

Afamerapport van de Stiefelmayer 3D-meetmachine, type C, nr. 426706, eigendom van NSA te Veldhoven

Citation for published version (APA):

Gilde, de, A. G., & Schellekens, P. H. J. (1988). *Afamerapport van de Stiefelmayer 3D-meetmachine, type C, nr. 426706, eigendom van NSA te Veldhoven*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Vakgroep Produktietechnologie : WPB; Vol. WPA0625). Technische Universiteit Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1988

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 de Stiefelmayer
3D-meetmachine, type C, nr. 426706,
eigendom van NSA te Veldhoven.

Rapportnr.: WPA 0625, september 1988.

Uitgevoerd door: Laboratorium voor Geometrische
Meettechniek, TU Eindhoven.

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

1. Inleiding

In dit rapport zijn de gegevens vastgelegd van afnamemetingen verricht aan een Stiefelmayer vrije-arm meetmachine welke is geïnstalleerd bij de Fa. NSA te Veldhoven.

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 concept-plan voor afnameprocedures 3D-meetmachines, zoals dat thans in discussie is binnen de Nederlandse Kalibratie Organisatie.

Het meetplan volgt de aanbevelingen zoals deze zijn vastgelegd in VDI 2617. De afname is uitgevoerd via meting van de basis-bronnen van afwijkingen, terwijl daarnaast extra metingen zijn uitgevoerd om effecten van eindige stijfheid van de machine te analyseren. Verder zijn metingen uitgevoerd om de invloed van het tastsysteem vast te leggen en is de vlakheidsafwijking van de meettafel vastgesteld.

Uit de resultaten van de deelmetingen is de onnauwkeurigheid geschat voor 1D, 2D en 3D-metingen, onder de aanname dat de deelresultaten onafhankelijk zijn en de afwijkingen random verdeeld zijn langs de meetassen.

2. Het meetplan

2.1 Inleiding

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

X-as: 2000 mm.

Y-as: 1200 mm.

Z-as: 1200 mm.

De 1D-meetonnauwkeurigheid is vastgelegd volgens:

$$\Delta L \leq 0.03 + \frac{L}{40000} < 0.06 \text{ mm.}$$

Voor de 2D-metingen is deze opgegeven als:

$$\Delta L \leq 0.03 + \frac{L}{40000} \text{ mm.}$$

Voor 3D-metingen geldt analoog:

$$\Delta L \leq 0.03 + \frac{L}{37000} \text{ mm.}$$

Hierbij is L steeds de meetlengte in mm.

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

- HP-laserinterferometer met automatische compensator, type 5528A.
- autocollimator, dubbelassig, fabrikaat Hilger-Watts met spiegel.
- richtkijker, dubbelassig, fabrikaat Rank Taylor Hobson met richtmerk.
- elektronische waterpassen-set met levelmeter, fabrikaat Wyler.
- optisch waterpasinstrument, fabrikaat Hilger Watts met richtmerk.
- pentagonprisma, fabrikaat Rank Taylor Hobson.
- eindmaat 15 mm, pasring 15 mm en kalibratiekogel.

Voor bovenstaande meetinstrumenten is door de NKO onder erkenningsnr. 014 een erkenning voor het verrichten van kalibraties afgegeven. De meetmiddelen eindmaat, pasring en kogel vallen hierbuiten maar zijn alleen voor specifieke metingen ingezet.

2.2 Overzicht van het meetprogramma

In het uiteindelijk uitgevoerde meetprogramma zijn een groot 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 laserinterferometer terwijl de afwijkingen T_{ij} , met $i \neq j$, zijn bepaald met de richtkijker, richtmerk en eventueel pentagonprisma indien ook haaksheidsafwijkingen zijn gemeten. Onnauwkeurigheid laserinterferometer: $\frac{\Delta L}{L} \leq 10^{-6}$.

* Rotatie-afwijkingen R_{ij}

De rotatie-afwijkingen R_{ij} met $i \neq j$ zijn gemeten met de autocollimator met uitzondering van de metingen waarbij toch al een elektronisch waterpas aanwezig was, bv. Rzy. Onnauwkeurigheid autocollimator: $\Delta\varphi < 2''$. De afwijkingen R_{ii} zijn voor $i = X, Y$ gemeten met elektronische waterpassen. Onnauwkeurigheid elektronische waterpassen: $\Delta\varphi < 2''$.

* Haaksheidsafwijkingen S_{ij}

Deze drie afwijkingen zijn gemeten met de richtkijker met pentagonprisma en richtmerk. Onnauwkeurigheid: $\Delta\varphi < 2''$.

* Speciale metingen

De rotatie-afwijking R_{zz} is gemeten via twee rechtheidsmetingen T_{xz} , gemeten op $Y \approx 200$ mm en $Y = 1115$ mm, gebruik makende van de richtkijker. De doorbuiging T_{yz} van de Z-kolom als functie van de meeethoogte Z en de meetpositie in Y-richting is gemeten via twee metingen van T_{yz} op $Y \approx 200$ mm en $Y = 1115$ mm.

De vlakheidsafwijking $T_z(X, Y)$ van de meettafel is gemeten met een optisch waterpasinstrument en een richtmerk.

Onnauwkeurigheid richtkijker voor beide assen: $\Delta L < 0.02$ mm.

Onnauwkeurigheid waterpasinstrument voor metingen in een vlak:

$\Delta h < 0.02$ mm.

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. Er zij hier reeds vermeld dat een aantal gegevens na hermeting zijn verkregen. Na de eerste serie metingen bleek dat de rotaties R_{zy} , R_{xy} , R_{yx} en R_{zx} zodanig groot waren dat de hieruit volgende translaties buiten de eerder genoemde specificaties lagen. Daarom is besloten de machine anders te monteren en te herjusteren waarna de meetresultaten aanmerkelijk verbeterd waren.

Hierna wordt een samenvatting van de belangrijkste afwijkingen gegeven, waarbij de bovengrenswaarde van deze afwijking is vermeld.

1. $T_{xx} \leq 19 \mu\text{m}$; meting op kleinste komparatorafwijking.
2. $T_{xx} \leq 25 \mu\text{m}$; meting op grootste komparatorafwijking.
3. $T_{yx} \leq 15 \mu\text{m}$.
4. $T_{zx} \leq 40 \mu\text{m}$.
5. $T_{yy} \leq 16 \mu\text{m}$.
6. $T_{xy} \leq 20 \mu\text{m}$; hierbij is het totale effect van rechtheid en haaksheidsafwijking (S_{xy}) gemeten.
7. $T_{zy} \leq 30 \mu\text{m}$.
8. $T_{zz} \leq 20 \mu\text{m}$.
9. $T_{xz} \leq 20 \mu\text{m}$; rechtheid en haaksheid (S_{xz}) samen gemeten op $Y \approx 200 \text{ mm}$.
10. $T_{xz} \leq 15 \mu\text{m}$; meting als onder 9 maar nu gemeten op $Y = 1115 \text{ mm}$. Uit de metingen 9 en 10 kan worden vastgesteld dat voor de rotatie R_{zz} moet gelden:
$$R_{zz} < 1''$$
11. $T_{yz} \leq 10 \mu\text{m}$; gemeten op $Y \approx 200 \text{ mm}$.
12. $T_{yz} \leq 10 \mu\text{m}$; gemeten op $Y \approx 1150 \text{ mm}$. Uit de metingen 11 en 12 blijkt dat de vorm van de Z-geleiding in Y zich tussen beide meetposities niet meetbaar wijzigt.
13. $R_{xx} \leq 5.9''$.
14. $R_{yx} \leq 2.9''$.
15. $R_{zx} \leq 5.7''$.
16. $R_{yy} \leq 10.4''$.
17. $R_{xy} \leq 17.1''$.
18. $R_{zy} \leq 5.0''$.
19. $R_{zz} \approx 1''$; uit twee rechtheidsmetingen geschat.
20. $R_{xz} \leq 2.6''$.
21. $R_{yz} \leq 0.9''$.

22. Speciale haaksheidsmetingen:

$S_{xy} \leq 20 \mu\text{m}$, $S_{xz} \leq 20 \mu\text{m}$, $S_{yz} \leq 20 \mu\text{m}$.

23. Meting vlakheid meettafel: afwijkingen ten opzichte van het
best-passende vlak: $T_z(X,Y) < 0.02 \text{ mm}$.

24. Controle van het tastsysteem.

De afwijkingen t.g.v. het tastsysteem bij meting in 1D, 2D en 3D
(eindmaat, ring en kogel) zijn verwaarloosbaar ten opzichte van de
andere geometrie-afwijkingen.

4. Bepaling van de meetonauwkeurigheid

Zoals eerder is vermeld wordt de onnauwkeurigheid apart gespecificeerd voor 1D, 2D en 3D.

Uit de resultaten van de deelmetingen is een bovengrens voor de onnauwkeurigheden geschat op basis van voortplanting van afwijkingen waarbij de afwijkingen onderling als onafhankelijk en onbekend systematisch zijn beschouwd. De bovengrens uit de deelmetingen wordt hierbij als 2S-waarde beschouwd.

* 1D-meetonauwkeurigheid.

$$\text{X-richting: } \tilde{\Delta L}_x \approx 43 \mu\text{m.}$$

$$\text{Y-richting: } \tilde{\Delta L}_y \approx 20 \mu\text{m.}$$

$$\text{Z-richting: } \tilde{\Delta L}_z \approx 26 \mu\text{m.}$$

* 2D-meetonauwkeurigheid.

X-Y vlak, met maximale meetlengte L_{xy} .

$$\tilde{\Delta L}_{xy} = \sqrt{\left(\frac{X}{L} \cdot \Delta X\right)^2 + \left(\frac{Y}{L} \cdot \Delta Y\right)^2}, \quad L_{xy} \approx 2300 \text{ mm.}$$

$$\tilde{\Delta L}_{xy} \approx 53 \mu\text{m.}$$

X-Z vlak, met maximale meetlengte L_{xz} .

$$\tilde{\Delta L}_{xz} = \sqrt{\left(\frac{X}{L} \cdot \Delta X\right)^2 + \left(\frac{Z}{L} \cdot \Delta Z\right)^2}, \quad L_{xz} \approx 2300 \text{ mm.}$$

$$\tilde{\Delta L}_{xz} \approx 48 \mu\text{m.}$$

Y-Z vlak, met maximale meetlengte L_{yz} .

$$\tilde{\Delta L}_{yz} = \sqrt{\left(\frac{Y}{L} \cdot \Delta Y\right)^2 + \left(\frac{Z}{L} \cdot \Delta Z\right)^2}, \quad L_{yz} \approx 1700 \text{ mm.}$$

$$\tilde{\Delta L}_{yz} \approx 50 \mu\text{m.}$$

* 3D-meetonauwkeurigheid

X, Y, Z-ruimte

$$\tilde{\Delta L}_{xyz} = \sqrt{\left(\frac{X}{L} \cdot \Delta X\right)^2 + \left(\frac{Y}{L} \cdot \Delta Y\right)^2 + \left(\frac{Z}{L} \cdot \Delta Z\right)^2} \cdot L_{xyz} \approx 2623 \text{ mm.}$$
$$\tilde{\Delta L}_{xyz} \approx 60 \text{ } \mu\text{m.}$$

5. Conclusies

Ten aanzien van de deelmetingen kan gesteld worden dat enkele afwijkingsbronnen relatief grote afwijkingen vertonen. Hiertoe behoren:

- rechtheidsafwijkingen T_{zy} en T_{zx} . T_{zy} is het "doorhangen" van de y-as bij uitschuiven, T_{zx} is het "hol" zijn van de X-geleiding in de Z-richting gemeten.
- rotatieafwijkingen R_{xy} en R_{yy} . R_{yy} ontstaat t.g.v. het doorbuigen of krom zijn van de Y-as, deze hangt samen met T_{zy} . R_{yy} is de rotatie om de Y-as, deze heeft pas invloed bij grote tasterlengtes in Z- of X-richting.
- de meettafel voldoet aan de specificaties voor de vlakheid zoals deze zijn vastgelegd in DIN 876/II.
Uit testmetingen is gebleken dat de invloed van het tastsysteem klein is vergeleken met de voorkomende systematische afwijkingen.
- doorrekening van de afwijkingen als hiervoor beschreven leidt tot de volgende conclusies:

1D-meetonauwkeurigheid:

Zowel $\tilde{\Delta L}_x$, $\tilde{\Delta L}_y$ als $\tilde{\Delta L}_z$ vallen binnen de specificaties, opgegeven als:

$$\Delta L_i \leq 0.03 + \frac{L}{40000} \text{ mm met } \Delta L_i \leq 0.06 \text{ mm.}$$

2D-meetonauwkeurigheid:

Zowel $\tilde{\Delta L}_{xy}$, $\tilde{\Delta L}_{xz}$ als $\tilde{\Delta L}_{yz}$ vallen binnen de specificaties, opgegeven als:

$$\Delta L_{ij} \leq 0.03 + \frac{L}{40000} \text{ mm.}$$

3D-meetonauwkeurigheid:

De 3D-meetonauwkeurigheid $\tilde{\Delta L}_{xyz}$ valt binnen de specificaties, opgegeven als:

$$\Delta L_{xyz} \leq 0.03 + \frac{L}{37000} \text{ mm.}$$

6. Bijlagen: Meetresultaten

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

Allereerst volgen de rotatiemetingen Rij uitgevoerd op gelijke intervallen langs de assen. Zowel de resultaten van de heen- als de retourmeting en gemiddelde zijn gegeven.

In de bijbehorende grafieken zijn deze drie rijen resultaten eveneens gegeven.

De tweede set resultaten betreft de translatiemetingen Tij en daaruit afgeleide haaksheidsmetingen. Ook hier zijn weer heen, retour en gemiddelde meetresultaten gepresenteerd.

Tenslotte zijn de resultaten van de vlakheidsmeting van de meettafel gegeven. Het betreft hier de afwijkingen berekend uit de metingen nadat hierdoor een best-passend vlak is berekend.

STIEFELMAYER 426706

NSA VELDHOVEN

Type meting: Rxx

Meetpositie x:

Datum: 230388

Meetmiddel: el.waterpas

y: 500

Eenheid: bgsec.

