



De invloed van cilindrs in een  
aanstroomgoot van een  
Venturi - goot

A A Kranenburg R 1974 - 7 - D

## **Vloeistofmechanica**

**Afd. Weg- en Waterbouwkunde  
Technische Hogeschool Delft**

Verlag  
van het  
Laboratorium Onderzoek  
naar

De invloed van cylindris op een waterstroom in een goot  
en

de invloed van cylindris op de stuwhoogte meting  
voor een venturigoet als deze cylindris in de  
aanvoergoot staan.

R 1974 - 7 - D

A. A. Kraamenburg  
Oude Delft 251  
Delft  
015 - 135681.

Inhouds opgave

- Inhouds opgave
- Lijst van grafieken
- Lijst van tabellen
- Lijst van toegepaste symbolen
- Samenvatting
- Hoofdstuk I. Inleiding
- I-1. Plaatsing
- I-2. Kewne uit meet- en bemonsteringsapparatuur
- I-2-1. Apparatuur A. B. v. hoeveelheidsmeting
- I-2-2. Bemonsterings apparatuur
- I-3. De plaats van bemonsteringsapparatuur i.v.m. een representatief monster
- I-3-1. De plaats in de meetput.
- I-3-2. De plaats in de meetgoot.
- I-4. Problemstelling en inleiding tot onderzoek.
- Hoofdstuk II. Algemene beschouwingen.
- II-1. Afleiding van de vergelijkingen
- II-2. Theoretische benadering.
- Hoofdstuk III. Opstelling en meetprogramma.
- III-1. Opstelling
- III-2. Meetprogramma
- Hoofdstuk IV. Berekening en Resultaten.
- IV-1. Bepaling van het verval van het water t.g.v. de cilinders en berekening van  $C_d'$ .
- IV-2. Invloed van cilinders in de aanvoergoot van een Venturi
- Hoofdstuk V. Discussie.
- V-1. Invloed van de verhouding  $\frac{d}{B}$  op de verhouding  $\frac{D-D'}{h_1}$  en op de „stuwdrak coëfficiënt“  $C_d'$ .
- V-2. Invloed van  $\frac{v_1^2}{2g}$  op  $\frac{D-D'}{h_1}$  bij konstante  $\frac{d}{B}$

III

II-3. De invloed van cilindrische in de aanvoergoot van een Venturi-goet op de stroomsnelheid.

Hoofdstuk III Conclusies

Hoofdstuk IV Aanbevelingen.

Literatuurlijst

Bijlagen

- I Berekening van  $v_1$ ,  $\frac{\Delta - \Delta'}{h_1}$  en  $C_d$  uit de meetresultaten van de proeven vermeld onder III-2, waarbij de hoogte meting uit gevoerd is met een peilnaald voor de aflijner en met een statische buis achter de aflijner.
- II Berekening van  $v_1$ ,  $\frac{\Delta - \Delta'}{h_1}$ ,  $C_d'$  en  $\frac{\Delta_{1b}}{h_1}$  uit de meetresultaten van de proeven, waarbij de hoogte meting uit gevoerd is met een peilnaald en het verval met een microvervalmeter.
- III Programma's voor een terminal voor de berekeningen in bijlagen 1 en 2

Lijst van grafieken.

1. Q - h kromme van de Venturi-goot.
2. Verband tussen v en C als B = 0,4m en a<sub>2</sub> = 2 x 10<sup>-5</sup>m voor 4 waterhoogtes
3. Verband tussen  $\frac{\Delta'}{h_1}$  en  $\frac{v_1^2}{gh_1}$  m. b. t. de wrijving in de goot.
- 4 t/m 8. Verband tussen  $\frac{\Delta - \Delta'}{h_1}$  resp.  $\frac{\Delta h}{h_1}$  en  $\frac{v_1^2}{gh_1}$  voor 1<sup>e</sup> serie metingen
- 9 t/m 12. Verband tussen  $\frac{\Delta - \Delta'}{h_1}$  resp.  $\frac{\Delta h}{h_1}$  en  $\frac{v_1^2}{gh_1}$  voor 2<sup>e</sup> serie metingen
- 13 t/m 15. Verband  $C_d$  en  $K_r = \frac{v_1^2}{gh_1}$  voor resp.  $\frac{d}{B} = 0,85, 0,96$  en  $0,45$ .
16. Verband tussen  $C_d$  en  $\frac{d}{B}$
- 18 t/m 25. Q - h kromme rondom 8 stuwhoogtes van de Venturi-goot en lijnen van procentuele afwijkingen.
- 26 t/m 30 A. Verband tussen  $h_{0,25}$  zonder en  $h_{0,25}$  zonder minus  $h_{0,25}$  met cilinder
- 26 B t/m 30 B. Verband tussen  $h_{0,25}$  zonder en  $h_{2,20}$  met minus  $h_{2,20}$  zonder cilinder
- 26 C t/m 30 C. Verband tussen  $h_{0,25}$  zonder en  $h_{2,20}$  minus  $h_{0,25}$  zonder cilinder
31. Afwijking van Q in % bij  $h_{2,20}$  met cilinder t.o.v. Q van  $h_{2,20}$  ongetoerd in relatie tot  $\frac{d}{B}$  voor de vijf plaatsen van de cilinders in de aanvoergoot.
32. Afwijking van Q in % bij  $h_{0,25}$  met cilinder t.o.v.  $h_{0,25}$  zonder cilinder in relatie tot  $\frac{d}{B}$  voor de vijf plaatsen van de cilinders in de aanvoergoot.

Lijst van tabellen

- I De afvoer Q van de Venturi-goot met bijbehorende stuwhoogtes.
- II De afvoer Q met bijbehorende stuwhoogte  $h_{0,25}$  rondom 8 stuwhoogtes.
- III Berekening van de weerstandscoëfficiënten van Chézy
- IVa  $h_{2,20}$  en  $h_{0,25}$  en Q voor de 8 stuwhoogtes.
- IVb  $h_{2,20}$  en  $h_{0,25}$  en Q als de cilinders op vijf plaatsen in de aanvoergoot staan.
- V Berekening van de afwijking van Q in % van  $h_{2,20}$  met t.o.v. Q behorende bij  $h_{2,20}$  zonder cilinder
- VI Berekening van proc. afw. van Q van  $h_{0,25}$  met t.o.v. Q van  $h_{0,25}$  zonder cilinder

Lijst van symbolen

	Eenheid
$B$ = Breedte van de goot	m
$b$ = Breedte van de keel van de versmalling	m
$d$ = Diameter van de cilinder	m
$Q$ = Afvoer in m <sup>3</sup> /s	$\frac{m^3}{s}$
$h_1$ = Waterhoogte op 0,60 m voor de cilinder (dsn I)	m
$h_2$ = Waterhoogte op 0,80 m achter de cilinder (dsn II)	m
$v_1$ = Snelheid van het water in de goot op 0,60 m voor cilinder	m/s
$g$ = versnelling van de zwaarte kraacht	$m/s^2$
$\rho$ = Soortelijke massa	$kg/m^3$
$\nu$ = Kinematische viscositeit	$\frac{m^2}{s}$
$R$ = Hydraulische straal	m
$a_s$ = Wandruwheid volgens Strickler	m
$Fr$ = getal van Froude ( $\frac{v_1}{\sqrt{gh_1}}$ )	
$C$ = Weerstandcoëfficiënt van Cherny	$\frac{m^2}{s}$
$I$ = Verhang van het wateroppervlak in de goot.	
$\Delta$ = Het gemeten verval tussen dsn I en dsn II	m
$\Delta'$ = Het berekende verval in de goot tussen dsn I en dsn II	
Aq.v. de wrijving	m
$\Delta'_{th}$ = Het berekende verval in de goot tussen dsn I en dsn II	
Aq.v. de cilinders	m
$C_d$ = Stuwdrukcoëfficiënt	
$C'_d$ = De berekende "Stuwdrukcoëfficiënt" Aq.v. $\Delta - \Delta'$ veroorzaakt door de cilinders in de goot.	

## Samenvatting.

Dit laboratoriumonderzoek is één van de opdrachten in het laatste jaar voor het ingenieurs examen aan de opleiding Weg- en Waterbouwkunde.

Het omvat enerzijds een onderzoek naar de invloed van Cylinders op een waterstroom in een goot.

Anderzijds is een onderzoek gedaan naar de invloed van Cylinders op de stuwhoogtemeting, eq. afvoer voor een Venburi-goot als deze Cylinders van verschillende diameters in de aanvoer-goot staan.

Inds het in werking treden van de lid op de Verontreiniging van Oppervlaktewateren, worden aan veel afvalwaterstromen hoeveelheidsmetingen gedaan om in verband met de heffingen op het lozen van afvalwater de totale hoeveelheid per jaar te bepalen. Om de graad van Verontreiniging te weten te komen worden er van deze afvalwaterstromen monsters genomen, die verder geanalyseerd worden.

Dit onderzoek beperkt zich ten aanzien van het meten van afvalwaterstromen tot de meetputten met meeschotten en open meetgoten en ten aanzien van de bemonstering tot het bemonsteringsapparaat van het type „Eleebalt“.

Uit de discussiegroep „Meet- en bemonsteringsapparatuur“ is de vraag naar voren gekomen: Wat is de plaats voor dit bemonsteringsapparaat in meetputten of meetgoten zodat ten aanzien van de hoeveelheidsmeting en de proportionaliteit van de grootte van het monster t.o.v. de afvoer op het moment van monstername de afwijkingen minimaal zijn met betrekking tot de werkelijkheid.

Om hier een antwoord op te krijgen is het bemonsteringsapparaat vervangen door een serie Cylinders met verschillende

diameters om langs deze weg de invloed te bepalen van de verhouding tussen de diameter van het apparaat en de breedte van de goot, waarin deze geplaatst zal worden, op de stuwhoogtemeting voor de Venturi.

Uit de proeven is gebleken dat het verval, uitgedrukt in procenten van de waterhoogte voor de cylinder, tussen 2 plaatsen, die respectievelijk voor en achter de cylinder genomen zijn, groter wordt naarmate de verhouding tussen de diameter van de cylinder en de breedte van de goot groter wordt evenals bij een toename van het getal van Froude.

Vervolgens zijn op diverse afstanden voor de versmalling in de aanvoergoot van een Venturi-goot de vijf cylinders geplaatst om bij een aantal stuwhoogten de invloed van de cylinders op deze stuwhoogten na te gaan.

Dit om een indruk te krijgen hoe groot de afwijking in de afvoer, behorende volgens de  $Q$ - $h$  kromme van de Venturi-goot bij de gemeten stuwhoogte, ten opzichte van de werkelijkheid is. Hieruit is gebleken dat de fout in de afvoer, afgeleid van de gemeten stuwhoogte t.o.v. de werkelijke afvoer minimaal is als aan de eis voor Venturigoten voldaan wordt, nl. dat het op een afstand van 10 maal de breedte van de goot vanaf de versmalling in de aanvoergoot geen verstoringen aanwezig zijn.

Tevens is gebleken dat het verschil in waterhoogten tussen die aan het begin van de aanvoergoot voor het bemonsteringsapparaat en die voor de versmalling van de Venturi-goot minimaal is als het bemonsteringsapparaat eveneens op een afstand van  $10 \times$  de breedte van de goot  $\varnothing$  voor de versmalling geplaatst wordt.



## Hoofdstuk I. Inleiding

### I-1. Plaatsing.

In de wet op verontreiniging van oppervlaktewateren (WVO), die in 1970 in werking is getreden, is in het uitvoeringsbesluit van deze wet een nauwkeurigheidseis gesteld van  $\pm 5\%$  met betrekking tot het meten en bemonsteren van de afvalwaterstromen, die door bedrijven en instellingen op het oppervlaktewater geloosd worden.

Voor het vaststellen van de vervuilingswaarde ten behoeve van de heffingen in gevolge de bovengenoemde wet is het nodig een grondige kennis te verkrijgen van de afvalwaterstromen naar kwantiteit en kwaliteit. (titel 2)

Meestal is het niet mogelijk de kwantiteit en kwaliteit van afvalwaterstromen nauwkeurig te voorspellen of uit bv. productieprocessen in de industrie en uit waterverbruiken nauwkeurig af te leiden. Daarom zal in de meeste gevallen slechts achteraf door meting en bemonstering het afvalwater kunnen worden gekwalificeerd en gekwantificeerd.

Bij de bepaling van de kwantiteit is vooral het lozingspatroon van belang, dat is de afgevoerde hoeveelheid per tijds eenheid en de variaties daarin, behoeven gedurende een etmaal, een week of een maand.

Voor de bepaling van de kwaliteit moeten er monsters uit het afvalwater genomen worden. Deze monsters moeten dan op diverse parameters onderzocht worden, zoals gehalten aan diverse opgeloste stoffen, de concentraties aan geslispergeerd en zwevend materiaal, de drijvende en bezinkbare stoffen.

Als men genoodthaakt is de milieubelastende stoffen en de hoeveelheid daarvan te bepalen met behulp van meting en bemonsteren van de afvalwaterstromen, dan is het wenselijk, dat de uitkomsten die hieruit verkregen worden, zo goed mogelijk overeenstemmen met de werkelijkheid. Daarom zal de keuze van de meetapparatuur s. b.v. de hoeveelheidsmeting sterk afhangen van het lozingspatroon van de afvalwaterstroom en de keuze van de monsternamemethode bepaald worden door de soort afvalwater.

I - 2 Keuze uit meet- en bemonsteringsapparatuur.

I - 2 - 1 Apparatuur s. b.v. hoeveelheidsmeting.

Het meten van de afvalwater debieten in de afvoersystemen bij bedrijven kan op diverse wijzen geschieden.

a Voor gesloten kanaalafvoeren kunnen de meetflensmeting, Venturi-buis-meting, de Pitotbuis-meting, de inductieve stroommeting of de ultrasonore stromingsmeting toegepast worden.

b Voor openkanaalafvoeren kan de keus gemaakt worden uit meetschotten, zoals het Thomson-schot (Vormig) en het Cipoletti-schot (trapezium-vormig), of meetgoten als de Venturi-goot of de Parshall-goot.

En het kader van dit onderzoek zullen we de methoden voor debietmeting voor gesloten kanaalafvoeren verder buiten beschouwing laten en ons beperken tot een korte samenvatting van de eigenschappen van en de eisen, die gesteld worden aan meetschotten en meetgoten.

Bij de bepaling van het afvalwater debiet bij deze systemen wordt voor het meetschot of de vernauwing de stuwhoogte gemeten s.o.v. de drempel van het schot of van de vernauwing.

De menselijke afpanduur (lid 4).

Naard een nauwkeurige bepaling van de hoeveelheid afpanduur per uur, dag week of maand is het van groot belang de graad van versnelling te kennen met een goede nauwkeurigheid de meten en de bepaling om een reëel uitgangspunt te hebben, waaraan een bepaling gebaseerd kan worden.

op zijn plaats.

de afvoer groter is dan  $150 \text{ m}^3/\text{h}$  het Lipolde metachol meer grote opdringende oelen in het afpanduur. In dat geval is niet tevens mag het metachol niet versuipd of versuipd raken dan (een stabiele broem en een stabiel grote herleidbaarheid).

Kan metachol heten de Vinduri - goed bevoegd worden de metachol geen bevoeging opbrengen. Als er het geval is,  $90^\circ$  de mag kijven het reëel van het afpanduur in <sup>Daarom is de aanbeveling om grote afpanduur aan te geven</sup> van  $53^\circ 8'$  en  $3 \text{ dm}$   $440 \text{ m}^3/\text{h}$  bij een openingsoverdruk van afpanduur debieten van  $15 - 220 \text{ m}^3/\text{h}$  bij een openingsoverdruk

het V - vormig metachol <sup>van</sup> het metachol van daarin en door de aard van de versnellingen. zijn van de grootte van het debiet, de opbrengende variaties de keuze tussen het metachol of de metachol het afpanduur van het water door het metachol.

aanbeveling metachol te versuipen in A.O.B. de metachol water in de aanbeveling kleiner blijft dan  $6 \text{ cm}^3/\text{s}$ , zodat de Wil deze normen vast op dat de herleidbaarheid metachol van het

Maar het I 50 - rapport no. 1938 (3)

metachol, metachol resp. Vinduri - gaten wordt versuipd had behoefte de normen A.O.B. de versuipen en afpanduur van de dit debiet is afhankelijk van de stroomsnelheid. ( $Q = f(h)$ ).

4

In het uitvoeringsbesluit van de WVO wordt gesteld: „De bemonstering zal zodanig moeten geschieden dat een monster verkregen wordt, dat in voldoende mate representatief is voor de totale hoeveelheid afvalstoffen, die afgevoerd worden.“

Afhankelijk van het looningspatroon en de graad van verontreiniging zal de grootte van het monster en de frequentie van de bemonstering bepaald moeten worden.

Er zijn verschillende mogelijkheden, waarop te werk gegaan kan worden. Bijvoorbeeld meting van de totale hoeveelheid per tijds eenheid (bv. per dag) en bemonstering (bv.  $\frac{1}{4}$  l eenmaal per halfuur). Deze methode kan aanleiding geven tot fouten bij sterke wisseling in grootte van debiet en vervuilingsgraad.

Een andere mogelijkheid is dat de grootte van het monster proportioneel is aan de afgevoerde hoeveelheid. Een voorbeeld hiervan is het fietswiel, waaraan baljes gemonteerd zijn.

Het geheel wordt in de aanvoergoot van een Venturi-goet geplaatst. Door de stroming zal het wiel gaan draaien en de baljes gelidigd worden. Als de stroomsnelheid groter wordt, zal het wiel sneller gaan draaien en meer monsters per tijds eenheid nemen. Veel invloeden als bv. wind of verontreiniging kunnen een totaal monster over langere tijd zodanig beïnvloeden dat er geen sprake meer is van een representatief monster.

De Heren Flier en Baltjes (lit. 5) hebben een bemonsterings apparaat ontwikkeld, dat een groot aantal bezwaren ondervangt. Dit apparaat bestaat uit een kegelvormig meetvat, dat met de opening naar beneden in een afvalwaterstroom geplaatst wordt, zodanig dat bij een afvoer 0 juist geen water binnen- treedt. Het meetvat heeft een zodanige inwendige vorm, dat bij onderdompeling in de afvalwaterstroom, het monster volume

evenredig is met het debiet op dat moment. Bij toepassing van meetschotten of meetgaten is er verband tussen stuwhoogte en debiet. De inhoud van het meetvat bij een meetshot is voor de stuwhoogte  $h$  evenredig met  $h^{\frac{5}{2}}$  en voor een stensuri-goos evenredig met  $h^{\frac{3}{2}}$ . Het monster wordt eenmaal per tijds eenheid met behulp van perslucht of Stikstof uit het meetvat in een vernamelvat geperst of met behulp van vacuum in een vernamelvat gezogen.

Uit de praktijk is gebleken dat met dit apparaat representatieve monsters genomen kunnen worden bij afvalwater, dat min of meer homogeen van samenstelling is. Dit bemonsteringsapparaat kan echter niet bij elke soort afvalwaterstroom toegepast worden.

Afwijkingen treden op bij bv. a. getoogdheid in de afvalwaterstromen t.g.v. temperatuurverschillen, verschil in dichtheid, b. Vet- of olieafscheiding. Het meetvat wordt verontreinigd en het volume van het meetvat neemt af of de verontreiniging komt niet in het monster voor bv. bij opstrijven.

c. Aanwezigheid van grote vaste verontreinigingen. Kans op verstopping of dat de afmetingen van de verontreiniging te groot zijn dat deze niet in het monster opgenomen kunnen worden.

d. Incidentele losingen met een hoge verontreinigingsgraad kunnen plaats vinden tussen de tijden dat een monster genomen wordt.

Bij zulke soorten afvalwater geen representatieve monsters te nemen, dan moeten volgens de WVO de heffingen bepaald worden volgens de tabel: Afvalwatercoëfficiënt. Is er sprake van een min of meer homogeen afvalwater dan kan het bovenbeschreven bemonsteringsapparaat: de „Eleeball“ toegepast worden.

Om het hiernavolgende mal alleen dit apparaat ter sprake komen een de andere bemonsteringsapparatuur buiten beschouwing gelaten worden.

De vraag is nu: wat is de beste plaats voor dit apparaat in de meetput en in de meetgoot?

I-3 De plaats van het bemonsteringsapparaat in verband met een representatief monster.

I-3-1 De plaats in de meetput.

Als de aanvoergoot voldoet aan de ISO-normen zal de horizontale snelheid in de meetput kleiner zijn dan 6 cm/sec. Dat wil zeggen, dat in de gehele goot, uitgenomd het versnellingsgebied vlak voor het meetshot, de waterhoogte overal gelijk is. Wordt het bemonsteringsapparaat in de nabijheid van de stuwhoogtemeting geplaatst, dan zal de grootte van het monster evenredig zijn met de gemeten afgevoerde hoeveelheid en de invloed van het bemonsteringsapparaat op het stromingsbeeld in de aanvoergoot bij de geringe horizontale snelheid gering en te verwaarlozen zijn.

I-3-2 De plaats in de meetgoot.

De aanvoergoot-lengte van de Venturi-goot dient volgens de ISO-normen  $10 \times$  de Breedte B van de goot te zijn. Deze <sup>goot</sup> dient recht te zijn en horizontaal.

Het meetpunt van de stuwhoogte behoort gelegen te zijn op een afstand van  $3\frac{1}{4} \times$  de maximale stuwhoogte voor de vernauwing in de aanvoergoot.

Wordt het bemonsteringsapparaat nu in de aanvoergoot

geplaatst, dan zal dit een verstoring geven van de rechte stroomlijnen in de aanvoergoot. Bovendien zal dit apparaat een extra weerstand zijn in de aanvoergoot, naast die van de wandruwheid

Onderrijds zal als het bemonsteringsapparaat aan het begin van de aanvoergoot geplaatst wordt een monster genomen worden, dat groter is dan dat wat behoort bij de gemeten stroomhoogte. Dit als gevolg van het wrijvingsverlies in de aanvoergoot.

Er dient daarom gezocht te worden naar de plaats van het bemonsteringsapparaat in de aanvoergoot, die ten eerste de geringste invloed heeft op het stromingsbeeld in de Venturi-goot en de debietmeting hierin en ten tweede waar het meest proportionele monster genomen kan worden.

I-4 Probleemstelling en inleiding tot onderzoek.

In het voorgaande is gesproken over het meten en bemonsteren van afvalwaterstromen in de verschillende mogelijkheden daartoe. Uit I-3-2 blijkt dat een nauwkeurige debietmeting eisen aan de Venturi-goot stelt (nl rechte stroomlijnen), die tegenstrijdig zijn met die van een proportionele bemonstering met behulp van de „Fleevalt.“ De vraag is nu: Welke eisen moeten prevaleren boven de andere, opdat de fouten in de debietmeting en de bemonstering minimaal zijn?

Daar toe wordt eerst onderzocht wat de invloed van de „Fleevalt“ is op water, wat door een rechte horizontale goot stroomt met verschillende snelheden en bij variërende waterhoogten.

In plaats van de „Fleevalt“ worden 5 cilindres met verschillende diameters in de stroom geplaatst om de

invloed van de verhouding tusschen diameter  $d$  van de  
Cylinder en de breedte  $B$  van de goot te kunnen onderzoeken.  
Hiervoor met onderdeverschillende omstandigheden de hoogten  
op vaste plaatsen voor en achter de cylinder gemeten worden.  
Om de invloed van de cylinders op de debietmeting te bepalen  
zijn drie op verschillende plaatsen in de aanvoergoot van een  
Venturi-goot opgesteld. Hierbij zijn bij verschillende stuwhoogten  
de waterhoogten gemeten aan het begin van de aanvoergoot  
en voor het versnellingsgebied bij de versmalling.

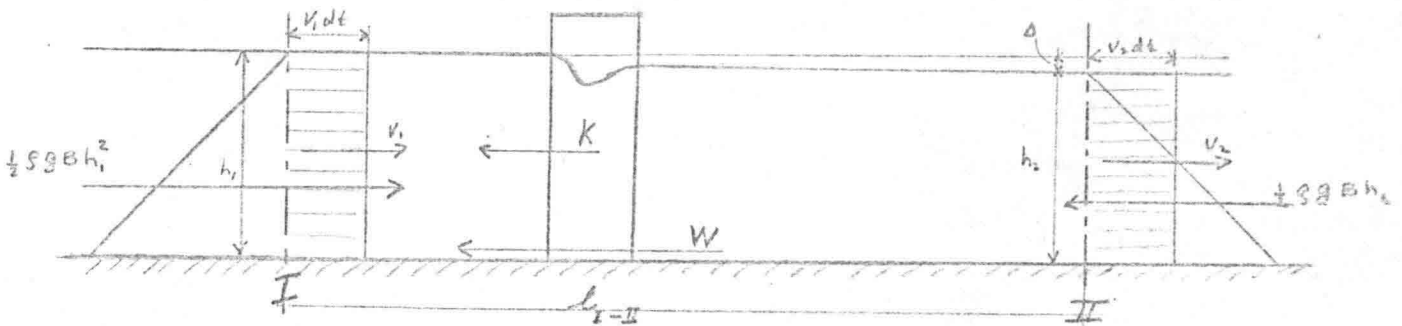


## Hoofdstuk II. Algemene beschouwingen.

### II-1. Afleiding van de vergelijkingen.

Wordt in een goot, waarden water stroomt, een cylinder geplaatst, dan zal het verval tussen 2 punten veroorzaakt worden door de gootweerstand en de weerstand t.g.v. de cylinder in de stroom. Is er sprake van een permanente dan geldt tussen de doorsneden I en II van figuur 1 als  $B$  de breedte van de goot is, de hoeveelheid, die door de doorsnede per seconde stroomt,  $Q$  is en de waterhoogten in de dsn. I en II resp.  $h_1$  en  $h_2$  zijn voor de watermassa tussen dsn I en II:

$$F = \frac{d(mv)}{dt} \quad \text{of anderszeggende:} \quad F dt = d(mv) \quad (1)$$



figuur 1

$$\left( \frac{1}{2} \rho g h_1^2 B - \frac{1}{2} \rho g h_2^2 B - K - W \right) dt = \rho B h_2 v_2^2 dt - \rho B h_1 v_1^2 dt \quad (2)$$

Hierin is  $K$  de stuwkracht van de cylinder op de watermassa. In de literatuur wordt deze kracht voorgesteld met de formule

$$K = \frac{1}{2} C_d' \rho v_1^2 h_1 d \quad (\text{bv. lit. 6}) \quad (3)$$

$W$  is de wrijvingskracht ten gevolge van de gootweerstand.

Noemen we  $h_1 - h_2 = \Delta$ , dan zal  $\Delta$  voor een gedeelte veroorzaakt worden door de gootweerstand over de afstand tussen dsn I en II.

Staat er geen cylinder in de goot dan kan er een

benadering van  $W$  bepaald worden met de formule:

$$W = (B + 2h_1) \cdot l_{I-II} \cdot \rho \cdot g \cdot R \cdot I_H = l_{I-II} \cdot \rho \cdot g \cdot B \cdot h_1 \cdot I_H \quad (4)$$

Hierin is  $I_H = \frac{V_1^2}{C^2 R}$ , (lit. 7) (5)

Waarin de gemiddelde  $C$ -waarde over  $l_{I-II}$  bepaald wordt met de formule van White - Colebrook:

$$C = 18 \log \frac{bR}{a + \frac{\delta}{8}} \quad \text{als } a = 0,5 \times \text{de wandruwheid } k \text{ en} \\ \delta = \frac{11,6 \nu}{\sqrt{g R I_H}} \quad (\text{lit. 7}) \quad (6)$$

In figuur 2 is een staat van ruwheidsmaten  $a_s$  gegeven volgens Strickler. Hierbij geldt:  $a_s = 0,274 k$ .

Dus  $a = 1,825 a_s$  zodat (6) na deling van teller en noemer van de breuk door 15 overgaat in:

$$C = 18 \log \frac{0,4 R \cdot a_s}{\frac{a_s}{8} + \frac{\delta}{105}} \quad (7)$$

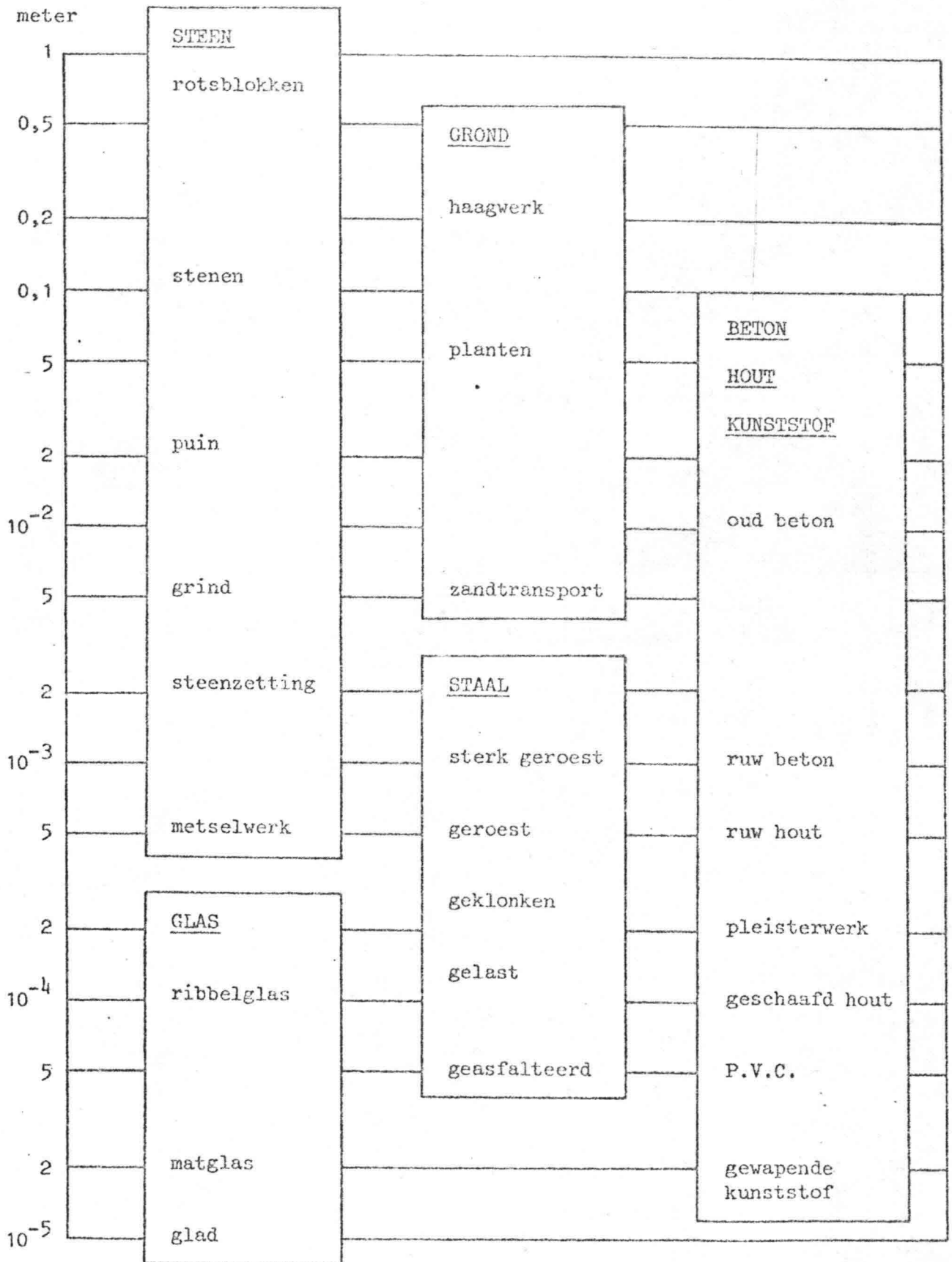
Deze formule wordt toegepast bij weerstands berekeningen voor de goeten, waarmee de proeven uit gevoerd zijn met  $a_s = 2 \times 10^{-5}$ .

Uitgaande van een gegeven  $R$  en  $\nu$  en een gekozen  $I_H$  is door middel van iteratie  $C$  te bepalen uit (7) en (5).

Het verval tussen de punten I en II tgv de wrijving wordt aldus geschat op  $\Delta' = I_H \cdot l_{I-II}$ . (8)

Dit verval over  $l_{I-II}$  tgv. de gootweerstand treedt op als er geen cylinder in de goot staat. Het verval over  $l_{I-II}$  tgv. de gootweerstand is als er een cylinder in de goot staat moeilijk te berekenen volgens de één of andere benaderingsmethode. In verband met de versnellingsgebieden voor en naast de cylinders kan niet gesproken worden over een konstante  $C$ -waarde of een konstante  $R$ .

Zekter om toch een benadering te krijgen hoe groot het verval over  $l_{I-II}$  is tgv. de cylinder, zonder dat de invloed van de gootweerstand in rekening gebracht is, wordt het



figuur 2

verval over  $h_{I-II}$  tgv. de grootweerstand geshat met de hierboven beschreven berekeningsmethode.

Het niveauverschil tussen den I en II als gevolg van de cylinder in de stroom is dan  $\Delta - \Delta'$ .

Mit (2), (3), (4) en (8) volgt dan:

$$\frac{K}{\rho} = g B \{ 0,5 h_1^2 - 0,5 (h_1 - \Delta)^2 - h_1 \Delta' \} + B \{ v_1^2 h_1 - v_2^2 (h_1 - \Delta) \}$$

$$= g B \{ h_1 (\Delta - \Delta') - 0,5 \Delta^2 \} + B \{ v_1^2 h_1 - v_2^2 (h_1 - \Delta) \}$$

$$\text{en } C_d' = \frac{K}{\rho} \cdot \frac{1}{0,5 \cdot v_1^2 \cdot h_1 \cdot d}$$

Mit de continuïteit volgt  $Q = B \cdot h_1 \cdot v_1 = B (h_1 - \Delta) v_2 \Rightarrow v_2 = \frac{Q}{B(h_1 - \Delta)}$

Elimineren we  $\frac{K}{\rho}$  en substitueren we  $v_2$  dan wordt:

$$C_d' = \frac{g \cdot B}{v_1^2 \cdot h_1 \cdot d} \left\{ 2 h_1 (\Delta - \Delta') - \Delta^2 \right\} + \frac{2B}{d} - \frac{B \cdot Q^2 (h_1 - \Delta)}{B^2 (h_1 - \Delta)^2} \cdot \frac{B^2 h_1^2}{0,5 Q^2 h_1 d}$$

$$C_d' = \frac{\Delta - \Delta'}{h_1} \cdot \frac{2B}{d} \left\{ \frac{g h_1}{v_1^2} - \frac{0,5 g \cdot \Delta^2}{v_1^2 \Delta - \Delta'} \right\} - \frac{2B}{d} \cdot \frac{\Delta}{h_1 - \Delta}$$

$$C_d' = \frac{\Delta - \Delta'}{h_1} \cdot \frac{2B}{d} \left\{ \frac{g h_1}{v_1^2} - \frac{0,5 \cdot g \cdot \Delta^2}{v_1^2 \Delta - \Delta'} - \frac{\Delta}{h_1 - \Delta} \cdot \frac{h_1}{\Delta - \Delta'} \right\}$$

$$\frac{\Delta - \Delta'}{h_1} = C_d' \cdot \frac{d}{2B} \left\{ \frac{1}{\frac{g h_1}{v_1^2} - \frac{0,5 g \Delta^2}{v_1^2 (\Delta - \Delta')} - \frac{\Delta}{h_1 - \Delta} \cdot \frac{h_1}{\Delta - \Delta'}} \right\}$$

anders geschreven:

$$\frac{\Delta - \Delta'}{h_1} = C_d' \cdot \frac{d}{2B} \left\{ \frac{\frac{v_1^2}{g h_1}}{1 - \frac{0,5 \cdot \Delta^2}{h_1 (\Delta - \Delta')} - \frac{v_1^2 \Delta}{g h_1 (h_1 - \Delta) (\Delta - \Delta')}} \right\}$$

Nu is  $\frac{0,5 \Delta^2}{h_1 (\Delta - \Delta')}$  klein tov 1 en  $\frac{h_1}{h_1 - \Delta} \approx 1$  zodat bij benadering geregd kan worden:

$$\frac{\Delta - \Delta'}{h_1} \approx C_d' \cdot \frac{d}{2B} \left( \frac{\frac{v_1^2}{g h_1}}{1 - \frac{\Delta}{\Delta - \Delta'} \frac{v_1^2}{g h_1}} \right)$$

## II-2 Theoretische benadering

In II-1 is uitgegaan van de gemeten waarden van  $h_1$ ,  $h_2$  en  $Q$ . Hieruit is achtereenvolgens de stuwdruk coëfficiënt  $C_d$  berekend en de waarde voor  $\frac{\Delta - \Delta'}{h_1}$ . Volgens Hoerner (lit 6) is  $C_d = 1$  als  $Re = \frac{v_1 \cdot d}{\nu}$  waarden heeft tussen  $10^3$  en  $10^4$  en  $C_d = 1,18$  als  $10^4 < Re < 3,24 \times 10^5$

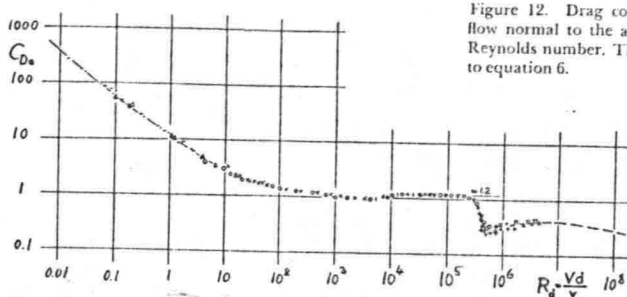


Figure 12. Drag coefficient of the circular cylinder in a flow normal to the axis (between walls), as a function of Reynolds number. The function below  $R = 1$ , corresponds to equation 6.

