

# Het bepalen van de standaardafwijking van de beitelbeweging van het kraswerk van de verdeelmachine

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

Beekmans, W. J., & Struik, K. G. (1974). *Het bepalen van de standaardafwijking van de beitelbeweging van het kraswerk van de verdeelmachine*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Laboratorium voor mechanische technologie en werkplaatstechniek : WT rapporten; Vol. WT0340). Technische Hogeschool Eindhoven.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1974

**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.



rapport van de sectie: Lengtemeting

titel: Het bepalen van de standaardafwijking van de beetelbeweging van het kraswerk van de verdeelmaschine.

auteur(s): W. J. Beekmans -  
K. G. Struik.

codering:

trefwoord:

sectieleider: P. H. J. Schellekens.

lector  
hoogleraar: Drs. J. Koning

samenvatting

In het Laboratorium voor Lengtemeting is een verdeelmaschine ontworpen om streeplinealen te vervaardigen. Deze verdeelmaschine bevat een kraswerk dat met kruisscharnieren bestaande uit bladveren is uitgevoerd. Van dit kraswerk is de axiale beetelverplaatsing gemeten. Uit deze metingen is de standaardafwijking van de beweging van het kraswerk bepaald.

prognose

Het verdient aanbeveling om dit onderzoek voort te zetten om de systematische afwijking van de beweging van het kraswerk te bepalen.

datum:

15-10-1974

aantal blz.

11

geschikt voor publicatie in:

## INLEIDING.

De verdeelmachine is een machine die in het laboratorium voor lengtemeting ontworpen is met het doel om streeplineaalen te vervaardigen met een onnauwkeurigheid  $\leq 1 \mu\text{m}$ . Een onderdeel van de verdeelmachine is het kraswerk. Het kraswerk bevat de beitelhouder met de beitel, waarmee de strepen in de lineaal getrokken worden (zie fig. 3). De lineaal wordt d.m.v. een stappenmotor en een servomotor zo goed mogelijk over een afstand van 1 mm verplaatst. Hierna wordt door de beitel een streep op de lineaal gekrast in een richting loodrecht op de bewegingsrichting; deze handelwijze wordt ongeveer 1000 x herhaald. De beitel beschrijft daarbij een elliptische baan die in een vlak loodrecht op de bewegingsrichting van de lineaal ligt. De elliptische baan wordt onderbroken gedurende de tijd dat een streep getrokken wordt, omdat de beitel dan contact maakt met de lineaal en met een instelbare kracht over het werkstuk glijdt. Wij zijn geïnteresseerd in de axiale verplaatsing (dit is de verplaatsing in de lengterichting van de verdeelmachine) van de beitel gedurende het krassen omdat een dergelijke verplaatsing de nauwkeurigheid van de streepverdeling ongunstig beïnvloedt. Daar het onmogelijk is deze beitelverplaatsing direkt te meten hebben we een hulpstuk (zie fig. 2a) gemaakt dat op de beitelhouder bevestigd wordt. Op dit hulpstuk wordt met behulp van dubbelklevende plakband een eindmaat bevestigd die d.m.v. een justeerinrichting die in het hulpstuk aanwezig is, zo ingesteld wordt dat het vlak van de eindmaat evenwijdig is aan de beitelbaan. Door nu een taster op de eindmaat te plaatsen meten we de axiale verplaatsing van de eindmaat. Deze verplaatsing is dan tevens de te meten axiale beitelverplaatsing.

De meting kan gebeuren door de eindmaat zodanig te justeren dat de verplaatsing die door de Tesa-meter wordt gemeten minimaal is, het vlak van de eindmaat fungeert dan a.h.w. als een t.o.v. de beitelbaan "best passend vlak". De later in dit verslag beschreven metingen zijn gebeurd door registratie van de baan t.o.v. dit "best passend vlak".

In de praktijk is een iets andere justermethode gebruikt, die verband houdt met de andere, voor het gebruik van de verdeelmachine noodzakelijke justages; voor de beschreven metingen is dit van geen belang.

HET METEN VAN DE AXIALE BEITELVERPLAATSING.

