



# **De snaarelectrometer van Wulf en zijne toepassing bij de registreering der ultrastraling**

<https://hdl.handle.net/1874/319178>

2.9.192, 1934.

DE SNAARELECTROMETER VAN  
WULF EN ZIJNE TOEPASSING BIJ DE  
REGISTREERING DER ULTRASTRALING

IR. A. H. J. HUGEN E. I.

BIBLIOTHEEK DER  
RIJKSUNIVERSITEIT  
UTRECHT.







DE SNAARELECTROMETER VAN WULF EN ZIJNE TOE-  
PASSING BIJ DE REGISTRERING DER ULTRASTRALING

PIRLOTHER  
KUNSTHAUS  
ST. P. 10

*Diss Utrecht 1934*

DE SNAARELECTROMETER VAN  
WULF EN ZIJNE TOEPASSING BIJ DE  
REGISTREERING DER ULTRA STRALING

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN  
DOCTOR IN DE WIS- EN NATUURKUNDE  
AAN DE RIJKSUNIVERSITEIT TE UTRECHT,  
OP GEZAG VAN DEN RECTOR-MAGNIFICUS  
DR. C. W. STAR BUSMANN, HOOGLEERAAR  
IN DE FACULTEIT DER RECHTSGELEERD-  
HEID, VOLGENS BESLUIT VAN DEN SENAA  
DER UNIVERSITEIT TE VERDEDIGEN TEGEN  
DE BEDENKINGEN VAN DE FACULTEIT DER  
WIS- EN NATUURKUNDE OP MAANDAG  
9 JULI 1934 DES NAMIDDAGS TE DRIE UUR

DOOR

ANDREAS HENDRIKUS JOHANNES HUGEN,

ELECTROTECHNISCH INGENIEUR

GEBOREN TE DUIVEN

AMSTERDAM — 1934

N.V. NOORD-HOLLANDSCHE UITGEVERSMAATSCHAPPIJ

BIBLIOTHEEK DER  
RIJKSUNIVERSITEIT  
UTRECHT.





*Aan de nagedachtenis mijner Moeder  
Aan mijn Vader  
Aan mijn Vrouw.*



Bij het voltooien van dit proefschrift, richt ik in de eerste plaats een woord van dank tot U, Hoogleeraren en Oud-Hoogleeraren der Technische Hoogeschool te Delft, voor al hetgeen Gij hebt bijgedragen tot mijne wetenschappelijke vorming en opleiding tot ingenieur.

U, Hooggeleerde ORNSTEIN, hooggeachte promotor, kan ik niet genoeg danken voor de bereidwilligheid, waarmede Gij erin toegestemd hebt, als mijn promotor op te treden. Uw nimmer verflauwende belangstelling in het verloop der proefnemingen, zoowel als in het samenstellen van dit proefschrift heeft diepen indruk op mij gemaakt. Uw raad en hulp, bij het overwinnen van moeilijkheden nooit tevergeefs ingeroepen, hebben mij het leeren betreuren, dat ik niet in engeren zin tot Uwe leerlingen mocht behooren.

Ganz besonders danke ich Ihnen, hochgelehrter Herr Professor WULF, für alles was Sie für mich in diesen Jahren waren; der liebenswürdigen Gastfreundschaft, welche Sie mir in Valkenburg immer wieder erwiesen, der Bereitwilligkeit, mit der Sie mir nicht nur Ihr Laboratorium und Ihre Bibliothek, sondern auch Ihre Zeit und Wissenschaft zur Verfügung stellten, werde ich immer in grösster Dankbarkeit gedenken. Ihre tiefgehende Wissenschaft sowie Ihre bewunderenswerte technische Gewandtheit bildeten die unschätzbaren Voraussetzungen zur idealen Leitung, unter welcher ich diese Dissertation schreiben durfte.

U, Zeergeleerde Heeren VAN CITTERT, MINNAERT, DUBBELD en BLOEMEN, dank ik voor de bereidwillige hulp, mij verleend.

Geachte VAN NEERIJNEN, meer nog dan anders hebt gij U in deze periode in den waren zin een amanuensis betoond. Nimmer deed ik tevergeefs een beroep op Uw vrije tijd of Uwe handigheid in het oplossen van constructieve moeilijkheden. Ik breng U daarvoor mijn oprechten dank.

Ten slotte een woord van hartelijken dank aan allen, die op eenigerlei wijze, hoe dan ook, mij hun steun en hulp verleenden bij het tot standkomen van dit proefschrift.

---



## INLEIDING.

De snaarelectrometers van WULF zijn door hemzelf en anderen op verschillende plaatsen beschreven. Laatstelijk is van de hand van WULF verschenen een meer uitvoerig werk: Die Faden-Elektrometer (Dümmlers Verlag Berlin 1933), waarin zoowel de theoretische grondslagen als de practische gebruiksmogelijkheid uitvoerig wordt uiteengezet. De toepassing van deze electrometers op de meting der hoogtestraling is even oud als hare meting zelve. Dat wij desondanks den één-snaarelectrometer nogmaals meer speciaal aan een onderzoek hebben onderworpen, vindt zijn verklaring in het feit, dat in genoemd werk (blz. 90) een nieuwe schakeling van den electrometer wordt beschreven, welke in bepaalde gevallen zeer waardevolle diensten kan bewijzen. Het is meer in het bijzonder deze labiele schakeling, die wij ons tot voorwerp van onderzoek hebben gekozen en waarover het eerste deel van dit proefschrift zal berichten. Waar wij in de gelegenheid waren reeds eerder gevonden resultaten te toetsen en bevestigd te vinden zoo hebben wij gemeend deze metingen mede te moeten vermelden.

Aan de beantwoording der vraag of de één-snaarelectrometer ook in deze labiele schakeling met vrucht kan worden toegepast bij de registrering der hoogtestraling, zal het tweede deel van dit proefschrift gewijd worden. Ten einde onze taak eenigszins te begrenzen, hebben wij getracht vast te stellen of het mogelijk is met den electrometer in deze schakeling de schommelingen der hoogtestraling, zoo deze bestaan, vast te stellen en de eventueele periodiciteit dezer schommelingen te constateeren. Het is te verwachten, dat de één-snaarelectrometer van WULF, in deze nieuwe schakeling een zeer bruikbaar hulpmiddel zal blijken te zijn bij het onderzoek der hoogtestraling, daar een buiten twijfel stellen van de aanwezigheid der schommelingen en van den aard van deze laatste een schrede nader is ter oplossing van het vraagstuk der herkomst dezer straling.

---

## DEEL I.

### Onderzoek van den één-snaar-electrometer.

#### 1. TOETSING VAN DE ELECTROMETERVERGELIJKING.

Uitgaande van de energievergelijking heeft WULF (l.c. 131 en vlg.) voor den 1-snaar-electrometer een vergelijking afgeleid, welke in haar eenvoudigsten vorm wordt voorgesteld door :

$$x = \frac{p_{01} V_0 V_1}{2R - p_0 V_0^2 - p_1 V_1^2}.$$

Hierin beteekenen:  $x$  de uitslag van de snaar;

$V_0$  en  $V_1$  de potentialen, resp. van snaar en platen ;

$R$  de mechanische richtkracht ;

$p_{01}$ ,  $p_0$  en  $p_1$  coëfficiënten, die alleen afhankelijk zijn van den afstand der platen, en die dus constant zijn bij een bepaalde schakeling.

De voorwaarden, waaronder de labiele toestand van de snaar optreedt, kan men hieruit gemakkelijk afleiden. Voor het geval dat de snaar geaard is, dus  $V_0 = 0$ , volgt voor de potentiaal der platen :

$$V_1 = \sqrt{\frac{2R}{p_1}} \dots \dots \dots (1)$$

anderzijds is in het geval dat de platen geaard zijn, dus  $V_1 = 0$ , de grootte van de snaarpotentiaal bij labiliteit gegeven door de formule

$$V_0 = \sqrt{\frac{2R}{p_0}} \dots \dots \dots (2)$$

Uit de vergelijkingen (1) en (2) volgt, dat in het beschouwde geval de verhoudingen der spanningen  $V_0 : V_1 = \sqrt{p_1} : \sqrt{p_0}$  onafhankelijk is van de richtende kracht  $R$  en constant is, zoolang de grootheden  $p_0$  en  $p_1$  of hun verhouding onveranderd blijven. Waar nu deze grootheden alleen afhangen van de afstanden van de platen tot de snaar, zal men voor bovengenoemde verhouding bij het optreden

van den labielen toestand steeds dezelfde waarde moeten meten, indien men den afstand der platen ongewijzigd laat, doch door meer of minder mechanisch spannen van de snaar de noodige verandering van  $R$  bewerkstelligt.

Verder is het mogelijk de reeks van labiliteitsgevallen, waarvan (1) en (2) elk één voorbeeld geven, verder uit te breiden. Houdt men b.v. den afstand der platen constant en brengt men door verandering der spanning van de snaar den labielen toestand te voorschijn achtereenvolgens bij de waarden  $R_0, R_{-1}, R_{-2}$  <sup>1)</sup>, dan vindt men voor de gewenschte plaatpotentialen resp.:

$$V_1 = \sqrt{\frac{2R_0}{p_1}} \quad V'_1 = \sqrt{\frac{2R_{-1}}{p_1}} \quad V''_1 = \sqrt{\frac{2R_{-2}}{p_1}}$$

Op soortgelijke wijze vindt men voor het geval (2) een reeks van snaarpotentialen, voor te stellen door:

$$V_0 = \sqrt{\frac{2R_0}{p_0}} \quad V'_0 = \sqrt{\frac{2R_{-1}}{p_0}} \quad V''_0 = \sqrt{\frac{2R_{-2}}{p_0}}$$

Hieruit kan men dan de volgende betrekking afleiden:

$$V_1 : V'_1 = V_0 : V'_0 = \sqrt{R_0 : R_{-1}} \text{ en} \\ V'_1 : V''_1 = V'_0 : V''_0 = \sqrt{R_{-1} : R_{-2}}$$

Het is gemakkelijk deze eenvoudige betrekking aan het experiment te toetsen. Immers het oogenblik, waarop de snaar labiel gaat worden, is zeer goed en duidelijk te constateeren. Blijft toch gedurende de geheele meting de snaar in rust, waardoor tevens ongewenschte veranderingen in de richtende kracht vermeden worden, zoo zal juist op het moment, waarop de labiliteit intreedt, deze rusttoestand niet meer gehandhaafd kunnen blijven.

De schakeling wordt nu als volgt ingericht. De potentialen van de snaar, resp. van de met elkaar verbonden platen, worden gemeten met behulp van een geijkten 2-snaar-electrometer. De platen, resp. de snaar, worden met de aarde verbonden. De gewenschte snaar-, resp. plaatspanning wordt verkregen van de vaste platen

<sup>1)</sup>  $R_0, R_{-1}$  en  $R_{-2}$  zijn de waarden der richtkracht, wanneer de snaar vanuit den normalen stand ( $R_0$ ) door resp. 1 en 2 omwentelingen in negatieven zin van de trommel, ontspannen is.



van een goed geïsoleerden, geladen variablen condensator. Verkleint men de capaciteit van dezen condensator, dan wordt de potentiaal verhoogd en daardoor tevens de potentiaal van de snaar of de veldplaten. Men stelt nu een der platen van den 1-snaarelectrometer in op een bepaalden afstand, welke afstand verder onveranderd blijft. De andere plaat wordt vervolgens zoo veel dichterbij gedraaid, dat de snaar bij lage potentiaal gemakkelijk den 0-stand inneemt. Verhoogen wij nu telkens geleidelijk de potentiaal, dan verlaat de snaar weliswaar telkens den 0-stand, doch door voortdurend dichterbij brengen van de andere plaat kunnen wij haar telkens daarin terugdrijven. Tenslotte lukt het niet meer de snaar op haar oorspronkelijk 0-punt in te stellen: de labiele toestand is bereikt. De bijbehorende potentialen kunnen we aflezen op den 2-snaarelectrometer. Deze metingen worden verricht bij verschillende afstanden der platen en verschillende strakheid van de snaar. De strakheid van de snaar wordt gewijzigd door de trommel, waaraan de snaar bevestigd is, één of meer omwentelingen in positieven of negatieven zin t. o. v. den normalen stand te geven (de strakheid van de snaar wordt door het aantal omwentelingen gekarakteriseerd).

We vinden de volgende waarden:

I. Platen geaard:  $V_1 = 0$ .

Strakheid v. d. snaar	Afstand v. d. platen	Voltage v. d. snaar
-1 omw.	5.00—4.66 m.m.	301.4 volt
-1 "	6.00—5.65 "	383.2 "
-2 "	5.00—4.63 "	161.7 "
-2 "	6.00—5.64 "	203.3 "

II. Snaar geaard:  $V_0 = 0$ .

Strakheid v. d. snaar	Afstand der platen	Voltage v. d. platen
-1 omw.	5.00—4.66 m.m.	185.2 volt
-1 "	6.00—5.66 "	211.7 "
-2 "	5.00—4.62 "	99.5 "
-2 "	6.00—5.66 "	112.9 "

Vereenigen wij bovenstaande waarden in een tabel en berekenen wij daaruit de bovengenoemde verhoudingen, dan krijgen we:

Strakheid v/d snaar.	Afstand v/d platen $2 \times 5$ m.m.			Afstand v/d platen $2 \times 6$ m.m.		
	$V_0$	$V_1$	$\sqrt{p_1 : p_0}$	$V_0$	$V_1$	$\sqrt{p_1 : p_0}$
— 1 omw.	301.4	185.2	1.62	383.2	211.7	1.81
— 2 omw.	161.7	99.5	1.63	203.3	112.9	1.82
			gem. 1.62 <sup>5</sup>			gem. 1.81 <sup>5</sup>
$\sqrt{R_{-1} : R_{-2}}$	1.86 <sup>5</sup>	1.86 <sup>1</sup>		1.88 <sup>4</sup>	1.87 <sup>5</sup>	gem. 1.87 <sup>1</sup>

Bovenstaande resultaten overziende, kunnen wij concludeeren: 1°. dat de gevonden waarden onderling zeer goed overeenstemmen; 2°. dat een vergelijking van onze waarden met die door WULF gevonden, alleszins tot bevrediging stemt; 3°. de juistheid van de door WULF opgestelde electrometervergelijking bevestigd is. Opgemerkt dient nog te worden, dat hoewel de gevonden waarden ons een inzicht geven omtrent den invloed van de veranderende strakheid van de snaar op de verhouding van de grootte der richtende kracht, zij ons niets leeren omtrent de grootte zelf van deze kracht. De kennis van deze grootte zou ons van veel nut zijn ter verklaring van een later gevonden onregelmatigheid in het verloop der gevoeligheid van dezen electrometer.

## § 2. ONDERZOEK NAAR DE GEVOELIGHEID.

### a. Bij veldlading.

Bij de metingen, in het tweede deel te bespreken, speelt de gevoeligheid van den electrometer een zeer belangrijke rol. Wij zullen dus een onderzoek moeten instellen ter beantwoording der vragen: welke wijze van schakeling geeft de grootste gevoeligheid; en ten tweede, hoe groot is in dit geval de gevoeligheid. Hoewel, zooals WULF aantoonst (blz. 90 e.v.) de door hem aangegeven labiele schakeling, onder overigens gelijkblijvende verhoudingen,

verreweg de grootste gevoeligheid bezit, zal toch juist èn door de labiliteit èn door die groote gevoeligheid zelve, deze schakeling minder verkieslijk zijn, te meer daar voor het te behandelen probleem de allerhoogste gevoeligheid geen strikte eisch is. In het algemeen toch zal in verband met de nauwkeurigheid die schakeling de voorkeur verdienen, waarbij met groote gevoeligheid een lineair verloopende ijk-kromme gecombineerd kan worden, d.w.z. waarbij over een zoo groot mogelijk deel der schaal de uitslagen evenredig zijn met de optredende potentiaalverschillen.

Als eerste aan een onderzoek te onderwerpen schakeling kiezen we ter inleiding en tot vermeerdering van het inzicht in het gedrag van den electrometer, de z.g. schakeling met veldlading, waarbij de snaar voortdurend geaard blijft, terwijl de platen op een veranderlijke potentiaal gebracht worden. Deze variabele spanning wordt genomen van 3 in serie geschakelde anode-batterijen, waarvan de spanning 217,4 volt bedraagt. Deze spanning wordt gemeten met den 2-snaarelectrometer.

De negatieve pool van deze batterij wordt verbonden met de platen, terwijl de positieve pool wordt dóórverbonden met een aftakbare batterij van WESTON-normaalelementen, waarvan de pos. pool geaard is, zoodat het mogelijk is de bovengenoemde spanning der anodebatterijen in trappen van 1 volt, te vergrooten met  $-50$  volts; resp. te verkleinen met  $+50$  volts door omkeering der WESTON-batterij. De negatieve plaatspanning kan verkleind worden door een of meer der anodebatterijen, hetzij geheel, hetzij gedeeltelijk uit te schakelen. De spanning wordt dan aan den 2-snaarelectrometer afgelezen. Het verschuifbare microscoop van den electrometer wordt zóó geplaatst, dat de snaar op rusttoestand op streep  $-40$  ingesteld staat. De spanning van  $-217,4$  volt wordt op de platen gebracht en bij een snaarstrakheid van  $-1$  omwenteling wordt door verschuiving der platen, zooals vroeger beschreven, de labiele toestand ingesteld. De afstand der platen tot de snaar blijkt dan 6,23 mm. en 5,80 mm. te bedragen, terwijl de snaar op streep  $-36,8$  blijft staan. De negatieve plaatspanning wordt nu telkens met 1 volt vergroot en de uitslag waargenomen. Hierbij blijkt, dat een vergroting der spanning van 10 volt de snaar uit het gezichtsveld doet verdwijnen, terwijl een spanningsverandering tot  $-195,7$  volt noodig is, om

de snaar weer den oorspronkelijken stand van  $-40$  te doen innemen.

TABEL I.  
6.23 — 5.80 m.m.

Plaatspanning.	Uitslag.
$- 195.7$ v	$- 40$
$217.4$ v	$- 36.8$
8	$- 32.5$
9	$- 21.1$
$220.4$	$- 6.2$
1	$+ 6.0$
2	$16.2$
3	$25.1$
4	$33.2$
5	$40.5$
6	$47.2$
$- 7$	$-$

TABEL II.  
6.23 — 5.90 m.m.

Plaatspanning.	Uitslag.
$- 172.7$ v	$- 37.0$
$- 195.7$	$32.7$
$- 206.9$	$25.5$
7	$24.1$
8	$22.8$
9	$21.0$
10	$19.1$
11	$16.9$
12	$14.1$
13	$10.9$
14	$7.1$
15	$- 2.9$
16	$+ 2.0$
$217.4$	$+ 5.9$
8	$11.8$
9	$17.6$
20	$23.8$
21	$29.7$
22	$35.6$
23	$41.4$
24	$+ 47.1$
$- 25$	$-$

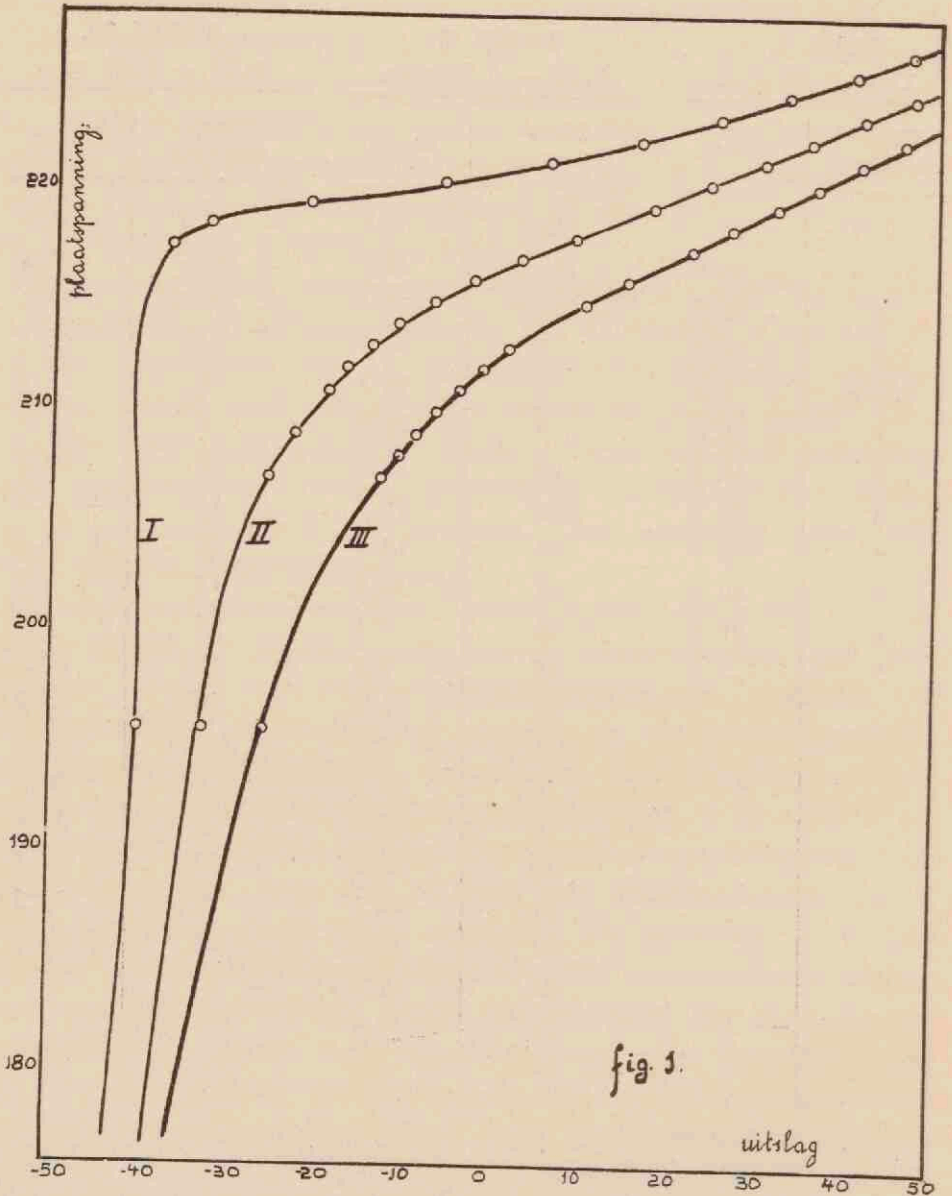
TABEL III.  
6.23 — 6.00 m.m.

Plaatspanning.	Uitslag.
$- 172.7$ v	$- 33.8$
$- 195.7$	$25.8$
$- 206.9$	$13.2$
7	$11.2$
8	$9.2$
9	$6.9$
10	$4.1$
11	$- 1.2$
12	$+ 2.1$
13	$6.7$
14	$9.8$
15	$13.9$
16	$18.2$
$217.4$	$21.8$
8	$26.6$
9	$31.4$
20	$36.3$
21	$41.3$
22	$+ 46.3$
$- 23$	$-$

Uit de kromme, geteekend voor de waarden van tabel I blijkt, dat de gevoeligheid beneden den labielen toestand ( $-217,4$  v.) practisch 0 is, terwijl deze dan plotseling toeneemt tot een bedrag van gemiddeld 10 streep per volt, waarbij echter schommelingen optreden, die de bruikbaarheid van het instrument in dit gebied ongunstig beïnvloeden.

Ten einde deze ongunstige invloeden te elimineeren, wordt nu

achtereenvolgens de rechterplaat 0,1 en 0,2 mm. verder weg gedraaid, terwijl de linkerplaat den oorspronkelijken afstand van



6,23 mm. behoudt. Onder overigens gelijke omstandigheden worden nu 2 series waarnemingen verricht, waarvan de uitkomsten in tabel II en III zijn vereenigd. Fig. 1 geeft de bijbehorende krommen.

Men kan uit deze krommen afleiden, dat met toenemenden af-

stand der platen de gevoeligheid kleiner wordt. Uit tabel II blijkt, dat zij in het gunstigste gebied tot cc. 6 streep per volt en uit tabel III tot cc. 5 streep per volt daalt.

Daar de gevoeligheid in II nog altijd zeer hoog is, en daar de schakeling zich in een groot gebied stabiel en lineair gedraagt, zal het instrument onder deze omstandigheden, waarbij het dus zeer dicht bij den labielen toestand gebruikt wordt, een groote gebruiksmogelijkheid bezitten.

b. *Bij lading van de snaar.*

Hoewel de zoo juist beschreven ijking een duidelijk inzicht geeft in het gedrag van den electrometer zeer dicht bij den labielen toestand, hebben wij voor ons doel een andere schakeling noodig en wel die, waarbij, in tegenstelling met het voorafgaande, de platen een constante potentiaal bezitten, terwijl het voltage van de snaar gevarieerd wordt. De gang van zaken zal ook hier in het algemeen dezelfde zijn: het zoeken eenerzijds van de maximale gevoeligheid, anderzijds van het gebied waar groote gevoeligheid met een lineair verloop der ijkkromme gepaard gaat. Hierbij kan men weer uitgaan van een bepaalde labiele schakeling en van den daardoor gegeven toestand uit den invloed op de ijkkromme onderzoeken, door het verwijderen van één der platen veroorzaakt. Weliswaar zal de invloed hiervan te voren voorspeld kunnen worden; doch het aantal labiele toestanden, waarvan men kan uitgaan, is zóó talrijk, dat een systematisch onderzoek naar de verschillende grootheden, die zulk een schakeling bepalen, een vereischte is.

Afgezien van eenige bijzonderheden, die ter betreffende plaatse nog vermeld zullen worden, kan onderstaande beschrijving gelden voor de geheele serie van de hierna volgende metingen.

Aan de platen wordt een constante negatieve spanning gelegd, verkregen van één of meerdere in serie geschakelde anodebatterijen, waarvan de positieve pool aan aarde gelegd is. Deze spanning wordt gemeten met behulp van den 2-snaarelectrometer van WULF. De strakheid van de snaar van den te onderzoeken electrometer wordt door draaiing van den trommel op de gewenschte waarde ingesteld. Dan wordt de labiele toestand van de snaar teweeggeroepen, door, terwijl de snaar voortdurend geard blijft, de platen vanuit haar verst verwijderden toestand steeds nader en nader

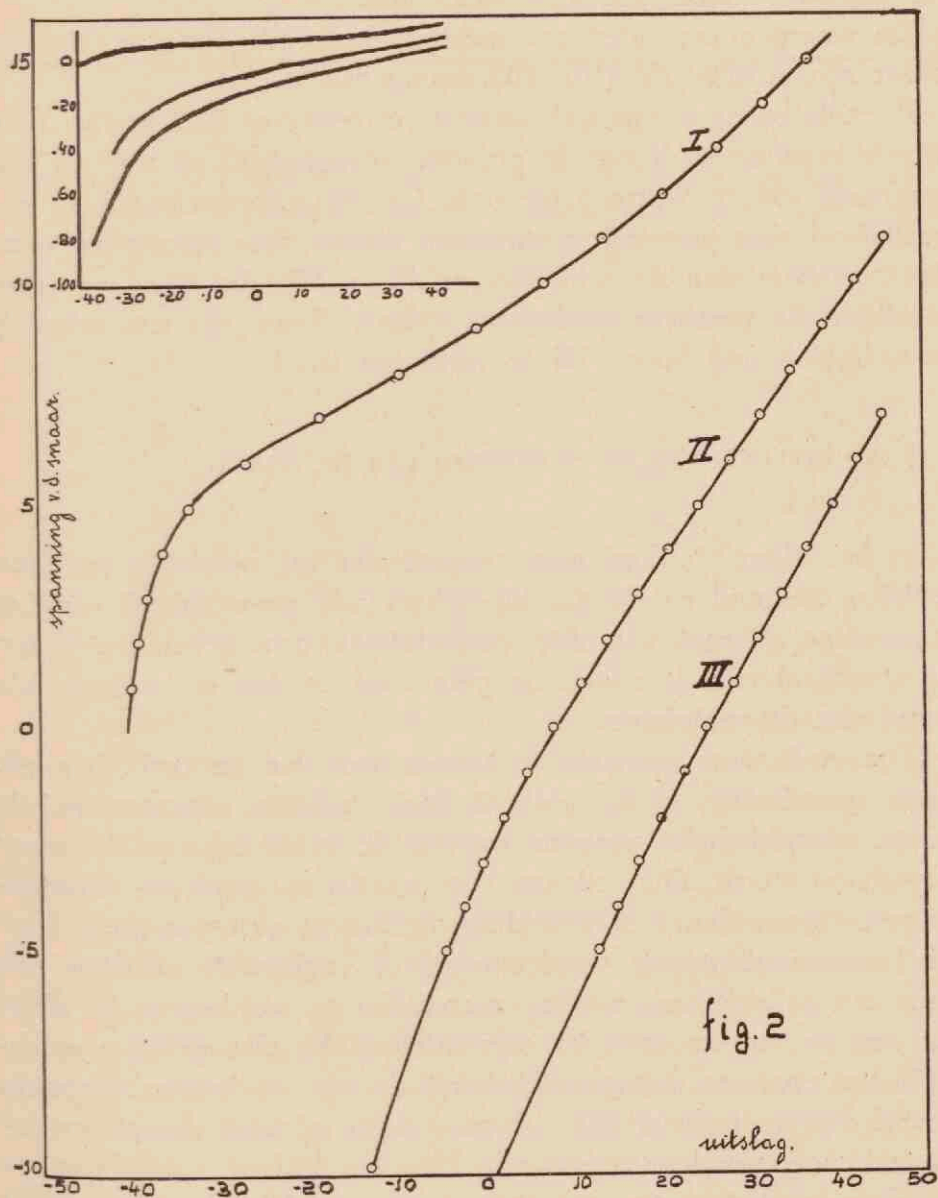
TABEL IV.

I.		II.		III.	
Spanning v/d snaar.	Uitslag.	Spanning v/d snaar.	Uitslag.	Spanning v/d snaar.	Uitslag.
+ 1 volt	- 39.8	- 40 volt	- 32	- 100 volt	- 39.5
2	38.8	35	30.4	80	37.2
3	37.8	30	29.8	60	33.8
4	36.0	25	26.5	50	31.0
5	33.0	20	23.5	40	27.3
6	26.5	15	19.4	30	21.8
7	18.1	10	13.3	25	18.1
8	9.0	5	4.6	20	13.0
9	- 0.3	4	- 2.2	15	- 6.5
10	+ 7.4	3	0	10	+ 1.9
11	14.2	2	+ 2.2	5	12.3
12	20.9	- 1	5.0	4	14.8
13	26.9	0	7.9	3	17.1
14	32.3	+ 1	10.9	2	19.9
15	37.7	2	14.0	- 1	22.3
+ 16	+ 42.7	3	17.2	0	25.0
		4	20.8	+ 1	28.0
		5	24.1	2	31.0
		6	27.9	3	33.8
		7	31.3	4	36.7
		8	35.0	5	39.7
		9	38.8	6	42.7
		10	42.4	+ 7	+ 45.7
		+ 11	+ 46.1		

bij de snaar te brengen, totdat een verdere verschuiving, hoe gering ook, de snaar over een groot gebied doet uitslaan.

Na het instellen van den labielen toestand wordt aan de snaar een positieve spanning gelegd, die verkregen wordt uit de aftakbare batterij van WESTON-elementen, zoodanig dat de snaar het geheele gezichtsveld van  $-40$  tot  $+40$  doorloopt. Zijn de bij elkaar behorende uitslagen en spanningen genoteerd, dan wordt

de rechterplaat weer resp. 0,1 en 0,2 mm. verwijderd en een zelfde reeks waarnemingen verricht; ook negatieve potentialen worden



aan de snaar aangelegd. Is de benodigde snaarspanning groter dan 50 volt, dan kan een anodebatterij met de WESTON-elementen in serie geschakeld worden.

Bij onze eerste reeks waarnemingen bedroeg:  
de constante spanning van de platen  $-217,4$  volt;



de strakheid van de snaar —1 omwenteling;  
de afstanden der beide platen resp. I 6,26—5,95 mm. (labiel);  
II. 6,26—6,05 mm.; III. 6,26—6,15 mm.

De waargenomen uitslagen met bijbehorende spanning van de snaar zijn in tabel IV (blz. 10) saamgebracht.

Evenals bij de vorige ijk-krommen vertoont ook hier in fig. 2 de labiele kromme wederom de grootste gevoeligheid en wel tot een maximum van  $\pm 9$  streep per volt. Groote schommelingen en gevoeligheid voor uitwendige storingen maken deze schakeling minder bruikbaar dan de schakelingen II en III, die door meerdere stabiliteit de voorkeur verdienen, waarbij II wegens iets grootere gevoeligheid nog boven III te verkiezen is.

### § 3. INVLOED VAN DE STRAKHEID VAN DE SNAAR.

In het algemeen kan men zeggen, dat het optreden van den labielen toestand en de daarbij behorende gevoeligheid van het instrument afhangt van drie veranderlijke grootheden, te weten de strakheid van de snaar, de potentiaal en den onderlingen afstand van de veldplaten.

Ten einde een overzicht te krijgen van den invloed, dien elk dezer grootheden op de labiliteit heeft, worden allereerst enkele series waarnemingen verricht waarbij de strakheid van de snaar gevarieerd wordt. Om redenen van practischen aard, — veranderingen, kleiner dan 1 omwenteling, hebben te geringen invloed en de kans op vergissing wordt grooter — zullen de variaties telkens een geheele omwenteling verschillen en wel binnen de grenzen van —2 tot en met +1 omwenteling. Bij elke gekozen strakheid kan men nu het gemakkelijkst de aan te leggen spanning vooraf kiezen, waarna dan de gewenschte afstand der platen ingesteld moet worden.

Waar eenerzijds, ter verkrijging van duidelijke verschillen, het onderscheid in plaatsspanning niet te gering mag zijn, en dus het aantal der spanningen beperkt is, zal anderzijds de afstand der platen zoowel door het aangelegde voltage zelf, als door de afmetingen van het instrument, op dusdanige wijze aan bepaalde grenzen gebonden zijn, dat het aantal van elkaar duidelijk onder-

scheiden labiele schakelingen veel geringer wordt dan de bovenvermelde drie variabele grootheden doen vermoeden.

TABEL V.

I.		II.				III.	
Spanning v/d snaar.	Uit-slag.	Spanning v/d snaar.	Uit-slag.	Spanning v/d snaar.	Uit-slag.	Spanning v/d snaar.	Uit-slag.
+ 1 v	0.8	- 30 v	19.1	- 2	71.9	- 30 v	32.3
2	4.1	20	27.9	- 1	75.8	20	45.5
3	30.1	10	45.8	0	79.8	10	67.5
4	45.6	9	48.5	+ 1	83.9	9	70.2
5	56.6	8	51.3	2	88.0	8	73.1
6	66.4	7	54.3	3	92.2	7	76.0
7	74.7	6	57.5	+ 4	96.5	6	79.1
8	82.1	5	60.9			- 5	82.2
9	88.9	4	64.3			0	99.0
+ 10	95.3	- 3	68.1				

Op geheel analoge wijze als bij de voorafgaande ijking bepalen we ook hier weer het verband tusschen uitslag en potentiaal van de snaar in den labielen toestand I en na de rechterplaat resp. 0,1 mm. (II) en 0,2 mm. (III) verwijderd te hebben en wel bij de volgende gegevens:

Snaarstrakheid 0, spanning der platen 273,1 volt, afstand der platen 5,30—4,98 mm. 5,30—5,08 mm. 5,30—5,18 mm. (zie tabel V).

Bij onveranderde strakheid 0 van de snaar wordt nu aan de platen een potentiaal van 317,1 volt gebracht. De labiele toestand van de snaar blijkt nu op te treden, bij een afstand der platen van 6,30 mm. en 6,00 mm. (I). De tabellen II en III behooren dan bij een afstand van de rechterplaat van resp. 6,10 mm. en 6,20 mm. Zie tabel VI.

Ten slotte gelukt het nog bij onveranderde strakheid 0 van de snaar een derde duidelijk onderscheiden reeks waarnemingen te doen en wel bij een afstand der platen van resp. 7,85—7,57 mm., 7,85—7,67 mm. en 7,85—7,77 mm. Deze afstanden werden ge-

vonden nadat de platen op een potentiaal van 439,3 volt gebracht waren, welke verkregen is door de steeds gebruikte 3 anode-

TABEL VI.

