

Een vergelijkend onderzoek van enige waterpas instrumenten

Citation for published version (APA):

Boezeman, T. J. M., & Eijk, van der, J. B. (1964). *Een vergelijkend onderzoek van enige waterpas instrumenten*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Laboratorium voor mechanische technologie en werkplaatstechniek : WT rapporten; Vol. WT0094). Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1964

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

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

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.



technische hogeschool eindhoven

laboratorium voor mechanische technologie en werkplaatstechniek

rapport van de sectie:

titel: Een vergelijkend onderzoek van enige waterpas instrumenten.

auteur(s): Th.J.M. Boezeman
J.B. van der Eijk

sectieleider: drs. J. Koning

hoogleraar: prof.dr. P.C. Veenstra - prof.ir. C. de Beer

samenvatting

Ten behoeve van de aanschaf van zelfinstellende waterpas instrumenten werden drie instrumenten van verschillend fabrikaat statisch en dynamisch onderzocht.

Het statisch onderzoek heeft betrekking op het gedrag van het compensatie mechanisme dat standveranderingen van de kijker compenseert.

Het dynamisch gedrag heeft betrekking op de gevoeligheid voor trillingen van het compensatiemechanisme.

Het onderzoek heeft tot doel m.b.v. objectieve gegevens uit deze instrumenten een keuze te maken.

prognose

Nader onderzoek gewenst van het instrument van Zeiss bij variatie van de object afstand.

blz. 0 van 6 blz.

rapport nr.0094

codering:

M-9-b

trefwoord:

rechtheid
meting.

datum:

januari 1964

aantal blz.: 19

Bijlagen: 11

geschikt voor
publicatie in:

Rapport betreffende het vergelijkend onder-
zoek van enige waterpasinstrumenten.

Opgesteld door: Th. J. M. Boezeman
J. B. van der Eijk

Afstudeerdocent: Prof. ir. C. de Beer

docent : Drs. J. Koning

eindhoven, januari 1964

Inhoudsopgave

		blz.
Inleiding		1
Het sta ^t isch onderzoek		2
Het dynamisch onderzoek		4
Slotconclusies		5
Bijlagen	no.	
schetsen en foto's	1,2	
tabellen	3,4,5,6,7,	
grafieken	8,9,10 en 11	

Inleiding.

Met het vooruitzicht een waterpasinstrument aan te schaffen heeft men een aantal instrumenten op zicht aangevraagd.

De volgende instrumenten waren in de meetkamer aanwezig:

 Zeiss Ni 2

 Askania NAK - 4009

 Hilger&Watts Auto set TA 231

De resultaten van het onderzoek kunnen dienen om de uiteindelijke keuze van een instrument voldoende te argumenteren.

In ieder van de instrumenten bevindt zich een optisch mechanisme dat ontstelling van het instrument t.o.v. de horizontale stand automatisch compenseert.

Op iedere kijker bevindt zich een ringwaterpas waarmee de horizontaliteit van de kijker globaal gecontroleerd kan worden. Indien de bel van het waterpas binnen een bepaald gebied (ring) blijft, zal ,volgens de fabrikant, de optische lijn voldoende horizontaal blijven.

De opgave van de fabrikant wordt in het statisch onderzoek nader gecontroleerd.

Het optisch compensatie-mechanisme is in het instrument opgehangen. De eigenschappen van de ophanging zijn belangrijk in verband met het dynamisch gedrag van het mechanisme. Het onderzoek naar het dynamisch gedrag tracht een antwoord te vinden op vragen zoals:

- . Hoe reageert het mechanisme als men het instrument aanstoot?
- . Blijft het mechanisme lang natrillen?
- . Komt het mechanisme gemakkelijk in trilling ?

2. Het statisch onderzoek.

Opzet van de proef en opstelling van de apparatuur.

Doel van de proef was: nagaan in hoeverre de optische referentielijn van de kijker rotatie-vrij was bij kleine hoekverdraaiingen van het instrument.

De kijker werd gecontroleerd in het gebied waar de bel van het ring-waterpas binnen de ring bleef.

Voor deze proef werd een meetopstelling gebruikt zoals in figuur 1 van bijlage 1 is geschetst.

De kijkers werden gemonteerd op een plaat die met drie punten op een tafel stond. Zowel de stand van de kijker als de plaat kon gevarieerd worden.

Met de kijker werden de verticale afstanden tussen de optische lijn van het instrument en de harten van twee doelen gemeten. De grootte van de afstanden werden bepaald met behulp van een tussen kijker en doelen geplaatste plan-parallele-plaat. Noemen we de afstanden van doel 1 en 2 respectievelijk a_1 en a_2 en de horizontale afstand tussen de doelen b dan is $(a_1 - a_2)/b$ een maat voor de hoek welke de optische as maakt met de lijn door de middelpunten van beide meetdoelen.

De plaats van de doelen is in verticale richting tijdens de metingen gefixeerd. Een variatie van $(a_1 - a_2)/b$ bij verschillende waterpasstanden kon ons een inzicht geven in de rotatie van de optische referentielijn van de kijker.

Tijdens het onderzoek aan het Zeiss-waterpas bleek het wenselijk het verband tussen de stand van de kijker en de stand van de optische referentielijn te bepalen. We hebben ons hierbij beperkt tot hoekverdraaiingen in een verticaal vlak door de as van de kijker.

Op de plaat werd daartoe een zeer nauwkeurig waterpas gemonteerd zoals in bijlage 1 te zien is.

Waarnemingen.

In de eerste instantie werden aan iedere kijker metingen verricht bij vijf standen van de bel in het ring-waterpas:

- A: de bel staat in het midden van de ring.
- B: de bel raakt de ring, het waterpas is achterover gekanteld.
- C: de bel raakt de ring, het waterpas is naar rechts gekanteld.
- D: de bel raakt de ring, het waterpas is voorover gekanteld.
- E: de bel raakt de ring, het waterpas is naar links gekanteld.

