

Rechtgeleiding voor ruwheidsmeting

Citation for published version (APA):

Schout, A. R. C. (1977). *Rechtgeleiding voor ruwheidsmeting*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Laboratorium voor mechanische technologie en werkplaatstechniek : WT rapporten; Vol. WT0414). Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1977

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

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.



technische hogeschool eindhoven
vakgroep produktietechnologie

blz. van blz.
PT rapport nr. 414

rapport van de sectie: **Lengtemeting**

titel:

Rechtgeleiding voor ruwheidsmeting.

codering:

auteur(s):

ing. A.R.C. Schout.

trefwoord:

Rechtgeleiding

sectieleider: ing. P.H.J. Schellekens.

hoogleraar: lektor: drs. J. Koning.

samenvatting

1. Onderzoek van rechtgeleidingen.
2. Beschouwing van de rechtgeleiding uit de Taly-surf 4. (hfst. 5).
3. Optimalisering van de Taly-surf 4 rechtgeleiding. (hfst. 5.1 en 5.2).

prognose

datum:

sept. 1977

aantal blz. 34

bijlagen 18

geschikt voor
publicatie in:

Inhoud:

hoofdstuk

no.

1. Het principe van ruweidsmeting m.b.v. een taster.
2. Eisen aan de rechtgeleiding voor een ruweidsmeter.
3. Een overzicht van de beschouwde rechtgeleidingen om tot een gefundeerde keuze te komen.
4. Bespreking van de genoemde soorten rechtgeleiding.
5. Beschouwing en optimalisering van het stangenmechanisme uit de Taly-surf 4.
6. Literatuur.

Verslag van een stage bij de sectie lengtemeting van de
T.H. Eindhoven
afd. Werktuigbouwkunde.
in het kader van een I-1 opdracht.

Door A.R.C. Schout.

Opdracht:

Onderzoeken en eventueel konstrueren van een rechtgeleiding,
die geschikt is voor de aandrijving van de taster van
een ruwheidsmeter.

Deze meter moet geschikt zijn voor het aftasten van erg
gladde oppervlakken met ruwheidswaarden tot:

R_t waarde 25 nm.

R_a waarde 3 nm.

Een meetlengte van ongeveer 10 mm is gewenst.

De meting moet reproduceerbaar zijn en de plaats van de
taster dient kontinu bekend te zijn.

Met dank voor:

Begeleiding:	ing. K.G. Struik.
Adviezen:	drs. J. Koning.
Metingen:	A.G. de Gilde.
Plotprogramma:	drs. N. Touwen.
Vervaardiging rechtgeleiding met elastische elementen:	G. v.d. Molengraft.

1. Het principe van ruweidsmeting m.b.v. een taster.

De ruwheid kan op 2 manieren worden bepaald.

- a) De taster wordt over het oppervlak getrokken en kan verplaatsingen in eigen axiale richting t.o.v. een referentielijn opnemen. (figuur 1.1.). Afwijkingen van de tasteraandrijving t.o.v. een rechte hebben nu (bijna) geen invloed. Het uitrichten van de referentielijn is echter vrij lastig.

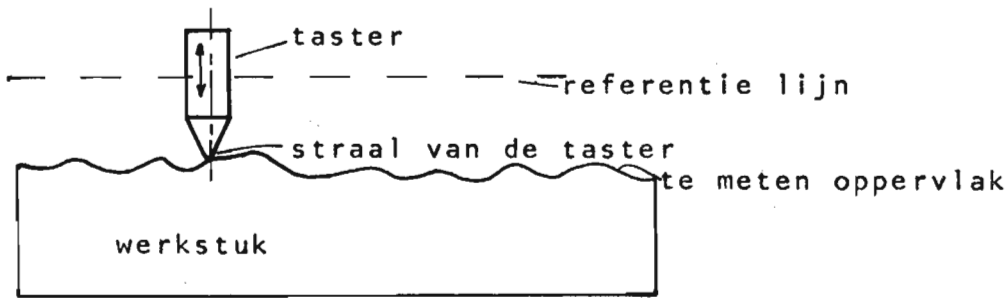
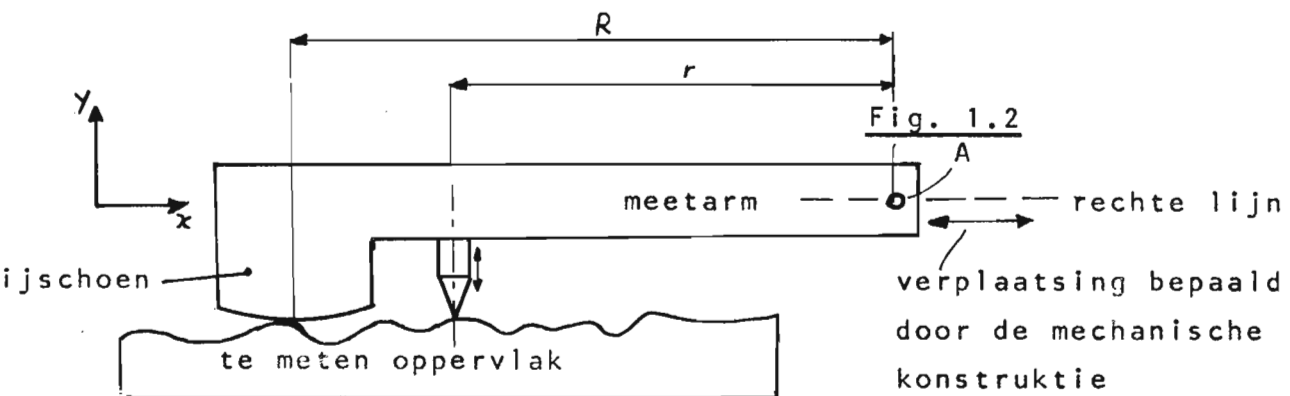


Fig. 1.1

- b) Tasteraandrijving plus een glij schoen bepalen de referentie ten opzichte waarvan gemeten wordt. (fig. 1.2.)



De glij schoen beweegt over het oppervlak. Nu wordt elke afwijking van punt A t.o.v. een rechte lijn door de taster als een oneffenheid van het oppervlak beschouwd.

Een afwijking bij A wordt door de taster gemeten met een vergrotingsfaktor $\frac{R-r}{R}$.

$$dy_A \times \frac{R-r}{R} = dy_{taster}$$

Omdat $\frac{R - r}{R}$ veel kleiner dan 1 gekonstrueerd kan worden

heeft het gebruik van een meetarm zoals bij de Taly-surf 4 grote voordelen.

Bij de Taly-surf 4 is $\frac{R - r}{R} \approx \frac{1}{60}$.

Voor ruweids meting worden oneffenheden met een golflengte groter dan de cut-off lengte slechts gedeeltelijk als ruweid aangemerkt.

Bij de Taly-surf 4 is de gebruikte cut-off lengte meestal 0,8 mm.

De glijschoen volgt dus de langere golven (vorm) en de taster volgt het oppervlak; dit levert het ruweidssignaal. Met behulp van de elektronika wordt het ruweidssignaal verder verwerkt.

Deze gemeten waarden worden gebruikt om allerlei soorten ruweidswaarden uit te rekenen.

Met de standaard uitrusting van de Taly-surf 4 kan alleen de R_a -waarde bepaald worden.

Ook is het mogelijk het verkregen ruweidssignaal in een ponsband vast te leggen, en met behulp van de rekenmachine verschillende ruweidsparameters te berekenen.

2. Eisen aan de rechtgeleiding voor een ruweidmeter.

1a. De meetarm moet bij punt A rechtlijnig bewegen.
Een afwijking bij A van bijvoorbeeld $1 \mu\text{m}$ levert bij de taster al $\frac{1}{60} = 0,016 \mu\text{m}$ afwijking op.

De wens om R_t -waarden tot 25 nm te kunnen meten maakt het noodzakelijk om deze afwijking als maximum toelaatbare te nemen.

1b. Oorspronkelijk was de rechtlijnigheid van de beweging als eis gesteld.

Met behulp van de komputer zijn echter zodanig korrekties aan te brengen dat het voldoende kan zijn om een goed bekende beweging bij A toe te laten.

2. Er mogen geen (onbekende) veranderingen in de kracht optreden waarmee de taster op het werkstuk drukt.

3. De beweging moet soepel verlopen.

4. De slag moet ongeveer 10 mm bedragen.

3. Een overzicht van de beschouwde rechtgeleidingen om tot een gefundeerde keuze te komen.

3.1.a. Vlakke platen (b.v. geslepen metaal, optisch glad glas e.d.).

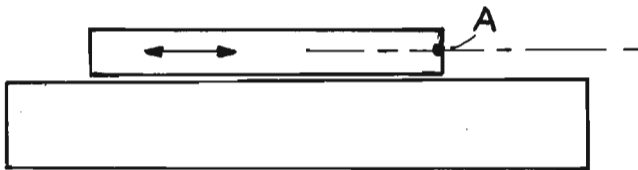


Fig. 3.1.

punt A is het bevestigingspunt van de meetarm.

b. Vlakke plaat zou als referentie vlak boven de taster bevestigd kunnen worden zodanig dat de taster tegen dit referentievlak aangedrukt blijft.

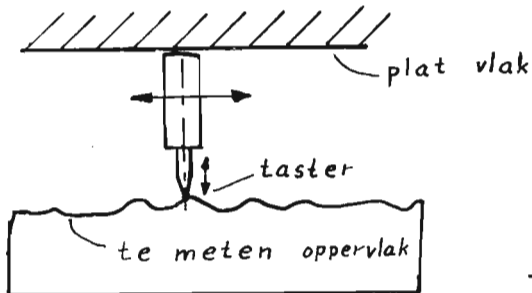


Fig. 3.2.

3.2. Geleiding met kogels en kogelgroeven.

3.3. Aero-statische rechtgeleidingen.

3.4. Hydro-statische rechtgeleidingen.

3.5. Stangen mechanismen.

Hiermee zijn theoretisch erg zuivere rechtgeleidingen te konstrueren.

Scharnieren vormen hier het grote probleem bij de praktische uitvoeringen. Vooral pen-gat verbindingen zijn moeilijk voldoende nauwkeurig te maken.

3.6. Elastische elementen.

Door elastische vervorming van enkele elementen uit de konstruktie wordt een verplaatsing veroorzaakt. Het onderscheid tussen stangenmechanisme en konstruktie met elastische elementen is niet altijd even duidelijk.

Een stangenmechanisme kan bijvoorbeeld met elastische scharnieren uitgevoerd worden omdat deze een betere nauwkeurigheid van plaats kunnen hebben.

Voortaan noemen we het een konstruktie met elastische elementen als de werking van de konstruktie sterk afhankelijk is van de veer karakteristiek van de betreffende elastische elementen.

4. Bespreking van de genoemde soorten rechtgeleiding.

4.1. Vlakke platen.

Hiervoor kan bijvoorbeeld geslepen glas of metaal in aanmerking komen.

Het is goed mogelijk om vlakke platen te maken met een ruwheidswaarde $R_a < 0,1 \mu\text{m}$.

Nadelen o.a.:

- a) Diskontinuiteit van de beweging (slip-stick effect).
- b) Smeerproblemen want een eventuele smering moet met een zeer nauwkeurig bekende dikte van de smeerlaag gebeuren.
- c) Vervuiling van de vlakken, stof heeft normaal gesproken al afmetingen die ver boven de toelaatbare afwijking liggen.
Stofdeeltjes die vrij in de lucht zweven hebben afmetingen tot ongeveer $4 \mu\text{m}$.

Voor uitvoeriger bespreking zie literatuur (Lit.1.).

4.2. Geleiding met kogels en kogelgroeven.

- a) Hierbij kan het smeerprobleem kleiner zijn, maar bijkomende nadelen zijn de afwijkingen in kogels en kogelgroeven.

De vereiste nauwkeurigheid lijkt niet haalbaar.

- b) Vervuiling mag ook hier niet optreden.

4.3. Aero-statische rechtgeleiding.

Deze heeft het principe van een zelfzoekende evenwichtspositie.

Deze evenwichtspositie is wel een stabiel evenwicht, maar trilling om de evenwichtspositie is niet te vermijden.

Voorbeelden van mogelijke uitvoeringsvormen.

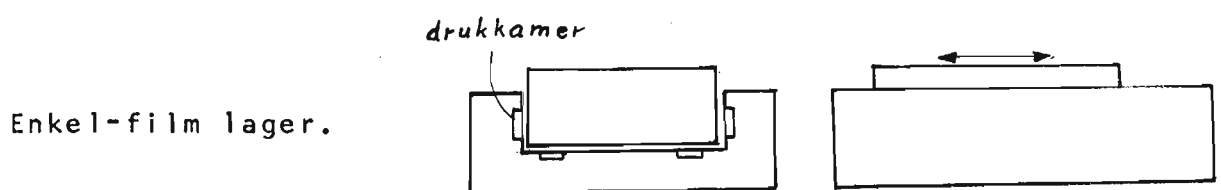


fig. 4.1.

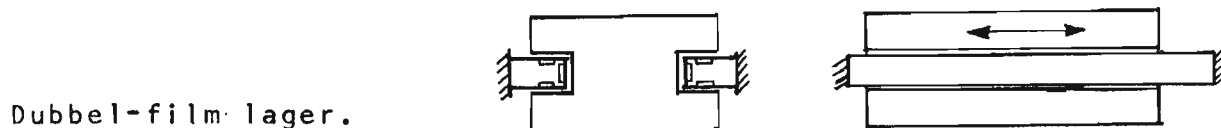


fig. 4.2.

Vanwege de veel mindere stabiliteit komt het enkel-film lager voor onze toepassing niet in aanmerking.

Verminderen van de trillingen om de evenwichtspositie is mogelijk door verkleinen van de speling.

De trillingen blijven echter een probleem omdat hun invloed op de metingen moeilijk te voorspellen is en bij het meten van de ruwheid een moeilijk te bepalen grootte.

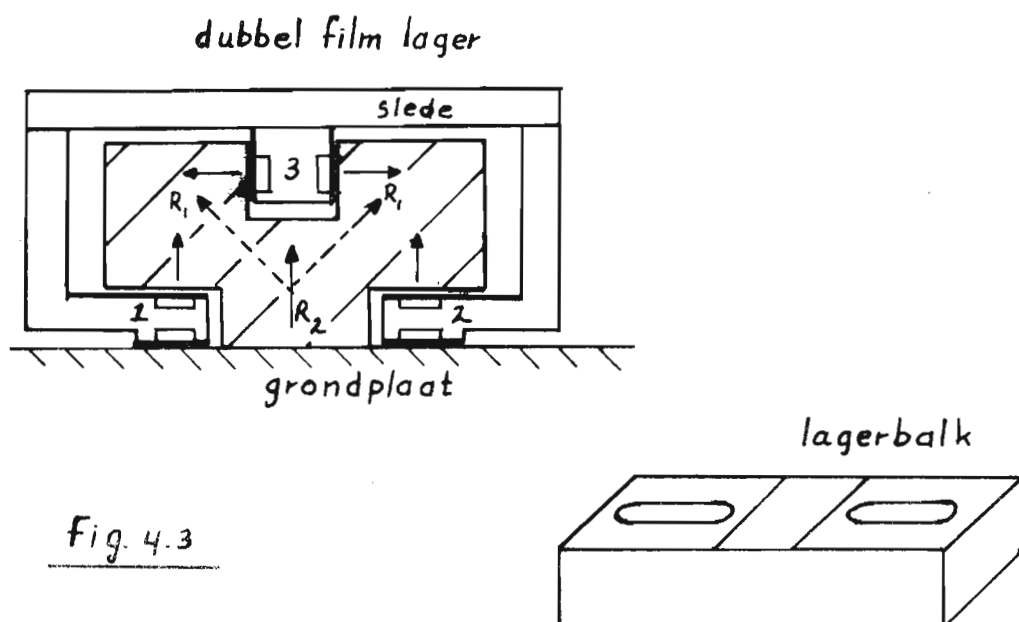
4.4. Hydro-statische rechtgeleiding.

a) Ook hierbij is het trillen om de evenwichtspositie mogelijk.

Het grote voordeel van hydro-statische lagering t.o.v. aero-statische is de grote demping die de olie veroorzaakt. Door deze demping is de hydro-statische geleiding veel stabielere.

b) De draagkracht van hydro-statische geleidingen is veel groter dan die bij aero-statische.

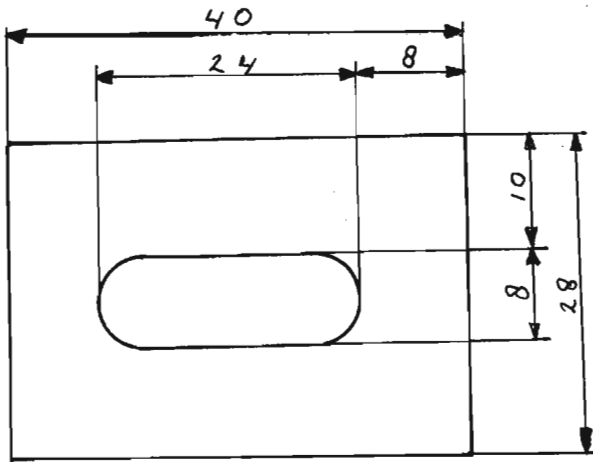
(Fig. 4.3.) Hydrostatisch dubbel-film lager zodanig gekonstrueerd dat er geen momenten in de lagerbalken optreden. Resultante is R_2 .
1,2,3 zijn lagerbalken.



4.4.1. Een berekening voor een hydrostatisch dubbel-film lager.

Voor uitvoeriger berekening en meer informatie zie:
polytechnisch tijdschrift 1-3-1968, blz 187. (Lit.2).

De afmetingen van een enkel lagervlak zijn zodanig
gekozen, dat de totale konstruktie redelijk kompakt
kan worden.



enkel lagervlakje

Fig. 4.4.

Effektief lageroppervlak: A_e (per lagerbalk).

$$A_e = (10 + 8) \times (8 + 24) = 576 \text{ mm}^2 = 576 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2.$$

Lagervorm konstante: β .

$$\beta = \frac{18}{6 \times 8} + \frac{32}{6 \times 10} = 0,91$$

Omtrekstromingsfaktor : γ

$$\gamma = 0$$

Oliedruk P_s .

$$\text{Stel } P_s = 20 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

Stel dat we een lager met m.d.r. (membraan dubbel restriktie) gebruiken.

Dit blijkt namelijk voor de meeste toepassingen een veel grotere stijfheid op te leveren dan een lager met gewone restriktie.

Drukgetal B .

$B = 0,5$ voor lager zonder omtrekstroming.

Lagerstijfheid per balk κ ; voor belastingen kleiner dan $W_{\epsilon=0,01}$.

$$\begin{aligned} \kappa &= 30 \frac{A_e P_s}{h_o} & h_o &= \text{lagerspleethoogte} \\ & & & \text{gesteld op } 20 \mu\text{m} \\ &= 1728 \cdot 10^6 \text{ N/m} & &= 1728 \text{ N}/\mu\text{m} \end{aligned}$$

Voor de hele slede geldt:

Vertikale richting $\kappa_v = 2 \times 1728 = 3456 \text{ N}/\mu\text{m}$.

Horizontale richting $\kappa_h = 1728 \text{ N}/\mu\text{m}$.

Kontrole op de belastinggrootte $W_{\epsilon=0,01}$.

$$W_{\epsilon=0,01} = 0,4 A_e P_s$$

Vertikale richting: $W_{\epsilon=0,01} = 920 \text{ N}$

Horizontale richting $W_{\epsilon=0,01} = 460 \text{ N}$

De belastingen in beide richtingen zullen voor onze doeleinden beslist beneden de berekende $W_{\epsilon=0,01}$ blijven.

Konklusie:

De stijfheid van dit soort hydrostatische lagering moet ruim voldoende kunnen zijn.

De nauwkeurigheid van de rechtgeleiding zal o.a. afhangen van de nauwkeurigheid van de lageroppervlakken, maar zodanig dat de onnauwkeurigheden op de lageroppervlakken dankzij de oliefilm verzwakt worden.

Volgens PT. 16-2-1968 blz 141 is de nauwkeurigheid van de beweging tenminste een faktor 5 beter dan de nauwkeurigheid van de lagervlakken.