I.		II.				III.	
Spanning v/d snaar.	Uit-slag.	Spanning v/d snaar.	Uit-slag.	Spanning v/d snaar.	Uit-slag.	Spanning v/d snaar.	Uit-slag.
+ 1 v	14.7	- 40 v	15.0	- 4	67.2	- 40 v	28.5
2	32.0	35	17.6	3	70.5	30	38.0
3	43.8	30	20.8	- 2	74.0	25	44.3
4	53.0	25	25.0	- 1	77.2	20	52.3
5	61.0	20	30.8	0	80.2	15	62.1
6	68.0	15	38.9	+ 1	83.9	10	74.0
7	74.3	10	49.8	2	87.3	5	86.9
8	80.1	9	52.3	3	90.8	4	89.5
9	85.5	8	55.0	4	94.2	3	92.3
10	90.8	7	58.0	+ 5	97.6	2	95.0
11	96.0	6	61.0			- 1	97.8
+ 12	100.2	- 5	64.0			0	100.2

batterijen in serie te schakelen met een accu-batterij, waarvan de spanning 122,2 volt bedraagt. We vinden dan: tabel VII.

De bij deze tabellen behorende grafische voorstellingen zijn geteekend en in groepen van 3 resp. gemerkt  $\odot$ ,  $\circ$  en  $\oplus$ ; fig. 3, naar gelang zij behooren bij de resp. afstanden der platen van 5,30 mm., 6,30 mm. en 7,85 mm. Van elke groep van 3, als geheel beschouwd, kan weer hetzelfde gezegd worden, wat vroeger werd opgemerkt; te weten de labiele krommen vertoonen weer de grootste gevoeligheid, echter is haar verloop te weinig lineair. De andere 2 krommen van elke groep wijzen weliswaar op mindere gevoeligheid, doch de bruikbaarheid zal grooter zijn tengevolge van het meer rechthoekig karakter der ijk-kromme. Van elke ondergroep van 2 wijst de kromme II weer op de grootste gevoeligheid.

Vergelijkt men de krommen als groep met elkaar, dan blijkt dat de gevoeligheid in de boven aangegeven volgorde afneemt. Derhalve ligt de conclusie voor de hand, dat bij gelijkblijvende strak-

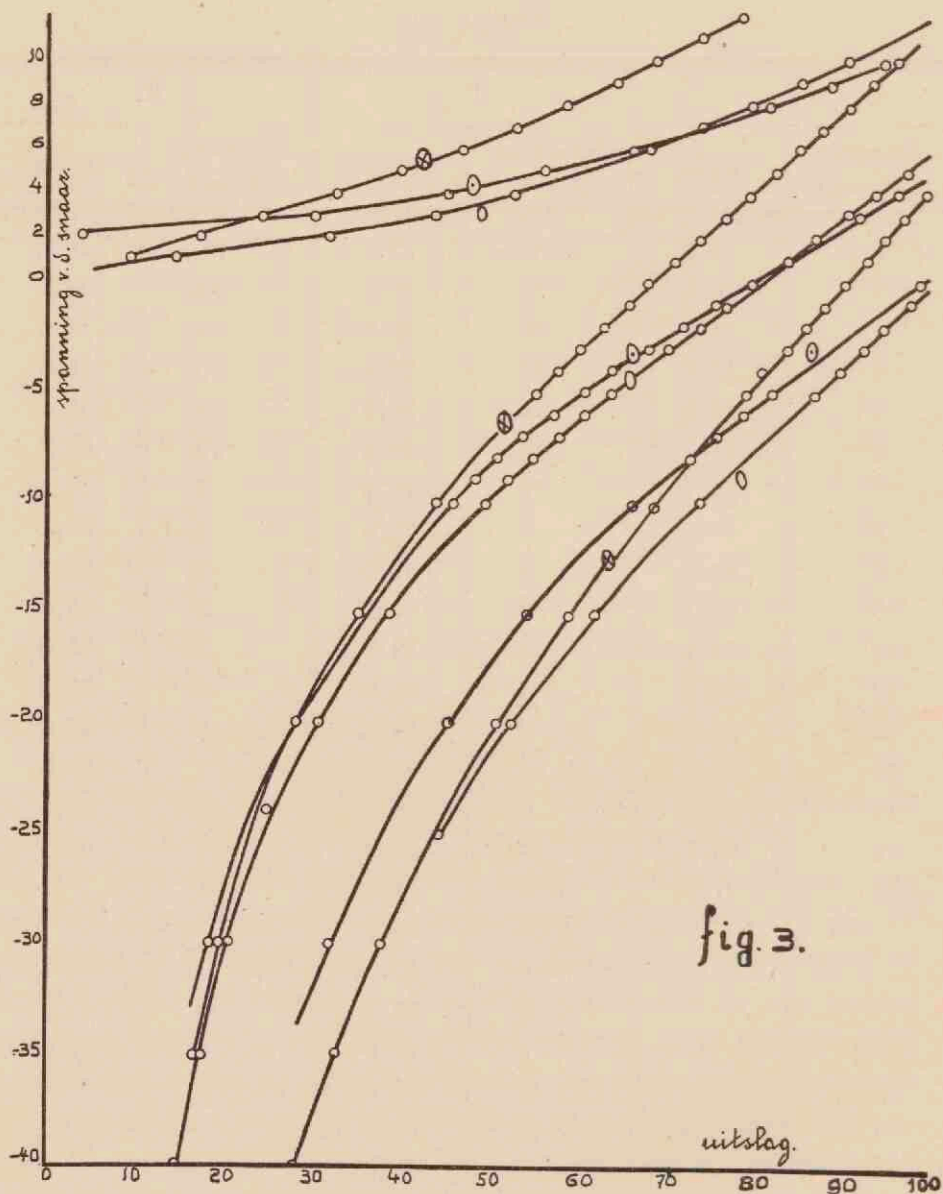
heid van de snaar de gevoeligheid van het instrument toeneemt met het afnemen van den afstand der platen.

TABEL VII.

I		II		III	
Spanning v/d snaar	Uitslag	Spanning v/d snaar	Uitslag	Spanning v/d snaar	Uitslag
+ 1 v.	12.0	- 40 v.	15.0	- 40 v.	29.3
2	17.5	35	17.1	35	33.2
3	24.6	30	20.2	30	38.0
4	32.8	25	23.8	20	51.0
5	40.2	20	28.9	15	59.1
6	47.1	15	35.3	10	68.9
7	53.5	10	44.2	5	79.3
8	59.2	5	55.6	4	81.2
9	64.7	4	58.0	3	83.7
10	69.3	3	60.5	2	85.9
11	74.3	2	63.1	- 1	88.0
12	78.9	- 1	66.0	0	90.5
13	83.0	0	68.2	+ 1	92.8
14	87.0	+ 1	71.1	2	95.0
15	90.8	2	74.0	3	97.2
16	94.2	3	77.0	+ 4	99.5
+ 17	97.9	4	79.8		
		5	82.5		
		6	85.3		
		7	88.1		
		8	91.0		
		9	93.8		
		10	96.4		
		+ 11	99.2		

Uitgaande van de normale strakheid van de snaar, 0 omwentelingen, verhoogden we nu eerst de strakheid met één trommelomwenteling in positieven zin, (+ 1) en na vele vergeefsche pogingen gelukte het tenslotte den labielen toestand van de snaar te voorschijn te brengen bij een plaatspanning van 406,8 v., ter-

wijl de afstanden der platen bedroegen 5,30—5,00 mm.; resp. 5,10 en 5,20 mm. Als resultaat vinden we tabel VIII (blz. 17).



Behalve het reeds meerdere malen vermelde aangaande de gevoeligheid bij vergelijking der 3 krommen (fig 4) onderling, leert een blik op de krommen van deze en de vorige groepen, dat vermeerdering van de strakheid van de snaar vermindering van de gevoeligheid tengevolge heeft.

TABEL VIII.

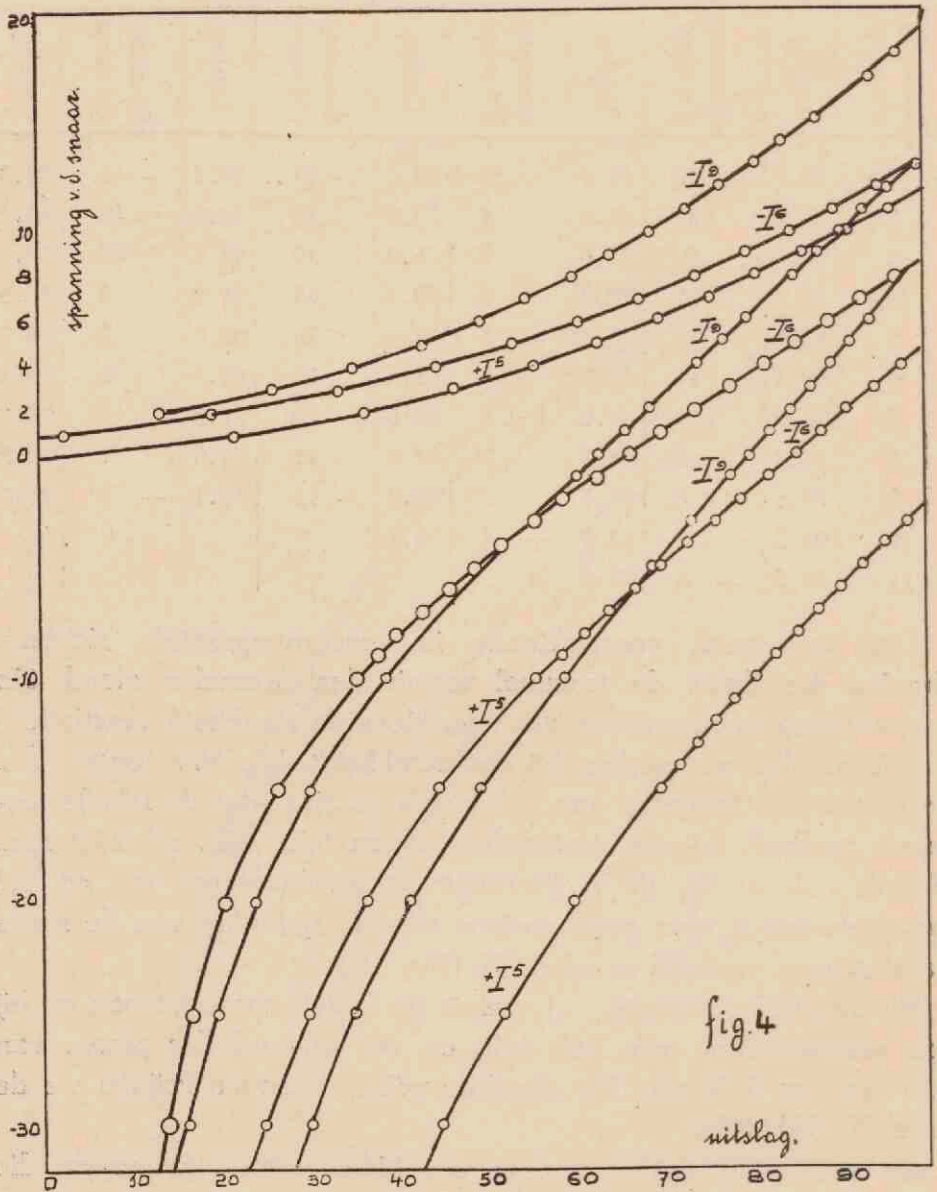
I		II				III			
Spanning v/d snaar	Uitslag	Spanning v/d snaar	Uitslag	Spanning v/d snaar	Uitslag	Spanning v/d snaar	Uitslag	Spanning v/d snaar	Uitslag
+ 1 v.	22.0	- 40	18.2	- 5	70.0	- 40 v.	34.2	- 11	78.3
2	36.8	35	21.2	4	73.0	35	39.0	10	80.7
3	47.0	30	25.0	3	76.0	30	45.0	9	83.0
4	55.9	25	29.9	2	79.2	25	51.8	8	85.5
5	63.0	20	36.1	- 1	82.4	20	60.0	7	88.0
6	69.8	15	44.8	0	85.4	15	69.7	6	90.5
7	75.8	10	56.0	+ 1	88.8	14	71.9	5	93.0
8	81.2	9	58.8	2	92.0	13	74.0	4	95.5
9	86.5	8	61.2	3	95.0	- 12	76.1	- 3	98.0
10	91.3	7	63.9	+ 4	98.1				
+ 11	96.2	- 6	67.0						

Ons onderzoek voortzettende in tegenovergestelde richting, draaien we thans de trommel vanuit den normalen stand één omwenteling in negatieven zin, waardoor de strakheid verminderd wordt, zoodat we werken bij een strakheid  $-1$ . We leggen aan de platen een spanning van 317,1 volt en zien, dat de labiele toestand optreedt bij een platenafstand van 9,27 mm. en 9,00 mm. Wordt ook hierbij de rechterplaat achtereenvolgens 0,1 en 0,2 mm. verwijderd, dan geeft variatie van de spanning van de snaar de uitslagen, vermeld in tabel IX (blz. 19).

Bij dezelfde strakheid  $-1$ , treedt de labiele toestand ook op bij een plaatspanning van 217 volt, en een afstand der platen van 6,11 mm. en 5,78 mm. Op dezelfde wijze als boven krijgen we de tabel X (blz. 20).

De verschillen in het verloop der bijbehorende krommen, die wij reeds meerdere malen vermeldden, treden hier nog duidelijker in het oog, daar het onderscheid in afstand der platen bij deze 2 reeksen waarnemingen grooter is. Als bijzonderheid dient nog vermeld te worden het merkwaardige feit, dat de kromme behorende bij waarnemingsreeks III van deze groep zoo goed als geheel

samenvalt met de kromme behoorend bij waarnemingsreeks II van de voorafgaande groep (+1, 406,8, 5,10 mm.)



Als laatste reeks volgen nu nog de waarnemingen, gedaan bij de strakheid van de snaar —2 omw. Drie reeksen van 3 aflezingen werden hiervan opgenomen, te weten:

1e. strakheid van de snaar —2, plaatsspanning 351,6 v., afstand  
 14,83—14,57  $\begin{matrix} +0.1 \\ +0.2 \end{matrix}$

2e. strakheid van de snaar —2, plaatspanning 212,4 v., afstand  
11,58—11,30  $\begin{smallmatrix} +0.1 \\ +0.2 \end{smallmatrix}$

3e. strakheid van de snaar —2, plaatspanning 111,6 v.; afstand  
5,70—5,34  $\begin{smallmatrix} +0.1 \\ +0.2 \end{smallmatrix}$

Zie fig. 5 en tabellen XI (blz. 22 en 23).

TABEL IX.

I.		II.		III.	
Spanning v/d snaar.	Uitslag.	Spanning v/d snaar.	Uitslag.	Spanning v/d snaar.	Uitslag.
+ 1 v	2.3	— 40 v	12.0	— 40 v	22.2
2	13.5	35	14.9	35	25.8
3	26.3	30	16.2	30	29.8
4	35.4	25	19.6	25	35.0
5	43.2	20	24.0	20	41.4
6	49.3	15	30.1	15	49.2
7	54.9	10	38.9	10	58.8
8	60.0	5	50.0	5	69.2
9	64.5	4	52.5	4	71.3
10	69.0	3	55.2	3	73.6
11	73.0	2	58.0	2	76.0
12	77.0	— 1	60.6	— 1	78.0
13	80.8	0	63.2	0	80.2
14	84.2	+ 1	66.0	+ 1	82.5
15	87.8	2	68.9	2	85.0
16	91.0	3	71.6	3	87.1
17	94.2	4	74.4	4	89.3
18	97.2	5	77.1	5	91.8
+ 19	100.1	6	80.0	6	94.0
		7	82.8	7	96.2
		8	85.3	+ 8	98.2
		9	88.0		
		10	90.7		
		11	93.3		
		12	96.0		
		+ 13	98.5		



§ 4. OVERZICHT EN VERDER ONDERZOEK VAN DEN INVLOED DER STRAKHEID VAN DE SNAAR.

Wanneer wij de resultaten, met de voorafgaande waarnemingen bereikt, overzien, dan blijkt, dat van elk 3-tal krommen, diegene de meest bruikbare is, welke verkregen wordt door uit den labielen

TABEL X.

I.		II.		III.	
Spanning v/d snaar.	Uitslag.	Spanning v/d snaar.	Uitslag.	Spanning v/d snaar.	Uitslag.
+ 1 v	3.0	— 40 v	10.0	— 40 v	18.2
2	19.5	35	11.2	35	21.3
3	34.2	30	13.8	30	25.1
4	45.0	25	16.5	25	30.0
5	53.7	20	20.5	20	36.6
6	61.0	15	26.6	15	45.0
7	67.9	10	35.7	10	56.0
8	74.0	9	38.0	9	58.8
9	79.7	8	40.3	8	61.2
10	85.0	7	43.0	7	64.0
11	90.0	6	46.0	6	66.8
12	94.8	5	49.0	5	69.7
+ 13	99.2	4	52.2	4	72.6
		3	55.7	3	75.8
		2	59.1	2	78.7
		— 1	62.8	— 1	81.8
		0	66.5	0	84.8
		+ 1	70.2	+ 1	88.0
		2	74.0	2	91.1
		3	78.0	3	94.3
		4	81.8	+ 4	97.5
		5	85.7		
		6	89.3		
		7	93.1		
		+ 8	97.0		

toestand de rechterplaat 0,1 mm. te verwijderen. Wij bepalen in elk van deze krommen de gevoeligheid in het lineair gedeelte. De gevonden uitkomsten zijn in tabel XII op blz. 24 vereenigd.

Uit dit overzicht blijkt:

- 1°. bij gelijkblijvende strakheid van de snaar wordt de gevoeligheid groter, naarmate de platenafstand kleiner wordt;
- 2°. bij gelijkblijvend afstand der platen wordt de gevoeligheid groter naarmate de strakheid van de snaar kleiner wordt;

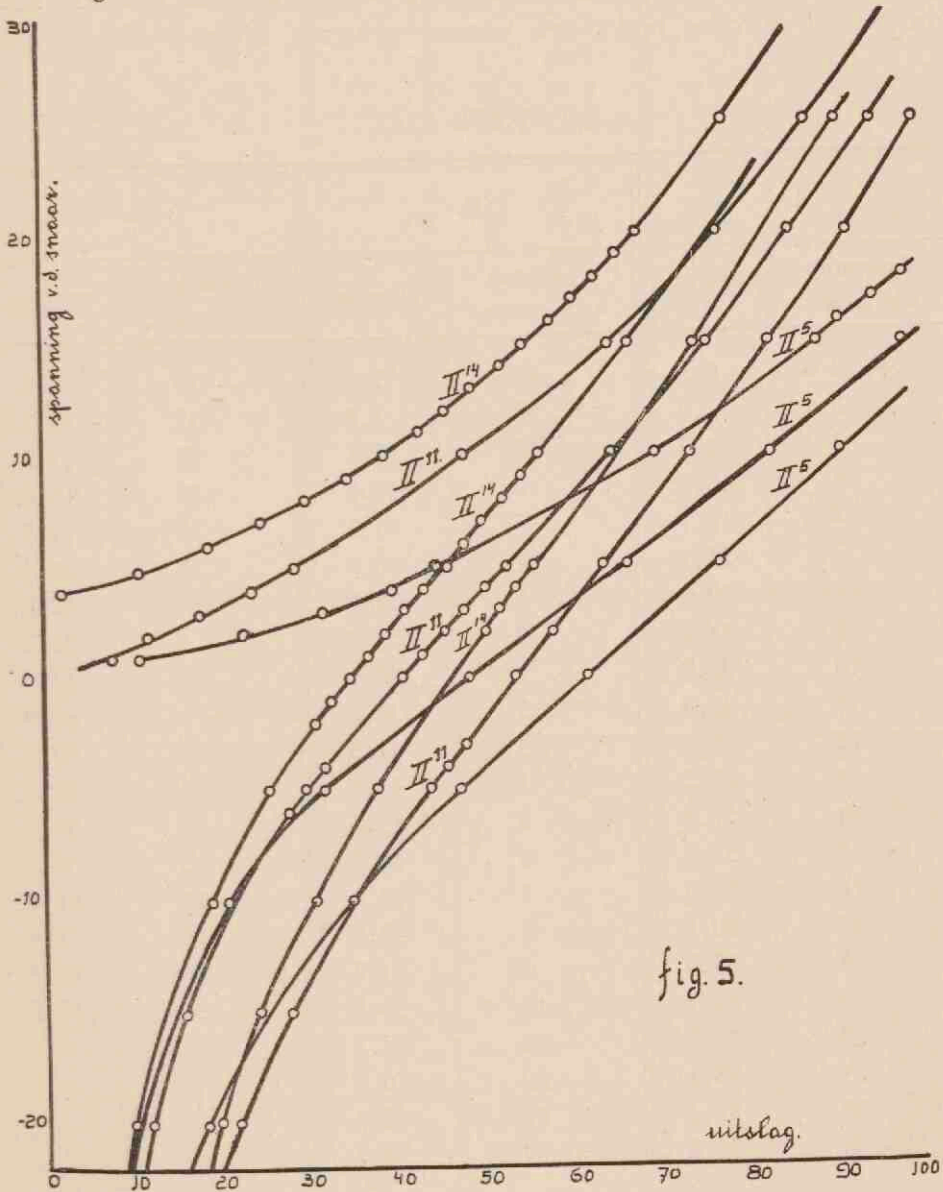


fig. 5.

3°. een uitzondering op de sub 2°. getrokken conclusie schijnt op te treden, wanneer de strakheid van de snaar kleiner gemaakt wordt dan  $-1$ .

Als van zelf rijst nu de vraag, bestaat bovengenoemde uitzondering werkelijk of is zij in bovenstaande metingen slechts het gevolg van toevallig optredende storingen, afleesfouten, of dergelijke? Ten einde op deze vraag een definitief antwoord te kunnen geven, worden 2 nieuwe reeksen van waarnemingen gedaan, zoodanig dat in elke reeks een vooraf gekozen afstand der platen

TABEL XIa.

I.		II.		III.	
Spanning v/d snaar.	Uitslag.	Spanning v/d snaar.	Uitslag.	Spanning v/d snaar.	Uitslag.
+ 2 v	0.5	- 40 v	5.1	- 40 v	9.6
3	1.0	30	7.2	35	11.2
4	2.3	20	11.1	30	13.3
5	10.9	10	19.0	25	16.0
6	19.1	5	25.7	20	19.8
7	25.1	2	30.9	15	24.4
8	30.2	- 1	32.9	10	30.8
9	34.8	0	35.0	- 5	38.2
10	38.9	+ 1	37.1	0	47.0
11	42.9	2	39.2	+ 1	48.9
12	46.1	3	41.3	2	50.5
13	49.3	4	43.5	3	52.2
14	52.5	5	45.8	4	54.1
15	55.1	6	48.0	5	56.1
16	58.0	7	50.2	10	65.3
17	60.7	8	52.5	15	74.4
18	63.0	9	54.7	25	90.8
19	65.3	10	56.8	+ 30	98.0
20	67.8	15	67.1		
25	78.1	20	76.5		
30	87.4	25	85.3		
+ 35	95.8	+ 30	93.5		

TABEL XIb.

I.		II.		III.	
Spanning v/d snaar.	Uitslag.	Spanning v/d snaar.	Uitslag.	Spanning v/d snaar.	Uitslag.
+ 1 v	8.0	- 30 v	7.9	- 40 v	10.4
2	12.0	25	9.7	30	14.8
3	18.0	20	12.1	25	18.0
4	24.0	15	15.9	20	22.2
5	29.0	10	21.5	15	27.8
10	47.6	6	28.1	10	35.1
15	64.8	5	30.0	5	44.1
20	77.1	- 4	32.2	4	46.2
25	87.5	0	40.9	- 3	48.2
+ 30	96.9	+ 1	43.2	0	54.0
		2	45.8	+ 2	58.2
		3	48.1	5	64.1
		4	50.6	10	73.9
		5	53.0	15	83.1
		10	64.9	20	92.0
		15	75.8	+ 25	100.0
		20	85.5		
		+ 25	94.8		

TABEL XIc.

I.		II.		III.	
Spanning v/d snaar.	Uitslag.	Spanning v/d snaar.	Uitslag.	Spanning v/d snaar.	Uitslag.
+ 1 v	11.3	- 20 v	10.0	- 40 v	6.3
2	23.1	10	20.9	30	10.9
3	31.9	- 5	32.4	25	14.1
4	39.8	0	48.2	20	18.8
5	45.2	+ 5	66.5	15	25.4
10	70.0	10	83.0	10	35.0
15	88.6	+ 15	98.2	- 5	47.5
16	91.2			0	62.0
17	95.3			+ 5	76.9
+ 18	98.5			+ 10	91.1

constant wordt ingesteld, terwijl dan door regeling van de strakheid van de snaar bij een bepaalde plaatspanning de labiele toestand te voorschijn wordt geroepen. (Meestal zal dan een kleine bijregeling van enkele honderdste mm. noodzakelijk zijn.) Is de labiele toestand eenmaal bereikt, dan wordt de rechterplaat 0,1 mm. teruggedraaid om een toestand, overeenkomend met dien welke in het voorafgaande gebruikt werd, te bereiken.

Begonnen wordt met het instellen van een strakheid van de snaar van +1 omwenteling. Aan de platen wordt een spanning

TABEL XII.

Strakheid v/d snaar.	Afstand v/d platen.	Plaatspanning	Gevoeligheid in $\frac{\text{streep}}{\text{volt}}$
+ 1 omw.	5.30—5.00mm.	406.8 volt	3.38
0	7.85— 7.57	439.3	2.83
0	6.30— 6.00	317.1	3.48
0	5.30— 4.98	273.1	4.20
— 1	9.27— 9.00	317.1	2.74
— 1	6.11— 5.78	217.0	3.84
— 2	14.83—14.57	351.6	2.39
— 2	11.58—11.30	212.4	2.43
— 2	5.70— 5.34	111.6	3.02

gelegd van 439,3 volt. De labiele toestand treedt dan op bij een afstand der platen van 6,48—6,19 mm. Verandering van de potentiaal van de snaar bij een afstand 6,48—6,29 mm. geeft dan de uitslagen vermeld in tabel a.

De linkerplaat blijft nu op 6,48 mm. staan. De nu aangelegde plaatspanning bedraagt 316,9 volt. Wordt nu de strakheid van de snaar verminderd tot —0,6 omwenteling, dan blijkt de snaar zoo goed mogelijk labiel te worden, wanneer de rechterplaat op 6,18 mm. staat. Daarna wordt deze teruggedraaid tot 6,28 mm. Zie tabel b.

Tabel c geeft de uitslagen van de snaar met de bijbehorende

voltages voor het geval, dat de plaatspanning 216,2 volt, de strakheid  $-1,1$  omwenteling en de afstand 6,48—6,26 mm. bedraagt.

Wanneer ten slotte de spanning aan de platen 107,2 volt bedraagt, treedt de gewenschte toestand in bij een strakheid van  $-2,1$  omw., terwijl dan de afstand der platen 6,48—6,23 mm. blijkt te bedragen. De bij elkaar behoorende waarden zijn vereenigd in tabel d.

Bij de 2e serie waarnemingen wordt de linkerplaat op constant 5,15 mm. gehouden. De andere grootheden, die op dezelfde wijze, als zoo juist vermeld, verkregen zijn, zijn in de bijbehorende tabellen A, B, C en D opgenomen.

Bepalen wij uit de grafische voorstellingen, fig. 6, die deze

TABEL XIII.

a		b		c		d	
+ 1	439.3 v.	-0.6	316.9 v.	-1.1	216.2 v.	-2.1	107.2 v.
omw.	plsp.	omw.	plsp.	omw.	plsp.	omw.	plsp.
6.48—6.29	m.m.	6.48—6.28	m.m.	6.48—6.26	m.m.	6.48—6.23	m.m.
Spanning v/d snaar	Uitslag	Spanning v/d snaar	Uitslag	Spanning v/d snaar	Uitslag	Spanning v/d snaar	Uitslag
- 10 v.	46.3	- 20 v.	28.0	- 20 v.	19.2	0	41.9
- 5	56.0	15	34.8	10	32.0	+ 5 v.	58.7
0	66.9	10	43.9	- 5	43.6	10	74.4
+ 5	79.1	- 5	56.1	0	59.2	15	88.8
10	91.4	0	71.1	+ 5	77.4	+ 19	99.1
11	94.1	+ 5	87.8	+ 10	95.5		
12	96.4	6	91.2				
+ 13	99.0	+ 8	97.6				

waarden in beeld brengen, wederom de gemiddelde gevoeligheid in strepen per volt en vereenigen we deze in een tabel, dan verkrijgen we tabel XV (blz. 26).

De conclusie, die we op grond van de vroegere gevoeligheidsbepalingen meenden te mogen trekken, blijkt door de laatste bepalingen bevestigd te worden. We vinden dus: de gevoeligheid

TABEL XIV.

A		B		C		D	
+ 1.5	439.3 v.	+ 0.46	316.9 v.	- 0.8	204 v.	- 2.06	107 v.
omw.	plsp.	omw.	plsp.	omw.	plsp.	omw.	plsp.
5.15—4.96 mm.		5.15—4.95 mm.		5.15—4.92 mm.		5.15—4.88 mm.	
Spanning v/d snaar	Uitslag	Spanning v/d snaar	Uitslag	Spanning v/d snaar	Uitslag	Spanning v/d snaar	Uitslag
- 10 v.	53.3	- 10 v.	48.3	- 10 v.	30.3	- 13 v.	17.1
- 5	64.1	- 6	60.3	- 5	42.9	- 10	21.8
0	75.9	0	82.8	0	62.1	0	53.1
+ 1	78.4	+ 3	95.1	+ 5	85.7	+ 5	72.9
+ 5	88.3	4	99.2	7	93.3	10	90.5
				8	100.0	11	94.2
						12	97.5

TABEL XV.

	Strakheid van de snaar	Afstand der platen	Voltage der platen	Gevoeligheid in streep/volt
a	+ 1 omw.	6.48—6.29 mm.	439.3 volt	2.52
b	- 0.6 ..	6.48—6.28 ..	316.9 ..	3.37
c	- 1.1 ..	6.48—6.26 ..	216.2 ..	3.74
d	- 2.1 ..	6.48—6.23 ..	107.2 ..	3.10
A	+ 1.5 ..	5.15—4.96 ..	439.3 ..	2.54
B	+ 0.46 ..	5.15—4.95 ..	316.9 ..	4.06
C	- 0.8 ..	5.15—4.92 ..	204.0 ..	4.70
D	- 2.06 ..	5.15—4.88 ..	107.0 ..	3.95

van den snaar-electrometer bij de schakeling met lading der platen hangt af van den afstand der platen en van de strakheid van de snaar en wel wordt met het verkleinen van deze twee grootheden de gevoeligheid grooter, echter met dien verstande, dat bij een strakheid kleiner dan -1, de gevoeligheid weer kleiner wordt. Met andere woorden: de gevoeligheid van den electrometer is een

functie van de veldsterkte en de snaarstrakheid, welke functie een maximum waarde bereikt bij een strakheid, gelegen tusschen —1 en —2 omwentelingen.

De verklaring van dit laatste verschijnsel is waarschijnlijk te

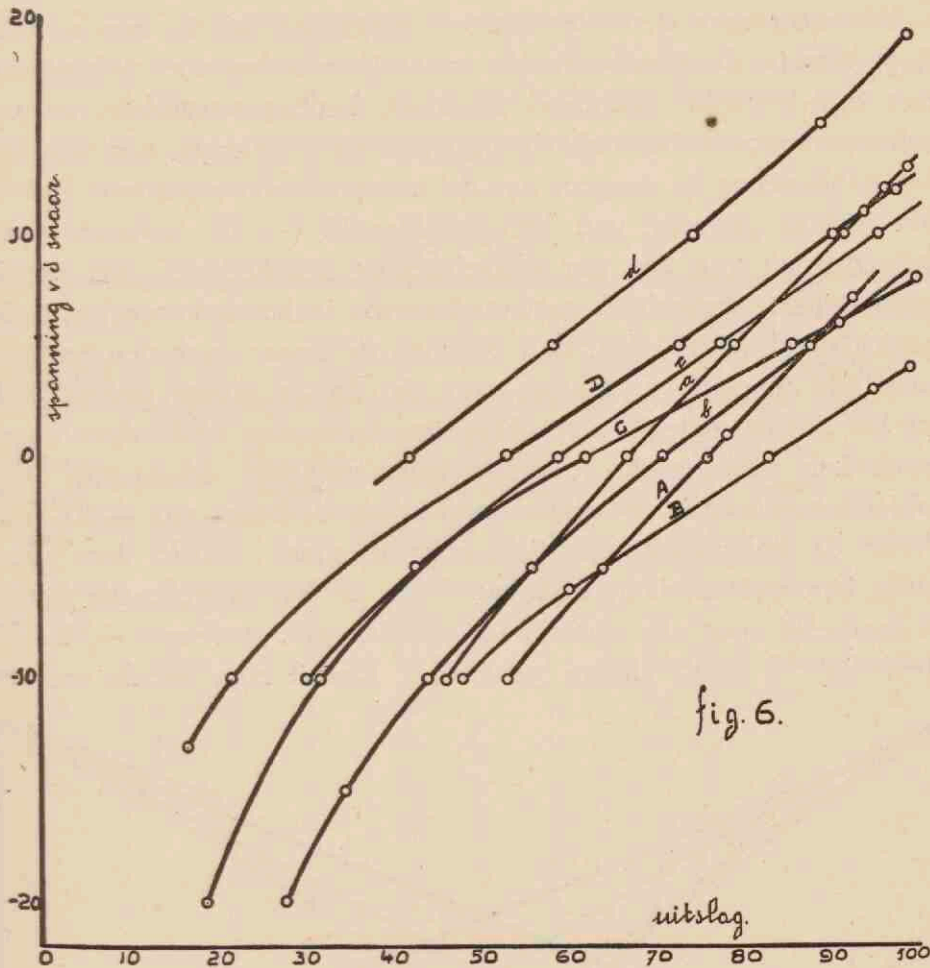


fig. 6.

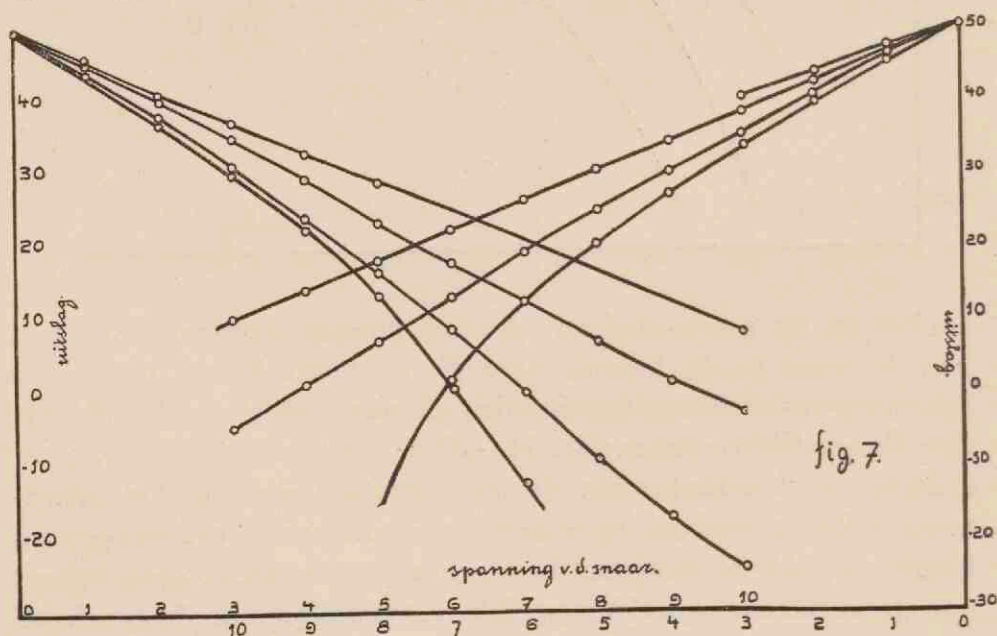
zoeken in de omstandigheid, dat bij grooter wordende slapheid van de snaar in de formule voor de richtende kracht de termen van hoogere orde een belangrijke rol gaan spelen. (Zie WULF: Die Faden Elektrometer, blz. 14—20.)