Voor het meten van de axiale beetelverplaatsing gedurende één bewegingscyclus van de beetel is gebruik gemaakt van de meetopstelling zoals die in fig. 2 schematisch is weergegeven. De tesaopnemer met de Hottinger brug zijn tevoren geijkt. De ijkopstelling is weergegeven in fig. 1. De ijprocedure staat onder fig. 1. beschreven.

Met de X-Y schrijver zijn 16 beetelbewegingen geregistreerd gedurende ± 15 minuten. De verschillen de registraties zijn geschied met een willekeurig tijdsinterval tussen twee opeenvolgende waarnemingen (zie grafiek 1).

Vervolgens zijn 10 beetelkrommen achter elkaar opgenomen (zie grafiek 2).

DE MEETRESULTATEN.

Aan de hand van grafiek 1 is tabel I samengesteld. Bij iedere registratie van de beetelbaan is in grafiek 1 een nullijn geschreven. Wij kunnen nu voor de 16 waarnemingen de axiale beetelverplaatsing in ieder willekeurig punt van de beetelbaan uit deze grafiek opmeten. (153 mm op het grafiekpapier komt overeen met 5 µm axiale verplaatsing). We hebben dit voor vijf punten (de punten I, II, III, IV, V) uitgewerkt in tabel I.

I = het punt waar begonnen wordt met krassen  
 V = het eindpunt van de krasperiode  
 II, III en IV zijn punten die op onderling gelijke afstanden tussen de punten I en V liggen.

Met behulp van een statistische rekenmethode kunnen we voor ieder punt de standaardafwijking S van de plaatselijke axiale verplaatsing bepalen. Er geldt de volgende formule:

$$S = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{X} - X_i)^2 \quad \text{waarin:}$$

- n = aantal waarnemingen (16)
- $\bar{X}$  = gemiddelde waarneming in één punt ( $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$ )
- $X_i$  = i de waarneming
- i = indexnummer (1, 2, 3, ..., 16)

De waarden voor  $\bar{x}$  en  $s$  in de punten I t/m IV staan in tabel I vermeld.

Uit de vijf waarden van  $s$  ( $s_I, s_{II}, s_{III}, s_{IV}$  en  $s_V$ ) kunnen we een gemiddelde standaardafwijking bepalen.

$$s_{\text{gemiddeld}} = \frac{s_I + s_{II} + s_{III} + s_{IV} + s_V}{5} = 2,10 \text{ mm grafischpapier} =$$

$$= 2,10 \times \frac{5}{153} = 0,071 \mu\text{m} = \underline{71 \text{ nm}}$$

Volgens de statistiek liggen 95% van de waarnemingen tussen  $\bar{x} - 2s$  en  $\bar{x} + 2s$ . De totale breedte van de band van waarnemingen is dus  $4s = 4 \times 71 = 284 \text{ nm}$ .

Volgens grafiek 2 (waar op enkele punten getallen staan vermeld die de bandbreedte in mm grafischpapier weergeven) klopt dit aardig met de werkelijkheid.

(32 mm grafischpapier =  $32 \times \frac{1}{153} \times 1000 = 244 \text{ nm}$ ).

In grafiek 3 zijn de gemiddelde waarnemingen in de bekeken vijf punten uitgezet en de waarden voor  $\bar{x} \pm s$  en  $\bar{x} \pm 2s$  zijn eveneens aangegeven.

### OPMERKINGEN:

Bij de door ons toegepaste meetopstelling introduceren we een fout doordat we een mechanische taster, die een bepaalde (kleine) meetkracht op het te meten object uitoefent, gebruiken. De baan die de eindmaat (waar de taster op drukt) wordt hierdoor beïnvloed. Het is vanzelfsprekend beter om te axiale beweging contactloos te meten. Een apparaat waarmee dit te realiseren is is de FOTONIC SENSOR. Het principe van het meetsysteem van de fotonic sensor beruht op het uitzenden en weer ontvangen van licht. De voornaamste bouw-elementen zijn de lichtbron, de fotocel en een lichtgeleidende glasvezelkabel. De lichtbron is een speciaal miniatuurlampje (2,5V). De bedrijfs spanning is regelbaar. In het kader van deze opdracht zou het te ver voeren om de axiale verplaatsing ook nog eens met behulp van de FOTONIC SENSOR te meten. Het moet echter mogelijk zijn om met dit toestel (dat op de TH aanwezig is) een nauwkeurigere meting van de verplaatsing te verrichten dan met de meting, die hierboven beschreven is, mogelijk. De axiale beetverplaatsing wordt bepaald door de constructie met de 4 kruisscharnieren, die door middel van bladveren gemaakt zijn. We zullen dus deze constructie onderdelen moeten verbeteren om een nog kleinere axiale beetverplaatsing te krijgen, indien dit tenminste mogelijk is. Over het elastische gedrag van de toegepaste kruisscharnier constructie is namelijk nog niet veel bekend.