De waarnemingen zijn vermeld in de tabellen 1 (Zeiss), 5 (Askania) en 7 (Hilger & Watts).

Doel was na te gaan in hoeverre de factor $(a_1 - a_2)/b$ met de waterpasstand varieerde. Daar de afstand b gedurende de metingen constant gehouden werd ($b = 1,50$ m) kon worden volstaan met de variatie in het verschil $a_1 - a_2$. Teneinde na te gaan in hoeverre de gemeten afwijkingen betrouwbaar waren werd de standaardafwijking voor een enkele waarneming a bepaald. Wij vonden voor alle kijkers: $\sigma = 0,015$ mm. Er werd gerekend met een 97% waarschijnlijkheidsgebied, wat overeenkomt met $\pm 2\sigma = \pm 0,03$ mm. Voor iedere stand werden vier waarnemingen verricht. Het gemiddelde van deze vier waarnemingen heeft een 97% waarschijnlijkheidsgebied van $\pm 0,04/\sqrt{4} = \pm 0,02$ mm. De resultaten zijn vermeld in de tabellen 2, 6 en 8.

Bij de interpretatie van de variaties in $a_1 - a_2$ moest rekening gehouden worden met een waarschijnlijkheidsgebied van $\pm 0,02$ mm.

Tijdens de waarnemingen werd geconcludeerd:

- uit de meetresultaten in tabel 6 en 8 (Askania en Hilger & Watts) blijkt niet dat de optische referentie-lijn bij variatie van de waterpasstand roteert. De variaties liggen binnen het 97% waarschijnlijkheidsgebied.
- uit de meetresultaten in tabel 2 (Zeiss) blijkt dat de kijker in onvoldoende mate gecompenseerd wordt. De afwijkingen in de standen B en D liggen duidelijk buiten het 97% waarschijnlijkheidsgebied.

Naar aanleiding van bovenstaande voorlopige conclusie werd met het instrument van Zeiss een tweede serie waarnemingen verricht. Hiertoe werd een coincidatie waterpas (fabr. " Jena ") ($0,01$ mm/m) op de plaat bevestigd (zie bijlage 1). Met stelschroeven was het mogelijk de tafel en daarmee het waterpas en de kijker een hoekverdraaiing te geven, zodat een verband tussen de stand van de kijker en het verschil $a_1 - a_2$ (stand van de optische lijn) gemeten kon worden. De resultaten zijn vermeld in tabel 3 en uitgezet in grafiek 1. Er zij op gewezen dat slechts gemeten is een rotatie om een horizontale as loodrecht op de hartlijn van de kijker. De bel in het ringwaterpas doorliep het traject BAD. In de grafiek is tevens de plaats van de ring van het ringwaterpas aangegeven. De waarnemingen hiervoor zijn vermeld in tabel 4.

Er zij hier op gewezen dat geen onderzoekingen zijn verricht naar een absolute waterpasstand van de optische referentielijn. De richting van de referentielijn bij de verschillende standen A, B, C, D, en E kunnen slechts ten opzichte van elkaar vergeleken worden. De nulpunten in grafiek 1 zijn dan ook willekeurig.

Conclusies naar aanleiding van de waarnemingen.

- Rekening houdende met de nauwkeurigheid van de door ons verrichte waarnemingen hebben rotaties om de as van de kijker (standen C en E) bij geen van de instrumenten invloed op de stand van de optische referentielijn.
- Binnen de voor deze waarnemingen geldende nauwkeurigheidsgrenzen heeft een rotatie om een horizontale as, loodrecht op die genoemd onder bovenstaande conclusie, (standen B en D) voor de instrumenten van Askania en Hilger & Watts geen rotatie van de optische referentie-lijn tot gevolg.
- Een rotatie, zoals bij de tweede conclusie genoemd, heeft voor het instrument van Zeiss een rotatie van de optische referentielijn tot gevolg. Indien men de bel binnen de ring houdt kan nog een " hoekverdraaiing " van ongeveer $0,1$ mm/m ($20''$) optreden (zie grafiek 1).

3. Het dynamisch onderzoek.

Opzet van de proef en opstelling van de apparatuur.

Het doel van de proef was: verkrijgen van inzicht in de resonantie-kromme van het compensatie-mechanisme. We zijn ervan uit gegaan dat horizontale trillingen evenwijdig aan de as van de kijker in de praktijk het meest zullen voorkomen. Bij het onderzoek werd de kijker dan ook in deze richting in trilling gebracht.

Als gevolg van het trillen van de kijker geraakt ook het compensatie-mechanisme in trilling. Door de kijker gezien leek het alsof het meetdoel trilde. De schijnbare trillingsamplitudo van het meetdoel was een maat voor de trillingsamplitudo van het compensatie-mechanisme. Nagegaan werd welk verband er bestond tussen de opgedrukte trilling en de ~~gemeten~~ schijnbare trilling van het meetdoel.

Om een vergelijking tussen de kijkers mogelijk te maken werd steeds de verhouding tussen de amplitudo van de kijker (x_1) en de schijnbare amplitudo van het meetdoel (x_2) bepaald.

Voor een overzicht van de opstelling zie bijlage 2.