Rekening houdende met de metingen, die we met het instrument zullen verrichten en waarbij, zooals reeds eerder gezegd werd, zoo niet de hoogste, dan toch een zeer hoge gevoeligheid van groot belang is, trekken we uit het voorafgaande de conclusie:



dat de voor ons werk bruikbaarste schakeling, diegene zal zijn waarbij de labiele toestand optreedt onder een strakheid van de snaar van cc. —1 omw. en een afstand der platen van ongeveer 5 tot 6,5 mm. Immers alsdan zal de gevoeligheid 4 tot 5 schaal-deelen per volt bedragen.

Wanneer men den electrometer gebruiken wil in een schakeling, waarin de stand van de snaar in een bepaald tijdsinterval met een bepaald, eventueel constant, bedrag verandert, d. w. z. achtereenvolgens het geheele gezichtsveld doorloopt, zoo verdient het aanbeveling te zorgen, dat de snaar in haar ruststand zich in het rechter gedeelte van het gezichtsveld (+50) bevindt. Gaat men dus uit van één der voorafgaande schakelingen met groote gevoeligheid, waarbij de ruststand steeds in het linkerdeel van het gezichtsveld (—50) lag, dan zal men de snaar naar den anderen ruststand moeten verplaatsen zóó, dat en de groote gevoeligheid en het lineair gedeelte der ijk-kromme behouden blijft. Aan dezen eisch kan men op de volgende wijze voldoen: Men stelt den labielen toestand in; de snaar „zweemt” in de buurt van —50. Men draait de linkerplaat iets dichterbij; de snaar wordt door deze plaat iets sterker aangetrokken; d. w. z. in het omgekeerde microscoop-beeld gaat de snaar naar rechts, b. v. tot op +50. De gevoeligheid is nu kleiner geworden. Draait men nu de rechter-



plaat een weinig bij, dan gaat de snaar weer naar links; nadert weer den labielen toestand, en kan door bijdraaien van de linkerplaat weer stabiel op  $+50$  worden ingesteld. Dezelfde handeling kan men nog eenige malen herhalen en daarbij telkens een ijk-kromme opnemen. Men vindt dan dat eenerzijds de gevoeligheid aanvankelijk toeneemt om na het bereiken van een grootste waarde weer af te nemen, anderzijds het gebied waarover de ijk-kromme lineair verloopt, voor een grooter deel in het gezichtsveld is komen te liggen. Als voorbeeld vermelden we de volgende ijkingen (tabellen XVI en XVII en fig. 7):

TABEL XVI.

Strakh. v/d sn.: — 1 omw. Sp. v/d platen: 194.6 v. Afst. (label) 5.30—4.97 m.m.

1e instelling op $+50$ afstand 5.17—4.97		2e instelling afstand 5.10—4.82		3e instelling afstand 5.05—4.73		4e instelling afstand 5.04—4.70	
Spanning v/d snaar	Uitslag	Spanning v/d snaar	Uitslag	Spanning v/d snaar	Uitslag	Spanning v/d snaar	Uitslag
0	50.0	0	50.0	0	50.0	0	50.0
$+1$ v	45.8	$+1$ v	44.8	$+1$ v	44.0	$+1$ v	44.0
2	41.2	2	39.5	2	37.7	2	37.0
3	37.0	3	34.0	3	31.0	3	29.8
4	32.7	4	28.6	4	24.0	4	21.8
5	28.3	5	23.0	5	16.5	5	12.8
$+10$	8.3	6	17.5	6	$+8.5$	6	$+0.2$
		7	12.0	7	0.0	$+7$	$-12.5$
		8	6.7	8	$-8.8$		
		9	$+1.5$	9	17.1		
		$+10$	$-3.1$	$+10$	$-24.3$		

## § 5. CAPACITEITSBEPALINGEN.

### a. Aan den 2-snaar-electrometer.

Naast de in het voorafgaande zeer uitvoerig onderzochte gevoeligheid, uitgedrukt in schaaldeelen per volt, van den electrometer is de capaciteit ( $c$ ) van den electrometer met toebehooren van groot belang. Onze metingen der hoogtestraling komen toch neer op het bepalen van de in een bepaald tijdsverloop vrijgekomen

TABEL XVII.

Strakh. v/d sn.: — 1 omw.      Sp. v/d platen: 215.4 v.      Afst. (labiel) 6.18—5.86

1e instelling op + 50 afstand 6.00—5.86		2e instelling afstand 5.90—5.73		3e instelling afstand 5.83—5.54		4e instelling afstand 5.79—5.45	
Spanning v/d snaar	Uitslag	Spanning v/d snaar	Uitslag	Spanning v/d snaar	Uitslag	Spanning v/d snaar	Uitslag
0	50.0	0	50.0	0	50.0	0	50.0
+ 1 v	46.8	+ 1 v	46.3	+ 1 v	45.0	+ 1 v	44.9
2	43.3	2	42.2	2	40.1	2	39.3
+ 3	40.2	3	38.2	3	35.1	3	33.5
		4	34.2	4	30.0	4	27.1
		5	30.2	5	24.8	5	20.0
		6	26.2	6	19.0	6	12.0
		7	22.1	7	13.2	7	+ 2.0
		8	18.0	8	7.2	+ 8	-16.1
		9	14.0	9	+1.2		
		+10	10.2	+10	-4.9		

electriciteitshoeveelheid ( $E$ ). Deze hoeveelheid wordt door de formule

$$E = CV$$

gegeven, dus zoowel door het voltage  $V$  als door de capaciteit  $C$  van het gebruikte systeem. Deze capaciteit moet dus met de grootst mogelijke nauwkeurigheid worden bepaald.

Deze metingen der capaciteit zijn door WULF uitvoerig beschreven in zijn meergenoemd werk blz. 37—54 en blz. 111—130 resp. voor den 2-snaar- en den 1-snaar-electrometer. Hoewel later van deze beide de laatste alleen gebruikt zal worden, wordt toch, mede op verlangen van Prof. WULF, ook de capaciteit van den eersten nog eens grondig gemeten en wel volgens de op blz. 39 e.v. beschreven werkwijze, met den cilindercondensator met veranderlijke capaciteit volgens WULF.

De meetcondensator wordt tot zijn maximum capaciteit, tot  $\pm$  streep 50 ingedraaid, en zoo opgesteld, dat de ladingssonde contact maakt met een korte stift, die het verlengde vormt van de snaren van den 2-snaar-electrometer. De capaciteit van het geheele systeem zij:  $C$ . Dit systeem wordt nu met behulp van gewreven eboniet of barnsteen opgeladen tot een bepaalde potentiaal

$V_1$ , die direct op den 2-snaar-electrometer wordt afgelezen. Ten einde afleesfouten te voorkomen, wordt de door WULF bedachte kunstgreep toegepast, welke hierin bestaat, dat de snaar zoodanig wordt ingesteld, dat zij een cijfer 0 der schaalverdeeling midden-door deelt, zoodat dit aanvangspunt steeds nauwkeurig is terug te vinden. De benoodigde kleine toe- of afvoer van lading voor de fijne instelling wordt bewerkstelligd door aanraking met een kleine koperstift met isoleerend handvat of met een afgebranden lucifer.

De totale lading van het systeem meetcondensator—electrometer bedraagt dan  $CV_1$ . Nu wordt de meetcondensator verwijderd; d.w.z. terwijl het voetstuk op zijn plaats blijft, wordt de eigenlijke condensator geïsoleerd  $90^\circ$  gedraaid om een verticale huls, waarmede hij in het voetstuk rust. Door het verwijderen van den meetcondensator is de potentiaal van den electrometer gedaald; deze nieuwe potentiaal noemen we  $V_1^1$ . Is de capaciteit van het electrometersysteem alleen  $c$ , dan bedraagt dus de lading hiervan  $cV_1^1$ . Deze lading van den electrometer wordt nu naar de aarde afgeleid, zoodat de nog in totaal aanwezige lading bedraagt:  $CV_1 - cV_1^1$ . Brengt men nu den meetcondensator weer in verbinding met den electrometer, dan zal de lading zich over beide verdeelen en de electrometer zal een potentiaal, lager dan de oorspronkelijke  $V_1$  aanwijzen. Wanneer men nu echter de capaciteit van den meetcondensator verkleint, door de trommel hiervan, b.v.  $N$  omwentelingen terug te draaien, dan kan de oorspronkelijke potentiaal  $V_1$  weer bereikt worden. Bedraagt de capaciteitsverandering door 1 omwenteling:  $A$ , dan is in bovengenoemd geval de capaciteit van het geheele systeem  $C - NA$ , zoodat de lading dan gegeven wordt door de uitdrukking:  $(C - NA)V_1$  en deze is ook gelijk aan  $CV_1 - cV_1^1$ . Uit de vergelijking:

$$(C - NA)V_1 = CV_1 - cV_1^1$$

volgt dan direct, dat de gevraagde capaciteit te vinden is uit de betrekking:

$$c = NAV_1/V_1^1.$$

Uitgaande van een bepaalde lading op condensator en electrometer, kan men nu de beschreven bewerkingen herhalen, zoolang totdat de totale capaciteit van den meetcondensator is „uitgedraaid“. Het verdient aanbeveling de 3 manipulaties: verwijderen,

aarden en weer contact maken, zoo snel mogelijk te doen plaats hebben om eventueele lekverliezen zoo klein mogelijk te houden. Daarom zal men ook na elke opteekening van den nieuwen trommelstand, na weer contact gemaakt te hebben, den nieuwen beginstand door een kleine trommeldraaiing moeten bijregelen. We krijgen de volgende waarnemingsreeksen:

TABEL XVIII.

$V_1 = \text{beginpotentiaal } 3\emptyset$ $= 60.8 \text{ str.} = 240.2 \text{ volt}$				$V_1 = \text{beginpotentiaal } 3\emptyset$ $= 60.8 \text{ str.} = 240.2 \text{ volt}$			
Condensator- standen				Condensator- standen			
begin	eind	$N$	$V_1'$	begin	eind	$N$	$V_1'$
49.691	45.105	4.586	28.2 = 229.1	48.505	43.915	4.590	28.3 = 229.5
44.992	40.382	4.610	28.3 = 229.5	43.783	39.330	4.453	28.3
40.282	35.775	4.507	28.2	39.205	34.613	4.592	28.3
35.650	31.098	4.552	28.2	34.597	30.068	4.529	28.3
31.032	26.516	4.516	28.3	29.990	25.467	4.523	28.3
26.388	21.845	4.543	28.2	25.400	20.868	4.532	28.3
21.640	17.072	4.568	28.3	20.770	16.218	4.552	28.3
16.990	12.440	4.550	28.3	16.136	11.615	4.521	28.3
12.355	7.821	4.534	28.3	11.527	6.943	4.584	28.3
7.785	3.242	4.543	28.3	6.882	2.329	4.553	28.3
		$N$ gem.= 4.551	$V_1' =$ 229.3 volt			$N$ gem.= 4.543	$V_1' =$ 229.5 volt

$$C = 4.551 \times 0.535 \times \frac{240.2}{229.3} = 2.550$$

$$C = 4.543 \times 0.535 \times \frac{240.2}{229.5} = 2.544$$

Opgemerkt dient te worden, dat de ruststand van den electrometer +30 was, zoodat, en evenzoo in het volgende, alle uitslagen met 30 vermeerderd moeten worden.

Ter contrôle en tevens ten onderzoek of de capaciteit afhankelijk is van den stand van de snaar en dus van de beginspanning, wordt nog de volgende meting verricht, waarbij de beginpotentiaal

$V_1 = 4 \phi = 70,8 \text{ str.} = 285,4 \text{ volt}$ , de snaar dus over 10 schaaldeelen verplaatst is. Tabel XVIIIa.

TABEL XVIIIa.

Beginpotentiaal $V_1 = 4 \phi = 70,8$ $= 285,4 \text{ volt}$			
Condensator- standen			
begin	eind	$N$	$V_1'$
49.300	44.741	4.559	38.1
44.614	39.974	4.640	38.1
39.892	35.300	4.592	38.2
35.220	30.695	4.525	38.1
30.638	26.025	4.613	38.1
25.976	21.444	4.532	38.2
21.359	16.790	4.569	38.1
16.719	12.141	4.578	38.2
12.070	7.541	4.529	38.2
7.409	2.825	4.584	38.2
		$N_{\text{gem.}} =$	$V_1'_{\text{gem.}} =$
		4.572	272.9 v.

$$C = 4.572 \times 0.535 \times \frac{285.4}{272.9} = 2.558$$

TABEL XIX.

Beginpotentiaal $V_1 = 3 \phi = 60,8$ $= 240,2 \text{ volt}$			
Condensator- standen			
begin	eind	$N$	$V_1'$
47.070	36.595	10.475	29.9
36.370	26.035	10.335	29.9
25.695	15.518	10.447	29.9
		$N_{\text{gem.}} =$	$V_1' =$
		10.419	236.4 v.

$$C' = 10.419 \times 0.535 \times \frac{240.2}{236.4} = 5.664$$

Vergelijkt men de capaciteit, die uit deze meting berekend is, met die der 2 voorafgaande metingen, dan zou men geneigd zijn tot een capaciteitsvermeerdering te besluiten.

Deze geringe toename als uitkomst van één enkele meting levert geen voldoende grond om tot een capaciteitsverandering te concluderen. Men kan echter deze verandering niet a priori uitsluiten, daar toch door de standsverandering van de snaar de verschillende inductie-coëfficiënten en daarmee de capaciteit van het stelsel beïnvloed wordt. Hierbij komt nog, dat de geringe verandering van plaats van de snaar (over slechts 10 schaaldeelen) geen groot onderscheid in capaciteit kan doen verwachten.

Als ontladingselectrode, eventueel opladingselectrode, gebruiken we een messingstift van cc. 20 c.M. lengte, die als verlengstuk

geschroefd wordt in den drager der snaren. De hierdoor ontstane nieuwe capaciteit wordt op de boven beschreven methode gemeten en berekend uit bovenstaande reeks (tabel XIX). Het blijkt, dat door het aanbrengen van de stift de capaciteit is toegenomen met een bedrag van 3.117 cm.; waarbij voor de capaciteit van het systeem het gemiddelde genomen is van de waarden, die we voor de capaciteit bij 240,2 volt gevonden hebben.

Ten slotte moet nog worden onderzocht welken invloed de capaciteit ondervindt van de aanwezigheid van den ionisatieketel. Deze invloed wordt bepaald door den ketel snel eenige malen over de stift heen te laten zakken en hem daarna weer snel te verwijderen. De optredende capaciteitsverandering zal een potentiaalverandering teweeg brengen, welke direct op den 2-snaar-electrometer is af te lezen. We vinden:

mèt	ionisatieketel:	uitslag	24,3	=	54,3	=	212,9	volt
zònder	ionisatieketel:	uitslag	29,1	=	59,1	=	232,9	volt
mèt	ionisatieketel:	uitslag	23,0	=	53,0	=	207,7	volt
zònder	ionisatieketel:	uitslag	28,9	=	58,9	=	232,1	volt

De berekening leert, dat door het overbrengen van den ketel de capaciteit met  $\pm 11\%$  verhoogd wordt.

De in de voorafgaande berekeningen gebruikte waarde van  $A = 0,535$  is ontleend aan de ijkings tabel van den meetcondensator, welke luidt:

schaaldeel	capaciteit	
0	23.76	5.4
10	29.16	
20	34.56	5.4
30	39.87	
40	45.18	5.3
50	50.49	

c.m. cap. derhalve een gemiddelde van  
10 schaald. 0.535 c.m. per omwenteling

b. *Aan den 1-snaar-electrometer.*

Overgaande tot de capaciteitsbepaling van den 1-snaar-electrometer kunnen we op geheel dezelfde wijze te werk gaan. De uit-

slagen van den 1-snaar-electrometer moeten geijkt worden met behulp van een anderen electrometer, waarvoor de 2-snaar-electrometer gekozen wordt. De eerste metingen geschieden aan den 1-snaar-electrometer onder de volgende omstandigheden: De platen worden beide geaard en aan de snaar, die in verbinding staat met de sonde van den meetcondensator (in stand van max. capaciteit) wordt met behulp van een gewreven glasstaaf een zoodanige potentiaal gegeven, dat bij een afstand der platen van 6 m.m. de labiele toestand optreedt. Daarna wordt de rechterplaat 3 m.m. teruggedraaid en de potentiaal van de snaar en den meetcondensator zoodanig bijgesteld, dat een cijfer 0 der schaalverdeling wordt middendoor gedeeld. In dezen stand kan de capaciteit bepaald worden uit de volgende waarnemingsreeksen, waarvan de eene bij een positieve, de andere bij een negatieve lading van de snaar is opgenomen. Zulks geschiedt met het oog op den eventuellen invloed der contactpotentialen. Uit de in beide gevallen gevonden waarden der capaciteit blijkt echter, dat deze invloed te verwaarloozen is.

TABEL XX.

$V_1 = \text{Beginpotentiaal} = 3\emptyset = 80.8 = 283.9 \text{ v.}$				$\text{Beginpotentiaal} = V_1 = -3\emptyset = -80.8 = -283.9 \text{ v}$			
Condensatorstanden				Condensatorstanden			
begin	eind	N	$V_1'$	begin	eind	N	$V_1'$
50.13	45.99	4.14	71.4	35.040	30.840	4.200	71.0
46.01	41.81	4.20	71.3	30.825	26.710	4.115	71.0
41.79	37.66	4.13	71.3	26.690	22.565	4.125	71.0
37.63	33.48	4.15	71.4	22.539	18.370	4.169	71.0
		$N \text{ gem.}$	$V_1' =$	18.350	14.202	4.148	71.1
		$= 4.155$	273.2	14.190	10.032	4.158	71.0
				10.069	5.873	4.196	71.1
				5.860	1.730	4.130	71.1
						$N \text{ gem.}$	$V_1' =$
						$= 4.155$	272.9

$$c = 4.155 \times 0.53 \times \frac{283.9}{272.9} = 2.288$$

$$c = 4.155 \times 0.54 \times \frac{283.9}{272.9} = 2.334$$



Ook hier moet wederom de invloed, veroorzaakt door het opschroeven van dezelfde stift, die we ook bij den 2-snaar-electrometer gebezigd hebben, bepaald worden. De uitkomsten van deze

TABEL XXI.

$V_1 = \text{Beginpotentialiaal} = 3\varnothing = 80.8 = 283.9 \text{ v}$			
Condensatorstanden			
begin	eind	$N$	$V_1'$
49.47	39.27	10.20	77.0
39.24	29.245	9.995	77.1
29.175	19.185	9.99	77.1
19.148	9.098	10.05	77.1
		$N_{\text{gem.}}$	$V_1' =$
		$= 10.059$	$279.6$

$$c = 10.059 \times 0.535 \times \frac{283.9}{279.6} = 5.468$$

TABEL XXII.

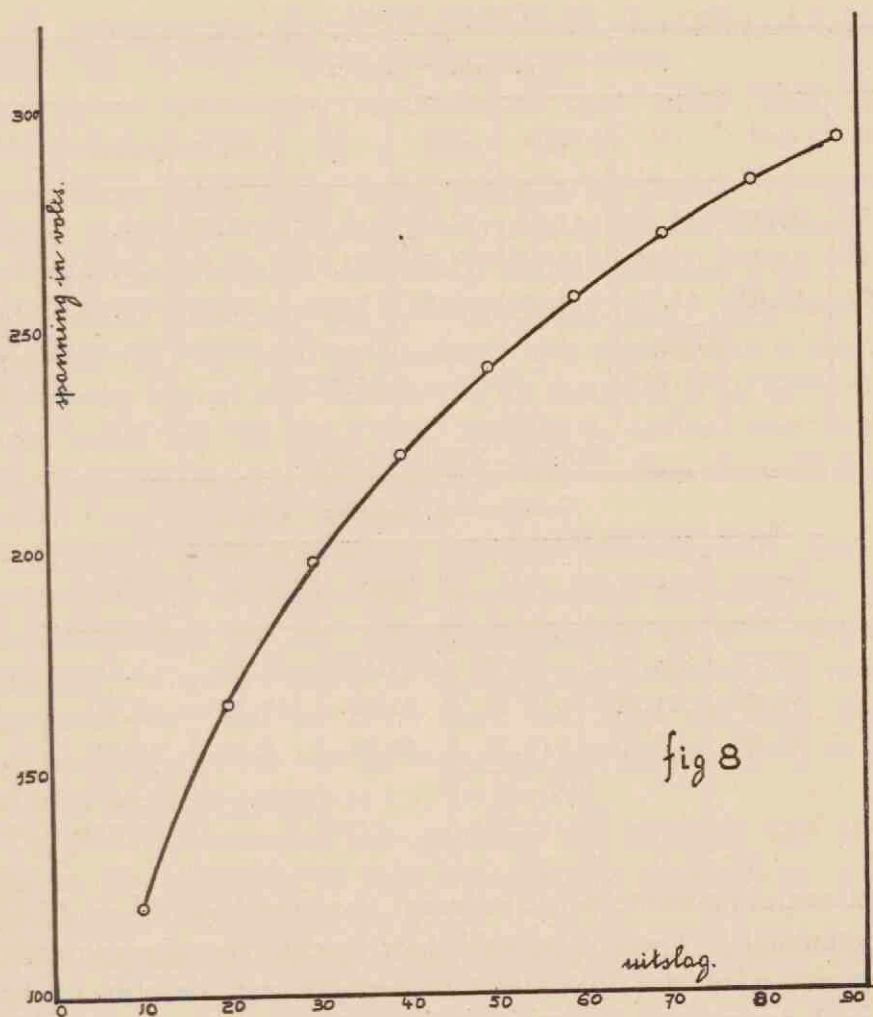
Uitslag 1 sn. elm.	Uitslag 2 sn. elm.	Volts
90	72.4	293.2
80	70.3	282.9
70	67.7	270.8
60	64.7	257.0
50	60.9	240.7
40	56.4	221.5
30	50.5	197.7
20	42.4	166.6
10	29.6	120.0

meting zijn vereenigd in tabel XXI. Neemt men het gemiddelde van de 2 bovenstaande capaciteitswaarden, dus 2.311, als capaciteit van den electrometer, dan blijkt door de stift de capaciteit te zijn toegenomen met 3,157 c.m., welke waarde zeer goed (1%) overeenstemt met de waarde 3,127 c.m., die wij bij de meting aan den 2-snaar-electrometer hadden gevonden.

Ter bepaling van de ijkcurve (fig. 8), die het verband aangeeft tusschen de uitslagen van den 1-snaar-electrometer en het aantal volts, gaan we als volgt te werk. We geven de snaar van den 1-snaar-electrometer een zoodanige potentialiaal, dat zij een uitslag van b.v. 90 vertoont. We ontladen haar dan telkens voorzichtig zoo ver, dat zij 10 schaaldeelen terugloopt en lezen bij elk dier standen den stand van den parallel geschakelden 2-snaar-electrometer af. De bijbehorende waarden in volts ontleenen we dan aan de ijktabelen van den 2-snaar-electrometer.

Bij de bepaling der capaciteit van de stift in de beide voorafgaande gevallen is er geen rekening mee gehouden, dat de lange stift zich onafgeschermd in het electriche veld der aarde bevond

en dat hierdoor fouten konden optreden. Om deze fouten te elimineeren, wordt nu de stift omgeven door 2 boven elkaar ge-



plaatste schutringen, bestaande uit kartonnen kokers geheel beplakt met bladtin. In den ondersten ring is een zoo klein mogelijke opening uitgespaard, waardoor de laadsonde van den meetcondensator nog juist contact kan maken met de stift van den electrometer. Van dit nieuwe systeem wordt de capaciteit op de gebruikelijke wijze bepaald. De beginpotential van electrometer en condensator wordt in dit geval op  $4 \phi = 90,8 \text{ str.} = 299,9 \text{ volt}$  gebracht en uitgaande van deze beginwaarde  $V_1$  worden, bij denzelfden afstand der platen als in het voorafgaande geval, 5 reeksen

condensatoraflezingen gedaan en de gewenschte  $N$  bepaald. We vinden dan de volgende uitkomst:

TABEL XXIII.

Condensator standen :								
begin	eind	$N$	begin	eind	$N$	begin	eind	$N$
49.77	36.47	13.30	41.13	27.90	13.23	47.53	34.20	13.33
36.46	23.23	13.23	27.89	14.70	13.21	34.19	21.02	13.17
23.22	10.02	13.20	14.69	1.46	13.23	21.01	7.80	13.21
		$N_{\text{gem.}} =$ 13.243			$N_{\text{gem.}} =$ 13.223			$N_{\text{gem.}} =$ 13.247

TABEL XXIII (Vervolg).

Condensator standen :					
begin	eind	$N$	begin	eind	$N$
47.72	34.39	13.33	45.13	31.88	13.25
34.38	21.21	13.17	31.88	18.70	13.18
21.19	7.99	13.20	18.70	5.46	13.24
		$N_{\text{gem.}} =$ 13.233			$N_{\text{gem.}} =$ 13.223

Het aantal omwentelingen bedraagt dus gemiddeld  $N = 13,232$ . De potentiaal  $V_1^1$  wordt bepaald door 5 achtereenvolgende malen, den meetcondensator in contact te brengen met de stift en hem dan snel daarvan te verwijderen. De bijbehorende uitslagen van den electrometer zijn dan:

90,8—86,8, 90,8—86,8, 90,7—86,8, 90,7—86,8, 90,7—86,8,  
zoodat de meergenoemde verhouding

$$V_1 : V_1^1 = 299,8 : 296,3.$$

Berekening leert nu, dat de capaciteit van het systeem, voorzien van beide schutringen, gelijk is aan:

$$c = 13.232 \times 0.535 \times \frac{299.8}{296.3} = 7.163.$$

De invloed van de schutringen wordt onderzocht door een aantal malen achtereen, eerst den bovensten ring snel erop te zetten en eraf te halen, terwijl de benedenste ring erom heen blijft, en de uitslagen van den electrometer waar te nemen. Deze uitslagen zijn achtereenvolgens zònder en mèt ring:

71,0– 47,0, 69,0– 46,5, 68,5– 46,0, 68,0– 46,0, 68,0– 46,0, of in volts uitgedrukt:

276,9–240,6, 274,2–239,2, 272,9–238,4, 272,9–238,4, 272,9–238,4, waaruit volgt, dat verwijdering van den bovensten schutring, de capaciteit verkleint in de verhouding  $273,13 : 238,4 = 1,145 : 1$ .

Op geheel analoge wijze handelend met den ondersten ring blijkt, dat een verwijdering van dezen, een verandering in den uitslag teweeg brengt van: zònder: 66 tot mèt: 38, of in volts uitgedrukt: 269,9 volt tot 221,2 volt. Zoodat de invloed van de verwijdering van dezen ring gegeven wordt door de verhouding  $269,9 : 221,2 = 1,220 : 1$ .

Ten slotte wordt de invloed van de aanwezigheid van den ionisatieketel op de reeds eerder vermelde wijze bepaald. Het blijkt, dat de uitslagen van den 1-snaar-electrometer bij al of niet aanwezigheid variëeren van 93 tot 64 resp. van 90 tot 63,5 of in volts uitgedrukt van 301,8 tot 267,6 resp. van 299,2 tot 266,3, zoodat door het overschuiven van de ionisatiekamer de capaciteit vergroot wordt in de verhouding van  $1,125 : 1$ .

De gebruikte waarden der spanning zijn ontleend aan de ijk-kromme, die geteekend is naar onderstaande gegevens en samenvalt met fig. 8.

Wanneer wij de resultaten van deze meting vergelijken met die

TABEL XXIV.

Uitslag 1 snaar elm.	Uitslag 2 snaar elm.	Volts
33	53.0	207.7
48	61.2	242.0
67	68.0	272.2
72	69.3	278.2
82	72.0	291.2
96	74.7	304.5

van de voorafgaande, dan blijkt onder invloed van den ionisatieketel een capaciteitsvergrooting van 12,5 % te bestaan. Hiervoor vonden wij in zeer bevredigende overeenstemming bij den 2-snaar-electrometer 11 %.

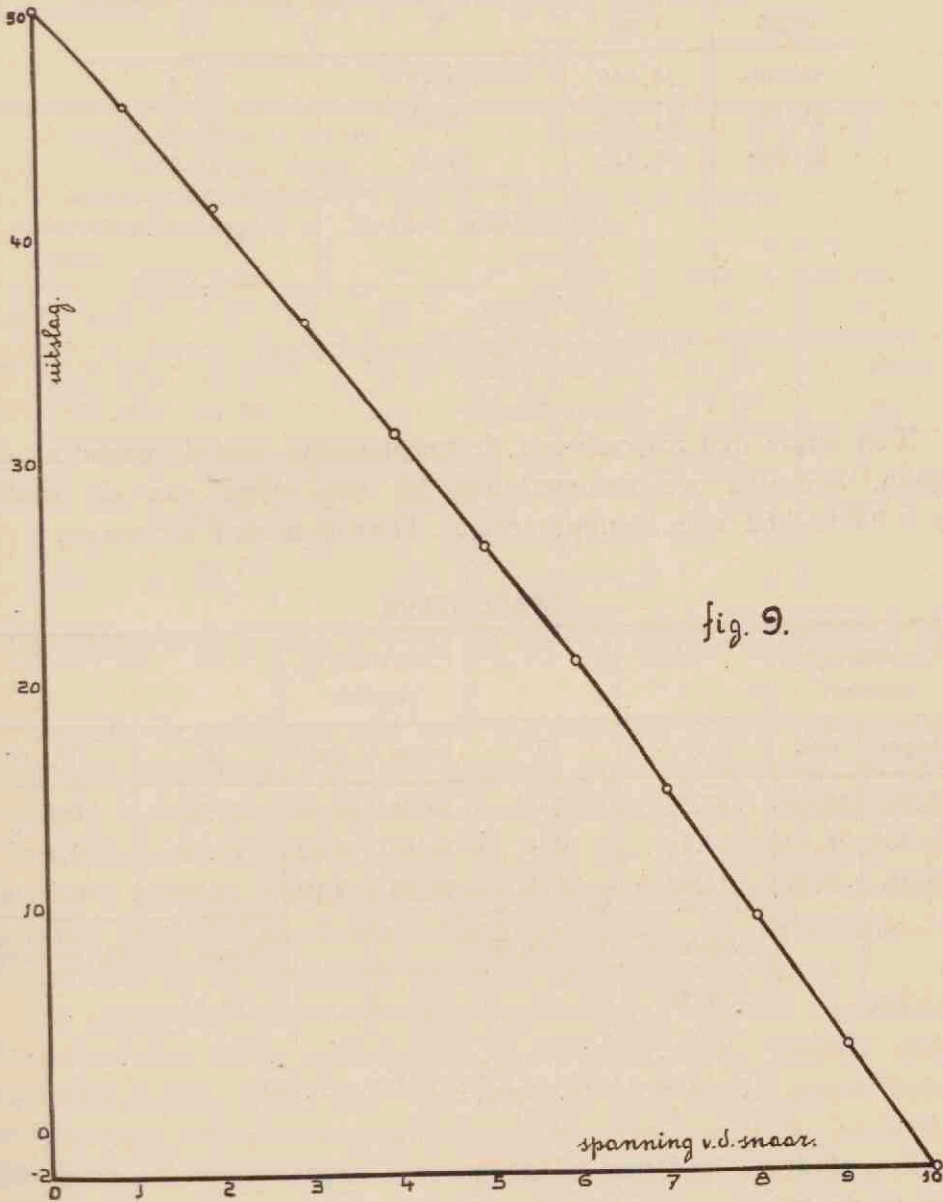
Berekenen wij, met behulp van de gevonden verkleiningsfactoren, de capaciteit zonder schutringen uit die van het systeem met beide schutringen, dan blijkt deze te bedragen: 5,128 cm. Voor de overeenkomstige capaciteit, gemeten zonder schutringen, vonden wij 5,468 c.m., een uitkomst, die dus slechts  $\pm 7\%$  hooger lag. De oorzaak van het verschil is te zoeken in den invloed van het electriche veld der aarde, daar wij af kunnen zien van het geringe effect, dat veroorzaakt wordt door het verschil in ruststand van de snaar, die in beide gevallen resp. 3  $\phi$  en 4  $\phi$  bedroeg.

Hoewel het gerechtvaardigd zou zijn, de uit de voorafgaande metingen gevonden capaciteitswaarde als de juiste aan te nemen, hebben wij gemeend toch nog de capaciteit te moeten bepalen van het systeem in de schakeling, zooals wij ze werkelijk zullen gebruiken bij de meting der doordringende straling. Deze schakeling werd op blz. 28 en 29 beschreven. Bij een plaatspanning van ongeveer 200 volt en een snaarstrakheid van  $-1$  omwenteling wordt de labiele toestand ingesteld, waarna door achtereenvolgende verschuiving der platen de snaar naar het rechter einde van het gezichtsveld wordt verschoven, totdat de gevoeligheid ongeveer 5 schaaldeelen per volt bedraagt. De gevoeligheid wordt gecontroleerd door aan de snaar de spanning der batterij van normaal-elementen te leggen en de uitslagen af te lezen. De ijktabel wordt hieronder gegeven; de hierdoor verkregen ijkcurve (fig. 9) ver-

TABEL XXV.

Snaarspanning	Uitslag	Snaarspanning	Uitslag
0 v	50.5	6 v	20.9
1	46.0	7	15.1
2	41.2	8	9.4
3	36.2	9	3.6
4	31.2	10	- 2.1
5	26.1		

loopt in het gebied dat wij gebruiken lineair, en geeft een gevoeligheid aan van cc. 5 schaalstrepen per volt.



Bepalen we onder deze omstandigheden de capaciteit volgens de bekende methode, dan vinden we:

TABEL XXVI.

$V_1 = \text{Beginpotentiaal} = 1\phi = 10.6 = 7.8 \text{ volt}$			
Condensatorstanden			
begin	eind	$N$	$V_1'$
48.340	34.940	13.40	11.3
35.160	21.470	13.69	11.6
21.550	8.310	13.24	11.0
		$N_{\text{gem.}} = 13.44$	$V_1'_{\text{gem.}} = 11.3$ $= 7.7 \text{ volt}$

$$C = 13.44 \times \frac{7.8}{7.7} \times 0.535 = 7.283$$

Ten einde den invloed van de verplaatsing van de snaar na te gaan, herhalen we de metingen bij een stand van de snaar  $\phi = 0,0 = 9,62$  volt beginpotentiaal. Hierbij nemen we waar:

TABEL XXVII.

Condensatorstanden				Condensatorstanden			
begin	eind	$N$	$V_1'$	begin	eind	$N$	$V_1'$
48.61	35.08	13.53	0.8	50.28	36.42	13.86	0.8
35.265	22.12	13.14	0.8	36.85	23.53	13.32	0.8
22.16	8.74	13.42	0.8	23.68	9.98	13.70	0.8
		$N_{\text{gem.}} =$ 13.36	$V_1' = 9.50$			$N_{\text{gem.}} =$ 13.63	$V_1' = 9.50$

$$C = 13.50 \times \frac{9.62}{9.50} \times 0.535 = 7.322$$

Ten einde te beslissen of de geringe capaciteitsverhoging, die wij in de laatste meting vinden ten opzichte van de voorgaande, een gevolg is van de verandering van de plaats van de snaar, herhalen wij deze laatste metingen, doch thans zoo, dat het verschil in plaats van de snaar ongeveer 50 schaaldeelen bedraagt.

Daar de snaar bij deze verplaatsing in den stabielen toestand moet blijven, worden de beide platen aan aarde gelegd, de linker plaat op 6 m.m., de rechter op 15 m.m. afstand ingesteld, en aan de snaar een hooge potentiaal gelegd. De metingen, onder deze omstandigheden verricht, geven het volgende resultaat:

TABEL XXVIII.

Beginpotentiaal $V_1 = 4 \varnothing$ = 40.8 = 261.8 volt				Beginpotentiaal $V_1 = -1 \varnothing$ = -9.5 = 187.2			
Condensator- standen				Condensator- standen			
begin	eind	$N$	$V_1'$	begin	eind	$N$	$V_1'$
50.27	37.14	13.13	37.5	38.60	25.47	13.13	- 10.9
37.13	24.05	13.08	37.5	25.52	12.38	13.14	- 10.9
24.03	10.93	13.10	37.5				
		$N_{\text{gem}} =$ 13.103	$V_1' = 257.8$			$N_{\text{gem}} =$ 13.135	$V_1' =$ 184.5 v

$$C = 13.103 \times 0.535 \times \frac{261.8}{257.8} = 7.120$$

$$C = 13.135 \times 0.535 \times \frac{187.2}{184.5} = 7.129$$

De met de uitslagen van den 1-snaar-electrometer corresponderende waarden in volts zijn ontleend aan de ijkkromme, die geteekend is naar de waarden in onderstaande tabel opgenomen. Deze kromme valt samen met die van fig. 8. Hiertoe zijn de uitslagen van den 1-snaar-electrometer vergeleken met die van den parallel geschakelden 2-snaar-electrometer en de bijbehorende potentialen uit de ijktabellen van deze laatste overgenomen.