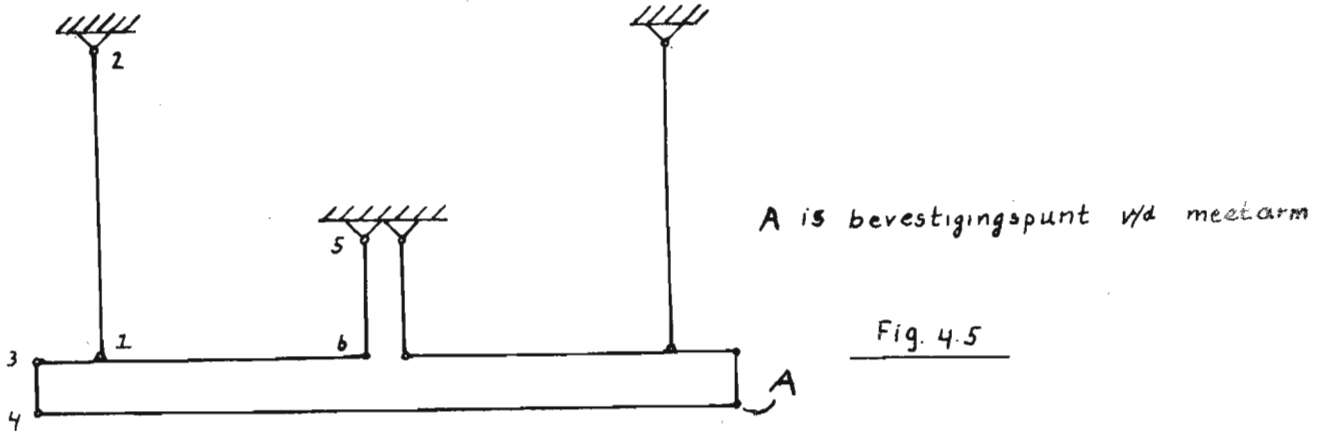
Al deze feiten doen verwachten dat er m.b.v. de hydrostatische lageringen een geschikte rechtgeleiding te maken zal zijn, voor toepassing in de ruwheidsmeters.

Vanwege het vele werk en de nadelen van eksperimenteren met hydraulika in de meetkamer is deze mogelijkheid, in elk geval voorlopig, niet verder onderzocht.

4.5. Stangenmechanismen.

Hiervan worden enkele typen nader bekeken.

4.5.1. Stangenmechanisme van het type dat in de Talysurf 4 de rechtgeleiding verzorgt.



De scharnieren worden bij voorkeur uitgevoerd met elastische elementen, omdat pen-gat verbindingen nogal gevoelig zijn voor vorm- en maatafwijkingen of vervuiling. Scharnieren 1 t/m 4 zijn elastische
5 en 6 zijn kogelscharnieren.

Voor kritische beschouwing van nauwkeurigheid en slag van dit mechanisme en optimalisering van de rechtgeleiding zie hoofdstuk 5.

4.5.2. Stangenmechanisme (2). Zie figuur 4.6.

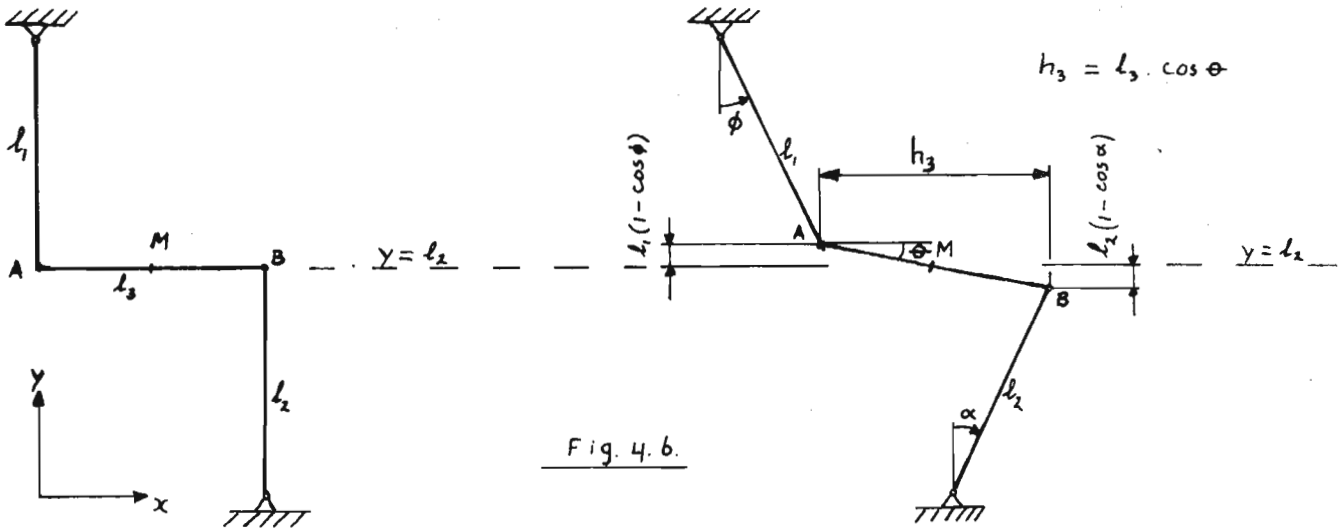


Fig. 4.6.

Kinematika van de rechtgeleiding.

y-koördinaat van M = y_M .

$$y_M = l_2 \cdot \cos \alpha + \frac{l_1 (1 - \cos \phi) + l_2 (1 - \cos \alpha)}{2}$$

Met $l_1 = l_2$.

$$y_M = l_1 \cdot \cos \alpha + l_1 - \frac{l_1}{2} (\cos \alpha + \cos \phi) .$$

$$= \frac{l_1}{2} (\cos \alpha - \cos \phi) + l_1$$

Als $\cos \alpha \neq \cos \phi$ dan $y_M \neq l_1$

Omdat $h_3 < l_3$ is punt A meer in x-richting verplaatst dan B; dus $\phi > \alpha$.

dus $y_M > l_1$ als α positief.

Konklusie:

Het punt M in deze konstruktie beschrijft een benaderde rechte.

Om α in ϕ uit te drukken gelden de volgende formules.

Vertikaal:

$$l_1 + l_2 - l_1 \cdot \cos\phi - l_2 \cdot \cos\alpha = l_3 \cdot \cos\theta \cdot \sin\theta \quad (1)$$

Horizontaal:

$$l_3 \cdot \cos\theta + l_1 \cdot \sin\phi = l_3 + l_2 \cdot \sin\alpha \quad (2)$$

Onbekenden θ en ϕ .

Deze konstruktie is nog niet verder uitgewerkt, maar misschien is het nuttig om dit te doen als blijkt dat met andere konstrukties geen behoorlijke resultaten te behaïen zijn.

Een groot nadeel van deze konstruktie is o.a. de grote inbouwlengte.

Afwijkingen in de rechtgeleiding wordt mogelijk veroorzaakt door de volgende afwijkingen.

1. Afwijkingen in de veer karakteristieken.
2. Op de veren AB zit een drukbelasting terwijl de veren BC op trek belast worden.
3. Trillingen in de vrije balk, balk B.

Deze trillingen kunnen mogelijk ook het meetproces beïnvloeden.

4.6.1.2. Het verband tussen de verplaatsingen van een veeruiteinde in twee onderling loodrechte richtingen, v en w .

w is de verplaatsing in de richting van de slag.

v is in de richting loodrecht op de slag.

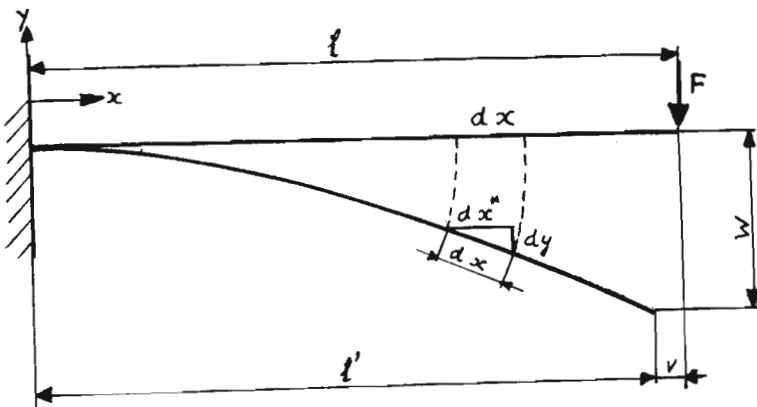


Fig. 4.8

$$dx^* = \sqrt{dx^2 - dy^2} = \sqrt{1 - \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx = \left\{1 - \frac{1}{2} \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right\} dx \quad \frac{dy}{dx} \ll 1$$

$$v = l - l' = \int_0^l dx - \int_0^l dx^* = \frac{1}{2} \int_0^l \left(\frac{dy}{dx}\right)^2 dx$$

$$\left. \begin{aligned} M(x) &= F(l-x) \\ M(x) &= EI \frac{d^2y}{dx^2} \end{aligned} \right\} \frac{dy}{dx} = \int \frac{F}{EI} (l-x) dx$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{F}{EI} \left(lx - \frac{1}{2} x^2 + C \right) \quad \text{voor } x=0; \frac{dy}{dx} = 0 \rightarrow C=0.$$

$$\begin{aligned} \text{Dus } v &= \frac{1}{2} \int_0^l \left(\frac{dy}{dx}\right)^2 dx = \frac{F^2}{2E^2I^2} \int_0^l \left(lx - \frac{1}{2} x^2 \right)^2 dx = \\ &= \frac{F^2}{2E^2I^2} \left\{ \frac{l^2 x^3}{3} - \frac{l x^4}{4} + \frac{x^5}{4 \cdot 5} \right\} \Bigg|_{x=0}^l = \frac{1}{15} \frac{F^2 l^5}{E^2 I^2} \end{aligned}$$

$$\text{Dus } v = \frac{1}{15} \cdot \frac{F^2 \cdot l^5}{E^2 \cdot I^2}$$

$$w = \frac{F \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot I}$$

Het verband tussen f en s .

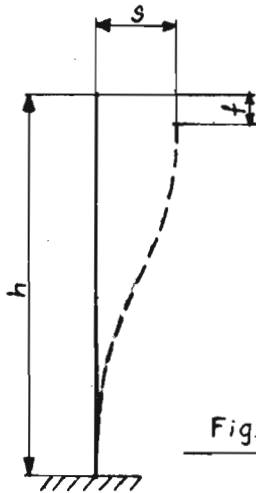


Fig. 4.9.

Bij volledige veer.

$$f = 2 \cdot v = \frac{2}{15} \cdot \frac{F^2 \cdot l^5}{E^2 \cdot I^2}$$

met $l = h/2$

$$f = \frac{1}{240} \cdot \frac{F^2 \cdot h^5}{E^2 \cdot I^2}$$

$$s = 2 \cdot w = \frac{1}{12} \cdot \frac{F \cdot h^3}{E \cdot I}$$

$$\frac{f}{s^2} = \frac{3}{5} \cdot \frac{1}{h}$$

$$f = \frac{3}{5} \cdot \frac{s^2}{h}$$

4.6.1.3. Voor 2 samenwerkende veren. (Fig. 4.10).

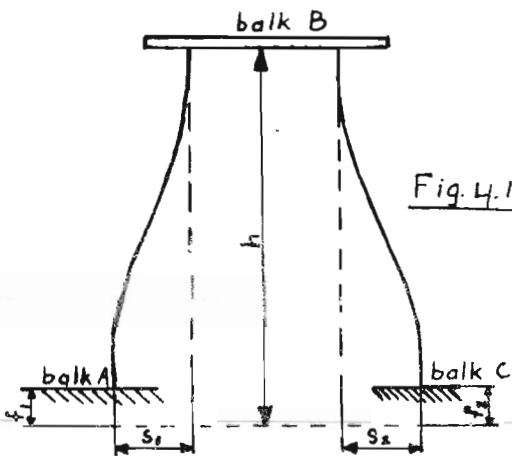


Fig. 4.10

Als $s_1 = s_2$ dan $f_1 = f_2$ bij identieke veren.

$$\Delta f = \frac{6}{5} \cdot \frac{s}{h} \Delta s$$

$$\Delta f = |f_1 - f_2|$$

$$\Delta s = |s_1 - s_2|$$

Met de eis: $\Delta f \leq 1 \mu\text{m}$.

en $h = 150$

$$s = 5$$

$$|\Delta s| < \frac{5}{6} \cdot \frac{150}{5} \cdot 10^{-6} = 25 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 25 \mu\text{m}.$$

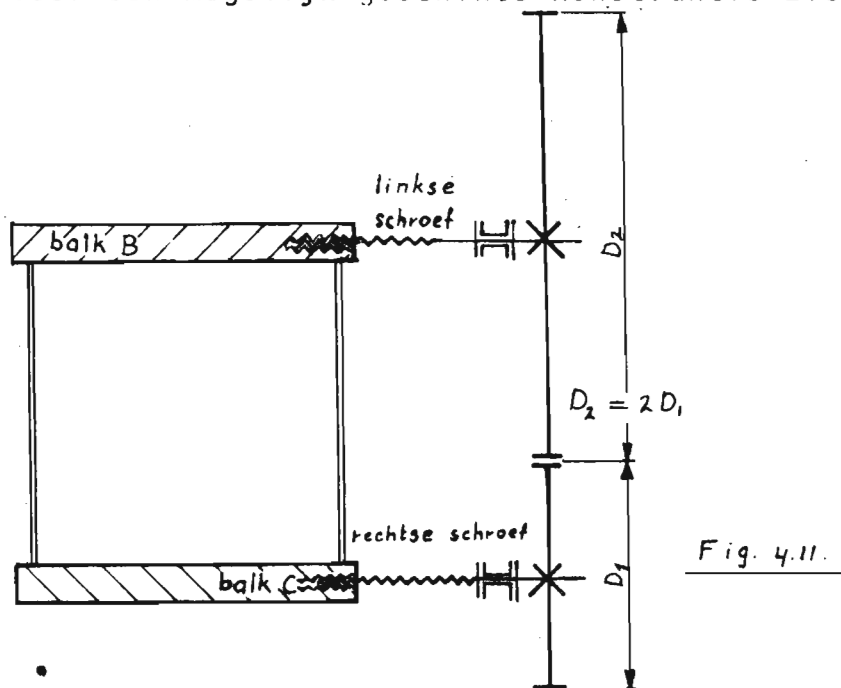
Of Δs zonder extra voorzieningen bij deze konstruktie $< 25 \mu\text{m}$ blijft valt nog te bezien.

De Δs is eventueel te beheersen met een paar schroefspillen die de beweging van de balken t.o.v. elkaar vastleggen.

4.6.1.4. Met schroefspillen kunnen tevens de trillingen van de vrije massa, balk B, worden opgeheven.

De overbrenging tussen balk B en balk C zorgt dus dat balk B de helft verplaatst van balk C en heft trillingen van balk B op.

Voor een mogelijk geschikte konstruktie zie Fig. 4.11.



In 4.6.1.3. is afgeleid dat $\Delta s < 25 \mu\text{m}$ dient te zijn..

De speling en andere onnauwkeurigheden in de aandrijving dienen dus zodanig te zijn dat de verplaatsing van balk B (s_1) gelijk is aan de verplaatsing van balk C t.o.v. balk B (s_2) plus of min $25 \mu\text{m}$.

4.6.2. Konstruktie met scharnieren als elastische elementen.

Elastische scharnieren zijn in principe eenvoudig uit plaatmateriaal te maken d.m.v. boren en zagen. (fig. 4.13).

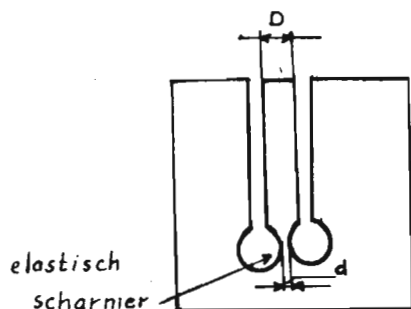


Fig. 4.13.

$d \ll D$ zodat de stijfheid van de balk \gg stijfheid van het scharnier.

Met het principe van de theoretisch identieke veren kan met dit soort elastische scharnieren eenvoudig een rechtgeleiding gekonstrueerd worden, die theoretisch een rechte beschrijft.

4.6.2.1. Gekonstrueerde uitvoering: zie bijlage 1.

Om het gedrag in werkelijkheid te kunnen beoordelen is er een produkt gemaakt volgens het ontwerp op bijlage 1.

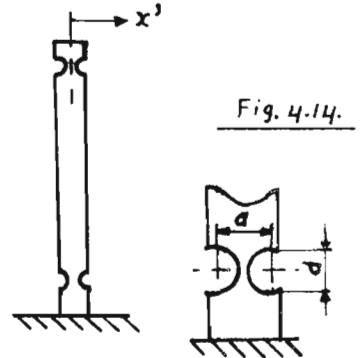
Meting van deze rechtgeleiding; zie bijlage 2.

4.6.2.2. Globale berekening van elastische scharnieren.

Zie verder (Lit.3.) : diktaat no. 4007. THE. blz 13.54.
en (Lit.4.)

Neem $d = 6 \text{ mm}$ zie fig. 4.14.
 $a = 6,5 \text{ mm}$

$$\frac{d}{a} = 0,923 \rightarrow \text{tabel blz. 13.54: } \frac{\phi \cdot E}{\sigma_m} = 9,5$$



Een geschikt materiaal is een soort hard messing:
(KMS 58 - hard).

$$E = 100000 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{0,2} = 380 - 400 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Neem } \sigma_m = \sigma_{\text{toelaatbaar}} = 300 \text{ N/mm}^2$$

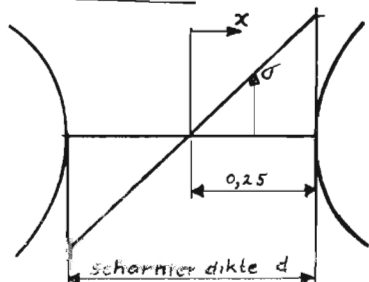
$$\phi_{\text{toelaatbaar}} = 9,5 \cdot \frac{300}{100000} = 0,029$$

$$x^1_{\text{toelaatbaar}} = 0,029 \cdot 150 = 4,28 \text{ mm.}$$

Totale toelaatbare verplaatsing van de slede = 8,5 mm. (slag).

4.6.2.3. Schatten van de benodigde kracht.

σ in scharnier punt $\sigma_{\text{max}} = \bar{\sigma} = 300 \text{ N/mm}^2$



$$\sigma = \frac{300}{0,25} \cdot x = 1200x \text{ N/mm}^2$$

$$dF = \sigma \cdot dA = \sigma \cdot 20 \cdot dx = 24000 x \cdot dx$$

$$dM = dF \cdot x$$

$$M = 250 \text{ Nmm}$$

$$\text{voor 8 scharnieren } M_{\text{tot.}} = 2000 \text{ Nmm}$$

Benodigde kracht $\approx 13,3 \text{ N}$ (Geschatte waarde).

Werkelijke gemeten waarde ; zie bijlage 2.

5. Beschouwing en optimalisering van het stangenmechanisme

uit de Taly-surf 4.

5.1 Grafische bepaling van de nauwkeurigheid van de rechtgeleiding

bij een bepaalde slag en bij verschillende verhoudingen

in de stanglengten.

5.1.1. Door het stangenmechanisme uit de Taly-surf 4 vergroot na te bouwen is al snel in te zien wat verandering van bepaalde stanglengten voor de rechtgeleiding betekent.

Zie hiervoor bijlagen 3 en 4.

5.1.2. De afmetingen van het rechtgeleidingsmechanisme uit de Taly-surf 4. (Fig. 5.1.).

Opgemeten met een koördinaten tafel (UMM)

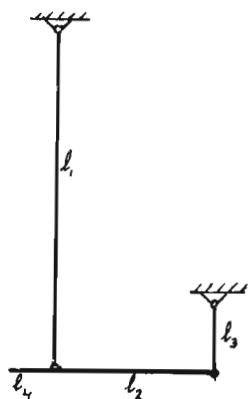


Fig. 5.1.

Niet afgeronde waarden.

$$l_1 = 102,994 \text{ mm}$$

$$l_2 = 47,724$$

$$l_3 = 17,515$$

$$l_4 = 8,081$$

Opmerking 1: De standaard afwijking wordt geschat op 5 μm .
De gemeten waarden dienden dus afgerond te worden.

Opmerking 2: De waarde $\frac{R-r}{r} \approx \frac{1}{60}$ (A1 vermeld in hfst 1).