— FINE, AT LOW REYNOLDS NUMBERS (12, a)  
 ▲ WHITE WIRE FALLING IN LIQUID (12, b)  
 × SELF-ASC. WIRE IN TUNNEL (12, c)  
 ● WHEELBARROW IN WIND TUNNEL (18, a)  
 | SWILLEN-LINCE, DEEP SECTS (18, b)  
 \* KINER, CORRECTED FOR TURBULENCE (14)  
 + T & C. CORRECTED FOR TURB. (18, c)  
 v CALCIT. CORRECTED FOR TURBULENCE (12)  
 □ FROSTEN. IN OPEN AIR (2ND) (18, d)  
 ▲ JORDAN (18C), IN WIND TUNNEL (6, 2)

### Figuur 3

Er wordt hier echter alleen gesproken over een cylinder tussen wanden, maar er wordt niet gesproken over de verhouding tussen de diameter  $d$  van de cylinder en de afstand tussen de wanden.

De Stuwkracht is:  $K = 0,5 g v_1^2 h_1 d$ . (1)

Als gegeven zijn  $h_1$ ;  $Q$  en de stuwdruk coëfficiënt  $C_d$  en ~~er~~ daarbij de wrijving in de goot buiten beschouwing gelaten wordt, dan is de bewegingsvergelijking:

$$\frac{1}{2} g h_1^3 B - \frac{1}{2} g h_2^3 B - \frac{1}{2} g C_d v_1^2 h_1 d - g B h_2 v_2^2 + g B h_1 v_1^2 = 0 \quad (2)$$

of anders geschreven:

$$-0,5 g B h_2^3 + \left( 0,5 g B h_1^3 - 0,5 C_d v_1^2 h_1 d + \frac{Q^2}{B h_1} \right) h_2 - \frac{Q^2}{B} = 0 \quad (3)$$

Hieruit kunnen we  $h_2$  oplossen met behulp van een lineaire interpolatie (Regula falsi), waarbij als uitgangspunten gekozen kunnen worden  $h_2 = h_1$  en  $h_2 = h_1 - 0,05$

Dan is  $\Delta_{th} = h_1 - h_2$ .

Tevens is  $\frac{K}{g} = 0,5 g B (2 h_1 \Delta_{th} - \Delta_{th}^2) + B \{ v_1^2 h_1 - v_2^2 (h_1 - \Delta_{th}) \}$

en  $v_2 = \frac{Q}{B \Delta_{th}}$

Doordat als  $Re = \frac{\rho}{\mu} \frac{1}{0,5 \cdot v_1^2 \cdot h_1 \cdot d}$  is:

$$C_d = \frac{g \cdot B}{v_1^2 \cdot h_1 \cdot d} (2 h_1 \Delta_{th} - \Delta_{th}^2) - \frac{2 B}{d} \cdot \frac{\Delta_{th}}{h_1 - \Delta_{th}}$$

$$\text{of } C_d = \frac{\Delta_{th}}{h_1} \cdot \frac{2 B}{d} \left\{ \frac{g h_1}{v_1^2} - \frac{0,5 g \Delta_{th}}{v_1^2} - \frac{\Delta_{th}}{h_1 - \Delta_{th}} \cdot \frac{h_1}{\Delta_{th}} \right\}$$

$$\text{of } \frac{\Delta_{th}}{h_1} = C_d \cdot \frac{d}{2 B} \frac{\frac{v_1^2}{g h_1}}{\left(1 - 0,5 \frac{\Delta_{th}}{h_1} - \frac{h_1}{h_1 - \Delta_{th}} \cdot \frac{v_1^2}{g h_1}\right)}$$

waarbij  $C_d = 1$  resp  $1,18$  afhankelijk van de waarde van het getal van  $Re = \frac{v_1 \cdot d}{\nu}$ .

## Hoofdstuk III. Opstelling en meetprogramma

### III - 1 Opstelling

Voor het eerste deel van het onderzoek, namelijk het meten van het verval t.g.v. de stuwkracht op de cilinder door het water, is gebruik gemaakt van een kandelgoot, met een kunststof bodem, glazen wanden en een breedte van 0,4 m. Zie figuur 4. Voor dit onderzoek is uitsluitend gewerkt bij horizontale bodem en meetrails.

De cilinders zijn geplaatst in het midden van de goot op e.o. 8 m vanaf de instroming. De diameters van de cilinders zijn 0,0385; 0,06; 0,09; 0,135; 0,18 m.

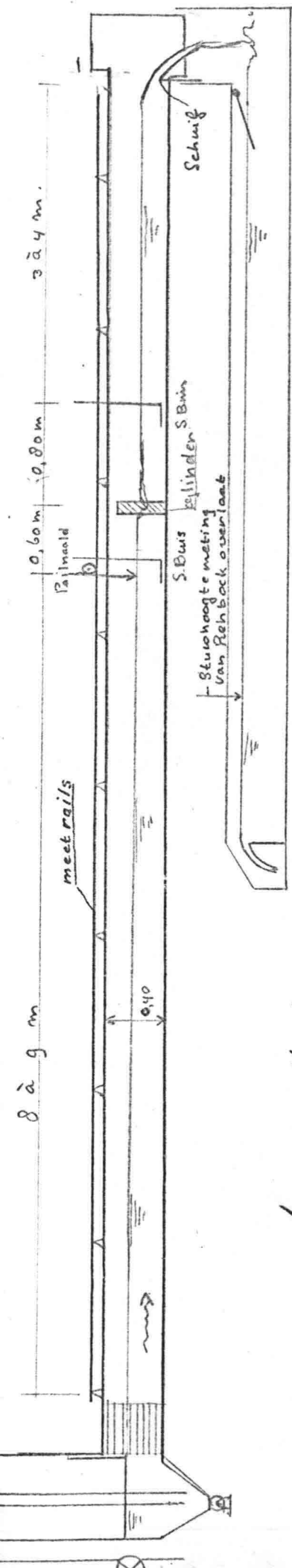
De lengte van 8 meter is rekes voldoende om een rechtlijnig stroomlijnenpatroon te garanderen.

De debietmeting is uitgevoerd met een onder de kandelgoot vast opgestelde Rehbock overlaet, waarvan de  $Q$ - $h$  kromme bekend is.

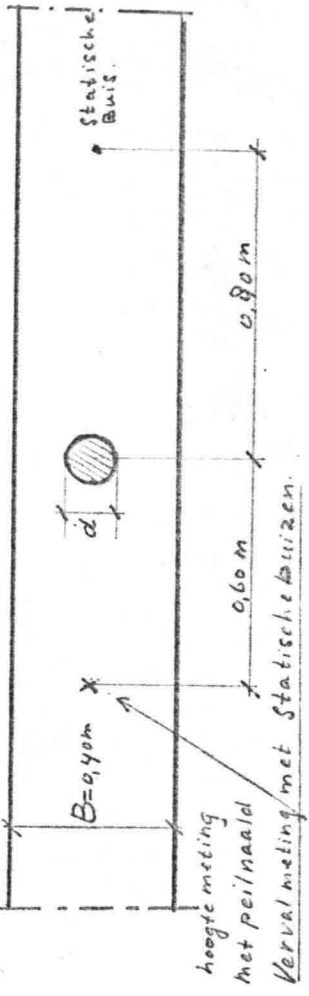
De waterhoogten zijn gemeten op 60 cm voor de cilinder, gemeten met een peilnaald, en op 80 cm achter de cilinder met achtereenvolgens: a een peilnaald; vanwege golven bleek dit niet uitvoerbaar

b Een statische buis gehoppeld aan een manometerbord; De meetfout bedraagt bij deze opstelling 0,0001 m bij de peilnaald en 0,0005 m bij het manometerbord. (Bij de uitwerking van de meetgegevens bleek deze fout een te grote invloed te hebben.)

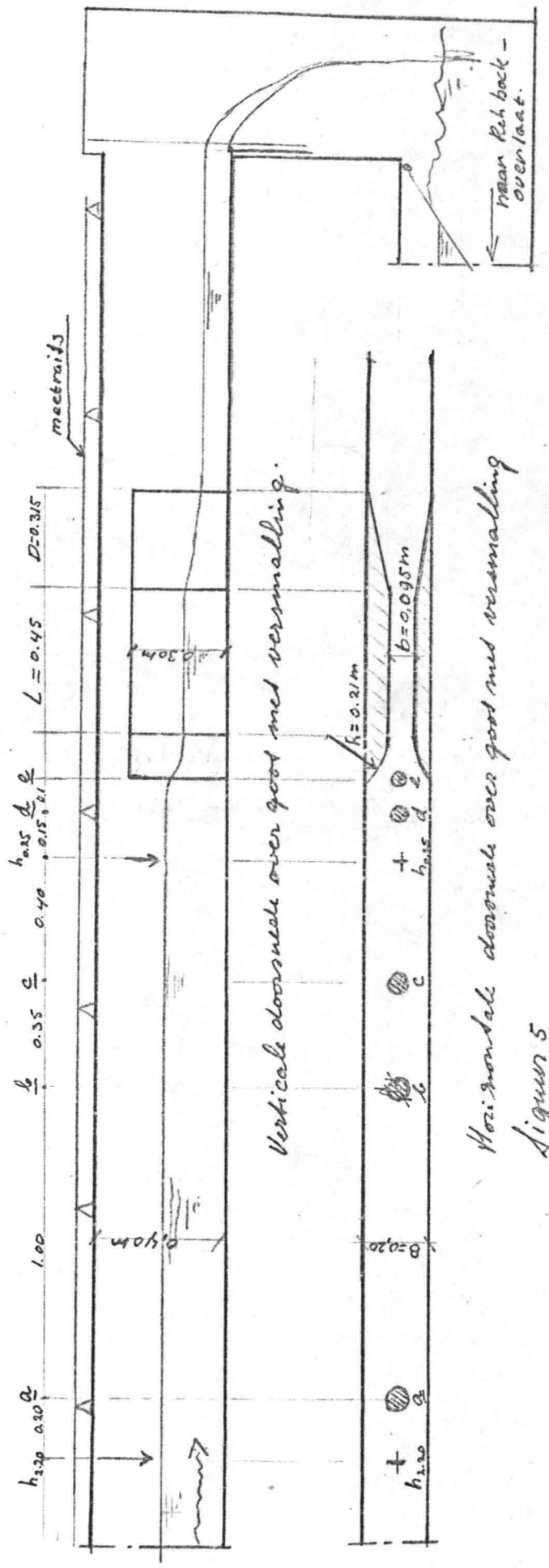
c Een microvervalmeter in combinatie met de peilnaald voor de cilinder (meetfout microvervalmeter is 0,00001 m).



Figuur 4a Verticale doorsnede over kantelgoot en ondergelegen Rehbock overlaat.



Figuur 4b Horizontale doorsnede over kantelgoot met Cylinder



Verticale doorsnede over goot met versmalling.

Horizontale doorsnede over goot met versmalling

Figuur 5



Het debiet kan geregeld worden met een afsluiter en de waterhoogte met een schuif aan het eind van de kantelgoot.

Voor het tweede deel van dit onderzoek is gebruik gemaakt van een vaste horizontale goot, waarin een versmalling aangebracht is.

Zie figuur 5. De eisen waaraan deze versmalling moet voldoen volgens ISO-norm 1438 zijn bij  $B = 0,20\text{ m}$ ;  $p = 0$  en  $b = 0,095\text{ m}$

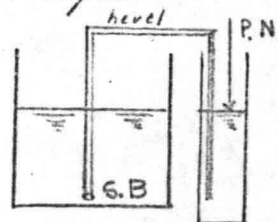
$b > 0,09\text{ m}$	Toegepast is :	$b = 0,095\text{ m}$
$\frac{b}{B} \cdot \frac{h_{\max}}{h_{\max+p}} < 0,7$	"	als $h_{\max} < 0,30\text{ m}$ , $\frac{b}{B} = 0,475$
$\frac{h_{\max}}{b} < 3$	"	$\frac{h_{\max}}{b} = 3$
$0,05 < h < 1,80\text{ m}$	"	$0,05 < h < 0,30\text{ m}$ .
$L > 1,5 h_{\max}$	"	$L = 0,45\text{ m}$
$D = 3(B - b)$	"	$D = 0,315\text{ m}$ .
$R = 2(B - b)$	"	$R = 0,21\text{ m}$
$E = 3 \text{ à } 4 h_{\max}$	"	$E = 0,90\text{ m}$ . ( $h_{90} = 0,25$ ).
$F > 10 B$	"	$F \approx 3,00\text{ m}$ .

De debietmeting is gedaan met een vaste Rehbock overlaat onder de bovengenoemde goot. Ook van deze overlaat is de  $Q-h$  kromme bekend.

In de goot zijn op verschillende plaatsen cylinders opgesteld met diameters van resp 2 - 3 - 4,5 - 6,75 en 9 cm.

Op twee plaatsen is de stuwhoogte gemeten:

$a$  op 2,20 m voor de versmalling met een peilnaald,  
 $b$  op 0,25 m voor de versmalling met een statische buis, gehoppeld met een hevel aan een vat, waarin de waterhoogte met een peilnaald gemeten kan worden. (fig. 6).



III-2 Mees programma.

Alleen de kantelgoot nog niet eerder gebruikt was, moesten er een aantal voorbereidende werkzaamheden verricht worden

a. Waterdicht maken van de goot om horizontale stand te kunnen bepalen,

b. de stand van de kandelgoot opvoeken, waarop de goot bodem en rails horizontaal stonden,

c. de nulcorrectie bepalen van de Rehbock-overlaat.

Na een aantal proeven bleek dat de waterhoogte meting achter de cylinder met behulp van een peilnaald niet uitvoerbaar was vanwege golven in het water. De waterhoogte meting achter de cylinder is daarom gedaan met behulp van een statische buis en een manometerbord.

Op deze wijze is met 5 cylinders bij 4 à 5 verschillende debieten en 4 verschillende waterhoogten, nl 0,30; 0,25; 0,20 en 0,15 m het verval <sup>h<sub>1</sub> - h<sub>2</sub></sup> gemeten tussen de plaatsen 0,60 m voor de cylinder en 0,80 m achter de cylinder. Bij de uitwerking van de vernameken met gegevens bleek dat de meetfout van 0,0005 m groot was t.o.v de gemeten verval. Daarom is de gehele serie metingen herhaald met een peilnaald voor de hoogtemeting op 0,60 m voor de cylinder en een microvervalmeter met de meetpunten op 0,60 m voor en 0,80 m achter de cylinder om het verval tussen twee plaatsen te meten.

Naast de metingen, waarbij de cylinders precies in het midden van de goot geplaatst zijn, zijn bij de cylinders met diameter b en g een nog een aantal series metingen verricht, waarbij de cylinders geen gelijke afstanden hebben tot de beide wanden van de goot of tegen één van de wanden aangedrukt zijn.

Naar het tweede deel van het onderzoek is eerst van de versmalling in de goot van 0,20 m breed een Q-h kromme bepaald met behulp van de Rehbock-overlaat.

De stuwhoogte is bepaald op 4 plaatsen voor de versmalling

met een peilnaald en wel op 0,90 ; 0,60 ; 0,40 en 0,15 m voor de versmalling. (Tabel I en grafiek 1)

Hieruit bleek, dat over deze afstand het verval nihil was. Daarom is als plaats van stuwhoogtemeting 0,25 m voor de versmalling gekozen. Dit om 2 redenen: a omdat bleek, dat er op deze afstand nog geen invloed was van de versmalling van het water in de versmalling op de stuwhoogte; b omdat achter de cilinder een plaats genomen mocht worden, waar de stroomlijnen nagenoeg weer recht waren, dus waar de afstand tussen cilinder en meetpunt zo groot mogelijk was.

Nervolgens is bij de 8 stuwhoogtes de waterhoogte bepaald op 2,20 m en 0,25 m voor de versmalling:

a zonder cilinder in de goot

b met cilinder op resp 2,00 ; 1,00 ; 0,65 en 0,10 en 0 m (in de versnellingzone) voor de versmalling.

Tot slot is rond deze 8 stuwhoogtes nog een nauwkeuriger  $Q-h$  kromme bepaald. (Tabel II)

# Hoofdstuk IV Berekening en Resultaten.

## IV-1 Bepaling van het verval van het water t.g.v. de Cylinders en berekening van $C_d'$

In tabel III zijn bij vier waterhoogten, nl 0,15 ; 0,20 ; 0,25 en 0,30 bij verschillende snelheden de weerstandscoefficienten van Chery bepaald, waarbij aangenomen is dat de gemiddelde wand en bodem ruwheidsbolgens struikter  $2 \times 10^{-5} m$  is. De resultaten van deze berekening zijn weergegeven in grafiek 2.

In tabel III zijn voor dezelfde 4 waterhoogten t.g.v. de wrijving in de goot de waarden van  $\frac{\Delta'}{h_1}$  bepaald voor diverse snelheden, waarbij  $\Delta' = 1,4 \times I$  ( $0,60 + 0,80 = 1,4m$ ) en  $I = \frac{V_1^2}{g h_1}$ .

Deze resultaten zijn uitgeret in grafiek 3, die het verband weergeeft tussen  $\frac{\Delta'}{h_1}$  en  $\frac{V_1^2}{g h_1}$  voor de vier waterhoogten.

In bijlage 1 zijn de berekeningen (uitgevoerd) van de  $C_d'$  uitgevoerd uitgaande van de meest gegeven verkregen door de waterhoogten te meten: a voor de cylinder met een peilnaald en b achter de cylinder met een statische buis + manometerbord.

In bijlage 1 is een kolom opgenomen, waarin  $\frac{\Delta - \Delta'}{h_1}$  berekend is.

Deze waarden zijn voor de diverse diameters uitgeret tegen  $\frac{V_1^2}{g h_1}$  in de grafieken 4 en 5. Ook zijn in deze grafieken de krommen getekend, die het verband geven tussen  $\frac{\Delta - \Delta'}{h_1}$  en  $\frac{V_1^2}{g h_1}$  als gegeven is dat  $C_d = 1$  als  $Re < 10^4$  en  $C_d = 1,18$  als  $Re > 10^4$  is. In die gevallen, waarbij  $Re < 10^4$  is, zijn  $\frac{V_1^2}{g h_1}$  en  $\frac{\Delta - \Delta'}{h_1}$  ook klein, zodat het verschil in bepaalde  $C_d$  met het uitdrukking komt in de grafieken bij deze schaal.

In bijlage 2 zijn voor de vijf diameters uit de meetresultaten afkomstig van de metingen, waarbij de hoogtemeting voor de cylinder verricht is m.b.v. een peilnaald en het verval tussen de waterhoogten voor en achter de cylinder met een microverval-

meter de waarden  $\frac{\Delta}{h_1}$ ,  $\frac{\Delta - \Delta'}{h_1}$ ,  $\frac{\Delta + h_1}{h_1}$  en  $\sqrt{\frac{V_1^2}{g h_1}}$  (getal van Froude)

en  $C_d'$  berekend.

De berekende waarden van  $C_d'$  zijn in werkelijkheid enkele tiende procenten groter dan in de tabellen van bijlage 1 en 2 omdat in de computer berekening ingevoerd is:

$$\frac{K}{S} = 0,5 g B \{ 2 h_1 (\Delta - \Delta') - (\Delta - \Delta')^2 \} + B \{ v_1^2 h_1 - v_2^2 (h - (\Delta - \Delta')) \}$$

terwijl dit moet zijn:

$$\frac{K}{S} = 0,5 g B \{ 2 h_1 (\Delta - \Delta') - \Delta^2 \} + B \{ v_1^2 h_1 - v_2^2 (h - \Delta) \}$$

Deze fout in voor is alleen van invloed op de berekening van  $C_d'$ .

De fout die hierbij gemaakt wordt, is:  $\Delta' B (g \Delta - 0,5 g \Delta' - v_2^2)$

Deze bedraagt bij:  $d = 0,0385 \text{ m}$ ,  $h_1 = 0,3 \text{ m}$ ,  $v_1 = 0,2 \text{ m/s}$  0,3%

en bij  $d = 0,135 \text{ m}$ ,  $h_1 = 0,15 \text{ m}$  en  $v_1 = 0,5 \text{ m/s}$  0,5%.

Bij kleine diameters  $g$  laag  $h_1$  en grote  $v_1$  bedraagt de fout iets meer. nl 2 à 3%. Maar gezien de grote spreiding in de  $C_d'$ -waarden is dit van geen belang en zou bv in de grafieken 13, 14 en 15 niet tot uitstrukking komen.

In de grafieken 9 en 12 is voor vier verhoudingsgetallen tussen diameter van de cilinder en de breedte van de goot het verband tussen  $\frac{\Delta - \Delta'}{h_1}$ , resp.  $\frac{\Delta h_1}{h_1}$  en  $\frac{v_1^2}{g h_1}$  getekend.

De berekening is voor een gedeelte op een terminal uitgevoerd.

Voor de gebruikte programma's wordt verwezen naar bijlage 3

Van de 2<sup>e</sup> serie metingen is in de grafieken 13, 14 en 15 de waarde van  $C_d'$  uitgedrukt tegen de bijbehorende getallen van Froude. Er blijft een grote spreiding te zien in deze waarden voor  $\frac{d}{B} = 0,0965$  en 0,15 en 0,45.

Als  $\frac{d}{B} = 0,45$  dan neemt  $C_d'$  bij hogere Froude-getal een grotere waarde aan. (zie grafiek 15). Uit grafiek 13 en 14 blijkt dat als het Froude-getal kleiner is dan 0,12 de waarden van  $C_d'$  sterk variëren, maar niet direct groter worden als het getal van Froude groter wordt. Daarom is het gemiddelde bepaald van  $C_d'$  uit de meetgegevens van bijlage 2.

In grafiek 16 is het verband aangegeven tussen  $\frac{d}{B}$  en deze  $C_d'$  gem.  
De lijn door deze punten is bepaald met de methode van de kleinste kwadraten. De hierbij behorende normaalvergelijking is:

$$5a + \sum_{i=1}^{i=5} \left(\frac{d}{B}\right)_i \cdot b = \sum_{i=1}^{i=5} C_{d'gem,i}$$

Hierin wordt a gesteld op 1,18 zodat

$$5,90 + 1,2587 b = 11,144 \Rightarrow b = 4,167$$

Dus  $C_d' = 1,18 + 4,167 \times \frac{d}{B}$  waarbij  $\frac{v_1^2}{g h_1} < 0,12$  omdat  
als  $\frac{v_1^2}{g h_1} > 0,12$   $C_d'$  toe gaat nemen.

In deze formule is alleen de waarde 1,18 ingevoerd, omdat het  
getal van Re in deze meeste gevallen groter is dan  $10^4$ .

#### IV-2 Invloed van cylindervan in de aanvoergoot van een Venturi-goot.

In tabel I zijn de meetresultaten van de stuwhoogtes weergegeven  
behorende bij de diverse waarden van  $Q$ .

In grafiek 2 zijn de stuwhoogtes tegen de afgevoerde  
hoeveelheid uitgezet. De lijn door deze punten vormt  
de  $Q$ -h. kromme van de gebruikte versmalling.

Voor het onderzoek zijn 8 stuwhoogtes op 0,25 m voor de  
versmalling gekozen liggende tussen 7 en 29 cm.

Voor een aantal waarden in de nabijheid van deze 8 stuwhoogtes

(Zie volgende pagina)

zijn de debieten gemeten. Deze zijn weergegeven in tabel III en de grafieken 18 t/m 25. In deze grafieken zijn tevens de lijnen van procentuele afwijkingen van  $Q$  t.o.v. de  $Q$  behorende bij de gekozen stuwhoogte getekend voor stuwhoogten rondom  $\sqrt{10}$  m later de procentuele fout in de afvoer zal te bepalen. deze 8 waarden. Behoort bij de stuwhoogte  $h_s$ , waarvan uitgegaan wordt, de afvoer  $Q_s$  en bij de  $h_s + \Delta$  de afvoer  $Q_s + \Delta Q$ , dan heeft de afvoer  $Q_s + \Delta Q$  bij  $h_s + \Delta$  een procentuele afwijking  $\frac{\Delta Q}{Q_s} \times 100\%$  t.o.v.  $Q_s$  bij  $h_s$ .

In tabel IV zijn de meetresultaten samengevat van  
a  $h_{2,20}$ ;  $h_{0,25}$  en  $Q$  bij afwezigheid van een cilinder  
b  $h_{2,20}$ ;  $h_{0,25}$  en  $Q$  als de cilinder staat op de plaatsen  
 a, b, c, d en e in de aanvoergoot. Dat is op 2,00; 1,00; 0,65;  
 0,10 en 0 m voor de versmalling.

In de grafieken 26 A t/m 30 A is uitgemet de stuwhoogte  $h_{0,25}$  zonder cilinder tegen het verschil tussen  $h_{0,25}$  (zonder) en  $h_{0,25}$  met cilinder als de cilinder op de plaatsen a, b en c staat.

We kunnen uit deze grafieken opmerken dat de cilindres 0,02; 0,03 en 0,045 m op de plaatsen a en b geen invloed hebben op de stuwhoogte meting  $h_{0,25}$  voor de Venturi. Tevens zien we dat de cilindres 6,75 en 9 een meetbare invloed hebben op  $h_{0,25}$  alleen bij grote waterhoogte en grote snelheid.

Op plaats b hebben beide cilindres een geringe invloed.

Op plaats c hebben alle cilindres invloed op de  $h_{0,25}$

Deze invloed is sterk afhankelijk van de verhouding  $\frac{d}{B}$

De grafieken 26 B t/m 30 B geven voor alle toegepaste cilindres de invloed op de hoogtemeting  $h_{2,20}$  weer. Uitgemet is  $h_{2,20}$  met minus  $h_{2,20}$  zonder cilinder tegen  $h_{0,25}$  (zonder cilinder).

De verschillen tussen  $h_{2,20}$  met en  $h_{2,20}$  zonder cilinder nemen bij elke willekeurige waterhoogte als de cilindres achtereen -

volgens staat op de plaatsen a, b c d en e af. Deze verschillen wijke op de plaatsen a b en c zeer weinig van elkaar af.

Voor de plaatsen d en e wordt de opstuwning aanmerkelijk minder, vooral bij grotere waterhoogten.

In de grafieken 26 t/m 30 C is het verband gegeven tussen  $h_{0,25}$  en het verschil tussen  $h_{2,20}$  en  $h_{0,25}$  voor de plaatsen a, b en c. Voor de plaatsen d en e is dit verschil gelijk aan het verval tussen  $h_{2,20}$  en  $h_{0,25}$  als er geen cylinder in de aanvoergoot staat.

De gemeten vervallen, als de cylinder op de plaatsen a en b staat verschillen onderling weinig. Staat de cylinder op plaats c dan neemt het verschil duidelijk toe.

In Tabel II zijn de procentuele afwijkingen van de afvoer behorende volgens de Q-h.kromme bij  $h_{2,20}$  met cylinder (beraadend) t.o.v. de afvoer behorende bij  $h_{2,20}$  zonder cylinder.

Deze afwijking blijkt op één plaats per cylinder voor verschillende waterhoogten ongeveer gelijk te zijn.

Dit vindt zijn verklaring in het feit dat het getal van Froude bij benadering gelijk blijft, dus ook  $\frac{d}{h}$ .

(Zie tabel IIa en het eerste gedeelte van het onderzoek.)

Daarom is het gemiddelde genomen van de afwijkingen van Q van de verschillende waterhoogten op één plaats bij één diameter.

In grafiek 31 zijn deze afwijkingen uitgedrukt tegen de verhouding  $\frac{d}{B}$  voor de verschillende plaatsen van de cylinders.

De afwijkingen van Q in procenten behorende bij de niveaumeting  $h_{0,25}$  genomen als er een cylinder in de aanvoergoot geplaatst is t.o.v. de afvoer behorende bij  $h_{0,25}$  bij afwezigheid van een cylinder zijn berekend en weergegeven in tabel III.

Ook deze afwijkingen zijn uitgedrukt tegen  $\frac{d}{B}$  voor elke plaats



Van de cylinder in grafiek 32

Tot slot zijn in tabel III de afwijkingen t.o.v.  $Q_1$  (zonder cylinder) behorende bij  $h_{0,25}$  de afwijkingen berekend van de afvoer behorende bij  $h_{220}$ ,  $h_{110}$   $h_{0,75}$  als de cylinder staat in a resp. b en c. De percentages zijn samen gesteld uit de percentages van tabel II + percentage afwijking van afvoer van  $h_{220}$  t.o.v. afvoer bij  $h_{0,25}$  als er geen cylinder aanwezig is.

Dit laatste percentage neemt lineair af van 0,34% bij  $h_{220}$  tot 0% bij  $h_{0,25}$ . Voor de plaatsen d en e geldt dan de afwijking van  $h_{0,25}$  met cylinder t.o.v.  $Q_1$  van  $h_{0,25}$  zonder cylinder (tabel II). Deze lijnen zijn in grafiek 32 onder d en e weergegeven.

## Hoofdstuk V Discussie

IV-1 Inhoud van de verhouding  $\frac{d}{B}$  op de verhouding  $\frac{\Delta - \Delta'}{\Delta t h}$  en op de „Stuwdrukcoëfficiënt“  $C_d'$ .

Het de 2 series metingen, waarvan de resultaten weergegeven zijn in de grafieken 4 en 8 en 9 en 12 blijkt:

a dat  $\frac{\Delta - \Delta'}{\Delta t h}$  groter wordt als  $\frac{d}{B}$  toeneemt,

b dat  $\frac{\Delta - \Delta'}{\Delta t h}$  bij alle cilindere toeneemt als  $\frac{V_1^2}{g h_1}$  groter wordt.

De in de grafieken verwerkte waarden van  $V_1$  variëren tussen 0,08 en 0,7 m/s en die van  $h_1$  tussen 0,09 en 0,81 m.

Het getal van Reynolds ( $\frac{V_1 d}{\nu}$ ) varieert dan tussen  $0,3 \times 10^4$ .

als  $d = 0,0385 \text{ m}$  en  $1,2 \times 10^5$  als  $d = 0,18 \text{ m}$  als  $V = 1,02 \times 10^6 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$

bij een temperatuur van het water van  $19,5^\circ \text{C}$

Volgens Hoerner (lit. 6) is de stuwdruc coëfficiënt bij waarden van  $10^3 < Re < 10^4$  een en bij  $10^4 < Re < 2 \text{ à } 3 \times 10^5$  wordt deze 1,18. Er wordt hierbij alleen vermeld, dat dit geldt voor een tweedimensionale stroom tussen parallelle wanden, maar niet was de verhouding  $\frac{d}{B}$  is.

Gaan we uit van:

$$\frac{\Delta - \Delta'}{h_1} = C_d' \cdot \frac{d}{2B} \left\{ \frac{\frac{V_1^2}{g h_1}}{1 - \frac{0,5 \cdot \Delta^2}{h_1 (\Delta - \Delta')} - \frac{V_1^2}{g h_1} \cdot \frac{\Delta}{h_1 - \Delta} \cdot \frac{h_1}{\Delta - \Delta'}} \right\}$$

$$\text{en } \frac{\Delta t h}{h_1} = \left\{ \begin{matrix} 1,18 \\ 1 \end{matrix} \right\} \frac{d}{2B} \left\{ \frac{\frac{V_1^2}{g h_1}}{1 - \frac{0,5 \cdot \Delta^2}{h_1} - \frac{V_1^2}{g h_1} \cdot \frac{h_1}{h_1 - \Delta t h}} \right\}$$

$$\text{dan is } \frac{\Delta - \Delta'}{\Delta t h} = \frac{C_d'}{C_d} \left\{ \frac{1 - \frac{0,5 \cdot \Delta t h}{h_1} - \frac{V_1^2}{g h_1} \cdot \frac{h_1}{h_1 - \Delta t h}}{1 - \frac{0,5 \cdot \Delta^2}{h_1} - \frac{V_1^2}{g h_1} \cdot \frac{\Delta}{h_1 - \Delta} \cdot \frac{h_1}{\Delta - \Delta'}} \right\}$$

$$\text{Hierbij is 1) } \frac{0,5 \cdot \frac{\Delta t h}{h_1}}{0,5 \cdot \frac{\Delta^2}{h_1 (\Delta - \Delta')}} = \frac{\Delta t h (\Delta - \Delta')}{\Delta^2} < 1 \text{ dus } 0,5 \frac{\Delta t h}{h_1} < 0,5 \frac{\Delta^2}{h_1 (\Delta - \Delta')}$$

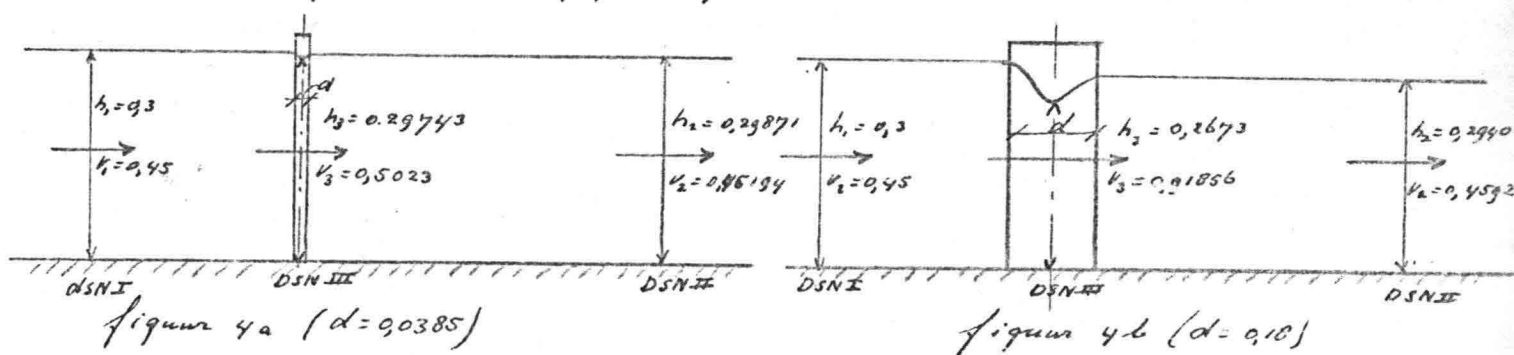
$$\text{en 2) } \frac{h_1}{h_1 - \Delta t h} = \frac{(\Delta - \Delta') h_1 - \Delta}{h_1 - \Delta} < 1 \text{ dus } \frac{h_1}{h_1 - \Delta t h} < \frac{\Delta - \Delta'}{\Delta} \cdot \frac{h_1}{h_1 - \Delta}$$

dus zal de breuk  $> 1$  worden. Maar de invloed op de waarde van de breuk is echter gering. De breuk zal meer naar 1 nadereen als  $\frac{v_1^2}{gh_1}$  toeneemt. Uit de meest resultaten is gebleken dat  $\frac{\Delta - \Delta'}{\Delta_{th}}$  veel groter is dan 1 nl  $2 \approx 4$ . Dit moet dan zijn voortvloeien in de verhouding  $\frac{C_d'}{C_d}$ .

In hoofdstuk IV-1 is bepaald dat  $C_d' = 1,18 + 4,167 \times \frac{d}{B}$ .  
 Op basis van de uitgewoende proeven en berekeningen zou gezegd kunnen worden:

$$\frac{\Delta - \Delta'}{\Delta_{th}} = \frac{1,18 + 4,16 \frac{d}{B}}{1,18} \cdot \frac{1 - 0,5 \frac{\Delta_{th}}{h_1} - \frac{v_1^2}{g h_1} \cdot \frac{h_1}{h_1 - \Delta_{th}}}{1 - 0,5 \frac{\Delta^2}{h_1(\Delta - \Delta')} - \frac{v_1^2}{g h_1} \cdot \frac{h_1}{h_1 - \Delta} \cdot \frac{\Delta}{\Delta - \Delta'}}$$

Om enkele redenen te noemen voor de toename  $\frac{\Delta - \Delta'}{\Delta_{th}}$  als  $\frac{d}{B}$  toeneemt, willen we de volgende 2 gevallen wat nader bekijken zie figuur 4.



