

KNUT ÅNGSTRÖM

Über die Anwendung der elektrischen Kompensationsmethode zur Bestimmung der Nächtlichen Ausstrahlung

Upsala
1905

EOD – Millions of books just a mouse click away! In more than 10 European countries!



Thank you for choosing EOD!

European libraries are hosting millions of books from the 15th to the 20th century. All these books have now become available as eBooks – just a mouse click away. Search the online catalogue of a library from the eBooks on Demand (EOD) network and order the book as an eBook from all over the world – 24 hours a day, 7 days a week. The book will be digitised and made accessible to you as an eBook.

Enjoy your EOD eBook!

- Get the look and feel of the original book!
- Use your standard software to read the eBook on-screen, zoom in to the image or just simply navigate through the book
- *Search & Find:* Use the full-text search of individual terms
- *Copy & Paste Text and Images:* Copy images and parts of the text to other applications (e.g. word processor)

Terms and Conditions

With the usage of the EOD service, you accept the Terms and Conditions provided by the library owning the book. EOD provides access to digitized documents strictly for personal, non-commercial purposes. For any other purpose, please contact the library.

- Terms and Conditions in English: <http://books2ebooks.eu/odm/html/utl/en/agb.html>
- Terms and Conditions in Estonian: <http://books2ebooks.eu/odm/html/utl/et/agb.html>

More eBooks

Already a dozen libraries in more than 10 European countries offer this service.

More information is available at <http://books2ebooks.eu>

NOVA ACTA REGIÆ SOCIETATIS SCIENTIARUM UPSALIENSIS.

SER. IV. VOL. I. N. 2.

ÜBER DIE ANWENDUNG
DER
ELEKTRISCHEN KOMPENSATIONSMETHODE
ZUR
BESTIMMUNG DER NÄCHTLICHEN AUSSTRAHLUNG

VON

KNUT ÅNGSTRÖM



(MITGETEILT DER KÖNIGL. GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN ZU UPSALA AM 7 APRIL 1905)

UPSALA 1905

DRUCK DER AKADEMISCHEN BUCHDRUCKEREI,
EDV. BERLING.

Für die Beurteilung der Wärmeökonomie unserer Erde ist die Kenntnis von der Insolation und der Ausstrahlung von fundamentaler Bedeutung. Während wir aber gegenwärtig zuverlässige Instrumente für Untersuchungen über die Stärke der Sonnenstrahlung und eine ziemlich grosse Anzahl genau ausgeführter Observationsreihen bezüglich der Änderungen der Insolation unter verschiedenen Verhältnissen besitzen, fehlt es uns leider noch an einem bequemen und zuverlässigen Instrument zur Bestimmung der Ausstrahlung der Erde. Die Untersuchungen, die die Bestimmung der genannten Grösse in absolutem Mass zum Zweck gehabt, sind mehr zufälliger Art gewesen, mit verschiedenartigen experimentellen Anordnungen ausgeführt worden und in den meisten Fällen im Bereich des Versuchsstadiums geblieben. Von den bedeutenderen unter ihnen seien jedoch besonders erwähnt die Untersuchungen FRÖLICH'S¹, diejenigen MAURER'S in Zürich², PERNTER'S auf Sonnenblick³ und vor allem die grosse Arbeit HOMÉN'S⁴: »Der tägliche Wärmeumsatz im Boden und die Wärmestrahlung zwischen Himmel und Erde«, eine Arbeit, die auf diesem Gebiete in mehreren Hinsichten eine grundlegende Bedeutung besitzt. Endlich sind in letzter Zeit von Dr. FELIX EXNER einige Ausstrahlungsbestimmungen auf Sonnenblick ausgeführt worden⁵.

Die Schwierigkeiten bei den fraglichen Bestimmungen sind von ähnlicher Art wie die bei der Bestimmung der Insolation: Elimination des Wärmeverlustes des Messinstrumentes durch Leitung und Konvektion und Vermeidung der Fehlerquellen, die durch die Anwendung eines

¹ FRÖLICH, Petersb. met. Rep. 1876.

² MAURER, Sitz. Ber. d. Berliner Akad. p. 925. 1887.

³ PERNTER, Sitz. Ber. d. Wiener Akad. p. 1562. 1888.

⁴ HOMÉN, Dissertat. Helsingfors 1897.

⁵ F. EXNER, Meteorol. Zeitschrift 9, p. 409. 1903.

