

KW-GSK- 3216
Visser- 1965

VERSLAG DEELONTWERP VLOEISTOFMECHANIKA

MODELONDERZOEK "DIKKE KOP"

van

H. Visser en R. de Leeuw

INHOUD.

I. Inleiding	blz. 1
II. Beschrijving model en meetmethode	blz. 1
III. Energietransport	blz. 3
IV. Bepaling golfstralen	blz. 4
V. Conclusies en Opmerkingen	blz. 6

I. Inleiding.

Het is bekend dat de toepassing van een dikke kop aan een golfbreker met verticale wanden invloed heeft op de golfhoogteverdeling achter de golfbreker.

Dit onderzoek nu is verricht om een methode te vinden om deze invloed te bepalen en tevens te verklaren.

Daar de energie p.e.v. oppervlakte bepalend is voor de golfhoogte in elk punt, kunnen we, door het energietransport bij een golfbreker met dikke kop te vergelijken met dat bij een golfbreker zonder, de invloed van de dikke kop op de golfhoogteverdeling bepalen.

Aangetoond zal worden dat het energietransport langs de golfstralen is gericht en daar de golfstralen loodrecht op de golfkammen staan, moeten we de golfkammen op papier vastleggen. Twee hiervoor in aanmerking komende methoden zijn fasemeting en fotograferen. Beide methoden zijn bij dit onderzoek toegepast.

In verband met de geringe afmetingen van de bak waarin de golfbrekers gebouwd zijn, moeten we beseffen dat de wanden verstoringen van het golfbeeld kunnen veroorzaken. Dit onderzoek is echter bedoeld als een eerste verkenning naar een methode voor het vastleggen van de golfkammen en daarmee naar de werking van een dikke kop, zodat enige verstoring niet van belang is.

II. Beschrijving Model en Meetmethode. (zie fig. 1)

Teneinde een meetbare golf te krijgen is een bepaalde minimum waterdiepte noodzakelijk. Deze is in eerste instantie 16 cm. gekozen, gelijk aan de diepte in het model in het W.L. "de Veerst" (zie verslag golfonderzoek haven "Ras Lanuf"). Daar dit bij het aanwezige type golfschot (scharnierend op de bodem) nog niet genoeg is om een redelijke golf op te wekken, is de golfbreker op een verhoging van 10 cm. geplaatst zodat voor het golfschot de waterdiepte 26 cm. bedraagt.

Deze diepte heeft tot gevolg dat de kop t.o.v. de afmetingen van de bak tamelijk groot wordt. De storende invloed van de wanden die daarvan het gevolg is, was goed waarneembaar.

Om de van de golfbreker teruggekaatste golf zo weinig mogelijk van invloed te laten zijn, is de golfbreker onder een hoek van 30° met het golfschot geplaatst, ten einde te voorkomen dat de teruggekaatste golf direkt weer op het golfschot komt. Bovendien is getracht m.b.v. dempend materiaal tegen de golfbreker deze terugkaatsing zoveel mogelijk te beperken.

Om te voorkomen dat de gediffracteerde golf tegen de zijwand achter de golfbreker terugkaatst is hiertegen eveneens dempend materiaal geplaatst.

De naar achteren doorlopende golf wordt gedempt door een aan de achterkant van de bak aanwezig talud (1 : 20).

Aanvankelijk is getracht de metingen te doen met een golf van ongeveer dezelfde periode als die waarmee in het model in het W.L. "de Voorst" is gemeten. Het bleek echter dat hierbij, evenals in "de Voorst" op de kop een draaikolk ontstond, waardoor achter de dam een zeer warrig golfbeeld optrad hetgeen grote moeilijkheden opleverde voor een fasemeting. Na enig proberen bleek dat bij een aanzienlijk kortere golf dit verschijnsel niet optrad. ($T = 0,5$ sec.) Met deze golf is verder gemeten.

Een mogelijke methode om de golfkammen vast te leggen is d.m.v. fasemeting. D.w.z. door een golfhoogtemeter in een vast referentiepunt te plaatsen en een tweede zodanig te verplaatsen dat steeds punten met gelijke fase worden opgezocht. Dit is goed mogelijk wanneer beide golfhoogtemeters worden aangesloten op één dubbel Sanborn registratieapparaat. Achter de golfbreker bleken echter hogere harmonischen van de golf op te treden zodat de fase van de eerste harmonische niet te bepalen was. In gebieden waar geen hogere harmonischen optraden, was deze methode goed bruikbaar.

Een andere methode om de golfkammen vast te leggen is d.m.v. fotograferen bij strijklicht vanaf een punt loodrecht boven het wateroppervlak. Hierbij bleek echter dat het door de golven gebroken licht dat op de bodem valt op de foto's sterker te zijn dan het licht van de golfkammen. Dit bodemlicht is voor fasebepaling om verschillende redenen niet bruikbaar. (zie fig. 2). Door de golfhoogtevariatie n.l. treden verschillen in hellingen van het wateroppervlak op en daardoor verschil in breking. Bovendien is doordat gewerkt wordt met lampen die geen zuiver evenwijdig licht geven op verschillende plaatsen

de hoek van inval niet dezelfde. Ook door de kromming van de golfkammen ontstaan nog verschillen in hoeken van inval.

Teneinde de sterkte van het bodemlicht te vermindern is het water vervolgens gekleurd met fluorisine, hetgeen bovendien tot gevolg had dat de golftoppen extra oplichtten.

De hierbij verkregen foto's genomen met belichtingstijden $\frac{1}{30}$, $\frac{1}{60}$ en $\frac{1}{125}$ sec., waren redelijk bruikbaar hoewel ook

hierbij in het gebied waar hogere harmonischen optreden het bepalen van de golfkam moeilijkheden oplevert.

De bepaling van de golfkammen met behulp van de foto's veroorzaakt verder nog een onnauwkeurigheid door de vertekening aan de randen van de foto's, die genomen zijn met een groothoeklens omdat de beschikbare hoogte boven het wateroppervlak niet voldoende was om met een normale lens te fotograferen.

III. Energietransport

Bekend is dat de energie per eenheid van oppervlakte evenredig is met de golfhoogte $E = 1/8 \rho g H^2$. Hieruit blijkt dat het energietransport bepalend is voor de golfhoogteverdeling achter een golfbreker.

We kunnen dus het effect van een dikke kop aan een golfbreker op de golfhoogteverdeling bepalen door het energietransport bij een golfbreker met dikke kop te vergelijken met dat bij één zonder dikke kop.

We zullen nu aantonen dat het energietransport langs de golfstralen gericht is, zodat we voor de bepaling van het energietransport de golfkammen moeten vastleggen daar de golfkammen loodrecht op de golfstralen staan.

Bekend is de uitdrukking voor de energieflex in een potentiaalstroom:

$$F = - \rho \frac{\partial \varphi}{\partial t} \nabla \varphi$$

De algemene uitdrukking voor de potentiaal is:

$$\varphi = A(x,y,z) \cos \{ \omega t - \psi(x,y,z) \}$$

Dit gesubstitueerd in F geeft:

$$F = \rho \omega A \sin(\omega t - \psi) \{ \nabla A \cos(\omega t - \psi) + A \nabla \psi \sin(\omega t - \psi) \}$$

Gemiddeld over een golfperiode wordt F dan:

$$F = \frac{1}{2} \rho w A^2 \nabla \psi$$

Als we nu nog aantonen dat $\nabla \psi$ gericht is langs de golfstralen dan hebben we bewezen dat het energietransport gericht is langs de golfstralen.

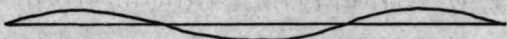
Een golfkam is een lijn van constante fase d.w.z. $\psi = \text{constant}$.

De golfstralen staan loodrecht op de golfkammen dus $\perp \psi = \text{const.}$

Uit de vectoranalyse weten we dat $\nabla \psi \perp \psi = \text{const.}$

Hieruit volgt dat de golfstralen gericht zijn langs $\nabla \psi$

IV. Bepaling golfstralen.

De golfkammen, vastgelegd m.b.v. fasemeting en fotograferen kunnen nu voor beide gevallen in tekening worden gebracht (zie fig. 3 en 4). Wat hierbij, vooral bij de golfkammen verkregen door fasemeting, opvalt, is dat de golfkammen in het niet-schaduwgebied achter de golfbreker niet recht blijven, maar gaan golven. 

Dit betekent dat de golfstralen ook golven (afwisselend convergeren en divergeren) m.a.w. de golfhoogte over de kam varieert.

Dit is verklaarbaar met de sommerfeldoplossing voor diffractie. Zie hiervoor het bewijs aan het eind van dit hoofdstuk.

Dit verschijnsel was op de foto's minder goed zichtbaar, vandaar dat de door ons geproduceerde golfkammen wel recht zijn. Met golvende golfkammen zou de constructie van de golfstralen bovendien veel gecompliceerder worden.

De constructie van de golfstralen is als volgt gedaan: Op een golfkam voor de golfbreker, die nog recht is, zijn op bepaalde afstand van elkaar punten uitgezet. Uitgaande van deze punten construeren we golfstralen (\perp golfkammen) van golfkam naar golfkam. De golfstralen dicht bij de golfbreker (vooral in het geval zonder kop) zijn moeilijk te bepalen. Willen we namelijk iets over het schaduwgebied weten dan moeten we de golfstralen op de rechte golfkam dicht bij elkaar kiezen, omdat erg weinig energie het schaduwgebied in komt.

Verklaring van het niet recht blijven van de golfkammen voorbij de golfbreker.

Sommerfeld geeft als oplossing voor het potentiaal van de gediffracteerte golf:

$$\varphi = \frac{ga}{w} \frac{\cosh k(d+z)}{\cosh kd} G(x,y) e^{i\omega t} \quad G \text{ is een complexe functie}$$

als $\varphi_{inv.} = \frac{ga}{w} \frac{\cosh k(d+z)}{\cosh kd} e^{i(\omega t + ky)}$

De oplossing voor G luidt:

$$G = e^{iky} \frac{e^{i\frac{\pi}{4}}}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\pm \sqrt{k(r+y)}} e^{-is^2} ds + e^{-iky} \frac{e^{i\frac{\pi}{4}}}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\pm \sqrt{k(r-y)}} e^{-is^2} ds$$

invallende golf

teruggekaatste golf

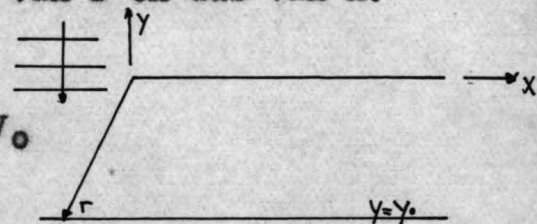
De invloed van de teruggekaatste golf is een aantal golfleggen voorbij de golfbreker te verwaarlozen; bovendien is er nauwelijks terugkaatsing tegen de golfbreker door de aangebrachte demping.

Het faseverschil tussen φ en $\varphi_{inv.}$ is $\arg G - ky$.

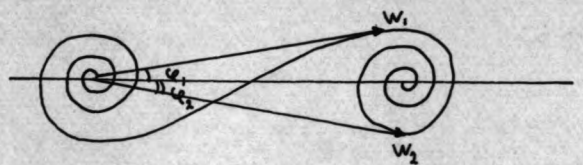
Voor een bepaalde lijn $y = y_0$ is het faseverschil dus

$$\arg. \left\{ \frac{e^{i\frac{\pi}{4}}}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\pm \sqrt{k(r+y)}} e^{-is^2} ds \right\} \quad \text{dit is voor } y = y_0 \text{ een functie van } r \text{ en dus van } x.$$

Dit betekent dat langs de lijn $y = y_0$ bij veranderde x de fase t.o.v. de invallende golf varieert.