Voor geval a en b geldt in stan I:  $B=0,40\text{ m}$ ,  $h_1=0,30\text{ m}$ ,  $v_1=0,45\text{ m/s}$  en  $Q=0,055\text{ m}^3/\text{s}$

Voor a is  $\frac{d}{B}=0,09625$  en voor b is  $\frac{d}{B}=0,25$

Verder is  $\frac{v_1^2}{gh_1} = 0,0688$  zodat bij deze waarde  $\frac{\Delta - \Delta'}{h_1}$  resp  $0,0059$  en  $0,055$  is  
 (zie grafiek 4 en 8)

Tevens is hierbij  $\frac{\Delta_{th}}{h_1}$  resp.  $0,0043$  en  $0,02$ ,

zodat  $\frac{\Delta - \Delta'}{\Delta_{th}}$  resp.  $\frac{0,0059}{0,0043} = 1,37$  en  $\frac{0,055}{0,02} = 2,75$  is bij  $Fr=0,0688$ .

geval a

$$\Delta_{th} = 0,3 \times 0,0043 = 0,00129\text{ m}$$

$$\rightarrow h_2 = 0,29871\text{ m}$$

geval b

$$\Delta_{th} = 0,3 \times 0,02 = 0,006\text{ m}$$

$$h_2 = 0,2940\text{ m.}$$

$$v_{2a} = \frac{0,054}{0,4 \times 0,29871} = 0,45194 \text{ m/s} \quad v_{2b} = \frac{0,054}{0,4 \times 0,2940} = 0,4592 \text{ m/s}$$

In DSN I is  $H = 0,3 + \frac{0,45^2}{19,62} = 0,3103 \text{ m}$

Volgens de continuïteit is  $B_1 \cdot h_1 \cdot v_1 = B_3 \cdot h_3 \cdot v_3$

Redd:  $h_{3a} = \frac{0,4 \times 0,3 \times 0,45}{0,8615 \times v_3} = \frac{0,1494}{v_3}$   $h_{3b} = \frac{0,054}{0,22 \times v_3} = \frac{0,2455}{v_3}$

Dus  $f(v_3) = \frac{v_3^3}{19,62} - 0,3103 v_3 + 0,1494 = 0$   $f(v_3) = \frac{v_3^3}{19,62} - 0,3103 v_3 + 0,2455 = 0$

$v_3 = 0,5023 \text{ m/s}$  dan  $f(v_3) = 0,0000011$   $v_3 = 0,91856 \text{ m/s}$   $f(v_3) = 0,000026$

$h_3 = 0,29743 \text{ m}$   $h_3 = 0,2673 \text{ m}$

By Ev.  $Fr = 0,0688$  is  $\frac{\Delta - \Delta'}{\Delta h}$  0,37 resp 2,75 bij resp.  $\frac{d}{B} = 0,09625$  resp 0,45

Das in werkelijkheid  $\frac{\Delta - \Delta'}{\Delta h}$  groter wordt als  $\frac{d}{B}$  toeneemt bij gelijke  $Fr$  is het gevolg van:

a. als  $\frac{d}{B}$  groter wordt zal het verval over  $l_{I-II}$  tgv de gootweerstand

toenemen want over grotere delen van  $l_{I-II}$  zal een grotere snelheid optreden dan bij kleine  $\frac{d}{B}$ . Ook de lengte waarover de grotere snelheid optreedt neemt toe naarmate  $d$  toeneemt.

Het is echter moeilijk om de toename van het verval over  $l_{I-II}$  tgv de gootweerstand in exacte waarden uit te drukken.

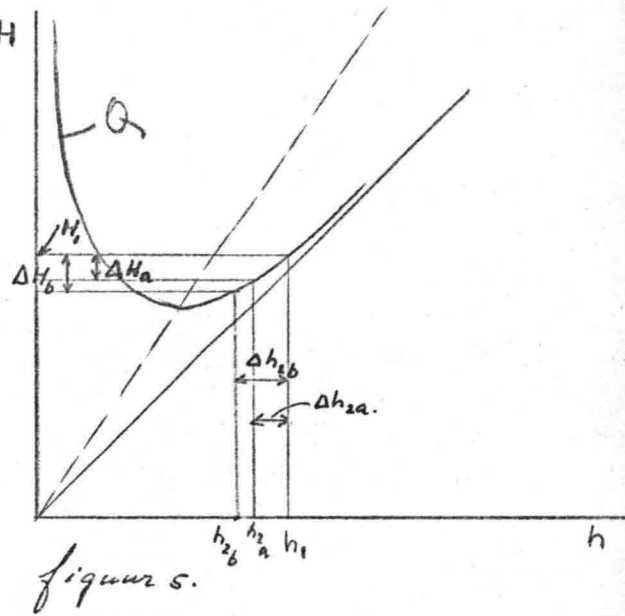
b. de sterkere verstoring van het stromingsbeeld met rechte stroomlijnen bij grotere  $\frac{d}{B}$ . De wervels zullen bij grotere  $\frac{d}{B}$  verder achter de cilinder dichtbaar zijn. Dienengevolge zal met de statische buis een kleinere druchhoogte gemeten worden dan er in werkelijkheid is. De lengte van deze "verbragingszone" achter de cilinder is groter als  $\frac{d}{B}$  groter is. Daarom zal dan <sup>(er)</sup> nog invloed zijn op de  $h_2$ , zodat er een groter verval gemeten zal worden.

c. Het toenemen van  $\frac{v_3}{v_2}$  als  $\frac{d}{B}$  groter wordt (in bovenbeschreven voorbeeld van  $\frac{v_{3a}}{v_2} = \frac{0,5023}{0,45} = 1,11$  en  $\frac{0,91856}{0,45} = 2,00$  bij

resp  $\frac{d}{B}$  is 0,09625 en 0,45

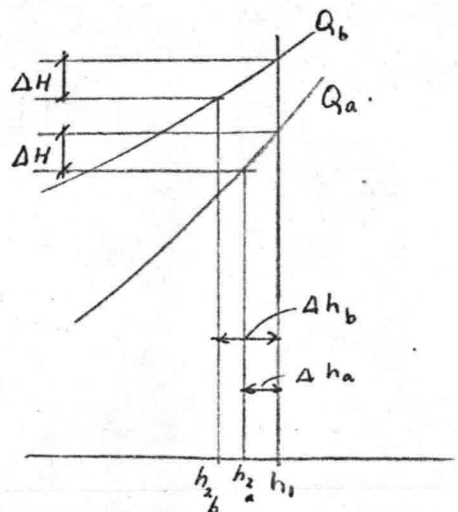
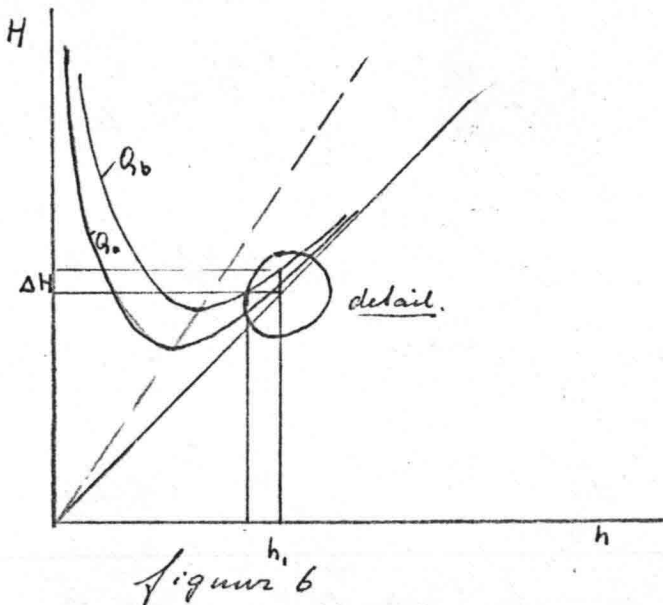
Dien ten gevolge zullen de verbragingsverliezen toenemen.

Yaan we uit van een bepaalde  $H$   
 $Q$  en een hoogte  $h$ , dan zal  
 als het verbragingsverlies  $\Delta H_b > \Delta H_a$   
 $\Delta h_{2b} > \Delta h_{2a}$  zijn en dus  $h_{2b} < h_{2a}$   
 Ho neemt ook hierdoor het  
 verval tussen dsn I en II so  
 als gevolg van de toename  
 van  $\frac{d}{B}$ . (zie oth figure 5).



V-2 Smoltoed van  $\frac{v_1^2}{gh_1}$  op  $\frac{\Delta - \Delta'}{\Delta h}$  bij konstante  $\frac{d}{B}$ .

In V-1 is ook genoemd dat  $\frac{\Delta - \Delta'}{\Delta h}$  bij alle cyclinders toeneemt  
 als  $\frac{v_1^2}{gh_1}$  groter wordt en des te duidelijker als  $\frac{v_1^2}{gh_1}$  groter wordt dan 0,1  
 Nemen we  $h_1$  konstant dan zal b.v. bij twee verschillende  $Q$ 's,  
 als we om te beginnen het verbragingsverlies  $\Delta H$  konstant  
 veronderstellen, de  $\Delta h$  groter zijn, naarmate  $Q$  groter wordt  
 (dus  $\frac{v_1^2}{gh_1}$  groter), omdat de helling van de kromme bij  $h_1$   
 voor  $Q_a$  groter is dan voor  $Q_b$  als  $Q_a < Q_b$  (zie figuur 6).



In werkelijkheid echter zal als  $Q$  toeneemt ook  $\Delta H$  toenemen (grotere verbragingsverliezen) dus  $\Delta h_b$  nog sterker toenemen, of wel  $h_{2,c}$  nog meer afnemen tov  $h_{2,a}$ .

De evenredigheid tussen  $\Delta - \Delta'$  en  $\frac{v_1^2}{g h_1}$  resp  $\Delta H$  zouden we als volgt kunnen bepalen.

$$\text{Uitgaande van } H = h_1 + \frac{v_1^2}{2g} \text{ en } v_1 = \frac{Q}{B \cdot h_1}$$

$$\text{of } H = h_1 + \frac{Q^2}{2g B^2 h_1^3}$$

kunnen we zeggen dat bij  $h_1$  de helling van de kromme is:

$$\frac{\Delta H}{\Delta h} = 1 - \frac{2 Q^2}{2g B^2 h_1^3} = 1 - \frac{v_1^2}{g h_1}$$

Dus het vervalsteken gevolge van het verbragingsverlies  $\Delta H$  bedraagt:

$$\Delta h = \frac{\Delta H}{1 - \frac{v_1^2}{g h_1}}$$

Ook hieruit blijkt dat bij toenemende  $\frac{v_1^2}{g h_1}$   $\Delta h$  toeneemt. De grootte van  $\Delta H$  tgv het verbragingsverlies is moeilijk te bepalen. De  $\Delta H'$  die te berekenen is uit de medegegevens van  $h_1$  en  $\Delta$  bevat het energiehoogte verlies tgv de grootweerstand + het energiehoogte verlies tgv de stuwkracht.

Dit laatste energiehoogte verlies wordt gedeeltelijk bepaald door de verbragingsverliezen. Het is moeilijk om dit deel in een exacte waarde uit te drukken.

Zamen vattend is dus te zeggen, als we er van uitgaan dat  $C_d = 1$  of  $1,18$  afhankelijk van het getal  $Re$ :

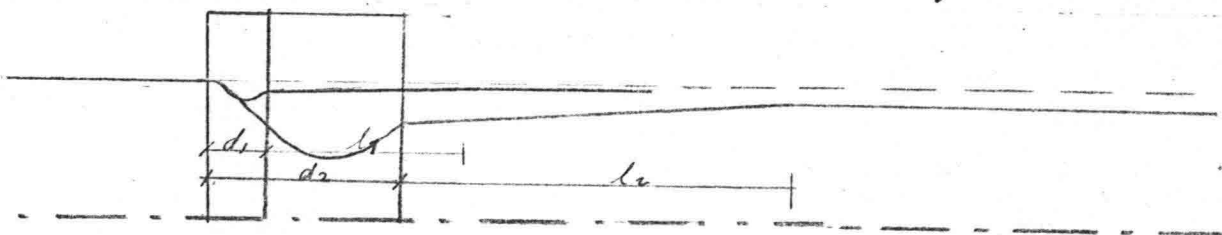
a.  $\frac{\Delta - \Delta'}{\Delta h}$  neemt toe, als  $\frac{d}{B}$  toeneemt, tgv. extra wrijvingsverliezen, grotere verbragingsverliezen en in vloed van wervels op de <sup>wal</sup> hoogte meting  $h_2$

b.  $\frac{\Delta - \Delta'}{\Delta h}$  neemt toe, als  $\frac{d}{B}$  konstant is en  $\frac{v_1^2}{g h_1}$  toeneemt, tgv. grotere verbragingsverliezen  $\Delta H$  en een groter wordend verhoudingsgetal  $\frac{v_1^2}{g h_1}$

II-3 De invloed van cilindres in de aanvoergoot van een Venturi-goot op de stuwhoogte

Het verschil tussen  $h_{2.20}$  en  $h_{0.25}$  wordt veroorzaakt door:

- Wrijvingsverliezen in de goot
- een verval  $\Delta q_v$  van een cilinder in de aanvoergoot tussen 2.20 en 0.25 m voor de versmalling, met name vertragingverliezen
- een extra verval  $\Delta q_v$  van wervels achter de cilinder, die invloed hebben op de hoogtemeting



Figuur 6. Waterspiegels naast en achter cilindres met verschillende  $\frac{d}{B}$

Naarmate  $\frac{d}{B}$  groter wordt, is de invloed van de wervels op de waterhoogte op grotere afstand achter de cilinder merkbaar (fig. 6). Als de cilindres op de plaatsen a en b staan, dan hebben de cilindres met diameter 0,02; 0,03 en 0,045 m geen invloed op de stuwhoogte  $h_{0.25}$ . Er is weer sprake van rechte stroomlijnen ter plaatse van  $h_{0.25}$ , zodat de stuwhoogte voor de versmalling niet verschilt met  $h_{0.25}$  zonder cilinder. Voor de 2 grootste cilindres wordt op deze plaatsen de opstuwhoogte kleiner dan  $h_{0.25}$  zonder cilinder. De wervels hebben nog invloed tot vlak voor de versmalling, zodat er geen sprake meer is van rechte stroomlijnen; m.a.w. er wordt nog in het vertraginggebied gemeten. Hierdoor komt een groter gedeelte van de energiehoogte voor rekening van de kinetische energie en een geringer deel wordt bepaald door de drukhoogte in vergelijking met een toestand van rechte stroomlijnen. (Zie figuur 7).

Staan de cylinders op plaats c dan is de stuwhoogtevermindering nog duidelijker te constateren. Vanwege de geringe afstand tussen cylinder en plaats van hoogtemeting (c, 25) zal een kleinere afvoer gemeten worden dan de Q-h. kromme aangeeft voor de Venturi-goot zonder cylinders. Dit blijkt ook uit grafiek 32. De invloed wordt groter naarmate  $\frac{a}{B}$  groter wordt vanwege de grotere invloed van de verstoringen in het vertraginggebied (zie lijn c fig 7)

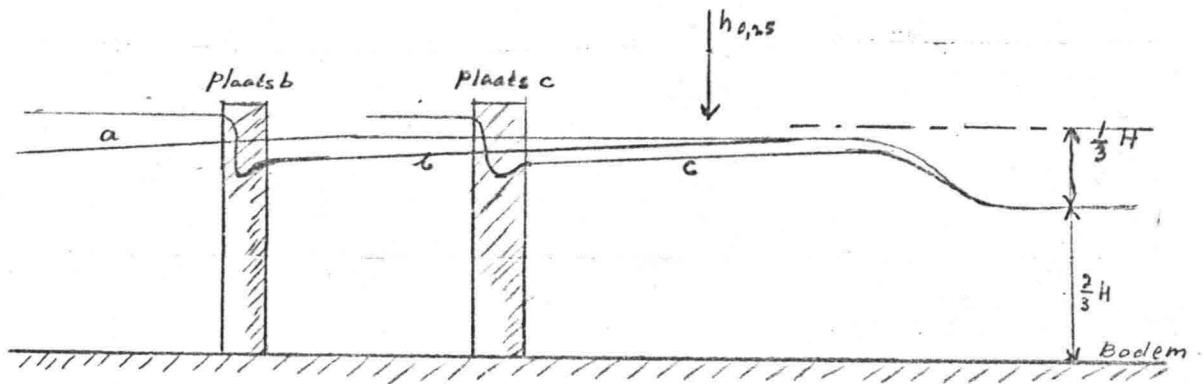


fig. 7.  $h_{0,25}$  als een cylinder staat op de plaatsen a resp. b en c.

Uit de grafieken 26 B en 30 B kunnen we konkluderen, dat als de cylinder op een bepaalde plaats staat  $h_{2,20\text{met}}$  -  $h_{2,20\text{zonder}}$  of kleiner groter wordt als  $\frac{a}{B}$  toeneemt, maar dat dit verschil afneemt als de cylinders achtereenvolgend staats op de plaatsen a, b, c, d en e. Ook hier geldt weer, dat de resultaten van de metingen van  $h_{2,20\text{met}}$  en  $h_{2,20\text{zonder}}$  op de plaatsen a, b, en c weinig verschillen, maar op de plaatsen d en e is dit verschil ( $h_{2,20\text{met}} - h_{2,20\text{zonder}}$ ) aanzienlijk kleiner.

Is de afstand tussen cylinder en vernauwing zo klein, zodat  $h_{0,25}$  in het vertraginggebied gemeten wordt, dan zal achter de cylinder een geringere opstuwning gemeten worden op de grotere snelheid van het water voor de vernauwing. Het water dat naast de cylinder versnelt zal over een bepaalde afstand achter de cylinder weer vertragen. Deze afstand is niet meer aanwezig tussen de cylinder en het versnellingsgebied van de vernauwing. Dus de waterhoogte voor het versnellingsgebied



zal lager worden als de cylinder groter wordt of dichter bij de versmalling geplaatst wordt. Door de geringere opstuwing achter de cylinder zal de waterstand voor de cylinder ook afnemen omdat er sprake is van stromend water in tegenstelling tot schiedend water.

Staat de cylinder in de versnellingszone van de versmalling dan zal het water naast de cylinder versnellen.

Deze snelheid zal stroomafwaards gaande niet meer afnemen maar toenemen tot  $v = \sqrt{\frac{2}{3} g H}$  versmalling

De vertragingverliezen die optreden tussen  $h_{220}$  en de heel van de versmalling nemen dus af bij gelijk blijvende  $Q$  als de cylinder dichter bij de versmalling geplaatst wordt.

Daardoor wordt  $h_{220}$  met  $-h_{220}$  zonder kleiner als de cylinder achtereen volgens staat op plaats a, b, c, d en e, omdat de water hoogte in de heel van de versmalling gelijk blijft maar het vertraging verlies kleiner

Van de proeven is ook gebleken dat  $h_{220} - h_{0,25}$  groter wordt voor een bepaalde cylinder als deze dichter bij de versmalling geplaatst wordt (grafiek 26 C t/m 30 C).

Nolgens hoofdstuk II - 1 is bij benadering

$$\Delta - \Delta' = C_d \frac{d}{2B} \left( \frac{\frac{v_1^2}{g h_1}}{\frac{g}{v_1^2} - \frac{1}{h_1}} \right)$$

Van deze formule volgt <sup>ook</sup> dat als bij gelijk blijvende  $Q$   $h_1$  kleiner wordt, dus  $v_1$  groter  $\Delta - \Delta'$  toeneemt ( $\frac{v_1^2}{g h_1}$  en  $\frac{1}{h_1}$  worden groter en  $g$  wordt kleiner). Dus als  $h_1$  afneemt zal  $h_2$  sterker afnemen.

<sup>v<sub>1</sub><sup>2</sup></sup> Dit blijkt ook uit de grafieken 26 A en B t/m 30 A en B.

Het verschil tussen  $h_{220}$  met en  $h_{220}$  zonder op plaats c t.o.v. plaats a neemt af, terwijl het verschil tussen  $h_{0,25}$  zonder en  $h_{0,25}$  met toeneemt op plaats c t.o.v. plaats a.

Maar de lijnen a en c liggen in de grafieken 26 B t/m 30 B

min der ver van elkaar dan in de grafieken 26 A en 30 A.  
 Dienengevolge zijn de procentuele afwijkingen van  $Q$  in  
 grafiek 31 tussen a en c ook kleiner dan die in grafiek  
 32 tussen a en c (Bij  $\frac{d}{B} = 0,4$  in grafiek 31  $0,4\%$  en  
 in grafiek 32  $0,95\%$ ).

## Hoofdstuk III Conclusies

Worden de eisen, die volgens de ISO-norm 1438 aan een aanstroomgoot van een metschot gesteld worden, in acht genomen, dan zullen de afmetingen van de aanstroomgoot zodanig zijn, dat de hierin optredende horizontale snelheid op enige afstand van het metschot zeer laag zal zijn. Door de geringe horizontale snelheid en de grote waterhoogte in de aanstroomgoot en het kleine verhoudingsgetal tussen diameter van het bemonsteringsapparaat en de breedte van de aanstroomgoot zal de invloed op de hoeveelheidsmeting van dit apparaat verwaarloosbaar klein zijn, d.w.z. een fout in de orde van grootte van enkele honderdste procenten.

Heeft het afvalwater die eigenschappen, zodat een aanstroomgoot met metschot en een bemonsteringsapparaat van het type "Fleebals" toegepast kunnen worden, dan zal bij goede opstelling van meet- en bemonsteringsapparatuur, de grootte van de monsters proportioneel zijn aan de afvoer.

De invloed van cilindrs op een waterstroom in een goot wordt groter, naarmate het verhoudingsgetal  $\frac{d}{B}$  groter wordt.

Het verval tussen vaste afstanden voor en achter de cilinder neemt bv bij  $\frac{v_1^2}{g h_1} = 0,06$  toe van  $0,48\%$  bij  $\frac{d}{B} = 0,096$  tot  $4,3\%$  van de waterhoogte voor de cilinder bij  $\frac{d}{B} = 0,45^2$

Bij een stuwdruk coëfficiënt van 1,18 volgens Hoerner zouden deze percentages resp  $0,37\%$  en  $1,75\%$  bedragen.

Het quotiënt van het gemeten verval en het berekende verval als gevolg van de cilinder in de stroom neemt toe naarmate  $\frac{d}{B}$  groter wordt.

Wordt het geschatte verval  $h_0$  de wrijving buiten beschouwing gelaten, dan volgt uit de genomen proeven en de theoretische benadering:

$$\frac{\Delta - \Delta'}{\Delta_{th}} = \frac{1,18 + 4,167 \cdot \frac{d}{B}}{1,18} \cdot \frac{1 - 0,5 \frac{\Delta_{th}}{h_1} - \frac{h_1}{h_1 - \Delta_{th}} \cdot \frac{v_1^2}{gh_1}}{1 - 0,5 \frac{\Delta^2}{h_1(\Delta - \Delta')} - \frac{h_1}{h_1 - \Delta} \cdot \frac{\Delta - \Delta'}{\Delta \cdot \Delta'} \cdot \frac{v_1^2}{gh_1}}$$

De toename van het verhoudingsgetal  $\frac{\Delta - \Delta'}{\Delta_{th}}$  bij groter wordende verhouding  $\frac{d}{B}$  is het gevolg van grotere wrijvingsverliezen, invloed van wervels op de <sup>(vrije)</sup> hoogte meting achter de cylinder en grotere vertragingverliezen achter de cylinder.

Het verhoudingsgetal  $\frac{\Delta - \Delta'}{\Delta_{th}}$  neemt ook toe als  $\frac{d}{B}$  konstant is en  $\frac{v_1^2}{gh_1}$  toeneemt. Het verval tussen punten voor en achter de cylinder is evenredig met  $\frac{\Delta H}{1 - \frac{v_1^2}{gh_1}}$ .

Worden de cylinders gezet op een plaats in de dwarsdoorsnede tussen het midden en de wand van de goot, dan blijft er een kleine toename van het verval te zien naarmate de cylinder dichtter bij de wand komt te staan. Zie grafiek 5, 6, 11a en 11b.

Daarom is het aan te bevelen bij het toepassen van dit bemonsterings apparaat in meetgoten, dit in het midden van de dwarsdoorsnede van de aanvoergoot te plaatsen.

Ten aanzien van de cylinders in de aanvoergoot van de Venturi-goot kan naast wat in het voorgaande opgemerkt is het volgende gekonkludeerd worden:

a) Naarmate de cylinder dichtter bij de versmalling geplaatst wordt, neemt  $h_{0,25}$  met cylinder sterker af dan  $h_{2,20}$  met 10 v resp  $h_{0,25}$  zonder en  $h_{2,20}$  zonder, zodat  $h_{2,20} - h_{0,25}$  met cylinder toeneemt.

b) Dien tengevolge zal de afgeleide afvoer behorende bij de gemeten  $h_{0,25}$  met kleiner worden t.o.v. de werkelijke afvoer en de fout t.o.v. de werkelijke Q toe nemen (zie grafiek 32, lijn a, b en c)

- c Bij een verhoudingsgetal  $\frac{d}{B}$  van b.v. 0,3 bedraagt deze fout in de hoeveelheidsmeting voor de plaatsen a, b en c resp 0,01; 0,07 en 0,6%
- d Wordt de stuwhoogte bepaald op 0,25 m voor de versmalling en de waterhoogte ca. 10 cm voor de afvoer dan wijkt de hierby behorende afvoer op de plaatsen a b c en d bij genoemde verhouding  $\frac{d}{B}$  van 0,3 resp 2,9; 2,7; 2,4 (grafiek 31 + resp 0,34 0,17 en 0,11%); 1,2 en 0,8% (grafiek 32) of h.o.v. de werkelijke afvoer. en resp 2,9 2,8 en 3,0 en 0 en 0% van de afvoer behorende bij  $h_{0,25}$  met cylinder (eerdergenoemde percentages minus de afwijkingen van grafiek 32).
- e Als de hoogte in het meetvat van het bemonsteringsapparaat gelijk zou zijn aan de hoogte voor het apparaat, dan zou de afwijking van de grootte van het monster proportioneel gemien h.o.v. de afgevoerde hoeveelheid bij deze  $\frac{d}{B}$ -verhouding slechts 3% bedragen.

Aan de hand van het voorgaande kan gezegd worden, dat de meetfout in de hoeveelheidsmeting het kleinste is als het bemonsteringsapparaat op de afstand van  $10 \times$  de breedte van de aanstroombuis (= minimale lengte van de aanstroombuis volgens ISO-norm) voor de versmalling staat.

Er geldt ook dat het verval tussen  $h_{2,20}$  en  $h_{0,25}$  afneemt als de cylinder verder verwijderd is van de versmalling. Dus de afwijking in de proportionaliteit van het monster h.o.v. de afvoer is het kleinste als het bemonsteringsapparaat aan het begin van de aanvoerbuis voor de versmalling staat.

Duidelijk is dus, dat de beste plaats voor het bemonsteringsapparaat, die aan het begin van de aanstroombuis voor de versmalling is

## Hoofdstuk VII. Aanbeveling.

In het voorgaande is er van uitgegaan, dat de waterhoogte in het meetvat van het bemonsteringsapparaat gelijk is aan de waterhoogte voor de cilinder.

Deze hoogte zal naar alle waarschijnlijkheid kleiner zijn.

Het water, dat langs de cilinderafstroomt, heeft een geringere hoogte, dan dat ervoor. De waterdruk op de wand van de cilinder is op die plaatsen niet gelijk aan elkaar.

Deze drukverschillen zijn groter naarmate  $\frac{d}{l}$  en  $\frac{v_1^2}{g h_1}$  groter worden.

De afwijkingen in proportionaliteit van het monster, gemaekt in hoofdstuk VI zullen dus kleiner worden, maar of deze afwijkingen in absolute waarde kleiner zijn is niet bekend.

Mogelijk zou nog verder onderzocht kunnen worden hoe hoog de waterstand in het meetvat is t.o.v. de stuw hoogte van een versmalling als het bemonsteringsapparaat op een afstand van  $10 \times$  de breedte van de aanvergroting voor de versmalling staat.

Anderzijds dient echter ook te worden bierien of de afwijking in de grootte van het monster proportioneel gezien t.o.v. de afvoer niet te verwaarlozen is t.o.v. de fouten in de analyse van het afvalwater en de fouten, die gemaakt worden door een monster te analyseren inplaats van de gehele afvalwaterstroom.

De monsters blijven immers stuchproeven met een stroom, die in kwantiteit en kwaliteit sterk kan variëren.

## Literatuurlijst

- 1) Wet op de Herontreiniging van Oppervlaktewateren
- 2) Ing. R. J. P. A. Kuilboer; Het meten van afvalwaterdebieten in afvoersystemen; *H<sub>2</sub>O* (7) 1974, nr 3, 43.
- 3) Draft ISO-Recommendation No 1438: Liquid flow Measurement in Open Channels using thin plate weir and Venturi-Flumes.
- 4) B. Vermy; Het bemonsteren van afvalwater  
*H<sub>2</sub>O* (7) 1974, nr 3, 48.
- 5) Baldes, Polytechnisch Tijdschrift, 1968, Procestechniek.
- 6) S. F. Hoerner, Fluid Dynamic Drag, published by Hoerner 1968
- 7) Dr. M. J. Bossen, Dictaat vloeistofmechanica 672, deel III  
Eenparige beweging.

grafiek 1  $Q_v$ - $h$  kromme van de Venturi-goot.

$Q_v$

24

22

20

18

16

14

12

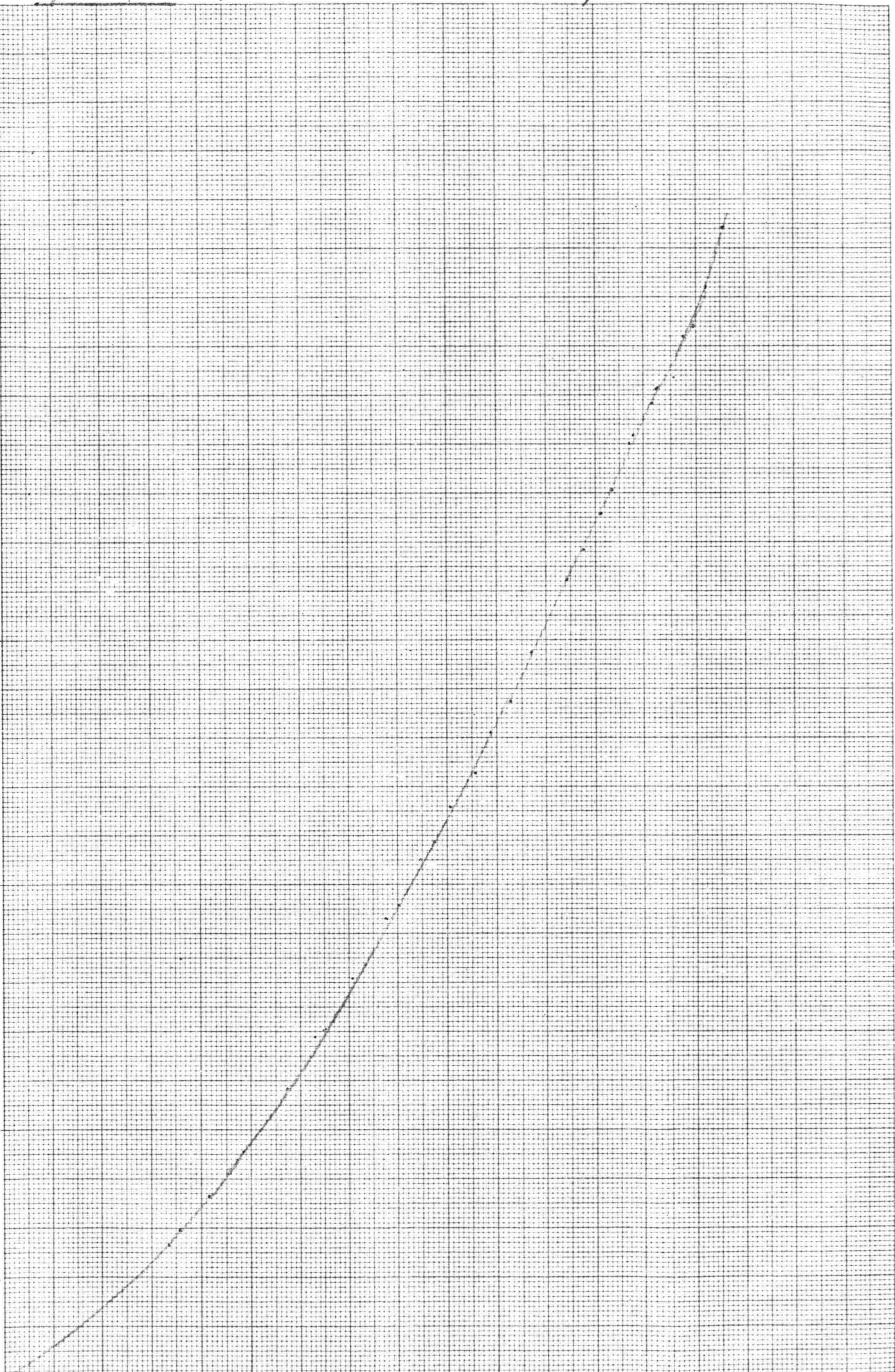
10

8

6

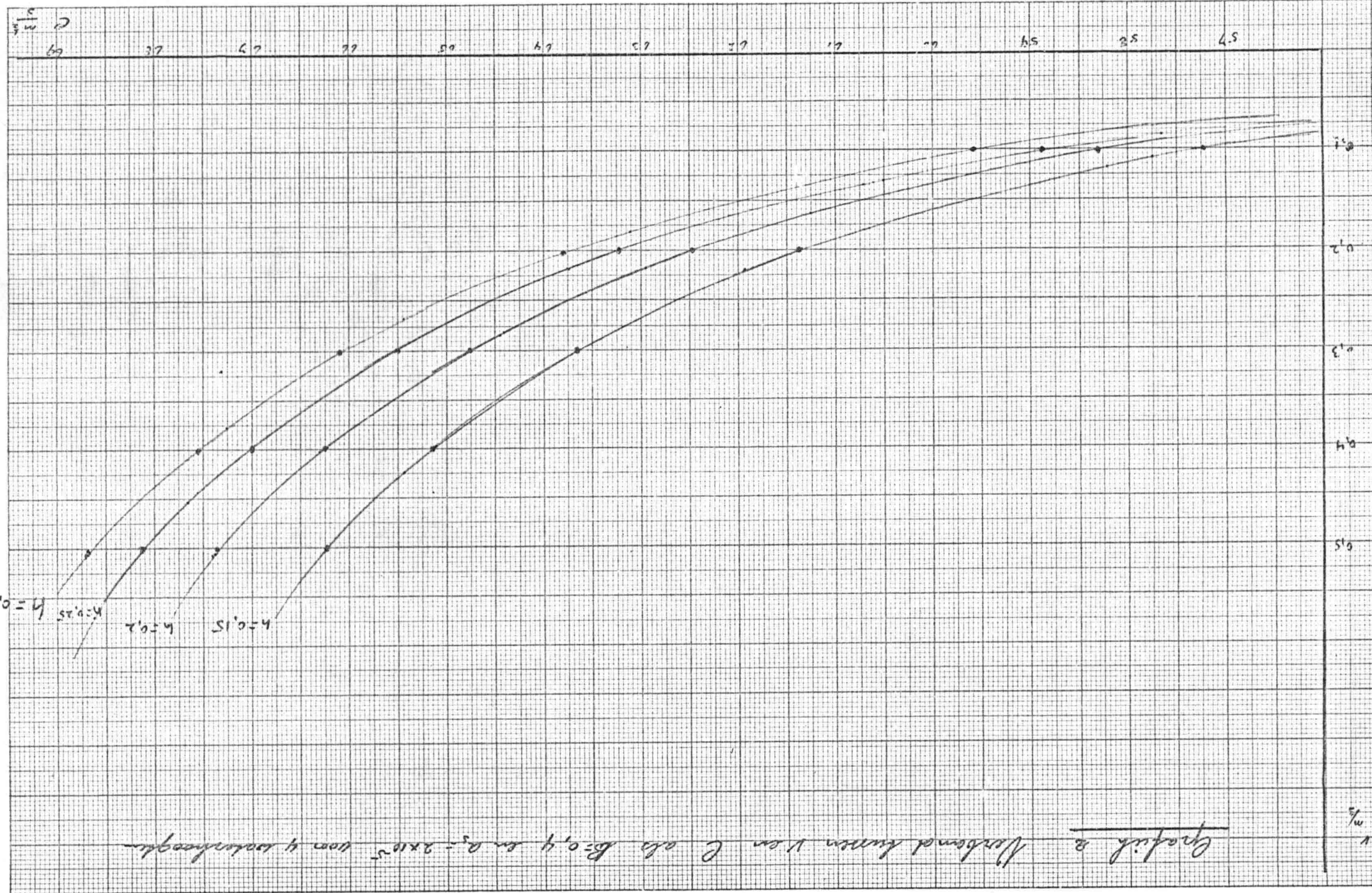
4

2



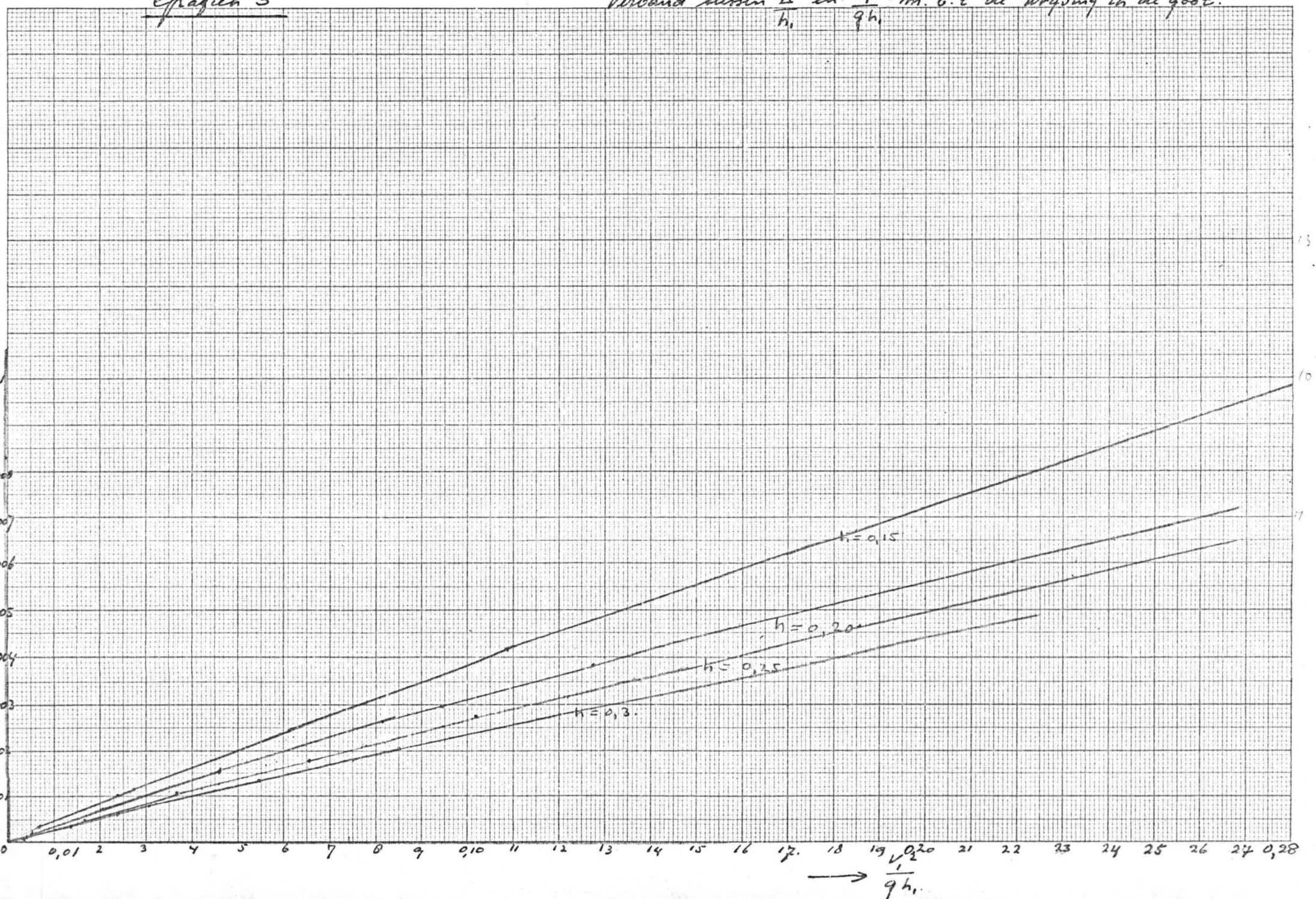


Graphik 2. Verbundkurven von  $E$  als  $f(\sigma)$  für  $\sigma = 2 \times 10^5$  von 4 verschiedenen