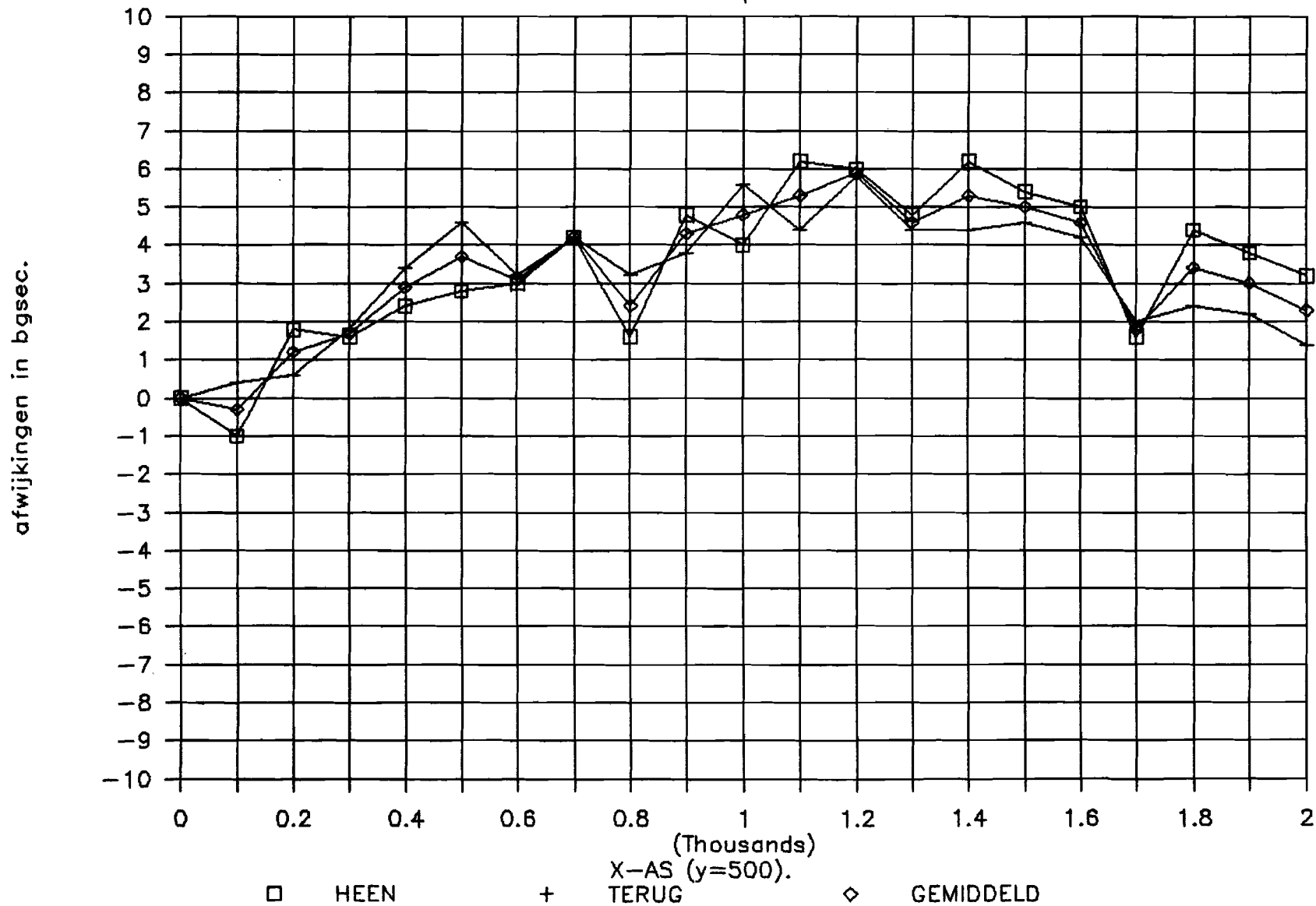
z: 0

Meetposities langs X-AS	Aflezings waterp. in digits. HEEN	Aflezings waterp. in digits. TERUG
0	105	113
100	100	115
200	114	116
300	113	122
400	117	130
500	119	136
600	120	129
700	126	134
800	113	129
900	129	132
1000	125	141
1100	136	135
1200	135	142
1300	129	135
1400	136	135
1500	132	136
1600	130	134
1700	113	123
1800	127	125
1900	124	124
2000	121	120
2100	114	109

Meetpositie langs X-AS	Afwijking in bgsec. HEEN	Afwijking in bgsec. TERUG	Afwijking in bgsec. GEMIDDELD
0	0	0	0,0
100	-1	0,4	-0,3
200	1,8	0,6	1,2
300	1,6	1,8	1,7
400	2,4	3,4	2,9
500	2,8	4,6	3,7
600	3	3,2	3,1
700	4,2	4,2	4,2
800	1,6	3,2	2,4
900	4,8	3,8	4,3
1000	4	5,6	4,8
1100	6,2	4,4	5,3
1200	6	5,8	5,9
1300	4,8	4,4	4,6
1400	6,2	4,4	5,3
1500	5,4	4,6	5,0
1600	5	4,2	4,6
1700	1,6	2	1,8
1800	4,4	2,4	3,4
1900	3,8	2,2	3,0
2000	3,2	1,4	2,3

STIEFELMAYER 426706 NSA VELDHOVEN.

Rt:XX Meetinstr:el.waterp.Datum:230388



STIEFELMAYER 426706

NSA VELDHOVEN

Type meting: Ryx
 Meetmiddel: autocoll.
 Eenheid: bgsec.

Meetpositie x: 0
 y:
 z:

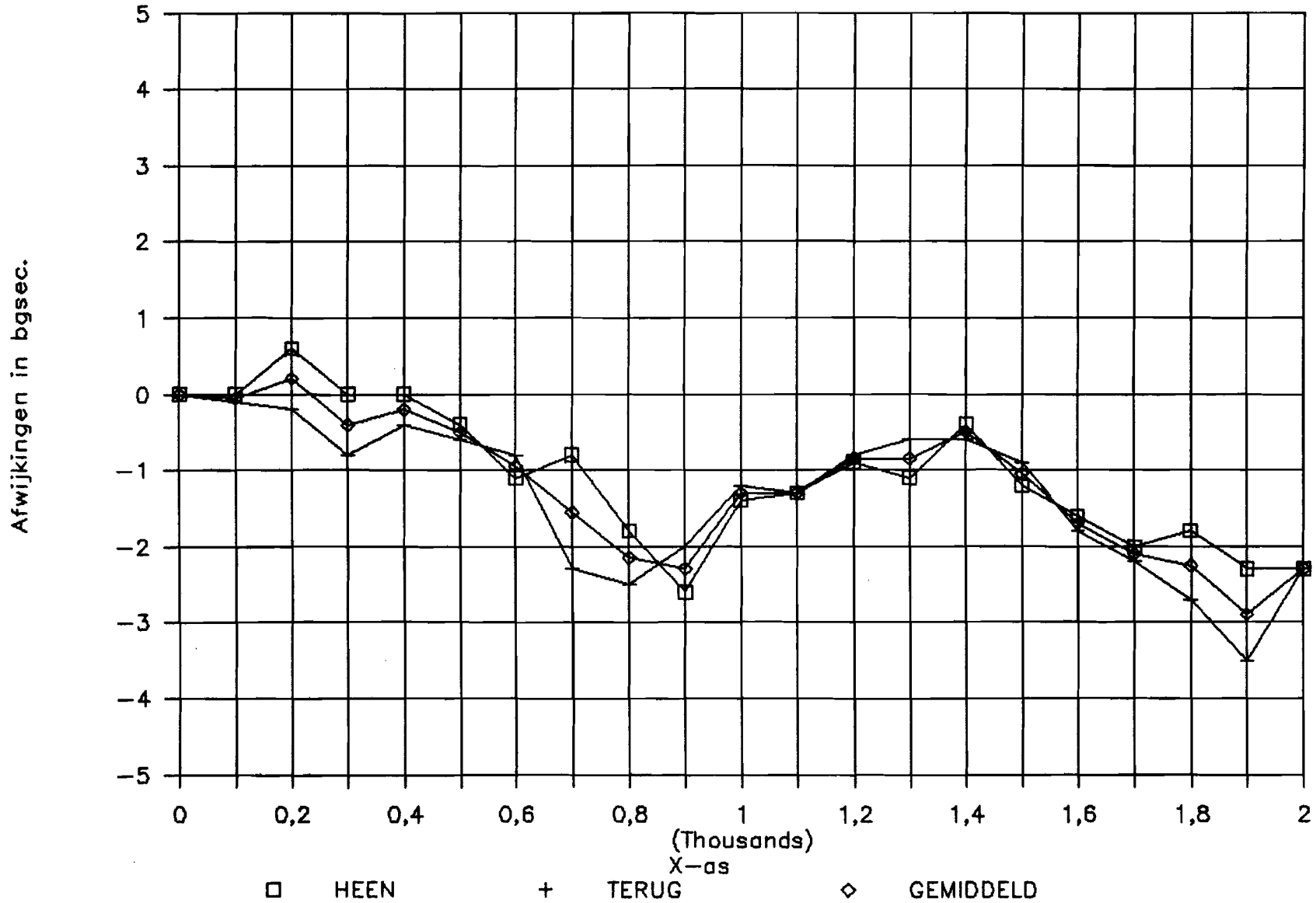
Datum: 230688

Meetposities langs X-AS	Aflezing autocol. in bgsec. HEEN	Aflezing autocol. in bgsec. TERUG
0	7,4	8,8
100	7,4	8,7
200	8	8,6
300	7,4	8
400	7,4	8,4
500	7	8,2
600	6,3	8
700	6,6	6,5
800	5,6	6,3
900	4,8	6,8
1000	6	7,6
1100	6,1	7,5
1200	6,5	8
1300	6,3	8,2
1400	7	8,2
1500	6,2	7,9
1600	5,8	7
1700	5,4	6,6
1800	5,6	6,1
1900	5,1	5,3
2000	5,1	6,5

Meetpositie langs X-AS	Afwijking in bgsec. HEEN	Afwijking in bgsec. TERUG	Afwijking in bg GEMIDDELD
0	0	0	0,0
100	0	-0,1	-0,1
200	0,6	-0,2	0,2
300	0	-0,8	-0,4
400	0	-0,4	-0,2
500	-0,4	-0,6	-0,5
600	-1,1	-0,8	-1,0
700	-0,8	-2,3	-1,6
800	-1,8	-2,5	-2,2
900	-2,6	-2	-2,3
1000	-1,4	-1,2	-1,3
1100	-1,3	-1,3	-1,3
1200	-0,9	-0,8	-0,9
1300	-1,1	-0,6	-0,9
1400	-0,4	-0,6	-0,5
1500	-1,2	-0,9	-1,1
1600	-1,6	-1,8	-1,7
1700	-2	-2,2	-2,1
1800	-1,8	-2,7	-2,3
1900	-2,3	-3,5	-2,9
2000	-2,3	-2,3	-2,3

STIEFELMAYER 426706 NSA VELDHOVEN.

Rt:YX Meetinstr:autocoll. Datum:230688



STIEFELMAYER 426706

NSA VELDHOVEN

Type meting: Rzx
 Meetmiddel: autocoll.
 Eenheid: bgsec.

Meetpositie x: 0
 y: 0
 z: 0

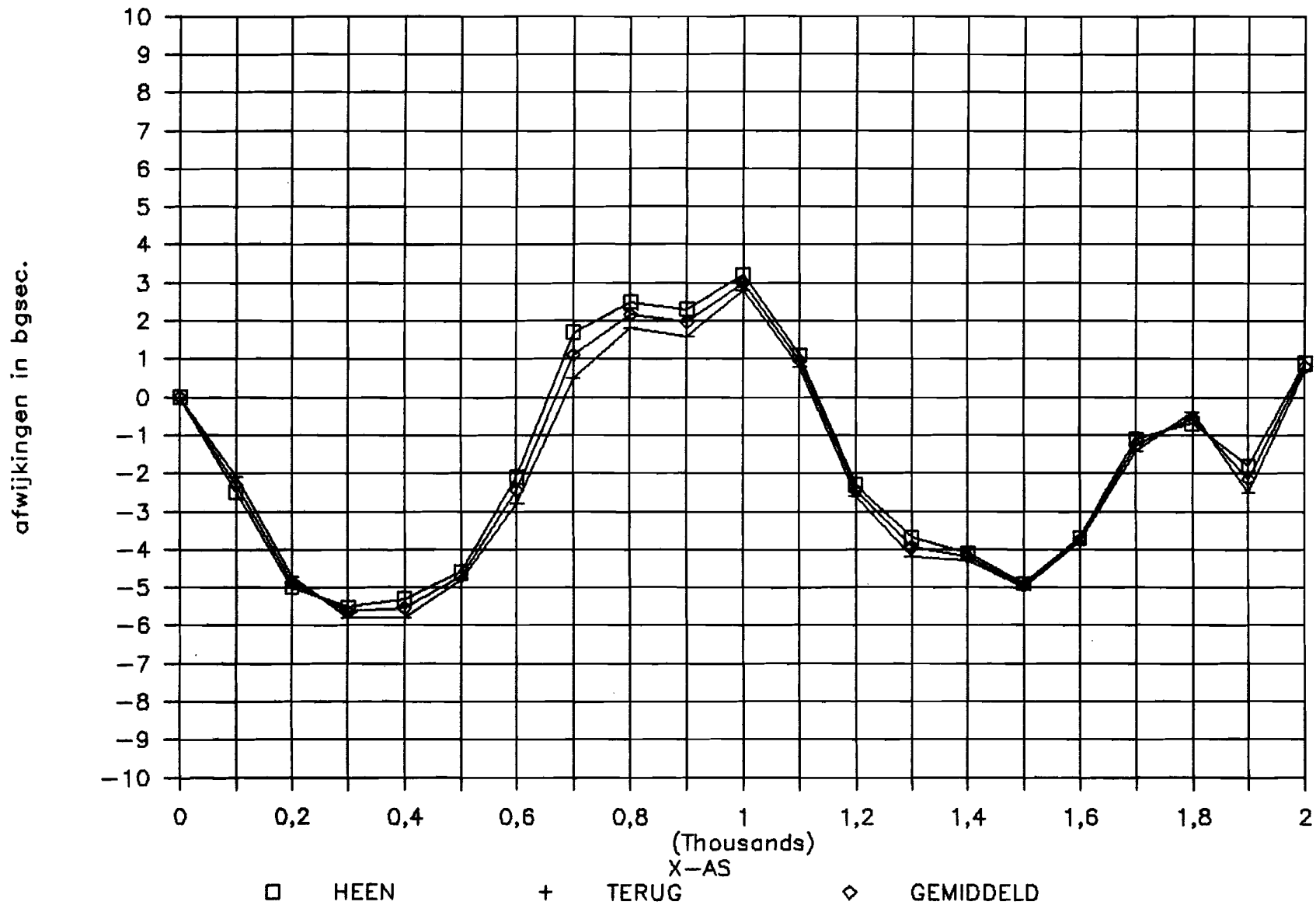
Datum: 230688

Meetposities langs X-AS	Aflezings autocol. in bgsec. HEEN	Aflezings autocol. in bgsec. TERUG
0	21,8	22,5
100	19,3	20,4
200	16,8	17,8
300	16,3	16,7
400	16,5	16,7
500	17,2	17,7
600	19,7	19,7
700	23,5	23
800	24,3	24,3
900	24,1	24,1
1000	25	25,3
1100	22,9	23,3
1200	19,5	19,9
1300	18,1	18,3
1400	17,7	18,2
1500	16,9	17,5
1600	18,1	18,7
1700	20,7	21,1
1800	21,1	22,1
1900	20	20
2000	22,7	23,2

Meetpositie langs X-AS	Afwijking in bgsec. HEEN	Afwijking in bgsec. TERUG	Afwijking in bg GEMIDDELD
0	0	0	0,0
100	-2,5	-2,1	-2,3
200	-5	-4,7	-4,9
300	-5,5	-5,8	-5,7
400	-5,3	-5,8	-5,6
500	-4,6	-4,8	-4,7
600	-2,1	-2,8	-2,5
700	1,7	0,5	1,1
800	2,5	1,8	2,2
900	2,3	1,6	2,0
1000	3,2	2,8	3,0
1100	1,1	0,8	0,9
1200	-2,3	-2,6	-2,5
1300	-3,7	-4,2	-3,9
1400	-4,1	-4,3	-4,2
1500	-4,9	-5	-5,0
1600	-3,7	-3,8	-3,8
1700	-1,1	-1,4	-1,3
1800	-0,7	-0,4	-0,5
1900	-1,8	-2,5	-2,2
2000	0,9	0,7	0,8

STIEFELMAYER 426706 NSA VELDHOVEN.

Rt:ZX Meetinstr:autocoll. Datum:230688



STIEFELMAYER 426706

NSA VELDHOVEN

Type meting: Rxy
Meetmiddel: autocoll.
Eenheid: bgsec.