In de spiraal van Cornu, die een grafische voorstelling van de sommerfeldoplossing voorstelt, is dit ook te zien daar bij $y = \text{const.}$ en variërende x de $w = \frac{x-y}{L}$ varieert, waardoor de grootte en fase (φ) van de gediffr. golf varieert.



V. Conclusies en Opmerkingen

1. Als we nu het patroon van de golfstralen in beide gevallen vergelijken (zie fig. 6) dan zien we duidelijk dat in het geval met dikke kop meer energie de haven in wordt gevoerd. Ook is duidelijk te zien dat dit veroorzaakt wordt door refractie, want voor de golfbreker boven de kop beginnen de golfstralen al af te buigen. De energie die extra de haven wordt ingevoerd wordt onttrokken aan het gebied voor de havenmond. Dus in de haven zullen hogere golven ontstaan en voor de havenmond lagere bij de toepassing van een dikke kop. Dit klopt inderdaad met de gemeten waarden (zie fig. 5^a en 5^b). Zie in dit verband ook opm. 3.
2. Bij de fasemeting zijn tevens de golfhoogten gemeten. Deze gemeten golfhoogten kunnen we vergelijken met golfhoogten die we kunnen berekenen uit de energievoortplanting. We stellen hierbij de golfhoogte over de kam tussen twee golfstralen bij benadering constant. Is de afstand tussen twee golfstralen voor de golfbreker a en bij het te controleren punt b , dan is, omdat $H^2 \propto E$ de golfhoogte in het punt $H = \sqrt{\frac{a}{b}}$ Hinv. Voor een aantal punten is deze berekening uitgevoerd. (zie bijlage en fig. 6a en b).

Bij vergelijking zien we in geval a (zonder Kop) dat de gemeten waarden redelijk overeenstemmen met de berekende; d.w.z. er is geen systematische afwijking te constateren.

In geval b daarentegen zien we dat in het schaduwgebied achter de golfbreker de berekende golfhoogten systematisch hoger zijn dan de gemeten waarden. Dit zou er op duiden dat de energie p.e.v. oppervlakte daar ter plaatse, verkregen m.b.v. de constructie van de golfstralen, te hoog is. Kijken we nu naar de golfkammen en golfstralen in dit gebied, dan valt inderdaad op dat er iets vreemd gebeurt. De golfkammen worden na het passeren van de kop weer recht en dit heeft tot gevolg dat de golfstralen terugbuigen.

Wellicht is dit het gevolg van het ontstaan van hogere harmonische golven. Dat deze hogere harmonischen

daar aanwezig zijn is duidelijk op de foto's te zien. Volgens Biesel (zie litt. I) worden hogere harmonischen door de eerste harmonische opgewekt en uitgestraald naar alle richtingen. Bij een nette golftrein met rechte golffronten wordt dit radiale karakter door interferentie uitgeschakeld, zodat de hogere harmonischen meelopen met de eerste hamonische. Vermoed wordt, dat bij een verstoring het uitschakelen van het radiale karakter gedeeltelijk wordt opgeheven, zodat dan hogere harmonischen worden uitgestraald.

Dit kan bij een dikke kop misschien de oorzaak zijn van het optreden van rechte golffronten zoals die op de foto's worden waargenomen.

Wat het effect van deze hogere harmonischen is op het energietransport kunnen we niet bepalen.

Litteratuur I: Artikel in het verslag van het 10e Congres van I.A.H.R. vol. I genaamd:
Radiating second order phenomena in gravity waves. Door F. Biesel.

3. Toen aanvankelijk met een golf met periode $T = 0,86$ sec. werd gegolfd, ontstonden op het talud van de dikke kop draaikolken, die met de golfkammen mee, aan het talud, de haven inliepen. Ook in het model in het W.L. "De Voorst" (golfonderzoek haven Ras Lanuf) werden deze draaikolken opgemerkt.

De energievernietiging die in deze draaikolk plaatsvindt is wellicht de verklaring voor het feit dat in het model in "de Voorst" geen waarneembaar hogere golven optraden in de haven bij de toepassing van een dikke kop.

Het is wellicht de moeite waard, om het kwantitatieve effect van de energievernietiging in de draaikolken nader te onderzoeken.

4. Op de foto's waarmee gewerkt is (zie bijgesloten afdrucken) waren de golfkammen wel te bepalen, hoewel de intensiteit van het bodemlicht nog storend was. Men moet dan ook bij het gebruik van dergelijke foto's zeer goed nagaan wat bodemlicht is en wat de golfkammen zijn (zie de in de foto's getekende kammen).

Het verdient aanbeveling om bij volgende onderzoeken op dit gebied m.b.v. fotograferen het water totaal ondoorzichtig te maken bijv. melkachtig.

Bovendien is het noodzakelijk om het strijklicht zoveel mogelijk loodrecht op de richting van de golfkammen in het te fotograferen gebied te stellen.

Bij de hier beschreven waarnemingen is gefotografeerd met 2 maal 1000 watt strijklicht en belichtingstijden

$\frac{1}{30}$, $\frac{1}{60}$, en $\frac{1}{125}$ sec., waarbij $\frac{1}{60}$ of $\frac{1}{125}$ de beste resultaten gaven.

Op de foto's is vermeld met welke tijden de opnamen gemaakt zijn.

Bijlage

Berekening van de golfhoogte in een aantal punten uit de gegevens van de golfhoogtemeter en uit het golfpatroon.

We bepalen k_m en k_p zijnde de diffractiecoëfficiënt die volgt uit de meting met de golfhoogtemeter resp. uit de berekening in het golfpatroon.

Golfbreker met dikke kop.

$$H_{inv.} = \frac{18 \text{ mm Sanborn}}{30 \text{ mm Sanborn}} \times 5 \text{ cm} = 3 \text{ cm}$$

De Sanborn aangesloten op het meetpunt geeft 28 mm voor 5 cm

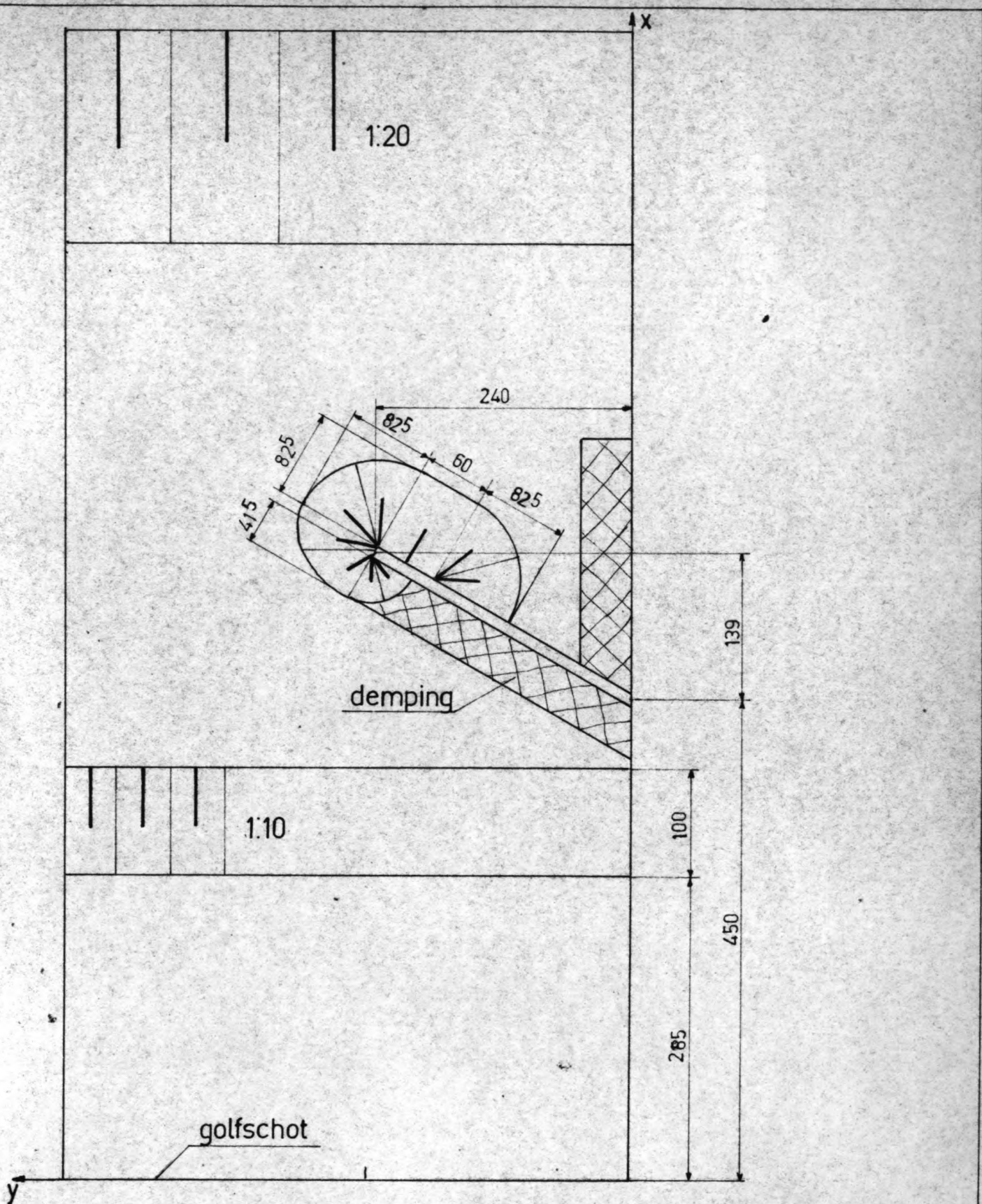
$$k_m = \frac{d}{28} \cdot \frac{5}{3} = 4,5,95 \cdot 10^{-2} \quad d = \text{aantal mm op het Sanborn-apparaat in het beschouwde punt.}$$

$$k_p = \sqrt{\frac{a}{b}}$$

Punt A (732,150)	$k_m = 0,18$	$k_p = 0,39$
B (742,200)	= 0,16	= 0,42
C (688,250)	= 0,36	= 0,48
D (727,250)	= 0,30	= 0,38
E (770,250)	= 0,36	= 0,37
F (811,250)	= 0,42	= 0,34
G (615,300)	= 1,03	= 0,91
H (645,300)	= 0,77	= 0,71
J (683,300)	= 0,65	= 0,50
K (722,300)	= 0,65	= 0,67
L (759,300)	= 0,65	= 0,61
M (795,300)	= 0,65	= 0,56
N (649,350)	= 0,89	= 0,95
O (723,350)	= 1,01	= 0,91
P (837,350)	= 0,83	= 0,84

