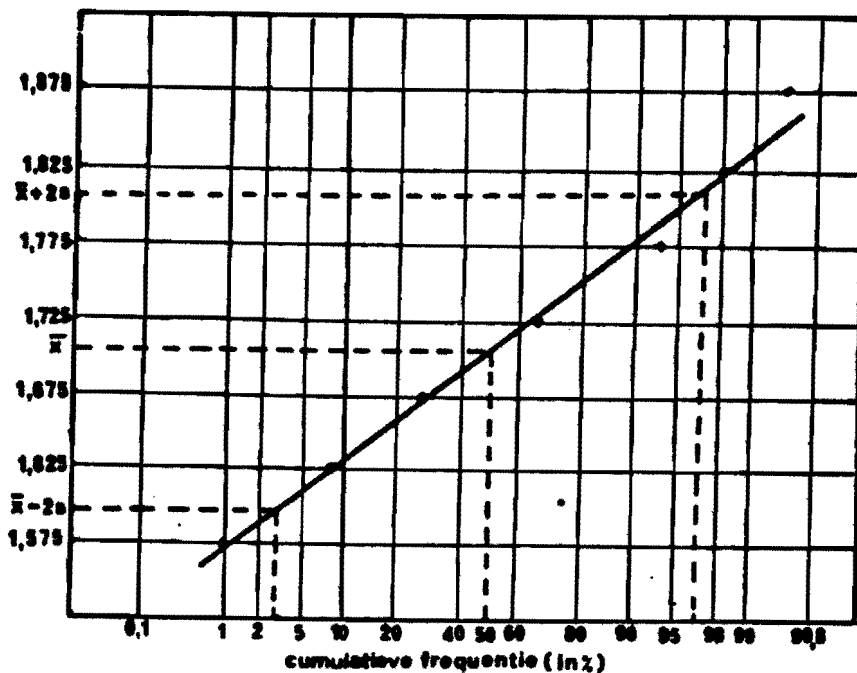


Fig: 1.

Wanneer men de relatieve cumulatieve frekwentie van alle klassen bepaald ontstaat de cumulatieve frekwentieverdeling. Zet men deze nu uit op waarschijnlijkheidspapier dan levert dit een nagenoeg rechte lijn op.

Afwijkingen t.o.v. de rechte lijn kan duiden op afwijkingen van het "normale" karakter van de verdeling. Dit hoeft niet altijd het geval te zijn. Men moet trouwens zeer voorzichtig zijn met het besluiten tot het aanwezig zijn van afwijkingen. In ons voorbeeld geven de punten van de op het waarschijnlijkheidspapier uitgezette somkromme al onregelmatigheden te zien, die twijfel doen rijzen aan het "normaal" zijn van de populatieverdeling.

Gezien echter het geringe aantal waarnemingsuitkomsten per klasse (maximaal 24) zijn de gekonstrueerde afwijkingen van de punten van de somkromme ten opzichte van de getrokken rechte lijn in grote mate waarschijnlijk.

Vooraf de uiteinden van de somkromme op het waarschijnlijkheidspapier geven in dit opzicht nog wel een moeilijkheden, omdat het aantal punten per interval daar relatief gering is. Men kan daar enigszins rekening mee houden door bij het tekenen van de rechte lijn door de punten van de somkromme meer waarde toe te kennen aan de punten, naarmate deze meer in het midden liggen. Verder is het mogelijk om in de grafiek het 95% gebied aan te geven. Dit gebied geeft aan dat 95% van het aantal waarnemingen ligt in  $\bar{x} - 1,96s < x < \bar{x} + 1,96s$ . In de lengtemeting neemt men  $2s$  i.p.v.  $1,96s$ .

Dit gebied wordt ook vaak aangeduid met de naam "produktiespreiding".

## 1. Optische uitlijnmethode

Literatuur: Kissam Hfst. 9

Lehmann Blz. 333 e.v.

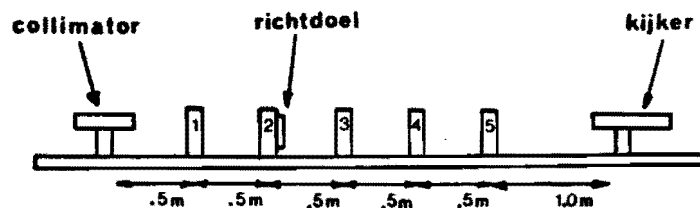
Lehmann Blz. 217.

### 1.1

Voor het uitlijnen kan men verschillende meetmethoden onderscheiden, en wel: mechanische, optische en elektrische.

Om de student vertrouwd te maken met een aantal optische meetinstrumenten, wordt gebruik gemaakt van een optische uitlijnmethode, en wel een waarbij gebruik gemaakt wordt van: richtkijker, collimator en richtdoel.

Bij de beschreven methode gaan we ervan uit dat de lagers in lijn gebracht moeten worden ten opzichte van een conisch gat (Schroefas van een scheepsmotor).



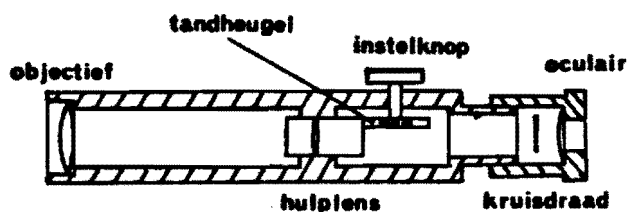
Figuur 1.

### 1.2 Richtkijker

Deze bestaat uit een objectief en een oculair met een kruisdraad.

Teneinde de lagerblokken waar te nemen, moet de kijker op verschillende afstanden scherp worden gesteld.

Hiertoe is in de meeste gevallen in de kijker een extra positieve lens aangebracht, welke verplaatsbaar is in een zeer nauwkeurig vervaardigde geleiding, teneinde deze lens met een zo klein mogelijke speling te verplaatsen. Zie fig. 2.

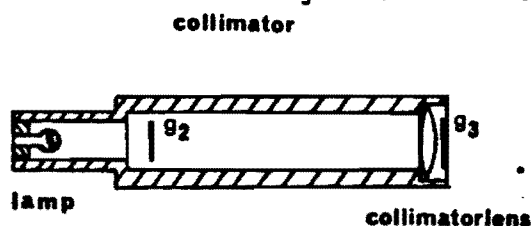


Figuur 2.

De buitenkant van de kijker is nauwkeurig rond geslepen, om de optische as zo goed mogelijk samen te laten vallen met de mechanische as van de kijker.

### 1.3 Collimator

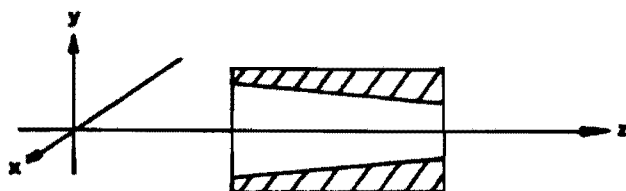
De collimator bestaat uit een stalen geslepen cylinder en bevat een verlichtingseenheid, instelmerk G2, collimatorlens c en instelmerk G3. Zie figuur 3. Instelmerk G2 staat in het brandpunt van de collimatorlens. Het staat dus schijnbaar in het oneindige.



Figuur 3.

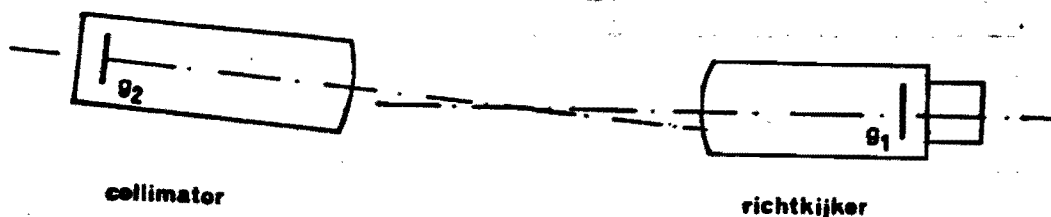
### 1.4 Uitlijnen van de richtkijker op de collimator

Op een balk bevinden zich 5 lagerhuizen, de bedoeling is dat van deze lagers de afwijking wordt bepaald t.o.v. een rechte, welke in dit geval de as is van een conisch gat. Zie fig. 4. De moeilijkheid is nu om de richtkijker evenwijdig aan deze as te plaatsen. Daartoe wordt in de conus een collimator bevestigd, waarvan de optische as samenvalt met de as van het conische gat.



Figuur 4.

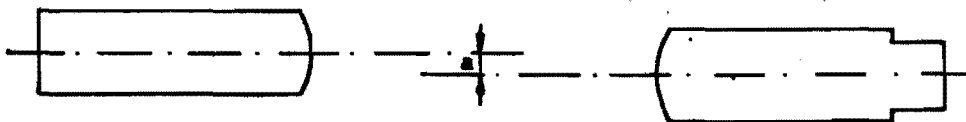
De collimator zendt nu van instelmerk G2 een evenwijdige lichtbundel uit, welke evenwijdig loopt met de optische as, die op zijn beurt weer samenvalt met de mechanische as, gedefinieerd door het conische gat. Als met de richtkijker nu G2 wordt waargenomen, kan de richtkijker evenwijdig aan de optische as van de collimator gesteld worden, en wel door dit merk van de collimator in het midden van het beeldvlak van de richtkijker te plaatsen.



Figuur 5.



Dit gebeurt door verdraaien van de instelschroeven op het richtkijkerstatief, waardoor de gehele richtkijker draait t.o.v. de boldrager. Indien nu de kijker op G3 wordt ingesteld, totdat G3 in het gezichtsveld verschijnt, kan de evenwijdige verschuiving van de richtkijkers t.o.v. de collimators worden waargenomen. Zie fig. 6.

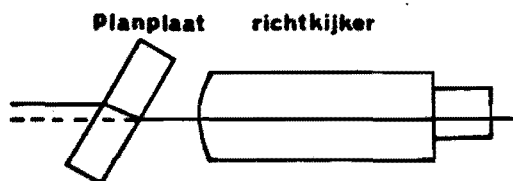


Figuur 6.

Deze verschuiving is met een optische micrometer waar te nemen. De stand van de richtkijker t.o.v. de as van de collimator is nu bekend.

### 1.5 Optische micrometer

Deze bestaat in de gebruikte richtkijker uit een stel glazen planplaten (glazen platen, waarvan de vlakken zeer nauwkeurig evenwijdig zijn), welke op de optische as van de kijker staan en verdraaibaar zijn.



Door verdraaiing van een planplaat om een as ondergaan alle lichtstralen een evenwijdige verschuiving. Zie fig. 7.

Figuur 7.

Een benaderde formule voor de verschuiving is  $a = \frac{n-1}{n} \times \phi \cdot d$ .

met  $n$  = brekingsindex

$\phi$  = hoekverdraaiing

$d$  = dikte planplaat.

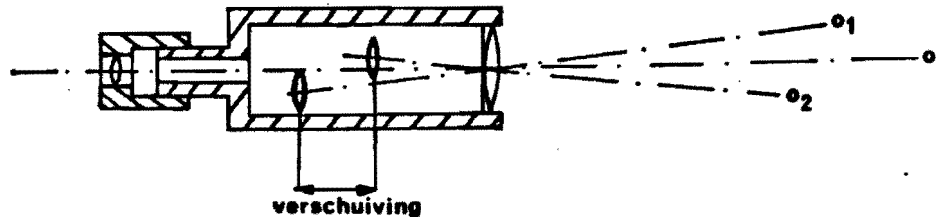
Deze verschuiving is op een schaalverdeling af te lezen. Met behulp van de optische micrometer is het nu mogelijk de afwijkingen van de lagerhuizen t.o.v. de as van de conus te bepalen. (Let op: schaalverdeling in 0,1 mm; het oplossend vermogen, dat is de afstand tussen twee "kleine streepjes", is 0,02 mm).

### 1.6 Richtdoel:

Kan in de lager blokken geplaatst worden en bevat een merk waarop de richtkijker ingesteld kan worden.

### 1.7 Foutenbronnen in de kijker

Nauwkeurige optische uitlijning van de kijker met zijn buitendiameter is verzekerd door zorgvuldige centrering van de lenzen en de nauwkeurigheid van de beweegbare focusering lens. Doch door verplaatsen van de focusering lens kan de optische as steeds iets anders komen te liggen. Zie fig. 8.



Figuur 8.

Ook kunnen er fouten optreden door niet homogeniteit van de planplaten (dit geeft brekingsindex verschillen), geen goede evenwijdigheid, vlakheid of niet loodrecht op de optische as staan van de planplaten. De fout welke ontstaat door verplaatsing van de focuseringslens kan worden opgeheven door draaien van de kijker om de mechanische as, die samen dient te vallen met de optische as.

#### Vragen

1. Als we twee dezelfde kijkers hebben, waarvan de hulplens voor de scherpstelling bij de een zwakker is als bij de andere, wat kunt U dan over het instelbereik van de beide kijkers zeggen, als de hulplens bij beide over dezelfde afstand verplaatst kan worden?  
(Objektief en okulair staan op een vaste plaats. Het voorwerp staat op meerdere plaatsen. De hulplens zorgt ervoor dat het beeld steeds op die plaats komt, waar het door het okulair kan worden waargenomen. "Zwakkere" lens = grotere brandpuntsafstand.)
2. Op welke afstand moet de richtkijker scherp gesteld worden om G2 waar te nemen (zie Figuur 3)?
3. Waarom heeft verdraaien van de planplaten geen invloed op de waarneming van instelmerk G2 van de collimator?
4. Het bereik van de optische micrometer is  $\pm 2,5$  mm, hoek  $\phi = 10$  graden en de brekingsindex van het glas  $n = 1,5$ . Hoeveel is de dikte van een planplaat?

5. Hoe kan de systematische afwijking welke ontstaat door verplaatsing van de focuseringslens (hulplens) worden opgeheven? Licht dit toe aan de hand van een tekening.
6. Hoeveel waarnemingen zou je verrichten om de toevallige afwijking van een meting te berekenen?  
Op welke wijze is de toevallige afwijking te berekenen?

### Opdracht I

#### Bepaling van de instelnaauwkeurigheid

Als toevallige afwijking van de instelling op een merk wordt door de fabrikant de volgende formule gegeven.  $a = \pm (0,01 + 0,005 \times L)$  mm. L is de afstand richtdoel tot kijker in meters.

Controleer deze formule, door de richtkijker in te stellen op het richtdoel dat achtereenvolgens in het eerste en het vijfde lagerblok geplaatst wordt. Doe daartoe een geschikt aantal waarnemingen (ook elke keer het richtdoel opnieuw in de lagerblokken plaatsen).

### Opdracht II

#### Bepaal de afwijkingen van de 5 lagerhuizen

De afwijkingen worden gemeten t.o.v. de optische as, welke door de collimator bepaald is. Doe daartoe voor ieder lagerblok één meting. Zet de afwijkingen uit in een grafiek, met op de verticale as de afwijking en horizontale as de lagerplaatsen. Doe dit voor zowel de afwijking in x- en y-richting. Geef tevens in de grafiek de nauwkeurigheid van de systematische afwijking aan.

Opmerking:- Steeds de mikrometerknop vanuit dezelfde richting draaien, richtdoel steeds in dezelfde stand inbrengen.

-Standaardafwijking in x-richting wordt gemeten voor lagerblok 1 en 5 :  $S_{x1}$  en  $S_{x5}$ .

Hieruit zijn  $S_{x2}$ ,  $S_{x3}$  en  $S_{x4}$  d.m.v. lineaire interpolatie te bepalen.

Neem aan dat geldt:  $S_{xi} = S_{yi}$ .

Opdracht 1

Naam \_\_\_\_\_

Datum \_\_\_\_\_

Coll.Nr. \_\_\_\_\_

-----  
| Waarnemingen ter berekening van de standaard-afwijking.

Instelmerk in Lagerblok 5

Aflezings nr.	x
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

S =  
S<sub>fabrikant</sub> =

Instelmerk in Lagerblok 1

Aflezings nr.	x
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

S =  
S<sub>fabrikant</sub> =

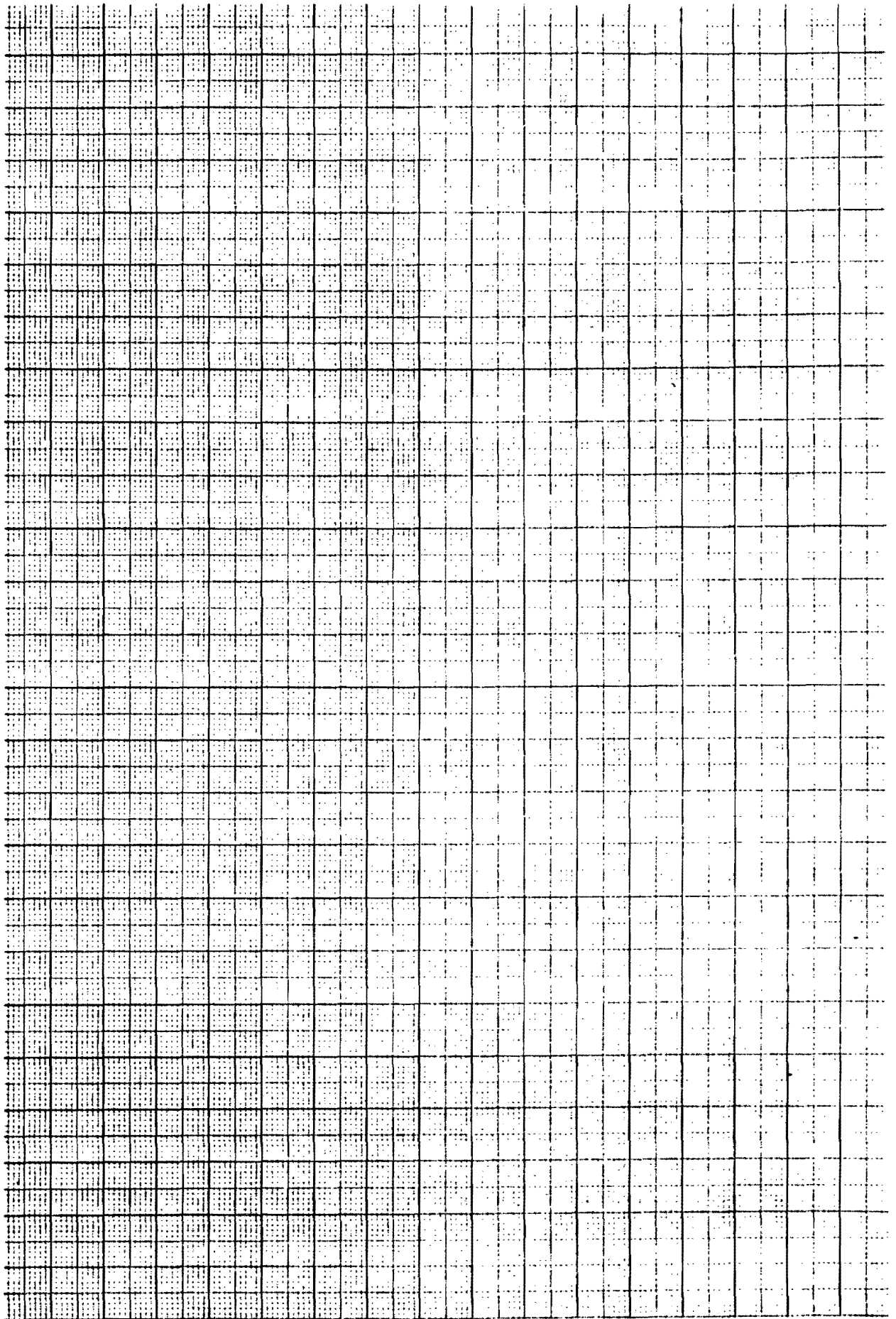
## II Bepaling afwijkingen van de Lagerblokken

Lager Blok	x	y
I		
II		
III		
IV		
V		

De referentie-as wordt bepaald door de collimator,

hiervan zijn  $x =$

$y =$

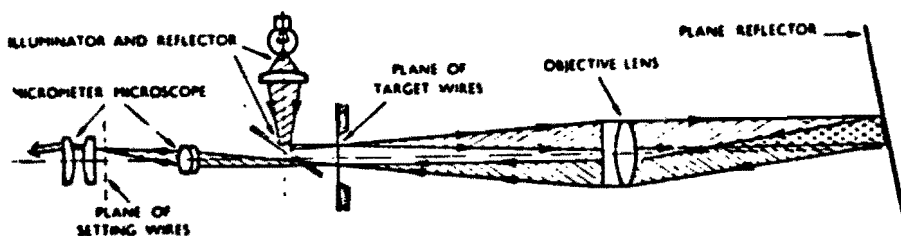


## 2. METINGEN MET EEN AUTO-KOLLIMATOR

Voor de controle van de rechtheid van een rei, vlaktafel of iedere willekeurige rechtgeleiding kan gebruik gemaakt worden van een auto-kollimator met een spiegel.

### 2.1 De auto-kollimator (Hilger en Watts T.A. 50)

Een autokollimator (zie fig.2.1) is een combinatie van lichtbron en kijker. Het apparaat zendt een lichtbundel (met een kruisdraad) uit. Wanneer deze op een spiegel valt dan wordt hij teruggekaatst. De uitgezonden lichtbundel kan d.m.v. een prisma en het okulair worden waargenomen evenals de teruggekaatste bundel. Staat de spiegel niet loodrecht op de optische as van de auto-kollimator dan treedt er een verschuiving op tussen de twee "kruisdraadbeelden". Uit de verschuiving is de hoekverdraaiing te bepalen.



Figuur 2.1

### 2.2. De spiegel

De spiegel staat haaks op twee oplegvlakken die het basisvlak vormen, en is van optische kwaliteit. Dat wil zeggen dat hoge eisen gesteld worden aan de vlakheid van de reflekerende laag i.v.m. lichtverstrooiing.

### 2.3 Bepaling van de rechtheid

De rechtheid kan met een opstelling volgens fig.2.2 gemeten worden.



Figuur 2.2

In een engelse handleiding staat de rechtheidsbepaling als volgt beschreven:

### Measuring flatness and straightness

Flatness and straightness of machine beds and other surfaces lying in a horizontal plane, are measured by means of an autocollimator and a carriage-mounted reflector—as shown in the diagram.

- 1 Thoroughly clean the base of the reflector-carriage and the surface to be tested.
- 2 Place the autocollimator and reflector-carriage on the surface, with the reflector close to the objective lens. Adjust until the reflected image is central in the eyepiece. Note the datum reading.
- 3 Move the carriage along the surface in steps equal to the pitch of the feet of the carriage, and take a reading on the autocollimator at each station. Any undulation of the surface will cause the angle of the reflector to vary, resulting in corresponding variations in autocollimator readings.
- 4 Convert the differences between the first datum reading and subsequent readings, to linear values (inches). The surface errors are then determined by adding these differences cumulatively and making a proportional correction.



Dit resulteert (b.v.) in de volgende tabel:

kolom 1:  $x_i$  = plaats op de rei.

" 2: aflezing van de autokollimator in  $\mu\text{gsec}$ .

" 3: verschil met stand 1, kolom 2

" 4: stijging of daling over 100 mm, in  $\mu\text{m}$  (zie vraag 3)



kolom 5: cumulatieve stijging of daling:  $y_i$  in  $\mu\text{m}$

" 6: coördinaten van de rechte door begin- en eindpunt

" 7: afwijking van de rei t.o.v. de rechte (kolom 5 - kolom 6).

1	2	3	4	5	6	7
0	-	-	-	0	0	0
1	+20	0	0	0	+2	-2
2	+22	+2	+1	+1	+4	-3
3	+24	+4	+2	+3	+6	-3
4	+30	+10	+5	+8	+8	0
5	+26	+6	+3	+11	+10	+1
6	+16	-4	-2	+9	+12	-3
7	+18	-2	-1	+8	+14	-6
8	+24	+4	+2	+10	+16	-6
9	+36	+16	+8	+18	+18	0

#### 2.4 Toevallige afwijkingen

De toevallige afwijkingen van de waarden in kolom 7 zijn als volgt te bepalen.

Noem de afwijking van de meting  $S_m$  (zie opdracht 1). Dus:  $S_2 = S_m$ .

Kolom 3:  $k_{3i} = k_{2i} - k_{21}$  ( $i = 1, 2, \dots, 9$ )

$$\left. \begin{array}{l} S_{k_{3i}} = \sqrt{S_{k_{2i}}^2 + S_{k_{21}}^2} \\ S_{k_{2i}} = S_{k_{21}} = S_m \end{array} \right\} S_{k_{3i}} = S_m \cdot \sqrt{2}$$

Op deze manier doorwerkend, volgen de toevallige afwijkingen van kolom 7.

## 2.5 Vragen

1. Waarom ontstaat bij de auto-collimator het beeld weer in het brandvlak van de voorste positieve lens (objektief).
2. Hoeveel is de hoekverdraaiing van de gereflekteerde bundel als de hoekverdraaiing van de spiegel 1" is.
3. Een hoekverdraaiing van 1" van de spiegel komt overeen met een hoogteverschil van 0,5  $\mu\text{m}$  van de oplegvlakken. Wat is nu de opleglengte van de spiegel? Controleer dit.
4. U kunt op 2 manieren de standaardafwijking van een serie waarnemingen bepalen. Welke conclusie kunt U trekken als beide methoden verschillende en welke als ze beiden dezelfde uitkomst geven.
5. Verklaar waarom de afstand spiegel - autocollimator geen invloed uitoefend op het meetresultaat.
6. Welke vorm afwijking van de rei, in de lengterichting, is met deze methode niet te bepalen.
7. Wat is de vorm afwijking van de rei als U een lineair verloop van de hoekafwijking vindt. Bewijs dit.

## 2.6 Opdrachten

1. Bepaling van enkele toevallige afwijkingen.

Plaats m.b.v. de mikrometerspil de twee dunne streepjes (okulair) symmetrisch om het teruggekaatste beeld (dikke lijn), en lees de stand van de mikrometer af. Doe dit 9-keer (steeds opnieuw invangen en aflezen), en bepaal hieruit op twee manieren (m.b.v. de zakrekenmachine en m.b.v.  $S = \frac{w}{\sqrt{n}}$ ) de standaardafwijking van de instrumentaflezing:  $S_i$ .

Doe hetzelfde nog eens maar plaats tevens elke keer de spiegel door hem tegen de winkelhaak te zetten. Hieruit is de toevallige afwijking van de hele meting te bepalen:  $S_m$ .

2. Bepaling van de rechtheid.

Voer het in 2.3 beschrevene uit, en controleer de berekeningen m.b.v. de terminal. Maak een grafiek van de waarden uit kolom 7 (y-richting) met kolom 1 in de x-richting.

3. Bepaling van de toevallige afwijking van kolom 7:

In 2.4 staat beschreven hoe dit moet gebeuren.

Naam: \_\_\_\_\_

Coll.nr.: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

1. Bepaling van de toevallige afwijkingen  $S_i$  en  $S_m$ .

meting	aflezing
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

meting	aflezing
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

a.  $S_i =$

$S_m =$

b.  $S_i =$

$S_m =$

(a. m.b.v. de rekenmachine en b. volgens  $S = \frac{w}{\sqrt{n}}$ )

2. Bepaling van de rechttheid

	1	2	3	4	5	6	7
0		-	-	-			
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							

3. De toevallige afwijkingen in kolom 7.

$$s_{k2} = s_m$$

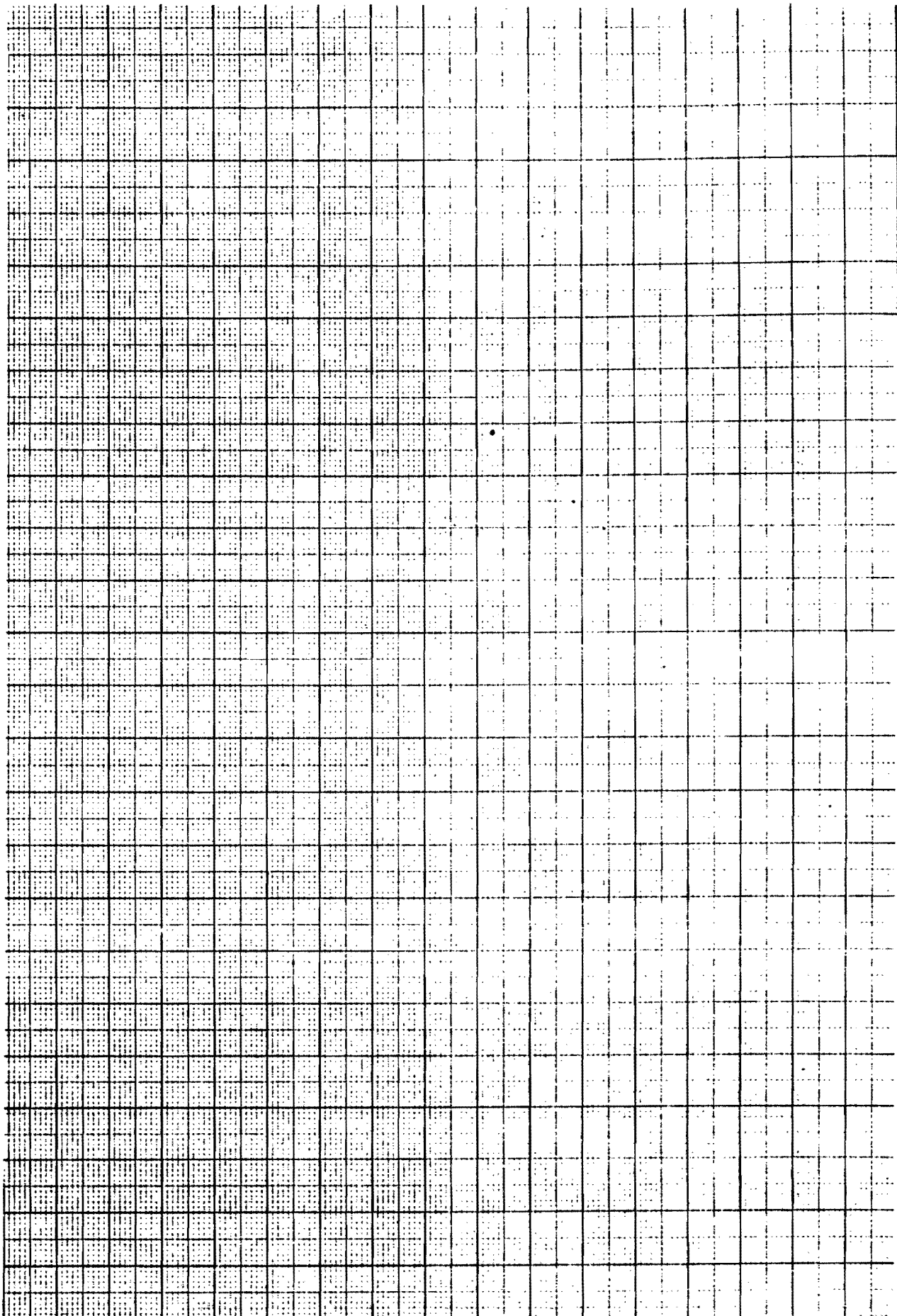
$$s_{k3} : k_{3i} = k_{2i} - k_{21} \rightarrow s_{k3i} = \sqrt{s_{k2i}^2 + s_{k21}^2} = s_m \cdot \sqrt{2}$$

$$s_{k4} : k_{4i} = \quad \rightarrow s_{k4i} =$$

$$s_{k5} : k_{5i} = \quad \rightarrow s_{k5i} =$$

$$s_{k6} : s_{k6} = 0 \quad \rightarrow$$

$$s_{k7} : k_{7i} = \quad \rightarrow$$



A large grid of graph paper. The left side of the grid is defined by a solid black border, while the right side is defined by a dashed black border. The grid consists of approximately 20 columns and 30 rows of small squares.

## 3.1

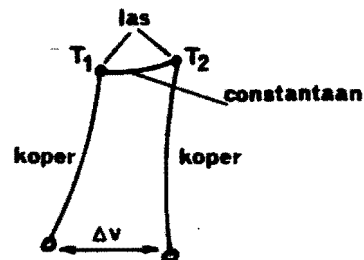
Gebruikt wordt een machine van Zeis Jena. Het meetsysteem van de machine bestaat uit 10 nauwkeurig gejusteerde decimeter merken in het bed van de machine. Hiertussen wordt met behulp van een 100 mm lineaal en een opticatorsysteem geïnterpoleerd. De 100 mm lineaal is verdeeld in 0,1 mm intervallen, die d.m.v. het opticator-systeem in 100 gelijke delen wordt verdeeld, zodat een 0,001 mm systeem wordt verkregen. Het te meten object wordt tussen de taster geplaatst. Nu wordt niet aan het Abbeprincipe voldaan, zodat 1e orde fouten kunnen optreden. Om deze 1e orde fouten te voorkomen is de machine Eppenstein gecompenseerd. Meer informatie over de bediening van de meetmachine vindt U op blz. 3.7 e.v.

3.2 Invloed van de temperatuur

Het zal duidelijk zijn, dat bij een meting waarbij machine en speermaat niet dezelfde temperatuur en uitzettingscoëfficiënt hebben er een systematische afwijking kan optreden door deze invloeden.

Men dient voor de correctie hiervan die uitzettingscoëfficiënten te kennen en de temperatuur van machine en speermaat te meten. Bij deze proef wordt voor het meten van de temperaturen gebruik gemaakt van thermokoppels. Zie figuur.

Een thermokoppel berust op het feit dat tussen 2 materialen een spanningsverschil ontstaat, dat afhangt van de temperatuur. De bij deze proef gebruikte thermokoppels zijn van het koper-constantaan type.



Bij verschil in temperatuur tussen de "koude" en "warme" las wordt over de toevoerdraden een spanningsverschil  $\Delta V$  gemeten.

Hiervoor geldt de relatie  $\Delta V = k\Delta T$ .

Voor de bepaling van  $\Delta V$  wordt dikwijls gebruik gemaakt van een compensator, die een tegenspanning levert gelijk aan  $\Delta V$ ; de instelling geschiedt m.b.v. een galvanometer.

Het voordeel van deze methode is, dat het thermokoppel geen stroom levert, waardoor geen spanningsverschil over de toevoerdraden optreedt. Vanwege de kleine temperatuursverschillen, die tijdens de meting optreden is deze methode echter niet bruikbaar.

Er wordt hier gebruik gemaakt van een Fluke voltmeter met een zeer hoge inwendige weerstand (duur instrument; oppassen s.v.p.!).

### 3.3. Systematische afwijking t.g.v. de temperatuur

Bij eindmaten en speermaten geeft men de lengte op bij 20 °C. Dit levert bij de lengtemeetbank dan de volgende formule:

$$L_{20} = L_G - \Delta L_{sp} + \Delta L_m$$

$L_g$  = gemeten lengte

$\Delta L_{sp}$  = korrekterterm voor de verlenging van de speermaat t.g.v. een temperatuur anders dan 20 °C.

$\Delta L_m$  = korrekterterm voor de verlenging van de machine

$$\Delta L = L \alpha (t-20) \quad \alpha = \text{lineaire uitzettingscoëfficiënt}$$

### 3.4. Toevallige afwijking van de lengte

In hoofdstuk 3.2 staat een formule voor de toevallige afwijking.

Voor  $L_{20}$  wordt deze formule:

$$S_{L_{20}}^2 = S_{L_g}^2 + S_{\Delta L_{sp}}^2 + S_{\Delta L_m}^2$$

En voor  $\Delta L$ :

$$S_{\Delta L}^2 = L^2 \alpha^2 S_t^2 + \{L(t-20)\}^2 S_\alpha^2 + \{\alpha(t-20)\}^2 S_L^2$$

### 3.5. Bepaling van de insteltijd van de meting

Het zal duidelijk zijn, dat wanneer men de speermaat op de machine plaatst en het thermokoppel erop bevestigt, de temperatuur van de speermaat zal stijgen.