De kijker was gemonteerd op de bovenplaat van een tafel. Bovenplaat en onderplaat waren met elkaar verbonden d.m.v. drie bladveren. De bovenplaat werd in trilling gebracht door een excitator die via een versterker geschakeld was aan een toongenerator. De frequentie en amplitudo van de opgedrukte trilling konden hiermee ingesteld worden. De amplitudo van de opgedrukte trilling werd gemeten met behulp van een inductieve opnamer, een meetbrug en een oscillograaf. De schijnbare amplitudo van het meetdoel werd gemeten met een tussen het doel en de kijker geplaatste planparalleleleplaat. Gemakshalve werd van beide trillingen de top-topwaarde gemeten. Bij deze proef werd gebruik gemaakt van één meetdoel.

Waarnemingen.

Wil men een volledig beeld verkrijgen van het verloop van x_2/x_1 bij variërende aanstootfrequentie dan is een continue registratie gewenst. In de resonantiekromme kunnen nl. in zeer kleine frequentiegebieden toppen voorkomen. Een continue registratie bleek met de beschikbare apparatuur niet te verwezenlijken. Om toch een zo volledig mogelijk beeld te verkrijgen werd de volgende werkmethode toegepast.

- . bij een aantal frequenties, waar zowel x_1 als x_2 goed meetbaar zijn, wordt x_2/x_1 bepaald.
- . in de tussenniggende frequentiegebieden wordt nagegaan of x_2 of x_1 duidelijke veranderingen ondergaan.
- . indien er werkelijk duidelijke veranderingen optreden waarneembaar zijn wordt getracht enige kwantitatieve gegevens hieromtrent te verkrijgen.

Met deze werkmethode werden waarnemingen verkregen zoals vermeld in tabel 9, 10 en 11. Deze waarnemingen leverden de grafieken 2, 3. en 4.

Bij een frequentie van 80 Hz werden een tiental x_1 's en x_2 's gemeten en werd x_2/x_1 berekend. De σ -waarde bleek 6,5 te bedragen. Bij de waarnemingen dient men rekening te houden met een 97% waarschijnlijkheidsgebied. Dit komt overeen met ± 1.3 . Om dit waarschijnlijkheidsgebied te verkleinen werden bij iedere frequentie vier waarnemingen verricht, zodat voor de gemiddelden een 97% waarschijnlijkheidsgebied van $\pm 6,5$ gold.

Het is mogelijk dat bepaalde x_2/x_1 -waarden een grote afwijking vertonen. De oorzaak hiervan moet gezocht worden in het feit dat x_1 bij hogere frequenties (ver boven de eigenfrequentie van de tafel) klein en dus moeilijk waarneembaar wordt. Dit zelfde gold voor x_2 .

Een aantal andere verschijnselen werden waargenomen. In bepaalde frequentiegebieden verschoof de evenwichtsstand van de trilling. Dit was een zeer onregelmatig verschijnsel, zodat er geen waarnemingen verricht konden worden.

Bij bepaalde verschoven evenwichtsstanden hoorde men in het instrument bepaalde onderdelen duidelijk tegen elkaar botsen. Om verklaarbare redenen moest dit verschijnsel zoveel mogelijk vermeden worden. Het was dus niet mogelijk in deze frequentiegebieden waarnemingen te verrichten. Voor bovengenoemde verschijnselen konden geen verklaringen gevonden worden.

Conclusies naar aanleiding van de waarnemingen.

- in onderstaande tabel zijn de eigenfrequenties van de verschillende instrumenten aangegeven.

Zeiss	85 Hz		
Askania	80 Hz	170 Hz	270 Hz
Hilger & Watts	130 Hz	175 Hz	

- er is geen duidelijk verschil in de x_2/x_1 -waarden voor lage aanstootfrequenties. (tot 70 Herz)
- de x_2/x_1 -waarden van de eigenfrequenties zijn bij het instrument van Askania aanzienlijk hoger dan bij de andere waterpasinstrumenten.

4. Slotconclusies

- Naar aanleiding van het statisch onderzoek.

Bij opstelling van de kijkers van Askania en Hilger&Watts mag de bel van het ringwaterpas iedere stand binnen de ring aannemen, zonder dat een verdraaiing van de optische referentielijn optreedt. Bij het instrument van Zeiss daarentegen behoort de bel nauwkeurig in het centrum van de ring gesteld te worden. Het compensatie-mechanisme functioneert in het beschouwde gebied bij de instrumenten van Askania en Hilger & Watts beter dan bij Zeiss. Hierdoor verdienen de beide eerstgenoemde apparaten de voorkeur.
- Naar aanleiding van het dynamisch onderzoek.

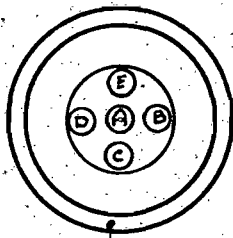
We nemen aan dat in de praktijk de aanstootfrequenties in een gebied van 0 tot 400 Hz liggen. In dit gebied bezit het instrument van Askania, van Hilger&Watts en van Zeiss resp. 3,2 en 1 eigenfrequentie. De Askania bezit de hoogste x_2/x_1 -waarde bij de eigenfrequenties, hetgeen wijst op een geringe demping van het compensatie-mechanisme. Hieruit kan worden geconcludeerd dat het instrument van Askania het meest gevoelig is voor storingen van buitenaf en het langst zal natrillen. I.v.m. het aantal eigenfrequenties verdient verder het

instrument van Zeiss de voorkeur boven dat van Hilger & Watts.

Bij een beoordeling van de drie onderzochte instrumenten zijn de opstellers dezes van mening dat het onderzochte dynamisch gedrag ondergeschikt geacht moet worden aan het onderzochte statische gedrag.