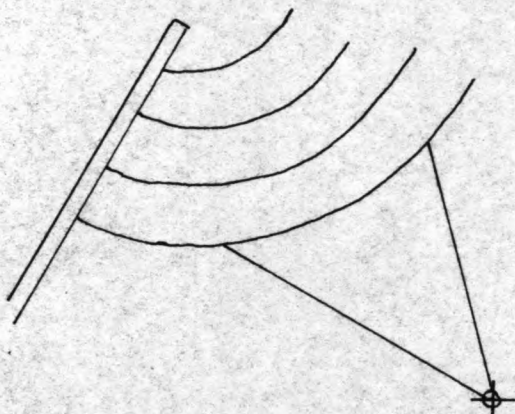
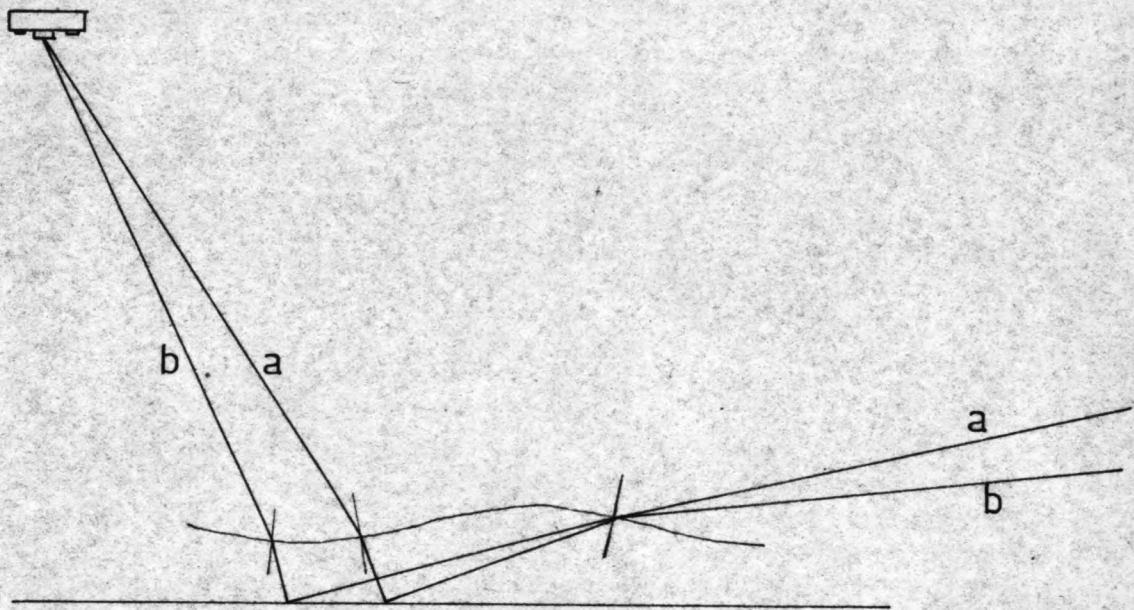
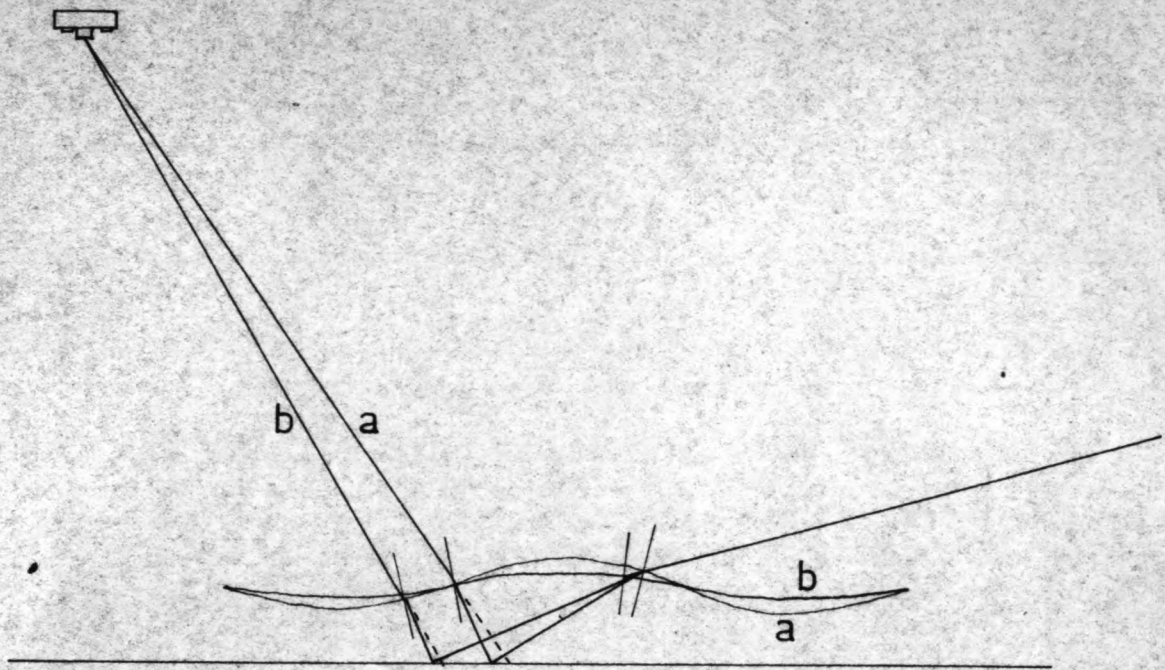
Golfbreker zonder dikke kop

Punt A ¹ (707,230)	$k_m = 0,36$	$k_p = 0,33$
B ¹ (747,250)	= 0,33	= 0,23
C ¹ (784,250)	= 0,30	= 0,39
D ¹ (650,300)	= 0,82	= 0,71
E ¹ (685,300)	= 0,70	= 0,58
F ¹ (722,300)	= 0,73	= 0,75
G ¹ (759,300)	= 0,79	= 0,66
H ¹ (797,300)	= 0,73	= 0,65



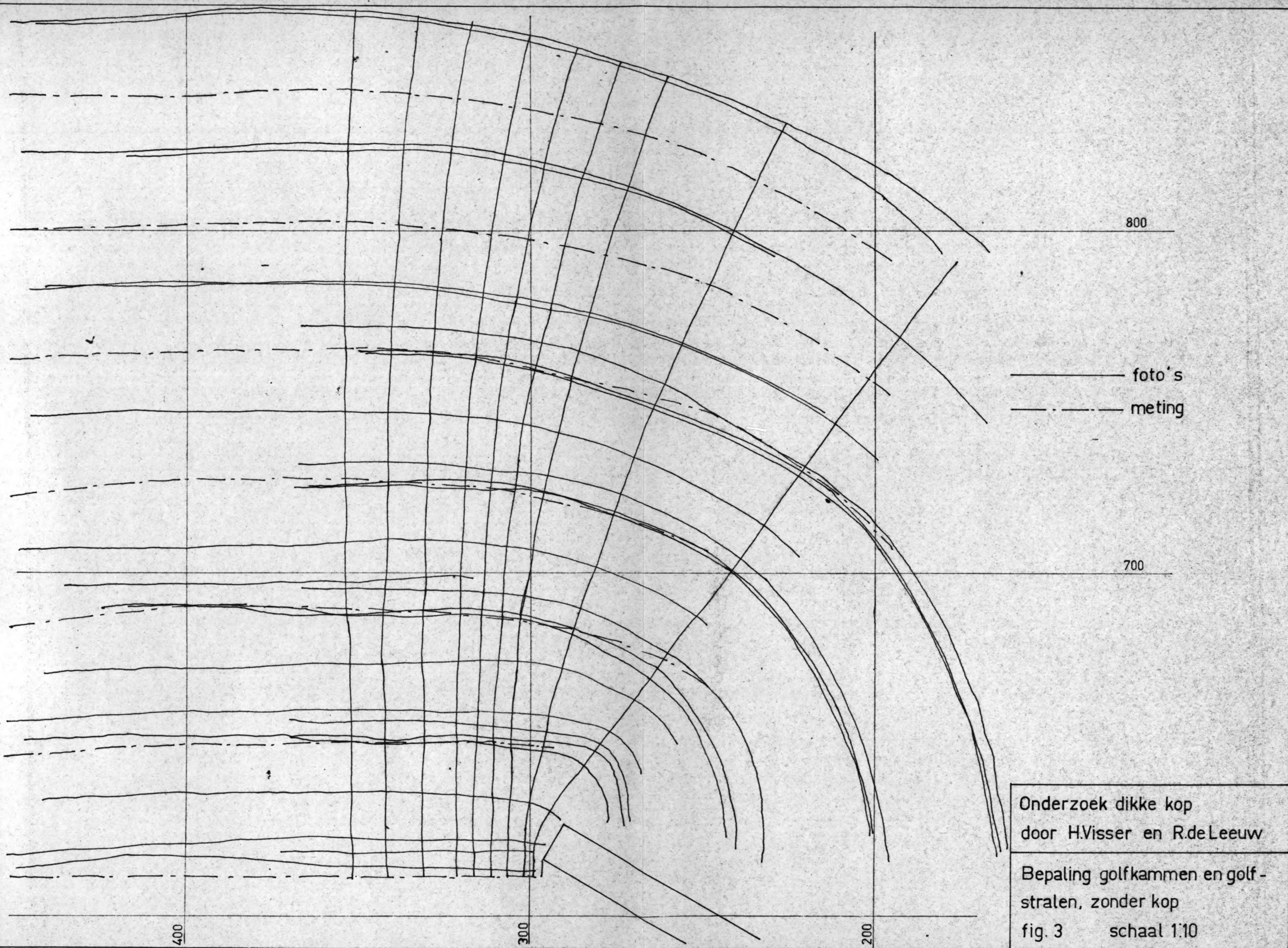
Onderzoek dikke kop
 door H.Visser en R.de Leeuw

Situatie golfbreker in de bak
 Waterdiepte t.p.v de golfbreker
 16 cm fig.1 schaal 1:50



Onderzoek dikke kop
 door H.Visser en R.de Leeuw

Het aantonen van het onbruik-
 baar zijn van het bodemlicht
 fig. 2



800

700

foto's

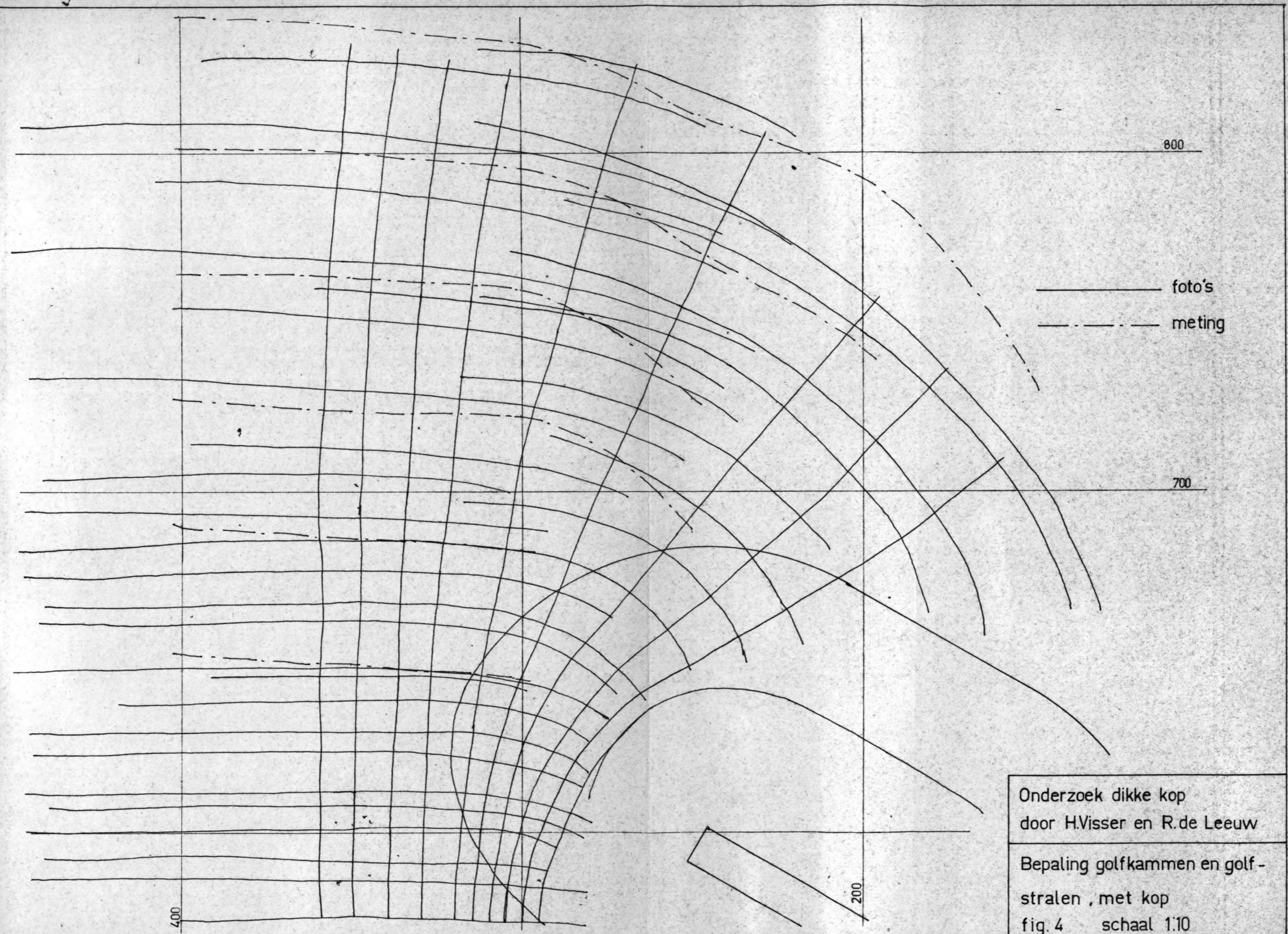
meting

400

300

200

Onderzoek dikke kop
door H.Visser en R.de Leeuw
Bepaling golfkammen en golf-
stralen, zonder kop
fig. 3 schaal 1:10