Bij interferometrische controle van de vlakheid van de eindmaat is gebleken dat deze beter is dan  $0,1 \mu\text{m}$ .

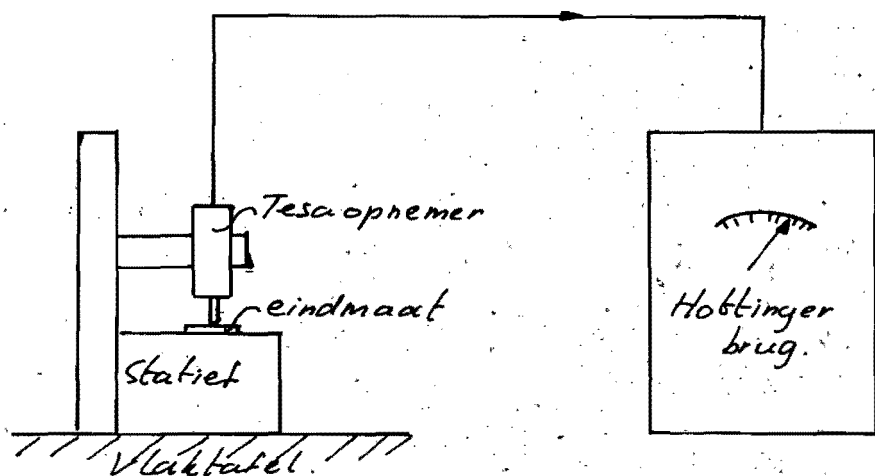


Fig 1. Opstelling voor hetijken van de Tesaopnemer.

Ijkeprocedure: Stel de Hottingerbrug zo uit dat de volle schaaluitslag (=50 schaaldelen) overeenkomt met een verplaatsing van  $5\ \mu\text{m}$ .

Leg achtereenvolgens de volgende eindmaten onder de tesa opnemer op het statief:

1.001, 1.002, 1.004, 1.008, 1.009 en 1.010 mm.

Noteer telkens de uitslag van de Hottingerbrug.

Deze uitslagen waren achtereenvolgens: 0, 10, 31, 72, 84 en 93. Dit komt overeen met resp. 0, 1, 3.1, 7.2, 8.4 en 9.3  $\mu\text{m}$ .

De werkelijke maatverschillen zouden moeten zijn: 0, 1, 3, 7, 8 en 9  $\mu\text{m}$ .

De combinatie tesaopnemer - Hottingerbrug geeft dus bij kleine verplaatsingen ( $\leq 3\ \mu\text{m}$ ) een te verwaarlozen afwijking.

De verplaatsingen die met de opnemer gemeten gaan worden zijn van de zelfde orde van grootte.

De tesaopnemer met Hottingerbrug is dus goed bruikbaar voor het meten van dergelijke kleine verplaatsingen.

