

# Luftelektrische und photometrische Beobachtungen nebst photographischen Aufnahmen der Sonne während der Sonnenfinsternis v. 17. April 1912 zu Braunschweig.

Von Oberlehrer Dr. phil. **Karl Bergwitz**, Braunschweig.  
Privatdozent an der Herzogl. Technischen Hochschule.

Die vom Wetter begünstigte Sonnenfinsternis vom 17. April 1912 bot eine passende Gelegenheit, Beobachtungen über die Veränderung des elektrischen Erdfeldes, der elektrischen Zerstreuung und der Intensität der Sonnenstrahlen nebst photographischen Aufnahmen der Sonne in Braunschweig während der Finsternis auszuführen. Als geeigneter Beobachtungsort wurde der Garten gewählt, der zu dem Fabrikgrundstücke der Herren Günther und Tegetmeyer vor dem Hohen Tore gehört. Dieser liegt erstens im freien Felde, ein Umstand, der für die luftelektrischen Beobachtungen von Wichtigkeit ist, sodann läßt sich von ihm aus der volle Tagesbogen der Sonne gut verfolgen.

Die Wetterlage am 17. April und die am vorhergehenden Tage war eine günstige. Die in nachstehender Tabelle angegebenen Daten bestätigen dies.

	Baro- meter	Tempe- ratur ° C	Relative Feuchtigk. Proz.	Be- wöl- kung	Wind
16. April Mittern. .	763,1	7,7 max. 13,5 min. 1,9	66	0,3	SO-NO 2-5
17. April 7 <sup>a</sup> . . .	762,0	4,1	82	0	NO 1
2 <sup>p</sup> . . .	760,6	13,6	43	0	O 4
9 <sup>p</sup> . . .	759,4	9,9	58	0	O 3

## I. Die Beobachtung des Potentialgefälles.

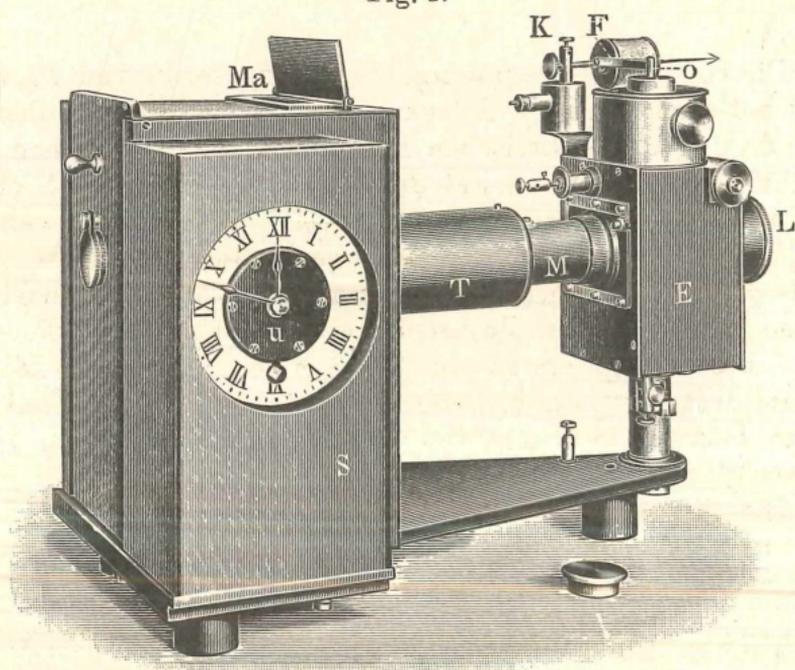
### a) Apparate und Methode.

Das Potentialgefälle wurde registriert, und zwar diente zu diesem Zwecke ein Apparat, von dem Fig. 1 auf folgender Seite eine photographische Ansicht und Fig. 2 eine schematische

Skizze gibt. Er ist von der Firma Günther und Tegetmeyer in Braunschweig gebaut worden <sup>1)</sup>.

Als Elektrometer wurde am Sonnenfinsternistage das Einfadenelektrometer, das nach dem Hankelschen Prinzip konstruiert und der genannten Firma geschützt ist, verwendet. Es unterscheidet sich von anderen Einfadenelektrometern dadurch, daß der Faden nicht starr, sondern elastisch gespannt ist. In der Fig. 1 bedeutet *P* den platinieren Quarzfaden, *f* die Quarzfeder, an der er mit seinem unteren Ende befestigt ist. Der Faden *P* wird abgelenkt in der durch die beiden

Fig. 1.

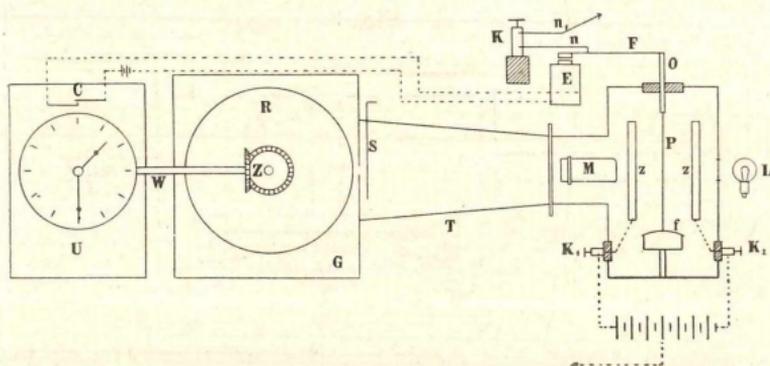


Schneiden  $\approx$  gekennzeichneten Ebene. Die Schneiden stehen durch Vermittelung der beiden Klemmen  $K_1$  und  $K_2$  mit den beiden Polen einer Batterie, deren Mitte geerdet ist, in Verbindung. Durch Variierung dieses Hilfspotentials kann man den Meßbereich bzw. die Empfindlichkeit des Instrumentes in weiten Grenzen verändern. Am 16. und 17. April betrug die Spannung der Hilfsbatterie 16 Volt. Es sei bemerkt, daß in der Zeichnung die Ebene der Schneiden, um die Einrichtung darstellen zu können, um  $90^\circ$  gegen die optische Achse des Apparates verdreht ist. An dem oberen Zuleitungsstifte *O*

<sup>1)</sup> K. Bergwitz, Phys. Zeitschr. 13, 28, 1912.

des Elektrometers befindet sich eine Blattfeder  $F$ , die in Berührung mit dem Stabe  $n$  steht, der sich an der gut isolierten Klemme  $K$  befindet. Durch Vermittelung von  $n_1$  ist der Kollektor mit  $K$  und damit mit dem Elektrometer verbunden. Die Beleuchtung des Fadens geschieht durch die Glühlampe  $L$ . Das Bild der Fäden wird mit Hilfe des Zeißschen mikrographischen Objektivs  $M$  auf das photographische Papier projiziert, das auf die Walze  $R$  gespannt ist. Der Papierstreifen hat eine Breite von 9 cm und entsprechend dem Umfange der Walze eine Länge von 49 cm. Die Walze selbst wird vom Uhrwerke  $U$  aus durch Vermittelung der Welle  $W$  und der beiden Zahnräder  $Z$  in 24 Stunden einmal um sich selbst gedreht, so daß die stündliche Abwicklung des Papiers rund 2 cm beträgt. Das Uhrwerk  $U$  schließt in jeder halben

Fig. 2.



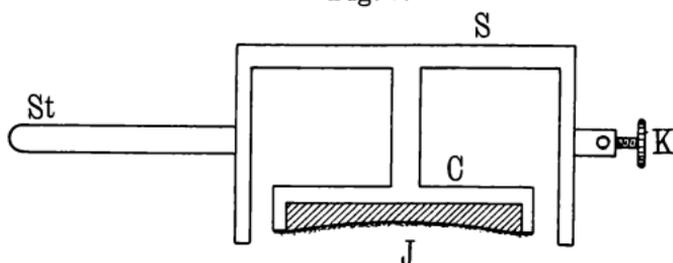
Stunde einmal den Kontakt  $C$  zwei Minuten lang. Der Elektromagnet  $E$  zieht dabei die Blattfeder  $F$  an und erdet das Elektrometer. Die dadurch im Photogramme unter Unterbrechung der Kurve entstehenden Marken dienen zur Fixierung der Zeit und der Nullage des Fadens. Da bei diesem Vorgange die Verbindung zwischen  $F$  und  $n$  aufgehoben wird, so wird der Kollektor und seine Zuleitung nicht geerdet. Bei der Wiederanschaltung des Kollektors nimmt daher das Elektrometer bei seiner sehr geringen Kapazität fast momentan die Kollektorspannung wieder an.

Die Walze  $R$  befindet sich in einem Kasten  $G$ , der mit einem Tubus  $T$  versehen ist. Kasten und Tubus lassen sich zur Einfügung neuen Papiers in der Dunkelkammer vom Elektrometer und Uhrwerke entfernen. Um das Eindringen von Licht zu verhüten, ist der Schieber  $S$  vorgesehen, der den in der Vorderwand des Kastens befindlichen feinen Spalt abschließt.

Als Kollektor wurde der Ioniumkollektor <sup>1)</sup> verwandt, der für die Aufnahme des täglichen Ganges des atmosphärischen Potentialgefälles sich bei den von der luftelektrischen Kommission der kartellierten deutschen Akademien angesetzten luftelektrischen Terminbeobachtungen in Braunschweig durchaus bewährt hat.