800

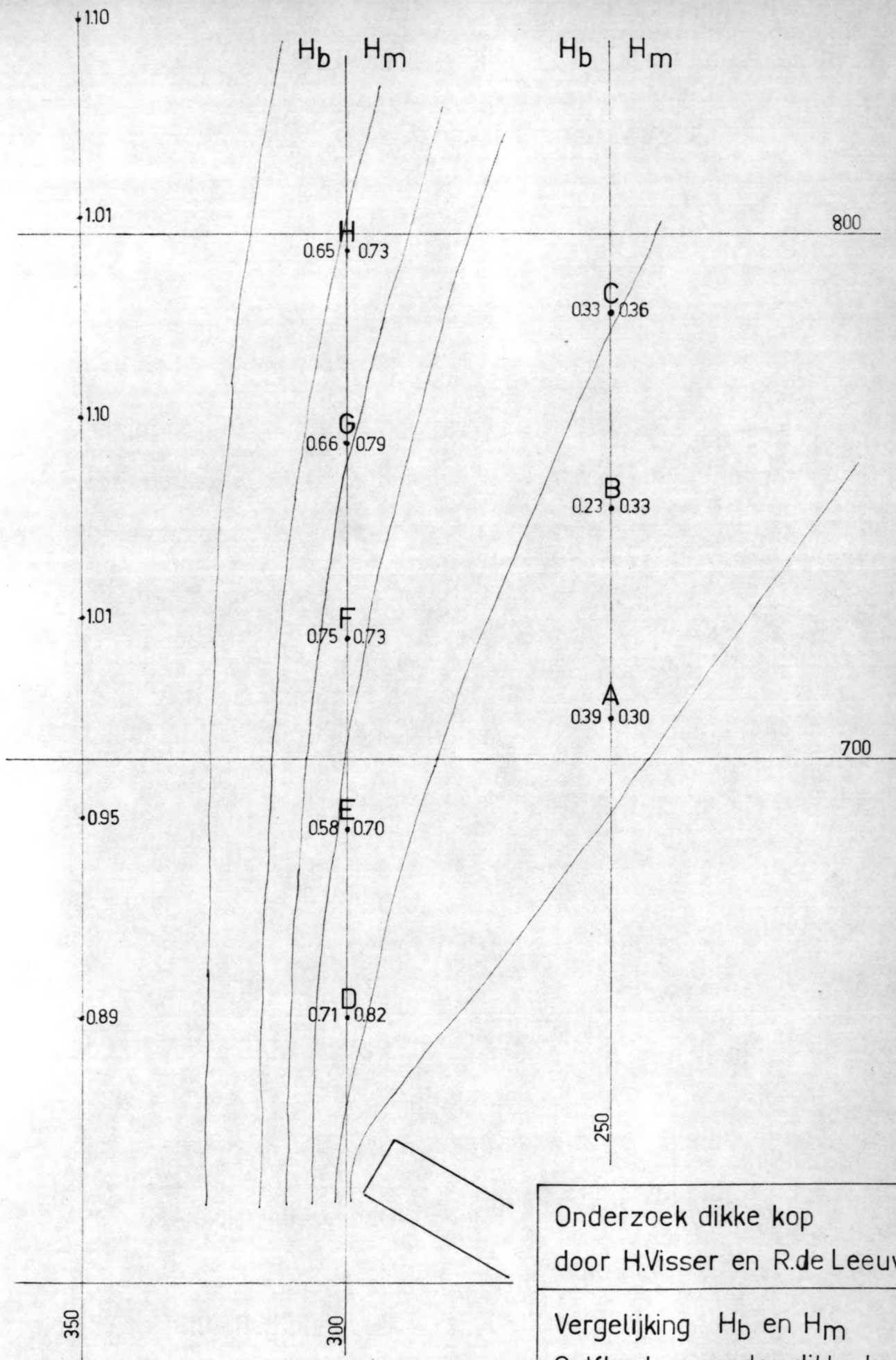
foto's
meting

700

400

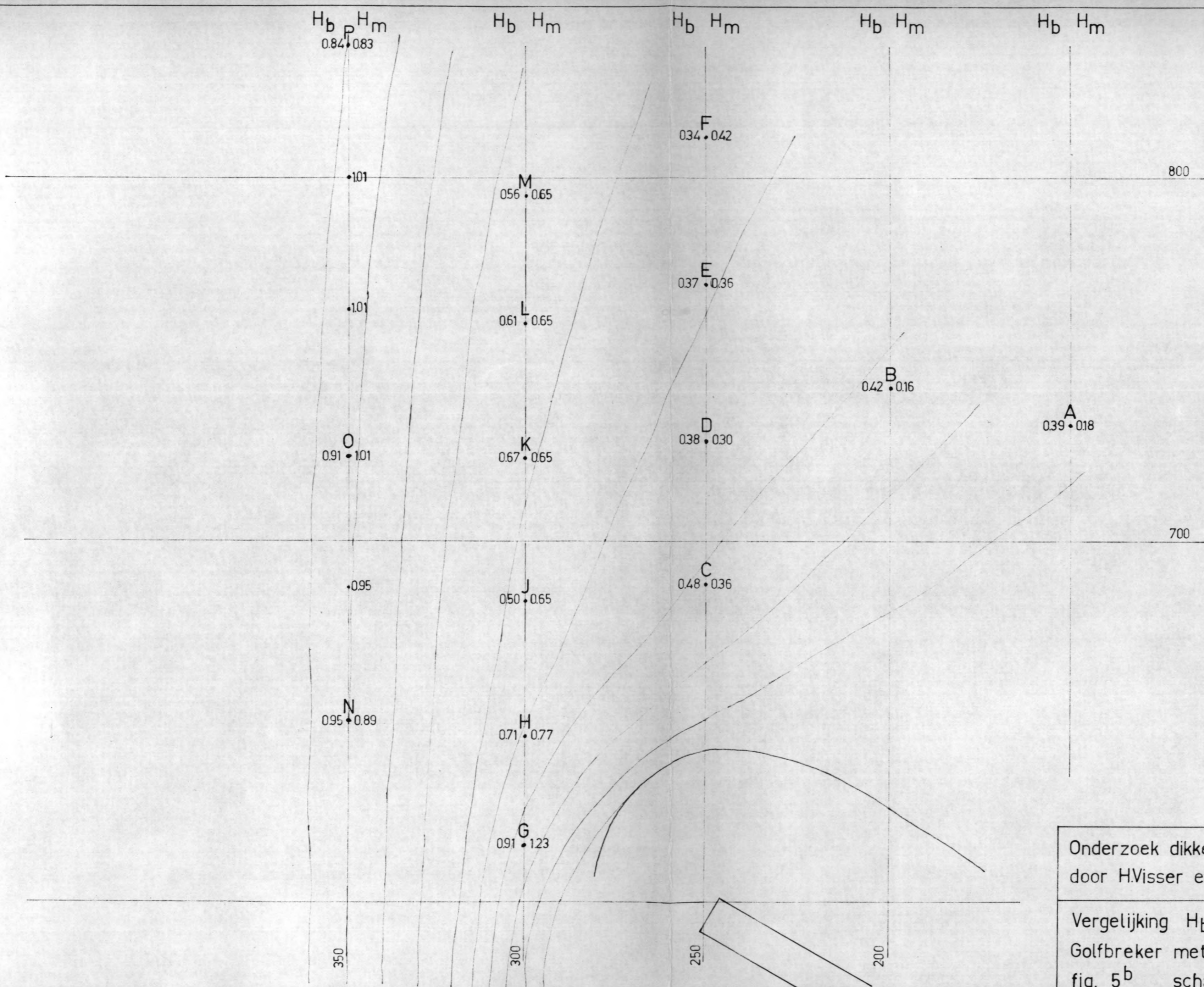
200

Onderzoek dikke kop
door H.Visser en R.de Leeuw
Bepaling golfkammen en golf-
stralen , met kop
fig. 4 schaal 1:10



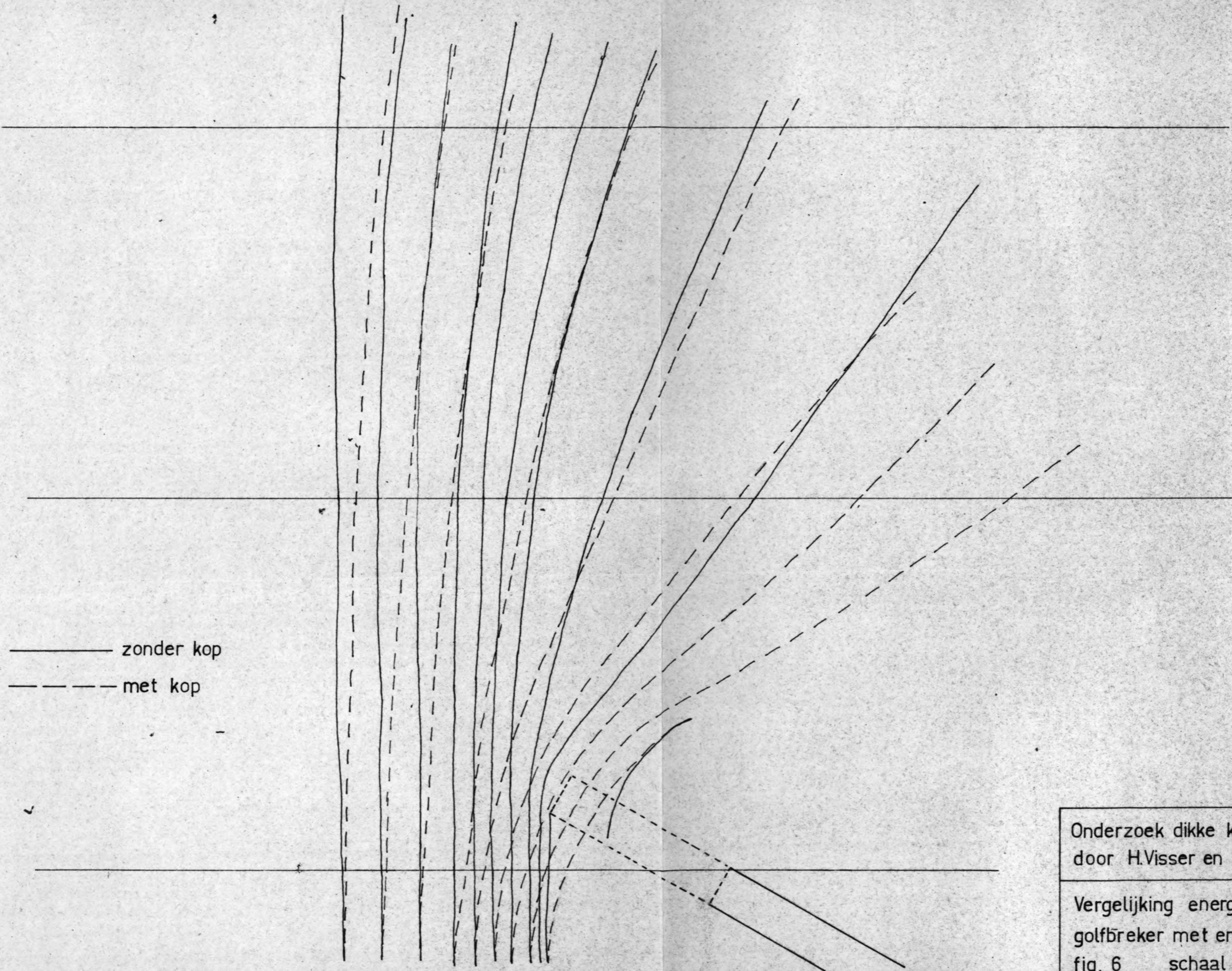
Onderzoek dikke kop
 door H.Visser en R.de Leeuw