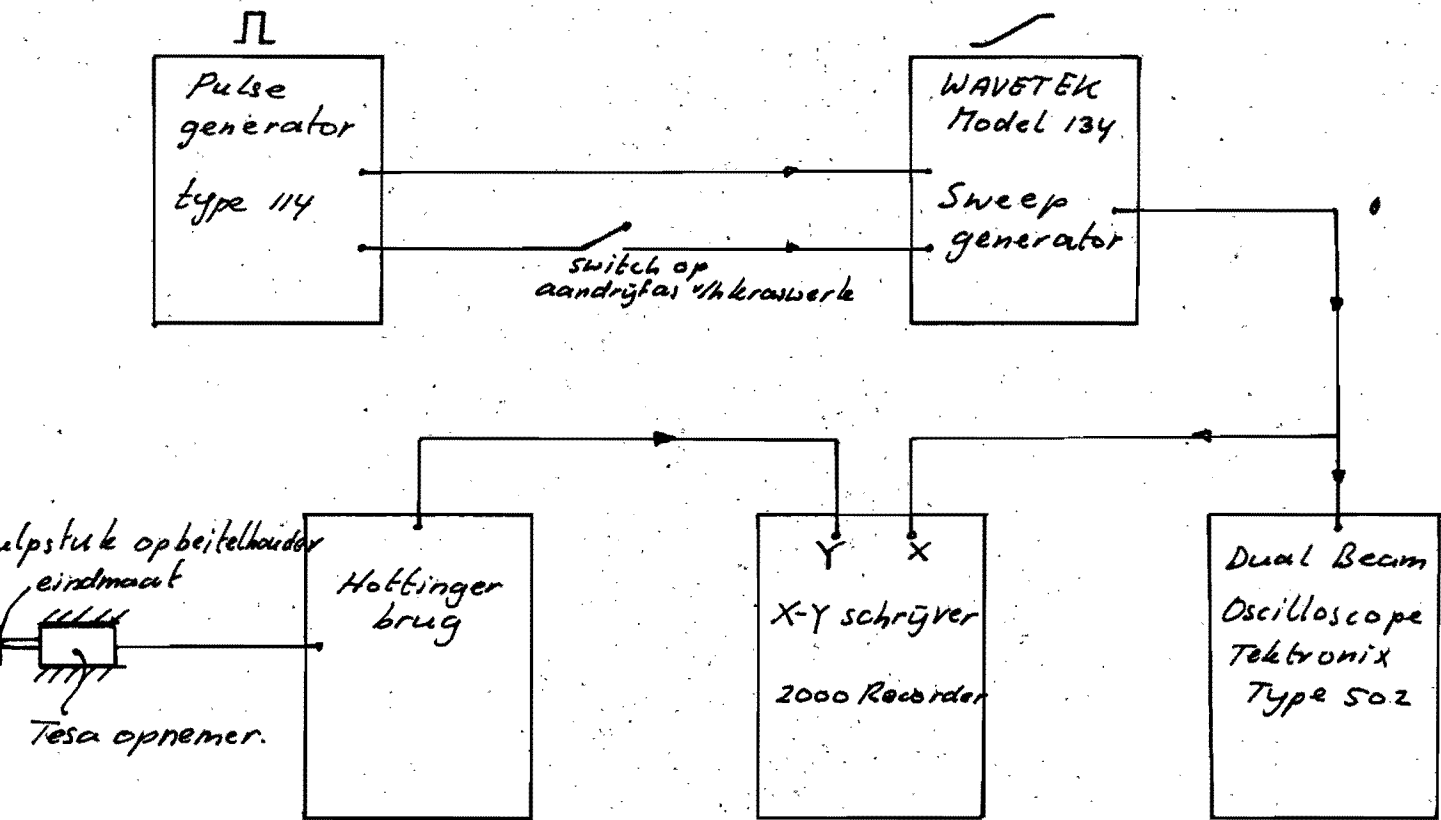


Fig 2 Schematische Meetopstelling voor het meten van de axiale verplaatsing van de beitelhouder.

N.B. In serie met de X-Y schrijver kan ook nog een Transistor Power Supply Type AS 757.2 geschakeld worden. Dit toestel zorgt ervoor dat de krommen die door de X-Y schrijver geregistreerd worden telkens op dezelfde verticale afstand van elkaar geschreven worden. De eindmaat is m.b.v. het hulpstuk aanwezige stelschroeven justeerbaar. De positie van de eindmaat is ingesteld m.b.v. een autocollimator, die op het bed van de verdeelmachine staat.

