

Afamerapport van een Zeiss MC 850 3D-meetmachine, eigendom van GPT-AXXIO, Helmond

Citation for published version (APA):

Schellekens, P. H. J., & Gilde, de, A. G. (1990). *Afamerapport van een Zeiss MC 850 3D-meetmachine, eigendom van GPT-AXXIO, Helmond*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Vakgroep Produktietechnologie : WPB; Vol. WPA1011). Technische Universiteit Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1990

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.

Afamerapport van een ZEISS
MC 850 3D-meetmachine,
eigendom van GPT-AXXIO,
Helmond.

Rapportnr.: WPA 1011, dec. 1990.

P.H.J. Schellekens
A.G. de Gilde

1. Inleiding

In dit rapport zijn de gegevens vastgelegd van afname-metingen verricht aan een ZEISS UC 850 portaal-meetmachine geïnstalleerd in de meetkamer van GPT-AXXIO te Helmond.

De metingen zijn uitgevoerd volgens een meetplan en meetprocedures opgesteld in het Laboratorium voor Geometrische Meettechniek van de TU Eindhoven.

De meetprocedures zijn conform het plan voor afnameprocedures 3D-meetmachines zoals dat thans binnen de Nederlandse Kalibratie Organisatie is ontwikkeld.

Het meetplan volgt zoveel mogelijk de aanbevelingen zoals deze zijn vastgelegd in VDI 2617.

De afnamemetingen zijn uitgevoerd door eigen personeel van de TU-Eindhoven.

De afname is uitgevoerd via meting van de basis-bronnen van afwijkingen, terwijl daarnaast extra metingen zijn uitgevoerd om de resteffecten van afwijkingen van de machine te analyseren; dit nadat softwarecorrectie van een aantal geometrie-afwijkingen is uitgevoerd door de leverancier Zeiss.

2. Het meetplan

2.1 Inleiding

De Zeiss MC 850 meetmachine bezit de meetassen X, Y en Z met de volgende meetbereiken:

X-as: 850 mm

Y-as: 1200 mm

Z-as: 600 mm

De 1D-meetonnauwkeurigheid is vastgelegd volgens (U_{95}):

$$\delta L_1 \leq 2,6 + \frac{L}{300} [\mu\text{m}], \quad L \text{ in mm}$$

De 3D-meetonnauwkeurigheid is vastgelegd volgens (U_{95}):

$$\delta L_3 \leq 3,0 + \frac{L}{250} [\mu\text{m}], \quad L \text{ in mm}$$

Zoals reeds is opgemerkt zijn deelmetingen uitgevoerd om daarmee de grootte van enkele foutenbronnen vast te leggen. De volgende meetinstrumenten en meetmiddelen zijn bij deze metingen ingezet:

- HP-laserinterferometer, type 5528A met automatische compensatie voor brekingsindexinvloeden en uitzettingseffecten van de meetmachine;
- eindmaat 9 mm, pasring 17 mm en een kalibratiekogel van 30 mm diameter;
- gekalibreerde eindmaten van nominaal 800 en 1000 mm lengte voor het uitvoeren van kalibratiemetingen langs vlakken en ruimtediagonalen;
- temperatuursmeetopstelling, eigenbouw TUE, waarmee de temperaturen van de meetsystemen van de meetmachine én eindmaat zijn vastgesteld tijdens de metingen met de eindmaten.

Bovenstaande meetinstrumenten vallen onder de erkenning zoals deze door de NKO voor het lab voor Geometrische Meettechniek van TU-Eindhoven onder erkenningsnummer 014 is afgegeven. De eindmaat, pasring en kogel, die niet onder de erkenning vallen, zijn alleen voor specifieke metingen toegepast.

Zij zijn echter wel op specifieke eigenschappen d.i. rondheid gecontroleerd.

2.2 Overzicht van het meetprogramma

In het uiteindelijk uitgevoerde meetprogramma zijn een aantal deelmetingen uitgevoerd die zijn onder te verdelen in de volgende hoofdgroepen:

* **Translatie-afwijkingen T_{ij} met $i, j = X, Y, Z$**

De afwijkingen T_{ii} zijn bepaald tegen de lineaire laserinterferometer met automatische compensator. De metingen voor T_{xx} en T_{yy} zijn op de positie van kleinste en grootste comparatorafwijking uitgevoerd, die voor T_{zz} op de positie van de kleinste comparatorafwijking.

* **Om de effecten van resterende rotatie- en haaksheidsafwijkingen vast te stellen, na softwarecorrectie van deze afwijkingen, zijn eindmaatmetingen langs alle vlakkendiagonalen uitgevoerd op posities van de kleinste en grootste comparatorafwijkingen. Daarnaast zijn langs alle ruimtediagonalen eindmaatmetingen uitgevoerd.**

* **Het gedrag van het tastsysteem is geanalyseerd via meting van een kleine eindmaat (1D), een ring (2D), en een kogel (3D).**

3. Resultaten

De meetresultaten van de deelmetingen zijn uitgebreid weergegeven in de bijlagen via numerieke en grafische presentatie.