Meetpositie x:
y: 0
z:

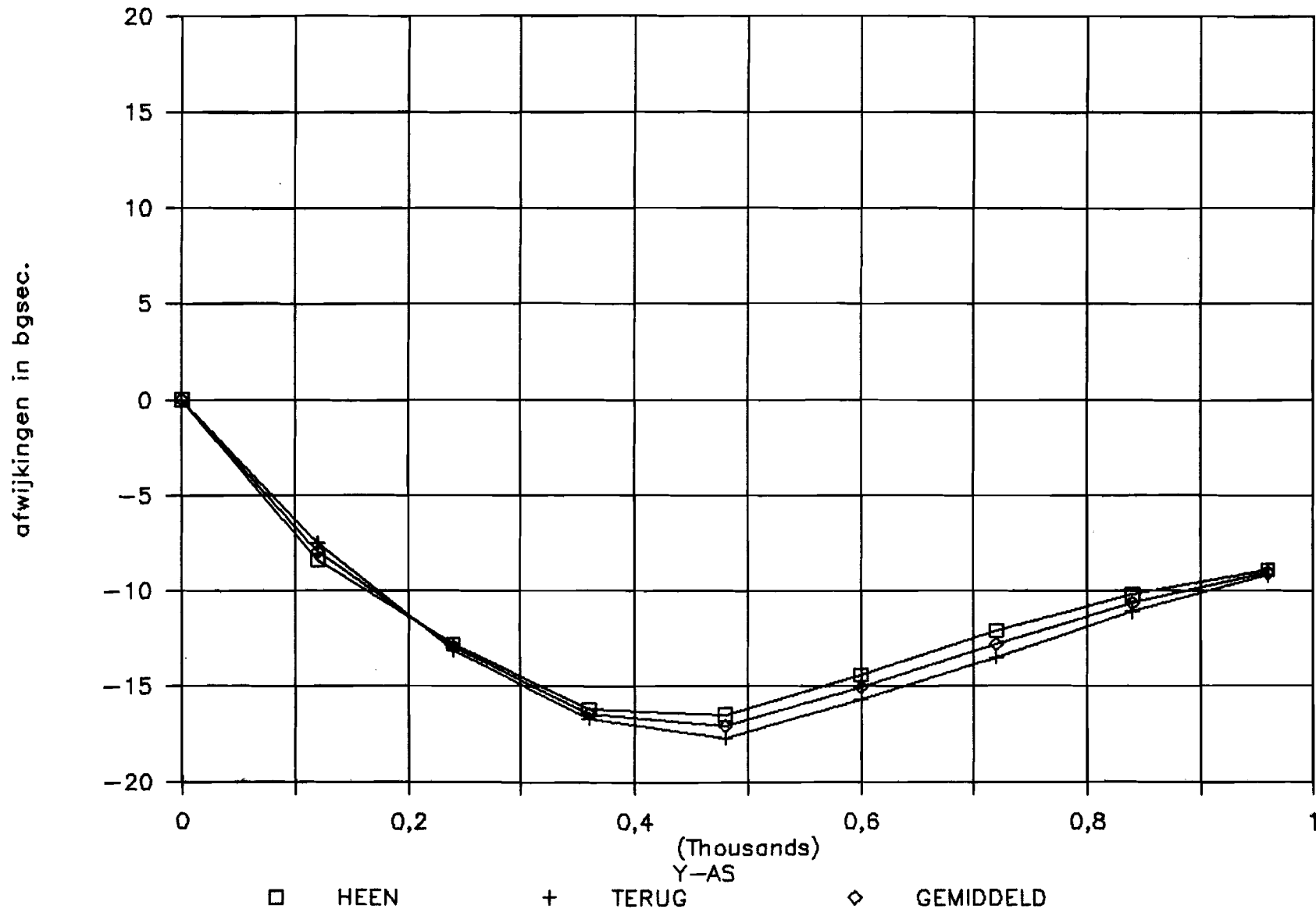
Datum: 230688

Meetposities langs Y-AS	Aflezings autocol. in bgsec. HEEN	Aflezings autocol. in bgsec. TERUG
0,0	74,0	73,7
120,0	65,6	66,2
240,0	61,2	60,6
360,0	57,8	57,0
480,0	57,5	56,0
600,0	59,6	58,0
720,0	61,9	60,2
840,0	63,8	62,6
960,0	65,1	64,5

Meetpositie langs Y-AS	Afwijking in bgsec. HEEN	Afwijking in bgsec. TERUG	Afwijking in bgsec. GEMIDDELD
0,0	0,0	0,0	0,0
120,0	-8,4	-7,5	-8,0
240,0	-12,8	-13,1	-13,0
360,0	-16,2	-16,7	-16,5
480,0	-16,5	-17,7	-17,1
600,0	-14,4	-15,7	-15,1
720,0	-12,1	-13,5	-12,8
840,0	-10,2	-11,1	-10,7
960,0	-8,9	-9,2	-9,1

STIEFELMAYER 426706 NSA VELDHOVEN.

Rt:XY Meetinstr:autocoll. Datum:230688



STIEFELMAYER 426706

NSA VELDHOVEN

Type meting: Ryy
Meetmiddel: el. waterpas.
Eenheid: bgsec.

Meetpositie x:
y: 0
z: 0

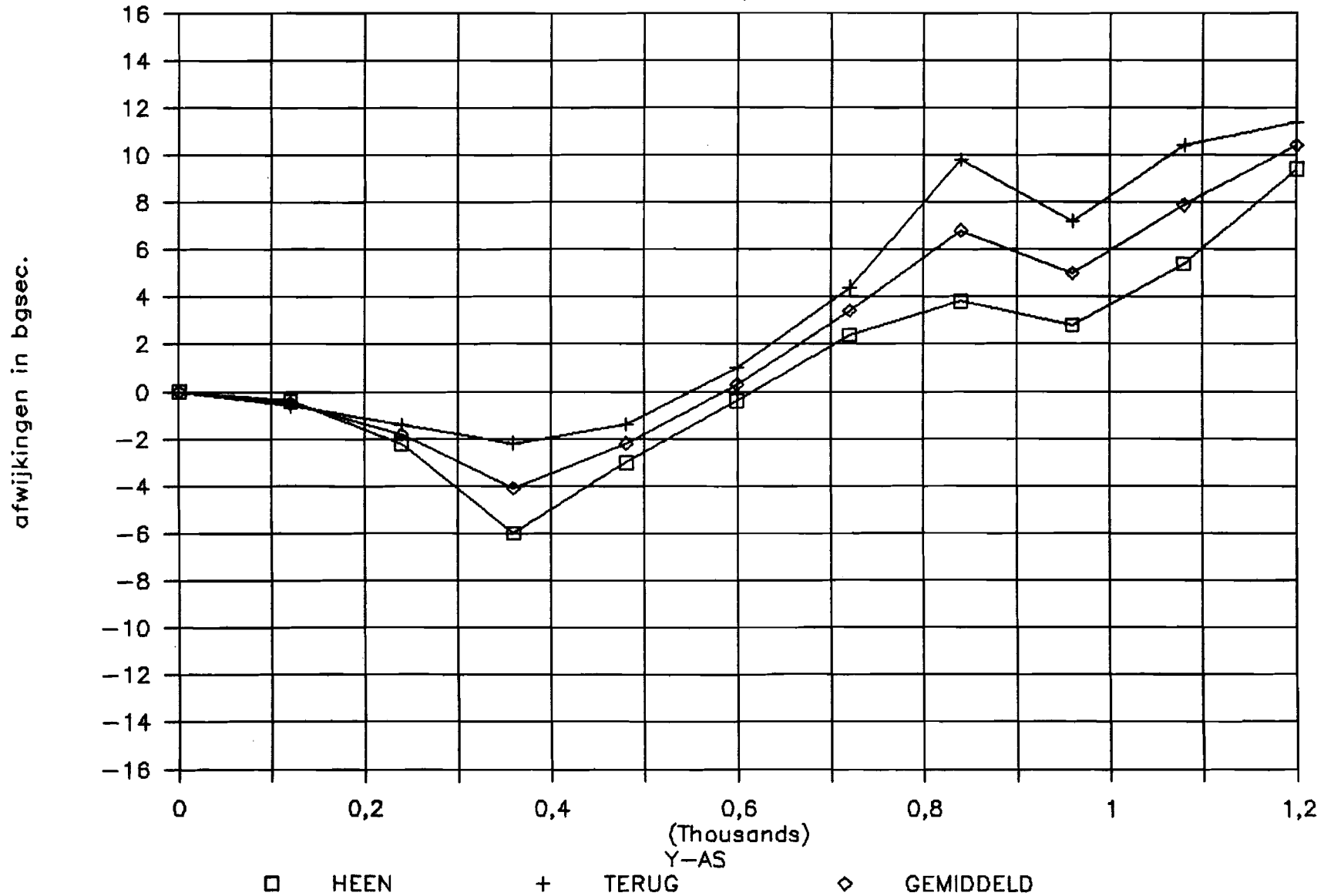
Datum: 230388

Meetposities langs Y-AS	Aflezings waterp. in digits. HEEN	Aflezings waterp. in digits. TERUG
0	105	93
120	103	90
240	94	86
360	75	82
480	90	86
600	103	98
720	117	115
840	124	142
960	119	129
1080	132	145
1200	152	150

Meetpositie langs Y-AS	Afwijking in bgsec. HEEN	Afwijking in bgsec. TERUG	Afwijking in bgsec. GEMIDDELD
0	0	0	0,0
120	-0,4	-0,6	-0,5
240	-2,2	-1,4	-1,8
360	-6	-2,2	-4,1
480	-3	-1,4	-2,2
600	-0,4	1	0,3
720	2,4	4,4	3,4
840	3,8	9,8	6,8
960	2,8	7,2	5,0
1080	5,4	10,4	7,9
1200	9,4	11,4	10,4

STIEFELMAYER 426706 NSA VELDHOVEN.

Rt:YY Meetinstr:el.waterp.Datum:220388



STIEFELMAYER 426706

NSA VELDHOVEN

Type meting: Rzy
Meetmiddel: autocoll.
Eenheid: bgsec.

Meetpositie x:
y: 0
z:

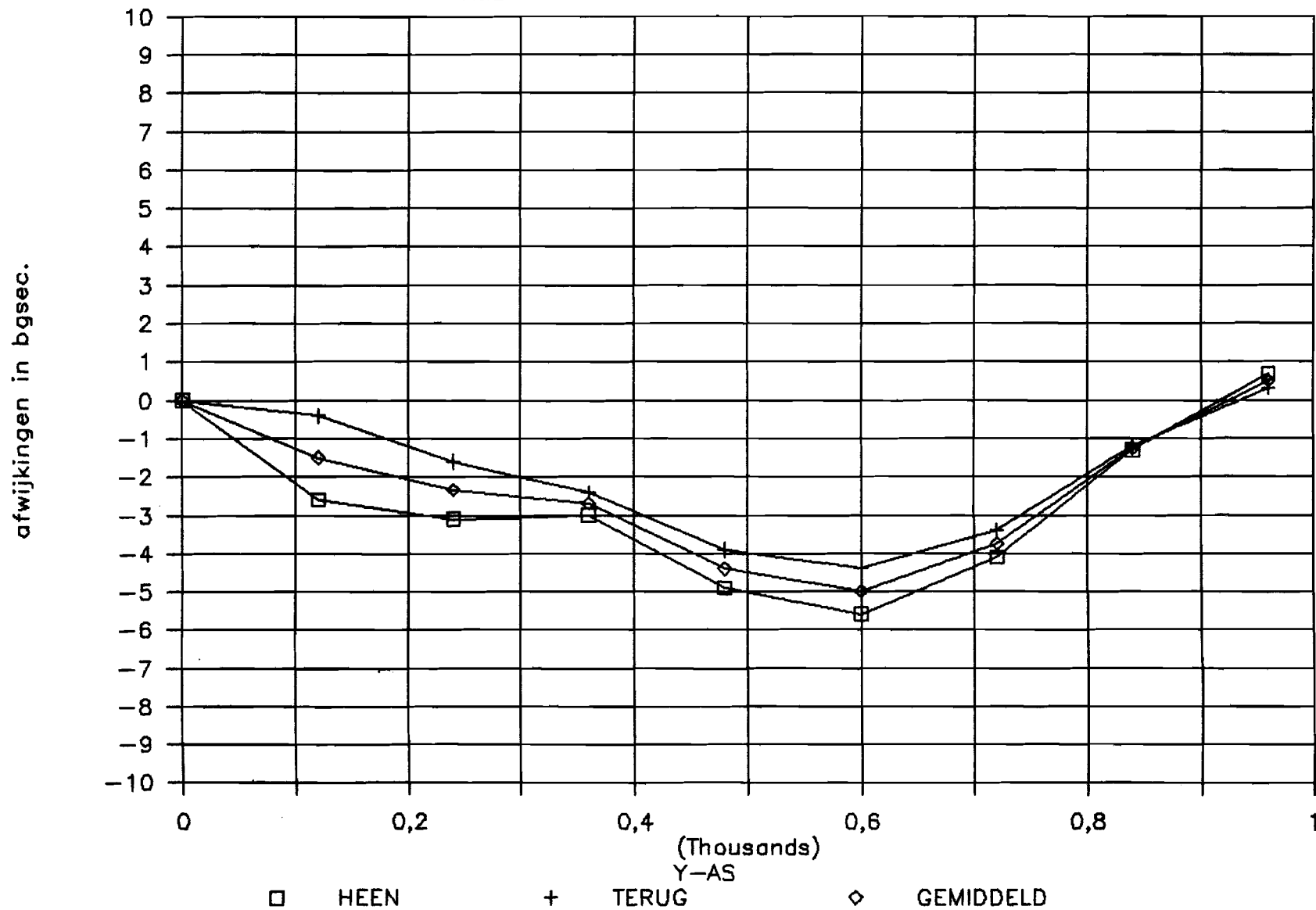
Datum: 230688

Meetposities langs Y-AS	Aflezings autocol. in bgsec. HEEN	Aflezings autocol. in bgsec. TERUG
0	8,3	8,9
120	5,7	8,5
240	5,2	7,3
360	5,3	6,5
480	3,4	5
600	2,7	4,5
720	4,2	5,5
840	7	7,7
960	9	9,2

Meetpositie langs Y-AS	Afwijking in bgsec. HEEN	Afwijking in bgsec. TERUG	Afwijking in bgsec. GEMIDDELD
0	0	0	0,0
120	-2,6	-0,4	-1,5
240	-3,1	-1,6	-2,4
360	-3	-2,4	-2,7
480	-4,9	-3,9	-4,4
600	-5,6	-4,4	-5,0
720	-4,1	-3,4	-3,8
840	-1,3	-1,2	-1,3
960	0,7	0,3	0,5

STIEFELMAYER 426706 NSA VELDHOVEN.

Rt:ZY Meetinstr:autocoll. Datum:230688



STIEFELMAYER 426706

NSA VELDHOVEN

Type meting: Rxz

Meetpositie x:

Datum: 230388

Meetmiddel: el. waterpas.

y: 600

Eenheid: bgsec.

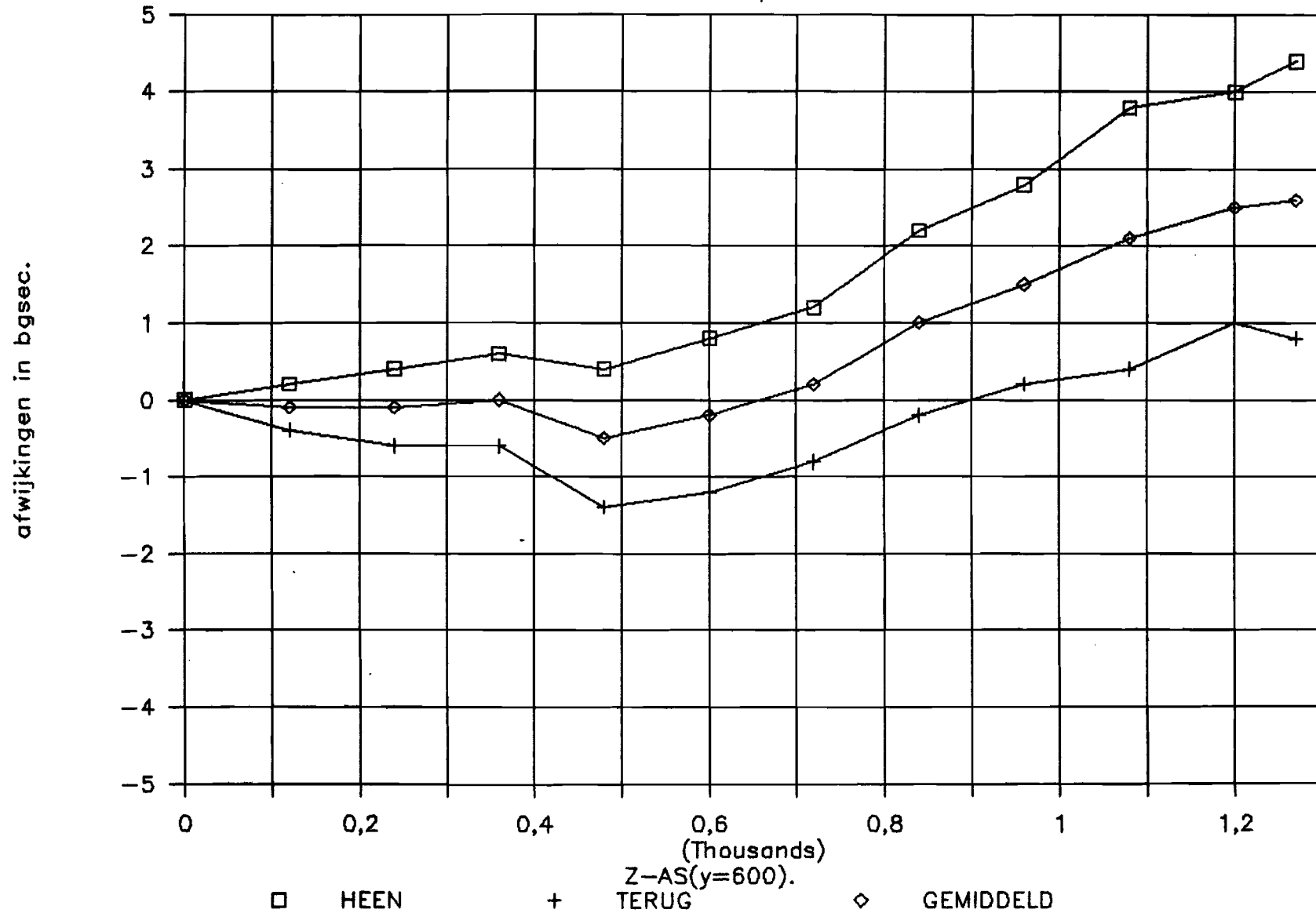
z: 0

Meetposities langs Z-AS	Aflezings waterp. in digits. HEEN	Aflezings waterp. in digits. TERUG
0	405	423
120	406	421
240	407	420
360	408	420
480	407	416
600	409	417
720	411	419
840	416	422
960	419	424
1080	424	425
1200	425	428
1270	427	427

Meetpositie langs Z-AS	Afwijking in bgsec. HEEN	Afwijking in bgsec. TERUG	Afwijking in bgsec. GEMIDDELD
0	0	0	0,0
120	0,2	-0,4	-0,1
240	0,4	-0,6	-0,1
360	0,6	-0,6	0,0
480	0,4	-1,4	-0,5
600	0,8	-1,2	-0,2
720	1,2	-0,8	0,2
840	2,2	-0,2	1,0
960	2,8	0,2	1,5
1080	3,8	0,4	2,1
1200	4	1	2,5
1270	4,4	0,8	2,6

STIEFELMAYER 426706 NSA VELDHOVEN.

