

# Onderzoek naar de wrijvingsinvloed bij plooihoudersloos dieptrekken

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

Mierlo, van, A. P. A. (1983). *Onderzoek naar de wrijvingsinvloed bij plooihoudersloos dieptrekken*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Vakgroep Produktietechnologie : WPB; Vol. WPB0020). Technische Hogeschool Eindhoven.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1983

**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.

*voor archief*  
Onderzoek naar de wrijvingsinvloed bij  
PLOOIHOUDERSLOOS DIEPTREKKEN

A.P.A. van Mierlo

WPB-Rapport nr. 0020

juni '83

Opdrachtgever : HTS Venlo  
Schoolbegeleider : Ir. Peeters  
Bedrijfsmentor : Dr.ir. Ramaekers  
Gecommitteerde : Ir. Houtackers  
Afdeling : Werktuigbouwkunde  
Vakgroep : Produktietechnologie  
Afstudeerperiode : 1-3-1983 tot 15-6-1983

## Voorwoord.

Tijdens het afstuderen aan de HTS Venlo, afdeling werktuigbouwkunde, ben ik werkzaam geweest bij de Technische Hogeschool te Eindhoven. Gedurende drie maanden heb ik bij de vakgroep Produktietechnologie onder prettige omstandigheden kunnen werken.

Langs deze weg wil ik mijn bedrijfsmentoren, de heren J.A.H. Ramaekers en L.J.A. Houtackers, en mijn schoolbegeleider, de heer P.B.G. Peeters bedanken voor de wijze waarop ze me hebben geholpen en begeleid.

Tevens gaat mijn dank uit aan de heren R.Gerritzen en K.Struik, die me behulpzaam zijn geweest bij respectievelijk het oplossen van de problemen betreffende de Nube en het meten van de matrijs. Verder dank ik alle anderen die me geholpen hebben bij het uitvoeren van mijn opdracht.

## Samenvatting.

In dit onderzoek wordt de invloed van wrijving tijdens plooihouderloos dieptrekken onderzocht en een foutenanalyse gegeven van het bestaande Nube programma.

Na het bespreken van het nut van het onderzoek zijn in hoofdstuk twee de veranderingen besproken tov het bestaande Nube programma.

Om een uitspraak te kunnen doen over de nauwkeurigheid waarmee de matrijzen gedraaid zijn is een gedraaide matrijs nagemeten op een 3-D meetmachine en zijn de meetresultaten besproken in hoofdstuk drie.

In hoofdstuk vier wordt het aanliggen van de flens op de matrijs en  $\tau_0$  berekend waardoor het verschil verklaart kan worden tussen de theoretische maximale kracht en de gemeten maximale kracht.

Uit de meetresultaten blijkt dat bij plooihouderloos dieptrekken de wrijvingsinvloed niet verwaarloosd mag worden.

## Summary.

In this research report, the influence has been investigated of friction on the deep drawing process without a blankholder. Also a fault analysis has been made of the existing NC program. After discussing the use of the investigation in chapter 2, the alterations in the NC program with respect to the one are discussed.

In order to learn the accuracy of the dies, the measures of one machined die have been verified with help of a 3D-measuring machine, the results being discussed in chapter 3.

In chapter 4 the relation between  $\tau_0$  and the fil between adjacent flange and die calculated, explaining the difference between the maximum theoretical force and the maximum measured force.

From the measured results the conclusion may be derived that the friction between work and tool cannot be neglected when deep drawing without blankholder.

## Symbolenlijst.

A	mm	momentane wanddikte buitenrand.
B	mm	wanddikte terplaatse van buigpunt flens.
C	mm	bodemdikte.
dy	mm	stapgrootte.
D	mm	blankdiameter.
DA	mm	gemiddelde diameter aanligvlak.
DI	mm	platinlegdiameter.
DM	mm	diameter matrijs.
DS	mm	diameter stempel.
DU	mm	uitwendig diameter produkt.
DUR	mm	grootste diameter aanligvlak.
$\Delta D$	mm	diameterafname tgv harden.
F	N	gemeten kracht.
F1	N	theoretische kracht, $H_0 = \text{Constant}$
F2	N	krachtmax. gemeten kracht ( $Y_A = 0,25H_0$ ).
FN	mm	normaalfout ( <u>F</u> ehlern <u>n</u> ormalrichtung).
$\Delta FN$	mm	verschil FN meting A en B.
Fw	N	wrijvingskracht.
Fwv	N	verticale wrijvingscomponent.
HO	mm	oorspronkelijke flenshoogte ( $H_0 = \frac{D-DU}{2}$ ).
HTOT	mm	totale matrijshoogte.
L	mm	contactlengte flens met matrijs.
LA	mm	lengte benodigd voor afbreekfunctie.
LC	mm	calibreerlengte.
LMAX	mm	maximale lengte voor tractrix en machtsfunctie .
L1	mm	meetlengte mbt 3D-meetmachine.
L2	mm	lengte glimmende zône.
NP	mm	nulpunt-coördinatensysteem.
PI	mm	platinlegdiepte.
s	mm	stempelverplaatsing.
to	mm	oorspronkelijke plaatdikte.
TL	mm	lengte benodigd voor tractrix.

X	mm	matrijsvorm coördinaat.
XO	mm	momentane x-waarde in programma.
$\Delta X$	mm	afwijking tgv verschuiving NP.
$\Delta X^1$	mm	afnamen in x-richting tgv harden.
Y	mm	matrijsvorm ordinaat.
YA	mm	afbreekpunt.
YO	mm	momentane y-waarde in programma.
$\alpha$	°	hoek
$\alpha'$	°	hoek, complement van $\alpha$ .
$\alpha_a$	°	hoek bij afbreekpunt.
$\beta$	-	dieptrekverhouding.
$\epsilon$	-	natuurlijke rek.
$\bar{\sigma}_v$	N/mm <sup>2</sup>	gemiddelde vloeispanning.
$\tau_0$	N/mm <sup>2</sup>	schuifspanning als gevolg van de wrijving.

## Inhoudsopgave.

	blz.
1 Inleiding.	1
2 Het Nube programma.	
2.1 Algemeen.	3
2.2 Exapt.	4
2.2.1 Invoer- en uitvoerfiles.	4
2.3 Correcties aangebracht op het aanwezige programma.	6
2.3.1 Overgang afbreekkromme-calibreergedeelte.	6
2.3.2 Aantal contourelementen afhankelijke stapgrootte.	9
2.4 Het programma	10
3 Metingen op 3D-meetmachine.	
3.1 Algemeen.	12
3.2 Het meetproces.	12
3.3 Bespreking meetresultaten.	16
3.4 Conclusie.	17
4 Wrijvingsinvloed tijdens plooihouderloos dieptrekken	
4.1 Algemeen.	22
4.2 Meetprocedure.	23
4.3 Uitvoering proeven.	25
4.4 Contrôle aanliggen van flens op matrijs.	26
4.5 Berekening van $\tau_0$ , nodig, om het verschil tussen de theoretische maximale kracht en de gemeten maximale kracht te verklaren.	26
4.6 Conclusie.	31
Literatuurlijst.	33



## Bijlagelijst.

- B.2.1 Flowchart invoer- en uitvoerfiles.
- B.2.2 Eprint.
- B.2.3 Pprint voorbereken.
  - B.2.3.2 Pprint nabewerken.
- B.2.4 Ppons voorbereken.
  - B.2.4.1 Ppons nabewerken.
- B.2.5 Zplot.hp: vlakken.
  - B.2.5.1 Zplot.hp: contourdraaien.
  - B.2.5.2 Zplot.hp: uitvergroting contourdraaien.
  - B.2.5.3 Zplot.hp: uitvergroting tractrix- afbreekfunctieovergang.
  - B.2.5.4 Zplot.hp: uitvergroting calibreergedeelte.
- B.2.6 Ppons.plt: voorbereken.
  - B.2.6.1 Ppons.plt: nabewerken.
- B.2.7 Overgang afbreekfunctie - calibreergedeelte.
- B.2.8 Cirkelbooginterpolatie.
- B.2.9 Verwerkingsprogramma.
- B.2.10 Geometrische opdrachten.
- B.2.11 Opspanning werkstuk en gebruikte gereedschappen.
- B.2.12 Hulpstuk.
  
- B.3.1 Technische meetgegevens UMC-550.
- B.3.2 Trac 1.
- B.3.3 Bespreking trac 1.
  - B.3.3.1 Flowchart trac 1.
- B.3.4 Onrondheidsmetingen.

- B.4.1 Uitvergrotting doorsnede cupnr. 2,  $YA=0,25H_0$ .
- B.4.1.1 Uitvergrotting doorsnede cupnr. 4,  $YA=0,25H_0$ .
- B.4.1.2 Uitvergrotting doorsnede cupnr. 6,  $YA=0,25H_0$ .
- B.4.1.3 Uitvergrotting doorsnede cupnr. 5,  $YA=0,5H_0$ .
- B.4.1.4 Uitvergrotting doorsnede cupnr. 8,  $YA=0,5H_0$ .
- B.4.2 Doorsnede cups.
- B.4.3 Meetresultaten  $YA=0,5H_0$ .

## 1 Inleiding.

Van de verscheidene vormen van plooihouderloos dieptrekken (zie fig. 1.1) blijkt dat de tractrix de beste mogelijkheden biedt.

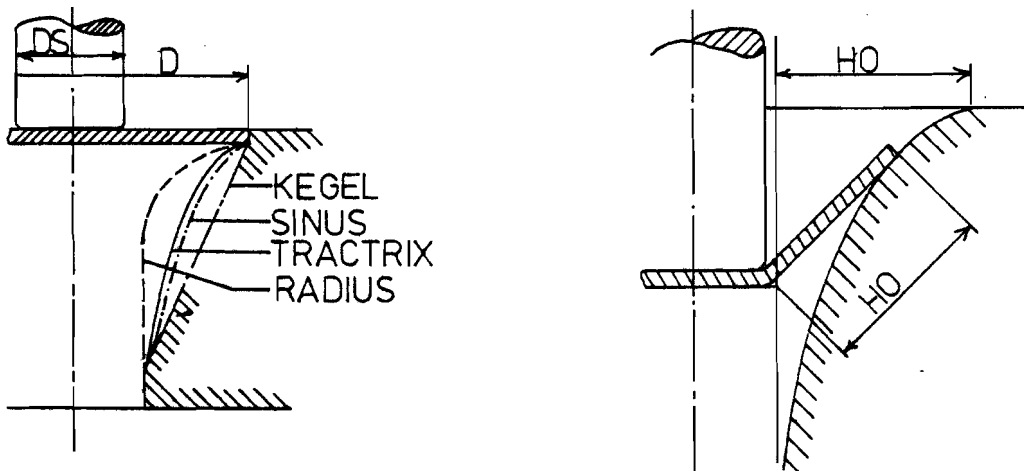


fig. 1.1 Verscheidene inloopvormen. fig. 1.2 Tractrix.

Omdat bij de tractrix de afstand tussen de matrijs en de onderzijde van de stempel steeds constant is wordt bereikt dat het buigend moment steeds maximaal is (zie fig. 1.2)

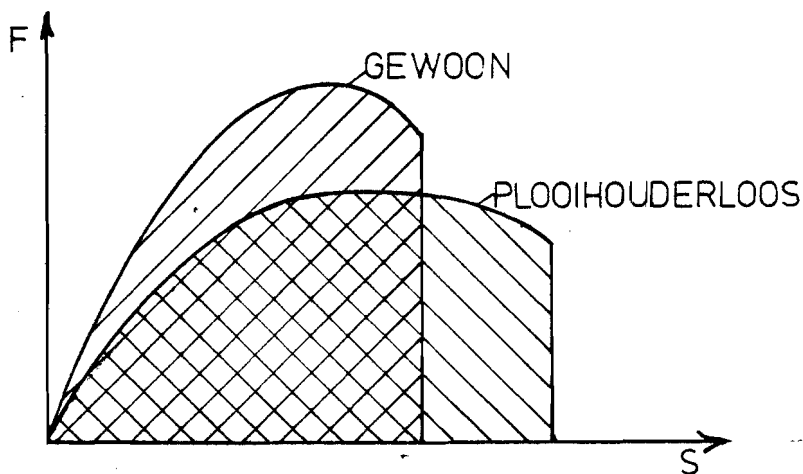


fig. 1.3 Globale  $F(S)$ -krommen.

Immers, de flens raakt steeds op de grootste afstand van het punt waar de buiging plaatsvindt de matrijs (indien flens rechtblijft). Daardoor is de stempelkracht steeds zo klein mogelijk. De vervormingsenergie blijft echter gelijk (zie fig. 1.3).

Verder geldt dat de wrijvingskracht lager is, waardoor een grotere dieptrekverhouding  $\beta$  ( $\beta=D/DS=2,8$ ) kan worden bereikt dan bij normaal dieptrekken ( $\beta=2,2$ ). Tenslotte kan men bij dit proces gebruik maken van een minder gecompliceerde pers omdat de plooihouder komt te vervallen.

Nadelen:

- de bijzondere geometrische vorm van de matrijs. Deze kunnen tegenwoordig moeiteloos op een numeriek gestuurde draaibank vervaardigd worden.
- de cilindrische wand is niet recht.
- het verloop van de wanddikte is onregelmatig.
- slechte rondloopnauwkeurigheid.

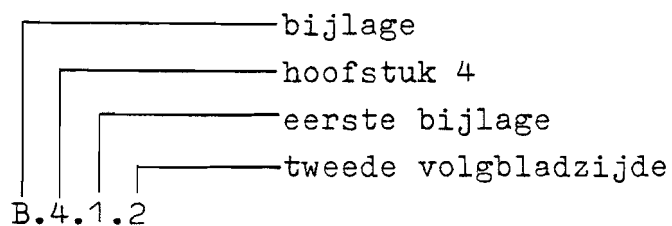
Plooihouderloos dieptrekken is slechts mogelijk wanneer men werkt met relatief dikke blanks.  $D/t$  heeft dan een lage waarde ( $<25$ ). Het plooihouderloos dieptrekken wordt de laatste tijd belangrijker in samenhang met duntrekken.

Het doel van dit onderzoek is:

- foutenanalyse bestaande Nube programma voor vervaardiging van tractrix matrijzen.
- onderzoeken of het verschil tussen de theoretische kracht en de werkelijk gemeten kracht verklaart kan worden mbv wrijving.

Uitgangspunt bij dit onderzoek is het onderzoek wat in het verleden verricht is door G. de Bruin, lit [1].

Verder wordt opgemerkt dat de bijlagennummering als volgt is:



## 2 Het Nube programma.

### 2.1 Algemeen.

Het reeds bestaande, door HTS afgestudeerde G. de Bruin „ontwikkelde“ Nube programma dient om een dieptrekmatrjjs te draaien waarvan het contour uit twee verschillende functies bestaat (zie fig. 2.1).

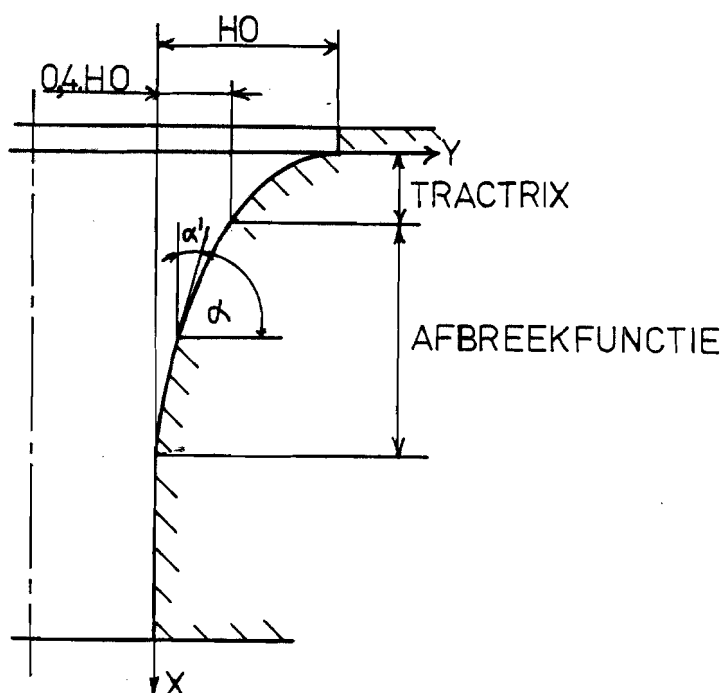


fig. 2.1 Contourbeschrijving matrjjs.

De tractrix beschrijft het eerste gedeelte van de contour. Omdat de functie asymptotisch naar de x-as loopt stapt men op een bepaald punt over op een andere functie. Deze functie, de afbreekkromme, start vanuit het afbreekpunt en zal binnen een bepaald interval de x-as wel raken.

Doel van het onderzoek is: foutenanalyse van het bestaande Nube programma. De opzet van dit hoofdstuk is in grote lijnen hetzelfde als hoofdstuk 4 in het verslag van G. de Bruin. Daarom zijn in het volgende hoofdzakelijk de fouten in het

bestaande programma en de aangebrachte veranderingen beschreven. Voor detaillering van het werkstukconcept, verwerkingsprogramma en het werkstuk wordt verwezen naar hoofdstuk 4, lit [1].

## 2.2 Exapt.

Exapt is een programmasysteem voor numerieke besturing. Exapt bestaat uit de Exapt processor en het Zeiex (Zeichen Exapt) plotterprogramma. Daarnaast zijn beschikbaar: de postprocessor Ex2pp voor het aanmaken van een voor de Pinumat draaibank geschikt werkstukprogramma, het plotterprogramma Plot voor eventuele controle van het resultaat van de postprocessor en een ponsprogramma Peia voor het genereren van een ponsband van het aangemaakte werkstukprogramma Ppons.

Het Exapt programmeersysteem is een applicatiepakket op de Prime minicomputer van de Afdeling der Werktuigbouwkunde.

### 2.2.1 Invoer- en uitvoerfiles.

De invoer- en uitvoerfiles worden beschreven aan de hand van de in bijlage B.2.1 weergegeven flowchart.

Input is de invoerfile voor het programma Exapt. De uitvoer staat in de file Eprint (bijlage B.2.2) en het resultaat in de niet leesbare file Cldata. Indien men in Input het commando Clprnt gebruikt wordt de gehele Cldata in de Eprint uitvoer geschreven. Cldata is invoerfile voor Zeiex en Ex2pp. De uitvoer van Ex2pp staat in Pprint en Ppons (resp. bijlage B.2.3 en B.2.4). Pprint geeft informatie over de positie van de beitel tov het werkstukcoördinatensysteem, de gebruikte toerentallen, aanzetten, gereedschappen en de ponsband. Verder zijn de bewerkings- en verspaningstijd vermeld. Ppons is het ponsbandgedeelte van Pprint. Deze bevat de commando's voor besturing van de Pittler Pinumat 300. De betekenissen van deze commando's vindt men in lit[5].

Met het commando Peia wordt een ponsband gemaakt van Ppons. Ppons.plt, gemaakt met het programma Plot, tekent de beitelbaan. Cldata en Zdi zijn invoerfiles voor het plotterprogramma Zeiex. Met Zdi kan men gedeeltes van of totale tekeningen uitvergroten.

De uitvoerfiles zijn Zprint en Zplot. Het commando Hpplot tekent Zplot en Ppons.plt uit op een plotter. Het resultaat staat in Zplot.hp en Ppons.plt.hp (resp. bijlage B.2.5 en B.2.6). Met preview kunnen getekende files nogmaals op het scherm gebracht worden. Dit geldt dus voor Zplot en Ppons.plt.

Voor verwerking van het Exapt programmeersysteem zoals hierboven beschreven, moet men gebruik maken van een grafische beeldscherm-terminal en een HP-plotter (zie fig. 2.2).



fig. 2.2 Grafische terminal en HP-plotter.

## 2.3 Correcties aangebracht op het aanwezige programma.

Het werkstukconcept is opgesteld aan de hand van fig. 2.3,

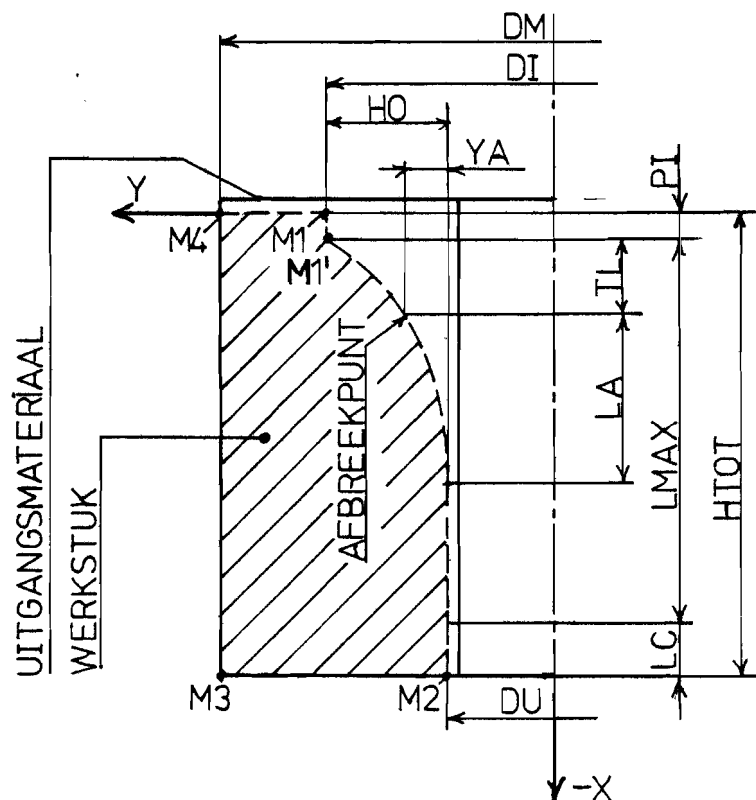


fig 2.3 Werkstukconcept.

Voor de beschrijving van het werkstukconcept zie lit [1] .  
Hierop zijn de volgende correcties toegepast:

- lineaire interpolatie overgang afbreekkromme-calibreergedeelte,
- aantal contourelementen afhankelijke stapgrootte.

### 2.3.1 Overgang afbreekkromme-calibreergedeelte.

In fig. 2.4 is  $\alpha = f(y)$  afgebeeld, van matrijs  $0,4 \cdot HO$ .

Hieruit kan men aflezen dat de afbreekfunctie tpv de betreffende overgang een grote kromming vertoont (zie ook bijlage B.2.7). Bij toepassing van lineaire interpolatie, zou dit leiden tot een scherpe overgang indien de stapgrootte  $dy$  te groot genomen wordt. Om de overgang toch geleidelijk te laten verlopen heeft de Bruin cirkelinterpolatie toegepast.



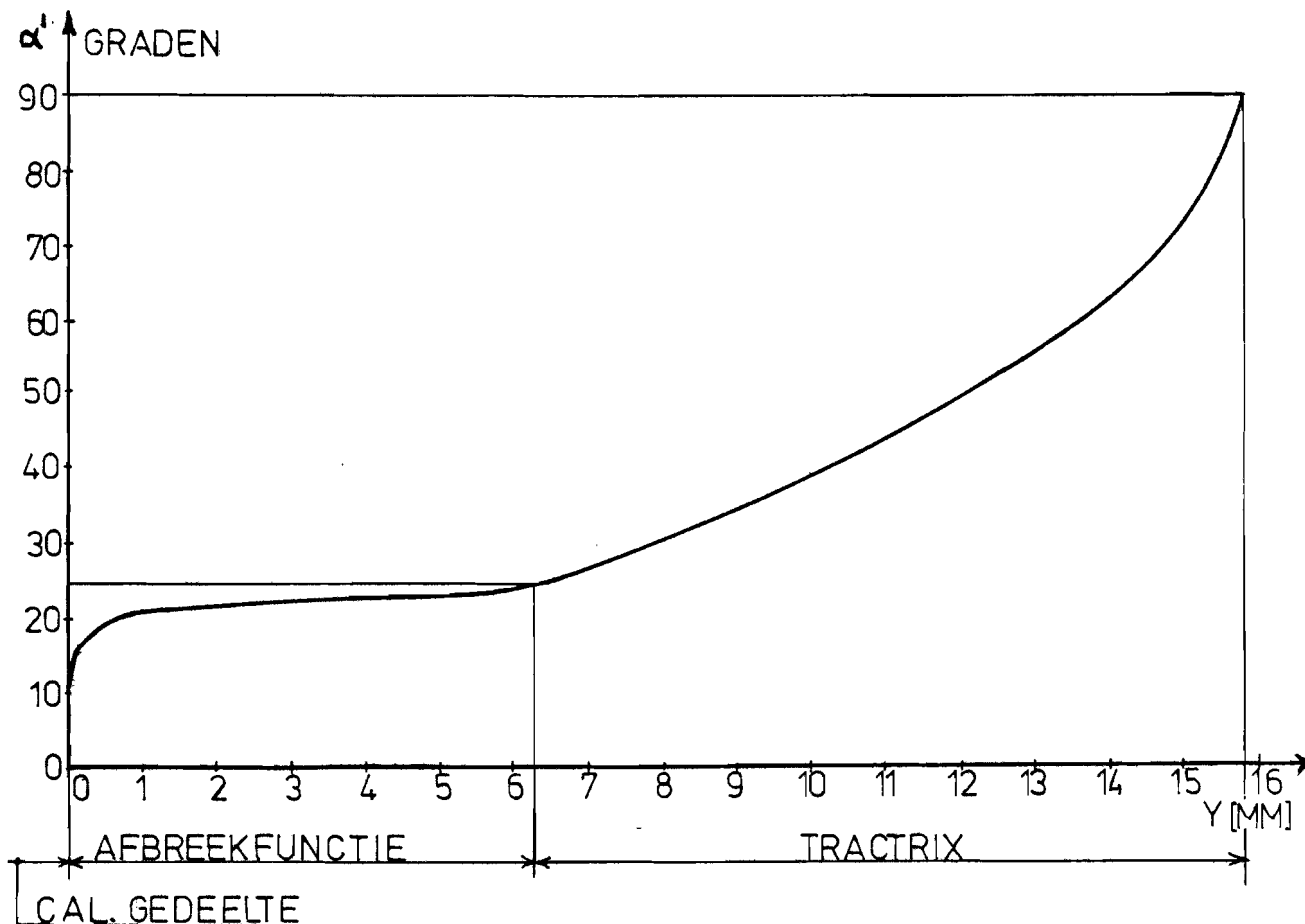


fig. 2.4  $\alpha' = f(y)$ .

Bij toepassing hiervan moet de afgeleide straal aan de volgende twee eisen voldoen (zie fig. 2.5):

- tangentieel raken aan de afbreekfunctie in het punt  $(Y_0, X_0)$ ,
- tangentieel raken aan het calibreergedeelte in het punt  $(0, LA+TL)$ .

De in het oude programma gedefinieerde straal voldoet niet aan de eerstgenoemde eis waardoor situatie A (zie bijlage B.2.8) ontstaat.

Het blijkt onmogelijk te zijn een cirkel te definiëren die aan beide eisen voldoet. Slechts, indien  $(LA + TL - X_0)$  gelijk is aan  $Y_0$  (zie figuur 2.5) is dit mogelijk. In bijlage B.2.8 zijn meerdere stralen getekend die wel aan eerstgenoemde eis voldoen maar niet door het punt  $(0, LA+TL)$  gaan.

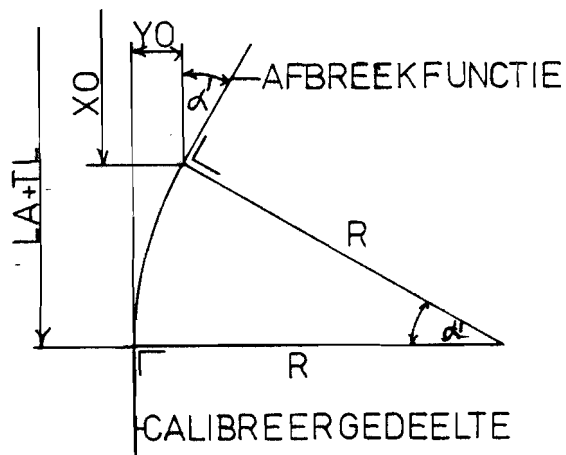


fig. 2.5 Eisen tav cirkelbooginterpolatie.

Om de afbreekfunctie toch door het punt  $(0, LA+TL)$  te laten gaan zonder voelbare overgang is lineaire interpolatie toegepast met een kleinere stapgrootte  $dy$ .

Hiertoe is de laatste stap  $dy$  verdeeld in 20 kleinere stappen (zie fig. 2.6).