Vergelijking H_b en H_m
 Golfbreker zonder dikke kop
 fig. 5^a schaal 1:10



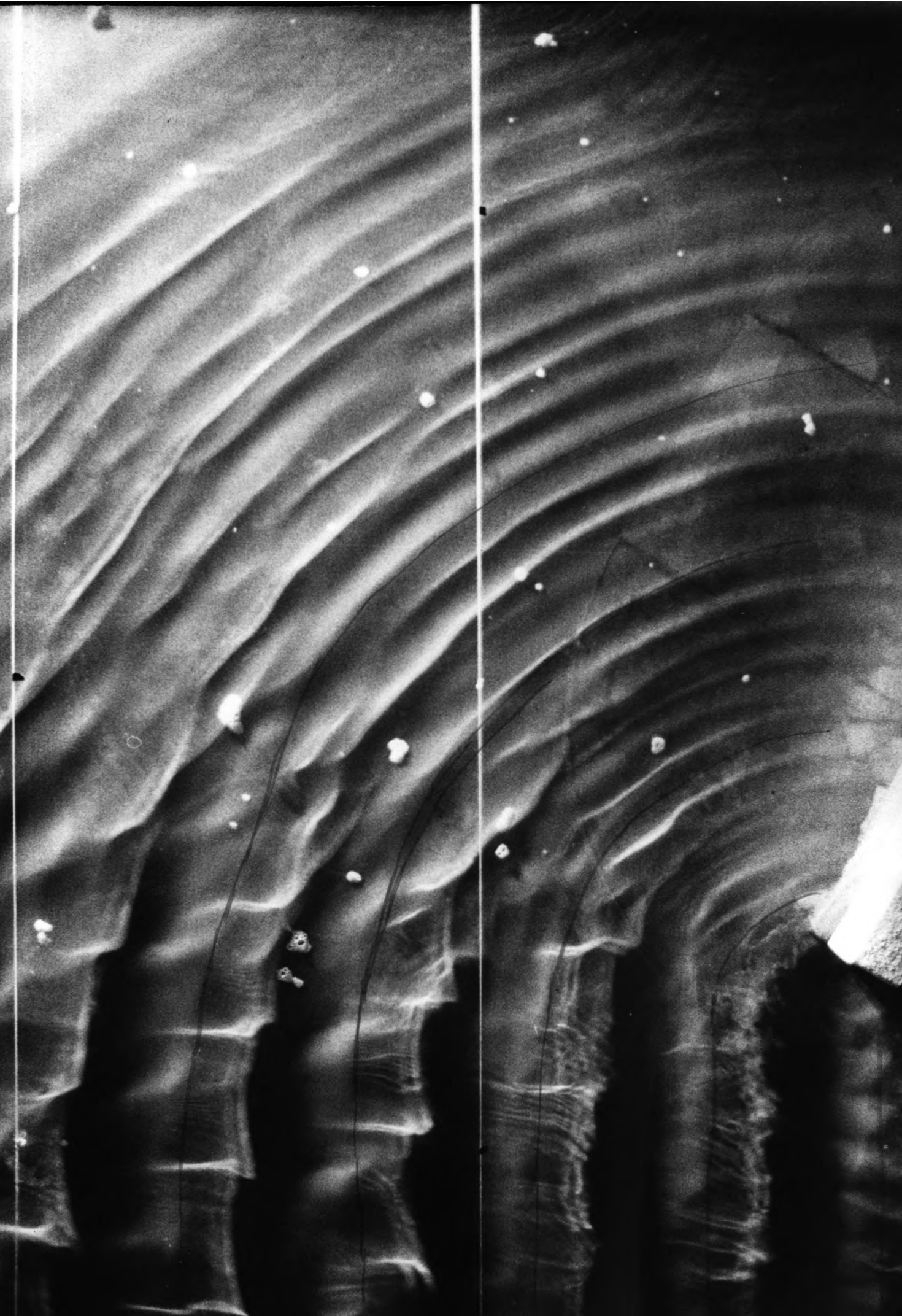
Onderzoek dikke kop
 door H. Visser en R. de Leeuw