Einen Ioniumkollektor im Querschnitt zeigt uns die Fig. 3. Der wichtigste Bestandteil desselben ist die mit *J* bezeichnete feine Schicht eines radioaktiven Präparates, das im wesentlichen aus Ioniumoxyd neben kleinen Mengen Thoroxyds besteht. Das Radioelement Ionium, das Bindeglied der Uran- und Radiumreihe, hat für die Konstruktion der Kollektoren große Vorzüge. Zunächst bleibt seine Aktivität praktisch konstant, da seine Halbwertszeit, d. h. die Zeit, innerhalb der die Intensität der radioaktiven Wirkung auf die Hälfte ihres Wertes gesunken ist, größer als 30 000 Jahre ist; sodann ist

Fig. 3.

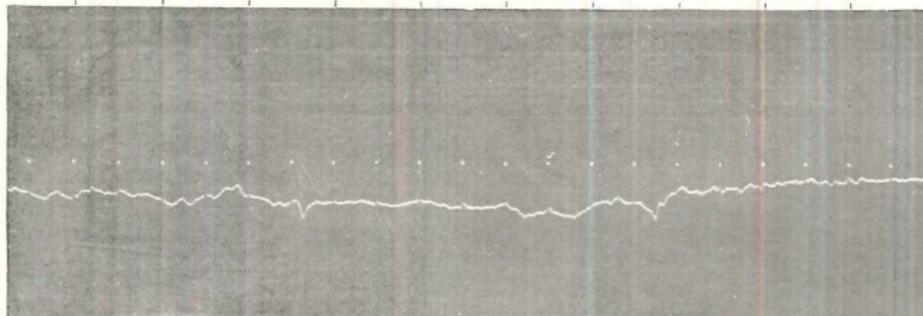


die Reichweite seiner  $\alpha$ -Strahlen, die es nur aussendet, die kleinste, die es gibt, nämlich 2,8 cm, so daß die den Kollektor umgebende ionisierte Lufthülle von nur geringem Durchmesser ist. Infolgedessen rückt der Referenzpunkt des Kollektors, d. h. der Punkt, dessen Spannung er annimmt, sehr nahe an die Elektrode selbst heran. Gegenüber den Spritz- und Flammenkollektoren hat er allerdings den Nachteil, daß er eine bestimmte Kapazität langsamer aufladet. Die vorher genannten Elektroden eignen sich daher besser zu Augenbeobachtungen, für Registrierungen dagegen der Ioniumkollektor, wenn nicht zu plötzliche Potentialschwankungen auftreten. Die Schicht *J* ist auf der Oberfläche von Email eingebrannt, damit in Wind und Wetter das aktive Präparat nicht abfällt, aber so, daß die Strahlung desselben durch die Email nicht beeinträchtigt wird. Die Email ist auf dem runden Kupferscheibchen (*C*), das die Größe eines Zweifennigstückes hat, glasklar festgeschmolzen.

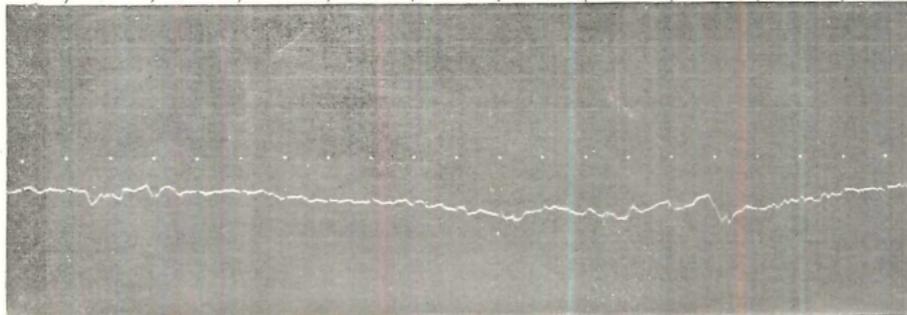
<sup>1)</sup> K. Bergwitz, Phys. Zeitschr. 12, 83, 1911.



IV.12 5p. 6 7 8 9 10 11 12 16.IV.12 1a 2



V.IV.12 5p. 6 7 8 9 10 11 12 17.IV.12 1a 2



XVII. Jahresber. d. Vereins f. Naturwissenschaft zu Braunschweig.  
Art. Bergwitz.

Fig. 4.

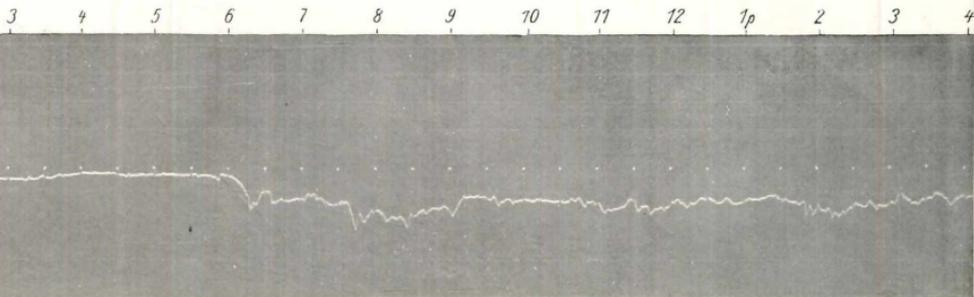
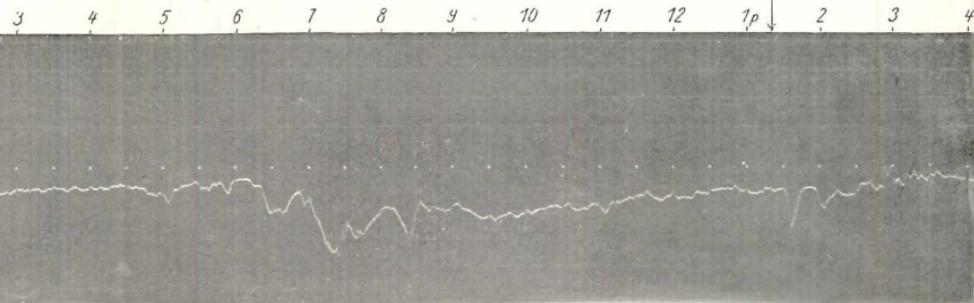


Fig. 5.



*S* ist ein Metallschirm, der den inneren Kollektor gegen Regen schützt, *K* ist eine Klemme, von der aus ein dünner Draht zum Fadenträger des Elektroskops führt. Mit Hilfe des Metallstiftes *St* wird der ganze Kollektor an dieser isolierenden Stange befestigt.

Der Registrierapparat selbst befand sich in einem Zimmer des ersten Stockwerkes der oben erwähnten Fabrik. Der Ioniumkollektor war an einer isolierenden Stange befestigt, die 1.6 m aus dem Fenster hinausragte und in 14,6 m über dem Erdboden sich befand.

b) Ergebnisse der Beobachtung des Potentialgefälles.

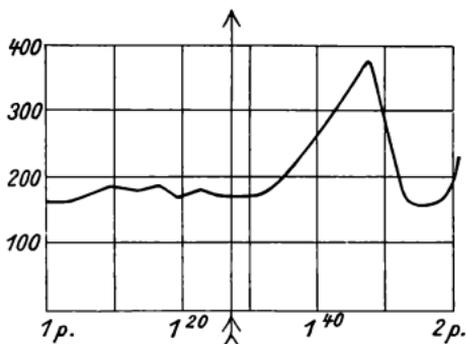
In Fig. 4 und 5 sind die mit der Registriereinrichtung gewonnenen Kurven reproduziert<sup>1)</sup>. Die Abszissen umfassen die Zeiten von 5<sup>p</sup> bis 5<sup>p</sup> des folgenden Tages, die Ordinaten stellen die jeweiligen Potentialdifferenzen des Referenzpunktes des Kollektors gegen den Erdboden dar. — Die Kurven zeigen einen regelmäßigen Verlauf des Potentialgefälles, d. h. die Potentialwerte sind durchschnittlich morgens höher als nachmittags, erreichen ihren kleinsten Wert früh nachmittags und ihren größten gegen Morgen.

Von größeren Störungen sind sie vollkommen frei. — Bemerkenswert ist das starke Ansteigen des Erdpotentials nach Eintritt der maximalen Verfinsterung. Um den Verlauf des Potentials besser erkennen zu können, ist die Kurve für diesen Zweck von 1<sup>p</sup> bis 2<sup>p</sup> nochmals vergrößert gezeichnet, und zwar geben

die Ordinaten zugleich die zu den betreffenden Zeiten gefundenen absoluten Spannungswerte (s. Fig. 6). Die Pfeile markieren den Zeitpunkt der maximalen Verfinsterung.

Mit Hilfe der Fig. 7 und der Multiplikation der zu den betreffenden Zeiten gehörenden Ordinaten mit der Zahl 2 ist es möglich, die relativen Potentialdifferenzen auf absolutes Maß zu reduzieren. Fig. 7 ist die Reproduktion der in Volt ausgeführten Eichkurve des mit dem Ioniumkollektor verbundenen Elektrometers, das neben seiner photographischen Tätigkeit auch eine Momentanablesung des auf eine mit einer Skala versehenen

Fig. 6.



<sup>1)</sup> K. Bergwitz, Phys. Zeitschr. **13**, 767, 1912.