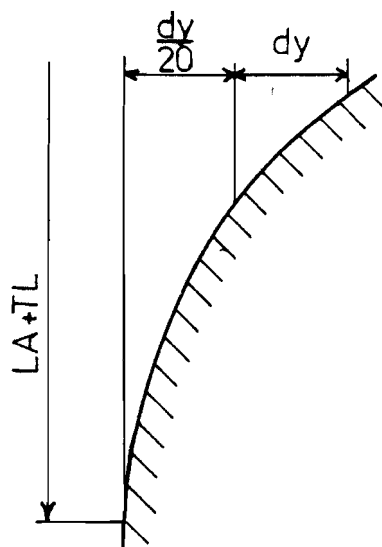


fig. 2.6 Laatste stap.

### 2.3.2 Aantal contourelementen afhankelijke stapgrootte.

De totale werkstukcontour (zie fig. 2.3) mag slechts uit een beperkt aantal contourelementen bestaan, welk empirisch bepaald is op 80. Dit betekent dat de stapgrootte  $dy$  niet willekeurig klein genomen mag worden omdat met het verkleinen van  $dy$  het aantal contourelementen toeneemt.

De toegepaste stapgrootte is met de volgende twee uitgangspunten afgeleid:

- totaal aantal contourelementen gelijk aan 80,
- stapgrootte langs  $y$ -as in tractrixgedeelte kleiner dan in afbreekfunctie.

Het eerste uitgangspunt is reeds beschreven in 2.3.2. Basis voor het tweede uitgangspunt zijn:

- a de grote kromming van tractrixfunctie voor het gebied  $0,4 \cdot H_0 < Y < H_0$ . Bij toepassing van lineaire interpolatie in dit gebied geeft dit een grotere afwijking (zie fig. 2.7) van de theoretische kromme, hetgeen een krachttoename impliceert.

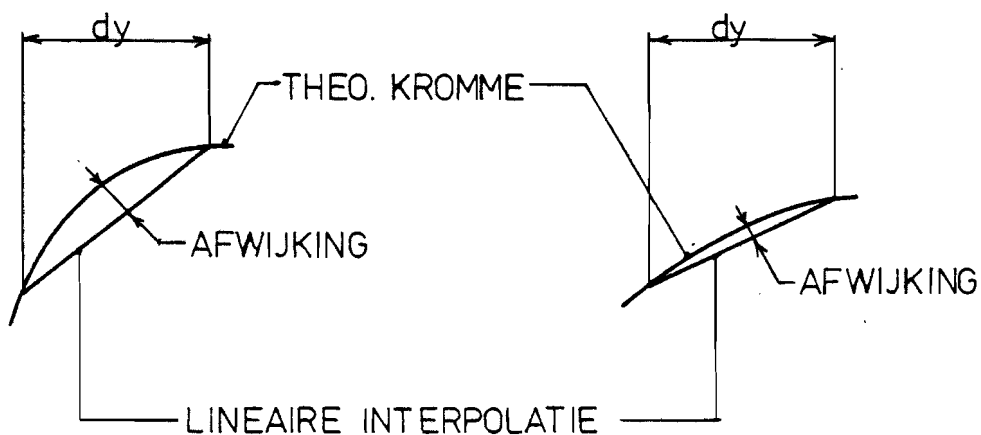


fig. 2.7 Afwijking tgv lineaire interpolatie.

b het krachtmaximum. Dit treedt volgens het theoretische model (lit [1] ) op voor  $0,6H_0 < Y < 0,7H_0$ .

De aangebrachte veranderingen hebben slechts invloed op de geometrische opdrachten van het verwerkingsprogramma. Als aanvulling op het in lit [1] besproken verwerkingsprogramma volgt een beschrijving van het uitgangsmateriaal.

Het uitgangsmateriaal is Styria Chrom Speciaal. De uitgangsvorm heeft een buitendiameter (DM) van  $\varnothing 90\text{mm}$ , een hoogte (HTOT) van  $62\text{mm}$  en een voorgeboord gat van  $\varnothing 30\text{mm}$  (zie fig. 2.3). In bijlage B.2.9 en B.2.10 zijn de flowcharts van het verwerkingsprogramma weergegeven.

## 2.4 Het Programma.

Bijlage B.2.2 toont het programma (Eprint) voor een matrijs waarbij  $Y_A = 0,4H_0$ . In dezelfde bijlage wordt tevens, aan de hand fig. B.2.1, aangegeven wat de variabelen in het programma voorstellen. Verder zijn in de bijlagen opgenomen de uitvoerfiles Pprint, Ppons, Zplot.hp en Ppons.plt.hp (zie bijlage B.2.2 t/m B.2.6). Van Zplot.hp zijn alleen de meest interessante tekeningen weergegeven.

In Ppons zijn enkele wijzigingen aangebracht tov het ponsbandgedeelte afgebeeld in de Pprint. De wijzigingen hebben betrekking op de door Ex2pp gegenereerde toerentallen en aanzetten. In tabel 2.1 worden toerentallen en aanzetten voor de verschillende diameters weergegeven waarmee het werkstuk gedraaid is.

	diameter- bereik (mm)	toerental omw/min	aanzet mm/min
Voorbewerken	63 - 42	1400	139
	42 - 31	1120	112
Nabewerken	63 - 31	1400	84

Tabel 2.1 Toerentallen en aanzetten tijdens voor- en nabewerken.

Verder zijn in bijlage B.2.11 meer gegevens opgenomen omtrent opspanning werkstuk, het bij het draaien gebruikte hulpstuk en de gebruikte gereedschappen.

Opmerking.

"In het Nube lab. van de Vakgroep WPB, THE is momenteel een conceptversie code: Frid 03 jun 83 aanwezig."

De essentiële verschillen met het voorgaande programma zijn:

- Gebruikmaking van Exapt opdracht TABCL. TABCL rekent een constante afwijking uit van de theoretische kromme bij grote en kleine kromming.
- Draaien met één toerental en één aanzet per opspanning. In het programma moet men exact opgeven, per opspanning, met welk toerental en aanzet men de matrijs wil draaien.

Na 15 juni zal met dit programma proefgedraaid worden.

### 3 Metingen op 3D-meetmachine.

#### 3.1 Algemeen.

De metingen van het gedraaide produkt zijn uitgevoerd op een 3D-meetmachine. De meetmachine is een Zeiss UMC-550 met een ruimtelijke nauwkeurigheid van  $(1,6 + \frac{L1}{400}) \mu\text{m}$ . Meerdere technische gegevens zijn weergegeven in bijlage B.3.1. Aan de meetmachine is een computer gekoppeld voor de besturing en de berekeningen. Mbv de meetresultaten kunnen we een uitspraak doen over de nauwkeurigheid, waarmee de matrijs gedraaid is. Door na het harden het werkstuk opnieuw te meten is de maatverandering tgv het harden bekend.

#### 3.2 Het meetproces.

Het meetproces is uitgevoerd met de 3D-meetmachine in het laboratorium voor lengtemeting van de TH. De meetmachine heeft oa de mogelijkheid om met een speciaal stuurprogramma KUM (Kurve Messprogram) de afwijking van de werkelijk gemaakte kromme te vergelijken met de theoretisch gegeven kromme. Hiertoe wordt de werkelijke kromme door een taster afgetast en vergeleken met de nominale waarde (theoretische kromme). Om deze meting uit te kunnen voeren is het dus nodig om van de theoretische kromme de te meten coördinatenparen in te voeren. Deze coördinatenparen worden berekend met een hulpprogramma trac 1 en worden opgeslagen op een magneetband cassette (trac 1 is een programma voor een HP 9825 B en is gegeven in bijlage B.3.2).

Het gehele meetproces is onder te verdelen in zeven punten nl:

- 1 Bepalen van de te meten coördinatenparen mbv trac 1.
- 2 Werkstukpositie bepalen op machine en vastleggen van het coördinatensysteem.
- 3 Nominale waarden inlezen in KUM (uit 1 berekend).
- 4 Omrekenen van deze nominale waarden naar kogelmiddelpunten (nb. de machine stuurt naar kogelmiddelpunten).
- 5 Meet- en uitvoermodes inlezen.

6 Meetprogramma starten (CNC).

7 Resultaten: -print,  
-plot.

ad1: Programma trac 1 is in bijlage B.3.2 weergegeven en wordt verder besproken in bijlage B.3.3.

ad2: De matrijs is opgesteld zoals in onderstaande figuur afgebeeld.

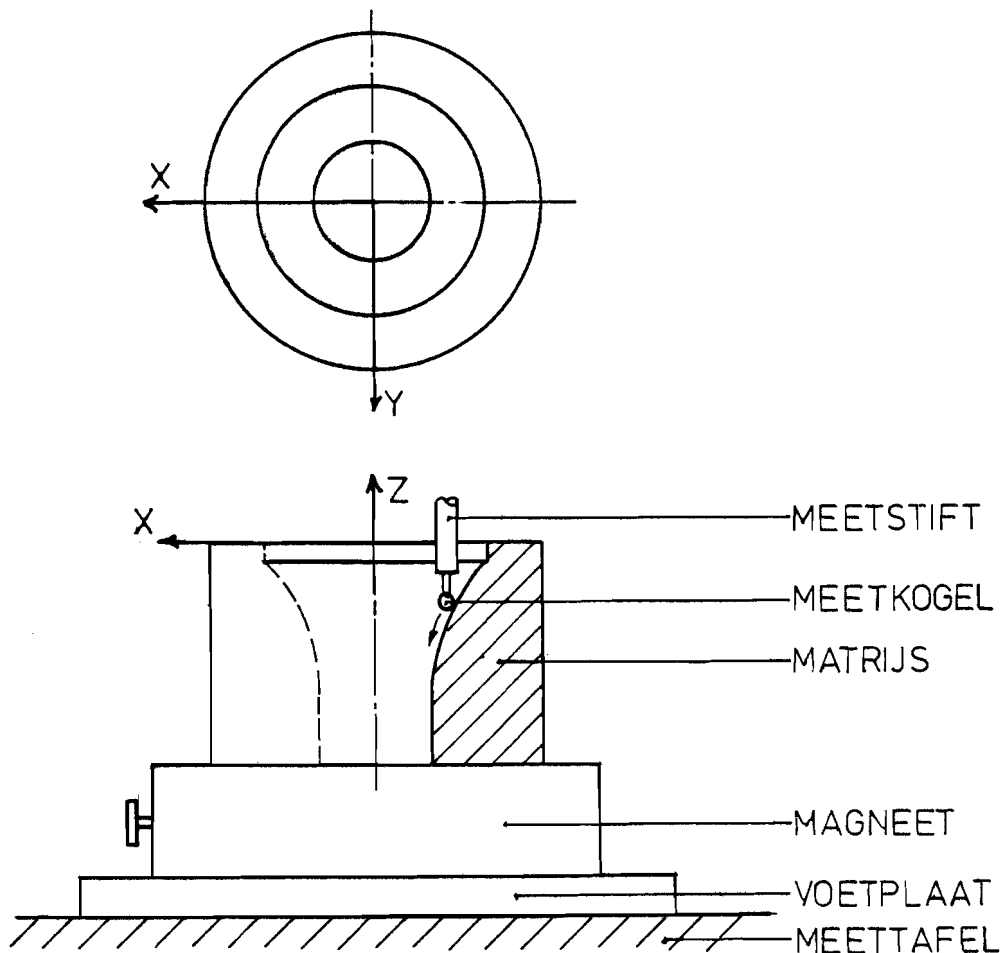


fig. 3.1 Meetopstelling.

Bij het vastleggen van het coördinatensysteem gaat men als volgt te werk:

- a) Vier punten bepalen van het bovenvlak van de matrijs (zie fig. 3.2). Door deze punten legt de computer het referentievlak. Daarna voert de machine ruimtelijke coördinaten-transformatie uit zodat de normaal op dit

vlak samenvalt met de z-as van de machine. De z-positie van dit vlak wordt als nul-positie genomen.

- b) Vier punten bepalen van de platinlegdiameter (zie fig. 3.2). Het middelpunt van deze cirkel wordt ook als nulpunt voor x en y genomen. Het werkstuk is cirkelsymmetrisch, zodat de richting van de x-as samen mag vallen met de machine-as.

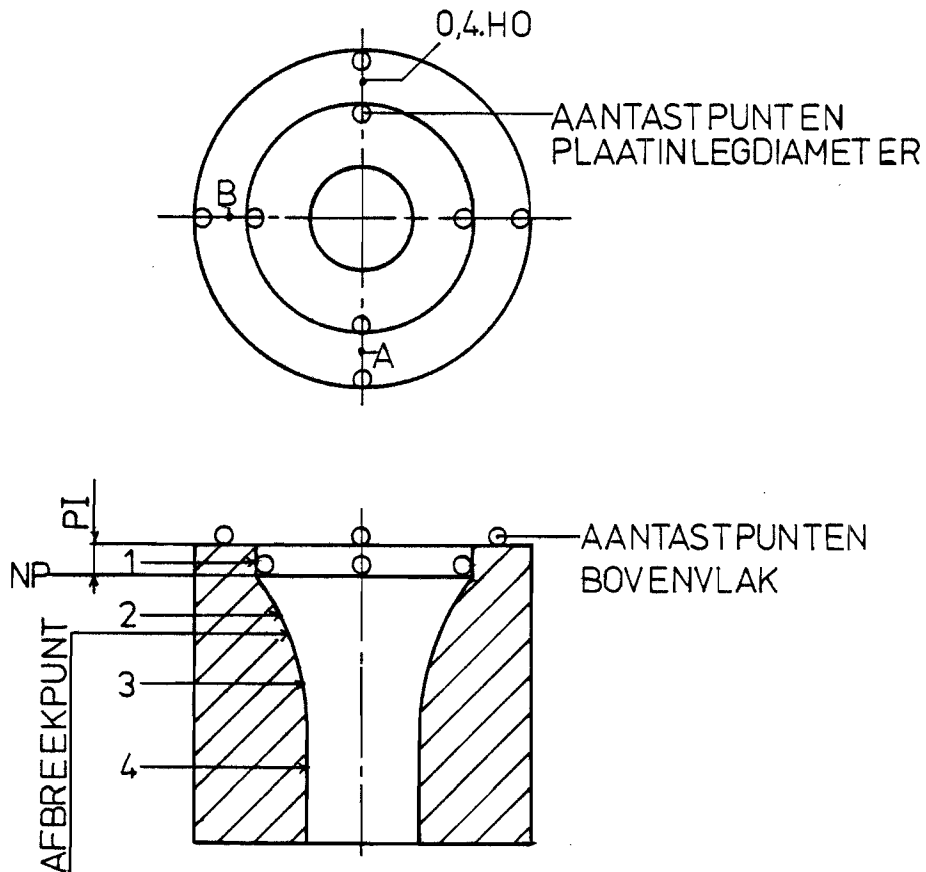


fig. 3.2 Vastleggen coördinatensysteem.

- c) De formule van de tractrix gaat er vanuit dat het nulpunt op NP (zie fig. 3.2) ligt. Het is dus nodig dat het z-vlak over de afstand PI verschoven wordt.



De punten één en twee van het meetproces zijn nu besproken. De punten 3 t/m 6 zijn alleen belangrijk voor de meetspecialist. Daarom wordt bij verdere behandeling alleen punt zeven besproken.

ad7: Omdat de printuitvoer niet is weergegeven volgt alleen een beschrijving van de plot. Hierin tekent de machine de theoretische kromme met loodrecht daarop uitgezet de 'normaalfout'. De normaalfout (FN) is de loodrechte afstand tussen de theoretische - en de gemeten kromme (zie fig. 3.3).

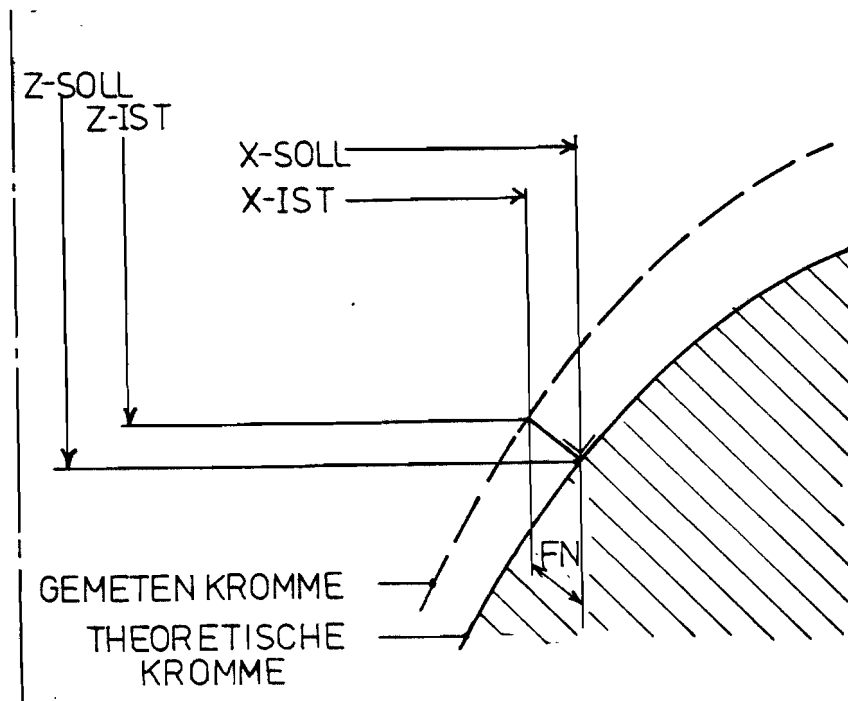


fig. 3.3 Normaalfout (FN).

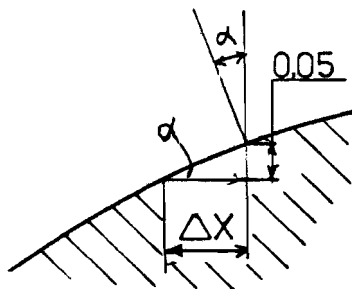
$$FN = \pm \sqrt{(X(SOLL) - X(IST))^2 + (Z(SOLL) - Z(IST))^2}$$

FN is in getekende stand positief, er is nu te weinig materiaal verspaand. FN is negatief indien er teveel materiaal verspaand is.

### 3.3 Bespreking meetresultaten.

De plotterfiguren zijn in fig. 3.4 t/m 3.7 weergegeven. Verder wordt bij de bespreking verwezen naar meting A en B. Dit zijn markeringspunten op de matrijs (zie fig. 3.2) die  $90^\circ$  tov elkaar verdraaid zijn.

- a) De afwijking (FN) is in meting B voor harden gemiddeld  $9 \mu\text{m}$  groter als in meting A voor harden (zie fig. 3.4 en 3.5). Dit duidt erop dat het bovenvlak niet exact loodrecht op de as door de kromme staat of dat de plaats van het middelpunt (x,y) van de platinlegdiameter anders is bij de tweede meting.
- b) Uit de meetresultaten blijkt dat de afwijking in het begin van de meting, tractrixgedeelte, het grootst is (max.  $0,072\text{mm}$ ). Dit kan te wijten zijn aan de nulpuntsverschuiving. De platinlegdiepte ( $PI=4,2\text{mm}$ ) is met een schuifmaat bepaald welke een onzekerheid heeft van  $0,05\text{mm}$ . De normaalhoek ( $\alpha$ ) van het eerste meetpunt is  $39$  graden. Hierbij kan de afwijking in x-richting  $0,06\text{mm}$  bedragen (zie fig. 3.8).



$$\Delta X = \frac{0,05}{\tan 39^\circ} = 0,062\text{mm}$$

fig. 3.8 Meetfout tgv nulpuntsverschuiving.

Bij toenemende  $\alpha$  neemt  $\Delta x$  dus af. Dit is in overeenstemming met de meting. Om een duidelijkere uitspraak te kunnen doen over de afwijking van de contour is het dus nodig om de platinlegdiepte met een veel hogere nauwkeurigheid te meten.

- c) De onrondheidsmetingen op de Talyround zijn in bijlage B.3.4 weergegeven.

Uit de metingen blijkt dat:

- 1) de onrondheid op de verschillende aantastingen  $< 5 \mu\text{m}$  is.

2) de ruwheid van het oppervlak in tractrix in afbreekfunktie laag ( $< 2 \mu\text{m}$ ) en in de platinleg en calibreergedeelte hoog ( $< 10 \mu\text{m}$ ) is.

De oorzaak hiervan is de te geringe beitelcorrectie van gereedschap 20 in x-richting na vervanging van het botte beitelplaatje voor de laatste nabewerking.

d) Uit de metingen na het harden (zie fig. 3.5 en 3.6) blijkt dat FN met gemiddeld  $23 \mu\text{m}$  is toegenomen en dat de diameter afname niet constant is.

Ter hoogte van de platinlegdiameter is deze  $0,1\text{mm}$  en in de calibrering  $0,05\text{mm}$ , dus voor kleiner wordende diameter, di voor toenemende  $\alpha$ , wordt de diameterafname kleiner (zie fig. 3.9).

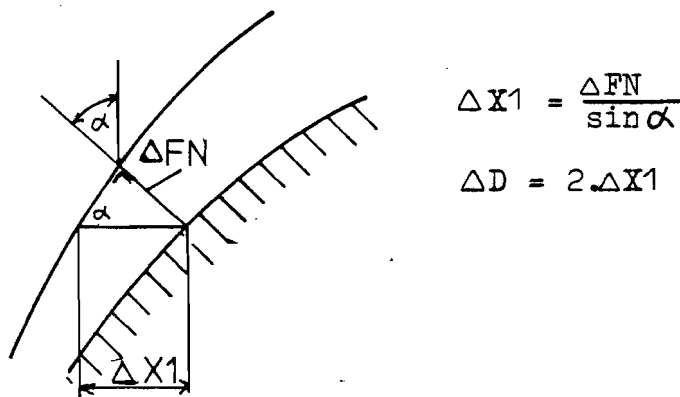


fig. 3.9 Diameterafname tgv harden

### 3.4 Conclusie.

- Overgang tractrix-afbreekkromme verloopt niet vloeiend.
- Platinlegdiepte met veel hogere nauwkeurigheid bepalen (bv hoogtemicrometer).
- Onrondheid overal  $< 5 \mu\text{m}$ .
- Diameterverkleining na het harden is niet constant. Deze varieert tussen  $0,1\text{mm}$  in calibrering.

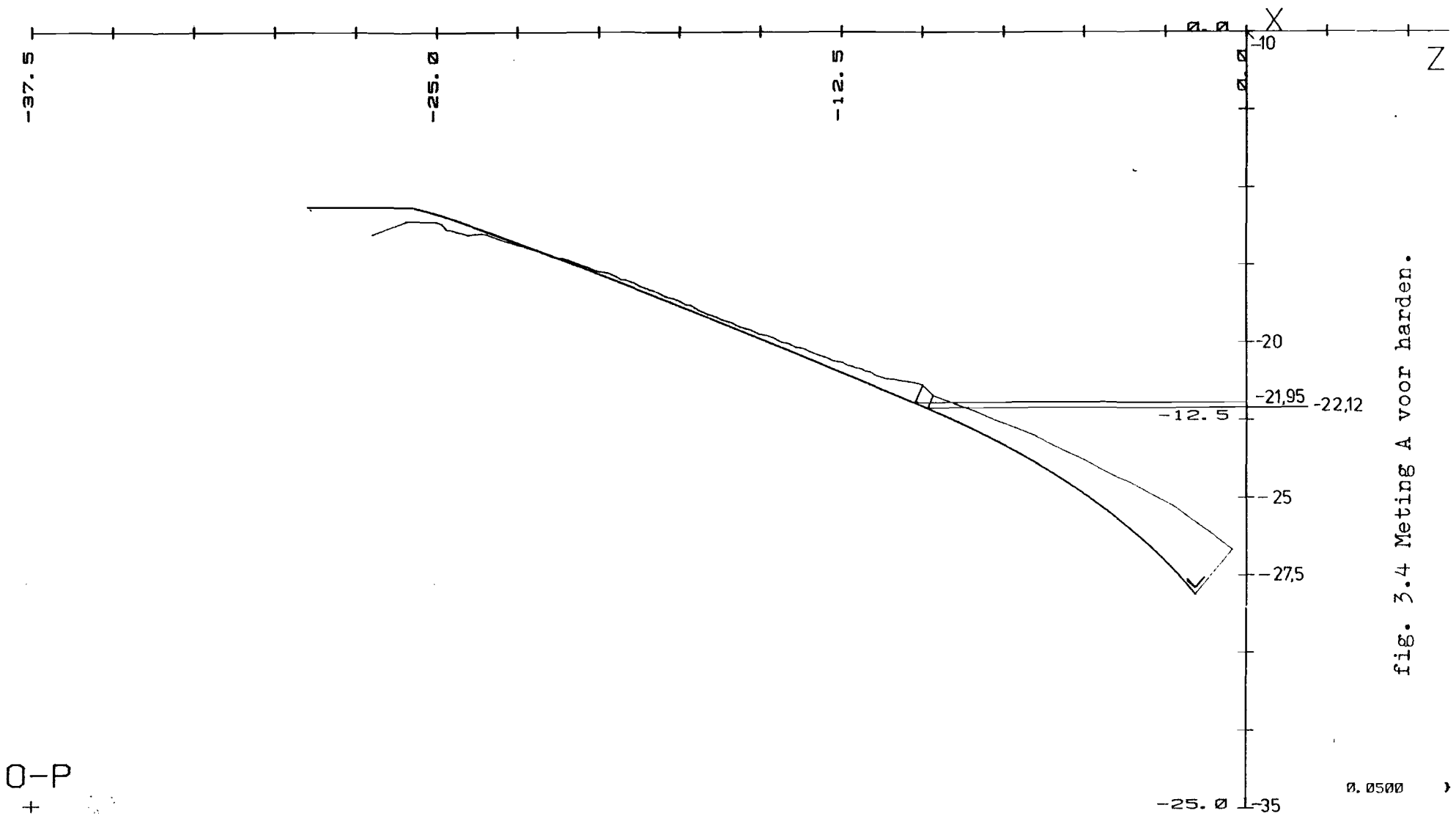


fig. 3.4 Meting A voor harden.

O-P  
+

COORD. -NULLPKT. Z = 300.0	VERGROESSERUNG = 8.0	PLOT-VERSATZ Z = 0.0	PLOT-DREHUNG = 0.0	UEBERHOEHUNG DER ABWEICHUNG = 25
X = 200.0	MASSE IN MM	X = -10.0	[grd]	GESAMT-UEBERHOEHUNG DER ABW. = 200

ZETISS

### KURVEN - MESSUNG

K U M 2 A

WERKSTUECK NAME traol

SCHNITT 1

PRUEFER : K. Strusk

DATUM : 030318

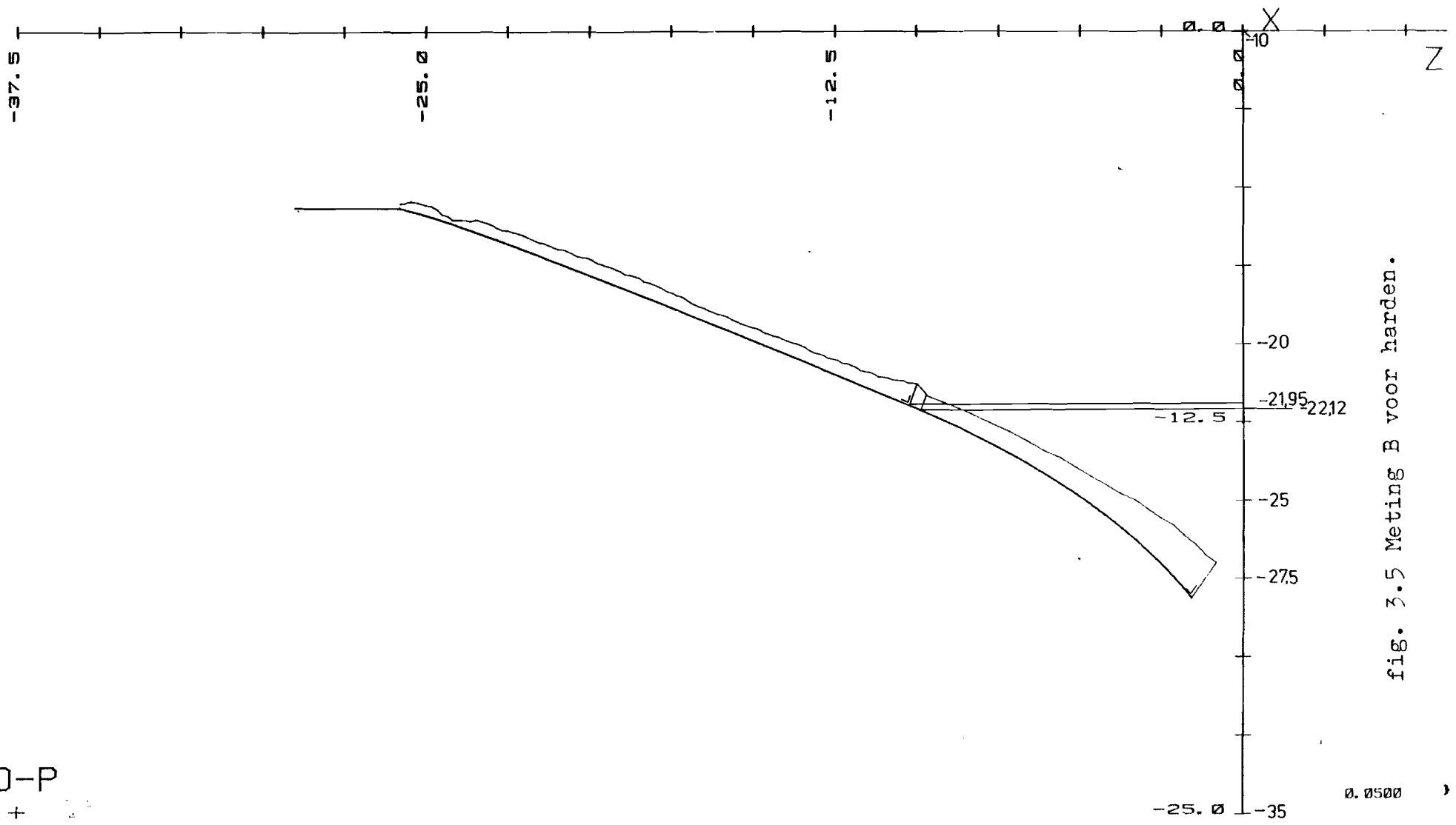


fig. 3.5 Meting B voor harden.