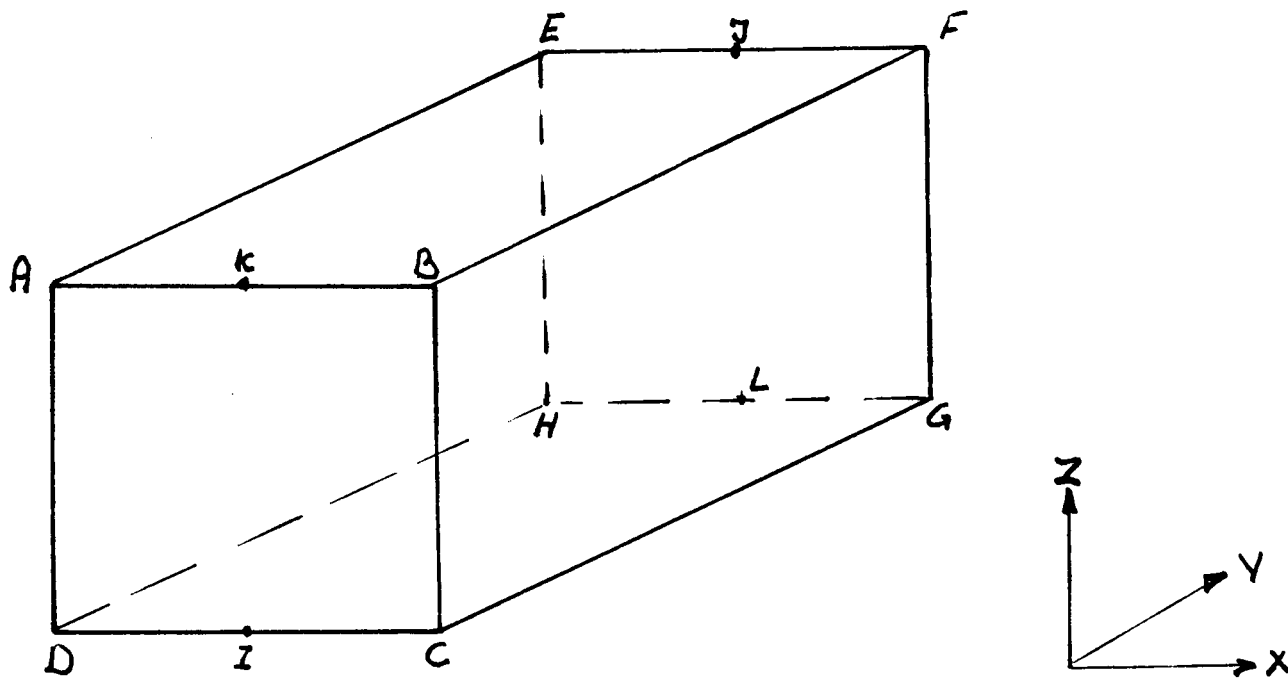
Hierna wordt een samenvatting van de belangrijkste meetresultaten gegeven, waarbij de bovengrenswaarde, in absolute zin, van de bijbehorende systematische afwijking is vermeld.

Translatie-afwijkingen:

1. $\bar{T}_{xx} \leq 3,2 \mu\text{m}$, meting op positie van de kleinste comparatorafwijking.
2. $\bar{T}_{xx} \leq 2,2 \mu\text{m}$, meting op positie van de grootste comparatorafwijking.
3. $\bar{T}_{yy} \leq 1,0 \mu\text{m}$, meting op positie van de kleinste comparatorafwijking.
4. $\bar{T}_{yy} \leq 3,9 \mu\text{m}$, meting op positie van de grootste comparatorafwijking.
5. $\bar{T}_{zz} \leq 1,5 \mu\text{m}$

6. Eindmaatmetingen op de vlakke diagonalen.

Deze metingen zijn uitgevoerd op de grenzen van het meetvolume waarvan de hoekpunten in onderstaande schets zijn aangegeven. Het machinenulpunt bevindt zich in E.



Figuur 1 : Schematische weergave van het meetvolume.

7.1. Meetresultaten van de vlakkendiagonalen:

(zonder correctie voor systematische afwijking van de eindmaten)

$$\begin{array}{ll} \text{X - Z vlak:} & \overline{FH} = 799,9960 \text{ mm} & \overline{BD} = 799,9959 \text{ mm} \\ & \overline{EG} = 799,9969 \text{ mm} & \overline{AC} = 799,9971 \text{ mm} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \text{X - Y vlak:} & \overline{DG} = 1000,0029 \text{ mm} & \overline{AF} = 1000,0025 \text{ mm} \\ & \overline{CH} = 1000,0047 \text{ mm} & \overline{BE} = 1000,0022 \text{ mm} \end{array}$$

Y - Z vlak voor justage:

$$\begin{array}{ll} \text{Y - Z vlak:} & \overline{CF} = 1000,0051 \text{ mm} & \overline{IJ} = 1000,0047 \text{ mm} \\ & \overline{BG} = 1000,0014 \text{ mm} & \overline{KL} = 1000,0015 \text{ mm} \\ & \overline{AH} = 999,9986 \text{ mm} \\ & \overline{DE} = 1000,0035 \text{ mm} \end{array}$$

Y - Z vlak na justage (huidige situatie):

$$\begin{array}{ll} \text{Y - Z vlak:} & \overline{CF} = 1000,0003 \text{ mm} & \overline{IJ} = 999,9997 \text{ mm} \\ & \overline{BG} = 999,9968 \text{ mm} & \overline{KL} = 999,9995 \text{ mm} \\ & \overline{AH} = 1000,0019 \text{ mm} \\ & \overline{DE} = 999,9997 \text{ mm} \end{array}$$

7.2. Eindmaatmetingen op de ruimtediagonalen.

De eindmaten zijn hierbij opgesteld langs de vier ruimtediagonalen aangegeven met AG, BH, CE en DF (zie figuur 1).

Meetresultaten (deze zijn voor de justage van de Y - Z haaksheid gemeten, de huidige situatie is nog iets beter):

$$\begin{array}{ll} \overline{AG} = 999,9959 \text{ mm} & \overline{DF} = 1000,0034 \text{ mm} \\ \overline{BH} = 999,9983 \text{ mm} & \overline{CE} = 1000,0063 \text{ mm} \end{array}$$

8. Berekening haaksheidsafwijking uit eindmaatmetingen.

$$\text{X - Y vlak: } \delta\bar{\alpha} \leq 0,4 \text{ ''}$$

$$\text{X - Z vlak: } \delta\bar{\alpha} \leq 0,4 \text{ ''}$$

$$\text{Y - Z vlak: } \delta\bar{\alpha} \leq 0,9 \text{ ''}$$

9. Controle van het tastsysteem.

De afwijkingen ten gevolge van het tastsysteem bij metingen in 1D, 2D en 3D:

- 1D. Meting eindmaat 9 mm:

$$\text{x-as } T_{1D} \leq 0,3 \mu\text{m}$$

$$\text{y-as } T_{1D} \leq 0,4 \mu\text{m}$$

$$\text{z-as } T_{1D} \leq 0,3 \mu\text{m}$$

- 2D. Meting ring met 17 mm diameter:

$$\text{x-y vlak } T_{2D} \leq 0,6 \mu\text{m}$$

$$\text{x-z vlak } T_{2D} \leq 0,6 \mu\text{m}$$

$$\text{y-z vlak } T_{2D} \leq 0,6 \mu\text{m}$$

- 3D. Meting bol met diameter 30 mm:

Fluctuaties in diametermetingen:

$$\text{bolmeting } T_{3D} \leq 1,1 \mu\text{m}$$

Onnauwkeurigheid van de kalibraties :

* Laserinterferometer

$$\text{Onnauwkeurigheid voor deze metingen: } \delta L \leq 0,1 \mu\text{m} + 10^{-6} * L$$

* Eindmaatmetingen

$$800 \text{ mm: systematische afwijking } + 1,6 \mu\text{m}, \delta L \leq 2,0 \mu\text{m}$$

$$1000 \text{ mm: systematische afwijking } + 3,7 \mu\text{m}, \delta L \leq 2,0 \mu\text{m}$$

* Bepaling haaksheidsafwijking per meetpositie:

$$\delta\alpha \leq 0,5 \text{ ''}$$

4. Bepaling van de meeton nauwkeurigheid

Zoals eerder is vermeld wordt de onnauwkeurigheid apart gespecificeerd voor 1D- en 3D-metingen.

* 1D-meetonnauwkeurigheid.

Het betreft hier de onnauwkeurigheid bij lengtemetingen langs deze assen.

$$\text{X-richting: } \delta \tilde{L}_x \leq 3,5 \mu\text{m}$$

$$\text{Y-richting: } \delta \tilde{L}_y \leq 4,0 \mu\text{m}$$

$$\text{Z-richting: } \delta \tilde{L}_z \leq 1,8 \mu\text{m}$$

* 3D-meetonnauwkeurigheid.

Het betreft hier de onnauwkeurigheid bij lengtemetingen in het meetvolume. Deze is vastgesteld via metingen van een eindmaat van 1000 mm lengte waarbij de temperatuurscorrectie voor de meetsystemen en eindmaat met de hand is uitgevoerd (zonder deze correctie is de afwijking groter). De meetresultaten vallen ruimschoots binnen de specificaties (zie onder 7.2).

5. Conclusies

Ten aanzien van de deelmetingen kan gesteld worden dat geen van de afwijkingsbronnen extreem grote afwijkingen vertoont.

Samenvattend kan worden geconcludeerd:

1D-meetonnauwkeurigheid:

Zowel δL_x , δL_y als δL_z vallen binnen de specificaties opgegeven als:

$$\delta L_x, \delta L_y, \delta L_z \leq 2,6 + \frac{L}{300} [\mu\text{m}], \quad L \text{ in mm}$$

2D-meetonnauwkeurigheid:

Geen opgave aanwezig.

3D-meetonnauwkeurigheid:

De 3D-meetonnauwkeurigheid δL_3 valt binnen de specificaties, opgegeven als:

$$\delta L_3 \leq 3,0 + \frac{L}{250} [\mu\text{m}], \quad L \text{ in mm}$$

Uit de eindmaatmetingen in de vlakken en de ruimte kan worden vastgesteld dat, tezamen met de resultaten van de 1D-metingen, de resulterende onnauwkeurigheid ruimschoots binnen de specificaties valt.

Invloed tastsysteem:

Uit de separate tests van het tastsysteem is gebleken dat de onnauwkeurigheid van het systeem zeker kleiner is dan $1,0 \mu\text{m}$ voor zowel 1D-, 2D- als 3D-metingen. De hierdoor geïntroduceerde meetonnauwkeurigheid is dan ook van ondergeschikt belang.

6. Bijlagen: Meetresultaten

Hierna worden de meetresultaten van de deelmetingen gegeven met de bijbehorende grafische representaties.

De eerste set resultaten betreft de translatiemetingen Tii. Hier zijn heen-, retour- en gemiddelde meetresultaten gepresenteerd.

Daarna worden de resultaten van de eindmaatmetingen in 2D en 3D weergegeven. Tenslotte zijn de meetresultaten van de tasterkalibratie opgenomen.

Zeiss MC-850 GPT AXXIO Helmond

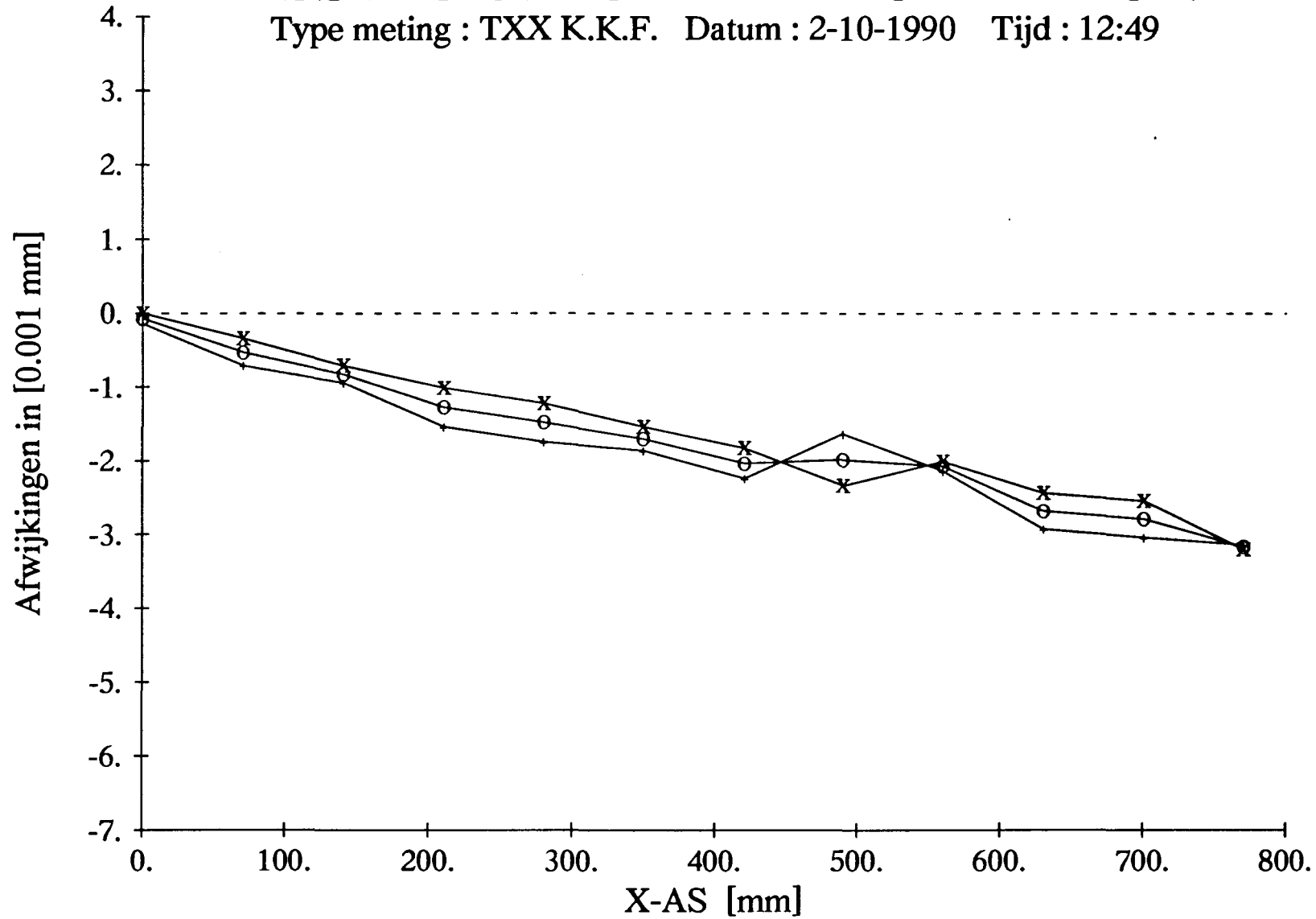
Type meting : TXX K.K.F.
Meetmiddel : Laserinterferometer
Datum/Tijd : 2-10-1990 12:49