Vergelijking H_b en H_m
 Golfbreker met dikke kop
 fig. 5^b schaal 1:10

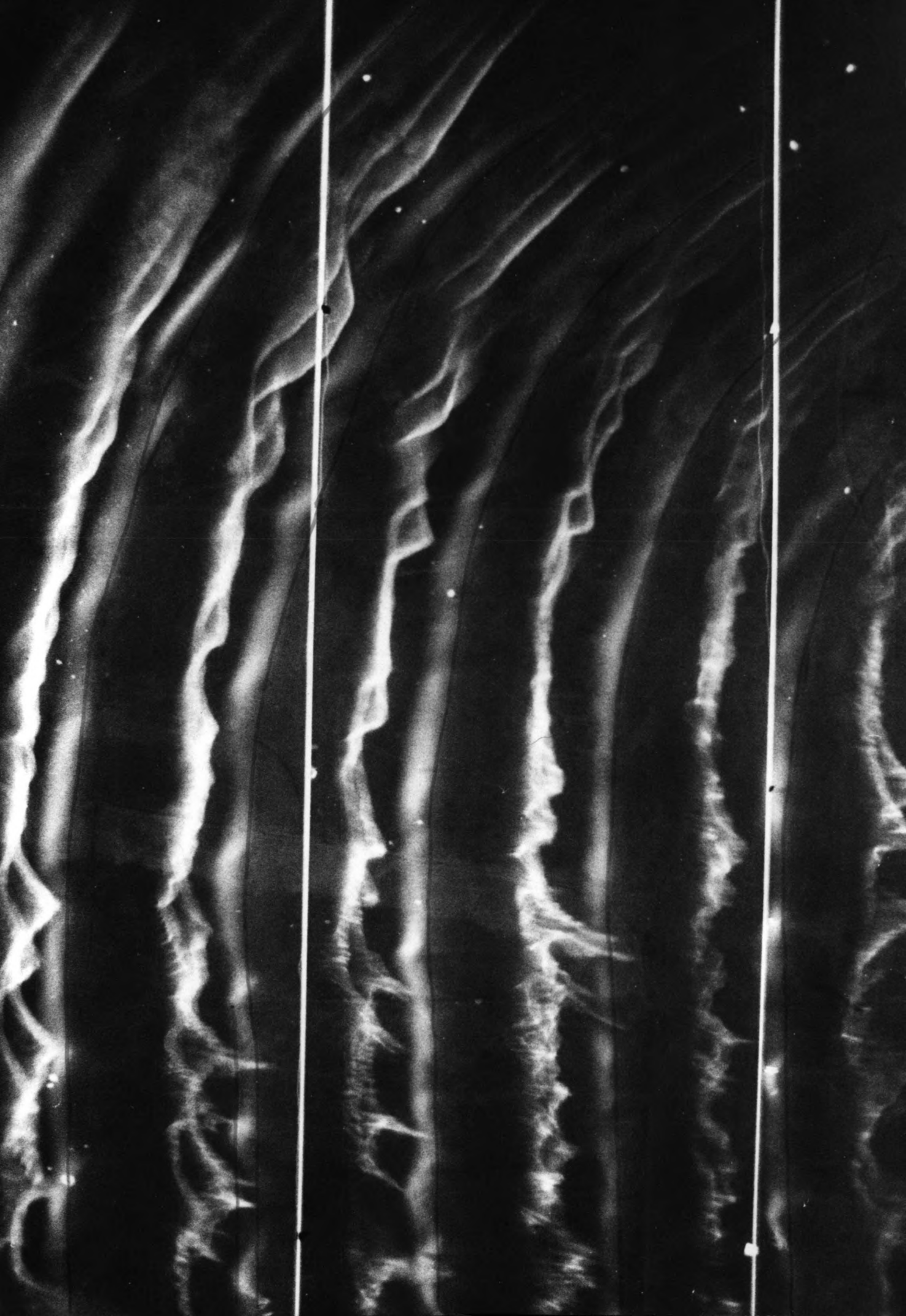




BP



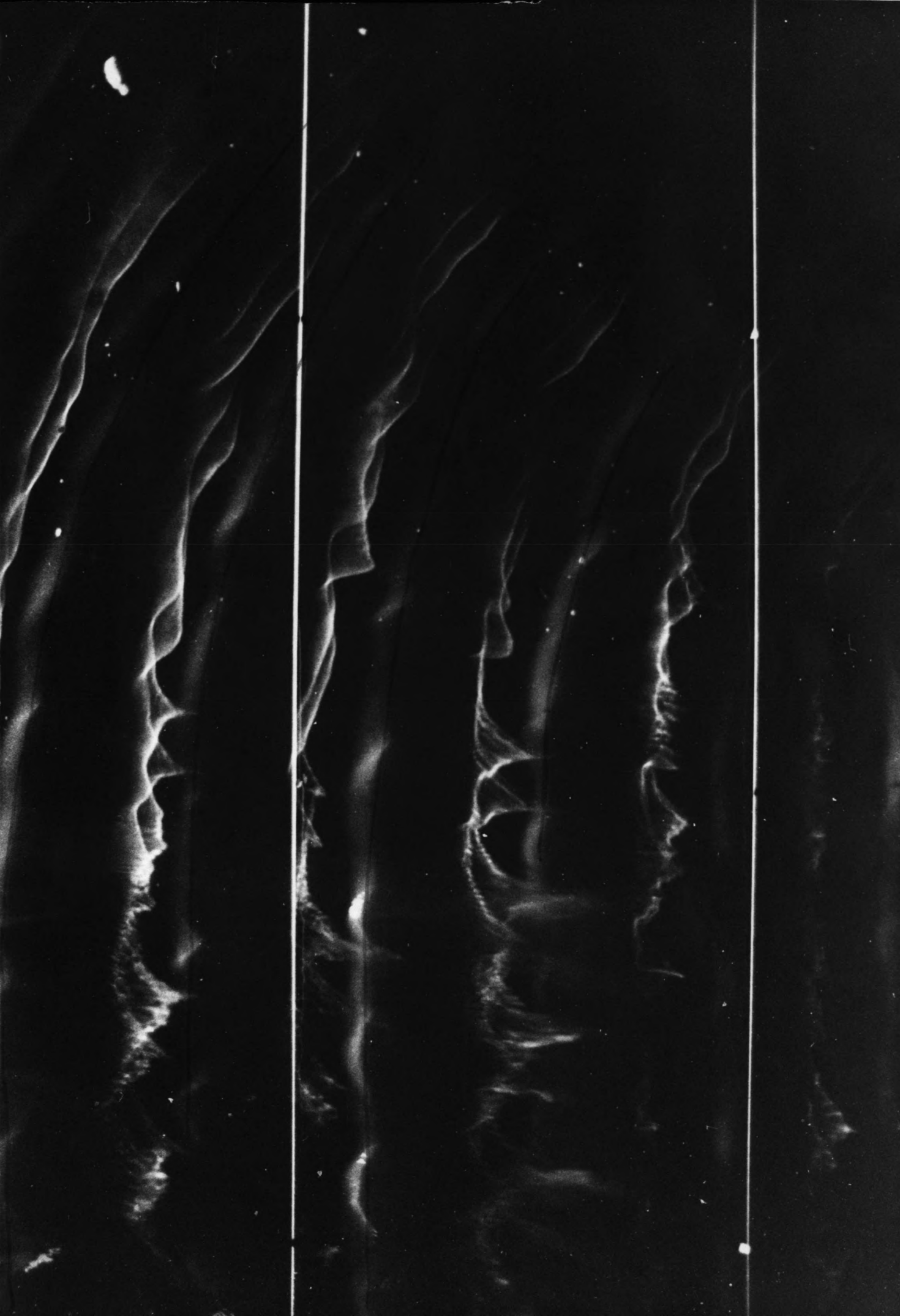




11

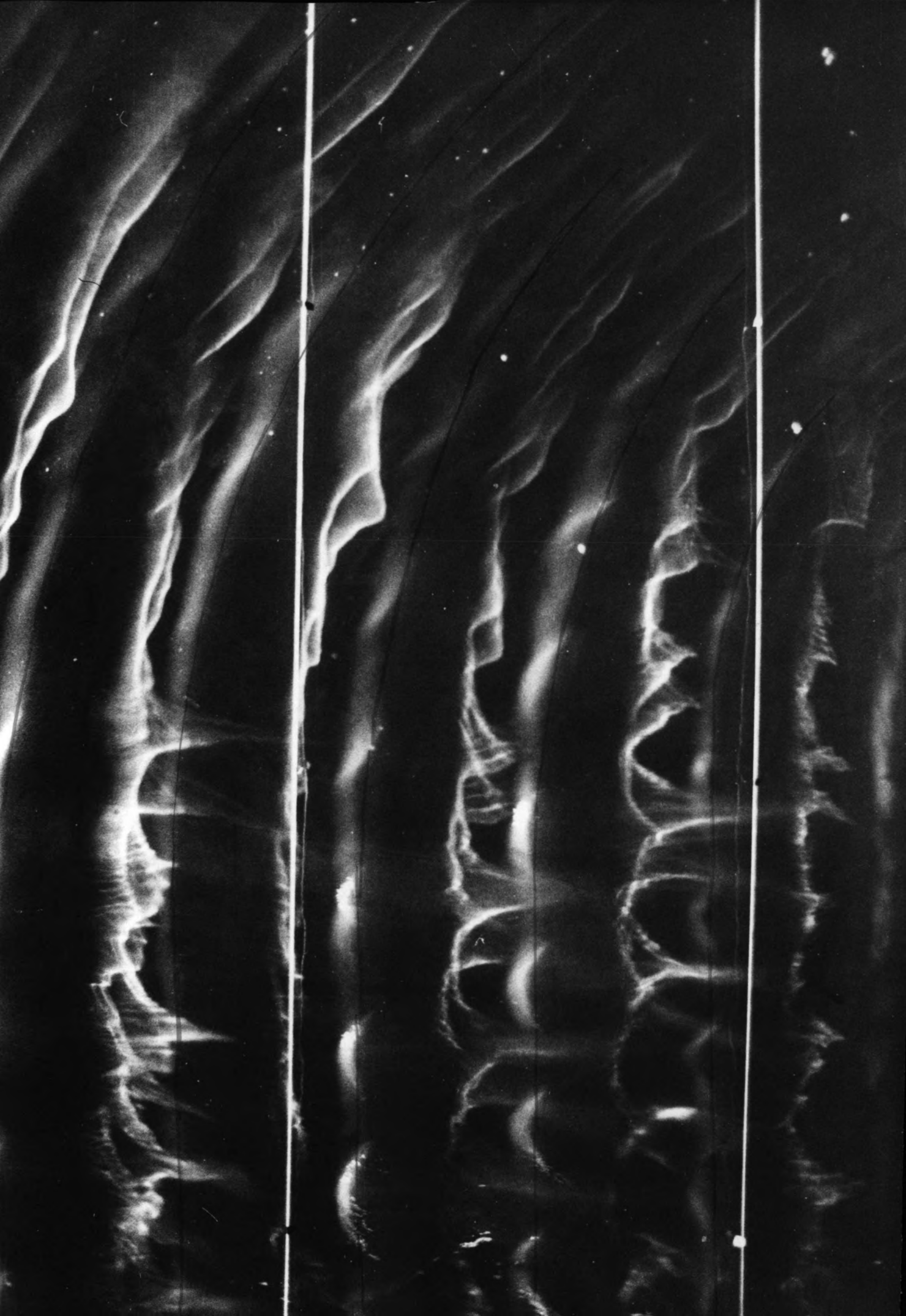