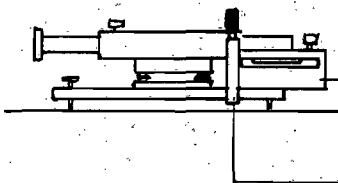
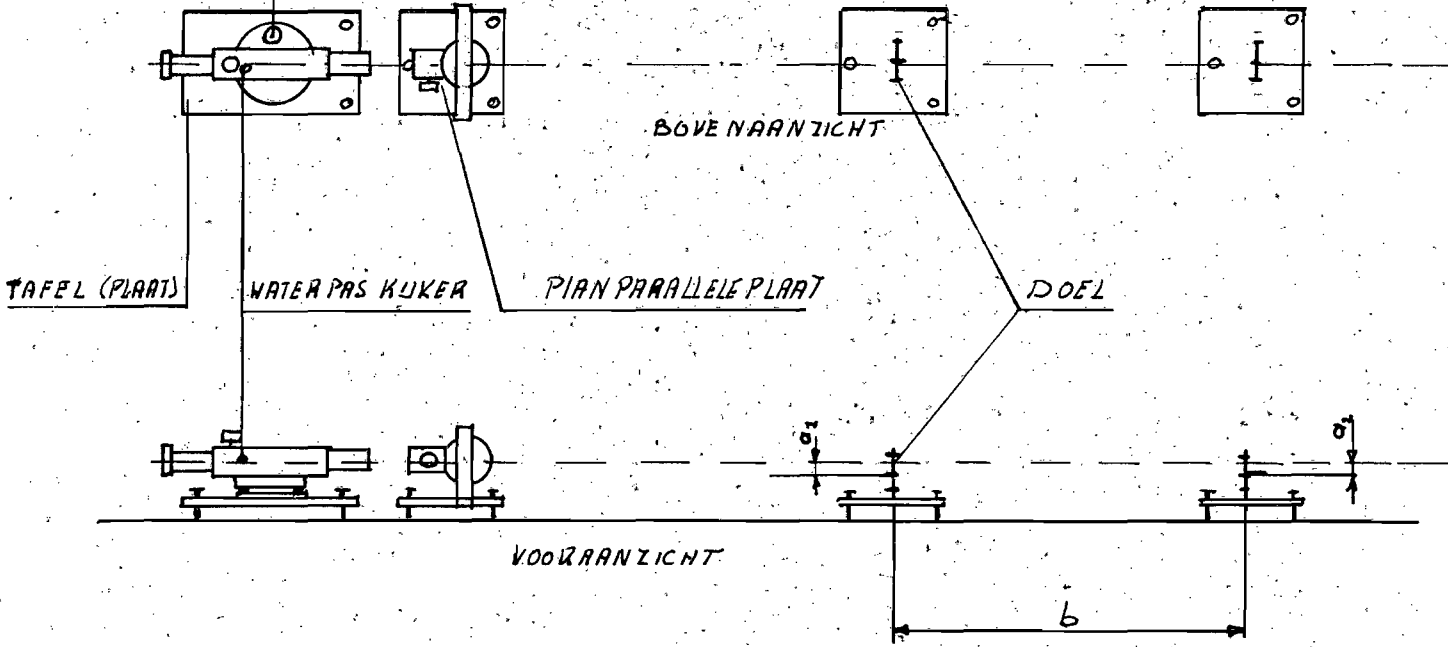
In verband met de onderzochte aspecten wordt de volgende voorkeursvolgorde voorgesteld:

1. Hilger & Watts
2. Askania
3. Zeiss.



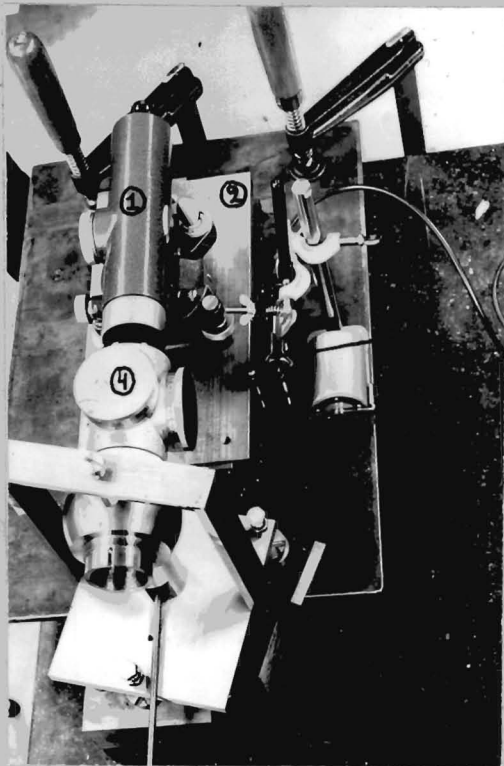
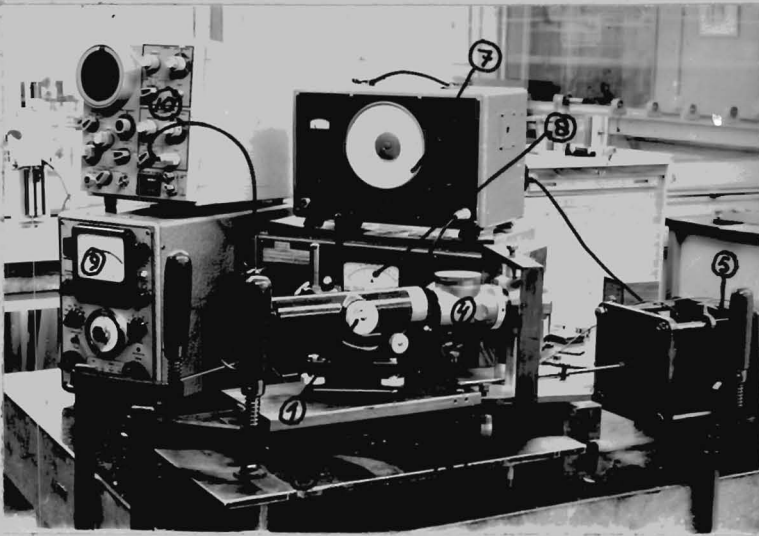
IN DETAIL RINGWATER PAS
 ZIJN DE 5 IN HET VERSLAG
 VERMELDE PLAATSEN VAN
 DE BEL BINNEN DE RING
 GETEKEND.