Rt:XZ Meetinstr:el.waterp.Datum:230388



STIEFELMAYER 426706

NSA VELDHOVEN

Type meting: Ryz

Meetpositie x:

Datum: 230388

Meetmiddel: el. waterpas.

y: 600

Eenheid: bgsec.

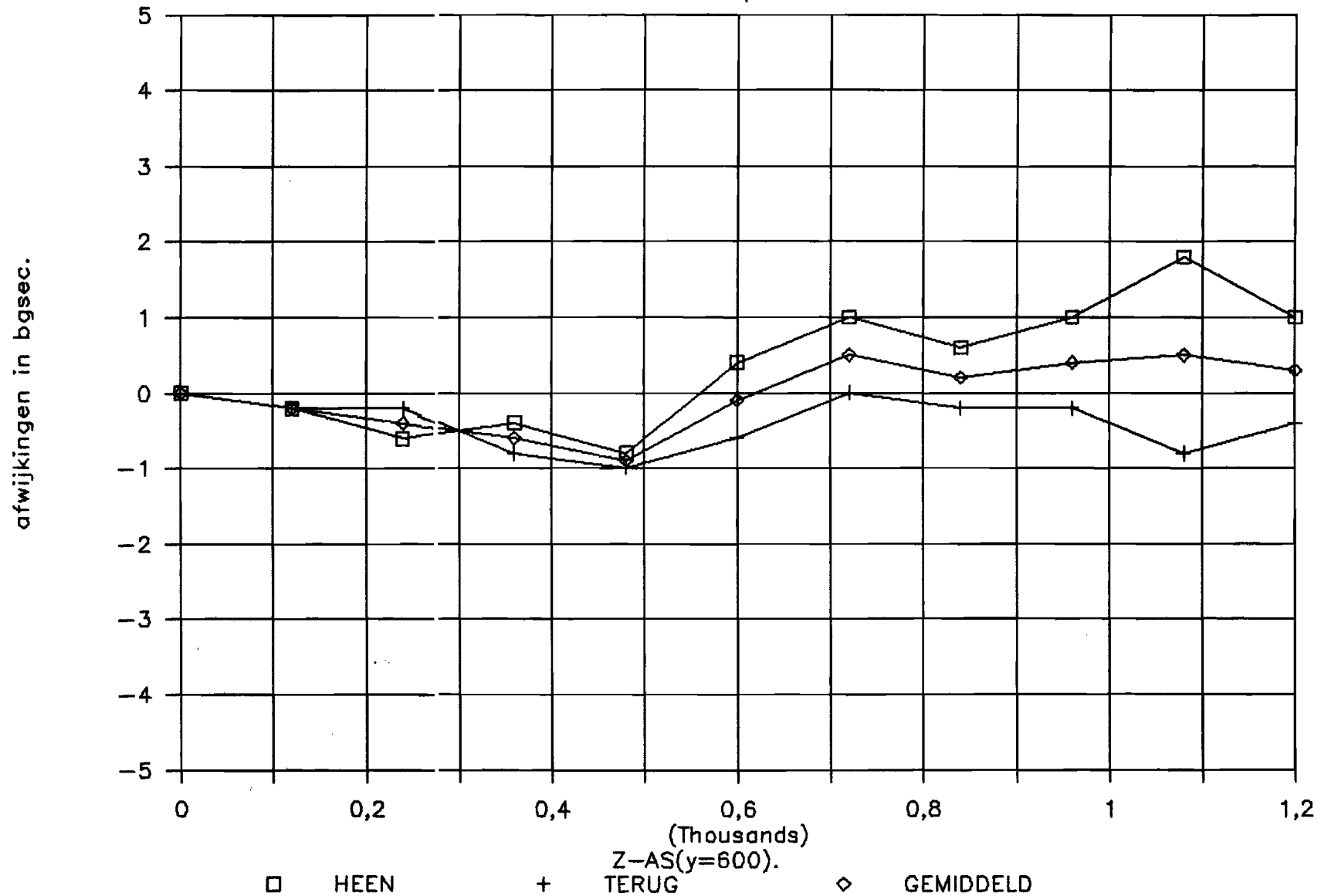
z: 0

Meetposities langs Z-AS	Aflezings waterp. in digits. HEEN	Aflezings waterp. in digits. TERUG
0	225	237
120	224	236
240	222	236
360	223	233
480	221	232
600	227	234
720	230	237
840	228	236
960	230	236
1080	234	233
1200	230	235

Meetpositie langs Z-AS	Afwijking in bgsec. HEEN	Afwijking in bgsec. TERUG	Afwijking in bgsec. GEMIDDELD
0	0	0	0,0
120	-0,2	-0,2	-0,2
240	-0,6	-0,2	-0,4
360	-0,4	-0,8	-0,6
480	-0,8	-1	-0,9
600	0,4	-0,6	-0,1
720	1	0	0,5
840	0,6	-0,2	0,2
960	1	-0,2	0,4
1080	1,8	-0,8	0,5
1200	1	-0,4	0,3

STIEFELMAYER 426706 NSA VELDHOVEN.

Rt:YZ Meetinstr:el.waterp.Datum:230388



STIEFELMAYER 426706

NSA VELDHOVEN

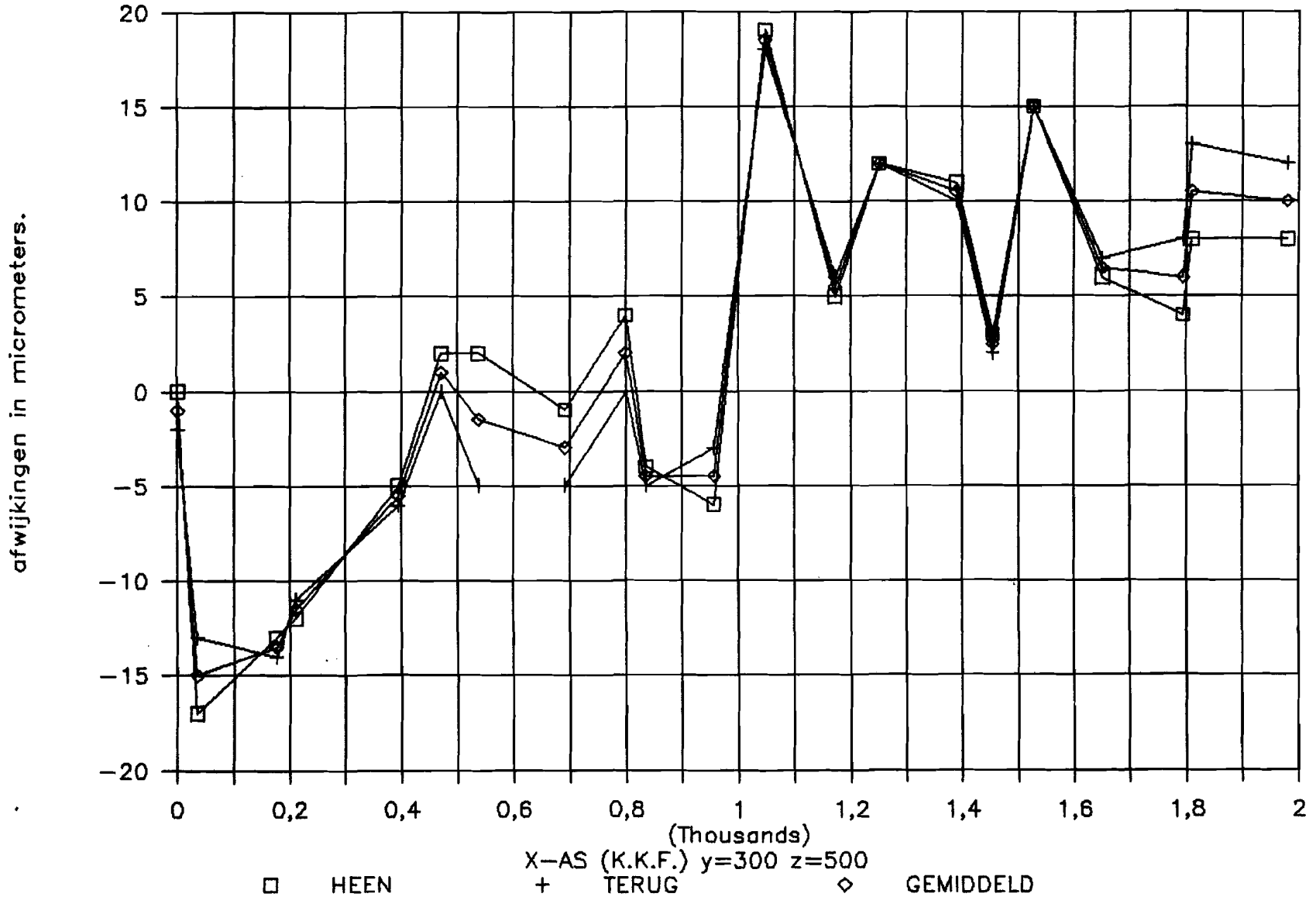
Type meting: Txx (K.K.F.) Meetpositie x: 0 Datum: 240688
 Meetmiddel: laserint. y: 300
 Eenheid: micrometers z: 500

Machine in mm. X-AS HEEN	Aflezings laser in mm. HEEN	Vershil in micrometers HEEN
0,000	0,000	0
34,674	34,657	-17
176,320	176,307	-13
211,433	211,421	-12
394,418	394,413	-5
471,441	471,443	2
536,958	536,960	2
691,336	691,335	-1
798,880	798,884	4
835,558	835,554	-4
957,226	957,220	-6
1046,551	1046,570	19
1173,441	1173,446	5
1250,632	1250,644	12
1389,743	1389,754	11
1455,462	1455,465	3
1527,735	1527,750	15
1651,422	1651,428	6
1795,010	1795,014	4
1810,129	1810,137	8
1980,087	1980,095	8

Machine in mm. X-AS TERUG	Aflezings laser in mm. TERUG	Vershil in microm. TERUG	Gemiddelde in microm. HEEN-TERUG
0,000	-0,002	-2	-1
34,674	34,661	-13	-15
176,320	176,306	-14	-13
211,433	211,422	-11	-11
394,418	394,412	-6	-6
471,441	471,441	0	1
536,958	536,953	-5	-1
691,336	691,331	-5	-3
798,880	798,880	0	2
835,558	835,553	-5	-5
957,226	957,223	-3	-5
1046,551	1046,569	18	19
1173,441	1173,447	6	5
1250,632	1250,644	12	12
1389,743	1389,753	10	10
1455,462	1455,464	2	2
1527,735	1527,750	15	15
1651,422	1651,429	7	7
1795,010	1795,018	8	6
1810,129	1810,142	13	11
1980,087	1980,099	12	10

STIEFELMAYER 426706 NSA VELDHOVEN.

Tr:XX Meetinstr:laser.Datum:240688



STIEFELMAYER 426706

NSA VELDHOVEN

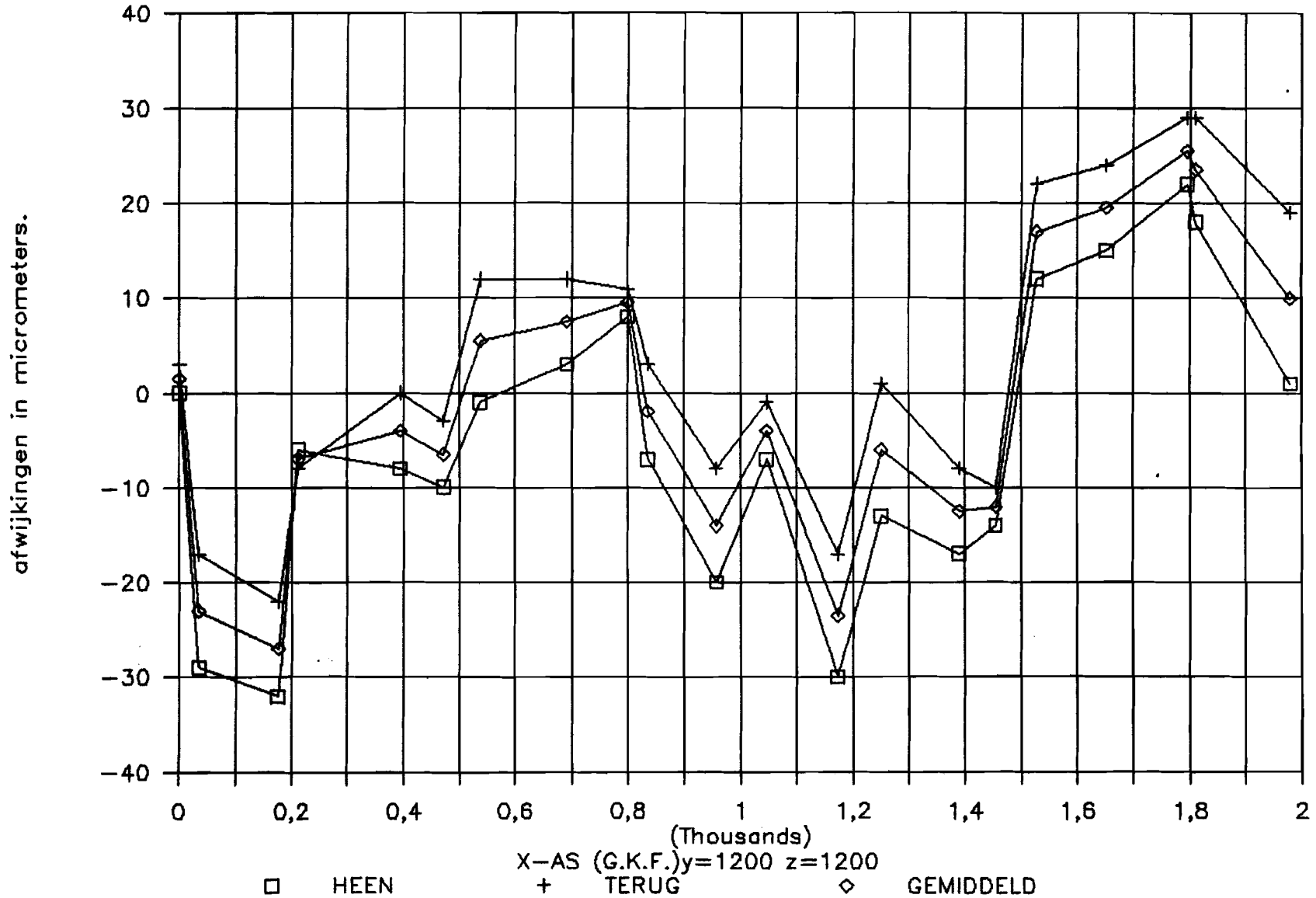
Type meting: Txx (G.K.F.) Meetpositie x: 0 Datum: 240688
 Meetmiddel: laserint. y: 1200
 Eenheid: micrometers. z: 1200

Machine in mm. X-AS HEEN	Aflezings laser in mm. HEEN	Vershil in micrometers HEEN
0,000	0,000	0
34,674	34,645	-29
176,320	176,288	-32
211,433	211,427	-6
394,418	394,410	-8
471,441	471,431	-10
536,958	536,957	-1
691,336	691,339	3
798,880	798,888	8
835,558	835,551	-7
957,226	957,206	-20
1046,551	1046,544	-7
1173,441	1173,411	-30
1250,632	1250,619	-13
1389,743	1389,726	-17
1455,462	1455,448	-14
1527,735	1527,747	12
1651,422	1651,437	15
1795,010	1795,032	22
1810,129	1810,147	18
1980,087	1980,088	1

Machine in mm. X-AS TERUG	Aflezings laser in mm. TERUG	Vershil in microm. TERUG	Gemiddelde in microm. HEEN-TERUG
0,000	0,003	3	2
34,674	34,657	-17	-23
176,320	176,298	-22	-27
211,433	211,425	-8	-7
394,418	394,418	0	-4
471,441	471,438	-3	-6
536,958	536,970	12	6
691,336	691,348	12	7
798,880	798,891	11	10
835,558	835,561	3	-2
957,226	957,218	-8	-14
1046,551	1046,550	-1	-4
1173,441	1173,424	-17	-24
1250,632	1250,633	1	-6
1389,743	1389,735	-8	-12
1455,462	1455,452	-10	-12
1527,735	1527,757	22	17
1651,422	1651,446	24	19
1795,010	1795,039	29	25
1810,129	1810,158	29	24
1980,087	1980,106	19	10

STIEFELMAYER 426706 NSA VELDHOVEN.