O-P

+  
 KOORD.-NULLPKT. Z = 300.0 VERGROESSERUNG = 0.0 PLOT-VERSATZ Z = 0.0 PLOT-DREHUNG = 0.0 UEBERHOEHUNG DER ABWEICHUNG = 25  
 X = 200.0 MASSE IN MM X = -10.0 [grd] GESAMT-UEBERHOEHUNG DER ABW. = 200

**ZEISS**

KURVEN - MESSUNG

K U M Z A	WERKSTUECK NAME <small>trao1</small>	SCHNITT : 1	PRUEFER : K. Struik
			DATUM : 830518

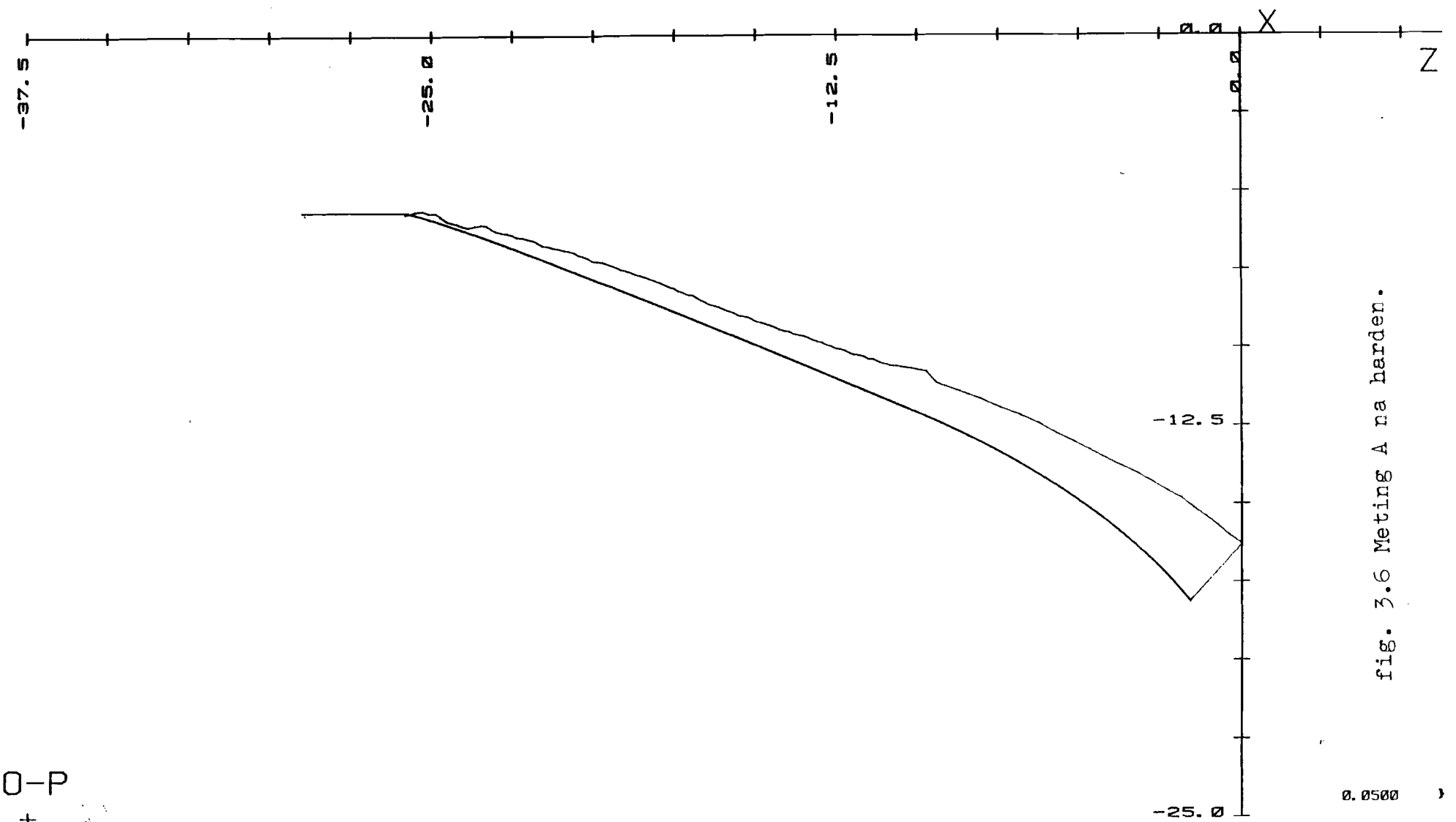


fig. 3.6 Meting A na harden.

O-P

+  
 KOORD. -NULLPKT. Z = 300.0  
 X = 200.0

VERGROESSERUNG = 8.0  
 MASSE IN MM

PLOT-VERSATS Z = 0.0  
 X = -10.0

PLOT-DREHUNG = 0.0  
 [grad]

ÜBERHOEHUNG DER ABWEICHUNG = 25  
 GESAMT-UEBERHOEHUNG DER ABW. = 200

0.0500

**ZEISS**

### KURVEN - MESSUNG

K U M Z A

WERKSTUECK NAME traol

SCHNITT . 1

PRUEFER : de Gild

DATUM : 830524

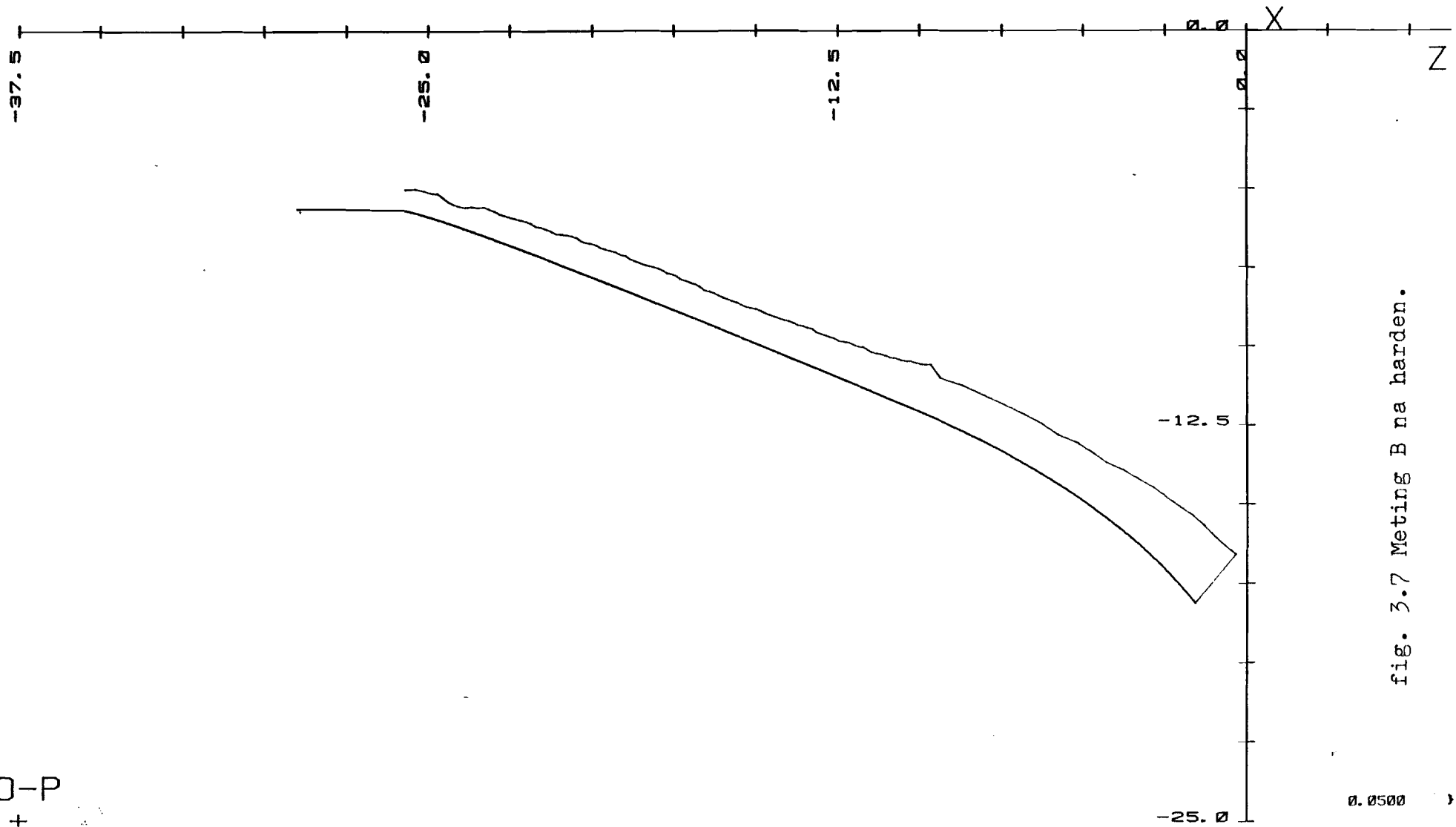


fig. 3.7 Meting B na harden.

O-P  
+

COORD.-NULLPKT. Z = 300.0	VERGROESSERUNG = 8.0	PLOT-VERSATZ Z = 0.0	PLOT-DREHUNG = 0.0	UEBERHOEHUNG DER ABWEICHUNG = 25
X = 200.0	MASSE IN MM	X = -10.0	[grd]	GESAMT-UEBERHOEHUNG DER ABW. = 200

0.0500

ZETAS

### KURVEN - MESSUNG

K U M 2 A	WERKSTUECK NAME tra01	SCHNITT : 1	PRUEFER : de Gilde
			DATUM : 830524

## 4 Wrijvingsinvloed tijdens plooihouderloos dieptrekken.

### 4.1 Algemeen.

De tractrix heeft de eigenschap dat  $HO = \text{constant}$  en lijkt hierdoor bijzonder geschikt voor plooihouderloos dieptrekken (zie fig.4.1).

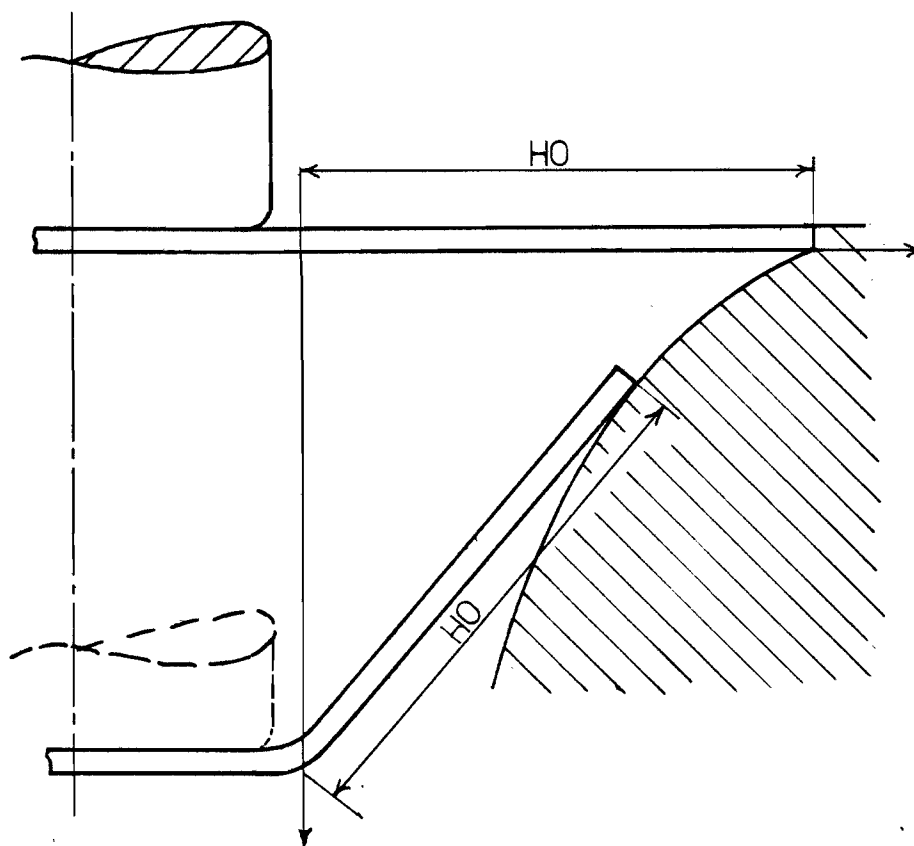


fig. 4.1 Plooihouderloos dieptrekken.

Deze geometrie heeft nI tot gevolg dat de flens met een lijncontact aan de rand tegen de matrijs drukt en er dus slechts geringe wrijving optreedt. Met dit uitgangspunt is een theoretisch model afgeleid (zie lit [1]).

Er blijkt echter een verschil te bestaan tussen de theoretische en de werkelijk benodigde kracht. In dit onderzoek wordt nagegaan of genoemd verschil geheel of gedeeltelijk verklaard kan worden mbv wrijving.

Bij de proeven is uitgegaan van een matrijs met afbreekordinaat  $YA = 0,5HO$ . Uit het onderzoek bleek oa dat de flens over een groot gedeelte op de matrijs aanligt. Hierdoor rees de vraag



of het aanliggen ook optreedt bij matrijzen waarbij de tractrix-kromme later afgebroken wordt. Daarom is het onderzoek uitgebreid met proefnemingen op een matrijs met  $YA=0,25H0$ .

#### 4.2 Meetprocedure.

De proeven zijn met de experimentele opstelling uitgevoerd zoals in fig. 4.2 is afgebeeld en beschreven staat in lit [1].

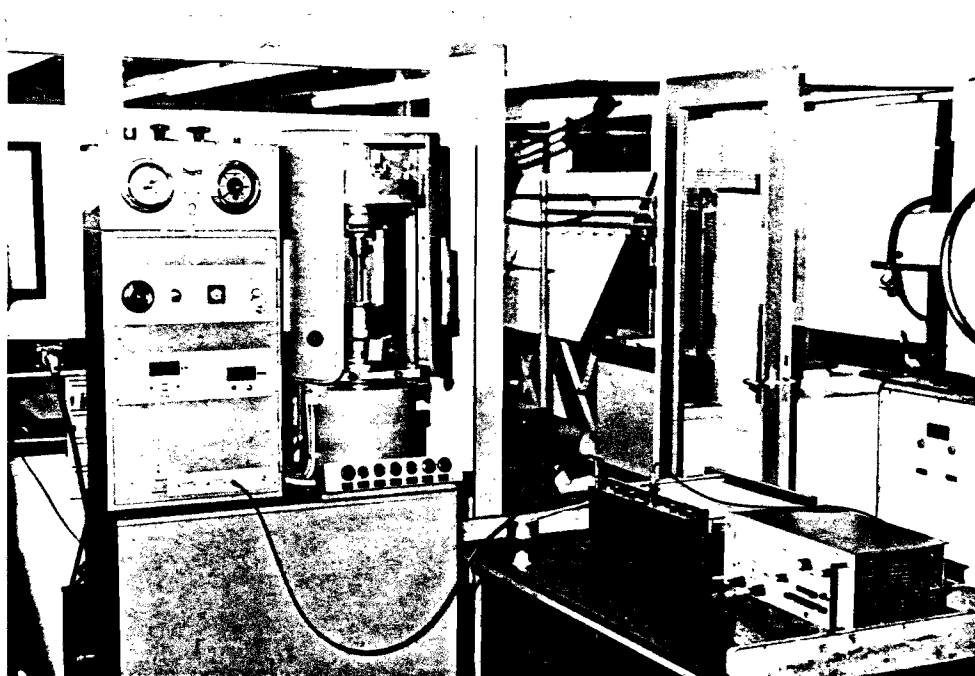


fig. 4.2 Meetopstelling.

De beschrijving van de werking is identiek, behoudens signalering van perskracht en stempelweg. Het ingebouwde perssignaal bleek snelheidsafhankelijk. De perskracht is thans verkregen mbv een in het gereedschap ingebouwde dynamometer, voorzien van rekstrookjes. De tgv de belasting veranderende weerstand is via een Hottinger-meetversterker, type KWS/3S-5 versterkt en toegevoerd aan een Houston 2000 x-y schrijver, type Ommigraphic WT 2556. Calibratie van het perssignaal is verkregen door vergelijking met het signaal uit een "Pekel"drukdoos. Het signaal voor de wegmeting is ingebouwd in de pers en direkt aangesloten op de schrijver.

Onderstaand zijn de gegevens vermeld betreffende de instelling van de gebruikte schrijver en meetversterker met verwijzing naar betreffende bedieningsorganen.

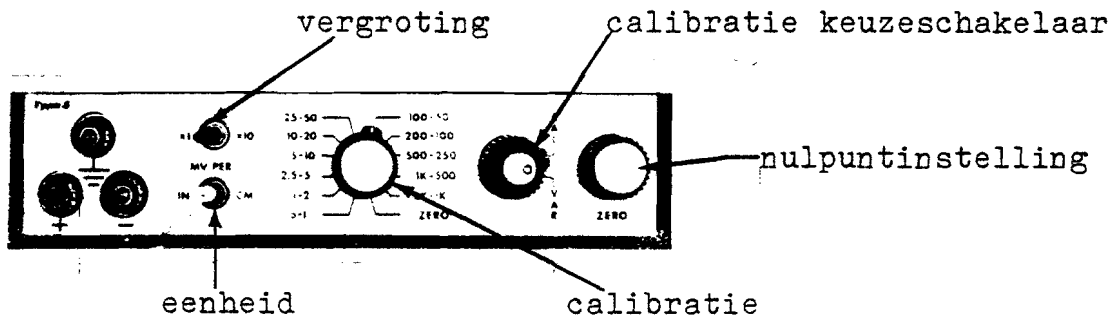


fig. 4.3 Instelpaneel schrijver.

	X-as	Y-as
eenheid	CM	CM
vergroting	1.X	1.X
calibratie	100-50MV	100-50MV
calibratie		
keuzeschakelaar	VAR-MV	CAL

tabel 4.1 Instelgegevens schrijver.

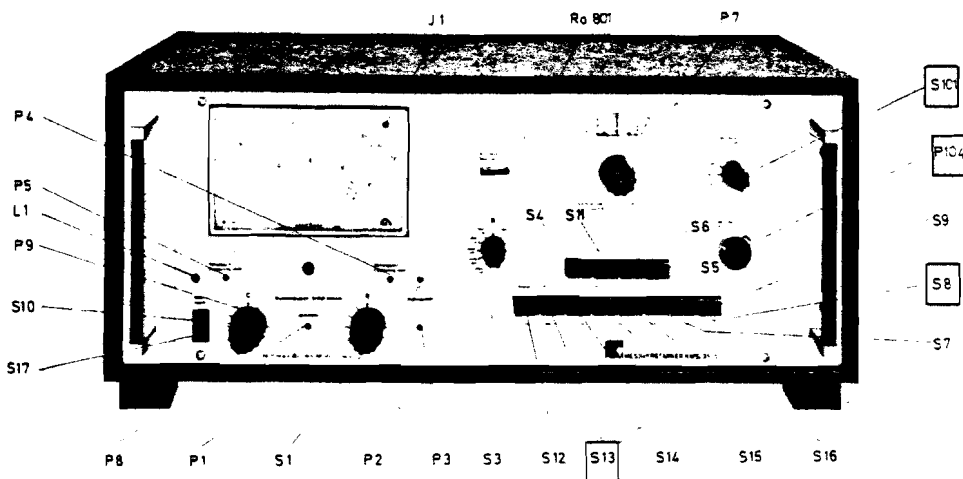


fig. 4.4 Vooraanzicht meetversterker.

S 8	: 4 V
S 13	: Vollbrücke
S101	: 10000
P104	: 503

tabel 4.2 Instelgegevens meetversterker.

### 4.3 Uitvoering proeven.

De proeven zijn uitgevoerd met gefosfateerde SPEDD blanks waarbij schapevet als smeermiddel is aangewend.

De blank is voor het dieptrekken aan de zijde die tegen de matrijs aanligt ingespoten met aftekenlak zodat het wrijvingsoppervlak zich goed aftekent. Nadat het nulpunt van de schrijver is ingesteld worden de volgende handelingen telkens herhaald:

- a dieptrekken tot een vooraf bepaalde stempelverplaatsing,
- b na het wegnemen van de kracht, het nulpunt van de schrijver 10mm naar rechts verleggen om een nieuwe kromme te tekenen,
- c met een nieuwe blank de in a beschreven handeling herhalen maar nu voor een grotere stempelverplaatsing.

Er zijn in het totaal 6 metingen met matrijs 0,25.HO en 8 metingen met matrijs 0,5.HO uitgevoerd. Van alle cups zijn DUr, DA en L gemeten. Voorts zijn alle cups doormidden gezaagd. Het doorgezaagde oppervlak is vlakgeschuurd en van alle cups zijn de maten A, B en C opgemeten (zie bijlage B.4.1). Omdat van beide matrijzen geen meetgegevens beschikbaar waren, zijn de maten x, y en  $\alpha$  (zie bijlage B.4.1) berekend aan de hand van de beschikbare ponsbanden zoals deze aan de Pinumat zijn toegevoerd. In tabel 4.3 zijn de meetresultaten mbt matrijs YA=0,25.HO weergegeven.

YA=0,25HO						
Nr	1	2	3	4	5	6
F	37000	47000	50500	56000	55500	57250
DUr	54,2	46,5	43,5	41	38,8	36,7
DA	50	42	38,8	35,8	33,4	31,6
L	8	12	15,5	19	21	21,5
A	3	3,3	3,3	3,5	3,6	3,8
B	2,55	2,5	2,4	2,3	2,3	2,3
C	2,8	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7
S	19,1	29,9	34,9	40,2	45,4	47,2

tabel 4.3 Meetresultaten YA=0,25HO

(meetresultaten YA=0,5HO zijn in bijlage B.4.3 weergegeven).

#### 4.4 Contrôle aanliggen van flens op matrijs.

Van elke meting zijn de meest interessante cups vergroot opgetekend en weergegeven in bijlage B.4.1. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de knik in punt 6 (zie bijlage B.4.1) niet zo scherp aanwezig is als staat afgebeeld. Dit blijkt uit metingen die later op 3D-meetmachine zijn uitgevoerd, hetgeen betekent dat de matrijzen ter plaatse zijn nabewerkt.

Uit de tekeningen kan men concluderen:

- (zie bijlage B.4.1) het materiaal wil ter plaatse van U niet naar binnen. Dit heeft tot gevolg dat de flens niet recht blijft waardoor deze op de matrijs aan gaat liggen hetgeen een vergroting van het contactvlak met zich meebrengt.
- dat er dubbele buiging optreedt als  $s > LA + TL$ .
- dat door eerder afbreken van de tractrixvorm het contactvlak sneller toeneemt (vergelijk B.4.1 met B.4.1.3).
- er bodemrek optreedt van maximaal 0,11 ( $\epsilon = \left| \ln \frac{2,7}{3} \right|$ ). Dit is deels het gevolg van de bolvorm aan het stempelvlak.

#### 4.5 Berekening van $\zeta_0$ , nodig om het verschil tussen de theoretisch maximale kracht en de gemeten maximale kracht te verklaren.

Omdat het krachtmodel voor  $H_0 = \text{constant}$  (zie lit. [1]) de werkelijke gemeten kracht het dichtst benaderd is dit als theoretisch model aangenomen en wordt verder aangeduid met  $F_1$ . Voor het krachtmaximum van de gemeten kracht ( $F_2$ ) is dit van matrijs 0,25  $H_0$  genomen.  $F_2$  wijkt slechts 1,7 kN af van het krachtmaximum dat bereikt wordt met een matrijs die niet afgebroken is (zie lit [1]). Bij de afleiding van  $F_1$  is men er vanuit gegaan dat de flens tijdens het dieptrekken recht blijft. Uit 4.4 blijkt dat de flens niet recht blijft. Dit heeft tot gevolg dat de rand van de blank zich op een ander punt bevindt dan theoretisch aangenomen wordt. Hierdoor is het verband tussen  $F$  en  $s$  niet eenduidig vastgelegd. Dit duidt erop dat  $s$  niet de juiste modelparameter is en de kracht omgeschreven moet worden als functie van  $\alpha$ .

In bijlage 1, lit [1], is afgeleid dat:

$$\cos \alpha = \frac{Rh - \frac{DU}{2}}{HO} \quad (1)$$

$$Rh = \frac{HO}{\cosh(s/HO)} + \frac{DU}{2} \quad (2)$$

Na substitutie van vgl (2) in (1) volgt:

$$\cos \alpha = \frac{1}{\cosh(s/HO)} \quad (3)$$

Substitutie van vgl (3) in vgl (2.9) (zie lit [1]) geeft:

$$F = \frac{4}{\sqrt{3}} \cdot \bar{\sigma}_v \cdot \text{to} \cdot \pi \cdot DU \cdot \tanh(\text{arccosh}(\frac{1}{\cos \alpha})).$$

$$\left[ \frac{HO}{2 \cdot DU} + \frac{1}{HO} \left( 1 - \frac{1}{\cos \alpha} \right) \cdot \left\{ \frac{HO}{2} - \frac{DU}{4 \cos \alpha} \cdot \ln \left( \frac{1 + 2 \cdot HO \cdot \cos \alpha}{DU} \right) \right\} \right]$$

In fig. 4.7 is  $F1=f(\alpha)$  weergegeven. In dezelfde figuur zijn de gemeten krachten als functie van  $\alpha$  uitgezet. Hierbij is  $\alpha$  bepaald aan de hand van de doorsnede van de cup (zie bijlage B.4.2). Omdat er te weinig metingen verricht zijn, kunnen deze krommen niet volledig getekend worden. Verder gelden bij de berekeningen de vereenvoudigen:

- $\tau_0$  blijft gedurende het proces constant.
- Concentratie van de normaaldruk in de rand van de cup.

De cups vertoonden aan de rand een glimmende zône (zie fig. 4.5).

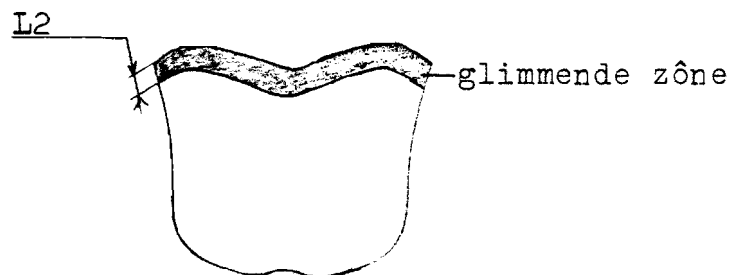
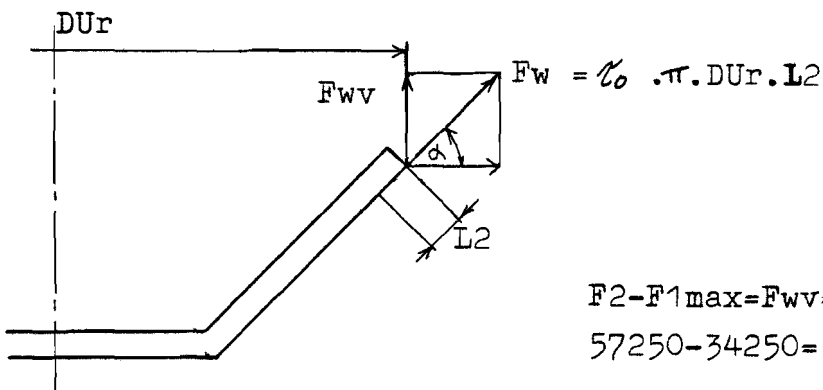


fig. 4.5 Glimmende zône.