12

13

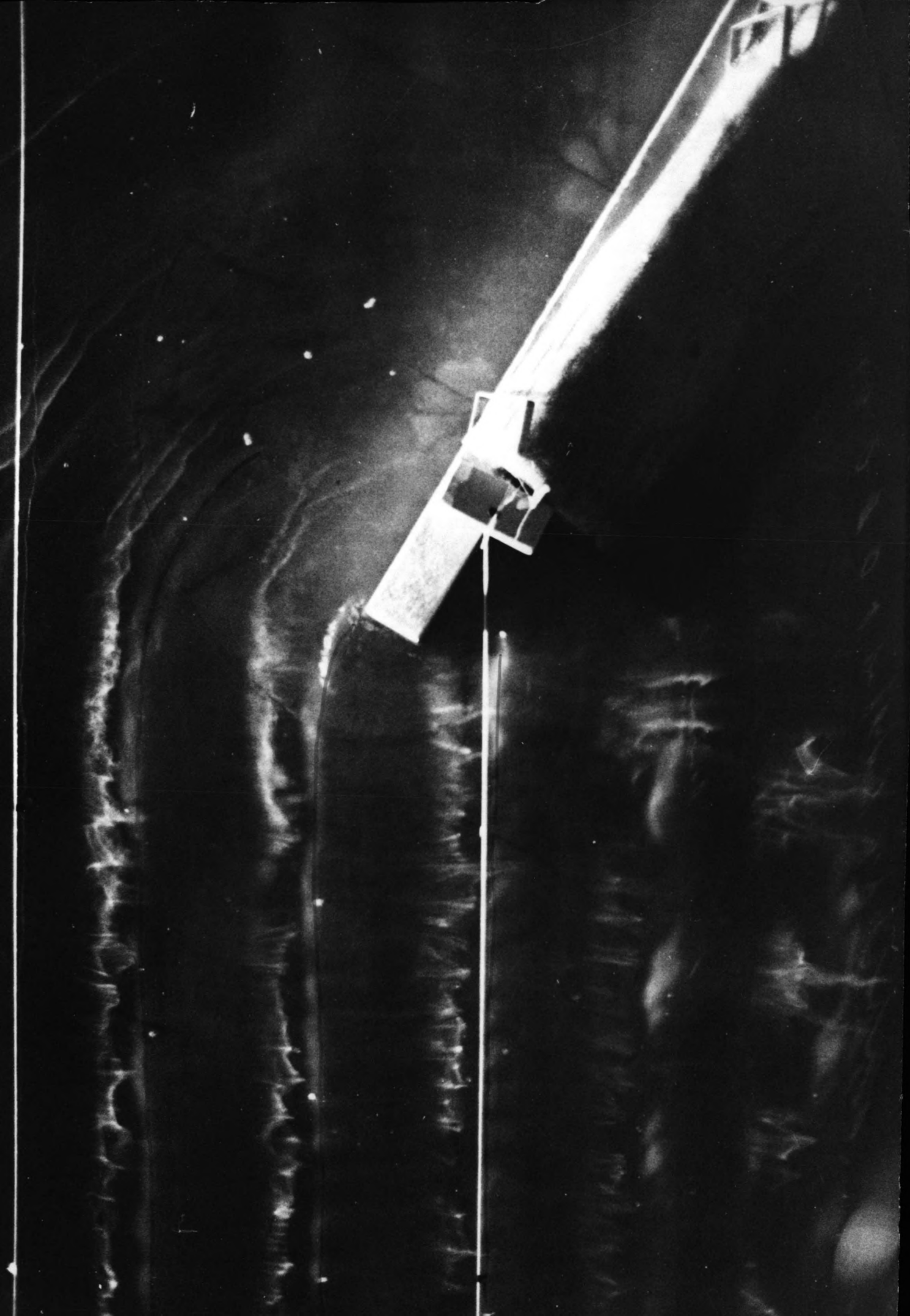


10

3

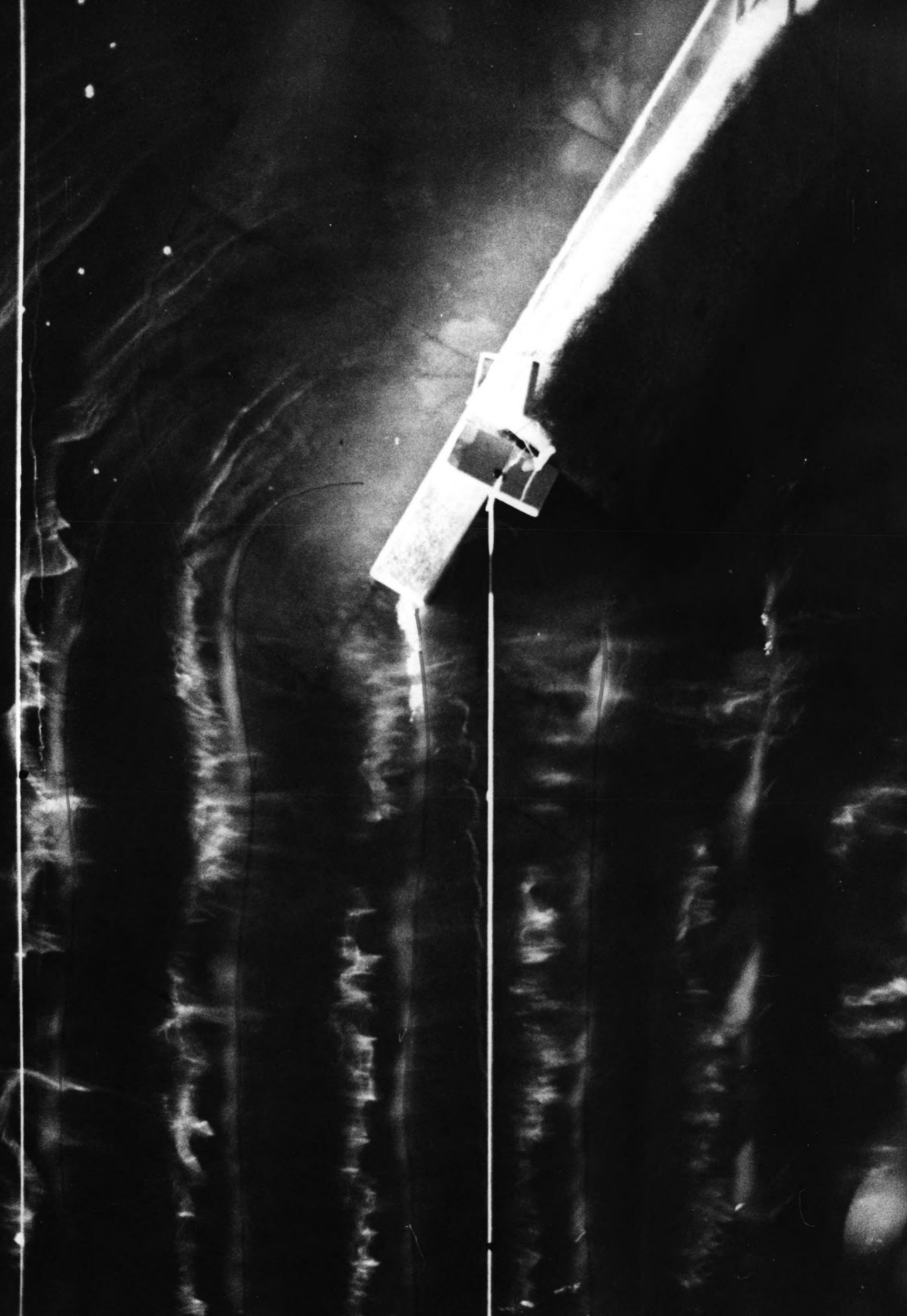


107



✓

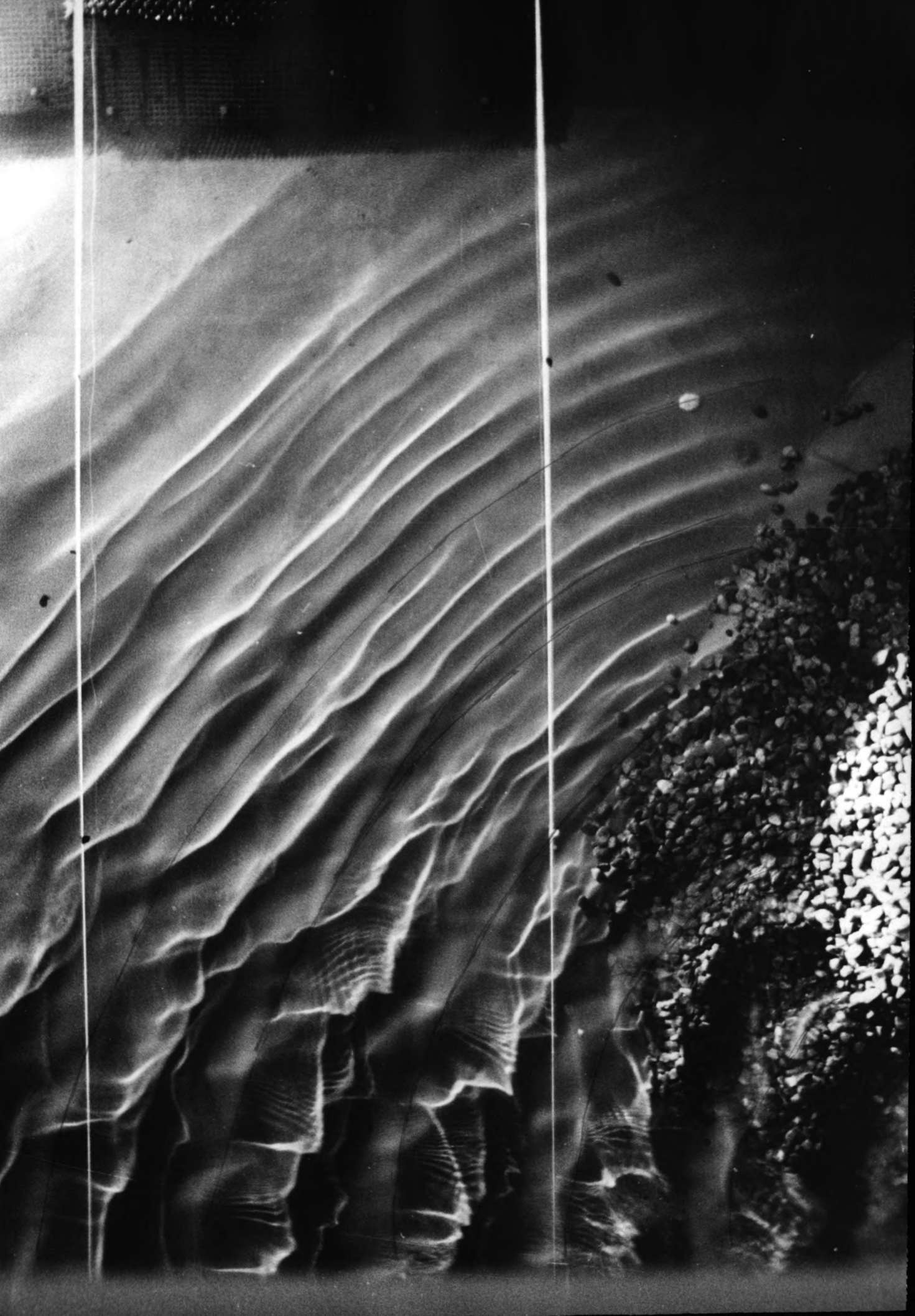
20

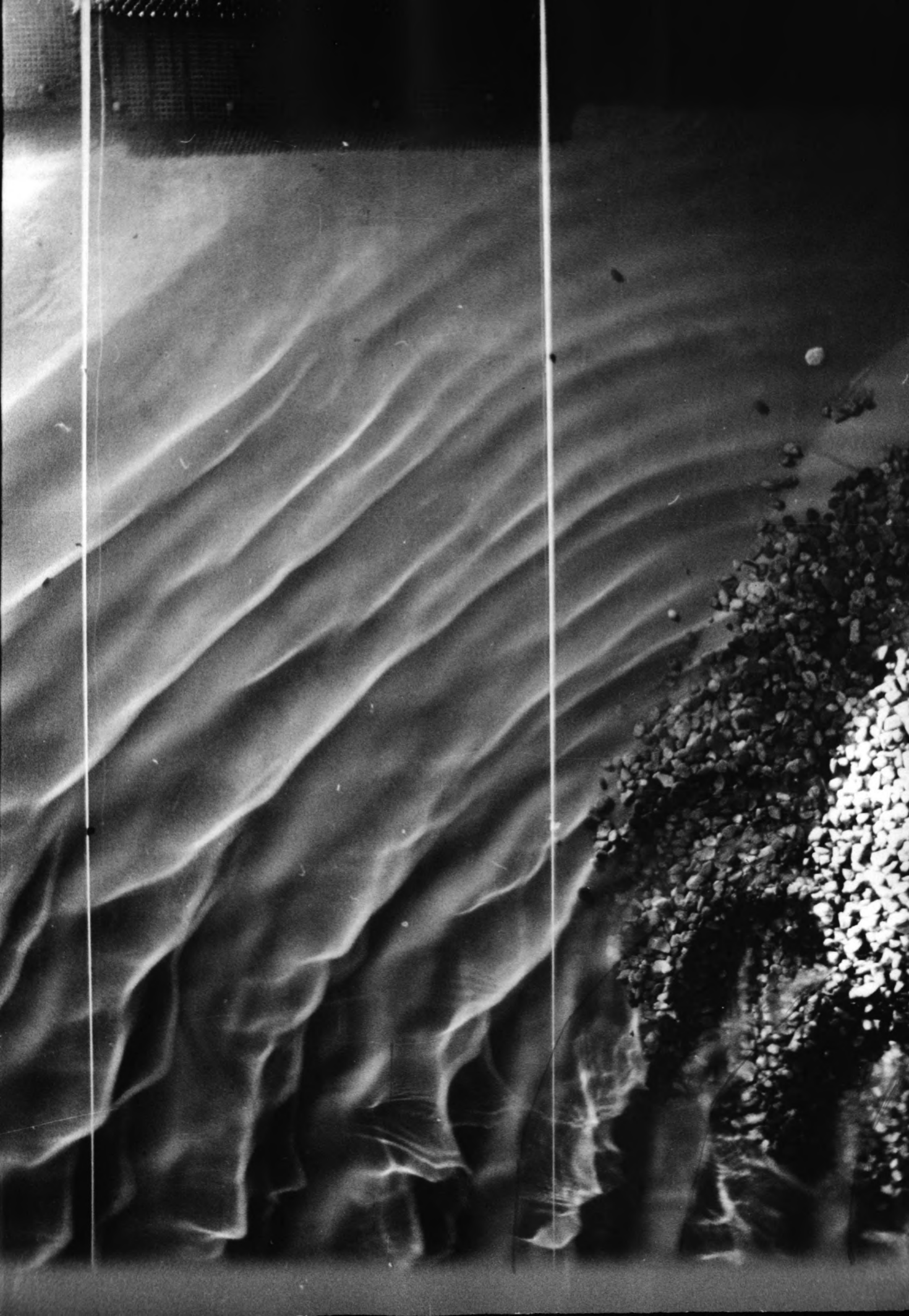