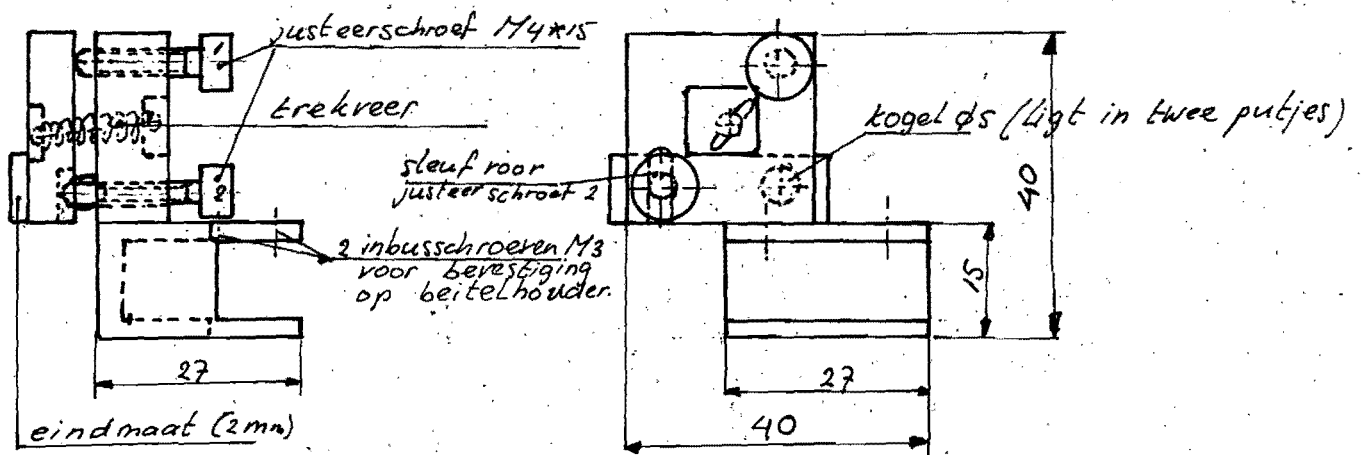


Fig 2<sup>a</sup>: Aluminium hulpstuk voor bevestiging van de instel eindmaat op de beitelhoeder.