Grafiek 3

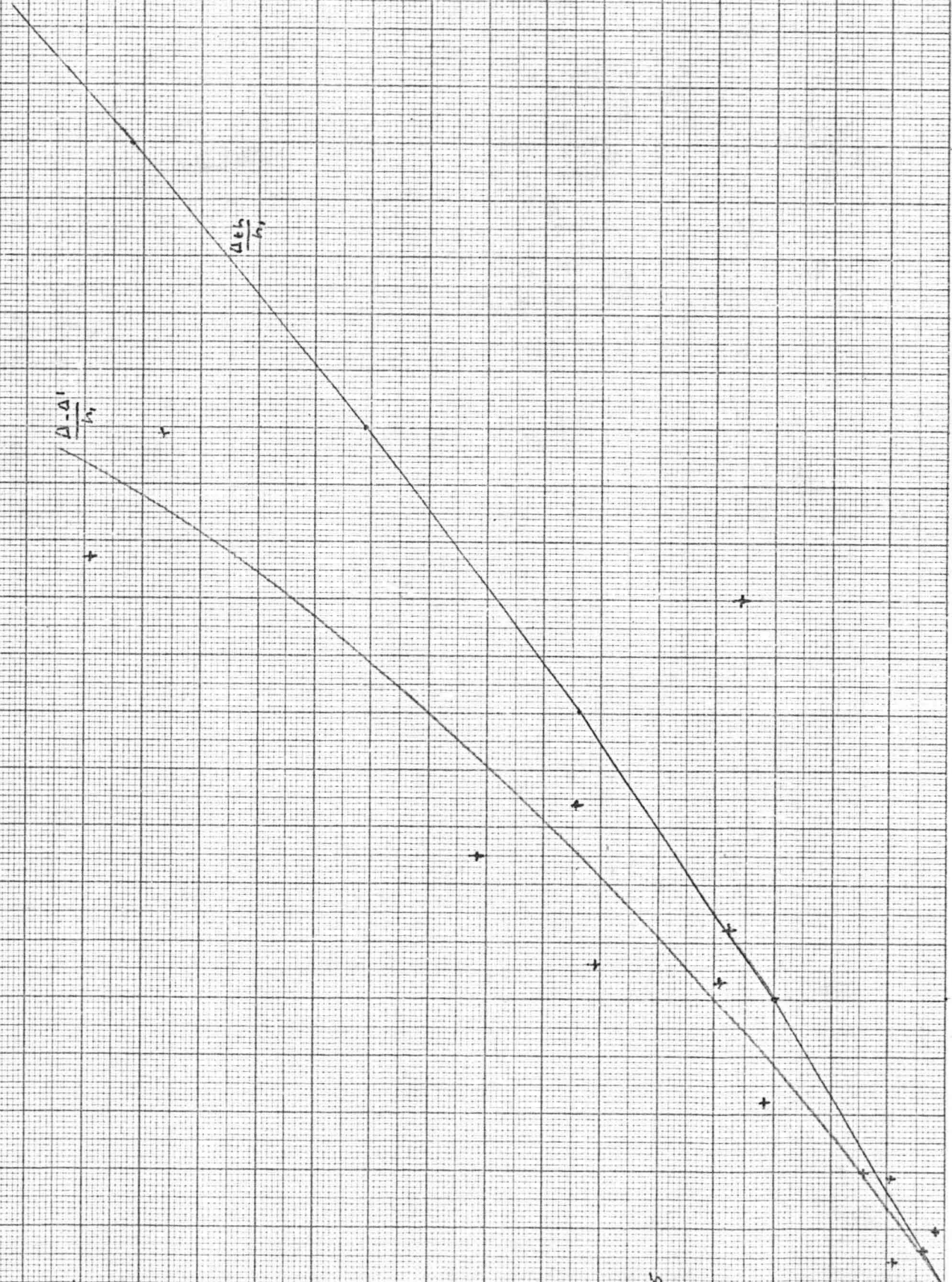
Verband tussen  $\Delta^i$  en  $\frac{V_i^2}{gh_i}$  m. b. t. de Wrijving in de goot.



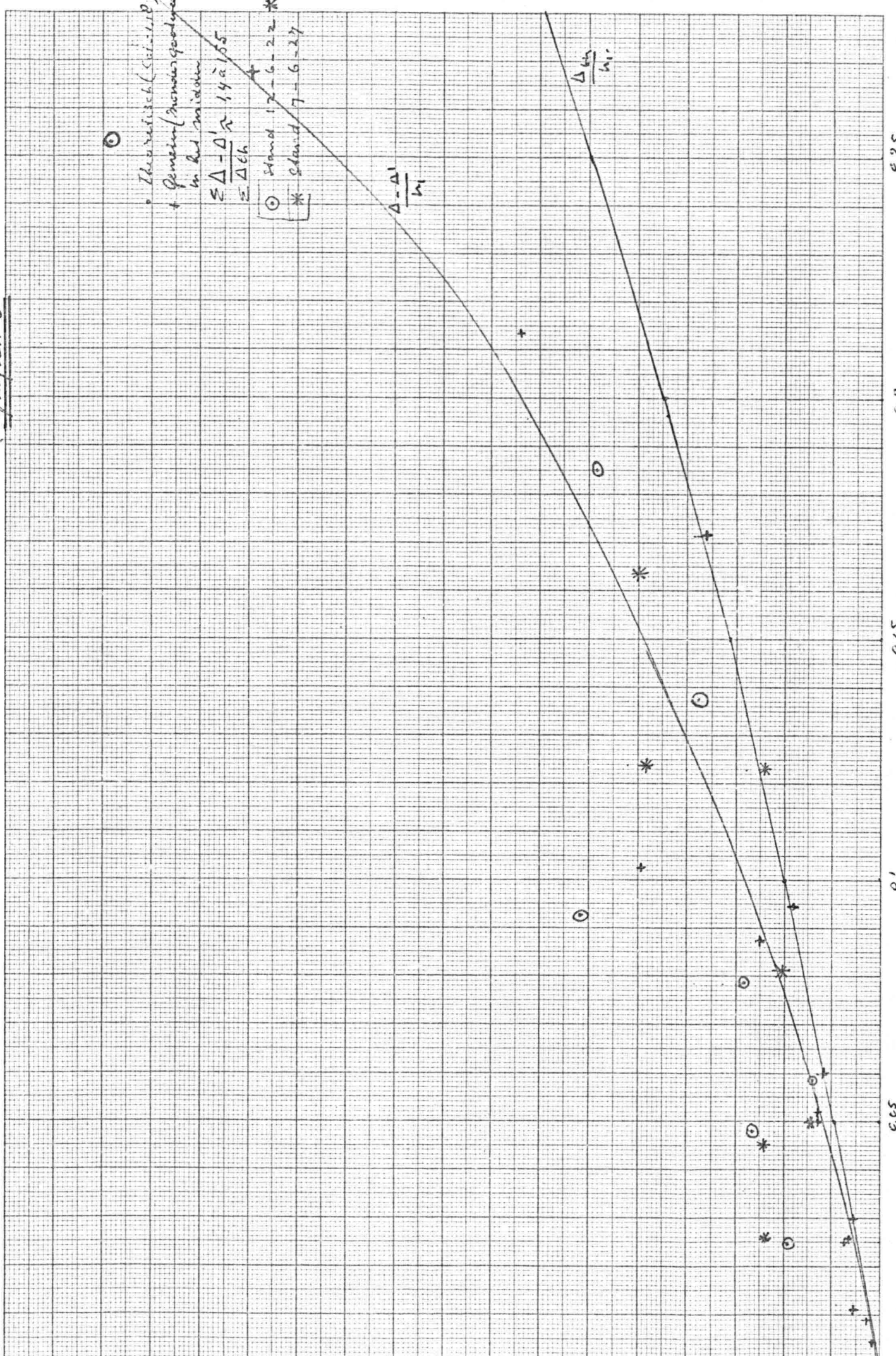
Graphik 4

Theoretisch ( $C_D = 1,18$ )  
 + gemessen (Zweiwertigkeit)  
 Zylinder in unendlichem Strom  
 $\Rightarrow \frac{\Delta - \Delta'}{h_1} \approx 1,4$   
 $\approx \frac{\Delta - \Delta'}{h_1}$

Maßnahme  $\frac{4}{3}$  großer Längs  
 $\frac{9}{h_1}$   
 Abstand  $\Delta - \Delta'$  des  
 $\frac{4}{3} h_1$



0,25  $\frac{6,2}{9 h_1}$   
 0,2  
 0,15  
 0,1  
 0,5  
 1  
 1,5  
 2  
 2,5



○

Idealerweise (Sollwert)  
 + gemittelt (Prozessspitzenwert)  
 in beiden Richtungen

$$\frac{\Sigma \Delta - \Delta'}{\Sigma \Delta \cdot h}$$

○ Stand 17-6-22 \*

\* Stand 7-6-27

$$\frac{\Delta - \Delta'}{h_1}$$

$$\frac{\Delta h_2}{h_2}$$

0,05

0,1

0,15

0,2

0,25

$$\frac{\Delta'}{g h_1}$$

Opafisch 6

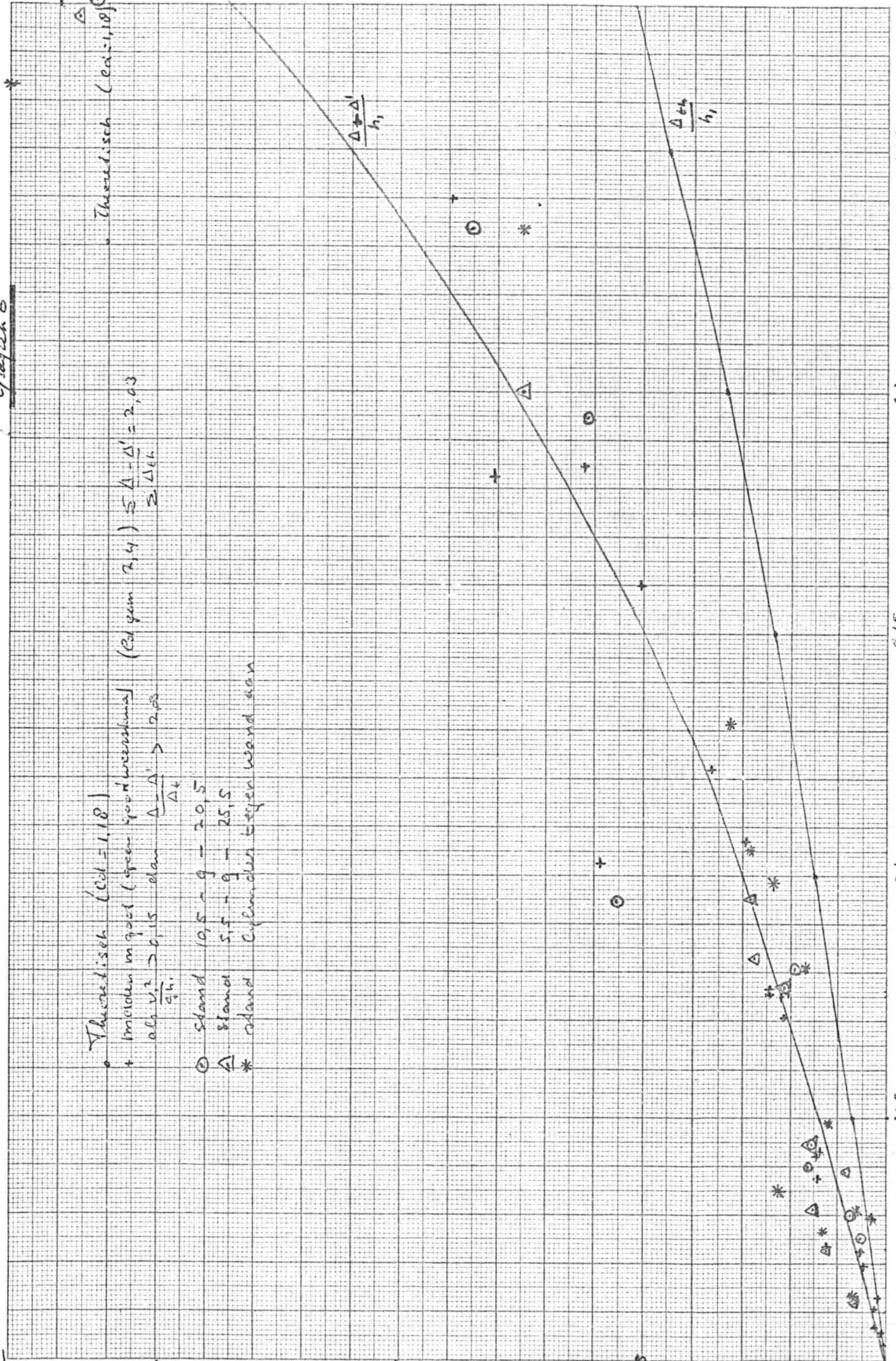
• Theoretisch ( $C_{d1} = 1,18$ )  
 + im Ideen im pol (open geometrisch) (Bd gem 2,4)  $\leq \frac{\Delta - \Delta'}{\Delta} = 2,03$   
 ab  $\frac{v_1^2}{2g} > 0,15$  dan  $\frac{\Delta - \Delta'}{\Delta} > 2,03$

○ stand 10,5 - 9 = 20,5  
 △ stand 5,5 - 9 = 25,5  
 \* stand Cylindrisch gegen Wand von

Theoretisch ( $C_{d1} = 1,0$ )

$$\frac{\Delta - \Delta'}{h_1}$$

$$\frac{\Delta - \Delta'}{h_1}$$



$$\frac{v_1^2}{2g}$$

0,25

0,2

0,15

0,1

0,05

Graph 27

• Theoretisch (Ed = 418)  
 + gemessen (gem. geschw.)  
 $\frac{\Delta A'}{h_i}$  wahlgrößen  
 $\frac{\Delta h_i}{h_i}$  massenm.  $\frac{v_i}{g h_i}$  noten  
 d. w. ell.

19

50

80

110

0,05

0,1

0,15

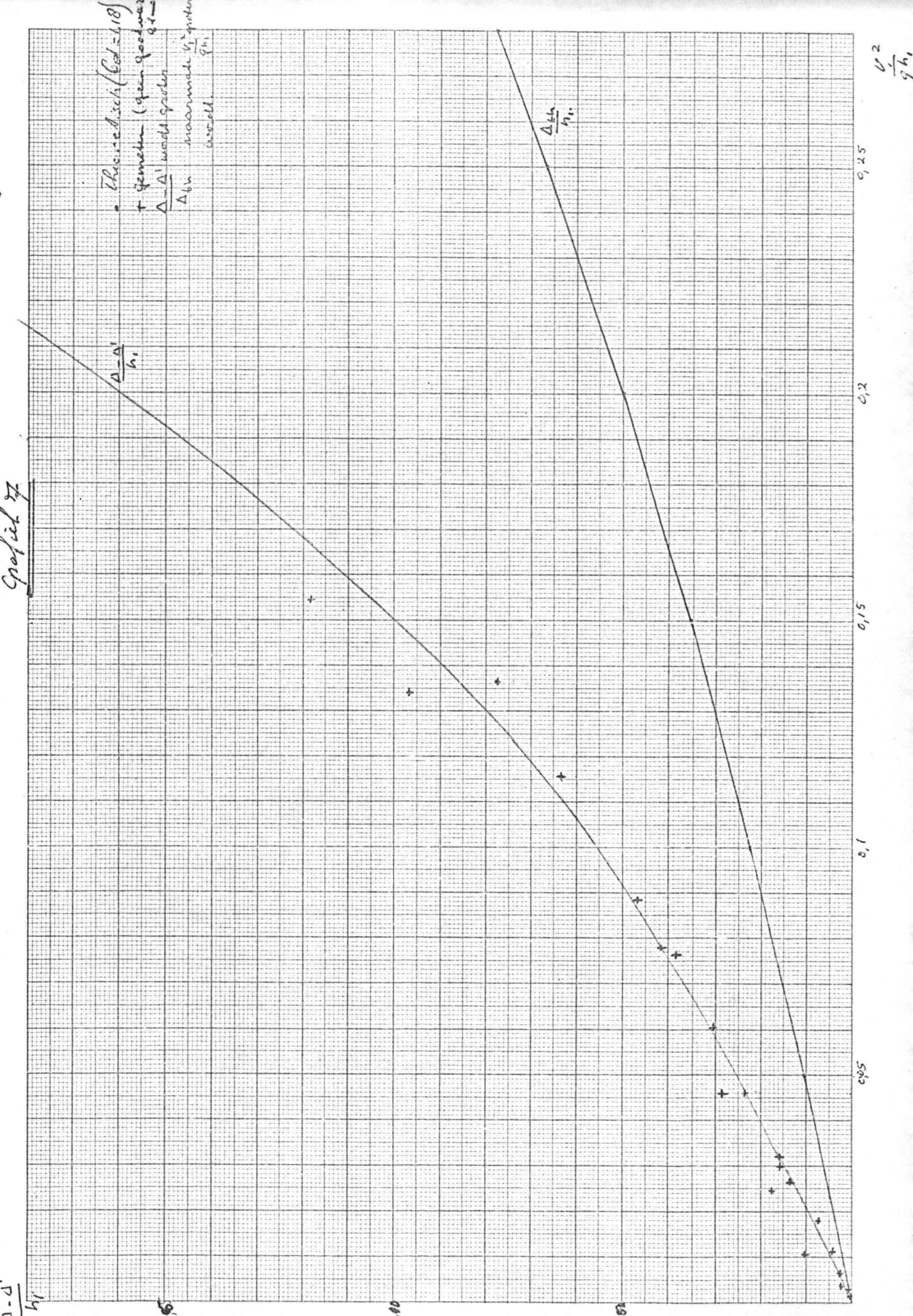
0,2

0,25

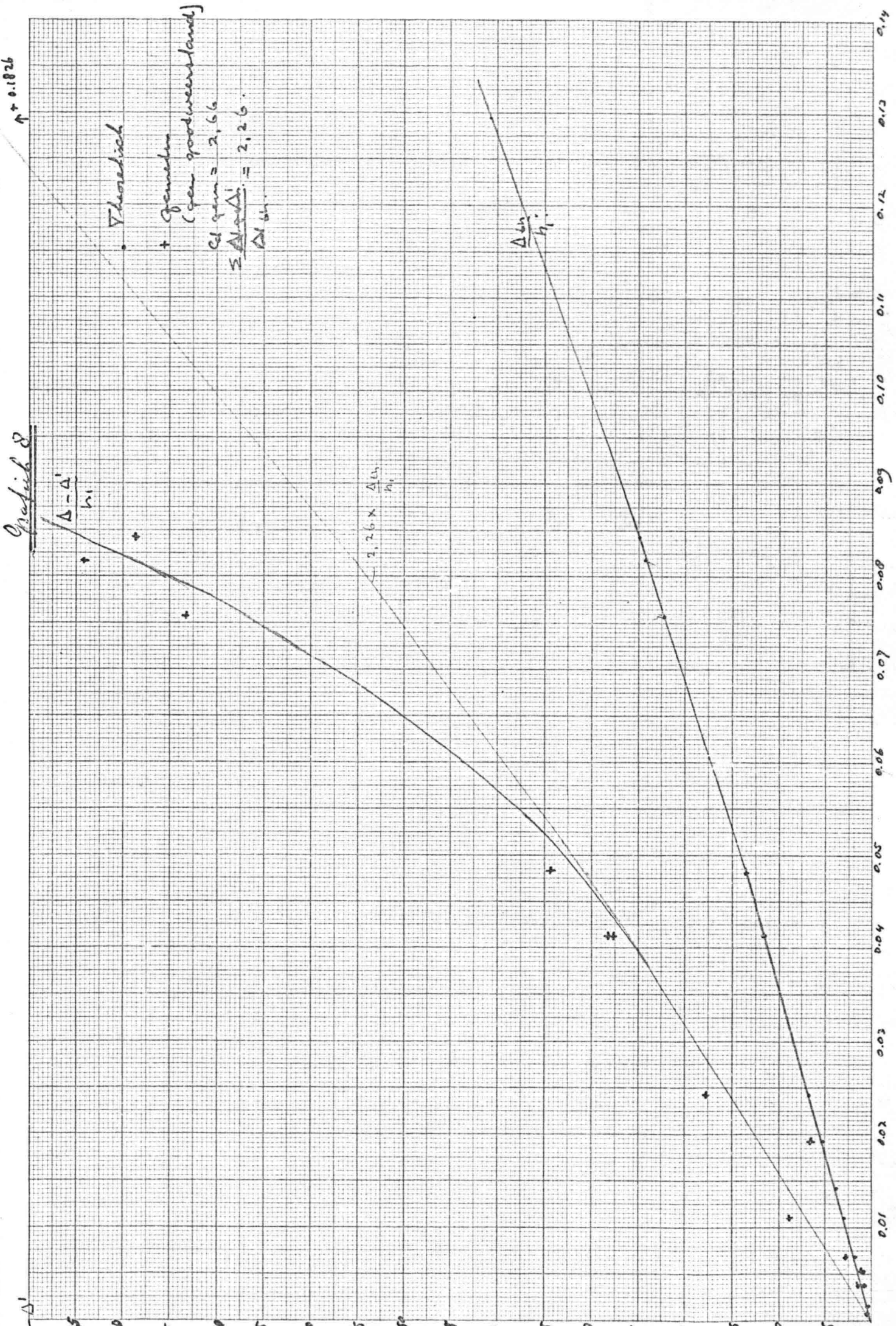
$\frac{v_i}{g h_i}$

$\frac{\Delta A'}{h_i}$

$\frac{\Delta h_i}{h_i}$



Graphisch 8



Gradient g

Theoretical  
+ generation number  
by rings  
was standard.

cd gm = 1.504  
 $\sum \frac{\Delta h}{h_i} = 0.27$   
 $\sum \Delta h$

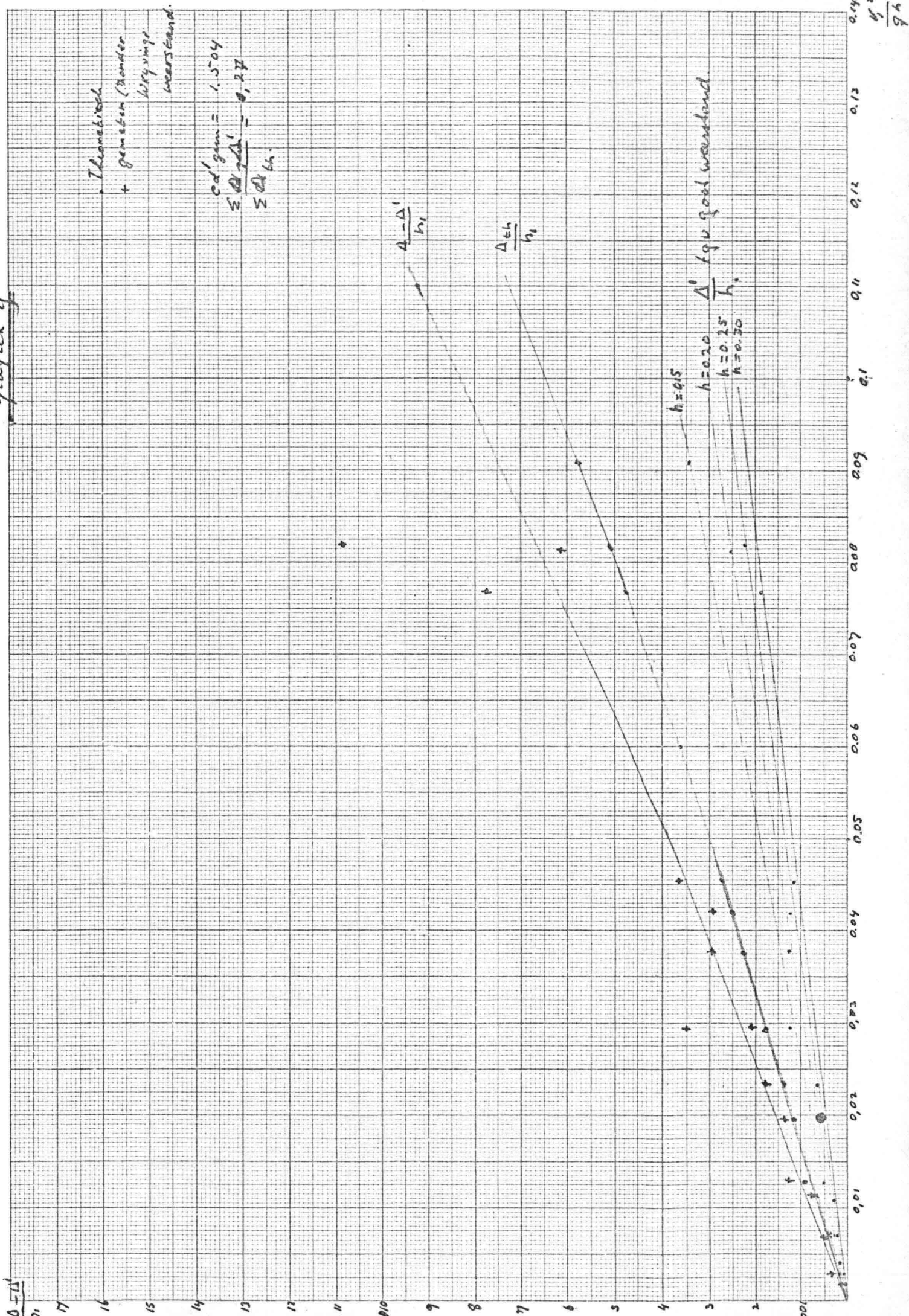
$\frac{\Delta h - \Delta h'}{h_i}$

$\frac{\Delta h}{h_i}$

$\frac{\Delta h'}{h_i}$  for good standard.

$h=0.5$

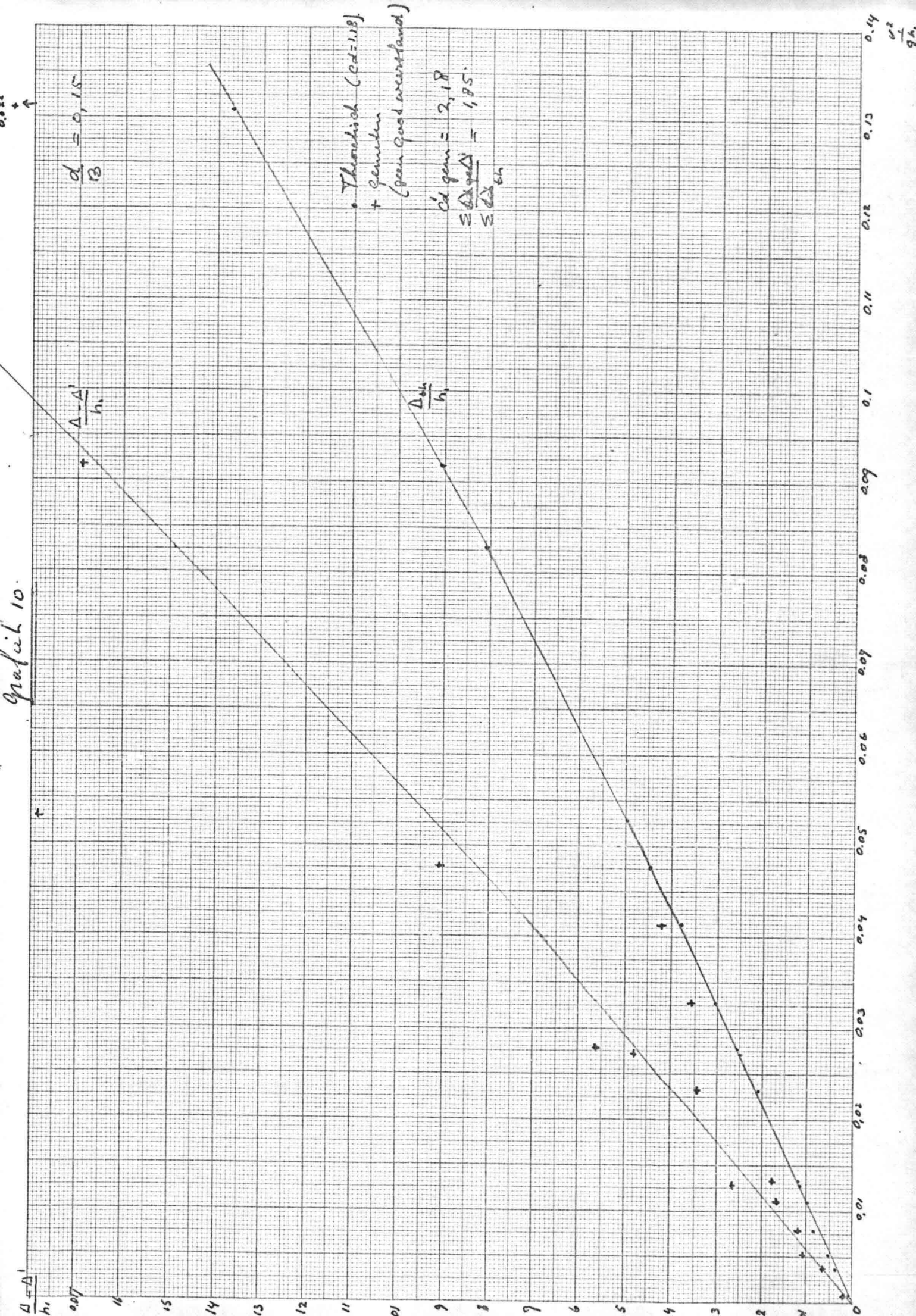
$h=0.20$   
 $h=0.15$   
 $h=0.30$



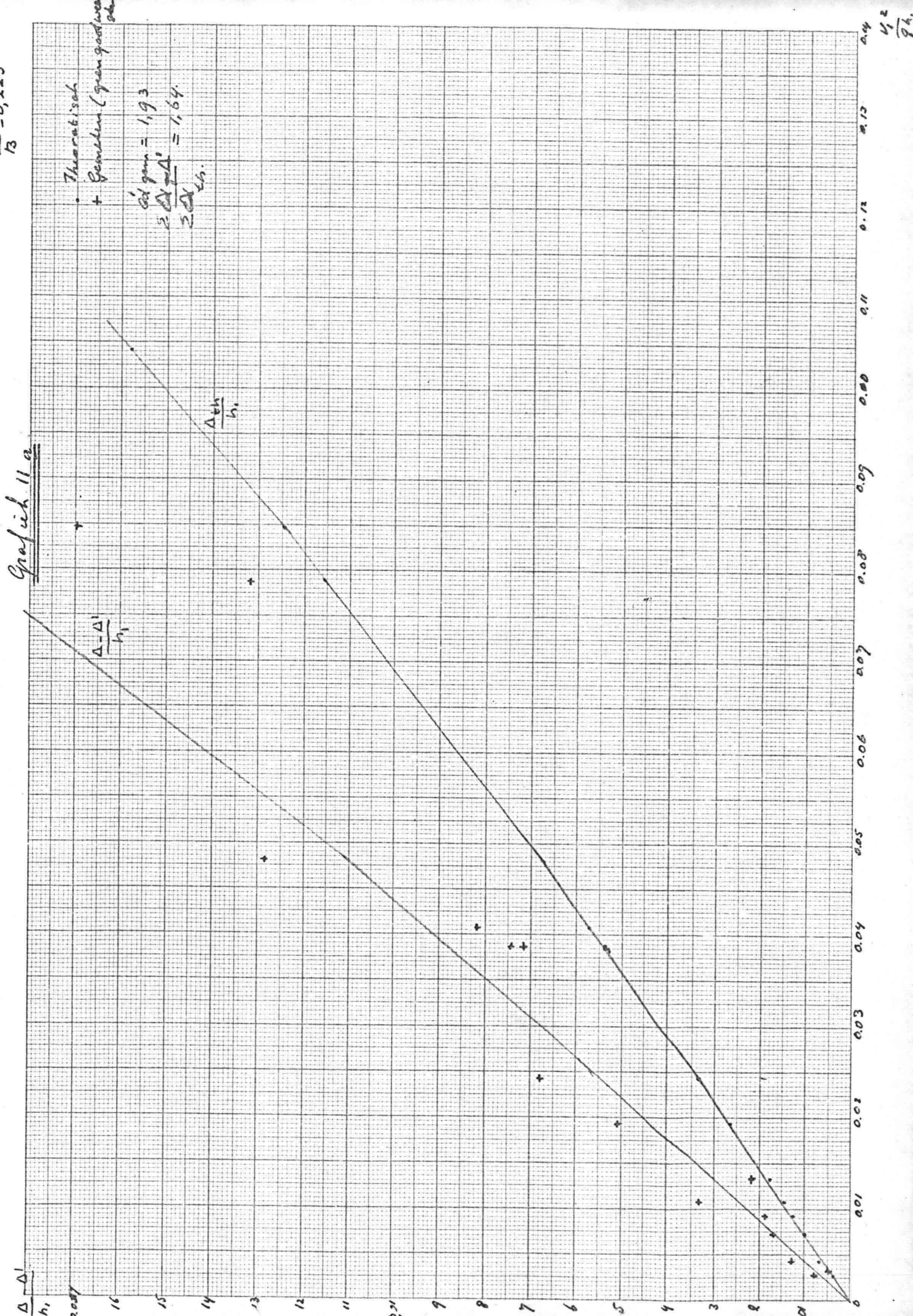
$\frac{h^2}{g h}$



Grafik 10.