Tr:XX Meetinstr:laser.Datum:240688



STIEFELMAYER 426706

NSA VELDHOVEN

Type meting: Tyx

Meetpositie x: 0

Datum: 230388

Meetmiddel: richtkijker

y: 0

Eenheid: 0.01 mm.

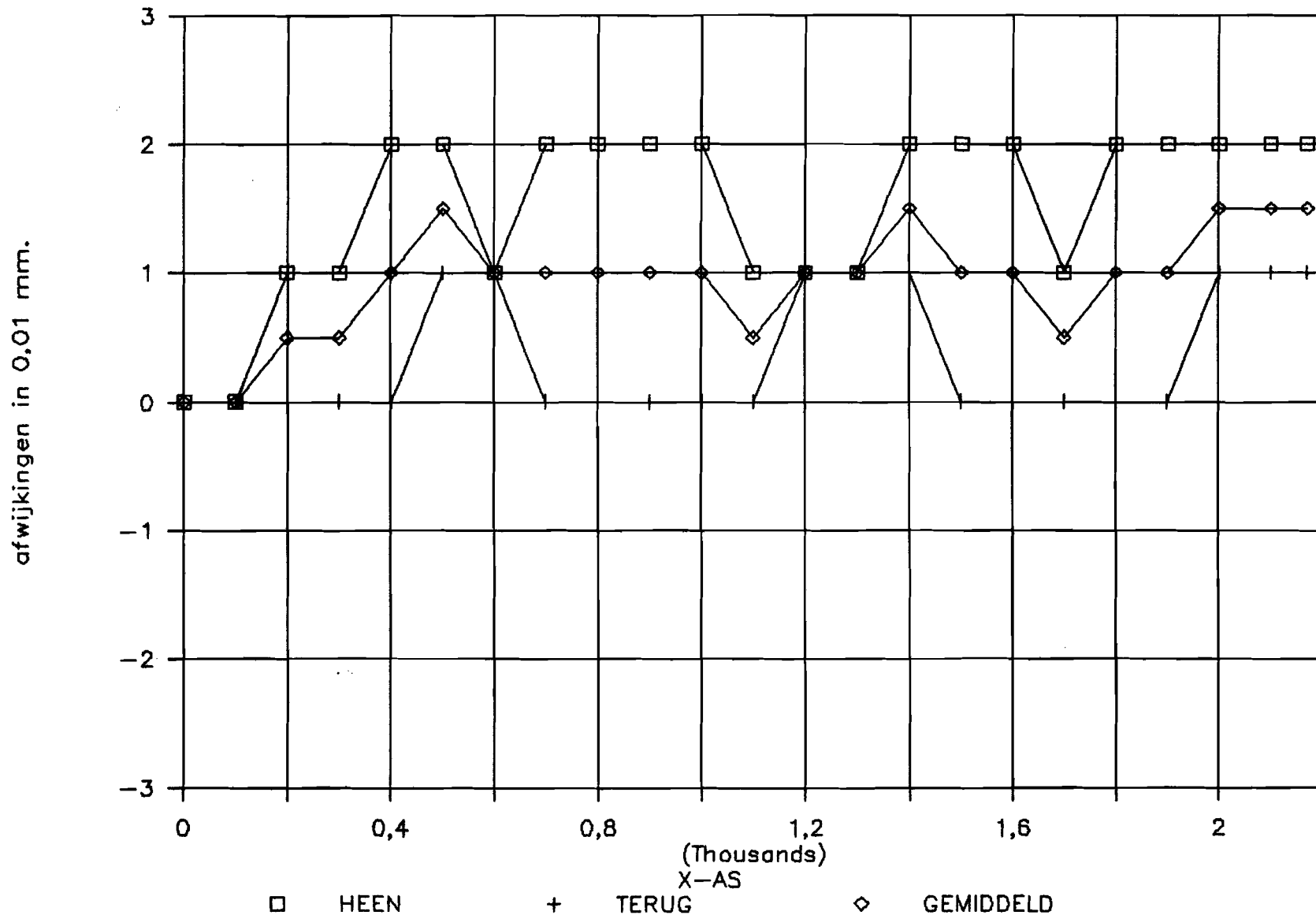
z: 0

Meetposities langs X-AS	Aflezingsrichtk. in 0,01 mm. HEEN	Aflezingsrichtk. in 0,01 mm. TERUG
0	15	16
100	15	16
200	16	16
300	16	16
400	17	16
500	17	17
600	16	17
700	17	16
800	17	16
900	17	16
1000	17	16
1100	16	16
1200	16	17
1300	16	17
1400	17	17
1500	17	16
1600	17	16
1700	16	16
1800	17	16
1900	17	16
2000	17	17
2100	17	17
2170	17	17

Meetpositie langs Y-AS	Afwijking in 0,01 mm. HEEN	Afwijking in 0,01 mm. TERUG	Afwijking in 0,01 mm. GEMIDDELD
0	0	0	0,0
100	0	0	0,0
200	1	0	0,5
300	1	0	0,5
400	2	0	1,0
500	2	1	1,5
600	1	1	1,0
700	2	0	1,0
800	2	0	1,0
900	2	0	1,0
1000	2	0	1,0
1100	1	0	0,5
1200	1	1	1,0
1300	1	1	1,0
1400	2	1	1,5
1500	2	0	1,0
1600	2	0	1,0
1700	1	0	0,5
1800	2	0	1,0
1900	2	0	1,0
2000	2	1	1,5
2100	2	1	1,5
2170	2	1	1,5

STIEFELMAYER 426706 NSA VELDHOVEN.

Tr:YX Meetinstr: Richtk. Datum:220388



STIEFELMAYER 426706

NSA VELDHOVEN

Type meting: Tzx.

Meetpositie x: 0

Datum: 220388

Meetmiddel: richtkijker

y: 0

Eenheid: 0.01 mm.

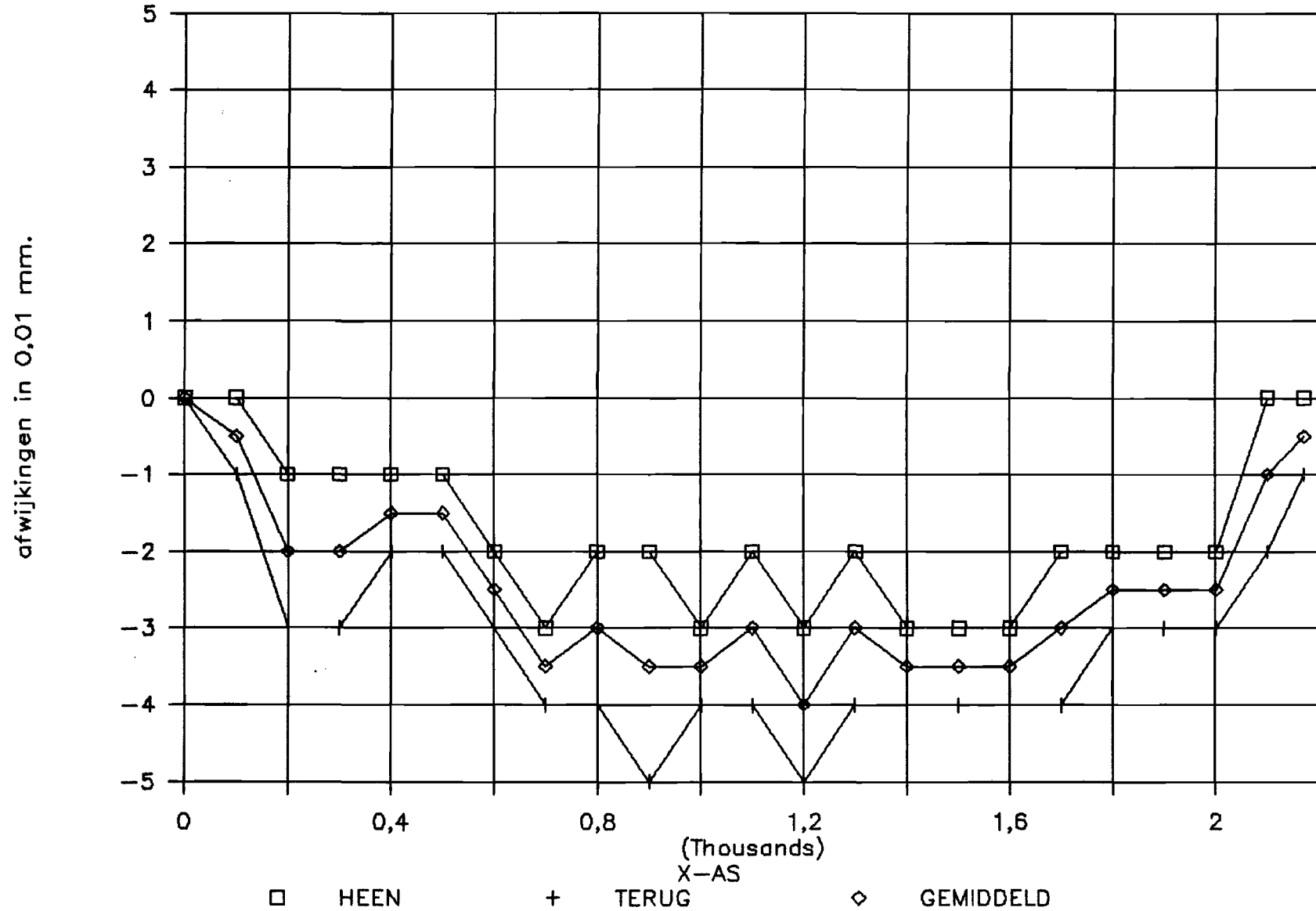
z: 0

Meetposities langs X-AS	Aflecting richtk. in 0,01 mm. HEEN	Aflecting richtk. in 0,01 mm. TERUG
	0	57
100	57	57
200	56	55
300	56	55
400	56	56
500	56	56
600	55	55
700	54	54
800	55	54
900	55	53
1000	54	54
1100	55	54
1200	54	53
1300	55	54
1400	54	54
1500	54	54
1600	54	54
1700	55	54
1800	55	55
1900	55	55
2000	55	55
2100	57	56
2170	57	57

Meetpositie langs Y-AS	Afwijking in 0,01 mm. HEEN	Afwijking in 0,01 mm. TERUG	Afwijking in 0,01 mm. GEMIDDELD
	0	0	0
100	0	-1	-0,5
200	-1	-3	-2,0
300	-1	-3	-2,0
400	-1	-2	-1,5
500	-1	-2	-1,5
600	-2	-3	-2,5
700	-3	-4	-3,5
800	-2	-4	-3,0
900	-2	-5	-3,5
1000	-3	-4	-3,5
1100	-2	-4	-3,0
1200	-3	-5	-4,0
1300	-2	-4	-3,0
1400	-3	-4	-3,5
1500	-3	-4	-3,5
1600	-3	-4	-3,5
1700	-2	-4	-3,0
1800	-2	-3	-2,5
1900	-2	-3	-2,5
2000	-2	-3	-2,5
2100	0	-2	-1,0
2170	0	-1	-0,5

STIEFELMAYER 426706 NSA VELDHOVEN.

Tr:ZX Meetinstr: Richtk. Datum:220388



STIEFELMAYER 426706

NSA VELDHOVEN

Type meting: Txy(haaks xy) Meetpositie x:
 Meetmiddel: richtkijker y: 0
 Eenheid: 0.01 mm. z: 0

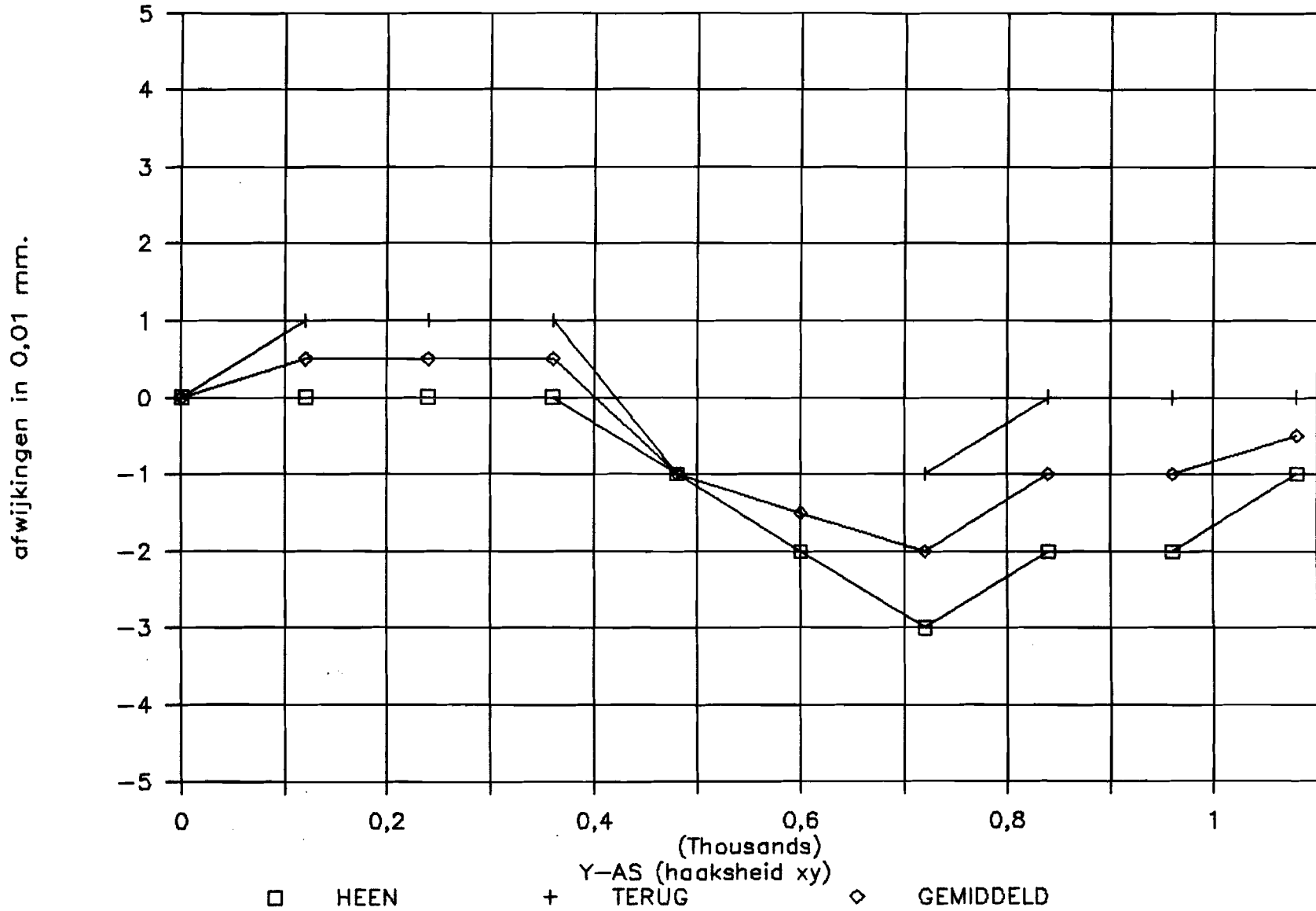
Datum: 220388

Meetposities langs Y-AS	Aflecting richtk. in 0,01 mm. HEEN	Aflecting richtk. in 0,01 mm. TERUG
0	27	26
120	27	27
240	27	27
360	27	27
480	26	25
600	25	25
720	24	25
840	25	26
960	25	26
1080	26	26

Meetpositie langs Y-AS	Afwijking in 0,01 mm. HEEN	Afwijking in 0,01 mm. TERUG	Afwijking in 0,01 mm. GEMIDDELD
0	0	0	0,0
120	0	1	0,5
240	0	1	0,5
360	0	1	0,5
480	-1	-1	-1,0
600	-2	-1	-1,5
720	-3	-1	-2,0
840	-2	0	-1,0
960	-2	0	-1,0
1080	-1	0	-0,5

STIEFELMAYER 426706 NSA VELDHOVEN.