De uitkomsten van bovenstaande metingen geven aanleiding bovengestelde vraag ontkennend te beantwoorden. Onder deze omstandigheden geeft dus een verplaatsing van de snaar geen aantoonbare capaciteitsverandering. Dit resultaat is in overeenstemming met hetgeen men op grond der schakelwijze kon vermoeden: namelijk het effect dat een verwijdering van de snaar van de eene plaat zou te voorschijn roepen, zal geneutraliseerd worden door het effect der nadering van de snaar tot de andere plaat, daar beide platen op gelijke potentiaal geladen zijn.



TABEL XXIX.

Uitslag 1 sn.elm.	Uitslag 2 sn.elm.	Volts	Uitslag 1 sn.elm.	Uitslag 2 sn.elm.	Volts
+ 50	68.0	272.2	+ 3	53.5	209.7
47	67.2	267.9	0	52.3	204.9
44	66.5	265.0	- 4	50.5	197.7
28	62.2	246.3	6	49.5	193.8
26	61.8	244.5	13	45.9	179.9
+ 20	59.9	236.4	- 21	40.9	160.9

Voor de capaciteit van het systeem in de schakeling, waarin wij het gebruiken zullen, behoeven wij dus den invloed van de verplaatsing van de snaar niet in rekening te brengen. Wij nemen derhalve als waarde voor de capaciteit:

$$(7,283 + 2 \times 7,322) : 3 = 7,309 \text{ c.m.}$$

Reduceeren wij deze waarden, zooals op blz. 40 is aangegeven met de factoren, die het gevolg zijn van de aanwezigheid van schutringen en ionisatieketel, dan vinden we als uiteindelijk resultaat voor de gevraagde capaciteit:

$$C = 5,886 \text{ c.m.}$$

## DEEL II.

### Meting der doordringende straling. Voorloopige metingen.

#### 1. BESCHRIJVING TOESTEL.

Nadat, zooals in het voorafgaande beschreven werd, de eigenschappen van den 1-snaarelectrometer, meer speciaal in de labiele schakeling, uitvoerig zijn onderzocht en de capaciteit nauwkeurig is bepaald, gaan we thans over tot de beschrijving van de apparatuur, zooals we deze gebruikt hebben voor de meting van de doordringende straling.

Recapituleerend vermelden we eerst nog de voornaamste resultaten, vroeger gevonden: 1<sup>o</sup>. De grootste gevoeligheid, die we gebruiken kunnen, bedraagt circa 5 schaaldeelen per volt, indien we tenminste den eisch stellen, dat deze gevoeligheid over een eenigszins langer meetbereik constant moet zijn. Deze graad van gevoeligheid wordt bereikt bij een spanning v. d. platen van  $\pm 200$  volt; een strakheid van de snaar van één omwenteling in negatieven zin vanuit den normalen stand; terwijl de afstand van de platen zoodanig wordt ingesteld, dat na het bereiken van den labilen toestand v. d. snaar, deze naar het andere einde van het gezichtsveld wordt „gedreven”, en wel zóó, dat de toestand zoo weinig mogelijk van den labielen afwijkt. 2<sup>o</sup>. De capaciteit van het systeem: electrometer, stift, ionisatieketel wordt nauwkeurig bepaald en bedraagt 5,886 cm.

In het verdere verloop van dit proefschrift bij de definitieve metingen zal de definitieve uitvoering van het apparaat volledig beschreven worden aan de hand van de geplaatste figuur A blz. 77. Een beschrijving van de voorloopige inrichting gaat hieraan vooraf, omdat het latere toestel zich slechts door de aangebrachte verbeteringen van het oorspronkelijke onderscheidt.

Ter registreering van de hoogtestraling wordt gebruik gemaakt van de methode van de ionisatiekamer. Voor het doel van onze metingen: een ononderboken registreering van de intensiteitsverandering met verloop van den tijd, over welk punt de meeningen

nog steeds verdeeld zijn, leent deze methode zich uitstekend. Dank zij de verbeteringen door HOFFMANN en STEINKE in deze methode aangebracht, blijft haar waarde behouden naast de coincidentietelbuis methode van BOTHE—KOLHÖRSTER en de WILSON-nevelkamer methode van SKOBELZIJN, ANDERSON en MILLIKAN. Van de verbetering door HOFFMANN aangegeven: het aanbrengen van een draadnetspanning, maken wij ook bij deze voorloopige metingen gebruik.

De ionisatieketel bestaat uit een cilindervormig vat van 30,4 cm diameter bij een hoogte van 38 cm. Hij is vervaardigd van zinkplaat ter dikte van 1 mm. Aan de bovenzijde is een horizontale rand aangesoldeerd, waarop een deksel rust, eveneens bestaand uit zinkplaat van 1 mm dikte. De deksel is met schroeven en moeren op den overstekenden rand bevestigd. De bodem van het vat bestaat uit zink van dezelfde dikte, terwijl ter versterking op den bodem een messingplaat van 22 cm diameter aan de buitenzijde is gesoldeerd. Het inwendige v. d. ketel bestaat dus uit zink. In het midden van den bodem is een opening uitgespaard, welke voorzien is van een opstaanden kraag, eveneens van messing, ter hoogte van 2,5 cm. Deze kraag is zoo wijd, dat hij juist passend gebracht kan worden over den opstaanden hals, die ter hoogte van 1 cm boven het huis van den electrometer uitsteekt.

Ten einde de stift van buiten af te kunnen aarden of daaraan de spanning te kunnen leggen, die noodig is voor het ijken van het instrument, is in den kraag een opening geboord. Door deze opening steekt geïsoleerd een messing stift, welke inwendig van een contactplaatje, uitwendig van een ebonieten handvat en aansluitklem voorzien is. Om de stift bevindt zich nog een spiraalveer, die in normalen toestand de messing stift met contactplaatje van de electrodestift verwijderd houdt. Door indrukken van de veer wordt het contact tusschen electrode en uitwendige spanningsbron, of aarde, tot stand gebracht; welk contact bij loslaten van het ebonieten handvat door de spankracht van de veer automatisch verbroken wordt.

Voor het volgens HOFFMANN aangebrachte draadnet gebruiken wij een cilindervormige draadkooi, die als volgt is opgebouwd. Twee messingstangen van 2 mm middellijn worden  $\square$ -vormig omgebogen en in de middens der bovenzijden loodrecht op elkaar tot een star

geheel bevestigd. Op het aldus gevormde geraamte wordt op het bovenvlak spiraalvormig en op het opstaande zijvlak schroefvormig dun koperdraad gewonden en wel zoo dat de onderlinge afstand der draden 4,5 cm bedraagt. Waar de draden de stangen passeeren, worden zij aan deze laatste vastgesoldeerd. Drie der „staanders” van het aldus gevormde systeem worden met het vrije uiteinde „ingelaten” in ebonieten cilindertjes van 3,5 cm hoogte en 6 mm middellijn en met behulp van lak daarin vastgekit. In de onderzijde van een der cilindertjes wordt schroefdraad getapt en daarin met behulp van contramoertjes een schroefpen bevestigd, die door een in den bodem aangebrachte opening naar buiten steekt. Met behulp van een moer wordt het geheel op den bodem van den ketel bevestigd. De twee andere staanders rusten met de aangebrachte eboniet cilinders op den bodem. De vierde, oorspronkelijk wat langere staander wordt aan het ondereinde eerst rechthoekig buitenwaarts en dan nogmaals rechthoekig neerwaarts omgebogen en daarna via een ebonieten isolator door den bodem van den ketel naar buiten gevoerd. Deze isolator, waarvan de diameter 2 cm bedraagt, is nauwpassend aangebracht in een van een kraag voorziene opening van den ketelbodem, terwijl de staander op zijn beurt door een juist passend gat in den isolator steekt. Op het buitenstekende deel van den staander is schroefdraad getapt, zoodat hij door een moer kan worden vastgezet. Ten slotte wordt buitenop nog een aansluitklem bevestigd, waardoor wij van buiten af het geheele inwendige draadnet geïsoleerd van de gewenschte spanning kunnen voorzien.

Door het aldus gevormde draadsysteem wordt een cilindervormig volume lucht afgesloten, waarvan de middellijn 22 cm en de hoogte 32,7 cm bedraagt, hetgeen neerkomt op een inhoud van 11320 cm<sup>3</sup>.

Als opladingselectrode gebruiken we een cilindrische messingstift van 2,8 mm middellijn en 30 cm lengte. Deze wordt geschroefd in een nikkelen hulsje, dat inwendig van schroefdraad voorzien is, door den barnsteen isolator van den electrometer heenreikt en inwendig contact maakt met de snaar. Het vrije uiteinde van de stift blijft ongeveer 5 cm van de bovenzijde van het draadnet verwijderd, terwijl anderzijds tusschen ketelwand en draadnet aan alle kanten een afstand van 4,5 cm bewaard blijft.

In het kort zij hier gewezen op de beteekenis van de werking van dit draadnet. Zooals bekend — en hierop zal nog nader terugge-

komen worden — wordt de ionisatie van de lucht in den ketel behalve door de werking van de ultrastraling en van de  $\beta\gamma$  straling der omgeving, sterk beïnvloed door de werking van de  $\alpha$ -straling van den wand van het ionisatievat. Hoewel deze  $\alpha$ -straling sterk afhankelijk is van den aard van het wandmateriaal, en zink, zooals blijkt uit de proeven van KOLHÖRSTER, zich in dit opzicht het gunstigst gedraagt, laat zich de hierdoor reeds verminderde wandstraling bijna geheel onderdrukken door het aanbrenge van dit aan spanning gelegde draadnet. Bij een afstand van wand tot net van 4—5 cm zal de dracht van de meeste  $\alpha$ -deeltjes buiten dit draadnet eindigen. Ze bereiken dus de zich binnen dit draadnet bevindende lucht niet meer en dragen dientengevolge niet noemenswaard bij tot den ionisatiestroom, die overgaat op den centralen ontvanger. Het weinige voor het net gebruikte materiaal zal natuurlijk door zijn eigenstraling het effect van het net eenigszins verminderen, doch den geringen invloed hiervan meenen wij te mogen verwaarloozen.

Het bezwaar, dikwijls ingebracht meer speciaal tegen het electrometergedeelte van het systeem, dat de capaciteit niet voldoende nauwkeurig bepaald zou zijn, meenen wij te hebben ondervangen door de uitvoerige capaciteitsbepalingen, welke wij in het voorafgaande beschreven hebben.

Ook met het optreden der zoogenaamde doode hoeken behoeven wij geen rekening te houden. Hierdoor zou in afgelegen gedeelten van den electrometer en van de ionisatieruimte de veldsterkte zóó klein worden, dat slechts een gedeelte der electronen afgescheiden zou worden vóór dat ze zich weer vereenigen, en dus geen volledige verzadigingsstroom zou optreden. Wegens de centraal-axiale opstelling van den ontvangelectrode treden deze in den ionisatieketel niet op, terwijl in het electrometergedeelte speciaal hiertegen verbeteringen zijn aangebracht, waarvoor wij naar WULF's desbetreffende verhandeling verwijzen.

Omtrent het optreden van isolatorfouten merken we het volgende op: De voornaamste isolator, die aanleiding zal geven tot fouten, is het barnsteenstuk, dat het electrometergedeelte van het ionisatiegedeelte scheidt. Afgezien van de uitstekende kwaliteit van het materiaal, waaruit hij vervaardigd is, bedraagt de belasting van dezen isolator gedurende een afleesperiode maximaal 5 volt ten opzichte van de omringende gearde deelen. Als gelukkige bijkom-

stige omstandigheid vermelden wij nog, dat eventueel optredende lekverliezen over dezen isolator de lading op de electrode zullen verkleinen, hetgeen in onze schakeling beteekent, dat de uitslagen geringer zullen worden en de daaruit berekende ionenhoeveelheid eveneens. Met betrekking tot de isolatoren, die het draadnet ondersteunen, liggen de omstandigheden weliswaar niet zoo gunstig wegens de hoogere spanning. Eenerzijds echter blijft het net voortdurend met de spanningleverende bron verbonden, zoodat eventueel optredende verliezen direct worden aangevuld, anderzijds blijft de spanning van het net voldoende ter opheffing van de ioniseerende werking der wandstraling. Volgens de onderzoeken van BÜTTNER moet bij het verminderen van de spanning de ionenstroom afnemen. Deze afname moet volgens hem geweten worden aan het verdwijnen van de verzadiging bij de lagere spanning. Echter geldt dit alleen voor het gedeelte van den stroom, dat het gevolg is van de ionisatie veroorzaakt door de  $\alpha$ -straling. Waar echter deze laatste straling in ons apparaat zooveel mogelijk opgeheven is, zal een eventueel optredende geringe spanningsdaling van het net geen invloed hebben op den totalen ionenstroom.

Uit de voorafgaande beschrijving zal het duidelijk geworden zijn, dat het met de luchtdichte afsluiting van den ionisatieketel niet zoo gunstig gesteld is als met de boven behandelde bezwaren. Hoewel bij het inbrengen der verschillende doorvoerisolatoren voor zoo nauwkeurig mogelijke afsluiting is zorg gedragen, blijven er nog steeds openingen over, waardoor in gevallen van over- en onderdruk de lucht gelegenheid heeft tot uit- of instroomen. Weliswaar blijven wij met ons toestel steeds op dezelfde hoogte, zoodat de optredende drukverschillen beperkt zullen blijven tot de barometerschommelingen. Daardoor verandert niet alleen de hoeveelheid lucht, die zich binnen het draadnet bevindt, doch ook kan versche lucht binnendringen, waardoor het emanatiegehalte verandert en veranderingen in de ionisatie te weeg gebracht worden. Bij de later te verrichten definitieve metingen met loodmantel zullen dus met oog op de afdichting van het apparaat afdoende veranderingen moeten worden aangebracht, doch ook dan nog zal aan den invloed van de temperatuur en den druk op de geïoniseerde luchtmassa de noodige aandacht geschonken moeten worden. Waar wij ons echter voor-

loopig alleen ten doel stellen, een algemeen inzicht te krijgen in het gedrag van den electrometer in deze schakeling, achten wij den ketel voor dit doel voldoende afgesloten tegen plotseling optredende drukveranderingen.

Wat het electrometergedeelte van het instrument betreft, hiervoor moet na het voorafgaande volledigheidshalve nog een en ander worden medegedeeld. Het huis van den electrometer en de wand van den ionisatieketel worden met de aarde verbonden. De platen van den electrometer en eveneens het draadnet worden verbonden met de positieve pool van twee in serie geschakelde anodebatterijen, waarvan de negatieve pool eveneens aan aarde ligt; zoodat deze platen en het net een positieve spanning van circa 200 volt hebben. Door geschikte keuze van den afstand der platen wordt de snaar zoodanig ingesteld, dat zij, in verbinding met aarde, zich in iets-beneden-labielen toestand aan het rechteruiteinde van het gezichtsveld bevindt. De gevoeligheid moet dan ongeveer 5 streep per volt bedragen. Of deze gevoeligheid bereikt is, moet blijken uit de ijk-kromme, die het verband aangeeft tusschen de spanning, die van een batterij van normaal elementen aan de snaar gelegd wordt, en den uitslag van de snaar, die bij deze spanning optreedt.

## 2. METINGEN TE VALKENBURG.

Bij onze metingen hebben wij gewerkt volgens de methode der oplading. Tengevolge van het electriche veld, dat bestaat tusschen het op spanning gebrachte draadnet en de aanvankelijk geaarde electrodestift, zullen de ionen, die in het luchtvolume ontstaan, zich overeenkomstig het teeken hunner lading naar de electrode begeven en deze dus, na opheffing der aardverbinding, opladen. Dit heeft als gevolg, dat het spanningsverschil tusschen de met de stift verbonden snaar en de electrometerplaten afneemt, waardoor de snaar zich naar links verplaatst. De verplaatsing van de snaar in een bepaald tijdsverloop is afhankelijk van de in datzelfde tijdsverloop optredende vermindering van het spanningsverschil. Wanneer nu per sec. en per  $\text{cm}^3$   $N$  ionen ontstaan, het werkelijk benutte ionisatievolume  $V$   $\text{cm}^3$  bedraagt,  $e$  de elementaire lading  $= 4,77 \times 10^{-10}$

e.s.e. voorstelt en de spanningsverandering  $\Delta v/\Delta t$  volt bedraagt, dan wordt de stroomsterkte:

$$NeV = C/300 \cdot \Delta v/\Delta t$$

waarin  $C$  de capaciteit van het systeem in cm uitdrukt.

Bij verzadigingsstroom is de stroomsterkte onafhankelijk van het spanningsverschil tusschen stift en net. Derhalve is binnen het gebied van den verzadigingsstroom  $\Delta v/\Delta t = \frac{dv}{dt}$ . Dan volgt

$$N = \frac{C}{300 \cdot e \cdot V} \frac{dv}{dt}$$

Het blijkt dus dat het aantal ionen per  $\text{cm}^3$  en per sec. recht evenredig is met de spanningsverandering per sec.  $\frac{dv}{dt}$ . Stellen wij derhalve den constanten factor  $\frac{C}{300 \cdot e \cdot V}$  voor door een andere constante  $K$ , dan gaat de formule over in

$$N = K \frac{dv}{dt}$$

Invulling der waarden van  $C$ ,  $e$ , en  $V$  geeft de waarde voor  $K = 3634$ .

Onze eerste metingen der doordringende straling zijn verricht in het Natuurkundig Laboratorium van het Ignatius Kollege te Valkenburg, ter zelfder plaatse, waar WULF in 1909 en 1910 zijn eerste metingen betreffende deze straling verricht heeft. De uitkomsten van deze eerste metingen hebben slechts voorloopige betekenis in zooverre zij ons inzicht verschaffen in het gedrag van den electrometer en in de orde van grootte van de totale doordringende-stralingsintensiteit te weten: bodem-, lucht-, omgevings- en hoogtestraling.

De electrometer wordt op de gewenschte gevoeligheid ingesteld en de ijkcurve opgenomen. De waarden zijn opgenomen in tabel XXX (blz. 54). Uit deze tabel volgt een gemiddelde gevoeligheid van

$$\frac{8 \text{ volt}}{42.8 \text{ schaaldeelen}} = 0.187 \frac{\text{volt}}{\text{schaaldeel}}$$

Dan wordt door het indrukken van de contactstift de electrode



TABEL XXX.

Spanning v/d snaar	Uitslag	Spanning v/d snaar	Uitslag
0 volt	50.0 5.0		30.0 5.2
+ 1	45.0 4.9	+ 5 volt	24.8 5.8
+ 2	40.1 5.0	+ 6	19.0 5.8
+ 3	35.1 5.1	+ 7	13.2 6.0
+ 4	30.0	+ 8	7.2

geaard, en na opheffing der aarding wordt met behulp van een chronometer om de 10 minuten de stand van de snaar opgenomen.

TABEL XXXI.

Tijd	Uitslag	Tijd	Uitslag
0 min.	49.0 8.9		31.2 9.8
10 ..	40.1 8.9	30 min.	21.4 10.9
20 ..	31.2	40 ..	10.5

De verplaatsing, welke hieruit volgt, bedraagt gemiddeld:

$$\frac{38.5 \text{ schaaldeelen}}{2400 \text{ secunde}}$$

De spanningsdaling per sec.  $\frac{dv}{dt}$  blijkt dus een waarde te bezitten van:

$$0.187 \times \frac{38.5}{2400} = 0.003 \frac{\text{volt.}}{\text{sec.}}$$

Het aantal ionen per sec. en per  $\text{cm}^3$  (I) bedraagt derhalve:

$$3634 \times 0.003 = 10.9.$$

Een tweede serie waarnemingen wordt genomen bij een gevoeligheid, die afgeleid wordt uit XXXII. De gevoeligheid bedraagt

$$\frac{39.9 \text{ schaaldeelen}}{7 \text{ volt}} = 0.175 \frac{\text{schaaldeel}}{\text{volt}}$$

Als gemiddelde over een waarnemingsduur van 116 minuten, vinden we blijkens tabel XXXII

$$\frac{120.9 \text{ schaaldeelen}}{116 \times 60 \text{ sec.}}$$

waaruit als waarde der ionisatie volgt

$$N = 3634 \times 0.175 \times \frac{120.9}{116 \times 60} = 11.1 I.$$

TABEL XXXII.

Spanning v/d snaar	Uitslag	Tijd	Uitslag	Tijd	Uitslag	Tijd	Uitslag
0 v	44.3	0	49.0	0	45.0	0	46.0
	4.9		4.1		4.8		4.5
+ 1	39.4	5 min.	44.9	5 min.	40.2	5 min.	41.5
	5.1		4.8		5.1		4.6
+ 2	34.3	10 "	40.1	10 "	35.1	10 "	36.9
	5.4		4.9		4.9		5.1
+ 3	28.9	15 "	35.2	15 "	30.2	15 "	31.8
	5.7		5.1		4.9		
+ 4	23.2	20 "	30.1	20 "	25.3	30 "	16.5
	6.0		5.1		5.4		
+ 5	17.2	25 "	25.0	25 "	19.9	36 "	9.8
	6.2		5.4		6.5		6.1
+ 6	11.0	30 "	19.6	30 "	13.4	41 "	3.7
	6.6		5.7		6.1		
+ 7	4.4	35 "	13.9	35 "	7.3		
			5.8				
		40 "	8.1				

Bij deze metingen blijkt, dat de electrometer, in de zeer gevoelige schakeling welke wij gebruiken, onderhevig is aan de storende invloeden van de schommelingen der temperatuur. Ten einde deze te elimineeren, wordt vóór de volgende metingen de electrometer geheel in watten ingepakt, waardoor het instrument inderdaad veel rustiger is.

Den invloed der contactpotentialen hebben wij reeds vermeld bij de bespreking der capaciteitsbepalingen. Ten overvloede worden ook hier de ijk-krommen opgenomen, zoowel bij positieve als bij negatieve spanningen. De twee eerste der hier volgende ijk-reeksen zijn waargenomen resp. bij + en bij — spanning vóór de registree-ring der doordringende straling; terwijl de derde reeks is opgeno-

men bij + spanning na deze registrering, ten einde te constateeren of gedurende dien tijd de gevoeligheid dezelfde is gebleven.

TABEL XXXIII.

Voor de registrering				Na de registrering	
Bij pos. spanning		Bij neg. spanning		Bij pos. spanning	
Spanning v/d snaar	Uitslag	Spanning v/d snaar	Uitslag	Spanning v/d snaar	Uitslag
0	50.0	0	48.7	0	47.3
	4.9		4.7		4.4
1	45.1	1	44.0	1	42.9
	4.6		4.5		4.8
2	40.5	2	39.5	2	38.1
	4.6		4.7		4.9
3	35.9	3	34.8	3	33.2
	5.0		4.8		4.9
4	30.9	4	30.0	4	28.3
	4.9		5.0		4.7
5	26.0	5	25.0	5	23.6
	5.0		5.0		5.0
6	21.0	6	20.0	6	18.6
	4.9		4.9		4.8
7	16.1	7	15.1	7	13.8
	5.2		4.9		4.9
8	10.9	8	10.2	8	8.9
	4.7		4.3		4.8
9	6.2	9	5.9	9	4.1
	4.3		4.7		4.2
10	1.9	10	1.2	10	-0.1

Uit deze reeksen berekenen wij de volgende waarden der gevoeligheid :

$$1^{\text{e}} \text{ serie: } \frac{10 \text{ volt}}{48.1 \text{ schaaldeelen}} = 0.208 \frac{\text{volt}}{\text{schaaldeel}}$$

$$2^{\text{e}} \text{ serie: } \frac{10 \text{ volt}}{47.5 \text{ schaaldeelen}} = 0.210 \frac{\text{volt}}{\text{schaaldeel}}$$

$$3^{\text{e}} \text{ serie: } \frac{10 \text{ volt}}{47.4 \text{ schaaldeelen}} = 0.211 \frac{\text{volt}}{\text{schaaldeel}}$$

Van een invloed der contactpotentialen is blijkens deze waar-

nemingsresultaten geen sprake. Want de afwijkingen van 1 %, die optreden bij overgang van pos. op neg. spanning treden eveneens op bij den volgenden overgang van neg. op pos. spanning en kunnen dus niet aan een contactpotentiaal te wijten zijn.

Bij deze gemiddelde gevoeligheid van  $0.210 \frac{\text{schaaldeel}}{\text{volt}}$  nemen we de volgende reeksen op.

TABEL XXXIV.

Tijd	Uitslag	Tijd	Uitslag	Tijd	Uitslag	Tijd	Uitslag
0	47.0	0	49.0	0	49.0	0	44.0
	4.7		4.6		4.4		4.3
5 min.	42.3	5 min.	44.4	5 min.	44.6	5 min.	39.7
	4.0		4.1		4.6		9.3
10 "	38.3	10 "	40.3	10 "	40.0	15 "	30.4
	5.4		4.5		4.6		4.5
15 "	32.9	15 "	35.8	15 "	35.4	20 "	25.9
	3.5		4.5		4.3		4.4
20 "	29.4	20 "	31.3	20 "	31.1	25 "	21.5
	4.6		4.5				
25 "	24.8	25 "	26.8	35 "	18.0	28 "	18.6
	4.8		5.9		4.7		
30 "	20.0	31 "	20.9	40 "	13.3		
	4.2		3.3		4.4		
35 "	15.8	35 "	17.6	45 "	8.9		
	4.0		4.8				
40 "	11.8	40 "	12.6				
	4.5		4.7				
45 "	7.3	45 "	8.1				

In een tijdsbestek van in totaal 163 minuten doorloopt de snaar in het geheel een gebied van 146.1 schaaldeelen. Als waarde der ionisatie-intensiteit volgt hieruit

$$N = 3634 \times \frac{146.1}{60 \times 163} \times 0.210 = 11.4 I.$$

Overzien wij de waarden der ionisatie, achtereenvolgens bepaald uit drie afzonderlijke metingen, te weten: 10.9, 11.1 en 11.4, dan blijkt dat deze waarden zeer goed onderling overeenstemmen, met afwijkingen van  $\pm 2\%$  van de gemiddelde waarde 11,1 welke wij als de juiste zullen aannemen. Ook met de waarde door WULF terzelfder plaatse in 1910;  $I=10$ ; gevonden, stemt onze waarde

zeer goed overeen; vooral wanneer men in aanmerking neemt, dat genoemde waarde werd gevonden uit metingen met den 2-snaar-electrometer met omgebouwde ionisatiekamer en de gevonden waarden, zooals bekend, sterk afhankelijk zijn van de gebruikte instrumenten. KOLHÖRSTER vindt in 1914 voor  $I = 13,5-15$  met het WULFSche instrument, waarbij dus, in tegenstelling met het onze, geen maatregelen getroffen zijn ter opheffing der  $\alpha$  wandstraling.

We willen nog wijzen op een zeer groot voordeel van de gebruikte schakeling van den electrometer. Terwijl tot dusverre bij alle waarnemers de intervallen, waarover zich hunne aflezingen uitstrekken, minstens 1 uur bedragen hebben, stelt deze schakeling ons in staat om reeds bij een niet ten top gevoerde gevoeligheid in 5 minuten een duidelijk waarneembaren teruggang van de snaar te constateeren. Afgezien van andere voordeelen zal deze omstandigheid vooral daar een gunstigen invloed uitoefenen, waar een onderzoek ingesteld wordt naar de variatie's van de intensiteit der straling in afhankelijkheid van den tijd. Weliswaar zal later na het aanbrengen van een pantser, waardoor de bodem-, lucht- en omgevingsstraling uitgeschakeld worden, de te meten ionisatie geringer worden, doch zelfs bij vermindering tot op  $\frac{1}{4}$ , welke niet waarschijnlijk te achten is, zal aflezing om de 15 minuten nog zeer goed mogelijk zijn. (MILLIKAN en zijn medewerker Dr. NEHER construeerden in 1933 een zelfregistreerende ionisatiekamer die den uitslag na 15 minuten opteekent. Phys. Rev. 1933 661—669).

Over de bepaling van de restionisatie van het apparaat zal in het volgende nog uitvoeriger gesproken worden. Wij hebben echter getracht ook bij deze voorloopige metingen een inzicht te krijgen in de werkingswijze van het aangebrachte draadnet. Daartoe wordt over het draadnet een nauwsluitende blikken bus geschoven, waardoor dus een andere ionisatieruimte ontstaat, die weliswaar denzelfden inhoud heeft, doch waarvan de werking der wandstraling nu niet meer is opgeheven.

De waarneming der standen van de snaar bij de boven reeds vermelde gevoeligheid van  $0.210 \frac{\text{volt}}{\text{schaaldeel}}$  levert tabel XXXV op.

Voor de ionisatie volgt hieruit:

$$3634 \times \frac{23.1}{10 \times 60} \times 0.210 = 29.4 I.$$

In verband met de reeds eerder gevonden waarde van 11.1 I, zou dus door de wandstraling een vermeerdering van 18,3 ionen per  $\text{cm}^3$

TABEL XXXV.

Tijd	Uitslag	Tijd	Uitslag
0	45.0		33.1
	2.6		2.2
1 min.	42.4	6 min.	30.9
	2.3		2.1
2 ..	40.1	7 ..	28.8
	2.2		2.4
3 ..	37.9	8 ..	26.4
	2.5		2.2
4 ..	35.4	9 ..	24.2
	2.3		2.3
5 ..	33.1	10 ..	21.9

per sec. veroorzaakt worden. Men moet echter in de eerste plaats overwegen, dat door het overschuiven van de bus de capaciteit van het systeem veranderd zal zijn en in de tweede plaats, dat de invloed van de kleine bus door den veel kleineren afstand tot de centrale electrode veel grooter zal zijn dan die van den werkelijken ketelwand. In ieder geval blijkt de gunstige werking van het draadnet hieruit voorloopig voldoende. Later zal getracht worden de reststraling langs anderen weg nauwkeuriger te bepalen.

Ook hebben wij nog getracht den invloed van de straling van den bodem en van de straling der omringende muren en andere voorwerpen te elimineeren en dus tevens de grootte van deze aard- en omgevingsstraling vast te stellen. Hiertoe werd het toestel opgesteld in den tuin van het Kollege en wel op een plank, die gelegd is boven een betonnen waterreservoir, dat 1 m lang, 90 cm breed en 2 m diep is.

Het reservoir wordt zoover mogelijk gevuld met water, dat dus de bodemstraling voor het grootste gedeelte zal tegenhouden. Het toestel wordt ter plaatse geijkt, en blijkt ingesteld te zijn op een gevoeligheidsgraad van 0.236 volt per schaaldeel.

In 3 achtereenvolgende waarnemingsintervallen van 15 minuten blijkt de snaar terug te loopen, resp. van 50,5 tot 42,0; van 50,0

tot 40,9; van 52,0 tot 42,9 derhalve 26,7 schaaldeelen in 45 minuten. Hieruit volgt voor de ionisatie ter plaatse:

$$3634 \times 0.236 \times \frac{26.7}{45 \times 60} = 8.5 I.$$

De registreering van de ionisatie in het laboratorium zelf, geeft dien dag als gemiddelde over een tijdsverloop van 157 minuten een waarde van 13,8 *I*. Op grond van deze beide waarden zouden dus op rekening van bodem- en omgevingsstraling 5,3 ionen per cm<sup>3</sup> per sec. komen.

WULF geeft bij meergemelde onderzoekingen op voor de vermindering boven eenzelfde reservoir 3,2 ionen, terwijl volgens hem de betreffende muurstraling 5,7 ionen bedraagt, derhalve in totaal een aanmerkelijk bedrag hooger. Het groote verschil der gebruikte apparaten maakt een onderlinge vergelijking der waarden onbetrouwbaar, vooral wanneer wij in aanmerking nemen dat ook de resultaten door verschillende onderzoekers met soortgelijke apparaten gevonden, onderling sterk afwijken. Zoo vindt bijv. KOLHÖRSTER in 1914 voor de bodemstraling 2,8 *I*; terwijl daar als muurstraling in een van radioactieve substanties vrije ruimte, 1,5 ionen/cm<sup>3</sup>/sec. gevonden wordt, hetgeen ongetwijfeld in zeer goede overeenstemming is met de door ons gevonden waarde.

### 3. METINGEN TE HEERLEN.

12 Juli 1933 worden de instrumenten vanuit Valkenburg naar Heerlen overgebracht en aldaar opgesteld in onze woning in een vertrek op de 1e verdieping. Dit vertrek is gelegen boven de gang, welke gang op haar beurt ligt boven den kelder zoodat het toestel in totaal  $\pm 9$  meter boven den bodem staat. Het toestel wordt zoodanig ingesteld, dat, zooals uit de verrichte ijking blijkt, de gevoeligheid 0,210 volt/schaaldeel bedraagt. Daarna wordt noch aan de aangelegde spanning, noch aan den afstand der platen, noch aan de strakheid van de snaar iets veranderd, zoodat deze gedurende de geheele reeks van waarnemingen dezelfde blijft. Voortdurende contrôle-ijkingen, tusschen de waarnemingen verricht, bevestigen inderdaad de veronderstelling, dat de eens voor al ingestelde gevoeligheid constant blijft.

In het tijdvak van 12—25 Juli worden dagelijks series waarnemingen verricht, en wel wordt op verschillende tijden van den dag eenige uren lang om het kwartier de teruggang van de snaar opgenomen. In dit tijdsverloop werden zoo ruim 200 kwartierwaarnemingen verricht. Als gemiddelden uitslag van de snaar per 15 minuten berekenen wij 11,0 schaaldeelen, waaruit wordt afgeleid een intensiteit :

$$3634 \times 0.210 \times \frac{11}{15 \times 60} = 9.3 I.$$

Deze waarde wijkt dus merkbaar af van de waarde, die we als gemiddelde voor *I* te Valkenburg gevonden hadden. Zeer zeker is deze vermindering toe te schrijven aan de veranderde opstelling van het toestel, want het is een reeds lang bekend verschijnsel, dat zelfs een geringe plaatsverandering (1 à 3 m) een aanzienlijk verschil in de waargenomen intensiteit der straling kan teweegbrengen.

Uit deze eerste waarnemingen blijkt reeds, en later zullen we dit bevestigd vinden, dat de straling geenszins constant is, doch dat zij schommelingen van verschillende soort vertoont. Zoo treden zoowel schommelingen op, waarvan de periode zich over meerdere dagen uitstrekt, als variaties, die het karakter van plotselinge stooten vertoonen. Afwijkingen van 10 % en meer zoowel boven als beneden de gemiddelde waarde treden herhaalde malen op. Aan de realiteit van deze schommelingen kan daarom niet getwijfeld worden, daar zij als plotselinge daling of stijging tusschen 2 hoogere of lagere kwartierwaarden gevonden worden en dus niet veroorzaakt kunnen zijn door uitwendige oorzaken als temperatuur-, lucht-, of spanningsverandering. Voor de waarden der maximale schommelingen, door andere waarnemers gevonden, verwijzen wij naar het werk van R. STEINMAURER (Sitzungsber. der Akad. der Wiss., Wien 1930), waarin hij een overzicht geeft over de schommelingswaarnemingen, gedaan van 1923 tot 1928. Bij vele dezer waarnemingen wordt de bodemstraling afgeschermd door gletscherijs en toch treden schommelingen op tot een grootte van 30 % en dan nog als resultaat van 1—2 uur langen waarnemingstijd.

Op 25 Juli 9 uur a.m. wordt een waarnemingsreeks begonnen, die een vol etmaal tot 26 Juli 9 uur a.m. duurt. In deze periode worden 88 kwartier-opnemingen verricht, daar tengevolge van het opnieuw



instellen en aflezen na elke 15 minuten eenige oogenblikken verloren gaan. In deze reeks treden 3 minimum-uitslagen duidelijk te voorschijn en wel achtereenvolgens om 19 u, 4 u en 5,45 u met respectievelijk waarden van 9,8, 9,5 en 9,8 schaaldeelen, bij een algemeen gemiddelde van 11,0 schaaldeelen; afwijkingen derhalve van 10 % en 14 %. Eveneens zijn in de reeks duidelijk eenige positieve stooten waar te nemen en wel om 12,30 u, 1,45 u, 5,15 u en 7,15 u, met uitslagen van 12,5, 12,3, 12,2 en 12,2; afwijkingen derhalve van eveneens ruim 10 %.