Grafik 11 a



$\Delta - \Delta'$

Graph 116

$\bar{B} = 0,325$

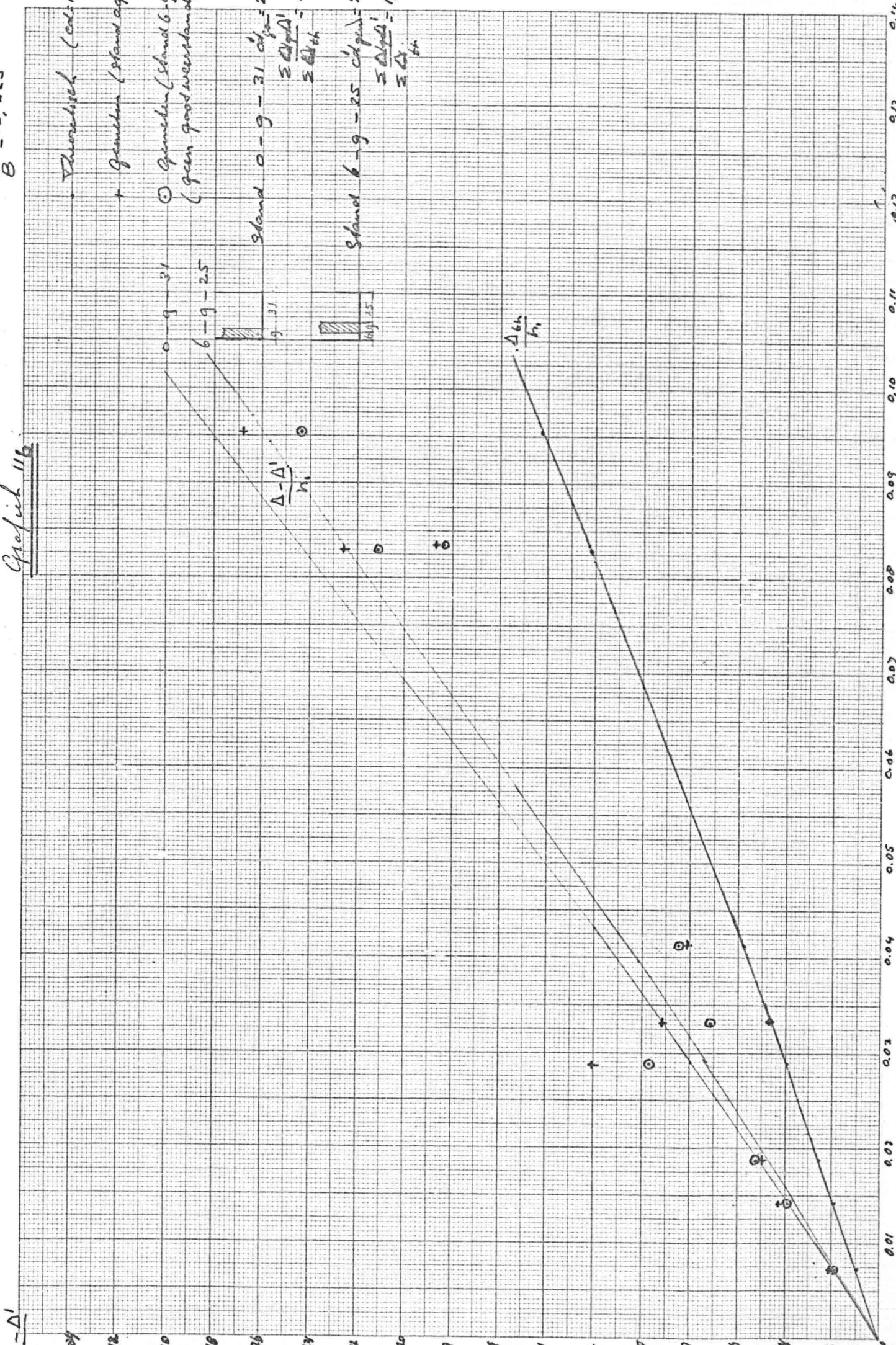
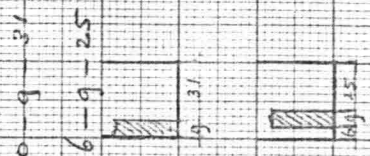
Thurweisch (ed. 116)

+ gemessen (stand 0-9)

○ gemessen (stand 6-9-31)  
(gem. good wertstand)

Stand 0-9 - 31  $\sum \Delta_{gr} = 2,32$   
 $\frac{\sum \Delta_{gr}}{\sum \Delta_{th}} = \frac{1,99}{2,32}$

Stand 6-9 - 25  $\sum \Delta_{gr} = 2,11$   
 $\frac{\sum \Delta_{gr}}{\sum \Delta_{th}} = \frac{1,83}{2,11}$



0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06 0.07 0.08 0.09 0.10 0.11 0.12 0.13 0.14

$\frac{4,2}{5,6}$

B 1007

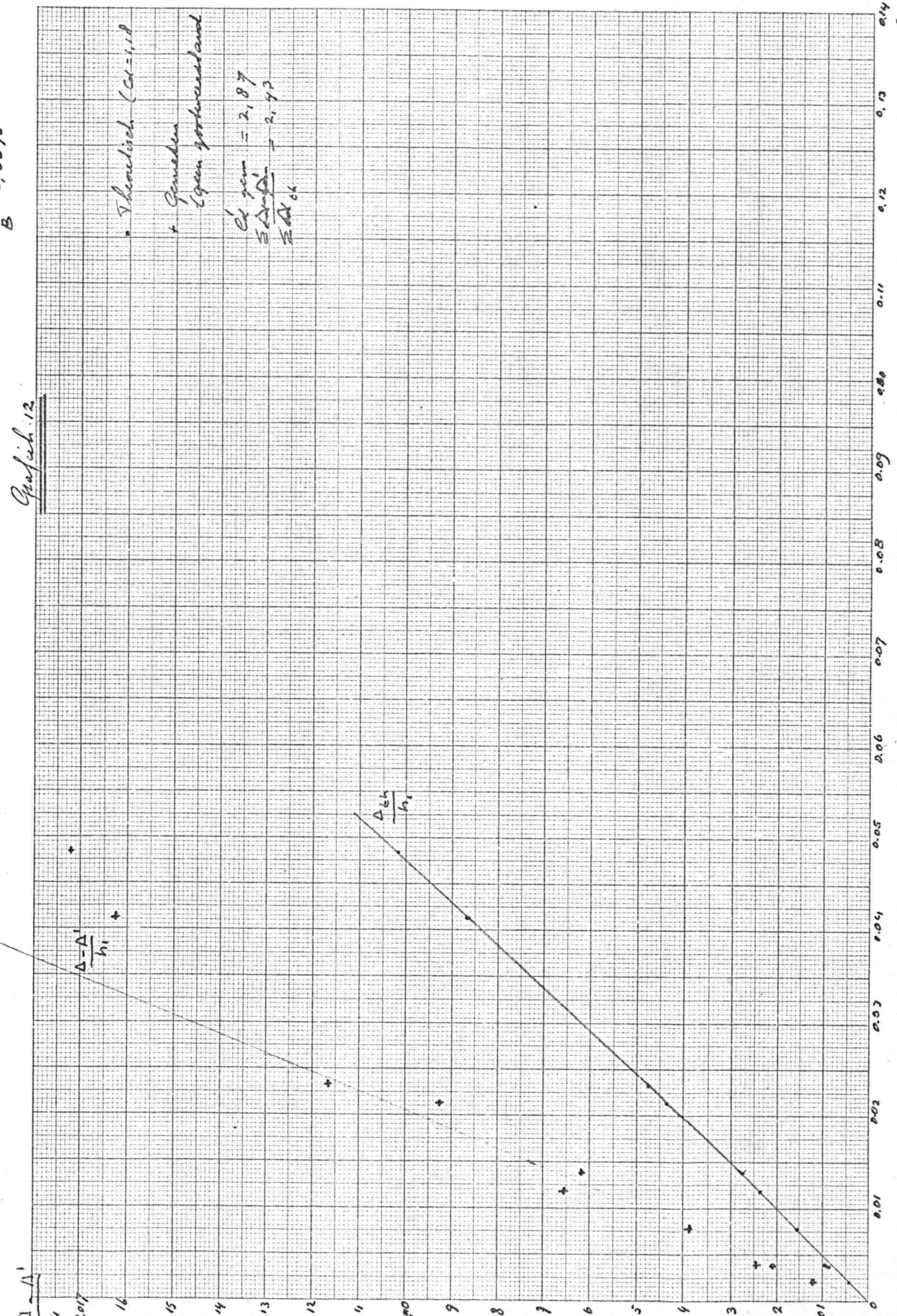
Graph 12

• Theoretisch ( $Cx = 1,18$ )

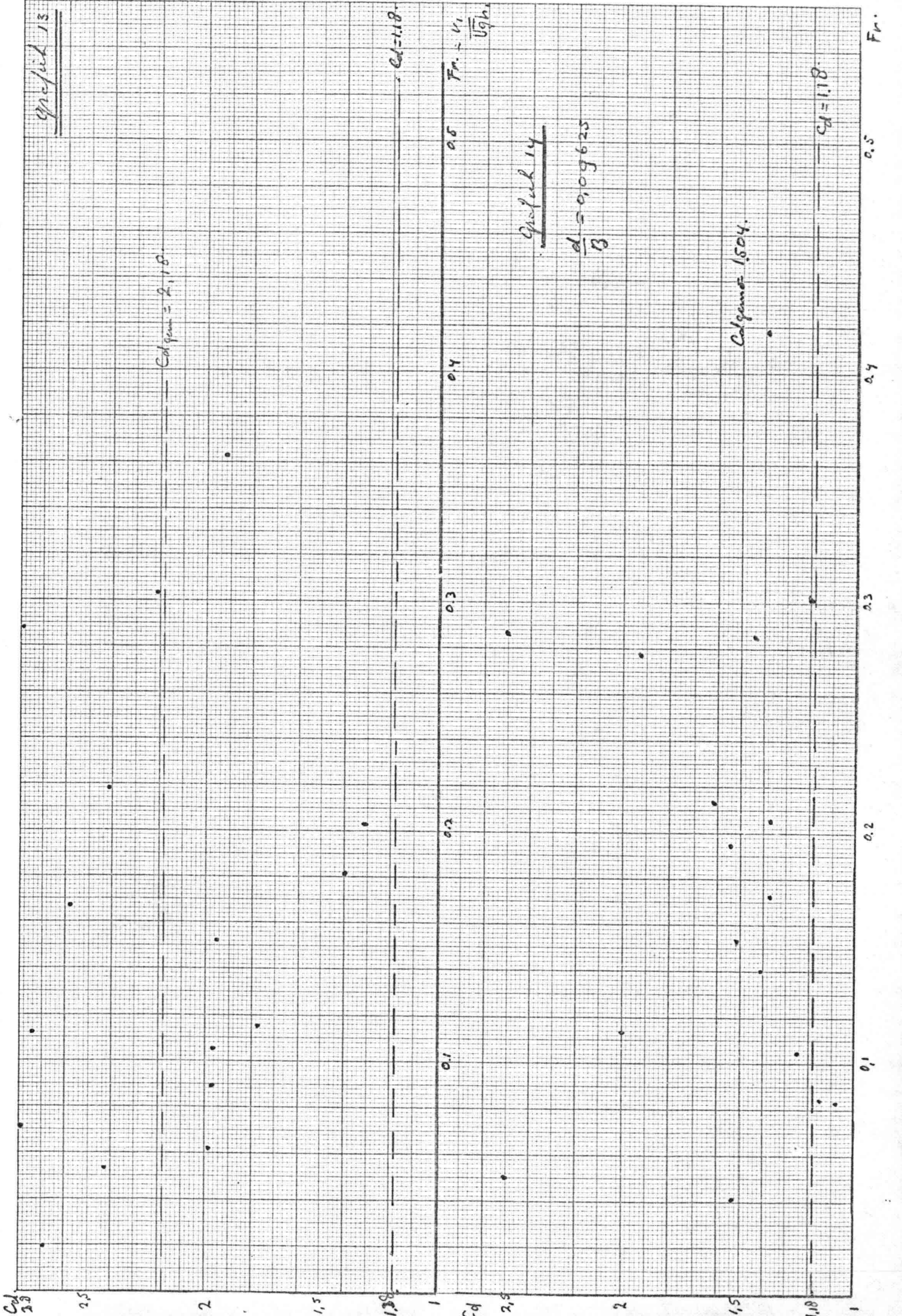
+ Gemessene  
Eigen zotwendland

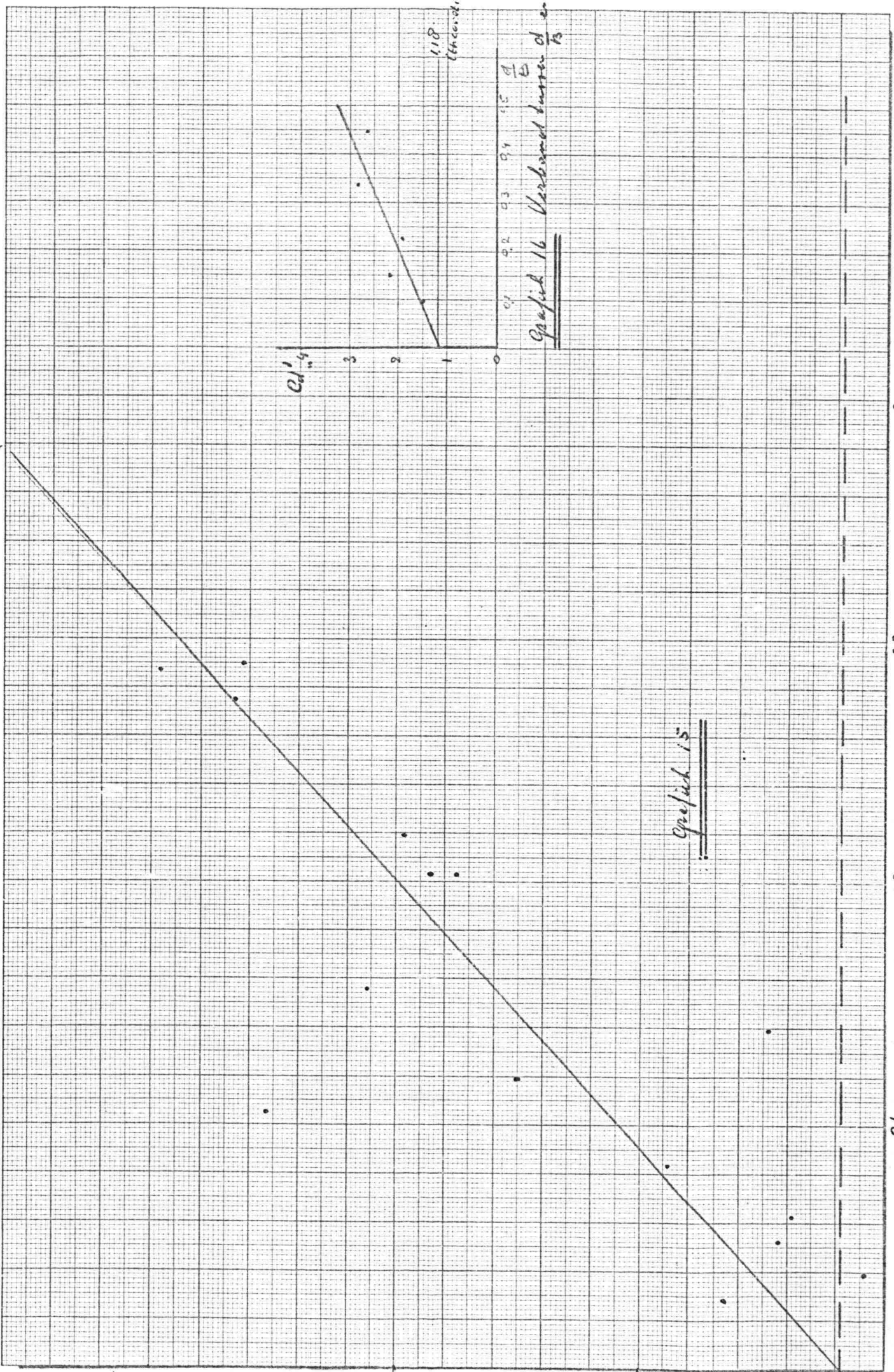
$$C_{\text{gem}} = 2,87$$

$$\frac{\sum \Delta \cdot \Delta_i}{\sum \Delta_i \cdot C_k} = 2,93$$



$\frac{1,2}{94}$





Graph 15

$Cd'_{4}$

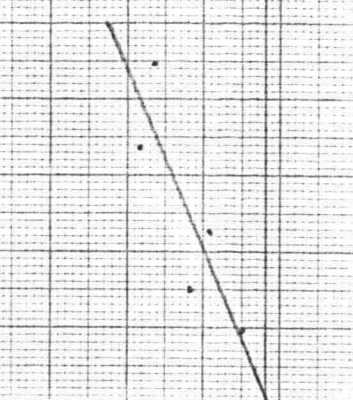
0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 Fr.

118

(the card, use)

0.1 0.2 0.3 0.4 0.5

Graph 16 Horizontal distance of  $e-Cd$



10

8

6

4

2

0

-2

10

8

6

4

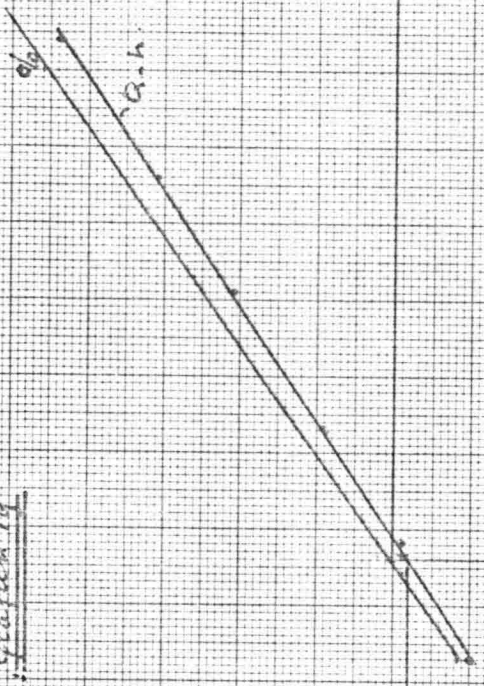
2

0

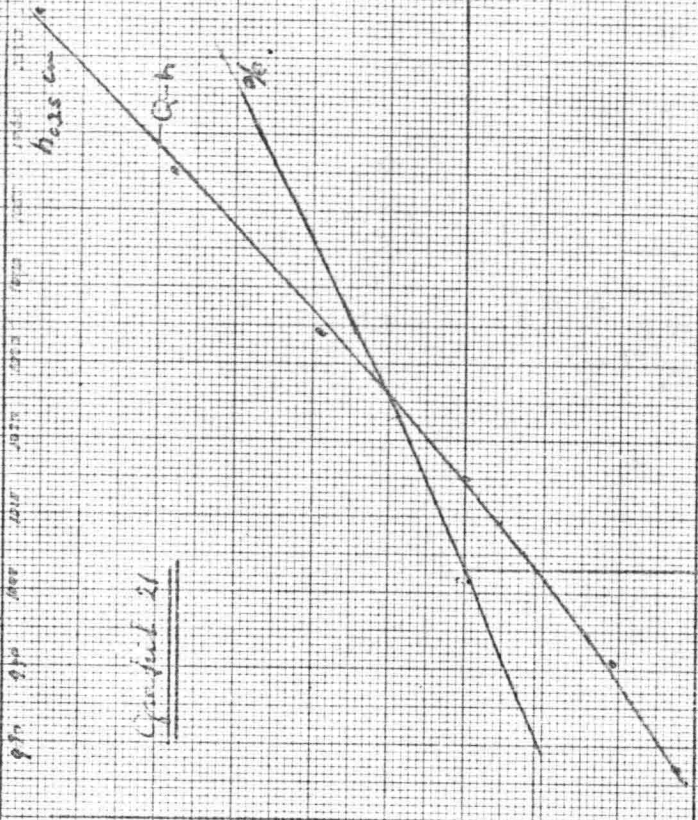
-2

-4

Graph 19



Graph 21



8

6

4

2

0

-2

-4

8

6

4

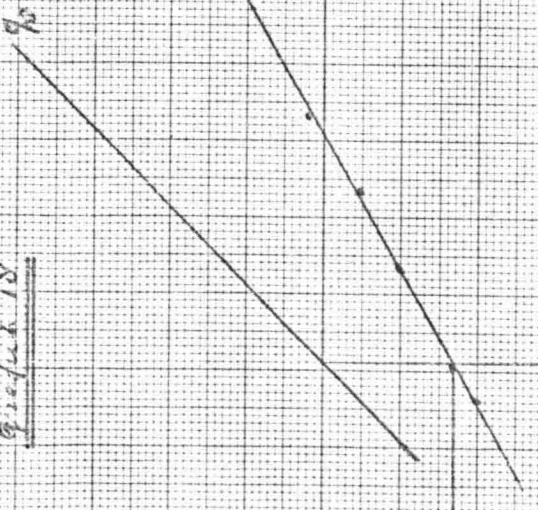
2

0

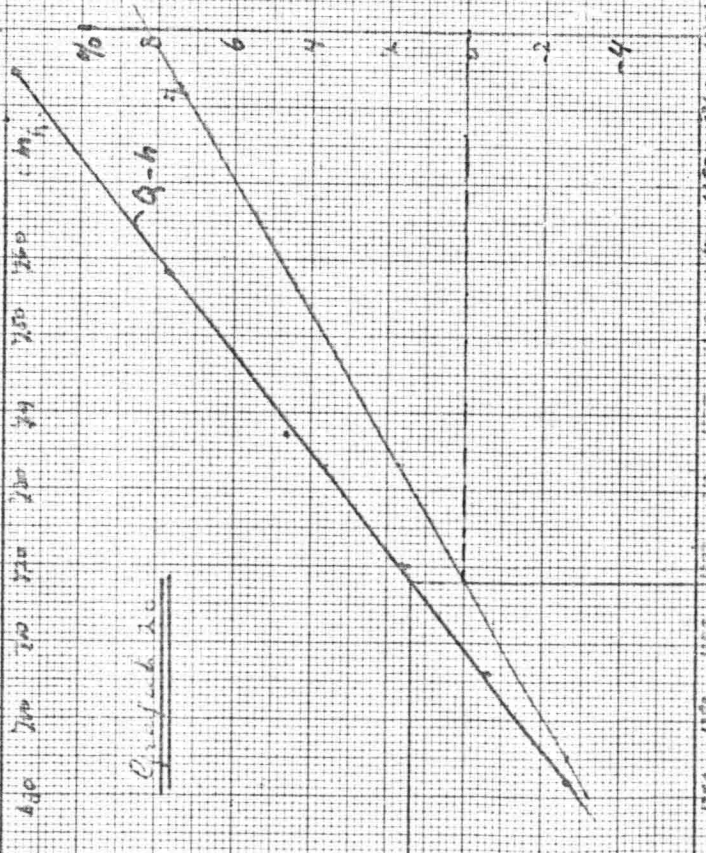
-2

-4

Graph 18



Graph 20



h<sub>0,10</sub> Cur

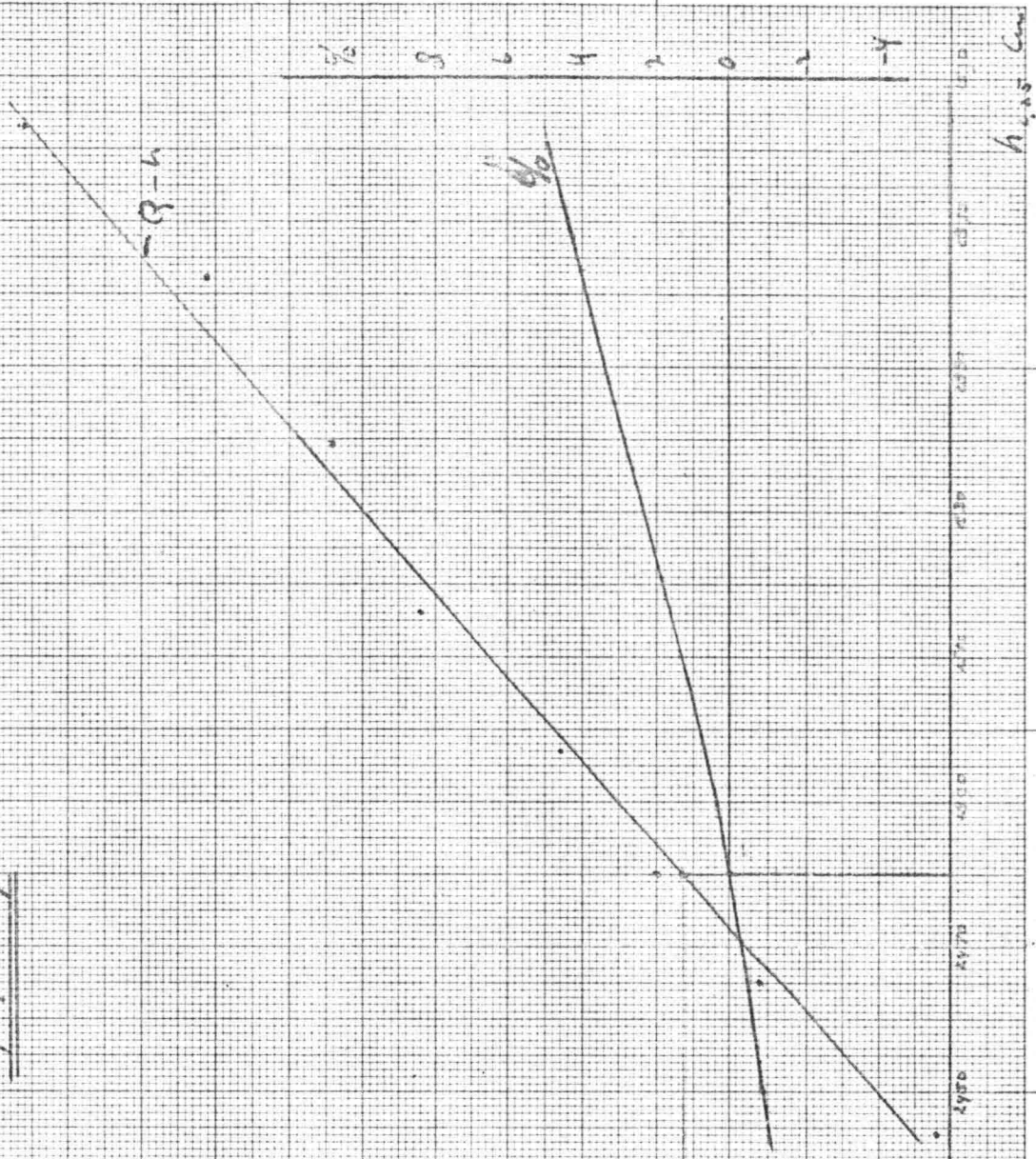
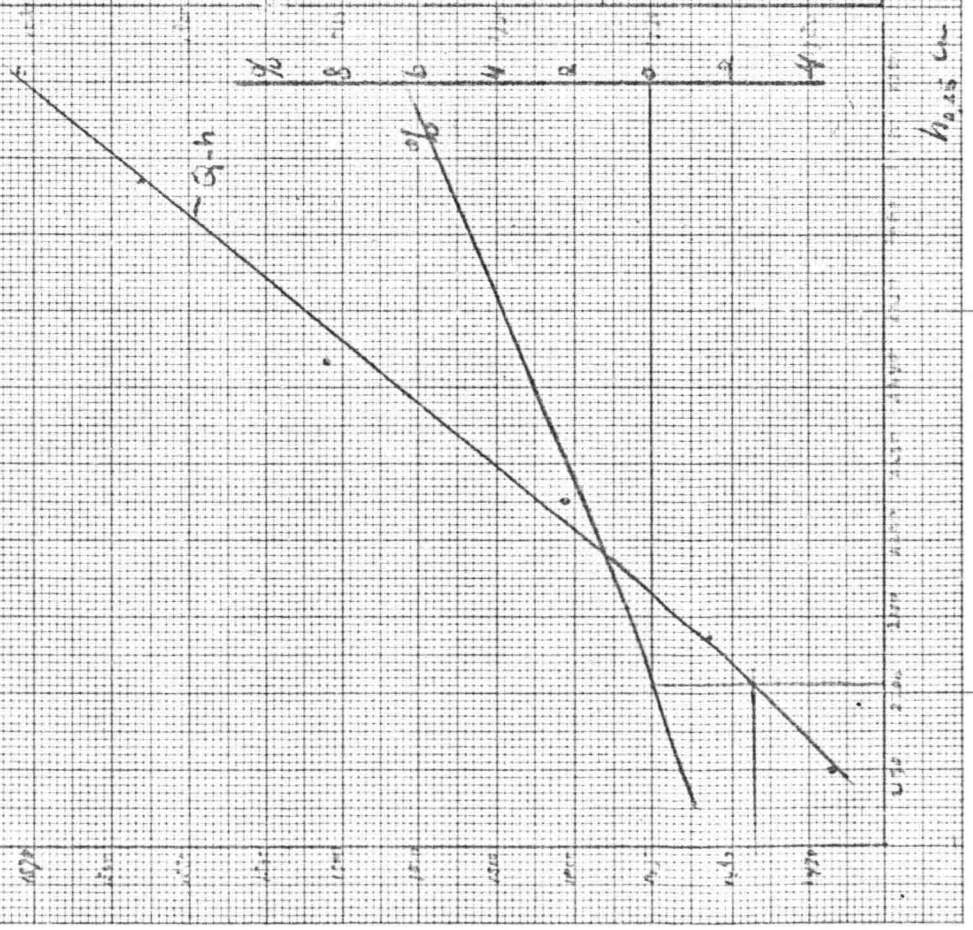
h<sub>0,25</sub> (flow)

Graphed 25

9%

Graphed 24

9%





$G\%$

Gradient 25

$G-h$

$G\%$

Gradient 22

%

%

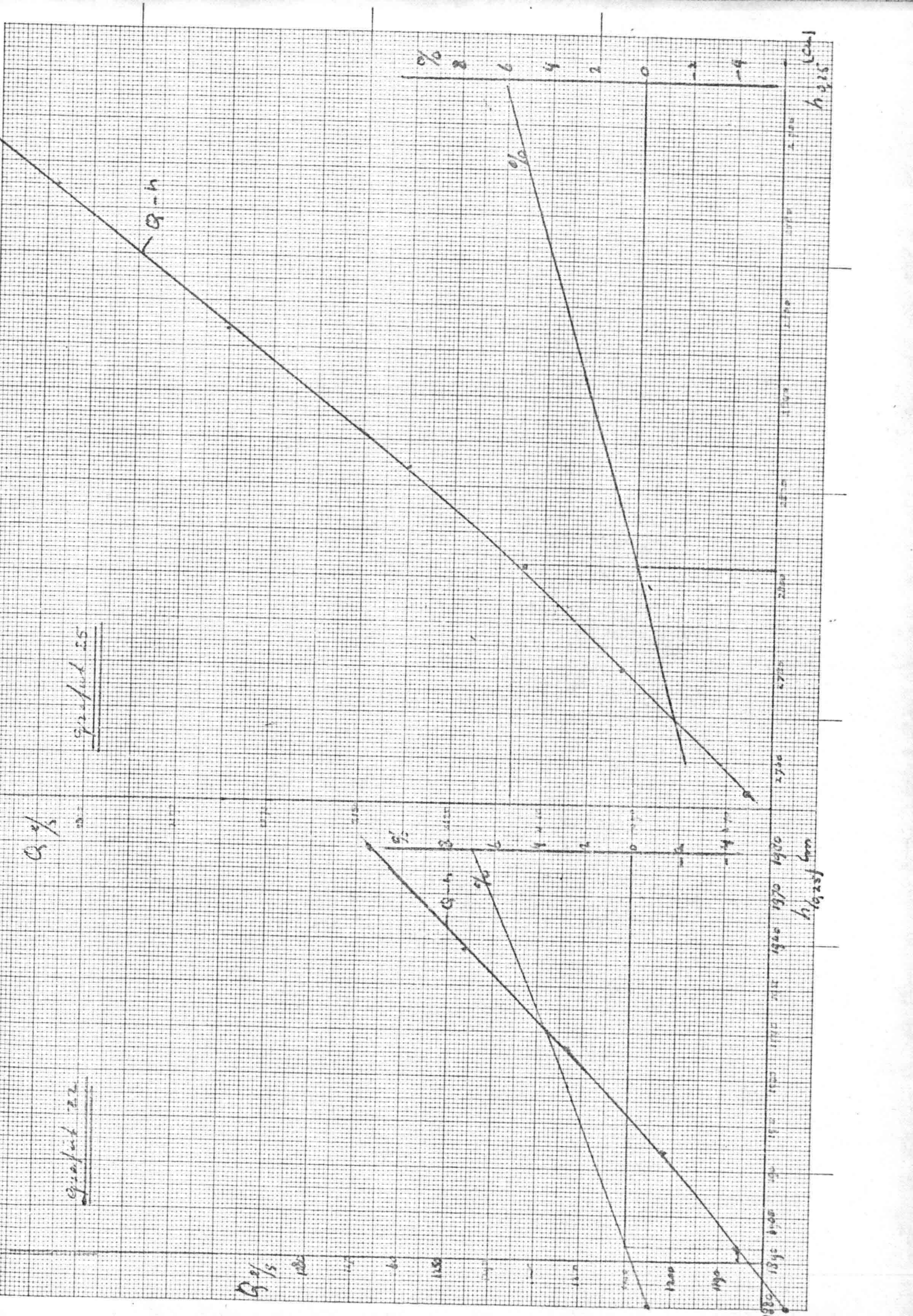
%

$G-h$

%

$h_{215}$  (cm)

$h_{1925}$  (cm)



Graph 16

A

0.25

$h_{0.25}$

C

0.2

$h_{0.25}$

0.25

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

$h_{0.25}$  - 0.25 mol Cylinarin

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

$h_{0.25}$  mol -  $h_{0.25}$  remainder Cylinarin

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

$h_{0.25}$  - 0.25 mol Cylinarin

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

B

C

0.25

$h_{0.25}$

C

0.2

$h_{0.25}$

0.25

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

$h_{0.25}$  - 0.25 mol Cylinarin

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

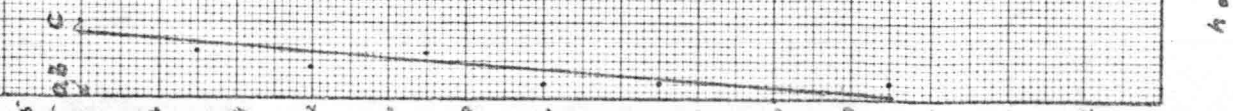
$h_{0.25}$  mol -  $h_{0.25}$  remainder Cylinarin

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

$h_{0.25}$  - 0.25 mol Cylinarin

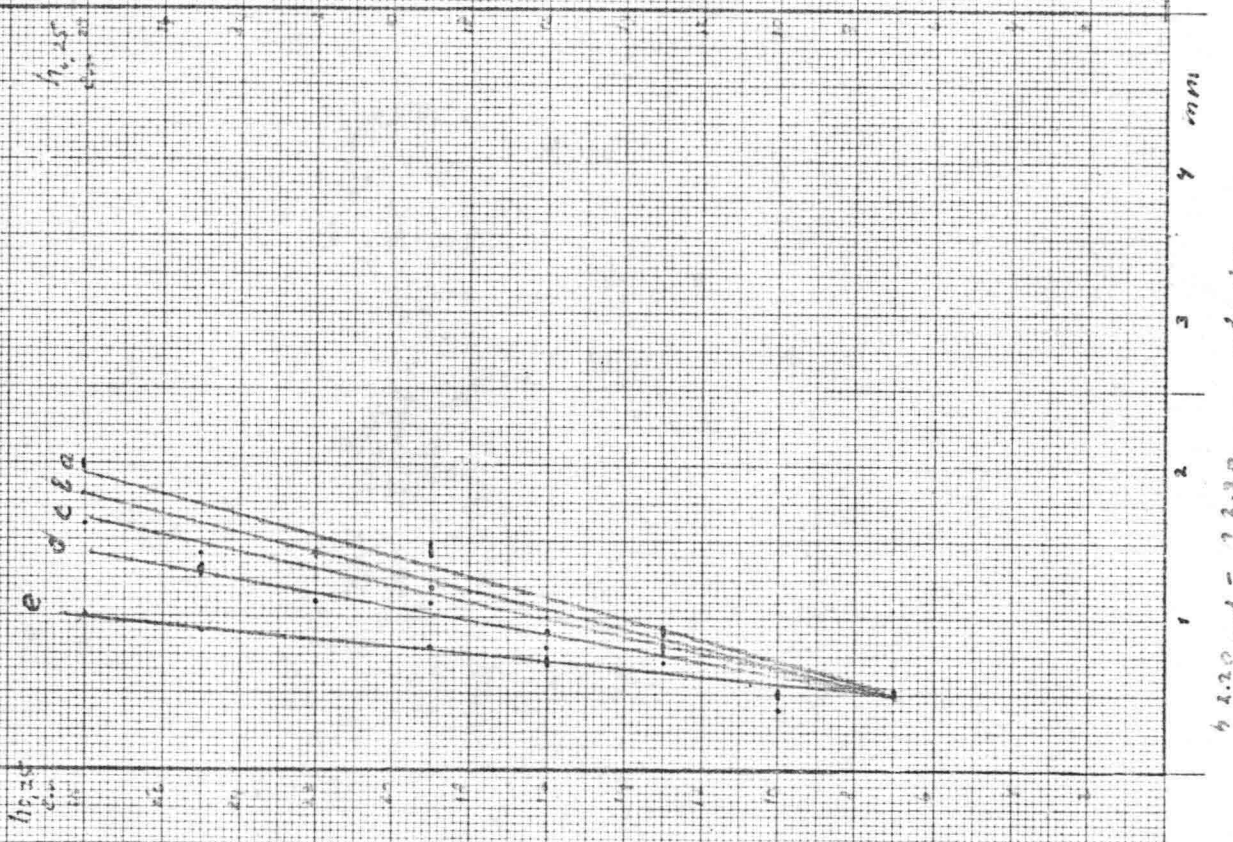
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Graphical 24 A