Mattglasscheibe (*Ma*, Fig. 1) gespiegelten Fadens gestattet. Dies Elektrometer wird nun von einem Beobachter abgelesen,

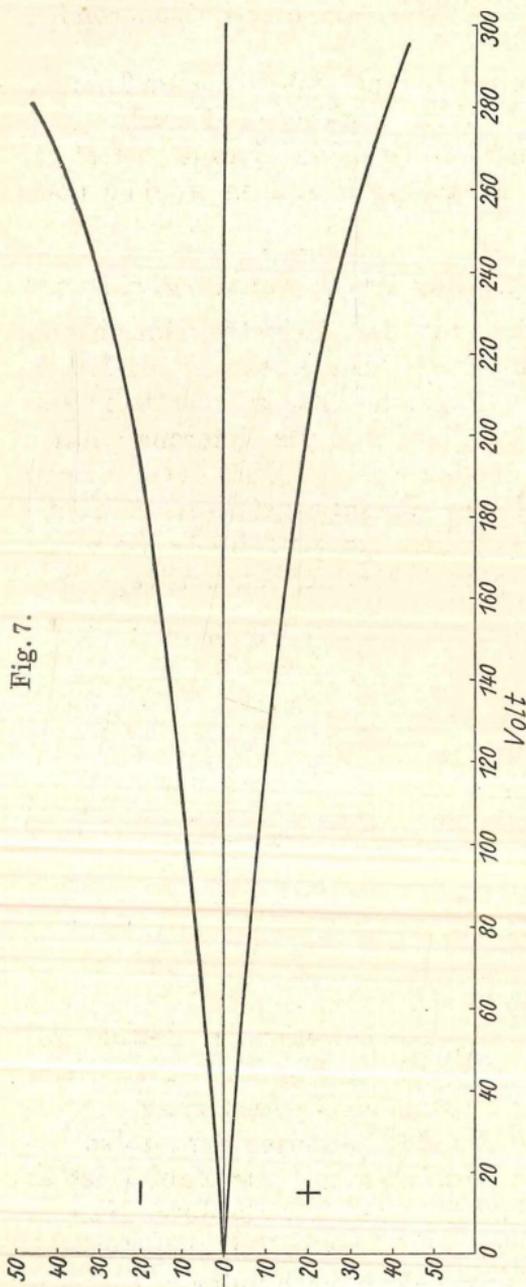


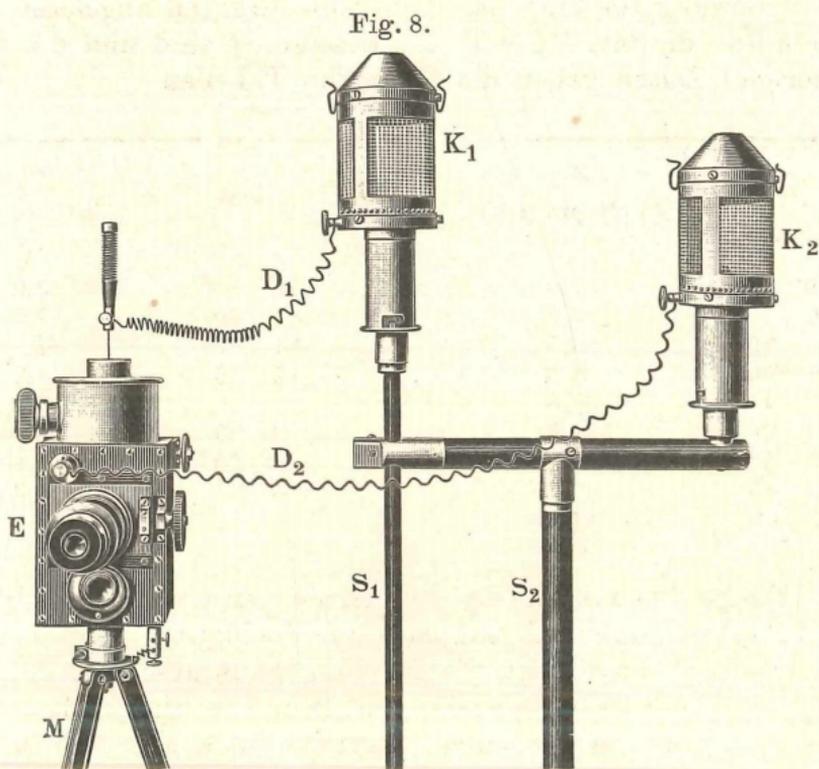
Fig. 7.

der die zu den betreffenden Spannungen gehörenden Zeiten notiert. Ein zweiter Beobachter befindet sich 250 m vom ersten entfernt auf freiem Felde, wo ihm ein Elektrometer, in unserem Falle ein Wulfsches Zweifadenelektrometer, und zwei Lutzsche Flammenkollektoren zur Verfügung stehen. — Die Einrichtung eines solchen Lutzschen Flammenkollektors geht unmittelbar aus der Fig. 8 hervor. Ein großer Vorteil dieses Kollektors besteht darin, daß selbst der steifste Nordost seine Flamme nicht ausbläst. Fig. 8 zeigt das ganze Instrumentarium des zweiten Beobachters.  $S_1$  und  $S_2$  sind zwei isolierende Stützen, die die Kollektoren  $K_1$  und  $K_2$  tragen.  $D_1$  und  $D_2$  sind dünne, straff gespannte Kupferdrähte, von denen der eine zum Fadenträger, der andere zum Hilfskonduktor des Wulfschen Elektrometers führt. Der vertikale Abstand der beiden Elektrometer beträgt meist 1 m. Er läßt sich vergrößern oder verkleinern, je nachdem das Erdpotential im Verhältnis zum Meßbereich des Instrumentes

zu klein oder zu hoch ist. Das Gehäuse wird durch das Metallstativ *M* gut geerdet.

Werden nun das mit dem Registrierapparate verbundene und das im Felde befindliche Elektrometer zu gleichen Zeiten

abgelesen, und bildet man das Verhältnis der durch die beiden Beobachtungen gewonnenen, zu denselben Zeiten gehörigen Spannungsdifferenzen, so erhält man den Reduktionsfaktor, d. h. die Zahl, mit der man die Spannung des ersten Elektrometers multiplizieren muß, um den Wert des Erdpotentials im freien Felde in 1 m Höhe über dem Erdboden zu erhalten. Voraussetzung ist hierbei, daß keine räumliche Ladungen sich zwischen



den beiden Beobachtungsorten befinden dürfen. Am Tage der Sonnenfinsternis war der als Mittel aus fünf Einzelmessungen gewonnene Reduktionsfaktor 2,01.

## II. Beobachtung der Elektrizitätszerstreuung.

Die Ermittlung der Zerstreungskoeffizienten  $a_+$  und  $a_-$ , also der Zahlen, die angeben, wie groß die Abnahme der positiven oder negativen Spannung eines geladenen Konduktors in einer Minute ist, falls man die Abnahme der Spannung in Prozenten der ganzen Spannung ausdrückt und das Coulombsche Zerstreungsgesetz gelten läßt, geschah in etwas anderer Weise wie gewöhnlich, da uns ein „Elster-Geitelscher Zerstreungs-

apparat“ nicht zur Verfügung stand. Es wurde deshalb so verfahren: Auf das Wulfsche Elektrometer, das auf dem oben erwähnten Stative sich befand, wurde ein 40 cm langer geschwärzter Zerstreungsstab aufgesetzt, das Gehäuse und der Hilfskonduktor geerdet. Der Apparat befand sich in einer Laube, die eine Luftzirkulation nicht hinderte, und die ihn der Einwirkung des variablen Erdfeldes entzog. Das Elektrometer wurde einmal positiv, dann negativ geladen und die Abnahme der Spannung für eine Zeit von zehn Minuten abgelesen. Die Resultate, die mit  $Z_+$  und  $Z_-$  bezeichnet sind und die dazugehörigen Zeiten geben die folgenden Tabellen:

Zeit	$Z_-$ (Volt pro $10^1$ )	Zeit	$Z_+$ (Volt pro $10^1$ )
9 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	32,0	10 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup>	18,2
10 45	32,0	11 00	19,2
11 30	30,5	11 50	21,2
12 20	32,3	12 40	34,2
1 10	35,3	1 40	37,7
2 00	39,3	2 30	38,4
2 50	50,4	3 20	41,1
3 40	45,6	4 30	42,3
5 10	47,0		

Einige Tage nach der Finsternis stand mir ein Elster-Geitelscher Zerstreungsapparat zur Verfügung. Durch simultane Beobachtungen am Zerstreungsapparate nach Elster und Geitel mit Schutzzylinder und dem nur mit Zerstreungsstab versehenen Wulfschen Elektrometer konnte ich in ähnlicher Weise, wie es bereits von Gockel und von Schweidler<sup>1)</sup> geschehen ist, schließen, daß die mit  $Z_+$  und  $Z_-$  bezeichneten Werte mit 0,02 zu multiplizieren sind, um die Werte  $a_+$  und  $a_-$  zu erhalten. Diese sind in nebenstehenden Tabellen zusammengestellt.

Das Verhältnis  $a_-/a_+$  wird meist mit  $q$  bezeichnet. Da sich die Zerstreung nicht so schnell ändert, darf man wohl das Verhältnis der Zerstreungskoeffizienten zweier aufeinander folgender Zeiten der letzten Tabelle bilden. Für  $q$  ergeben sich dann folgende Werte:

1,9, 1,7, 1,4, 0,94, 0,94, 1,02, 1,3, 1,08.