Deze reeks in haar geheel overziende, kan men daaruit aflezen, dat de uitslagen van 10 u tot 18 u boven de gemiddelde waarde uitgaan, om daarna tot 1 u 's nachts met kleine schommelingen onder het gemiddelde te blijven. Circa 2 u 's nachts treedt gedurende 4 waarnemingen een groote positieve afwijking op, doch daarna blijft met uitzondering van den positieven stoot van 5,15 u de stralingsintensiteit beneden het gemiddelde, om tegen 7 uur weer boven het gemiddelde uit te gaan. Van verdere gevolgtrekkingen meenen wij ons op grond van het te beperkte waarnemingsmateriaal te moeten onthouden.

Van 27 Juli tot 4 Aug. worden de waarnemingen op dezelfde wijze als te voren voortgezet; de conclusies, die we hieruit kunnen trekken, stemmen overeen met die van het voorafgaande tijdvak, behalve dat ook de onderlinge afwijking tusschen de daggemiddelden van verschillende dagen hierbij duidelijker op den voorgrond begint te treden.

Vanaf 4 Aug. wordt een andere wijze van waarneming gevolgd, en wel wordt op het heele uur, van 8 uur 's morgens tot 24 uur 's nachts, gedurende 15 minuten de teruggang van de snaar geregistreerd. Uit deze 8-daagsche waarnemingsreeks zijn zoowel de daggemiddelden als de uurgemiddelden bepaald. Een en ander vindt men vereenigd in de tabel XXXVI (blz. 61).

De gemiddelden der uurwaarden vanaf 8 u tot 14 u liggen boven het algemeen daggemiddelde van 11,0, terwijl die van 14 u tot 24 u daar beneden liggen, met een minimum om 20 u. De maximumwaarden treden op om 10 u, 12 u en 13 u. Het minimum van 20 u ligt  $\pm 6$  % beneden, de maxima  $\pm 4$  % boven het algemeen gemiddelde. Van af 20 u stijgt de waarde weer, tot zij om 24 u het gemiddelde weer bereikt. De daggemiddelden vertoonen variaties

TABEL XXXVI.

Datum	8 u.	10 u.	11 u.	12 u.	13 u.	14 u.	15 u.	16 u.	17 u.	18 u.	19 u.	20 u.	22 u.	24 u.	Dag-gem.
4 Aug. '33	11.2	11.3	11.6	11.6	14.1	11.5	12.6	12.3	—	11.7	—	13.0	12.0	12.1	11.9
5 .. '33	12.0	11.5	12.1	12.0	11.3	11.5	11.2	11.6	10.6	10.2	10.8	12.0	12.0	12.0	11.4
6 .. '33	10.8	11.9	11.6	11.7	—	11.3	—	10.8	11.0	11.3	—	10.3	—	10.9	11.2
7 .. '33	11.4	11.6	—	11.8	11.8	11.4	11.0	10.3	10.8	10.5	—	9.9	10.6	11.7	11.1
8 .. '33	11.2	11.2	10.4	10.7	11.3	11.0	11.1	10.6	—	10.5	10.4	10.5	10.3	10.2	10.7
9 .. '33	11.5	11.3	11.0	11.0	11.1	10.9	10.9	10.4	—	11.0	11.1	9.9	9.9	10.9	10.9
10 .. '33	11.2	11.7	11.9	11.7	11.7	11.6	11.7	10.6	10.9	11.5	10.5	10.2	10.5	10.9	11.2
11 .. '33	10.8	10.6	10.5	10.8	10.8	10.8	10.9	10.8	—	9.9	10.0	10.8	10.4	10.8	10.6
Uurgemid.	11.3	11.4	11.3	11.4	11.4	11.2	11.2	10.8	10.8	10.8	10.6	10.4	10.5	11.0	11.0

van maximum 7 % boven en minimum 5 % beneden het algemeen gemiddelde. Ook nu treden schommelingen op in elke dagreeks van  $\pm 10$  % en meer, terwijl ook plotselinge stooten met afwijkingen van 20 % en meer enkele malen te voorschijn komen.

Ten einde ons cijfermateriaal te vermeerderen, noodig voor het trekken van conclusies, worden deze metingen op 11 Sept. opnieuw opgevat en zonder onderbreking voortgezet tot 1 November. Deze reeks bevat derhalve de waarnemingen van 50 dagen, hetgeen bij een gemiddelde van 12 registreringen per dag, een totaal van 600 waarnemingen uitmaakt.

In de twee laatste rijen hebben wij het algemeen gemiddelde over de geheele <sup>1)</sup> waarnemingsreeks vermeld, zoowel voor de verschillende uren, als het algemeen gemiddelde zoowel van de uur- als de dagwaarden.

Op grond van deze waarnemingen trekken wij de volgende conclusies, zie fig. 10 en 11.

<sup>1)</sup> Wegens het aflopen van den zomertijd op 8 October, hebben wij de reeks in 2 deelen gesplitst en elk dezer reeksen afzonderlijk behandeld.

TABEL XXXVII.

Datum	8 u.	10 u.	12 u.	13 u.	14 u.	16 u.	17 u.	18 u.	19 u.	20 u.	22 u.	24 u.	Dag- gemidd.
11 Sept.	13.3	13.2	12.9	12.9	13.5	13.3	13.2	13.4	—	13.0	12.9	12.6	13.1
12 ..	13.4	13.1	14.7	14.9	14.9	14.1	13.5	14.6	13.2	13.9	14.0	13.9	14.1
13 ..	15.6	14.3	14.8	14.8	16.1	14.9	15.3	14.2	—	13.4	14.1	13.6	14.6
14 ..	12.9	13.1	12.7	12.6	13.1	12.2	12.2	12.1	11.9	11.8	11.4	11.9	12.3
15 ..	12.6	12.6	12.6	12.9	12.9	12.1	12.2	11.5	—	12.2	—	—	12.4
16 ..	12.7	13.9	14.6	12.8	13.3	13.5	13.1	13.9	12.9	13.1	12.5	12.3	13.2
17 ..	13.4	12.9	13.8	13.9	13.7	13.4	—	—	—	—	—	—	13.5
Uurgem.	13.4	13.6	13.8	13.5	14.2	13.3	13.2	13.2		12.9	13.1	12.9	13.4
18 Sept.	14.4	15.0	14.5	13.8	15.2	14.3	13.7	14.0	14.3	14.7	14.4	14.4	14.4
19 ..	14.7	15.0	14.2	14.7	14.9	14.6	13.9	14.5	—	15.2	14.7	14.3	14.6
20 ..	15.2	15.1	16.5	16.7	15.1	15.5	15.3	14.9	15.5	16.2	14.8	14.2	15.5
21 ..	15.4	14.6	15.7	14.3	14.5	14.8	—	14.9	14.1	14.2	14.0	13.6	14.5
22 ..	15.4	15.0	15.2	14.8	15.1	14.3	15.5	14.5	14.3	14.2	14.0	13.7	14.6
23 ..	15.0	14.0	14.8	14.5	14.3	13.9	—	13.3	13.7	14.9	14.8	14.7	14.4
24 ..	16.6	17.2	18.3	18.2	17.9	17.6	—	17.2	15.7	15.6	15.7	15.2	16.9
Uurgem.	15.3	15.1	15.6	15.2	15.3	15.0		14.7	14.6	15.0	14.6	14.3	15.0
25 Sept.	15.6	16.4	16.3	16.1	15.7	15.0	15.3	15.3	16.1	15.6	16.0	16.0	15.8
26 ..	16.7	17.4	17.2	17.4	17.7	17.7	18.6	19.2	17.6	20.7	19.1	18.8	18.2
27 ..	20.3	20.5	20.4	20.2	20.2	18.3	18.9	18.9	18.3	19.0	19.5	18.8	19.4
28 ..	18.2	18.1	19.2	18.6	18.5	19.8	19.5	19.8	18.0	17.7	19.1	17.7	18.7
29 ..	17.6	20.8	17.7	18.4	18.7	17.2	—	16.7	—	17.3	17.2	16.9	18.0
30 ..	17.8	18.2	18.9	18.1	16.4	—	17.4	17.8	17.2	16.8	17.0	18.0	17.6
1 Oct.	17.8	17.6	17.8	18.2	18.0	18.0	—	18.5	17.3	17.4	18.1	17.5	17.8
Uurgem.	17.7	18.4	18.2	18.1	17.9	17.7	17.9	18.0	17.4	17.8	18.0	17.8	17.9
2 Oct.	18.1	17.3	15.9	15.0	15.8	14.5	14.7	13.7	13.7	14.0	14.5	14.2	15.1
3 ..	14.1	13.3	12.7	12.6	12.2	12.2	—	13.8	12.7	11.3	11.2	11.4	12.5
4 ..	12.9	11.6	11.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5 ..	12.5	12.6	12.9	12.8	12.0	11.8	12.3	11.7	11.7	12.2	12.4	12.9	12.3
6 ..	15.4	16.1	14.7	15.5	14.6	12.8	11.5	11.5	11.6	12.2	11.9	12.4	13.3
7 ..	12.3	12.4	12.8	12.8	12.3	12.8	12.6	14.5	14.0	15.0	13.5	14.0	13.2
Uurgem.	14.2	13.9	13.5	13.7	13.4	12.8	12.8	13.0	12.7	12.9	12.7	13.0	13.2
	15.2	15.3	15.3	15.1	15.2	14.7	14.6	14.7	14.7	14.7	14.6	14.6	14.9

TABEL XXXVII. (Vervolg).

Datum	8 u.	10 u.	12 u.	13 u.	14 u.	16 u.	17 u.	18 u.	19 u.	20 u.	22 u.	24 u.	Dag- gemidd.
8 Oct.	15.2	14.8	13.9	14.0	14.0	13.9	—	—	—	—	—	—	—
9 "	13.6	13.7	13.9	12.5	12.7	12.7	12.7	12.5	13.0	12.5	12.0	12.6	12.9
10 "	12.3	13.5	12.5	12.1	12.3	12.2	11.8	11.8	11.4	11.2	11.7	11.2	12.0
11 "	10.9	11.3	12.3	11.3	11.3	11.4	11.2	10.6	10.4	10.5	10.3	10.1	11.0
12 "	10.5	10.8	10.6	10.4	11.1	9.8	11.0	10.6	10.2	10.0	10.7	10.7	10.5
13 "	10.8	10.5	10.7	11.2	10.6	11.6	—	11.2	10.9	10.5	10.9	10.4	10.8
14 "	11.3	11.2	11.1	10.9	10.6	10.5	11.0	10.2	11.2	10.7	10.8	10.9	10.9
15 "	11.2	10.9	11.7	10.8	10.8	10.8	10.8	11.1	11.3	11.3	10.8	11.1	11.0
Uurgem.	12.0	12.1	12.1	11.6	11.7	11.6	11.4	11.1	11.2	11.0	11.0	11.0	11.5
16 Oct.	10.9	11.3	11.0	11.1	10.9	10.7	11.2	10.8	11.5	11.4	11.0	10.9	11.1
17 "	10.3	10.5	10.5	10.8	11.2	10.4	11.1	10.8	10.9	11.4	10.6	10.5	10.8
18 "	10.9	12.0	10.9	11.0	10.9	10.8	11.4	11.0	11.0	10.6	11.0	10.7	11.0
19 "	11.4	11.3	10.6	11.4	11.8	11.0	11.2	11.5	11.0	10.9	11.1	11.6	11.2
20 "	10.8	11.1	11.5	—	10.9	11.2	—	10.8	11.5	11.5	11.2	10.3	11.1
21 "	11.3	12.3	12.4	12.0	11.4	12.6	12.1	13.2	—	12.4	12.6	12.5	12.3
22 "	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Uurgem.	10.9	11.6	11.2	11.3	11.2	11.1	11.4	11.3	11.2	11.4	11.2	11.1	11.2
23 Oct.	13.9	15.0	14.0	15.0	15.0	15.4	—	15.0	14.6	15.4	14.6	15.0	14.8
24 "	14.9	14.5	14.5	15.0	14.5	14.1	14.2	13.6	12.8	13.1	13.5	13.5	14.0
25 "	14.6	15.4	14.1	14.7	14.4	13.3	14.0	13.5	14.3	15.0	14.2	13.5	14.3
26 "	13.4	12.8	12.7	12.1	11.5	11.2	11.1	11.2	11.2	10.6	11.2	11.0	11.7
27 "	11.2	11.0	11.1	10.4	10.5	11.2	11.4	10.7	11.9	11.6	10.9	10.8	11.0
28 "	10.9	11.3	10.7	10.2	10.5	10.5	11.1	11.3	11.0	11.2	11.0	10.9	10.9
29 "	11.0	10.9	11.0	10.5	11.3	10.9	—	11.1	11.1	11.1	11.1	11.7	11.0
Uurgem.	12.8	13.0	12.6	12.6	12.5	12.6	12.4	12.3	12.3	12.6	12.4	12.3	12.5
30 Oct.	11.1	11.4	11.4	11.2	11.2	11.9	11.7	10.7	11.0	11.0	11.1	10.9	11.2
31 "	11.9	11.9	11.8	11.3	11.4	11.9	12.1	11.1	11.3	11.7	11.5	11.4	11.6
Uurgem.	11.5	11.7	11.6	11.3	11.3	11.9	11.9	10.9	11.1	11.3	11.3	11.1	11.4
	8 u.	10 u.	12 u.	13 u.	14 u.	16 u.	17 u.	18 u.	19 u.	20 u.	22 u.	24 u.	
	11.9	12.1	12.0	11.8	11.8	11.8	11.7	11.5	11.5	11.6	11.5	11.5	11.7

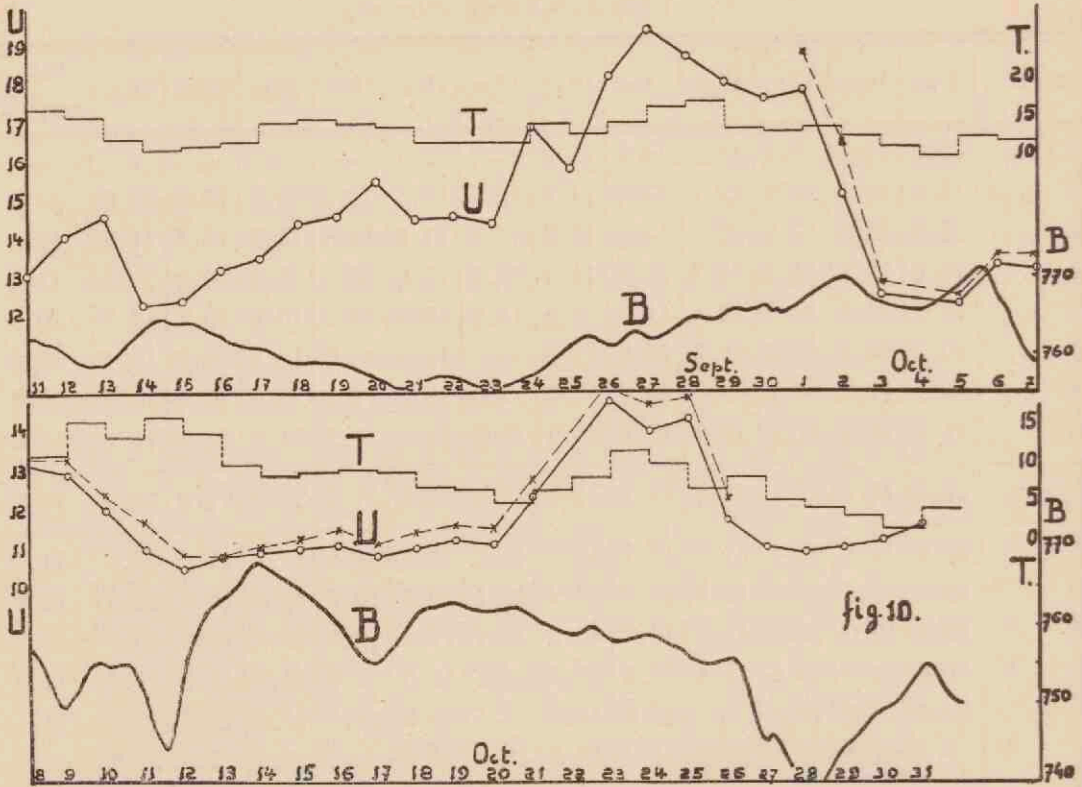


fig 10.

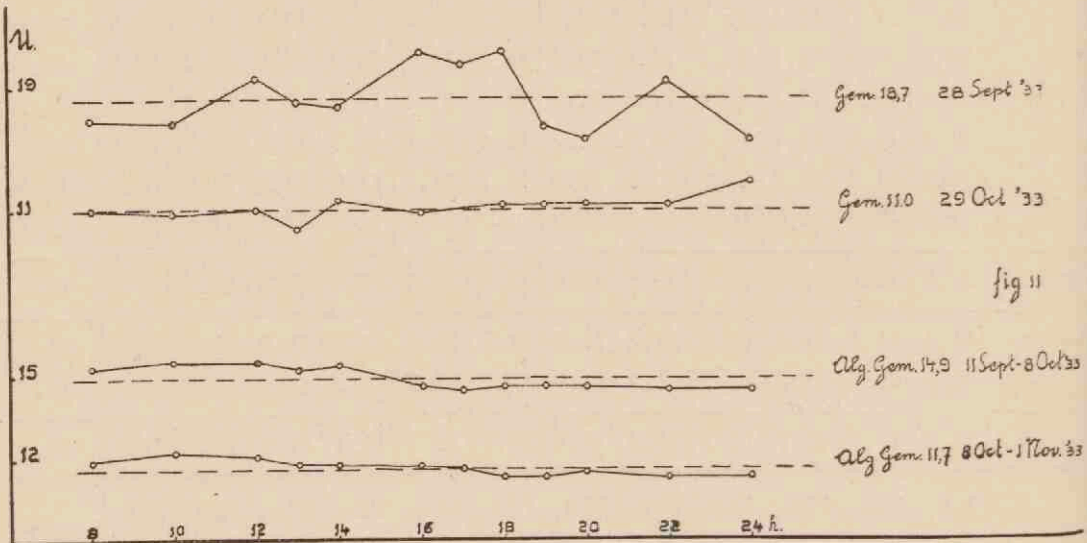


fig 11

10. de waarde der stralingsintensiteit ligt in de voormiddaguren (tot en met  $\pm 14$  u) boven, in de namiddaguren beneden de gemiddelde dagwaarde en wel met maximale afwijking van  $\pm 3$  % van deze middelwaarde;
20. in elke dagreeks treden regelmatig schommelingen op met amplituden van 10 % en meer boven en beneden het daggemiddelde;
30. onregelmatige stooten treden op, die de waarde der ionisatie afwijkingen van 30 en meer procent geven;
40. de reeks der daggemiddelden vertoont schommelingen, waarvan de periode zich over meerdere dagen uitstrekt.

Waarschijnlijk zal voor deze laatste schommelingen rekening gehouden moeten worden met het feit, dat de ionisatieketel niet volledig luchtdicht afgesloten was. Echter kan de, nog altijd zeer langzaam optredende, luchtversanding, die hiervan het gevolg is, geen reden zijn om aan de werkelijkheid van deze variaties te twifelen.

Hoewel gedurende deze lange waarnemingsperiode, de kamertemperatuur voortdurend varieerde, en wel tusschen de grenzen  $9,5^{\circ}$  C en  $25^{\circ}$  C, is van een invloed op de gevoeligheid van het instrument tengevolge van deze temperatuurschommelingen niets gebleken. De ijkingen, bij voortduring verricht, toonen binnen de nauwkeurigheidsgrenzen der aflezingen, een constant blijven der gevoeligheid aan. Om de zekerheid te verhoogen, werd na afloop der waarnemingen nog de volgende proef genomen. Bij kamertemperatuur van  $10,5^{\circ}$  C wordt een ijking verricht. Daarna wordt door middel van een gaskachel in 45 minuten de temperatuur tot  $17,7^{\circ}$  C opgevoerd. Drie maal wordt ondertusschen een 15 minuten-aflezing verricht, welke volkomen normale bedragen opleveren. Bij  $17,7^{\circ}$  C wordt dan weer een ijking verricht; de uitkomsten hiervan stemmen volmaakt overeen met die der ijking bij  $10,5^{\circ}$  C.

Zoals te verwachten was, is de spanning der gebruikte batterij niet onafhankelijk van de temperatuur. Deze afhankelijkheid openbaart zich hierdoor, dat bij snelle temperatuurstijgingen de beginstand van de snaar iets lager wordt; bij dalingen iets hooger, hetgeen op een spanningsafname resp. -toename wijst. Toch is, zooals reeds gezegd, deze aanvangsstand niet van invloed op de waardebepaling van de ionisatie, indien men slechts zorgt dat het gebied,

waarin de snaar zich beweegt, over voldoende afstand gelijke gevoeligheid aanwijst.

Blijkt derhalve het „inwendige” temperatuureffect bij dit apparaat te verwaarloozen, de invloed van de veranderingen der buitentemperatuur op de stralingsintensiteit is ook uit deze provisorische metingen zeer duidelijk te onderkennen. Om deze aan te toonen zijn in de grafiek fig. 10 de gemiddelde dagwaarden op de verticale as afgezet, de bijbehorende dagen op de horizontale as. Eveneens is in verticale richting afgezet de temperatuur der lucht op de verschillende dagen. Deze temperaturen zijn ontleend aan de Maandelijksche Overzichten van het Hoofdobservatorium te De Bilt. Het blijkt nu, dat, met uitzondering van enkele dagen, gedurende de geheele waarnemingsperiode de lijn der stralingsintensiteiten volkomen parallel loopt met de lijn der temperaturen. HOFFMANN (1931) en MESSERSCHMIDT (1932) komen tot geheel gelijklopende resultaten, STEINMAURER trekt echter uit zijn Hafelekar-metingen van 1933 een juist tegenovergestelde conclusie, namelijk een afnemende stralingsintensiteit met toenemende temperatuur. Hij meent evenwel een verklaring voor dit verschil te kunnen vinden in het verband tusschen vochtigheidstoestand en temperatuur der lucht, welk verband op 2300 m hoogte geheel anders is dan aan den zeespiegel.

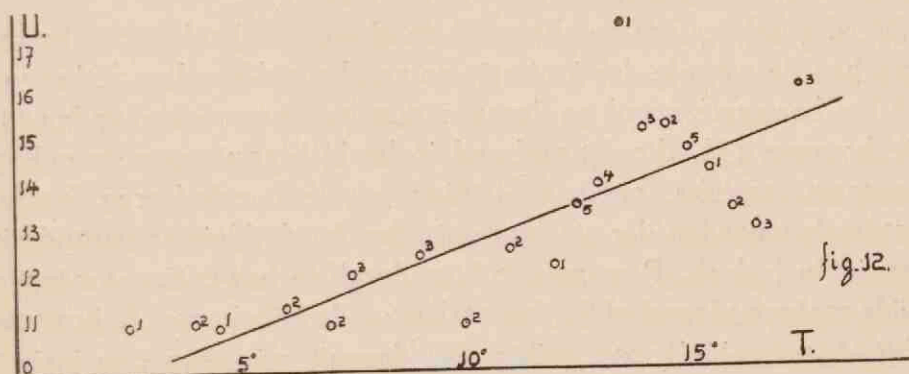
Dat deze afhankelijkheid niet te wijten is aan de verandering van de in den ketel aanwezige luchtmassa tengevolge der temperatuur, blijkt uit de eveneens geteekende kromme (gestippeld), welke de waarden der intensiteit in beeld brengt, nadat deze herleid zijn op 760 mm *Hg* en 0° C. Het onderling parallelle verloop van deze kromme met de temperatuurkromme wijst op de realiteit van meer genoemd „uitwendig” temperatuureffect.

Tenslotte hebben wij ons afgevraagd of het mogelijk was op grond van deze provisorische metingen een conclusie te trekken omtrent het al of niet bestaan van het barometereffect; d.w.z. of, zooals door meerdere onderzoekers is vastgesteld, met het toenemen van den luchtdruk de intensiteit der straling afneemt en omgekeerd. Te dien einde hebben we in de laatste grafiek ook geteekend de kromme, die het verloop van den luchtdruk aangeeft. Vergelijking der beide desbetreffende krommen leert, dat op bepaalde dagen het antiparallelle verloop der beide kurven zeer duidelijk is waar te nemen. Zoo verloopt bijv. van 13 tot 25 Sept. de temperatuur anti-

parallel met den luchtdruk, beide invloeden versterken dus elkander, en derhalve verloopt ook de intensiteit antiparallel met den luchtdruk. Van 25 tot 28 Sept. stijgen zoowel de barometerstanden als de temperaturen, beide invloeden werken elkaar dus tegen. De temperatuurinvloed blijkt in deze periode te overheerschen, met gevolg dat de intensiteit toeneemt. Van 28 Sept. tot 3 Oct. daalt de temperatuur, de luchtdruk stijgt, afnemende intensiteit! Zoo blijkt verder over het geheele tijdsverloop de intensiteit samengesteld afhankelijk te zijn van temperatuurs- en drukveranderingen, en wel blijkt over het algemeen de invloed van de temperatuur het sterkst te zijn. Kenschetsend is bijv. ook de periode van 14—15—16 Oct. waarin een bijna constante temperatuur heerscht, terwijl de luchtdruk een duidelijk merkbare daling vertoont. Dienovereenkomstig wijst de stralingsintensiteit een stijging aan. Een berekening van het barometereffect levert een vermindering van 4,3 % per cm Hg, een bedrag, dat klein is in vergelijking met de waarden door HOFFMANN, MYSSOWKI en TUWIN, en STEINKE gevonden, die resp. 4,7 %, 7 % en 10—13,5 % opgeven voor gefilterde straling.

In fig. 11 hebben wij nog geteekend het verloop der waargenomen uitslagen als functies der waarnemingsuren op 28 Sept. en 29 Oct. 1933. Zij mogen dienen als typeerende voorbeelden van het verschillend gedrag der straling op verschillende dagen. Terwijl 29 Oct. een zeer „rustige” dag is, waarop de waarde der straling slechts zeer kleine variaties vertoont, schommelt de straling op 28 Sept. den geheelen dag om de middelwaarde op en neer met afwijkingen ter grootte van circa 6 %.

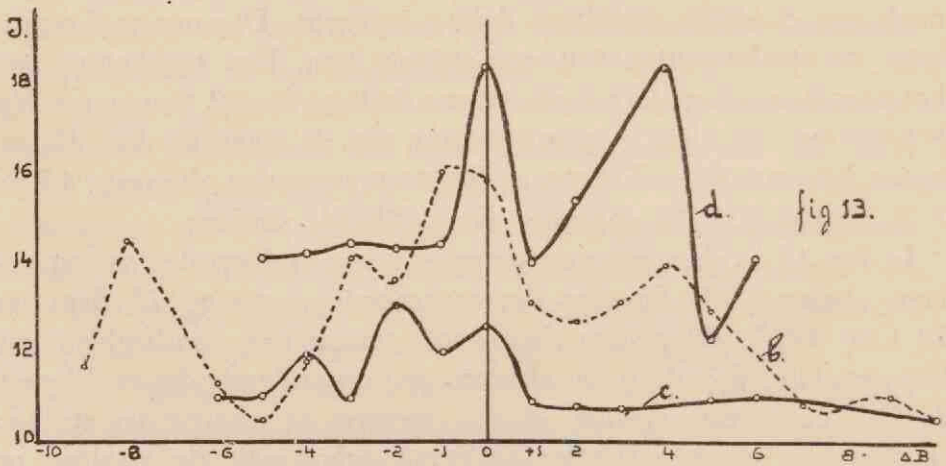
Om het verband tusschen de temperatuur en de uitslagen nader te onderzoeken hebben wij in fig. 12 de uitslagen als functie der





temperatuur uitgezet. Van de bij elke temperatuur voorkomende uitslagen hebben wij het gemiddelde bepaald en door deze gemiddelden een rechte lijn getrokken. Het cijfer bij elk der punten wijst aan uit hoeveel waarden het gemiddelde is bepaald. De berekening leert, dat de grootte van den invloed van dit temperatuureffect 2,7 % per graad Celsius bedraagt. MESSERSCHMIDT vindt bij van boven geopend pantser een bedrag van 2,2 %, waarmede de door ons gevonden waarde dus goed overeenstemt.

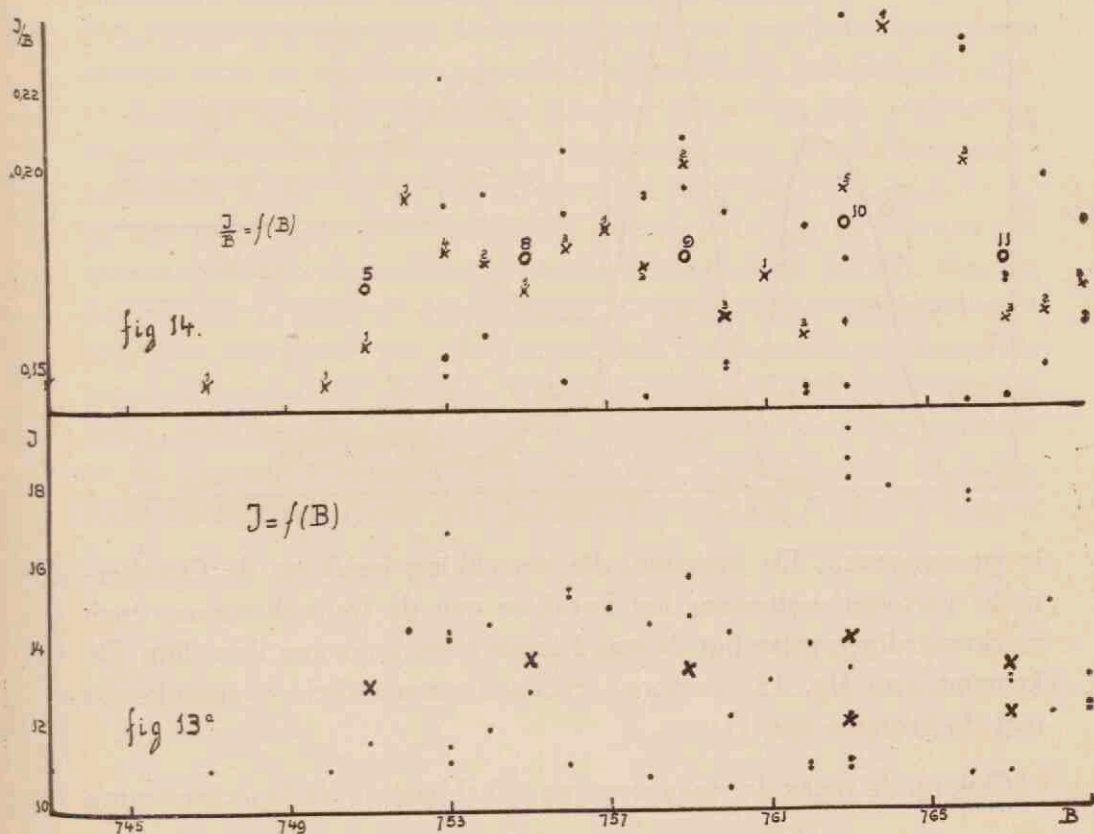
Ook ten opzichte van het barometereffect hebben we dezelfde methode gevolgd. De gemiddelde waarde van den uitslag in intervallen van 4 mm kwikdruk is als functie van den luchtdruk uitgezet.



Het aantal, op deze wijze verkregen punten is echter te gering en de ligging der punten te wisselvallig, dan dat wij daaruit meenen te mogen besluiten tot het werkelijk voorhanden zijn van meergenoemd effect. (Zie fig. 13a, waarin de benedenste punten bij 763 en 767 ontstaan zijn zonder de waarde van  $I$  boven 18).

Verder hebben wij nog bepaald de afhankelijkheid, die er bestaat tusschen de waarde der ionisatie op een bepaalden dag en het verschil in barometerstand op dezen en den daaraan voorafgaanden dag. De kromme 13b, die dit verband in beeld brengt voor de geheele waarnemingsreeks, geeft aanleiding om te concluderen, dat de maximale waarden der straling optreden bij de kleinste veranderingen in luchtdruk. Past men echter dezelfde bewerking toe op de beide reeksen afzonderlijk, dan verlopen de bijbehorende krommen (fig. 13c en 13d) zoo grillig dat daaruit o.i. geen conclusie te

trekken is. Ook hebben wij nog bepaald de waarden van  $\frac{I}{B}$  en deze tegen den barometerstand  $B$  uitgezet (fig. 14). De ligging der punten,



die het gemiddelde over intervallen van 4 mm kwikdruk weergeven, geeft aanleiding tot dezelfde opmerking als reeds bij fig. 13a vermeld werd. Bij aanwezigheid van een barometereffect zou  $\frac{I}{B}$  bij stijgende  $B$  een duidelijk merkbare daling te zien geven. Op grond van het voorafgaande besluiten wij dat een duidelijk barometereffect voor de geheele reeks niet is aan te toonen.

Ten einde na te gaan of onze waarnemingsreeks aan de algemeene foutenwet van GAUSS voldoet, hebben wij het algemeen gemiddelde van elk der waarnemingen afgetrokken en de verschillen in intervallen van 0,5 te zamen genomen. Het aantal der resp. verschillen tegen de betreffende intervallen geeft fig. 15 a, waaruit echter het karakter der bekende kromme van GAUSS niet te onderkennen valt.

Derhalve hebben wij deze bewerking ook toegepast op de beide reeksen afzonderlijk, waarvan het resultaat in de figuren 15b en 15c

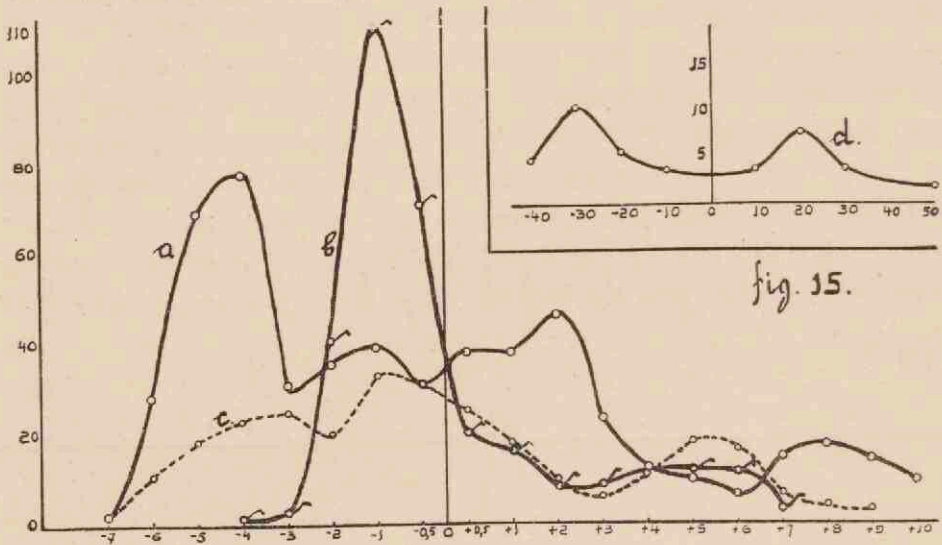


fig. 15.

is weergegeven. De kromme, die betrekking heeft op de Octoberreeks vertoont weliswaar het karakter van de foutenkromme, doch merkwaardiger wijze ligt de top 2 intervallen links van de nullijn. De kromme van fig. 15c vertoont evenwel geen enkele overeenkomst met de kromme van GAUSS.

Ook op de reeks der waarden van  $\frac{I}{B}$  hebben wij de foutenrekening toegepast; eveneens met negatief resultaat zooals blijkt uit fig 15d.