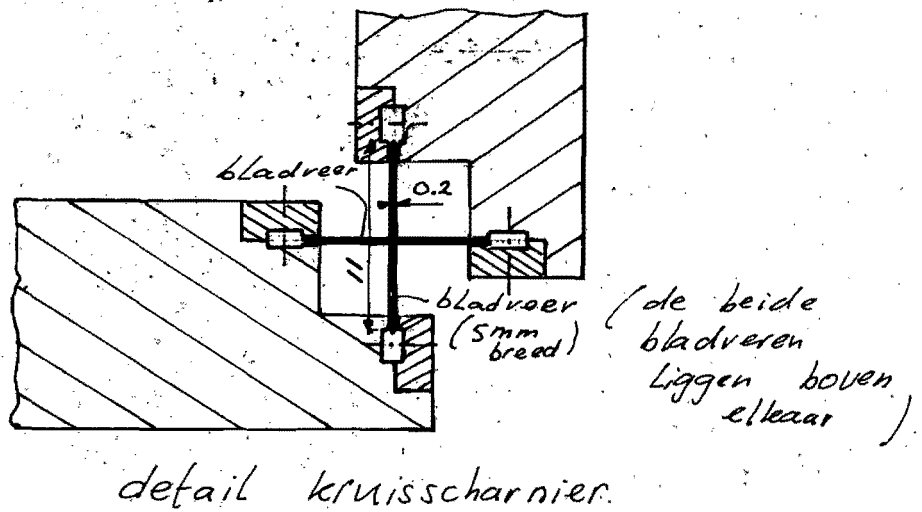
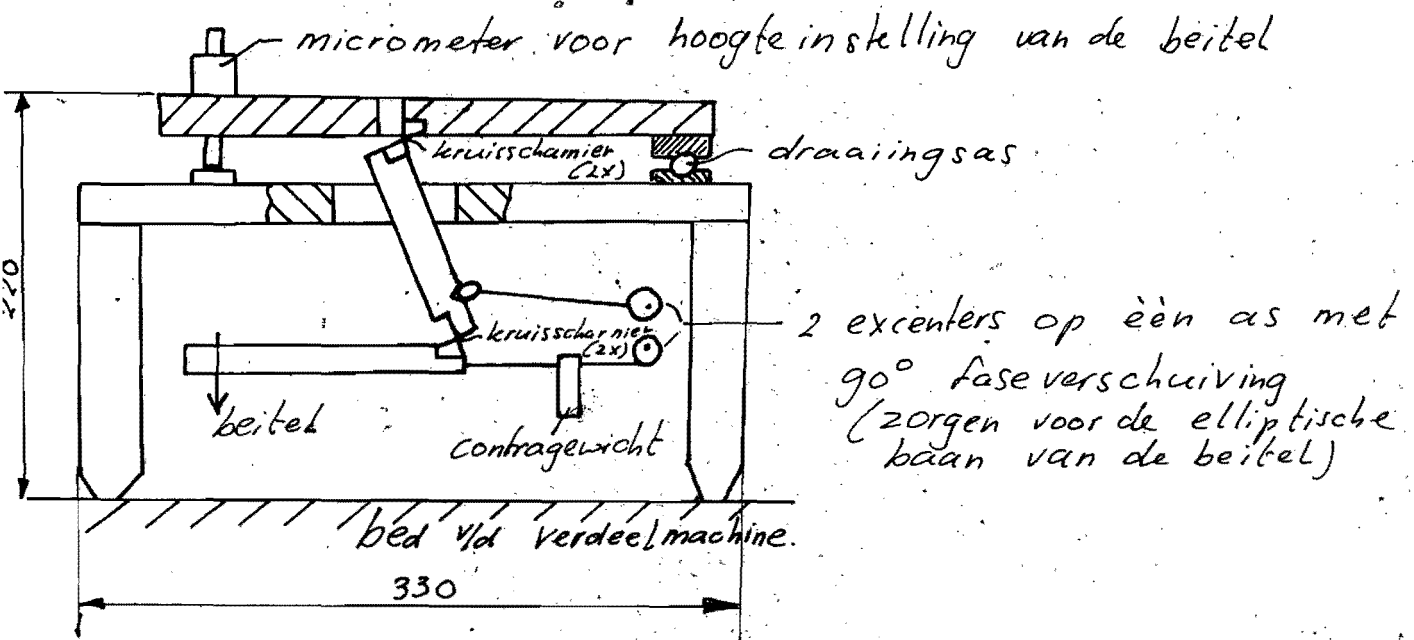
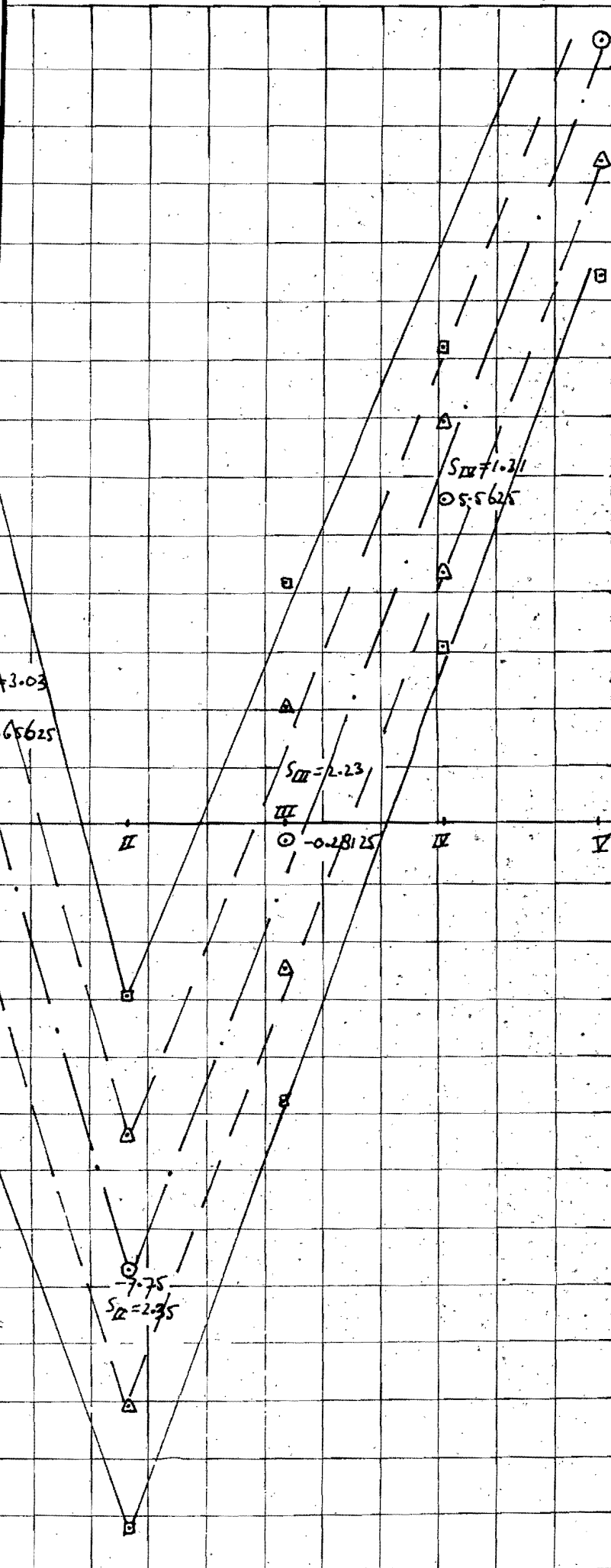