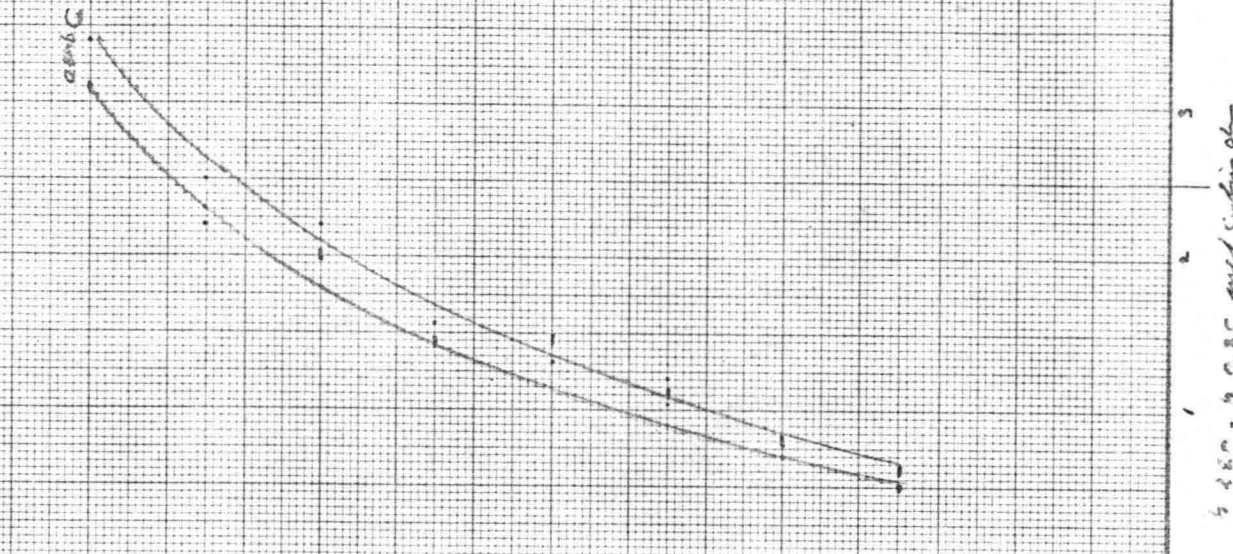
40.25  $\mu$ m - 40.25  $\mu$ m and 40.25  $\mu$ m

B



42.20  $\mu$ m - 42.20  $\mu$ m - 42.20  $\mu$ m

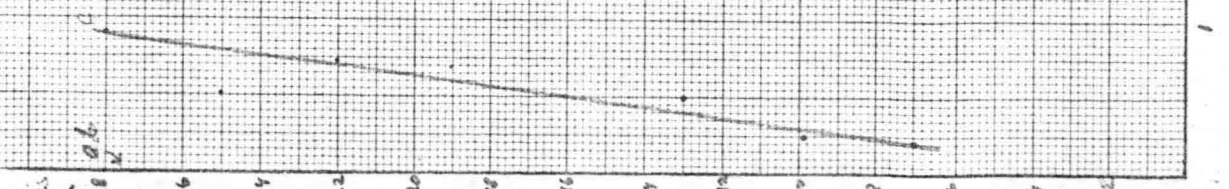
C



48.00  $\mu$ m - 48.00  $\mu$ m and 48.00  $\mu$ m

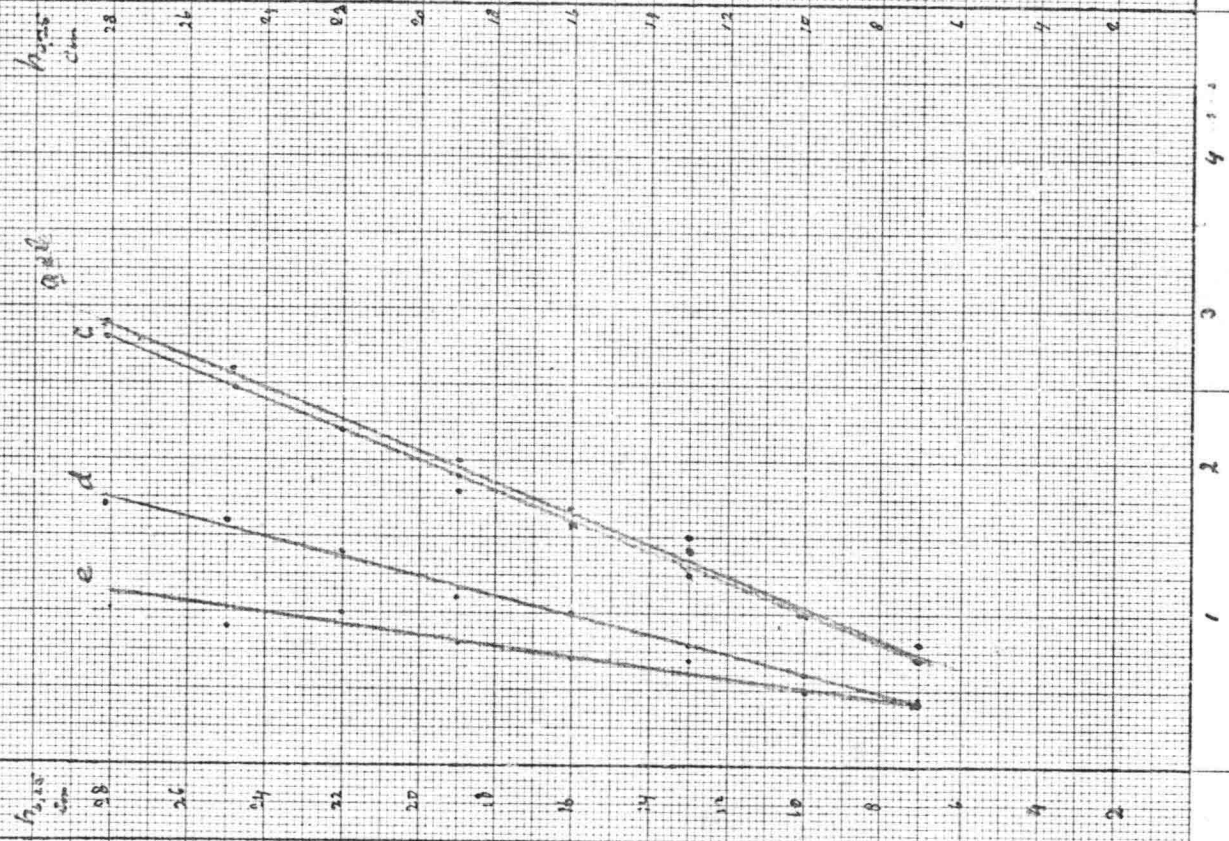
Graph 28

A



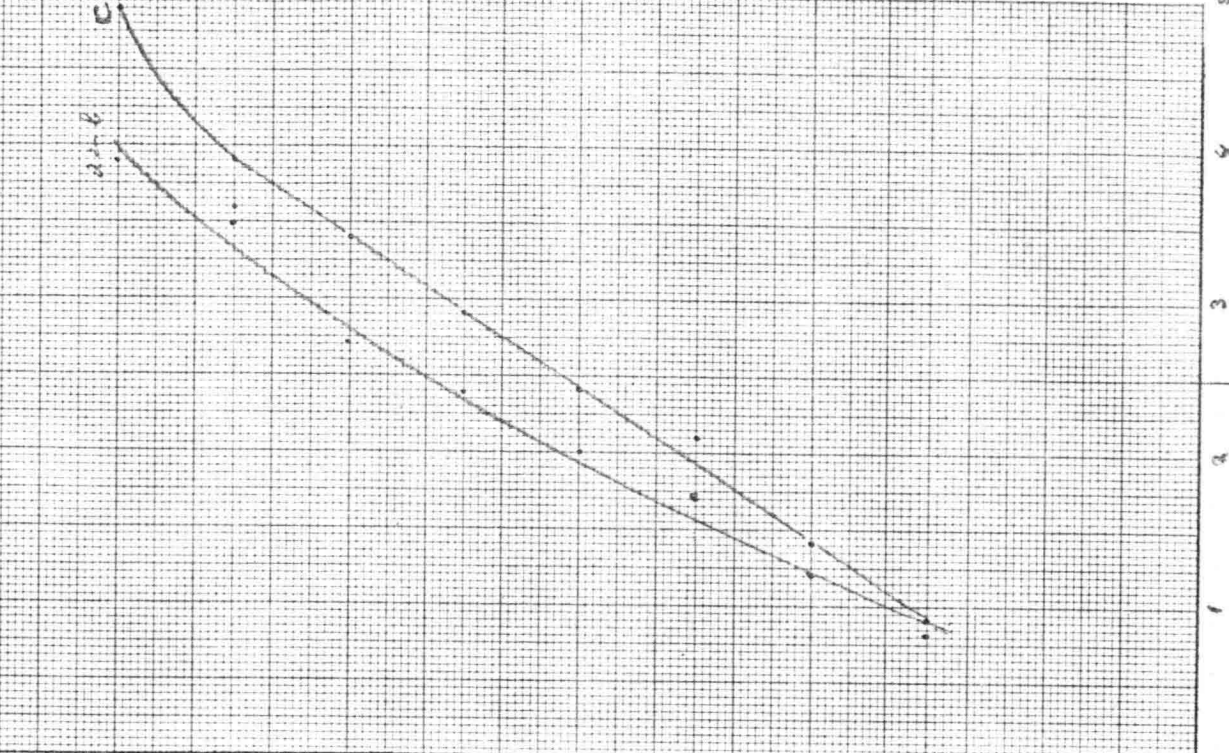
70.25 inch diameter

B



4.20 inch diameter

C

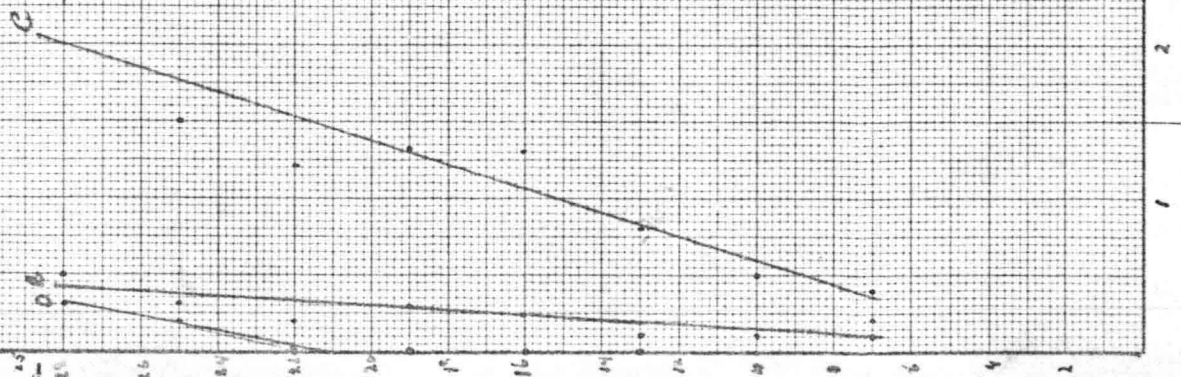


7.125 inch diameter

Graphik 29

A

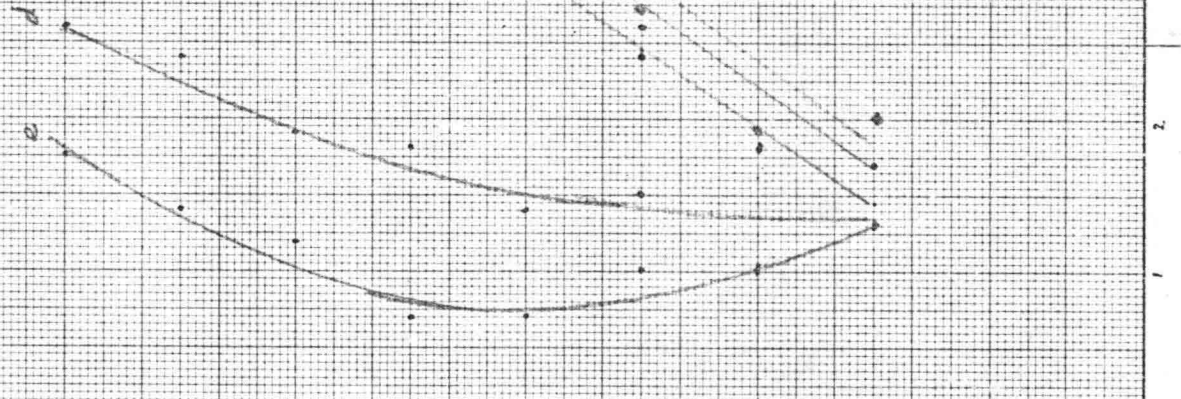
$h_{0,25}$   
Can



$h_{0,25}$  med Cyhinder

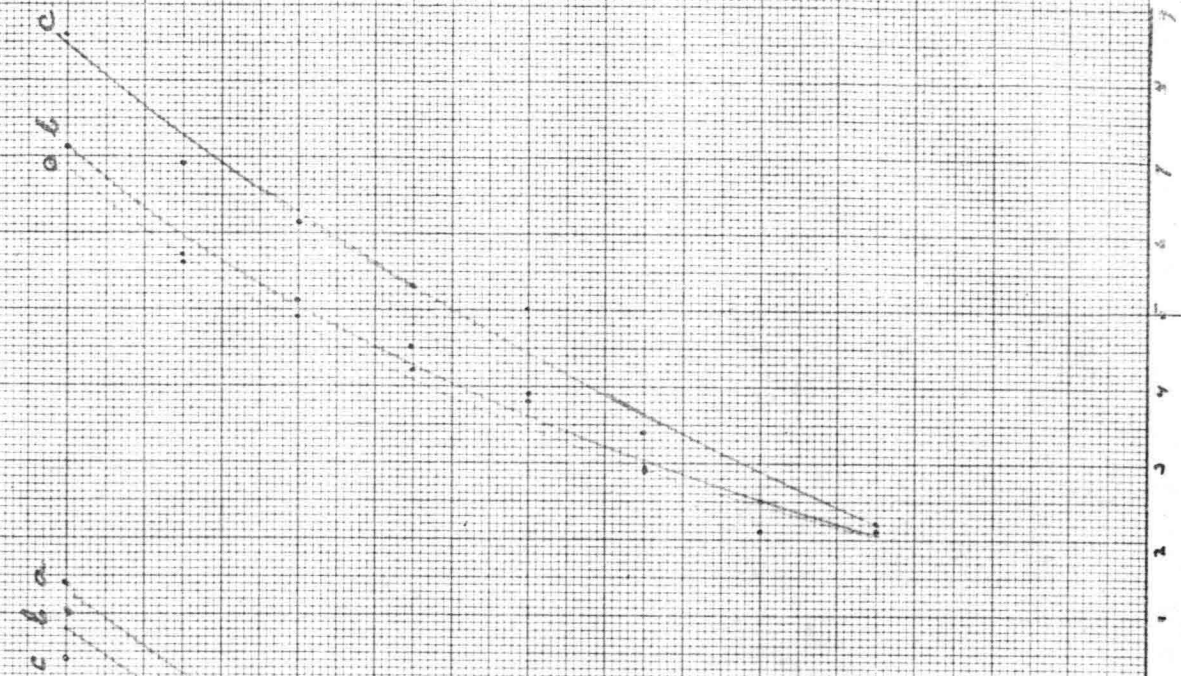
B

$h_{0,20}$   
Can



$h_{0,20}$  med Cyhinder

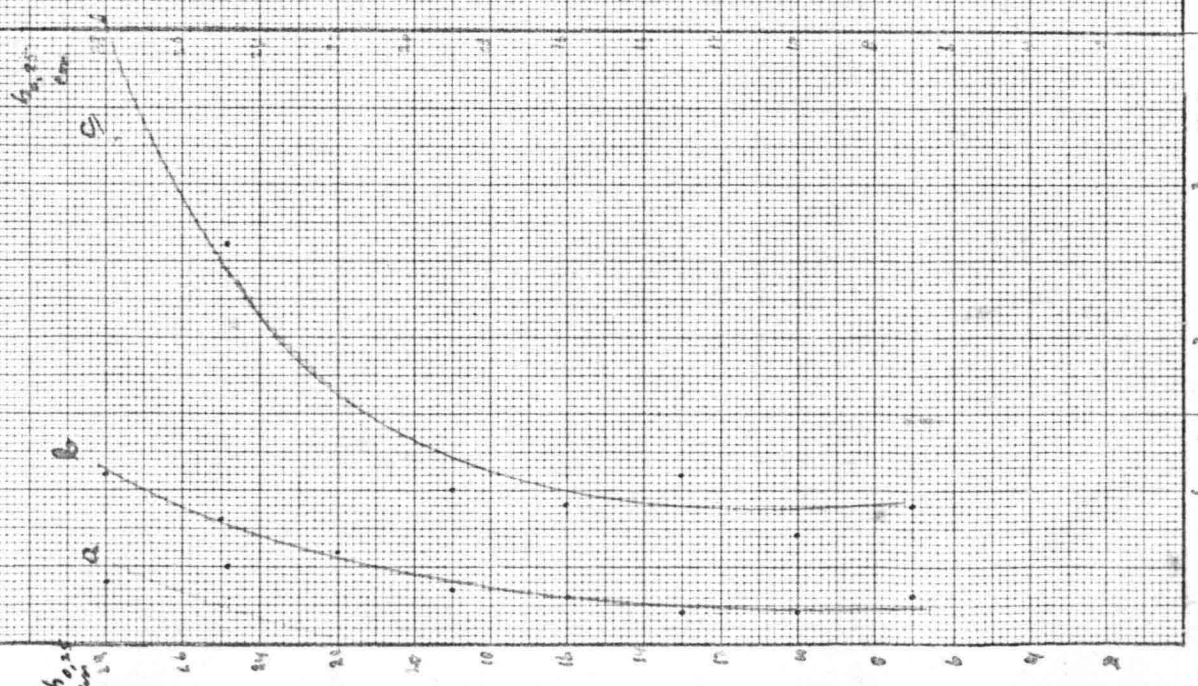
C



$h_{0,25}$  med Cyhinder

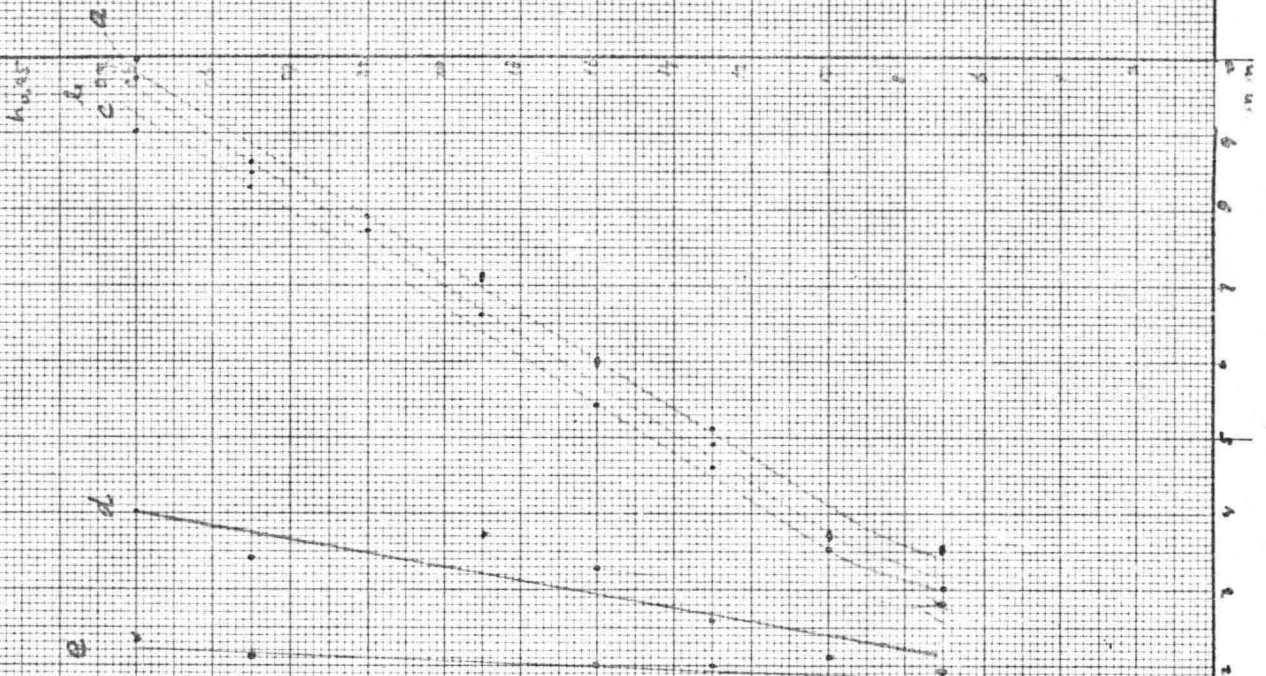
Gradach 30

A



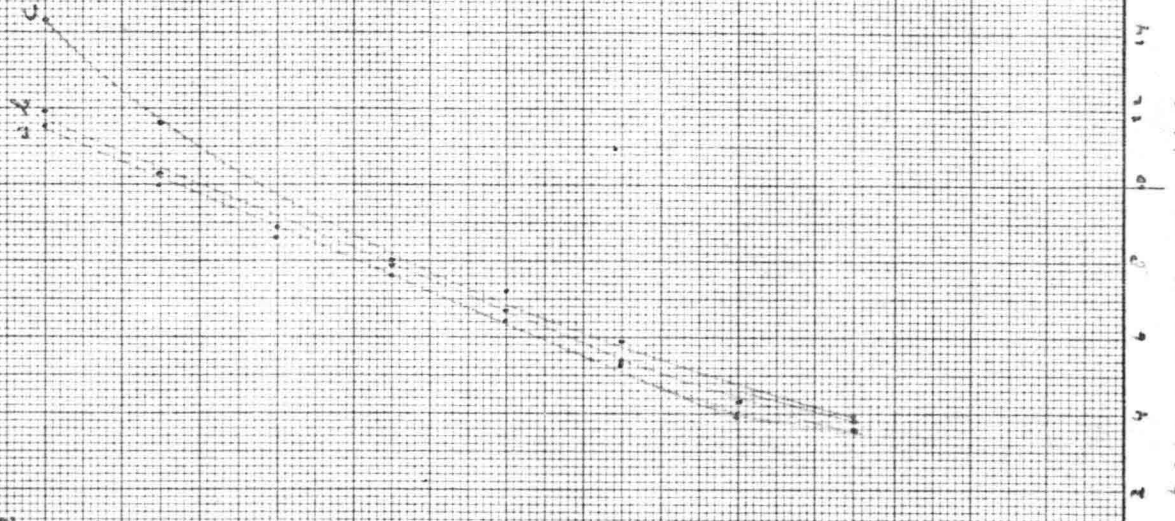
$h_{2.25}$  Röhre - 1.25 met Cylindern

B



$h_{2.25}$  met - 2.25 Durchmesser Röhre

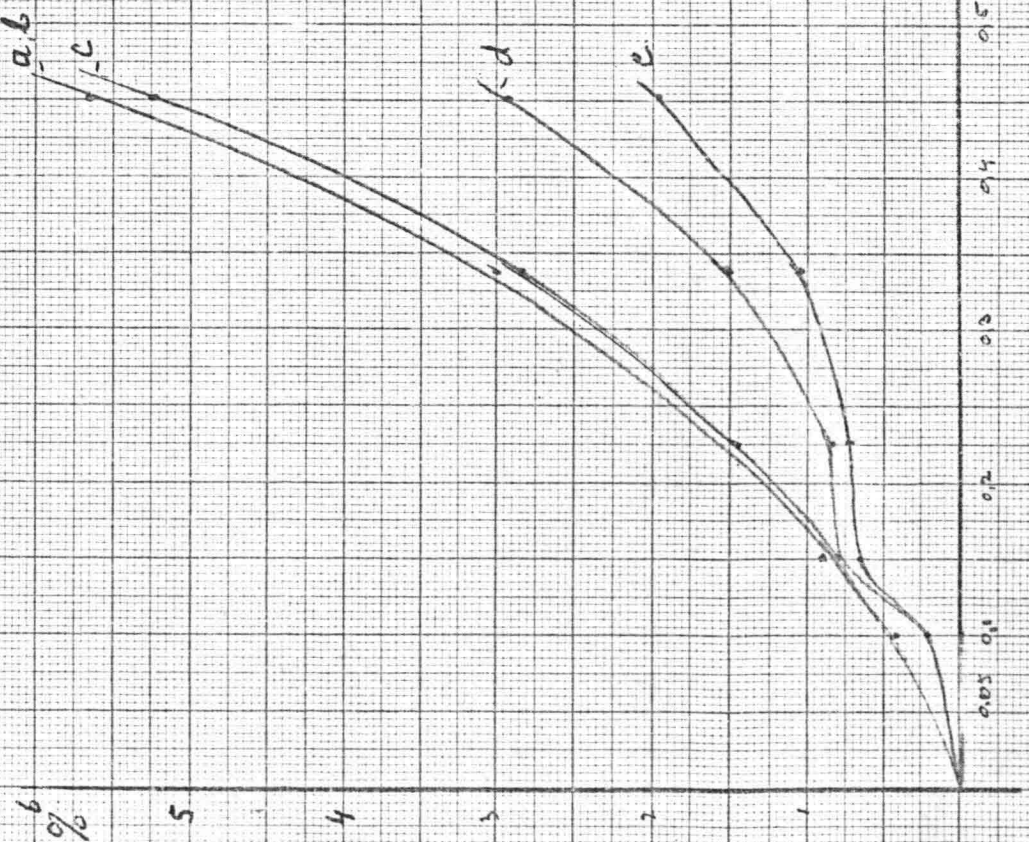
C



$h_{2.25}$  - 2.25 met Cylindern

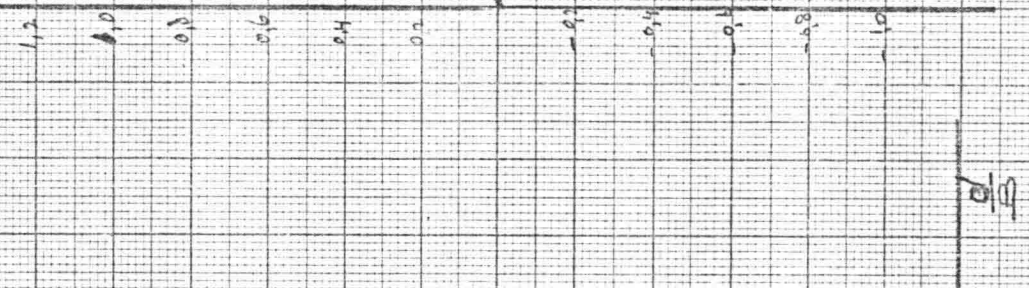
Graph 31

afwijking van 6 ml%  
 bij 2,20 met oplossing  
 Ave of van 2,20 ongesuiverd



Graph 32

afwijking van 0,18  
 in % bij 2,25  
 met oplossing  
 Ave of van 2,25  
 met ongesuiverd



$\frac{d}{B}$

$\frac{d}{B}$

Tabel I. De afvoer  $Q$  met bijbehorende stuwhoogtes op 0,90 ; 0,60 ; 0,40 en 0,15 m voor begin van de versmalling van de Venturigoed

$Q$ l/s	$h_{0.90}$ cm	$h_{0.60}$ cm	$h_{0.40}$ cm	$h_{0.15}$ cm
3.00	7.16	7.15	7.15	7.15
3.31	8.72	8.71	8.72	8.72
4.55	10.62	10.62	10.62	10.61
6.89	12.63	12.63	12.64	12.62
8.09	14.12	14.13	14.13	14.13
9.29	15.45	15.44	15.44	15.44
10.52	16.92	16.92	16.91	16.91
11.63	18.17	18.16	18.17	18.16
13.18	19.75	19.75	19.75	19.75
14.79	21.41	21.41	21.41	21.43
16.26	22.85	22.84	22.84	22.83
17.57	24.14	24.15	24.15	24.15
19.02	25.44	25.43	25.44	25.42
20.22	26.53	26.54	26.55	26.56
21.29	27.37	27.38	27.38	27.38
22.31	28.43	28.43	28.43	28.43

Tabel II. De afvoer  $Q$  met bijbehorende stuwhoogte  $h_{0.25}$  rondom de stuwhoogten. (Venturi-goed)

$Q$ l/s	$h_{0.25}$ cm	$Q$ l/s.	$h_{0.25}$ cm	$Q$ l/s	$h_{0.25}$ cm
<u>2.83</u>	<u>7.00</u>	<u>9.31</u>	<u>16.03</u>	<u>17.76</u>	<u>24.80</u>
2.80	6.96	9.12	15.77	17.42	24.44
2.90	7.13	9.21	15.91	17.66	24.65
2.95	7.23	9.40	16.15	17.76	24.80
3.02	7.33	9.59	16.34	17.93	24.97
3.09	7.47	9.78	16.55	18.12	25.16
		9.96	16.76	18.24	25.39
<u>4.68</u>	<u>9.96</u>			18.41	25.62
4.60	9.83	<u>11.86</u>	<u>18.93</u>	18.66	25.83
4.69	9.98	12.02	19.14		
4.79	10.13	12.23	19.36	<u>21.18</u>	<u>28.03</u>
4.91	10.31	12.46	19.58	20.65	27.53
5.01	10.46	12.67	19.80	20.93	27.80
5.14	10.64			21.14	28.02
		<u>14.77</u>	<u>22.01</u>	21.40	28.24
<u>6.87</u>	<u>12.98</u>	14.67	21.90	21.81	28.54
6.67	12.72	14.83	22.07	22.18	28.85
6.77	12.86	15.01	22.25	22.52	29.15
6.87	13.00	15.33	22.43		
7.03	13.17	15.56	22.67		
7.18	13.38	15.72	22.81		
7.39	13.64				



Tabel III Berekening van de weerstandscoëfficiënten van Chézy en van  $\Delta'$  in het vervald' in de grootte van de wrijving volgens:

$$I = \frac{V^2}{C^2 R} \text{ en } C = 18 \log \frac{0,4R}{\frac{0,2}{8} + \frac{11,6 \cdot 10^{-6}}{105 \sqrt{g \cdot R I_h}}} \text{ Waarin } R = \frac{b \cdot h}{b + 2 \cdot h}$$

$$\text{en } \Delta' = 1,4 \cdot I.$$

$h$ m	$V$ m/s	$R$ m	$C$ aangenomen $\frac{m^{\frac{1}{2}}}{s}$	$I$ Haangenomen $\times 10^{-6}$	$C$ $\frac{m^{\frac{1}{2}}}{s}$	$\frac{V^2}{g h}$	$\frac{\Delta'}{h}$	$\Sigma$
0,3	0,1	0,12	68	21,4	59,256			
			60	23,14	59,45			
			59,45	23,57	59,58	0,0034	0,00011	
0,3	0,2	0,12	60	92,59	64,15			
			64,15	80,99	63,72			
			63,72	82,10	63,77	0,0036	0,00038	
0,3	0,3	0,12	65	177,5	66,13			
			66,13	171,5	66,04	0,0306	0,00080	
0,3	0,4	0,12	69	280,0	67,44			
			67,44	293,6	67,57	0,0544	0,00136	
0,3	0,5	0,12	68,5	443,9	68,67			
			68,67	441,8	68,67	0,0850	0,00206	
0,25	0,1	0,0811	60	25,0	58,93			
			58,93	25,85	58,86	0,0040	0,00014	
0,25	0,2	0,1111	63	90,71	63,25			
			63,25	90,14	63,22	0,0163	0,00050	
0,25	0,3	0,1111	66	185,9	65,44			
			65,44	188,8	65,48	0,0367	0,00106	
0,25	0,4	0,1111	67	320	67,00	0,0652	0,00180	
0,25	0,5	0,1111	68,1	485	68,11	0,1019	0,00272	
0,20	0,1	0,1	58,4	29,32	58,28			
			58,20	29,42	58,30	0,0051	0,00021	
0,20	0,2	0,1	62,70	101,7	62,44			
			62,89	102,4	62,47	0,0204	0,00071	
0,20	0,3	0,1	64,9	213,6	64,73			
			64,75	214,6	64,75	0,0459	0,00050	
0,20	0,4	0,1	66,3	364	66,25	0,0815	0,00255	
0,20	0,5	0,1	67,4	550,3	67,35			
			67,35	551,1	67,35	0,1274	0,00386	
0,15	0,1	0,0857	57,6	35,17	57,18			
			57,18	35,66	57,22	0,0068	0,00033	
0,15	0,2	0,0857	61,4	123,8	61,38	0,0272	0,00116	
0,15	0,3	0,0857	63,65	259,2	63,64	0,0672	0,00242	
0,15	0,4	0,0857	65,15	439,8	65,14	0,1007	0,00411	
0,15	0,5	0,0857	66,2	665,6	66,23	0,1699	0,00620	

Tabel VIIa  $h_{2.20}$ ;  $h_{0.25}$  en  $Q$ , verval tussen 2.20 en 0.25, snelheid en getal van Froude en het percentage dat  $Q_{2.20}$  afwijkt van  $Q_{0.25}$  bij afwenigheid van een cylinder.

$Q$ l/s	$h_{2.20}$ m	$h_{0.25}$ S.Bun m	$h_{0.25}$ peilwaard m	Verval m	$v$ m/s	Froude	% %
2.83	0.0701	0.0700	0.0700	0.0001	0.204	0.247	0,2
4.68	0.0998	0.0966	0.0997	0.0002	0.235	0.238	0,4
6.87	0.1300	0.1298	0.1298	0.0002	0.267	0.237	0,3
9.31	0.1607	0.1603	0.1604	0.0004	0.293	0.235	0,3
11.86	0.1898	0.1893	0.1894	0.0005	0.315	0.231	0,3
14.77	0.2207	0.2200	0.2201	0.0007	0.341	0.232	0,4
17.76	0.2489	0.2480	0.2480	0.0009	0.359	0.230	0,35
21.18	0.2814	0.2803	0.2804	0.0011	0.380	0.229	0,6

gemiddeld % = 0,34

Tabel VIII De afwijking van  $Q$  in procenten als ~~van~~ de niveaumeting op een plaats 10 cm voor resp. plaats a, b en c verricht wordt bij aanwenigheid van de cylinder op deze plaatsen in plaats van  $h_{0.25}$  in de ongestoorde goot.

Plaats	Diameter cylinder					Opmerking.
	0,02	0,03	0,045	0,067	0,09	
a	0,76	1,24	1,79	3,39	6,00	% tab. VIII + 0,34%
b	0,60	1,07	1,62	3,22	5,82	% tab. VIII + 0,17%
c	0,53	1,01	1,56	3,16	5,76	% tab. VIII + 0,11%

Opmerking: Deze afwijking van  $Q$  voor de plaatsen d en e zijn te vinden in tabel VII onder d en e.