RINGWATER PAS

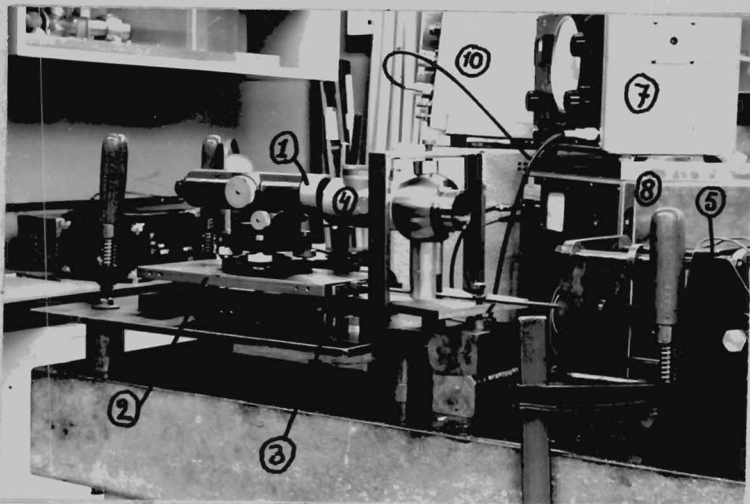


NAUWKEUIG MEETWATER PAS

KLEM WAARMEE MEETWATER PAS OP DE TAFEL IS
 BEVESTIGD.



1. waterpasinstrument
2. tafel
3. veer
4. instelbare plan-parallelele-plaat
5. excitator
6. inductieve opnemer
7. toongenerator
8. versterker
9. meetbrug
10. oscillograaf



Waarnemingen Zeiss (statistisch)

tabel 1

stand water pas	afst. doel 1 in mm	afst. doel 2 in mm	afst. 2-1 in mm	afst. doel 1 in mm	afst. doel 2 in mm	afst. 2-1 in mm	afst. doel 1 in mm	afst. doel 2 in mm	afst. 2-1 in mm
A	0,53	0,77	0,24	0,55	0,77	0,22	0,57	0,80	0,23
B	0,68	0,85	0,17	0,65	0,66	0,01	0,66	0,82	0,16
C	0,61	0,84	0,23	0,60	0,86	0,26	0,60	0,87	0,27
D	0,48	0,86	0,38	0,44	0,75	0,31	0,96	0,71	0,25
E	0,49	0,70	0,21	0,45	0,71	0,26	0,48	0,68	0,20

A	0,58	0,78	0,20
B	0,66	0,86	0,20
C	0,58	0,87	0,29
D	0,46	0,76	0,30
E	0,48	0,66	0,18

2-1 gemiddeld tabel 2

A	0,22
B	0,18
C	0,26
D	0,29
E	0,21

waarnemingen met de meetwaterpas.

tabel 3

water pas stand mm/m	afst. doel 1 in mm	afst. doel 2 in mm	afst. 1-2 gem. in mm	water pas stand mm/m	afst. doel 1 in mm	afst. doel 2 in mm	afst. 1-2 gem. in mm
7,28	+0,99	+0,51	0,49	7,70	+0,74	+0,31	0,43
	+0,99	+0,50			+0,76	+0,28	
	+0,97	+0,48			+0,74	+0,36	
	+0,99	+0,49			+0,73	+0,30	
8,44	+0,60	+0,17	0,42	8,75	+0,52	+0,11	0,43
	+0,62	+0,18			+0,53	+0,06	
	+0,63	+0,22			+0,53	+0,10	
	+0,59	+0,19			+0,53	+0,11	
9,10	+0,49	+0,05	0,42	9,50	+0,44	+0,06	0,39
	+0,62	+0,18			+0,45	+0,07	
	+0,63	+0,22			+0,49	+0,08	
	+0,59	+0,19			+0,49	+0,10	
9,90	+0,39	-0,02	0,39	10,41	+0,28	-0,09	0,36
	+0,38	-0,03			+0,27	-0,08	
	+0,38	+0,01			+0,29	-0,08	
	+0,36	+0,00			+0,27	-0,09	
10,95	+0,14	-0,20	0,32	11,41	+0,09	-0,22	0,30
	+0,13	-0,19			+0,09	-0,23	
	+0,13	-0,17			+0,07	-0,24	
	+0,13	-0,18			+0,06	-0,22	
11,76	+0,08	-0,24	0,31	12,76	-0,18	-0,47	0,28
	+0,07	-0,20			-0,19	-0,44	
	+0,09	-0,25			-0,17	-0,46	
	+0,07	-0,23			-0,17	-0,46	

tabel 4

Stand bel in waterpas	stand	stand meet-waterpas in mm/m	gem.
(b)	D	12,03 11,85 12,15	12,01
(b)	D	12,94 12,63 12,76	12,78
(b)	B	8,22 8,26 8,26	8,24
(b)	B	7,28 7,12 7,20	7,20
	A	9,99 10,09 10,08	10,05

Waarnemingen Askania (statisch gedrag)

tabel 5

stand waterpas	afst.			afst.			afst.		
	doel 1 in mm	doel 2 in mm	1-2	doel 1 in mm	doel 2 in mm	1-2	doel 1 in mm	doel 2 in mm	1-2
A	-0,53	-1,74	1,21	-0,46	-1,69	1,23	-0,48	-1,66	1,18
B	-0,41	-1,69	1,28	-0,40	-1,62	1,22	-0,42	-1,62	1,20
C	-0,42	-1,69	1,27	-0,35	-1,64	1,29	-0,43	-1,62	1,19
D	-0,54	-1,78	1,24	-0,49	-1,73	1,24	-0,52	-1,73	1,21
E	-0,53	-1,73	1,20	-0,49	-1,71	1,22	-0,52	-1,72	1,20