Startpositie : y = 0 mm
z = 600 mm
Temperatuur = 20.61 oC

Positie machine	Aflezings meetmiddel	Afwijking machine	Positie machine	Aflezings meetmiddel	Afwijking machine	Afwijking machine
X-AS HEEN [mm]	HEEN [mm]	HEEN [μm]	X-AS TERUG [mm]	TERUG [mm]	TERUG [μm]	GEMIDDELD [μm]
0.0006	0.0006	0.0	0.0015	0.0016	-0.1	-0.1
70.2924	70.2927	-0.3	70.9114	70.9121	-0.7	-0.5
140.3796	140.3803	-0.7	140.4842	140.4851	-0.9	-0.8
210.3444	210.3454	-1.0	210.9735	210.9750	-1.5	-1.3
280.1036	280.1048	-1.2	280.4034	280.4051	-1.7	-1.5
350.1035	350.1050	-1.5	350.0014	350.0033	-1.9	-1.7
420.8085	420.8103	-1.8	420.4033	420.4055	-2.2	-2.0
490.0985	490.1008	-2.3	490.4603	490.4619	-1.6	-2.0
560.2065	560.2085	-2.0	560.2023	560.2044	-2.1	-2.1
630.4595	630.4619	-2.4	630.3067	630.3097	-2.9	-2.7
700.4004	700.4029	-2.5	700.6932	700.6962	-3.0	-2.8
770.2996	770.3028	-3.2	770.2064	770.2095	-3.1	-3.2

ZEISS MC-850 GPT AXXIO HELMOND

Type meting : TXX K.K.F. Datum : 2-10-1990 Tijd : 12:49



x = HEEN

+ = TERUG

o = GEMIDDELD

Zeiss MC-850 GPT AXXIO Helmond

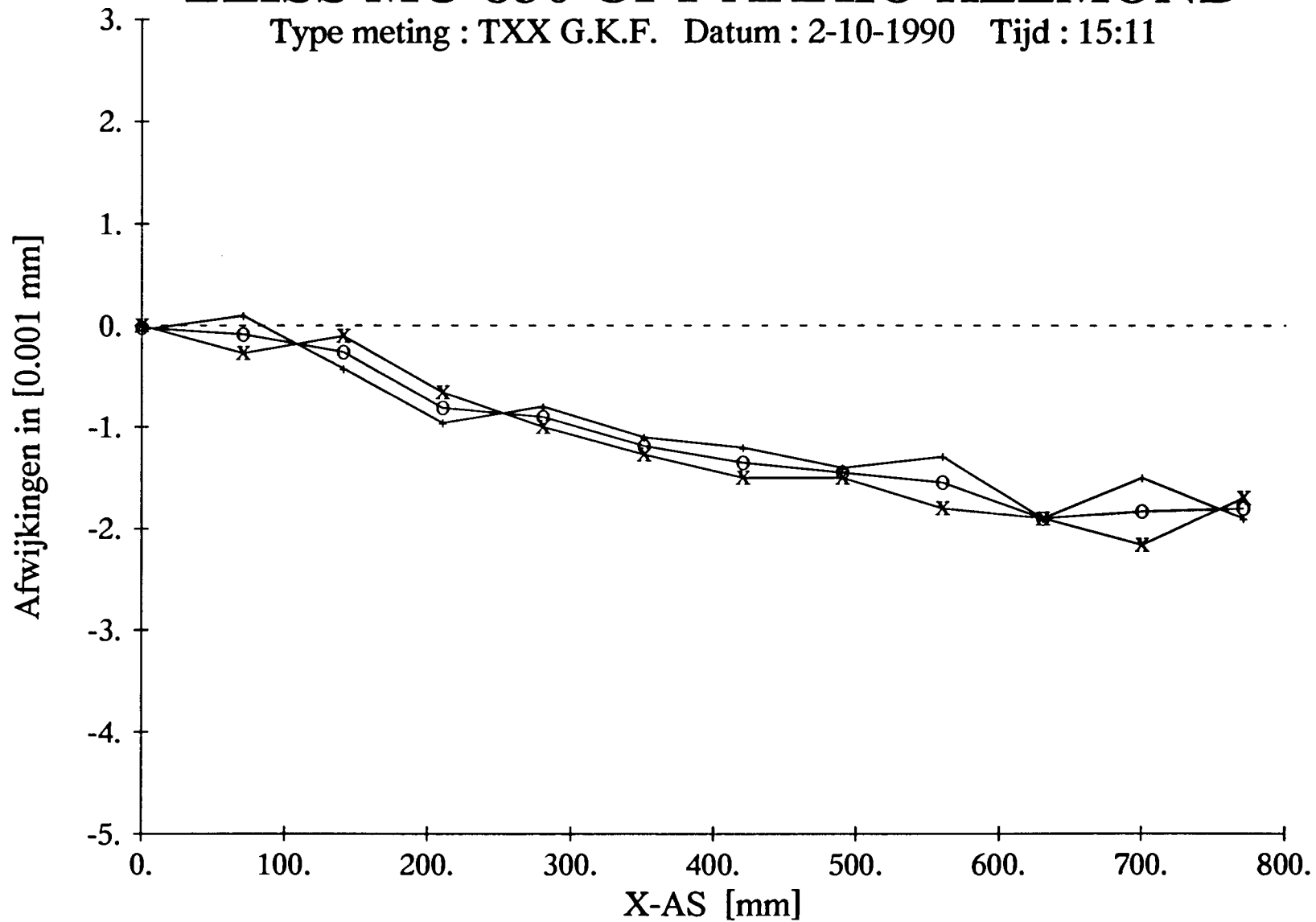
Type meting : TXX G.K.F.
Meetmiddel : Laserinterferometer
Datum/Tijd : 2-10-1990 15:11