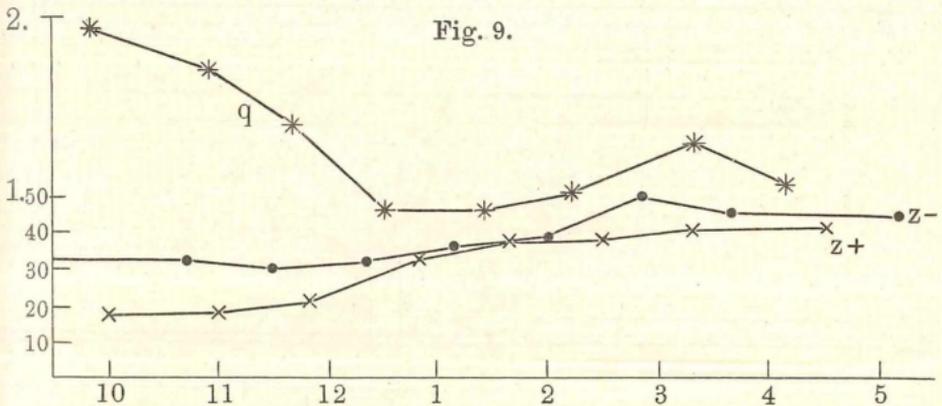
<sup>1)</sup> Gockel, Luftelektrische Untersuchungen, Freiburg (Schweiz) 1902. v. Schweidler, Luftelektrische Beobachtungen zu Mattsee im Sommer 1902. Wien. Sitzber. III [2 a], Nov. 1902.

Zeit	$a_-$ Proz.
9 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	0,60
10 45	0,64
11 30	0,61
12 20	0,65
1 10	0,71
2 00	0,79
2 50	1,08
3 40	0,91
5 10	0,94

Zeit	$a_+$ Proz.
10 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup>	0,32
11 00	0,38
11 50	0,43
12 40	0,69
1 40	0,75
2 30	0,77
3 20	0,82
4 30	0,84

Der Gang und die Schwankungen der Werte  $Z_+$ ,  $Z_-$  und  $q$  während der angegebenen Zeit sind in Fig. 9 graphisch dargestellt.

Aus den Tabellen, die die Zerstreuungskoeffizienten liefern, ersieht man, daß wie gewöhnlich das Maximum der Zerstreuung



in die frühen Nachmittagsstunden fällt. Ein Einfluß der Verfinsterung der Sonne ist nicht zu konstatieren.

Die mittlere Zerstreuung, die sich aus den Tabellen für den Tag der Sonnenfinsternis ergibt, beträgt:

$$\text{für } a_+ = 0,63,$$

$$\text{für } a_- = 0,86,$$

also

$$\frac{a_+ + a_-}{2} = 0,75.$$

Da dieser Wert für Braunschweig, gemessen in einem freiliegenden Garten bei klarem Wetter, im Mittel 1,2 beträgt, so ist ihm gegenüber die Größe 0,75 klein. Aus der Tabelle, die uns über die Wetterlage informiert, geht aber hervor, daß am

Finsternistage Ostwind wehte. Da nun der Beobachtungsort im Westen der Stadt gelegen ist, trieb der Wind den ganzen Dunst und Staub der Stadt und den Rauch der vielen Fabriken uns entgegen. Es ist eine bekannte Tatsache, daß die Elektrizitätszerstreuung in stauberfüllter Luft geringer ist als in klarer, durchsichtiger Luft, und daher ist der kleine Wert 0,75 wohl zu erklären.

### III. Photometrische Beobachtungen.

#### 1. Apparate und Methode.

Zum Photometrieren wurde ein Instrument benutzt, das nach den Angaben von Elster und Geitel<sup>1)</sup> in der Fabrik der Herren Günther und Tegetmeyer in Braunschweig in der modernsten Form gebaut war. Das Prinzip des Photometers ist das alte geblieben. Eine lichtelektrisch wirksam negativ aufgeladene Elektrode wird von den Sonnenstrahlen getroffen. Das einfallende Licht bewirkt die Aussendung von Elektronen aus derselben. Dieser abgegebenen Elektrizitätsmenge wird die Intensität der Sonnenstrahlung proportional gesetzt und durch dieselbe gemessen.

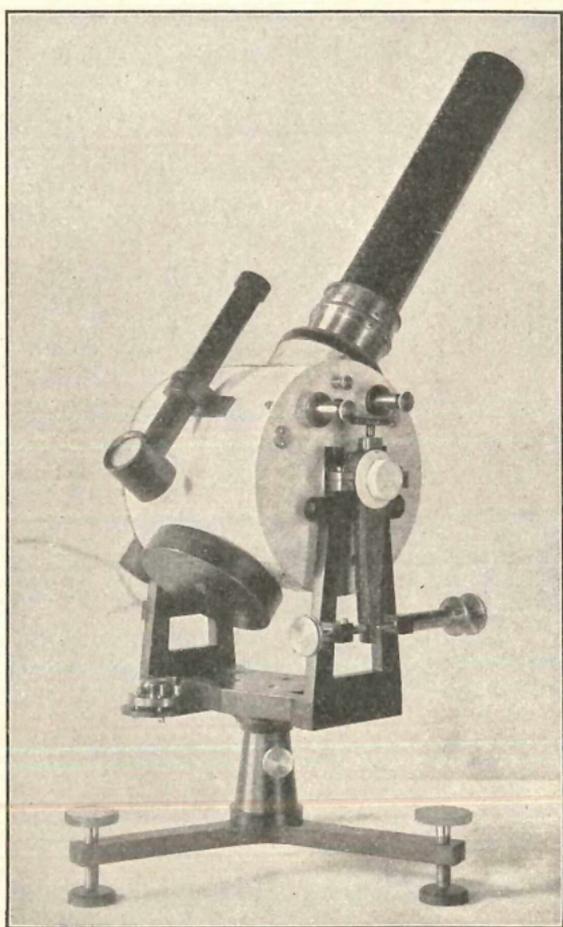
Die äußere Ansicht des Photometers gibt Fig. 10, Fig. 11 zeigt das Instrument im senkrechten Durchschnitt.

„Die lichtelektrische Zelle *Z* (Fig. 11) ist in eine um die Achse *HH* drehbare lichtdichte Metallkapsel *P* eingebaut, und zwar so, daß der als Anode dienende ringförmige Platindraht *Pt* in der Drehungsachse liegt. Das Alkalimetall ist auf der Silberschicht *Ag* niedergeschlagen und steht vermittelt eines durch das Glas hindurchgeschmolzenen Platindrächtchens mit der Klemme *K*<sub>2</sub> (am Apparat durch ein Minuszeichen kenntlich gemacht) in Verbindung, während von der Anode *Pt* ein Draht nach der Klemme *K*<sub>1</sub> (am Apparat mit Plus bezeichnet) gezogen ist. Der Schutzring *S*, angeschlossen an die geerdete Klemme *E*, verhindert den Übertritt des Stromes über die äußere Glaswand. Der Lichtzutritt erfolgt durch das abschraubbare, innen geschwärzte und mit einer Verschlußkappe *F* versehene Metallrohr *R*; die Irisblende *I* gestattet die Regulierung des Lichtzutrittes. Der Durchmesser der Blendenöffnung wird auf einer Teilung abgelesen. Die Mattscheibe *M* ist aus Uviolglas gefertigt und bezweckt, daß die Zelle nur von diffusem Lichte getroffen wird; man vermeidet so, indem man das

<sup>1)</sup> Elster u. Geitel, Phys. Zeitschr. **13**, 739, 1912. K. Bergwitz, Ebend. **12**, 1111, 1911.

erregende Licht gleichmäßig zerstreut, einen Fehler, der bei ungleichförmiger Lichtverteilung in der Zelle durch den bei schräger Inzidenz auftretenden selektiven Effekt<sup>1)</sup> bewirkt werden könnte. Zugleich schließt diese Platte den Innenraum einigermaßen luftdicht ab, so daß die äußeren Glaswände der

Fig. 10.



Zelle mittels der Natriumtrocknung *N* gut isolierend erhalten werden können.