Tr:XY Meetinstr: Richtk. Datum:220388



STIEFELMAYER 426706

NSA VELDHOVEN

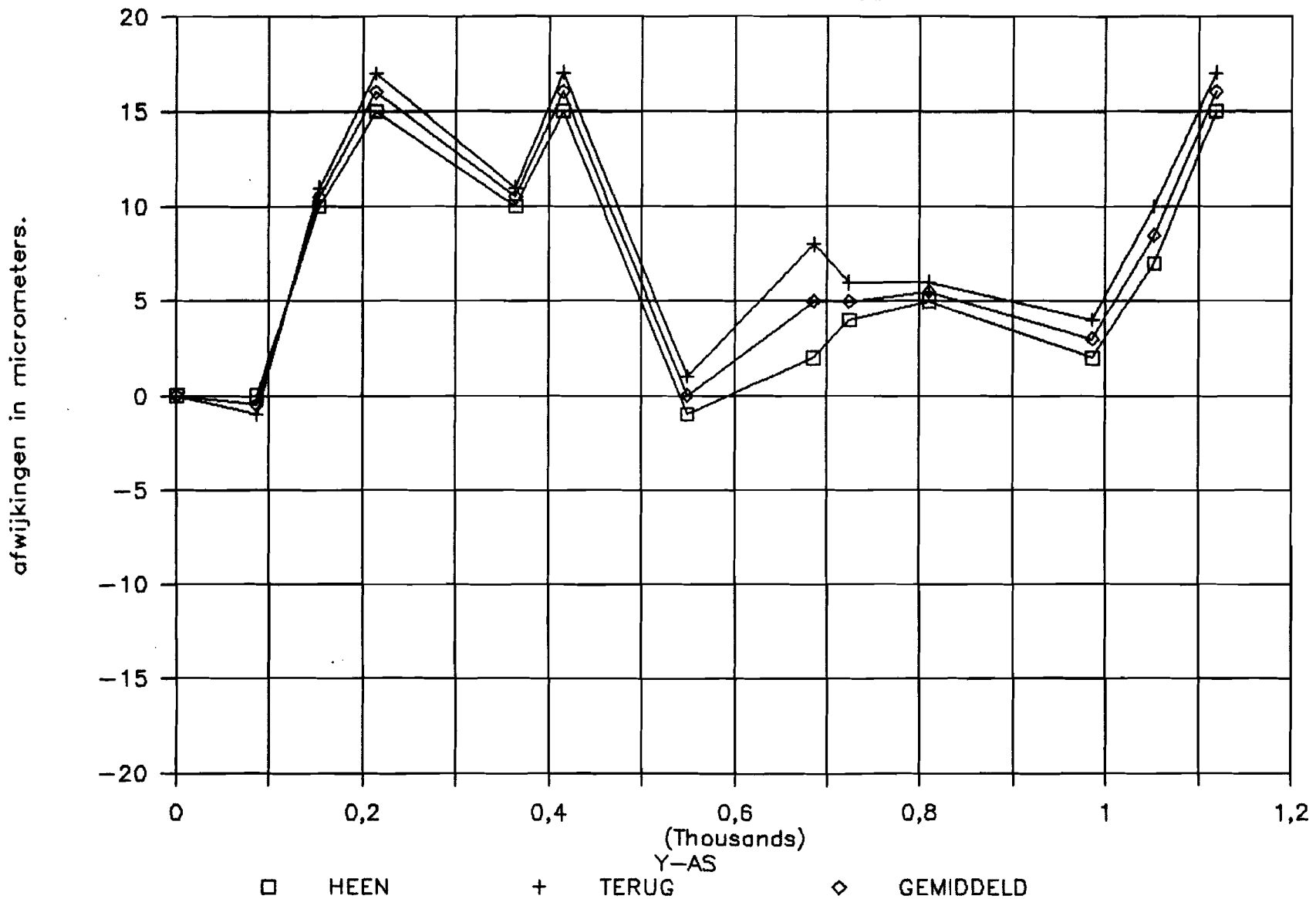
Type meting: Tyy Meetpositie x: 2000 Datum: 240388
 Meetmiddel: laserint. y: 0
 Eenheid: micrometers z: 20

Machine in mm. Z-AS HEEN	Aflezings laser in mm. HEEN	Vershil in micrometers HEEN
0,000	0,000	0
86,305	86,305	0
153,517	153,527	10
214,425	214,440	15
364,112	364,122	10
414,256	414,271	15
549,448	549,447	-1
685,351	685,353	2
724,192	724,196	4
810,515	810,520	5
986,136	986,138	2
1052,504	1052,511	7
1117,952	1117,967	15

Machine in mm. Z-AS TERUG	Aflezings laser in mm. TERUG	Vershil in microm. TERUG	Gemiddelde in microm. HEEN-TERUG
0,000	0,000	0	0
86,305	86,304	-1	-1
153,517	153,528	11	10
214,425	214,442	17	16
364,112	364,123	11	10
414,256	414,273	17	16
549,448	549,449	1	0
685,351	685,359	8	5
724,192	724,198	6	5
810,515	810,521	6	5
986,136	986,140	4	3
1052,504	1052,514	10	9
1117,952	1117,969	17	16

STIEFELMAYER 426706 NSA VELDHOVEN.

Tr:YY Meetinstr:laser.Datum:240388



STIEFELMAYER 426706

NSA VELDHOVEN

Type meting: Tzy
 Meetmiddel: richtkijker
 Eenheid: 0.01 mm.

Meetpositie x:
 y: 0
 z: 0

Datum: 220388

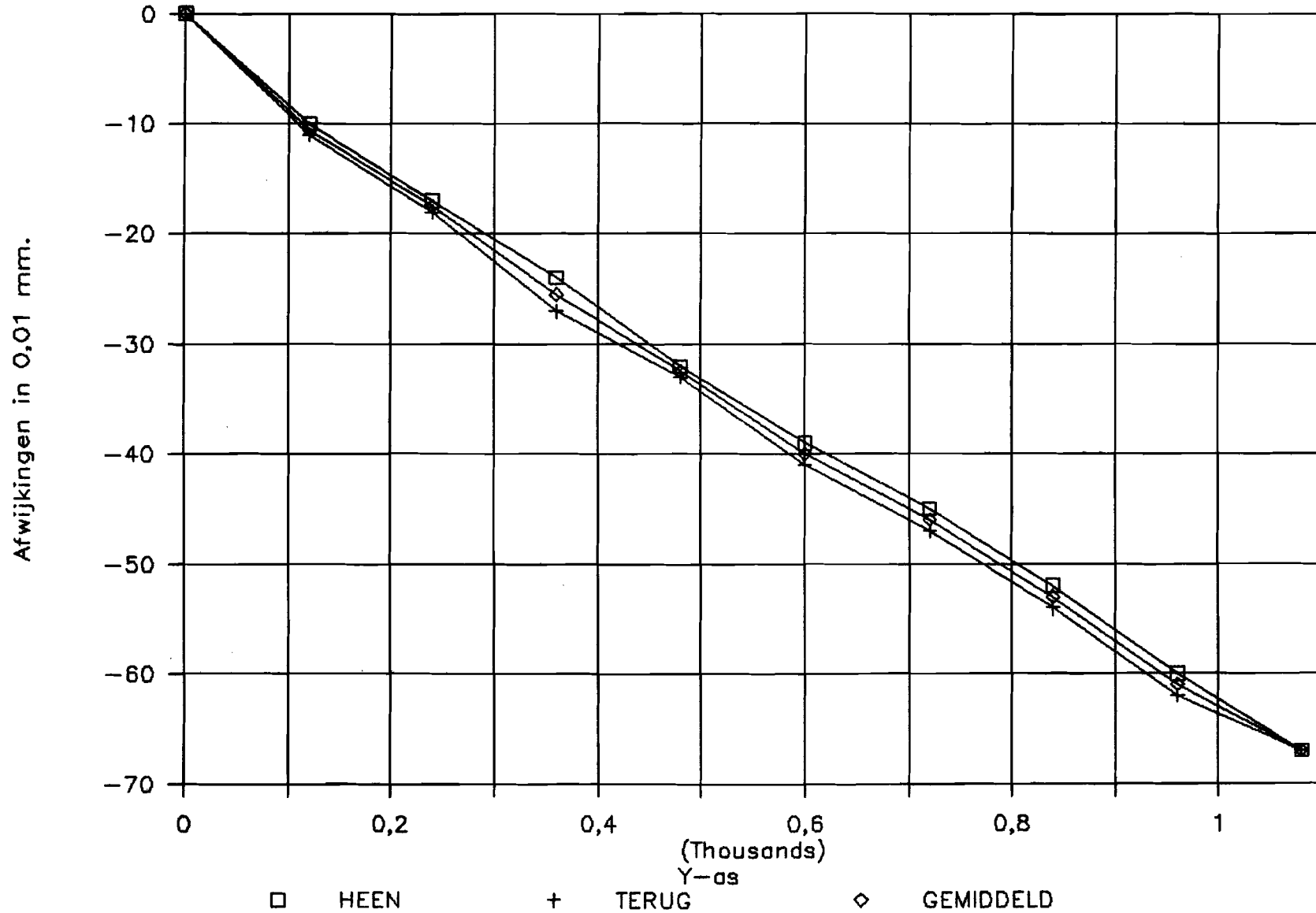
Meetposities langs Y-AS	Aflecting richtk. in 0,01 mm. HEEN	Aflecting richtk. in 0,01 mm. TERUG
0	87	87
120	77	76
240	70	69
360	63	60
480	55	54
600	48	46
720	42	40
840	35	33
960	27	25
1040	20	20

Meetpositie langs Y-AS	Afwijking in 0,01 mm. HEEN	Afwijking in 0,01 mm. TERUG	Afwijking in 0,01 mm. GEMIDDELD
0	0	0	0,0
120	-10	-11	-10,5
240	-17	-18	-17,5
360	-24	-27	-25,5
480	-32	-33	-32,5
600	-39	-41	-40,0
720	-45	-47	-46,0
840	-52	-54	-53,0
960	-60	-62	-61,0
1080	-67	-67	-67,0

Meetpositie langs Y-AS	Afwijkingen tov lijn door begin-eind.
0	0
120	-3
240	-3
360	-3
480	-3
600	-3
720	-1
840	-1
960	-1
1080	0

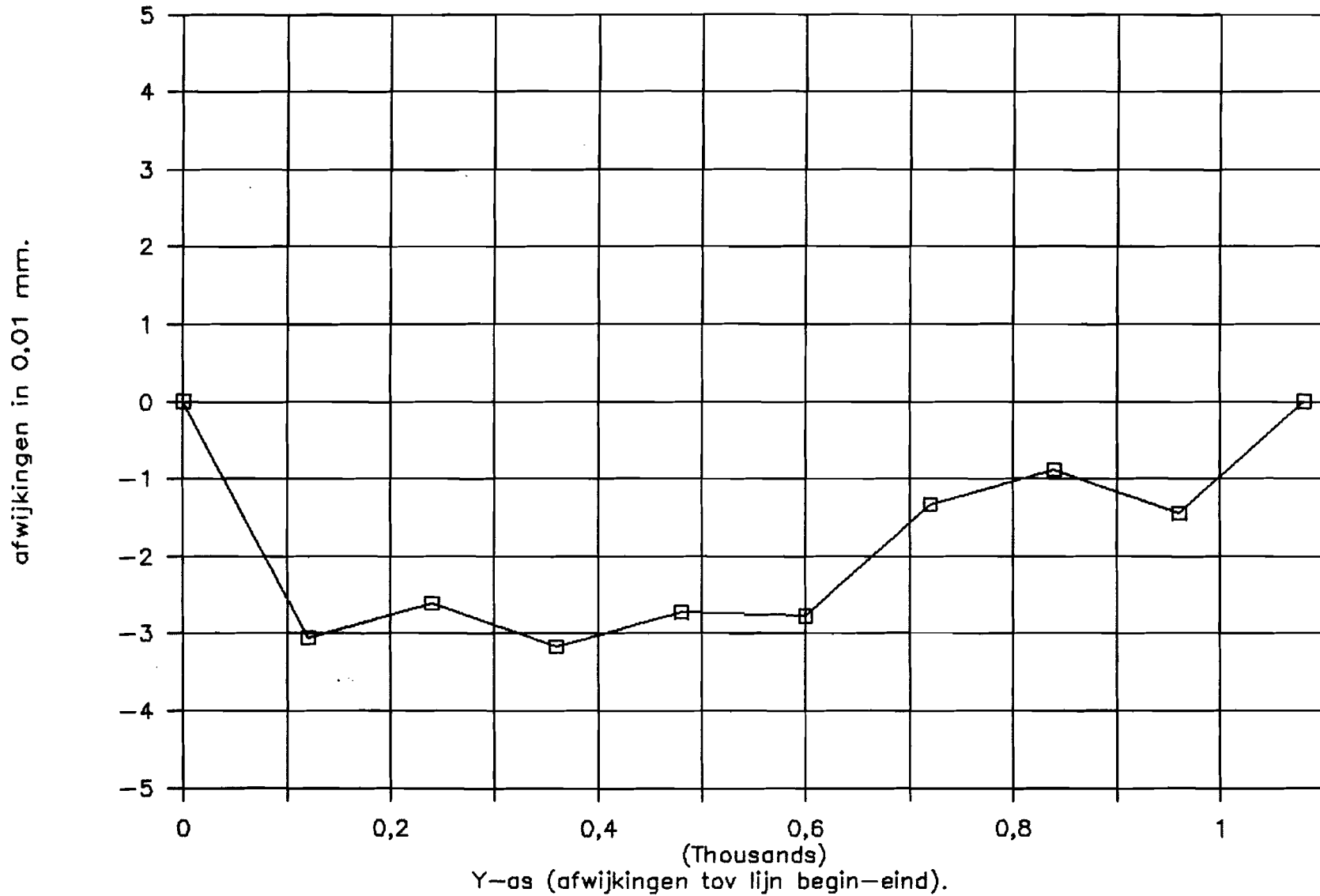
STIEFELMAYER 426706 NSA VELDHOVEN

TR:ZY Meetinstr:Richtk. Datum 220388



STIEFELMAYER 426703 NSA VELDHOVEN.