Startpositie : y = 0 mm
z = 0 mm
Temperatuur = 20.71 oC

Positie machine	Aflezings meetmiddel	Afwijking machine	Positie machine	Aflezings meetmiddel	Afwijking machine	Afwijking machine
X-AS HEEN	HEEN	HEEN	X-AS TERUG	TERUG	TERUG	GEMIDDELD
[mm]	[mm]	[μ m]	[mm]	[mm]	[μ m]	[μ m]
0.0007	0.0007	0.0	0.0015	0.0015	-0.0	-0.0
70.4456	70.4459	-0.3	70.4414	70.4413	0.1	-0.1
140.5285	140.5286	-0.1	140.3975	140.3979	-0.4	-0.3
210.5005	210.5012	-0.7	210.4035	210.4045	-1.0	-0.8
280.4005	280.4015	-1.0	280.4934	280.4942	-0.8	-0.9
350.9286	350.9299	-1.3	350.4412	350.4423	-1.1	-1.2
420.5016	420.5031	-1.5	420.4932	420.4944	-1.2	-1.4
490.6016	490.6031	-1.5	490.1082	490.1096	-1.4	-1.5
560.2995	560.3013	-1.8	560.3033	560.3046	-1.3	-1.5
630.4005	630.4024	-1.9	630.8847	630.8866	-1.9	-1.9
700.1035	700.1057	-2.2	700.4032	700.4047	-1.5	-1.8
770.9005	770.9022	-1.7	770.3019	770.3038	-1.9	-1.8

ZEISS MC-850 GPT AXXIO HELMOND

Type meting : TXX G.K.F. Datum : 2-10-1990 Tijd : 15:11



x = HEEN

+ = TERUG

o = GEMIDDELD

Zeiss MC-850 GPT AXXIO Helmond

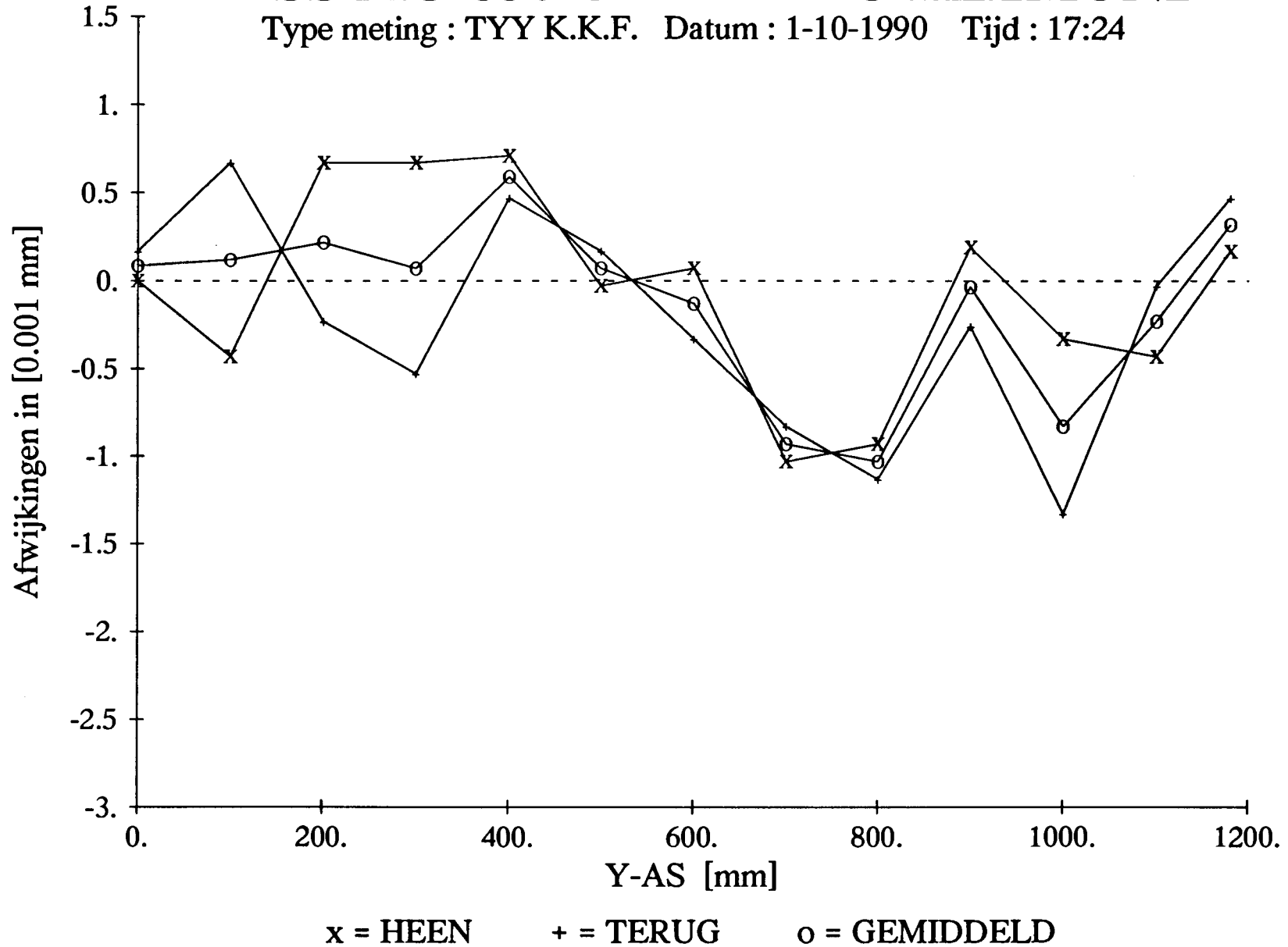
Type meting : TYY K.K.F.
 Meetmiddel : Laserinterferometer
 Datum/Tijd : 1-10-1990 17:24