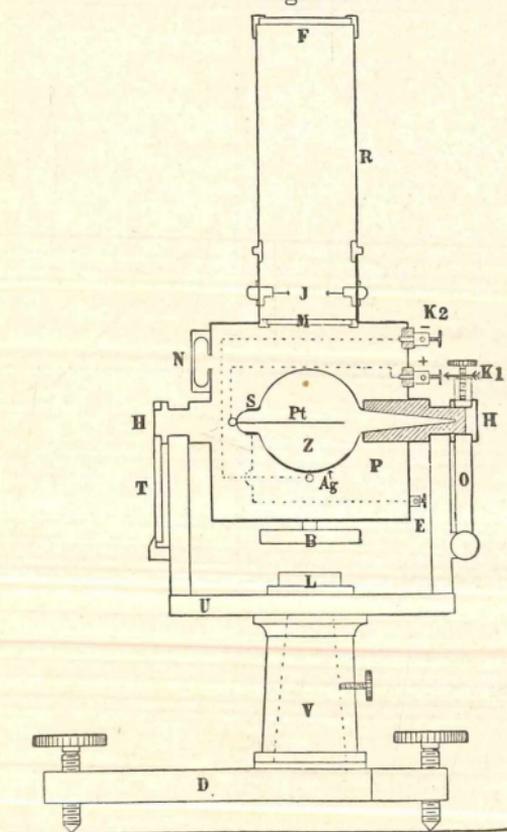
Unmittelbar vor der Mattscheibe lassen sich vermittelst einer ringförmigen Verschraubung kreisrunde Glasplatten als Lichtfilter einfügen. Es bietet keine Schwierigkeit, durch Einschaltung entsprechender Gläser einigermaßen homogenes rotes, gelbes oder grünes Licht herauszufiltrieren. Am 16. und 17. war ein Filter gewählt, das neben etwas rotem hauptsächlich

<sup>1)</sup> Pohl u. Pringsheim, Verh. d. D. Phys. Ges. 12, 357, 682, 1910.

blaues Licht hindurchließ. Da die Kapsel *P* um die Achse *HH* drehbar angeordnet ist, so kann das Rohr *R* innerhalb der Vertikalebene in jede beliebige Lage gebracht werden; da ferner die Gabel *U*, welche die Lager für die Achse *HH* trägt, um den Zapfen *V* drehbar ist, so läßt sich das Rohr *R* nach Art des Fernrohres eines Theodoliten auf jeden Punkt des Himmels gewölbes einstellen.“

An dem Apparat ist ferner eine Vorrichtung zur Bestimmung der Sonnenhöhe angebracht. Steht der Dreifuß *D* genau horizontal,

Fig. 11.



horizontal, was mittels der Libelle *L* kontrolliert wird, und fallen die Sonnenstrahlen genau parallel zur Achse des Rohres *R* ein, so läßt sich die Erhebung ( $\vartheta$ ) der Sonne über dem Horizonte am Teilkreise *T* bis auf etwa  $\frac{1}{5}^{\circ}$  ablesen. Um diese Genauigkeit zu gewährleisten, ist an dem Instrumente ein Sucher (vgl. Fig. 10, das kleinere Rohr) angebracht, der ähnlich wie bei einer photographischen Handkamera das Bild der Sonne im Schnittpunkte eines auf einer Mattscheibe entworfenen Fadenkreuzes erscheinen läßt. Eine am unteren Ende von *O* (Fig. 11) angreifende Mikrometerschraube ermöglicht die Feineinstellung des Sonnenbildchens in das Fadenkreuz des Suchers.

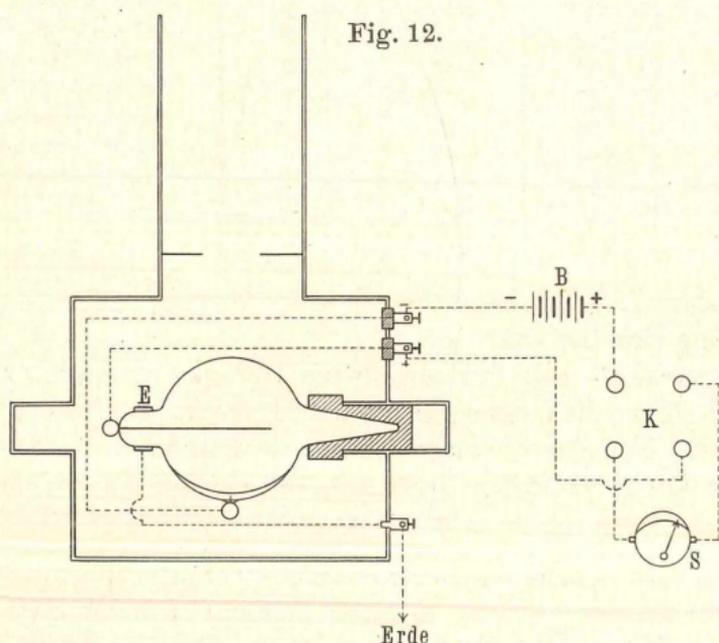
Alle Isolationen am Apparat sind aus Bernstein gefertigt. Da dieser für Licht durchlässig ist, ist er im Inneren der Kapsel *K* mit Picein überzogen oder mit metallischen geschwärzten Schutzkappen, die den Zutritt von diffusem Lichte abschneiden, versehen.

Durch Anlegen einer Spannung von 40 oder 30 Volt an die Alkalizelle des Photometers wurde den von Licht ausgelösten Elektronen eine Beschleunigung erteilt, um von der magnetischen Einwirkung des Erdfeldes unabhängig zu sein, und die Öffnung des Rohres *R* durch die Irisblende so eingestellt,

daß der photoelektrische Strom bei höchstem Sonnenstande das Galvanometer von der Empfindlichkeit  $10^{-6} A$  so ablenkte, daß der an seinem Spiegel reflektierte Lichtstrahl eine Skala von etwa 1 m Länge überstrich.

Die verwendete Schaltung ist aus der Fig. 12 zu erkennen; *B* ist die Batterie, die aus 20 kleinen Akkumulatoren bestand. Ihr negativer Pol ist mit der Metallfläche der Photozelle verbunden, der positive zur Erde abgeleitet. *K* ist ein Kommutator, *S* das Spiegelgalvanometer und *E* der geerdete Schutzring.

Während der Messung stand das Galvanometer nebst Zubehör und die Batterie in einem 40 m vom Photometer entfernten kleinen Schuppen. Die Ablesungen am Galvanometer



vermittelt Fernrohres geschahen auf verabredetes Signal, das der Beobachter gab, der das Photometer nach dem Sonnenstande orientierte.

## 2. Die Ergebnisse der photometrischen Beobachtungen.

### a) Die Beobachtungen am 16. April.

Am 16. April wurden Messungen der Intensität der Sonnenstrahlung in ihrer Abhängigkeit von der Sonnenhöhe ausgeführt. Diese bezweckten zunächst, daß die Beobachter sich einarbeiteten. Sodann sollte festgestellt werden, welche Spannung an die Kathode gelegt werden mußte, damit bei gegebener Skala

und gegebener Entfernung derselben vom Meßinstrumente die Empfindlichkeit desselben ausgenutzt wurde.

Die Daten der Beobachtungen vom 16. April d. J. sind diese:

Tabelle I.

$\vartheta$	$J_1$	$J_2$	$d$	Bemerkungen
47° 3'	405	412	+ 7	Zur Berechnung von $J_0$ und $a$ sind die Zahlen bei abnehmender Sonnenhöhe verwertet, da die Werte bei zunehmender Sonnenhöhe starken Schwankungen unterworfen waren.
46 14	396	408	+12	
45 23	402	402	0	
42 36	400	398	— 2	
41 40	390	382	— 8	
40 40	372	372	0	
39 46	356	358	+ 2	
38 4	346	351	+ 5	
35 17	331	329	— 2	
32 10	302	303	+ 1	
31 18	295	292	— 3	
28 26	264	262	— 2	
27 0	253	244	+ 9	
25 32	230	233	+ 3	
24 31	221	218	— 3	

In der Tabelle bedeutet  $\vartheta$  die Sonnenhöhe und  $J_1$  die Ausschläge des Galvanometers.

Bekanntlich gilt für die Intensität der Sonnenstrahlung innerhalb der Erdatmosphäre die Formel von Lambert-Bouguer, bei der Voraussetzung homogenen Lichtes und einer der Dichtigkeit der Luft proportionalen Absorption

$$J = J_0 a^z,$$

in der  $J$  die beobachtete Intensität der Strahlung,  $J_0$  die Intensität an der Grenze unserer Atmosphäre,  $a$  der Transmissionskoeffizient der Luft und

$$z = \frac{1}{\sin \vartheta}$$

die reduzierte Weglänge des Strahles bedeuten. Als Einheit gilt die Dicke der homogenen Atmosphäre.

Um zu erkennen, ob die Beobachtungen sich der genannten Formel anschlossen, wurden die Koeffizienten der logarithmierten Gleichung:

$$\log J = \log J_0 + z \cdot \log a$$

nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet. Es ergab sich:

$$\log J = 2,9883 - 0,276 \cdot z,$$

also:  $J_0 = 973,4.$   
( $z=0$ )

An der Grenze unserer Atmosphäre würde das Galvanometer diesen Ausschlag ergeben, wenn die Formel für  $z = 0$  als gültig vorausgesetzt werden darf.

Der Transmissionskoeffizient unserer Atmosphäre für blauviolette Strahlen ergibt sich als:

$$a = 0,54.$$

Für die anderen Schichtdicken  $z$  finden sich die berechneten Werte in der Tabelle unter  $J_2$ . Unter  $d$  finden sich die Differenzen der beobachteten und berechneten Werte.

b) Die Beobachtungen am 17. April.

Die Daten der Beobachtungen vom 17. April sind diese:

Tabelle II.

$\vartheta$	$J_1$	$J_2$	$d$	Bemerkungen
38° 50'	324,4	318,0	— 6,4	} $J_0$ und $a$ sind ebenfalls aus den Nachmittagswerten berechnet.
38 10	315,6	313,8	— 1,8	
37 45	310,4	311,9	+ 1,5	
36 35	305,0	303,4	— 1,6	
35 14	296,5	293,9	— 2,6	
32 16	271,8	271,4	— 0,4	
28 46	242,0	241,6	— 0,6	
26 25	219,8	219,4	— 0,4	
24 22	199,4	198,5	— 0,9	
22 2	173,2	173,0	— 0,2	

Wird mit diesen Werten in derselben Weise wie mit denen der Tabelle I verfahren, so ist:

$$J_0 = 788,2, \quad a = 0,56.$$

In Fig. 13 sind die Beobachtungsergebnisse graphisch wiedergegeben; die Ordinaten stellen die Werte der Logarithmen, der Galvanometerauslässe dar, während die Abszissen die Größen  $\frac{1}{\sin \vartheta}$  bilden. Falls das Gesetz

$$J = J_0 \cdot a^z$$

vorausgesetzt wird, müssen die in angegebener Weise aufgetragenen Werte gemäß der Gleichung

$$\log J = \log J_0 + z \log a$$

eine Gerade bilden.