Fig 3. PRINCIPESCHETS VAN HET KRASWERK VAN DE VERDEELMACHINE.



13.46875  
SD = 2.00

SII = 1.31  
5.5625

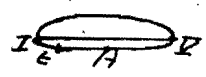
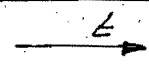
SIII = 2.23

SII = 0.28125

7.75  
SD = 2.75

- =  $\bar{X}$
- △ =  $\bar{X} \pm S$
- =  $\bar{X} \pm 2S$

153 mm  $\hat{=}$  5  $\mu$ m



Axiale beitelverplaatsing  
tijdens de lensperiode (A)

plaats nr meting	I		II		III		IV		V	
	$x_i$	$(\bar{x} - x_i)^2$	$x_i$	$(\bar{x} - x_i)^2$	$x_i$	$(\bar{x} - x_i)^2$	$x_i$	$(\bar{x} - x_i)^2$	$x_i$	$(\bar{x} - x_i)^2$
1	1.5	0.024414	-10.5	7.5625	-1.5	1.4853515	6.5	0.8789062	17	12.4697265
2	5	11.180664	-10	6.25	4	18.3291015	6.5	0.8789062	13.5	0.0009765
3	3.5	3.399414	-9.5	3.0625	1	1.6416015	7	2.0664062	15	2.3447265
4	2.5	0.711914	-7	0.5625	-2	2.9541015	5.5	0.0039062	15.5	4.1259765
5	3.5	3.399414	-6	3.0625	-2.5	4.9228515	6	0.1914062	14	0.2822265
6	2	0.118164	-6.5	1.5625	+1.5	3.1728515	7	2.0664062	12	2.1572265
7	0.5	1.336914	-11	10.5625	-4.5	17.7978515	4	2.4414062	11	6.0947265
8	1.0	0.430664	-7	0.5625	0.5	0.6103515	4.5	1.2289062	9	19.9697265
9	3	1.805664	-3.5	10.0625	1.5	3.1728515	7	2.0664062	14	0.2822265
10	-4	31.993164	-8.5	0.5625	0	0.0791015	6	0.1914062	13	0.2197265
11	-1	7.055664	-9.5	3.0625	1.5	3.1728515	4	2.4414062	11	6.0947265
12	-1	7.055664	-9	1.5625	-2.5	4.9228515	3	6.5664062	12.5	0.9384765
13	+7.5	34.149414	-9	1.5625	-1.5	1.4853515	4	2.4414062	15	2.3447265
14	+5.5	14.774414	-8	0.0625	-2.5	4.9228515	7	2.0664062	14	0.2822265
15	-1	7.055664	-4.5	10.5625	0.5	0.6103515	5	0.3164062	14	0.2822265
16	-2	13.368164	-4.5	10.5625	2	5.2041015	6	0.1914062	15	2.3447265
$\bar{x}$	+1.65625		-7.75		-0.28125		+5.5625		13.46875	
$\sum_{i=1}^{16} (\bar{x} - x_i)^2$	137.859374		79.1875		74.484374		25.9374994		60.234374	
$s^2$	9.190625		5.5279167		4.9656249		1.7291667		4.0156249	
$s$	3.03		2.35		2.23		1.31		2.00	

TABEL I. Axiale verplaatsing van de beitels met de daarbij behorende statistische bewerkingen.

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

$n = 16$

De waarnemingen  $x_i$  staan in mm.

153 mm  $\pm$  5  $\mu$ m (zie grafiek 1).