Matrijs 0,25 HO						
Nr	1	2	3	4	5	6
DUr	54,2	46,5	43,5	41	38,8	37
$\alpha$	49,5	64,5	69	74	75	76
$\bar{F}_{v1}$	344	387	399	411	414	417
L	1,7	2,2	2,5	2,7	2,9	3
Ag	290	321	342	348	350	350
m	0,43	0,38	0,37	0,36	0,36	0,36
F	37000	47000	50500	56000	55000	50000
F1	33200	32700	30125	25725	24700	23600
Fwv	18750	24600	27140	28435	28740	28870

tabel 4.4 Berekeningsresultaten.

Dit duidt erop dat terplaatse de contactdruk het hoogst geweest is. Het oppervlak van de glimmende zône (Ag) is weergegeven in tabel 4.4. Voor cupnr. 6 is  $\tau_0$ , die het krachtverschil verklaart, bepaald.



$$F_2 - F_1 \max = F_{wv} = \tau_0 \cdot \pi \cdot D_{Ur} \cdot L_2 \cdot \sin \alpha$$

$$57250 - 34250 = \tau_0 \cdot \pi \cdot 37 \cdot 3 \cdot \sin 76.$$

fig. 4.6 Wrijvingskracht.

Dit levert een  $\tau_0$  op van  $68 \text{ N/mm}^2$ . Telt men  $F_1$  en  $F_{wv}$  ( $\tau_0 = C$ ) bij elkaar op dan ontstaat lijn A, fig. 4.8.  $\tau_0$  is dus te laag. Het maximum treedt op voor  $\alpha = 65^\circ$  hetgeen correspondeert met cupnr. 2. De voorheen beschreven berekening uitgevoerd voor cupnr. 2 levert een  $\tau_0 = 86 \text{ N/mm}^2$  (lijn B, fig. 4.8). De wrijvingscoëfficiënt  $m$  is dan  $0,38$ . ( $\tau_0 = m \cdot \frac{\bar{F}_v}{\sqrt{3}}$ ).

Schaal:  
 hor. 1cm  $\Delta$  10mm  
 ver. 1cm  $\Delta$  5000N

Schaal:  
 hor. 1cm  $\Delta$  10°  
 ver. 1cm  $\Delta$  5000N

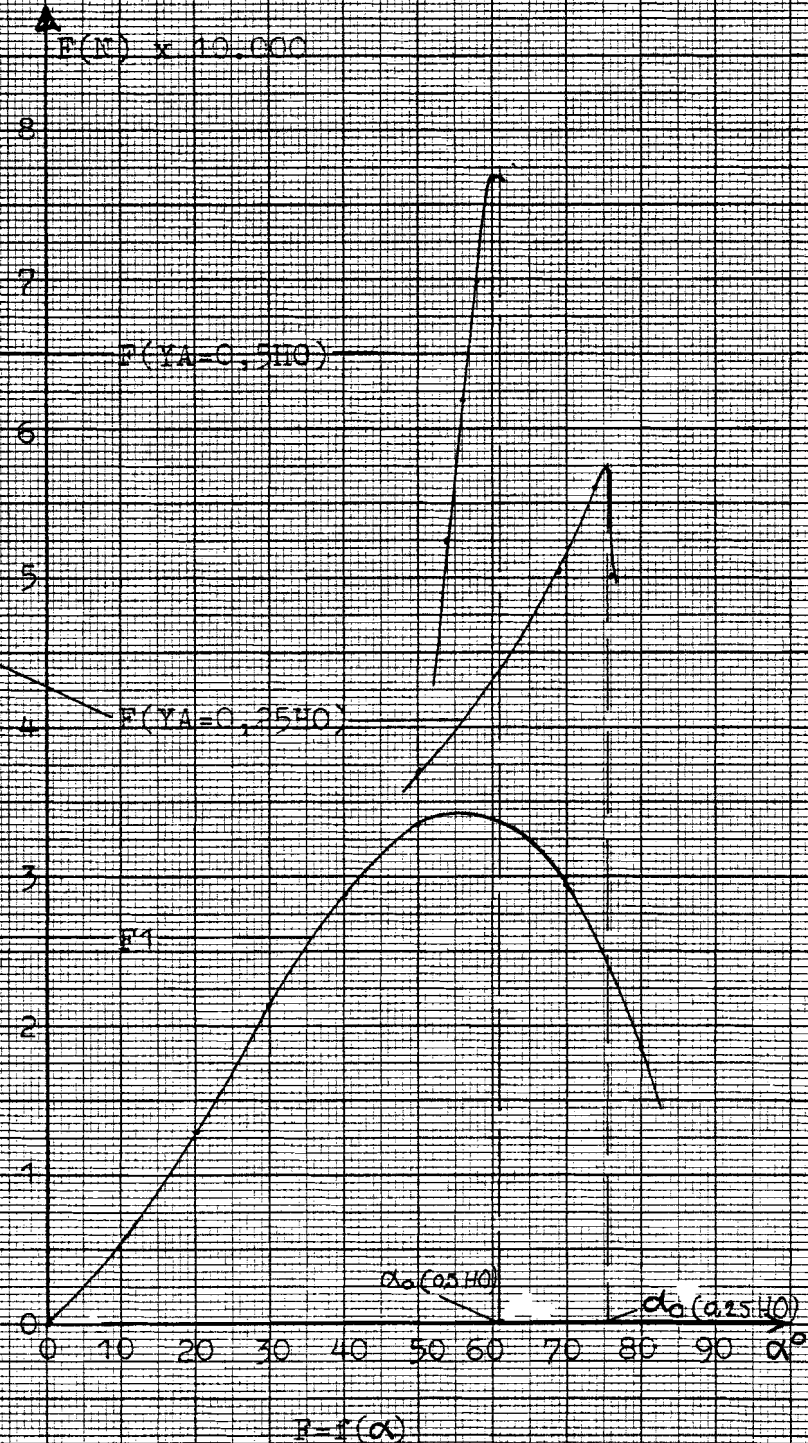
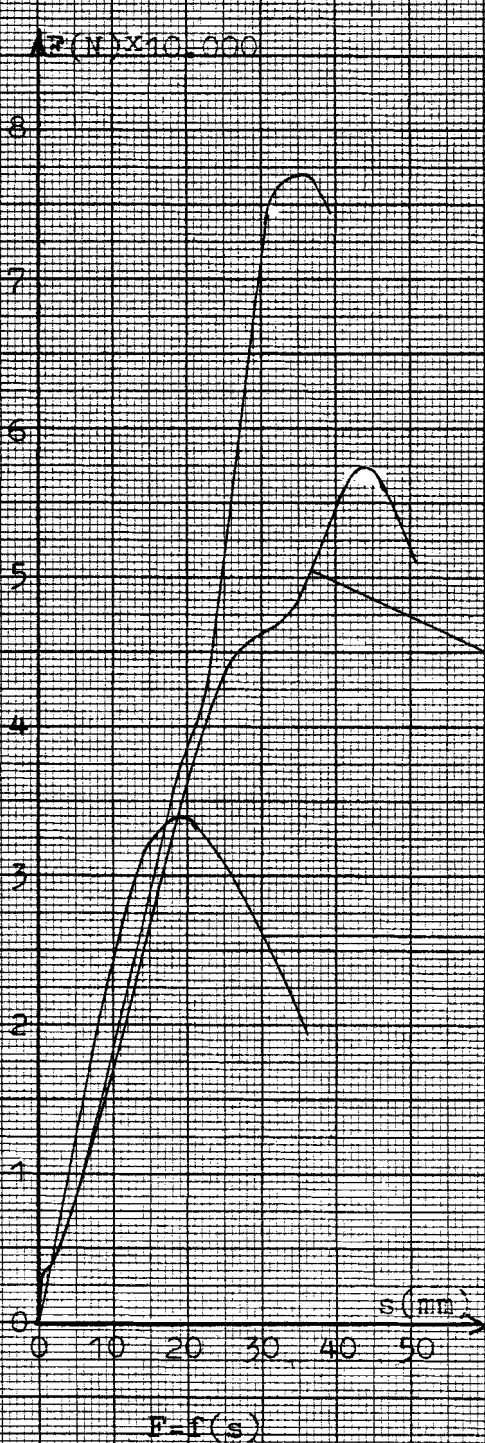


fig. 4.2 Krachtverloop.

Schaal:  
hor. 1cm  $\Delta$  5°  
ver. 1cm  $\Delta$  5000N

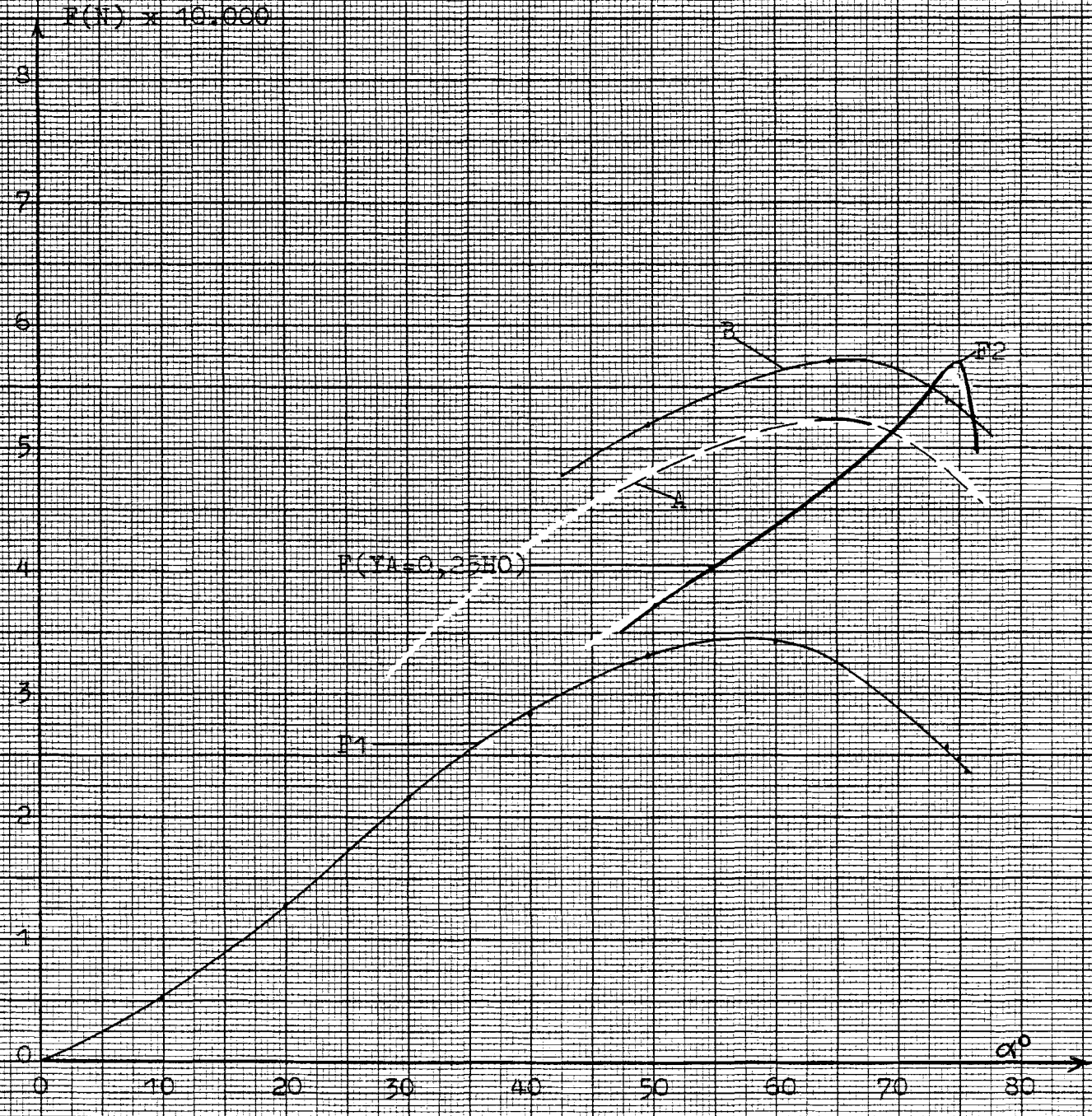


fig. 4.8 Kracht als functie van  $\alpha$ .



Als nabeschuwing bij de berekening dient opgemerkt te worden dat:

- $\tau_0$  niet constant is.  $\tau_0$  neemt nl. toe bij toenemende normaaldruk en tgv het wegwrijven van het smeermiddel, waardoor de smering verslechtert.
- $\tau_{v1}$  geldt voor een zuivere tractrixvorm dus niet voor een matrijs die eerder afgebroken is. Een dergelijke matrijs heeft nl. na het afbreekpunt een andere geometrische vorm dus met een ander verband tussen  $s$  en  $R_0$  (zie lit [1]).
- diameter  $D_{Ur}$  niet de juiste diameter is om de gemiddelde wrijvingskracht te berekenen. Deze grijpt nl. halverwege  $L_2$  aan. De daarbij behorende diameter is  $D_{Ur} - L_2 \cdot \cos \alpha$ .
- berekent men  $\tau_0$  met het gehele wrijvingsoppervlak in acht genomen, dan levert dit voor cupnr. 2 een  $\tau_0 = 16 \text{ N/mm}^2$  ( $23.000 = \tau_0 \cdot \pi \cdot 42 \cdot 12 \cdot \sin 64,5$ ) en een wrijvingscoëfficiënt  $m = 0,07$ .

#### 4.6 Conclusie.

- In principe is het verschil tussen de theoretische en de gemeten kracht te verklaren mbv wrijving. Er vindt tijdens het dieptrekproces dubbele buiging plaats waardoor  $\tau_0$  lager is en het theoretische model op gebouwd zal zijn uit een drieterm nl:.

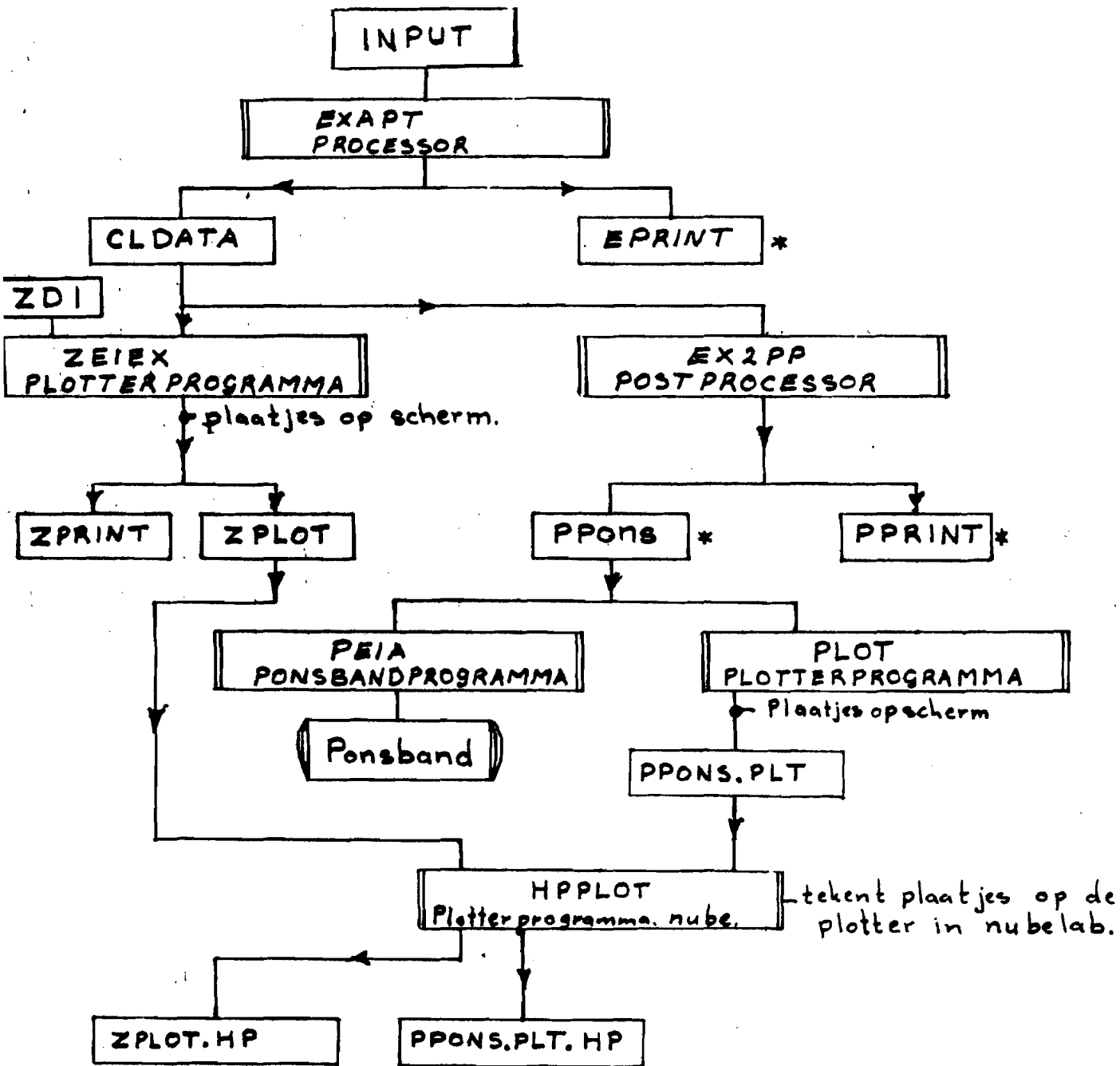
$$F_1 = \text{proceskracht} + \text{dubbele buiging} + \text{wrijvingskracht}$$

- Uit de nabeschuwing blijkt dat bij in achtname van het gehele oppervlak de wrijvingscoëfficiënt gelijk is aan 0,07. De berekening geeft een  $m = 0,38$ .  
Op grond van de veronderstelling dat de wrijving in het deel van het aanligvlak dat niet glimt volledige smering heerst mag ook aangenomen worden dat  $m$  terplaatse erg laag is zodat de werkelijke  $m$  waarde veel dichterbij 0,38 zal liggen dan bij 0,07.

- Af breken op  $Y_A=0,25 \cdot H_0$  heeft een krachtstijging van 19 kN tot gevolg. Wil men de inbouwhoogte van de matrijs verlagen zonder een wezenlijke toename van het krachtmaximum dan dient afgebroken te worden tussen  $Y_A=0,25 \cdot H_0$  en  $Y_A=0,5 \cdot H_0$ .
- Het krachtmaximum vindt bij de gemeten krachten telkens plaats bij  $\alpha_a$ .

Literatuurlijst.

- [1] G. de Bruin.  
"Het verlagen van de inbouwhoogte van een matrijs, bestemd voor het plooihouderloosdieptrekken."  
Afstudeerverslag voor HTS-Tilburg, 1982 rapportnr WPT-0546.
- [2] H. Hermans, afd. industriële vormgeving TH Delft.  
"Dieptrekken zonder plooihouder."  
Metaalbewerking, 1981, nr 16, P 383.
- [3] H. Hermans.  
"Dieptrekken zonder plooihouder gecombineerd met duntrekken."  
Metaalbewerking, 1982, nr 6, P 134.
- [4] Prof. van de Wolf.  
"Technische verspaning."  
Diktaat TH Eindhoven, 1982.
- [5] Exapt handleiding.  
"Werkzeugkartei für Drehwerkzeuge."
- [6] Exapt handleiding.  
"Sprachbeschreibung."
- [7] J. Leenders.  
"Invloed van de wrijving bij het duntrekken."  
Afstudeerverslag voor HTS-Venlo, 1982, rapportnr. WPT-0545.
- [8] Dr. Ir. Ramaekers.  
"Contactverschijnselen bij het omvormen."  
TH Eindhoven, 1983, rapportnr. WT-0449.



\*Kan men laten uitprinten op regelprinter.

```

2 *****
3 ***** TRACTRIX *****
4 *****
5
6 $$$Dit programma berekent de coördinaten voor het draaien van een
7 $$$dieptrekmatrjjs op een CNC-bestuurde draaibank.
8 $$$Bij aanwending van deze matrjjs is geen plooihouder nodig
9 $$$daar de contour gebaseerd is op het Tractrix-principe.
10 $$$De contour is opgebouwd uit twee delen.
11 $$$Het eerste gedeelte, de Tractrix, wordt beschreven door:
12 $$$ X=HO*LN((HO*SQRT(HO**2-Y**2))/Y)-SQRT(HO**2-Y**2)
13 $$$Het tweede gedeelte, de afbreekfunctie, wordt beschreven door:
14 $$$ X=A*Y+B*SQRT(Y)+LA+TL
15 $$$Wil men een matrjjs draaien die qua maatvoering afwijkt van de
16 $$$kleine matrjizen, aanwezig in het omvormlab, moet men de volgende
17 $$$regels nazien en zondig aanpassen: 22, 23, 24, 25, 26, 30, 31
18 PARTNO/TRACO.4
19 MACHIN/EX2PP
20 CLPRNT
21 $$$MATRIJSGEGEVENS
22 HTOT=60 $$$LENGTE MATRYS
23 DM=70 $$$UITW DIA MATRYS
24 DI=62 $$$MAX INW DIA
25 DI=1.01*DI $$$PROC. VERGROTING DI
26 DU=31 $$$UITW DIA MATRYS
27 HO=(DI-DU)/2 $$$TRAC-MAAT
28 YB=DI/2 $$$TRAC STARTORDINAAT
29 $$$MATERIAALGEGEVENS $$$OORSPRONKELYKE DIKTE
30 TO=3 $$$PLAAT INLEG DIEPTE
31 PI=TO+1 $$$VERDIKKINGSMAAT
32 DEL=1.2
33 $$$CONTOURGEGEVENS
34 PHO=0.4 $$$FRACTIE VAN HO
35 YA=PHO*HO $$$AFBREEKPUNT
36 LC=2*TO*DEL $$$CALIBREERLENGTE
37 LMAX=HTOT-PI-LC $$$MAX LENGTE VOOR TRAC+MACHT
38 PEF=EXP(LMAX/HO) $$$FACTOREN VOOR HYPER-
39 NEF=EXP(-LMAX/HO) $$$BOLISCHE FUNCTIES
40 LA=HO*(PEF-NEF)/(PEF+NEF) $$$MACHTSFUNCTIELENGTE
41 P=SQRT(HO**2-YA**2) $$$REKENFACTOR
42 TL=HO*NLOG((HO+P)/YA)-P $$$LENGTE VOOR TRAC
43 A=(-2*P+LA)/YA $$$COEFFICIENT AFBREEKFUNCTIE
44 B=2*(P-LA)/SQRT(YA) $$$COEFFICIENT AFBREEKFUNCTIE
45 NTOT=80 $$$TOTAAL AANTAL CONTOURELEMENTEN
46 N1=INT(2*(NTOT-22)*(1-PHO)/(2-PHO)) $$$AANTAL STAPPEN IN TRAC
47 Z1=HO*(1-PHO)/N1 $$$STAPGROOTTE TRAC
48 Z2=2*Z1 $$$STAPGROOTTE MACHT
49 Z3=Z2/20 $$$STAPGROOTTE LAATSTE DEEL MACHT
50 DY1=0 $$$STARWAARDE STAP TRAC
51 DY2=0 $$$STARTWAARDE STAP MACHT
52 DY3=0 $$$STARWAARDE LAATSTE DEEL MACHT
53 YO=HO $$$STARTWAARDE Y
54 XO=0 $$$STARTWAARDE X

55 $$$UITGANGSVORM
56 CONTUR/BLANCO
57 BEGIN/2, 15, XSMALL, DIA, 30
58 RGT/PLAN, -HTOT
59 RGT/DIA, DM
60 RGT/PLAN, 2
61 TERMCO
62 SURFIN/FIN
63 $$$CONTOUR
64 CONTUR/PARTCO
65 M1, BEGIN/O, YB, XSMALL, DIA, DI
66 LOOPST
67 D)DY1=DY1+Z1
68 YV1=HO-DY1
69 IF (YV1-YA)G, G, R
70 G)YV1=YA
71 R)W=SQRT(2*DY1*HO-DY1**2)
72 XV1=HO*NLOG((HO+W)/YV1)-W
73 FWD/(LINE/(-XO-PI), (YO+DU/2), (-XV1-PI), (W1+DU/2))
74 XO=XV1
75 YO=YV1
76 IF (YA, LT, YO)D
77 F)DY2=DY2+Z2
78 YV2=YV1-DY2
79 XV2=A*YV2+B*SQRT(YV2)+LA+TL
80 FWD/(LINE/(-XO-PI), (YO+DU/2), (-XV2-PI), (W2+DU/2))
81 XO=XV2
82 YO=YV2
83 IF (Z2, LT, YO)F
84 E)DY3=DY3+Z3
85 YV3=YV2-DY3
86 IF (O-YV3)S, T, T
87 T)YV3=O
88 S)XV3=A*YV3+B*SQRT(YV3)+LA+TL
89 FWD/(LINE/(-XO-PI), (YO+DU/2), (-XV3-PI), (W3+DU/2))
90 XO=XV3

```

```

91 YD=YV3
92 IF(O, I, T, YD)
93 I COOLNT
94 FWD/DIA, DU, ON, PLAN, (-HTOT)
95 M2, RGT/PLAN, (-HTOT)
96 M3, RGT/DIA, DM
97 M4, RGT/PLAN, O
98 TERMO
99 *TECHNOLOGISCHE OPDRACHTEN
100 PART/MATERL, 200
101 A1=CONT/TOOL, 4, 25, SETANG, 180, CROSS, ROUGH, FEED, 0. 1, SPEED, 180
102 A2=CONT/TOOL, 4, 25, SETANG, 180, FIN, FEED, 0. 08, SPEED, 180
103 A3=CONT/TOOL, 20, 5, SETANG, 180, LONG, ROUGH, FEED, 0. 08, SPEED, 180
104 A4=CONT/TOOL, 20, 5, SETANG, 180, FIN, SPEED, 180, FEED, 0. 06
105 *EERSTE OPSPANNING
106 COOLNT/ON
107 CHUCK/O, 136, 45, 300, 14, 90, -10
108 CLAMP/-HTOT
109 CUTLOC/BEHIND
110 WORK/A1
111 CUT/M4, 10, M1
112 CUTLOC/BEFORE
113 WORK/A3
114 CUT/M1, 10, M2

```

```

115 COOLNT/OFF
116 *TWEEDE OPSPANNING
117 CHUCK/O, 136, 45, 300, 14, 90, -10
118 CLAMP/-HTOT
119 COOLNT/ON
120 CUTLOC/BEHIND
121 WORK/A2
122 CUT/M4, 10, M1
123 CUTLOC/BEFORE
124 WORK/A4
125 CUT/M1, 10, M2
126 COOLNT/OFF
127 PRINT/3, ALL
128 G)FINI

```

ANWEISUNGSNUMMER = 127

A	(	0)	SCALAR	=	-2.09298
B	(	0)	SCALAR	=	-0.99741
DEL	(	0)	SCALAR	=	1.20000
DI	(	0)	SCALAR	=	62.62000
DM	(	0)	SCALAR	=	90.00000
DU	(	0)	SCALAR	=	31.00000
DY1	(	0)	SCALAR	=	9.48600
DY2	(	0)	SCALAR	=	6.17693
DY3	(	0)	SCALAR	=	0.15442
G	(	0)	LABEL		
HO	(	0)	SCALAR	=	15.81000
HTOT	(	0)	SCALAR	=	60.00000
LA	(	0)	SCALAR	=	15.74423
LC	(	0)	SCALAR	=	7.20000
LMAX	(	0)	SCALAR	=	48.80000
N1	(	0)	SCALAR	=	43.00000
NEF	(	0)	SCALAR	=	0.04565
NTOT	(	0)	SCALAR	=	80.00000
P	(	0)	SCALAR	=	14.49010
PEF	(	0)	SCALAR	=	21.90367
PHD	(	0)	SCALAR	=	0.40000
PI	(	0)	SCALAR	=	4.00000
TO	(	0)	SCALAR	=	3.00000
TL	(	0)	SCALAR	=	10.28099
W	(	0)	SCALAR	=	14.49010
X0	(	0)	SCALAR	=	26.02522
XV1	(	0)	SCALAR	=	10.28099
XV2	(	0)	SCALAR	=	25.33490
XV3	(	0)	SCALAR	=	26.02522
YA	(	0)	SCALAR	=	6.32400
YB	(	0)	SCALAR	=	31.31000
YD	(	0)	SCALAR	=	0.00000
YV1	(	0)	SCALAR	=	6.32400
YV2	(	0)	SCALAR	=	0.14707
YV3	(	0)	SCALAR	=	0.00000
Z1	(	0)	SCALAR	=	0.22060
Z2	(	0)	SCALAR	=	0.44121
Z3	(	0)	SCALAR	=	0.02206
D	(	0)	LABEL		
E	(	0)	LABEL		
F	(	0)	LABEL		
G	(	0)	LABEL		