Gaat men nu direkt daarna meten, dan krijgt men te maken met een snel veranderende lengte van de speermaat, doordat deze weer de omgevings-temperatuur aanneemt.

De verantwoordelijke grootte hiervoor is de tijdsconstante  $\tau$ , zoals deze uit inschakelverschijnselen bekend is.

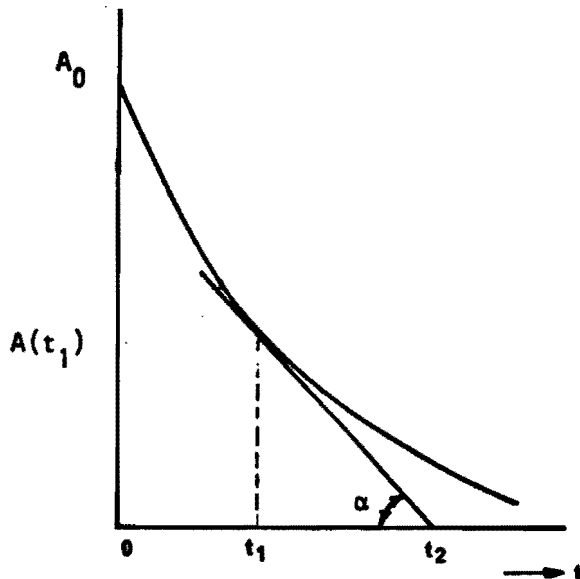


Men spreekt van  $\tau$  als de tijd die nodig is om het signaal van een inschakelverschijnsel te laten afnemen tot op  $\frac{1}{e}$  van zijn beginwaarde. Bij inschakelverschijnselen is de afname per tijdseenheid evenredig met de signaalgrootte ofwel

$$-\frac{dA(t)}{dt} = c_1 A(t)$$

$$\text{of: } A(t) = A_0 e^{-t/\tau}$$

Zetten we dit uit in een grafiek dan volgt:



Uit het plaatje volgt :  $\tan \alpha = \frac{A(t_1)}{t_2 - t_1}$

$$\tan \alpha = \frac{dA(t_1)}{dt} = -\frac{1}{\tau} A_0 e^{-t/\tau} = -\frac{A(t_1)}{\tau}$$

$$\text{of: } \tau = t_2 - t_1$$

"Schrijft" men dus de kromme van het inschakelverschijnsel dan kan men daaruit de tijdconstante bepalen en hieruit de tijd die men, na het plaatsen van de speermaat, dient te wachten alvorens de meting met voldoende nauwkeurigheid uit te voeren ( $t \approx \tau$ ).

Men bepaalt  $\tau$  als volgt. Laat de kromme tekenen. Trek dan de raaklijn aan de kromme in punt 1. Bepaal het snijpunt van de raaklijn met de horizontale as (punt 2).  $\tau$  is de tijd tussen 1 en 2.

### Vragen

1. Noem een 1e en 2e orde afwijking die bij de proef kunnen optreden.
2. Wat is het Eppenstein principe?
3. Hoeveel mag de speermaat scheef liggen indien de totale meetnauwkeurigheid van de machine hieraan opgeofferd wordt?  
(De totale meetnauwkeurigheid is  $(0,5 + \frac{L}{100}) \mu\text{m}$ , met  $L$  in mm.)
4. Hoe legt men de speermaat evenwijdig aan de lineaal (bed)?
5. Wat is de beste vorm van de speermaat punten?

### Opdrachten

Lees voordat U met de opdrachten begint, de gebruiksaanwijzingen voor de meetbank, de voltmeter en de schrijver door (zie blz. 3.6 e.v.):

1. Warm een van de speermaten op, door deze circa 5 min. in het oventje naast de meetmachine te leggen. Meet ondertussen aan de andere speermaat de volgende gegevens:
  - a) de standaardafwijking van de meting uit 9 waarnemingen
  - b) na het plaatsen van de koude las van thermokoppel 1 (machine-ijs) in het dewarvat met smeltend ijs, de waarde  $\Delta V_1$ . Meet dit met de "Fluke" Voltmeter.
  - c) meet na bevestiging van thermokoppel 2 (speermaatmachine) aan de speermaat de waarde  $\Delta V_2$ . Let op! Speermaat en machine mogen geen contact maken.
  - d) meet nu de lengte van de speermaat.  
N.B. Lengte is Aflezing-0-stand.
2. Leg nu de warme speermaat op de machine en de koude in het oventje.
  - a) Bevestig thermokoppel 2 (speermaatmachine) aan de warme speermaat en verbindt dit thermokoppel aan de "Fluke" voltmeter. Registreer de afkoelkromme, zie blz. 3.11
  - b) Meet hierna van deze speermaat dezelfde grootheden als bij 1b,c,d.
3. Neem de eerste speermaat uit het oventje en registreer ook hiervan de afkoelkromme als bij 2a.
4. a) Bepaal de temperatuur van de speermaat en de machine d.m.w. de formule:  $\Delta T = \frac{\Delta V}{K}$   
b) Bepaal  $\tau$  zoals in de figuur op blz. 3.3

$$a. \Delta T_{m-ijis} = T_{machine} - T_{ijis} = T_{machine} \quad (T_{smeltend\ ijs} = 0\ ^\circ C)$$

$$T_{machine} = \frac{\Delta V1}{K1}$$

$$K1 = 37,9\ \mu V/K$$

$$b. \Delta T_{sp-m} = T_{speermaat} - T_{machine}$$

$$T_{speermaat} = T_{machine} + \frac{\Delta V2}{K2}$$

$$K2 = 38,3\ \mu V/K$$

M.b.v.  $T_{machine}$  en  $T_{speermaat}$  is nu te berekenen hoeveel de machine en de speermaat zijn verlengd:

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot (T-20)$$

( $\alpha$  = Lineaire uitzettingscoëfficiënt;  $\alpha_{AL} = 24 \times 10^{-6}/K$ ;  
 $\alpha_{Fe} = 11 \times 10^{-6}/K$ ; neem  $L = 1000\ mm$ )

Als  $\Delta L_{sp}$  en  $\Delta L_m$  bekend zijn, dan is  $L_{20}$  te berekenen m.b.v.:

$$L_{20} = L_g - \Delta L_{sp} + \Delta L_m$$

5. Bij  $L_{20}$  hoort een standaardafwijking. Deze is te berekenen uit:

$$L_{20} = L_g - \Delta L_{sp} + \Delta L_m$$

M.b.v. de formule uit c.b volgt:

$$S_{L_{20}} = \sqrt{S_{L_g}^2 + S_{\Delta L_{sp}}^2 + S_{\Delta L_m}^2}$$

$S_{L_g}$  is in opdracht 2 berekend.  $S_{\Delta L_{sp}}$  en  $S_{\Delta L_m}$  volgen uit:

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot (T-20)$$

$$S_{\Delta L} = \sqrt{\alpha^2 \cdot L^2 \cdot S_T^2 + \alpha^2 \cdot (T-20)^2 \cdot S_L^2 + L^2 \cdot (T-20)^2 \cdot S_\alpha^2}$$

$$\approx \alpha \cdot L \cdot S_T$$

$$S_T \approx 0,2\ K \quad \text{Neem weer } L = 1000\ mm.$$

6. Voer de meetgegevens in op de terminal en controleer Uw uitkomsten a.d.h. van de uitvoer.

## Gebraiksaanwijzing van de 1m-lengte meetbank

### 1. Anwendung

Die Längenmessmaschine ist - ihrer Bauart entsprechend - in erster Linie für unmittelbare und Unterschiedsmessungen an ausgesprochen langen Prüflingen, wie Stichmassen, Kugelmassen, u.dgl., vorgesehen. Er können damit folgende Messungen durchgeführt werden:

#### Aussenmessungen an

- Prüflingen mit ebenen, parallelen Messflächen
- Prüflingen mit kugeligen Messflächen
- zylindrischen Prüflingen in senkrechter Stellung
- zylindrischen Prüflingen in waagerechter Stellung

#### Innenmessungen an

- Prüflingen mit ebenen, parallelen Messflächen
- Bohrungen.

### 2. Messprinzip

Die Messungen beruhen auf dem unmittelbaren Vergleich des Prüflings mit zwei Massstäben: einem der Länge der Messmaschine entsprechenden Stahlmassstab, der in Abständen von 100 mm Doppelstrichglasmarken in durchgehenden Bohrungen trägt, und einem Glasmassstab von 100 mm Länge, der in Zehntelmillimeter geteilt ist. Beide sind über eine besondere optische Anordnung gemeinsam in einem Mikroskop ablesbar. Sie ergänzen sich derart, dass der kurze Glasmassstab jeweils den Abstand zwischen zwei Doppelstrichmarken des langen Stahlmassstabs unterteilt. Die Hundertstel- und Tausendstelmmillimeter lassen sich in Okular eines Optisch-Mechanischen Feinzeigers ablesen.

Im Gegensatz zu Längenmessgeräten nach dem Abbe-Komparator-Prinzip (Massstab und Messstrecke in einer Geraden hintereinander) haben wir bei unseren Längenmessmaschinen, um eine übermäßige Baulänge zu vermeiden, das optische System nach Eppenstein angewendet. Dieser gegen Führungsfehler (Kippungen) unempfindliche Aufbau ermöglicht die Anordnung von Massstab und Messstrecke nebeneinander und ergibt gleichzeitig die kleinstmögliche Baulänge eines Längenmessgerätes. Er gründet sich auf folgende Voraussetzungen:

- a) Die Träger der optischen Teile (Mess- und Pinolenschlitten) sind starre Gusskörper.
- b) Die Teilungs-(Massstab-)Ebene liegt in der Brennebene der Objektive.
- c) Der Abstand zwischen der Messachse und der ihr parallelen Massstabebene ist gleich der Brennweite ( $f$ ) der beiden symmetrischen Objektive.

### 3. Wirkungsweise (Bild 3, blz 3.8)

Der optische Teil der Längenmessmaschinen besteht im wesentlichen aus zwei optischen Systemen zur Abbildung der Massstäbe und dem Ablesemikroskop. Je ein optisches System ist mit dem Pinolenschlitten (PSch) und dem Messschlitten (MSch) fest verbunden, sie gleiten bei den Schlittenbewegungen frei zwischen der Grundbettführung. Der Pinolenschlitten wird auf die jeweilige Doppelstrichmarke (StrM) gestellt, dessen Beleuchtungseinrichtung die Marke in das Ablesemikroskop (AM) im Messschlitten projiziert. Dieses Bild dient als Index für die Ablesung des in Zehntemillimeter geteilten Glasmassstabs (ZM).

Der nicht in den Strahlengang einbezogenen Optisch-Mechanische Feinzeiger (Opt) am Messschlitten übernimmt die Funktion der Gegenpinole und zeigt die Hundertstel- und Tausendstalmartillimeter an. Er wird bei der Null-einstellung, d.h. beim Berühren der Messhütchen von Pinole und Messschlitten, ebenfalls auf Null eingestellt. Zur Ermittlung der Hundertstel- und Tausendstalmartillimeter verschiebt man den Messschlitten, bis der nächstliegende Strich der Zehntemillimeterteilung in der Doppelstrichmarke eingefangen ist. Die Anzeige des Optisch-Mechanischen Feinzeigers ist dann mit dem richtigen Vorzeichen dem im Ablesemikroskop festgestellten Wert hinzuzufügen (s. Ablesebeispiel in Bild 4, blz 3.9).

### 4. Strahlengang (Bild 3)

Das Licht der Zwerglampe 6 V 1,8 W (ZP) im Pinolenschlitten (PSch) beleuchtet über den Kondensator (K) eine Doppelstrichmarke (StrM) des Stahlmassstabs im Grundbett (GrB) und gelangt in das darunter liegende optische System. Das Reflexionsprisma (Pr) lenkt die Lichtstrahlen ab,

und das Objektiv (0) richtet sie parallel. (Da die Doppelstrichmarke im Brennpunkt des Objektivs liegt, wird sie ins Unendliche abgebildet.)

Das parallelgerichtete Lichtbündel verläuft nun zwischen der Führung des Grundbettes in das optische System im Messschlitten (MSch), wo es nach dem Durchgang durch das Objektiv ( $O_1$ ) vom Reflexionsprisma ( $Pr_1$ ) nach oben abgelenkt wird. Dieses Objektiv erzeugt von dem im Unendlichen liegenden virtuellen Bild der Doppelstrichmarke ein reelles Bild in seiner Brennebene, in der der Zehntelmillimetermassstab (ZM) angeordnet ist. Im Ablesemikroskop (AM), das nur die Funktion einer Lupe hat, also nicht am Messvorgang teilnimmt, sind beide Massstäbe ablesbar.

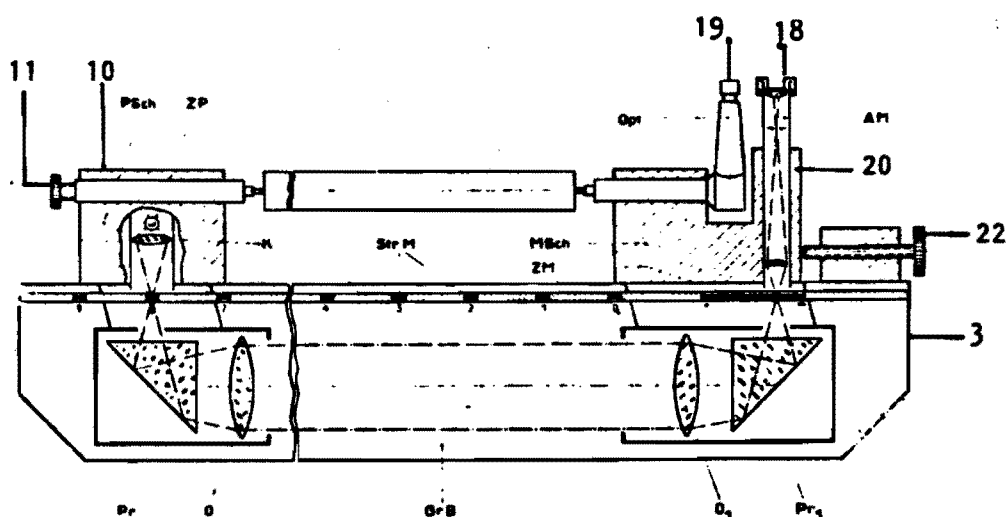


Bild 3

## 5. Ableesen des Messwertes

### Ablesemikroskop (18)

Je nach Einstellung des Pinolenschlittens (10) auf der Grundbettführung (3) nach dem Grob-Orientierungsmassstab (9) erscheint im Sehfeld eine grosse Ziffer mit einem darunter angeordneten Doppelstrich (Dezimetermarke), die anzeigt, wieviel hundert Millimeter lang die Messstrecke ist, und gleichzeitig für die weitere Unterteilung des Dezimeterwertes als Index dient. Beim Verschieben des Messschlittens (20) auf den Grundbett verändert die Doppelstrichmarke ihre Lage im Sehfeld nicht, dagegen läuft sie über die

waagerechte Teilung des Zehntelmillimetermasstabs. Der zwischen dem Doppelstrich der Dezimetermarke befindliche Teilstrich gibt an, um wieviel Millimeter und Zehntelmillimeter die Messstrecke länger ist als der mit ihr angegebene Dezimeterwert. Die Bruchteile eines Zehntelmillimeters werden im Okular des Optisch-Mechanischen Feinzeigers abgelesen (s. Bild 4).

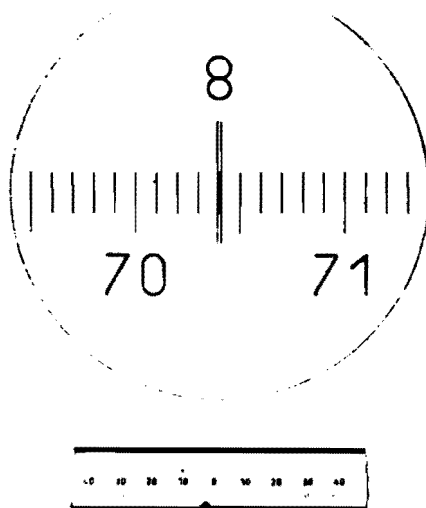


Bild 4.

#### Optisch-Mechanischer Feinzeiger (19)

Dieser hat neben seiner Funktion als Gegenpinole die Aufgabe, anzuzeigen, um wieviel grösser oder kleiner die Messstrecke in Tausendstelmmillimetern ( $\mu\text{m}$ ) ist als es der Wert im Ablesemikroskop (18) anzeigt. Zum Ausmessen der Bruchteile eines Zehntelmillimeters ist beim Einblick in das Ablesemikroskop und Drehen am Feintrieb (22) der nächstliegende Zehntelmillimeterstrich symmetrisch zwischen der Doppelstrichmarke einzufangen. Die im Sehfeld des Feinzeigers abzulesende positive oder negative Anzeige in  $\mu\text{m}$  ist dem im Ablesemikroskop ermittelten Wert, unter Berücksichtigung des Vorzeichens, hinzuzufügen.

Ablesebeispiel (Bild 4)

*Ablesemikroskop*

Im Sehfeld befindet sich die  
Dezimetermarke "8"

1. Teilablesung = 800 mm  
(Dezimeterskala)

In ihr ist der 4. Teilstrich nach  
der 70 symmetrisch eingefangen.

2. Teilablesung = 70,4 mm  
(Zehntelmillimeter-  
skala)

*Optisch-Mechanischer Feinzeiger*

Der Index steht zwischen dem 2.  
und 3. Skalenstrich. Der geschätzte  
Zehntausendstelwert ist einge-  
klammert.

3. Teilablesung + 0,002 (5) mm  
(Tausendstelskala)

---

Gesamtablesung = 870,402 (5) mm

---

---



### Gebruiksaanwijzing van de "Fluke 845 AB" voltmeter

- \* Zet de knop "Power" in stand "Line Opr".  
(Het apparaat werkt nu op het lichtnet)
- \* Zet de pijl van de knop "Opr" horizontaal, en "Range" op 10 microvolt.  
Stel nu m.b.v. de knop "Zero", de meter op 0.  
De pijl van de knop "Opr" dient nu omhoog gedraaid te worden.
- \* Stel een bereik in m.b.v. de knop "Range", en lees de voltmeter  
(op de juiste schaal) af.  
(N.B. Thermokoppels aansluiten bij "Input", en schrijver bij "Output")

### Gebruiksaanwijzing van de "Philips PM 8220 Pen Recorder"

- \* Apparaat inschakelen m.b.v. de knop "Power".
- \* Stel de papiersnelheid op 18 cm/h.
- \* Stel het bereik in op 1 V.
- \* Laat de pen op het papier zakken: "Pen Down".
- \* Schakelaar "Meas-Zero" op "Zero".
- \* Zet m.b.v. de knop "Range" de pen op de tweede (dikke) lijn vanaf links.  
Hiermee is de 0-lijn van de registratie vastgelegd.
- \* Zet de knop "Meas-Zero" in de stand "Meas".
- \* Door een geschikte stand van de gevoeligheidsschakelaar van de "Fluke" voltmeter, in combinatie met de knop "level" (deze bepaald de uitgangsspanning als functie van de wijzeruitslag) kan de plaats van de pen op het papier van de recorder voor de maximale uitslag worden ingesteld.
- \* Start de papierafloop: "Chart start".  
(N.B. "Output" van de voltmeter aansluiten op "Input" van de schrijver).

Naam

Coll.nr.

Datum:

1. Bepaling van  $\tau$ .

Mat.	Papierlengte [mm]	Papiersnelheid [mm/h]	$t_2 - t_1$ [min]
Al			
Fe			

2. Bepaling van  $S_{L_g}$

Waarneming	Aflezings [mm]
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

$$S_{af1} = \quad \text{mm}$$

$$0\text{-stand} = 0.0177 \text{ mm}$$

$$S_0 = 0.0003 \text{ mm}$$

$$L_g = \text{Af1} - 0\text{-stand}$$

$$S_{L_g} = \quad = \quad \text{mm}$$

3. Bepaling van  $\Delta V1$  en  $\Delta V2$ .

Mat.	$\Delta V1$ [ $\mu V$ ] ( $V_{\text{mach.}-ijs}$ )	$\Delta V2$ [ $\mu V$ ] ( $V_{\text{speerm.}-\text{mach.}}$ )	Aflezings [mm]	Lengte = $L_g$ [mm]
Al				
Fe				

4. Bepaling van  $T_{\text{machine}}$ ,  $T_{\text{speermaat}}$  en  $L_{20}$ .

Mat.	$T_m$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	$T_{sp}$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	$\Delta L_m$ [mm]	$\Delta L_{sp}$ [mm]	$L_{20}$ [mm]
Al					
Fe					

5. Bepaling van  $S_{L_{20}}$  en het totale meetresultaat.

Mat.	$S_{\Delta L_m}$	$S_{\Delta L_{sp}}$	$S_{L_{20}}$
Al			
Fe			

Al-speermaat :  $L_{20} = \pm$  mm  
 Fe-speermaat :  $L_{20} = \pm$  mm

6. Invoer terminal.

Al: Aflezing (zie 3) : mm  
 $\Delta V_1$  (zie 3) :  $\mu\text{V}$   
 $\Delta V_2$  (zie 3) :  $\mu\text{V}$   
 $S_{af1}$  (zie 1) : mm

Fe: Aflezing : mm  
 $\Delta V_1$  :  $\mu\text{V}$   
 $\Delta V_2$  :  $\mu\text{V}$   
 $S_{af1}$  : mm

## 4. Enkele algemene meetmethoden

### 4.1. Schroefdraafmetingen:

Hierbij worden, afhankelijk van de nauwkeurigheid van het meetinstrument, de werkelijke maten van de schroefdraad bepaald.

We onderscheiden: A mechanische metingen: 4.2 en 4.3

B optische metingen: 4.4.

### 4.2. Het bepalen van de flankendiameter van een schroefdraafobject met de methode van "kim en kegel".

Het basisprofiel voor Metrische I.S.O. schroefdraad bestaat uit gelijkzijdige driehoeken. De cylinder die de tegenover elkaar liggende driehoeken halveert, heeft als diameter de gezochte flankendiameter.

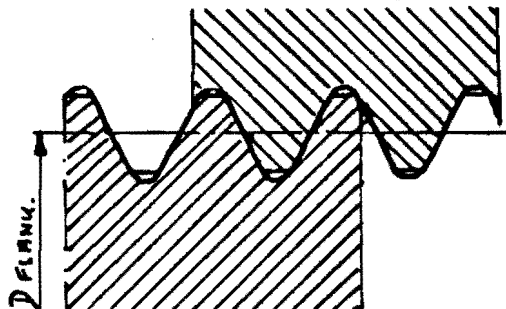


Fig. 1.

Schroefdraadafmetingen zijn gestandaardiseerd i.v.m. de uitwisselbaarheid, tevens dient schroefdraad vaak nauwkeurig te worden gemeten met betrekking tot sterkteberekeningen.

De meetmethode met "kim en kegel" is een werkplaats-metmethode met betrekkelijke nauwkeurigheid.

Op pagina 4.7 en 4.8 vindt U een uitvoerige beschrijving van de meting.

Houdt bij de "kim en kegel" meting met de volgende punten rekening:

- Kim en kegel dienen in een schroefgang tegen de flanken aan te liggen, dus in een vlak loodrecht op de hartlijn van de schroefdraad.
- Verschillende aflezingen zijn mogelijk, doch de grootste aflezing is de juiste maat.
- De kim en kegel zijn klein en kwetsbaar. Denk daarom aan de meetkracht.

### 4.3. Driedraadsmeetmethode

Hierbij wordt een cilindrische stift (meetdraad) met bekende en geschikte diameter in de schroefgang gelegd. Tevens worden twee cilindrische stiften in de beide tegenoverliggende gangen van de draad gelegd (zie fig. 2).

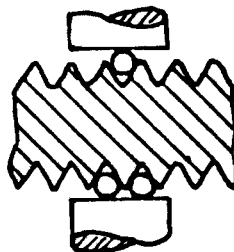


Fig. 2.

De meetdraden dienen de draadflanken op de flankenlijn aan te raken. Hierdoor zijn ze sterk gebonden aan de soort en afmeting van de schroefdraad. De meetdraden hebben een zodanige beweeglijkheid, dat ze zich kunnen voegen in de gangen van de te meten schroefdraad.

Door de maat aan de buitenzijde van deze 3 draden op te meten, kan men met behulp van de volgende formule de flanken-diameter ( $d_2$ ) berekenen.

$$d_2 = d_m - d_D \left(1 + \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}}\right) + \frac{1}{2} h \cotg \frac{\alpha}{2} + A_1 + A_2$$

waarin  $d_2$  = flanken-diameter

$d_m$  = gemeten waarde

$d_D$  = meetdraaddiameter

$h$  = spoed

$\alpha$  = tophoek

$A_1$  = correctie voor de scheefligging van de meetdraden.\*)

$A_2$  = correctie voor de afplatting van de meetdraden.\*)

#### 4.4. Optische meetmethode

Het optisch meten van schroefdraad wordt niet alleen in de meetkamer, maar ook steeds meer in de werkplaats toegepast.

Alle afmetingen van een schroefdraad kunnen optisch snel en eenvoudig worden gemeten, dus ook de spoed en de flankhoeken, wat mechanisch niet zo nauwkeurig mogelijk is.

Juist door de laatst genoemde mogelijkheden wordt het optisch meten steeds toegepast als er hoge eisen worden gesteld aan schroefdraad bijv. bij kalibers.

#### Profielprojector

De profielprojector heeft de volgende principiële opbouw. Zie fig. 3.

\* )  $A_1$  en  $A_2$  zijn te vinden in de tabellen op blz. 4.6

Het objektief heeft een telecentrische stralengang. De normale projectie veroorzaakt nl. een vergrotingsmaatstaf welke zeer sterk afhangt van de scherpstelling.

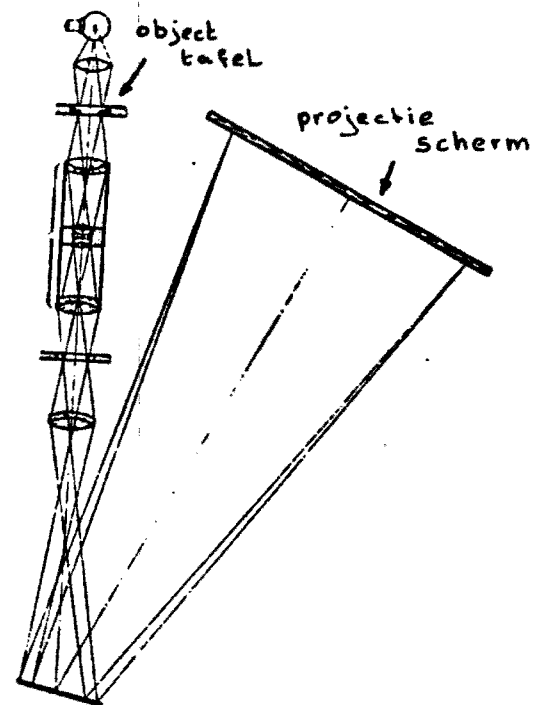


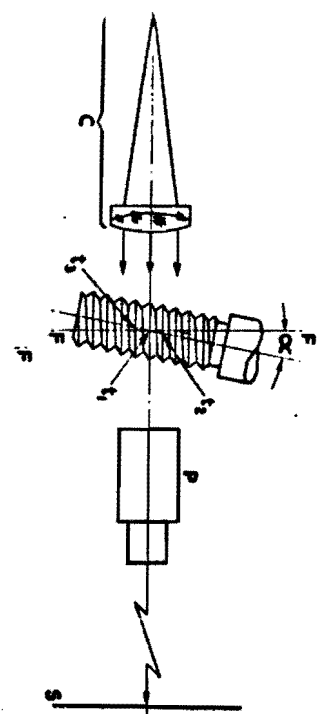
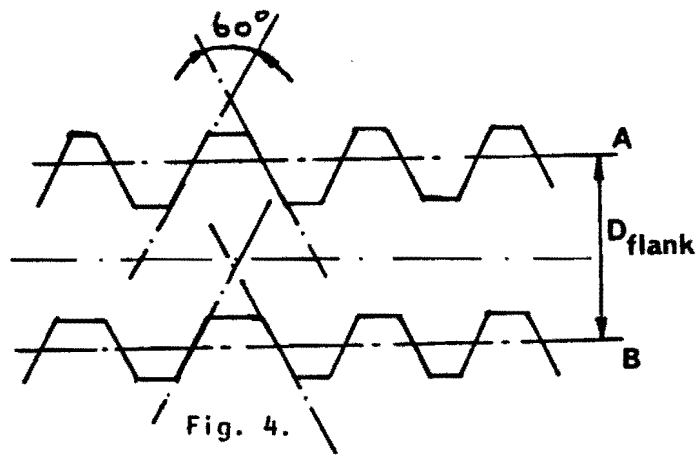
Fig. 3.

Er zijn drie meetmethoden op de profielprojektor mogelijk:

1. Verplaatsing van het object m.b.v. schroefmicrometers.
2. Opmeten van projectiebeeld m.b.v. lineaal.
3. Vergelijking van het projectiebeeld met een op het scherm bevestigde transparante tekening van het object.

De meting van de flankendiameter van het schroefdraadmeetobject vindt plaats vlg. de eerstgenoemde meetmethode, waarbij als instelkriterium gebruik wordt gemaakt van de op het projectiescherm ingegraveerde kruisdraad. Deze heeft lijnen welke onder  $60^{\circ}$  met elkaar staan. Zie fig. 4.

Het meetobject wordt tussen centers op de kruistafel geplaatst. Hierbij is het, in verband met de scherpe afbeelding van het schroefdraadprofiel, belangrijk dat de centers met het meetobject onder de spoedhoek van de schroefdraad worden ingesteld. Zie fig. 5.



#### 4.5. Vragen

1. Wat is bij de driedraadsmeting het teken van de correctie  $A_1$  en  $A_2$ .
2. Voor zeer nauwkeurige bepaling van  $d_2$  worden niet alleen  $d_m$  maar ook  $h$ ,  $d_D$  en  $\alpha$  gemeten. Dan heb je te maken met de volgende standaardafwijkingen:  $S_h$ ,  $S_{d_D}$ ,  $S_\alpha$  en  $S_{d_m}$ .  
Wat is de invloed van deze afwijkingen op  $S_{d_2}$ ?  
(M.a.w. bereken  $S_{d_2}$  uit de formule op pag. 4.2 m.b.v. **PAG.C.6 PAR.3.4**)
3. Voor welke waarde van  $d_D$ , wordt de invloed van  $S_\alpha$  op  $S_{d_2}$  nul?  
Bereken deze in dit geval.
4. Voor metrische schroefdraad is  $\alpha = 60^\circ$ .  
Bereken de invloed van de systematische fout van  $d_D$  op  $d_2$ .  
(Zie **PAG.C.9 PAR.3.5**)
5. Hoe groot is de spoedhoek van de te meten schroefdraad in Uw geval?
6. Wat is de konsekwentie van de hoekverdraaiing van de schroefdraad (fig. 5) op de vorm van het waar te nemen profiel.
7. Bij meting van de flankendiameter hoeft niet persé de afstand gemeten te worden tussen het midden van de ene flank en het midden van de andere. Waarom niet? (zie fig. 4).
8. Indien U op de profielprojector de schroefdraad op zou meten met de onder punt 2 genoemde meetmethode (linialen) is het dan noodzakelijk de vergrotingsfaktor in rekening te brengen. Waarom?

#### 4.6. Opdrachten

Meet van het gegeven schroefdraad-meetobject (M11) de flankendiameter. (Zie voor de verwerking van de resultaten ook Hoofdstuk 2 van het kollegediktaat.) In de tabel op blz. 4.6 vind je de spoed en de nominale flankendiameter.

##### 1. Meting m.b.v. "Kim en Kegel-methode".

Kies de kim en kegel die horen bij de spoed. Bepaal 5 keer de 0-stand en de meetstand. ( $\bar{m}_0$  = gemiddelde 0-stand;  $\bar{m}_m$  = gemiddelde meetstand). Bepaal de toevallige afwijking in de enkele meting ( $S = w/\sqrt{n}$ ) en in de gemiddelde meting ( $S = w/n$ ). De instrumentnauwkeurigheid wordt verwerkt als toevallige afwijking:  $S_I = \frac{1}{2}$  schaaldeel.

Hiermee is de totale toevallige afwijking van de 0-stand:

$$S_{ot} = \sqrt{S_{m_0}^2 + S_I^2}$$

en van de meetstand:

$$S_{mt} = \sqrt{S_{m_m}^2 + S_I^2}$$

Hiermee volgt dan de toevallige afwijking in  $d_2$ .

##### 2. Meting m.b.v. de "driedraads"-methode.

Bepaal de flankendiameter m.b.v. de formule op blz. 4.2.

De diameter van de meetdraden is te vinden in de tabel op blz. 4.6, evenals  $A_1$  en  $A_2$  (meetkracht is 10 N).

Doe nu dezelfde metingen als in 1.

Bepaal nu  $\bar{m}_m$ ,  $\bar{m}_0$ ,  $S_{m_0}$  en  $S_{m_m}$  zoals in 1.

Voor  $\alpha = 60^\circ$ :

$$d_2 = d_m - 3 \cdot d_D + \frac{1}{2} \cdot h \cdot \sqrt{3} + A_1 + A_2$$

$$S_{d_2} = \sqrt{S_{d_m}^2 + 9 \cdot S_{d_D}^2 + \frac{3}{4} \cdot S_h^2 + (d_D \cdot \sqrt{3} - h)^2 \cdot S_\alpha^2}$$

We nemen:  $S_\alpha = 0$

$S_h = 0$

$S_{d_D} = 0.001 \text{ mm.}$

Hiermee is  $d_2$  en  $S_{d_2}$  te bepalen.

##### 3. Meting m.b.v. de profielprojector.

Meet 5 keer positie A en B (zie fig. 4). Bepaal  $\bar{A}$  en  $\bar{B}$ .

Bovendien:  $S_A$ ,  $S_{\bar{A}}$ ,  $S_I$ ,  $S_{A_{tot}}$ ,  $S_B$ ,  $S_{\bar{B}}$ ,  $S_{B_{tot}}$  en  $S_{d_2}$ .