A	-0,53	-1,66	1,19
B	-0,44	-1,64	1,20
C	-0,42	-1,62	1,20
D	-0,52	-1,71	1,29
E	-0,55	-1,72	1,17

1-2 gemiddeld tabel 6

A	1,20
B	1,23
C	1,24
D	1,25
E	1,20

Waarnemingen Hilger&Watts (statisch)

tabel 7

stand water pas	afst.			afst.			afst.		
	doel 1 in mm	doel 2 in mm	2-1	doel 1 in mm	doel 2 in mm	2-1	doel 1 in mm	doel 2 in mm	2-1
A	+0,05	+0,45	0,40	+0,03	+0,39	0,36	+0,04	+0,43	0,39
B	+0,02	+0,50	0,48	+0,03	+0,45	0,42	+0,03	+0,44	0,41
C	+0,14	+0,57	0,43	+0,15	+0,54	0,39	+0,16	+0,56	0,40
D	+0,05	+0,47	0,42	+0,07	+0,46	0,41	+0,03	+0,46	0,43
E	-0,09	+0,33	0,42	-0,04	+0,29	0,33	-0,09	+0,30	0,39

A	+0,04	0,45	0,41
B	+0,06	0,45	0,39
C	+0,18	0,54	0,36
D	+0,07	0,45	0,38
E	-0,07	0,35	0,42

2-1 gemiddeld tabel 8

A	0,39
B	0,42
C	0,39
D	0,41
E	0,41

Waarnemingen Zeiss (dynamisch)

tabel 9

ν in Herz	x_1 in mm	x_2 in mm	x_2/x_1	x_2/x_1 gem.	ν in Herz	x_1	x_2	x_2/x_1	x_2/x_1 gem.
20	0,053	1,57	30	25	50	0,025	1,28	51	55
	0,035	0,74	21			0,020	1,21	60	
	0,060	1,47	24			0,019	1,08	57	
	0,055	1,48	27			0,023	1,16	51	
77	0,010	0,95	95	93	99	0,006	0,34	57	75
	0,010	0,99	99			0,006	0,46	77	
	0,010	0,95	95			0,006	0,51	85	
	0,010	0,85	85			0,006	0,49	82	
120	0,007	0,30	41	46	150	0,014	0,36	26	19
	0,007	0,29	42			0,014	0,24	17	
	0,007	0,37	53			0,014	0,22	16	
	0,007	0,32	46			0,014	0,22	16	

Waarnemingen Askania (dynamisch)

tabel 10

γ in Herz	x_1 in mm	x_2 in mm	x_2/x_1	x_2/x_1 gem.	γ in Herz	x_1 in mm	x_2 in mm	x_2/x_1	x_2/x_1 gem.
20	0,026	1,15	41	41	50	0,020	1,48	74	75
	0,026	1,03	39			75			
	0,026	1,14	44			83			
	0,026	0,95	37			68			
70	0,010	1,60	160	158	80	0,003	1,06	352	383
	0,010	1,64	164			412			
	0,010	1,55	155			385			
	0,010	1,54	154			385			
90	0,002	0,67	335	283	100	0,011	0,98	89	96
	0,002	0,47	235			91			
	0,002	0,56	280			97			
	0,002	0,58	290			106			
130	0,012	0,47	39	46	150	0,009	0,29	32	45
	0,012	0,60	50			45			
	0,012	0,51	42			50			
	0,012	0,63	52			54			
168	0,003	1,55	517	511	180	0,005	0,38	76	87
	0,003	1,54	513			96			
	0,003	1,51	503			76			
	0,003					100			
275	0,001	0,73	730	780	350	0,018	0,11	61	65
	0,001	0,96	960			61			
	0,001	0,78	780			83			
	0,001	0,67	670			55			