Bijlage 10 is een schets van het rechtgeleidingsmechanisme uit de Taly-surf 4.

Bijlage 11 is een foto van dit mechanisme.

5.2. Optimaliseren van de door het stangenmechanisme beschreven baan door berekenen van de baan.

5.2.1. Berekening.

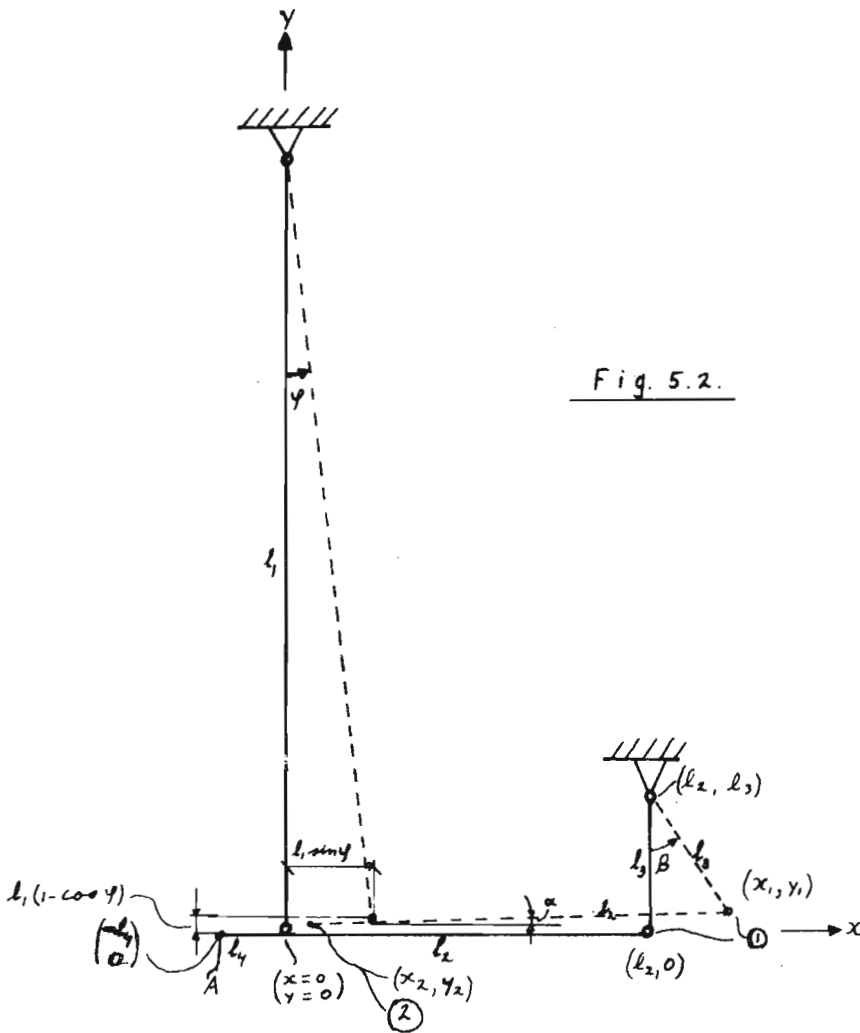


Fig. 5.2.

$$(x_1 - l_1 \sin \varphi)^2 + (y_1 - l_1(1 - \cos \varphi))^2 = l_2^2 \quad (1)$$

$$(x_1 - l_2)^2 + (y_1 - l_3)^2 = l_3^2 \quad (2)$$

$$\cos \alpha = \frac{x_1 - l_1 \sin \varphi}{l_2} \quad (3)$$

$$\sin \alpha = \frac{y_1 - l_1(1 - \cos \varphi)}{l_2} \quad (4)$$

$$\cos \alpha = \frac{x_1 - x_2}{l_2 + l_4} \quad (5)$$

$$\sin \alpha = \frac{y_1 - y_2}{l_2 + l_4} \quad (6)$$

Uit deze vergelijkingen wordt met de komputer (x_1, y_1) en (x_2, y_2) berekend.

Hiertoe worden de vergelijkingen eerst omgewerkt.

Bewerking van de vergelijkingen.

$$(1): \quad (x_1 - l_1 \sin \varphi)^2 + (y_1 - l_1(1 - \cos \varphi))^2 = l_2^2$$

$$x_1^2 - 2x_1 l_1 \sin \varphi + l_1^2 \sin^2 \varphi + y_1^2 - 2y_1 l_1(1 - \cos \varphi) + l_1^2(1 - 2\cos \varphi + \cos^2 \varphi) = l_2^2$$

Stel

$$T_1 = l_1 \sin \varphi$$

$$T_2 = T_1^2$$

$$T_3 = l_1(1 - \cos \varphi)$$

$$T_4 = T_3^2$$

$$(1) \quad x_1^2 - 2T_1 x_1 + T_2 + y_1^2 - 2T_3 y_1 + T_4 = l_2^2$$

$$(2) \quad x_1^2 - 2l_2 x_1 + l_2^2 + y_1^2 - 2l_3 y_1 + x_1^2 = x_2^2$$

$$(2) \text{ min}(1) \quad y_1 = \frac{T_4 + T_2 - 2l_2^2 + (2l_2 - 2T_1)x_1}{2T_3 - 2l_3} = \frac{T_5 + T_6 x_1}{T_7}$$

$$T_5 = T_4 + T_2 - 2l_2^2$$

$$T_6 = 2l_2 - 2T_1$$

$$T_7 = 2T_3 - 2l_3$$

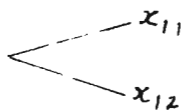
$$y_1 \text{ in (1)} \quad x_1^2 - 2T_1 x_1 + T_2 + \left(\frac{T_5 + T_6 x_1}{T_7}\right)^2 - 2T_3 \left(\frac{T_5 + T_6 x_1}{T_7}\right) + T_4 - l_2^2 = 0$$

$$T_8 = T_2 + T_4 - l_2^2$$

$$x_1^2 \left(1 + \left(\frac{T_6}{T_7}\right)^2\right) + x_1 \left(\frac{2T_5 T_6}{T_7^2} - 2T_1 - 2\frac{T_3 T_6}{T_7}\right) + T_8 + \frac{T_5^2}{T_7^2} - 2\frac{T_3 T_5}{T_7} = 0$$

A
B
C

$$x_{1,2} = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$



$$y_{1,2} = \frac{T_5 + T_6 \cdot x_{1,2}}{T_7} \begin{cases} y_{11} \\ y_{12} \end{cases}$$

$$(5) \quad x_1 - x_2 = (l_2 + l_4) \cos \alpha$$

$$\text{met (3)} \quad x_2 = x_1 - (l_2 + l_4) \frac{x_1 - l_1 \sin \varphi}{l_2}$$

$$x_2 \begin{cases} x_{21} = x_{11} - (l_2 + l_4) \frac{x_{11} - T_1}{l_2} \\ x_{22} = x_{12} - (l_2 + l_4) \frac{x_{12} - T_1}{l_2} \end{cases}$$

$$\text{Uit (6) en (4)}: \quad y_2 = y_1 - (l_2 + l_4) \frac{y_1 - l_1 (1 - \cos \varphi)}{l_2}$$

$$y_2 \begin{cases} y_{21} = y_{11} - (l_2 + l_4) \frac{y_{11} - T_3}{l_2} \\ y_{22} = y_{12} - (l_2 + l_4) \frac{y_{12} - T_3}{l_2} \end{cases}$$

Om x_2 en y_2 te berekenen bij een aantal verschillende hoeken en stanglengten wordt er een programma gemaakt. Voor het computer programma zie bijlage 5.

5.2.2. Berekening van de baan (x_2, y_2) van het mechanisme.

De baan wordt berekend voor verschillende stanglengten in het mechanisme.

Komputer programma: zie bijlage 5.

Resultaten van de komputer berekeningen:

zie bijlagen 6-7-8 en 9.

5.2.3. Kommentaar bij de komputeruitvoer.

A) Eerste benadering van de optimale stanglengten.

Bijlage 6; 1^e komputer uitvoer.

Hierbij is de baan van het mechanisme uitgerekend voor verschillende L_4 .

L_4 varieert met stappen van 0,2 mm.

De lengte van de andere stangen is gelijk aan de opgemeten waarden.

De optimale rechtgeleiding bij een slaglengte van ongeveer 10 mm (komt overeen met een hoekverdraaiing ϕ van $\phi = - 0,05$ tot $\phi = +0,05$ radialen) wordt gevonden voor $L_4 = 9,6$ mm; afwijking t.o.v. de lijn $y=0$: 1,71 μm . Zie fig. 5.3.

Voor een stanglengte $L_4 = 9,4$ mm wordt de afwijking bij kleine slaglengte (≈ 10 mm) iets groter, maar de rechtgeleiding voor grotere slag (≈ 20 mm) is een stuk beter. Een hoekverdraaiing van $\phi = - 0,10$ tot $\phi = + 0,10$ levert ongeveer 20 mm slaglengte op. De afwijking bij een slag van ongeveer 10 mm is het belangrijkste.

-27-

$l_1 = 102.994$
 $l_2 = 47.724$
 $l_3 = 17.515$

X $l_4 = 9.2 \text{ mm}$
O $l_4 = 9.4 \text{ mm}$
• $l_4 = 9.6 \text{ mm}$
+ $l_4 = 9.8 \text{ mm}$

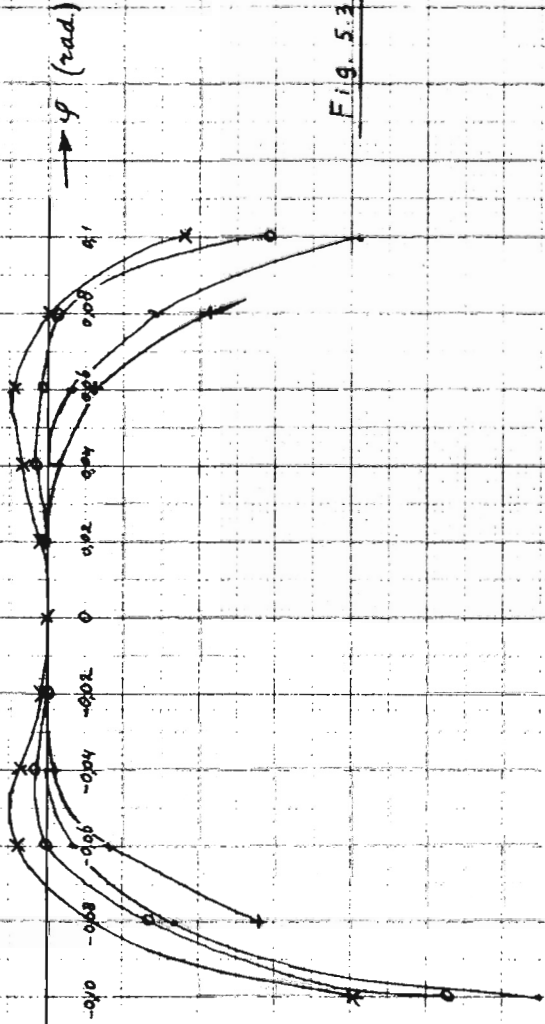


Fig. 5.3

$l_1 = 102.994$
 $l_2 = 47.724$
 $l_4 = 9.4$

X $l_3 = 16.8 \text{ mm}$
O $l_3 = 17.1$
• $l_3 = 17.6$

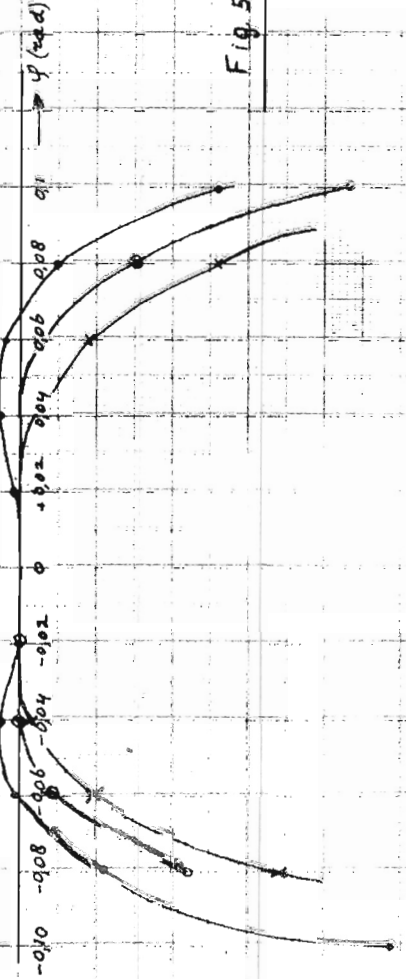


Fig. 5.4

Bijlage 7; 2^e komputer uitvoer.

Bij deze berekeningen varieert l_3 met stappen van 0,4 mm.

De l_4 waarde is hier 9,4 genomen.

Uit bijlage 7 en fig. 5.4. is te konkluderen dat de optimale l_3 stanglengte tussen 17,2 en 17,6 mm ligt.

Voor $l_3 = 17,2$ mm:

Afwijking bij hoekverdraaiing ϕ van -0,05 tot + 0,05 rad.
is 1,89 μ m.

Afwijking bij hoekverdraaiing ϕ van -0,10 tot +0,10 rad
is 70,16 μ m.

Voor de grote slag (≈ 20 mm) neemt de afwijking af bij nog grotere l_3 .

- B) Betere benadering van optimale stanglengten, berekeningen met kleinere stap.

Bijlage 8; 3^e komputer uitvoer.

Hiervoor is $l_3 = 17,5$ mm genomen en l_4 varieert met stapjes van 0,05 mm.

Voor de hoekverdraaiing ϕ van -0,05 tot + 0,05 (slag ≈ 10 mm) is de rechtgeleiding optimaal voor $l_4 = 9,5$ mm.

Voor $l_4 = 9,5$ mm; afwijking 1,05 μ m.

Zie fig. 5.5.

-29-

$l_1 = 102,994$
 $l_2 = 47,224$
 $l_3 = 17,5$

X $l_4 = 9,45 \text{ mm}$
O $l_4 = 9,5 \text{ mm}$
• $l_4 = 9,55 \text{ mm}$

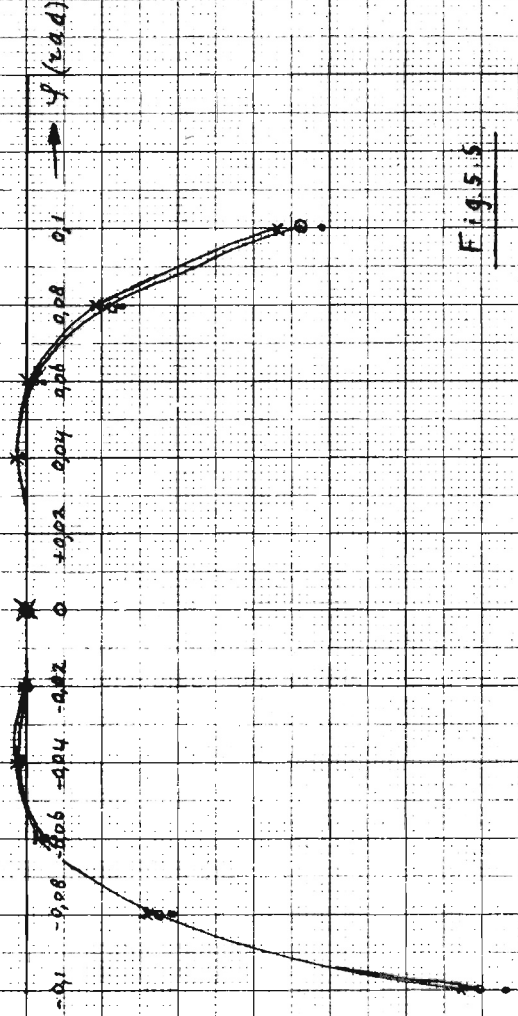


Fig. 5.5

$l_1 = 102,994$
 $l_2 = 47,224$
 $l_4 = 9,5$

X $l_3 = 17,45 \text{ mm}$
O $l_3 = 17,5$
• $l_3 = 17,55$

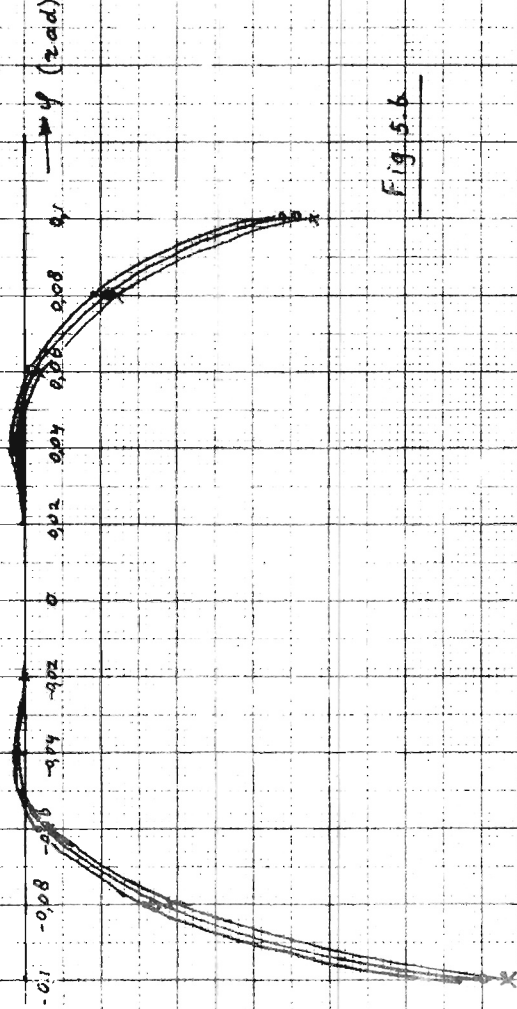


Fig. 5.6

Bijlage 9; 4^e komputer uitvoer.

Hierbij is $l_4 = 9,5$ mm.

l_3 varieert met stapjes van 0,05 mm.

Voor een slag van ongeveer 10 mm (ϕ van -0,05 tot +0,05) wordt het optimum gevonden voor $l_3 = 17,5$ mm.

Zie fig. 5.6 blz. 29.

5.2.4. Samenvatting optimalisering.

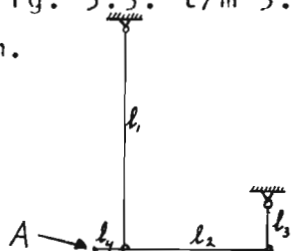
Bij een benodigde slaglengte van 10 mm wordt uit de bijlagen 6 t/m 9 en de fig. 5.3. t/m 5.6 het optimum gevonden voor:

$$l_1 = 102,994 \text{ mm.}$$

$$l_2 = 47,724$$

$$l_3 = 17,5$$

$$l_4 = 9,5$$



$$\begin{array}{l} l_1 = 103 \text{ mm.} \\ \text{afgerond: } l_2 = 47,7 \\ l_3 = 17,5 \\ l_4 = 9,5 \end{array}$$

Optimum bij: $l_1 : l_2 : l_3 : l_4 \approx 10,84 : 5,02 : 1,84 : 1$

Dit mechanisme zal een baan beschrijven, die ongeveer overeenkomt met baan 7 van bijlage 4 (koppelkrommen).

De door punt A van het stangenmechanisme beschreven baan is met de plotter erg nauwkeurig opgetekend, bijlagen 15 t/m 18. Dit geeft een bijna compleet overzicht van het resultaat van de optimalisering van de Taly-surf 4 rechtgeleiding.

Voor een aantal mechanismen met verschillende stanglengten is dit plotprogramma uitgevoerd.

mechanisme no.	teken in plotfiguur.	l_1 mm	l_2 mm	l_3 mm	l_4 mm	opmerkingen	
1	+	103	47,7	17,50	8,1	Taly-surf 4 afmetingen	
2	X	„	„	17,3	9,5		
3	○	„	„	17,4	„	* Benaderingen van de beste rechtgeleiding van bijlage 9, voor 10 mm slag	
4	□	„	„	17,45	„		
5	◇	„	„	17,5	„		optimum van fig. 5.6 (voor 10 mm slag).
6	△	„	„	17,55	„		
7	▽	„	„	17,6	„	* zie boven.	
8	+	„	„	17,65	„		
9	X	„	„	17,7	„		
10	○	„	„	17,8	9,5		
11	□	„	„	17,5	9,3		
12	◇	„	„	„	9,4	rechtgeleidingen van bijlage 8	
13	△	„	„	„	9,45		
14	▽	„	„	„	9,55		
15	+	„	„	„	9,6		

De baan van punt A van het stangenmechanisme no. 1 en 5 is in elke plotfiguur opgenomen ter vergelijking.