METRISCHES ISO-GEWINDE NACH DIN 13 BLATT 1  
 REGELGEWINDE VON 1 BIS 60 MM GEWINDEDURCHMESSER

BERECHNUNGEN FUER ZEISS-MESSRAEUTE (ALLE NICHT ANGEgebenEN MASSE IN MILLIMETER)

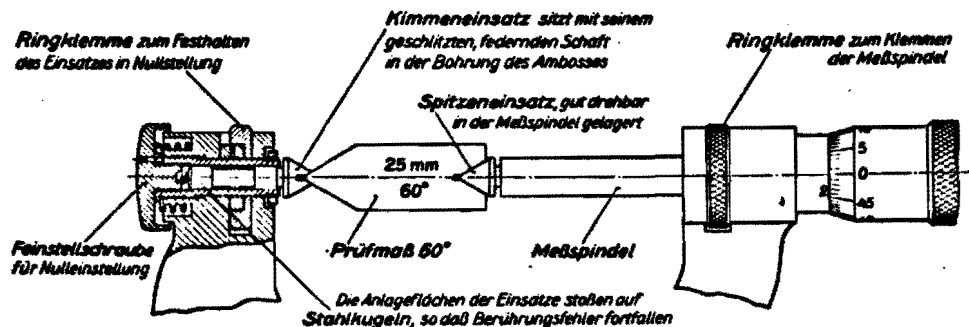
NENN- DURCH- MESSER	STEI- GUNG- S- HOEHE	KERNDURCHMESSER		FLANKEN- DURCH- MESSER	STIEGUNG- WINKEL		MESSDRAHT- DURCH- MESSER	PRUEFMASS MIT ANLAGE- KORR.	DIFFE- RENZ	ANLAGE- KORREKTION	ABPLATTUNGSKORREKTION FUER MESSKRAEFTE		
		BOLZEN	MUTTER		D2	PHI GRAD MIN.					DZ	M	M - D2
D	P	D3	D1	D2			DZ	M	M - D2	A1	10.0	2.0	0.3
											NEWTON		
											MIKROMETER		
1.0	0.25	0.693	0.729	0.838	5	25	0.170	1.1324	0.2944	-1.0	6.8	2.3	0.7
1.1	0.25	0.793	0.829	0.938	4	51	0.170	1.2323	0.2943	-0.8	6.7	2.3	0.6
1.2	0.25	0.893	0.929	1.038	4	23	0.170	1.3321	0.2941	-0.6	6.5	2.2	0.6
1.4	0.30	1.032	1.075	1.205	4	32	0.170	1.4559	0.2509	-0.8	6.4	2.2	0.6
1.6	0.35	1.171	1.221	1.373	4	38	0.220	1.7309	0.3579	-1.0	6.0	2.1	0.6
1.8	0.35	1.371	1.421	1.573	4	3	0.220	1.9306	0.3576	-0.7	5.8	2.0	0.6
2.0	0.40	1.509	1.567	1.740	4	11	0.250	2.1445	0.4045	-0.9	5.6	1.9	0.5
2.2	0.45	1.648	1.713	1.908	4	18	0.290	2.3894	0.4814	-1.1	5.4	1.8	0.5
2.5	0.45	1.948	2.013	2.208	3	43	0.290	2.6891	0.4811	-0.8	5.2	1.8	0.5
3.0	0.50	2.387	2.459	2.675	3	24	0.290	3.1127	0.4377	-0.7	5.0	1.7	0.5
3.5	0.60	2.764	2.850	3.110	3	31	0.335	3.5963	0.4863	-0.9	4.8	1.6	0.5
4.0	0.70	3.141	3.242	3.545	3	36	0.455	4.3050	0.7600	-1.2	4.5	1.5	0.4
4.5	0.75	3.580	3.688	4.013	3	24	0.455	4.7296	0.7166	-1.1	4.4	1.5	0.4
5.0	0.80	4.019	4.134	4.480	3	15	0.455	5.1532	0.6732	-1.1	4.3	1.5	0.4
6.0	1.00	4.773	4.917	5.350	3	24	0.620	6.3455	0.9955	-1.5	3.9	1.4	0.4
7.0	1.00	5.773	5.917	6.350	2	52	0.620	7.3451	0.9951	-1.1	3.8	1.3	0.4
8.0	1.25	6.466	6.647	7.188	3	10	0.725	8.2821	1.0941	-1.6	3.6	1.2	0.4
9.0	1.25	7.466	7.647	8.188	2	47	0.725	9.2817	1.0937	-1.2	3.5	1.2	0.3
10.0	1.50	8.180	8.376	9.026	3	2	0.895	10.4137	1.3877	-1.8	3.4	1.2	0.3
11.0	1.50	9.180	9.376	10.026	2	44	0.895	11.4134	1.3874	-1.4	3.3	1.1	0.3
12.0	1.75	9.853	10.106	10.863	2	56	1.100	12.6495	1.7865	-2.0	3.2	1.1	0.3
14.0	2.00	11.546	11.835	12.701	2	52	1.350	15.0213	2.3203	-2.3	3.0	1.0	0.3
16.0	2.00	13.546	13.835	14.701	2	29	1.350	17.0207	2.3197	-1.7	2.9	1.0	0.3
18.0	2.50	14.933	15.294	16.376	2	47	1.650	19.1636	2.7876	-2.7	2.8	0.9	0.3
20.0	2.50	16.933	17.294	18.376	2	29	1.650	21.1631	2.7871	-2.1	2.7	0.9	0.3
22.0	2.50	18.933	19.294	20.376	2	14	1.650	23.1627	2.7867	-1.8	2.6	0.9	0.3
24.0	3.00	20.319	20.752	22.051	2	29	2.050	25.6056	3.5546	-2.6	2.5	0.9	0.2
27.0	3.00	23.319	23.752	25.051	2	11	2.050	28.6050	3.5540	-2.1	2.4	0.8	0.2
30.0	3.50	25.706	26.211	27.727	2	18	2.050	30.8483	3.1273	-2.4	2.4	0.8	0.2
33.0	3.50	28.706	29.211	30.727	2	5	2.050	33.8479	3.1209	-1.9	2.3	0.8	0.2
36.0	4.00	31.093	31.670	33.402	2	11	2.550	37.5905	4.1885	-2.6	2.2	0.8	0.2
39.0	4.00	34.093	34.670	36.402	2	0	2.550	40.5901	4.1881	-2.2	2.2	0.7	0.2

Praktikumhardleiding Meten en Controleren  
 Pagina 4.6

### Beschreibung

Die Gewindeschraublehre mit Meßeinsätzen (Kimme und Spitze) ist ein Meßmittel zum Bestimmen des Flankendurchmessers (in manchen Fällen auch des Kerndurchmessers) der gebräuchlichsten Gewindearten. Sie läßt sich auch als Maßübertragungsmittel benutzen, indem man mit ihrer Hilfe die Prüfstücke laufend mit einem Gewindelehrdorn vergleicht.

Durch die Vielzahl der verschiedensten Meßeinsätze erhält die Gewindeschraublehre einen großen Anwendungsbereich.



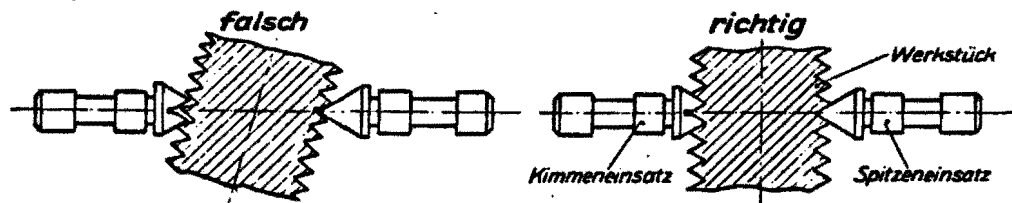
**Bild 1. Gewinde-Schraublehre 25 bis 50 mm mit Prüfmaß 60°**

Daten siehe Feinmeß-Schraublehre Blatt 77

Die Gewindeschraublehre entspricht in ihrem Bau im wesentlichen der Feinmeß-Schraublehre. Die Einsätze stellen den Ausschnitt eines Gewindelehrdornes dar; zwischen dessen Flankenabstand das Gewinde des Werkstückes eingeführt und der Meßwert festgehalten wird.

Für Gewinde unter 0,4 mm Steigung verwendet man Einsätze, die an Stelle der Kimme einen flachen Amboß haben.

Geräte mit einem Meßbereich von 100 bis 125 mm und darüber sind mit Fühlhebel oder Meßuhr ausgestattet.



**Bild 2. Messen mit Kimme und Spitze**

### Gebrauch

**Einstellen:** Bei der Nulleinstellung der Gewindeschraublehren 0 bis 25 werden durch Drehen der Meßspindel die gesäuberten Meßflächen der Meßeinsätze mittels Ratsche in Berührung gebracht. Bei Gewindeschraublehren mit einem Meßbereich von 25 bis 50 mm und darüber, geschieht die Nulleinstellung durch Zwischenhalten eines Prüfmaßes (Bild 1). Ergibt sich eine Abweichung vom Nullpunkt, so wird dieser durch Drehen der Feinstellschraube und Ringklemme wieder eingestellt.

**Messen:** Beim Messen ist darauf zu achten, daß nur ein Gewindegang erfaßt wird.

Auf der einen Seite liegt der Gewindegang in der Meßkimme, während die entgegengesetzten Gewindeflanken von der Meßspitze berührt werden.

Eine Messung ist einwandfrei, wenn die Berührungspunkte der Meßeinsätze zwanglos über die Gewindegänge des Prüfstückes gleiten.

### Anmerkung

Zum Messen des Flankendurchmessers wird heute vorwiegend die Dreidrahtmeßmethode angewendet, da diese genauer ist. Blatt 31

# Arbeits- und Prüflehren Gewindemeßdrähte

**Beschreibung.** Mit Hilfe von Gewindemeßdrähten kann der Flankendurchmesser eines Gewindes nach der sogenannten Dreidrahtmeßmethode schnell und genau gemessen werden.

Gewindemeßdrähte sind entweder in kleinen bzw. großen Aufsteckhaltern gelagert (Bild 1) oder sie sind mittels Ösen aufgehängt (Bild 2). Aufsteckhalter und an Ösen hängende Drähte werden an den Meßflächen von Schraublehren oder an den Aufnahmezapfen anderer Meßgeräte (Orthotest, Universal-Längenmesser usw.) befestigt. Einheitliche Meßdrahtdurchmesser sind festgelegt. Die Meßdrähte werden bei CZ<sup>1)</sup> in 21 verschiedenen Durchmessern mit hoher Genauigkeit angefertigt.

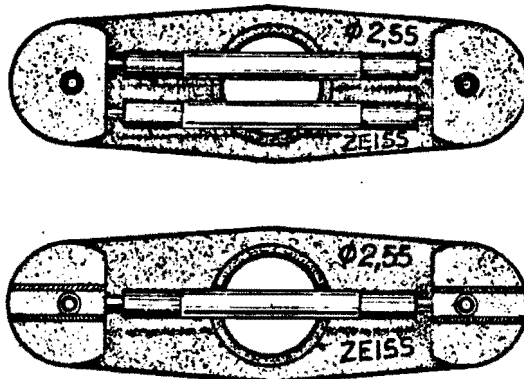


Bild 1

Gewindemeßdrähte in großen Aufsteckhaltern für Drahtdurchmesser 0,53 bis 3,2 mm

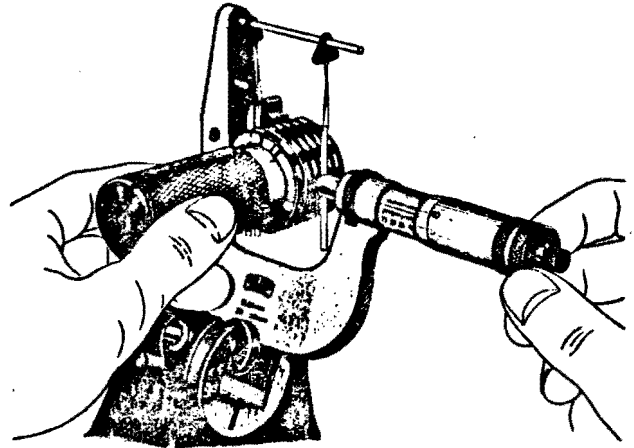


Bild 2

Gewindemeßdrähte mit Ösen

Unter dem Flankendurchmesser eines Gewindes versteht man den achsensenkrechten Abstand zwischen 2 gegenüberliegenden Flankenmitten, wenn man sich das Gewindedreieck scharf ausgeschnitten denkt. Der Meßdrahtdurchmesser ist so berechnet, daß er innerhalb von  $\pm \frac{1}{2}$  der Flankenlänge, von der Flankenmitte ausgehend, zur Anlage kommt (Bild 4).

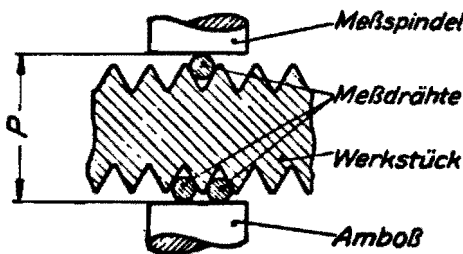


Bild 3

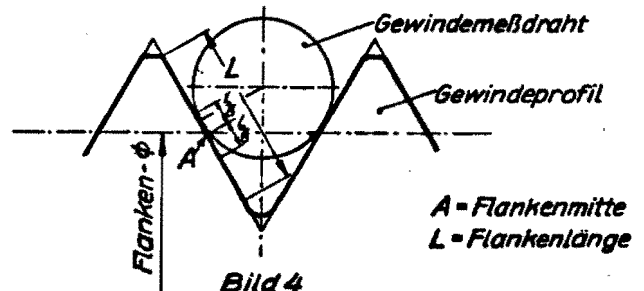


Bild 4

**Gebrauch.** Beim Messen werden die Gewindemeßdrähte so mit den Gewindeflanken in Berührung gebracht, daß auf der einen Seite 1 Draht, auf der gegenüberliegenden Seite 2 Drähte zur Anlage kommen. Gemessen wird der äußere Abstand P der Drähte (Bild 3).

Die P-Werte sind für die verschiedensten Gewindearten und Steigungen errechnet und in Tabellen zusammengestellt. Dabei dürfen selbstverständlich nur die festgelegten Meßdrahtdurchmesser verwendet werden.

### Beispiel

Gewinde-Nenn-durchmesser $d$	Steigung $h$	Kern-durchmesser $d_1$	Flanken-durchmesser $d_2$	Meßdraht-durchmesser $d_p$	Prüfmaß bei Meßkraft Null $P_0$
M 1	0,25	0,676	0,838	0,17	1,139
M 6	1	4,7	5,35	0,62	6,346

Naam: \_\_\_\_\_

Coll.nr.: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Nominale flankendiameter=

Spoed =

1. Kim- en kegelmethode.

Gekozen kim- en kegel:

Aflezings	o-stand ( $m_o$ )
1	
2	
3	
4	
5	

Aflezings	meetstand ( $m_m$ )
1	
2	
3	
4	
5	

$\bar{m}_o =$

$S_{m_o} =$

$S_{m_o}^- =$

$S_I =$

$S_{ot} =$

$d_2 =$

$S_{d_2} =$

$\bar{m}_m =$

$S_{m_m} =$

$S_{m_m}^- =$

$S_I =$

$S_{mt} =$

$d_2 =$                        $\pm$

2. Driedraadsmethode.

$d_D =$

$A_1 =$

$A_2 =$

Aflezing	o-stand ( $m_o$ )
1	
2	
3	
4	
5	

Aflezing	Meetstand ( $m_m$ )
1	
2	
3	
4	
5	

$$\bar{m}_o =$$

$$S_{m_o} =$$

$$S_{m_o}^- =$$

$$S_I =$$

$$S_{ot} =$$

$$d_m =$$

$$d_2 =$$

$$S_{d_2} =$$

$$d_2 = \pm$$

$$\bar{m}_m =$$

$$S_{m_m} =$$

$$S_{m_m}^- =$$

$$S_I =$$

$$S_{mt} =$$

### 3. Profielprojector.

Aflezing	A
1	
2	
3	
4	
5	

Aflezing	B
1	
2	
3	
4	
5	

$$\bar{A} =$$

$$S_A =$$

$$S_{\bar{A}} =$$

$$S_I =$$

$$S_{At} =$$

$$d_2 =$$

$$S_{d_2} =$$

$$d_2 = \pm$$

$$\bar{B} =$$

$$S_B =$$

$$S_{\bar{B}} =$$

$$S_I =$$

$$S_{Bt} =$$

## 5. Vlakheidsmeting

Meting met het elektronische waterpasinstrument Talyvel aan een hardstenen vlakplaat.

Alvorens in te gaan op de bovengenoemde meting zullen enkele basisbegrippen die er verband mee houden worden behandeld.

1. Geometrische vorm van oppervlakken
2. Meetmethoden aan de oppervlakken.

### 5.1 1. Geometrische vorm

Bij een oppervlak onderscheiden we twee soorten vormafwijkingen, de macrogeometrische en de microgeometrische.

Deze laatste noemen we oppervlakteruwheid. Voor het meten van deze vorm staan enige zeer geavanceerde meetinstrumenten in het laboratorium. De meting waarmee we ons bij deze proef bezig houden betreft echter de macrogeometrische vorm. Deze heeft drie verschillende kenmerken waar de lengtemeting zich mee bezig houdt nl. rechtheid, vlakheid en rondheid.

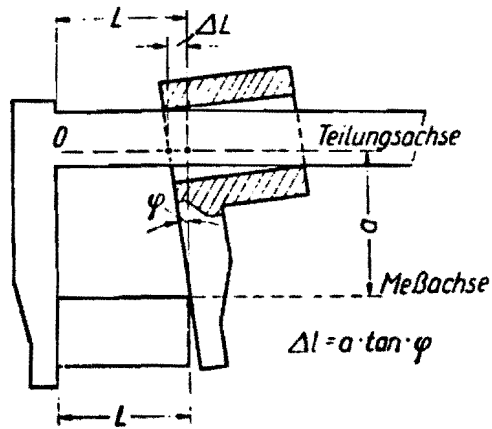
Deze kenmerken zijn van fundamentele betekenis voor het korrekt functioneren van meetmachines en machine-onderdelen, denk aan rechtgeleidingen en draaiende assen. De specificatie van geometrische toleranties op werktekeningen is net zo belangrijk als maataanduidingen i.v.m nauwkeurige fabricage.

#### Rechtheid en vlakheid:

- a. Bij veel meetmachines hangt de nauwkeurigheid af van de juiste verplaatsing van een sensor langs een rechte lijn of over een plat vlak.
- b. Bij machines wordt de vorm van het werkstuk bepaald door de beweging van het gereedschap langs een geleiding van de geschikte vorm.

Fouten in rechtheid en vlakheid kunnen afwijkingen veroorzaken in lineariteit van bewegende sleden en in sommige gevallen fouten in lineaire verplaatsingen. Zie fig. 1.

Fig. 1.



## 5.2 2 Meetmethoden aan de oppervlakken (rechtheid en vlakheid)

Deze zijn te onderscheiden in:

- Directe metingen,
- Vergelijkende metingen.

- Men maakt hierbij voor het meten van een vlak gebruik van direct aanwijzende meetinstrumenten zoals precisiewaterpas, elektronisch waterpasinstrument, autocollinator. Zie voor deze instrumenten fig. 2.

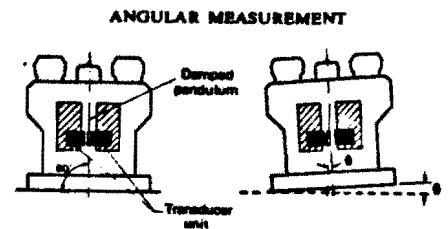
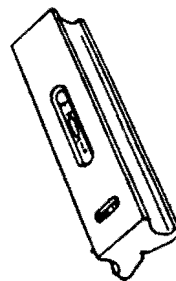
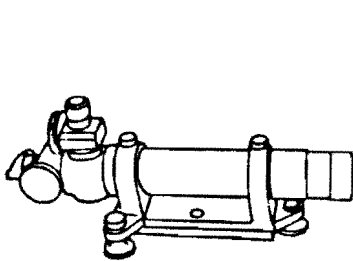


Fig. 7.9 Operating principle of the electronic level.

Fig. 2.

Ofschoon deze instrumenten volgens verschillende principes werken, is de meetmethode voor allen fundamenteel gelijk.

Elk instrument meet nl. de variatie in hoek van een meetbasis met 2 steunpunten.

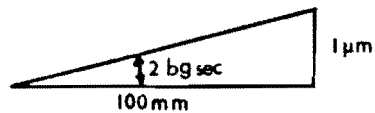
Dit gebeurt tijdens het verplaatsen van de meetbasis over het te meten oppervlak.

Het is mogelijk om de hoekverdraaiing om te rekenen in een

lineair stijgen of dalen van het ene steunpunt t.o.v. het andere.



Men maakt hierbij gebruik van de volgende relatie:



b. Vergelijkende metingen.

Hierbij kunnen diverse meetmiddelen worden gebruikt om als referentie te dienen voor het meten van rechtgeleidingen en vlakken. De belangrijkste meetmiddelen zijn o.a. referentievlakplaat en statief met meetvlak (zie fig. 3.).

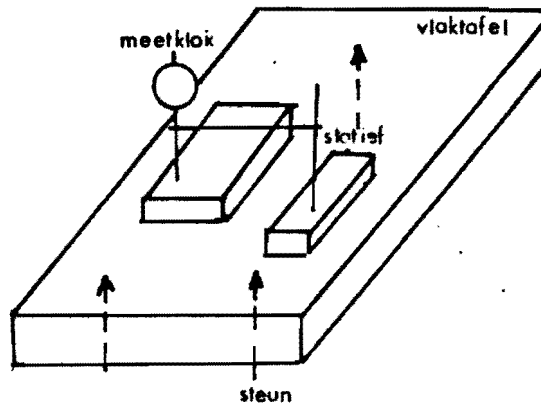


Fig. 3.

Het in deze proef gebruikte Talyvel waterpasinstrument werkt volgens de direkte meetmethode. Voor de werking van de Talyvel zie pag. 5.7 e.v. De te volgen meetmethode vindt U beschreven in de volgende paragraaf. Voordat U begint met deze meting dient U eerste de volgende vragen op een los A4-blad in te vullen.

### 5.3 Vragen

1. Hoe stelt U zich de begrippen macrogeometrische- en microgeometrische vorm van een oppervlak voor (Denk aan bewerking van het oppervlak, geef eventueel in een tekening aan wat U bedoelt).
2. Als U naar figuur 4 kijkt, aan welke meetbasis, A of B, zou U dan de voorkeur geven voor het meten van het getekende oppervlak en waarom.



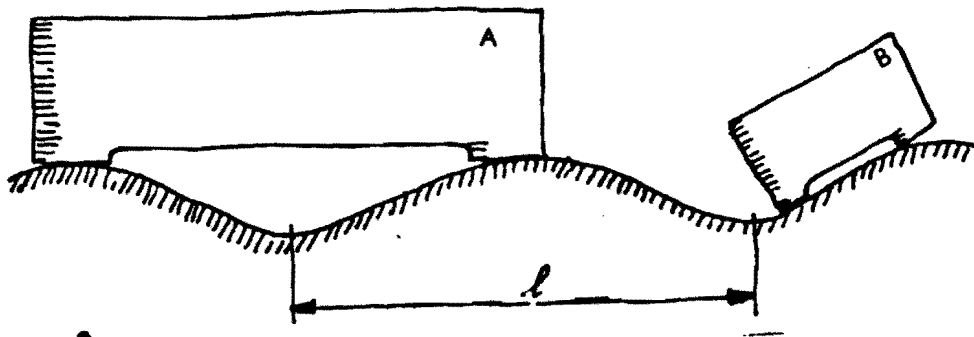


Fig. 4.

3. Bij het meten van de vlakheid van de stenen plaat m.b.v. het elektronische waterpasinstrument kan dit instrument vooraf precies horizontaal (waterpas) gezet worden. Is dit noodzakelijk voor de meting? Waarom?
4. Als U de stenen plaat moet meten en vergelijken met de hiervoor geldende DIN normen (zie normblad op blz. 5.9), aan welke meetmethode geeft U dan de voorkeur, de direkte of de indirekte, waarom?
5. Wat kan het probleem zijn, betreffende de meting dat optreedt als de te meten stenen plaat in zijn geheel scheef op zijn steunpunten ligt?

## 5.4 Opdrachten

Op de stenen plaat waar we de vlakheid van willen weten, zijn de lijnen waarover we gaan meten reeds aangebracht. Ze zijn aangeduid met  $x = 0, 1 \dots 4$  en  $y = 0, 1 \dots 4$ .

Voor we beginnen met meten bepalen we de standaardafwijking van de meting. Zet daartoe het instrument 9 keer over dezelfde twee punten, en lees af. Bepaal hieruit de toevallige afwijking  $s$ .

We gaan nu verder met het bepalen van de hoogteverschillen over één lijn, de lijn  $x = 0$ .

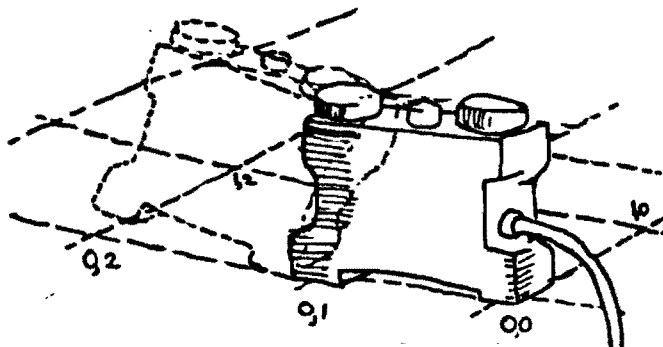


Fig. A.

Zet het waterpasinstrument op de in plaatje A weergegeven manier op de stenen plaat. Stel met behulp van de micrometer-spillen het instrument in zo'n stand dat de wijzer nul aangeeft.

*Is de plaat hier nu waterpas?*

Zet nu het waterpasinstrument één basislengte verder (fig. A, gestippeld). De wijzer zal nu een hoekverdraaiing te zien geven,

wat er op duidt dat het punt (0,2) niet meer op de lijn door (0,0) en (0,1) ligt. Zet nu telkens de opnemer één basislengte verder tot de lijn  $y = 4$  en noteer de afgelezen hoeken op het waarnemingenblad.

Bereken daarna de stijging of daling t.o.v. het vorige punt en hoeveel het punt hoger ligt dan (0,0).

We weten nu het verloop van de hoogte over één lijn op het oppervlak. Willen we wat over de vlakheid van de plaat weten, moeten we ook over anderen lijnen meten. We pakken daarvoor lijnen die de nu gemeten lijn op de meetpunten snijden.

*Waarom?*

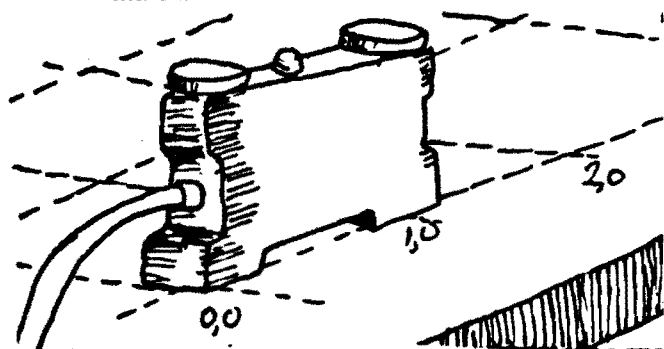


Fig. B.

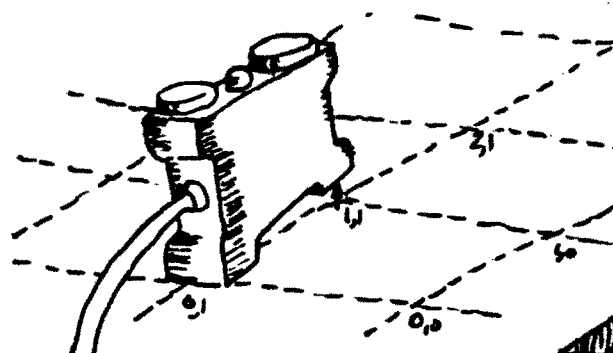


Fig. C.

In ons geval hebben we gekozen voor lijnen die er loodrecht op staan. We beginnen met de lijn  $y = 0$ . Als je nu het waterpas neerzet als in figuur B en de wijzer met behulp van de micrometerspillen op nul zet, heb je een referentievlak vastgelegd ten opzichte van welk je als je meetpunten bekijkt.

*Welk vlak is dat?*

Tast nu de lijn  $y = 0$  op de al eerder beschreven wijzer af en noteer de hoeken op het waarnemingsblad. Bepaal de hoogten van de punten  $(1,0)$  en  $(2,0)$ .

Vergelijk nu figuur B met figuur C.

In figuur C zie je dat  $(1,1)$  hoger ligt dan  $(1,0)$ .

*Waarom stel je de wijzer nu niet op nul?*

Noteer nu in de tabel het verloop van de aflezings over  $y = 1$ .

Bereken de hoogten van de punten  $(1,1)$  en  $(1,2)$ .

Zet de berekende hoogten uit met verticale lijntjes op de meetpunten.

Je hebt nu een idee van het hoogteverloop over een stuk van de plaat.

Op dezelfde manier kun je nu ook de lijnen  $y = 2$  tot en met  $y = 4$  af-tasten. Noteer de afgelezen hoeken op het waarnemingenblad.

Met de zo verkregen gegevens kun je de hoogten van alle meetpunten uit-rekenen; dat is een beetje veel werk. We laten het dan ook door de komputer doen. Deze rekent dan ook direkt de afwijkingen ten opzichte van het kleinste kwadratenvlak uit.

Het kleinste kwadratenvlak in het vlak dat het best door de meetpunten gaat. De vlakheid kun je ook het best beoordelen door de afwijkingen ten opzichte van dat kleinste kwadratenvlak te bekijken.

Maak nu het plaatje op het waarnemingenblad af door de rest van de hoogtes uit te zetten.

Neem weer zo'n waarnemingenblad en zet daarop de afwijkingen t.o.v. het kleinste kwadratenvlak uit.

*Neem je daarvoor dezelfde schaal?*

Nu kun je ook nog een keer de hoogten over de lijn  $x = 4$  meten. In principe moet je dan voor de punten op die lijn dezelfde hoogten als de reeds berekende vinden.

*Waarom hoeft het verschil (de zgn. sluitfout) niet nul te zijn?*

Vergelijk tenslotte het maximale hoogteverschil met het toelaatbare volgens DIN 876.

# SPECIFICATION

There are two basic forms of Talyvel:

Code No. C112/753. 'Talyvel 1' which has normal sensitivity.

Code No. C112/877. 'Talyvel 2' which has on the highest range a sensitivity double that of 'Talyvel 1'.

The instructions given in this Handbook apply to both versions, although the illustrations are all of 'Talyvel 1'. (A Differential 'Talyvel' is also available; instructions for this model are not included in this Handbook.)

<b>Meter range</b>	See Tables 1 and 2 below.
<b>Accuracy of indication</b>	A change of inclination is indicated to an accuracy of $\pm 2\%$ of that change $\pm 1\%$ of the full scale value of the range used $\pm 2$ sec hysteresis.
<b>Temperature stability – Level Unit</b>	Zero may change by up to 0.1 sec per °C in the temperature range 5°C to 30°C.
– Meter Unit	Zero may drift up to 0.01 division per °C within the range 5°C to 35°C. In the same temperature range, the scale reading may be affected up to 0.1% per °C.
<b>Response time</b>	Pointer comes to rest in about 1 second of time.
<b>Battery</b>	Two Mallory batteries type SKB-830.
<b>Battery life</b>	Should not be less than 250 hours use at normal ambient temperature.
<b>Ambient Storage temperature</b>	Instrument without batteries –20°C to +70°C. Batteries 0°C to +70°C.
<b>Standard length of cable</b>	8 feet (2.5 metres).
<b>Overall size of Level Unit</b>	Base $4 \times 1\frac{1}{4}$ inches (100 x 32 mm), Height $4\frac{5}{16}$ inches (110 mm).
<b>Overall size of Meter Unit</b>	$7\frac{1}{4} \times 7\frac{1}{4} \times 8\frac{1}{2}$ inches (185 x 185 x 215 mm).
<b>Weight of Level Unit</b>	$2\frac{3}{4}$ lb (1.25 kg).
<b>Total weight (including Level Unit)</b>	11 lb (5 kg).

**Table 1 - 'Talyvel 1'**

Range Switch Marked	Angular		Gradient			
	Full Scale	1 small div.	inch per inch		mm per metre	
			Full Scale	1 small div.	Full Scale	1 small div.
8	$\pm 8$ min	20 sec	$\pm 0.0025$	0.0001	$\pm 2.50$	0.10
100	$\pm 100$ sec	4 sec	$\pm 0.0005$	0.00002	$\pm 0.50$	0.02
50	$\pm 50$ sec	2 sec	$\pm 0.00025$	0.00001	$\pm 0.25$	0.01

**Table 2 - 'Talyvel 2'**

Range Switch Marked	Angular		Gradient			
	Full Scale	1 small div.	inch per inch		mm per metre	
			Full Scale	1 small div.	Full Scale	1 small div.
8	$\pm 8$ min	20 sec	$\pm 0.0025$	0.0001	$\pm 2.50$	0.10
100	$\pm 100$ sec	4 sec	$\pm 0.0005$	0.00002	$\pm 0.50$	0.02
25	$\pm 25$ sec	1 sec	$\pm 0.00125$	0.000005	$\pm 0.125$	0.005

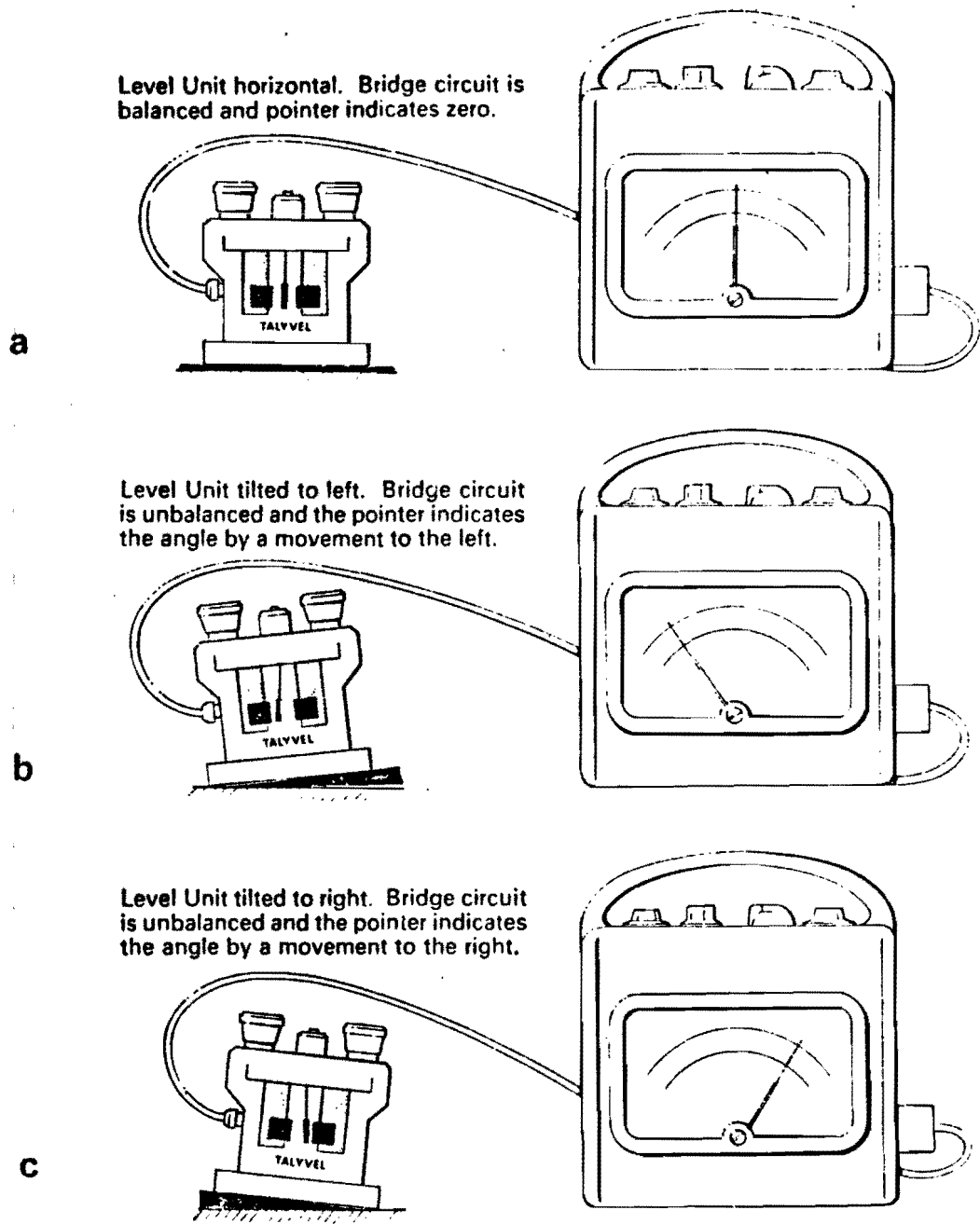


Figure 1. Diagram illustrating 'Talyvel' operation.