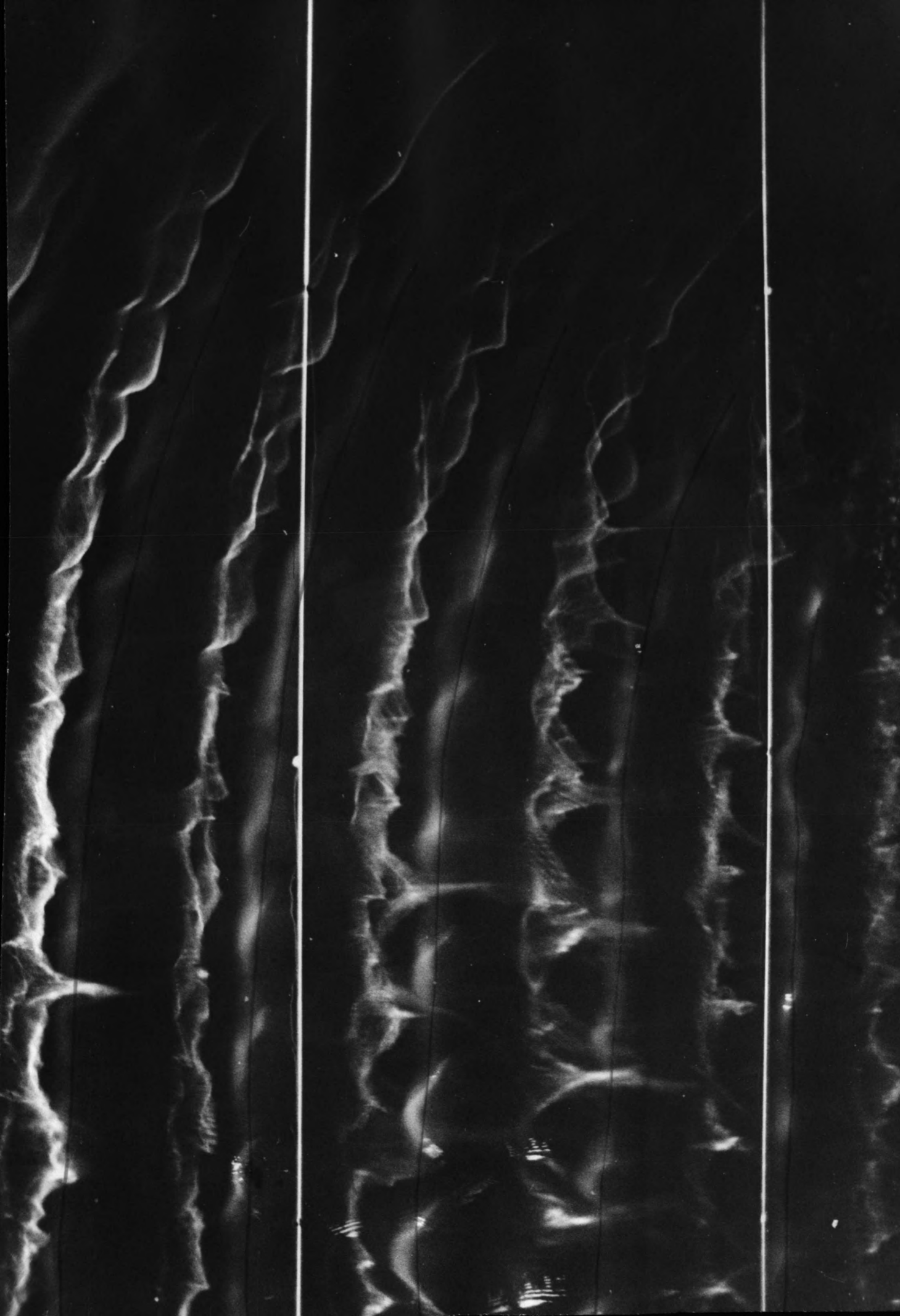




13

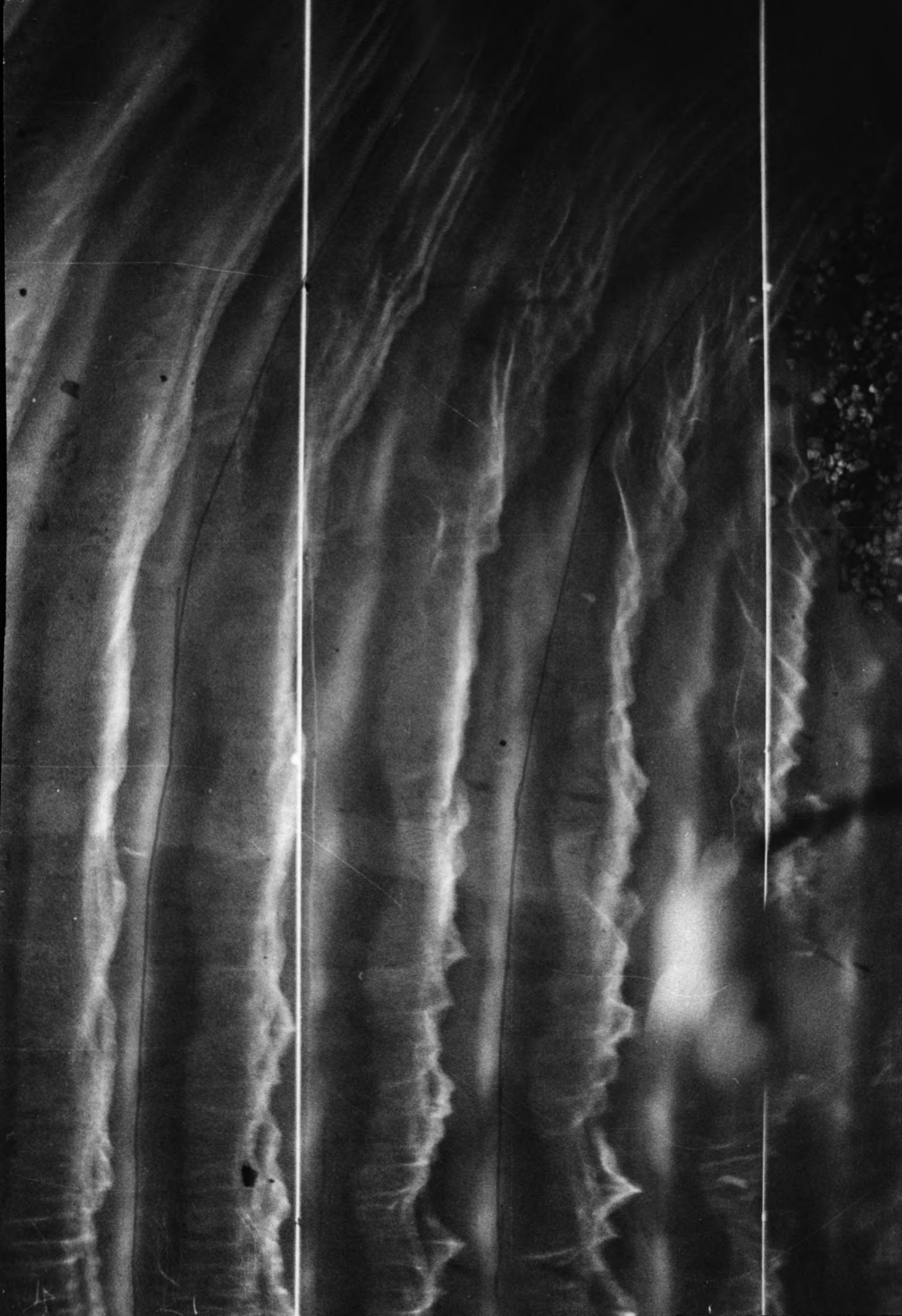




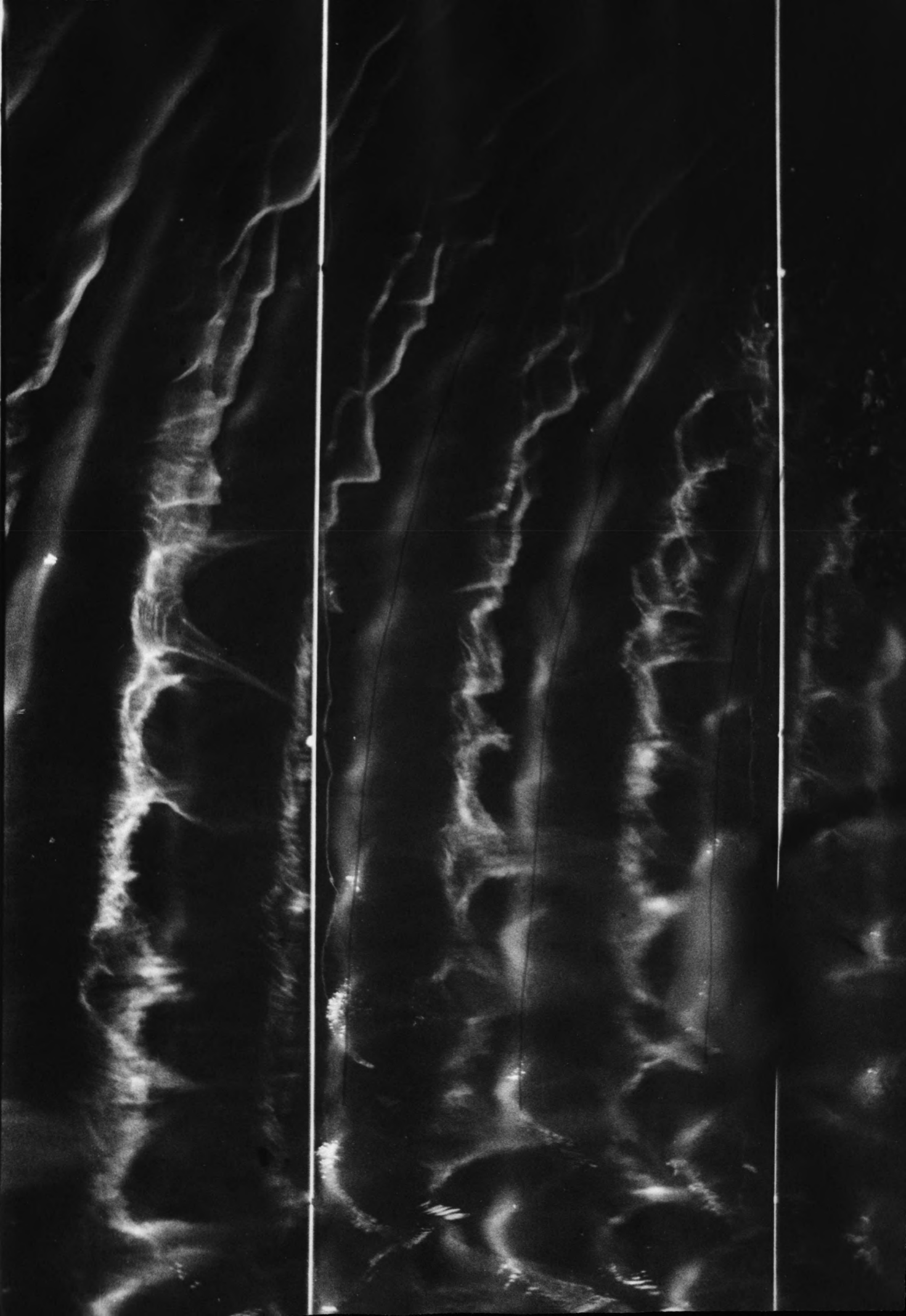


10

9





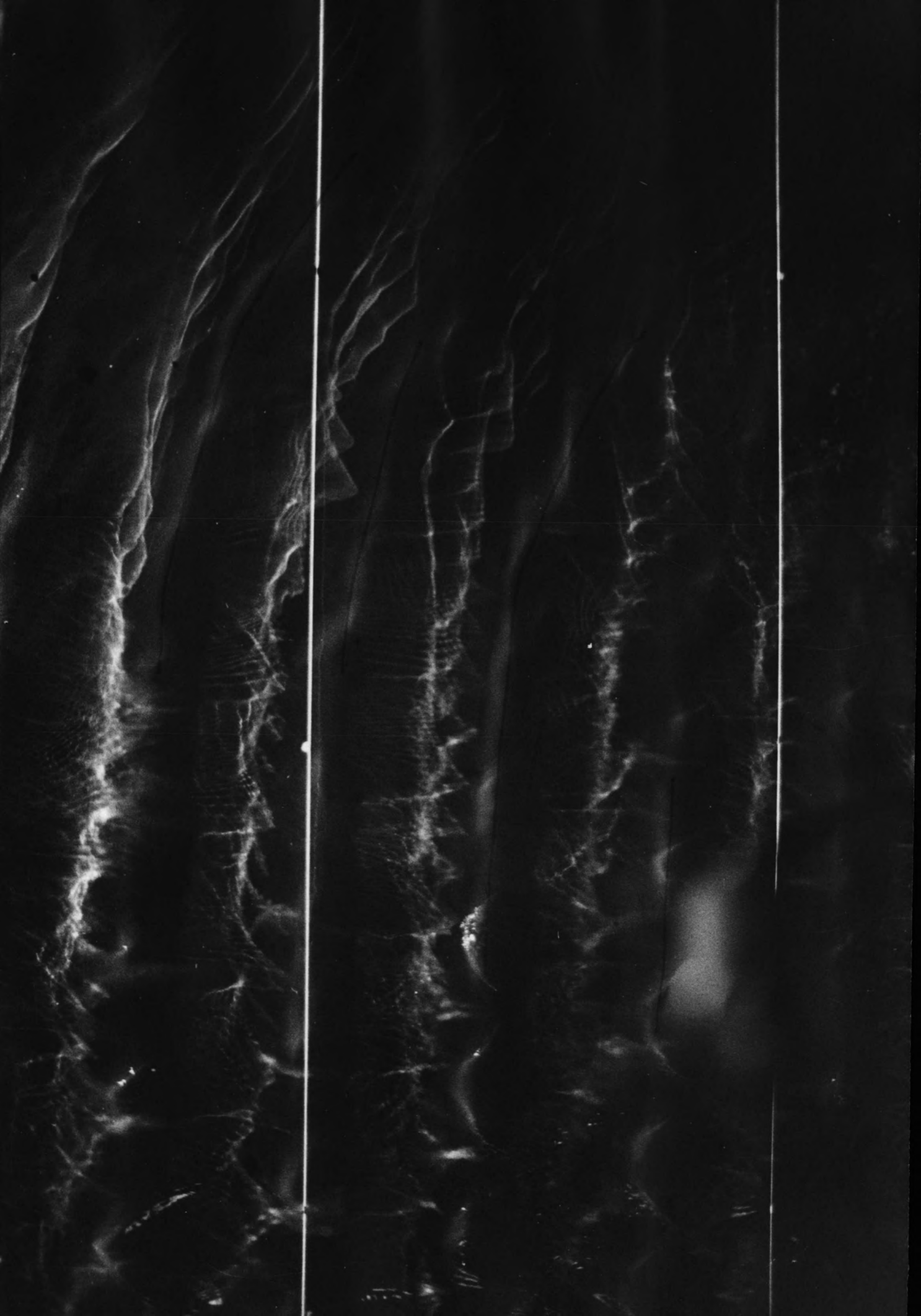


a.

U

/

6











21

1