Bijlage 15 en 17; eerste plotfiguren.

De slaglengte is ongeveer 20 mm en hieruit blijkt dat de afmetingen van het Taly-surf 4 mechanisme voor nog grotere slag een betere rechtgeleiding kunnen verzorgen dan de mechanismen no. 2 t/m 15.

Voor een slaglengte < 20 mm geven de afmetingen uit het Taly-surf 4 mechanisme lang niet de optimale rechtgeleiding.

Bijlagen 16 en 18.

Bijlage 16 is de vergroting van bijlage 15 over het uitwijkingsgebied -5 tot +5 mm. (Slag ≈ 10 mm).

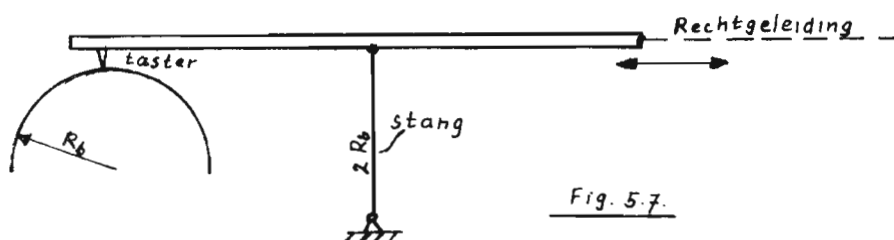
Bijlage 18 is de vergroting van bijlage 16 voor een slag ≈ 10 mm.

Mechanisme no. 5 blijkt dan de beste rechtgeleiding; t.o.v. de lijn $y = 0,00043$ mm is de afwijking maximaal ± 0,55 μm.

5.3. Beschouwing van de methode bij meting van ruwheid
aan bolvormige oppervlakken.

Bij dit soort metingen wordt de tasterbeweging een benadering van het te meten bolvormige oppervlak.

Hiertoe moet een op lengte instelbare stang aan het apparaat worden gebouwd, terwijl de glij schoen wordt verwijderd. (fig. 5.7.)



Op bijlage 12 is een volledige baan van de taster gekonstrueerd.

Hieruit is af te leiden, dat de taster beslist geen cirkelvorm beschrijft en niet symmetrisch beweegt t.o.v. de lijn $x = 0$ of welke andere lijn dan ook.

Meting aan een testbol; bijlage 13.

Om snel een idee te geven van de afwijkingen zijn in bijlage 14 de metingen uitgezet over een sterk vergroot boloppervlak. De gemeten baan is zo gunstig mogelijk door de ideale bolvorm gelegd.

De afwijkingen in de rechtgeleiding plus de afwijkende baan van de tasterpunt t.o.v. een cirkel bij exakte rechtgeleiding (bijlage 12) geven als resultaat een golving, bij het meten aan een testbol; bijlage 13.

Maksimale gemeten afwijking $2,2 \mu\text{m}$.

Nauwkeurigheid van de testbol 25 nm .

Deze golving korrigeren met behulp van de berekende waarden voor de baan van de Taly-surf 4 is niet mogelijk doordat de plaats van de taster in dit apparaat niet eenduidig is vastgelegd.

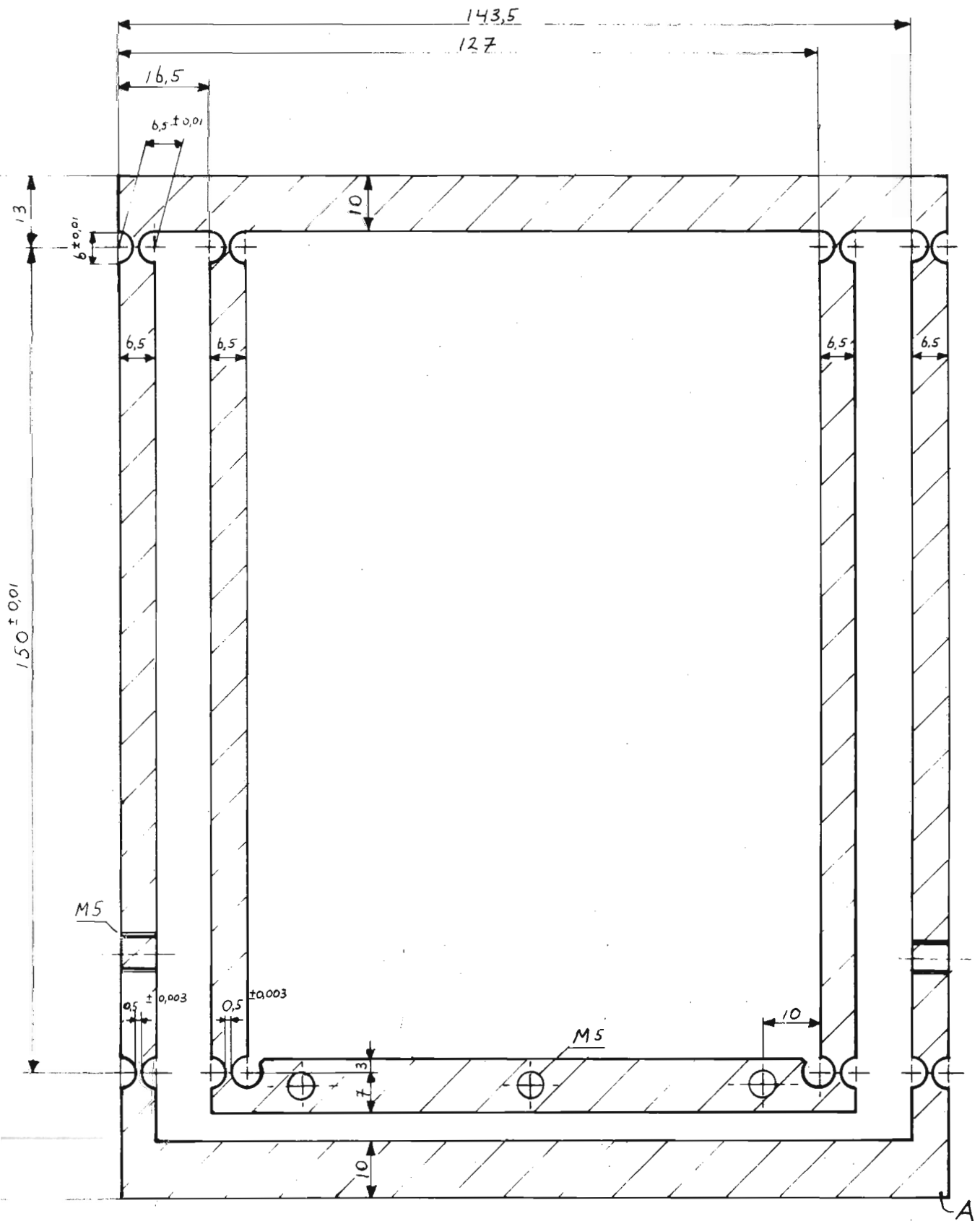
De invloed van deze golving op de ruweids-meting is niet bepaald, hiervoor dient een apart onderzoek gedaan te worden.

6. Literatuur.

Lit. no.

1. Mechanismen voor zuivere translatie.
Verslag no. W-5 (1973) van de afdeling Fijnmechanische
Techniek aan de T.H. Delft.
auteur: H. van der Woord
leiding: Ir. J.W. van Beek en prof. dr. D.de Jong.
2. Polytechnisch tijdschrift 1-3-1968.
3. Het voorspellen van dynamisch gedrag en positionerings-
nauwkeurigheid van constructies en mechanismen.
Diktaat T.H. Eindhoven no. 4007.
van prof. ir. W. van der Hoek.
4. Symmetrisch bewegende optische spleet.
van H. Ruyten.
T.H. Eindhoven. april 1976.
sektie: lengtemeting.

- bijlage 1 -



ELASTISCHE SCHARNIEREN : HARTAFSTANDEN $6,5 \pm 0,01$

VEERDIKTE $0,5 \pm 0,003$; breedte $20 \pm 0,003$

MATERIAALDIKTE 20 mm.

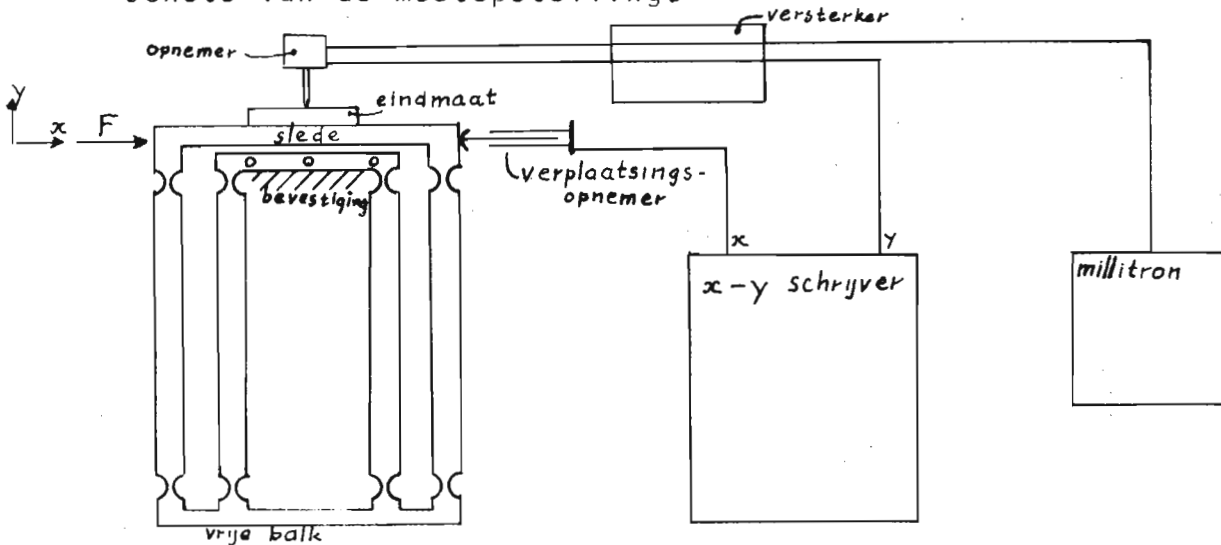
EVENWJDIGHEID VAN DE ARMEN $\pm 0,002$

MAT: MESSING KMS 58 hard

Metingen aan de rechtgeleidingskonstruktie van bijlage 1.

Kontrolle op rechtheid van de verplaatsing.

Schets van de meetopstelling.



F is de kracht die de x-verplaatsing (slag) opdringt. Bij maximaal toelaatbare slag is de benodigde kracht ongeveer 8 N. Berekend was 13 N.

Met deze metingen is een afwijking in de rechtheid van de beweging gemeten die kleiner is dan $1 \mu\text{m}$. Bij een meetlengte van ongeveer 8 mm.

Voor meer gegevens, nauwkeuriger metingen en dergelijke over deze konstruktie wordt verwezen naar ing. K. Struik, die de kontrolle van de rechtgeleiding verder zal behandelen.

Opmerking:

Een eenmalige uitwijking groter dan de toelaatbare heeft grote invloed op de werking van deze konstruktie. Voorbeeld: Nadat de vrije balk per vergissing een uitwijking van ongeveer 4 mm was opgedrongen, dit is 2 maal de toelaatbare voor deze balk, werden de gemeten afwijkingen van de rechtgeleiding $> 10 \mu\text{m}$. Door deze vrije balk in de andere richting ook ekstra ver te verplaatsen lukte het om de rechtgeleiding weer binnen $1 \mu\text{m}$ afwijking te brengen.

Dit verschijnsel berust waarschijnlijk op verandering van materiaaleigenschappen door plastische vervorming.

Het lijkt dan ook zinvol om te controleren of de kwaliteit van de rechtgeleiding afhankelijk is van de tijd, temperatuur en aantal gemaakte slagen.

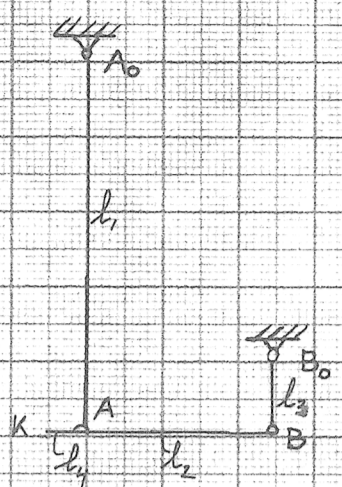
Dit alles i.v.m. mogelijke factoren (bijv. rekristallisatie) die de mechanische eigenschappen beïnvloeden.

aug 1977

bijlage 3

Koppelkrommen [I]

Verschiende lengten B₀B



$A_0A = 522,5 \text{ mm}$
 $AB = 240$

$AK = 50$

$BB_0[1] = 95 \quad A_0B_0[1] = 490,26$

$BB_0[2] = 105 \quad A_0B_0[2] = 484,57$

$BB_0[3] = 115 \quad A_0B_0[3] = 472,9$

$BB_0[4] = 85 \quad A_0B_0[4] = 499,0$

$l_1 : l_2 : l_3 : l_4 = 10,45 : 4,80 : 1,9 : 1$

$\approx 10,45 : 4,80 : 2,1 : 1$

$\approx 10,45 : 4,80 : 2,3 : 1$

$\approx 10,45 : 4,80 : 1,7 : 1$

In Taly-Surf 4

$l_1 : l_2 : l_3 : l_4 = 12,75 : 5,91 : 2,17 : 1$

x B₀[3]

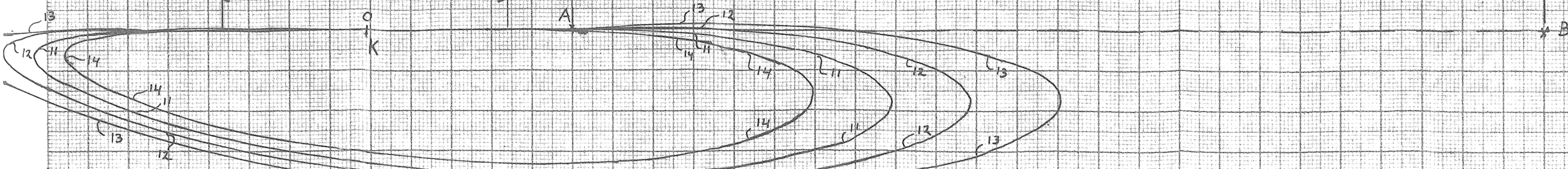
x B₀[2]

x B₀[1]

x B₀[4]

Talysurf 4 meetgebied

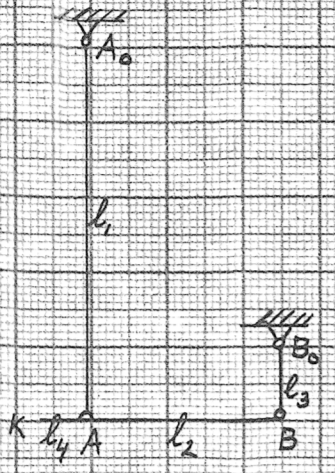
(5:1)



ring 77

Koppelkrammen [II]

Verschillende lengten AK



$$A_0A = 522,5 \text{ mm}$$

$$AB = 240$$

$$B_0B = 95$$

$$A_0B_0 = 490,20$$

$$AK[4] = 30$$

$$AK[5] = 20$$

$$AK[6] = 40$$

$$AK[7] = 50$$

$$l_1 : l_2 : l_3 : l_4 \approx 17,42 : 8 : 3,17 : 1$$

$$\approx 2,613 : 12 : 4,75 : 1$$

$$\approx 13,06 : 6 : 2,38 : 1$$

$$\approx 10,45 : 4,8 : 1,9 : 1$$

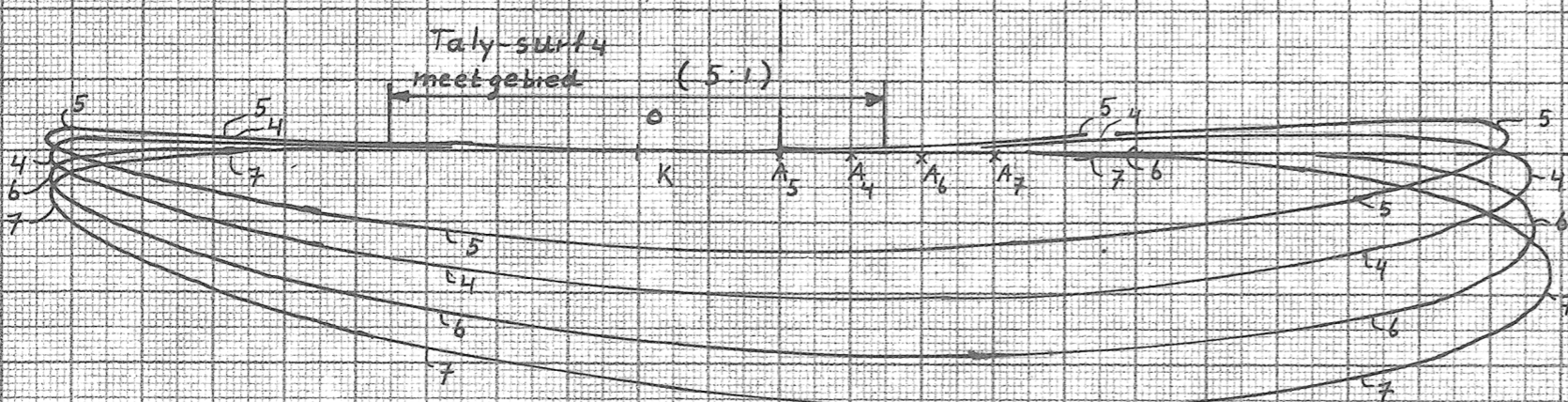
opmerking:

kromme no 7 \equiv no 11 van bijlage 3

bijlage 4

In Taly-Surf 4; $l_1 : l_2 : l_3 : l_4 = 12,75 : 5,91 : 2,17 : 1$

De baan van de Taly-Surf ligt dus vlakbij 6 ; tussen 6 en 7.



BEREKENING VAN DE BAAN VAN DE TALYSURF4.