# INTRODUCTION

Two methods of checking levels have been in use for centuries, namely the use of the plumb line and bubble level. These two simple devices continue to be widely used on account of their high intrinsic accuracy and ease of use. To obtain the highest accuracy, however, read-out devices are necessary to assist visual alignment of the plumb line or bubble with the reference marks on the housing.

The 'Talyvel' is basically a plumb line used in conjunction with an electrical detecting system to sense its precise attitude with respect to the housing. The electrical signal is amplified and used to operate a meter. The plumb line in the instrument is called a pendulum and an inductive bridge circuit is used to obtain the electrical signal indicating its attitude. The meter is calibrated and allows small departures from the level to be measured.

The instrument has many uses as this Manual will show. Not only is it used to measure departures from an absolute level but it can also function as a comparator to detect departures from a preset attitude, which may not necessarily be level.

It is simple to calibrate and operate and a little practice in carrying out the instructions given in this Handbook will enable the operator to obtain consistently accurate results.

'Talyvel 1' and 'Talyvel 2' each consist of two units:

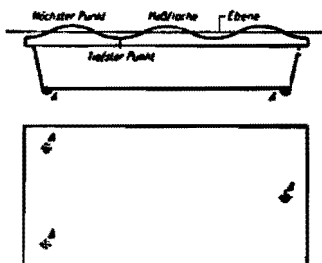
*The Level Unit* which is placed on the surface to be checked. It contains the pendulum and electrical transducer for sensing the position of the pendulum with respect to the case.

*The Meter Unit* which contains the battery-operated transistorized amplifier and the meter on which the measurements are displayed. The Meter Unit contains storage space for the Level Unit and leads.

The electrical circuit is essentially a bridge circuit which is balanced when the pendulum is equidistant from both transducing coils (Figure 1). When the Level Unit is tilted, the bridge is unbalanced and the movement of the Meter Unit pointer is proportional to the amount of unbalance.

**1. Bauart**

Die der Meßfläche entgegengesetzte Seite muß 3 Auflager haben. Ausreichend hohe Verrippung muß die während des Gebrauches mit nach oben gerichteter Meßfläche entstehenden Kräfte in zweckmäßiger Weise zu den 3 Unterstützungspunkten leiten, so daß die Deformation der Meßfläche möglichst gering ist. Für die Handhabung in umgekehrter Lage können Handgriffe angebracht werden.



**2. Meßfläche<sup>1)</sup>**

Ebenheit: Legt man durch das Profil der unbelasteten Meßfläche der mittels der 3 Auflager auf ebener Unterlage frei aufliegenden Platte eine Ebene derart, daß die höchsten und tiefsten Stellen des Profils symmetrisch zu dieser liegen, so darf der Abstand der Meßfläche von dieser Ebene an keiner Seite die folgenden zulässigen Grenzen überschreiten<sup>2)</sup>:

Zulässige Abweichungen der Meßfläche von der Ebene, wenn L die gesamte Länge ihrer längsten Kante ist:

Genauigkeit I (enggeschabt)  $\pm \left( 5\mu + \frac{L}{300000} \right)$

Genauigkeit II (normal geschabt)  $\pm \left( 10\mu + \frac{L}{100000} \right)$

Genauigkeit III (gehobelt)  $\pm \left( 20\mu + \frac{L}{60000} \right)$

Nach diesen Gleichungen ergeben sich die folgenden Werte:

Gesamtlänge L der längsten Kante in mm	Zulässige Abweichungen der Meßfläche von der Ebene an beliebiger Stelle derselben in $\mu$ für		
	Genauigkeit I	Genauigkeit II	Genauigkeit III
100	$\pm 5,5$	$\pm 11$	$\pm 22$
150	$\pm 5,75$	$\pm 11,5$	$\pm 23$
200	$\pm 6$	$\pm 12$	$\pm 24$
300	$\pm 6,5$	$\pm 13$	$\pm 26$
400	$\pm 7$	$\pm 14$	$\pm 28$
500	$\pm 7,5$	$\pm 15$	$\pm 30$
600	$\pm 8$	$\pm 16$	$\pm 32$
700	$\pm 8,5$	$\pm 17$	$\pm 34$
800	$\pm 9$	$\pm 18$	$\pm 36$
1000	$\pm 10$	$\pm 20$	$\pm 40$
1200	$\pm 11$	$\pm 22$	$\pm 44$
1500	$\pm 12,5$	$\pm 25$	$\pm 50$
2000	$\pm 15$	$\pm 30$	$\pm 60$

Für Zwischenlängen werden die Werte der nächst kleineren Stufe angewandt.

<sup>1)</sup> Die Spanabnahme bei Bearbeitung der Meßflächen soll durch Schneidwerkzeuge, insbesondere Hobeln und Schaben erfolgen. Schleifen, Schmirgeln usw. mit schädlich wirkende Reste des Schleifmittels in den Poren des Graugusses zurück. Das Schaben soll ausschließlich dem Zweck der Erzielung der Genauigkeit dienen. Das nachträgliche Anbringen von sogenannten gleichmäßigen Schaberzeichen ist zu vermeiden, da es die vorher vorhandene Genauigkeit zu verschlechtern geeignet ist.

<sup>2)</sup> Die Ausmessung erfolgt am besten mit Hilfe von Normal-Stahllinien, entsprechend den in DIN 874 Geeigneten, indem das Lineal, parallel den Kanten, an diesen und in der Mitte und in den Diagonalen der Platte, gegebenenfalls auch in beliebigen anderen Lagen, angewandt wird. Bedingt durch die Herstellung der Platten, sollen die zum Prüfen der Ebenheit verwendeten Meßmittel die Platte nicht mit Punkten, sondern mit Meßflächen berühren von mindestens 2,7 cm<sup>2</sup> Flächeninhalt (entsprechend dem Endmaßquerschnitt 30 · 9).

***Mußgebend ist die jeweils neueste Ausgabe dieser Norm im Format A 4.***

Naam: \_\_\_\_\_

Coll.nr.: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Toevallige afwijking:

Meting	Aflezing
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

S =                      =

Meting van de tafel:

afgelezen hoek (bg sec)	stijging (µm)	hoogte (µm)
-------------------------	---------------	-------------

x = 0      y = 0

- 1
- 2
- 3
- 4

—		

y = 0      x = 0

- 1
- 2
- 3
- 4

—		

$y = 1$      $x = 0$   
1  
2  
3  
4

—		

$y = 2$      $x = 0$   
1  
2  
3  
4

—		

$y = 3$      $x = 0$   
1  
2  
3  
4

—		

$y = 4$      $x = 0$   
1  
2  
3  
4

—		

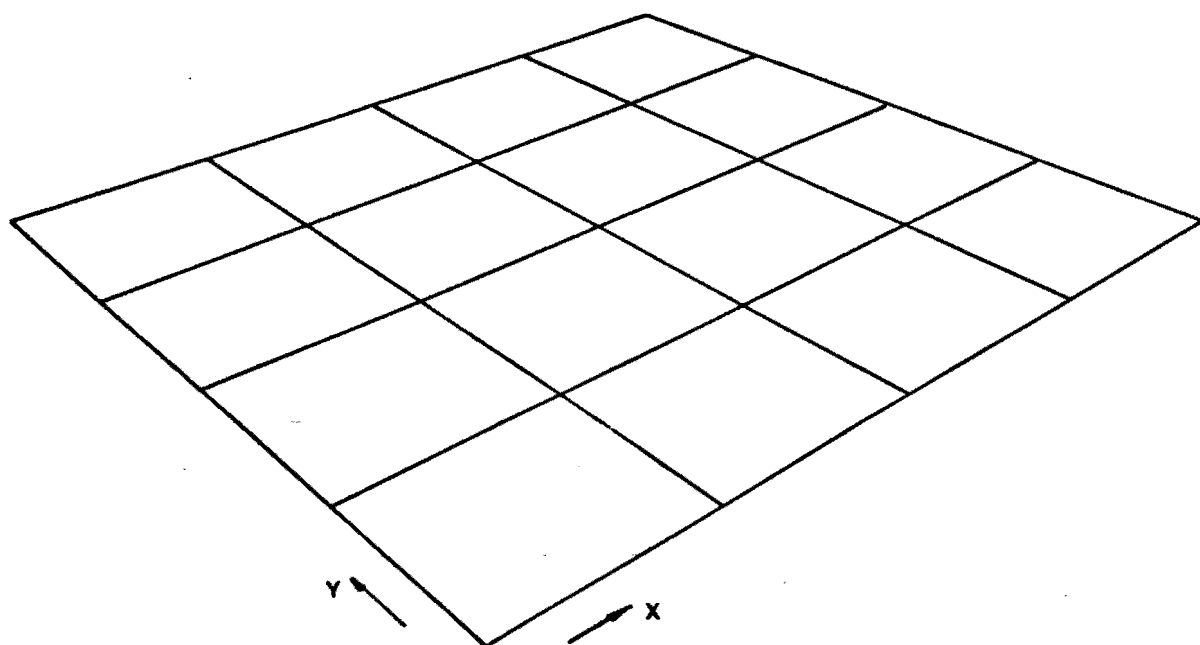
$x = 4$      $y = 0$   
1  
2  
3  
4

—		

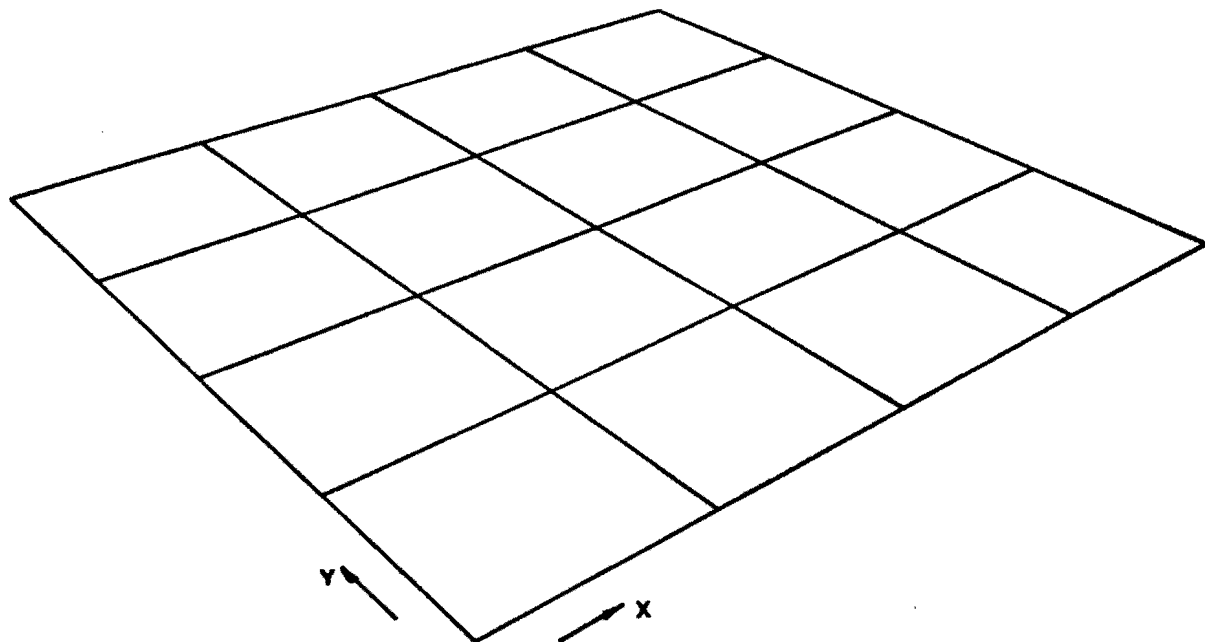
Maximale hoogteverschil volgens DIN 876 ( $L = 400$  mm):



Hoogten boven het grondvlak:



Hoogten boven het kleinste-kwadraten-vlak:



**6.1. Inleiding**

De oppervlakteruwheid bepaalt in belangrijke mate, de geschiktheid van een werkstuk voor een bepaalde functie.

De loop- of glij-eigenschappen, smering en slijtage, afdichting of klemming van twee samenwerkende delen, het hechten van beschermende lagen of lijmverbindingen, en het mat of glanzende uiterlijk van een werkstuk worden erdoor bepaald.

Er zijn verscheidene methoden om de oppervlakteruwheid te bepalen:

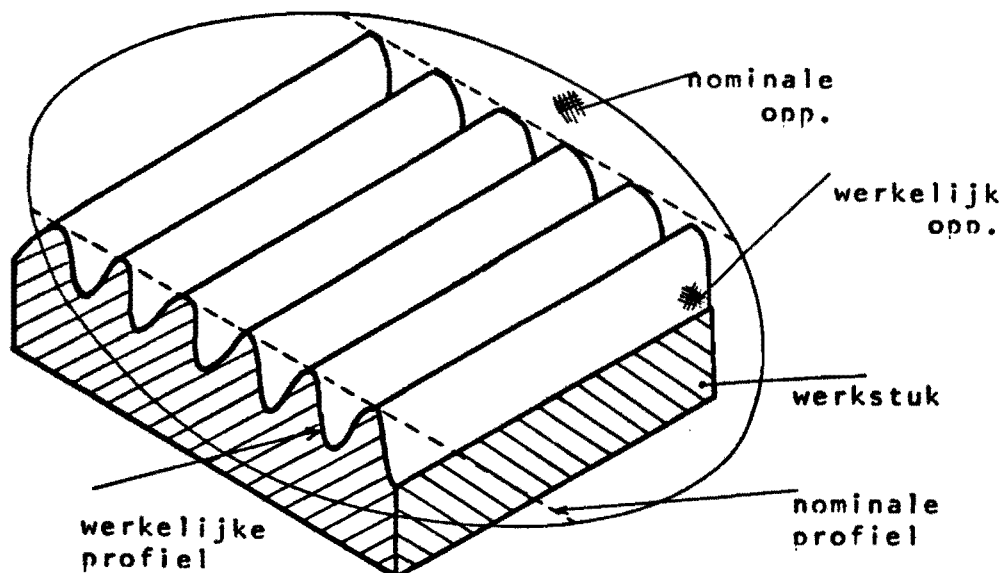
- a. Optisch
- b. Mechanisch met elektrische versterking
- c. Idem met optische versterking
- d. Pneumatisch
- e. Vergelijkend.

Hiervan is b de meest toegepaste, en geschiktste om de genormaliseerde ruheidsparemeters te bepalen.

De proef gaat over zo'n ruheidsbepaling.

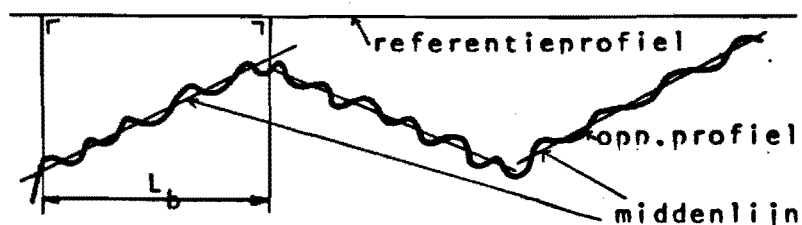
**6.2. Enkele definities (Zie ook fig. 6.1)**

- a. Werkelijk oppervlak: het oppervlak dat de begrenzing vormt van een werkstuk.
- b. Nominaal oppervlak: het oppervlak, waarvan de ideale meetkundige vorm wordt aangegeven in de tekening van een werkstuk.
- c. Referentievlak: vlak, dat als referentie wordt aangenomen.  
T.o.v. dit vlak wordt de stand van doorsnijdingsvlakken aangegeven. Meestal wordt als referentievlak aangenomen, het nominale oppervlak, of een vlak dat daaraan evenwijdig loopt.
- d. Werkelijk profiel: de lijn die ontstaat door de doorsnijding van het werkelijke oppervlak, met een vlak loodrecht op het referentievlak.
- e. Nominaal profiel: de lijn, die ontstaat door de doorsnijding van het nominaal oppervlak met een vlak loodrecht op het referentievlak.
- f. Referentieprofiel: de lijn ten opzichte waarvan de eigenschappen van het te meten profiel worden vastgesteld. Deze lijn heeft de vorm van het nominale profiel. Ook de plaats ervan moet zo goed mogelijk overeenkomen met die van het nominale profiel.



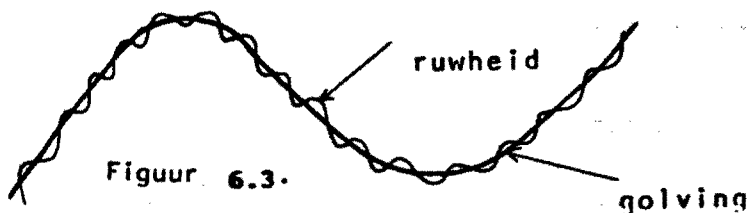
Figuur 6.1.

- g. Oppervlakteprofiel: de benadering van het werkelijke profiel door middel van de baan, in het doorsnijdingsvlak beschreven, door het middelpunt van een bolvormige taster van een ruwheidsmeetinstrument.
- h. Basislengte (Zie fig. 6.2): het gedeelte van het oppervlakteprofiel, gemeten langs het referentieprofiel, nodig voor de definiëring van de karakteristieke grootheden, van de oppervlakteruwheid; deze heet ook wel "cut-off"-lengte ( $L_b$ ).



Figuur 6.2.

Een oppervlak ziet er in het algemeen als volgt uit:



Figuur 6.3.

De volgende afwijkingen treden op:

1. Vormafwijkingen; te wijten aan geometrische afwijkingen van de bewerkingsmachines (tapsheid, onrondheid).
2. Golving; t.g.v. fouten in de aanzetbeweging van het werktuig.
3. Oppervlakteruwheid; ontstaat door het vormgevend middel (beitel).

Tast men het oppervlak af met een ruweidsmeetinstrument, dan ontstaat een elektrisch signaal dat opgebouwd is uit twee delen, namelijk de golving en de ruwheid.

Wil men nu een zuiver beeld krijgen van de ruwheid, dan moet de golving eruit gefilterd worden. Dit is te verwezenlijken met behulp van de cut-off-lengte.

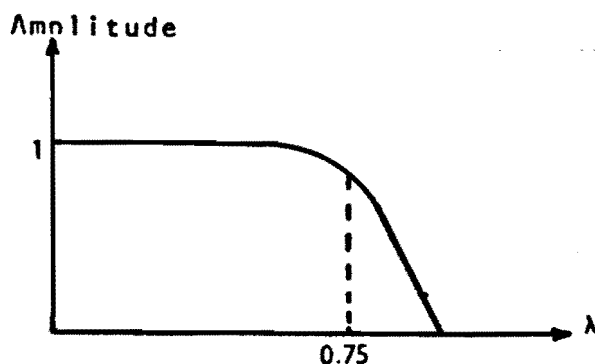
Het werkt als volgt. Er wordt een bepaalde c.o.-lengte vastgelegd. Golven met een golflengte groter dan de c.o.-lengte worden uit het elektrisch signaal gefilterd. Dit gebeurt niet abrupt, maar geleidelijk.

Voorbeeld (zie fig. 6.4)

C.o.-lengte = 0.75 mm.

Nu wordt van sinusvormige elektrische spanningen met een golflengte van

0.25 mm	de	amplitude	voor	97%	meegenomen	in	het	signaal,
0.50 mm	"	"	"	92%	"	"	"	"
0.75 mm	"	"	"	80%	"	"	"	"
1.25 mm	"	"	"	60%	"	"	"	"
1.75 mm	"	"	"	40%	"	"	"	"
3.00 mm	"	"	"	20%	"	"	"	"
7.50 mm	"	"	"	5%	"	"	"	"



Figuur 6.4.

Is de tastweg langer, dan kunnen ook grotere golvingen een rol spelen. Daarom bestaat er een vaste betrekking tussen de c.o.-lengte en de tastweg; deze worden dus steeds gekoppeld geschakeld.

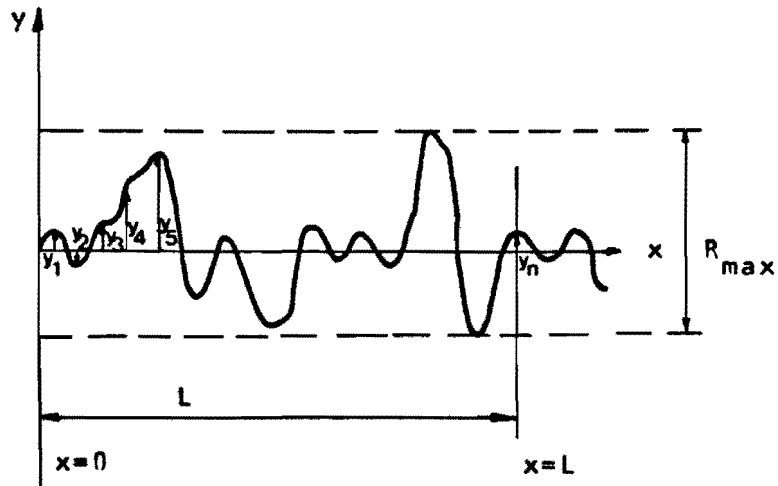
In het praktikum wordt apparatuur gebruikt waar c.o.-lengte en tastweg als volgt samenhangen:

tastweg (mm)	c.o.-lengte (mm)
1.6	0.25
4	0.75
10	2.5
25	7.5

- i. Middenlijn: de lijn, met de vorm van het nominale profiel, die het oppervlakteprofiel binnen de basilenkte  $L_b$  zodanig verdeelt, dat de som van de kwadraten van de afstanden van punten van het profiel tot de middenlijn (loodrecht op het referentieprofiel) minimaal is.

### 6.3 De ruwheidsparameters

- a.  $R_a$  = het gemiddelde van de absolute waarden van de afstanden van het oppervlakteprofiel tot de middenlijn (fig. 6.5).



Figuur 6.5.

De middenlijn moet voldoen aan:

$$\int_0^L y \cdot dx = 0, \quad \text{en} \quad \int_0^L |y| \cdot dx \text{ is minimaal}$$

$L$  is de meetlengte.

In formule

$$R_a := \frac{1}{L} \cdot \int_0^L |y| \cdot dx \approx \frac{\sum_{i=1}^n |y_i|}{n}$$

( $R_a$  heet ook wel: - Mittenrauhwert. .

- Center Average Line: CLA

- Arithmical Average: AA

- Roughness Height Rating: RHR)

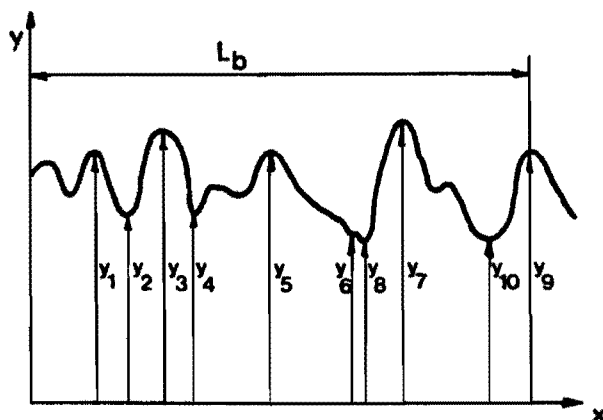
b.  $R_{max}$  = maximale ruheidshoogte per meetlengte (zie fig. 6.5)

Het is de afstand van twee lijnen die de twee toppen raken (boven en onder de middenlijn), en evenwijdig aan de middenlijn lopen (over de basislengte gerekend).

( $R_{max}$  heet ook wel: - Maximale Rauhtiefe

-  $\approx R_t$  = Rauhtiefe, of maximale ruheidshoogte per basislengte)

c.  $R_z$  = Dit is een verbeterde waardebepaling van  $R_{max}$ .

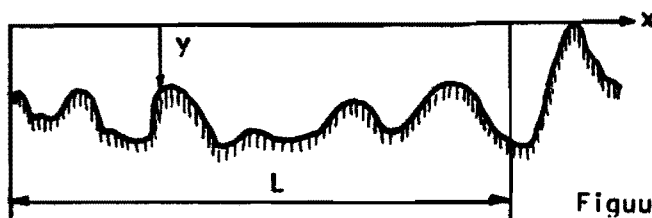


Figuur 6.6.

( $y_{1,3,5,7,9}$  : de 5 hoogste toppen;  $y_{2,4,6,8,10}$  : de 5 laagste toppen)

$$R_a := \frac{(y_1 + y_3 + y_5 + y_7 + y_9) - (y_2 + y_4 + y_6 + y_8 + y_{10})}{5}$$

d.  $R_p$  = gemiddelde afstand van het referentieprofiel tot het oppervlakteprofiel.



Figuur 6.7.

In formule:

$$R_p = \frac{1}{L} \cdot \int_0^L y \cdot dx, \text{ waarbij } y \text{ de afstand van het referentie-} \\ \text{profiel tot het oppervlakteprofiel is.}$$

( $R_p$  heet ook wel  $G$ , of Glättungstiefe)

- e.  $R_q$  = de meetkundig gemiddelde afstand van het oppervlakteprofiel tot de middenlijn.

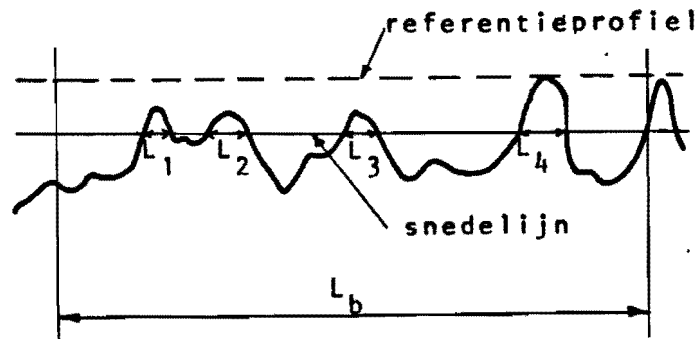
In formule:

$$R_q := \sqrt{\frac{1}{L} \cdot \int_0^L y^2 \cdot dx} \approx \sqrt{\frac{y_1^2 + \dots + y_n^2}{n}}$$

Zie fig. 6.5

( $R_q$  heet ook wel: - Root Mean Square Average: RMS  
-  $R_s$ )

- f.  $t_p$  = draagvermogen van het profiel.



Figuur 6.8

In formule:

$$t_p = \frac{L_1 + \dots + L_4}{L_b} \times 100\%$$

De snedelij kan op verschillende hoogten worden gelegd, zodat men op verschillende nivo's in het ruwheidsprofiel kan meten.

( $t_p$  heet ook wel: - Traganteil)

#### 6.4. De verschillende meetmethoden

##### a. Optisch.

Dit is een kontaktloze meting. Een lichtbundel valt op het oppervlak. Afhankelijk van de ruwheid varieert de terugkaatsing. Deze is dan een maat voor de ruwheid.



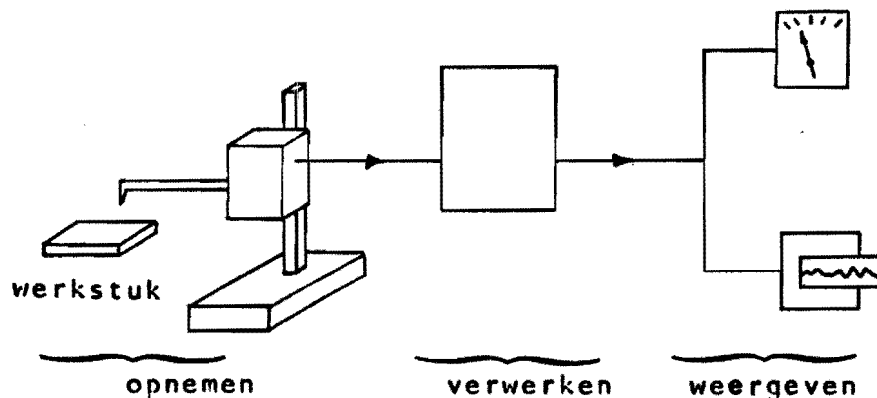
Toepassing is afhankelijk van het reflekterend vermogen van het werkstukoppervlak.

Vooraf methoden die op interferentie berusten, zijn interessant, omdat deze drie-dimensionale informatie leveren over het werkstukoppervlak.

(De interferentielijnen zijn a.h.w. hoogtelijnen van het oppervlak.)

b. Mechanisch met elektrische versterking.

Alleen deze methode is geschikt voor het bepalen van genormaliseerde ruheidspareters (zie fig. 6.3). Algemene opzet:



Figuur 6.9.

Opnemen: omvorming van oppervlaksignaal in een elektrisch signaal.

Verwerken: omvorming van een elektrisch (profiel) signaal in een ruheidssignaal.

Weergeven: omvorming van een ruheidssignaal in een ruheidsaanduiding.

Het gedeelte van de opnemer bestaat uit:

- Tastersysteem: de geometrie van de tasternaald bepaalt welke punten van het werkstukoppervlak worden gemeten.
- Mechanisch-elektrische omzetter.
- Synchroonaandrijving, om de taster over het oppervlak te laten lopen.

De grootte van het ruheidssignaal kan op de volgende manieren worden vastgelegd:

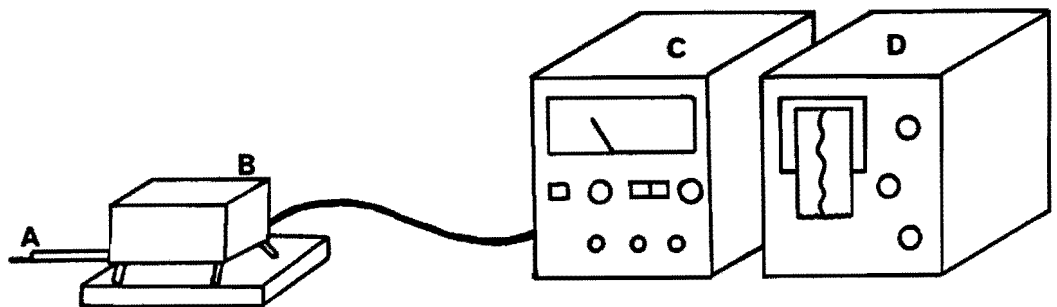
- Aanwijzing op een schaalinstrument,
- Schrijven op een papierstrook (grafiek),
- D.m.v. een ponsband (te verwerken op een komputer).

(In het praktikum worden de eerste en de tweede mogelijkheid toegepast.)

- c. Mechanisch met optische versterking.  
De principewerking is gelijk aan die van de tolerator uit proef 8.
- d. Pneumatisch methoden.
- e. Vergelijking van het werkstuk met ruheidsmonsters.  
Het monster en het werkstuk worden met de vingernagel afgetast.  
Zodoende krijg je een indruk, tussen welke ruheidswaarden het werkstukoppervlak zich bevindt. Dit is geen erg nauwkeurige methode.

### 6.5. Bediening van het aanwezige instrumentarium

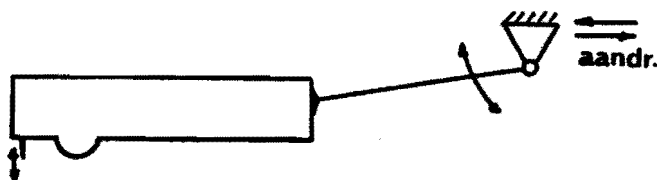
Bediening van de "Perthen"-ruheidsmeter.



Figuur 6.10

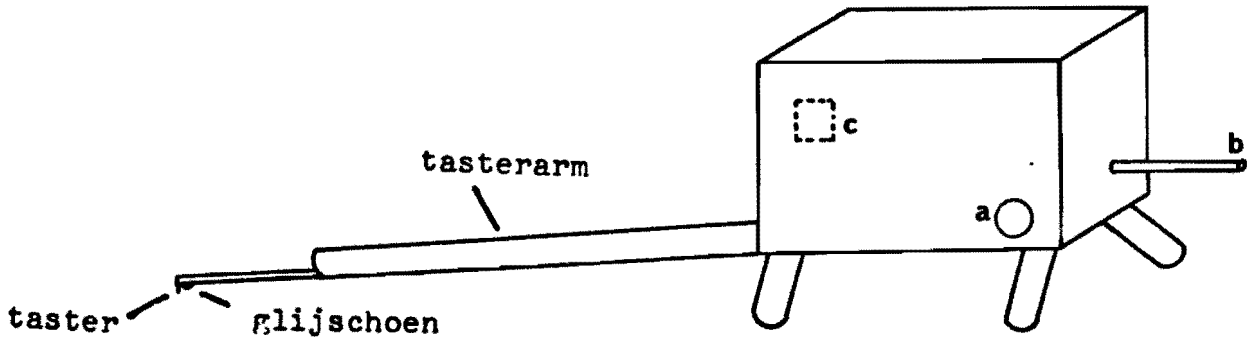
A: Tastsysteem; B: Meetkop. Deze bevat de mechanisch-elektrische omzetter, en de tasteraandrijving; C: Elektrische gedeelte. Hierin vindt de omzetting plaats van elektrisch signaal, in ruheidssignaal. Bovendien bevat het een wijzer instrument, dat de ruheidswaarde aangeeft; D: Schrijver gedeelte. Hier wordt het signaal van de meetkop op een papierstrook geschreven.

Ad A: Het hier gebruikte tastsysteem werkt als volgt:



Figuur 6.11

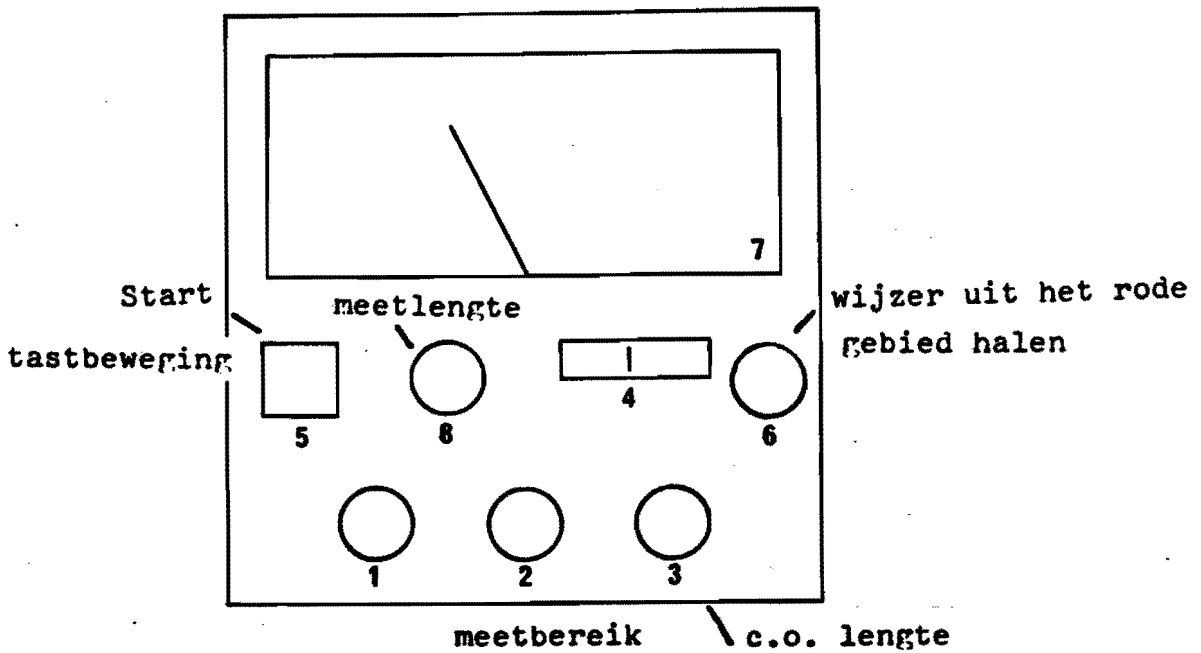
Ad B



Figuur 6.12

- a. Draaiknop, om de meetkop in zijn geheel hoger of lager te zetten.
- b. Draaiknop om de tasterarm omhoog of omlaag te bewegen.
- c. Drukknop (op de achterkant van de meetkop) om de tasterbeweging te starten. Deze heeft dezelfde functie als knop 5 van het elektrische gedeelte (zie Ad C).