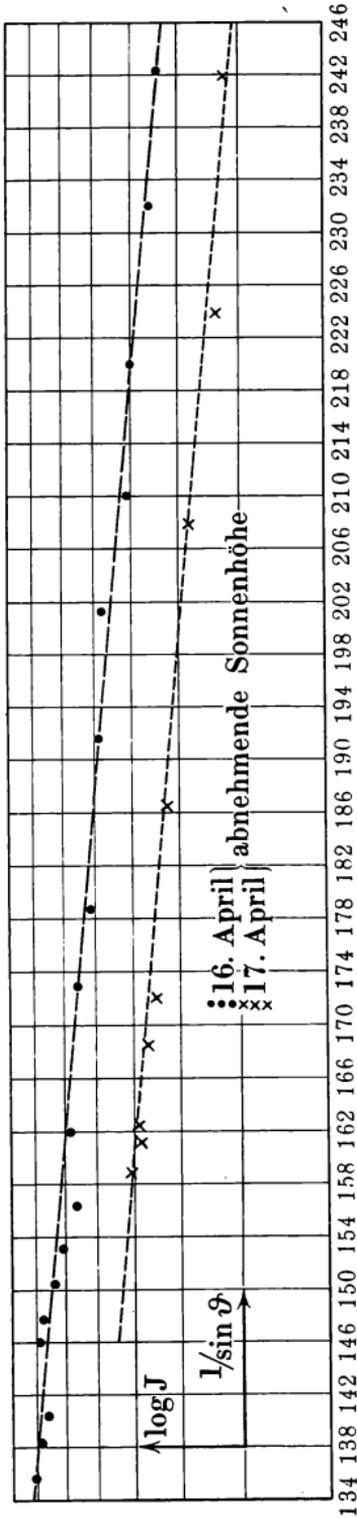
c) Die Bestimmung des Minimums der Sonnenstrahlung am 17. April.

Bei der Bestimmung des Minimums der Helligkeit hatten wir mit einer großen Schwierigkeit zu kämpfen, die darin bestand, daß der Ostwind die Staub- und Rauchmassen der Stadt über uns hinweg trieb. Da außerdem der Wind mit einsetzen- der Finsternis sehr böig <sup>1)</sup> wurde, so schwankte das Galvanometer ständig. Um daher die Ablesungswerte zu erhalten, die der abnehmenden Intensität der Strahlung der Sonne nur durch Verdeckung durch den Mond entsprachen, wurden die vielen abgelesenen Werte (es wurde jede zweite Minute eine Ablesung gemacht) in Koordinatenpapier eingetragen, dessen Ordinaten die Zeiten und dessen Abszissen die Galvanometerausschläge bildeten. Alle Werte, die außerhalb der Verbindungslinien der Maximalpunkte lagen, da diese die wahrscheinlicheren sind, wurden fortgelassen.

Die Beobachtungswerte sind in Tabelle III zu finden.

Die beobachteten Ausschläge in Prozenten der vollen Sonnenstrahlung sind aus der dritten Reihe der Tabelle entnommen und graphisch in Fig. 14 dargestellt. Die punktierte Kurve ist die Verbindungslinie der prozentualen Ausschläge des Galvanometers. Die Punkte, die unter der ausgezogenen Kurve liegen, sind infolge Verdunkelung der Sonne durch Dunst oder feine Wölkchen zu klein.

Fig. 13.



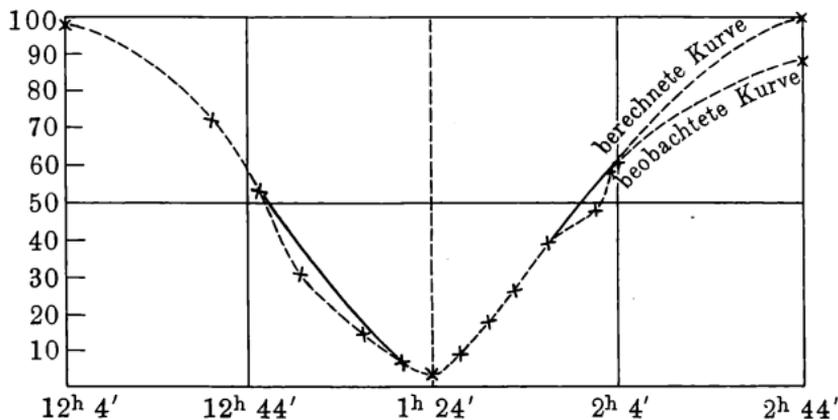
<sup>1)</sup> Deutsche Luftfahrerzeitung, XIV. Bd., 12, S. 299, 1912.

Tabelle III.

Zeit	Ausschlag, abgelesen	Ausschlag, umgerechn. Proz.	Sonnen- höhe	Bemerkungen
12 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup>	368,0	100	47° 49'	I. Kontakt 12 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup>
12 36	265,4	72	47 46	
12 46	195,1	53	47 32	
12 56	115,0	31	47 6	
1 8	51,6	14	46 41	
1 17	25,8	7	46 11	
1 23	4,5	12	45 +2	Maximum der Verfinsterung 1 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup>
1 29	33,2	9	45 27	
1 34	66,5	18	45 8	
1 39	95,8	26	44 45	
1 46	147,2	40	44 14	
1 57	173,0	47	44 20	
2 4	220,8	60	42 40	
2 42	324,4	88	38 50	II. Kontakt 2 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup>

Die Frage nach dem symmetrischen Verlaufe der Lichtkurve läßt sich an der Hand der Fig. 14 schwer beantworten <sup>1)</sup>, weil die Beobachtungen von 2<sup>h</sup> 4<sup>m</sup> bis 2<sup>h</sup> 44<sup>m</sup> als unbrauchbar

Fig. 14.



nicht eingetragen sind. Nur die Ablesung um 2<sup>h</sup> 44<sup>m</sup> ordnet sich gut in die beobachtete Kurve ein. — Dieser Wert bietet uns wenigstens die Möglichkeit, den Endpunkt der Lichtkurve zu bestimmen, den man erhalten würde, wenn man ihn von dem Einfluß der Sonnenhöhe befreit. — Nach der oben genannten Formel von Lambert-Bouguer läßt sich zu jeder beobachteten Intensität  $J$  der zugehörige Wert von  $J_0$  berechnen. Es ist:

$$\log J_0 = \log J + \frac{0,24688}{\sin \vartheta}.$$

<sup>1)</sup> J. Elster u. H. Geißel, Phys. Zeitschr. 13, 852, 1912.

Für den Wert 368, der beim ersten Kontakte erhalten wurde, ergibt die Ausrechnung, da

$$\vartheta = 47^{\circ} 49' \text{ ist, } J_0 = 792,6;$$

für den Wert des letzten Kontaktes 324,4, da hier

$$\vartheta = 38^{\circ} 50' \text{ ist, } J_0 = 803,2.$$

Wird wieder die Lichtstärke  $J_0 = 792,6 = 100$  gesetzt, so entspricht dem  $J_0 = 803,2$  der Wert 101,5. — Der Endpunkt der berechneten Lichtkurve liegt also fast genau mit dem Anfangspunkte auf der gleichen Horizontalen bei gleich weiter Entfernung von der im tiefsten Punkte errichteten Ordinate.

Wird der Wert des Minimums nach der Lambertschen Formel auf die Grenze der Atmosphäre reduziert (9,958 Skalenteile) und in Prozenten der Gesamtstrahlung der Sonne umgerechnet (1,27 Proz.), so müßte diese Zahl übereinstimmen mit dem Verhältnis der Gesamtsonnenscheibe zur Sonnensichel

beim Minimum  $\left[ \frac{16,804}{0,4144} \right] = 2,465$  Proz. — Der photometrisch gemessene Wert (1,27 Proz.) ist kleiner als der planimetrisch bestimmte (2,47 Proz.). Hieraus ist zu schließen, daß der Rand der Sonnenscheibe weniger blaues Licht wie die Mitte aussendet.

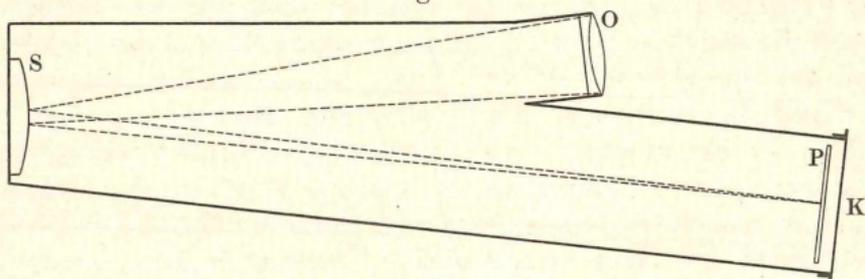
#### IV. Photographische Aufnahmen.

Neben den verschiedenen Beobachtungen hat auch eine photographische Fixierung der einzelnen Phasen der Sonne schon deshalb großes Interesse, weil für Photometrierungen des Sonnenlichtes aus den Photogrammen der jeweilige Grad der Verfinsterung mit großer Schärfe abzuleiten ist, sobald nur das Sonnenbild eine genügende Größe besitzt.