NAAM PROGRAMMA: ARNOLD

8-6-'77

LIS

```

0010 'BEGIN' 'COMMENT' BEREKENING VAN DE BESCHREVEN BAAN DOOR
0020     EEN PUNT VAN EEN STANGENMECHANISME
0030     L1,L2,L3,L4 ZIJN DE STANGLONGTEN
0040     FA=1  PRINTER GEEFT TUSSEN UITVOER
0050     FA=0  GEEN TUSSEN UITVOER
0060     ARNOLD SCHOUT;
0070 'INTEGER' NL4,NF1,K,I;
0080 'REAL' L1,L2,L3,L4,T1,T2,T3,T4,T5,T6,T7,T8,A,B,C,FI,
0090         X11,X12,Y11,Y12,X21,X22,Y21,Y22;
0100 'REAL' FA,SL3,SL4,SFI,FI1;
0110 'PROCEDURE' KWAD(A,B,C,X11,X12,FA);
0120 'VALUE' A,B,C,FA;
0130 'REAL' A,B,C,X11,X12,FA;
0140 'BEGIN' 'COMMENT' OPLOSSEN TWEDEGRAADSVERGELIJKING VAN DE
0150     GEDAANTE  $A*(X^2) + B*X + C = 0$ ;
0160     'INTEGER' AWO;
0170     'REAL' X11IM,X12IM,DISKR;
0180     'REAL' SGN;
0190     NLCR;
0200     'IF' FA= 1 'THEN'
0210     'BEGIN'
0220     PRINTTEXT('('A :  ')');FIXT(6,2,A);
0230     PRINTTEXT('('B :  ')');FIXT(6,2,B);
0240     PRINTTEXT('('C :  ')');FIXT(6,2,C);
0250     'END'
0260     'COMMENT'
0270     A,B,C   : BEKENDE KOEFFICIENTEN
0280     AWO     : AANTAL WORTELS
0290     X11     : EERSTE REEEL WORTEL
0300     X12     : TWEEDE REEEL WORTEL
0310     X11IM   : KOMPLEX DEEL VAN X11REEEL
0320     X12IM   : KOMPLEX DEEL VAN X12REEEL
0330     DISKR   : DISKRIMINANT
0340     SGN     : TEKEN;
0350     'IF' A=0 'THEN'
0360     'BEGIN' 'IF' B=0 'THEN'
0370         'BEGIN' NLCR;PRINTTEXT('('GEEN WORTELS')');
0380         'END'
0390         'ELSE'
0400         'BEGIN' X11:= -C/B;
0410             NLCR;PRINTTEXT('('EEN WORTEL')');
0420             NLCR;PRINTTEXT('('X11=X12=REEEL :')');FIXT
0430             (4,6,X11);
0440         'END'
0450     'END'
0460     'ELSE'
0470     'BEGIN' DISKR:= B^2 - 4*A*C;
0480         'IF' DISKR >= 0 'THEN'
0490         'BEGIN' 'IF' B>=0 'THEN' SGN:=+1 'ELSE' SGN:=-1;
0500             X11 := (-B-SGN*(DISKR^0.5))/(2*A);
0510             X12 := C/(A*X11);
0520         'IF' FA = 1 'THEN'
0530         'BEGIN'
0540         NLCR;
0550         PRINTTEXT('('X11           ')');FIXT(4,6,X11);
0560         NLCR;PRINTTEXT('('X12           ')');
0570         FIXT(4,6,X12);NLCR;
0580         PRINTTEXT('('X11IM = X12IM = 0')');NLCR;
0590         'END'

```

```

0600      'END'
0610      'ELSE'
0620      'BEGIN'
0630          PRINTTEXT('('WØRTEL IS IMAGINAIR')');NLCR;
0640      'END'
0650      'END'
0660      'END'KWAD;
0670      L1:=READ#4;L2:=READ#4;L3:=READ#4;L4:=READ#4;NL4:=READ#4;
0680      NFI:=READ#4;FA:=READ#4;SL3:=READ#4;SL4:=READ#4;SFI:=READ#4;
0690      FI:=READ#4;
0700      PRINTTEXT('('      L1          L2          L3          L4')');
0710      NLCR;
0720      FIXT(4,3,L1);FIXT(5,3,L2);FIXT(5,3,L3);FIXT(5,3,L4);NLCR;
0730      PRINTTEXT('('NL4          :')');FIXT(4,0,NL4);NLCR;
0740      PRINTTEXT('('NFI          :')');FIXT(4,0,NFI);NLCR;
0750      NLCR;
0760      I:=0;FI1:=FI;
0770      'BEGIN'
0780          'WHILE' I<= NL4 'DO'
0790              'BEGIN'L3:=L3+SL3;L4:=L4+SL4;FI:=FI1;
0795                  PRINTTEXT('('L3 : ')');FIXT(3,3,L3);NLCR;
0800                  PRINTTEXT('('L4 : ')');FIXT(3,3,L4);NLCR;NLCR;
0810                  PRINTTEXT('('  FI          X21          Y21          X22
0820                  Y22')');
0830                  'FOR' K:=0 'STEP' 1 'UNTIL' NFI 'DO'
0840                      'BEGIN'FI:=FI+SFI;
0850                          T1:=L1*SIN(FI); T2:=T1*2;
0860                          T3:=L1*(1-COS(FI));
0870                          T4:=T3*2;
0880                          T5:=T4+T2-2*L2*2;
0890                          T6:=2*L2-2*T1;
0900                          T7:=2*T3-2*L3;
0910                          T8:=T2+T4-L2*2;
0920                          A:=1+(T6*2)/(T7*2);
0930                          B:=(2*T5*T6)/(T7*2)-2*T1-(2*T3*T6)/T7;
0940                          C:=T8+(T5*2)/(T7*2)-(2*T3*T5)/T7;
0950                          KWAD(A,B,C,X11,X12,FA);
0960                          Y11:=(T5+T6*X11)/T7;
0970                          Y12:=(T5+T6*X12)/T7;
0980                          'IF' FA=1 'IHEN' 'BEGIN'
0990                              PRINTTEXT('('Y11:          :')');FIXT(4,6,Y11);
1000                              PRINTTEXT('('Y12:          :')');FIXT(4,6,Y12);
1010                                  NLCR;'END';
1020                                  X21:=X11-(L2+L4)*(X11-T1)/L2;
1030                                  X22:=X12-(L2+L4)*(X12-T1)/L2;
1040                                  Y21:=Y11-(L2+L4)*(Y11-T3)/L2;
1050                                  Y22:=Y12-(L2+L4)*(Y12-T3)/L2;
1060                                  FIXT(1,4,FI);FIXT(3,5,X21);FIXT(3,5,Y21);
1070                                  FIXT(3,5,X22);FIXT(3,5,Y22);
1080                              'END';
1090                              I:=I+1;NLCR;NLCR;
1100                          'END'
1110                      NLCR;NLCR;
1120                  'END'
1130              'END';
5000      102.994,47.724,15.6,9.4,5,20,0,.4,0,.01,-.11,

```

GO AHEAD

ie uitvoer

LIST 5000

5000 102.994, 47.724, 17.515, 7.9, 1, 20, 0, 0, .2, .01, -.11,

GO AHEAD L1 L2 L3 L4 NL4 FA SL4 SFI FI
NFI SL3

RUN

WAIT

L1 L2 L3 L4
+102.994 +47.724 +17.515 +7.900

NL4 : +1
NFI : +20

} ≈ Taly-surf 4

L3 : +17.515
L4 : +8.100

2e wortel vervalt

FI	X21	Y21	X22	Y22
-.1000	-18.36743	+.02489	-17.35264	-3.43761
-.0900	-17.34784	+.03279	-16.22262	-3.71709
-.0800	-16.32534	+.03375	-15.09579	-3.96956
-.0700	-15.30066	+.03060	-13.97171	-4.19793
-.0600	-14.27435	+.02526	-12.85020	-4.40424
-.0500	-13.24681	+.01905	-11.73119	-4.58994
-.0400	-12.21836	+.01294	-10.61472	-4.75614
-.0300	-11.18926	+.00758	-9.50088	-4.90365
-.0200	-10.15972	+.00346	-8.38983	-5.03311
-.0100	-9.12992	+.00088	-7.28179	-5.14502
+.0000	-8.10000	-.00000	-6.17698	-5.23974
+.0100	-7.07008	+.00088	-5.07571	-5.31756
+.0200	-6.04024	+.00347	-3.97829	-5.37868
+.0300	-5.01055	+.00762	-2.88509	-5.42321
+.0400	-3.98104	+.01308	-1.79652	-5.45121
+.0500	-2.95171	+.01951	-.71305	-5.46265
+.0600	-1.92251	+.02644	+.36481	-5.45744
+.0700	-.89335	+.03331	+1.43647	-5.43540
+.0800	+.13593	+.03939	+2.50126	-5.39625
+.0900	+1.16555	+.04381	+3.55841	-5.33960
+.1000	+2.19583	+.04550	+4.60703	-5.26490

19,51 μm

45,50 μm

L4 : +8.600

FI	X21	Y21	X22	Y22
-.1000	-18.86652	-.00533	-17.78908	-3.68157
-.0900	-17.84728	+.00908	-16.65260	-3.97227
-.0800	-16.82500	+.01550	-15.51955	-4.23492
-.0700	-15.80047	+.01692	-14.38949	-4.47263
-.0600	-14.77425	+.01537	-13.26219	-4.68754
-.0500	-13.74677	+.01228	-12.13759	-4.88122
-.0400	-12.71835	+.00865	-11.01571	-5.05481
-.0300	-11.68926	+.00519	-9.89665	-5.20920
-.0200	-10.65972	+.00241	-8.78058	-5.34507
-.0100	-9.62992	+.00062	-7.66770	-5.46293
+.0000	-8.60000	-.00000	-6.55828	-5.56318
+.0100	-7.57008	+.00062	-5.45260	-5.64612
+.0200	-6.54024	+.00241	-4.35101	-5.71197
+.0300	-5.51055	+.00523	-3.25388	-5.76084
+.0400	-4.48102	+.00880	-2.16166	-5.79279
+.0500	-3.45166	+.01276	-1.07481	-5.80779
+.0600	-2.42241	+.01663	+.00610	-5.80576
+.0700	-1.39316	+.01979	+1.08047	-5.78649
+.0800	-.36375	+.02149	+2.14759	-5.74968
+.0900	+.66608	+.02078	+3.20665	-5.69493
+.1000	+1.60667	+.01655	+4.25670	-5.62165

12,76

26,82

Baan van vierstangenmechanisme : $x_{21} - y_{21}$

1^e uitvoer

L1 : +102.994
 L2 : +47.724
 L3 : +17.515
 L4 : +6.800
 NL4 : +11
 NFI : +20
 L4 : +8.800

2^e wortel
 verval t

FI (rad)	X21 (mm)	Y21 (mm)	X22	Y22
-0.1000	-19.06615	-0.01742	-17.96366	-3.77915
-0.0900	-18.04705	-0.00040	-16.82460	-4.07434
-0.0800	-17.02487	+0.00820	-15.68906	-4.34107
-0.0700	-16.00040	+0.01145	-14.55660	-4.58251
-0.0600	-14.97421	+0.01142	-13.42699	-4.80087
-0.0500	-13.94675	+0.00957	-12.30015	-4.99773
-0.0400	-12.91834	+0.00693	-11.17610	-5.17428
-0.0300	-11.88926	+0.00423	-10.05496	-5.33142
-0.0200	-10.85972	+0.00198	-8.93688	-5.46985
-0.0100	-9.82992	+0.00051	-7.82207	-5.59009
+0.0000	-8.80000	-0.00000	-6.71080	-5.69256
+0.0100	-7.77008	+0.00051	-5.60336	-5.77755
+0.0200	-6.74024	+0.00199	-4.50009	-5.84528
+0.0300	-5.71054	+0.00427	-3.40140	-5.89589
+0.0400	-4.68102	+0.00709	-2.30771	-5.92942
+0.0500	-3.65165	+0.01007	-1.21952	-5.94585
+0.0600	-2.62237	+0.01271	-0.13738	-5.94509
+0.0700	-1.59309	+0.01439	+0.93807	-5.92692
+0.0800	-0.56362	+0.01432	+2.00612	-5.89106
+0.0900	+0.46629	+0.01157	+3.06594	-5.83707
+0.1000	+1.49701	+0.00497	+4.11658	-5.76436

10,07 μm

31,81 μm

L4 : +9.000

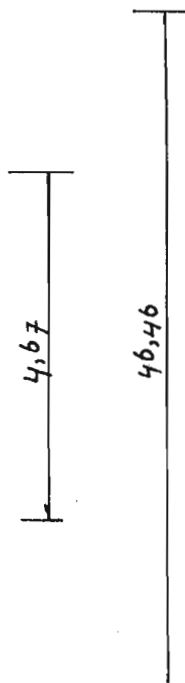
FI	X21	Y21	X22	Y22
-0.1000	-19.26578	-0.02951	-18.13824	-3.87674
-0.0900	-18.24683	-0.00989	-16.99659	-4.17642
-0.0800	-17.22474	+0.00090	-15.85857	-4.44722
-0.0700	-16.20032	+0.00598	-14.72371	-4.69239
-0.0600	-15.17418	+0.00747	-13.59179	-4.91419
-0.0500	-14.14673	+0.00687	-12.46271	-5.11424
-0.0400	-13.11833	+0.00522	-11.33650	-5.29375
-0.0300	-12.08925	+0.00328	-10.21327	-5.45365
-0.0200	-11.05972	+0.00156	-9.09318	-5.59463
-0.0100	-10.02992	+0.00040	-7.97644	-5.71726
+0.0000	-9.00000	-0.00000	-6.86331	-5.82193
+0.0100	-7.97008	+0.00041	-5.75411	-5.90897
+0.0200	-6.94024	+0.00157	-4.64918	-5.97860
+0.0300	-5.91054	+0.00332	-3.54892	-6.03094
+0.0400	-4.88101	+0.00538	-2.45376	-6.06605
+0.0500	-3.85163	+0.00737	-1.36422	-6.08391
+0.0600	-2.82234	+0.00878	-0.28087	-6.08441
+0.0700	-1.79302	+0.00898	+0.79567	-6.06736
+0.0800	-0.76350	+0.00716	+1.86465	-6.03243
+0.0900	+0.26650	+0.00236	+2.92524	-5.97920
+0.1000	+1.29734	-0.00661	+3.97645	-5.90706

7,37

38,49

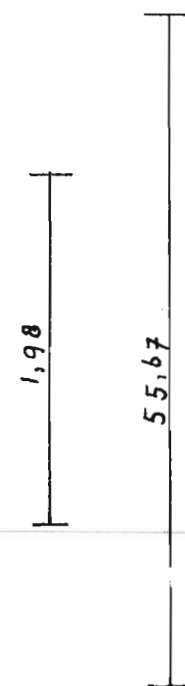
L4 : +9.200

FI	X21	Y21	X22	Y22
-.1000	-19.46542	-.04160	-18.31282	-3.97432
-.0900	-18.44660	-.01937	-17.16858	-4.27849
-.0800	-17.42460	-.00640	-16.02808	-4.55336
-.0700	-16.40025	+.00050	-14.89082	-4.80227
-.0600	-15.37414	+.00352	-13.75658	-5.02751
-.0500	-14.34671	+.00416	-12.62526	-5.23075
-.0400	-13.31832	+.00350	-11.49690	-5.41322
-.0300	-12.28925	+.00232	-10.37158	-5.57587
-.0200	-11.25972	+.00114	-9.24947	-5.71942
-.0100	-10.22992	+.00030	-8.13080	-5.84442
+.0000	-9.20000	-.00000	-7.01583	-5.95131
+.0100	-8.17008	+.00030	-5.90487	-6.04040
+.0200	-7.14024	+.00114	-4.79827	-6.11191
+.0300	-6.11054	+.00236	-3.69643	-6.16599
+.0400	-5.08100	+.00367	-2.59982	-6.20268
+.0500	-4.05161	+.00467	-1.50893	-6.22197
+.0600	-3.02230	+.00486	-.42435	-6.22374
+.0700	-1.99295	+.00357	+.65327	-6.20779
+.0800	-.96337	+.00000	+1.72318	-6.17381
+.0900	+.06671	-.00685	+2.78453	-6.12133
+.1000	+1.09768	-.01819	+3.83632	-6.04976



L4 : +9.400

FI	X21	Y21	X22	Y22
-.1000	-19.66505	-.05369	-18.48740	-4.07190
-.0900	-18.64638	-.02885	-17.34057	-4.38056
-.0800	-17.62447	-.01370	-16.19758	-4.65951
-.0700	-16.60017	-.00497	-15.05794	-4.91215
-.0600	-15.57410	-.00044	-13.92138	-5.14083
-.0500	-14.54669	+.00145	-12.78782	-5.34726
-.0400	-13.51832	+.00179	-11.65729	-5.53269
-.0300	-12.48925	+.00136	-10.52989	-5.69809
-.0200	-11.45972	+.00071	-9.40577	-5.84420
-.0100	-10.42992	+.00019	-8.28517	-5.97159
+.0000	-9.40000	-.00000	-7.16835	-6.08069
+.0100	-8.37008	+.00019	-6.05563	-6.17182
+.0200	-7.34024	+.00072	-4.94736	-6.24523
+.0300	-6.31054	+.00140	-3.84395	-6.30104
+.0400	-5.28099	+.00196	-2.74587	-6.33931
+.0500	-4.25159	+.00198	-1.65364	-6.36003
+.0600	-3.22226	+.00094	-.56784	-6.36307
+.0700	-2.19287	-.00183	+.51087	-6.34823
+.0800	-1.16324	-.00716	+1.58171	-6.31518
+.0900	-.13308	-.01606	+2.64383	-6.26347
+.1000	+.89802	-.02977	+3.69619	-6.19246



L4 : +9.600

FI	X21	Y21	X22	Y22
-.1000	-19.86469	-.06578	-18.66197	-4.16949
-.0900	-18.84615	-.03834	-17.51256	-4.48263
-.0800	-17.82434	-.02100	-16.36709	-4.76566
-.0700	-16.80010	-.01044	-15.22505	-5.02203
-.0600	-15.77406	-.00439	-14.08618	-5.25416
-.0500	-14.74667	-.00126	-12.95038	-5.46377
-.0400	-13.71831	+.00007	-11.81769	-5.65216
-.0300	-12.68925	+.00041	-10.68820	-5.82031
-.0200	-11.65972	+.00029	-9.56207	-5.96898
-.0100	-10.62992	+.00009	-8.43954	-6.09875
+.0000	-9.60000	-.00000	-7.32087	-6.21006
+.0100	-8.57008	+.00009	-6.20638	-6.30325
+.0200	-7.54024	+.00030	-5.09644	-6.37854
+.0300	-6.51053	+.00045	-3.99147	-6.43609
+.0400	-5.48099	+.00025	-2.89192	-6.47595
+.0500	-4.45157	-.00072	-1.79834	-6.49809
+.0600	-3.42222	-.00299	-.71132	-6.50240
+.0700	-2.39280	-.00724	+.36847	-6.48866
+.0800	-1.36311	-.01432	+1.44024	-6.45656
+.0900	-.33286	-.02527	+2.50312	-6.40560
+.1000	+.69835	-.04136	+3.55606	-6.33516

1,71

66,23

L4 : +9.800

FI	X21	Y21	X22	Y22
-.1000	-20.06432	-.07787	-18.83655	-4.26707
-.0900	-19.04593	-.04782	-17.68456	-4.58471
-.0800	-18.02420	-.02830	-16.53660	-4.87181
-.0700	-17.00002	-.01591	-15.39216	-5.13191
-.0600	-15.97402	-.00834	-14.25097	-5.36748
-.0500	-14.94666	-.00396	-13.11294	-5.58028
-.0400	-13.91830	-.00164	-11.97808	-5.77163
-.0300	-12.88924	-.00055	-10.84650	-5.94253
-.0200	-11.85972	-.00013	-9.71837	-6.09377
-.0100	-10.82992	-.00002	-8.59391	-6.22592
+.0000	-9.80000	-.00000	-7.47339	-6.33944
+.0100	-8.77008	-.00002	-6.35714	-6.43467
+.0200	-7.74024	-.00013	-5.24553	-6.51186
+.0300	-6.71053	-.00051	-4.13898	-6.57114
+.0400	-5.68098	-.00147	-3.03798	-6.61258
+.0500	-4.65155	-.00342	-1.94305	-6.63614
+.0600	-3.62218	-.00691	-.85480	-6.64173
+.0700	-2.59273	-.01264	+.22607	-6.62910
+.0800	-1.56098	-.02148	+1.29878	-6.59793
+.0900	-.53265	-.03448	+2.36242	-6.54774
+.1000	+.49869	-.05294	+3.41593	-6.47787

3,96

77,87

L4 : +10.00

ESCAPED!