Ad C



Figuur 6.13 Perth-0-Meter

## Funkties van de schakelaars en aanwijsinstr.:

### 1. Netschakelaar

Standen: 0 = apparaat uitgeschakeld

1 = " ingeschakeld

Stop = " " , aandrijving van de taster uitgeschakeld.

(Deze stand is nodig voor het afregelen van het instrument. Dit is bij de proef niet van belang)

### 2. Meetbereik.

Er kunnen meetbereiken worden ingeschakeld van:

0.1; 0.25; 0.5; 1; 2.5; 5; 10 en 25  $\mu\text{m}$ .

### 3. Omschakelaar.

Standen: \* Cut off. Hiermee kunnen verschillende c.o.-lengtes worden ingesteld, namelijk:

0.075; 0.25; 0.75 en 2.5 mm.

\* Test: dient voor de afregeling. Deze is hier niet van belang.

\* Instrumentsymbool. Deze stand is bij de proef ook niet van belang.

### 4. Oversturingindicator.

Als de wijzer in het rode vlakje blijft staan, is het instrument overstuurd.

### 5. Startknop.

Hiermee zet men de tasteraandrijving in werking.

### 6. Nulstelling.

Hiermee wordt het instrument afgeregeld.

### 7. Aanwijsinstrument.

Hierop wordt de Ra-waarde aangegeven. Aflezen op de 2.5-; 5- of 100-schaal, afhankelijk van het bij 2 ingestelde bereik.

### 8. Instelknop voor de tastweglengte.

Er kan een tastweg worden ingesteld van 1 tot 5 mm.

## Het Meten

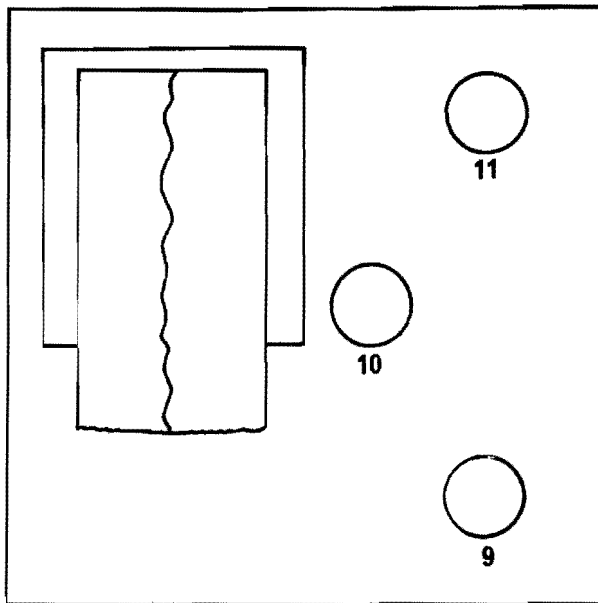
a. Knop 1, in stand 1.

b. Het te meten oppervlak onder de taster plaatsen.

c. Als wijzer 4 in het rode gebied staat, moet dit worden verholpen door aan knop 6 te draaien.

- d. Meetbereik instellen m.b.v. knop 2.
- e. M.b.v. knop 3 de c.o.-lengte instellen.
- f. Meetlengte instellen m.b.v. knop 8.
- g. Knop 5 indrukken tot de wijzer uitslaat.
- h. Ra-waarde aflezen op de juiste schaal. De "gemiddelde grootste" uitslag moet worden afgelezen.

Ad D



Figuur 6.14 Perth-0-Graph

9. Netschakelaar.

Standen: 0 = apparaat uitgeschakeld.

1 = apparaat ingeschakeld. Het papier loopt, als de taster beweegt.

11 = apparaat ingeschakeld. Het papier loopt, onafhankelijk van de tasterbeweging.

10. Intensiteit van de registratie.

Tijdens onze metingen staat deze schakelaar in de stand van de pijl (2e stand vanaf links).

## 11. Horizontale vergroting.

De volgende vergrotingen zijn mogelijk: 4x; 8x; 20x en 20x; 40x; 100x. Bij de eerste 3 beweegt de taster met snelheid 0.5 mm/s en bij de laatste 3 met een snelheid 0.1 mm/s.

N.B. De c.o.-lengte die is ingesteld, bij 3, is niet van invloed op de registratie.

### Het Registreren

- a. Knop 9 op 1.
- b. Knop 10 op pijl.
- c. Meetweg instellen met m.b.v. knop 8
- d. Vertikale vergroting (= vergroting in de richting loodrecht op het te meten vlakje) instellen m.b.v. knop 2.

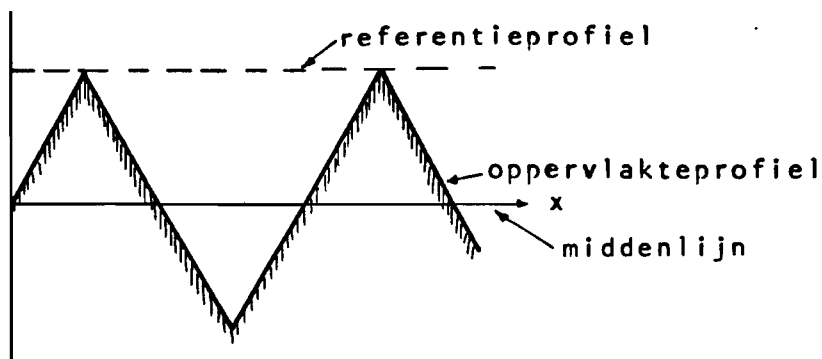
De standen daarvan komen overeen met de volgende vergrotingen.

Bereik [ $\mu\text{m}$ ]	0.1	0.25	0.5	1	2.5	5	10	25
Vergroting	100.000x	40.000x	20.000x	10.000x	4.000x	2.000x	1.000x	400x

- e. Horizontale vergroting instellen m.b.v. knop 11. (= vergroting in de richting van de meetweg).
- f. Registratie starten m.b.v. knop 5.
- g. Eventueel de registratie iets over het papier verschuiven door aan knop 6 te draaien.

### VRAGEN

1. U wil de ruwheid bepalen van een oppervlak, dat gegolfd is. De golflengte van die golfing is 3 mm. Welke van de vier, op pagina 6.4 genoemde c.o.-lengte neemt U?
2. Gegeven is het onderstaande ruwheidsprofiel, dat is opgebouwd uit gelijkzijdige driehoeken.  $R_{\text{max}} = 17.3 \mu\text{m}$ . Bereken, of beredeneer hoe groot  $R_a$ ,  $R_p$  en  $R_q$  is



Figuur 6.15

3. Wat is het belangrijke voordeel van mechanische ruwheidsmeting met elektrische versterking, vergeleken met de andere methodes?

### 6.7. Opdrachten

1. Metingen met de Perth-0-Meter.

a. Meet van de vlakjes N6 t/m N10, de Ra-waarde.

Neem: c.o.-lengte = 0.75 mm

meetweg = 3 mm

Doe elke meting 5 keer (steeds op een andere plaats), en controleer de gemiddelde waarden met die in de hierna volgende tabel.

b. Meet van het vlakje N10, de Ra-waarde bij de 4 verschillende c.o.-lengtes. Doe dit ook voor N6. Verklaar de resultaten.

2. Registreer van de vlakjes N6 t/m N10 het oppervlak. Neem steeds een meetweg van 3 mm, en een papierlengte van 20 mm.

Tabel: Rugotest 101.

	Ra [ $\mu\text{m}$ ]
N6	0.8
N7	1.6
N8	3.2
N9	6.3
N10	12.5

### 6.8. Literatuur

- Kollegediktaat "Meten en Controleren" - Hoofdstuk 10.2.
- Langereis - Inleiding in de Werkplaatstechniek.
- Normbladen: NEN 3631; 3632; 3633 (concept); DIN 4762; 4763; 4768, ISO R468.

\_\_\_\_\_  
Naam

\_\_\_\_\_  
Coll.nr.

\_\_\_\_\_  
Datum

1. a. C.o.-lengte =

meetweg =

Ra-waarden [ ]:

N6	N7	N8	N9	N10

\_\_\_\_\_  
 $\overline{Ra}$  =

b. Meetweg =

Vlakje =

Ra-waarden [ ]:

c.o.-lengte =	0.075	0.25	0.75	2.5

\_\_\_\_\_  
 $\overline{Ra}$  =



## Diktenmeting en kennismaking met moderne meetmiddelen met gegevens verwerking.

Deze opstelling bestaat uit twee onderdelen, n.l. een zelfstandig meetsysteem met gegevens verwerking (een zogenaamd stand alone systeem) en als tweede onderdeel een aantal meetinstrumenten gekoppeld aan een Personal Computer.

Deze P.C. wordt gebruikt voor de vastlegging en verslaggeving van de metingen en het berekenen van de resultaten.

Als eerste worden een aantal metingen gedaan met het stand alone systeem. De meetopstelling bestaat uit een digitale meetklok waaraan een presetter is gekoppeld voor het invoeren van de tolerantie grenzen. Voor het vastleggen van de metingen en het uitvoeren van de berekeningen en het resultaat zichtbaar maken, is een zogenaamde DP1 verwerkings eenheid aangesloten.

Een beknopte handleiding voor de bediening van deze instrumenten is gegeven op pagina 1.5 .

Voor de uitvoering van de meetopdracht is nodig dat een vlakke taster wordt gebruikt.

Het meetvlak van de taster moet dus zeer goed evenwijdig staan aan het vlak van het meetstatief, daar dit anders aanleiding geeft tot grote meetfouten.

Het nadeel van dit systeem is dat slechts een opnemer aangesloten kan worden, en dat er anders niets anders mee gedaan kan worden.

Als tweede meetopstelling is een P.C. via een interface gekoppeld aan een tweetal meetinstrumenten. Het voordeel van deze opstelling is dat meerdere meetinstrumenten aan de verwerkingseenheid (in dit geval een P.C.) gekoppeld kunnen worden. Met behulp van deze P.C. kunnen de metingen b.v. voor later gebruik worden opgeslagen, en naar eigen inzichten worden berekend. Een nadeel is wel dat men dan zelf de software hiervoor moet schrijven.

Wel een voordeel is in dit geval dat de P.C. ook voor andere doeleinden gebruikt kan worden.

Bij alle berekeningen wordt er vanuit gegaan dat de metingen normaal verdeeld zijn (Gauss-verdeling).

De test, op het normaal verdeeld zijn van een aantal meetuitkomsten kan; o.a. uitgevoerd worden door de waarnemingen uit te zetten op waarschijnlijkheids papier zie pagina A.16 .Een tweede methode is m.b.v. de zogenaamde chi-kwadraat functie.

Afhankelijk van het aantal metingen moet de uitkomst van deze functie kleiner zijn dan een bepaalde waarde.

De waarde van deze chi-kwadraat functie wordt ook door de komputer uitgerekend.

$$\text{Def: chi-kwadraat} = \chi^2 = \sum_{i=1}^A \frac{(N f(i) - F(i))^2}{N f(i)}$$

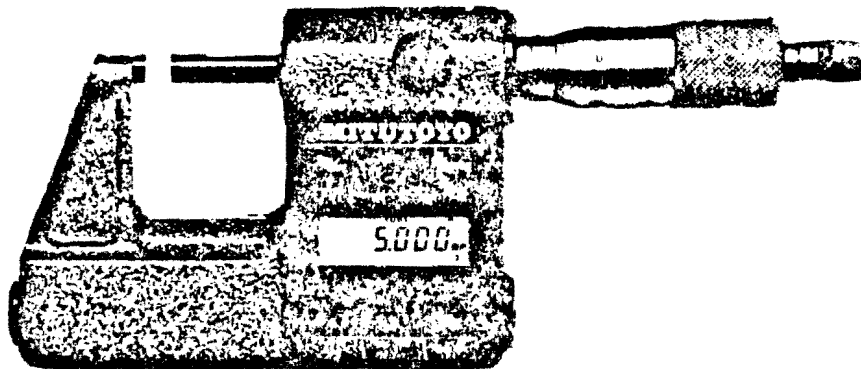
Hier is:            N : Het aantal waarnemingen.  
                  f (i) : Frequentie bij normale verdeling.  
                  F (i) : Frequentie bij beschouwde verdeling.  
                  i : Klasse nummer.  
                  A : Aantal klassen.

Er mogen per klasse niet minder dan vier meetuitkomsten zijn.  
Op deze methode gaan wij hier niet verder in.

## Opdracht

- 1 Controleer de digitale meetklok met een aantal eindmaten.
- 2 Bepaal de meetspreiding van de digitale meetklok uit negen meetuitkomsten aan hetzelfde object.
- 3 Stel de tolerantie grenzen in met de presetter, en meet daarna de lengte van alle aluminium busjes en verwerk de gegevens met behulp van de DPI.
- 4 Bepaal de meetspreiding van de meetschroef. Verwerk daartoe de metingen met de meetschroef zelf.  
Op pagina 1.4 is de functie van de diverse knoppen beschreven.
- 5 Meet nu alle messing asjes en verwerk de metingen m.b.v. de P.C.  
Bij deze metingen hoeft u geen toleranties in te voeren.  
Volg de aanwijzingen in het programma en controleer achter op de MUX-50 of de schroefmaat op poort 1 zit i.v.m. de voeding.

Meten met de digitale schroefmaat en  
direkt oproepen van statistische informatie



Direkt aflezen :

absoluut nulpunt (zonder ijkmaat) :

ON , spindel aandraaien,  B ,  A

absoluut nulpunt (met ijkmaat) :

ON , spindel aandraaien met ijkmaat ertussen,  
 B ,  A

nullen (willekeurig)

B , opheffen,  A

vasthouden meetuitkomst :

C , opheffen,  C

Grensmaten instellen :

1.  MODE , er verschijnt 2 en ● ●
2. 1e grensmaat instellen,  C
3. 2e grensmaat instellen,  C

meetuitkomsten inbrengen :

na elke meetuitkomst,  C  
max. 250 in het geheugen

Statistische informatie oproepen vanaf de schroefmaat :

<input type="checkbox"/> A	-	<input type="checkbox"/> A	-	<input type="checkbox"/> A	-	<input type="checkbox"/> A	-	<input type="checkbox"/> A		
aantal meetuitkom- sten		gr.meet- uitkomst		kl.meet- uitkomst		gemiddelde meetuitkomst		standaard- afwijking		uitgangs- positie

Printen van meetuitkomsten gemeten met de digitale schroefmaat.

Schroefmaat verbinden met de printer en de printer aansluiten op de netvoeding.

Printer inschakelen :

**ON**

en op,

**MODE 2**

Na elke meetuitkomst :

**PRINT / DATA**

Printen van meetuitkomsten en verwerking tot statistische informatie na het instellen van de grensmaten op de schroefmaat.

Meetuitkomsten inbrengen :

na elke meetuitkomst, **C**

Statische informatie :

na de laatste meetuitkomst, **A, A, A, A, A, A**

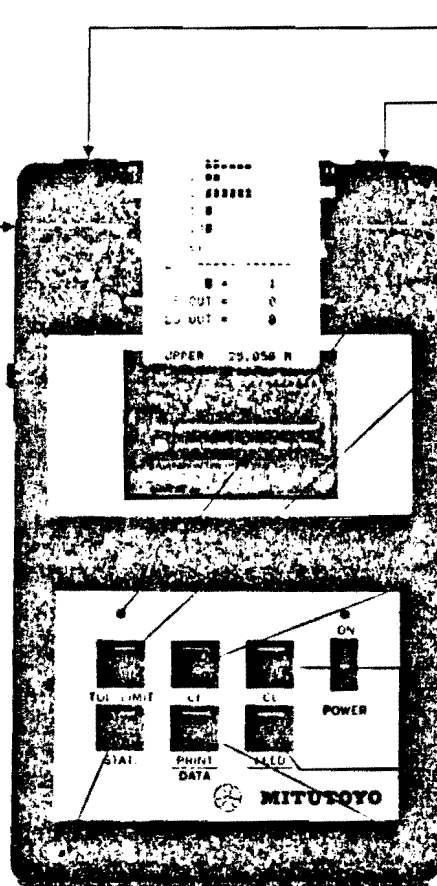
## „DIGIMATIC” Mini-Processor Model DP-1

Nr. 264-500 is een functionele gegevensverwerker die bestemd is voor de volgende elektronische digitale meetinstrumenten welke zijn voorzien van een uitgang voor de uitvoer van gegevens.

- „DIGIMATIC” schuifmaat (CD-M)
- „DIGIMATIC” hoogtemeter (HDC-M)
- „DIGIMATIC” indicateur (ID-M)
- Lineair meetapparaat (LG)
- „DIGIMATIC” micrometer (MD-M)

Aangesloten op één van de genoemde instrumenten levert de „DIGIMATIC” mini-processor de volgende mogelijkheden:

- 1 Invoer en afdrucken van de meetgegevens
- 2 Statistische verwerking van meetgegevens en afdrucken van de resultaten
  - N: aantal uitgevoerde metingen
  - MAX: maximum waarde
  - MIN: minimum waarde
  - $\bar{X}$ : gemiddelde waarde
  - $\sigma$ : standaardafwijking
- 3 Inbreng van de toleranties en afdrucken van tolerantie-overschrijdingen
  - ▲: + NG merk
  - ▼: - NG merk
- 4 Het maken van histogrammen



Aansluiting voor afstandsbediening (afdruk commando)

Aansluiting voor netadapter

**LED**

Licht rood op als de tolerantie-meting wordt ingebracht. Licht groen op als metingen worden uitgevoerd aan werkstukken.

**TOL LIMIT** Bij instelling van de meetwijze waarbij de tolerantiegrenzen worden bepaald (LED licht rood op), kan de onder- en bovengrens van de tolerantie worden ingesteld met eindmaten. Om de grenswaarden in te voeren wordt op de PRINT/DATA knop gedrukt.

**CE**

Hiermee worden de laatst ingevoerde gegevens gewist.

**CL**

Met deze knop worden alle statistische gegevens uit het geheugen gewist.

**FEED**

Papiertransport

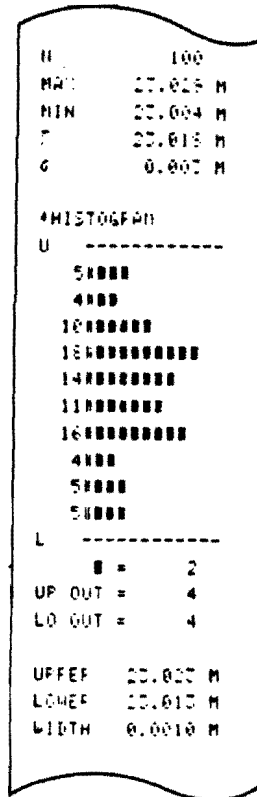
**PRINT/DATA**

Wordt gebruikt om meetgegevens in te voeren bij toepassing van de tolerantiegrens- (LED is rood) of de normale meetmethode (LED is groen).

**STAT**

Voor statistische verwerking van meetgegevens. Deze worden automatisch na elkaar afgedrukt.

Printen van meetuitkomsten en verwerking tot HISTOGRAM.



Printer :

**MODE I**

Grensmaten vastleggen :

**CL** , **TOL.LIMIT** controleer op rood licht

- 1e grensmaat instellen, vastleggen op de schroef-  
maat en overnemen, **PRINT / DATA**

- 2e grensmaat instellen, vastleggen op de schroef-  
maat en overnemen, **PRINT / DATA**

Informatie printen :

**TOL.LIMIT** licht geeft groen

Meetuitkomsten vastleggen :

na elke meetuitkomst, **PRINT / DATA**

HISTOGRAM :

na de laatste meetuitkomst : **STAT**

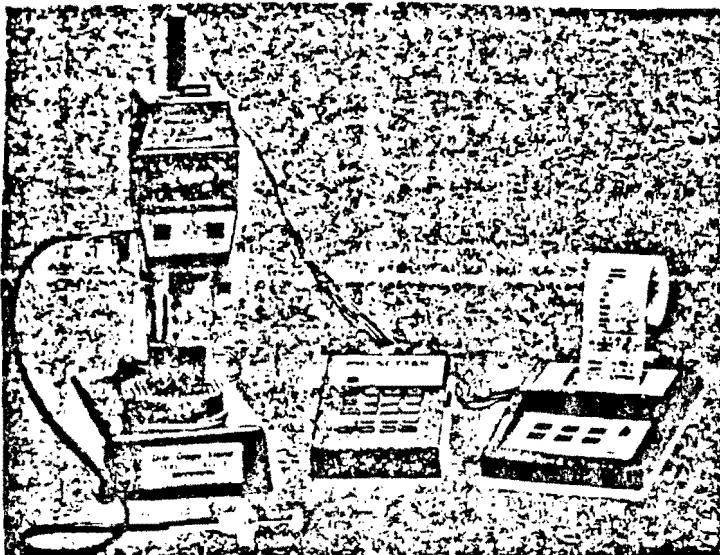
(clear entry)

\* Na een foutieve input **CE** wist alleen het laatst ingebrachte.

**CL** wist het hele geheugen.  
(clear all)

## Meten met de digitale meetklok

- \* meetklok moet verticaal staan.



Direkt aflezen :

aansluiten op netvoeding daarna **ON** er verschijnt  $\uparrow$  en 00,000. Bij het ingaan telt de meetklok op  
Door te drukken op  **$\uparrow$**  verschijnt  $\downarrow$  en telt bij het ingaan af.

Nullen :

al of niet met ijkmaat , **ZERO**

Grootste waarde vasthouden :

**MODE** er verschijnt max.

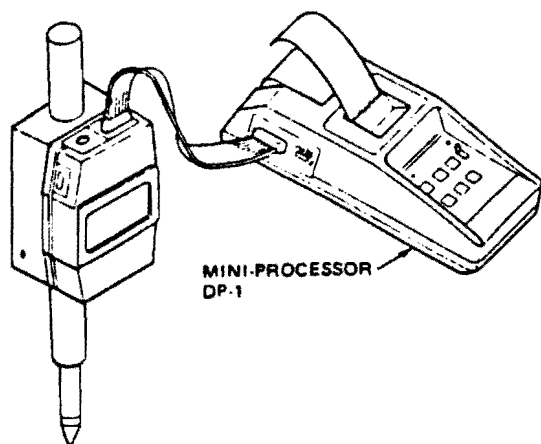
Kleinste waarde vasthouden :

**MODE** er verschijnt min.

Door te drukken tijdens MAX of MIN op **ZERO** wordt de stand t.o.v. 00,000 weergegeven.

De max. c.q. min. waarde wordt dan gewist.

## Printen van meetuitkomsten en statistische informatie



1	21.225 M
2	21.225 M
3	21.545 M
4	22.441 M
5	22.441 M
6	22.625 M
7	22.124 M
8	22.124 M
9	22.125 M
10	22.125 M
N	10
MAX	22.625 M
MIN	21.225 M
$\bar{x}$	21.959 M
$\sigma$	0.474 M

Printen :

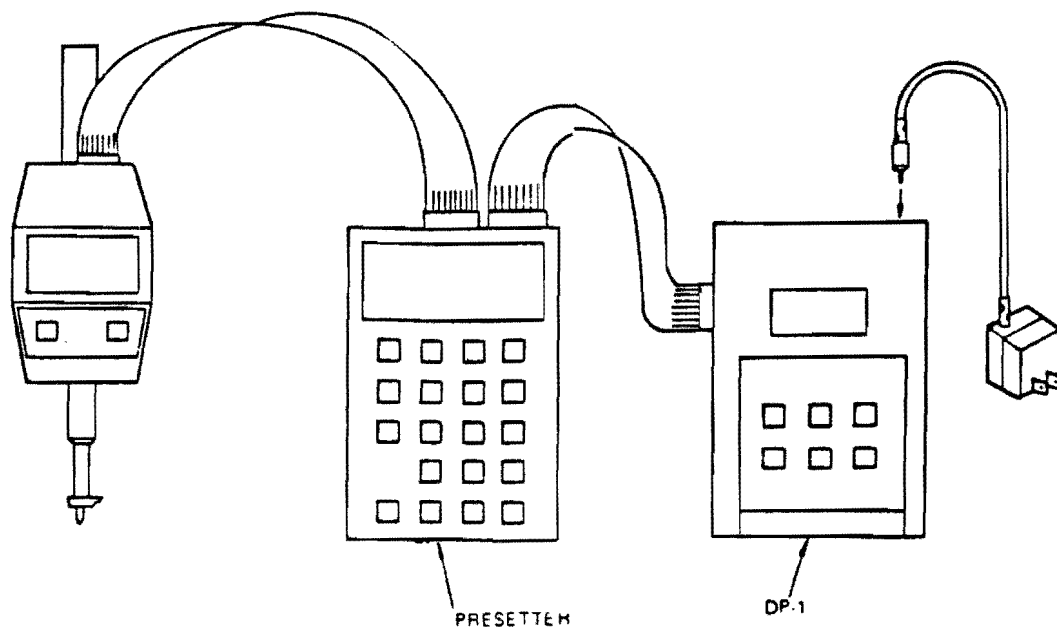
meetklok verbinden met printer en printer aansluiten  
op netvoeding, beide **ON**  
Daarna printer op **MODE 1** en **CL**  
Na elke meetuitkomst **PRINT / DATA**

Statistische informatie :

na de laatste meetuitkomst **STAT**

\* printer op **MODE 2** dan worden alleen de meetuitkomsten geprint.





Sluit pre-setter aan op de netvoeding en de meetklok op de pre-setter **IN** gang.

Controleren bijvoorbeeld :  $+0,03$   
 $10,4 -0,08$

Nominale maat invoeren : **PSET** invoeren 10.4, **LOAD**  
 Nominale maat nullen : **ijk**maat 10,4 plaatsen, **ZERO**  
 Max. afwijking invoeren : **USET** invoeren 10.43, **LOAD**  
 Min. afwijking invoeren : **LSET** invoeren 10.32 **LOAD**

$+0,03$   
 De maat  $10,4 -0,08$  kan nu worden gecontroleerd. Door te drukken op, **PASS**, functioneert de meetklok weer zonder ingestelde tolerantiegrenzen.

Waarden oproepen : door : **PSET** nominale maat, **LOAD**  
**USET** max. afwijking, **LOAD**  
**LSET** min.afwijking, **LOAD**

## Printen grensmaten meetuitkomsten en HISTOGRAM

+0,03

\* voorbeeld 10,4 -0,08, meetklok genuld op 10,4 ijkmaat.

Sluit printer aan op netvoeding, de presetter INgang op de meetklok en de presetter OUT gang aan de printer.

Printer en meetklok **ON**

Printer : **MODE1** , **CL** , en **TOL.LIMIT** , controleer op rood licht.

Presetter : **PSET** , nominale maat 10.4 invoeren, **LOAD**

**USET** , max. grensmaat <sup>10,43</sup> invoeren, **LOAD**

**LSET** , min. grensmaat <sup>10,32</sup> invoeren, **LOAD**

Printer : **TOL.LIMIT** , print grensmaten en licht geeft groen.

Na elke meetuitkomst : **DATA** , op de presetter of **PRINT/DATA** op de printer.

Na de laatste meetuitkomst : **STAT**

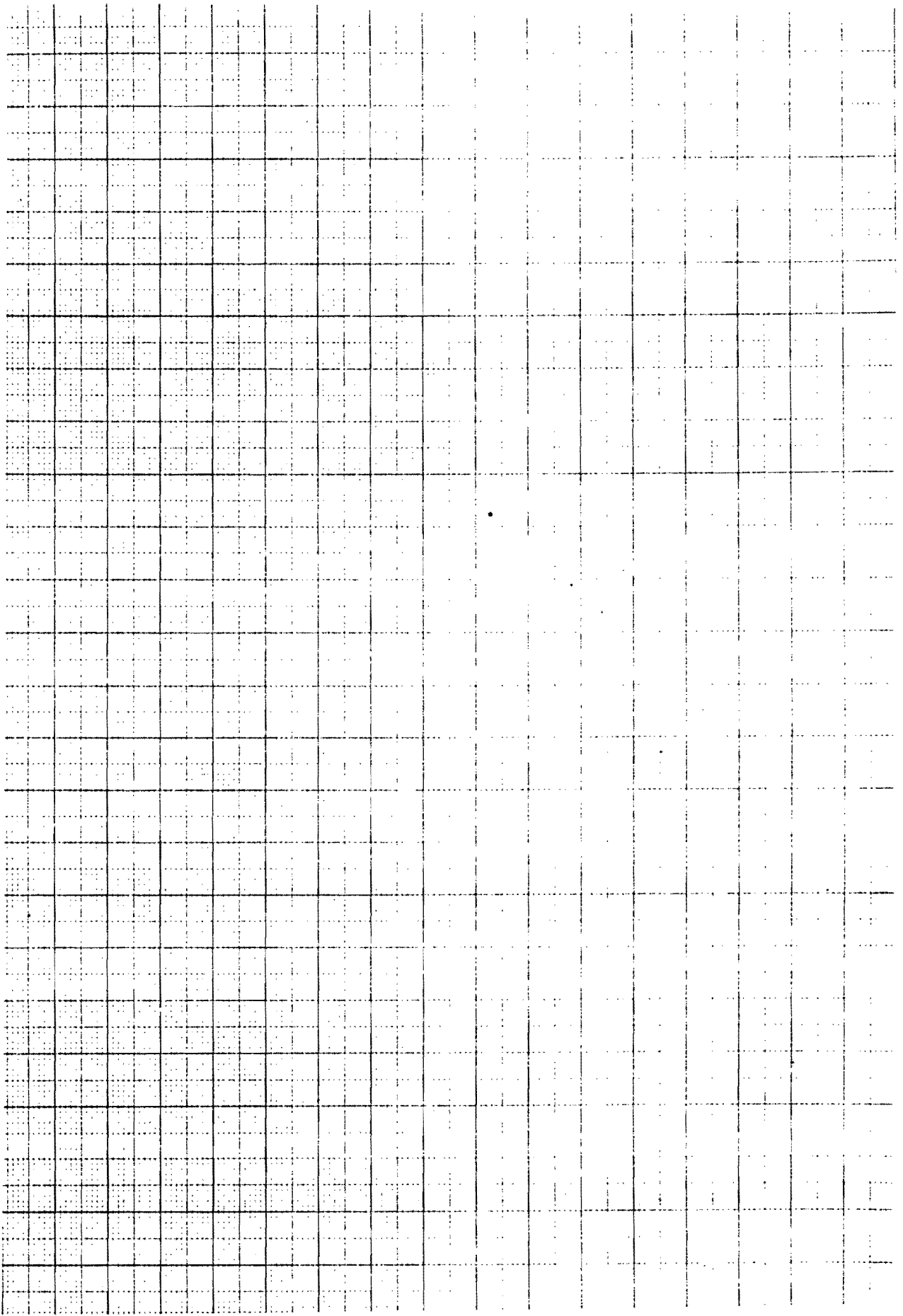
Afdrukvoorbeeld van de DP-1 (Nr 264-500)

*TOL LIMIT DATA	Tolerantiefunctie
UPPER 15.010 M	} Bovenste en onderste grenswaarde
LOWER 14.990 M	
INT. 10	} Aantal der klassen en de klassebreedte van het afgedrukte histogram
WIDTH 0.0000 M	
1 14.991 M	Meefunctie (max ingave = 1000 meetwaarden)
2 14.992 M	} Voortgaande nummering van de meetwaarden
3 14.993 M	
4 14.994 M	} Aanduiding bij tolerantieover schrijding (▲ = boven de maat ▼ = onder de maat)
5 14.995 M	
6 15.000 M	
7 15.111 M	

### Statistische berekening

N	50	— Aantal der opgeslagen meetwaarden
MA	15.010 M	— Hoogste meetwaarde
MIN	14.990 M	— Laagste meetwaarde
T	14.995 M	— Gemiddelde waarde
S	0.007 M	— Standaardafwijking (σ)

*HISTOGRAM	Afgedrukte histogram
0	-----
100	
2000	
400000	
5000000	
60000000	
400000	
30000	
2000	
100	
00	
L	-----
■ = 1	} Het histogram wordt in tien gelijke delen verdeeld, waarvoor de tolerantiebreedte door 10 wordt gedeeld en afgedrukt
UP OUT = 1	
LG OUT = 1	} Het aantal werkstukken per rechthoek wordt automatisch verwerkt en weergegeven
	} Afkeur, verdeeld in + en - overschrijding, wordt aangegeven



## Hoogtemeter

In dit praktikum onderdeel maken we kennis met de sterk in opkomst zijn de hoogtemeter. De uitvoeringen variëren van onnauwkeurige en eenvoudige tot nauwkeurige en ingewikkelde meetapparaten met automatische gegevens verwerking, soms zelfs met een aangekoppelde computer. In wezen is de hoogte meter samen met de vlakplaat waarop hij gebruikt wordt te vergelijken met een schuifmaat. De vaste bek wordt door de vlakplaat gerealiseerd en de bewegende schuif door de bewegende slede met de taster. Iedere in de handel verkrijgbare hoogtemeter heeft zijn eigen specifieke gebruiksaanwijzing, de handleiding van de hoogtemeter die in het praktikum wordt gebruikt is hierna in verkorte vorm opgenomen.

Enkele aparte invloeden die de nauwkeurigheid van de metingen kunnen beïnvloeden, worden hierna kort behandeld.

1. De vlakplaat waarover de hoogtemeter beweegt moet zeer vlak zijn, zodat bij het verschuiven van de hoogtemeter de 1<sup>e</sup> orde kantelfout klein blijft. Voorbeeld: Als de rotatie van de voet 2" is en de uitlading van de taster tot het midden van de voet  $l = 150$  mm, dan geeft dit een hoogte variatie op  $h$  van  $\Delta h = 150 \times 10^{-5}$  mm = 1,5  $\mu$ m.