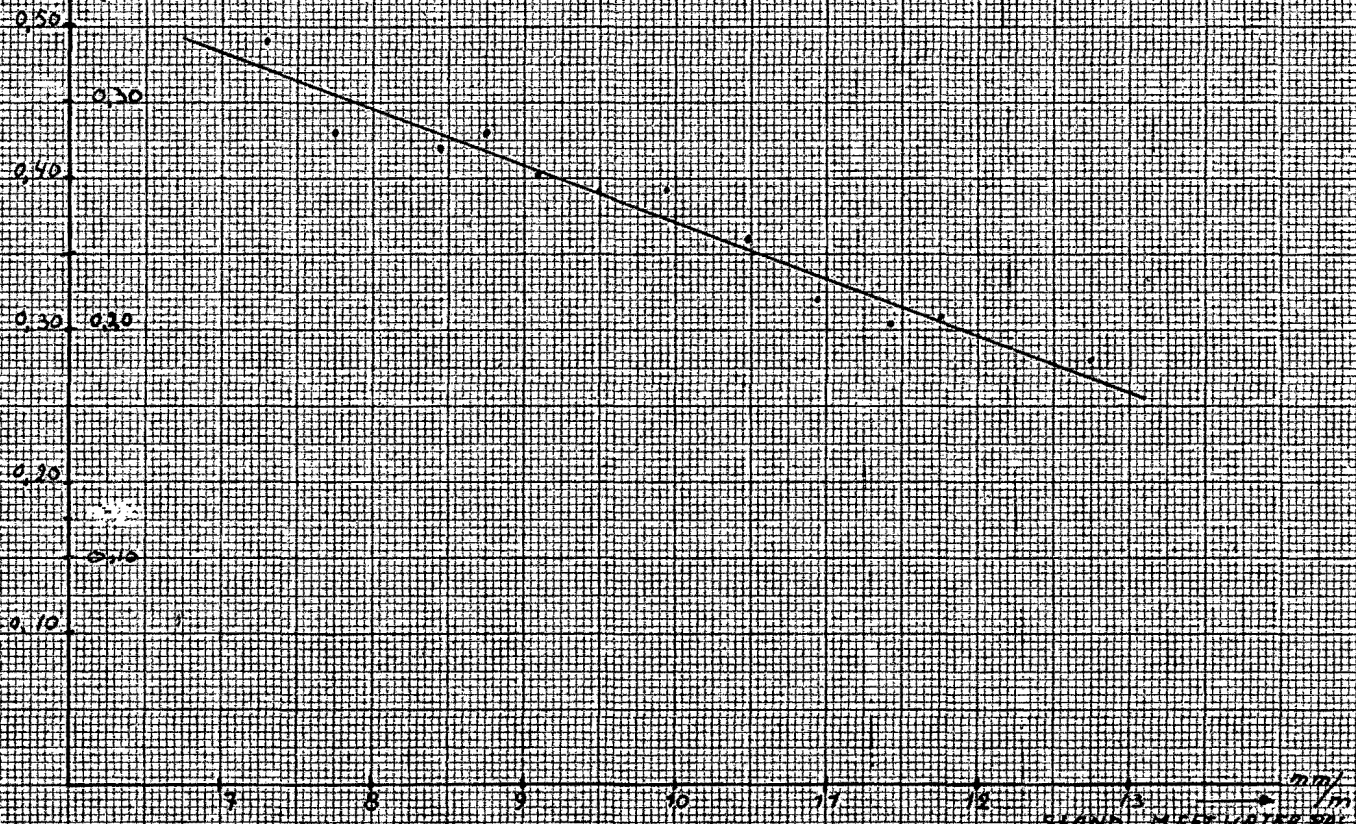
Waarnemingen Hilger&Watts (dynamisch)

tabel 11

ν in Herz	x_1 in mm	x_2 in mm	x_2/x_1	x_2/x_1 gem.	ν in Herz	x_1 in mm	x_2 in mm	x_2/x_1	x_2/x_1 gem.	
20	0,013	0,46	35	37	50	0,023	1,06	46	49	
	0,016	0,49	31				0,023	1,11		48
	0,025	1,01	40				0,030	1,55		52
	0,025	1,11	44				0,027	1,33		49
80	0,020	1,12	56	54	100	0,011	0,61	55	53	
	0,013	0,77	59				0,009	0,45		50
	0,016	0,83	52				0,020	1,10		55
	0,010	0,46	46				0,020	1,06		53
119	0,010	0,95	95	92	125	0,005	1,15	230	217	
	0,011	0,91	83				0,005	1,03		206
	0,011	1,00	91				0,005	1,13		226
	0,010	1,11	101				0,005	1,03		206
110	0,018	1,12	62	63	130	0,007	1,04	148	152	
	0,018	1,14	63				0,007	1,06		152
	0,018	1,14	63				0,007	1,06		152
	0,018	1,16	64				0,007	1,10		157
150	0,008	0,81	101	102	155	0,005	0,97	194	188	
	0,006	0,60	100				0,005	0,92		184
	0,004	0,39	97				0,005	0,98		196
	0,004	0,44	110				0,005	0,90		180
160	0,004	1,17	290	278	175	0,003	0,91	303	285	
	0,004	1,05	262				0,003	0,82		273
	0,004	1,10	275				0,003	0,87		290
	0,004	1,14	285				0,003	0,83		276
200	0,005	0,23	46	61						
	0,005	0,31	62							
	0,005	0,36	72							
	0,005	0,32	64							