Zur Abbildung wird das von einem Fernrohrobjektiv entworfene Bild der Sonne benutzt, welches man bei kürzeren Brennweiten durch geeignete positive oder negative Linsen vergrößert. Im folgenden sei die Art, das Objektivbild zu vergrößern, beschrieben, welche wir mit gutem Erfolg bei der Sonnenfinsternis angewendet haben. Es wurde zur Vergrößerung des Objektivbildes ein der Brennweite des Objektivs angepaßter Konvexspiegel benutzt. Der Spiegel wurde durch Versilberung der Oberfläche einer Konvexlinse hergestellt. Wie in den bekannten abgekürzten Fernrohren und Teleobjektiven durch Einschalten einer Negativlinse in den Strahlengang des

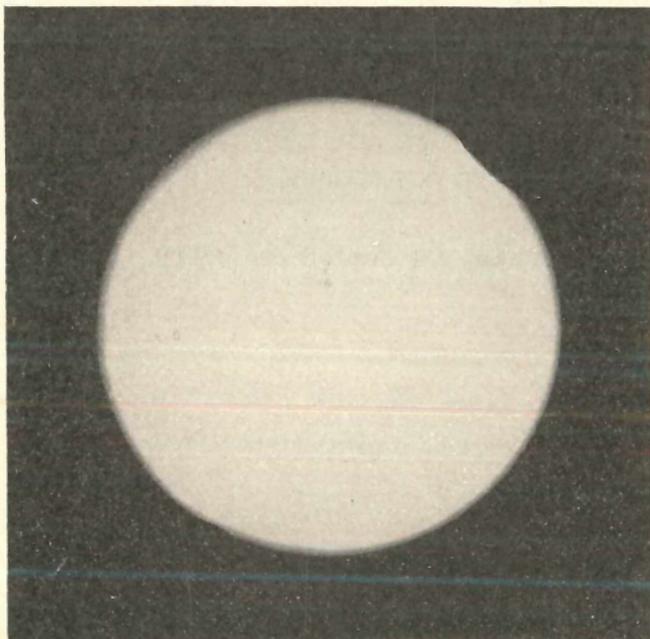
Fernrohres die Strahlen in einer größeren Entfernung, als die Brennweite des Objektivs beträgt, zum Brennpunkte vereinigt werden, so werden die Strahlen durch die zerstreue Eigenschaft des Konvexspiegels gezwungen, nach der Reflexion sich in geringerer Konvergenz und daher längerer Brennweite als

Fig. 15.



vorher im Brennpunkte zu vereinigen. Das so erzeugte Sonnenbild entspricht einer sehr langen Brennweite bei relativ kurzen Dimensionen des Instrumentes. Die schematische Anordnung

Fig. 16, Nr. 25.