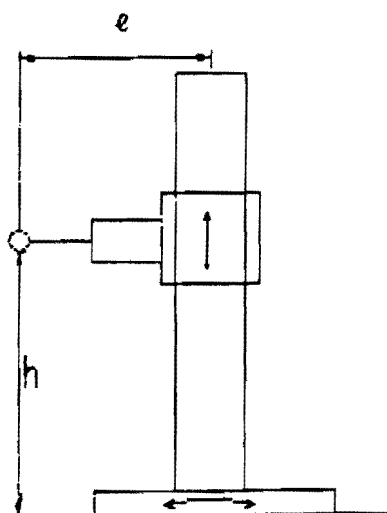


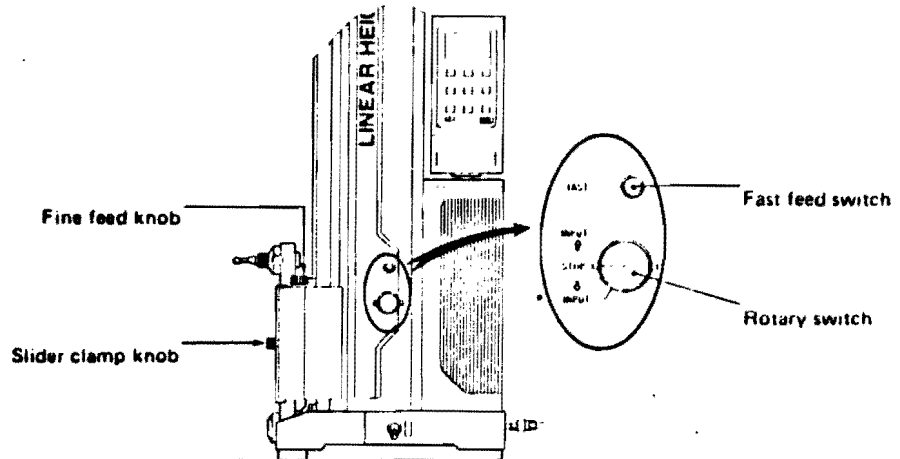
Fig.1

2. De hoogtemeter is verplaatsbaar over de vlaktafel door een aantal luchtlaggers van luchtdruk te voorzien. Hierdoor wordt de hoogtemeter in hoogte opgetild en kan zo makkelijk over de vlaktafel worden verschoven. Voor de allernauwkeurigste metingen dient de hoogtemeter vast op de vlaktafel te staan, zodat de luchtlaggers dan uitgeschakeld moeten zijn.
3. De rechttheid van de geleiding is zeer belangrijk. Als tijdens het bewegen van de wagen over de geleiding rotatie afwijkingen ontstaan leiden deze ook weer tot 1<sup>e</sup> orde kantelfouten, zoals in figuur 1 aangegeven.
4. Met de hoogtemeter is het vaak mogelijk om haaksheden te meten. De haaksheid van de hoogtemeter ligt in de orde grootte van 5 tot 20  $\mu\text{m}$  over 500 tot 800 mm lengte. (Frontaal en zijdelings soms verschillend). Voor de normale metingen is deze haaksheid afwijking niet erg belangrijk, omdat deze leidt tot een 2<sup>e</sup> orde afwijking, welke over het algemeen verwaarloosbaar is. Bij de haaksheidmeting zelf moet u hiermee rekening houden.
5. De meetkracht wordt meestal door het apparaat zelf bepaald. Zorg echter dat niet met te hoge snelheden aangetast wordt, omdat dan door de grote massa die vertraagd moet worden toch grote dynamische meetkrachten kunnen ontstaan. Hierdoor is het werkvlak vaak al beschadigd ter plaatse waar later de meting wordt uitgevoerd.

## Opdrachten:

1. Controle van de haaksheid.  
Tijdens de haaksheidmeting wordt gebruik gemaakt van de bijbehorende inductieve opnemer. Controleer de haaksheid met de haaksheidzuil, samen met de analyse methode (zie proef meetmicroscopie pagina 9.8).
2. Plaats een kogeltaster en kalibreer deze.
3. Controleer de lineairiteit met een aantal eindmaten. Bereken ook de invloed van de eindmaat (Gebruik eindmaten kwaliteit 1 toleranties pagina A.3 en A.4).
4. Voer metingen uit aan werkstuk 1 en 2 en vul de maten in.
5. Controleer freeswerkstuk FR-001
6. Verricht een aantal metingen aan de autozuiger.
  - a. Meet de ligging van het gat voor de zuigerpen t.o.v. het koplak van de zuiger. Bepaal ook de evenwijdigheid van het gat met het koplak. Onnauwkeurigheid  $0.02$  mm.
  - b. Meet ook de diameter en de hoogte van de zuiger.  
Onnauwkeurigheid van de diameter  $0.01$  mm. Hoogte  $0.5$  mm.
7. Kalibreer de Cadillac.

## 2.1 Functions and Operation of Main Unit Components



### 2.1.1 Slider drive function (1) Rotary switch

Illustration	Function
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Activates motor to drive the slider up or down and halt it.</li> <li>● Inputs measurement values to the counter and holds displayed values simultaneously.</li> </ul>
-----	
<p>The diagram shows a circular rotary switch with a pointer pointing to the 'STOP' position. To the left of the switch, there are three labels: 'INPUT' with an upward arrow, 'STOP', and 'INPUT' with a downward arrow.</p>	<p>Motor drive function is off</p>
<p>The diagram shows a circular rotary switch with a pointer pointing to the 'up' position. To the left of the switch, there are three labels: 'INPUT' with an upward arrow, 'STOP', and 'INPUT' with a downward arrow.</p>	<p>Slider moves up</p>
<p>The diagram shows a circular rotary switch with a pointer pointing to the 'down' position. To the left of the switch, there are three labels: 'INPUT' with an upward arrow, 'STOP', and 'INPUT' with a downward arrow.</p>	<p>Slider moves down</p>
<p>The diagram shows a control panel with several buttons. From left to right: a button with a small light indicator, a button labeled 'HOLD', a button labeled 'ABS', a button labeled 'INC', and two buttons labeled 'mm' and 'mm'.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Measuring speed will be 10mm/sec with the slider moving up or down.</li> </ul> <p>When the probe comes into contact with the workpiece at this speed, a constant measuring force is applied to the workpiece (refer to 2.1.2 P14).</p> <p>The rotary switch in the ↑ position sets the mode for ball diameter compensation, with the mode LED lighting on the counter. Refer to item 2.1.3, P15 for details.</p>

Illustration	Function
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● With the probe in contact with the workpiece, set the Rotary switch to INPUT ( ↑ for under work surface measurement, ↓ for upper surface measurement). The buzzer sounds, display is held and measurement values are input.</li> <li>● When the switch is set to any other position, HOLD mode will be released and the machine will enter the normal counting state.</li> </ul>

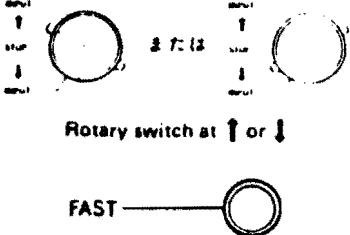
Be sure to loosen the slider clamp screw when slider travel is required. The slider can be moved manually with the Rotary switch set in any position, but must be motor-driven when applying the probe to a workpiece.

## (2) Slider clamp and fine feed knobs

Illustration	Function
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fine feeding of slider Clamp the slider by tightening the slider clamp knob.</li> <li>Turning the fine feed knob one rotation clockwise or counterclockwise will make the slider move up or down respectively in 0.5mm increments. Fine feeding of the slider after clamping is possible over a distance of 12mm.</li> </ul>



### (3) Fast feed switch

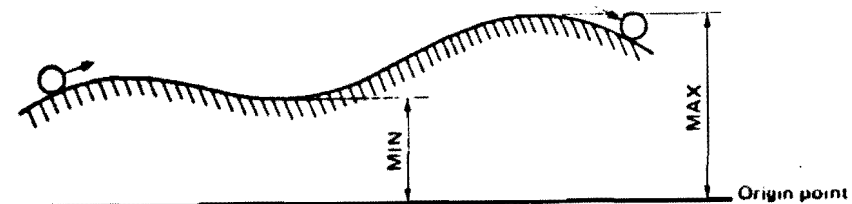
Illustration	Function
 <p>Rotary switch at ↑ or ↓</p> <p>FAST</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rotary switch at ↑ or ↓ will speed up slider travel through motor drive.</li> </ul> <p>With the Rotary switch at ↑ or ↓ and the fast feed switch depressed, slider travel will speed up to approx. 40mm/sec.</p>

Be careful when operating the slider not to hit it against either its upper or lower stopper

#### 2.1.2 Constant measuring force

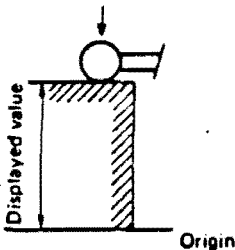
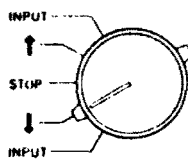

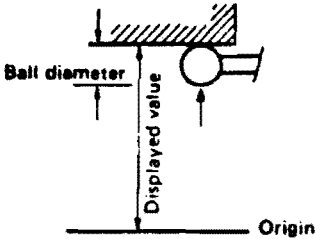
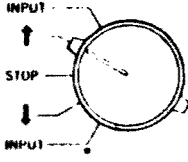

When the Rotary switch is set at ↑ or ↓, the slider travels at about 10mm/sec measuring speed. The probe coming into contact with the work-piece at this speed exerts a uniform measuring force automatically to carry out measurement.

When, as in the diagram, the probe is brought into contact with and applies measuring force to the curved work surface (with the Rotary switch at ↓), and the workpiece or Linear Height are made to slide horizontally, the probe will trace the surface at constant measuring force. In this way, the MIN (lowest) and MAX (highest) points of curvature and parallelism can be measured.



### 2.1.3 Probe ball diameter compensation

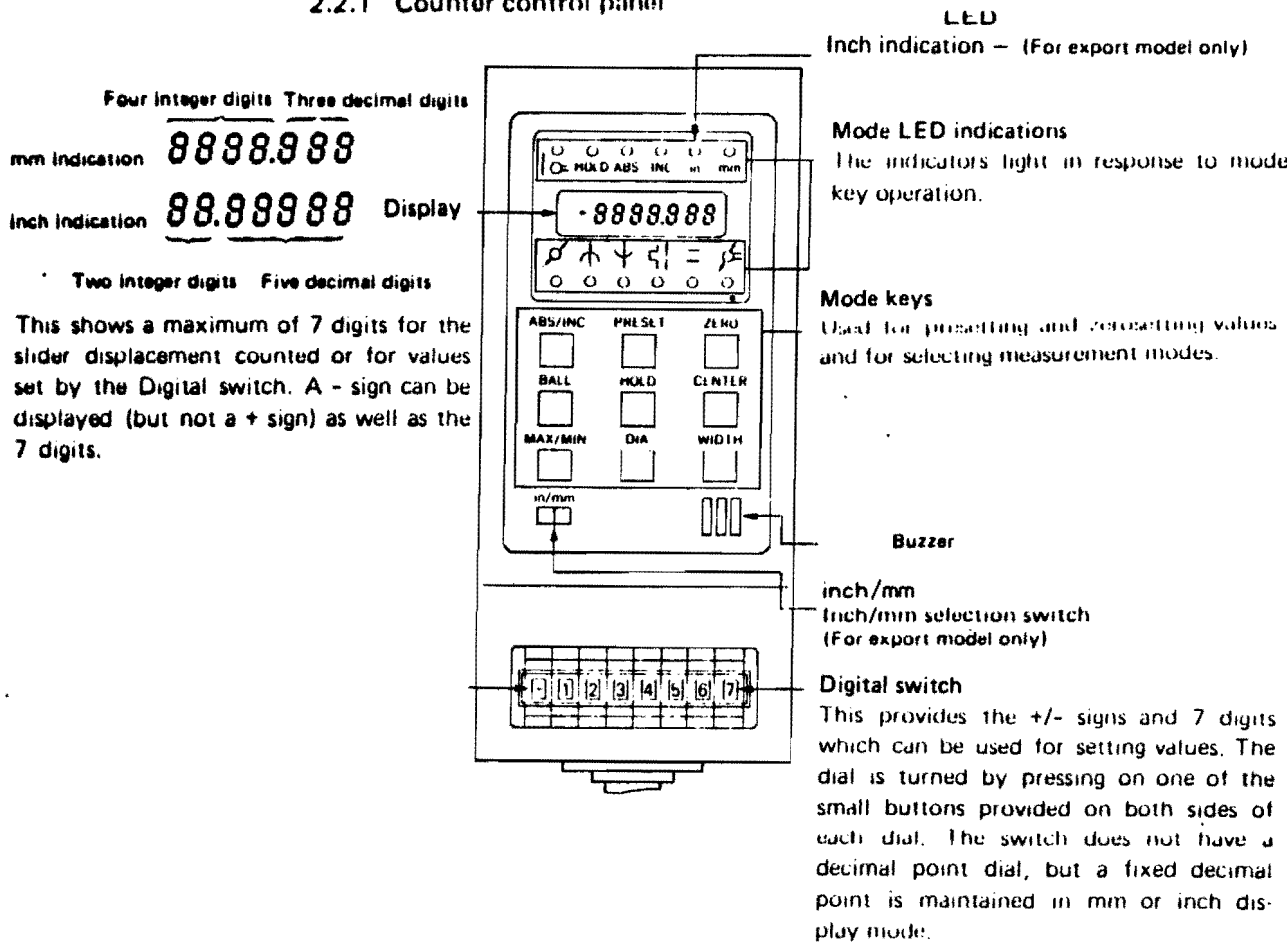
A normal measurement with a Linear Height would consist, as in Table a, of the display and input of the measured distance from the underside of a probe ball in contact with an upper surface of a workpiece to the origin. In Table b, on the other hand, where height measurement is carried out with the probe set at an under surface of the workpiece, the value displayed and input must be a sum of normal measurement value and probe ball diameter. Thus, ball diameter compensation can be defined as the automatic addition of ball diameter limited to cases where measuring force is applied in an down-to-up direction on the workpiece. To make use of this function, probe ball diameter must be input in advance. Refer to item (1), section 2.3.1 "Ball diameter input" on P.17.

	Measuring conditions	Rotary switch set	Display/operation
a			<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ball diameter compensation mode indication is unlit.</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>● Measurement value from underside of probe ball taken without change.</li> </ul>
b			<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ball diameter compensation mode indication is lit.</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>● Ball diameter compensation is counted.</li> </ul>

- (1) As ball diameter compensation is always performed through setting of the Rotary switch, compensation will not be effected with the Rotary switch at STOP, even when measuring force is manually applied in an upward direction.
- (2) When the Rotary switch is at  $\uparrow$  to drive the slider in that direction, the counter will enter the ball diameter compensation mode automatically. In this case the height of a probe is counted and displayed with ball diameter compensated, even when the probe is not in contact with the workpiece.

## 2.2 Counter Functions and Mode Operation

### 2.2.1 Counter control panel



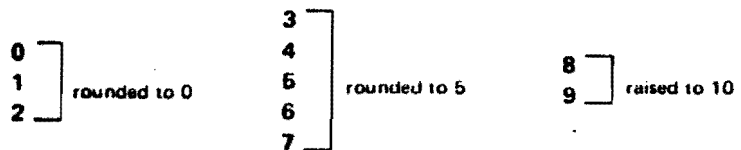
+ 123.45 (mm)

+23.45675 (inch)

+ 0 1 2 3 4 5 0

+ 2 3 4 5 6 7 5

In the case of inch display, the last digit (i.e. in 5th decimal place) set by the Digital switch can be rounded in the following manner.



For example, +2345678 as set by the Digital switch will become 23.45680.

+ 2 3 4 5 6 7 8

23.45680

## 2.3 Input/Operation by Each Mode

### 2.3.1 Preparations before operation

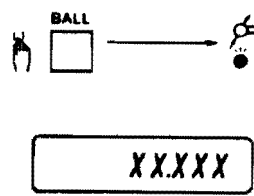
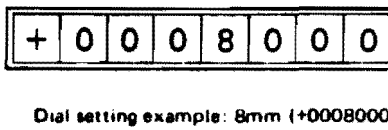
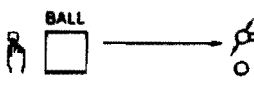
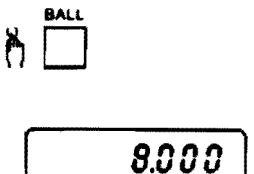
Be sure to input ball diameter and set origin before starting measurement operations.

#### (1) Ball diameter input

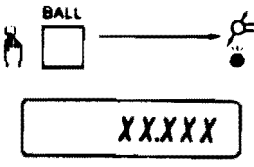
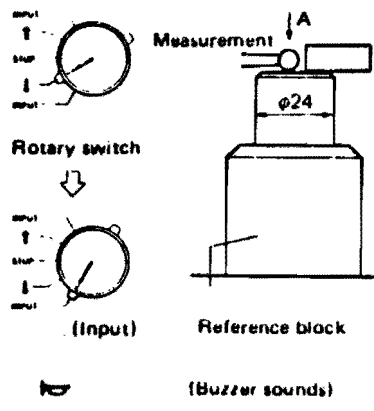
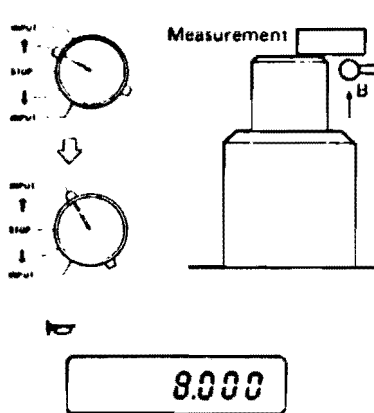
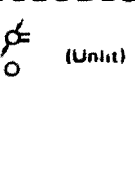
This mode inputs probe ball diameter in advance for ball diameter compensation (refer to p. 15). There are 2 methods which can be used with this mode.

- ① Input of values with the Digital switch
- ② Measurement input through use of a reference block (special accessory).

#### ① Input with Digital switch

	Illustration	Operation
1		<ul style="list-style-type: none"><li>● Depress to enter the BALL mode. The BALL mode LED lights.</li></ul> <p>If ball diameter is already input, that value will be displayed.</p>
2		<ul style="list-style-type: none"><li>● Set the probe ball diameter on the Digital switch.</li></ul>
3		<ul style="list-style-type: none"><li>● Depress to set the diameter. The DIA mode LED goes off when input is complete.</li></ul>
4		<ul style="list-style-type: none"><li>● Depress again to call the input on the display. Ball diameter is displayed (as 8.000, for example).</li></ul>

## (2) Input with reference block measurement

	Illustration	Operation
1		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Depress to enter the Ball mode. The Ball mode LED lights.</li> </ul> <p>If there is a ball diameter value already input, that value is displayed.</p>
2		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Measure point A.</li> </ul> <p>Set the Rotary switch to ↓ and measure point A.</p> <p>Reset the Rotary switch to INPUT to input the measured value.</p> <p>The measured value is held</p>
3		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Measure point B.</li> </ul> <p>Set the Rotary switch to ↑ and measure point B.</p> <p>Reset the Rotary switch to INPUT to input the measured value.</p> <p>Ball diameter is displayed.</p>
4		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Input the ball diameter value.</li> </ul> <p>Setting the Rotary switch to a position other than INPUT will input the ball diameter value turning off the mode LED lamp, and ordinary measurement mode is resumed.</p>

- Ball diameter will remain stored in memory even when power is turned OFF after diameter input.
- As measurement with the reference block means that valid ball diameter input can include any error due to probe wobble etc., input of ball diameter should be made with the reference block, rather than with input by the Digital switch, to obtain strict accuracy when measuring.

## (2) Setting the origin

The origin can be established by zero setting or presetting in either the ABS or INC mode. Select a desired measurement mode and set the origin.

### ① ABS/INC – Two origin points and the way to set them

Either the ABS or INC measurement modes can be selected and measurement based on the origin set for either can be carried out.

After power is switched on, the machine in its initial state will be in the ABS mode.

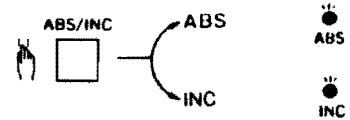
### ② Zero setting

The origin is established by zero setting the measurement point chosen.

#### Operation

- Select the measurement mode. The ABS and INC modes are set alternately each time their mode key is depressed.

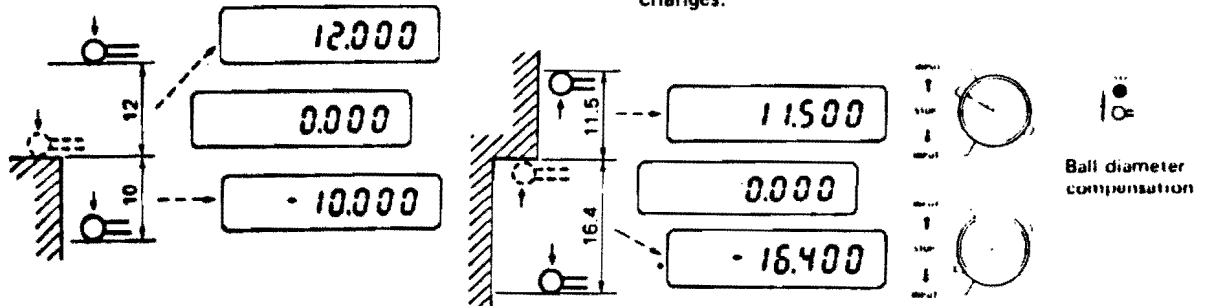
#### Illustration



Indication LED will light for either mode.

Illustration	Operation
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Sets as origin an optional point to which probe is applied. Move Rotary switch to ↓ position to set probe on upper surface of workpiece. Depress zero switch. Then the display is reset to zero and the origin is set there.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Sets as origin an optional point where ball diameter compensation is necessary. Move Rotary switch to ↑ position to set probe on under surface of workpiece in the ball diameter compensation mode. Depress zero switch to set origin.</li> </ul>

●Probe movement after zero setting and the display changes.



●Where it is desired to set the origin at either MAX (highest point), MIN (lowest point) or CENTER (center point; refer to the section on the modes for each), this can be done by depressing the ZERO switch when one of these values is displayed.

●When the standard ball probe with 46mm vertical bracket is to be used to set the origin at the graphplate surface, simply place the ball on the surface and press ZERO set key.

### ③ Presetting

This mode sets the origin at an optional distance from a measured point by entering the distance on the Digital switch.

To set the origin, use an accurate master of known dimensions such as a gauge block.

### [EXAMPLE 1] Setting the origin on a surface plate using 50mm reference block

The origin can be set by using the standard ball probe with 46mm vertical bracket by placing the ball on the surface plate and pressing the zero-set key. Presetting method is used to set the origin when the ball is unable to reach the surface plate due to probe and its position.

Illustration	Operation
<p>Surface plate (origin)</p> <p>PRESET</p> <p>X.XXX</p> <p>↓</p> <p>50.000</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●Set 50mm on the Digital switch.</li> <li>●Set the Rotary switch at ↓ and place the probe on the upper side of the reference block. Press the PRESET key and the origin is set on the surface plate.</li> </ul> <p>Surface plate (origin)</p> <p>50.000</p> <p>↓</p> <p>123.450</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●Workpieces can be measured with the origin point set at the surface plate.</li> </ul>

[EXAMPLE 2] Set the origin so that the measured point is located at 12.25mm above the surface plate.

Illustration	Operation
<p>Origin set</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Set +0012250 on the Digital Switch. (The currently measured point is +12.25mm from the origin to be set.)</li> <li>● Move the Rotary switch to ↓ to set the probe on the workpiece. Depress PRESET key to preset the distance, and origin is set as indicated.</li> <li>● Probe movement after origins have been set, and the display changes.</li> </ul>

[EXAMPLE 3] Set the origin so that the measured point is located at -8.76mm.

Illustration	Operation
<p>Origin set</p> <p>Ball diameter compensation mode LED is lit.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Set -0008760 on the Digital switch. (The currently measured point is -8.76mm from the origin.)</li> <li>● MAX (highest point), MIN (lowest point) and CENTER (center point) can also be preset. To preset these values, set the measured value of each mode on the Digital switch and press PRESET key. By this operation, these values are preset as the distance from the origin.</li> <li>● Move the Rotary switch to ↑ to set the probe on the workpiece. Depress PRESET key to preset the origin above the measured point.</li> <li>● Probe movement after presetting and the display changes.</li> </ul>



### 2.3.2 Measurement operation

#### (1) Hold mode

This mode holds the counter display. However, if the slider moves even while the display is held,

the changed position of the probe (in terms of height from origin) will be displayed when hold is released, since the counter will have registered that movement.

Illustration	Operation
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Hold mode and release are set alternately each time the HOLD mode key is depressed. When the HOLD mode is set, the display at that moment is held or "frozen". Mode goes off when released and probe position display is resumed.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● A value in the HOLD mode can be set as the origin by depressing either the ZERO key</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Depress the HOLD key again to return to ordinary measurement mode after zero setting.</li> </ul>

#### (2) CENTER measurement

This mode can be used to find the centers between points by depressing the CENTER mode key after continuous measurement and input of 2 different workpiece locations.

(Ex.)

Given below is an example of determining the center where A-B and B-C centers of a workpiece is measured.

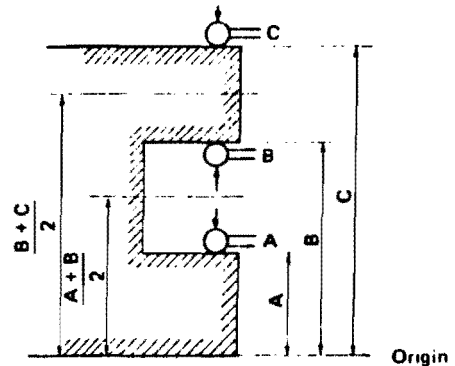
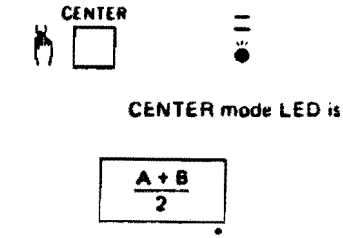
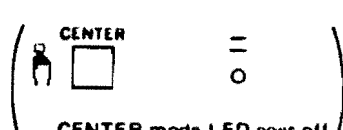
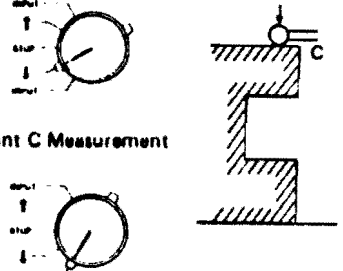
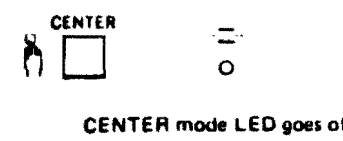


Illustration	Operation
<p>Point A measurement</p> <p>Buzzer sounds for point A measurement input.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Measure and input the two locations, A and B. Measure point A and input the value.</li> </ul>
<p>Point B measurement</p> <p>Buzzer sounds for point B measurement input.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Measure point B and input the value.</li> </ul>

	Illustration	Operation
2	 <p>CENTER mode LED is lit</p> <p><math>\frac{A+B}{2}</math></p>  <p>CENTER mode LED goes off</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Measure the center point value between points A and B. Return the Rotary switch to a position other than INPUT and depress the CENTER mode key. The center value of A and B is displayed (and held).</li> </ul> <p>(to return to ordinary measurement mode immediately after this, depress the CENTER key again):</p>
3	 <p>Point C Measurement</p> <p>Buzzer sounds for point C measurement input.</p> <p><math>\frac{B+C}{2}</math></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Measure the center point value between points B and C. With the center value of A and B held, set the Rotary switch at ↓ to measure point C, then set the Rotary switch to INPUT adjacent to ↓.</li> </ul> <p>Center value of B and C is displayed (and held).</p>
4	 <p>CENTER mode LED goes off</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● To return to ordinary measurement mode. Set the Rotary switch to any position other than INPUT and press the CENTER key.</li> </ul>

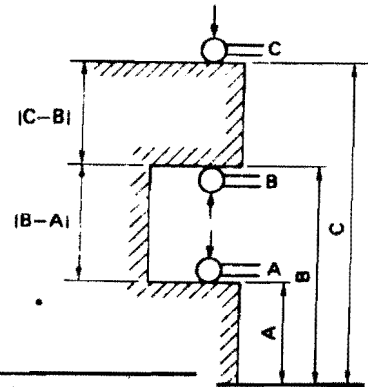
● Calculation can only be done for 2 points input at a time prior to depressing the CENTER mode key. Thus, in the example above, if D is measured after the center value for B and C is held, the center value for C and D will be displayed.

● To set a center value as the origin, depress the ZERO key when that center value is held. The value is then zeroed and the origin is set at a point indicated by the value.

### (3) Measuring internal and external width

This mode can be used to find the distance (or width) between 2 measured points of a workpiece by depressing the WIDTH mode key after continuous measurement and input of those locations.

Given below is an example of width measuring where A-B and B-C widths of a workpiece measured.










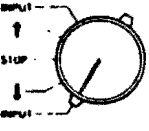
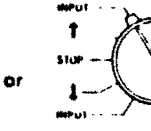






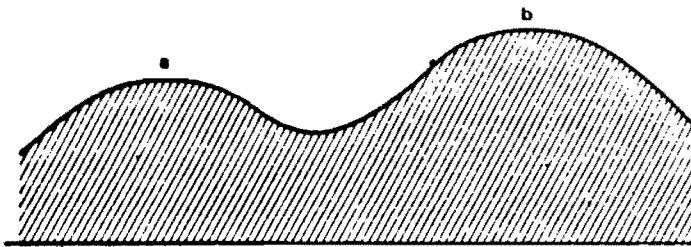
Origin

	Illustration	Operation
1		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Measure and input the two locations, A and B. Measure point A and input the value. Then measure point B and input the value.</li> <li>● As with the CENTER mode, calculation can only be done for 2 points input at a time prior to depressing the WIDTH mode key.</li> </ul>
2		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Determine the distance (width) between A and B (width). Set the Rotary switch at a position other than INPUT and depress the WIDTH key. B - A width is displayed (held).</li> <li>(to return to ordinary mode, press WIDTH key again).</li> </ul>
3		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Determine the distance (width) between B and C (width). Measure and input point C while the B - A width value is still being held.</li> <li>● Measurement values obtained with the MAX/MIN (highest and lowest point) and DIA (diameter) modes can be input as pertaining to CENTER or WIDTH values also. For example, highest and lowest point measurement can provide width or center values. Thus the center line height of a circular workpiece and the distance between 2 such workpiece centers are also obtainable.</li> </ul>
4		<ul style="list-style-type: none"> <li>● To return to ordinary mode. Set the Rotary switch at a position other than INPUT and depress the WIDTH key.</li> </ul>

**(4) MAX (highest point)/MIN (lowest point) measurement**

These modes are used to measure respectively the highest or lowest point of a work surface with convex or concave curvature; the probe is applied to the surface and the workpiece or Linear Height moved.

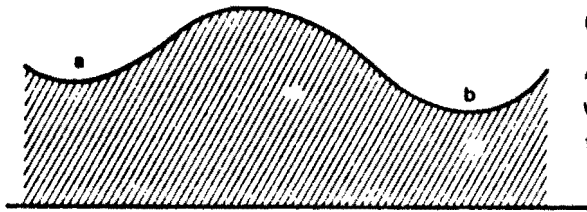
Illustration	Operation
   <p>MAX mode indication LED blinks</p>	<p>● How to set the required mode. Depress the MAX/MIN mode key once for the MAX mode ready state.</p>
   <p>MIN mode indication LED blinks</p>	<p>Depress the mode key again for the MIN ready state.</p>
   <p>Mode LEDs go off</p>	<p>Depress the mode key once more to resume ordinary measurement mode.  Normal counting can be carried out in the mode ready (waiting for input) state.</p>
  <p>or</p>    <p>MAX mode LED is lit</p>  <p>MIN mode LED is lit</p>	<p>● To measure and input. Setting the Rotary switch to INPUT when the mode LEDs indicate "mode ready" will change the MAX or MIN mode LED from blinking to the lit state.  The relevant mode (MAX: highest point, MIN: lowest point) will be detected and the measurement value automatically held.</p>



(1) Example of MAX mode measurement

An example of detecting the highest point of a workpiece with peaks "a" and "b" is given in the diagram below.

Illustration	Operation
<p>1</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● To set to MAX mode ready state. Set the Rotary switch to STOP and depress the MAX/MIN mode key once.</li> </ul>
<p>2</p> <p>MAX mode LED blinking</p> <p>Buzzer sounds MAX mode LED is lit</p> <p>Count start</p> <p>Count Hold</p> <p>Origin</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Detect the highest point "a".</li> </ul> <p>Place the probe at point A. Set the Rotary switch to INPUT and set to MAX mode.</p> <p>The probe is made to trace the upper surface of the workpiece from point "A" to point "B" through movement of the Linear Height of workpiece.</p> <p>Highest point "a" is detected and its value held until another value exceeding it is detected (see diagram below).</p>
<p>3</p> <p>MAX</p> <p>Count Hold</p> <p>Origin</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Detect the highest point "b".</li> </ul> <p>Count restarts when a value exceeding that of highest point "a" is detected.</p> <p>Highest point "b" — i.e. the highest point of the overall surface — is detected and that value held.</p>
<p>4</p> <p>Buzzer sounds</p> <p>MAX mode LED goes off</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Input the MAX value. (MAX mode indication goes off. Ordinary measurement mode is resumed.)</li> </ul> <p>When the probe is at point "B" after the overall highest point has been detected, reset the Rotary switch to a position other than INPUT, the MAX value will be input and ordinary measurement mode resumed.</p>

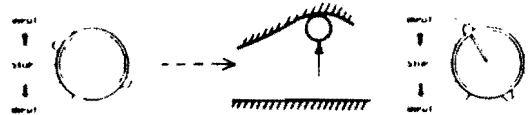


## ② Example of MIN mode measurement

An example of detecting the lowest point of a workpiece with troughs "a" and "b" is given in the diagram below.

	Illustration	Operation
1	<p>Mode LED goes off</p> <p>MAX mode LED blinks</p> <p>MIN mode LED blinks</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Set MIN mode ready state. Set the Rotary switch to STOP and depress the MAX/MIN mode key twice.</li> </ul>
2	<p>MIN mode LED is lit</p> <p>Count start</p> <p>Count</p> <p>Hold</p> <p>Origin</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Detect the lowest point "a". Place the probe at point A. Set the Rotary switch to INPUT and set MIN mode.</li> </ul> <p>The probe is made to trace the work surface from point "A" to point "B" in the same way as for MAX measurement.</p> <p>Lowest point "a" is detected and its value held until another value lower than it is detected.</p>
3	<p>MIN</p> <p>Count</p> <p>Hold</p> <p>Origin</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Detect the lowest point "b". Count restarts when a value lower than lowest point "A" is detected.</li> </ul> <p>Lowest point "b" – i.e. the lowest point of the overall surface – is detected and that value held.</p>
4	<p>MIN mode LED goes off</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Input the MIN value. (MIN mode LED goes off. Ordinary measurement mode is resumed.)</li> </ul> <p>When the probe is at point "B" after the overall lowest point has been detected, reset the Rotary switch to a position other than INPUT, the MIN value will be input and ordinary measurement mode resumed.</p>

- The highest or lowest point can be set as the origin by depressing the ZERO mode key while either of these values is held.
- Measurement and input of values of highest and lowest point when measured with the probe from below (see diagram on the left) can be done through use of ball diameter compensation (in this case, move the Rotary switch from  $\uparrow$  to INPUT).



- Resetting the Rotary switch to a position other than INPUT during counting in MAX or MIN mode, an overflow error may occur. Reset the Rotary switch to a position other than INPUT only when MAX or MIN value is held, and release the input and the mode

### (5) Circular measurement (DIA) – inner and outer diameter –

Outer and inner diameter and center line height from origin of circular workpieces or features (see diagram below) such as discs, solid and hollow cylinders, circular and elongated holes can be found by detecting the distance between their highest and lowest points.