5000 102.994,47.724,15.6,9.4,5,20,0,.4,0,.01,-.11,

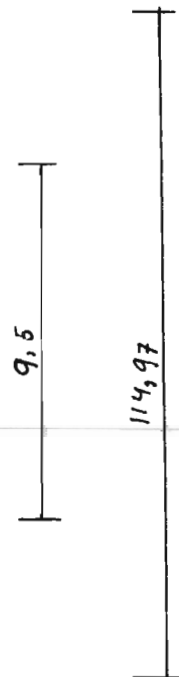
RUN
WAIT

	L1	L2	L3	L4
	+102.994	+47.724	+15.600	+9.400
NL4	:	+5		
NFI	:	+20		
L3	:	+16.000		
L4	:	+9.400		

FI	X21	Y21	X22	Y22
-.1000	-19.65940	-.14037	-18.73813	-3.59130
-.0900	-18.64318	-.09188	-17.59575	-3.92187
-.0800	-17.62268	-.05952	-16.45856	-4.21624
-.0700	-16.59922	-.03783	-15.32566	-4.47997
-.0600	-15.57362	-.02337	-14.19657	-4.71664
-.0500	-14.54647	-.01385	-13.07111	-4.92868
-.0400	-13.51823	-.00771	-11.94924	-5.11782
-.0300	-12.48922	-.00386	-10.83103	-5.28531
-.0200	-11.45972	-.00157	-9.71665	-5.43209
-.0100	-10.42992	-.00037	-8.60634	-5.55883
+.0000	-9.40000	-.00000	-7.50040	-5.66605
+.0100	-8.37008	-.00037	-6.39917	-5.75406
+.0200	-7.34023	-.00156	-5.30309	-5.82309
+.0300	-6.31051	-.00381	-4.21262	-5.87321
+.0400	-5.28091	-.00748	-3.12831	-5.90438
+.0500	-4.25138	-.01312	-2.05079	-5.91644
+.0600	-3.22179	-.02145	-.98075	-5.90908
+.0700	-2.19197	-.03338	+.08097	-5.88184
+.0800	-1.16160	-.05009	+1.13342	-5.83405
+.0900	-.13027	-.07304	+2.17548	-5.76481
+.1000	+.90262	-.10408	+3.20581	-5.67287

L3 : +16.400
L4 : +9.400

FI	X21	Y21	X22	Y22
-.1000	-19.66114	-.11497	-18.67323	-3.72236
-.0900	-18.64415	-.07363	-17.52981	-4.04632
-.0800	-17.62322	-.04636	-16.39116	-4.33615
-.0700	-16.59950	-.02844	-15.25652	-4.59668
-.0600	-15.57376	-.01685	-14.12550	-4.83109
-.0500	-14.54654	-.00951	-12.99792	-5.04157
-.0400	-13.51825	-.00502	-11.87377	-5.22970
-.0300	-12.48923	-.00238	-10.75315	-5.39666
-.0200	-11.45972	-.00093	-9.63621	-5.54332
-.0100	-10.42992	-.00021	-8.52319	-5.67032
+.0000	-9.40000	-.00000	-7.41439	-5.77814
+.0100	-8.37008	-.00021	-6.31013	-5.86712
+.0200	-7.34023	-.00092	-5.21084	-5.93748
+.0300	-6.31052	-.00234	-4.11696	-5.98931
+.0400	-5.28093	-.00481	-3.02901	-6.02260
+.0500	-4.25144	-.00884	-1.94759	-6.03723
+.0600	-3.22193	-.01509	-.87338	-6.03296
+.0700	-2.19223	-.02440	+.19285	-6.00940
+.0800	-1.16209	-.03784	+1.25020	-5.96600
+.0900	-.13111	-.05671	+2.29762	-5.90199
+.1000	+.90123	-.08268	+3.33386	-5.81633



L3 : +16.800
L4 : +9.400

FI	X21	Y21	X22	Y22
-.1000	-19.66268	-.09152	-18.60739	-3.85030
-.0900	-18.64502	-.05661	-17.46283	-4.16831
-.0800	-17.62371	-.03401	-16.32267	-4.45396
-.0700	-16.59976	-.01960	-15.18626	-4.71151
-.0600	-15.57389	-.01068	-14.05326	-4.94377
-.0500	-14.54660	-.00540	-12.92355	-5.15275
-.0400	-13.51828	-.00247	-11.79712	-5.33990
-.0300	-12.48924	-.00098	-10.67407	-5.50632
-.0200	-11.45972	-.00031	-9.55457	-5.65281
-.0100	-10.42992	-.00006	-8.43883	-5.78001
+.0000	-9.40000	-.00000	-7.32715	-5.88836
+.0100	-8.37008	-.00006	-6.21986	-5.97821
+.0200	-7.34023	-.00031	-5.11735	-6.04977
+.0300	-6.31052	-.00094	-4.02005	-6.10315
+.0400	-5.28096	-.00227	-2.92847	-6.13839
+.0500	-4.25150	-.00478	-1.84316	-6.15538
+.0600	-3.22206	-.00907	-.76478	-6.15395
+.0700	-2.19248	-.01591	+.30594	-6.13377
+.0800	-1.16253	-.02627	+1.36816	-6.09439
+.0900	-.13187	-.04135	+2.42089	-6.03515
+.1000	+.89998	-.06264	+3.46298	-5.95521

5,4

91,52

L3 : +17.200
L4 : +9.400

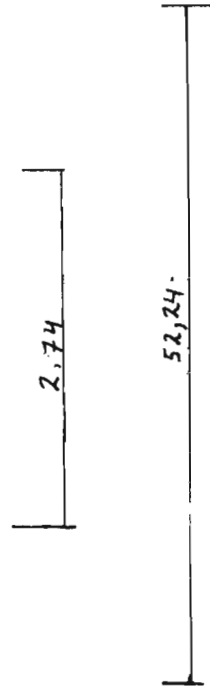
FI	X21	Y21	X22	Y22
-.1000	-19.66407	-.06976	-18.54063	-3.97535
-.0900	-18.64581	-.04069	-17.39483	-4.28794
-.0800	-17.62415	-.02239	-16.25310	-4.56974
-.0700	-16.60000	-.01124	-15.11489	-4.82448
-.0600	-15.57401	-.00483	-13.97991	-5.05470
-.0500	-14.54665	-.00149	-12.84805	-5.26223
-.0400	-13.51830	-.00004	-11.71933	-5.44842
-.0300	-12.48924	+.00036	-10.59385	-5.61428
-.0200	-11.45972	+.00027	-9.47177	-5.76057
-.0100	-10.42992	+.00008	-8.35331	-5.88790
+.0000	-9.40000	0	-7.23875	-5.99670
+.0100	-8.37008	+.00008	-6.12842	-6.08731
+.0200	-7.34024	+.00028	-5.02269	-6.15995
+.0300	-6.31053	+.00040	-3.92197	-6.21475
+.0400	-5.28098	+.00014	-2.82675	-6.25175
+.0500	-4.25155	-.00093	-1.73757	-6.27090
+.0600	-3.22217	-.00336	-.65503	-6.27206
+.0700	-2.19271	-.00787	+.42017	-6.25498
+.0800	-1.16294	-.01535	+1.48723	-6.21927
+.0900	-.13257	-.02688	+2.54522	-6.16440
+.1000	+.89884	-.04381	+3.59309	-6.08964

1,89

70,16

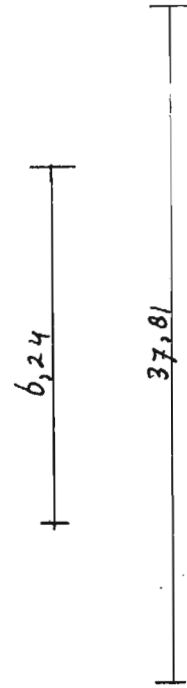
L3 : +17.600
L4 : +9.400

FI	X21	Y21	X22	Y22
-.1000	-19.66531	-.04950	-18.47293	-4.09768
-.0900	-18.64653	-.02576	-17.32583	-4.40532
-.0800	-17.62455	-.01143	-16.18249	-4.68353
-.0700	-16.60022	-.00332	-15.04246	-4.93562
-.0600	-15.57412	+0.00072	-13.90547	-5.16389
-.0500	-14.54670	+0.00222	-12.77146	-5.37002
-.0400	-13.51832	+0.00227	-11.64044	-5.55525
-.0300	-12.48925	+0.00163	-10.51251	-5.72052
-.0200	-11.45972	+0.00083	-9.38785	-5.86658
-.0100	-10.42992	+0.00022	-8.26667	-5.99398
+0.0000	-9.40000	-.00000	-7.14924	-6.10315
+0.0100	-8.37008	+0.00022	-6.03587	-6.19442
+0.0200	-7.34024	+0.00084	-4.92691	-6.26801
+0.0300	-6.31054	+0.00167	-3.82278	-6.32408
+0.0400	-5.28100	+0.00244	-2.72393	-6.36268
+0.0500	-4.25160	+0.00274	-1.63088	-6.38380
+0.0600	-3.22228	+0.00207	-.54420	-6.38733
+0.0700	-2.19292	-.00024	+0.53545	-6.37306
+0.0800	-1.16332	-.00501	+1.60731	-6.34070
+0.0900	-.13321	-.01322	+2.67053	-6.28980
+0.1000	+0.89780	-.02610	+3.72410	-6.21976



L3 : +18.000
L4 : +9.400

FI	X21	Y21	X22	Y22
-.1000	-19.66642	-.03057	-18.40432	-4.21746
-.0900	-18.64718	-.01171	-17.25585	-4.52053
-.0800	-17.62492	-.00107	-16.11087	-4.79538
-.0700	-16.60042	+0.00418	-14.96899	-5.04496
-.0600	-15.57422	+0.00599	-13.82998	-5.27136
-.0500	-14.54675	+0.00576	-12.69380	-5.47612
-.0400	-13.51834	+0.00448	-11.56048	-5.66038
-.0300	-12.48926	+0.00285	-10.43011	-5.82506
-.0200	-11.45972	+0.00136	-9.30287	-5.97083
-.0100	-10.42992	+0.00036	-8.17896	-6.09823
+0.0000	-9.40000	+0.00000	-7.05865	-6.20769
+0.0100	-8.37008	+0.00036	-5.94224	-6.29952
+0.0200	-7.34024	+0.00137	-4.83008	-6.37396
+0.0300	-6.31054	+0.00288	-3.72254	-6.43116
+0.0400	-5.28102	+0.00463	-2.62007	-6.47120
+0.0500	-4.25165	+0.00624	-1.52316	-6.49409
+0.0600	-3.22238	+0.00724	-.43236	-6.49976
+0.0700	-2.19311	+0.00701	+0.65171	-6.48806
+0.0800	-1.16366	+0.00480	+1.72834	-6.45874
+0.0900	-.13379	-.00029	+2.79673	-6.41144
+0.1000	+0.89686	-.00938	+3.85593	-6.34567



END OF JOB

GO AHEAD

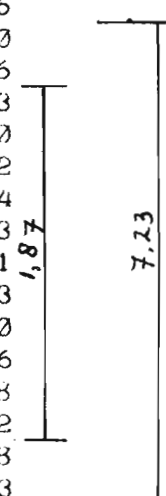
5000 102.994,47.724,17.5,9.35,5,20,0,0,0.05,.01,-0.11.0,

RUN
WAIT

	L1	L2	L3	L4
	+102.994	+47.724	+17.500	+9.350
NL4	:	+5		
NFI	:	+20		

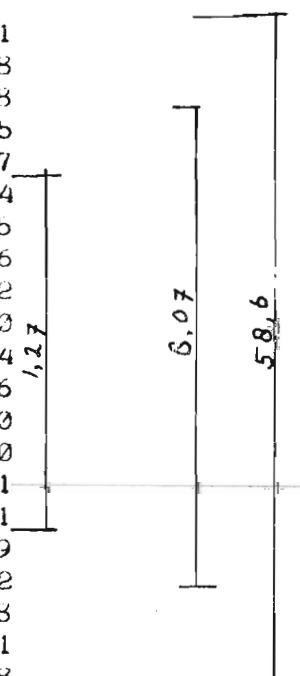
L3 : +17.500
L4 : +9.400

FI	X21	Y21	X22	Y22
-.1000	-19.66501	-.05444	-18.48994	-4.06734
-.0900	-18.64635	-.02940	-17.34317	-4.37618
-.0800	-17.62446	-.01411	-16.20024	-4.65526
-.0700	-16.60017	-.00526	-15.06066	-4.90800
-.0600	-15.57409	-.00064	-13.92418	-5.13676
-.0500	-14.54669	+0.00131	-12.79071	-5.34323
-.0400	-13.51832	+0.00170	-11.66026	-5.52870
-.0300	-12.48925	+0.00132	-10.53295	-5.69412
-.0200	-11.45972	+0.00069	-9.40893	-5.84024
-.0100	-10.42992	+0.00019	-8.28843	-5.96763
+0.0000	-9.40000	-.00000	-7.17172	-6.07671
+0.0100	-8.37008	+0.00019	-6.05911	-6.16783
+0.0200	-7.34024	+0.00070	-4.95096	-6.24120
+0.0300	-6.31054	+0.00136	-3.84768	-6.29696
+0.0400	-5.28099	+0.00187	-2.74974	-6.33518
+0.0500	-4.25159	+0.00184	-1.65765	-6.35582
+0.0600	-3.22225	+0.00074	-.57200	-6.35878
+0.0700	-2.19286	-.00211	+0.50653	-6.34383
+0.0800	-1.16322	-.00754	+1.57720	-6.31066
+0.0900	-.13305	-.01656	+2.63912	-6.25880
+0.1000	+0.89805	-.03043	+3.69127	-6.18763



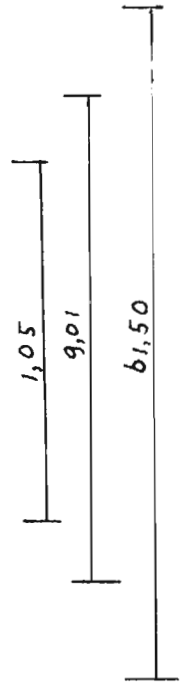
L3 : +17.500
L4 : +9.450

FI	X21	Y21	X22	Y22
-.1000	-19.71492	-.05746	-18.53360	-4.09171
-.0900	-18.69630	-.03178	-17.38618	-4.40168
-.0800	-17.67442	-.01593	-16.24263	-4.68178
-.0700	-16.65015	-.00663	-15.10246	-4.93545
-.0600	-15.62408	-.00163	-13.96539	-5.16507
-.0500	-14.59669	+0.00064	-12.83136	-5.37234
-.0400	-13.56831	+0.00127	-11.70038	-5.55855
-.0300	-12.53925	+0.00108	-10.57254	-5.72466
-.0200	-11.50972	+0.00059	-9.44802	-5.87142
-.0100	-10.47992	+0.00016	-8.32704	-5.99940
+0.0000	-9.45000	-.00000	-7.20987	-6.10904
+0.0100	-8.42008	+0.00016	-6.09682	-6.20066
+0.0200	-7.39024	+0.00059	-4.98825	-6.27450
+0.0300	-6.36054	+0.00112	-3.88458	-6.33070
+0.0400	-5.33099	+0.00144	-2.78627	-6.36931
+0.0500	-4.30158	+0.00117	-1.69385	-6.39031
+0.0600	-3.27224	-.00024	-.60790	-6.39359
+0.0700	-2.24285	-.00347	+0.47091	-6.37892
+0.0800	-1.21319	-.00933	+1.54181	-6.34598
+0.0900	-.18300	-.01887	+2.60392	-6.29431
+0.1000	+0.84314	-.03333	+3.65621	-6.22328



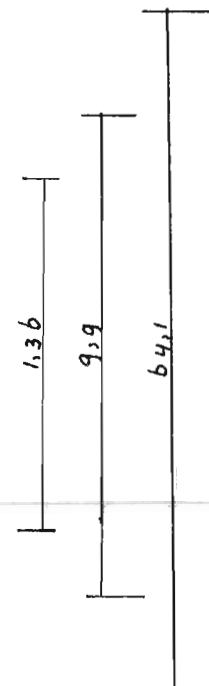
L3 : +17.500
L4 : +9.500

FI	X21	Y21	X22	Y22
-0.1000	-19.76482	-0.06049	-18.57726	-4.11609
-0.0900	-18.74624	-0.03415	-17.42919	-4.42717
-0.0800	-17.72439	-0.01776	-16.28502	-4.70829
-0.0700	-16.70013	-0.00800	-15.14425	-4.96290
-0.0600	-15.67407	-0.00262	-14.00661	-5.19338
-0.0500	-14.64668	-0.00004	-12.87202	-5.40145
-0.0400	-13.61831	+0.00085	-11.74049	-5.58839
-0.0300	-12.58925	+0.00084	-10.61213	-5.75519
-0.0200	-11.55972	+0.00048	-9.48711	-5.90259
-0.0100	-10.52992	+0.00014	-8.36565	-6.03117
+0.0000	-9.50000	-0.00000	-7.24801	-6.14136
+0.0100	-8.47008	+0.00014	-6.13452	-6.23350
+0.0200	-7.44024	+0.00049	-5.02554	-6.30781
+0.0300	-6.41053	+0.00088	-3.92148	-6.36444
+0.0400	-5.38099	+0.00101	-2.82281	-6.40345
+0.0500	-4.35158	+0.00049	-1.73004	-6.42481
+0.0600	-3.32224	-0.00123	-0.64379	-6.42839
+0.0700	-2.29283	-0.00482	+0.43529	-6.41400
+0.0800	-1.26316	-0.01113	+1.50642	-6.38130
+0.0900	-0.23295	-0.02117	+2.56872	-6.32982
+0.1000	+0.79822	-0.03623	+3.62115	-6.25893



L3 : +17.500
L4 : +9.550

FI	X21	Y21	X22	Y22
-0.1000	-19.81473	-0.06352	-18.62092	-4.14046
-0.0900	-18.79618	-0.03652	-17.47220	-4.45267
-0.0800	-17.77436	-0.01959	-16.32742	-4.73481
-0.0700	-16.75011	-0.00937	-15.18604	-4.99035
-0.0600	-15.72406	-0.00361	-14.04782	-5.22168
-0.0500	-14.69668	-0.00072	-12.91267	-5.43055
-0.0400	-13.66831	+0.00042	-11.78061	-5.61824
-0.0300	-12.63925	+0.00060	-10.65173	-5.78573
-0.0200	-11.60972	+0.00038	-9.52620	-5.93377
-0.0100	-10.57992	+0.00011	-8.40426	-6.06294
+0.0000	-9.55000	-0.00000	-7.28616	-6.17368
+0.0100	-8.52000	+0.00011	-6.17223	-6.26633
+0.0200	-7.49024	+0.00038	-5.06283	-6.34112
+0.0300	-6.46053	+0.00064	-3.95838	-6.39818
+0.0400	-5.43099	+0.00059	-2.85934	-6.43759
+0.0500	-4.40158	+0.00018	-1.76624	-6.45930
+0.0600	-3.37223	-0.00221	-0.67968	-6.46320
+0.0700	-2.34281	-0.00617	+0.39966	-6.44909
+0.0800	-1.31313	-0.01292	+1.47103	-6.41662
+0.0900	-0.28289	-0.02348	+2.53351	-6.36533
+0.1000	+0.74831	-0.03912	+3.58609	-6.29458



4^e uitvoer

BAAN VAN DE TALYSURF4

L3 VARIEERT TUSSEN 17.00 EN 17.650

5000 102.994,47.724,16.95,9.500,14,20,0,0.05,0,0.01,-0.11,

L1 L2 L3 L4 NL4 NFI SL3 SFI FI
FA SL4

L3 : +17.400
L4 : +9.500

FI	X21	Y21	X22	Y22
-.1000	-19.76451	-.06556	-18.59439	-4.08526
-.0900	-18.74606	-.03789	-17.44666	-4.39758
-.0800	-17.72429	-.02051	-16.30290	-4.67961
-.0700	-16.70007	-.00999	-15.16258	-4.93487
-.0600	-15.67405	-.00401	-14.02545	-5.16584
-.0500	-14.64667	-.00097	-12.89140	-5.37427
-.0400	-13.61831	+.00026	-11.76046	-5.56146
-.0300	-12.58925	+.00052	-10.63272	-5.72840
-.0200	-11.55972	+.00034	-9.50835	-5.87586
-.0100	-10.52992	+.00010	-8.38757	-6.00442
+.0000	-9.50000	-.00000	-7.27067	-6.11452
+.0100	-8.47008	+.00010	-6.15794	-6.20650
+.0200	-7.44024	+.00035	-5.04977	-6.28057
+.0300	-6.41053	+.00056	-3.94658	-6.33689
+.0400	-5.38099	+.00044	-2.84882	-6.37550
+.0500	-4.35157	-.00043	-1.75703	-6.39636
+.0600	-3.32221	-.00259	-.67182	-6.39936
+.0700	-2.29278	-.00673	+.40613	-6.38427
+.0800	-1.26307	-.01372	+1.47604	-6.35073
+.0900	-.23279	-.02460	+2.53703	-6.29826
+.1000	+.79848	-.04067	+3.58802	-6.22619

1,53 μm

L3 : +17.450
L4 : +9.500

FI	X21	Y21	X22	Y22
-.1000	-19.76467	-.06302	-18.58583	-4.10069
-.0900	-18.74615	-.03601	-17.43793	-4.41239
-.0800	-17.72434	-.01913	-16.29397	-4.69396
-.0700	-16.70010	-.00899	-15.15342	-4.94890
-.0600	-15.67406	-.00331	-14.01604	-5.17962
-.0500	-14.64668	-.00051	-12.88172	-5.38787
-.0400	-13.61831	+.00056	-11.75048	-5.57494
-.0300	-12.58925	+.00068	-10.62244	-5.74181
-.0200	-11.55972	+.00041	-9.49774	-5.88924
-.0100	-10.52992	+.00012	-8.37662	-6.01781
+.0000	-9.50000	-.00000	-7.25935	-6.12796
+.0100	-8.47008	+.00012	-6.14624	-6.22001
+.0200	-7.44024	+.00042	-5.03767	-6.29421
+.0300	-6.41053	+.00072	-3.93404	-6.35068
+.0400	-5.38099	+.00073	-2.83582	-6.38949
+.0500	-4.35157	+.00003	-1.74355	-6.41060
+.0600	-3.32222	-.00191	-.65781	-6.41390
+.0700	-2.29280	-.00577	+.42070	-6.39916
+.0800	-1.26311	-.01242	+1.49122	-6.36604
+.0900	-.23287	-.02288	+2.55286	-6.31407
+.1000	+.79835	-.03844	+3.60458	-6.24259