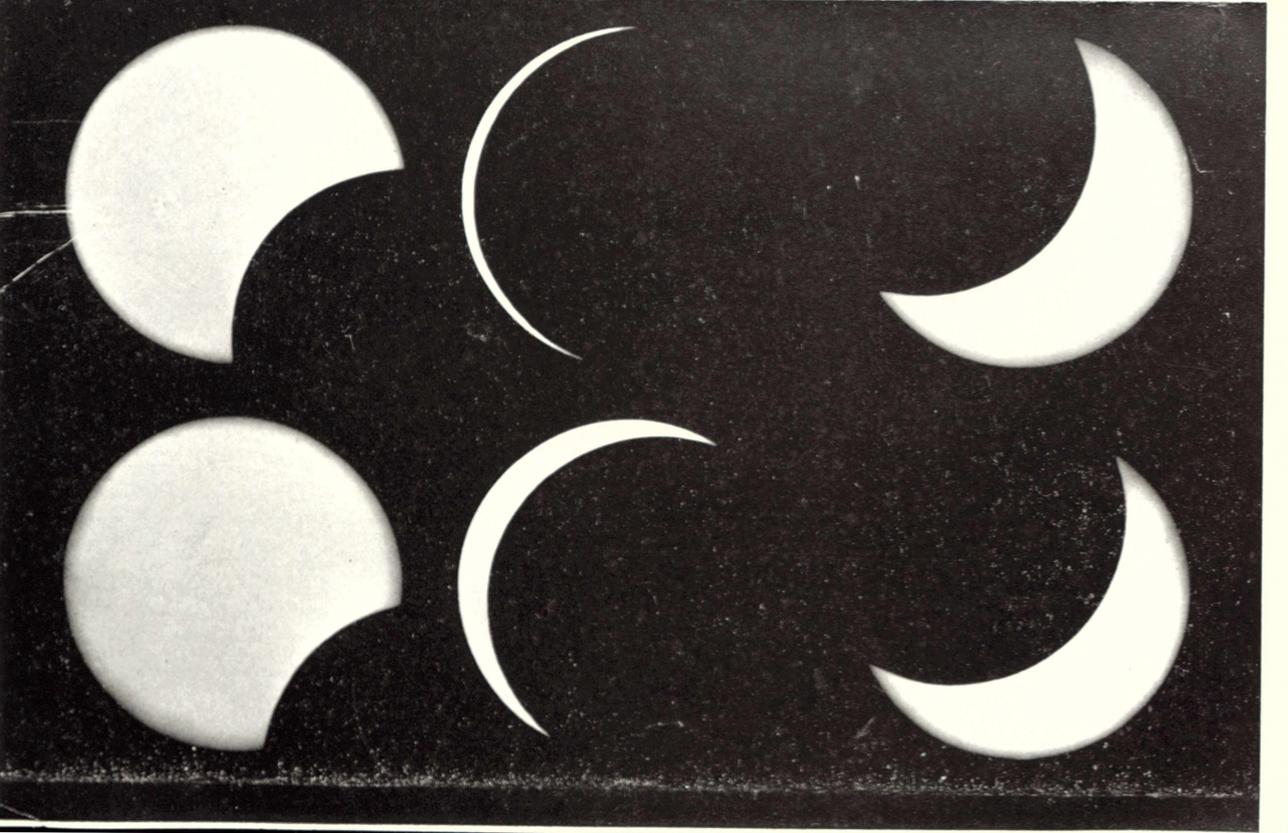
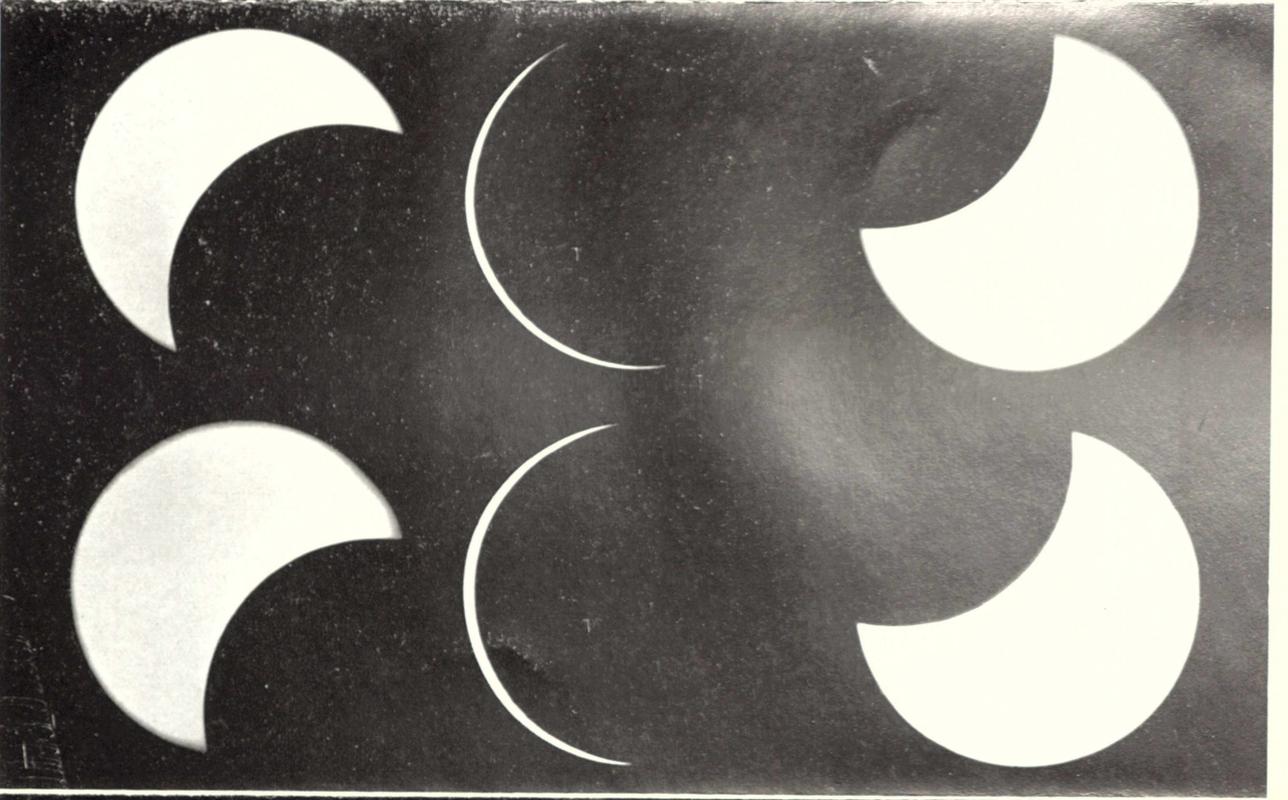
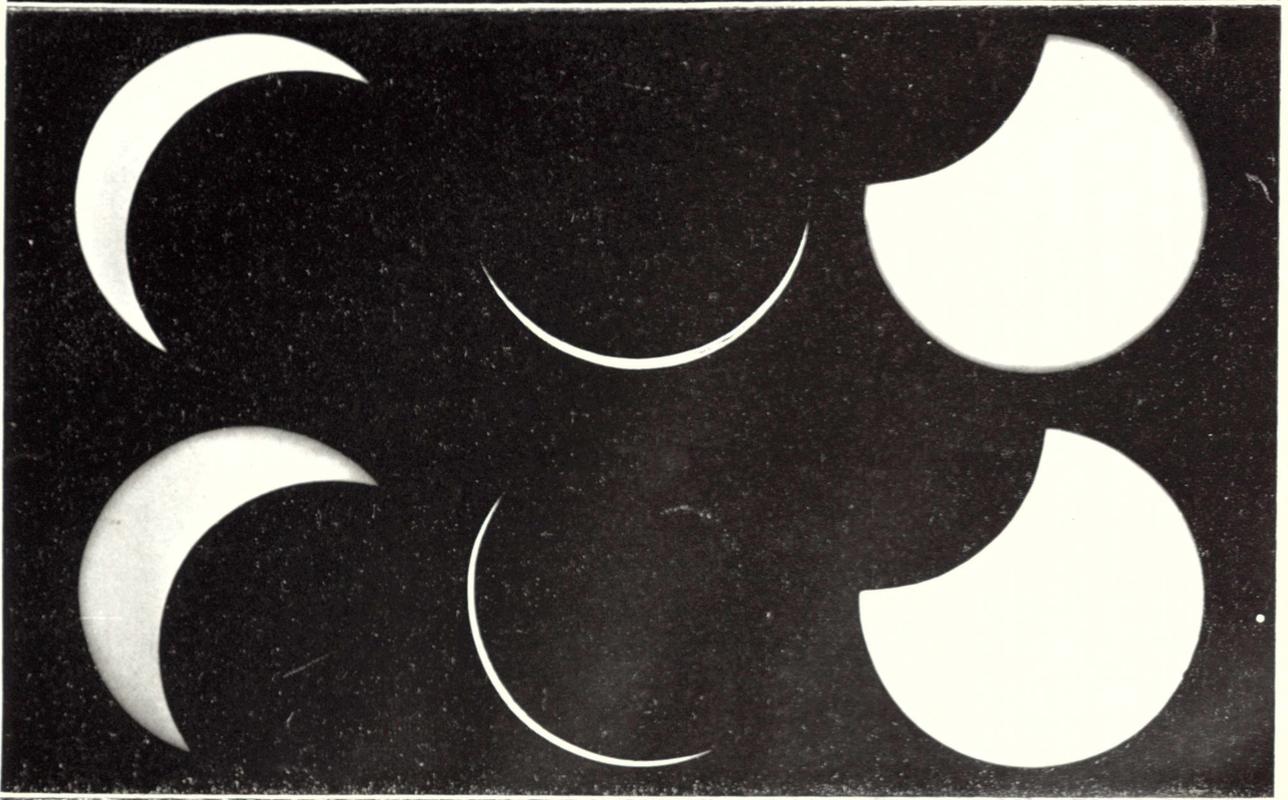
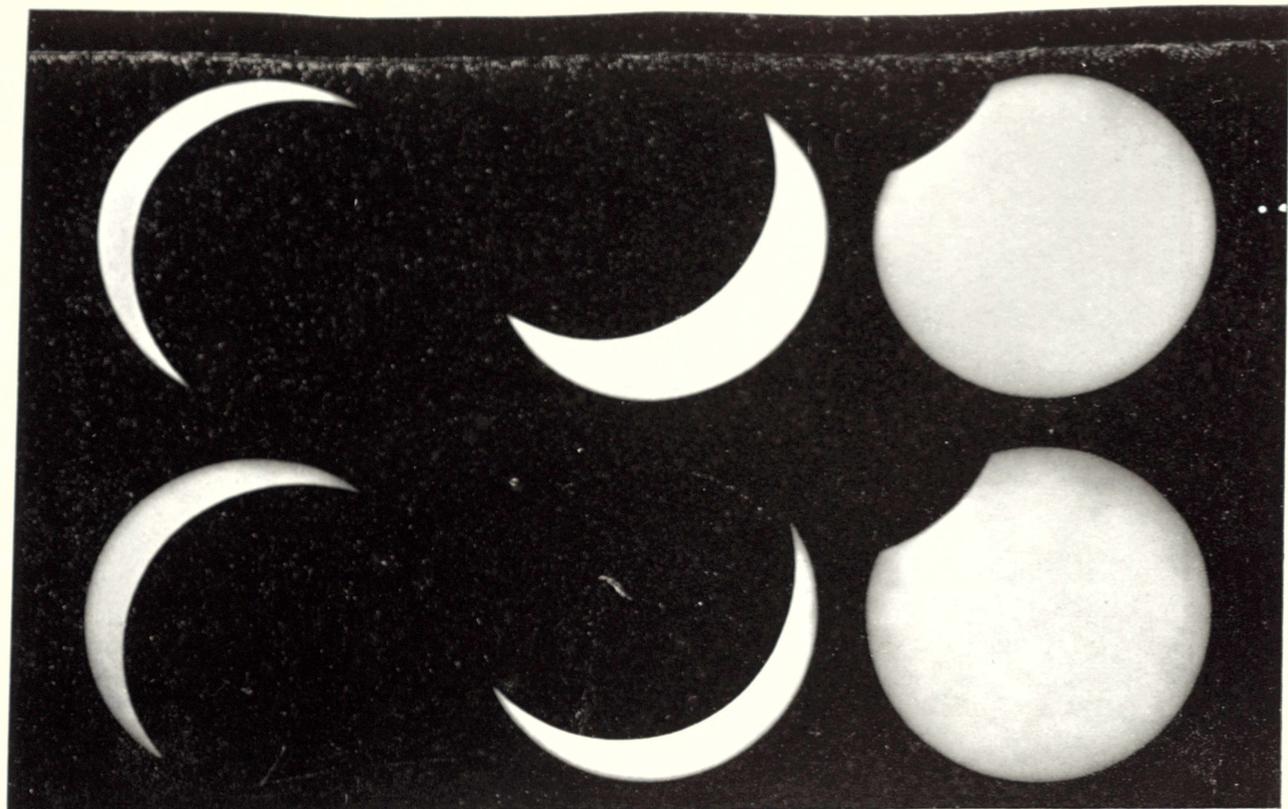
des Instrumentes ist folgende (Fig. 15): *O* sei das Fernrohr-objektiv, *S* der konvexe Spiegel, *P* die photographische Platte in der Kassette *K*. Ein Ersatz für die Gelscheibe wurde durch Vergolden der Silberschicht des Spiegels geschaffen. Bei genügender Stärke der Silberschicht und einiger Vorsicht gelingt das Vergolden recht gut.

Die in den Fig. 16 (1 bis 25) wiedergegebenen Sonnen-  
aufnahmen sind gemacht worden mit einem Objektiv von 80 cm  
Brennweite, welches ein direktes Sonnenbild von ungefähr  
8 mm gibt; durch den Spiegel ist das Bild der Sonne auf  
46 mm vergrößert, also bald sechsmal größer geworden. Die  
Lichtstärke der Sonne gestattet eine beträchtliche Steigerung  
der Vergrößerung des direkten Sonnenbildes, nur die ungünstige  
Beschaffenheit der Luft und die optischen Mängel des Objektivs  
und des Spiegels setzen hier eine Grenze. Ferner erlaubt die  
vorhandene Lichtstärke die Verwendung einer sehr unempfind-  
lichen Trockenplatte, und zwar mit großem Vorteile einer  
Diapositivplatte, welche sich bekanntlich durch ihre Klarheit  
und ihr besonders feines Korn auszeichnet. Durch die Spiege-  
lung wird bei dem vom Objektiv erzeugten astronomischen  
Bilde links und rechts vertauscht. Die in den Fig. 16 in  
 $\frac{2}{3}$  Originalgröße wiedergegebenen Aufnahmen sind daher  
Spiegelbilder und müssen im Spiegel betrachtet werden, wenn  
sie terrestrisch erscheinen sollen.

Zum Schluß danke ich meinen Mitarbeitern bestens für  
die freundliche Hilfe, die sie mir haben zuteil werden lassen.  
Der Firma Günther und Tegetmeyer für die Überlassung von  
Apparaten, Herrn Tegetmeyer für die Aufnahme der Sonnen-  
bilder und der Beschreibung der dazu verwandten Apparatur,  
Herrn Dr. Ambronn und Herrn cand. Lübke für ihre Bei-  
hilfe beim Ablesen der Instrumente.

Braunschweig, im September 1912.

---



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahresbericht des Vereins für Naturwissenschaft zu Braunschweig](#)

Jahr/Year: 1909-1912

Band/Volume: [17\\_1909-1912](#)

Autor(en)/Author(s): Bergwitz Karl

Artikel/Article: [Luftelektrische und photometrische Beobachtungen nebst photographischen Aufnahmen der Sonne 37-56](#)