Startpositie : x = 850 mm
 z = 0 mm
 Temperatuur = 20.48 oC

Positie machine Y- AS HEEN [mm]	Aflezing meetmiddel HEEN [mm]	Afwijking machine HEEN [μm]	Positie machine Y- AS TERUG [mm]	Aflezing meetmiddel TERUG [mm]	Afwijking machine TERUG [μm]	Afwijking machine GEMIDDELD [μm]
0.0015	0.0015	0.0	0.0015	0.0013	0.2	0.1
100.3830	100.3834	-0.4	100.5950	100.5943	0.7	0.1
200.2940	200.2933	0.7	200.7400	200.7402	-0.2	0.2
300.2830	300.2823	0.7	300.4820	300.4825	-0.5	0.1
400.5920	400.5913	0.7	400.3730	400.3725	0.5	0.6
500.1930	500.1930	-0.0	500.2930	500.2928	0.2	0.1
600.3830	600.3829	0.1	600.3730	600.3733	-0.3	-0.1
700.3910	700.3920	-1.0	700.6940	700.6948	-0.8	-0.9
800.2060	800.2069	-0.9	800.8860	800.8871	-1.1	-1.0
900.2840	900.2838	0.2	900.3730	900.3733	-0.3	-0.0
1000.3740	1000.3743	-0.3	1000.4830	1000.4843	-1.3	-0.8
1100.3560	1100.3564	-0.4	1100.8320	1100.8320	-0.0	-0.2
1180.3840	1180.3838	0.2	1180.3830	1180.3825	0.5	0.3

ZEISS MC-850 GPT AXXIO HELMOND

Type meting : TYY K.K.F. Datum : 1-10-1990 Tijd : 17:24



Zeiss MC-850 GPT AXXIO Helmond

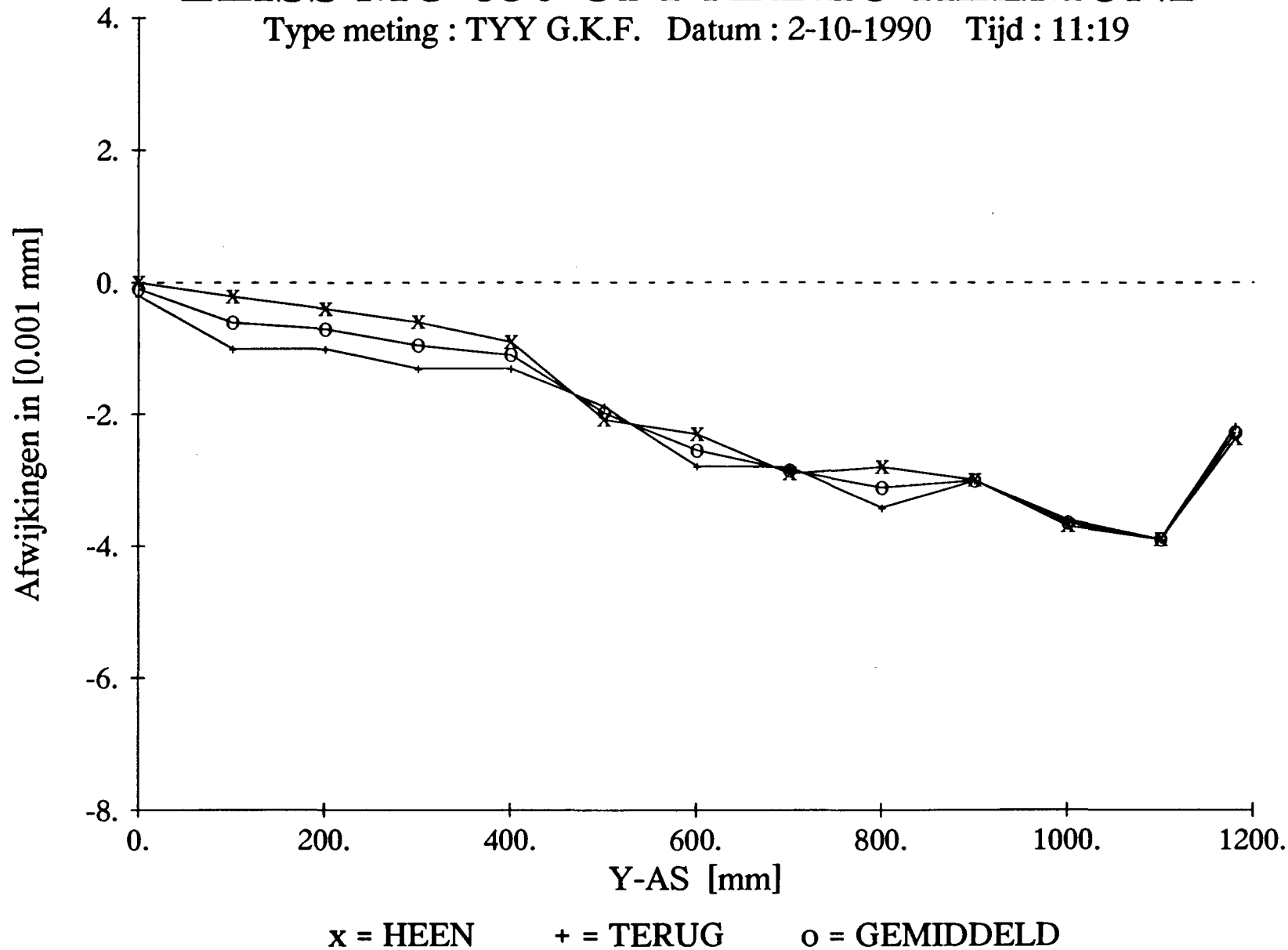
Type meting : TYY G.K.F.
 Meetmiddel : Laserinterferometer
 Datum/Tijd : 2-10-1990 11:19