R	(	0)	LABEL		
S	(	0)	LABEL		
T	(	0)	LABEL		

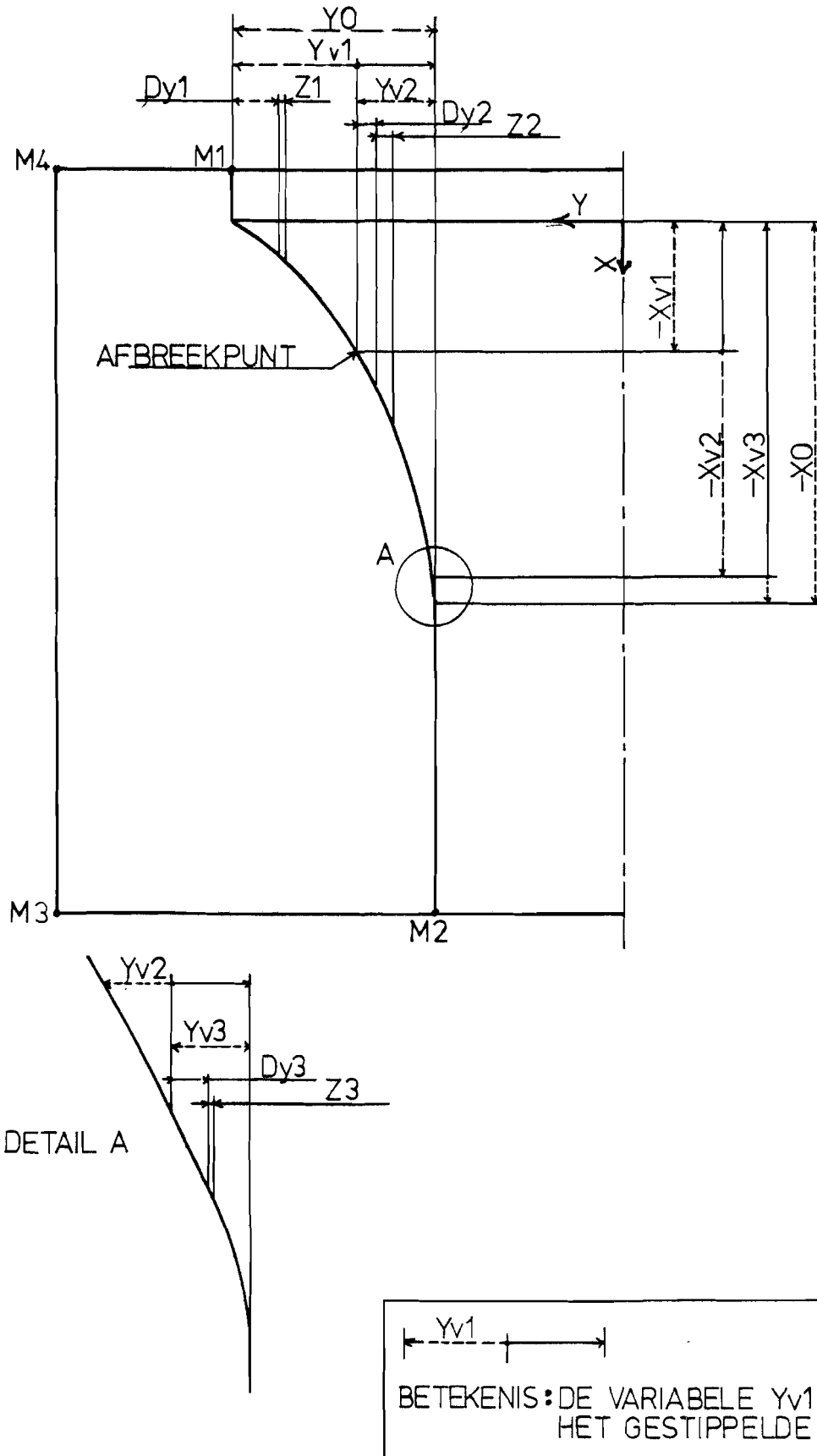


fig. B.2.1





-26.875	-5.465	0.080		-334.405	3.44	1.52	N83 G01 Z-7.165 F89
-26.644	-5.609			27.855 -334.549	3.45	1.53	N84 X-.167 Z-.144
-26.413	-5.819			27.624 -334.758	3.46	1.53	N85 X-.231 Z-.209
-26.182	-6.036			27.393 -334.976	3.48	1.53	N86 X-.231 Z-.218
-25.952	-6.262			27.162 -335.202	3.49	1.54	N87 X-.231 Z-.226
-25.722	-6.497			26.932 -335.437	3.50	1.54	N88 X-.23 Z-.235
-25.493	-6.741			26.702 -335.681	3.52	1.54	N89 X-.23 Z-.244
	-6.994			26.473 -335.934	3.53	1.55	N90 X-.229 Z-.253
-25.414	-7.083	0.080	1400	26.394 -336.023	3.60	1.55	N91 G04 S11400 F4
			1120		3.61	1.55	N92 G01 X-.079 Z-.089 F112
-24.661	-6.425	IJL		25.641 -335.365	3.66	1.55	N93 G04 S11120 F3
	1.700			-327.240	3.67	1.55	N94 G00 X-.753 Z.658
-27.986				28.967	3.69	1.55	N95 Z8.125
	-4.725	0.080		-333.665	3.70	1.55	N96 X3.326
-27.806	-4.855			28.786 -333.795	3.78	1.62	N97 G01 Z-6.425 F89
-27.572	-5.031			28.552 -333.971	3.79	1.62	N98 X-.181 Z-.13
-27.339	-5.216			28.320 -334.156	3.81	1.63	N99 X-.234 Z-.176
-27.107	-5.409			28.087 -334.348	3.82	1.63	N0 X-.232 Z-.185
-27.042	-5.465			28.022 -334.405	3.83	1.63	N1 X-.233 Z-.192
			900		3.84	1.63	N2 X-.065 Z-.057
-26.387	-4.709	IJL		27.367 -333.649	3.89	1.63	N3 G04 S10900 F3
	1.700			-327.240	3.91	1.63	N4 G00 X-.655 Z.756
-30.610				31.590	3.92	1.63	N5 Z6.409
	-3.415	0.080		-332.355	3.93	1.63	N6 X4.223
-30.449	-3.459			31.429 -332.399	4.01	1.71	N7 G01 Z-5.115 F71
-30.197	-3.540			31.178 -332.480	4.02	1.71	N8 X-.161 Z-.044
-29.950	-3.632			30.930 -332.572	4.04	1.71	N9 X-.251 Z-.081
					4.05	1.72	N10 X-.248 Z-.092

DWARS	LANGS	RADIUS	MM/O	O/MIN	XABS	ZABS	OK	BWKT	VRSPI	GPM.	PONS BAND
-29.706	-3.734				30.686	-332.674		4.07	1.72		N11 X-.244 Z-.102
				1120				4.13	1.72		N12 G04 S11120 F4
-29.464	-3.845	0.080			30.444	-332.785		4.15	1.72		N13 G01 X-.242 Z-.111 F90
-29.224	-3.964				30.204	-332.904		4.16	1.73		N14 X-.24 Z-.119
-28.985	-4.092				29.965	-333.032		4.17	1.73		N15 X-.239 Z-.128
-28.747	-4.228				29.727	-333.168		4.19	1.73		N16 X-.238 Z-.136
-28.511	-4.373				29.491	-333.313		4.20	1.73		N17 X-.236 Z-.145
-28.275	-4.526				29.255	-333.465		4.21	1.74		N18 X-.236 Z-.152
-28.040	-4.686				29.020	-333.626		4.23	1.74		N19 X-.235 Z-.161
-27.986	-4.725				28.967	-333.665		4.24	1.74		N20 X-.053 Z-.039
-27.402	-3.913	IJL			28.382	-332.853		4.25	1.74		N21 G00 X-.585 Z.812
	1.700					-327.240		4.26	1.74		N22 Z5.613
								4.26	1.74	113	N23 M09
	10.500			0		-318.440		4.27	1.74	115	N24 Z8.8 S10000 M05
0.980	328.940				-0.000	-0.000	0	4.39	1.74		N25 X-28.382 Z318.44 TO M05

EXAPT2	PINUMAT 300	G.A.	DPSPANNING NORMAAL	PARTNO/TRACO. 4							
DWARS	LANGS	RADIUS	MM/O	D/MIN	XABS	ZABS	GK	BWKT	VRSPT	GPM.	PONSBAND
								0.00	1.74	117	N1 G91 S10000 M05
								0.03	1.74	120	N2 M08
				710				0.08	1.74		N3 G04 M04 F2
46.600	10.500		IJL		542.350	-312.650	4	0.46	1.74		N4 G04 S10710 F3
	0.600					-322.550		0.47	1.74		N5 G00 X542.35 Z-312.65 T4
30.210			0.080		558.740			0.77	2.03		N6 Z-9.9
	1.600		IJL			-321.550		0.78	2.03		N7 G01 X16.39 F56
	2.100					-321.050		0.79	2.03		N8 G00 Z1
				0				0.84	2.03	123	N9 Z.5
								0.88	2.03		N10 G04 S10000 M05 F3
				900				0.93	2.03		N11 G04 M03 F2
	10.000		IJL			-318.940		0.94	2.03		N12 G04 S10900 F3
-31.110					32.090		20	1.30	2.03		N13 G00 Z2.11
	1.200					-327.740		1.31	2.03		N14 X-526.65 T20
	-3.821		0.060			-332.761		1.42	2.13		N15 Z-8.8
-31.058	-3.827				32.038	-332.767		1.43	2.13		N16 G01 Z-5.021 F53
-30.822	-3.876				31.802	-332.816		1.44	2.13		N17 X-.052 Z-.006
-30.591	-3.938				31.571	-332.878		1.46	2.14		N18 X-.236 Z-.049
				1120				1.46	2.14		N19 X-.231 Z-.062
-30.362	-4.013		0.060		31.342	-332.953		1.53	2.14		N20 G04 S11120 F4
-30.134	-4.098				31.114	-333.037		1.54	2.14		N21 G01 X-.229 Z-.075 F67
-29.906	-4.192				30.886	-333.132		1.55	2.15		N22 X-.228 Z-.084
-29.680	-4.296				30.660	-333.236		1.57	2.15		N23 X-.228 Z-.095
-29.453	-4.408				30.433	-333.348		1.58	2.15		N24 X-.227 Z-.104
-29.228	-4.529				30.208	-333.469		1.59	2.16		N25 X-.227 Z-.112
-29.002	-4.659				29.982	-333.599		1.61	2.16		N26 X-.225 Z-.121
-28.777	-4.796				29.757	-333.736		1.62	2.17		N27 X-.225 Z-.13
-28.552	-4.942				29.532	-333.882		1.64	2.17		N28 X-.224 Z-.137
-28.327	-5.095				29.307	-334.035		1.65	2.17		N29 X-.225 Z-.146
-28.103	-5.257				29.083	-334.197		1.66	2.18		N30 X-.225 Z-.153
-27.878	-5.427				28.859	-334.366		1.68	2.18		N31 X-.224 Z-.162
-27.654	-5.604				28.634	-334.544		1.69	2.19		N32 X-.224 Z-.169
-27.430	-5.790				28.411	-334.730		1.71	2.19		N33 X-.225 Z-.178
-27.207	-5.984				28.187	-334.924		1.72	2.19		N34 X-.223 Z-.186
-26.983	-6.186				27.963	-335.126		1.74	2.20		N35 X-.224 Z-.194
-26.759	-6.397				27.739	-335.336		1.75	2.20		N36 X-.224 Z-.202
-26.536	-6.616				27.516	-335.556		1.77	2.21		N37 X-.224 Z-.21
-26.313	-6.844				27.293	-335.783		1.78	2.21		N38 X-.223 Z-.22
-26.089	-7.080				27.069	-336.020		1.79	2.22		N39 X-.223 Z-.227
-25.866	-7.326				26.846	-336.266		1.81	2.22		N40 X-.224 Z-.237
-25.643	-7.581				26.623	-336.521		1.82	2.23		N41 X-.223 Z-.246
-25.420	-7.846				26.400	-336.786		1.84	2.23		N42 X-.223 Z-.255
-25.197	-8.121				26.177	-337.061		1.85	2.24		N43 X-.223 Z-.265
-24.974	-8.405				25.955	-337.345		1.87	2.24		N44 X-.223 Z-.275
				1400				1.89	2.25		N45 X-.222 Z-.284
-24.752	-8.701		0.060		25.732	-337.640		1.95	2.25		N46 G04 S11400 F4
-24.529	-9.007				25.509	-337.946		1.97	2.25		N47 G01 X-.223 Z-.295 F84
-24.307	-9.324				25.287	-338.264		1.98	2.26		N48 X-.223 Z-.306
-24.084	-9.653				25.064	-338.592		2.00	2.26		N49 X-.222 Z-.318
-23.862	-9.993				24.842	-338.933		2.01	2.27		N50 X-.223 Z-.328
-23.639	-10.347				24.619	-339.287		2.03	2.27		N51 X-.222 Z-.341
-23.417	-10.713				24.397	-339.653		2.04	2.28		N52 X-.223 Z-.354
-23.195	-11.094				24.175	-340.033		2.06	2.28		N53 X-.222 Z-.366
-22.973	-11.488				23.953	-340.428		2.07	2.29		N54 X-.222 Z-.38
-22.750	-11.898				23.731	-340.838		2.09	2.29		N55 X-.222 Z-.395
-22.528	-12.323				23.509	-341.263		2.10	2.30		N56 X-.222 Z-.41
								2.12	2.30		N57 X-.222 Z-.425

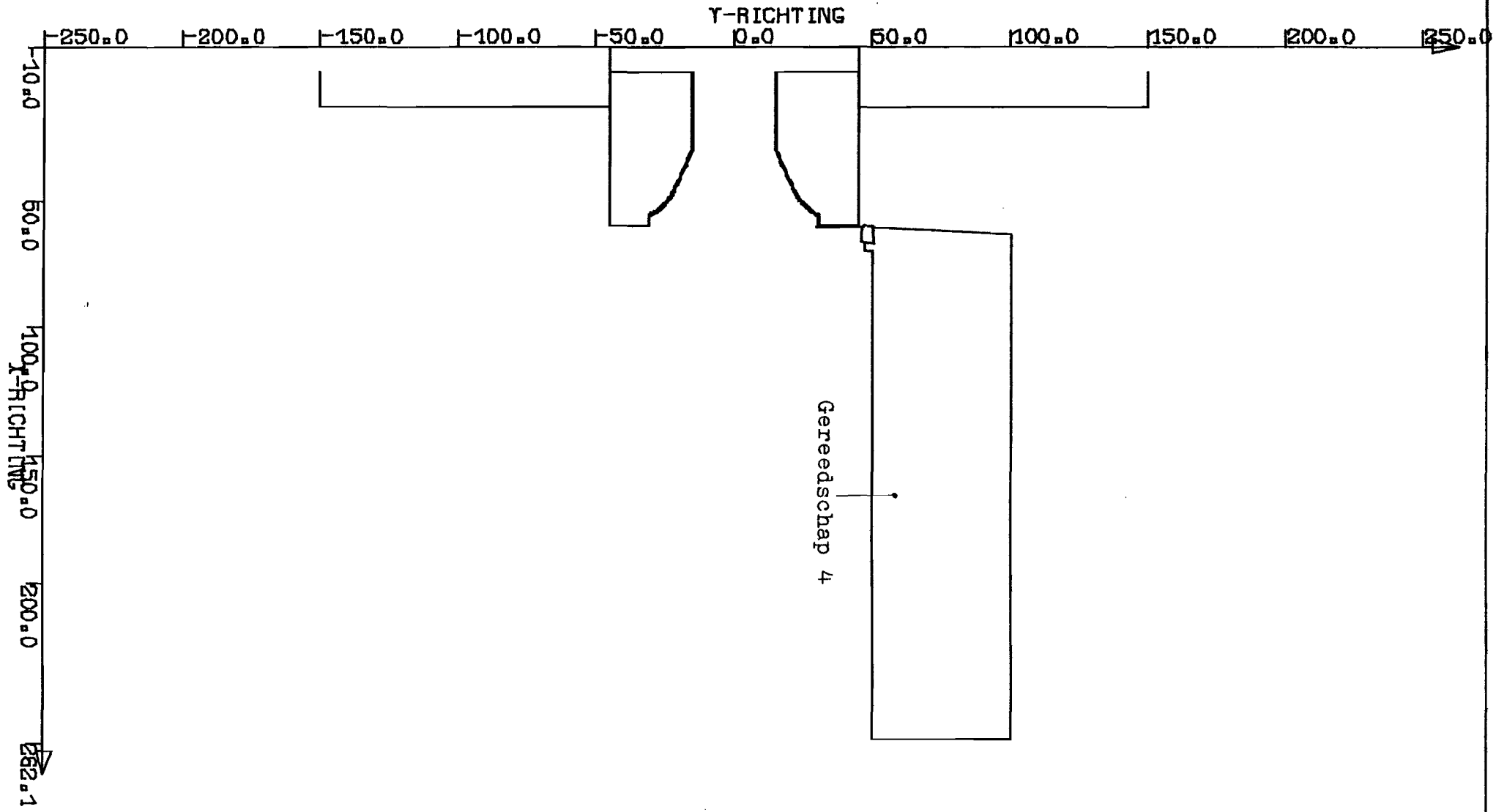
DWARS	LANGS	RADIUS	MM/O	D/MIN	XABS	ZABS	GK	BWKT	VRSPT	GPM.	PONSBAND
-22.306	-12.765				23.287	-341.705		2.13	2.31		N58 X-.222 Z-.442
-22.084	-13.225				23.065	-342.165		2.15	2.31		N59 X-.222 Z-.46
-21.863	-13.703				22.843	-342.643		2.17	2.32		N60 X-.222 Z-.478
-21.641	-14.200				22.621	-343.140		2.18	2.33		N61 X-.222 Z-.497
-21.199	-15.214				22.180	-344.154		2.21	2.34		N62 X-.441 Z-1.014
-20.758	-16.230				21.738	-345.170		2.23	2.35		N63 X-.442 Z-1.016
-20.317	-17.250				21.297	-346.190		2.25	2.37		N64 X-.441 Z-1.02
-19.875	-18.274				20.856	-347.214		2.28	2.38		N65 X-.441 Z-1.024
-19.434	-19.304				20.414	-348.244		2.30	2.39		N66 X-.442 Z-1.03
-18.993	-20.339				19.973	-349.279		2.32	2.41		N67 X-.441 Z-1.035
-18.551	-21.382				19.531	-350.321		2.35	2.42		N68 X-.442 Z-1.042
-18.110	-22.432				19.090	-351.372		2.37	2.43		N69 X-.441 Z-1.051
-17.668	-23.494				18.648	-352.434		2.39	2.45		N70 X-.442 Z-1.062
-17.227	-24.569				18.207	-353.509		2.42	2.46		N71 X-.441 Z-1.075
-16.785	-25.663				17.765	-354.603		2.44	2.48		N72 X-.442 Z-1.094
-16.343	-26.787				17.323	-355.726		2.47	2.49		N73 X-.442 Z-1.123
-15.900	-27.962				16.880	-356.901		2.49	2.51		N74 X-.443 Z-1.175
-15.456	-29.275				16.436	-358.215		2.52	2.52		N75 X-.444 Z-1.314
-15.433	-29.356				16.413	-358.296		2.53	2.52		N76 X-.023 Z-.081
-15.410	-29.437				16.390	-358.377		2.54	2.52		N77 X-.023 Z-.081
-15.387	-29.522				16.367	-358.462		2.55	2.52		N78 X-.023 Z-.085
-15.364	-29.614				16.344	-358.553		2.56	2.53		N79 X-.023 Z-.091
-15.341	-29.716				16.321	-358.656		2.57	2.53		N80 X-.023 Z-.103
-15.317	-29.845				16.297	-358.785		2.58	2.53		N81 X-.024 Z-.129
-15.300	-30.016				16.280	-358.955		2.60	2.53		N82 X-.017 Z-.17
	-60.200					-389.140		2.97	2.69		N83 Z-30.185
	-62.668			IJL		-391.608		2.98	2.69		N84 G00 Z-2.468
-14.300					15.280			2.99	2.69		N85 X-1
	1.200					-327.740		3.02	2.69		N86 Z63.869
								3.02	2.69	124	N87 M09
	10.000			0		-318.940		3.03	2.69	126	N88 Z8.8 S10000 M05
0.980	328.940				-0.000	-0.000	0	3.15	2.69		N89 X-15.28 Z318.94 T0 M05

TRACK 0.4 (OPSPANN. 1) (260583)

TRACK 0.4 (OPSPANN. 1) (260583)  
 N1691S10000M05  
 N2M08  
 N3604M04F3  
 N4604S10710F3  
 N5600X542. 35Z-311. 15T4  
 N6Z-10. 9  
 N7601X32. 2F70  
 N8600Z1  
 N9Z1. 5  
 N10604S10000M05F3  
 N11604M03F2  
 N12604S11400F3  
 N13600Z1. 11  
 N14X-556. 425T20  
 N15Z-8. 8  
 N16601Z-25. 152F139  
 N17X-. 015Z-. 036  
 N18X-. 508Z-. 1. 241  
 N19X-. 509Z-. 1. 271  
 N20X-. 511Z-. 1. 325  
 N21X-. 512Z-. 1. 445  
 N22X-. 029Z-. 09  
 N23X-. 027Z-. 084  
 N24X-. 026Z-. 087  
 N25X-. 027Z-. 089  
 N26X-. 028Z-. 093  
 N27X-. 027Z-. 099  
 N28X-. 028Z-. 107  
 N29X-. 03Z-. 12  
 N30X-. 034Z-. 16  
 N31X-. 034Z-. 284  
 N32600X-1  
 N33Z31. 683  
 N34X5. 371  
 N35601Z-20. 348  
 N36X-. 014Z-. 033  
 N37X-. 507Z-. 1. 186  
 N38X-. 507Z-. 1. 195  
 N39X-. 506Z-. 1. 206  
 N40X-. 492Z-. 1. 184  
 N41600X-. 924Z. 384  
 N42Z24. 768  
 N43X5. 126  
 N44601Z-15. 332  
 N45X-. 033Z-. 071  
 N46X-. 127Z-. 261  
 N47X-. 513Z-. 1. 204  
 N48X-. 504Z-. 1. 162  
 N49X-. 507Z-. 1. 173  
 N50X-. 492Z-. 1. 145  
 N51600X-. 919Z. 395  
 N52Z19. 953  
 N53X5. 176  
 N54601Z-11. 445  
 N55X-. 045Z-. 069  
 N56X-. 26Z-. 418  
 N57X-. 259Z-. 435  
 N58X-. 26Z-. 454  
 N59X-. 259Z-. 474  
 N60X-. 257Z-. 494  
 N61X-. 258Z-. 516  
 N62X-. 258Z-. 54  
 N63X-. 260Z-. 487  
 N64600X-. 71Z. 416  
 N65604S11120F3  
 N66600Z14. 716  
 N67X5. 094  
 N68601Z-9. 658F-111  
 N69X-. 056Z-. 062  
 N70X-. 260Z-. 302  
 N71X-. 262Z-. 315  
 N72X-. 262Z-. 320  
 N73X-. 262Z-. 342  
 N75601X-. 261Z-. 356  
 N76X-. 261Z-. 37  
 N77X-. 261Z-. 385  
 N78X-. 215Z-. 330  
 N80600X-. 64Z. 544  
 N81Z10. 901  
 N82X4. 544  
 N83601Z-7. 080  
 N84X-. 071Z-. 06  
 N85X-. 266Z-. 233  
 N86X-. 265Z-. 244  
 N87X-. 265Z-. 255  
 N88X-. 264Z-. 266  
 N89X-. 263Z-. 278  
 N90X-. 207Z-. 228  
 N91600X-. 74Z. 672  
 N92Z7. 98  
 N93X3. 154  
 N94601Z-6. 454  
 N95X-. 083Z-. 059  
 N96X-. 268Z-. 201  
 N97X-. 267Z-. 212  
 N98X-. 195Z-. 162  
 N0600X-. 64Z 768  
 N1Z6. 32  
 N2X4. 118  
 N3601Z-5. 114  
 N4X-. 272Z-. 079  
 N5X-. 286Z-. 1  
 N6X-. 281Z-. 113  
 N8601X-. 278Z-. 125  
 N9X-. 275Z-. 136  
 N10X-. 274Z-. 148  
 N11X-. 272Z-. 159  
 N12X-. 271Z-. 169  
 N13X-. 27Z-. 18  
 N14X-. 186Z-. 131  
 N15600X-. 578Z. 816  
 N16Z5. 638  
 N17M09  
 N18Z8. 8S10000M05  
 N19X-28. 347Z318. 44TOM02

TRACK 0 3 (OPSPANN. 2) (260523)  
 N1691S10000M01  
 N2M08  
 N3G04M04F2  
 N4G04S10710F3  
 N5G00X542.352-312.65T4  
 N67-9.9  
 N7G01X16.39F56  
 N8G00Z1  
 N9Z.5  
 N10G04S10000M05F3  
 N11G04M03F2  
 N12G04S11400F3  
 N13G00Z2.11  
 N14X-526.65T20  
 N15Z-8.8  
 N16G01Z-5.022F84  
 N17X-.087Z-.011  
 N18X-.268Z-.06  
 N19X-.265Z-.077  
 N21G01X-.262Z-.091  
 N22X-.261Z-.105  
 N23X-.26Z-.117  
 N24X-.26Z-.128  
 N25X-.258Z-.14  
 N26X-.259Z-.151  
 N27X-.258Z-.161  
 N28X-.258Z-.172  
 N29X-.257Z-.182  
 N30X-.257Z-.193  
 N31X-.257Z-.204  
 N32X-.257Z-.214  
 N33X-.257Z-.225  
 N34X-.256Z-.236  
 N35X-.257Z-.247  
 N36X-.256Z-.258  
 N37X-.256Z-.27  
 N38X-.256Z-.282  
 N39X-.255Z-.294  
 N40X-.256Z-.307  
 N41X-.255Z-.32  
 N42X-.256Z-.334  
 N44G01X-.255Z-.347  
 N45X-.255Z-.363  
 N46X-.256Z-.377  
 N47X-.255Z-.394  
 N48X-.254Z-.41  
 N49X-.255Z-.427  
 N50X-.255Z-.446  
 N51X-.255Z-.466  
 N52X-.255Z-.486  
 N53X-.254Z-.508  
 N54X-.255Z-.532  
 N55X-.253Z-.554  
 N56X-.127Z-.261  
 N57X-.508Z-1.192  
 N58X-.505Z-1.164  
 N59X-.506Z-1.172  
 N60X-.506Z-1.177  
 N61X-.506Z-1.185

N62X-.507Z-1.194  
 N63X-.506Z-1.204  
 N64X-.506Z-1.219  
 N65X-.507Z-1.238  
 N66X-.506Z-1.266  
 N67X-.508Z-1.315  
 N68X-.507Z-1.432  
 N69X-.027Z-.082  
 N70X-.025Z-.081  
 N71X-.026Z-.083  
 N72X-.026Z-.086  
 N73X-.026Z-.089  
 N74X-.026Z-.092  
 N75X-.026Z-.099  
 N76X-.026Z-.108  
 N77X-.028Z-.131  
 N78X-.028Z-.232  
 N79Z-32.655  
 N81G00X-1  
 N82Z63.86R  
 N83M09  
 N84ZB.8510000M05  
 N85X-15.287313.94T0M02