L/S	$h_{2.20cm}$	$h_{0.25cm}$	$\Delta_{cm}$	$h_{2.20cm}$	$h_{0.25cm}$	$\Delta_{cm}$	$h_{2.20cm}$	$h_{0.25cm}$	$\Delta_{cm}$	$h_{2.20cm}$	$h_{0.25cm}$	$\Delta_{cm}$	$h_{2.20cm}$	$h_{0.25cm}$	$\Delta_{cm}$
Diameter 0.02m															
2.86	7.03	7.01	0.02	7.03	7.01	0.02	7.03	7.00	0.03	7.03	7.01	0.02	7.03	7.00	0.03
4.70	10.00	9.94	0.06	10.00	9.94	0.06	10.01	9.95	0.06	10.01	9.98	0.03	10.00	9.99	0.01
6.92	13.03	12.98	0.05	13.04	12.98	0.06	13.03	12.97	0.06	13.04	13.01	0.03	13.04	13.02	0.02
9.40	16.12	16.01	0.11	16.13	16.02	0.11	16.12	16.02	0.10	16.12	16.07	0.05	16.12	16.08	0.04
11.90	19.07	18.93	0.14	19.07	18.94	0.13	19.07	18.93	0.14	19.06	19.01	0.05	19.07	19.01	0.06
14.99	22.16	22.01	0.15	22.15	22.01	0.14	22.15	22.00	0.15	22.14	22.09	0.05	22.14	22.08	0.06
17.80	24.97	24.80	0.17	24.97	24.80	0.17	24.97	24.78	0.19	24.97	24.89	0.08	24.96	24.88	0.08
21.24	28.24	28.03	0.21	28.24	28.03	0.21	28.23	28.01	0.22	28.23	28.12	0.11	28.21	28.12	0.09
Diameter 0.03m															
2.86	7.05	7.00	0.05	7.05	6.99	0.06	7.05	6.99	0.06	7.05	* -	-	7.05	7.03	0.02
4.70	10.03	9.95	0.08	10.03	9.96	0.07	10.03	9.95	0.08	9.95	* -	-	10.02	10.00	0.02
6.92	13.09	12.98	0.11	13.09	12.97	0.12	13.08	12.97	0.11	13.08	13.03	0.05	13.07	13.03	0.04
9.40	16.17	16.03	0.14	16.16	16.03	0.13	16.15	16.02	0.13	16.14	16.10	0.04	16.14	16.10	0.04
11.90	19.12	18.95	0.17	19.12	18.95	0.17	19.10	18.92	0.18	19.09	19.03	0.06	19.06	19.00	0.06
14.99	22.22	22.01	0.20	22.21	22.01	0.20	22.21	21.99	0.22	22.21	22.13	0.08	22.18	22.10	0.08
17.80	25.02	25.02	0.22	25.03	24.80	0.23	25.02	24.77	0.25	25.02	24.93	0.09	24.98	24.89	0.09
21.24	28.34	28.34	0.31	28.34	28.03	0.31	28.32	27.98	0.34	28.30	28.20	0.10	28.24	28.13	0.11
Diameter 0.045m															
2.86	7.08	7.00	0.08	7.07	6.99	0.08	7.07	6.98	0.09	7.04	7.04	0.00	7.04	7.04	0.00
4.70	10.08	9.96	0.12	10.08	9.96	0.12	10.08	9.94	0.14	10.04	10.02	0.02	10.03	10.01	0.02
6.92	13.15	12.98	0.17	13.14	12.97	0.17	13.14	12.93	0.21	13.08	13.06	0.02	13.07	13.03	0.04
9.40	16.24	16.04	0.20	16.24	16.04	0.20	16.23	15.99	0.24	16.17	16.12	0.05	16.14	16.09	0.05
11.90	19.18	18.94	0.24	19.17	18.93	0.24	19.16	18.87	0.29	19.09	19.03	0.06	19.06	18.98	0.08
14.99	22.29	22.02	0.27	22.29	22.02	0.27	22.29	21.95	0.34	22.21	22.12	0.09	22.17	22.08	0.09
17.80	25.15	24.80	0.35	25.15	24.79	0.36	25.14	24.75	0.39	25.05	24.96	0.09	24.98	24.90	0.08
21.24	28.43	28.04	0.39	28.42	28.03	0.39	28.42	27.93	0.49	28.31	28.20	0.11	28.36	28.15	0.11

\*Golden  
\*Golden

Q h/s	plaats a			plaats b			plaats c			plaats d			plaats e		
	h <sub>2.20 cm</sub>	h <sub>0.25 cm</sub>	Δ cm	h <sub>2.20 cm</sub>	h <sub>0.25 cm</sub>	Δ cm	h <sub>2.20 cm</sub>	h <sub>0.25 cm</sub>	Δ cm	h <sub>2.20 cm</sub>	h <sub>0.25 cm</sub>	Δ cm	h <sub>2.20 cm</sub>	h <sub>0.25 cm</sub>	Δ cm
	diameter		0,0675 m												
2.85	7.20	6.99	0.21	7.20	6.98	0.22	7.17	6.96	0.21	7.13	7.09	0.04	7.13	7.10	0.03
4.70	10.17	9.96	0.21	10.16	9.95	0.21	10.16	9.91	0.25	10.08	10.09	-0.01	10.08	10.08	0.00
6.91	13.27	12.98	0.29	13.26	12.97	0.29	13.24	12.90	0.34	13.15	13.12	0.03	13.10	13.06	0.04
9.40	16.42	16.04	0.38	16.40	16.01	0.39	16.40	15.90	0.50	16.21	16.18	0.03	16.14	16.00	0.04
11.91	19.36	18.94	0.42	19.36	18.91	0.45	19.33	18.80	0.53	19.16	19.10	0.06	19.05	19.00	0.05
14.99	22.51	22.02	0.49	22.49	21.98	0.51	22.49	21.88	0.61	22.26	22.21	0.05	22.19	22.14	0.05
17.80	25.34	24.78	0.56	25.34	24.77	0.57	25.34	24.65	0.69	25.13	25.04	0.09	25.03	24.95	0.08
21.24	28.71	28.00	0.71	28.69	27.98	0.71	28.66	27.80	0.86	28.40	28.29	0.11	28.29	28.18	0.11
	diameter 0,09 m														
2.85	7.35	6.99	0.36	7.35	6.97	0.38	7.30	6.91	0.39	7.28	7.24	0.04	7.18	7.13	0.05
4.70	10.35	9.96	0.39	10.35	9.95	0.40	10.33	9.90	0.43	10.19	10.20	-0.01	10.14	10.14	0.00
6.91	13.51	12.98	0.53	13.49	12.96	0.53	13.46	12.87	0.59	13.26	13.24	0.02	13.20	13.17	0.03
9.40	16.67	16.03	0.64	16.67	16.00	0.67	16.67	15.95	0.72	16.36	16.34	0.02	16.27	16.25	0.02
11.91	19.69	18.93	0.76	19.69	18.90	0.79	19.64	18.84	0.80	19.30	19.25	0.05	19.16	19.10	0.06
14.99	22.86	22.00	0.86	22.84	21.95	0.89									
17.80	25.75	24.75	1.00	25.74	24.72	1.03	25.72	24.54	1.18	25.23	25.14	0.09	25.10	25.01	0.09
21.24	29.14	27.99	1.15	29.11	27.92	1.19	29.04	27.61	1.43	28.54	28.44	0.11	28.37	28.26	0.11

pompen  
gestopt.

Tabel V

De afwijking van Q in procenten als voor de stuw-hoogte meting h<sub>2.20</sub> genomen wordt bij aanwezigheid van de Cylinder i p u h<sub>2.20</sub> zonder.

h <sub>2.20</sub> zonder cm	d = 0,02 ‰ m	d = 0,03 ‰ m	d = 0,045 ‰ m	d = 0,0675 ‰ m	d = 0,09 ‰ m
plaats a	0.4				
7.01	0.3	0.9	1.4	3.8	6.9
9.98	0.3	0.8	1.4	2.9	5.2
13.00	0.4	1.0	1.6	3.0	5.8
16.07	0.6	0.8	1.4	3.2	5.6
18.98	0.6	1.0	1.4	2.8	5.6
22.07	0.8	1.0	1.6	3.4	6.3
24.89	0.5	0.6	1.2	2.1	4.2
28.14		1.1	1.6	3.2	5.6
Gemiddeld	<u>0.425</u>	<u>0.90</u>	<u>1.45</u>	<u>3.05</u>	<u>5.65</u>
Op plaats b zelfde percentages als op plaats a					
plaats c					
7.01	0.4	0.9	1.4	3.4	5.9
9.98	0.3	0.8	1.4	2.6	5.0
13.00	0.3	1.0	1.6	2.7	5.2
16.07	0.4	0.8	1.4	3.0	5.6
18.98	0.6	1.0	1.4	2.6	5.3
22.07	0.6	1.0	1.6	3.3	—
24.89	0.3	0.6	1.2	2.1	—
28.14	0.5	1.1	1.6	3.0	5.2
Gemiddeld	<u>0.425</u>	<u>0.90</u>	<u>1.45</u>	<u>2.84</u>	<u>5.25</u>
plaats d					
7.01	0.4	0.9	0.8	2.6	5.5
9.98	0.3	—	0.9	1.5	3.0
13.00	0.4	0.9	0.9	1.7	3.0
16.07	0.4	0.6	0.8	1.2	3.1
18.98	0.6	0.8	0.8	1.3	2.2
22.07	0.4	1.0	1.0	1.4	—
24.89	0.3	0.6	0.6	1.0	1.5
28.14	0.5	0.9	1.0	1.4	2.3
Gemiddeld	<u>0.41</u>	<u>0.81</u>	<u>0.85</u>	<u>1.51</u>	<u>2.95</u>
plaats e					
7.01	0.4	0.9	0.8	2.6	3.6
9.98	0.3	0.6	0.8	1.5	2.6
13.00	0.4	0.8	0.8	1.1	2.3
16.07	0.4	0.6	0.6	0.6	1.7
18.98	0.6	0.6	0.6	0.5	1.3
22.07	0.4	0.8	0.7	0.8	—
24.89	0.3	0.4	0.4	0.6	0.9
28.14	0.4	0.6	1.0	0.8	1.3
Gemiddeld	<u>0.4</u>	<u>0.66</u>	<u>0.71</u>	<u>1.06</u>	<u>1.96</u>

Tabel VII. De afwijking van  $Q$  in procenten als de stuwhoogte meting  $h_{0.25}$  genomen wordt bij aanwezigheid van een cylinder i.p.v.  $h_{0.25}$  zonder cylinder

$h_{0.25}$ Ongevoerd (cm)	$d=0.02m$ %	$d=0.03m$ %	$d=0.045m$ %	$d=0.0675m$ %	$d=0.09m$ %
<u>plaats a</u>					
7.00	0	0	0	-0.1	-0.1
9.96	-0.2	-0.1	0	0	0
12.98	0	0	0	0	0
16.01	-0.2	0	+0.05	+0.05	0
18.93	0	+0.1	+0.05	+0.05	0
22.01	0	0	+0.05	+0.05	-0.05
24.80	0	0	0	-0.1	-0.2
28.03	0	0	+0.05	-0.2	-0.25
Gemiddeld	<u>-0.025</u>	<u>0</u>	<u>+0.025</u>	<u>-0.031</u>	<u>-0.075</u>
<u>plaats b</u>					
7.00	0	-0.1	-0.1	-0.3	-0.5
9.96	-0.2	0	0	-0.1	-0.1
12.98	0	-0.15	-0.15	-0.15	-0.3
16.01	-0.1	0	+0.05	-0.2	-0.3
18.93	+0.05	+0.1	0	-0.15	-0.2
22.01	0	0	+0.05	-0.25	-0.4
24.80	0	0	-0.05	-0.15	-0.3
28.03	0	0	0	-0.3	-0.6
Gemiddeld	<u>-0.031</u>	<u>-0.018</u>	<u>-0.025</u>	<u>-0.2</u>	<u>-0.337</u>
<u>plaats c</u>					
7.00	0	-0.1	-0.3	-0.9	-1.9
9.96	-0.1	-0.1	-0.2	-0.6	-0.8
12.98	-0.15	-0.15	-0.6	-0.95	-1.3
16.01	0	-0.1	-0.5	-1.1	-0.7
18.93	0	-0.1	-0.5	-1.0	-0.7
22.01	-0.1	-0.2	-0.4	-0.9	-
24.80	-0.1	-0.15	-0.2	-0.5	-0.8
28.03	-0.1	-0.3	-0.55	-1.2	-2.15
Gemiddeld	<u>-0.0687</u>	<u>-0.157</u>	<u>-0.41</u>	<u>-0.894</u>	<u>-1.193</u>
<u>plaats d</u>					
7.00	0	-	0.6	1.6	+4.6
9.96	0.3	-	0.9	1.9	3.4
12.98	0.3	0.5	0.9	1.6	3.0
16.01	0.3	0.6	0.7	1.3	2.8
18.93	0.55	0.7	0.7	1.2	2.4
22.01	0.5	0.8	0.7	1.6	-
24.80	0.35	0.5	0.65	1.05	1.55
28.03	0.5	0.9	0.9	1.45	2.3
Gemiddeld	<u>+0.35</u>	<u>+0.667</u>	<u>+0.756</u>	<u>+1.462</u>	<u>+2.684</u>
<u>plaats e</u>					
7.00	0	0.4	0.6	1.8	2.4
9.96	0.5	0.6	0.8	1.7	2.6
12.98	0.4	0.5	0.5	0.9	2.2
16.01	0.4	0.6	0.5	0.6	1.9
18.93	0.55	0.45	0.3	0.45	1.2
22.01	0.45	0.6	0.45	0.9	-
24.80	0.3	0.35	0.4	0.6	0.9
28.03	0.5	0.6	0.7	0.8	1.3
Gemiddeld	<u>+0.3875</u>	<u>+0.512</u>	<u>+0.53</u>	<u>+0.969</u>	<u>+1.77</u>

diameter=0.0385

aantal metingen=15

midden

$Q$	$h_1$	$h_2$	$\Delta$	$v_1$	$v_2$	$Fr$	$\frac{v_1^2}{gh_1}$	$d_{11}$	$C_d$	$\frac{\Delta - \Delta'}{h_1}$
0.00500	0.1014	0.1002	—	0.145	0.147	0.146	—	0.0012	11.245x	
0.00580	0.1407	0.1400	0.0001	0.097	0.097	0.080	0.0064	0.0001	2.150	0.00039
0.01372	0.1308	0.1300	0.0008	0.262	0.264	0.231	0.053	0.0008	2.237	0.00391
0.01365	0.1820	0.1816	0.0004	0.187	0.189	0.140	0.020	0.0004	2.271	0.00140
0.01340	0.2253	0.2252	0.0001	0.150	0.150	0.101	0.010	0.0001	0.000	0.00014
0.03243	0.3230	0.3275	0.0005	0.248	0.248	0.130	0.019	0.0005	1.630	0.00092
0.03270	0.2760	0.2740	0.0011	0.206	0.207	0.180	0.032	0.0011	2.468	0.00314
0.03202	0.2305	0.2297	0.0008	0.357	0.360	0.237	0.056	0.0017	2.704	0.00611
0.04491	0.2050	0.2013	0.0037	0.548	0.550	0.386	0.149	0.0031	2.110	0.00365
0.04461	0.2566	0.2540	0.0026	0.435	0.430	0.274	0.075	0.0024	2.570	0.00013
0.04461	0.2058	0.2055	0.0003	0.377	0.377	0.221	0.049	0.0003	0.400	0.00091
0.05814	0.3267	0.3250	0.0017	0.445	0.447	0.240	0.062	0.0016	1.630	0.00370
0.05875	0.2585	0.2538	0.0047	0.560	0.570	0.357	0.077	0.0041	2.557	0.01488
0.05836	0.2060	0.2035	0.0025	0.403	0.407	0.280	0.084	0.0023	1.012	0.00645
0.07013	0.2067	0.2046	0.0019	0.501	0.505	0.346	0.120	0.0017	0.072	0.00360

diameter=0.0600

aantal metingen=17

midden

$Q$	$h_1$	$h_2$	$\Delta$	$v_1$	$v_2$	$Fr$	$\frac{v_1^2}{gh_1}$	$d_{11}$	$C_d$	$\frac{\Delta - \Delta'}{h_1}$
0.01318	0.2023	0.2020	0.0003	0.113	0.113	0.067	0.0045	0.0003	3.073	0.00092
0.01330	0.2259	0.2255	0.0004	0.147	0.147	0.029	0.0098	0.0004	2.300	0.00147
0.01353	0.1571	0.1565	0.0006	0.215	0.216	0.173	0.0299	0.0006	1.630	0.00257
0.01362	0.1040	0.1018	0.0031	0.325	0.334	0.320	0.1024	0.0028	3.380	0.02455
0.02171	0.2000	0.2000	0.0000	0.181	0.182	0.106	0.0112	0.0000	3.549	0.00270
0.02194	0.2292	0.2283	0.0009	0.230	0.240	0.160	0.0256	0.0000	1.909	0.00312
0.02213	0.1714	0.1700	0.0014	0.323	0.325	0.240	0.0620	0.0013	1.641	0.00587
0.02223	0.1058	0.0976	0.0082	0.526	0.571	0.517	0.2673	0.0057	2.600	0.06450
0.03248	0.2070	0.2067	0.0003	0.273	0.274	0.150	0.0252	0.0012	2.055	0.00371
0.03278	0.2364	0.2345	0.0019	0.347	0.340	0.228	0.0520	0.0018	1.052	0.00644
0.03314	0.1598	0.1550	0.0049	0.518	0.531	0.414	0.1714	0.0032	1.541	0.01820
0.03327	0.1274	0.1136	0.0138	0.653	0.732	0.584	0.3411	0.0082	2.387	0.09332
0.04401	0.2060	0.2037	0.0023	0.370	0.380	0.223	0.0497	0.0022	1.070	0.00657
0.04521	0.2402	0.2374	0.0028	0.471	0.476	0.307	0.0942	0.0025	1.488	0.00916
0.04551	0.1550	0.1375	0.0174	0.730	0.827	0.500	0.3481	0.0107	2.460	0.0402
0.05070	0.2100	0.2105	0.0004	0.670	0.700	0.462	0.2134	0.0073	2.017	0.03705
0.05031	0.2040	0.2003	0.0037	0.503	0.511	0.206	0.0876	0.0042	2.151	0.01248

diameter=0.0600 aantal metingen=10 *Sheet 2-6-22*

Q	h1	h2	$\Delta$	v1	v2	Fr	$\frac{v_1^2}{g h_1}$	dH	Cd	$\frac{\Delta - \Delta^1}{h_1}$
0.03256	0.3009	0.2077	0.0032	0.271	0.273	0.157	0.0246	0.0031	5.547	0.00998
0.03287	0.2276	0.2257	0.0019	0.361	0.364	0.242	0.0586	0.0018	1.787	0.00659
0.03305	0.1556	0.1500	0.0056	0.531	0.551	0.430	0.1049	0.0045	2.054	0.02929
0.03327	0.1270	0.1142	0.0128	0.655	0.720	0.587	0.3446	0.0076	2.213	0.08579
0.04581	0.1742	0.1590	0.0152	0.657	0.720	0.503	0.2530	0.0108	3.125	0.07425
0.04556	0.2428	0.2347	0.0081	0.460	0.485	0.304	0.0924	0.0073	4.275	0.05086
0.04406	0.2997	0.2955	0.0042	0.375	0.380	0.219	0.0480	0.0040	3.600	0.01281
0.05759	0.2995	0.2947	0.0048	0.481	0.489	0.280	0.0784	0.0044	2.478	0.01413
0.05825	0.2506	0.2450	0.0056	0.581	0.594	0.371	0.1376	0.0048	1.841	0.01880
0.05831	0.1891	0.1597	0.0294	0.771	0.913	0.560	0.3204	0.0172	3.515	0.14047

diameter=0.0600 aantal metingen=10 *Sheet 7-6-22*

Q	h1	h2	$\Delta$	v1	v2	Fr	$\frac{v_1^2}{g h_1}$	dH	Cd	$\frac{\Delta - \Delta^1}{h_1}$
0.03256	0.2962	0.2924	0.0038	0.275	0.278	0.161	0.0259	0.0037	6.367	0.01213
0.03278	0.2396	0.2375	0.0021	0.342	0.345	0.223	0.0497	0.0020	2.220	0.00726
0.03318	0.1724	0.1755	0.0039	0.465	0.473	0.351	0.1232	0.0025	1.520	0.01206
0.03323	0.1272	0.1133	0.0139	0.653	0.733	0.585	0.3422	0.0082	2.395	0.09427
0.04541	0.1536	0.1323	0.0213	0.739	0.958	0.602	0.3624	0.0116	2.601	0.12567
0.04516	0.2188	0.2127	0.0061	0.516	0.531	0.352	0.1239	0.0053	2.573	0.02438
0.04446	0.3041	0.3000	0.0041	0.366	0.371	0.212	0.0449	0.0030	3.806	0.01238
0.05875	0.3004	0.2965	0.0039	0.489	0.495	0.285	0.0812	0.0036	1.945	0.01032
0.05903	0.2384	0.2314	0.0070	0.619	0.638	0.405	0.1640	0.0058	1.951	0.02496
0.05892	0.1990	0.1850	0.0140	0.740	0.796	0.530	0.2809	0.0096	2.215	0.06255



diameter=0.0900 aantal metingen=18 midden

Q	h1	h2	A	v1	v2	Fr	$\frac{v^2}{gh_1}$	dH	Cd	
0.00612	0.1026	0.1010	0.0007	0.151	0.152	0.150	0.0225	0.0007	2.622	0.00560
0.00613	0.1586	0.1524	0.0002	0.097	0.097	0.077	0.0089	0.0002	1.856	0.00096
0.00611	0.1989	0.1928	0.0001	0.077	0.077	0.055	0.0030	0.0001	1.474	0.00040
0.01346	0.0706	0.0660	0.0136	0.423	0.510	0.470	0.2205	0.0005	4.232	0.03880
0.01337	0.1037	0.1000	0.0037	0.322	0.334	0.320	0.1024	0.0033	2.722	0.00504
0.01324	0.1552	0.1541	0.0011	0.213	0.215	0.173	0.0299	0.0011	2.038	0.00298
0.01315	0.2039	0.2032	0.0007	0.161	0.162	0.114	0.0130	0.0007	2.314	0.00138
0.01305	0.2563	0.2559	0.0004	0.127	0.127	0.080	0.0064	0.0004	2.138	0.00269
0.02152	0.3000	0.3000	0.0009	0.170	0.170	0.104	0.0108	0.0009	2.425	0.00269
0.02164	0.2493	0.2480	0.0013	0.217	0.218	0.139	0.0193	0.0013	2.355	0.00471
0.02186	0.2017	0.1985	0.0032	0.271	0.275	0.193	0.0372	0.0031	3.628	0.01461
0.02193	0.1589	0.1547	0.0042	0.346	0.355	0.277	0.0767	0.0039	2.781	0.02343
0.02213	0.1075	0.0880	0.026	0.515	0.620	0.501	0.2510	0.0120	3.862	
0.03287	0.1345	0.1102	0.0243	0.611	0.746	0.532	0.2830	0.0150	3.205	0.06067
0.03283	0.1556	0.1420	0.0136	0.527	0.578	0.427	0.1823	0.0108	3.226	0.08070
0.03265	0.2079	0.2025	0.0054	0.393	0.403	0.275	0.0756	0.0050	2.770	0.02347
0.03243	0.2517	0.2477	0.0040	0.322	0.327	0.205	0.0420	0.0038	3.102	0.01469
0.03221	0.3039	0.3000	0.0039	0.265	0.268	0.153	0.0234	0.0038	4.608	0.01223

diameter=0.0900 aantal metingen=19 vervolg midden

Q	h1	h2	A	v1	v2	Fr	$\frac{v^2}{gh_1}$	dH	Cd	$\frac{\Delta - \Delta'}{h_1}$
0.04496	0.1620	0.1345	0.0285	0.694	0.836	0.550	0.3025	0.0164	2.742	0.15875
0.04481	0.2000	0.1889	0.0111	0.560	0.593	0.400	0.1600	0.0092	2.478	0.05080
0.04466	0.2616	0.2555	0.0061	0.427	0.437	0.266	0.0708	0.0057	2.674	0.02131
0.04417	0.3071	0.3025	0.0046	0.360	0.365	0.207	0.0428	0.0044	2.945	0.01392
0.05814	0.1004	0.1555	0.0249	0.763	0.935	0.559	0.3125	0.0201	2.740	0.07430
0.05803	0.2074	0.1875	0.0199	0.699	0.774	0.499	0.2401	0.0143	2.434	0.08935
0.05765	0.2589	0.2485	0.0104	0.557	0.580	0.349	0.1218	0.0091	2.496	0.03696
0.05721	0.3027	0.2955	0.0072	0.472	0.484	0.274	0.0751	0.0066	2.563	0.02199
0.07084	0.2507	0.2415	0.0092	0.685	0.733	0.430	0.1849	0.0137	2.462	0.06199
0.07054	0.3004	0.2905	0.0099	0.570	0.589	0.327	0.1069	0.0088	2.322	0.02950

diameter=0.0900 aantal metingen=16 *Sluis 10,5 - 9 - 20,5*

Q	h1	h2	$\Delta$	v1	v2	Fr	$\frac{v_1^2}{g h_1}$	dH	Cd	$\frac{\Delta - \Delta'}{h_1}$
0.01365	0.0064	0.0015	0.0049	0.354	0.373	0.364		0.0042	2.040	
0.01359	0.1694	0.1683	0.0011	0.201	0.202	0.156	0.0243	0.0011	2.310	0.00549
0.01330	0.2439	0.2418	0.0021	0.136	0.138	0.088		0.0021	0.736	
0.02240	0.1021	0.0885	0.0136	0.518	0.633	0.503		0.0120	3.824	
0.02205	0.1981	0.1946	0.0035	0.278	0.283	0.200	0.0400	0.0034	3.748	0.01631
0.02175	0.2980	0.2947	0.0033	0.182	0.185	0.1070	0.0144	0.0033	2.407	0.01077
0.03212	0.2854	0.2830	0.0024	0.281	0.284	0.168	0.0282	0.0023	2.558	0.007660
0.03256	0.1923	0.1816	0.0112	0.422	0.448	0.307	0.0942	0.0100	4.773	0.008524
0.03283	0.1344	0.1110	0.0234	0.611	0.730	0.532	0.2830	0.0145	3.122	0.16261
0.04541	0.1632	0.1350	0.0282	0.606	0.841	0.550	0.3025	0.0168	2.787	0.16229
0.04506	0.2564	0.2505	0.0061	0.430	0.450	0.277	0.0764	0.0054	2.426	0.02169
0.04461	0.3042	0.2900	0.0052	0.367	0.373	0.212	0.0449	0.0050	3.191	0.01599
0.05792	0.2987	0.2923	0.0064	0.485	0.495	0.2830	0.0801	0.0050	2.155	0.01952
0.05803	0.2226	0.2077	0.0149	0.652	0.699	0.4410	0.1945	0.0117	2.310	0.06443
0.05809	0.1964	0.1700	0.0264	0.730	0.854	0.533	0.284	0.0171	2.548	0.12642
0.07030	0.2380	0.2163	0.0217	0.738	0.813	0.483	0.2333	0.0158	2.421	0.08517

diameter=0.0900 aantal metingen=15 *Sluis 5,5 - 9 - 25,5*

Q	h1	h2	$\Delta$	v1	v2	Fr	$\frac{v_1^2}{g h_1}$	dH	Cd	$\frac{\Delta - \Delta'}{h_1}$
0.01359	0.1006	0.0954		0.338	0.356	0.340	0.0456	0.0045	3.389	-
0.01340	0.1711	0.1688	0.0023	0.196	0.198	0.151	0.0228	0.0022	5.077	0.01254
0.01337	0.2461	0.2437		0.136	0.137	0.087	0.0119	0.0024	11.205	-
0.02205	0.2957	0.2937	0.0020	0.186	0.188	0.109	0.0119	0.0020	4.042	0.00646
0.02209	0.2000	0.1980	0.0020	0.276	0.279	0.197	0.0388	0.0019	2.187	0.00870
0.02270	0.1093	0.0905		0.510	0.627	0.501		0.0125	3.713	-
0.03261	0.1344	0.1105	0.0239	0.607	0.738	0.528	0.2738	0.0140	3.230	0.0663
0.03252	0.1923	0.1863	0.0060	0.423	0.436	0.308	0.0949	0.0054	2.506	0.02820
0.03217	0.2773	0.2728	0.0045	0.290	0.295	0.176	0.0310	0.0044	4.481	0.01530
0.04422	0.3039	0.2988	0.0051	0.364	0.370	0.211	0.0445	0.0040	3.181	0.01568
0.04461	0.2556	0.2495	0.0061	0.436	0.447	0.276	0.0761	0.0056	2.544	0.021366
0.04511	0.1643	0.1385	0.0263	0.684	0.814	0.538	0.2894	0.0154	2.820	0.14908
0.05836	0.1916	0.1595	0.0321	0.761	0.915	0.555	0.3080	0.0100	2.635	0.15904
0.05809	0.2207	0.2030	0.0177	0.658	0.715	0.447	0.1998	0.0137	2.647	0.07489
0.05765	0.2943	0.2855	0.0088	0.490	0.505	0.283	0.0829	0.0080	2.878	0.02790

diameter=0.0000

aantal metingen=13

Cylinder tegen wand aan

Q	h1	h2	$\Delta$	v1	v2	Fr	$\frac{v^2}{gh_1}$	d11	Cd	$\frac{\Delta - \Delta'}{h_1}$
0.01356	0.1640	0.1617	0.0023	0.207	0.210	0.163	0.0266	0.0022	4.535	0.01297
0.01360	0.1060	0.1025	0.0035	0.323	0.334	0.317	0.1005	0.0031	2.576	0.02051
0.02267	0.1104	0.0897	0.0217	0.513	0.630	0.403	0.2430	0.0143	4.301	0.10556
0.02228	0.2024	0.2034	0.0010	0.257	0.274	0.187	0.0350	0.0048	5.813	0.02279
0.02194	0.2911	0.2890	0.0021	0.188	0.190	0.111	0.0123	0.0021	5.076	0.00691
0.03190	0.2785	0.2765	0.0020	0.287	0.289	0.174	0.0303	0.0010	2.043	0.00683
0.03289	0.1910	0.1860	0.0050	0.430	0.442	0.314	0.0986	0.0045	2.083	0.02308
0.03261	0.1371	0.1110	0.0261	0.505	0.734	0.513	0.2632	0.0166	3.735	0.17937
0.04496	0.2970	0.2940	0.0030	0.377	0.382	0.221	0.0488	0.0037	2.256	0.01109
0.04566	0.2164	0.2085	0.0079	0.527	0.547	0.362	0.1310	0.0068	2.004	0.02261
0.04601	0.1676	0.1367	0.0309	0.686	0.841	0.535	0.2662	0.0188	3.185	0.17307
0.05892	0.3024	0.2957	0.0067	0.487	0.496	0.283	0.0901	0.0052	1.905	0.01695
0.05970	0.2141	0.1970	0.0171	0.697	0.752	0.481	0.2314	0.0126	2.175	0.07416

diameter=0.1350

aantal metingen=23

Middelen

Q	h1	h2	$\Delta$	v1	v2	Fr	$\frac{v^2}{gh_1}$	d11	Cd	$\frac{\Delta - \Delta'}{h_1}$
0.00638	0.0902	0.0977	0.0075	0.161	0.163	0.163	0.0266	0.0015	3.257	0.01372
0.00630	0.1551	0.1546	0.0005	0.102	0.102	0.082	0.0067	0.0005	2.706	0.00287
0.00623	0.2021	0.2012	0.0009	0.077	0.077	0.055	0.0030	0.0002	1.951	0.00089
0.00616	0.2654	0.2653	0.0001	0.058	0.058	0.038	0.0013	0.0001	1.724	0.00032
0.01318	0.1511	0.1485	0.0026	0.218	0.222	0.179	0.0320	0.0025	3.048	0.01591
0.01305	0.2132	0.2122	0.0010	0.153	0.154	0.106	0.0112	0.0010	2.449	0.00429
0.01299	0.2577	0.2570	0.0007	0.126	0.126	0.079	0.0062	0.0007	2.543	0.00251
0.02240	0.1336	0.1199	0.0137	0.410	0.467	0.366	0.1340	0.0115	3.694	0.04654
0.02228	0.1737	0.1680	0.0057	0.321	0.332	0.246	0.0605	0.0053	2.960	0.02052
0.01293	0.3044	0.3035	0.0009	0.106	0.107	0.061	0.0037	0.0002	4.616	0.00206
0.02213	0.2186	0.2159	0.0027	0.253	0.256	0.173	0.0289	0.0026	2.362	0.01593
0.02202	0.2584	0.2564	0.0020	0.213	0.215	0.134	0.0180	0.0020	2.506	0.00724
0.02186	0.3039	0.3025	0.0014	0.130	0.181	0.104	0.0108	0.0014	2.484	0.00020
0.03461	0.2052	0.1950	0.0102	0.422	0.444	0.297	0.0882	0.0092	2.943	0.04691
0.03439	0.2542	0.2466	0.0076	0.332	0.340	0.214	0.0458	0.0072	3.623	0.02805
0.03421	0.3120	0.3063	0.0057	0.274	0.279	0.157	0.0246	0.0056	4.260	0.01762
0.04456	0.2916	0.1768	0.1148	0.553	0.630	0.393	0.1544	0.0201	3.601	0.11052
0.04431	0.2526	0.2417	0.0109	0.439	0.458	0.270	0.0778	0.0100	2.957	0.04105
0.04441	0.3013	0.2940	0.0073	0.368	0.378	0.214	0.0458	0.0070	2.941	0.02313
0.05842	0.2519	0.2315	0.0204	0.580	0.631	0.360	0.1362	0.0172	2.863	0.07748
0.05803	0.3041	0.2918	0.0123	0.477	0.497	0.276	0.0762	0.0113	2.920	0.03854
0.07070	0.3024	0.2825	0.0199	0.586	0.627	0.340	0.1156	0.0173	2.840	0.06510
0.07114	0.2464	0.1980	0.0484	0.722	0.808	0.464	0.2153	0.0338	3.423	0.19113