Startpositie : x = 0 mm
 z = 600 mm
 Temperatuur = 20.35 oC

Positie machine Y-AS HEEN [mm]	Aflezings meetmiddel HEEN [mm]	Afwijking machine HEEN [μm]	Positie machine Y-AS TERUG [mm]	Aflezings meetmiddel TERUG [mm]	Afwijking machine TERUG [μm]	Afwijking machine GEMIDDELD [μm]
0.2016	0.2016	0.0	0.2040	0.2042	-0.2	-0.1
100.4948	100.4950	-0.2	100.2399	100.2409	-1.0	-0.6
200.5958	200.5962	-0.4	200.3088	200.3098	-1.0	-0.7
300.6928	300.6934	-0.6	300.6137	300.6150	-1.3	-1.0
400.3076	400.3085	-0.9	400.5048	400.5061	-1.3	-1.1
500.4949	500.4970	-2.1	500.5948	500.5967	-1.9	-2.0
600.4970	600.4993	-2.3	600.2329	600.2357	-2.8	-2.5
700.5926	700.5955	-2.9	700.4050	700.4078	-2.8	-2.9
800.5942	800.5970	-2.8	800.6960	800.6994	-3.4	-3.1
900.5826	900.5856	-3.0	900.7969	900.7999	-3.0	-3.0
1000.6942	1000.6979	-3.7	1000.6960	1000.6996	-3.6	-3.6
1100.6975	1100.7014	-3.9	1100.5990	1100.6029	-3.9	-3.9
1180.5041	1180.5065	-2.4	1180.5990	1180.6012	-2.2	-2.3

ZEISS MC-850 GPT AXXIO HELMOND

Type meting : TYY G.K.F. Datum : 2-10-1990 Tijd : 11:19



Zeiss MC-850 GPT AXXIO Helmond

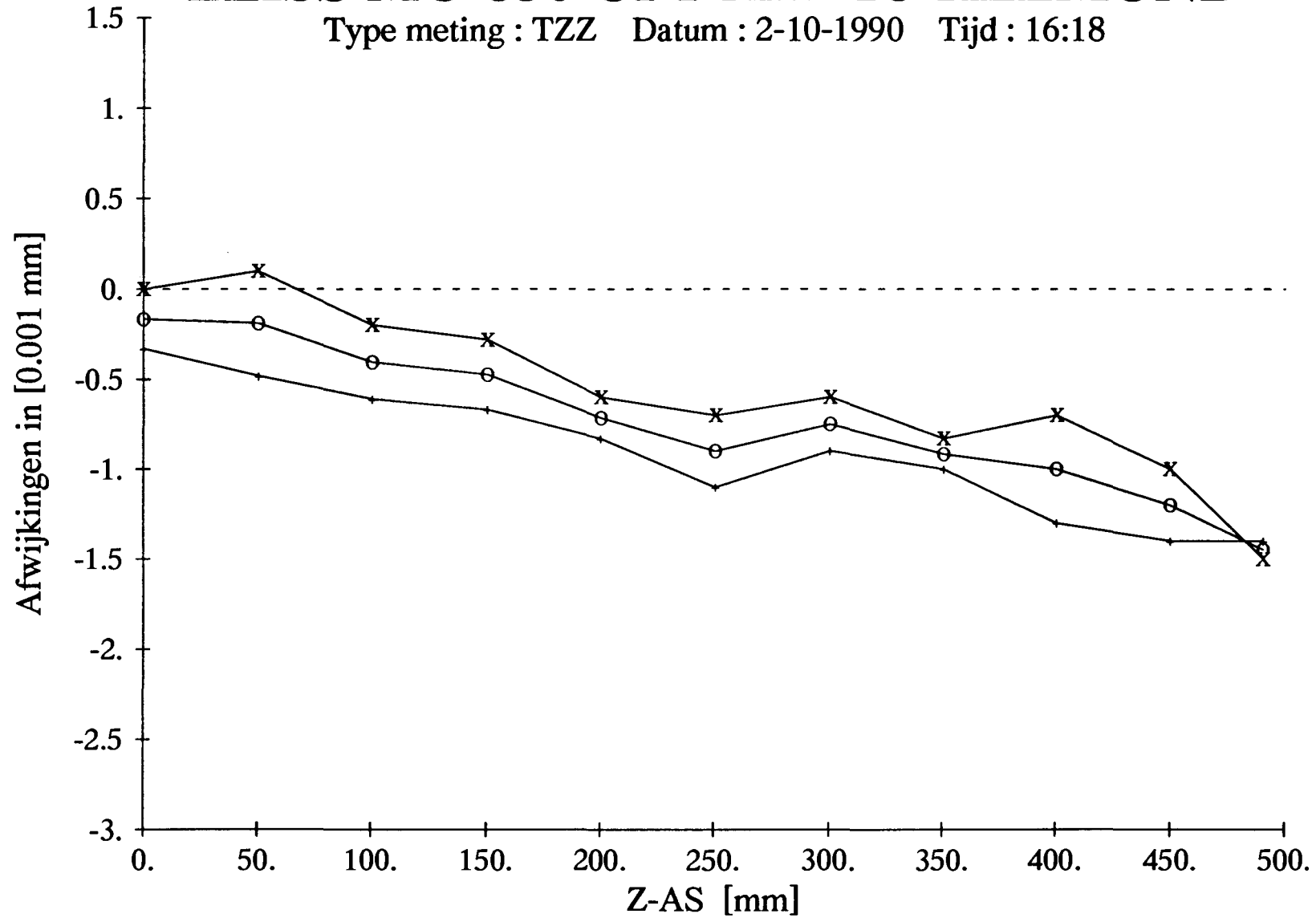
Type meting : TZZ
Meetmiddel : Laserinterferometer
Datum/Tijd : 2-10-1990 16:18