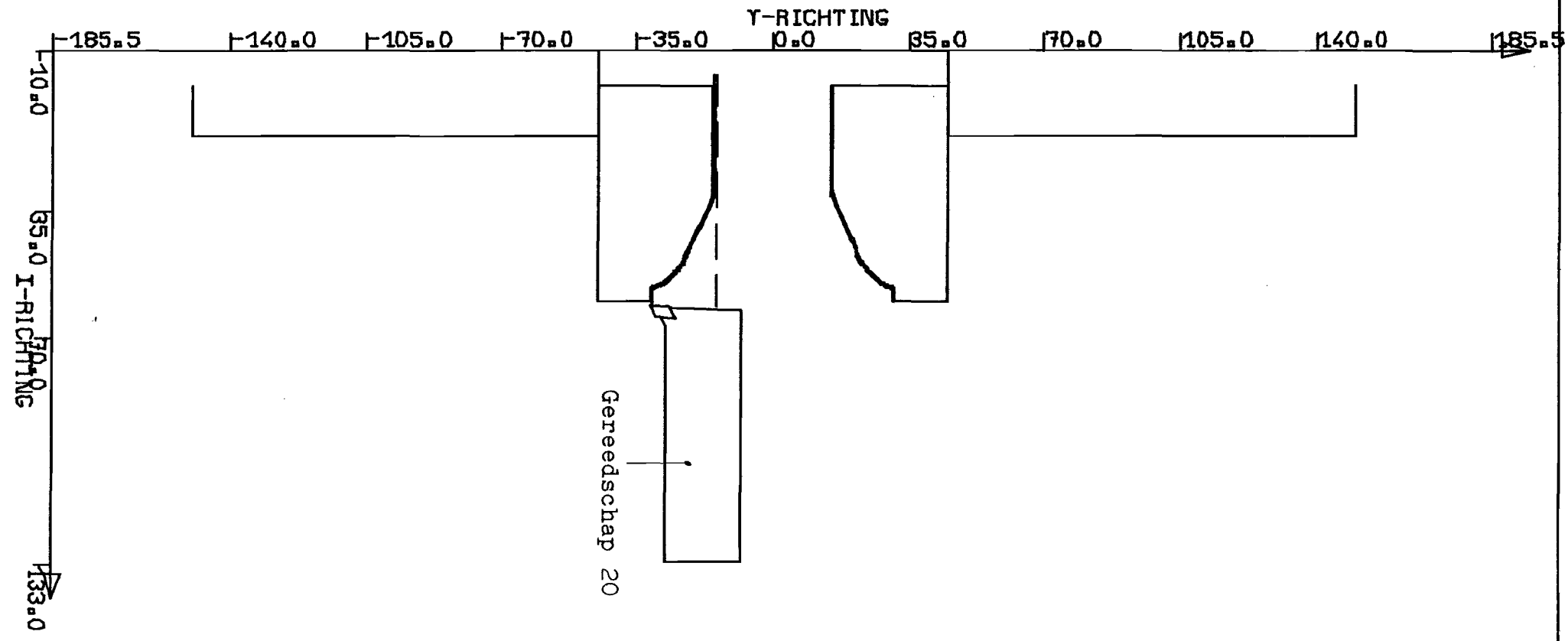


Nabewerken : vlakken

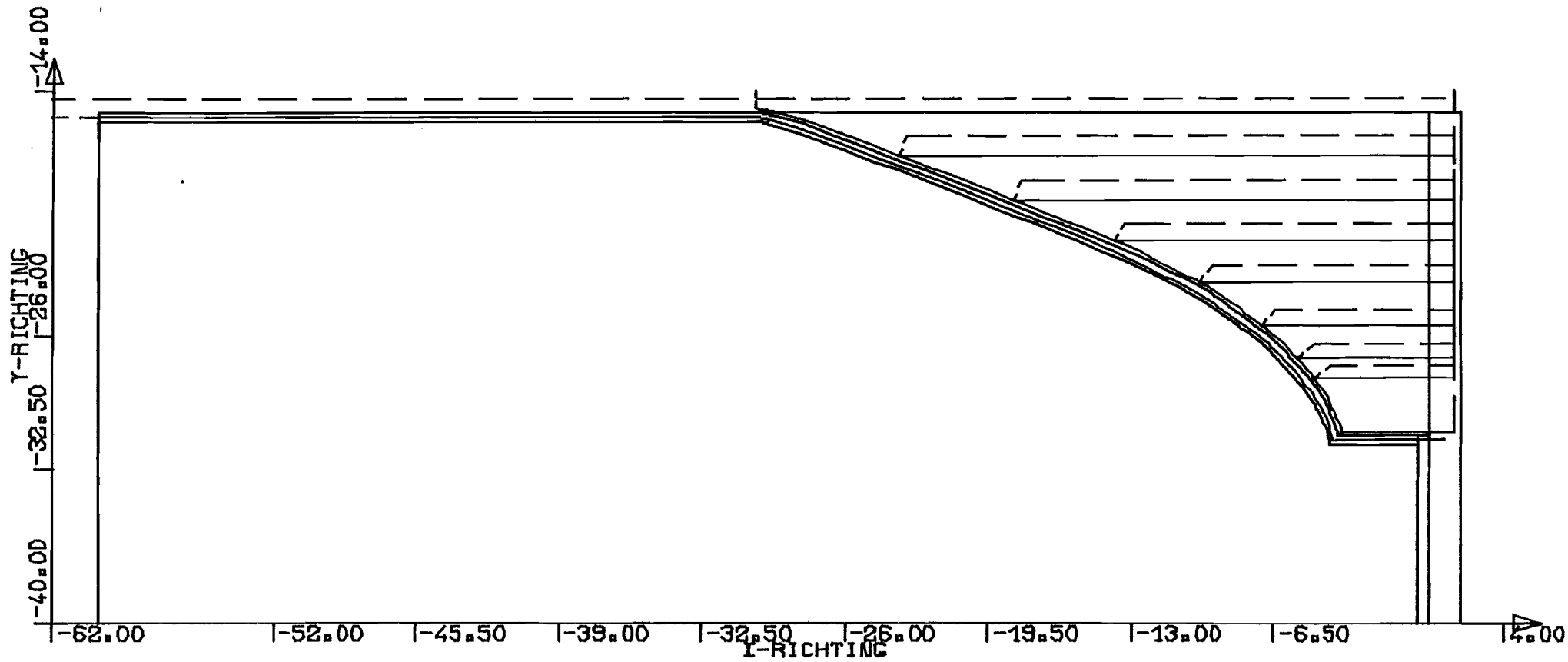
Bijlage B.2.5

TEKENING 4 TRACO 4  
 SCHAAL 1 / 1.56 WED, 18 MAY 1983 10 46 23

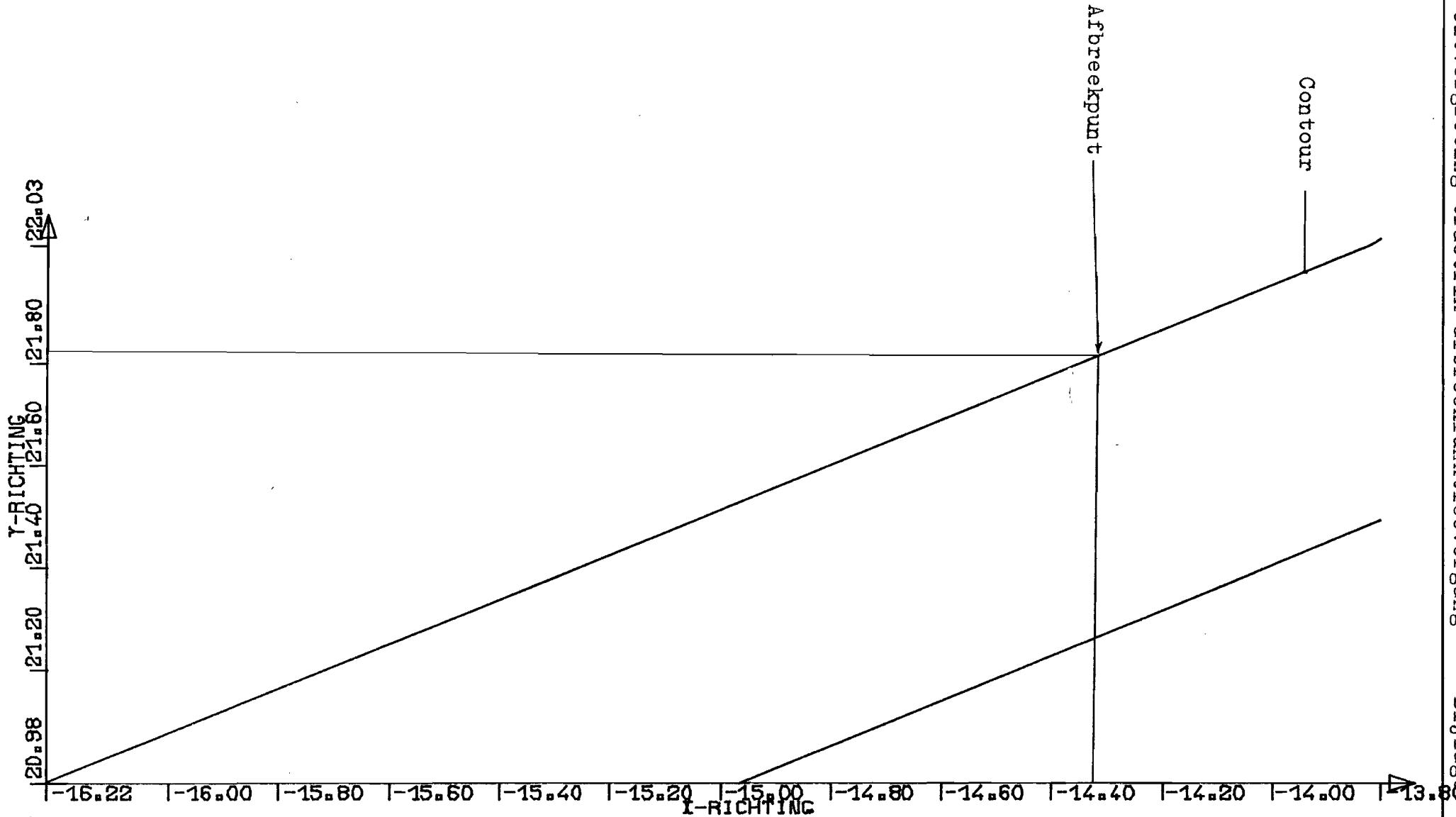
EXAPT-NC-SYSTER



TEKENING 3 TRACO.4  
SCHAAL 1 / 1.16 WED, 18 MAY 1983 10 46 43



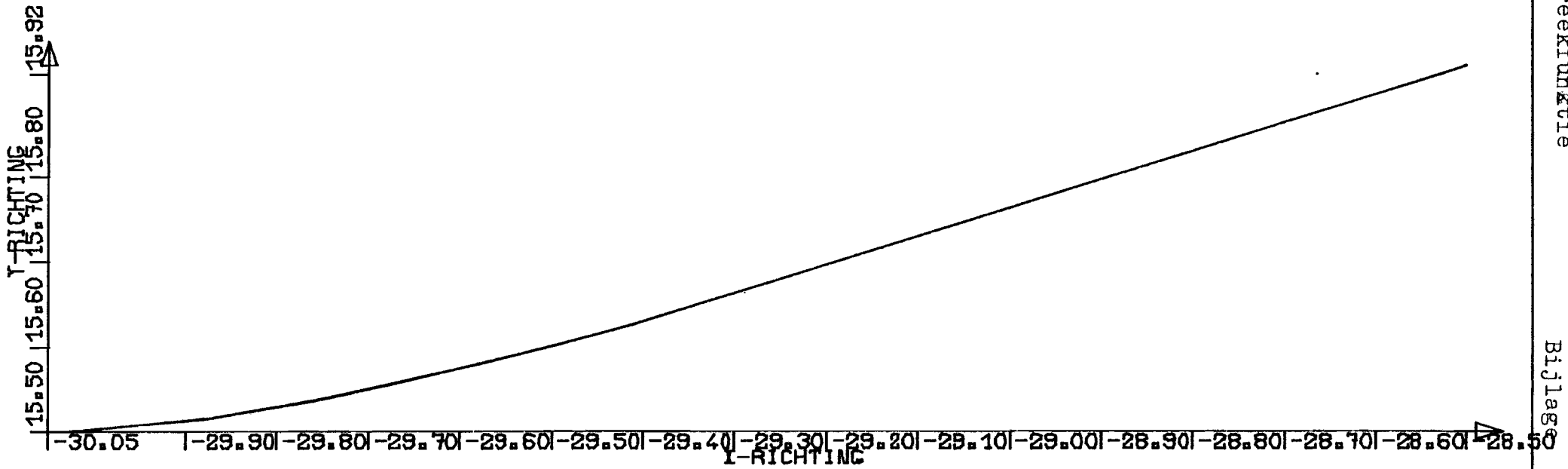
TEKENING 8 TRACO.4  
SCHAAL 1 / 0.21 WED, 18 MAY 1983 10 48 38  
WINP 1 4.0,-14.0,-62.0,-40.0



TEKENING 3 TRACO.4  
SCHAAL 1 / 0.01 WED, 18 MAY 1983 10 49 24  
WIMP 2 -13.8,22.0,-16.2,21.0

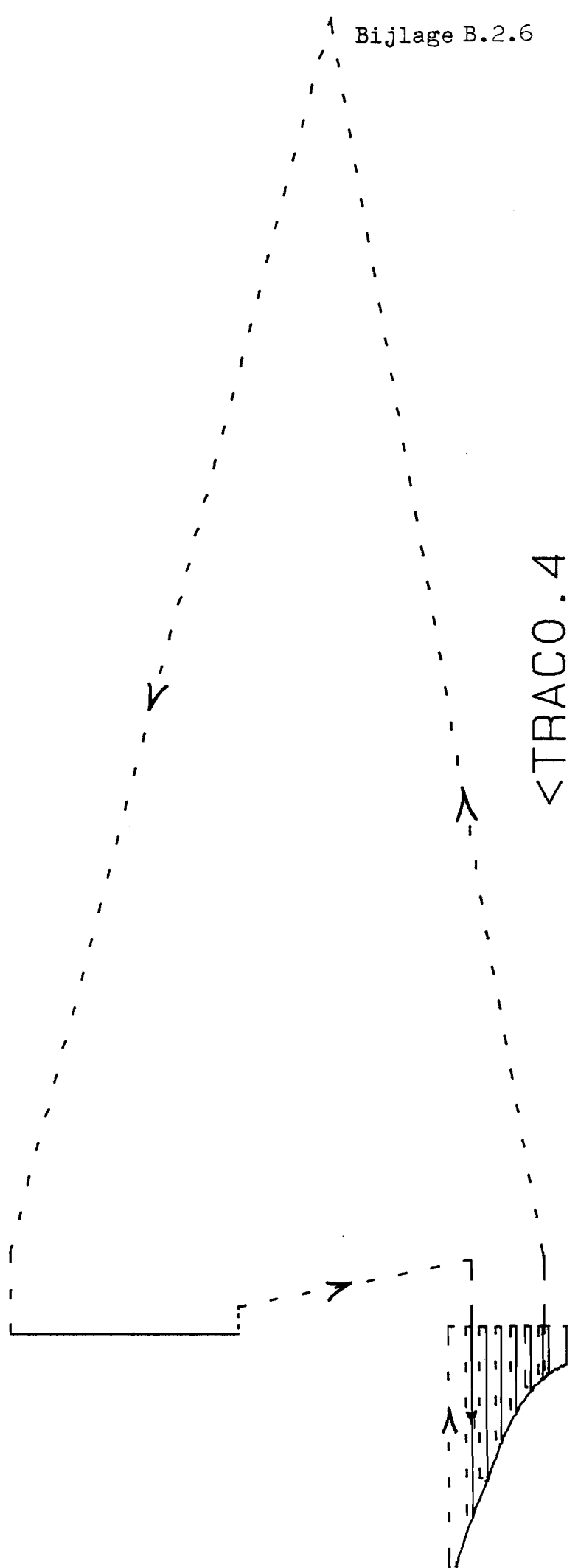
EXAPT-NC-STYPER

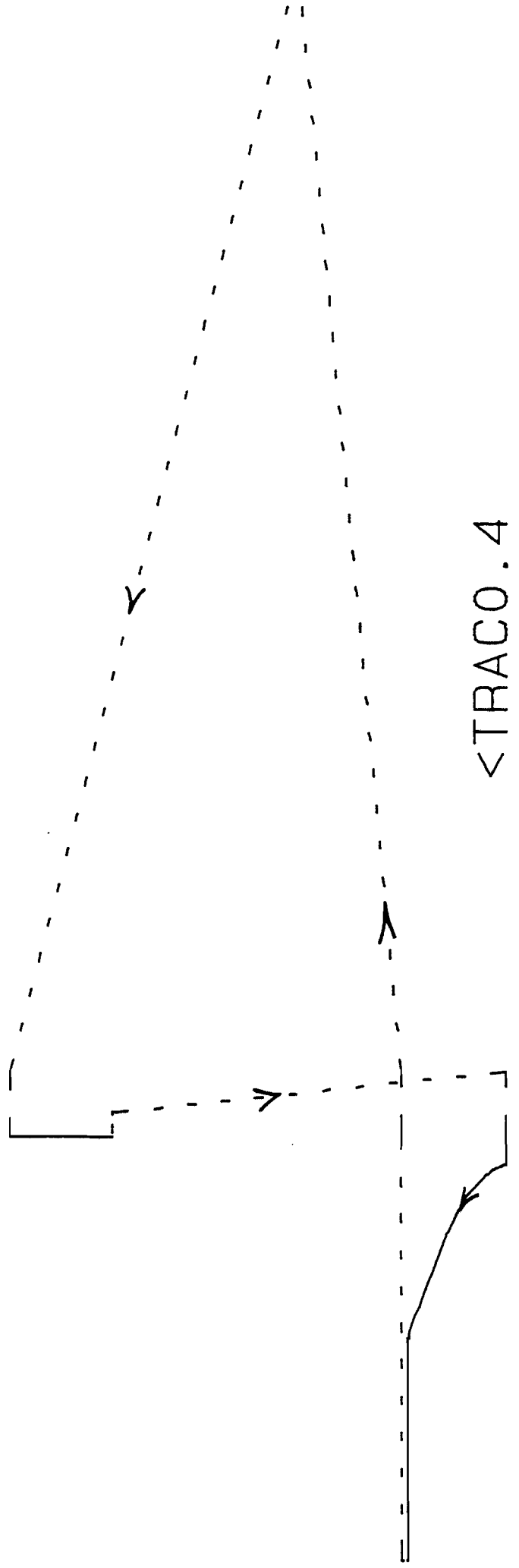


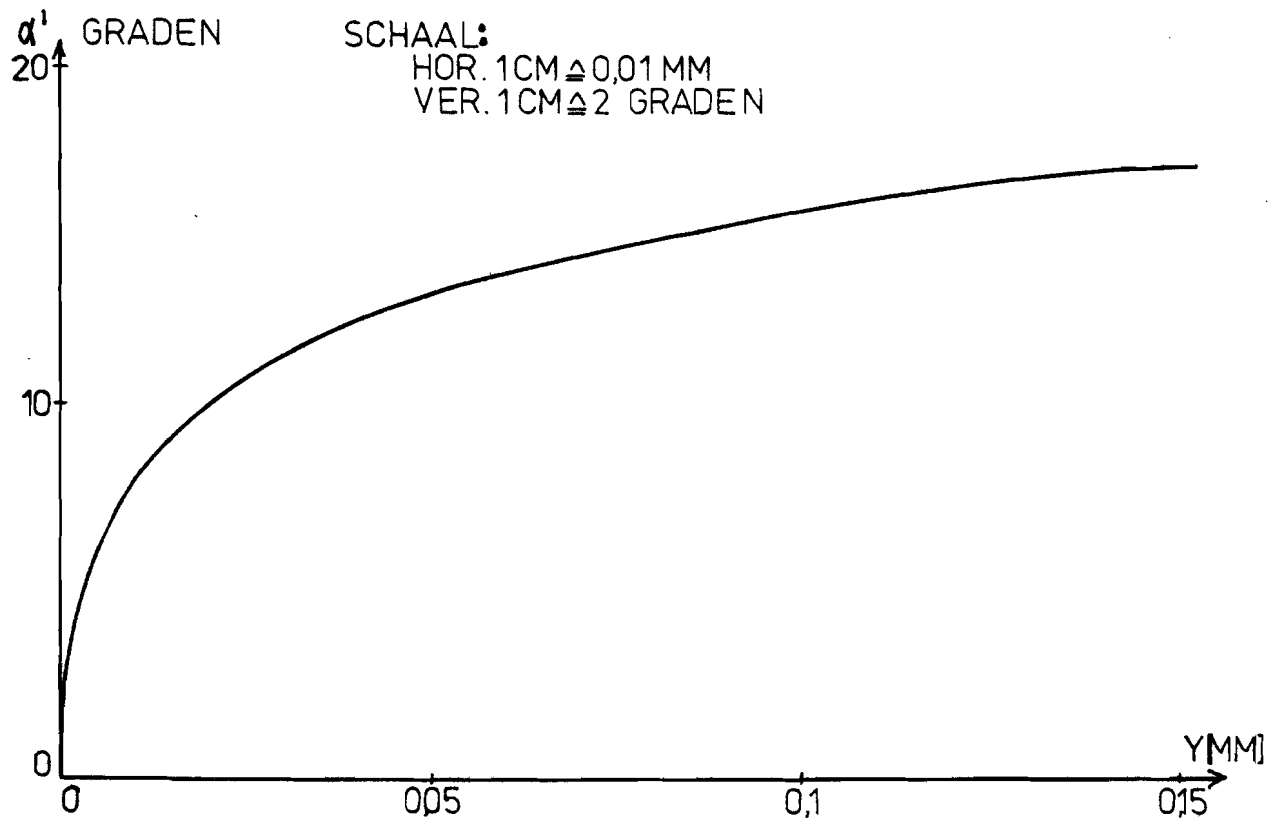


TEKENING 10 TRACO.4  
SCHAAL 1 / 0.00 WED, 18 MAY 1983 10 50 10  
WIMP 3 -28.5,15.9,-30.0,15.5

EXAPT-NC-SYSTEM





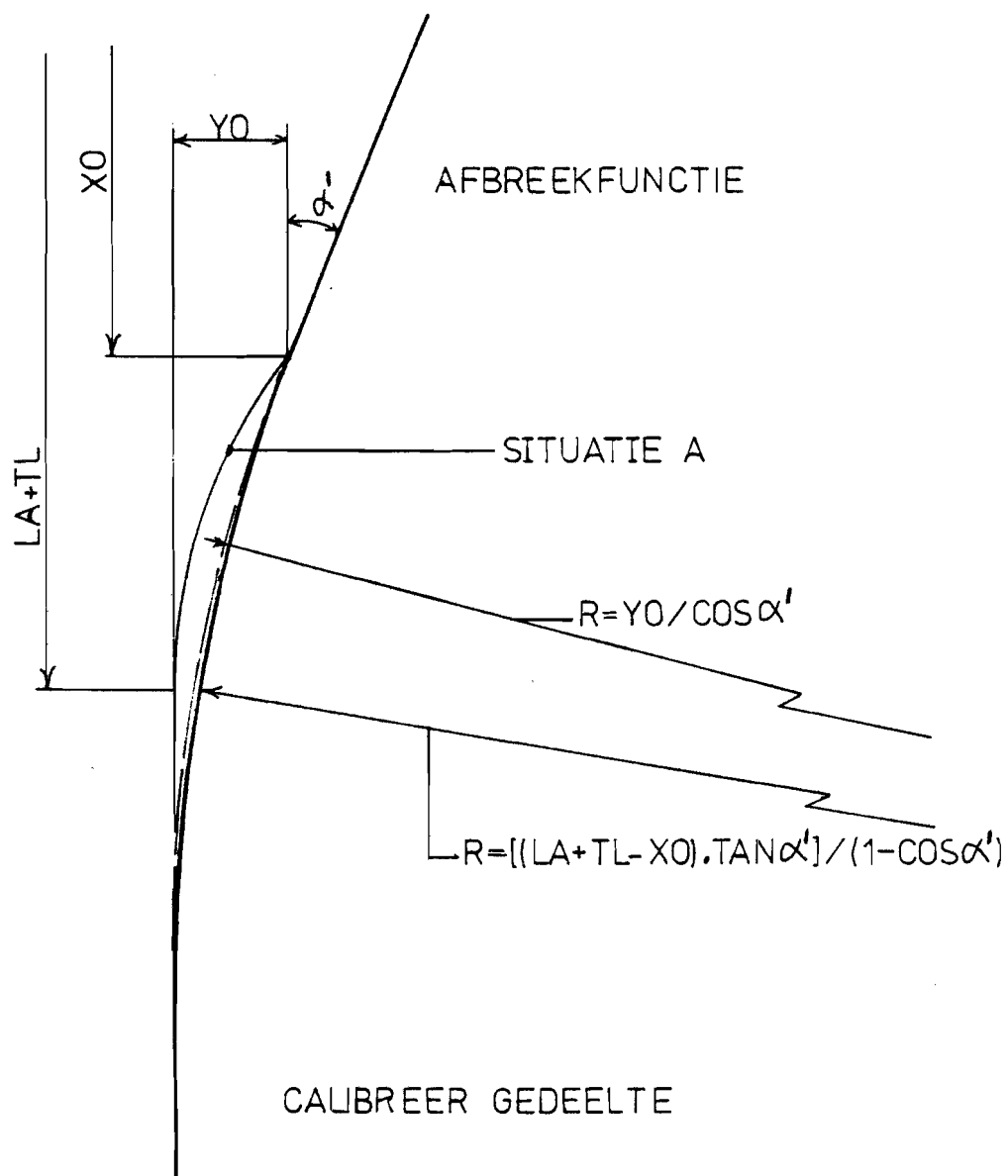


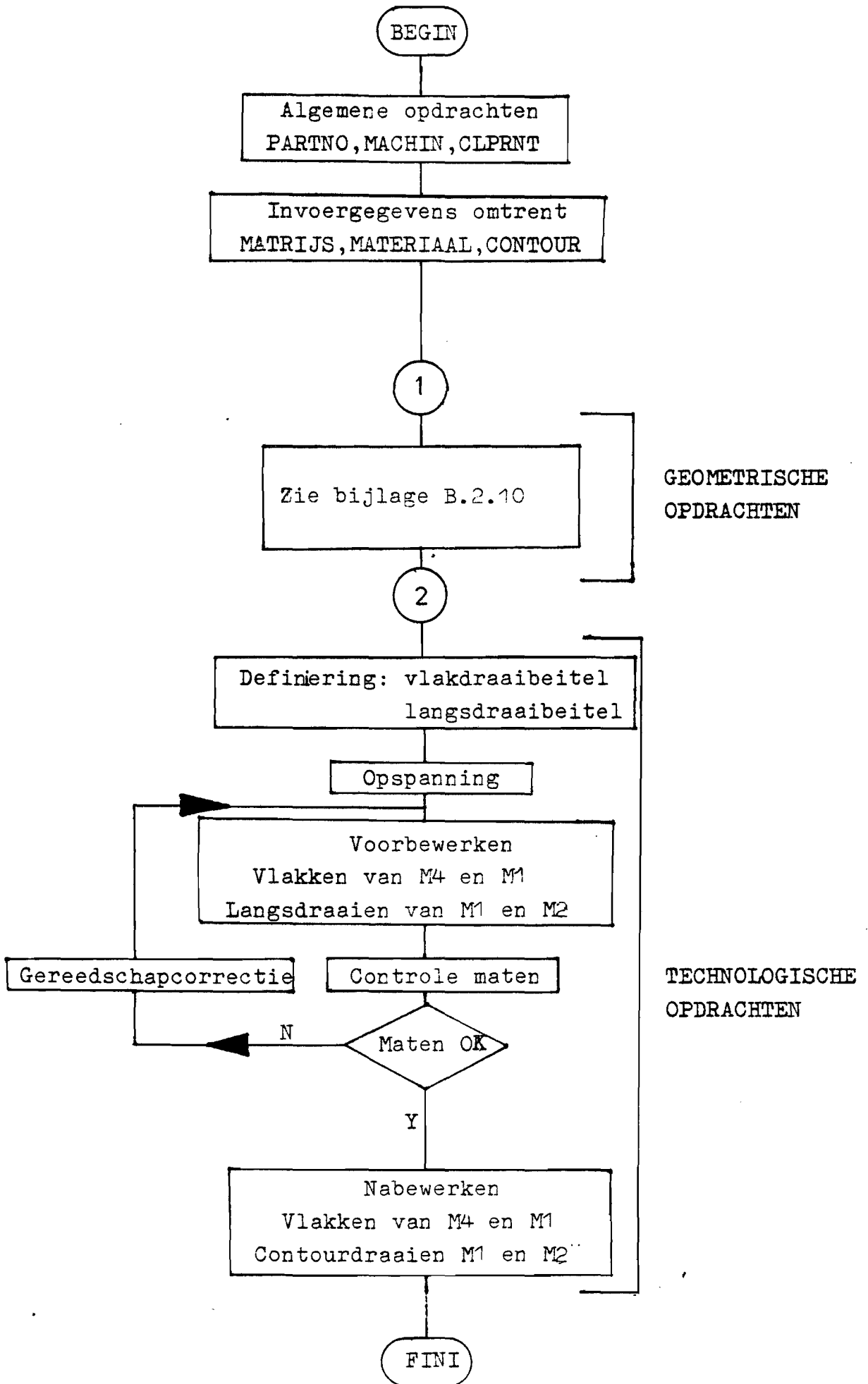
Schaal:

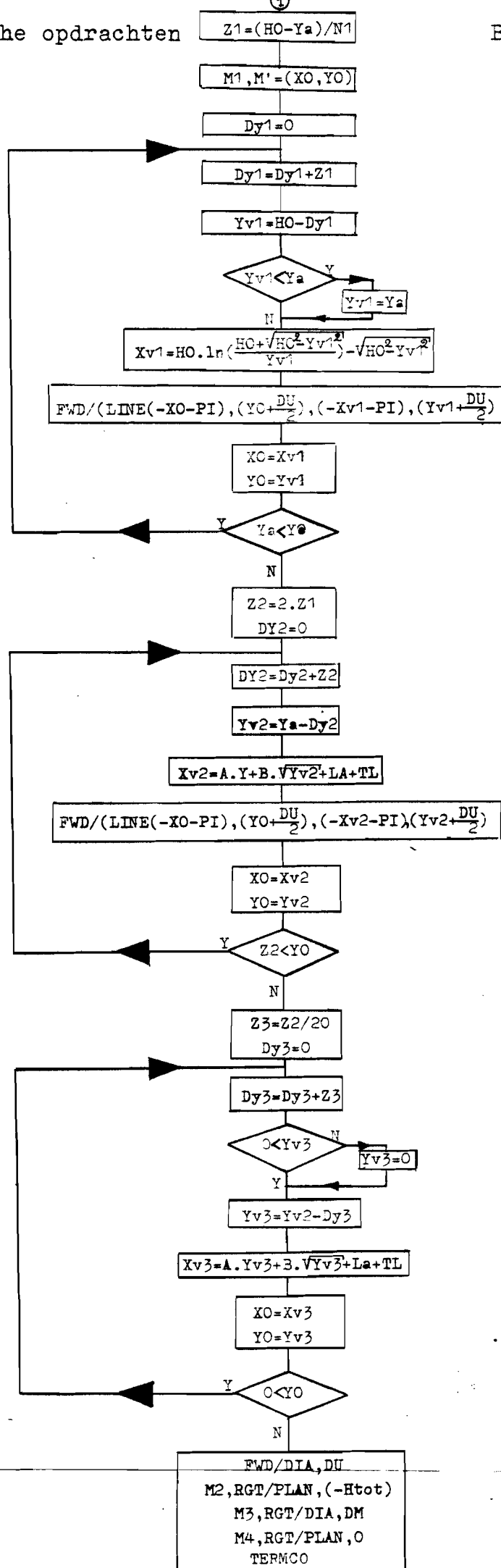
hor. 1 cm  $\triangleq$  0,01mm

ver. 1 cm  $\triangleq$  2°

Y mm	$\alpha'$ °
0,3162	18,55
0,1581	16,63
0,1081	15,48
0,0581	13,51
0,0281	11,16
0,0181	9,78
0,0141	9,03
0,0101	8,07
0,0081	7,46
0,0061	6,56
0,0041	5,78
0,0021	4,41
0,0001	1,10
0,00002	0,50







Opspanning werkstuk en gebruikte gereedschappen.