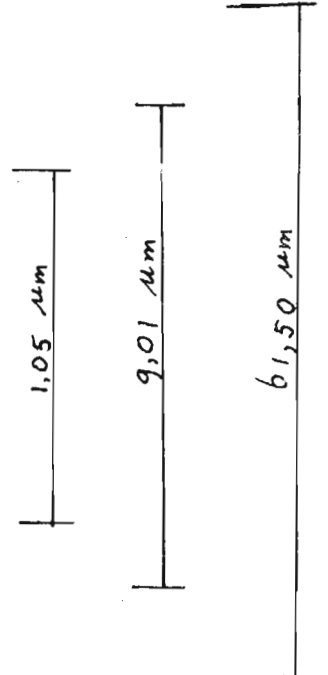
1,24 μm

9,72 μm

63,70 μm

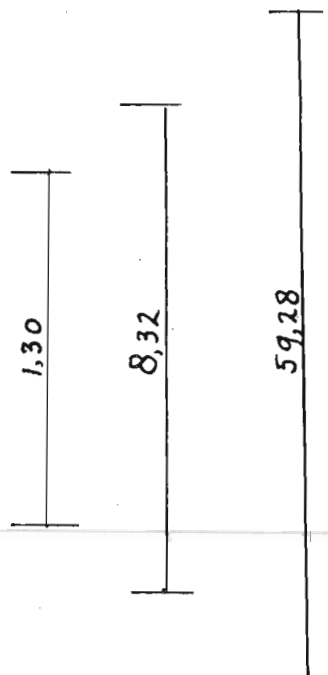
L3 : +17.500
L4 : +9.500

FI	X21	Y21	X22	Y22
-.1000	-19.76482	-.06049	-18.57726	-4.11609
-.0900	-18.74624	-.03415	-17.42919	-4.42717
-.0800	-17.72439	-.01776	-16.28502	-4.70829
-.0700	-16.70013	-.00800	-15.14425	-4.96290
-.0600	-15.67407	-.00262	-14.00661	-5.19338
-.0500	-14.64668	-.00004	-12.87202	-5.40145
-.0400	-13.61831	+.00085	-11.74049	-5.58839
-.0300	-12.58925	+.00084	-10.61213	-5.75519
-.0200	-11.55972	+.00048	-9.48711	-5.90259
-.0100	-10.52992	+.00014	-8.36565	-6.03117
+.0000	-9.50000	-.00000	-7.24801	-6.14136
+.0100	-8.47008	+.00014	-6.13452	-6.23350
+.0200	-7.44024	+.00049	-5.02554	-6.30781
+.0300	-6.41053	+.00088	-3.92148	-6.36444
+.0400	-5.38099	+.00101	-2.82281	-6.40345
+.0500	-4.35158	+.00049	-1.73004	-6.42481
+.0600	-3.32224	-.00123	-.64379	-6.42839
+.0700	-2.29283	-.00482	+.43529	-6.41400
+.0800	-1.26316	-.01113	+1.50642	-6.38130
+.0900	-.23295	-.02117	+2.56872	-6.32982
+.1000	+.79822	-.03623	+3.62115	-6.25893



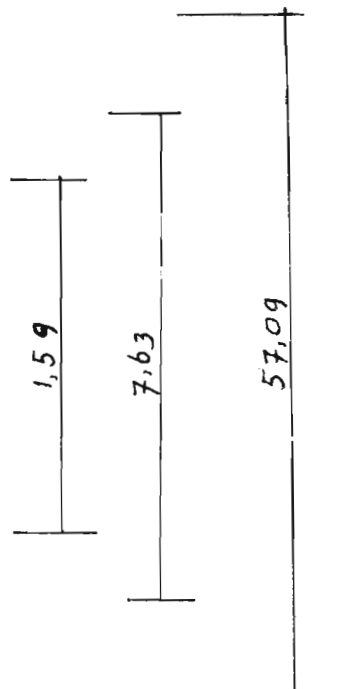
L3 : +17.550
L4 : +9.500

FI	X21	Y21	X22	Y22
-.1000	-19.76498	-.05798	-18.56867	-4.13144
-.0900	-18.74633	-.03230	-17.42044	-4.44191
-.0800	-17.72444	-.01640	-16.27606	-4.72259
-.0700	-16.70016	-.00702	-15.13506	-4.97687
-.0600	-15.67409	-.00193	-13.99716	-5.20710
-.0500	-14.64669	+.00042	-12.86230	-5.41500
-.0400	-13.61831	+.00113	-11.73048	-5.60182
-.0300	-12.58925	+.00100	-10.60182	-5.76855
-.0200	-11.55972	+.00055	-9.47647	-5.91591
-.0100	-10.52992	+.00015	-8.35466	-6.04450
+.0000	-9.50000	-.00000	-7.23666	-6.15473
+.0100	-8.47008	+.00015	-6.12279	-6.24695
+.0200	-7.44024	+.00056	-5.01340	-6.32138
+.0300	-6.41054	+.00103	-3.90891	-6.37817
+.0400	-5.38099	+.00130	-2.80977	-6.41737
+.0500	-4.35159	+.00095	-1.71652	-6.43896
+.0600	-3.32225	-.00055	-.62975	-6.44284
+.0700	-2.29285	-.00387	+.44989	-6.42880
+.0800	-1.26321	-.00984	+1.52163	-6.39651
+.0900	-.23302	-.01948	+2.58458	-6.34551
+.1000	+.79809	-.03403	+3.63774	-6.27520



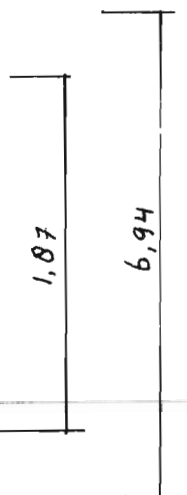
L3 : +17.600
L4 : +9.500

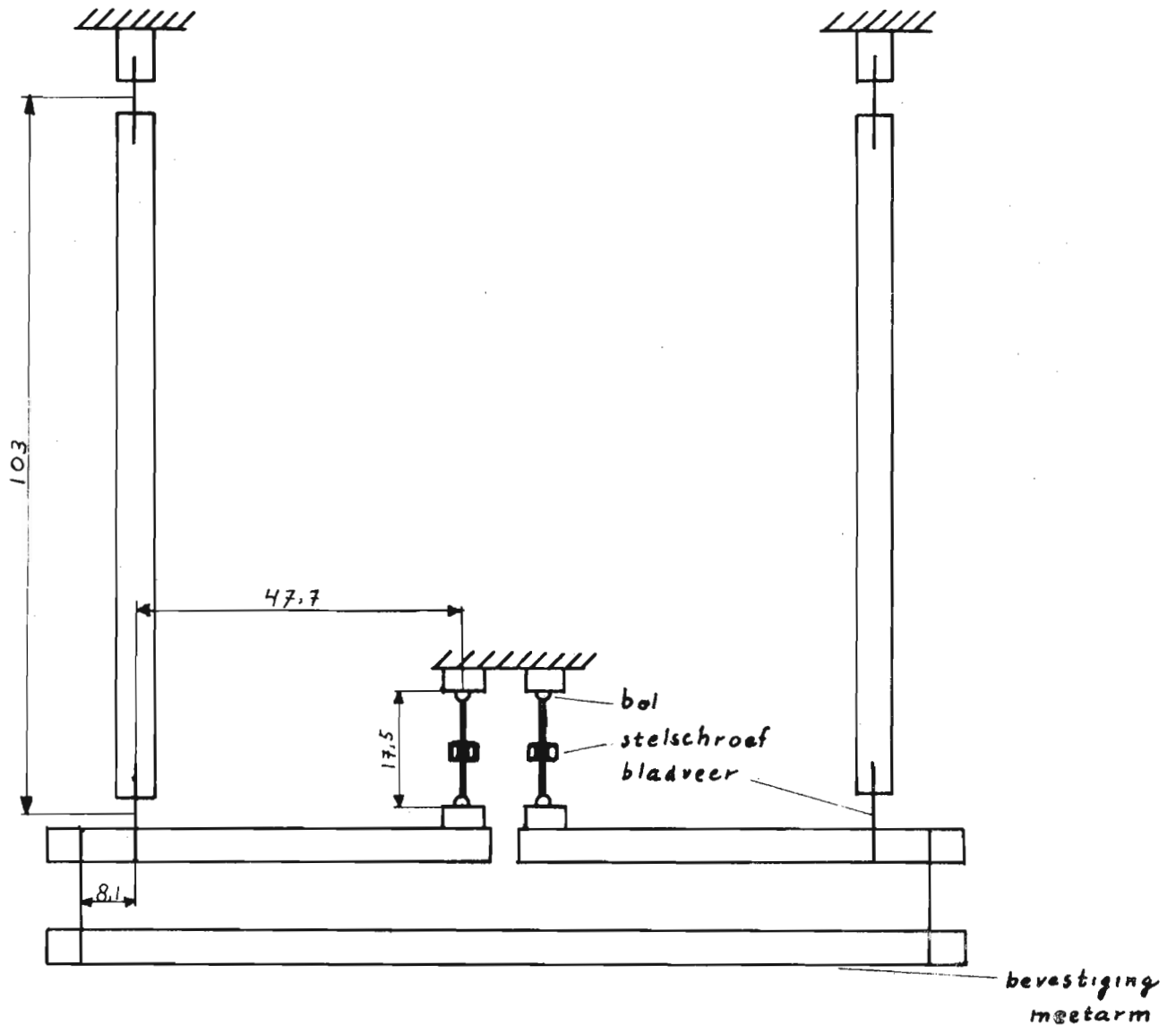
FI	X21	Y21	X22	Y22
-.1000	-19.76512	-.05550	-18.56007	-4.14675
-.0900	-18.74641	-.03047	-17.41167	-4.45662
-.0800	-17.72449	-.01505	-16.26709	-4.73686
-.0700	-16.70018	-.00604	-15.12585	-4.99081
-.0600	-15.67410	-.00124	-13.98770	-5.22080
-.0500	-14.64669	+0.00088	-12.85256	-5.42852
-.0400	-13.61832	+0.00142	-11.72045	-5.61522
-.0300	-12.58925	+0.00115	-10.59148	-5.78187
-.0200	-11.55972	+0.00062	-9.46581	-5.92921
-.0100	-10.52992	+0.00017	-8.34366	-6.05780
+0.0000	-9.50000	-.00000	-7.22529	-6.16807
+0.0100	-8.47008	+0.00017	-6.11103	-6.26037
+0.0200	-7.44024	+0.00063	-5.00124	-6.33491
+0.0300	-6.41054	+0.00119	-3.89632	-6.39185
+0.0400	-5.38099	+0.00159	-2.79673	-6.43125
+0.0500	-4.35159	+0.00140	-1.70299	-6.45308
+0.0600	-3.32226	+0.00012	-.61569	-6.45725
+0.0700	-2.29288	-.000293	+0.46451	-6.44354
+0.0800	-1.26325	-.000856	+1.53685	-6.41166
+0.0900	-.23310	-.001779	+2.60046	-6.36115
+0.1000	+0.79797	-.003185	+3.65433	-6.29140

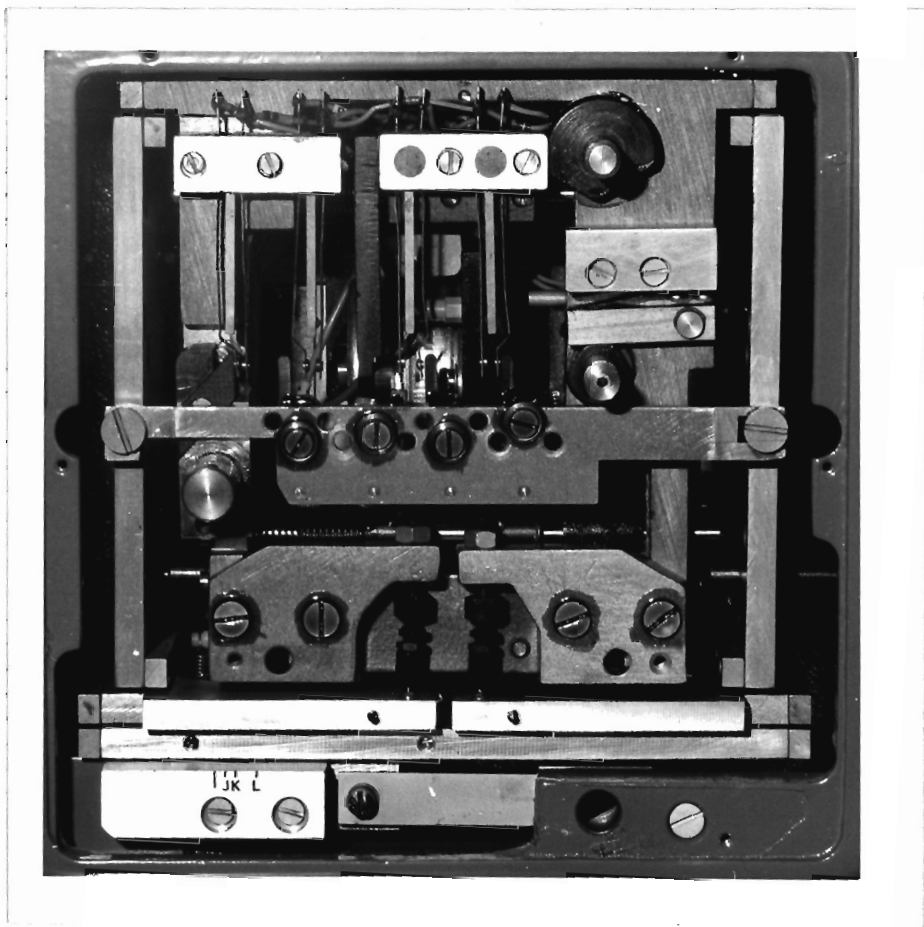


L3 : +17.650
L4 : +9.500

FI	X21	Y21	X22	Y22
-.1000	-19.76527	-.05304	-18.55145	-4.16202
-.0900	-18.74650	-.02864	-17.40288	-4.47129
-.0800	-17.72454	-.01371	-16.25810	-4.75109
-.0700	-16.70021	-.00507	-15.11662	-5.00472
-.0600	-15.67411	-.00056	-13.97822	-5.23447
-.0500	-14.64670	+0.00134	-12.84281	-5.44202
-.0400	-13.61832	+0.00170	-11.71041	-5.62860
-.0300	-12.58925	+0.00131	-10.58113	-5.79517
-.0200	-11.55972	+0.00069	-9.45513	-5.94248
-.0100	-10.52992	+0.00019	-8.33263	-6.07107
+0.0000	-9.50000	-.00000	-7.21391	-6.18139
+0.0100	-8.47008	+0.00019	-6.09926	-6.27376
+0.0200	-7.44024	+0.00069	-4.98906	-6.34842
+0.0300	-6.41054	+0.00135	-3.88371	-6.40550
+0.0400	-5.38100	+0.00187	-2.78366	-6.44509
+0.0500	-4.35160	+0.00185	-1.68944	-6.46716
+0.0600	-3.32227	+0.00079	-.60161	-6.47161
+0.0700	-2.29290	-.000199	+0.47915	-6.45824
+0.0800	-1.26330	-.000730	+1.55209	-6.42676
+0.0900	-.23318	-.001612	+2.61636	-6.37672
+0.1000	+0.79784	-.002968	+3.67094	-6.30754

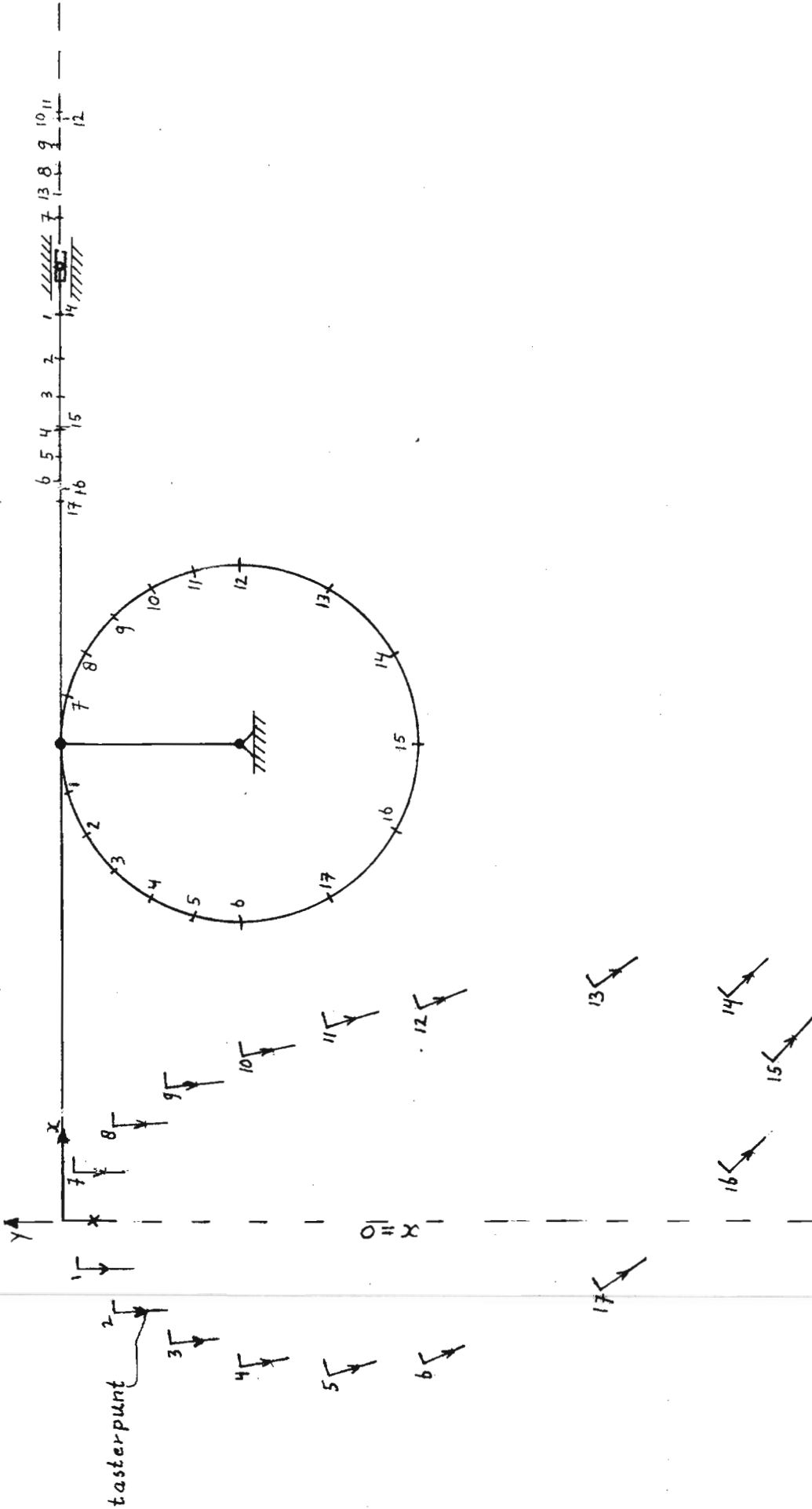






De taster beweging $\frac{1}{4}$ Taly-surf 4. Bij meten aan bolvormige opp. wordt hoogstens het gebied tussen 1 en 7 gebruikt.

* gekonstrueerd met aanname dat de rechtgeleiding exakt is.