Ten slotte hebben wij ons afgevraagd of de door ons gevonden waarnemingsreeks eenige periodiciteit vertoont. Hiertoe zijn we te werk gegaan volgens een door Prof. ORNSTEIN en Dr. H. E. BURGER aangegeven variant op de methode van SMOLUCHOWSKI. Uit de getallenreeks wordt een bepaald getal  $I_0$  i.c. 11,0 uitgekozen en nagegaan wordt door welk getal  $I_k$ ,  $I_0$  opgevolgd wordt na  $n$ : resp. 1, 2 ... dagen. Het verschil  $I_0 - I_k$  wordt telkens bepaald en hiervan het gemiddelde:  $\overline{\Delta}_K$  bepaald. Is deze  $\overline{\Delta}_K$  gemiddeld 0 of nadert zij voor zeer groote  $k$  tot 0, dan vertoont deze reeks geen periodieke schommelingen. Verloopt echter  $\overline{\Delta}_K$  als functie van  $k$  periodiek dan moet ook de oorspronkelijke getallenreeks aan periodieke veranderingen onderhevig zijn. Waar evenwel dit laatste op

onze verschillenreeks niets van toepassing is, besluiten wij dat de waarnemingsreeks geen periodiciteit vertoont.

Hierbij moet men echter in aanmerking nemen, dat men bij een periodieke getallenrij deze  $\Delta_K$  rekening zoowel boven als beneden het gemiddelde kan toepassen. In beide gevallen zal dezelfde waarde resp. na een korte en een lange periode terugkeeren en wel met stijgende en dalende waarden. Naarmate men  $I_0$  dichter bij het gemiddelde kiest, zal men de afwisseling van de pos. en neg. verschillen duidelijker zien. Waar wij nu niet weten of de door ons gekozen  $I_0 = 11$  op den stijgenden of dalenden tak der periode ligt en wij dus het stijgen en dalen door elkaar gewerkt hebben, deze waarde van het gemiddelde afwijkt en daarenboven de temperatuurschommelingen nog niet verrekend zijn, hebben wij de Sept.-reeks op eenzelfde temperatuur van  $10^\circ$  herleid. Voor deze reeks, waarvan het gemiddelde 13,5 bedraagt, hebben wij als uitgangspunt  $I_0 = 13,5$  gekozen en de  $\Delta_K$  reeks bepaald. (fig. 16). Het blijkt dan, dat er inderdaad aanwijzingen voor een periodiciteit bestaan. Na 2 negatieve

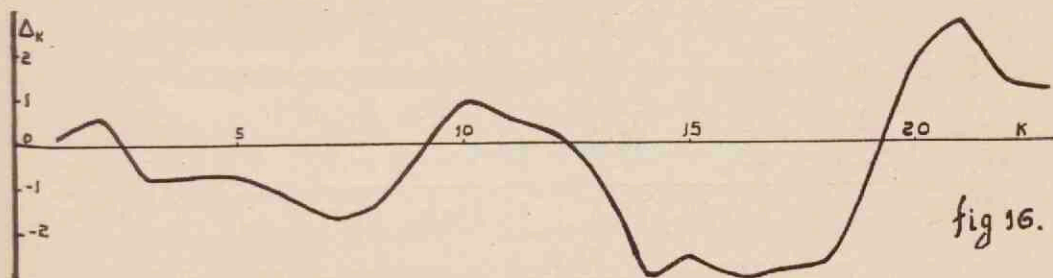


fig 16.

perioden ter grootte van 7, komen positieve verschillen terug, welke weliswaar korter van duur (3), doch niettemin reëel zijn. Een periode van 10 dagen schijnt in de oorspronkelijke getallenreeks aanwezig te zijn. De geringe hoeveelheid cijfermateriaal dezer waarnemingen laat echter niet toe, deze periode onwederlegbaar vast te stellen.

#### 4. METINGEN IN DE STAATSIJN „EMMA”.

Door de welwillende medewerking van Dr. VOSSENAAR, Hoofdmijnarts, werden wij in de gelegenheid gesteld in het ondergrondse gebied van Staatsmijn „Emma” eenige metingen te verrichten. Het was onze bedoeling door vergelijking der boven- en onder-

grondsche waarden der stralingsintensiteit, de waarde van de absorptiecoëfficiënt dezer straling te vinden en de reststraling van het toestel te bepalen. Met het oog op deze metingen hebben wij het apparaat in zijn verbeterde uitvoering, zoodanig in een houten raam ingepakt, dat het, met inbegrip der spanningsbatterijen een gemakkelijk transportabel geheel vormde. Aanvankelijk zouden deze metingen op 8 December plaats vinden en daarom hebben wij daags te voren in Valkenburg nog series waarnemingen gedaan zoowel binnen, in het laboratorium, als buiten in den tuin; dit laatste echter niet, zooals vroeger, boven een waterbassin doch rechtstreeks boven den aardbodem. Het verschil der beide intensiteiten zal derhalve de ionisatie zijn, die afkomstig is van de straling der omringende gebouwen. In het laboratorium vinden we als eerste waarnemingsreeks:

0	57.7	0	56.0	0	54.0	Gevoeligheid
15	44.7	10	46.9	23	35.2	= 0.235 $\frac{\text{volt}}{\text{streep}}$
15 min.	13.0	10 min.	9.1	23 min.	18.8	

$$I = 4312^* \times \frac{40.9}{48 \times 60} \times 0.235 = 14.4$$

In den tuin doen we de volgende reeks waarnemingen:

0	62.0	0	62.0	0	60.6	Gevoeligheid
16	52.1	22	47.7	17.5	49.0	= 0.241 $\frac{\text{volt}}{\text{streep}}$
16 min.	9.9	22 min.	14.3	17.5 min.	11.6	

$$I = 4312 \times \frac{35.8}{55.5 \times 60} \times 0.241 = 11.16$$

Teruggekeerd in het laboratorium nemen we de volgende waarden op:

0	63.0	0	59.0	0	57.0	Gevoeligheid
16	46.4	16	45.6	18	43.9	= 0.238 $\frac{\text{volt}}{\text{streep}}$
16 min.	16.6	16 min.	13.4	18 min.	13.1	

$$I = 4312 \times \frac{43.1}{50 \times 60} \times 0.238 = 14.75$$

Nemen wij als juiste waarde der stralingsintensiteit in het laboratorium het gemiddelde der beide gevonden waarden n.l. 14.62, dan blijkt deze waarde goed overeen te stemmen met de circa een half jaar eerder, daar gevonden waarden. De vermindering der intensiteit

tengevolge van het verdwijnen der gebouwenstraling bedraagt volgens deze berekening 3,46  $I$ . In 1910 vond WULF voor het overeenkomstige getal 5,7  $I$ , een bedrag, dat derhalve aanmerkelijk van het door ons gevondene afwijkt. Neemt men echter in aanmerking, dat ondertusschen 23 jaren verlopen zijn, dan zou in de veronderstelling, dat de gebouwenstraling afkomstig is van  $Ra-D$  straling, waarvan de halveeringstijd 22 jaren bedraagt, de vermindering verklaard zijn.

Door omstandigheden buiten onzen wil, konden onze voorgenoemen „mijnmetingen” eerst op 21 Dec. plaats vinden. Alvorens af te dalen hebben wij den morgen van denzelfden dag in Valkenburg nog eenige waarnemingen omtrent de grootte der ionisatie verricht. Als gemiddelde waarde uit 4 reeksen vinden we bij een gevoeligheid van  $0,233 \frac{\text{volt}}{\text{streep}}$  en een barometerstand van 780 mm:  $I = 12,87$ , hetgeen gereduceerd op 760 mm als waarde geeft  $I = 12,54$ .

Op de Staatsmijn „Emma” wordt op twee verschillende diepten gemeten en wel eerst op de 546 m verdieping en daarna op de 325 m verdieping. Op de 546 m kiezen we onzen waarnemingspost in de hoofddeengang tusschen de schachten I en II. We doen 2 aflezingen na resp. 20 en 30 minuten en vinden bij een beginstand van 53,8 na 20 min. 46,2; na 30 min. 40,9. Derhalve resp. 0,38 en 0,53 schaaldeelen per min. De overeenkomstige  $I$  waarden zijn dan 6,28 en 8,55 bij een berekenden barometerstand van 835 mm. Herleiding op 760 mm geeft respectievelijk 5,72  $I$  en 7,78  $I$ .

Op de 325 m stellen we het apparaat op, op de steenen trappen, die toegang geven tot de transformatorruimte, welke in de onmiddellijke nabijheid van de schacht aan de hoofddeengang is gelegen. Hier doen we 3 series waarnemingen:

0	42.3	0	46.1	0	47.3
12 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> min.	38.4	45	23.7	10	42.6
gem.	0.318		0.50		0.47

schaald./min.

Hieruit volgt bij 812 mm.  $Hg$ :

$$I_1 = 5.14 \quad I_2 = 8.0 \quad I_3 = 7.59 \text{ ionen/cm}^3/\text{sec.}$$

of herleid op 760 mm.  $Hg$ :

$$I_1 = 4.81 \quad I_2 = 7.49 \quad I_3 = 7.10$$

Op grond van bovenstaande uitkomsten, meenen wij aan deze

metingen slechts geringe waarde te mogen toekennen met betrekking tot het doel waartoe we ze gedaan hebben: t.w. het bepalen van den absorptiecoëfficiënt. Op de eerste plaats verschillen deze waarden op elke verdieping onderling te veel. Deze verschillen zijn niet te verklaren door de schommelingen der stralingsintensiteit. De hoogste waarden der 325 m verdieping liggen beneden de hoogste der 546 m verdieping, eveneens de laagste beneden de hiermee overeenkomende; een uitkomst, die in lijnrechte tegenspraak is met een normaal verloop der absorptie. Op de derde plaats hebben wij geen gelegenheid gehad, de omgevingsstraling te bepalen, welke ongetwijfeld nog een belangrijk deel der totaal gemeten stralingsintensiteit uitmaakt. Waar wij onze metingen verricht hebben, waren wij aan de zijden omringd door de uit steenen opgetrokken gangwanden, terwijl ook de uit den gangvloer tredende bodemstraling onafgeschermd kon toetreden. Brengen wij hiervoor een bedrag in rekening, dat overeenstemt met de waarde, die wij hiervoor bovengronds gevonden hebben, dan nog volgt uit de berekening voor den absorptiecoëfficiënt een waarde, die meer dan 100 maal kleiner is dan de waarde, die door andere onderzoekers hiervoor zijn berekend.

De oorzaken voor deze foutieve uitkomsten zijn de volgende: door de voortdurende schommelingen, waaraan het toestel gedurende het moeilijke transport onderhevig was, hebben wij geen zekerheid, dat de gevoeligheid van het instrument niet veranderd is. Wegens de zeer snel opeenvolgende en zeer groote temperatuurschommelingen waaraan de batterij tengevolge van de zeer heftige luchtstrooming in de steengang blootstaat, kunnen wij onze bewering, dat het apparaat onafhankelijk van de temperatuur is, hier niet handhaven. Want de standsverandering van de snaar, die het gevolg is van de temperatuurswisseling gaat hier zóó snel, dat deze zich ook gedurende de afleesperiode zal doen gelden en aldus de gedane aflezingen ongunstig zal beïnvloeden. Hetzelfde kan gezegd worden met betrekking tot het vochtigheidsgehalte der omringende lucht. Deze was op sommige momenten zoo groot, dat de waterdamp op den ketelwand condenseerde. Het spreekt wel vanzelf, dat de gebruikte batterij ook hiervan de nadeelige gevolgen zal onder vinden.

Toch meenen wij dat al de genoemde oorzaken de afwijkingen niet kunnen verklaren, tenzij wij aannemen, dat ook uit de omrin-

gende aardlagen radioactieve straling vrijkomt, die tot verhooging der ionisatiesterkte bijdraagt. Ook WULF vindt bij zijn metingen in de steenkolenmijnen van Charleroi en Auvélais verminderingen van slechts 2,2 en 0,7 *I* op diepten van resp. 983 m en 200 m.

Omtrent de waarde der reststraling kan onder deze omstandigheden natuurlijk geen steekhoudende conclusie worden getrokken.

---



## DEEL III.

### Definitieve Metingen.

#### a. *Beschrijving toestel.*

De veranderingen, die wij, na afloop der voorafgaande metingen, aan het toestel hebben aangebracht, beoogen de volgende drie verbeteringen: 1e. betere afsluiting van den ketel; 2e. verbeterde opheffing der wandstraling; 3e. de aarding van de stift van buitenaf mogelijk te maken, zonder perforatie van den ketel.

Wat het deksel betreft, dat vroeger door middel van schroeven en moeren op den overstekenden rand bevestigd was, dit wordt nu rechtstreeks daarop vastgesoldeerd, hetgeen behalve luchtdichte afsluiting nog het voordeel geeft, dat de breedte van den rand 1 cm minder kan worden. Bij het overschuiven der pantserringen blijkt dit later een groot gemak op te leveren. De messing kraag, die zich aan den bodem van den ketel bevond, wordt door een nieuwen vervangen. Deze nieuwe kraag verspringt op 2 cm beneden den ketelbodem eenigszins naar binnen. Op dit naar binnen springende deel is uitwendig schroefdraad gesneden, welke past op de inwendige schroefdraad die in den opstaanden hals van den electrometer is aangebracht. Zie figuur A. Tusschen kraag en hals worden met vet ingesmeerde gummiringen *G* gelegd, welke bij het opschroeven van den ketel *W*, tusschen kraag en hals worden samengeperst en aldus zoo volledig mogelijke afdichting bevorderen. Verder is aan den bodem een messing pijpje gesoldeerd, waardoor de lucht in den ketel in gemeenschap wordt gebracht met de lucht in een dunwandigen gummiballon van  $\pm 2$  l. inhoud. Bij optredende luchtdruk- en temperatuurveranderingen zal de lucht uit den ionisatieketel zich naar den ballon begeven of van hieruit naar den ketel, zoodat het ionisatieproces zich steeds in dezelfde luchtmassa afspeelt. Aan de luchtdichtheid van den ketel worden hierdoor slechts zeer lage eischen gesteld, daar iedere optredende overdruk zich direct in den

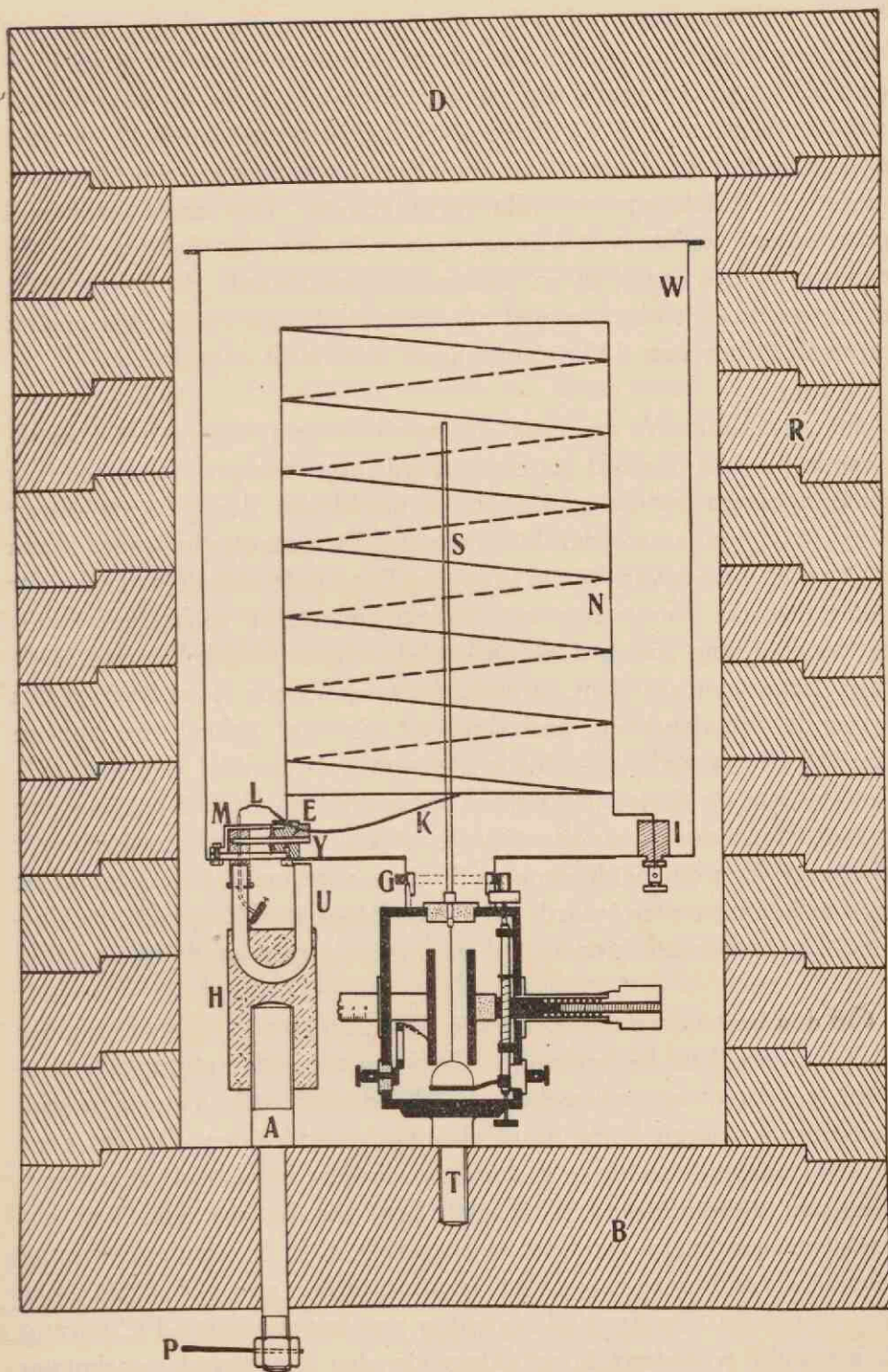


Fig. A

ballon zal vereffenen. Na het gereed komen van deze inrichting bleek ons toevalligerwijze, dat ditzelfde principe voor 20 jaren door prof. GOCKEL ook reeds was toegepast bij zijn ballontochten, echter zonder resultaat. Bij de drukverschillen van hoogstens 6 cm met den normalen barometerstand, zooals ze bij onze metingen optreden, werkt de inrichting tot volle tevredenheid. Ten einde eventueel proeven met koolzuur te kunnen nemen is door den bodem nog een messing buisje gestoken en daarin vastgesoldeerd; dit buisje reikt tot boven in den ketel, terwijl het open einde, dat onder den bodem uitsteekt, door een dikke caoutchouc stop blijft afgesloten.

Het draadnet *N*, waarvan de beschrijving reeds in het voorafgaande hoofdstuk werd gegeven, wordt opnieuw geconstrueerd. De afmetingen en inrichting blijven in hoofdzaak dezelfde als eerst; enkele afwijkingen worden hier vermeld. De diameter bedraagt thans 20,4 cm in plaats van 22 cm vroeger. Ten einde ook de werking der  $\alpha$ -deeltjes, die vanuit den ketelbodem komen, op te heffen, wordt het luchtvolume ook aan de onderzijde afgeschermd. Dit geschiedt door twee concentrische draadcirkels, die door 4 radiaalsgewijs loopende draadstukken, onderling tot één star geheel zijn aaneengesoldeerd; terwijl het geheele systeem door middel der 4 draadstukken aan de 4 staanders wordt bevestigd op circa 5 cm van den bodem. Het aldus gevormde nieuwe werkzame luchtvolume bedraagt 9540 cm<sup>3</sup>. Een der beide ebonietcilinders, waarmede 2 der staanders op den bodem rusten, wordt vervangen door een C-vormig ebonietstuk. De beteekenis hiervan zal uit het volgende duidelijk worden.

Op den bodem van den ketel zijn door middel van schroef en moer 2 messingstukken *M* bevestigd. De vorm van deze stukken is zoodanig gekozen, dat er tusschen op 2 hardstalen stiften een plat stuk weekijzer *Y* in een horizontaal vlak kan ronddraaien. Op het eene uiteinde van dit weekijzer is een stuk eboniet bevestigd, waardoorheen een messingdraad *K* is gestoken, die bij draaiing van het weekijzer contact maakt met de centrale stift *S*, zonder de nabij gelegen staanders te raken. Bij draaiing in tegengestelden zin stoot deze draad juist in de ronde opening van bovengenoemd C-vormig ebonietstuk, waardoor kortsluiting via den ketelwand voorkomen wordt. Het andere uiteinde van den messingdraad is boven het

draaipunt vastgesoldeerd aan een beweegbaren lamettadraad  $L$ . Deze lamettadraad maakt op zijn beurt contact met een toevoerdraad, die geïsoleerd door den ketelbodem is geleid en waarlangs het dus mogelijk is de stift geïsoleerd aan aarde of aan een gewenschte ijkspanning te leggen. De draaiing van het weekijzeren stuk geschiedt door middel van een krachtige hoefmagneet  $U$ , die zoo dicht mogelijk onder den bodem van den ketel is aangebracht. Deze hoefmagneet is bevestigd in een houten klos  $H$ , welke gedragen wordt door een verticale stalen as  $A$ , die in den klos geschroefd is. Het dunne gedeelte van deze as reikt door een gat in den bodem van het pantser onder dezen bodem uit. Door middel van een op de as bevestigde moer met daardoor gestoken tapsche pen  $P$  kan de magneet van buitenaf gedraaid worden. Het gat in den bodem is juist zoo groot, dat de as daarin nauwpassend draaien kan, zoodat het pantser als zoodanig niet beschadigd wordt.

De plaatsen, waar zich de openingen in den bodem bevinden, die dienen ter doorlating der schroeven en van de isolatoren  $I$ , worden met schellak-oplossing overgoten om luchtdoorstroming tegen te gaan.

Het pantser<sup>1)</sup> is opgebouwd uit 10 ringen met passende bodem en deksel. De ringen  $R$ , waarvan de tiende slechts geringe afwijkingen vertoont t.o.v. de negen andere, hebben een inwendigen diameter van 34 cm en een uitwendigen diameter van 54 cm. Hun hoogte bedraagt 6 cm. De vlakke kanten zijn zoo zuiver mogelijk afgedraaid; doch op hun middens verspringen zij 1 cm. De bodem  $B$  en de deksel  $D$  zijn massieve looden schijven van 54 cm middellijn en 10 cm dikte. Hiervan zijn de binnenzijden eveneens afgevlakt, terwijl ook aan den buitenomtrek ter diepte van 1 cm een vlakke groef ter breedte van 5 cm is weggesneden. Opeengestapeld omsluit het geheel een cilindrische ruimte van 34 cm middellijn en 60 cm hoogte, welke aan alle kanten omgeven is door een looden wand van 10 cm dikte. Door het aanbrengen der verspringingen hebben

<sup>1)</sup> Alvorens over te gaan tot de beschrijving van het looden pantser, wenschen wij een woord van dank te richten tot de Directie der Staatsmijnen in Limburg over de behulpzame bereidvaardigheid, waarmede zij ons het benoedigde lood in bruikleen heeft willen afstaan en het pantser in hare werkplaatsen heeft doen vervaardigen.

we bereikt, dat in het geheele pantser geen enkele doorlopende voeg aanwezig is, hetgeen met het oog op het afschermen van de straling der omgeving van groote beteekenis is. Wij wijzen hier nog op een bijzonder gunstige bijkomende omstandigheid, die eveneens het gevolg is van het nauwkeurig op elkander sluiten der pantserringen. Er ontstaat namelijk hierdoor om het instrument nog een bijna luchtdichte mantel, die de hierbuiten optredende luchtdrukschommelingen slechts zeer langzaam zal doorlaten tot den electrometer en ionisatieketel. Tevens zal door de groote warmte-capaciteit van de enorme loodmassa de invloed van temperatuurschommelingen in het inwendige van het pantser sterk verminderd worden.

Het geheele pantser weegt ongeveer 1500 kg. Het gewicht van bodem en deksel afzonderlijk bedraagt 250 kg elk, terwijl elk der ringen ongeveer 100 kg bijdraagt. Het geheel is vervaardigd van oud accumulatorenlood, hetgeen volgens opgave der Staatsmijnen 1,5—2 % antimoon bevat.

Met het oog op het plaatsen van het deksel, bleek het gewenscht, dat tusschen onderkant looden deksel en bovenkant ionisatieketel eenige centimeters speling bleef. Om deze te verkrijgen, hebben wij den driepoot, waarop de electrometer rust, afgeschroefd en de vrijgekomen spil *T* geplaatst in een gat, dat wij in den bodem geboord hebben. Het weggeboorde materiaal wordt geheel vervangen door het materiaal van de ingelaten spil, zoodat ook hier de pantserdikte van den bodem niet verminderd wordt. Het instrument rust dan op den aanslag, die door het dikkere gedeelte van de spil gevormd wordt.

In den tweeden ring vanaf den bodem worden nog 2 gaten geboord, één aan de voorzijde, waarin het oculair van het afleesmicroscoop geplaatst wordt, en één diametraal hiertegenover, voor de verlichting. Tevens worden door deze laatste opening de toevoerdraden naar binnen geleid. Terwijl eerstgenoemde opening zoo goed als geheel wordt opgevuld door het ingeplaatste oculair, blijft de laatstgenoemde de eenige opening in het pantser, waardoor eventueel straling direct binnen het pantser zou kunnen dringen. Aangezien echter deze opening slechts 6 mm wijd is, daarenboven horizontaal loopt en uitmondt ter halve hoogte van den electrometer is de nadeelige invloed hiervan wel geheel te verwaarloozen. In

verband met het vroeger vermelde luchtvolume, groot  $9540 \text{ cm}^3$ , volgt als waarde der constante  $K$  in de formule:  $I = K \frac{dv}{dt}$ :  $K = 4312$

b. *Halfpantser-metingen.*

Na afloop der metingen in de staatsmijn „Emma” op 21 Dec. 1933 wordt het toestel naar Heerlen overgebracht. In een vertrek, gelegen op den beganen grond, hebben wij ondertusschen een versterking onder de balklaag van den vloer aangebracht ter plaatse, waar het apparaat zal worden opgesteld. Het geheel komt te rusten op een zwaren houten driepoot, die 1 m hoog is en waarvan het bovenzvlak vergroot wordt door drie erop gelegde balken. Deze balken worden zoo gelegd, dat voldoende ruimte overblijft om de pen  $P$  te verplaatsen. De drie pooten rusten op twee op den vloer gelegde balken, teneinde het draagvlak te vergrooten. Ter voorkoming van verschuivingen zijn deze balken door dwarslatten verbonden en zijn voor de pooten klossen gespijkerd.

Nadat de looden bodemschijf op den bok geplaatst is, wordt het statief van den electrometer afgeschroefd en het apparaat boven den bodem opgesteld. Na zorgvuldige ijking, waarbij een gevoeligheid van 0,204 volt per schaaldeel wordt geconstateerd, worden de eerste waarnemingen verricht met als resultaat: 9,34 ionen/cm<sup>3</sup>/sec. Om den invloed van de aanwezigheid van den looden bodem na te gaan, wordt daarna het apparaat op een tafel midden in het vertrek geplaatst en nogmaals de ionisatie gemeten. Uit het uit deze metingen gevonden gemiddelde van 9.44 I volgt dat de werking van den bodem alleen te verwaarloozen is. Daar de onderkant van den ionisatieketel 20 cm boven den bodem staat en de bodemschijf slechts  $\pm 20$  cm méér diameter heeft dan de ketel, is deze geringe schermwerking van den bodem tegen „bodemstraling” alleszins verklaarbaar. Tevens blijkt uit de bovengenoemde waarden wederom een verschil van ongeveer 3 I met de op denzelfden dag te Valkenburg waargenomen stralingsintensiteit. Onder geheel verschillende omstandigheden vonden wij in Juli van dit jaar eenzelfde verschil.

Met het oog op de nu volgende metingen, wordt de gevoeligheid van den electrometer nog een weinig verhoogd. Daar we verwachten, dat door het aanbrenge van het pantser de waarde van de ionisatie

verminderen zal en wel zoo sterk dat de periode van 15 minuten te kort zou worden voor een nauwkeurige waarneming, trachten we dit bezwaar te ondervangen door het opvoeren der gevoeligheid. Door een geringe verplaatsing der platen wordt deze ingesteld op 0,190 volt per schaaldeel. Gedurende eenige dagen wordt voortdurend door ijking gecontroleerd of deze gevoeligheid constant blijft. Na deze controlemeting worden de looden ringen aangebracht, de deksel wordt echter nog niet opgelegd, zoodat met boven open pantser wordt gemeten. Wij hebben voor deze metingen de in de litteratuur voorkomende benaming „halfpantsermetingen” gekozen. Alvorens een nieuwe reeks van deze metingen te beginnen, werden nog gedurende eenige dagen controlemetingen verricht, waarbij zich echter geen bijzonderheden voordeden. Ook de invloed der optredende temperatuursverschillen blijkt, in overeenstemming met het vroeger vermelde, niet storend te werken.

Op 8 Januari 1934 wordt dan wederom een nieuwe waarnemingsreeks ingezet, welke zonder onderbreking tot en met 2 Februari wordt voortgezet. Bij een gemiddelde van 12 waarnemingen per etmaal, omvat deze reeks derhalve circa 300 halfpantsermetingen. De waarde der ionisatie in ionen per sec en per  $\text{cm}^3$  wordt gevonden, door den uitslag van den electrometer in 15 minuten te vermenigvuldigen met den factor 0,913.

In de laatste rij van de op pag. 83 geplaatste tabel hebben wij opgesteld de som der bij elkaar behorende uitslagen voor de verschillende uren van waarneming en wel over de 26 dagen, dat deze waarnemingsperiode duurde. Waar minder dan 26 waarnemingen voorkomen, hebben wij door vermenigvuldiging op 26 herleid. Als algemeen gemiddelde resulteert uit deze 300 waarnemingen:  $203,0 : 26 = 7,81$  schaaldeel per 15 minuten, hetgeen in verband met meer genoemden factor 0,913 neerkomt op een ionisatie van : 7,13 I.

Als gemiddelde ionisatie bij de vroeger vermelde waarnemingen met het ongepantserde instrument vonden wij :

$$3634 \times 0.210 \times \frac{13.5}{900} = 10.30 \text{ I.}$$

Door het aanbrengen van het boven open pantser is derhalve de

Datum	8 u.	10 u.	12 u.	13 u.	14 u.	16 u.	17 u.	18 u.	19 u.	20 u.	22 u.	24 u.	Dag- gemidd.
8 Jan.	8.1	7.8	8.0	7.9	7.2	7.2	—	6.9	7.9	7.1	7.6	7.3	7.5 <sup>5</sup>
9 "	7.9	7.2	8.1	7.9	8.0	7.9	7.9	8.0	7.6	7.7	—	7.8	7.8 <sup>2</sup>
10 "	7.5	7.5	8.0	8.4	8.1	8.0	8.1	8.3	8.3	9.1	7.8	8.0	8.0 <sup>9</sup>
11 "	7.9	8.0	7.6	8.6	7.7	8.1	7.9	7.8	8.4	7.7	7.1	7.5	7.8 <sup>3</sup>
12 "	8.3	7.9	8.6	8.2	7.7	8.3	9.0	8.0	7.4	8.2	7.8	7.6	8.0 <sup>8</sup>
13 "	7.3	7.9	7.4	7.9	7.2	7.4	7.5	8.2	7.6	7.3	7.2	7.3	7.5 <sup>2</sup>
14 "	7.8	7.6	7.8	7.2	7.0	7.7	7.2	7.4	6.5	7.0	6.8	7.0	7.2 <sup>5</sup>
Uurgem.	7.8 <sup>3</sup>	7.7	7.9 <sup>3</sup>	8.0 <sup>1</sup>	7.5 <sup>6</sup>	7.8	7.9 <sup>3</sup>	7.8	7.6 <sup>7</sup>	7.7 <sup>3</sup>	7.3 <sup>8</sup>	7.5	7.7 <sup>4</sup>
15 Jan.	7.7	7.5	6.2	7.5	6.7	7.5	7.5	7.6	7.9	7.4	7.8	7.0	7.3 <sup>6</sup>
16 "	8.6	8.5	8.6	8.4	8.1	8.3	7.8	8.1	7.8	8.2	—	7.6	8.1 <sup>8</sup>
17 "	7.4	7.7	7.7	7.6	8.2	7.7	8.0	—	7.7	7.5	7.5	7.9	7.6 <sup>8</sup>
18 "	8.1	7.6	8.0	8.2	7.5	8.0	7.6	7.6	7.6	7.7	8.0	7.9	7.7 <sup>3</sup>
19 "	7.6	7.2	7.1	7.2	7.3	7.6	7.3	6.9	7.5	7.5	7.2	7.6	7.3 <sup>3</sup>
20 "	7.3	7.3	7.6	7.9	8.3	7.8	7.8	7.6	8.3	8.2	—	8.2	7.8 <sup>5</sup>
21 "	7.9	9.0	8.5	8.1	8.4	—	—	7.9	7.8	7.4	—	8.2	8.1 <sup>3</sup>
Uurgem.	7.8	7.8 <sup>3</sup>	7.6 <sup>7</sup>	7.8 <sup>4</sup>	7.7 <sup>9</sup>	7.8 <sup>2</sup>	7.6 <sup>7</sup>	7.6 <sup>2</sup>	7.8	7.7	7.6 <sup>3</sup>	7.7 <sup>6</sup>	7.7 <sup>4</sup>
22 Jan.	8.0	8.1	8.1	7.9	8.6	7.9	7.8	8.0	7.3	7.9	7.9	7.9	7.9 <sup>5</sup>
23 "	7.8	7.7	8.0	8.1	8.8	8.6	8.8	8.6	8.3	8.5	8.0	8.0	8.2 <sup>6</sup>
24 "	8.6	7.8	8.3	8.6	8.2	7.9	8.5	8.4	7.2	7.8	8.6	8.3	8.1 <sup>8</sup>
25 "	8.2	8.1	8.8	8.4	7.5	8.4	8.3	8.9	8.4	8.2	8.5	8.3	8.3 <sup>3</sup>
26 "	7.8	7.8	8.1	8.0	8.6	8.3	8.5	8.8	8.6	8.0	7.1	7.5	8.0 <sup>9</sup>
27 "	8.2	7.7	7.7	7.9	8.4	7.5	—	7.1	—	7.6	7. —	7.6	7.6 <sup>7</sup>
28 "	8.0	8.3	8.1	8.5	7.9	7.8	7.9	8.4	7.4	7.0	7.9	7.5	7.8 <sup>9</sup>
Uurgem.	8.0 <sup>9</sup>	7.9 <sup>3</sup>	8.1 <sup>6</sup>	8.2	8.2 <sup>9</sup>	8.0 <sup>6</sup>	8.3	8.3 <sup>1</sup>	7.8 <sup>7</sup>	7.8 <sup>6</sup>	7.8 <sup>6</sup>	7.8 <sup>6</sup>	8.0 <sup>6</sup>
29 Jan.	7.7	7.6	8.1	7.4	7.6	7.6	7.9	7.3	8.2	7.2	6.9	7.7	7.6
30 "	7.2	8.1	8.1	7.3	7.1	8.0	7.9	7.8	7.8	7.1	8.0	7.8	7.6 <sup>8</sup>
31 "	7.6	8.0	8.1	7.4	7.7	7.8	8.2	7.9	8.0	7.8	8.0	7.5	7.8 <sup>3</sup>
1 Febr.	7.3	7.1	8.0	7.4	7.7	7.6	7.8	7.9	6.5	7.0	7.7	7.1	7.4 <sup>2</sup>
2 "	8.0	7.9	7.6	7.2	7.7	7.8	7.6	7.0	—	—	—	—	7.6
Uurgem.	7.5 <sup>6</sup>	7.7 <sup>4</sup>	7.9 <sup>8</sup>	7.3 <sup>4</sup>	7.5 <sup>6</sup>	7.7 <sup>8</sup>	7.8 <sup>8</sup>	7.5 <sup>8</sup>	7.6 <sup>3</sup>	7.2 <sup>8</sup>	7.6 <sup>5</sup>	7.5 <sup>2</sup>	7.6 <sup>3</sup>
	203.8	202.9	206.2	205.1	203.2	204.6	206.6	204.2	201.5	199.8	198.6	199.8	203.0

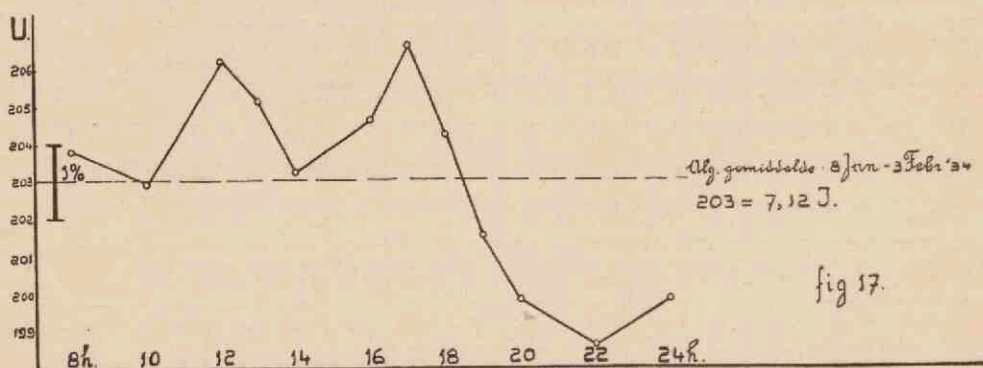


geregistreerde straling verminderd met 3.17 I. Deze vermindering stemt wat de orde van grootte betreft goed overeen met de reeds eerder bepaalde waarde der straling van bodem en omgeving. Zulks te meer, wanneer wij hierbij in aanmerking nemen dat door niet afgedekte opening nog altijd eenige straling der omgeving werkzaam is, terwijl anderzijds door het aanbrengen van het pantser, een gedeelte, het zachtste, der doordringende straling is onderschept.