In fig. B.2.2 is de opspanning van het werkstuk in de klauwplaat afgebeeld.

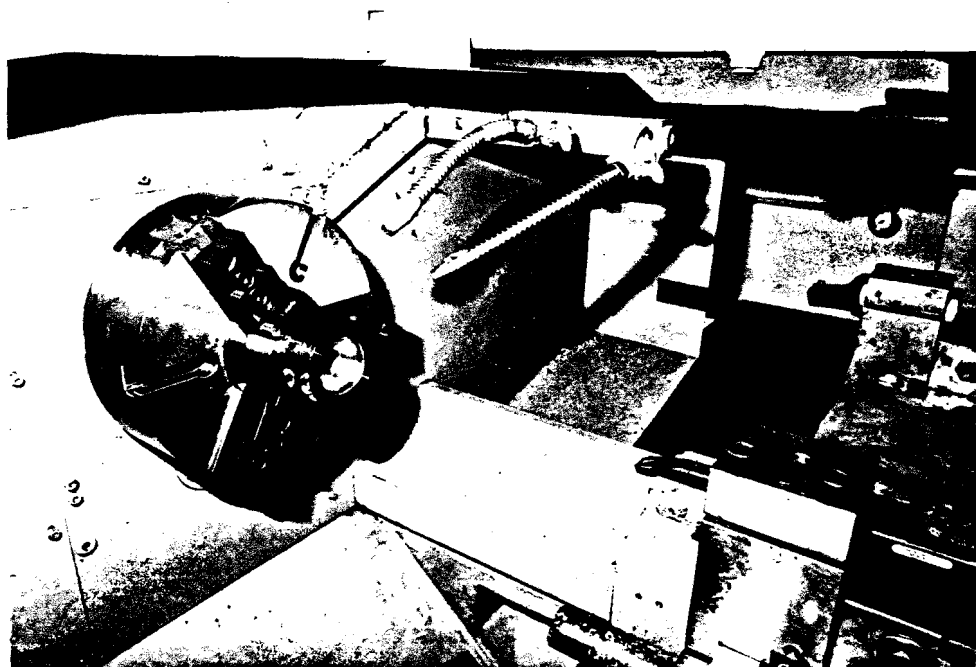


fig. B.2.2 Opspanning werkstuk.

Bij het verspanen is gebruik gemaakt van de volgende gereedschappen: gereedschap 4 en 20.

A) Gereedschap 4.

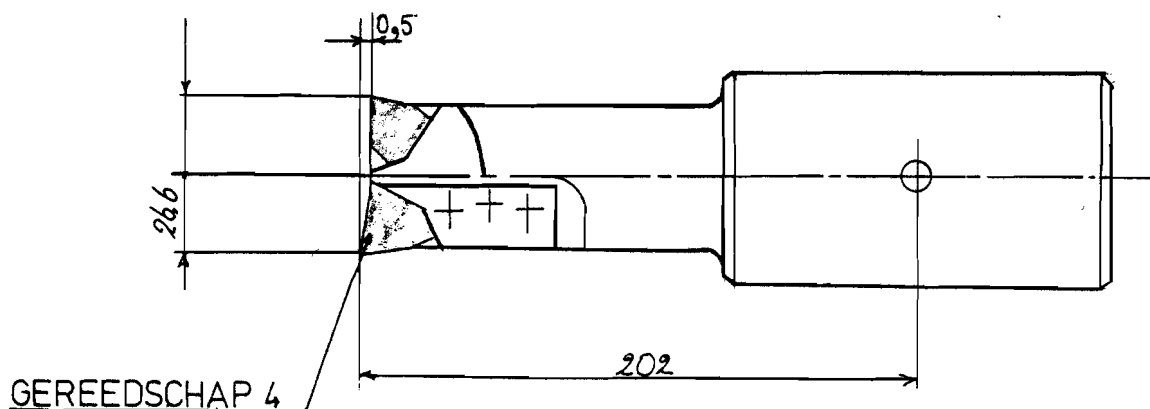


fig. B.2.3 Gereedschap 4



Gereedschap 4 is een standaardgereedschap. De instelmaten zijn 151mm in de x-richting en 26,6 mm in de y-richting. Het gereedschap is geplaatst op pennummer 25.

B) Gereedschap 20.

Gereedschap 20 is geen standaardgereedschap. Daarom moeten de gereedschapsgegevens apart in het programma opgegeven worden. Dit heeft men achterwege kunnen laten, door het gereedschap speciaal voor het draaien van programma trac 0,4 in het beitelbestand op te nemen.

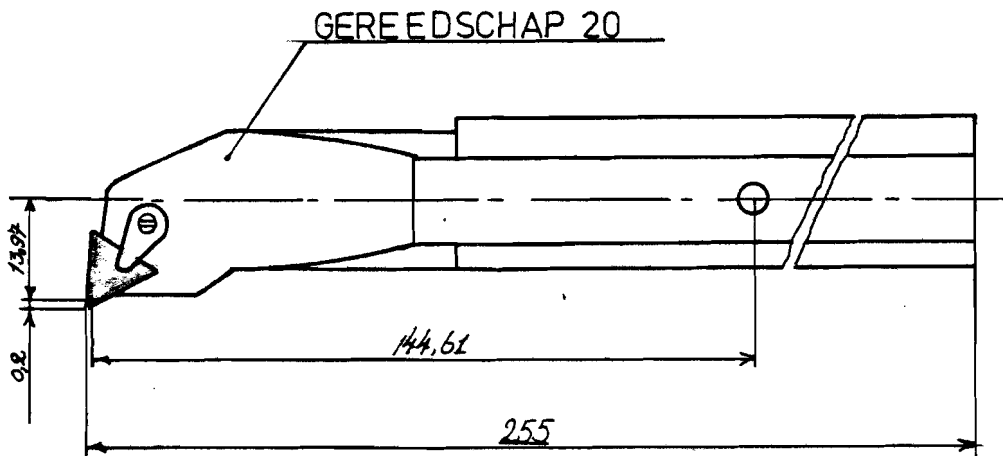


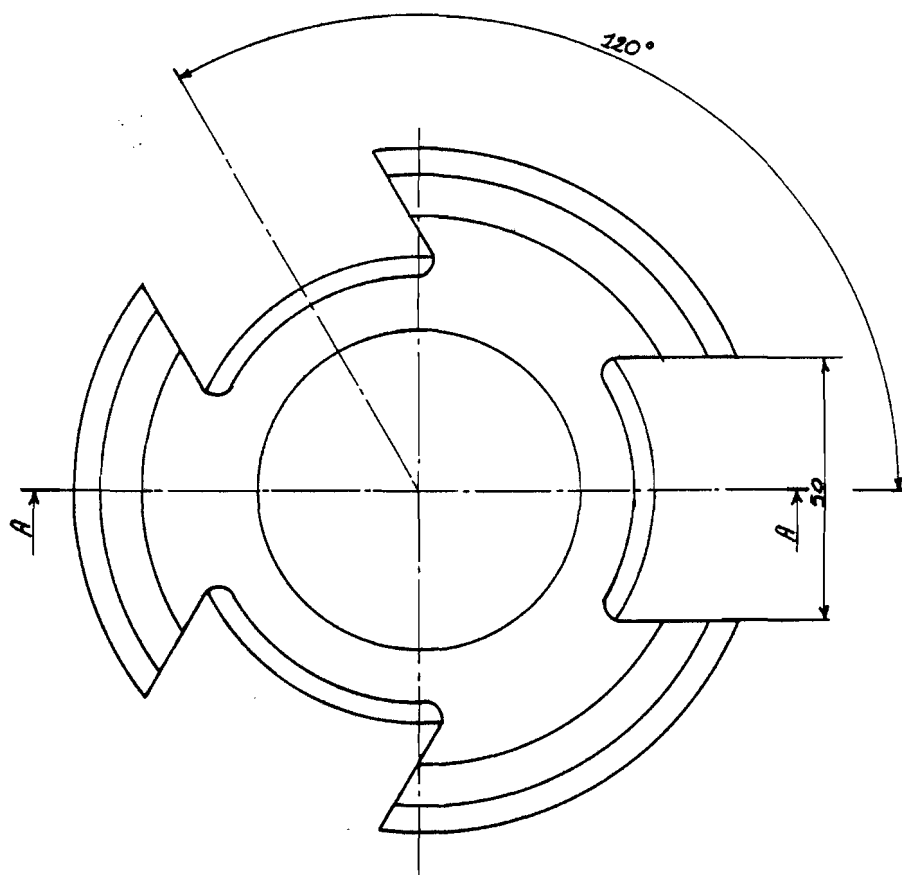
fig. B.2.4 Gereedschap 20

De instelmaten zijn 144,81mm in de x-richting en 14,17mm in de y-richting. Het gereedschap is geplaatst op pennummer 5.

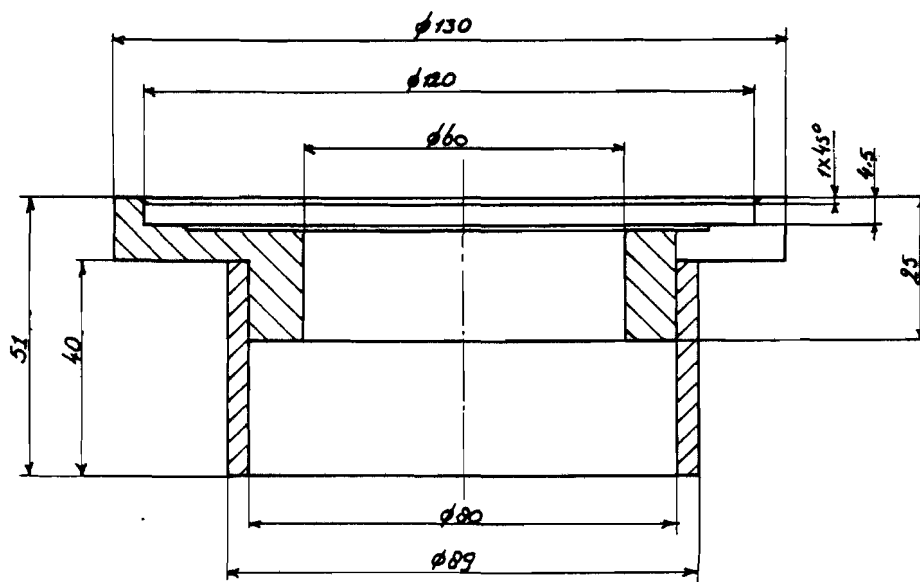
Verder is voor het draaien van de matrijs een hulpstuk geconstrueerd (zie bijlage B.2.12). Dit hulpstuk kan men o.a. aanwenden voor het draaien van matrijzen waarvoor geldt:

$\emptyset 90 \leq DM \leq \emptyset 190$  en  $DU \leq \emptyset 80$  (maten in mm).

De inspanlengte van het werkstuk is telkens 14 mm.



DOORSNEDE A-A



HULPSTUK

## 6 MESSTECHNISCHE DATEN

Meßbereich: (mm)	UMC 550	UMC 850
	X = 550	850
	Y = 1200	1200/1400/1800/2400
	Z = 450	600
Meßsystem:	Photoelektrisch, einstufig, berührungslos, verschmutzungsunempfindlich	
Auflösung:	0,5 µm	
Tastsystem:	3D-Tastkopf mit 3 unabhängigen induktiven Meßsystemen für statische Messung, steuerbarer Klemmung und elektronischer Meßkraftherzeugung; Kollisionsschutz	
Meßkräfte:	Elektronisch, wählbar in drei Stufen: 0,1 - 0,2 - 0,4 N	
Taststiftbestückung:	Bis zu 25 gleichzeitig eingespannte Tastkugeln werden vom Meßprogramm berücksichtigt	
Taststiftgewichte:	bis 600 g, auswechselbar ohne gegenseitige Beeinflussung	
Meßunsicherheit pro Achse:	$U_{95} = (K1 + \frac{L1}{K2}) (\mu\text{m})$ (L1 = Meßlänge in mm)	
	Die Meßunsicherheit ist dem Prüfschein zu entnehmen, der jeder Meßmaschine beigelegt ist.	
Rechtwinkligkeit aller Achsen zueinander:	< 1 Winkelsekunde	
Antriebe:	Geregelte, lösefreie Gleichstromantriebe in allen Achsen	
Bereich der Stellgeschwindigkeit:	X- und Z-Achse 1µm/sec ... 50 mm/sec Y-Achse 1µm/sec ... 40 mm/sec Feinverstellung 0,5 µm/sec ... 10 µm/sec	
Betätigung:	Steuerhebel mit progressiver Charakteristik	
Meßwertanzeige:	Maschinenkoordinaten, 8-stellig am Anzeigefeld des Steuerschranks	
Meßwertausgabe:	Werkstückkoordinaten, auf Schnelldrucker, wahlweise metrisch oder Zoll	

Abmessungen, Gewichte und Betriebsdaten sind den HINWEISEN ZUR AUFSTELLUNG zu entnehmen.

```

1:  "":
2:  "Het programma berekend de kromme in het vlak zx,ebkz 2[z=f[x]]":
3:  "      Variabelen
4:  ent "Geef Ho",K
5:  ent "Geef fractie van Ho",L
6:  ent "Geef Di",M
7:  ent "Geef Du",N
8:  ent "Geef Htot",O
9:  ent "Geef Pi",P
10: ent "Geef Lc",Q
11: ent "Geef stap in tractrix",R
12: ent "Geef stap in macht",S
13: N/2)T
14: "":
15: L*K+T)G
16: G-T)r1;r1*r1)r2;\(K*K-r2)r3
17: K*ln((K+r3)/r1)-r3)E
18: wrt 701,"":
19: wrt 701
20: fmt 2,2f11.4
21: wrt 701.2,"ZA=", -E, "  XA=", -G
22: M/2-3.31)X;wrt 701
23: wrt 701,"      tractrix"
24: wrt 701,"      Z      X"
26: "A":
27: X-T)r1;r1*r1)r2;\(K*K-r2)r3
28: -(K*ln((K+r3)/r1)-r3)Z;-X)H
29: fmt 1,2f11.4;wrt 701.1,Z,H
30: J+1)J;fdf J;mrk 1,20;rcf J,Z,H
31: X-R)X
32: if X>G;gto "A"
33: "":
34: "":
35: "":
36: B)X
37: wrt 701
38: wrt 701.2,"Z", -E, "X", -X
39: wrt 701
40: wrt 701,"      Macht"
41: G-T)G
42: \((K*K-G*G)r1
43: "B":
44: X-T)r2
45: O-P-Q)U;exp(U/K)V;exp(-U/K)W
46: K*(V-W)/(V+W)C
47: -((2*(-r1/G)+C/G)*r2+2*(r1-C)/\G*\r2+C+E)Z
48: -X)H
49: wrt 701.1,Z,H
50: J+1)J;fdf J;mrk 1,20;rcf J,Z,H
51: X-S)X
52: if X>T;gto "B"
53: "":
54: "":
55: -C-E)Z
56: "":
57: wrt 701,"      cylinder"
58: for I=1 to 3
59: Z-1)Z;T)X;-X)H
60: wrt 701.1,Z,H
61: J+1)J;fdf J;mrk 1,20;rcf J,Z,H
62: next I
63: wrt 701
64: "":
65: " laatste waarde vullen met 999":
66: J+1)J;fdf J;mrk 1,20;999)Z;rcf J,Z
67: dsp "klaar"
68: end
*3538

```

Bijlage B.3.2

Het meetprogramma trac 1 wordt verwerkt door een Hewlett-Packard 9825 B Desktop Computer, omdat deze aan de meetmachine verbonden is.

Daar deze computer als variabelen alleen alle hoofdletters en r1 t/m r26 kent zijn de gebruikte afkortingen uit het Exaptprogramma niet direct terug te vinden.

In onderstaande figuur is het verband tussen de gebruikte Exapt variabelen en de HP variabelen weergegeven.

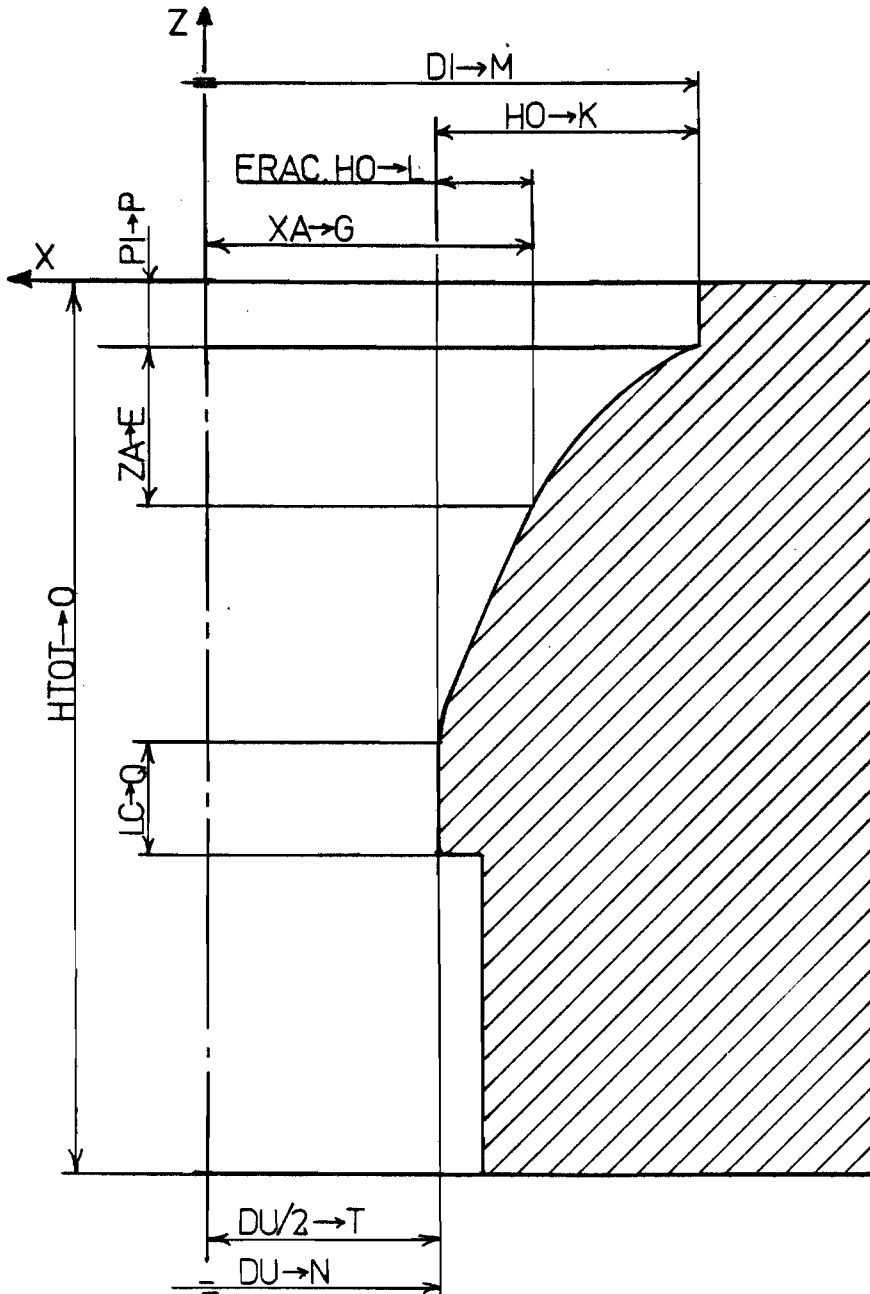


fig. B.3.1 Verband Exapt-HP9825 variabelen.

De flowchart van het programma is in bijlage B.3.3.1 weergegeven.