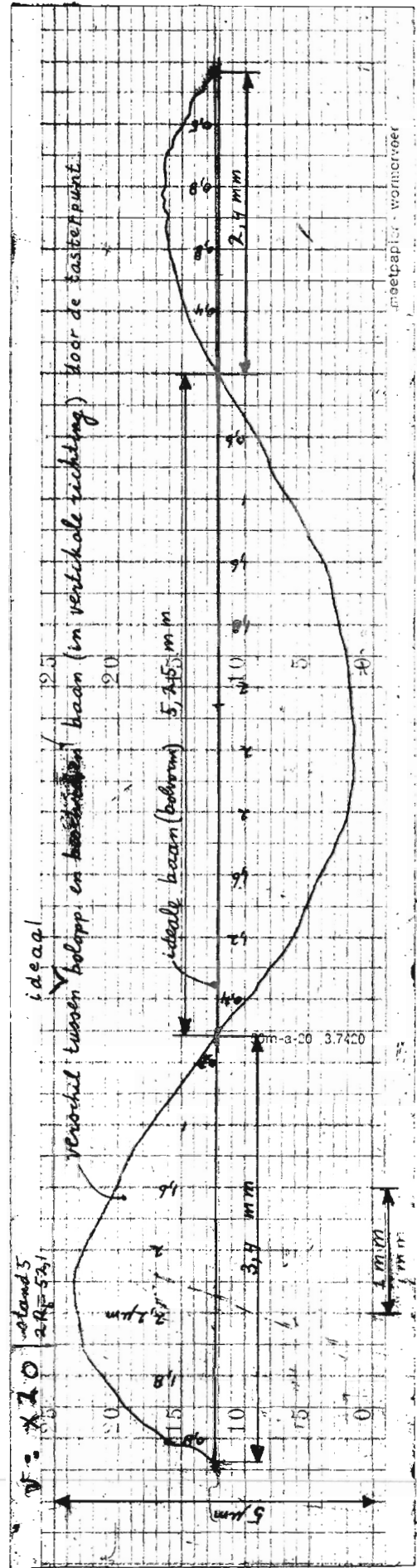
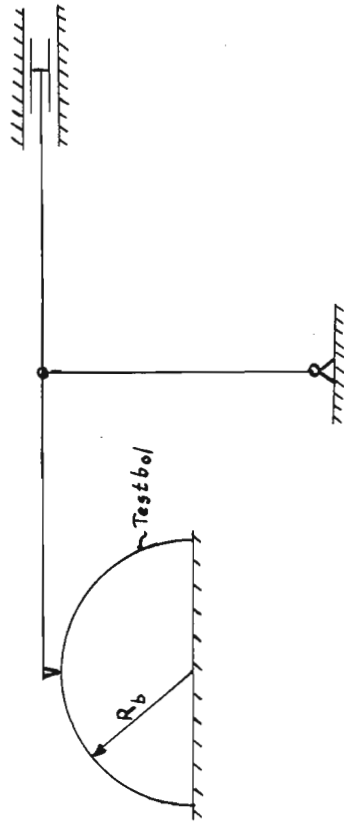


Meetapparaat Taly-surf 4.

Meting aan "zuiver" bolvormig oppervlak

↓
Testbol voor Taly rond apparaat

nauwkeurigheid 15 nm.



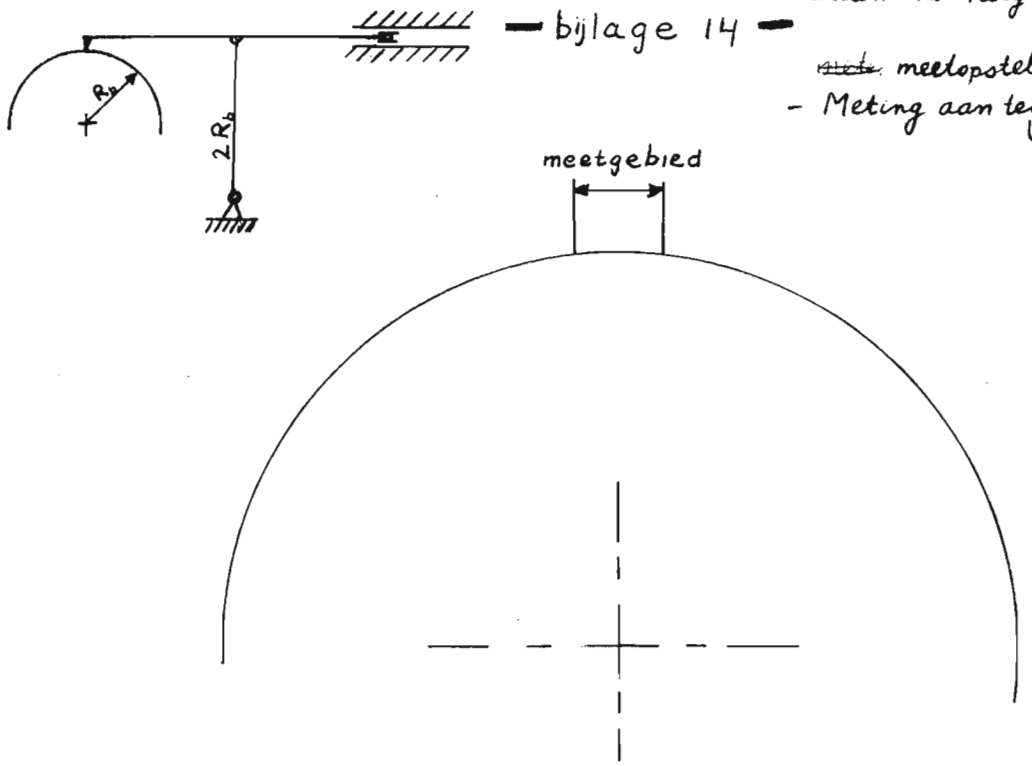
gemeten 17-3-'77

- Baan v/d Taly-surf meetarm bij

- bijlage 14 -

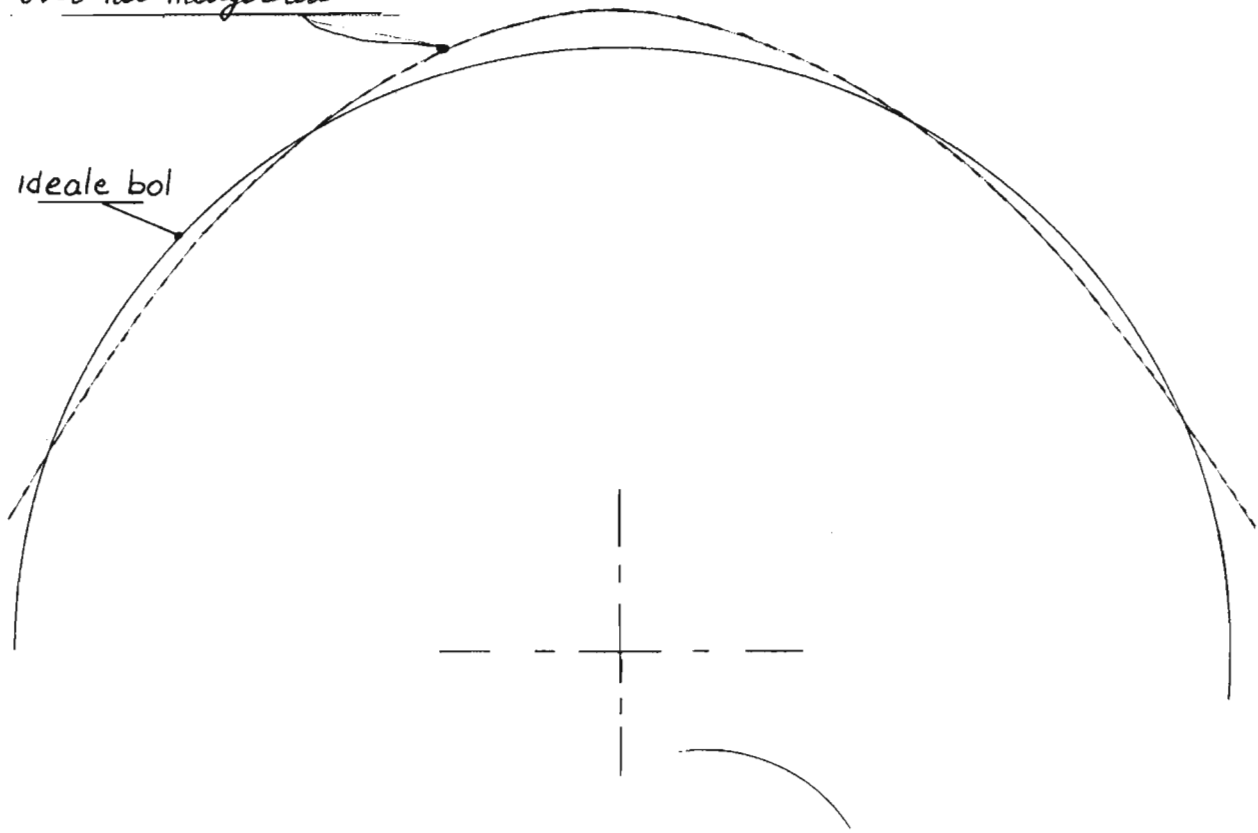
~~meelopstelling~~ voor bolle oppervlakken.

- Meting aan testbol voor Taly-rond apparaat
↳ nauwkeurigheid 2.5 nm

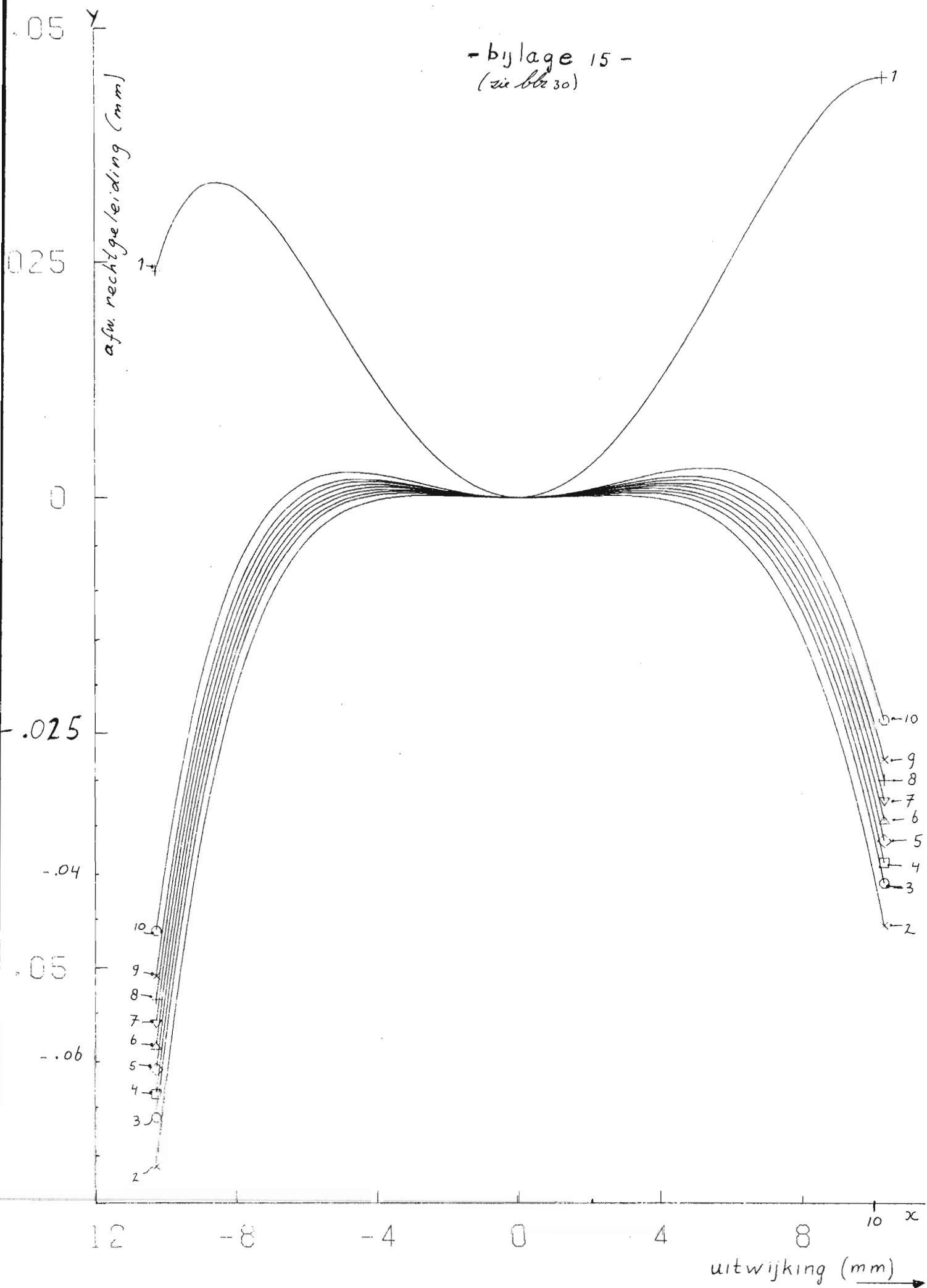


Benaderde vorm v/d baan over het meetgebied

ideale bol

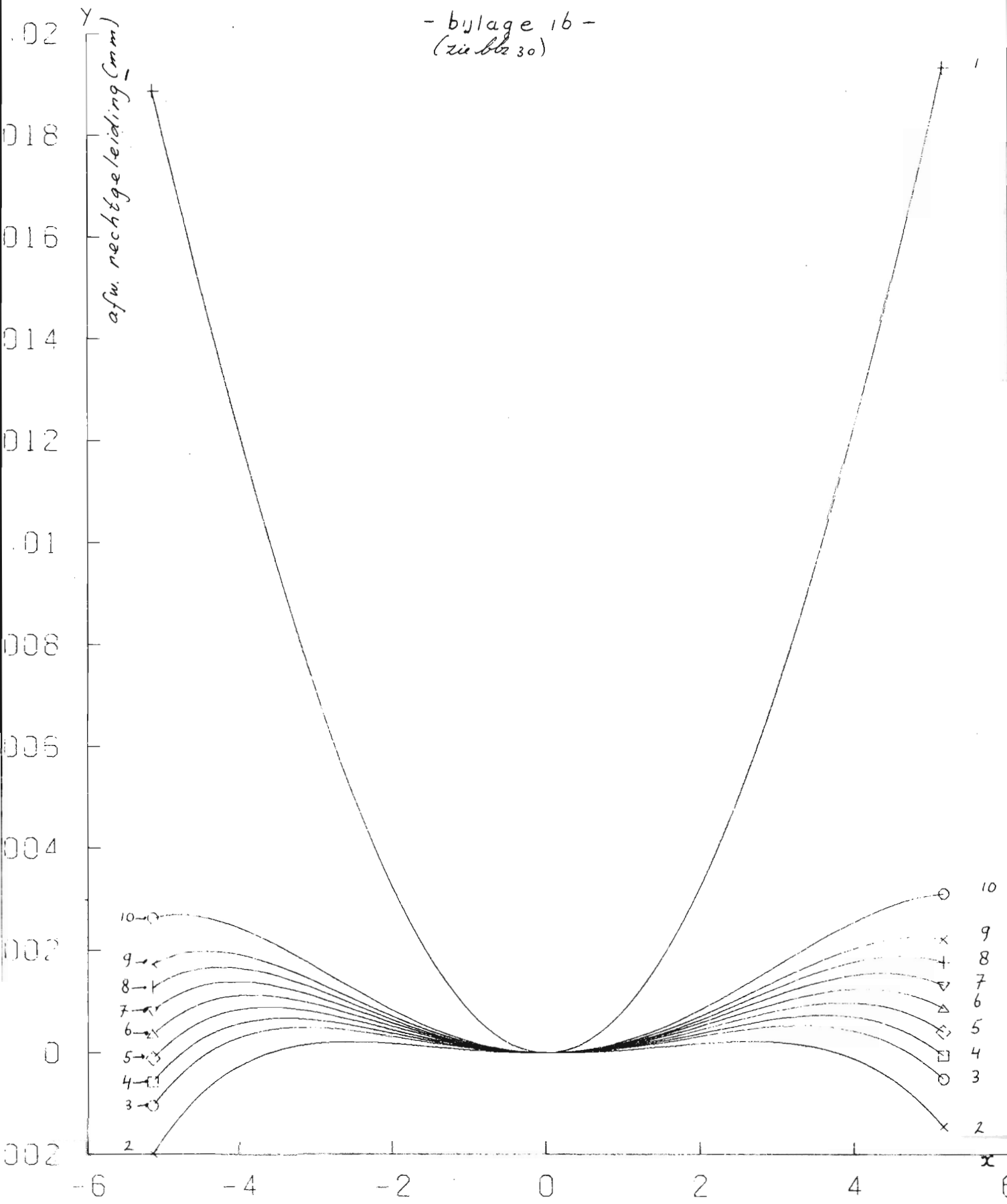


- bylage 15 -
(zie blz 30)



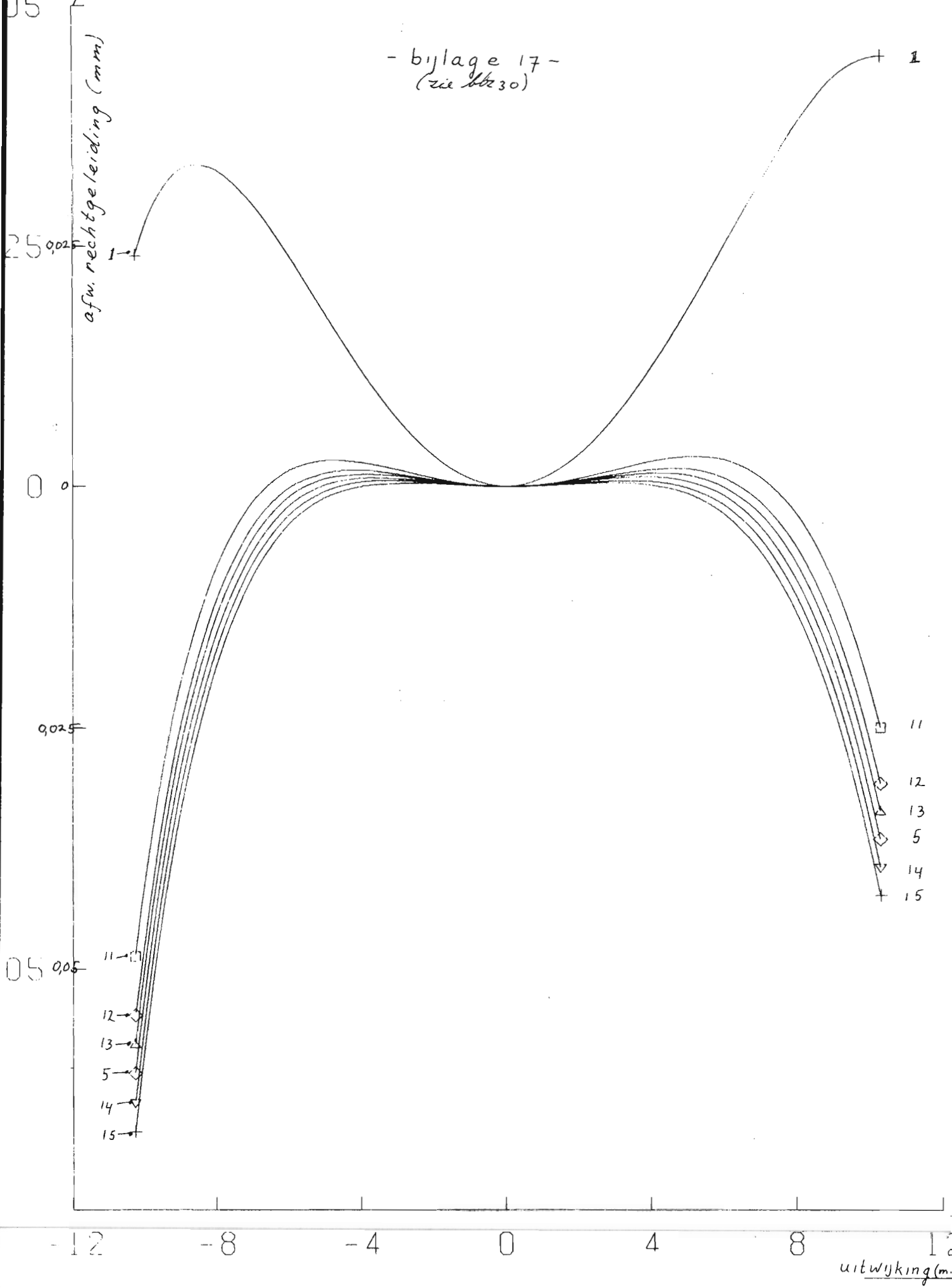
7,5x

- bylage 16 -
(zie blz 30)



uitwyking (mm) →

- bijlage 17 -
(zie blz 30)



- bylage 18 -
(zie blz 30)