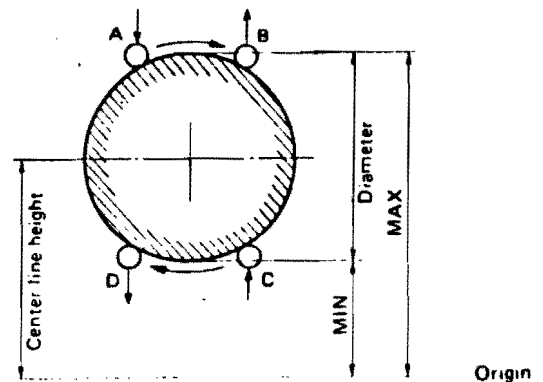
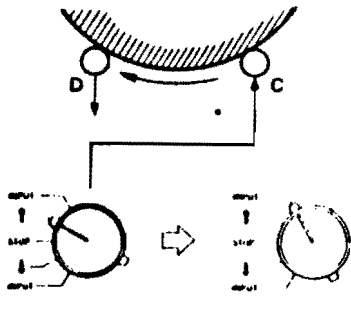
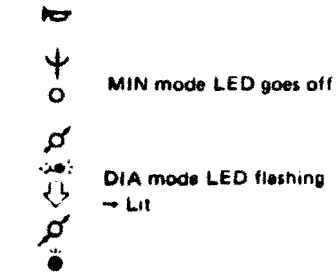
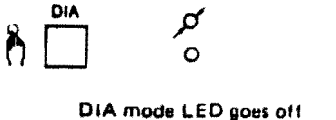
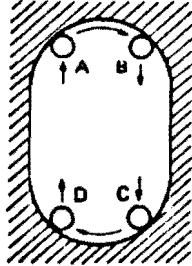


	Illustration	Operation
1		<ul style="list-style-type: none"> <li>● How to set the mode Depress the diameter mode key for the DIA mode ready (waiting for input) state.</li> </ul>
2	<p style="text-align: center;">DIA and MAX mode LEDs blink</p> <p style="text-align: center;">MAX mode LED is lit</p> <p style="text-align: center;">DIA mode LED still blinking</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Detect the highest point between A → B. Place the probe at point A. Set the Rotary switch to INPUT. Then the MAX mode ready proceeds to MAX mode and counting starts in that mode.</li> </ul> <p>The probe traces the workpiece from "A" to "B", according to the method laid down on page 30 (MAX mode), and detects the highest point.</p>
3	Buzzer sounds MAX mode LED goes off MIN mode LED blinks	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Change the measuring point from the highest to the lowest point. When the probe is at "B" after the highest point has been detected, set the Rotary switch at a position other than INPUT. The highest point (MAX value) will be input and the mode will change to MIN mode ready.</li> </ul>


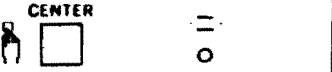
	Illustration	Operation
4		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detect the lowest point between C → D (the lower arc). Place the probe at point C. Set the Rotary switch to INPUT and counting starts in the MIN mode.</li> <li>The probe traces the workpiece from "C" to "D" and detects, holds the lowest point.</li> </ul>
5		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtain the diameter value. When the probe is at D after the lowest point has been detected, reset the Rotary switch to a position other than INPUT, and the lowest point (MIN value) is input while the distance between the MAX and MIN values will be calculated and displayed as the diameter.</li> </ul>
6		<ul style="list-style-type: none"> <li>• To return to the ordinary mode, press DIA key.</li> </ul>



- a) To measure inside diameter such as that of a hole.

Illustration	Operation
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Measurement procedure in this case will be the same, except that the direction of measuring force will be reversed.</li> </ul> <p>When measuring and inputting the MIN value for a diameter first (starting with point "C", say, of the example on the left, depress the MAX/MIN mode key at the moment mode ready indication is given. Highest point mode will then change to lowest and the machine will be MIN mode ready.</p>

- b) Measurement of centerline height

Illustration	Operation
 <p>CENTER mode LED is lit</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● To measure the height of the center of a circle once the diameter is displayed, depress the CENTER mode key.</li> </ul> <p>(only valid after DIA display when there is no new input).</p> <p>The machine enters the CENTER mode and the center height is displayed.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Measurement of the interval between circle centers.</li> </ul> <p>To set as origin the height of the center of a circle (obtained by the operation given above, depress the ZERO key during center height display. Repeating this operation enables measurement of the interval between circle centers.</p>
 <p>CENTER mode LED goes off</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Depress CENTER mode key again to return to ordinary measurement mode.</li> </ul>

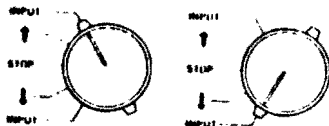
- MAX/MIN and DIA modes will be invalid when a touch signal probe is used for measurement.
- Resetting the Rotary switch to a position other than INPUT during counting in MAX or MIN mode, an overflow error may occur. Reset the Rotary switch to a position other than INPUT only when MAX or MIN value is held, and input the value and release the mode.

## 2.4 Error Display and Cure

Error display	Type of error and cure	Release/cure
<b>E - 05</b>	<p><b>Overspeed</b> When the slider travel speed exceeds reasonable readout speed, such as when the slider is moved rapidly by hand, this error may be incurred. It may also arise due to noise interference.</p>	Depress the ZERO mode key or turn the power switch OFF, then ON again to release the error.
<b>E - 0F</b>	<p><b>Overflow</b> When value count exceeds the displayable range.</p>	Depress the ZERO or PRESET mode key to release the error, and return the display count to within displayable range.

### 2.5 Measuring with a Touch Signal Probe

A CMM touch signal probe (MTP-2) can be used with the Linear Height for measurement.



When the touch probe switch is set to ON, input with the Rotary switch will be invalid.

#### 2.5.2 Measurement methods

- (1) When the MTP-2 comes into contact with the workpiece, the red lamp on the probe goes off, the buzzer sounds and the count value obtained at the moment of contact is held. Measurement values are then input in the same way as with the Rotary switch's INPUT operation.
- (2) The MTP-2 comes into contact with the workpiece through the motor drive activated by the Rotary switch at the ↑ or ↓ position. At the moment of contact, the motor cuts automatically. After the motor has cut, the probe can, of course, be driven in the opposite slider direction.
- (3) Ball diameter compensation can be carried out in the same way as with an ordinary probe (see page 15).
- (4) MAX/MIN and DIA modes are invalid when the touch probe switch is ON.

#### 2.5.1 Mounting and connection

- (1) Mount the MTP-2 in the Linear Height probe holder in the same way as with an ordinary probe, by using the clamp screw.
- (2) Connect the probe to the touch signal probe input connector (T. PROBE) on the rear panel of the counter with the connecting cable and set the touch probe switch (upper side) to ON.

When the motor cuts due to touch signal probe contact with the workpiece, resetting the Rotary switch to the STOP position will enable motor drive to be restarted.

## 2.6 Mode Key Input Possible/Impossible During Operation of Each Mode



Mode key Operating condition	ABS/INC	PRESET	ZERO	BALL	HOLD	CENTER	MAX/MIN	DIA	WIDTH
Ordinary measurement mode									
Ball diameter input mode ON	—	—	—		—	—	—	—	—
HOLD mode ON				—		—	—	—	—
CENTER measurement mode ON				—	—				
MAX/MIN mode ready (MAX or MIN indication blinking)				—	—	—		—	—
MAX/MIN mode ON				—	—	—	—	—	—
Circular measurement mode ready	—	—	—	—	—	—			—
Circular measurement mode ON	—	—	—	—	—		—		—
Internal/external width measurement mode ON	—	—	—	—	—				
Rotary switch INPUT				—	—	—	—	—	—
Touch probe switch ON							—	—	

Ordinary measurement mode: When the Rotary switch is in a position other than INPUT, the indication LED will be unlit for all modes other than ball diameter compensation and ABS/INC.

\*: MAX/MIN and DIA key input invalid for this operation when MAX/MIN mode is already ON.

As shown in the table above, when the Rotary switch is left at the INPUT position, all mode keys other than the ABS/INC, PRESET and ZERO keys, will be invalid. After measurement and input in one mode and before operation in another, be sure the Rotary switch is at other than the INPUT position.

## Werkplaats meetmicroscop .

Doel van deze opdracht is vertrouwd te geraken met de werking van een werkplaats meetmikroscoop, en tevens het uitrichtprincipe bij automatische meetmachines te leren kennen.

### 1. Principe van het meetinstrument.

Het instrument bestaat uit een waarneem microscop en een tafel die in twee onderling loodrechte richtingen meetbaar verschoven kan worden. zie fig. 1

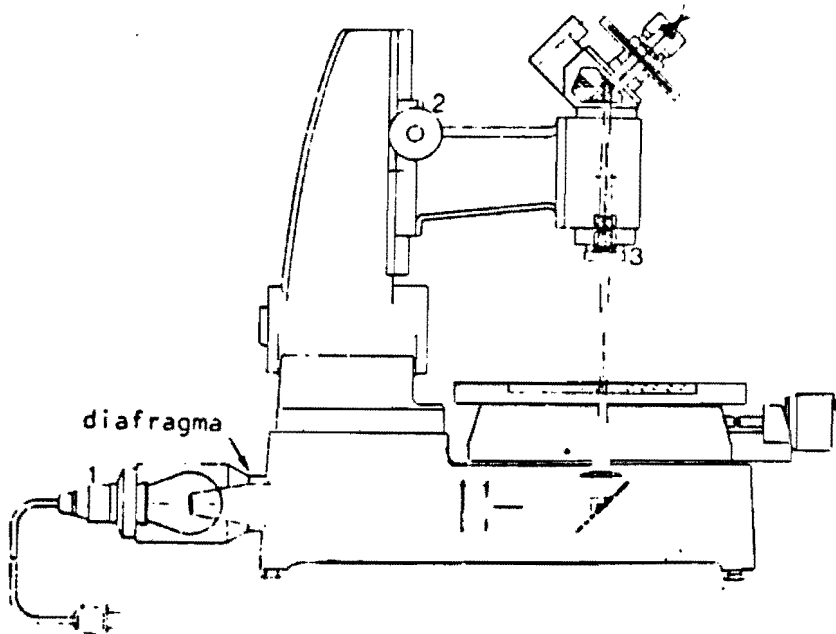


Fig.1

De verplaatsingen worden door twee schroefspillen eventueel in combinatie met eindmaten gerealiseerd. De verplaatsing van de tafel in X en Y richting wordt met twee Mitutoyo opnemers gemeten en digitaal weergegeven. De bediening van de toetsen op de uitleeseenheid wordt op pagina 1.17 verklaard.

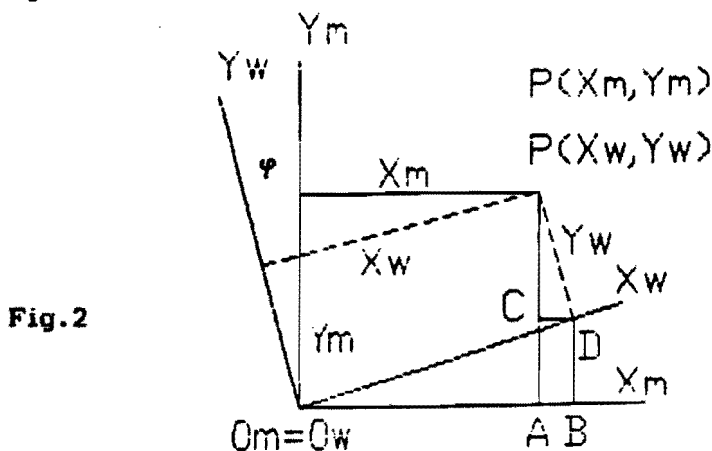
## 2. Coördinaten metingen.

Bij het meten van een werkstuk op een meetmachine

(meetmikroskoop) is het noodzakelijk dat het werkstuk op de juiste wijze op de machine ligt. Dit houdt in dat het werkstuk op de meettafel "uitgelijnd" moet worden, zodat de X en de Y as van de machine overeenstemmen met die van het werkstuk. De X en de Y coördinaten die men nu met de meetmachine bepaalt, stemmen overeen met die van het werkstuk. Het uitlijnen van een werkstuk op het mikroskoop zal steeds opnieuw moeten plaatsvinden. Dit is een bezigheid die verhoudingsgewijs veel tijd vergt. Bij de nieuwste meetmachines is dit uitlijnen niet meer nodig maar men bepaalt de hoek die het werkstuk en meettafel t.o.v. elkaar maken. Dit doet men door twee metingen aan het werkstuk uit te voeren, welke on-line door een tafelrekenmachine die aan de meetmachine is gekoppeld worden verwerkt. Hierna verricht men alle andere coördinaatsmetingen van het werkstuk. Alle meetwaarden in meetmachine coördinaten worden direct door de rekenmachine omgerekend in werkstukcoördinaten zodat men zeer snel de resultaten van de metingen in handen heeft. Twee grote voordelen t.o.v. conventioneel meten zijn de snelheid en de nauwkeurigheid.

## 3. Omrekenen van machine- naar werkstukcoördinaten.

Als  $O_m(X_m, Y_m)$  en  $O_w(X_w, Y_w)$  het machine- respectievelijk het werkstuk coördinaten systeem voorstellen, dan heeft een punt P in het machine coördinaten systeem de waarden  $(X_m, Y_m)$  en in het werkstuk coördinaten systeem de coördinaten  $(X_w, Y_w)$ . zie fig. 2



Als hoek  $\varphi$  bekend is (deze is door twee metingen te bepalen) kunnen de coördinaten P ( $X_m, Y_m$ ) uit  $X_w$  en  $Y_w$  worden berekend.

$$\text{Volgens: } CD=AB=Y_w \cdot \sin(\varphi)$$

$$PC=Y_w \cdot \cos(\varphi)$$

$$AC=BD=X_w \cdot \sin(\varphi)$$

$$DB=X_w \cdot \cos(\varphi)$$

In fig 2 zien we dat:  $X_m=OB-AB$

$$Y_m=AC+CP \quad \text{invullen geeft:}$$

$$X_m=X_w \cdot \cos(\varphi) - Y_w \cdot \sin(\varphi) \quad 1$$

$$Y_m=X_w \cdot \sin(\varphi) + Y_w \cdot \cos(\varphi) \quad 2$$

Als de eerste vergelijking met  $-\sin(\varphi)$  en de tweede met  $\cos(\varphi)$  worden vermenigvuldigt, en daarna opgetelt, volgt met

$$\sin^2(\varphi) + \cos^2(\varphi) = 1 \quad \text{dat } Y_w = -X_m \cdot \sin(\varphi) + Y_m \cdot \cos(\varphi)$$

Op soortgelijke wijze volgt ook :

$X_w = X_m \cdot \cos(\varphi) + Y_m \cdot \sin(\varphi)$ . Zodat we ook  $Y_w$  en  $X_w$  uit  $X_m$  en  $Y_m$  kunnen berekenen.

$$X_w = X_m \cdot \cos(\varphi) + Y_m \cdot \sin(\varphi) \quad 3$$

$$Y_w = -X_m \cdot \sin(\varphi) + Y_m \cdot \cos(\varphi) \quad 4$$

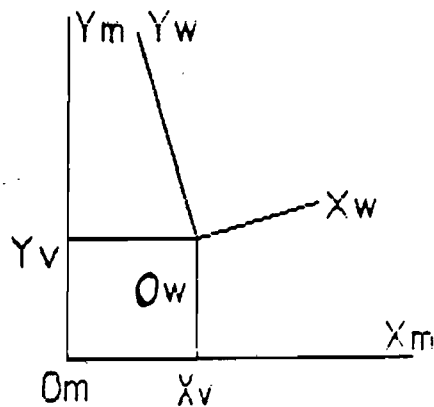
Opmerking.

Uitdrukking 3 en 4 is met behulp van vectoren en matrix rekening te schrijven als:

$$\bar{X}_w = A \bar{X}_m \quad \text{met } A = \begin{pmatrix} \cos(\varphi) & \sin(\varphi) \\ -\sin(\varphi) & \cos(\varphi) \end{pmatrix}$$

A wordt rotatie matrix genoemd.

Als het nulpunt van het werkstuk coördinaten systeem niet samenvalt met het machine coördinaten systeem, kunnen deze simpel door een verschuiving van de coördinaten samen vallen. Stel de verschuiving is  $(X_v, Y_v)$  zie bv. fig. 3



$\bar{x}_v = \begin{pmatrix} X_v \\ Y_v \end{pmatrix}$  is de  
translatievector.

Fig.3

In de opdrachten zullen we hiervan gebruik maken.

#### 4 Aantast mogelijkheden.

Met het microscoop kan op twee manieren aangetast worden, n.l. optisch en mechanisch. Bij het optisch aantasten bepalen we m.b.v. optisch meting de plaats van het werkstuk en bij mechanische metingen uiteraard met een taster.

#### 5 Meetmogelijkheden.

M.b.v. het meetmicroscoop zijn een groot aantal metingen uit te voeren, zoals het meten van afstanden en hoeken aan diverse objecten. In het kader van de beperkte tijd kunnen we maar enkele metingen in het praktijk uitvoeren. Deze worden hierna kort beschreven. Meer meetmogelijkheden en uitgebreide beschrijving van de meting worden in de handleiding behorend bij het microscoop beschreven .

a. Diametermeting van assen.

Doordat een lichtbundel onderhevig is aan breking aan een oppervlak, zal bij niet goede belichting een as verkeerd gemeten worden.

Experimenteel is bepaald dat de waarde van het diafragma van de belichting volgens de volgende formule is te berekenen.

$$D = 0,18 F \sqrt[3]{1/d}$$

Met F als brandpuntsafstand en d als de diameter van de cylinder.

De optimale waarden zijn in tabel 1 op pag.15 en 16 weergegeven.

(De plaats van het diafragma is op foto 1 weergegeven)

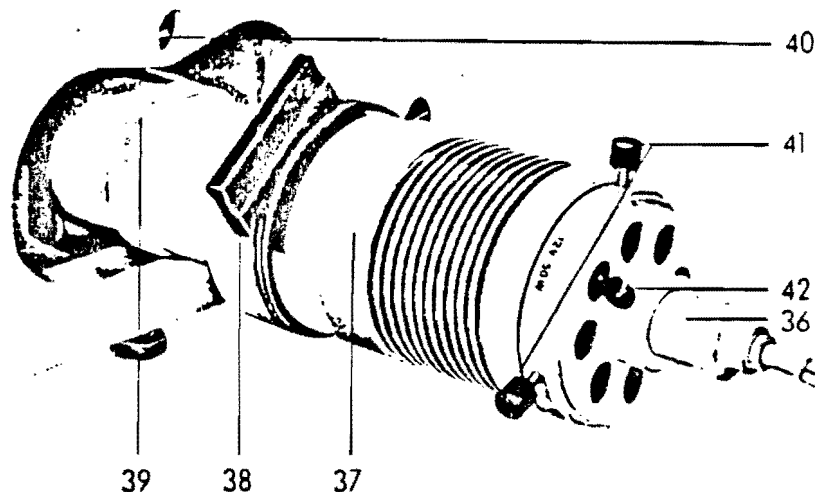


Foto 1

b. Metingen aan een schroefdraadprofiel.

Bij het meten aan een schroefdraadprofiel geldt bovenstaande ook voor het bepalen van de flankendiameter van schroefdraad. Voor het bepalen van de tophoek moet men de microscoop scheef zetten onder de spoedhoek, dit geeft wel een fout in de hoekmeting.



De correctie hoek is te berekenen uit:

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \tan \frac{\alpha'}{2} : \cos \beta$$

met  $\alpha$  = juiste hoek      en  $\tan \beta = \frac{P}{nd_2}$       P = spoed

$\alpha'$  = gemeten hoek       $d_2$  = flankendiameter

Al deze problemen worden voorkomen door gebruik te maken van meetmesjes zie foto 2 en 3. Meetmesjes worden tegen het te meten object geschoven. Verder zijn deze voorzien van lijnen waarop scherp gesteld kan worden.

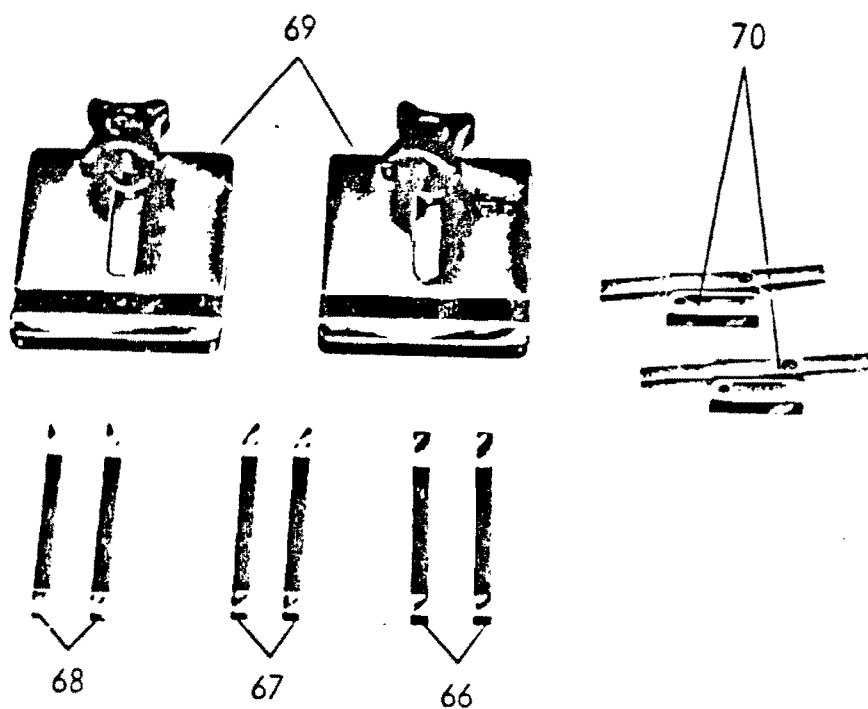


Foto 2

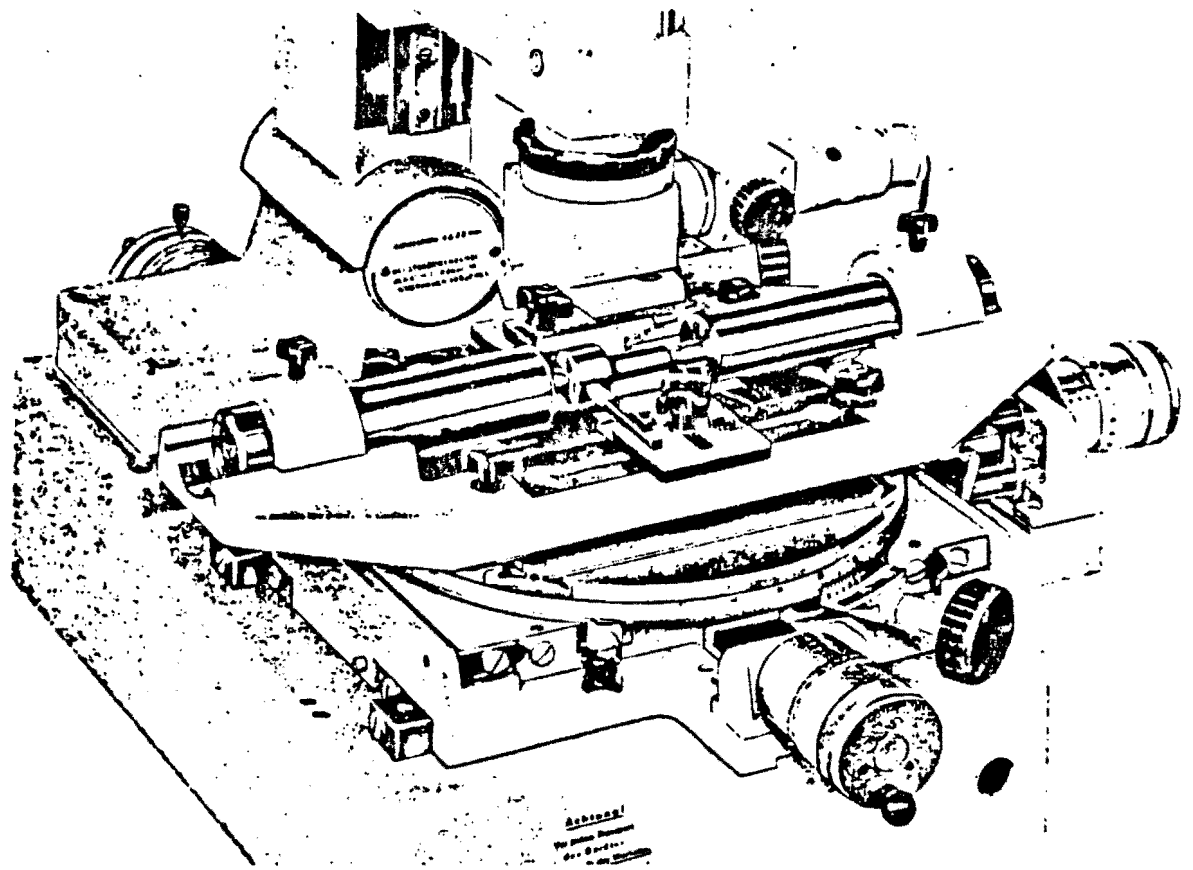


Foto 3

**c. Mechanische aantasting.**

Bij het meten m.b.v. een mechanische taster is het nodig voor nauwkeurige metingen de taster constante te bepalen. Deze wordt bepaald door:

De tasterkogel diameter, de doorbuiging t.g.v. de aantast kracht, afplattung etc. Door het meten van een bekende maat (eindmaat, instelring) is deze te bepalen, waarna bij het bepalen van de onbekende maat hiervoor gecorrigeerd kan worden.

## Opdrachten.

1. De juiste haaksheid van de X en Y as is zeer belangrijk, daarom gaan we deze als eerste controleren Dit doen we met een nauwkeurige blokhaak in combinatie met de omslag methode. zie fig.4

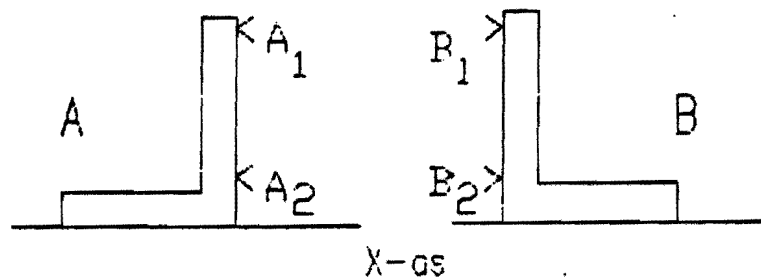
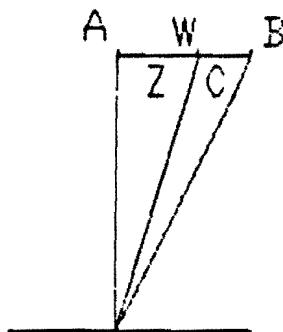


Fig.4 A en B

Lijn een been uit met de X-as. Bepaal  $A_1$  en  $A_2$  Keer de blokhaak zoals in fig.4B Meet nu  $B_1$  en  $B_2$

Verwerking.

De hoekafwijking van de blokhaak is onbekend stel deze afwijking  $W$  Stel de afwijking haaksheid is  $z$ .

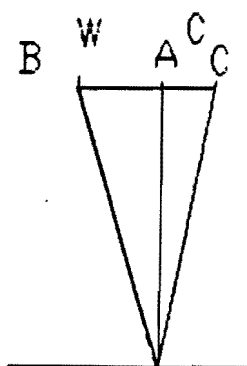


situatie 1

$$A_1 - A_2 = v_1 = W - C$$

$$AB = W$$

$$AC = Z$$



$$B_1 - B_2 = V_2 = W + C$$

$$AB = W$$

$$AC = Z$$

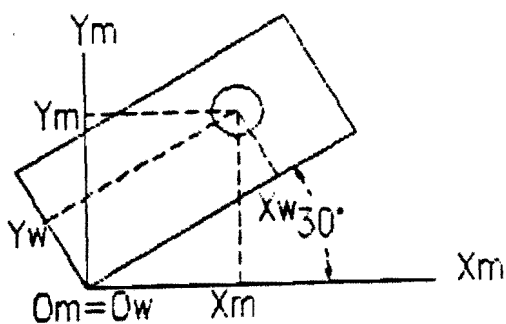
situatie 2

Uit situatie 1 en 2 volgt:

$$\text{afwijking haaksheid } Z = -\frac{v_1 + v_2}{2}$$

$$\text{afwijking blokhaak } W = -\frac{v_2 - v_1}{2}$$

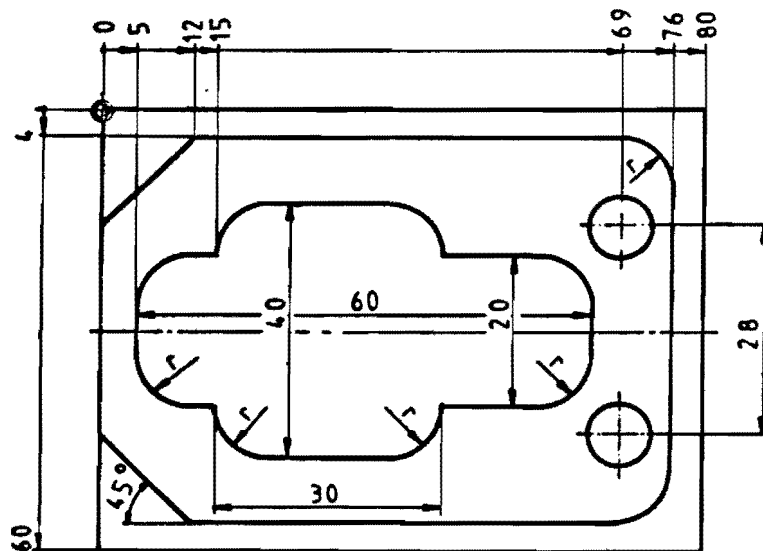
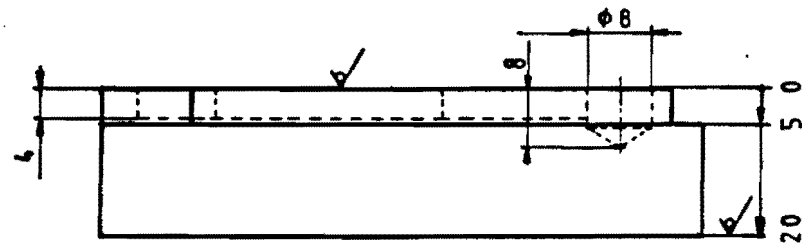
## 2. Coördinaten transformatie.



Plaats het werkstuk met gat onder  $30^\circ$  met de X-as en zorg dat  $O_m = O_w = (0, 0)$ .

Meet  $X_m$  en  $Y_m$ , bereken nu  $X_w$  en  $Y_w$  met behulp van formules 3 en 4. Controleer dit m.b.v. het rekenprogramma voor de meetmicroscop. Bepaal ook de andere maten van het werkstuk.

Werkstuk FR-001



Tenzij anders vermeld  
is  $r = 7$

tol.  $\pm 0,1$   $\frac{16}{\sqrt{A}}$  (  $\checkmark$  )  
mat: aluminium 51 ST

### 3. Invloed diafragma.

Om de invloed van het diafragma op het meetresultaat te onderzoeken meten we twee cylinders met de maten van 0,1 mm en 1,0 mm. met twee diafragma standen. Eerste stand volledig open en de tweede stand volledig dicht.

### 3. Bepaling van de flankendiameter en tophoek van een M12 kaliber met b.v. meetmesjes.

Maak de opstelling volgens foto 3. Gebruik een objectief met een vergroting van 3x.

De streepjes op de meetmesjes worden correct waargenomen als zij symmetrisch worden verdeeld door de streeplijn in het oculair zie foto 4.

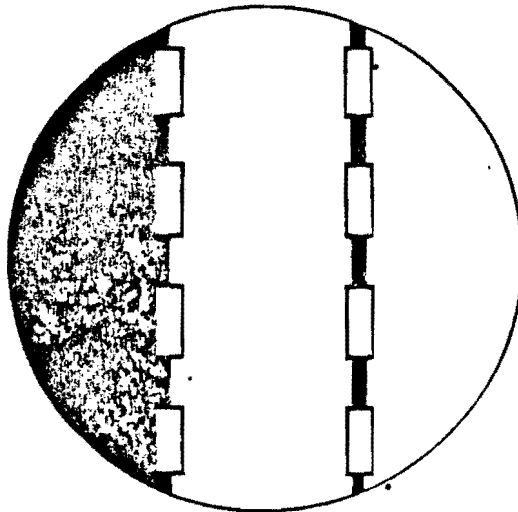


Foto 4

De flanken diameter is gedefinieerd als de maat tussen 2 overliggende flanken gemeten op de helft van het theoretische profiel. Om de invloed van de scheefligging van de schroefdraad t.o.v de bewegende assen te elimineren wordt 2 maal gemeten en wel zoals in onderstaande figuur 5 weergegeven. Zie ook foto 5, 6 en 7.

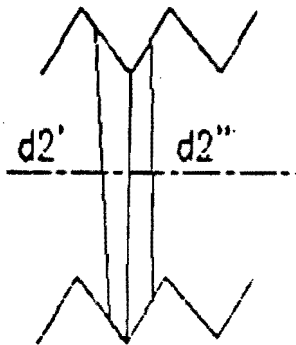


Fig 5

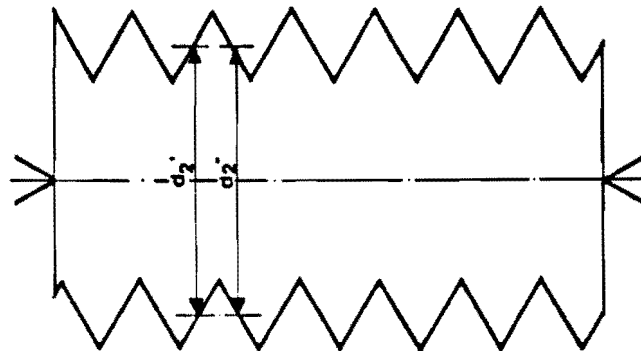


Foto 5

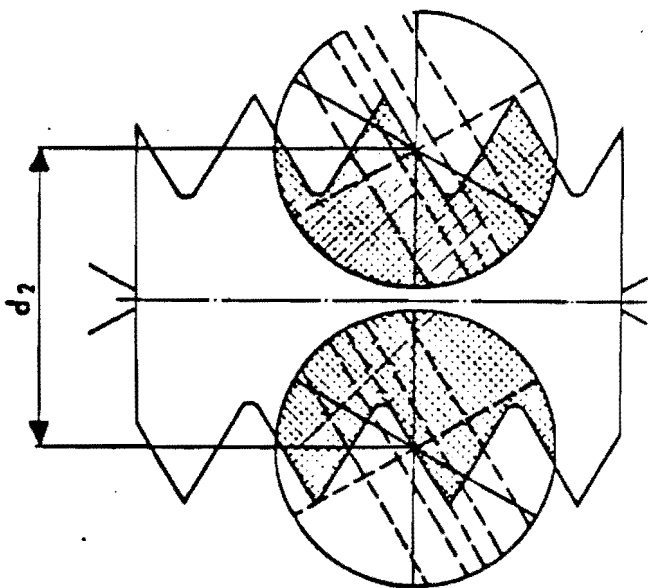


Foto 6

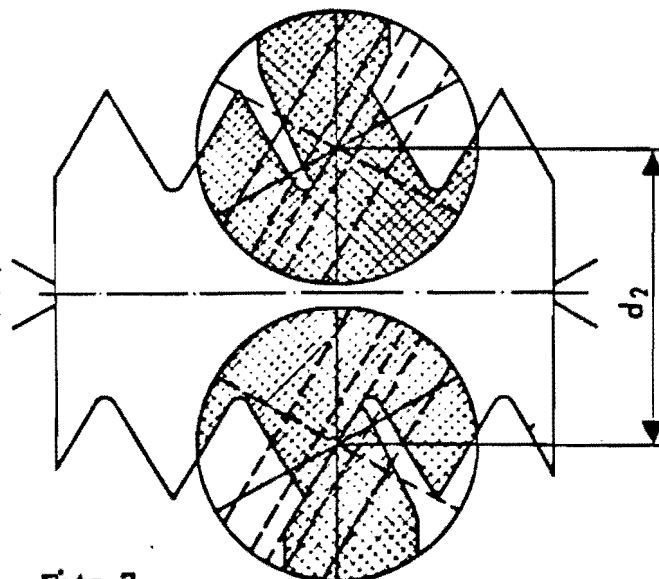


Foto 7



De flanken diameter volgt nu uit  $d_2 = \frac{d_2' + d_2''}{2}$

Bepaal eveneens de linker en rechter tophoek.