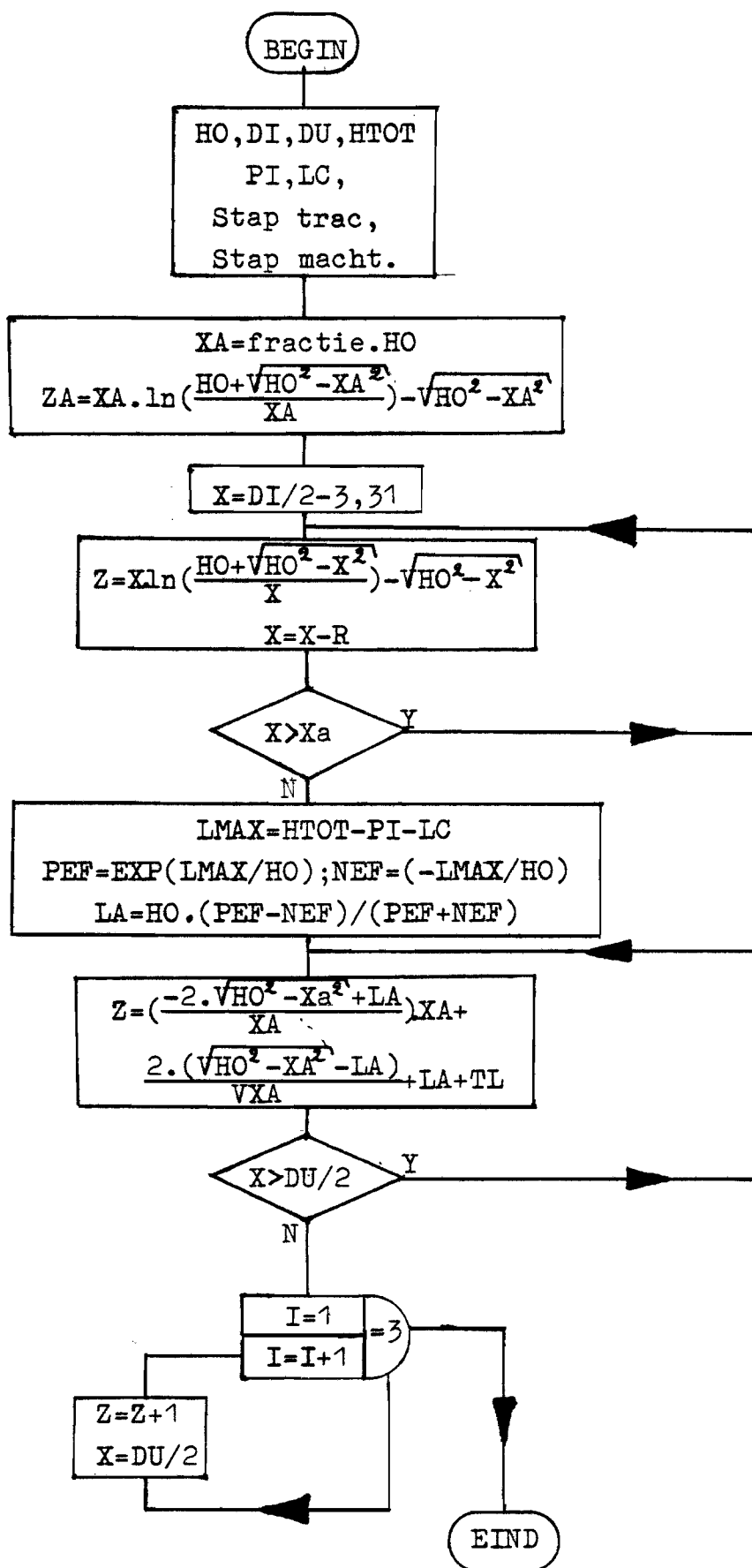
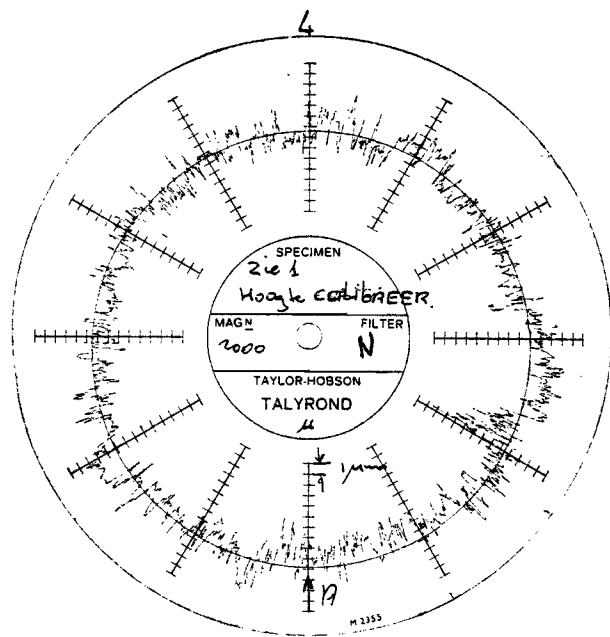
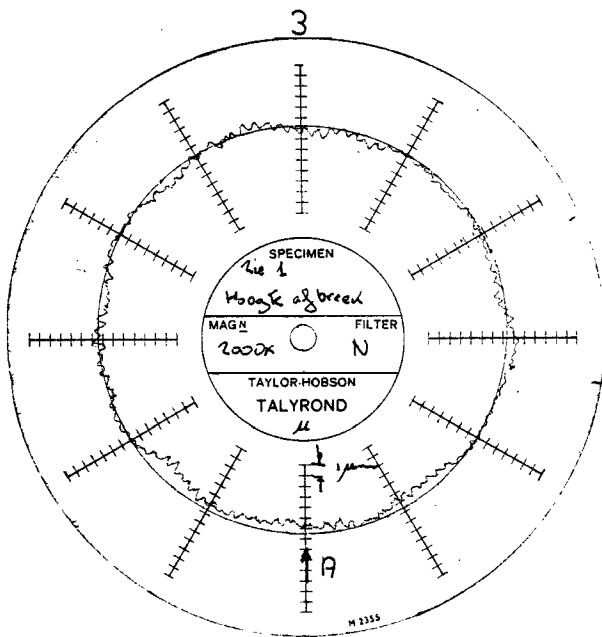
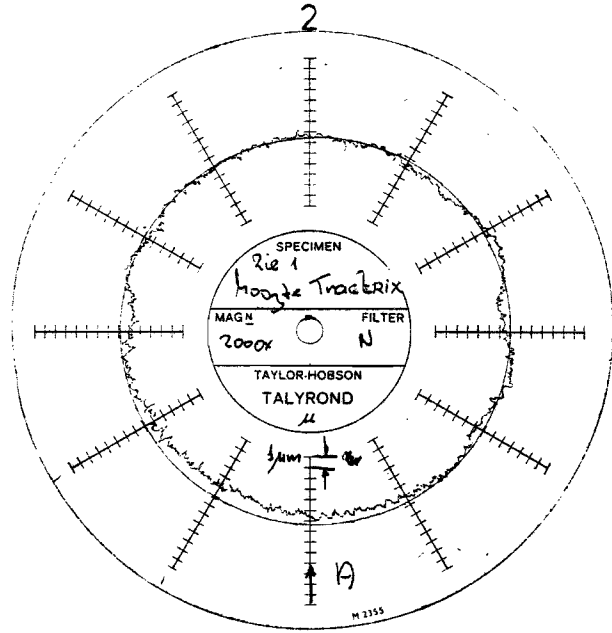
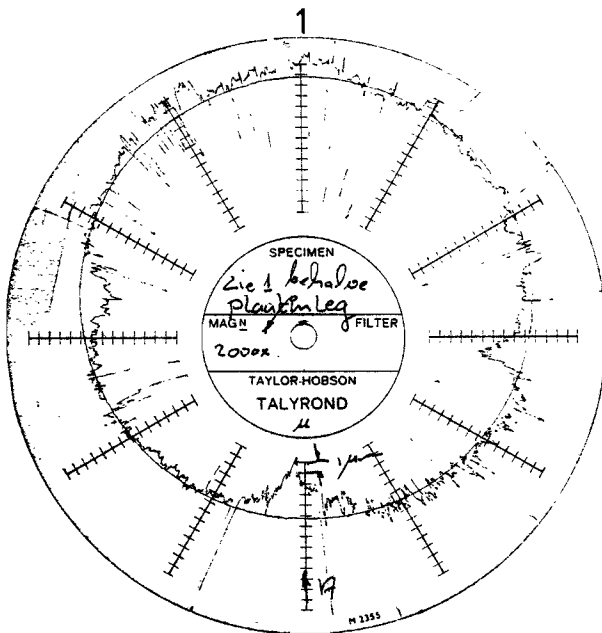
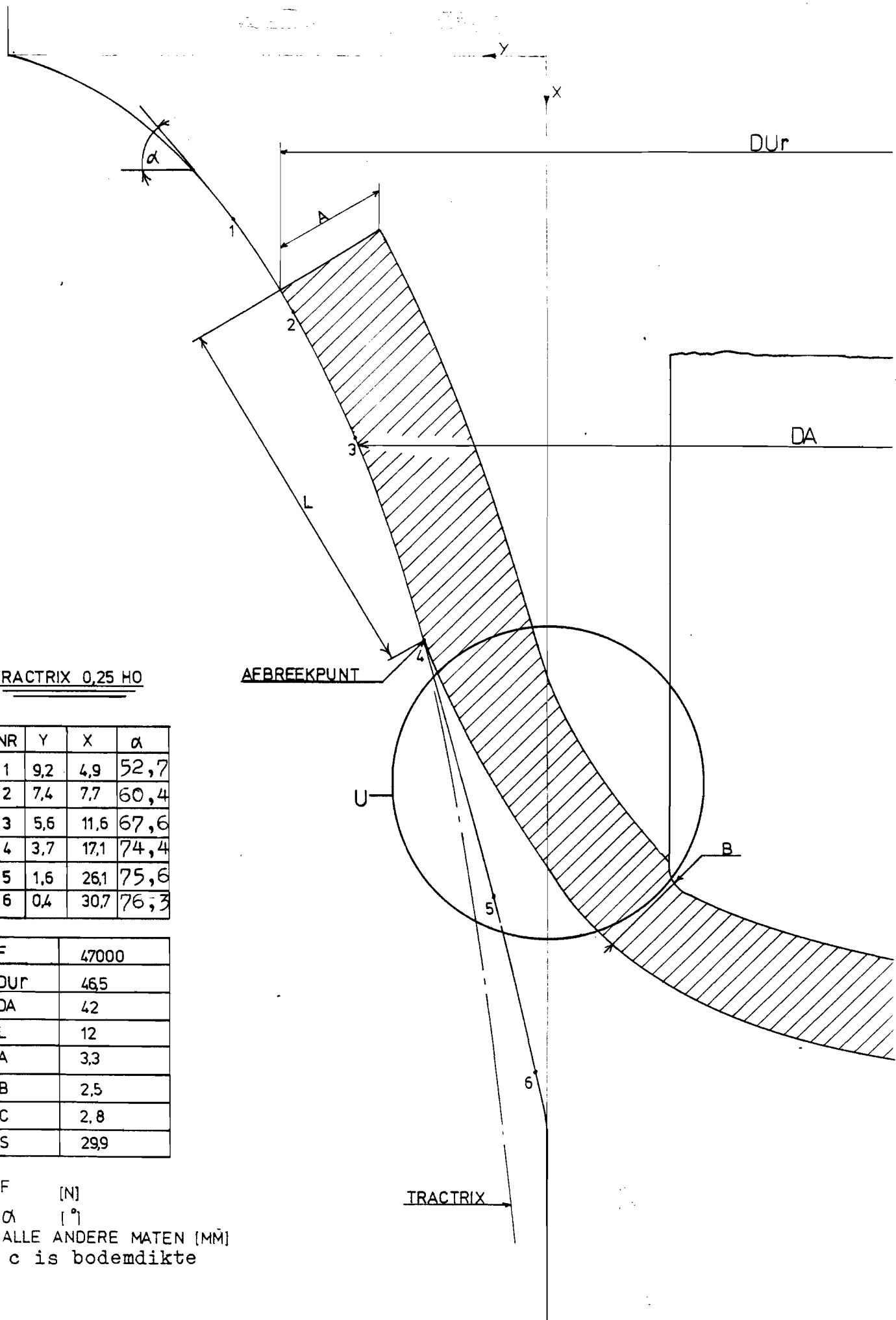


fig. B.3.2 flowchart trac 1



Opmerking: de cijfers boven de schijven corresponderen met die van fig.3.2.



TRACTRIX 0,25 HO

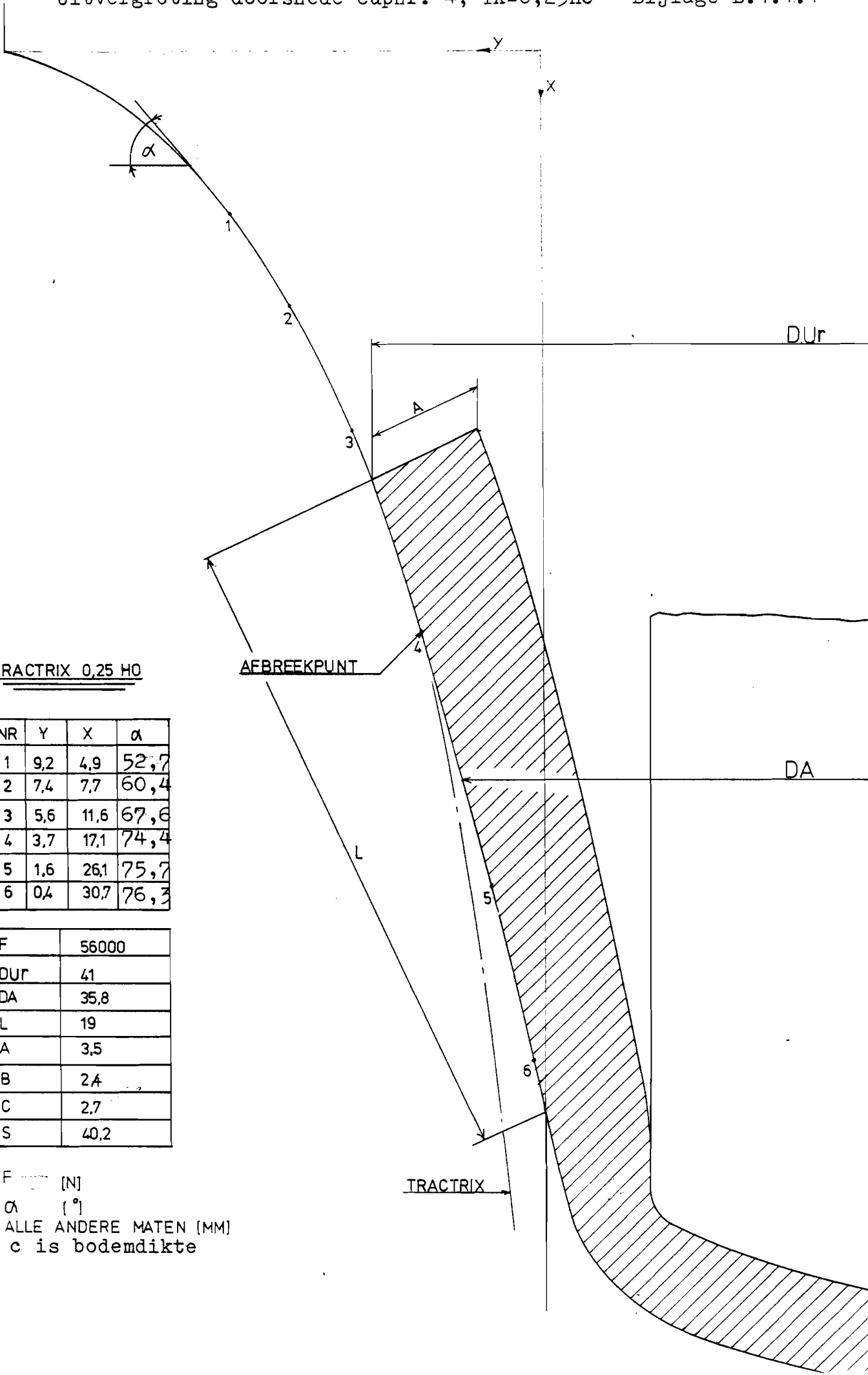
NR	Y	X	$\alpha$
1	9,2	4,9	52,7
2	7,4	7,7	60,4
3	5,6	11,6	67,6
4	3,7	17,1	74,4
5	1,6	26,1	75,6
6	0,4	30,7	76,3

F	47000
DUR	465
DA	42
L	12
A	3,3
B	2,5
C	2,8
S	299

- F [N]
- $\alpha$  [°]
- ALLE ANDERE MATEN [MM]
- c is bodemdikte

TRACTRIX





TRACTRIX 0,25 H0

NR	Y	X	$\alpha$
1	9,2	4,9	52,7
2	7,4	7,7	60,4
3	5,6	11,6	67,6
4	3,7	17,1	74,4
5	1,6	26,1	75,7
6	0,4	30,7	76,3

F	56000
DUR	41
DA	35,8
L	19
A	3,5
B	2,4
C	2,7
S	40,2

- F [N]
- $\alpha$  [°]
- ALLE ANDERE MATEN [MM]
- c is bodemdikte

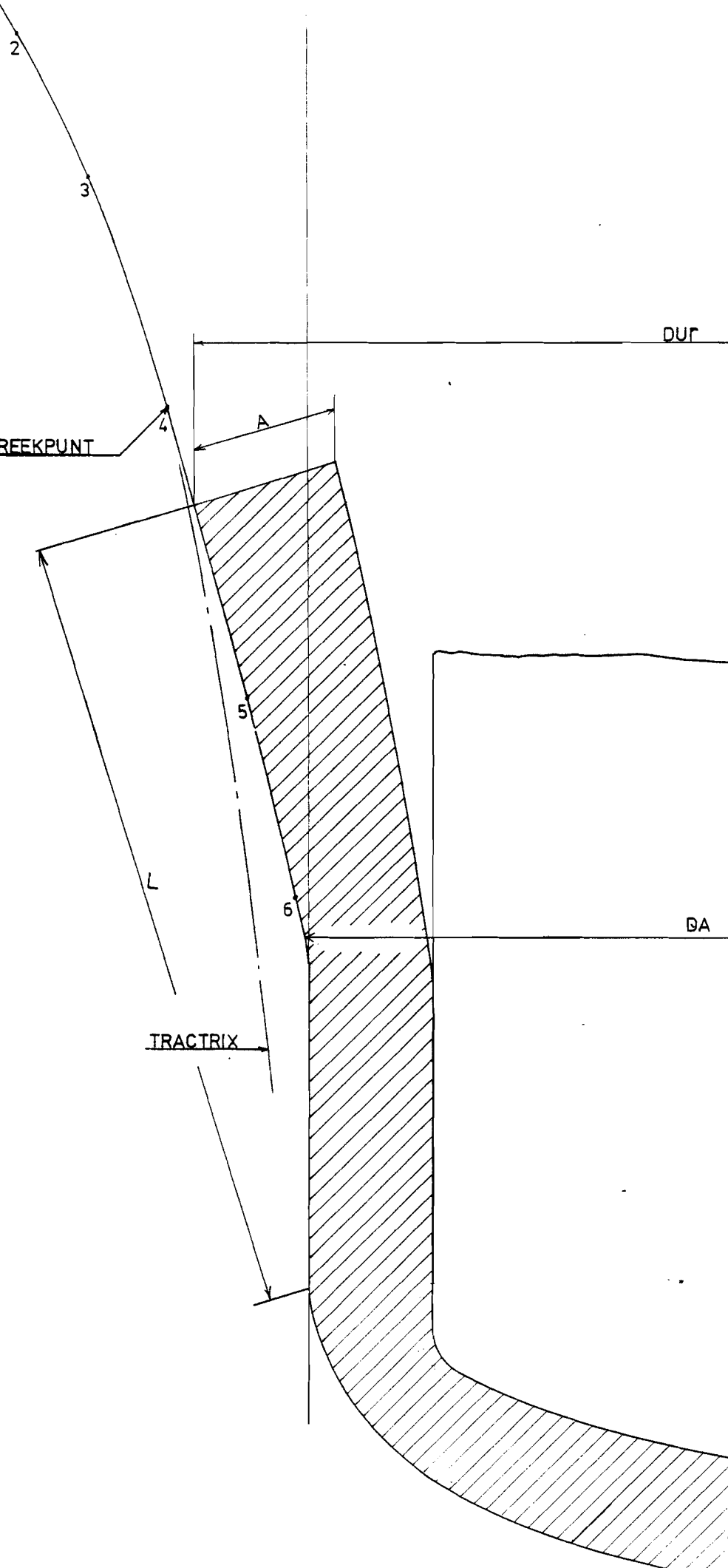
TRACTRIX 0,25 HO

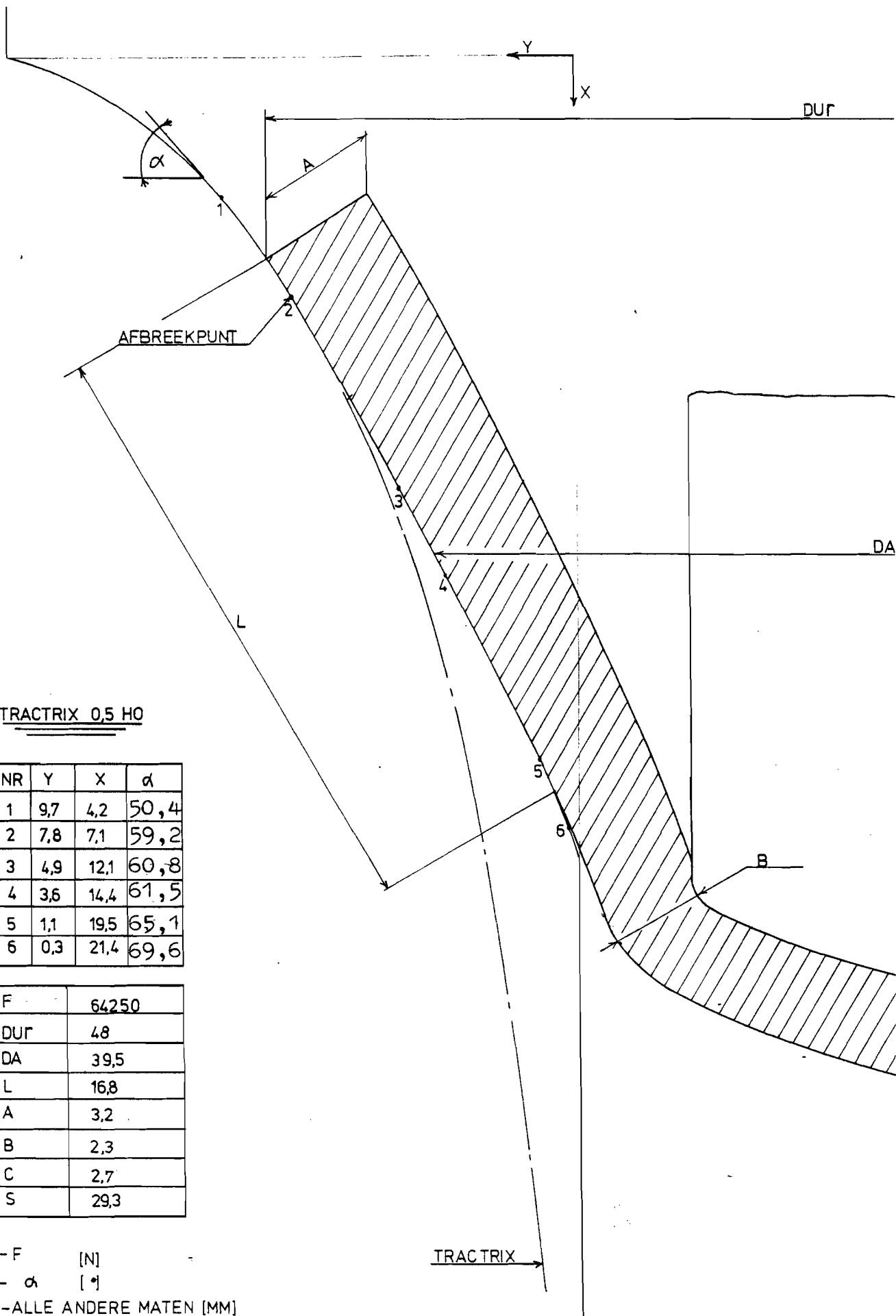
NR	Y	X	$\alpha$
1	9,2	4,9	52,7
2	7,4	7,7	60,4
3	5,6	11,6	67,6
4	3,7	17,1	74,4
5	1,6	26,1	75,6
6	0,4	30,7	76,3

F	57250
DUF	367
DA	315
L	21,5
A	3,8
B	23
C	2,7
S	47,2

- F [N]
- $\alpha$  [°]
- ALLE ANDERE MATEN [MM]
- c is bodemdikte

AFBREEKPUNT





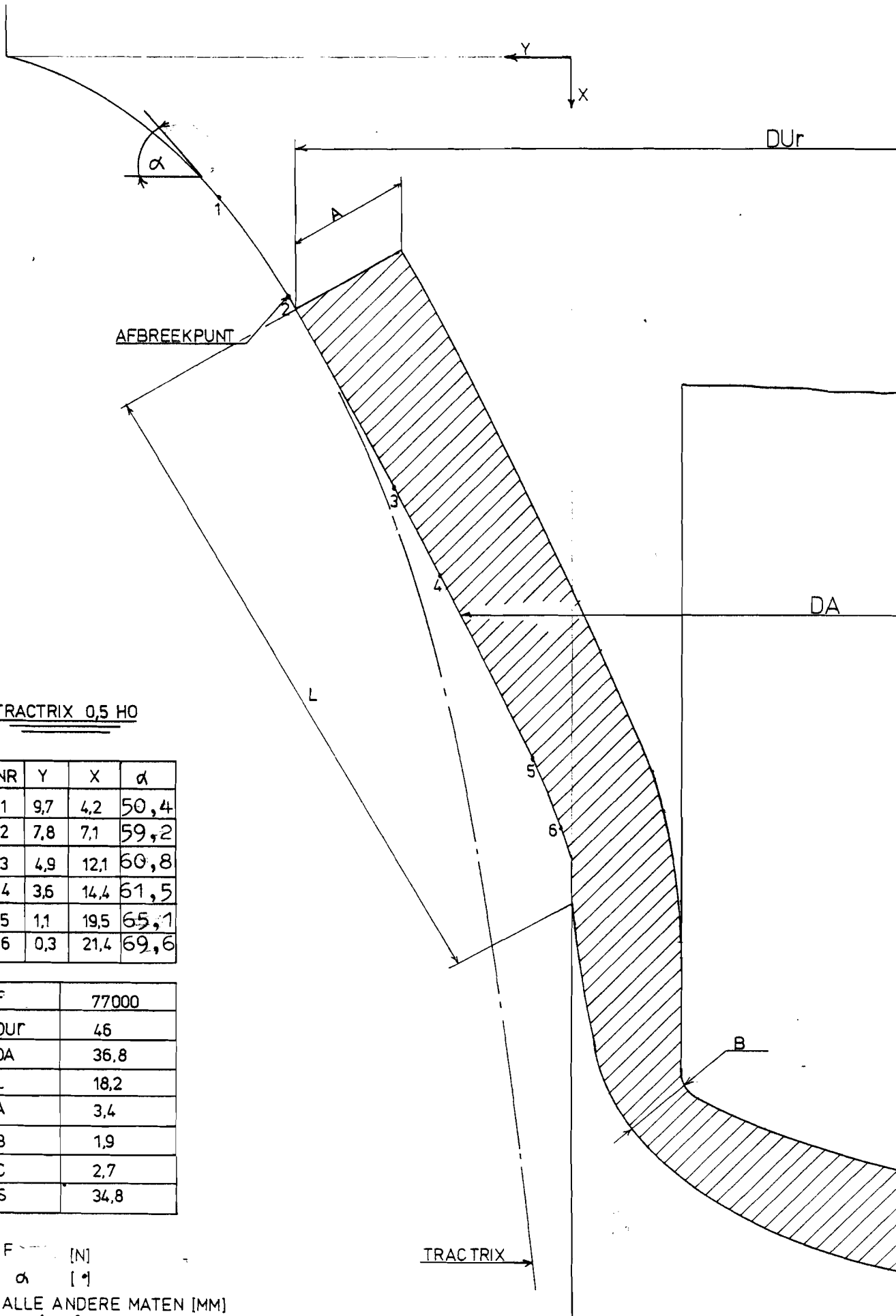
TRACTRIX 0,5 H0

NR	Y	X	$\alpha$
1	9,7	4,2	50,4
2	7,8	7,1	59,2
3	4,9	12,1	60,8
4	3,6	14,4	61,5
5	1,1	19,5	65,1
6	0,3	21,4	69,6

F	64250
DUR	48
DA	39,5
L	16,8
A	3,2
B	2,3
C	2,7
S	29,3

- F [N]
- $\alpha$  [°]
- ALLE ANDERE MATEN [MM]
- c is bodemdikte

TRACTRIX →



TRACTRIX 0,5 HO

NR	Y	X	$\alpha$
1	9,7	4,2	50,4
2	7,8	7,1	59,2
3	4,9	12,1	60,8
4	3,6	14,4	61,5
5	1,1	19,5	65,1
6	0,3	21,4	69,6

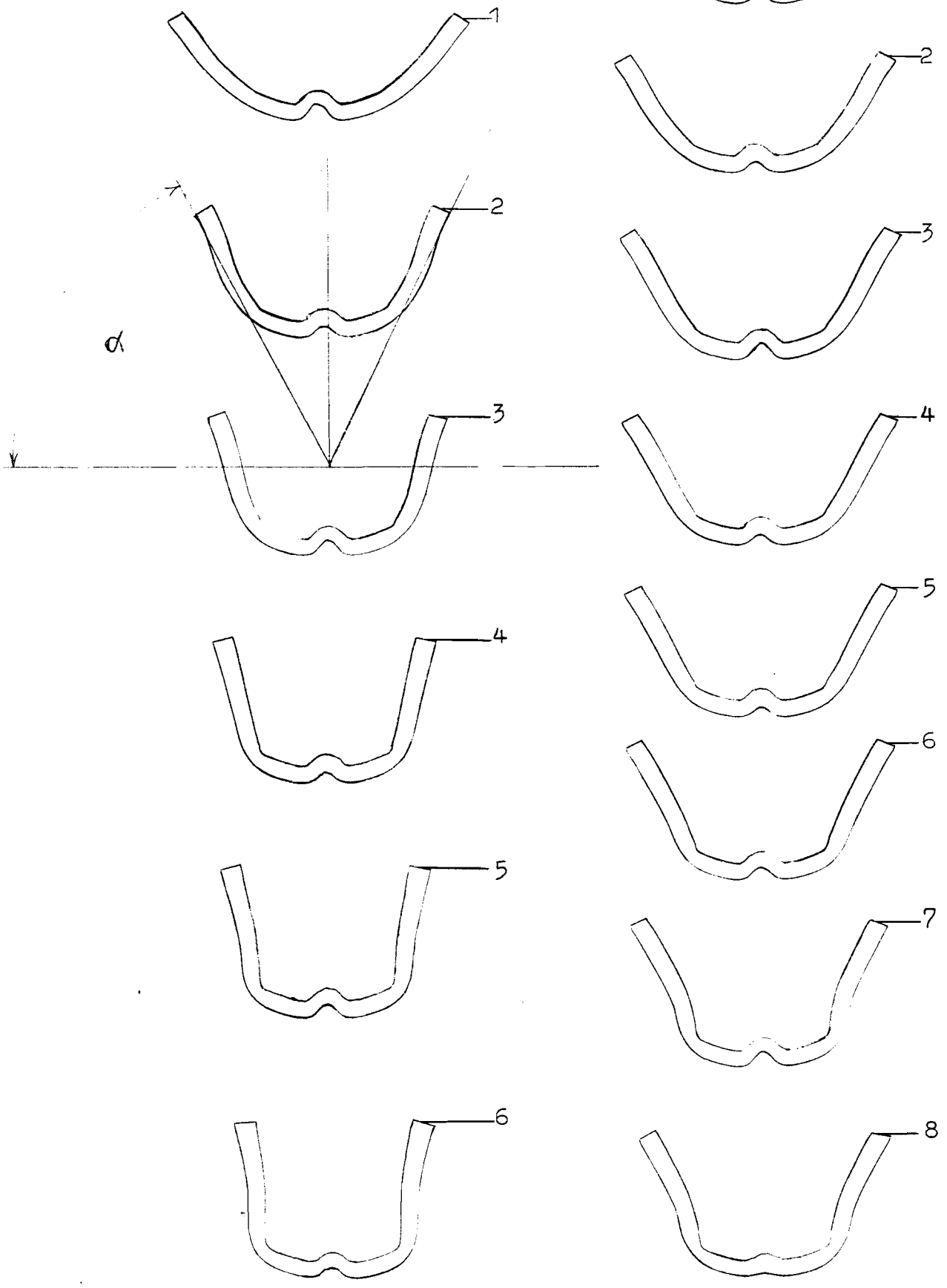
F	77000
DUR	46
DA	36,8
L	18,2
A	3,4
B	1,9
C	2,7
S	34,8

- F [N]
- $\alpha$  [°]
- ALLE ANDERE MATEN [MM]
- c is bodemdikte

TRACTRIX →

YA=0,25HO

YA=0,5.HO



YA=0,5HO								
Nr	1	2	3	4	5	6	7	8
F	42250	52500	59000	62000	64250	69750	74750	77000
DUr	52,6	51,8	51	49,5	48	47	46,5	46
DA	48,6	44,6	42	40,6	40	38	37,4	36,8
L	8	12,5	15,8	16,5	16,8	18	18	18,3
A	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,4
B	2,6	2,5	2,45	2,4	2,3	2,2	2,1	1,9
C	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
S	21,4	24,3	25,5	26,9	29,3	32,1	33,3	34,8