Startpositie : x = 0 mm
y = 0 mm
Temperatuur = 20.74 oC

Positie machine Z- AS HEEN [mm]	Aflezing meetmiddel HEEN [mm]	Afwijking machine HEEN [μ m]	Positie machine Z- AS TERUG [mm]	Aflezing meetmiddel TERUG [mm]	Afwijking machine TERUG [μ m]	Afwijking machine GEMIDDELD [μ m]
-0.0006	-0.0006	0.0	-0.0012	-0.0009	-0.3	-0.2
50.2049	50.2048	0.1	50.5072	50.5077	-0.5	-0.2
100.4021	100.4023	-0.2	100.4014	100.4020	-0.6	-0.4
150.4014	150.4017	-0.3	150.2046	150.2053	-0.7	-0.5
200.1053	200.1059	-0.6	200.3695	200.3703	-0.8	-0.7
250.6000	250.6007	-0.7	250.5006	250.5017	-1.1	-0.9
300.7028	300.7034	-0.6	300.2048	300.2057	-0.9	-0.8
350.5911	350.5919	-0.8	350.8287	350.8297	-1.0	-0.9
400.2071	400.2078	-0.7	400.5005	400.5018	-1.3	-1.0
450.1058	450.1068	-1.0	450.2186	450.2200	-1.4	-1.2
490.4018	490.4033	-1.5	490.2050	490.2064	-1.4	-1.5

ZEISS MC-850 GPT AXXIO HELMOND

Type meting : TZZ Datum : 2-10-1990 Tijd : 16:18



x = HEEN

+ = TERUG

o = GEMIDDELD

Vlakdiagonalen van het x-y vlak

Directe meetresultaten zonder correctie voor temperatuurseffecten.

	AF [mm]	BE [mm]	CH [mm]	DG [mm]
	1000,0018	1000,0016	999,9997	1000,0015
	1000,0018	1000,0022	999,9997	1000,0013
	1000,0017	1000,0019	1000,0005	1000,0015
	1000,0022	1000,0017	1000,0007	1000,0016
	1000,0018	1000,0021	1000,0007	1000,0011
	1000,0020	1000,0018	1000,0012	1000,0019
	1000,0020	1000,0020	1000,0010	1000,0018
	1000,0016	1000,0023	1000,0010	1000,0015
	1000,0012	1000,0019	1000,0007	1000,0012
	1000,0012	1000,0022	1000,0004	1000,0013
Gemiddelden:	1000,0017	1000,0020	1000,0006	1000,0015

Vlakdiagonalen van het x-z vlak

	FH [mm]	EG [mm]	BD [mm]	AC [mm]
	799,9968	799,9994	800,0013	800,0020
	799,9966	799,9999	800,0014	800,0015
	799,9969	799,9998	800,0015	800,0015
	799,9967	799,9997	800,0013	800,0016
	799,9970	799,9994	800,0011	800,0013
	799,9967	799,9995	800,0010	800,0012
	799,9971	799,9993	800,0008	800,0009
	799,9969		800,0008	800,0010
	799,9969		800,0007	800,0008
	799,9963		800,0005	800,0005
Gemiddelden:	799,9968	799,9997	800,0011	800,0012

Vlakdiagonalen van het y-z vlak

Metingen na justage van de haaksheid in het y - z vlak.

	AH [mm]	ED [mm]	CF [mm]	BG [mm]
	1000,0020	1000,0018	1000,0037	999,9998
	1000,0026	1000,0016	1000,0037	1000,0000
	1000,0024	1000,0020	1000,0036	1000,0003
	1000,0022	1000,0016	1000,0037	1000,0001
	1000,0020	1000,0017	1000,0035	1000,0001
	1000,0014	1000,0010	1000,0038	1000,0002
	1000,0015	1000,0006	1000,0034	1000,0000
	1000,0009	1000,0001	1000,0042	1000,0005
	1000,0018	1000,0007	1000,0039	1000,0003
	1000,0017	1000,0015	1000,0037	1000,0002
Gemiddelden:	1000,0019	1000,0013	1000,0037	1000,0002

Ruimtediagonalen

Metingen uitgevoerd vóór haaksheidscorrectie van de y - z assen.

	DF [mm]	CE [mm]	BH [mm]	AG [mm]
	1000,0050	1000,0085	1000,0019	999,9989
	1000,0047	1000,0081	1000,0024	999,9991
	1000,0047	1000,0084	1000,0012	999,9988
	1000,0049	1000,0087	1000,0015	1000,0000
	1000,0043	1000,0084	1000,0018	999,9996
	1000,0045	1000,0088	1000,0022	999,9997
	1000,0048	1000,0077	1000,0016	999,9994
	1000,0050	1000,0079	1000,0020	999,9992
	1000,0048	1000,0079	1000,0019	999,9992
	1000,0048	1000,0080	1000,0019	999,9991
Gemiddelden:	1000,0047	1000,0082	1000,0018	999,9993

Meetresultaten tasterkalibratie

* 1D-metingen aan 9 mm eindmaat.

x- as: 8,9999	y- as: 8,9992	z- as: 8,9994
8,9995	8,9994	8,9992
8,9997	8,9994	8,9991
8,9993	8,9990	8,9993
8,9995	8,9992	8,9993
8,9995	8,9992	8,9994
8,9995	8,9988	8,9993
8,9995	8,9994	8,9995
8,9993	8,9994	8,9993
8,9995	8,9996	8,9994
$T_{1D} \leq 0,3 \mu\text{m}$	$T_{1D} \leq 0,4 \mu\text{m}$	$T_{1D} \leq 0,3 \mu\text{m}$

* 2D-meting aan ring van 17 mm diameter.

x-y vlak: 16,9999	x-z vlak: 16,9998	y-z vlak: 16,9997
16,9999	16,9997	16,9998
16,9999	16,9997	16,9997
16,9998	16,9998	16,9997
17,0001	16,9998	16,9998
16,9999	16,9998	16,9998
17,0000	16,9998	16,9998
16,9999	16,9998	16,9998
16,9999	16,9999	16,9999
16,9998	17,0000	17,0000
$T_{1D} \leq 0,6$	$T_{2D} \leq 0,6 \mu\text{m}$	$T_{2D} \leq 0,6 \mu\text{m}$

* 3D-meting aan een bol van 30 mm diameter:

29,9736

29,9737

29,9738

29,9738

29,9736

29,9737

29,9736

29,9735

29,9736

29,9736

29,9734

29,9733

$T_{3D} \leq 1,1 \mu\text{m}$