Vergelijking van onze waarde met de door andere auteurs gevondene levert evenveel punten van verschil als van overeenkomst op en heeft des te minder beteekenis daar deze, wegens de verschillende omstandigheden, waaronder de metingen verricht werden, ook onderling weinig vergelijkbaar zijn.

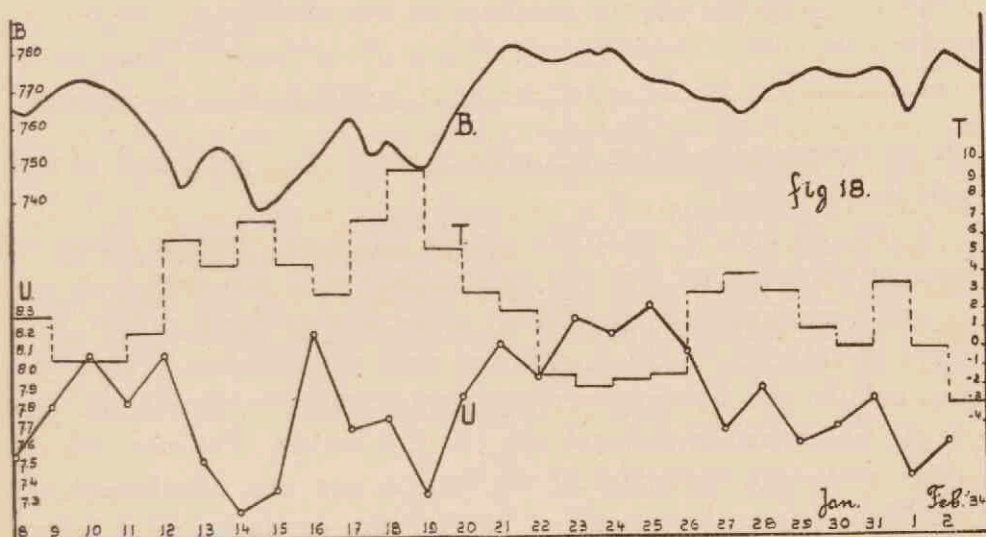
De uitkomsten dezer reeks overziend, komen wij wederom tot dezelfde conclusies, als die welke wij bij de ongepantserde metingen getrokken hebben. De gemiddelde dagwaarden schommelen ook nu weer om de middelwaarde (Schwankungen zweiter Art) en wel met afwijkingen, die tot 6 % van de gemiddelde waarde bedragen. De reeks der kwartierwaarnemingen, voor de afzonderlijke dagen beschouwd, vertoont eveneens variaties, die bovengenoemd percentage nog te boven gaan. Kenschetsend zijn ook in deze reeks wederom plotselinge grootere afwijkingen, stooten, die meer dan 10 % van de onmiddellijk voorafgaande waarde bedragen, en welke herhaaldelijk optreden. Desniettenstaande vertoont het verloop der geheele reeks der waarnemingen, in zijn geheel genomen, veel minder sprongen dan dat bij onze voorloopige metingen, hetgeen aan het uitschakelen der bijkomstige straling te danken is.

In fig. 17 hebben wij de getallen der laatste rij van blz. 83 in



beeld gebracht als functie van het betreffende uur van waarneming. Hieruit blijkt dat in de uren van 8—18 de intensiteit der straling zich boven, na 18 uur beneden het gemiddelde beweegt. Duidelijk uitgesproken maxima treden op om 12 u en 17 u met afwijkingen van 1,5—2 % van de gemiddelde waarde, terwijl een minimum zich vertoont om 22 u eveneens met afwijking van ruim 2 %.

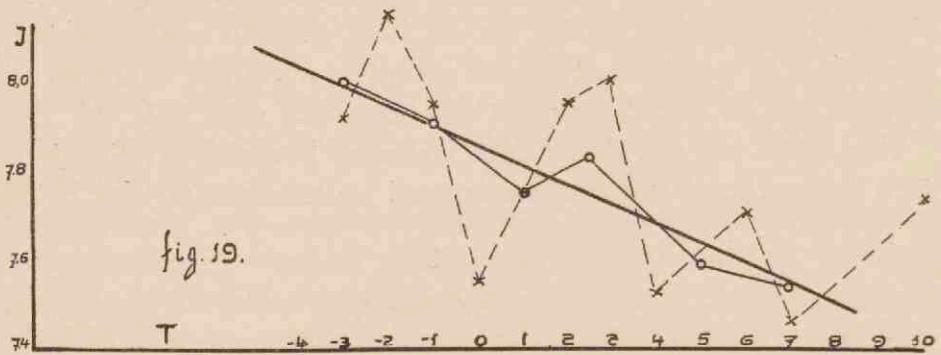
Ten einde ook van de bij deze metingen bepaalde stralingsintensiteit het verband met barometerstand en temperatuur der buiten-



lucht te kunnen onderzoeken, is in fig. 18 het verloop der drie genoemde grootheden in afhankelijkheid der waarnemingsdata gegeven. Reeds bij eersten oogopslag bemerkt men dat het verband tusschen de intensiteit en de andere grootheden, zooals we dit voor de ongefilterde straling hebben geconstateerd, hier in het geheel niet aanwezig is. Eerder zou men op grond dezer figuur kunnen besluiten tot juist de tegengestelde waarden van het vroeger geconstateerde barometer-effect en temperatuur-effect. Wel verdient de aandacht dat gedurende deze waarnemingsperiode in tegenstelling met de vorige, de barometer- en de temperatuur-kromme antiparallel loopen.

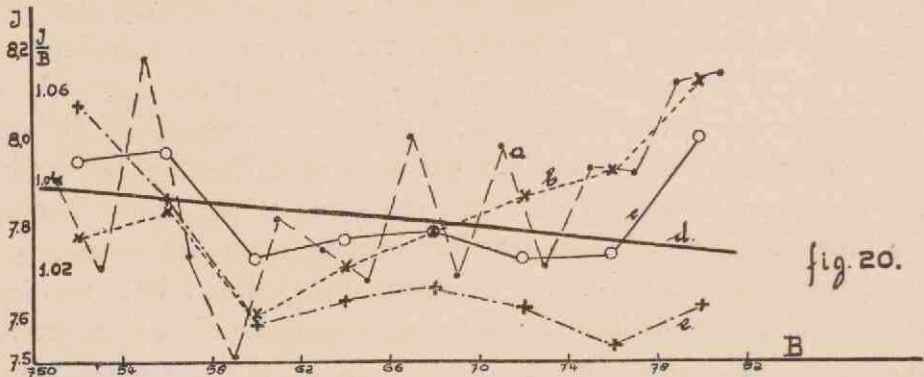
Het verband tusschen de buitenluchttemperatuur en de waarde der uitslagen (ionisatie) is nader afgeleid uit fig. 19, waarin de ionisatie is uitgezet tegen de gemiddelde dagtemperatuur. Zoowel voor intervallen van  $1^{\circ}$  als van  $2^{\circ}$  C. zijn de gemiddelde intensi-

teiten berekend, en door de op deze laatste wijze gevonden punten is een rechte getrokken. Uit de helling van deze rechte berekenen



we als temperatuur-effect, een afname van 0,041 I per graad, of wel 0,58 % per graad.

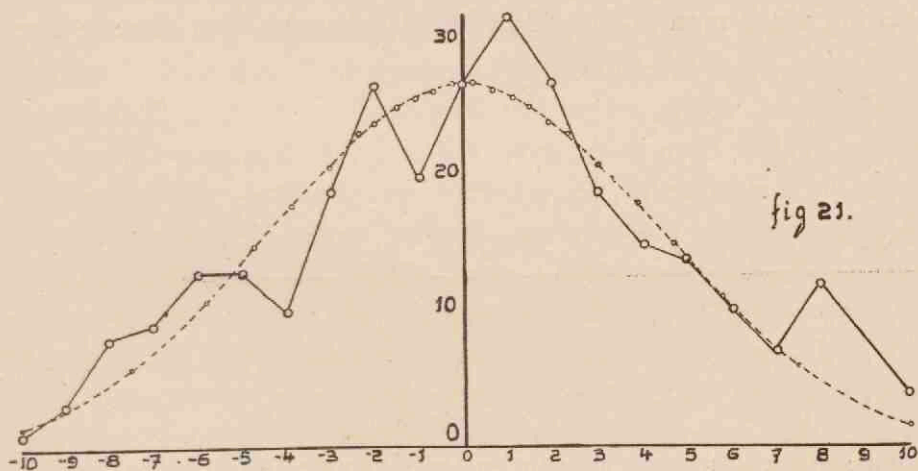
In fig. 20 zijn de waarden van de uitslagen uitgezet tegen de barometerstanden en wel over intervallen van 2 mm kwikdruk (a) en van 4 mm kwikdruk (b). Waar uit de ligging dezer punten geen verband tusschen beide grootheden valt af te leiden, hebben wij met behulp van bovengenoemden temperatuurscoëfficiënt alle uitslagen op eenzelfde temperatuur ( $2^{\circ}$  C.) herleid. Zet men ook de aldus verkregen waarden uit als functie van den bijbehorenden luchtdruk (c) en laat men het bij 780 mm gevonden punt buiten



beschouwing, dan schijnt de hierdoor op het oog getrokken rechte *d* een zwakke aanwijzing te geven voor het bestaan van het barometer-effect. Als resultaat van een uit den aard der zaak problematische berekening vindt men een afname der straling van 0,6 %

per cm Hg; een bedrag dat weinig overeenstemming vertoont met de ongeveer 8 maal grootere waarde door andere onderzoekers voor ditzelfde effect gevonden. Beschouwt men de punten, eveneens in fig. 20 (e) geteekend, die het verband aangeven tusschen de quotienten  $\frac{I}{B}$  en  $B$ , dan blijken weliswaar de punten, behoorende bij de intervallen 750/54 en 754/58 merkbaar hooger te liggen dan die bij hoogerem barometerstand; doch de onderlinge ligging van deze laatste rechtvaardigt het aannemen van een barometereffect niet. Ook de kromme, die het verband aangeeft tusschen de luchtdrukveranderingen en de sterkte der ionisatie, geeft geen enkele aanwijzing in die richting.

Wij hebben nog een onderzoek ingesteld ter beantwoording der vraag of deze reeks van waarnemingen de algemeene foutenwet van GAUSS al of niet volgt. Daartoe is het algemeen gemiddelde: 7,81 van elk der uitslagen afgetrokken en de verschillen binnen intervallen van 0,1 schaaldeel vereenigd. Het aantal der verschillen is in fig. 21 tegen de bijbehorende verschillen uitgezet. De kromme,



die deze punten verbindt, is weliswaar symmetrisch doch is in den top sterk vertekend door het te kleine cijfermateriaal. Wij hebben onderzocht of deze kromme te beschrijven is door de formule van GAUSS

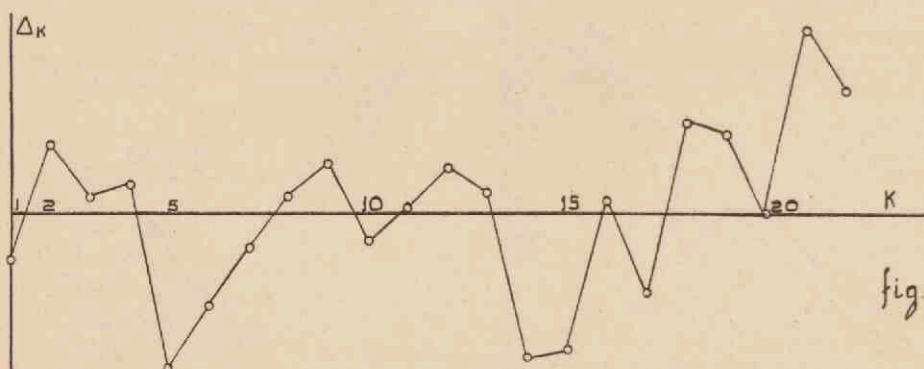
$$e^{-hx^2} \frac{dx \sqrt{h}}{\sqrt{\pi}}$$

Daartoe hebben we voor de verschillende intervallen bepaald de integraal

$$\int_{x_1}^{x_2} e^{-hx^2} \frac{dx \sqrt{h}}{\sqrt{x}}$$

met behulp van een tabel voor de  $\Theta$  functie en met behulp hiervan de ordinaten van de kromme bepaald, die in fig. 21 gestippeld is bijgeteekend. Het blijkt dat de gevonden kromme de oorspronkelijke goed beschrijft, terwijl de  $h$  uit de gebruikte functie 2,69 bedraagt.

Ofschoon ook hier en in nog sterkere mate dan bij de voorloopige metingen de beperktheid van het cijfermateriaal een volledige doorvoering van de berekeningen volgens SMOLUCHOWSKI betreffende de periodiciteit onmogelijk maakt, hebben wij toch nog nagegaan of althans aanwijzingen in die richting aanwezig zijn. Volgens de op blz. 70 beschreven methode hebben wij de  $\Delta_K$ -rekening op deze getallenreeks toegepast. Als  $I_0$  werd daartoe gekozen de 3 maal voorkomende waarde 7,79, terwijl het gemiddelde van de op gelijke temperatuur herleide reeks 7,80 bedroeg. Het resultaat dezer berekening vindt men in fig. 22 in beeld gebracht. Een periode van 7



dagen schijnt aanwezig te zijn en treedt in de figuur twee maal op, hoewel de 1e maal regelmatiger dan de tweede. Deze onregelmatigheden en ook de ligging der laatste punten zijn te wijten aan het feit, dat  $\Delta_K$  bij deze punten slechts als gemiddelde van 2 resp. 1 waarde ontstaan is.

### c. Volpantsermetingen.

Het aanbrengen van het 250 kg zware deksel, ter voltooiing van

het volpantser vond plaats op 2 Febr. 1934 <sup>1)</sup>). Hoewel met de uiterste voorzichtigheid te werk gegaan werd, bleek toch door het opleggen van het deksel de gevoeligheid van den electrometer een weinig veranderd te zijn. Ten einde zekerheid te hebben, dat deze verandering van blijvenden aard was en dat verder ook het geheele apparaat constant zou blijven werken, hebben wij de eerste 2 volgende dagen aan contrôlemetingen besteed. In de eerste plaats worden voortdurende contrôle-ijkingen verricht, waardoor inderdaad komt vaststaan dat de nieuw gevonden gevoeligheid van 0,194 volt per schaaldeel niet meer verandert. Waarschijnlijk heeft door het opbrengen van het deksel een geringe zakking hetzij van het inwendige apparaat alléén, hetzij met het geheele pantser tezamen plaats gevonden, welke tot deze gevoeligheidsverandering aanleiding heeft gegeven. Wij wenschen er echter met nadruk op te wijzen dat gedurende het geheele verdere verloop der aflezingen deze gevoeligheid volkomen constant gebleven is. Niet alleen hebben wij dit door contrôle-ijkingen op gezette tijden bevestigd bevonden, doch ook zoodra een eenigszins grootere afwijking optrad, hetzij in de waarde der geregistreeerde straling, hetzij in de aanwijzing van den thermometer, hebben wij steeds ijkingen verricht, die echter altijd hetzelfde resultaat opleverden. Ook speciaal ter contrôle van den invloed der temperatuur in de waarnemingsruimte veroorzaakte snelle kamertemperatuur-stijgingen blijken den graad van gevoeligheid van het instrument niet nadeelig te beïnvloeden. Aangezien de eerste kwartier-uitslagen grooter waarden opleverden, dan wij verwacht hadden, hebben wij op 3 en 4 Febr. voortdurend dergelijke waarnemingen verricht, waaruit echter al spoedig bleek dat de gevonden uitslagen inderdaad „normaal” waren. Waar zich na deze twee dagen geen afwijkingen hadden voorgedaan, is op 5 Febr. een laatste reeks waarnemingen ingezet, welke met uitzondering van 3 lacunes van resp. 1, 2 en 1 dagen geduurd heeft tot en met 30 April '34. Het aantal dagen, waarop werd waargenomen bedraagt derhalve 81. Rekent men met een gemiddelde van 12 kwartier-aflezingen per dag,

---

<sup>1)</sup> Wij wenschen te dezer plaatse een woord van dank te brengen aan den heer WIELEMAN, official Ford-Dealer te Heerlen, die ons bereidwillig en gratis de noodige arbeidskrachten en werktuigen voor de plaatsing van het deksel en ook later voor de verwijdering van het pantser ter beschikking stelde.

dan bevat deze reeks circa 1000 aflezingen. Over andere waarnemingen, niet in de tabellen vermeld, zal later gesproken worden. Onder verwijzing van de vroeger vermelde constante  $K_1 = 4312$ , kan de waarde van sterkte der doordringende straling in ionen per  $\text{cm}^3$  en per sec. direct bepaald worden door den teruggang van de snaar in 15 minuten te vermenigvuldigen met den factor 0,929.

De geheele reeks waarnemingen is op deze en volgende pagina's

TABEL

Datum	8 u.	10 u.	12 u.	13 u.	14 u.	16 u.	17 u.	18 u.	19 u.	20 u.	22 u.	24 u.	Dag- gemidd.
5 Febr.	7.0	6.9	7.0	7.6	7.5	6.4	6.8	6.9	7.1	7.0	6.9	7.1	7.0 <sup>2</sup>
6 ..	7.3	6.4	6.9	7.1	7.1	6.8	6.9	7.5	6.6	7.0	6.4	6.8	6.9 <sup>0</sup>
7 ..	7.3	6.5	7.3	7.2	6.7	7.1	7.0	6.3	6.7	7.2	7.2	6.9	6.9 <sup>5</sup>
8 ..	7.2	7.1	6.9	6.9	6.9	6.6	7.1	6.8	7.1	7.2	6.5	6.2	6.8 <sup>8</sup>
9 ..	7.0	6.6	7.0	6.9	6.8	7.1	7.0	7.0	6.8	7.1	7.0	7.0	6.9 <sup>4</sup>
10 ..	7.2	6.6	7.1	6.7	6.4	6.7	6.9	6.6	6.9	7.0	6.9	6.6	6.8 <sup>0</sup>
11 ..	6.6	6.7	7.4	7.4	6.6	6.5	6.6	6.9	6.8	7.4	6.5	6.0	6.7 <sup>8</sup>
12 ..	6.1	6.2	7.4	7.2	6.7	7.4	7.3	7.1	7.0	—	—	6.9	6.9 <sup>3</sup>
13 ..	7.3	7.2	6.3	6.9	6.8	7.5	7.0	6.8	7.6	—	—	6.8	7.0 <sup>2</sup>
14 ..	6.3	6.8	6.9	7.3	7.1	7.0	6.8	7.0	7.1	6.8	7.3	7.8	7.0 <sup>2</sup>
15 ..	7.2	6.5	7.0	7.0	7.4	6.9	6.4	7.2	6.8	7.2	7.2	6.7	6.9 <sup>6</sup>
16 ..	6.6	7.1	7.5	6.8	6.9	7.3	6.7	7.1	6.9	6.7	7.1	7.2	7.0 <sup>0</sup>
17 ..	7.5	6.9	7.9	6.6	7.5	7.1	7.0	7.3	7.9	7.4	7.8	6.9	7.3 <sup>2</sup>
18 ..	6.8	7.2	7.5	7.3	7.3	7.4	7.2	7.1	7.1	7.4	7.4	7.2	7.2 <sup>4</sup>
19 ..	7.0	7.3	7.7	7.3	7.0	7.6	7.5	6.1	7.5	7.4	7.6	6.8	7.2 <sup>3</sup>
20 ..	7.2	7.3	7.8	7.8	7.3	6.9	7.6	6.9	7.0	7.2	7.1	6.8	7.2 <sup>4</sup>
21 ..	7.7	7.3	7.5	7.2	7.1	6.9	7.5	7.8	7.0	7.4	7.3	7.0	7.3 <sup>1</sup>
22 ..	7.0	7.1	7.2	6.3	6.9	6.8	7.2	7.1	6.4	7.0	7.2	6.9	6.9 <sup>3</sup>
23 ..	7.1	6.7	6.8	7.0	6.7	7.1	7.8	7.5	7.1	7.0	7.2	7.2	7.1 <sup>0</sup>
24 ..	7.1	7.6	7.1	7.2	6.5	7.9	6.8	6.9	7.3	7.4	7.4	6.9	7.1 <sup>7</sup>
25 ..	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26 ..	7.1	7.0	7.2	7.4	8.2	6.7	6.7	6.9	7.5	7.3	7.0	7.2	7.1 <sup>9</sup>
27 ..	7.0	7.5	7.5	7.0	7.3	7.5	7.4	6.4	7.0	6.9	6.6	7.3	7.1 <sup>1</sup>
28 ..	7.7	7.7	7.5	7.6	6.6	6.9	7.4	7.4	7.4	7.0	7.4	6.4	7.2 <sup>5</sup>
	162.3	160.2	166.4	163.7	161.3	162.1	162.6	160.6	162.6	164.3	163.2	158.6	7.0 <sup>6</sup>

TABEL

Datum	8 u.	10 u.	12 u.	13 u.	14 u.	16 u.	17 u.	18 u.	19 u.	20 u.	22 u.	24 u.	Dag- gemidd.
1 Maart	7.1	7.0	7.2	7.7	7.7	7.8	7.6	7.6	7.3	7.2	7.1	7.0	7.3 <sup>6</sup>
2 "	7.4	7.4	7.0	7.6	7.5	7.4	7.0	7.0	7.3	7.3	7.3	7.3	7.2 <sup>9</sup>
3 "	7.6	7.1	7.3	7.2	7.1	7.6	7.2	7.5	7.1	7.1	7.7	6.6	7.2 <sup>6</sup>
4 "	7.2	7.5	—	7.2	6.8	7.2	7.4	6.5	7.1	7.6	—	7.1	7.1 <sup>6</sup>
5 "	7.9	7.7	7.7	7.6	7.4	7.2	7.0	7.1	7.3	6.9	6.6	7.8	7.3 <sup>5</sup>
6 "	7.1	7.0	6.9	7.4	6.6	7.6	7.4	6.7	7.1	7.5	6.9	6.9	7.0 <sup>9</sup>
7 "	6.8	6.6	7.2	7.1	7.0	7.2	7.1	7.2	7.1	7.4	6.3	6.8	6.9 <sup>8</sup>
8 "	6.6	6.8	6.7	6.7	7.0	6.9	6.4	7.2	7.2	7.0	—	7.6	6.9 <sup>2</sup>
9 "	7.2	7.0	6.8	6.5	6.2	7.6	7.1	6.9	7.2	7.0	7.2	7.1	6.9 <sup>8</sup>
10 "	6.9	7.1	6.7	6.7	6.4	7.2	7.0	7.0	6.7	6.8	6.6	6.6	6.8 <sup>1</sup>
11 "	7.1	6.2	6.9	7.2	7.2	6.8	7.0	6.2	6.9	7.3	7.1	6.5	6.8 <sup>7</sup>
12 "	7.1	6.4	7.0	7.0	6.4	7.0	6.0	6.6	6.8	7.0	7.2	7.2	6.8 <sup>1</sup>
13 "	6.8	6.9	7.2	6.9	6.9	6.5	6.5	6.9	7.2	6.9	7.0	6.7	6.8 <sup>7</sup>
14 "	6.8	6.6	7.0	7.0	7.3	6.7	7.3	7.4	6.6	6.9	6.7	6.5	6.9 <sup>0</sup>
15 "	6.7	6.5	6.9	6.8	7.0	6.5	6.6	7.3	6.5	6.0	7.1	6.7	6.7 <sup>2</sup>
16 "	6.5	6.2	6.6	7.1	6.4	6.3	6.4	6.5	6.1	6.4	6.9	6.8	6.5 <sup>2</sup>
17 "	6.5	6.6	6.6	6.4	6.9	6.1	6.2	6.7	6.1	6.3	6.7	6.2	6.4 <sup>4</sup>
18 "	6.4	6.6	6.4	7.0	6.9	7.1	6.6	7.0	6.9	6.6	6.6	6.9	6.7 <sup>5</sup>
19 "	6.1	6.5	6.3	6.8	7.2	7.3	7.2	6.6	7.1	6.6	6.2	6.3	6.6 <sup>8</sup>
20 "	7.6	6.5	6.6	6.1	6.8	7.0	6.6	6.6	6.3	6.2	6.3	6.1	6.5 <sup>6</sup>
21 "	6.5	6.7	6.7	7.0	6.1	7.1	6.9	6.4	6.8	6.2	6.4	6.7	6.6 <sup>3</sup>
22 "	7.0	6.3	6.1	6.7	6.6	6.3	7.0	6.9	7.0	6.5	6.9	6.4	6.6 <sup>4</sup>
23 "	6.6	6.1	6.4	6.3	6.1	6.3	6.5	7.2	7.3	7.0	7.2	6.4	6.6 <sup>2</sup>
24 "	7.0	6.2	6.3	6.4	7.2	7.4	7.5	6.5	6.8	6.9	—	7.2	6.8 <sup>5</sup>
25 "	6.2	6.8	7.0	7.0	7.3	6.9	6.5	6.8	6.7	6.8	7.0	6.8	6.8 <sup>2</sup>
26 "	7.0	6.1	7.1	7.1	6.7	6.5	7.0	6.9	7.2	6.8	6.3	6.9	6.8 <sup>0</sup>
27 "	6.8	6.7	7.0	7.0	6.9	7.0	7.1	6.8	7.2	6.8	7.7	7.0	7.0 <sup>0</sup>
28 "	6.7	7.1	6.6	7.3	6.8	6.6	6.9	7.1	7.0	6.4	6.9	6.2	6.8 <sup>0</sup>
29 "	7.0	7.0	6.6	7.0	6.7	6.8	7.0	6.7	7.4	7.0	7.0	6.7	6.9 <sup>1</sup>
30 "	6.7	6.8	7.1	6.4	6.3	6.9	7.1	7.3	7.0	6.8	6.5	7.0	6.8 <sup>3</sup>
31 "	6.8	7.1	6.7	6.8	7.1	6.8	6.7	7.3	6.8	6.8	6.7	6.5	6.8 <sup>4</sup>
	215.7	209.1	214.4	215.0	212.5	215.5	213.8	214.4	215.1	212.0	212.8	210.5	6.8 <sup>7</sup>



TABEL

Datum	8 u.	10 u.	12 u.	13 u.	14 u.	16 u.	17 u.	18 u.	19 u.	20 u.	22 u.	24 u.	Dag- gemidd.
1 April	7.3	7.0	7.0	6.8	7.2	7.0	—	—	—	7.0	7.0	7.1	7.0 <sup>4</sup>
2 "	7.0	6.7	6.7	5.8	6.6	7.0	6.9	7.0	6.9	6.8	6.6	6.5	6.7 <sup>9</sup>
5 "	6.3	6.2	6.6	6.7	6.5	6.4	6.6	7.1	7.4	6.6	7.1	6.9	6.7 <sup>0</sup>
6 "	7.4	7.3	6.5	6.9	7.3	—	—	—	7.1	7.2	6.3	6.5	6.9 <sup>5</sup>
7 "	7.3	7.2	6.8	6.6	6.7	—	—	—	7.2	7.1	—	6.6	6.9 <sup>4</sup>
8 "	7.5	7.2	7.3	6.7	7.1	7.3	7.4	7.1	6.8	7.5	6.7	6.6	7.1 <sup>0</sup>
9 "	7.2	7.0	6.6	6.6	7.3	7.1	7.4	7.0	7.7	6.8	7.2	7.8	7.1 <sup>4</sup>
11 "	7.1	7.1	7.3	7.2	7.4	7.1	7.0	7.2	7.1	6.8	6.8	7.3	7.1 <sup>1</sup>
12 "	7.0	6.9	7.2	7.3	7.1	7.2	6.9	7.1	7.0	7.1	7.0	7.1	7.0 <sup>8</sup>
13 "	6.8	7.1	7.5	7.1	7.2	6.5	7.1	6.1	7.5	7.1	7.2	7.0	7.0 <sup>2</sup>
14 "	7.5	7.2	6.6	6.9	6.9	7.1	6.1	7.1	7.2	7.8	7.8	7.0	7.1 <sup>0</sup>
15 "	7.6	7.2	7.3	7.4	7.2	7.5	7.1	7.0	6.3	7.2	6.3	6.6	7.0 <sup>6</sup>
16 "	7.2	7.6	6.9	6.6	6.2	6.7	6.2	6.1	6.4	6.6	6.5	6.3	6.5 <sup>3</sup>
17 "	6.8	6.2	7.0	6.1	6.1	6.4	6.5	6.4	6.8	6.6	6.2	6.6	6.4 <sup>8</sup>
18 "	6.7	6.4	6.9	7.0	6.8	6.1	6.1	6.4	6.3	6.2	6.1	7.0	6.5 <sup>0</sup>
19 "	6.9	6.5	6.0	6.7	6.3	6.7	6.7	7.2	6.2	7.1	6.3	6.4	6.5 <sup>8</sup>
20 "	6.8	6.9	6.8	6.9	7.0	7.0	6.6	6.9	6.8	6.8	6.7	7.2	6.8 <sup>7</sup>
21 "	7.2	6.9	6.1	6.4	6.9	6.7	6.6	6.3	7.0	6.7	7.0	7.0	6.7 <sup>3</sup>
22 "	7.2	6.6	6.7	6.8	7.0	7.0	6.6	7.0	6.4	6.8	7.2	7.6	6.9 <sup>1</sup>
23 "	7.1	7.0	7.0	6.6	7.0	6.7	6.7	6.5	7.2	7.2	6.8	6.5	6.8 <sup>6</sup>
24 "	7.3	6.9	7.0	6.1	6.5	6.5	6.6	7.0	7.3	7.3	6.9	6.8	6.8 <sup>5</sup>
25 "	6.9	7.0	6.6	6.6	7.1	7.0	6.8	6.8	7.0	6.8	6.6	6.9	6.9 <sup>3</sup>
26 "	7.3	6.9	6.8	6.8	7.2	6.9	6.8	6.7	7.0	6.5	6.6	6.7	6.8 <sup>3</sup>
27 "	7.0	6.9	6.8	6.3	7.1	7.0	6.5	7.0	6.7	7.1	6.2	6.8	6.7 <sup>8</sup>
28 "	7.2	7.6	6.7	6.6	6.7	6.1	6.5	7.0	6.6	6.2	7.0	6.6	6.7 <sup>3</sup>
29 "	7.0	6.7	6.5	6.5	6.5	6.9	6.6	6.8	6.7	6.8	7.0	7.4	6.7 <sup>8</sup>
30 "	7.3	6.8	6.3	6.2	6.3	6.5	6.8	6.5	6.8	6.9	6.5	6.7	6.6 <sup>3</sup>
	191.9	186.1	183.5	181.2	185.2	183.9	181.2	183.7	186.3	186.6	182.3	185.5	6.8 <sup>5</sup>
	569.9	555.4	561.3	559.9	559.0	561.5	557.6	558.7	564.0	562.9	558.3	554.6	6.8 <sup>9</sup>

weergegeven. In de laatste kolom zijn vermeld de daggemiddelden der uitslagen, terwijl in de laatste rij zijn opgenomen de totalen der uitslagen voor elk uur over de betreffende maand. Bovendien zijn in de allerlaatste rij op blz. 92 nog weergegeven de totalen der uuruitslagen over de 3 maanden tezamen. De getallen 7,06, 6,87, 6,85 en 6,89 geven den gemiddelden uitslag aan over de resp. maanden Febr., Maart, April en de geheele periode. Als waarde van de intensiteit der hoogtestraling bij alzijdige pantsering met 10 cm lood volgt dan voor deze waarnemingsreeks:

$$0,929 \times 6,89 = 6,40 I.$$

Algemeen wordt voor de intensiteit der ionisatie op zeeniveau een waarde van 2 I aangenomen. Het groote verschil van deze en de door ons gevonden waarde moet o.i. gezocht worden in de z.g. reststraling van het instrument. Onze veronderstelling, dat deze geheel zou zijn opgeheven door het aanbrengen van het aan spanning gelegde draadnet, blijkt dus niet steekhoudend te zijn, zooals de in de Staatsmijn Emma verrichte metingen konden doen vermoeden. In Mei 1934 hebben wij daarom nog een serie metingen verricht in de Gemeentegrot te Valkenburg; op een plek ver genoeg van den ingang verwijderd om geen storende invloeden van buiten te ondervinden, aan alle zijden omgeven door meters dikke lagen van radium-inactief tufkrijt, hebben we de volgende serie waarnemingen verricht:

Beginstand	Eindstand	Verskil	Tijdsduur	Temperatuur	Uitslag per 15 min.
53.3	41.6	11.7	25 min.	16 °	7.02
55.8	41.0	14.8	25 min.	13 <sup>5</sup> °	8.88
56.1	34.7	21.4	35 min.	11 °	12.84
55.8	33.2	22.6	35 min.	11 °	14.56

Een ijking van het apparaat geeft als waarde voor de gevoeligheid 0,268 volt per schaaldeel. In verband hiermede bedraagt de intensiteit der ionisatie achtereenvolgens: 9.48 I, 11.99 I, 17.33 I, 19.65 I. Een waarneming, gedaan in de buitenlucht in de onmiddellijke nabijheid van de grot, levert bij dezelfde gevoeligheid voor de intensiteit der straling een bedrag van 14.35 I, welke waarde overeenstemt met de vroeger te Valkenburg geconstateerde stralings-

intensiteit. Van de in de grotten gevonden bedragen meenen wij de eerste als de meest juiste te moeten aanvaarden. De optredende veranderingen zijn toe te schrijven aan den grooten vochtigheids-toestand der lucht in de grot, anderzijds aan de zeer groote hoeveelheid radium-emanatie, die blijkens vroeger door WULF genomen proeven in de lucht aanwezig is (Le Radium t VII 1910). Onder deze aanname zou in de grotten de intensiteit met 4.871 of  $\pm 34\%$  verminderen, een bedrag dat met de door WULF l.c. gevonden afname in bevredigende overeenstemming is. Evenwel geeft ook deze meting geen aanwijzing voor het schatten van het bedrag der eigenstraling. Op grond onzer volpantsermetingen kunnen we slechts concluderen dat de eigenstraling van ons apparaat maximaal  $\pm 4.41$  bedraagt, wanneer de bovenvermelde waarde van 21 als juist wordt aangenomen.