## 12.5 Werking van het mikroskoop (zie fig. 1 )

### 1. Inschakelen.

- De mikroskoopverlichting wordt ingeschakeld m.b.v. de draaiknop aan de achterkant van het instrument (1).
- De verlichting van de hoekmeetokulair-aflezing en de digitale uitleeseenheid worden ingeschakeld m.b.v. de tuimelschakelaars aan de linkerkant van de praktikumtafel, resp. linksachter op de uitleeseenheid.

### 2. Schepstellen.

- Stel eerst het okulair goed, en daarna het objektief. Dit laatste moet eerst grof worden ingesteld en daarna fijn. Grofinstelling m.b.v. de hoogteverstelling (2) van de mikroskoopkop. (Let op de "arreteer"-knop!) Fijninstelling m.b.v. de kartelrand van de objektieflens (3). Zie ook par. 2.1.
- De aflezing van het hoekmeetokulair kan scherp worden gesteld door aan de "Ablesemikroskop" (fig. 2) te draaien.

### 3. Aflezen.

- Voor het bepalen van de coördinaten van een punt is het handig om het snijpunt van de kruisdraden op dat punt te leggen, en dan af te lezen.
- Voor het meten van hoeken ga je als volgt te werk. Leg één van de kruisdraden langs een been van de te meten hoek, en lees het hoekmeetokulair af. (Het kruisdradenbeeld kan worden verdraaid m.b.v. 4).

Draai dezelfde kruisdraad daarna totdat hij langs het andere been van de hoek ligt, en lees weer af. Het verschil van beide aflezingen is de gezochte hoek.

5. Mechanisch meten.

Installeer de mechanische taster op het microscoop. Zie foto 8.

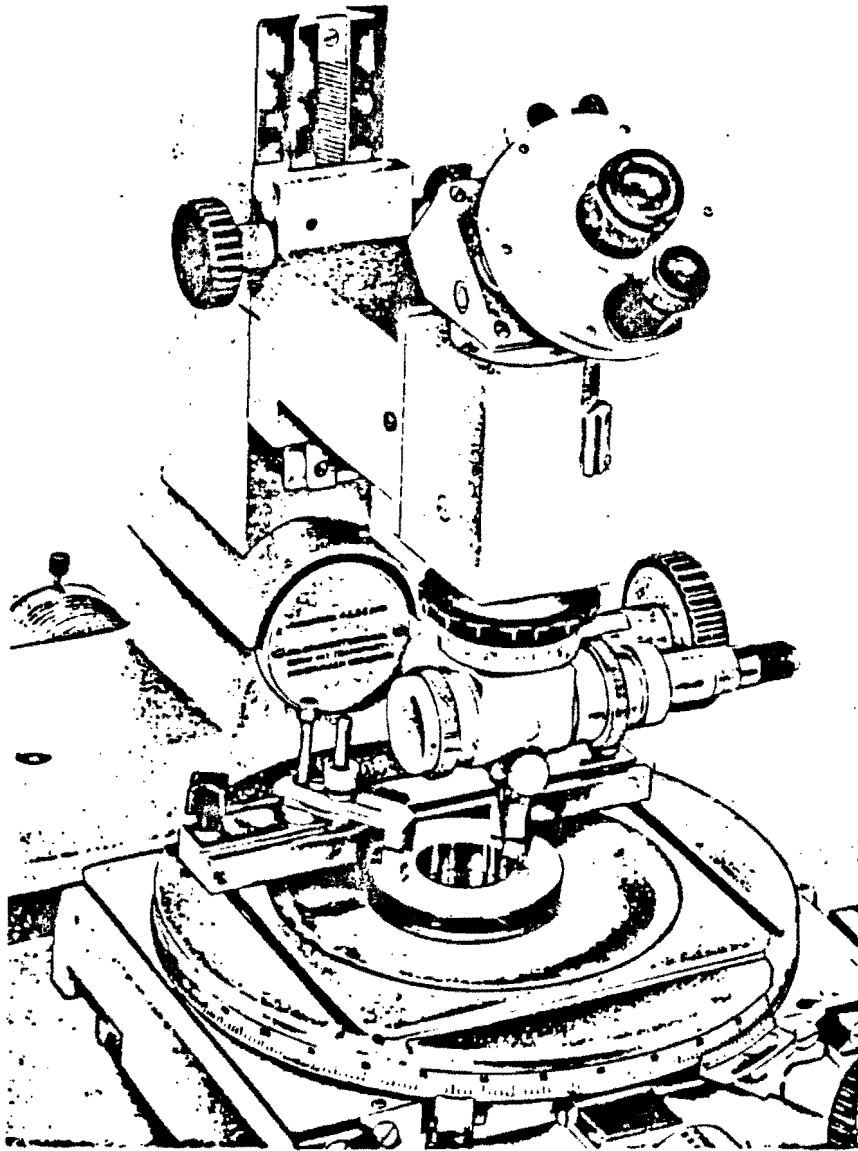


Foto 8

Als eerste dient men de standaard afwijking van deze meting te bepalen. Doe daartoe 9 metingen van een uitgelijnde eindmaat op de meettafel.

Bepaal de taster konstante door de lengte van een bekende eindmaat van b.v. 10mm te meten. Bepaal nu de diameter van een ring. (Denk nu aan het teken van de tasterconstante bij de correctie).

Tabel 1

In der Tabelle sind die Blendendurchmesser D für die verschiedenen Zylinder- und Flankendurchmesser angeführt.

Der ermittelte Blendendurchmesser wird an der Skala direkt eingestellt.

Außendurchmesser bei glatten Zylindern bzw. Flankendurchmesser bei Gewinden mm	Blendendurchmesser in mm			
	Glatte Zylinder	Gewinde-Flankenwinkel		
		30°	55°	60°
0,5	--	20,8	24,6	25,3
1	25,3	16,1	19,6	20,1
2	20,1	12,8	15,5	15,9
3	17,6	11,2	13,6	13,9
4	15,9	10,2	12,3	12,7
5	14,8	9,4	11,4	11,7
6	13,9	8,9	10,8	11,1
8	12,7	8,1	9,8	10,0
10	11,7	7,5	9,1	9,3
12	11,1	7,1	8,5	8,8
14	10,5	6,7	8,1	8,3
16	10,0	6,4	7,8	8,0
18	9,7	6,2	7,5	7,7
20	9,3	5,9	7,2	7,4
25	8,7	5,5	6,7	6,9
30	8,2	5,2	6,3	6,5
40	7,4	4,7	5,7	5,9
50	6,9	4,4	5,3	5,5
60	6,5	4,1	5,0	5,1
80	5,9	3,7	4,5	4,7
100	5,5	3,5	4,2	4,3
200	4,3	2,8	3,4	3,4

## Ungenauigkeit der Meßverfahren

### Formules

Wir garantieren, daß bei keinem unserer Großen Werkzeugmikroskope die Ungenauigkeit der Messungen die im folgenden genannten Werte überschreitet. Im allgemeinen werden die tatsächlichen Ungenauigkeiten nur etwa die Hälfte bis ein Drittel der angegebenen Werte betragen, da diese unter Berücksichtigung der ungünstigsten Verhältnisse errechnet worden sind. Die Bedeutung der einzelnen Formelgrößen ist am Schluß dieses Abschnittes erläutert.

#### 1. Schattenbildverfahren

Längenmessungen in x-Richtung	$\pm (3,5 + \frac{L}{40} + \frac{H \cdot L}{1200}) \mu\text{m}$
in y-Richtung	$\pm (3,5 + \frac{L}{20} + \frac{H \cdot L}{600}) \mu\text{m}$
Winkelmessungen von flachen Teilen mit Winkelmeßokular	$\pm (1,2 + \frac{1,2}{F})'$
Messung von Durchmessern an glatten Zylindern	$\pm (4,5 + \frac{L}{8}) \mu\text{m}$
Gewindemessungen	
Flankendurchmesser	$\pm (4 + \frac{2}{\sin \alpha/2} + \frac{L}{8}) \mu\text{m}$
Flankenwinkel mit Winkelmeßokular	$\pm (2,5 + \frac{1,2}{F})'$
mit Revolverokular	$\pm (6 + \frac{1}{F})'$
Steigung	$\pm (2,5 + \frac{2}{\cos \alpha/2} + \frac{L}{16} - 30 \tan \alpha) \mu\text{m}$

#### 2. Achsenschnittverfahren (Schneidenmessung)

Längenmessungen in x-Richtung	$\pm (2,8 + \frac{L}{40} + \frac{H \cdot L}{1200}) \mu\text{m}$
in y-Richtung	$\pm (2,8 + \frac{L}{20} + \frac{H \cdot L}{600}) \mu\text{m}$
Winkelmessungen von flachen Teilen mit Winkelmeßokular	$\pm (1,5 + \frac{1,5}{F})'$
Messung von Durchmessern an glatten Zylindern	$\pm (2,8 + \frac{L}{8}) \mu\text{m}$
Gewindemessungen	
Flankendurchmesser	$\pm (2,5 + \frac{1}{\sin \alpha/2} + \frac{L}{8}) \mu\text{m}$
Flankenwinkel mit Winkelmeßokular	$\pm (1,5 + \frac{1,5}{F})'$
Steigung	$\pm (2,5 + \frac{1}{\cos \alpha/2} + \frac{L}{16}) \mu\text{m}$

#### 3. Sondermeßverfahren

Längenmessungen in Verbindung mit der Auflicht-Beleuchtungseinrichtung

in x-Richtung	$\pm (4 + \frac{L}{40} + \frac{H \cdot L}{1200}) \mu\text{m}$
in y-Richtung	$\pm (4 + \frac{L}{20} + \frac{H \cdot L}{600}) \mu\text{m}$

Längenmessungen in Verbindung mit dem Meßhebelvorsatz

in x-Richtung	$\pm (3,5 + \frac{L}{40} + \frac{H \cdot L}{1200}) \mu\text{m}$
in y-Richtung	$\pm (3,5 + \frac{L}{20} + \frac{H \cdot L}{600}) \mu\text{m}$

#### Bedeutung der einzelnen Formelgrößen

- L = Meßlänge in mm
- H = Höhe der Meßebene (Einstellkante oder Schneidenstrichhöhe über der Tischplatte) in mm
- F = Länge der Flanke (oder des Winkelschenkels) in mm
- $\alpha/2$  = halber Flankenwinkel
- $\gamma$  = Steigungswinkel des Gewindes

#### 4 Opdrachten

Het te meten objekt is een trapezium-vormig blokje met een rond gat (zie de bijgevoegde schets). Dit blokje moet met behulp van een klem op de mikroskooptafel worden geklemd.

##### 1. Toevallige afwijkingen.

Bepaal de toevallige afwijkingen voor een x-koördinaat, een y-koördinaat en een hoek. Doe dit door 9 keer in te stellen op een bepaald punt en dan telkens de x- en y-koördinaat af te lezen. Leg ook 9 keer een kruisdraad langs een rand van het blokje en lees het hoekmeetokulair af. Hieruit zijn met behulp van de bekende formules  $S_x$ ,  $S_y$  en  $S_{\alpha}$  te bepalen.

##### 2. "Konventionele" meting.

Richt het blokje uit op de meettafel. (D.w.z. zorg dat de basis van het trapezium exakt evenwijdig aan de y-richting ligt)

Meet nu: - de lengte,

- de basislengte,

- de diameter van het gat,

- de afstand van het middelpunt van het gat M tot de basis,

- de afstand van M tot de symmetrylijn,

- de beide basishoeken,

- de evenwijdigheid van basis en bovenzijde.

Bepaal bij de gemeten grootheden de toevallige afwijkingen m.b.v. opdracht 1 en par. 3.2a, en vergelijk de metingen met de bijgevoegde maatschets.

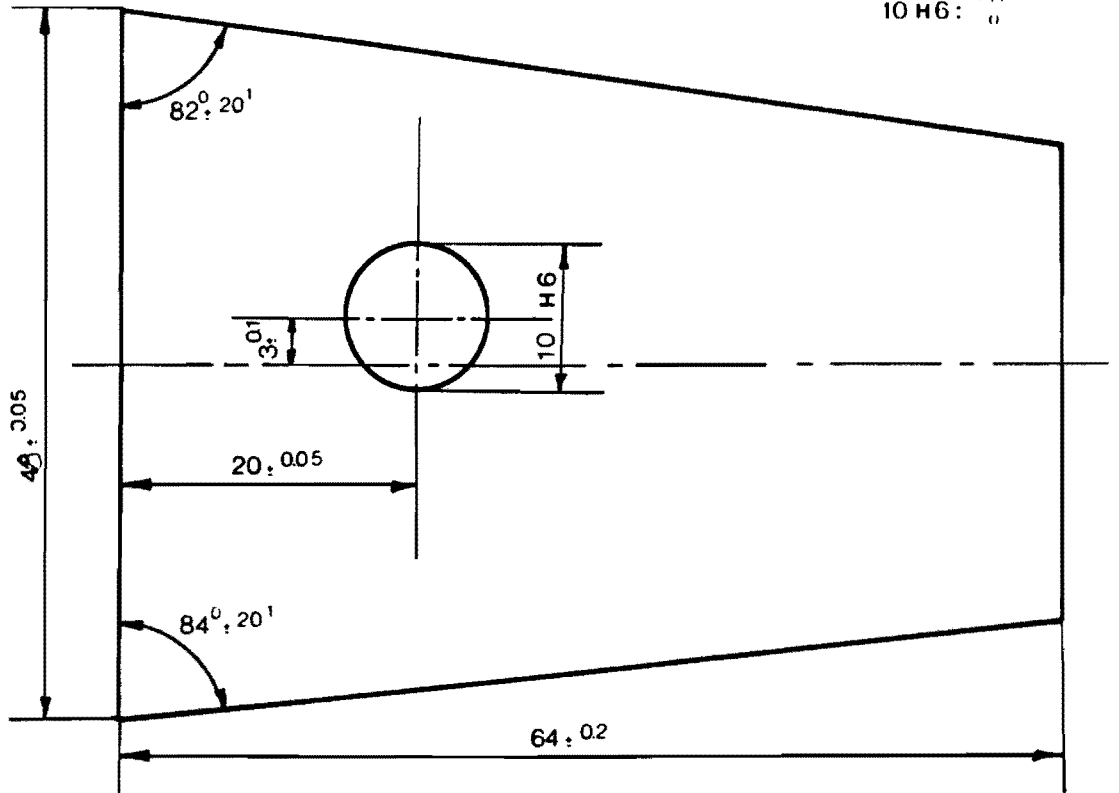
##### 3. Halfautomatische meting.

Leg het blokje nu willekeurig scheef op de meettafel (vast!) en meet de x- en y-koördinaten van 11 punten zoals die in de bijgevoegde tekening staan aangegeven.

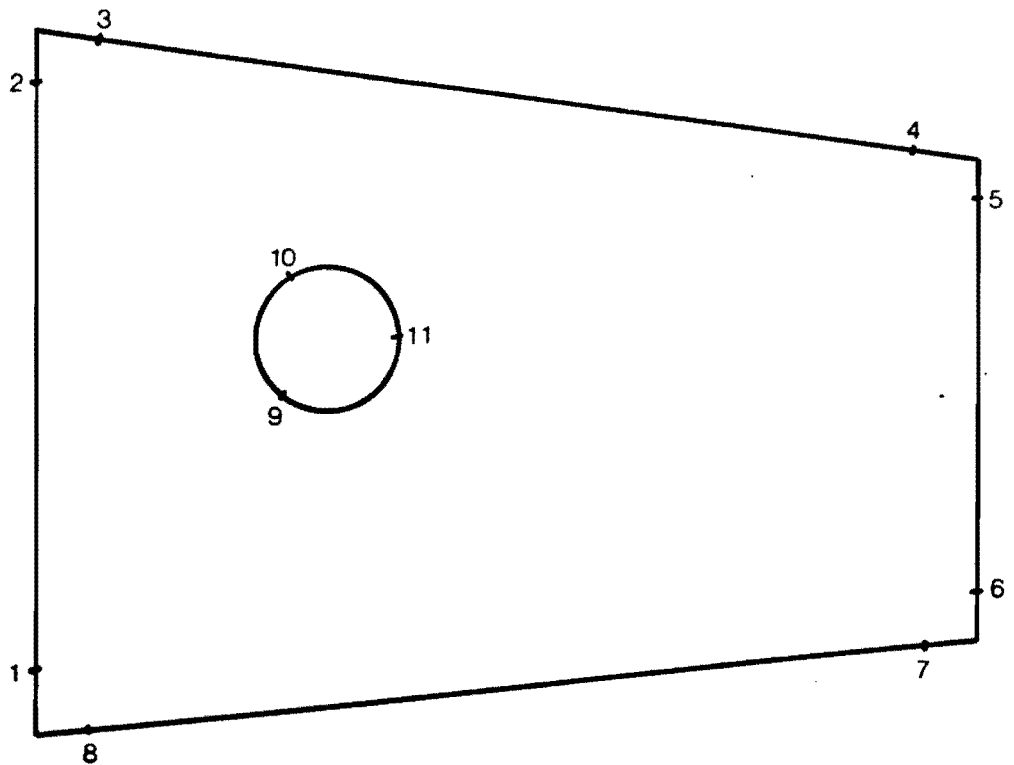
Verwerk deze koördinaten m.b.v. de terminal en vergelijk de uitkomsten met de eigen metingen. (Een handleiding voor de bediening van de terminal is bijgevoegd).

Maatschets:

10 H6:  $\begin{matrix} .11 \\ 0 \end{matrix}$



Meet van onderstaande 11 punten de coördinaten (opdracht 3):



Naam:

Coll.nr.:

Datum:

1. Toevallige afwijkingen

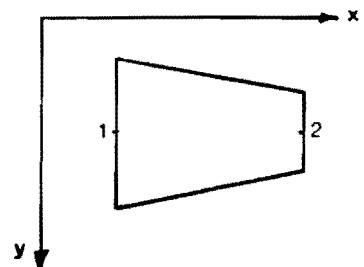
Meting	x-koördinaat	y-koördinaat	Hoek
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

$$S_x = \quad =$$
$$S_y = \quad =$$
$$S_l = \quad =$$

2. "Konventionele" meting

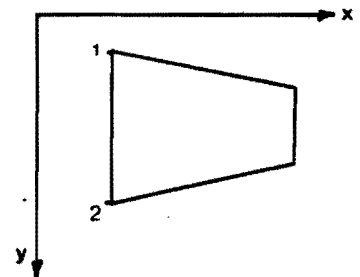
a. Lengte L

$$x_1 =$$
$$x_2 =$$
$$L = x_2 - x_1 =$$
$$S_L = \quad =$$



b. Basislengte BL

$$y_1 =$$
$$y_2 =$$
$$BL = y_2 - y_1 =$$
$$S_{BL} = \quad =$$





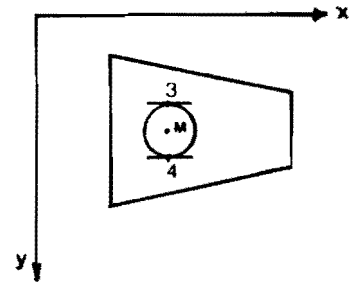
c. Diameter D

$$y_3 =$$

$$y_4 =$$

$$D = y_4 - y_3 =$$

$$S_D = =$$



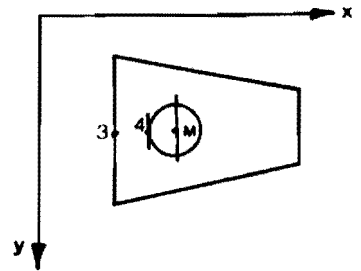
d. Afstand M-basis MB

$$x_3 =$$

$$x_4 =$$

$$MB = x_4 - x_3 + D/2 =$$

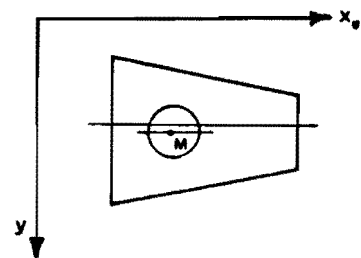
$$S_{MB} = =$$



e. Afstand M-symmetrielijns MS

$$MS = (y_1 + y_2)/2 - (y_3 + y_4)/2 =$$

$$S_{MS} = =$$



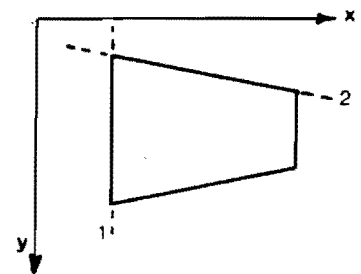
f. Linkerbasishoek LB

$$\alpha_1 =$$

$$\alpha_2 =$$

$$LB = \alpha_2 - \alpha_1 =$$

$$S_{LB} = =$$



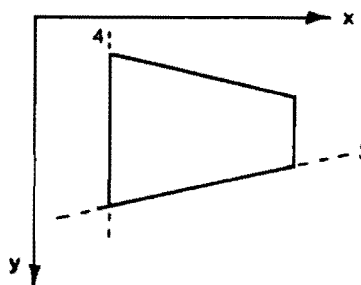
g. Rechterbasishoek RB

$$\alpha_3 =$$

$$\alpha_4 =$$

$$RB = \alpha_4 - \alpha_3 =$$

$$S_{RB} =$$



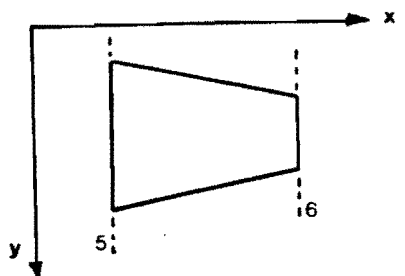
h. Evenwijdigheid E

$$\alpha_5 =$$

$$\alpha_6 =$$

$$E = \alpha_6 - \alpha_5 =$$

$$S_E = =$$

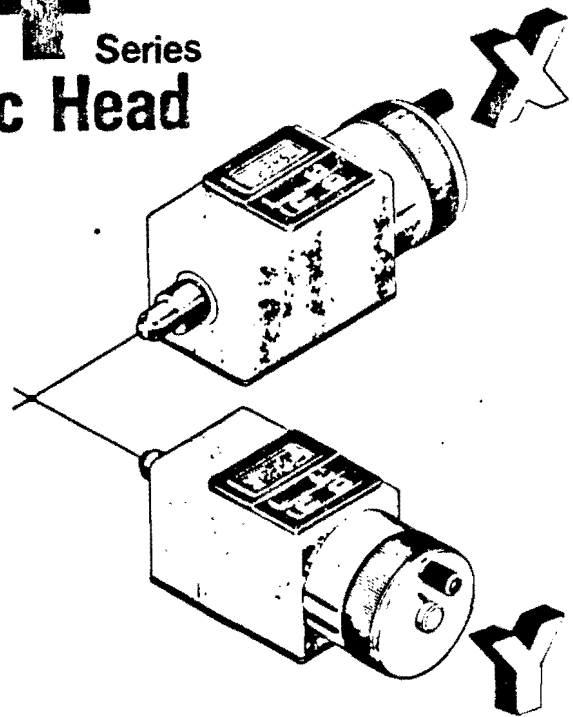


Halfautomatische meting

Punt	x-koördinaat	y-koördinaat
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		

# Operation Manual

## 164 Series Digimatic Head



**MITUTOYO**

## 2. Nomenclature and Functions

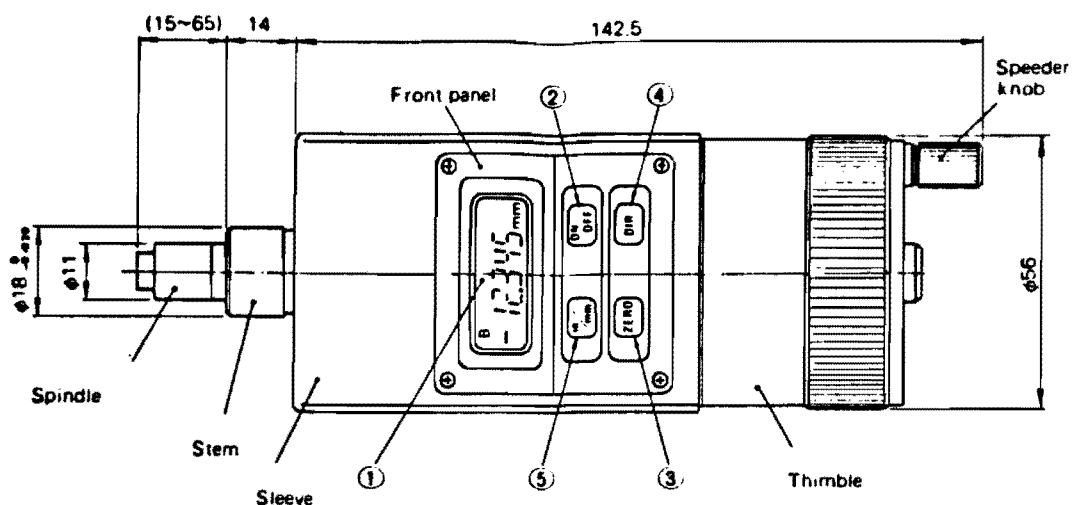


Fig. 1 Outline dimensions (MHD-50DY)

### Preface

To maintain Digimatic Head in the utmost serviceable condition, please go through this manual and stick to the instructions given in this manual.

### 1. Introduction

Mitutoyo Digimatic Head is a LSI based LCD (liquid crystal display) type of micrometer head. The head is capable of indicating up to 0.001mm (.0001") on the self-contained display.

To facilitate measuring, buttons for operation are placed just beside the display and provides all necessary operations; power ON/OFF, ZERO setting, direction change and MM/INCH conversion.

Two kinds of heads, for X-axis and for Y-axis, are available according to the reading direction, therefore they are quite suitable for two dimensional measuring device such as microstage of a profile projector.

Digimatic Head is a cordless dry battery type and well devised against interference noise for easy installation on various types of measuring equipments to ensure stable measurement even in a workshop.

#### ① LCD Display

Measurements are shown up here to 0.001mm (.0001") in the range of 5 digits with or without minus(-) sign. Overspeed of the spindle displacement and voltage drop of the dry batteries are indicated "88.888" and  $\square$  respectively.

#### ② Power ON/OFF Switch

This switch turns the power ON and OFF reciprocally.

#### ③ ZERO Reset Button

Pressing this button will clear the display to all-zero indication and will release it from alarm condition of "88 888"

## CONTENTS

Preface	.....
1. Introduction	.....
2. Nomenclature and Functions	.....
3. How to Use	.....
3-1 Precautions	.....
3-2 Application of Digimatic Head on a Profile Projector	.....
4. Battery Replacement	.....
5. Specifications	.....

#### ④ Direction Switch

Counting direction is changeable by this switch. At power on, up-counting is available in spindle retracting direction and when you press this switch down-counting is available in that direction.

#### ⑤ MM/INCH Conversion Switch

At power on, metric indication is displayed and when you press this switch English (inch) indication will shown up.

### 3. How to Use

Digimatic Head is a high precision electronics applied micrometer head and accordingly, must be treated with care, observing the following points.

#### 3-1 Precautions

- (1) Install the Digimatic Head in a well ventilated place, avoiding direct sun-light and hot draft.
- (2) Do not expose the head to cutting oil, coolant, and dust. Take measures against those as necessary.
- (3) Digimatic head is an assembly of precision parts and should be kept free from vibration and shock. Never attempt to disassemble the head unless otherwise specified.
- (4) For accurate measurements, the ambient temperature must be kept constant at around 20°C (the standard temperature).
- (5) When you store it, be sure to take the dry batteries off the battery case.
- (6) Never use lacquer thinner or benzine for cleaning.
- (7) Though measures are taken against interference noise, it is recommended to keep the head away from the noise generator such as relay contact of high currency.
- (8) Reference lines are given on the spindle, showing the limits of the spindle travel. Do not advance or retract the spindle exceeding these lines. See Fig. 2.
- (9) Hold the head by the stem so that the clamping force is applied evenly on and along the circumference of the stem as shown in Fig. 3.

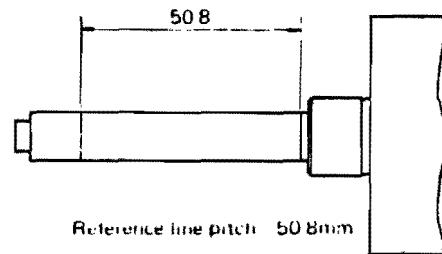


Fig. 2 Spindle travel must be limited within the two reference lines, right and left.

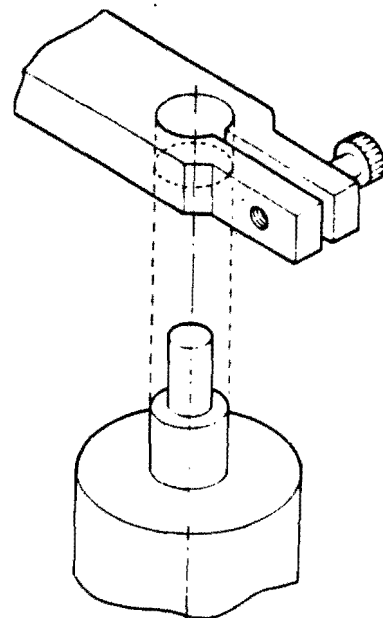
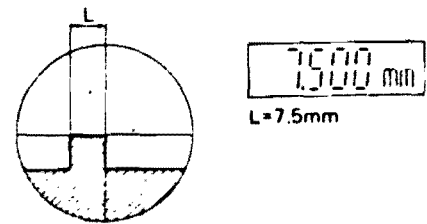


Fig. 3 Holding the head by the stem

### 3-2 Application of Digimatic Head on a profile projector

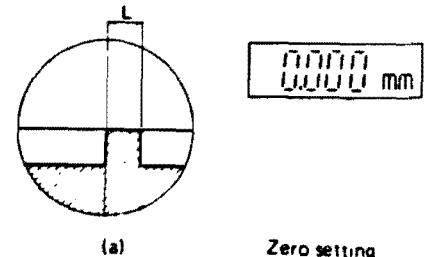
- ① Attach Digimatic Heads firmly on the micro-stage of the profile projector.
- ② Place the workpiece on the stage and align the reference edge of the workpiece to the hair line of the projection screen as shown in Fig. 4-a.
- ③ Press the ZERO button of the head to reset the display to zero.
- ④ Feed the head until the other reference edge of the workpiece coincides with the hair line (Fig. 4-b). The value shown upon the display at this time is the length of the workpiece measured.

In the conventional micrometer head, measurements must be made by taking reading of the thimble twice; and the difference between the two is to be calculated. This bother can be avoided by Digimatic Heads and human error involved in taking reading of graduations and calculating are eliminated.



(b) Taking of counter reading

Application



(a) Zero setting

Fig. 4

### 4. Battery Replacement

Use 3 pieces of AM-3 alkali-manganese (or manganese) batteries. When the batteries are exhausted, error message **B** is displayed. In this case, replace all three batteries.

#### How to replace the batteries

- ① Turn off the power switch and pull off the battery cover in the arrow marked direction by slightly pressing the cover. See Fig 5. The battery cover is located on the bottom side of the body.
- ② Replace three batteries according to the marks on the case. Inserting minus(-) side of the battery first is recommended.
- ③ Put the battery case cover on the body again.

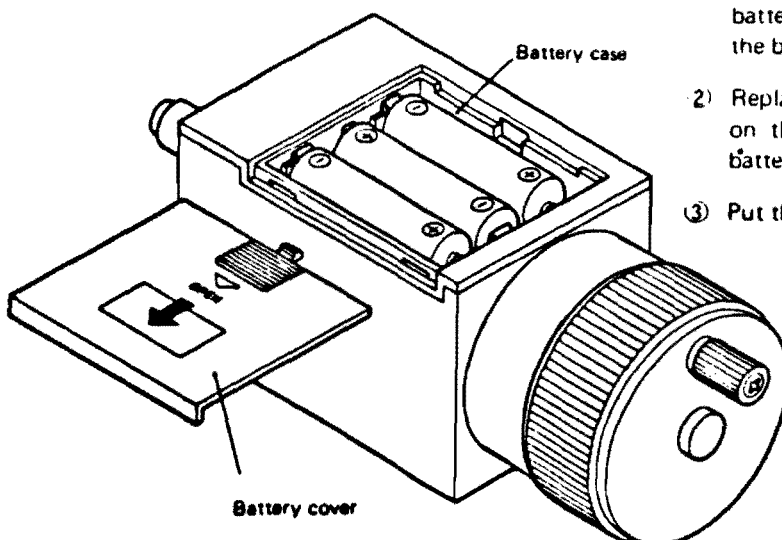


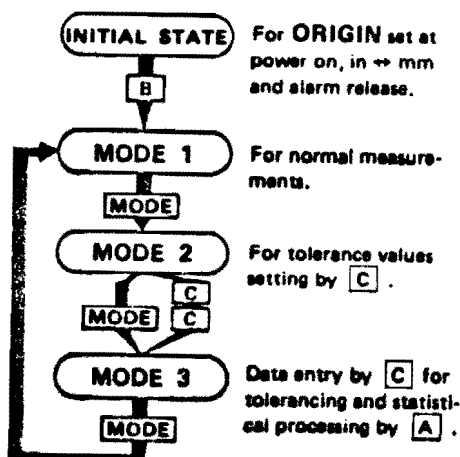
Fig. 5 Battery replacement

## 5. Specifications

Code No.	164-133	164-134	164-135	164-136
Model No.	MHD-50DX	MHD-50DY	MHD-2"DX	MHD-2"DY
Measuring Range	0-50mm		0-50mm/0-2"	
Resolution	0.001mm		0.001mm/0.001"	
Accuracy	±3μm(excluding quantizing error)			
Quantizing error	1 count			
Display	LCD 5 digits, minus (-), [B]			
Spindle	non-rotating type			
Measuring face	with carbide tip(Flatness 0.3μm)			
Zero setting function	possible with push button			
Direction changing function	possible with push button			
MM/INCH conversion function	without		with	
Alarm function	"88.888" is displayed			
Voltage down alarm	by [B] signal			
Ambient temperature (service)	0 - 40°C			
Ambient temperature (storage)	-10 - 60°C			
Power source	Three AM-3 dry batteries			
Battery life (20°C)	*800 hours continuously			
Weight	800 g (including batteries)			

\* When you use manganese batteries UM 3, the battery life is 480 hours.

### 293 DIGIMATIC MICROMETER FUNCTION OF KEYS



	A	B	C
		<b>ORIGIN</b> setting. Presets the min. value of range on the display.	
For <b>ABSOLUTE</b> value recall from the origin.		<b>ZERO</b> setting for comparative measurements. Alarm release.	<b>HOLD</b> and release of indication.
For <b>ABSOLUTE</b> value recall from the origin.		<b>ZERO</b> setting for comparative measurements. Alarm release.	<b>TOLERANCE</b> values (indicated) entry.
For indication of $n \rightarrow U \rightarrow L \rightarrow \bar{x} \rightarrow \sigma$ . Print out.		<b>CLEAR</b> of statistical data. Alarm release.	<b>DATA</b> entry for tolerancing and statistical processing. Print out.

**MITUTOYO**

Printed in Japan  
0138307 J KAL