Tr:ZY Meetinstr:Richtk. Datum 220388



STIEFELMAYER 426706

NSA VELDHOVEN

Type meting:Txz (haaks xz) Meetpositie x:
 Meetmiddel: richtkijker y: 0
 Eenheid: 0.01 mm. z: 0

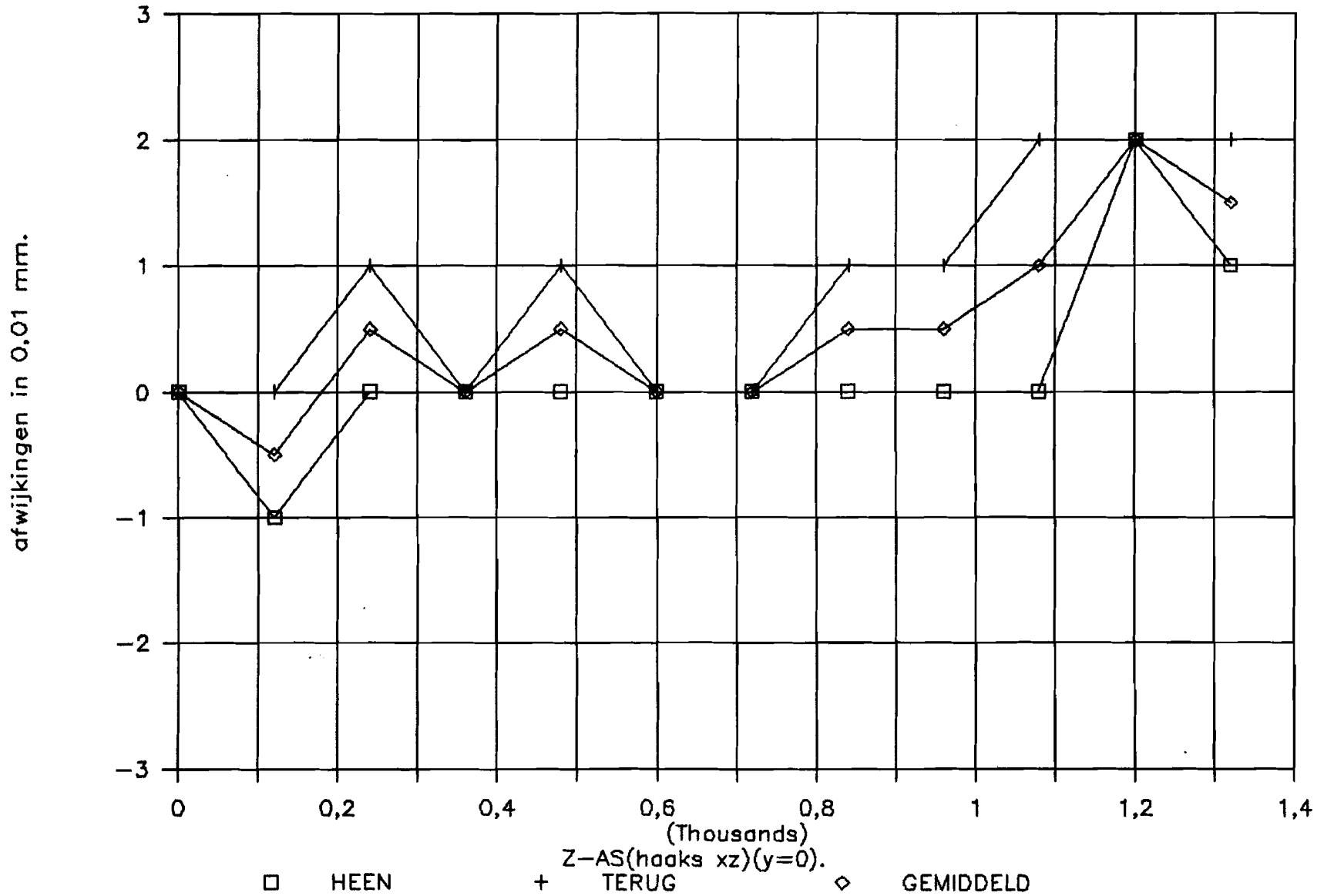
Datum: 220388

Meetposities langs Z-AS	Aflezingsrichtk. in 0,01 mm. HEEN	Aflezingsrichtk. in 0,01 mm. TERUG
0	33	29
120	32	29
240	33	30
360	33	29
480	33	30
600	33	29
720	33	29
840	33	30
960	33	30
1080	33	31
1200	35	31
1320	34	31

Meetpositie langs Z-AS	Afwijking in 0,01 mm. HEEN	Afwijking in 0,01 mm. TERUG	Afwijking in 0,01 mm. GEMIDDELD
0	0	0	0,0
120	-1	0	-0,5
240	0	1	0,5
360	0	0	0,0
480	0	1	0,5
600	0	0	0,0
720	0	0	0,0
840	0	1	0,5
960	0	1	0,5
1080	0	2	1,0
1200	2	2	2,0
1320	1	2	1,5

STIEFELMAYER 426706 NSA VELDHOVEN.

Tr:XZ Meetinstr: Richtk. Datum:220387



STIEFELMAYER 426706

NSA VELDHOVEN

Type meting: Txz (haaks xz) Meetpositie x:
 Meetmiddel: richtkijker y: 1115
 Eenheid: 0.01 mm. z: 0

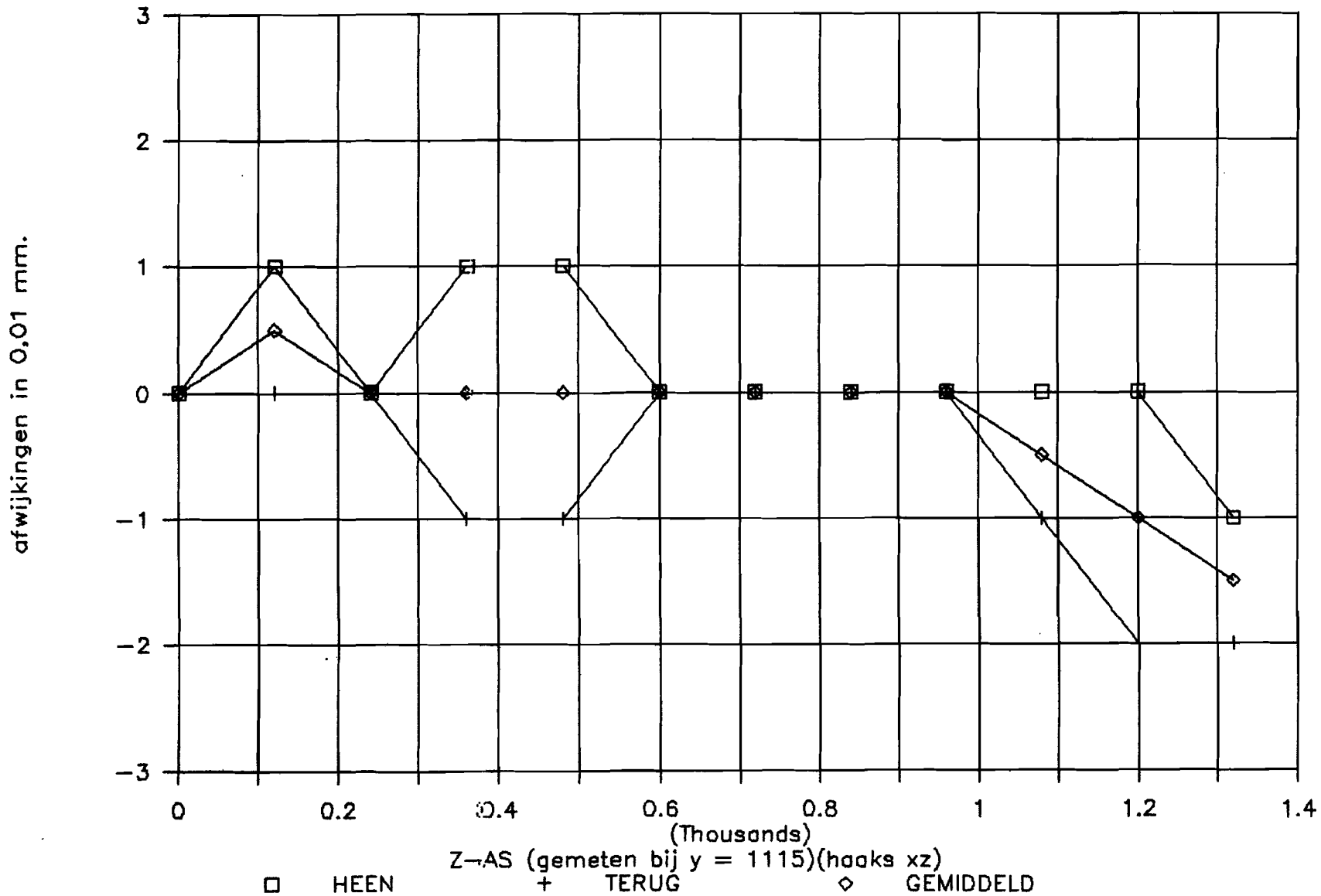
Datum: 220388

Meetposities langs Z-AS	Aflezings autocol. in 0,01 mm. HEEN	Aflezings autocol. in 0,01 mm. TERUG
0	41	41
120	42	41
240	41	41
360	42	40
480	42	40
600	41	41
720	41	41
840	41	41
960	41	41
1080	41	40
1200	41	39
1320	40	39

Meetpositie langs Z-AS	Afwijking in 0,01 mm. HEEN	Afwijking in 0,01 mm. TERUG	Afwijking in 0,01 mm. GEMIDDELD
0	0	0	0,0
120	1	0	0,5
240	0	0	0,0
360	1	-1	0,0
480	1	-1	0,0
600	0	0	0,0
720	0	0	0,0
840	0	0	0,0
960	0	0	0,0
1080	0	-1	-0,5
1200	0	-2	-1,0
1320	-1	-2	-1,5

STIEFELMAYER 426706 NSA VELDHOVEN.

Tr: XZ Meetinstr: Richtk. Datum: 220388



STIEFELMAYER 426706

NSA VELDHOVEN

Type meting: Tyz

Meetpositie x:

Datum: 220388

Meetmiddel: richtkijker

y: 0

Eenheid: 0.01 mm.

z: 0

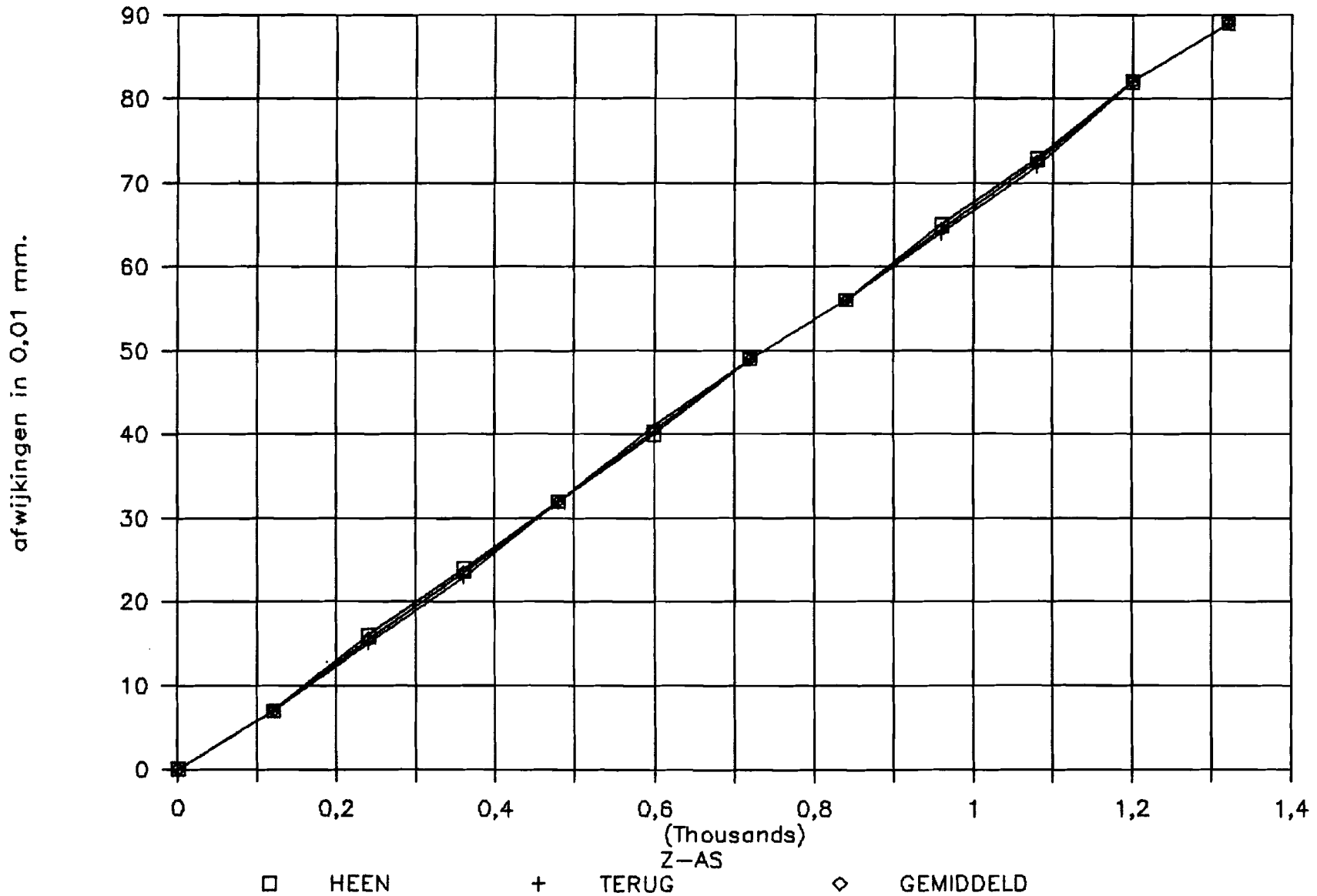
Meetposities langs Z-AS	Aflecting richtk. in 0,01 mm. HEEN	Aflecting richtk. in 0,01 mm. TERUG
0	50	32
120	57	39
240	66	47
360	74	55
480	82	64
600	90	73
720	99	81
840	106	88
960	115	96
1080	123	104
1200	132	114
1330	139	121

Meetpositie langs Z-AS	Afwijking in 0,01 mm. HEEN	Afwijking in 0,01 mm. TERUG	Afwijking in 0,01 mm. GEMIDDELD
0	0	0	0,0
120	7	7	7,0
240	16	15	15,5
360	24	23	23,5
480	32	32	32,0
600	40	41	40,5
720	49	49	49,0
840	56	56	56,0
960	65	64	64,5
1080	73	72	72,5
1200	82	82	82,0
1320	89	89	89,0

Meetpositie langs Z-AS	Afwijkingen tov lijn door begin en eind.
0	0
120	-1
240	-1
360	-1
480	-0
600	0
720	0
840	-1
960	-0
1080	-0
1200	1
1320	0

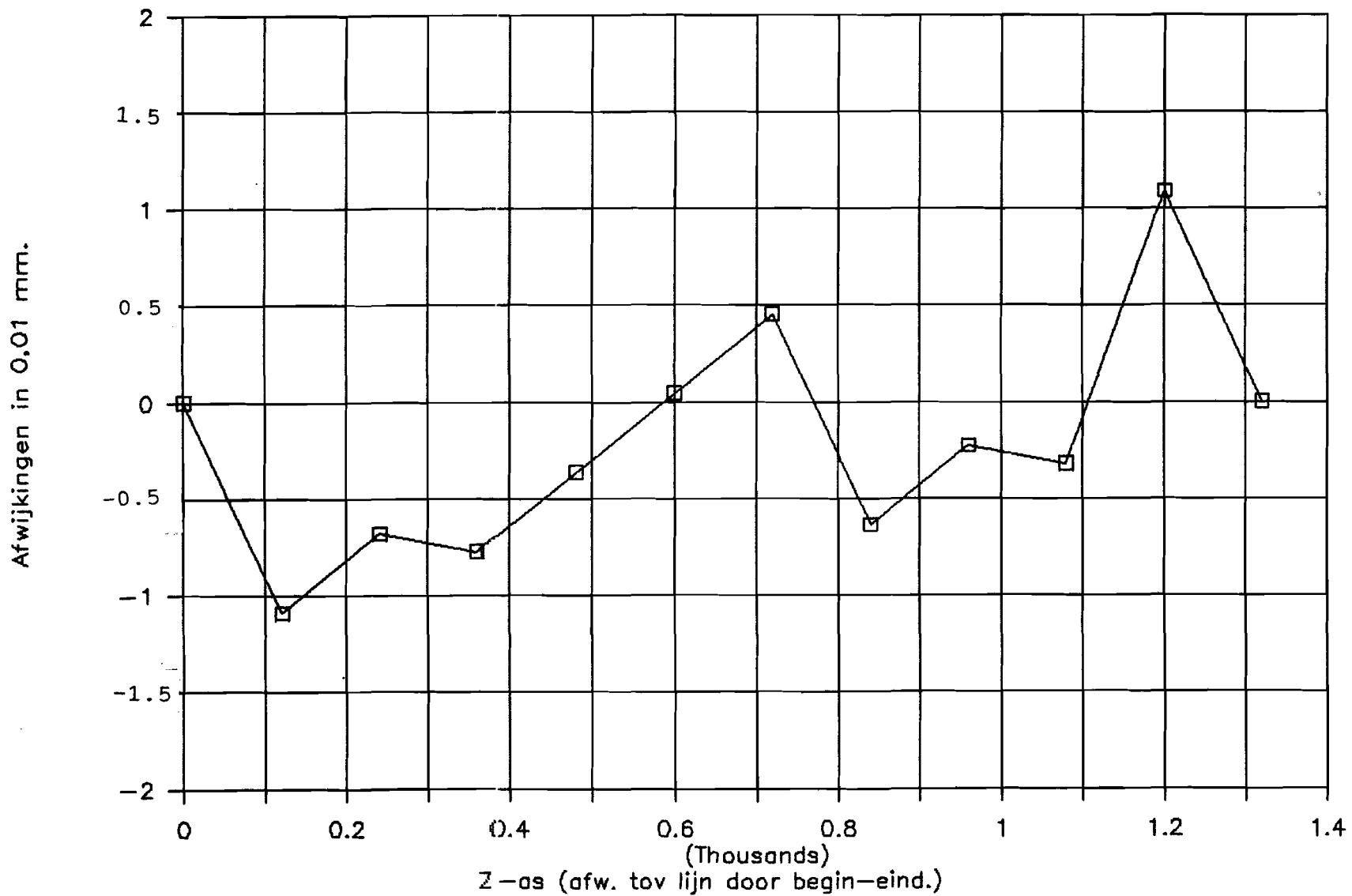
STIEFELMAYER 426706 NSA VELDHOVEN.