Q	h1	h2	v1	v2	Fr
0.00594	0.3057	0.3056	0.049	0.049	0.028
0.00599	0.2484	0.2483	0.060	0.060	0.039
0.00604	0.2046	0.2045	0.074	0.074	0.052
0.00606	0.1546	0.1542	0.098	0.098	0.080
0.01237	0.3026	0.3022	0.106	0.106	0.062
0.01299	0.2489	0.2481	0.130	0.131	0.083
0.01308	0.1977	0.1960	0.165	0.167	0.119
0.01321	0.1518	0.1471	0.218	0.225	0.178
0.02183	0.3013	0.2985	0.181	0.183	0.105
0.02202	0.2525	0.2497	0.218	0.220	0.139
0.02217	0.1966	0.1908	0.282	0.290	0.203
0.02224	0.1520	0.1332	0.366	0.417	0.300
0.03250	0.3012	0.2957	0.268	0.273	0.156
0.03265	0.2541	0.2459	0.321	0.331	0.203
0.03283	0.2031	0.1855	0.404	0.442	0.286
0.04531	0.3008	0.2901	0.377	0.390	0.219
0.04571	0.2513	0.2310	0.455	0.495	0.290
0.04581	0.2150	0.1530	0.533	0.749	0.367
0.05748	0.3050	0.2830	0.471	0.508	0.272
0.05781	0.2544	0.2070	0.568	0.698	0.360

diameter=0.1800    aantal metingen=16

Qd	h1	dh	v1	Fr	dH	$\frac{dh}{h1} = \frac{\Delta d}{h1}$	$\frac{dH}{h1}$	h1/d	Cd
0.00594	0.30570	0.00009	0.049	0.028	0.00009	0.00029	0.00029	1.70	1.662
0.01287	0.30260	0.00036	0.106	0.062	0.00036	0.00119	0.00119	1.68	1.382
0.02184	0.30130	0.00270	0.181	0.105	0.00267	0.00896	0.00886	1.67	3.529
0.03230	0.30120	0.00531	0.268	0.156	0.00519	0.01763	0.01719	1.67	3.114
0.04531	0.30080	0.01033	0.377	0.219	0.00981	0.03434	0.03260	1.67	2.964
0.05800	0.30500	0.02145	0.475	0.275	0.01964	0.07033	0.06440	1.69	3.657
0.00599	0.24840	0.00009	0.060	0.039	0.00009	0.00036	0.00036	1.38	1.078
0.01299	0.24890	0.00074	0.130	0.083	0.00073	0.00297	0.00295	1.38	1.880
0.02202	0.25250	0.00165	0.218	0.139	0.00162	0.00653	0.00641	1.40	1.480
0.03265	0.25410	0.00690	0.321	0.203	0.00660	0.02715	0.02598	1.41	2.752
0.04571	0.25130	0.01973	0.455	0.290	0.01786	0.07851	0.07106	1.40	3.619
0.05781	0.25440	0.04645	0.568	0.360	0.03828	0.18259	0.15048	1.41	4.711
0.00604	0.20460	0.00018	0.074	0.052	0.00018	0.00088	0.00088	1.14	1.437
0.01308	0.19770	0.00160	0.165	0.119	0.00158	0.00809	0.00798	1.10	2.504
0.02217	0.19660	0.00553	0.282	0.203	0.00529	0.02813	0.02692	1.09	2.863
0.03283	0.20310	0.01710	0.404	0.286	0.01550	0.08419	0.07631	1.13	3.966

theoretische benadering

Qd	h1	dh	v1	Fr	dH	$\frac{dh}{h1} = \frac{\Delta h}{h1}$	$\frac{dH}{h1}$	h1/d	Re
0.00594	0.30570	0.00006	0.049	0.028	0.00006	0.00021	0.00021	1.70	5758
0.01287	0.30260	0.00031	0.106	0.062	0.00031	0.00102	0.00101	1.68	12552
0.02184	0.30130	0.00090	0.181	0.105	0.00089	0.00299	0.00296	1.67	21356
0.03230	0.30120	0.00200	0.268	0.156	0.00195	0.00665	0.00649	1.67	31591
0.04531	0.30080	0.00408	0.377	0.219	0.00388	0.01355	0.01288	1.67	44351
0.05800	0.30500	0.00674	0.475	0.275	0.00621	0.02210	0.02037	1.69	56300
0.00599	0.24840	0.00010	0.060	0.039	0.00010	0.00041	0.00041	1.38	6548
0.01299	0.24890	0.00046	0.130	0.083	0.00046	0.00187	0.00185	1.38	14185
0.02202	0.25250	0.00132	0.218	0.139	0.00129	0.00522	0.00512	1.40	23954
0.03265	0.25410	0.00294	0.321	0.203	0.00282	0.01158	0.01109	1.41	35245
0.04571	0.25130	0.00625	0.455	0.290	0.00571	0.02487	0.02270	1.40	49650
0.05781	0.25440	0.01034	0.568	0.360	0.00892	0.04066	0.03506	1.41	62364
0.00604	0.20460	0.00016	0.074	0.052	0.00016	0.00077	0.00077	1.14	7319
0.01308	0.19770	0.00075	0.165	0.119	0.00074	0.00381	0.00376	1.10	16122
0.02217	0.19660	0.00227	0.282	0.203	0.00217	0.01154	0.01105	1.09	27402
0.03283	0.20310	0.00907	0.404	0.286	0.00907	0.03430	0.03223	1.13	39902

diameter=0.0385      aantal metingen=10

Qd	h1	dh=Δ	v1	Fr	dH	dh/h1=Δ/h1	dH/h1	h1/d	Cd
0.01299	0.29870	0.00004	0.109	0.064	0.00004	0.00013	0.00013	7.76	0.687
0.02194	0.30500	0.00029	0.180	0.104	0.00029	0.00095	0.00094	7.92	1.808
0.03199	0.30310	0.00072	0.264	0.153	0.00070	0.00238	0.00232	7.87	2.057
0.04511	0.30560	0.00148	0.369	0.213	0.00141	0.00484	0.00462	7.94	2.109
0.05754	0.30160	0.00291	0.477	0.277	0.00268	0.00965	0.00890	7.83	2.393
0.00621	0.24620	0.00004	0.063	0.041	0.00004	0.00016	0.00016	6.39	2.047
0.01305	0.25080	0.00015	0.130	0.083	0.00015	0.00060	0.00059	6.51	1.794
0.02209	0.25120	0.00049	0.220	0.140	0.00048	0.00195	0.00191	6.52	2.024
0.03248	0.25200	0.00103	0.322	0.205	0.00099	0.00409	0.00391	6.55	1.933
0.04531	0.25180	0.00329	0.450	0.286	0.00302	0.01307	0.01197	6.54	3.018

diameter=0.0385      aantal metingen=10

Qd	h1	dh=Δ-Δ'	v1	Fr	dH	dh/h1=Δ-Δ'/h1	dH/h1	h1/d	Cd
0.01289	0.29870	0.00001	0.108	0.063	0.00001	0.00003	0.00003	7.76	0.19
0.02194	0.30500	0.00020	0.180	0.104	0.00020	0.00066	0.00065	7.92	1.21
0.03199	0.30310	0.00053	0.264	0.153	0.00052	0.00175	0.00171	7.87	1.587
0.04511	0.30560	0.00113	0.369	0.213	0.00108	0.00370	0.00353	7.94	1.87
0.05754	0.30160	0.00234	0.477	0.277	0.00216	0.00776	0.00716	7.83	2.92
0.00621	0.24620	0.00003	0.063	0.041	0.00003	0.00012	0.00012	6.39	1.58
0.01305	0.25080	0.00009	0.130	0.083	0.00009	0.00036	0.00036	6.51	1.07
0.02209	0.25120	0.00034	0.220	0.140	0.00033	0.00135	0.00133	6.52	1.40
0.03248	0.25200	0.00073	0.322	0.205	0.00070	0.00290	0.00277	6.55	1.97
0.04531	0.25180	0.00273	0.450	0.286	0.00250	0.01084	0.00994	6.54	2.50

theoretische benadering

Qd	h1	dh=Δth	v1	Fr	dH	dh/h1=Δth/h1	dH/h1	h1/d	Re
0.01299	0.29870	0.00008	0.109	0.064	0.00008	0.00027	0.00027	7.76	12768
0.02194	0.30500	0.00022	0.180	0.104	0.00022	0.00072	0.00072	7.92	21297
0.03199	0.30310	0.00041	0.264	0.153	0.00040	0.00136	0.00133	7.87	31169
0.04511	0.30560	0.00083	0.369	0.213	0.00079	0.00271	0.00258	7.94	43736
0.05754	0.30160	0.00143	0.477	0.277	0.00132	0.00475	0.00438	7.83	56232
0.00621	0.24620	0.00002	0.063	0.041	0.00002	0.00010	0.00010	6.39	6822
0.01305	0.25080	0.00012	0.130	0.083	0.00012	0.00048	0.00047	6.51	14190
0.02209	0.25120	0.00029	0.220	0.140	0.00028	0.00114	0.00111	6.52	23999
0.03248	0.25200	0.00063	0.322	0.205	0.00060	0.00249	0.00239	6.55	35225
0.04531	0.25180	0.00128	0.450	0.286	0.00118	0.00509	0.00467	6.54	49161

diameter=0.0385 aantal metingen= 9 *vervolg.*

Qd	h1	dh = Δ	v1	Fr	dH	dh/h1 = $\frac{\Delta}{h_1}$	dH/h1	h1/d	Cd
0.00604	0.20030	0.00009	0.075	0.054	0.00009	0.00045	0.00045	5.20	3.219
0.01283	0.20220	0.00035	0.159	0.113	0.00035	0.00173	0.00171	5.25	2.797
0.02224	0.20300	0.00084	0.274	0.194	0.00081	0.00414	0.00398	5.27	2.192
0.03265	0.20290	0.00176	0.402	0.285	0.00162	0.00867	0.00796	5.27	2.026
0.04556	0.19620	0.00386	0.581	0.418	0.00316	0.01967	0.01613	5.10	1.895
0.00633	0.15410	0.00011	0.103	0.084	0.00011	0.00071	0.00071	4.00	2.111
0.01293	0.15300	0.00050	0.211	0.172	0.00049	0.00327	0.00317	3.97	2.212
0.02259	0.15310	0.00140	0.369	0.301	0.00127	0.00914	0.00830	3.98	1.896
0.03283	0.15300	0.00380	0.536	0.438	0.00304	0.02484	0.01989	3.97	2.130

diameter=0.0385 aantal metingen= 9

Qd	h1	dh = Δ - Δ'	v1	Fr	dH	dh/h1 = $\frac{\Delta - \Delta'}{h_1}$	dH/h1	h1/d	Cd
0.00604	0.20030	0.00007	0.075	0.054	0.00007	0.00035	0.00035	5.20	2.504
0.01283	0.20220	0.00025	0.159	0.113	0.00025	0.00124	0.00122	5.25	1.909
0.02224	0.20300	0.00059	0.274	0.194	0.00057	0.00291	0.00280	5.27	1.541
0.03265	0.20290	0.00125	0.402	0.285	0.00115	0.00616	0.00566	5.27	1.441
0.04556	0.19620	0.00282	0.581	0.418	0.00232	0.01437	0.01180	5.10	1.391
0.00633	0.15410	0.00006	0.103	0.084	0.00006	0.00039	0.00039	4.00	1.152
0.01293	0.15300	0.00031	0.211	0.172	0.00030	0.00203	0.00197	3.97	1.372
0.02259	0.15310	0.00088	0.369	0.301	0.00080	0.00575	0.00522	3.98	1.195
0.03283	0.15300	0.00275	0.536	0.438	0.00221	0.01797	0.01443	3.97	1.551

Theoretische benadering

Qd	h1	dh = $A_{th}$	v1	Fr	dH	dh/h1 = $\frac{A_{th}}{h_1}$	dH/h1	h1/d	Re
0.00604	0.20030	0.00004	0.075	0.054	0.00004	0.00018	0.00018	5.20	7396
0.01283	0.20220	0.00019	0.159	0.113	0.00019	0.00093	0.00092	5.25	15637
0.02224	0.20300	0.00045	0.274	0.194	0.00044	0.00223	0.00214	5.27	27052
0.03265	0.20290	0.00103	0.402	0.285	0.00094	0.00505	0.00464	5.27	39724
0.04556	0.19620	0.00241	0.581	0.418	0.00199	0.01226	0.01007	5.10	56369
0.00633	0.15410	0.00007	0.103	0.084	0.00007	0.00047	0.00046	4.00	8763
0.01293	0.15300	0.00027	0.211	0.172	0.00026	0.00174	0.00169	3.97	17955
0.02259	0.15310	0.00087	0.369	0.301	0.00079	0.00570	0.00518	3.98	31361
0.03283	0.15300	0.00211	0.536	0.438	0.00170	0.01379	0.01109	3.97	45500

diameter=0.0600    aantal metingen=18    midden

Qd	h1	dh=Δ	v1	Fr	dH	dh/h1=Δ/h1	dH/h1	h1/d	Cd
.00621	0.30240	0.00012	0.051	0.030	0.00012	0.00040	0.00040	5.04	5.950
.01277	0.30210	0.00021	0.106	0.061	0.00021	0.00070	0.00069	5.03	2.450
.02194	0.30250	0.00060	0.181	0.105	0.00059	0.00198	0.00196	5.04	2.359
.03226	0.30360	0.00125	0.266	0.154	0.00122	0.00412	0.00402	5.06	2.258
.04516	0.30130	0.00309	0.375	0.218	0.00294	0.01026	0.00976	5.02	2.726
.04758	0.30100	0.00578	0.395	0.230	0.00547	0.01920	0.01816	5.02	4.534
.05461	0.30110	0.00190	0.287	0.167	0.00185	0.00631	0.00613	5.02	2.916
.02352	0.30320	0.00091	0.194	0.112	0.00090	0.00300	0.00296	5.05	3.121
.01479	0.30300	0.00037	0.122	0.071	0.00037	0.00122	0.00121	5.05	3.232
.00594	0.30050	0.00006	0.049	0.029	0.00006	0.00020	0.00020	5.01	3.211
.05814	0.25360	0.00650	0.573	0.363	0.00561	0.02563	0.02211	4.23	2.205
.00605	0.20630	0.00012	0.073	0.052	0.00012	0.00058	0.00058	3.44	2.912
.01318	0.20330	0.00046	0.162	0.115	0.00045	0.00226	0.00223	3.39	2.258
.02278	0.20050	0.00110	0.284	0.203	0.00105	0.00549	0.00526	3.34	1.705
.03270	0.20160	0.00439	0.406	0.288	0.00401	0.02178	0.01990	3.36	3.158
.00662	0.15210	0.00024	0.109	0.089	0.00024	0.00158	0.00157	2.53	2.629
.01302	0.14870	0.00074	0.219	0.181	0.00072	0.00498	0.00481	2.48	1.949
.02251	0.15210	0.00310	0.370	0.303	0.00281	0.02038	0.01845	2.53	2.655

diameter=0.0600    aantal metingen=17

Qd	h1	dh=Δ-Δ'	v1	Fr	dH	dh/h1=Δ-Δ'/h1	dH/h1	h1/d	Cd
.01277	0.30210	0.00017	0.106	0.061	0.00017	0.00056	0.00056	5.03	1.983
.02194	0.30250	0.00050	0.181	0.105	0.00049	0.00165	0.00163	5.04	1.966
.03226	0.30630	0.00106	0.263	0.152	0.00104	0.00346	0.00339	5.10	1.951
.04516	0.30130	0.00273	0.375	0.218	0.00260	0.00906	0.00862	5.02	2.410
.04758	0.30100	0.00538	0.395	0.230	0.00509	0.01787	0.01690	5.02	4.224
.05461	0.30110	0.00168	0.287	0.167	0.00163	0.00558	0.00542	5.02	2.579
.02352	0.30320	0.00080	0.194	0.112	0.00079	0.00264	0.00261	5.05	2.744
.01479	0.30300	0.00032	0.122	0.071	0.00032	0.00106	0.00105	5.05	2.796
.00594	0.30050	0.00005	0.049	0.029	0.00005	0.00017	0.00017	5.01	2.676
.05814	0.25360	0.00563	0.573	0.363	0.00486	0.02220	0.01917	4.23	1.915
.00605	0.20630	0.00010	0.073	0.052	0.00010	0.00048	0.00048	3.44	2.427
.01318	0.20330	0.00036	0.162	0.115	0.00036	0.00177	0.00175	3.39	1.758
.02278	0.20050	0.00084	0.284	0.203	0.00081	0.00419	0.00402	3.34	1.303
.03270	0.20160	0.00387	0.406	0.288	0.00354	0.01920	0.01755	3.36	2.789
.00662	0.15210	0.00018	0.109	0.089	0.00018	0.00119	0.00117	2.53	1.972
.01302	0.14870	0.00053	0.219	0.181	0.00051	0.00356	0.00345	2.48	1.397
.02251	0.15210	0.00257	0.370	0.303	0.00233	0.01690	0.01531	2.53	2.206

theoretische benadering

Qd	h1	dh=Δ <sub>th</sub>	v1	Fr	dH	dh/h1=Δ <sub>th</sub> /h1	dH/h1	h1/d	Re
.00621	0.30240	0.00002	0.051	0.030	0.00002	0.00008	0.00008	5.04	6059
.01277	0.30210	0.00012	0.106	0.061	0.00012	0.00039	0.00039	5.03	12467
.02194	0.30250	0.00030	0.181	0.105	0.00030	0.00099	0.00098	5.04	21403
.03226	0.30360	0.00065	0.266	0.154	0.00064	0.00215	0.00210	5.06	31401
.04516	0.30130	0.00133	0.375	0.218	0.00127	0.00443	0.00422	5.02	44160
.04758	0.30100	0.00149	0.395	0.230	0.00141	0.00496	0.00470	5.02	46554
.05461	0.30110	0.00077	0.287	0.167	0.00075	0.00255	0.00248	5.02	33857
.02352	0.30320	0.00034	0.194	0.112	0.00034	0.00113	0.00112	5.05	22912
.01479	0.30300	0.00016	0.122	0.071	0.00016	0.00052	0.00052	5.05	14414
.00594	0.30050	0.00002	0.049	0.029	0.00002	0.00007	0.00007	5.01	5818
.05814	0.25360	0.00347	0.573	0.363	0.00300	0.01366	0.01182	4.23	62831
.00605	0.20630	0.00005	0.073	0.052	0.00005	0.00025	0.00025	3.44	7299
.01318	0.20330	0.00024	0.162	0.115	0.00024	0.00118	0.00117	3.39	16020
.02278	0.20050	0.00076	0.284	0.203	0.00073	0.00380	0.00364	3.34	27882
.03270	0.20160	0.00163	0.406	0.288	0.00149	0.00810	0.00741	3.36	39914
.00662	0.15210	0.00015	0.109	0.089	0.00013	0.00083	0.00082	2.53	9216
.01302	0.14870	0.00045	0.219	0.181	0.00043	0.00302	0.00292	2.48	18303
.02251	0.15210	0.00138	0.370	0.303	0.00125	0.00615	0.00575	2.53	13000

ameter=0.0900

aantal metingen=17 midden

4

Qd	h1	dh = Δ	v1	Fr	dH	dh/h1 = $\frac{\Delta}{h_1}$	dH/h1	h1/d	Cd
0.01399	0.30560	0.00043	0.114	0.066	0.00043	0.00141	0.00140	3.40	2.849
0.02168	0.30370	0.00110	0.178	0.103	0.00109	0.00362	0.00358	3.37	2.974
0.03234	0.30170	0.00225	0.268	0.156	0.00219	0.00746	0.00727	3.35	2.656
0.04566	0.30280	0.00425	0.377	0.219	0.00404	0.01404	0.01335	3.36	2.463
0.00856	0.25540	0.00023	0.084	0.053	0.00023	0.00090	0.00090	2.84	2.848
0.01324	0.24870	0.00048	0.133	0.085	0.00048	0.00193	0.00192	2.76	2.344
0.02209	0.25210	0.00142	0.219	0.139	0.00139	0.00563	0.00552	2.80	2.523
0.03208	0.25660	0.00218	0.313	0.197	0.00209	0.00850	0.00816	2.85	1.862
0.04521	0.25430	0.00389	0.444	0.281	0.00357	0.01530	0.01406	2.83	1.566
0.00633	0.20140	0.00012	0.079	0.056	0.00012	0.00060	0.00059	2.24	1.689
0.01308	0.20160	0.00054	0.162	0.115	0.00053	0.00268	0.00264	2.24	1.764
0.02259	0.20300	0.00171	0.278	0.197	0.00164	0.00842	0.00809	2.26	1.843
0.03292	0.20130	0.00392	0.409	0.291	0.00358	0.01947	0.01778	2.24	1.849
0.03305	0.15140	0.01040	0.546	0.448	0.00808	0.06869	0.05336	1.68	2.285
0.02446	0.15400	0.00410	0.397	0.323	0.00365	0.02662	0.02373	1.71	1.995
0.01498	0.15170	0.00149	0.247	0.202	0.00143	0.00982	0.00941	1.69	2.034
0.00725	0.15400	0.00035	0.118	0.096	0.00035	0.00227	0.00225	1.71	2.181

ameter=0.0900

aantal metingen=17

Qd	h1	dh = Δ-d'	v1	Fr	dH	dh/h1 = $\frac{\Delta-d'}{h_1}$	dH/h1	h1/d	Cd
0.01399	0.30560	0.00039	0.114	0.066	0.00039	0.00128	0.00127	3.40	2.584
0.02168	0.30370	0.00101	0.178	0.103	0.00100	0.00333	0.00329	3.37	2.732
0.03234	0.30170	0.00205	0.268	0.156	0.00200	0.00679	0.00663	3.35	2.420
0.04566	0.30280	0.00388	0.377	0.219	0.00369	0.01281	0.01219	3.36	2.251
0.00856	0.25540	0.00020	0.084	0.053	0.00020	0.00078	0.00078	2.84	2.477
0.01324	0.24870	0.00042	0.133	0.085	0.00042	0.00169	0.00168	2.76	2.051
0.02209	0.25210	0.00127	0.219	0.139	0.00125	0.00504	0.00494	2.80	2.257
0.03208	0.25660	0.00190	0.313	0.197	0.00183	0.00740	0.00711	2.85	1.624
0.04521	0.25430	0.00335	0.444	0.281	0.00308	0.01317	0.01211	2.83	1.351
0.00633	0.20140	0.00009	0.079	0.056	0.00009	0.00045	0.00045	2.24	1.267
0.01308	0.20160	0.00044	0.162	0.115	0.00043	0.00218	0.00215	2.24	1.438
0.02259	0.20300	0.00145	0.278	0.197	0.00139	0.00714	0.00686	2.26	1.564
0.03292	0.20130	0.00341	0.409	0.291	0.00311	0.01694	0.01547	2.24	1.611
0.03305	0.15140	0.00931	0.546	0.448	0.00726	0.06149	0.04793	1.68	2.060
0.02446	0.15400	0.00350	0.397	0.323	0.00312	0.02273	0.02027	1.71	1.707
0.01498	0.15170	0.00124	0.247	0.202	0.00119	0.00817	0.00784	1.69	1.694
0.00725	0.15400	0.00028	0.118	0.096	0.00028	0.00182	0.00180	1.71	1.745

theoretische benadering

Qd	h1	dh = Δ-dh	v1	Fr	dH	dh/h1 = $\frac{\Delta-d_h}{h_1}$	dH/h1	h1/d	Re
0.01399	0.30560	0.00021	0.114	0.066	0.00021	0.00068	0.00068	3.40	13564
0.02168	0.30370	0.00044	0.178	0.103	0.00043	0.00144	0.00142	3.37	21099
0.03234	0.30170	0.00100	0.268	0.156	0.00097	0.00331	0.00323	3.35	31598
0.04566	0.30280	0.00203	0.377	0.219	0.00193	0.00671	0.00638	3.36	44515
0.00856	0.25540	0.00010	0.084	0.053	0.00010	0.00038	0.00038	2.84	9214
0.01324	0.24870	0.00024	0.133	0.085	0.00024	0.00097	0.00096	2.76	14464
0.02209	0.25210	0.00066	0.219	0.139	0.00065	0.00263	0.00258	2.80	23951
0.03208	0.25660	0.00138	0.313	0.197	0.00133	0.00538	0.00517	2.85	34440
0.04521	0.25430	0.00293	0.444	0.281	0.00270	0.01154	0.01061	2.83	48782
0.00633	0.20140	0.00009	0.079	0.056	0.00009	0.00045	0.00045	2.24	7730
0.01308	0.20160	0.00036	0.162	0.115	0.00036	0.00179	0.00177	2.24	15966
0.02259	0.20300	0.00110	0.278	0.197	0.00105	0.00540	0.00518	2.26	27478
0.03292	0.20130	0.00250	0.409	0.291	0.00229	0.01244	0.01137	2.24	40212
0.03305	0.15140	0.00521	0.546	0.448	0.00411	0.03439	0.02712	1.68	46104
0.02446	0.15400	0.00243	0.397	0.323	0.00217	0.01579	0.01411	1.71	33871
0.01498	0.15170	0.00087	0.247	0.202	0.00083	0.00571	0.00547	1.69	20879
0.00725	0.15400	0.00019	0.118	0.096	0.00019	0.00123	0.00122	1.71	10030



diameter=0.0900 aantal metingen= 9 *Stand 6-9-25*

Qd	h1	dh = Δ	v1	Fr	dH	dh/h1 = $\frac{\Delta}{h_1}$	dH/h1	h1/d	cd
01356	0.15170	0.00129	0.223	0.183	0.00125	0.00850	0.00821	1.69	2.167
02278	0.15140	0.00450	0.376	0.309	0.00405	0.02072	0.02676	1.68	2.460
03314	0.20350	0.00482	0.407	0.288	0.00441	0.02369	0.02165	2.26	2.291
02026	0.20820	0.00228	0.243	0.170	0.00221	0.01095	0.01063	2.31	3.243
01362	0.20250	0.00088	0.168	0.119	0.00087	0.00435	0.00428	2.25	2.670
01356	0.25100	0.00056	0.135	0.086	0.00056	0.00223	0.00221	2.79	2.655
02228	0.25660	0.00148	0.217	0.137	0.00145	0.00577	0.00556	2.85	2.680
03234	0.25280	0.00245	0.320	0.203	0.00235	0.00969	0.00929	2.81	1.992
04586	0.25210	0.00520	0.455	0.289	0.00475	0.02063	0.01885	2.80	1.983

diameter=0.0900 aantal metingen= 9 *6-9-25*

Qd	h1	dh = Δ - Δ'	v1	Fr	dH	dh/h1 = $\frac{\Delta - \Delta'}{h_1}$	dH/h1	h1/d	cd
01356	0.15170	0.00108	0.223	0.183	0.00104	0.00712	0.00688	1.69	1.816
02278	0.15140	0.00369	0.376	0.309	0.00333	0.02437	0.02196	1.68	2.025
03314	0.20350	0.00430	0.407	0.288	0.00393	0.02113	0.01932	2.26	2.047
02026	0.20820	0.00202	0.243	0.170	0.00196	0.00970	0.00942	2.31	2.875
01362	0.20250	0.00078	0.168	0.119	0.00077	0.00385	0.00380	2.25	2.367
01356	0.25100	0.00050	0.135	0.086	0.00050	0.00199	0.00198	2.79	2.371
02228	0.25660	0.00134	0.217	0.137	0.00131	0.00522	0.00512	2.85	2.427
03234	0.25280	0.00215	0.320	0.203	0.00206	0.00850	0.00815	2.81	1.749
04586	0.25210	0.00463	0.455	0.289	0.00423	0.01837	0.01679	2.80	1.768

theoretische benadering

Qd	h1	dh = Δ <sub>th</sub>	v1	Fr	dH	dh/h1 = $\frac{\Delta_{th}}{h_1}$	dH/h1	h1/d	Re
01356	0.15170	0.00070	0.223	0.183	0.00068	0.00463	0.00448	1.69	18000
02278	0.15140	0.00216	0.376	0.309	0.00195	0.01424	0.01285	1.68	31778
03314	0.20350	0.00248	0.407	0.288	0.00227	0.01218	0.01115	2.26	40260
02026	0.20820	0.00083	0.243	0.170	0.00080	0.00398	0.00386	2.31	24330
01362	0.20250	0.00039	0.168	0.119	0.00038	0.00192	0.00189	2.25	16588
01356	0.25100	0.00025	0.135	0.086	0.00025	0.00099	0.00098	2.79	14738
02228	0.25660	0.00065	0.217	0.137	0.00064	0.00254	0.00249	2.85	23919
03234	0.25280	0.00145	0.320	0.203	0.00139	0.00574	0.00550	2.81	35011
04586	0.25210	0.00309	0.455	0.289	0.00283	0.01226	0.01121	2.80	49724

diameter=0.0900      aantal metingen= 9

*Stand Cylindier tegen wandlaan*

Qd	h1	dh = Δ	v1	Fr	dH	dh/h1 = $\frac{\Delta}{h_1}$	dH/h1	h1/d	Cd
01356	0.15170	0.00160	0.223	0.183	0.00155	0.01055	0.01019	1.69	2.685
02278	0.15140	0.00459	0.376	0.309	0.00413	0.03032	0.02729	1.68	2.509
03314	0.20350	0.00510	0.407	0.288	0.00466	0.02506	0.02290	2.26	2.421
02026	0.20820	0.00270	0.243	0.170	0.00262	0.01297	0.01259	2.31	3.836
01362	0.20250	0.00096	0.168	0.119	0.00095	0.00474	0.00467	2.25	2.912
01356	0.25100	0.00059	0.135	0.086	0.00059	0.00235	0.00233	2.79	2.797
02228	0.25660	0.00142	0.217	0.137	0.00139	0.00553	0.00543	2.85	2.572
03234	0.25280	0.00234	0.320	0.203	0.00224	0.00926	0.00887	2.81	1.903
04586	0.25210	0.00530	0.455	0.289	0.00484	0.02102	0.01921	2.80	2.021

diameter=0.0900      aantal metingen= 9

*o - g - s'*

Qd	h1	dh = Δ	v1	Fr	dH	dh/h1 = $\frac{\Delta}{h_1}$	dH/h1	h1/d	Cd
01356	0.15170	0.00139	0.223	0.183	0.00134	0.00916	0.00885	1.69	2.334
02278	0.15140	0.00405	0.376	0.309	0.00365	0.02675	0.02410	1.68	2.210
03314	0.20350	0.00458	0.407	0.288	0.00419	0.02251	0.02057	2.26	2.178
02026	0.20820	0.00250	0.243	0.170	0.00243	0.01291	0.01165	2.31	3.554
01362	0.20250	0.00086	0.168	0.119	0.00085	0.00425	0.00419	2.25	2.609
01356	0.25100	0.00053	0.135	0.086	0.00053	0.00211	0.00210	2.79	2.513
02228	0.25660	0.00128	0.217	0.137	0.00126	0.00499	0.00489	2.85	2.319
03234	0.25280	0.00204	0.320	0.203	0.00195	0.00807	0.00773	2.81	1.660
04586	0.25210	0.00473	0.455	0.289	0.00432	0.01876	0.01715	2.80	1.806

*theoretische benadering*

Qd	h1	dh = Δ	v1	Fr	dH	dh/h1 = $\frac{\Delta}{h_1}$	dH/h1	h1/d	Re
01356	0.15170	0.00070	0.223	0.183	0.00068	0.00463	0.00448	1.69	18900
02278	0.15140	0.00216	0.376	0.309	0.00195	0.01424	0.01285	1.68	31778
03314	0.20350	0.00248	0.407	0.288	0.00227	0.01218	0.01115	2.26	40260
02026	0.20820	0.00083	0.243	0.170	0.00080	0.00398	0.00396	2.31	24330
01362	0.20250	0.00039	0.168	0.119	0.00038	0.00192	0.00189	2.25	16588
01356	0.25100	0.00025	0.135	0.086	0.00025	0.00099	0.00098	2.79	14738
02228	0.25660	0.00065	0.217	0.137	0.00064	0.00254	0.00249	2.85	23919
03234	0.25280	0.00145	0.320	0.203	0.00139	0.00574	0.00550	2.81	35011
04586	0.25210	0.00309	0.455	0.289	0.00283	0.01226	0.01121	2.80	49724

diameter=0.1350    aantal metingen=10    *misdien*

Qd	h1	dh = Δ	v1	Fr	dH	dh/h1 = $\frac{\Delta}{h_1}$	dH/h1	h1/d	Cd
04551	0.30120	0.00555	0.378	0.220	0.00527	0.01843	0.01751	2.23	2.130
01318	0.30170	0.00078	0.109	0.063	0.00078	0.00259	0.00257	2.23	3.782
02217	0.29980	0.00205	0.185	0.108	0.00203	0.00684	0.00676	2.22	3.435
03221	0.30550	0.00375	0.264	0.152	0.00366	0.01227	0.01199	2.26	3.045
03252	0.25350	0.00443	0.321	0.203	0.00424	0.01748	0.01673	1.88	2.377
02309	0.25210	0.00249	0.229	0.146	0.00244	0.00988	0.00966	1.87	2.689
01397	0.25460	0.00105	0.137	0.087	0.00104	0.00412	0.00409	1.89	3.213
00704	0.24810	0.00032	0.071	0.045	0.00032	0.00129	0.00129	1.84	3.687
00714	0.20160	0.00045	0.089	0.063	0.00045	0.00223	0.00222	1.49	3.321
01334	0.20270	0.00135	0.165	0.117	0.00133	0.00666	0.00657	1.50	2.850

diameter=0.1350    aantal metingen=10

Qd	h1	dh = Δ-Δ'	v1	Fr	dH	dh/h1 = $\frac{\Delta-\Delta'}{h_1}$	dH/h1	h1/d	Cd
04551	0.30120	0.00518	0.378	0.220	0.00492	0.01720	0.01635	2.23	1.989
01318	0.30170	0.00074	0.109	0.063	0.00074	0.00245	0.00244	2.23	3.588
02217	0.29980	0.00195	0.185	0.108	0.00193	0.00650	0.00643	2.22	3.268
03221	0.30550	0.00356	0.264	0.152	0.00348	0.01165	0.01138	2.26	2.892
03252	0.25350	0.00413	0.321	0.203	0.00395	0.01629	0.01560	1.88	2.218
02309	0.25210	0.00233	0.229	0.146	0.00228	0.00924	0.00904	1.87	2.517
01397	0.25460	0.00099	0.137	0.087	0.00098	0.00389	0.00386	1.89	3.030
00704	0.24810	0.00030	0.071	0.045	0.00030	0.00121	0.00121	1.84	3.457
00714	0.20160	0.00042	0.089	0.063	0.00042	0.00208	0.00208	1.49	3.099
01334	0.20270	0.00125	0.165	0.117	0.00123	0.00617	0.00608	1.50	2.640

theoretische benadering

Qd	h1	dh = Δ <sub>th</sub>	v1	Fr	dH	dh/h1 = $\frac{\Delta_{th}}{h_1}$	dH/h1	h1/d	Re
04551	0.30120	0.00307	0.378	0.220	0.00292	0.01019	0.00969	2.23	44511
01318	0.30170	0.00028	0.109	0.063	0.00028	0.00094	0.00094	2.23	12879
02217	0.29980	0.00070	0.185	0.108	0.00069	0.00235	0.00232	2.22	21744
03221	0.30550	0.00145	0.264	0.152	0.00141	0.00474	0.00463	2.26	31235
03252	0.25350	0.00219	0.321	0.203	0.00210	0.00865	0.00829	1.88	35151
02309	0.25210	0.00109	0.229	0.146	0.00107	0.00433	0.00424	1.87	25036
01397	0.25460	0.00039	0.137	0.087	0.00038	0.00151	0.00150	1.89	15064
00704	0.24810	0.00011	0.071	0.045	0.00010	0.00042	0.00042	1.84	7701
00714	0.20160	0.00017	0.089	0.063	0.00017	0.00085	0.00085	1.49	8715
01334	0.20270	0.00056	0.165	0.117	0.00055	0.00275	0.00272	1.50	16238

Bijlage 3 b

```

1 list
10. DECLARE Q(24),h1(24),e(24);
20.   opn: GET LIST(n,d);
30.       DO i=1 TO n;
40.       GET LIST(Q(i),h1(i),e(i));
50.       END ;
60.       g=9.812;
70.       b=.4;
80.       PUT IMAGE(d,n)(uit1);
85.       PUT LIST(' ');
90.       uit1: IMAGE;
diameter=--,----- aantal metingen==
100.      ;
110.      PUT LIST(' ');
120.      PUT LIST(' Qd      h1      dh      v1      Fr      dH      dh/h1      dH/h1      h1/d      Cd');
130.      PUT LIST(' ');
140.      DO i=1 TO n;
150.      hv=h1(i);
155.      dh=e(i)*.001;
157.      ha=hv-dh;
160.      ;
170.      Qd=Q(i);
180.      v1=Qd/(b*hv);
190.      v2=Qd/(b*ha);
200.      F=v1/SQRT(g*hv);
210.      dH=dh+(v1*v1-v2*v2)/(2*g);
220.      K=(hv*hv-ha*ha)*.5*g*b;
230.      K=K+(v1*v1*hv-v2*v2*ha)*b;
240.      Cd=2*K*b*b*hv/(Qd*Qd*d);
242.      D1=dh/hv;
244.      D2=dH/hv;
246.      V=hv/d;
250.      PUT IMAGE(Qd,hv,dh,v1,F,dH,D1,D2,V,Cd)(uit);
260.      uit: IMAGE;
-----
270.      END ;
280.      PUT LIST(' ');
290.      PUT LIST(' ');
300.      PUT LIST('Theoretische benadering');
310.      PUT LIST(' ');
311.      PUT LIST(' Qd      h1      dh      v1      Fr      dH      dh/h1      dH/h1      h1/d      Re');
312.      PUT LIST(' ');
320.      DO i=1 TO n;
330.      hv=h1(i);
340.      Qd=Q(i);
350.      Re=Qd/((b+2*hv)*1.02*.000001);
360.      IF Re<10000 THEN Cd=1; ELSE Cd=1.18;
370.      v1=Qd/(b*hv);
380.      F=v1/SQRT(g*hv);
390.      G1=-.5*g*b*hv*hv;
400.      G1=G1+(.5*g*b*hv*hv-.5*Cd*v1*v1*hv*d+Qd*Qd/(hv*b))*hv;
410.      G1=G1-Qd*Qd/b;
420.      h=hv-.03;
430.      G2=-.5*g*b*h*h;
440.      G2=G2+(.5*g*b*hv*hv-.5*Cd*v1*v1*hv*d+Qd*Qd/(hv*b))*h;
450.      G2=G2-Qd*Qd/b;
460.      hier: x=(hv*G2-h*G1)/(G2-G1);
470.      Gx=-.5*g*b*x*x;
480.      Gx=Gx+(.5*g*b*hv*hv-.5*Cd*v1*v1*hv*d+Qd*Qd/(hv*b))*x;
490.      Gx=Gx-Qd*Qd/b;
500.      Gx1=-.5*g*b*(x-5*.00001)*(x-5*.00001)*(x-5*.00001);
510.      Gx1=Gx1+(.5*g*b*hv*hv-.5*Cd*v1*v1*hv*d+Qd*Qd/(hv*b))*(x-.00005);
520.      Gx1=Gx1-Qd*Qd/b;
530.      Gx2=-.5*g*b*(x+5*.00001)*(x+5*.00001)*(x+5*.00001);
540.      Gx2=Gx2+(.5*g*b*hv*hv-.5*Cd*v1*v1*hv*d+Qd*Qd/(hv*b))*(x+.00005);
550.      Gx2=Gx2-Qd*Qd/b;
560.      IF Gx2*Gx1<0 THEN GO TO daar;
570.      IF Gx<0 THEN hv=x; ELSE h=x;
580.      IF Gx<0 THEN G1=Gx; ELSE G2=Gx;
590.      GO TO hier;
600.      daar: v2=Qd/(b*x);
610.      dH=hv-x+(v1*v1-v2*v2)/(2*g);
612.      dh=hv-x;
614.      D1=dh/hv;
616.      D2=dH/hv;
618.      V=hv/d;
620.      PUT IMAGE(Qd,hv,dh,v1,F,dH,D1,D2,V,Re)(uit3);
630.      uit3: IMAGE;
-----
640.      END ;
650.      GO TO opn;

```

```

list
10.      DECLARE Q(24), h1(24), h2(24);
20.      opn:  GET LIST(n,d);
30.      DO i=1 TO n;
40.      GET LIST(Q(i),h1(i),h2(i));
50.      END ;
60.      g=0.812;
70.      b=.4;
80.      PUT IMAGE(d,n)(uit1);
90.      uit1:  IMAGE;
diameter=-.----  aantal metingen=--
100.     ;
110.     PUT LIST(' ');
120.     PUT LIST('  Q          h1          h2          v1          v2          Fr
130.     PUT LIST(' ');
140.     DO i=1 TO n;
150.     hv=h1(i);
160.     ha=h2(i);
170.     Qd=Q(i);
180.     v1=Qd/(b*hv);
190.     v2=Qd/(b*ha);
200.     F=v1/SQRT(g*hv);
210.     dH=hv-ha+(v1*v1-v2*v2)/(2*g);
220.     K=(hv*hv-ha*ha)*.5*g*b;
230.     K=K+(v1*v1*hv-v2*v2*ha)*b;
240.     Cd=2*K*b*b*hv/(Qd*Qd*d);
250.     PUT IMAGE(Qd, hv, ha, v1, v2, F, dH, Cd)(uit);
260.     uit:  IMAGE;
-----
270.     END ;

```

*programma voor de berekening in bijlage 1*