0.50
0.40
0.30
0.20
0.10

mm/m
mm/m



DIAMETER RING

SEKOND. HEST WATER TAS

mm/m

Resonanz-Kurve

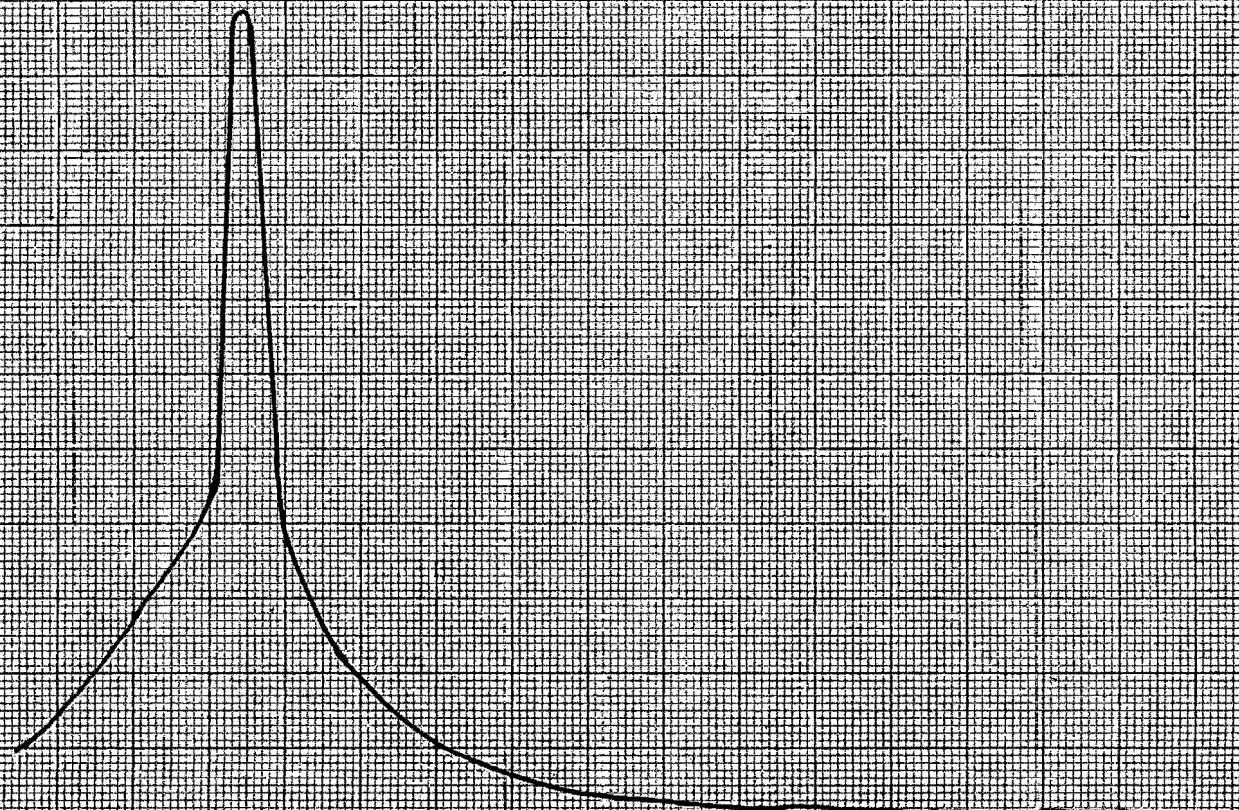
Zeiss

x_2/x_1



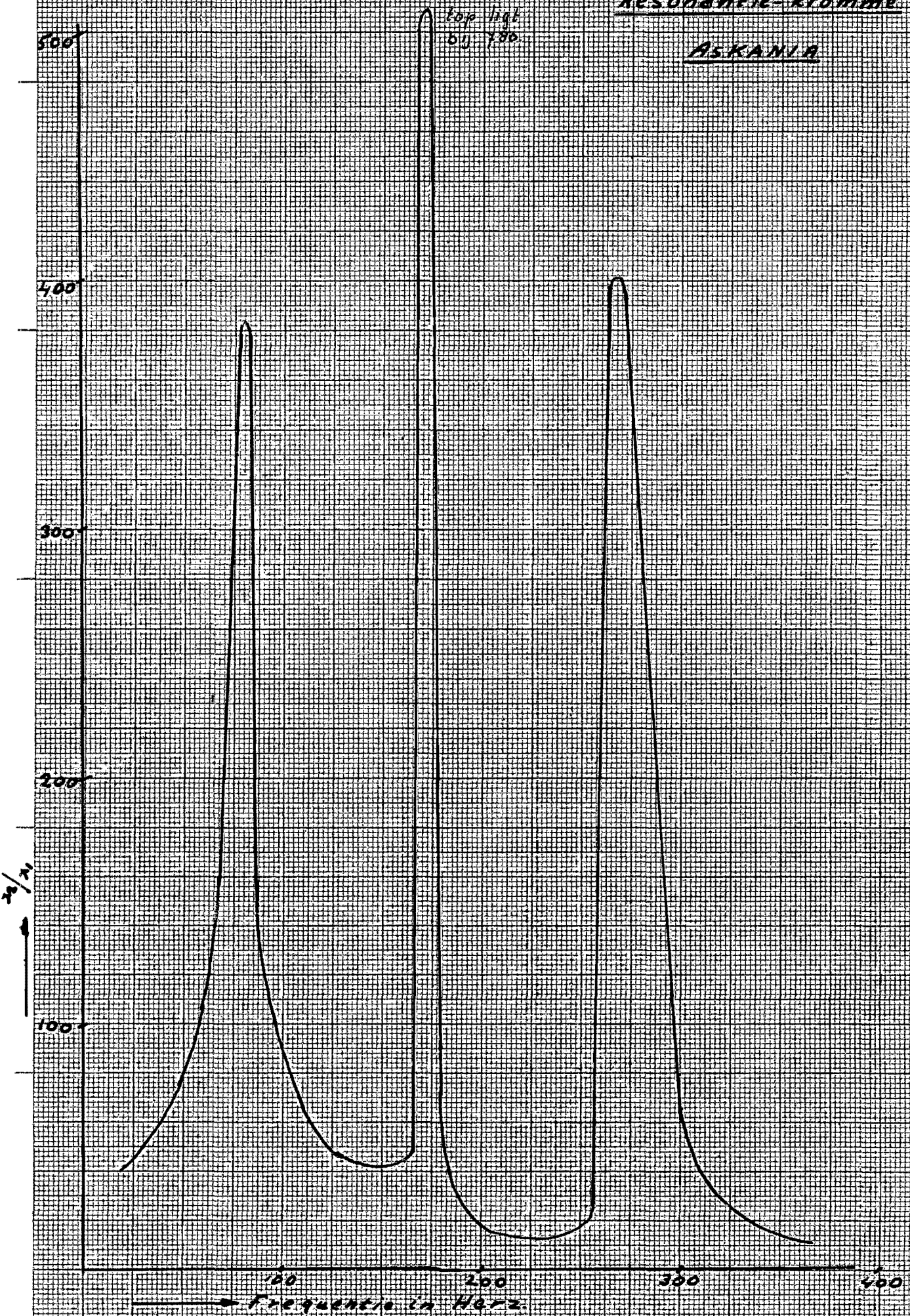
500
400
300
200
100

100 200 300 400
— Frequenz in Hertz



RESONANTIE-KRÖMME

ASKANIA



RESONANZKURVE

HILGER-WARLS