Wanneer wij de reeks der kwartier waarnemingen nader beschouwen, zoo kunnen wij ook nu weer dezelfde bijzonderheden constateeren, die we bij de vorige reeksen hebben opgemerkt. Ook hier komen dagen voor, waarop het verloop der straling zeer weinig sprongen vertoont; waarop, met uitzondering van een enkele afwijking ter grootte van cc 5% van de middelwaarde, de intensiteit der ionisatie slechts zeer geringe afwijkingen van de gemiddelde dagwaarde aanwijst (zie bv. 9 Febr.). Op andere dagen echter, bv. 17 Febr., schommelen de waarden met groote variaties, tot 10%, om de middelwaarde heen. Het bijzondere voordeel van deze schakeling, welke het door haar groote gevoeligheid mogelijk maakt, de aflezingen in zulk kort tijdsbestek te verrichten, treedt hier wel duidelijk op den voorgrond. Het is duidelijk, dat bij verlenging van den afleesduur tot b.v. 1 uur, (de bij de meeste onderzoekingen gebruikte periode) en de veelvuldigheid en de grootte der schommelingen sterk zal verminderen. Ten einde ons hiervan te overtuigen, hebben wij meerdere malen behalve den uitslag na 15 minuten ook die na het loopende uur waargenomen. Vergelijkt men dan met elkaar de overeenkomstige waarnemingen van de bij elkaar behoorende kwartieren en uren, dan blijkt het hierdoor verkregen verloop der stralingsintensiteit geheel anders te zijn. Vrijwel steeds zijn de afwijkingen tusschen de resp. kwartieruitslagen percentsgewijze aanmerkelijk grooter dan bij de ureauitslagen. Enkele malen komt het voor, dat terwijl de uitslagen na de betreffende kwartieren

onderling vergeleken een toename vertoonden, na de betreffende uren juist een afname te constateeren viel. Ook in de omgekeerde richting hebben wij nog proeven genomen. De gevoeligheid der schakeling laat toe, de uitwijkingen na 5 minuten te registreeren. De conclusies die men zou kunnen trekken op grond van de 3 5-minuten waarnemingen, binnen het verloop van 1 kwartier waarneming gedaan, luiden weer geheel anders dan die op grond van deze laatste getrokken. Ook nu percents gewijze grootere afwijkingen, zoo wel in pos. als in neg. richting, waarvan de 15 minuten-uitslag de sommatie weergeeft<sup>1)</sup>).

Ook in deze waarnemingsreeks treden verschillende malen plotselinge „stooten” in de ionisatie op, waardoor de waarde der uitslagen plotseling met 10 % en meer stijgt boven, of daalt beneden de onmiddellijk daarnaast gelegen waarden. Echter komen deze stooten bij deze volpantsermetingen minder veelvuldig voor dan bij de halfpantser- of ongepantserde metingen.

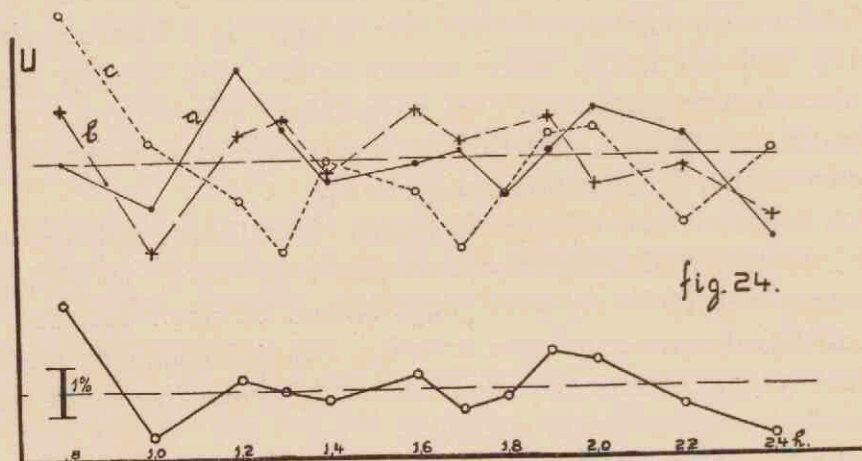
Ook de reeks der daggemiddelden vertoont wederom zoowel positieve als negatieve afwijkingen van het algemeen gemiddelde. De maximale afwijking in beide richtingen bedraagt blijkens de berekening 7 %. De vraag of deze schommelingen al of niet periodiek optreden, zullen wij aan het slot trachten te beantwoorden.

Vergelijking van de waarden der ionisatie gemeten bij volpantser en halfpantser leert, dat door het aanbrenge van het deksel een vermindering van 0,73 I optreedt. Onder aannahme der geldigheid der formule  $I = I_0 e^{-\mu d}$  hebben wij een berekening uitgevoerd ter bepaling van den absorptiecoëfficient en wel met en zònder inachtname van de meergenoemde reststraling. In de beide gevallen vinden wij resp.  $\mu = 0,015 \text{ cm}^{-1}$  en  $\mu = 0,011 \text{ cm}^{-1}$  hetgeen overeenkomt met een massa-absorptie coëfficient  $\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{Pb} = 1,3$  en  $1,0 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ . Van de verschillende onderzoekers noemen wij HOFFMANN

<sup>1)</sup> Onder de bewerking van dit proefschrift verscheen een verhandeling van G. A. SUCKSTORFF, Phys. Zeitschr. 9. 35. 1934, blz. 368, waarin gesproken wordt over de „auszerordentliche grosse Schwankungen” door hem geconstateerd bij meting der hoogtestraling gedurende een ballontocht boven 4000 M. Waar ook hier de aflezingen verricht worden met tijdsverschillen van 5 minuten of minder, is de overeenkomst in karakter tusschen de door SUCKSTORFF en ons gevonden schommelingen treffend te noemen.

en STEINKE, met wier uitkomsten betreffende deze grootheid onze resultaten het best overeenstemmen, nl.  $0,011 \text{ cm}^{-1}$  en  $0,020 \text{ cm}^{-1}$ .

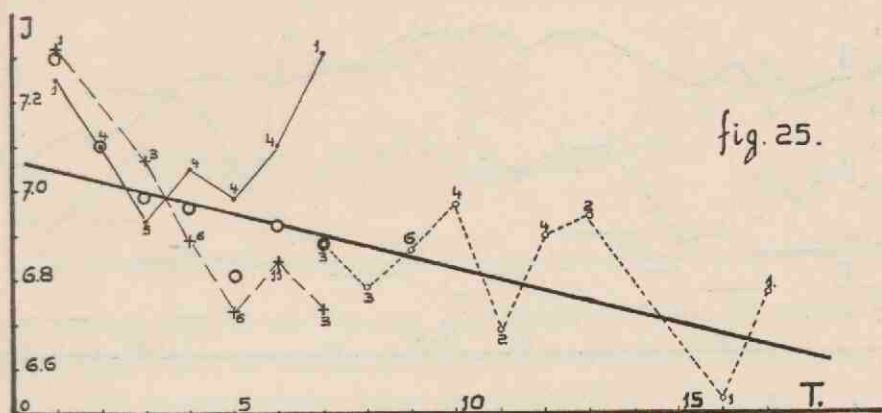
Ten einde te onderzoeken of er van eenigen invloed van den sterretijd op onze metingen sprake kan zijn, hebben wij in fig. 24 a, b en c



den dagelijkschen gang der stralingsintensiteit geteekend voor de 3 achtereenvolgende maanden Febr.—Maart—April. De invloed, zoo aanwezig, zou moeten blijken uit een verschuiving der krommen met behoud van hun vorm, althans van enkele duidelijk waarneembare maxima of minima. Een blik op de verschillende krommen leert echter, dat van een dergelijke verschuiving en derhalve van een sterretijdsperiode geen sprake is. Het wil ons zelfs voorkomen dat bij deze waarnemingen het verschil tusschen de stralingsintensiteit in de voor- en namiddaguren verdwenen is, welk verschil in de vorige metingen duidelijk te voorschijn trad. Dit moge nog blijken uit teekening d, waar de algemeen gemiddelden der uitslagen over de geheele periode in beeld gebracht zijn. Wel zijn daarin eenige maxima (8 u en 19 u) en minima (10 u en 24 u) duidelijk te onderkennen, doch een overheerschen der straling gedurende een bepaalde periode tov. een andere valt hieruit niet af te leiden.

De berekening van het uitwendige temperatuur-effect geschiedt aan de hand van de fig. 25. Hierin is voor de verschillende maanden (● F, + M, ○ Apr) de ionisatie geteekend als functie van de gemiddelde dagtemperatuur. De bijgeplaatste cijfers geeft het aantal waarnemingen aan. Van de waarnemingen bij een zelfde temperatuur zijn de gemiddelden bepaald en door deze punten is een rechte

getrokken, waarvan de helling een maat is voor de grootte van het effect. Het blijkt dat, evenals bij de halfpantsermetingen met



toename der temperatuur een daling der intensiteit gepaard gaat en wel van 0,025 schaaldeel of 0,023  $I$  of 0,36 % per graad Celsius.

Figuur 26 geeft weer het verloop der uitslagen, ( $U$ ) de barometerstanden ( $B$ ) en de gemiddelde dagtemperatuur ( $T$ ) gedurende deze 3 maanden van waarneming.

Het antiparallele verloop tusschen de  $U$ - en de  $T$ -kromme, zooals dit uit de berekende temp. coëff. te verwachten was, valt gedurende een zeer groot aantal dagen der periode te onderscheiden. Zelden treedt dit echter op tusschen de  $U$ - en de  $B$ -kromme, over grootere tijdsintervallen loopen deze parallel, hetgeen zou wijzen op een toenemen der straling met vergrooing van den luchtdruk. Evenals bij de voorlaatste metingen hebben wij ook hier wederom op verschillende wijzen het verband tusschen de beide grootheden trachten te bepalen. Allereerst hebben wij in fig. 27 een kromme geteekend, die het verband aangeeft tusschen de ultrastraling en den luchtdruk en wel in intervallen van 4 cm  $Hg$  ( $\bullet$ ) en van 2 cm  $Hg$  ( $+$ ). De zeer verspreide ligging der punten maakt het trekken eener conclusie zeer gewaagd. Zoo men hieruit al een uitspraak over het barometer-effect wil doen, zou dit o.i. eerder op een toename, dan op een afname bij stijgenden luchtdruk wijzen. Ook een tweede berekening; met het doel een verband op te sporen tusschen de grootte van den uitslag in verband met de veranderingen ( $\Delta B$ ) van den luchtdruk, dus  $I = f(\Delta B)$  levert een volkomen onbruikbaar resultaat. Nog een derde berekening voerden wij uit: nl. de verhouding van ionisatie

en luchtdruk ( $I:B$ ) als functie van  $B$ . Fig. 28 geeft dit verband weer over de 3 maanden Febr (●), Maart (+) en April (○).

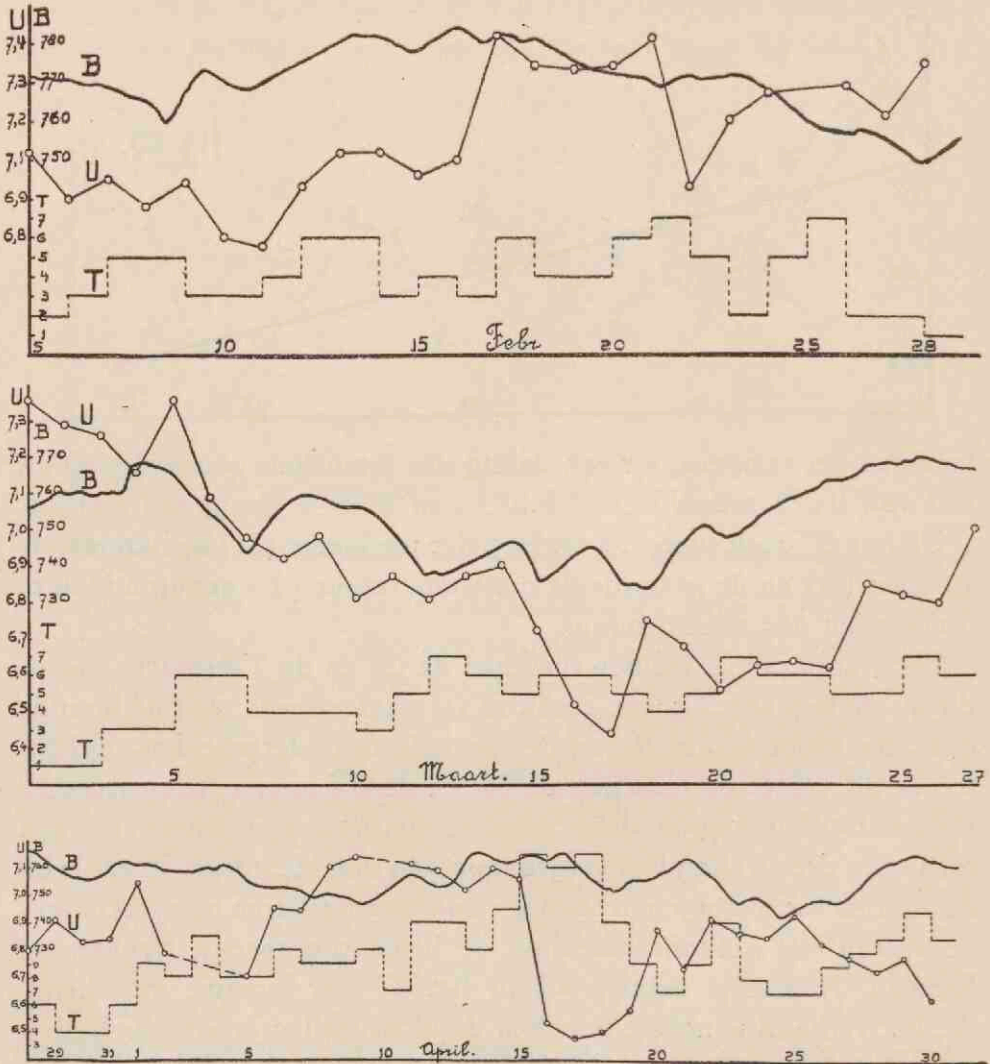
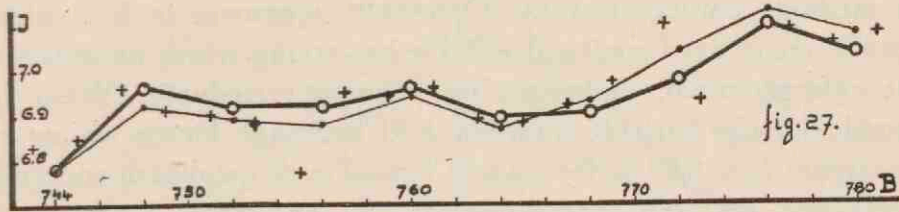


Fig. 26

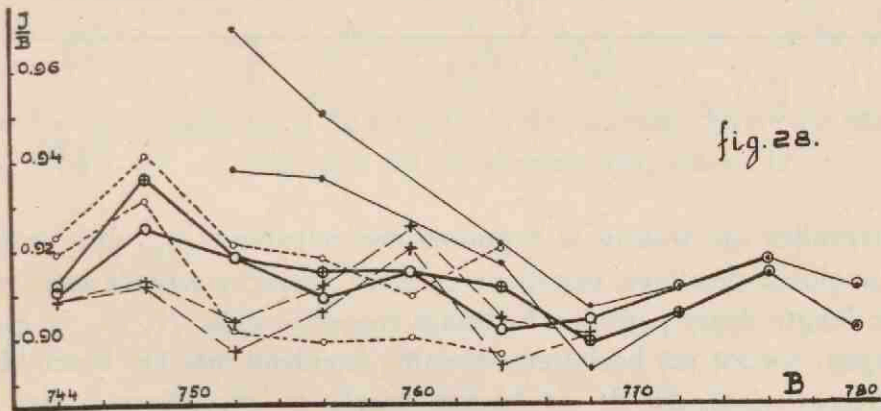
De zware getrokken lijn, die de gemiddelden vereenigt, vertoont weliswaar aanvankelijk een neiging tot dalen tegen de positieve  $B$  as, doch eenerzijds is deze daling te zwak, anderzijds gaat ze weer in een stijging over, zij het ook bij barometerstanden, die slechts in ééne maand voorkomen. Daar de invloed van de temperatuurschommelingen den invloed van de luchtdrukveranderingen zou kunnen vervagen, hebben wij nog al onze gemiddelde dagwaarden met be-

hulp van den bovenvermelden temperatuurscoëfficiënt op eenzelfde temperatuur ( $6^{\circ}$  C.) herleid. Met de aldus gevonden gereduceerde waarden hebben wij nogmaals al deze bewerkingen herhaald. Ook



deze punten zijn in de figuren ingeteekend. (Fig. 27 zware lijn; fig. 28 voor Febr. en Maart de onderste, voor April de bovenste der 2 overeenkomstige lijnen, voor de gemiddelden  $\oplus$ ).

De kleine wijzigingen hierdoor teweeggebracht, vermogen niet onze opinie te wijzigen, nl. dat een werkelijk bestaande barometer-effect uit onze metingen niet aan te toonen is. Het aantal waar-

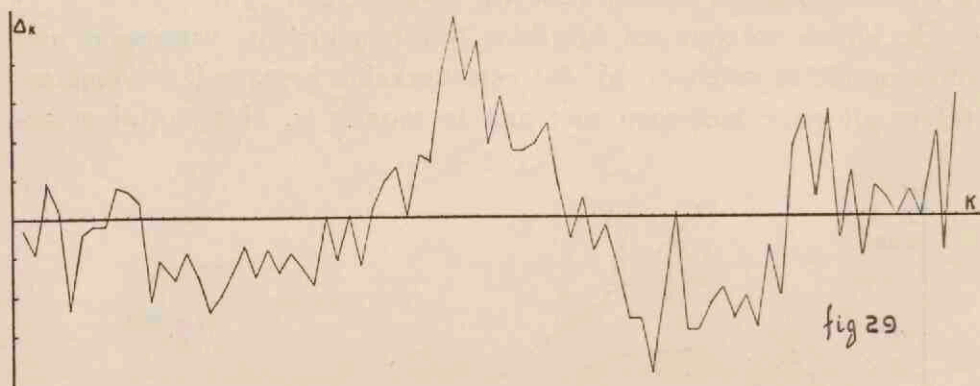


nemingen moet o.i. hiertoe voldoende zijn, waar bijv. STEINKE uit 210 waarnemingen een duidelijk effect afleidt, echter met geen enkel woord over den invloed van de temperatuur rept. Wij zijn de meening van STEINMAURER toegedaan, dat de hoogtestraling aan tal van meteorologische factoren, luchtdruk, temperatuur, vochtigheids-toestand, bewolking, zonneschijn, onderhevig is en dat slechts uit zéér lange waarnemingsreeksen met eenige zekerheid conclusies over een der factoren te trekken zijn. Zoo hebben wij ook bevonden dat bij onze waarnemingen, onder voortdurende contrôle van den barometerstand, de electrometeruitslagen schommelingen vertoonden die



in lijnrechte tegenspraak waren met het barometereffect of bij een snelle barometerschommeling constante waarden opleverden.

Voor het onderzoek naar de periodiciteit der schommelingen van de gemiddelde dagwaarden zijn wij weer te werk gegaan volgens de methode SMOLUCHOWSKI—ORNSTEIN, waarover in het voorafgaande reeds werd medegedeeld. De bewerking wordt toegepast op het cijfermateriaal, verkregen na temperatuurreductie. Waar het gemiddelde der herleide waarden, 6,91 bedraagt, kiezen we als uitgangspunt  $I_0 = 6,92$  welke waarde 5 maal in de getallenrij voorkomt. Berekenen wij dan meergenoemde  $\bar{\Delta}_K$  en zetten wij deze als ordinaten tegen de bijbehorende  $K$ 's als abscissen uit, dan krijgen wij als beeld van deze functie fig. 29. Hierin treden duidelijk 4

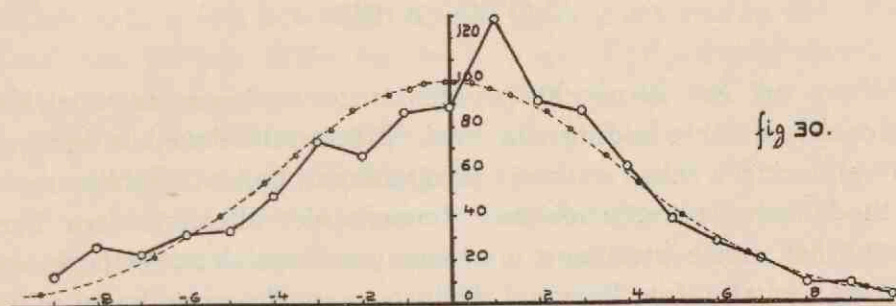


intervallen op, waarin te beginnen met negatieve  $\Delta_K$ , deze achter-eenvolgens positieve, negatieve en weer positieve waarde aanneemt. De lengte dezer perioden bedraagt respectievelijk, 17, 21, 16 en 15 dagen, zoodat wij besluiten, rekening houdend met het beschikbare cijfermateriaal, dat de waarnemingsreeks te beschrijven is met een periode van 17 à 18 dagen.

Ten slotte hebben wij nog onderzocht of de waarnemingsreeks voldoet aan de foutenwet van GAUSS. Op de gebruikelijke wijze hebben we de verschillen bepaald, door van elke waarneming het algemeen gemiddelde af te trekken. De verschillen, in intervallen van 0,1, samengesteld, zijn in aantal tegen de betreffende afwijking afgezet in fig. 30. Ook deze foutenkromme hebben wij wederom trachten te benaderen door middel van een functie

$$e^{-hx^2} dx \frac{\sqrt{h}}{\sqrt{\pi}}$$

Op dezelfde wijze te werk gaande als bij fig. 21, vinden we als resultaat de in de fig. 30 gestippelde kromme, welke de oorspronke-



lijke zeer goed benadert. De waarde van  $h$  bedraagt 3,38 in overeenstemming met het grooter aantal waarnemingen.

Ter toetsing van deze waarde van  $h$  hebben wij nog bepaald  $\Delta^2 = \overline{(n - \bar{n})^2}$ , d.w.z. elke waarde verminderd met het gemiddelde, hiervan het kwadraat en van deze quadraten het gemiddelde. De aldus gevonden  $\Delta^2$  blijkt te voldoen aan de betrekking

$$h = \frac{1}{2\Delta^2}.$$

Een toetsing betreffende de scheefheid der kromme levert als resultaat:  $\overline{(n - \bar{n})^3} = 0,002$ , dus dat de kromme niet scheef is.

## SLOTWOORD.

Waar wij het voorrecht genoten onze metingen te verrichten onder de eminente leiding van Prof. WULF zelf, daar kan het geen verwondering wekken dat wij ons uitsluitend bepaald hebben tot de methode van de ionisatiekamer. Immers niet alleen is door Prof. WULF het eerste bruikbare instrument volgens deze methode vervaardigd en zijn door hem met dit instrument de eerste baanbrekende metingen verricht; doch ook thans wordt in vele metingen volgens de ionisatiemethode nog gebruik gemaakt van het al of niet gewijzigde WULF'sche instrument of van een zijner electrometers. Toch wijden wij hier nog een enkel woord aan de beide andere, reeds genoemde, methoden, nl. die van de telbuis en de WILSON-nevelkamer methode, vooral om het onderscheid tusschen de drie methoden te vermelden.

Alle drie methoden berusten op het ioniseerend vermogen der straling, doch het onderscheid bestaat in de wijze, waarop zij dit vermogen benutten. De ionisatiekamer geeft de geabsorbeerde ioniseerende stralingsenergie aan en wel quantitatief als sommatie over den duur der waarnemingsperiode. Bij het aantoonen der schommeling der ionisatie-intensiteit in verband met den tijd, zal dus deze methode met succes aangewend kunnen worden.

In de WILSON-nevelkamer heeft het ioniseerend vermogen slechts in zooverre beteekenis als het noodig is om een nevelspoor kenbaar te maken. De quantiteit speelt hier geen rol, wel het specifieke ioniseerend vermogen en de aard van het spoor, daar deze kenmerkend zijn voor den aard, de energie en de lading der deeltjes. Door middel van zeer sterke magnetische velden wordt het onderscheid in energierijkdom der deeltjes kenbaar gemaakt. De ontdekking van het positron door ANDERSON, BLACKETT en OCCHIALINI, is een der schoonste resultaten van de toepassing der nevelkamer methode op de ultrastraling.

Voor het onderzoek der richtingsverdeeling zal men aangewezen zijn op de door GEIGER en MÜLLER geconstrueerde telbuis. Hierbij is het ioniseerend vermogen der straling slechts een kwalitatieve

factor, daar het ontstaan van slechts één ionenpaar voldoende is ter aanwijzing van de straling, zoodat alle stralen, die de buis passeeren, aangetoond worden.

Naar gelang van den druk van het gas zal het gedrag der telbuis anders zijn. Bij lage drukking (tot 0,15 mm *Hg*) gedraagt de telbuis zich als de ionisatiekamer, is derhalve afhankelijk van den aard van het vullende gas, doch vertoont geen afhankelijkheid van de richting der invallende straling. Bij den gewonen druk van 4—6 mm *Hg* vertoont vooral de asymmetrische telbuis de afhankelijkheid van de richting; de speciale telbuis effecten. Vooral de methode der coincidentie bij meerdere telbuizen hebben geleid tot speciale theorieën betreffende de geschiktheid der straling tot coincidentie als functie der energie, het verticale telbuis effect en andere.

## ZUSAMMENFASSUNG.

Im ersten Teil dieser Dissertation wird eine Untersuchung über die Eigenschaften des Einfaden-Elektrometers WULFS angestellt. An erster Stelle wird eine von WULF aufgestellte Elektrometergleichung bestätigt. Es stellt sich heraus, dass die Ergebnisse dieser Messung mit der Theorie übereinstimmen. Die Empfindlichkeit des Instruments wird bei Feldplattenladung sowie bei Fadenladung geprüft und zwar jedesmal: im nahezu labilen Zustand und nach Entfernung einer der beiden Platten um 0,1 und 0,2 mm. Die Ergebnisse dieser Untersuchung werden bekannt gegeben und der Einfluss der Fadenstrammheit auf die Empfindlichkeit wird geprüft. Anlässlich einer hierbei auftretenden Besonderheit wird die Prüfung fortgesetzt und es zeigt sich, dass die Empfindlichkeit des Instruments eine Funktion der Fadenstrammheit ist, die bei einem bestimmten Wert der Strammheit ein Maximum aufweist. Dieses Maximum wird bei einer Fadenstrammheit von etwa  $-1$  Umdrehung, einer Plattenentfernung von etwa 5 mm und einer Plattenladung von etwa 200 Volt erreicht. Diese Maximalempfindlichkeit stellt sich auf 0,2 Volt pro Skalenteil, und die Eichkurve verläuft über eine genügende Anzahl Skalenteile geradlinig.

Kapazitätsverhältnisse werden sowohl beim 2-Faden- wie beim 1-Fadenelektrometer bestimmt. Besondere Aufmerksamkeit wird dem Einfluss der Kontaktpotentialen gewidmet; es stellt sich heraus, dass dieser vernachlässigt werden kann. Die Kapazität ist von Aenderungen der Fadenstellung unabhängig. Die Kapazität des zur Messung der durchdringenden Strahlung bestimmten Apparates beläuft sich auf 5,886 cm.

Im zweiten Teil dieser Arbeit wird ein Apparat zur Registrierung der Ultrastrahlung beschrieben. Der Methode der Ionisationskammer mit Auflade-Elektrode wird gefolgt. Ein geladenes Drahtnetz — System HOFFMANN — soll die Reststrahlung beseitigen. Die Eigenschaften des Apparats werden besprochen; hierbei zeigt es sich, dass die Beobachtungsperiode bedeutend gekürzt werden kann. In Bezug auf Isolator- und Temperatureinflüsse

benimmt sich das Instrument sehr vorteilhaft. In Valkenburg vorgenommene Messungen führen zu Ergebnissen in Hinsicht auf den Wert der Strahlungsintensität für die Umgebungs-, Boden- und Luftstrahlung, die mit denen anderer Forscher übereinstimmen. In Heerlen werden Messungen über einen Zeitraum von 50 Tagen vorgenommen, deren Ergebnisse mitgeteilt werden. Ein Temperatureffekt von 2,7 % pro Grad C wird festgestellt. Auf mehrere Weisen wird der Einfluss der Luftdruckänderung untersucht jedoch ohne positiven Erfolg. Nach dem SMOLUCHOWSKI-Verfahren wird eine Untersuchung über die Periodizität der Intensitätsschwankungen angestellt. Diese Periodizität existiert scheinbar, kann jedoch Zahlenmangels wegen nicht ermittelt werden. Es ergibt sich dass diese Messungen der Fehlerrechnung von GAUSS nicht unterliegen. Messungen des Absorptionskoeffizienten und der Reststrahlung in der Zeche „Emma“ führen nicht zu günstigen Ergebnissen durch äusserlich störende Einflüsse.

Die am Apparate vorgenommenen Abänderungen und die Panzereinrichtung werden auf Seite 72 beschrieben. Die Ergebnisse einer 4-wöchentlichen Beobachtungsperiode mit einem oben geöffneten Panzer werden besprochen. Festgestellt wird ein Überwiegen der Vormittagswerte den Nachmittagswerten gegenüber. Schwankungen zweiter Art sind klar zu erkennen. Aus den Berechnungen resultiert ein negativer Temperaturkoeffizient von  $-0,58\%$  pro grad C. Der Barometereffekt kann auch aus diesen Messungen nicht hergeleitet werden. Die auf diese Reihe angewandte Fehlerrechnung von GAUSS führt zu befriedigenden Ergebnissen. Erforschung der Periodizität der erwähnten Schwankungen weist auf die Existenz einer 7-tägigen Periode.

Vollpanzermessungen werden während 3 Monate verrichtet und die Resultate dieser Messungen mit Temperatur und Barometerstand in Verbindung gesetzt. Es wird festgestellt dass auch hier wieder der Temperatureffekt negativ ist und  $-0,37\%$  pro Grad C beträgt. Ein Barometereffekt lässt sich nicht nachweisen. Periodizitäts- und Fehlerrechnung führen beide zu einem günstigen Ergebnis. Eine Untersuchung der Reststrahlung ist erfolglos. Eine Bestimmung des Absorptionskoeffizienten erzielt ein befriedigendes Resultat.

## LITTERATUUR.

1. TH. WULF: Die Faden-Elektrometer, Berlin 1933.
2. G. HOFFMANN: Handbuch d. Exp. Phys. Bd. 10, Leipzig 1930.
3. H. BENNDORF: " " " " Bd. 25, I, Leipzig 1928.
4. H. BENNDORF und V. HESS: Luftelektrizität, Müller-Pouillet, Bd. V 1, 11 Aufl.
5. V. HESS: Die Ionisierungsbilanz der Atmosphäre, Leipzig 1934.
6. W. KOLHÖRSTER, A. WIGAND, K. STOYE: Abhandlungen d. Nat. f. Ges. Halle a. d. S. 1914.
7. W. KOLHÖRSTER: Zeitschr. f. Instr. Kunde, 44, 333, 1924.
8. W. KOLHÖRSTER: Probleme der Kosmischen Physik, Hamburg 1924.
9. V. HESS: Die Frage d. durchdr. Strahlung ausserterr. Ursprunges, Wien 1919.
10. A. GOCKEL und TH. WULF: Physik. Zeitschr., 9, 907, 1908.
11. TH. WULF: Physik. Zeitschr., 11, 811, 1910.
12. TH. WULF: Le Radium, t. VII, 1910.
13. V. HESS: Physik. Zeitschr., 13, 1084, 1912.
14. A. GOCKEL: Physik. Zeitschr., 19, 114, 1918.
15. L. ORNSTEIN en H. BURGER: Kon. Ak. v. Wetensch., A'dam, XXVII, 1919.
16. W. KOLHÖRSTER: Berl. Ber., 366, 1923.
17. W. KOLHÖRSTER: Berl. Ber., 120, 1925.
18. G. HOFFMANN: Physik. Zeitschr., 26, 669, 1925.
19. V. HESS: Physik. Zeitschr., 27, 159, 1926.
20. G. HOFFMANN: Physik. Zeitschr., 27, 291, 1926.
21. G. HOFFMANN: Ann. d. Physik, 80, 779, 1926.
22. K. BÜTTNER: Zeitschr. f. Geophys., 3, 161, 1927.
23. K. BÜTTNER: Gött. Nachr., 1927.
24. E. STEINKE: Zeitschr. f. Phys., 42, 570, 1927.
25. G. HOFFMANN: Zeitschr. f. Phys., 42, 565, 1927.
26. V. HESS und O. MATHIAS: Wien. Ber., 137, 327, 1928.
27. G. HOFFMANN und F. LINDHOLM: Gerl. Beitr., 20, 12, 1928.
28. F. LINDHOLM: Gerl. Beitr., 22, 141, 1929.
29. V. HESS und R. STEINMAURER: Helv. Phys. Acta, III, 439, 1929.
30. E. STEINKE: Phys. Zeitschr., 30, 767, 1929.
31. A. REITZ: Wien Ber., 139, 707, 1930.
32. R. STEINMAURER: Wien Ber., 139, 281, 1930.
33. C. DORNO: Gerl. Beitr., 26, 395, 1930.
34. G. HOFFMANN: Zeitschr. f. Phys. 69, 703, 1931.
35. V. HESS und W. PFORTE: Zeitschr. f. Phys. 71, 171, 1931.
36. W. MESSERSCHMIDT: Zeitschr. f. Phys., 78, 668, 1932.
37. G. HOFFMANN: Physik. Zeitschr., 33, 663, 1932.
38. V. HESS und R. STEINMAURER: Berl. Ber., XV, 1933.
39. R. STEINMAURER und H. GRAZIADEI: Berl. Ber., XXII, 1933.
40. H. DOPP: Revue d. Quest. scientif., 1933.
41. W. KOLHÖRSTER: Physik. Zeitschr., 34, 24, 1933.
42. G. SUCKSTORFF: Physik. Zeitschr., 35, 368, 1934.

# INHOUD

	Pag.
INLEIDING . . . . .	1
<b>DEEL I. Onderzoek van den één-snaar-electrometer.</b>	
§ 1 Toetsing van de electrometervergelijking . . . . .	2
§ 2. Onderzoek naar de gevoeligheid . . . . .	5
§ 3. Invloed van de strakheid van de snaar . . . . .	12
§ 4. Overzicht en verder onderzoek van den invloed der strakheid van de snaar . . . . .	20
§ 5. Capaciteitsbepalingen . . . . .	29
<b>DEEL II. Meting der doordringende straling.</b>	
<b>Voorloopige metingen.</b>	
§ 1. Beschrijving toestel . . . . .	45
§ 2. Metingen te Valkenburg . . . . .	50
§ 3. Metingen te Heerlen . . . . .	58
§ 4. Metingen in de Staatsmijn „Emma” . . . . .	71
<b>DEEL III. Definitieve Metingen.</b>	
a. Beschrijving toestel . . . . .	76
b. Halfpantser-metingen . . . . .	81
c. Volpantser-metingen . . . . .	88
Slotwoord . . . . .	102
Zusammenfassung . . . . .	104
Litteratuur . . . . .	106





## STELLINGEN.

### I.

De 1-snaarelectrometer van WULF in de bijna-labile schakeling biedt groote voordeelen bij de registreering der ultrastraling.

### II.

MENON's schatting van het aantal waterstofatomen in een protuberans steunt niet op redelijken grondslag.

Bull. Kodaikanal Obs. N<sup>o</sup>. 101, 323, 1933.

### III.

Uit „Briefwechsel zwischen JACOB STEINER und LUDWIG SCHLÄFLI” valt op te maken, dat LUDWIG SCHLÄFLI aandeel heeft gehad aan verschillende publicaties van STEINER.

### IV.

De door M. DUFFIEUX en L. GRILLET voorgestelde wijziging van de Stufenblendenkondensor van HANSEN is aan even groote bedenkingen onderhevig als de oorspronkelijke Stufenblendenkondensor van HANSEN.

M. DUFFIEUX et L. GRILLET, *Revue d'Optique* 12, 425, 1933.

G. HANSEN, *Zeitschr. f. Phys.* 29, 356, 1924.

P. H. VAN CITTERT, *Zeitschr. f. Phys.* 73, 249, 1931.

### V.

In de litteratuur wordt niet genoeg gewezen op het feit, dat in de lichtboog de spanningstoename  $E$  per tijdseenheid, evenredig is met  $\delta^2$  ( $\delta$  = dielectrische vastheid) en dus de eigenschappen van  $\delta$  in versterkte mate weergeeft.

BLOEMEN en V. D. VEEN, „Hoogspanningstechniek”.

## VI.

De mechanische verklaring welke BRODERSEN en ZEISING geven voor het ontstaan der spookbeelden bij een buigingsrooster, treft het wezen der zaak niet.

BRODERSEN & ZEISING, Zs. f. Phys. 81, 5, 1931.

## VII.

Ten onrechte beweert MENZEL, dat het in aanmerking nemen der zelfabsorptie groote wijzigingen zou brengen in de beschouwingen van MAC CREA over turbulentie in de chromosfeer.

Publ. Lick Obs. 1931.

## VIII.

Het hooger opvoeren van de eischen voor de exacte vakken op de H.B.S. is aan ernstige bedenking onderhevig.

---







U  
19