Tr:YZ Meetinstr: Richtk. Datum:220388



STIEFELMAYER 42706 NSA VELDHOVEN

TR:YZ Meetinstr:Richtk.Datum:220388



STIEFELMAYER 426706

NSA VELDHOVEN

Type meting: Tyz

Meetpositie x:

Datum: 220388

Meetmiddel: richtkijker

y: 1115

Eenheid: 0.01 mm.

z: 0

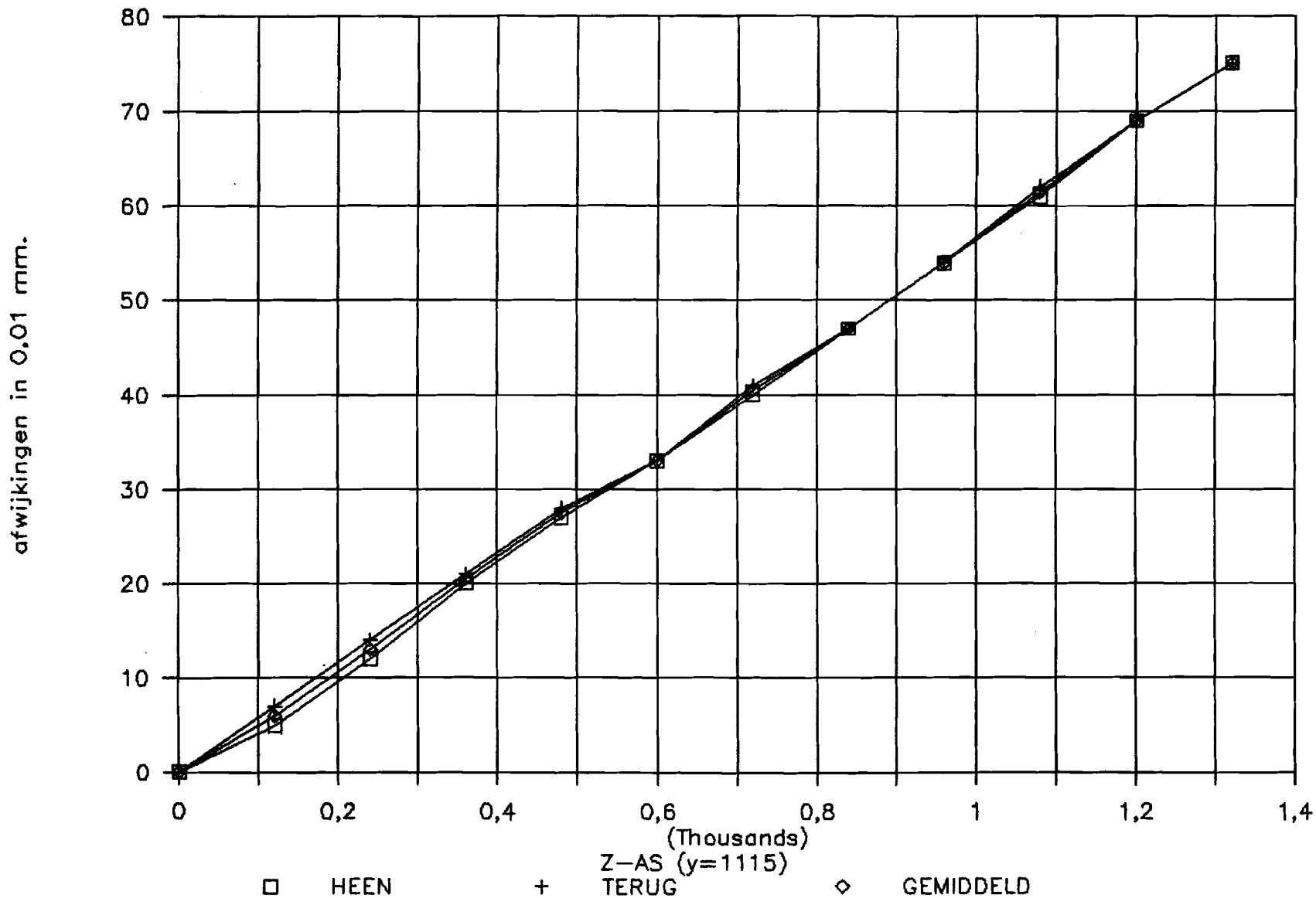
Meetposities langs Z-AS	Aflezings richtk. in 0,01 mm. HEEN	Aflezings richtk. in 0,01 mm. TERUG
0	24	24
120	29	31
240	36	38
360	44	45
480	51	52
600	57	57
720	64	65
840	71	71
960	78	78
1080	85	86
1200	93	93
1330	99	99

Meetpositie langs Z-AS	Afwijking in 0,01 mm. HEEN	Afwijking in 0,01 mm. TERUG	Afwijking in 0,01 mm. GEMIDDELD
0	0	0	0,0
120	5	7	6,0
240	12	14	13,0
360	20	21	20,5
480	27	28	27,5
600	33	33	33,0
720	40	41	40,5
840	47	47	47,0
960	54	54	54,0
1080	61	62	61,5
1200	69	69	69,0
1320	75	75	75,0

Meetpositie langs Z-AS	Afwijkingen tov lijn door begin-eind
0	0
120	-1
240	-1
360	0
480	0
600	-1
720	-0
840	-1
960	-1
1080	0
1200	1
1320	0

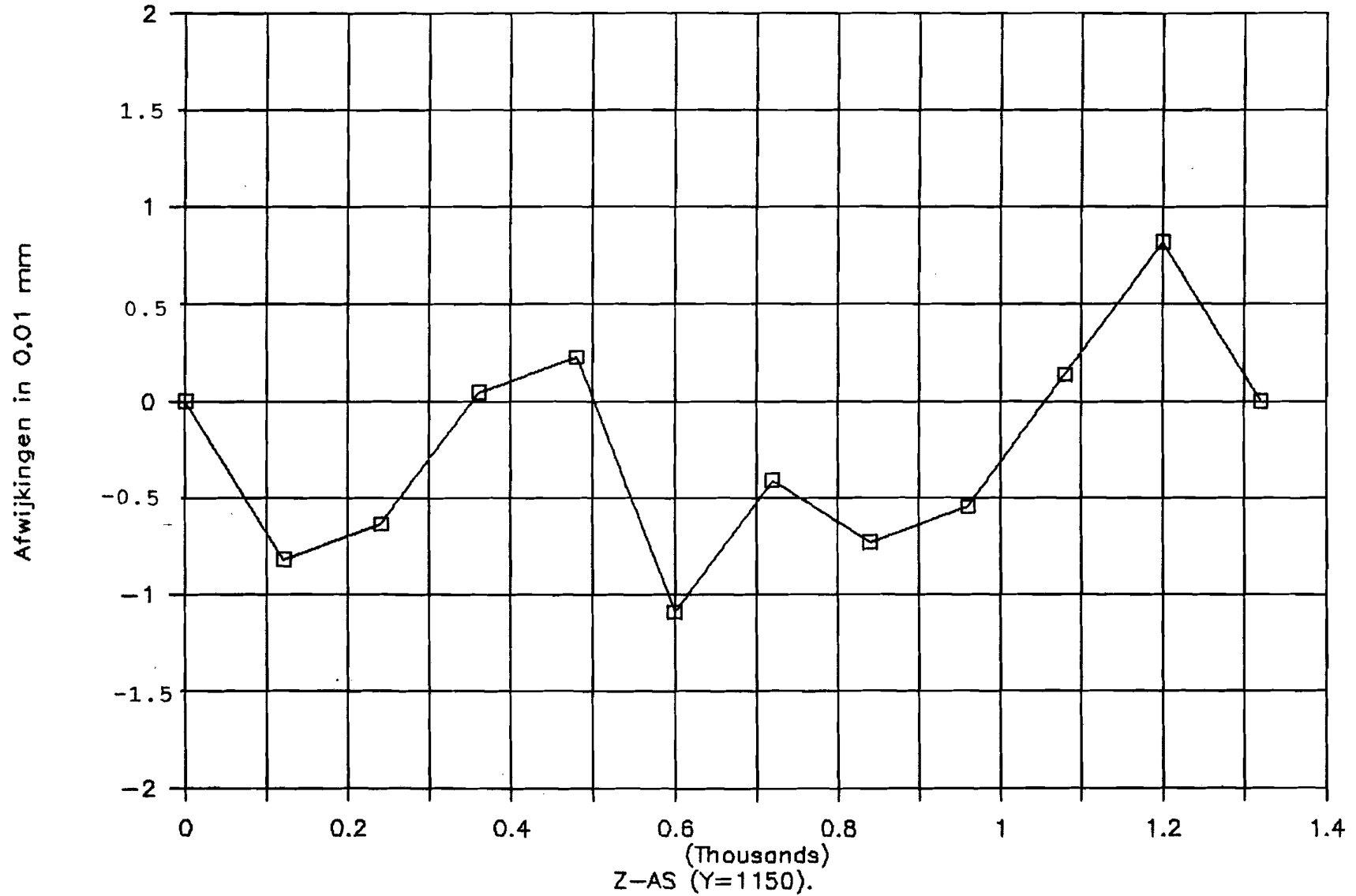
STIEFELMAYER 426706 NSA VELDHOVEN.

Tr:YZ Meetinstr: Richtk. Datum:220388



STIEFELMAYER 42706 NSA VELDHOVEN

TR:YZ Meetinstr:Richtk. Datum:220388



STIEFELMAYER 426706

NSA VELDHOVEN

Type meting: Tzz

Meetpositie x: 2000

Datum: 240388

Meetmiddel: laserint.

y: 0

Eenheid: micrometers

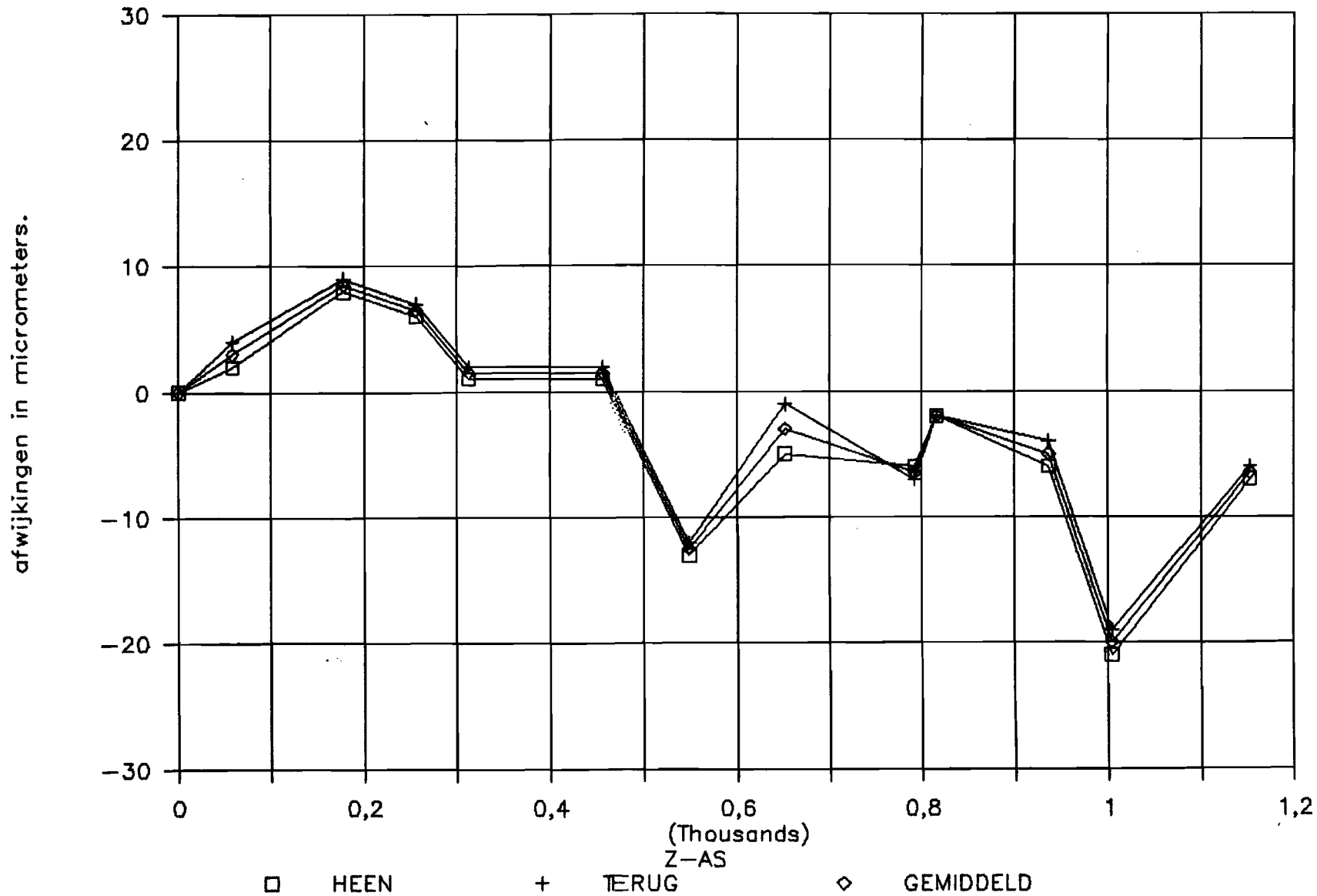
z: 20

Machine in mm. Z-AS HEEN	Aflezings laser in mm. HEEN	Vershil in micrometers HEEN
0,000	0,000	0
58,108	58,110	2
177,515	177,523	8
256,021	256,027	6
312,736	312,737	1
456,341	456,342	1
548,354	548,341	-13
651,668	651,663	-5
792,272	792,266	-6
815,981	815,979	-2
936,498	936,492	-6
1004,305	1004,284	-21
1152,711	1152,704	-7

Machine in mm. Z-AS TERUG	Aflezings laser in mm. TERUG	Vershil in microm. TERUG	Gemiddelde in microm. HEEN-TERUG
0,000	0,000	0	0
58,108	58,112	4	3
177,515	177,524	9	9
256,021	256,028	7	6
312,736	312,738	2	2
456,341	456,343	2	1
548,354	548,342	-12	-13
651,668	651,667	-1	-3
792,272	792,265	-7	-7
815,981	815,979	-2	-2
936,498	936,494	-4	-5
1004,305	1004,286	-19	-20
1152,711	1152,705	-6	-7

STIEFELMAYER 426706 NSA VELDHOVEN.

Tr:ZZ Meetinstr:laser.Datum:240388



Metingen aan vlakplaat (23-06-88)

Meetserie 1

1) Gemeten hoogten boven horizontaal vlak:

Y	4.2200e+000	4.2000e+000	4.1800e+000	4.2000e+000	4.1800e+000
	4.2000e+000	4.2000e+000	4.1700e+000	4.1800e+000	4.1900e+000
	4.1900e+000	4.1900e+000	4.1700e+000	4.1700e+000	4.1600e+000

---> X

2) Vergelijking bestpassend vlak:

$$\text{hoogte} = 4.1900e+000 - 1.0667e-005 * X + 2.0000e-005 * Y$$

3) Hoogten bestpassend vlak:

Y	4.2100e+000	4.2033e+000	4.1967e+000	4.1900e+000	4.1833e+000
	4.2000e+000	4.1933e+000	4.1867e+000	4.1800e+000	4.1733e+000
	4.1900e+000	4.1833e+000	4.1767e+000	4.1700e+000	4.1633e+000

---> X

4) Gemeten hoogten ten opzichte van bestpassend vlak:

Y	1.0000e-002	-3.3333e-003	-1.6667e-002	1.0000e-002	-3.3333e-003
	8.8818e-016	6.6667e-003	-1.6667e-002	0.0000e+000	1.6667e-002
	8.8818e-016	6.6667e-003	-6.6667e-003	0.0000e+000	-3.3333e-003

---> X

Meting vlakplaat Stiefelmayer nr. 426706