Schirmes, um die Strahlung dadurch auszuschliessen, bewirkt werden können. Es lässt sich aber nicht leugnen, dass diese Schwierigkeiten weit grösser sind, wenn es sich um die Bestimmung der Ausstrahlung, als wenn es sich um die der Insolation handelt. Im letzteren Falle ist es die Stärke von parallelen Strahlen grosser Intensität, die bestimmt werden soll, und der Schirm kann unter diesen Verhältnissen relativ weit von der wärmeabsorbierenden Fläche placiert werden, wobei seine schädliche Einwirkung gering oder gleich Null wird; im ersteren Falle dagegen breitet sich die Strahlung nach allen Richtungen von der Oberfläche des Messinstruments aus, und der Schirm, der diese Strahlung nach der Himmelsfläche zu absperren soll, muss offenbar entweder sehr gross sein oder auch der strahlenden Fläche sehr nahe stehn. In jedem Fall ist dabei der Einfluss von Konvektionsströmen in der Luft ein anderer je nach der Lage des Schirms. Bei sämtlichen Methoden, die zur Bestimmung der Stärke der Ausstrahlung benutzt worden, ist indessen ein solcher Schirm zur Anwendung gekommen. Im übrigen haben die beiden letzten Forscher auf diesem Gebiet, HOMÉN und EXNER, für ihre Untersuchungen die von mir angegebenen Methoden zur Bestimmung der Insolation modifiziert, indem HOMÉN bei der Konstruktion seines Ausstrahlungsapparats diesen auf das Differentialpyrheliometerprinzip gegründet, EXNER wieder bei seinen Untersuchungen den elektrischen Kompensationspyrheliometer mit zweckmässiger Änderung der Beschaffenheit des Schirmes angewendet hat.

2. Seit mehreren Jahren habe ich Versuche zur Messung der nächtlichen Ausstrahlung geplant, jedoch erst in der letzten Zeit Gelegenheit gefunden, diese Pläne ins Werk zu setzen. Vielleicht wäre indessen diese meine Absicht auch jetzt noch nicht zur Ausführung gekommen, wenn ich nicht in meines verehrten Kollegen Prof. PERNTERS lebhaftem Interesse für diese Arbeit einen mir lieben Ansporn gehabt hätte.

Die Aufgabe, die ich mir gestellt, war die zu versuchen, die totale nächtliche Ausstrahlung ohne *direkte* Anwendung eines Schirmes beim Anstellen der Observationen zu messen. Es scheint mir, dass dieses Problem in befriedigender Weise durch eine einfache Modifikation des elektrischen Kompensationspyrheliometers zu lösen sein dürfte.

Man denke sich zwei schmale Metallstreifen neben einander in einem horizontalen Rahmen ausgespannt. Die Streifen sollen physikalisch genommen gleich sein, bis auf den Umstand, dass der eine auf seiner oberen Seite geschwärzt, der andere blank ist. Auf der unteren

Seite dieser Streifen, in elektrischer Hinsicht von ihnen isoliert, befinden sich zwei Thermoelemente in Verbindung mit einem empfindlichen Galvanometer. Strahlen nun diese Streifen gegen die Himmelsfläche, so wird, falls die Ausstrahlung stärker ist als die Insolation, der schwarze Streifen sich mehr abkühlen als der blanke und das Temperaturgleichgewicht gestört werden. Wird aber ein elektrischer Strom durch den geschwärzten Streifen geschickt, so kann das Temperaturgleichgewicht durch geeignete Wahl der Stromstärke wiederhergestellt werden; hierbei wird der Wärmeverlust bei den beiden gleichen und gleich stark erwärmten Streifen durch Konvektion und Leitung derselbe und die Stärke der Ausstrahlung muss berechnet werden können, sofern man nämlich ausser der Grösse der Stromstärke auch den Widerstand der Streifen und eine gewisse für jedes Instrument bestimmbare Konstante kennt.

Der Gedanke, für Strahlungsbestimmungen eine blanke und eine geschwärzte Fläche anzuwenden, ist bekanntlich keineswegs neu, obwohl die Methoden, die auf dieser Grundlage ausgearbeitet worden, schon seit lange verworfen sind, da die Abkühlung verschieden auf die beiden verschieden erwärmten Körper wirkt. VIOLLE hat jedoch gezeigt, wie bei einer rationellen Observationsmethode ein derartiger Apparat zur Bestimmung der Insolation verwendet werden kann¹. Von allen diesen Methoden unterscheidet sich jedoch die oben beschriebene dadurch, dass der Einfluss der Konvektion verschwindet, weil eben die schwarze und die blanke ausstrahlende Fläche praktisch genommen dieselbe Temperatur haben.

Das Ausstrahlungsinstrument ist in enger Übereinstimmung mit dem elektrischen Kompensationspyrheliometer ausgeführt worden. Bei diesem letztgenannten Instrument habe ich jedoch während der letzten Jahre für die Herstellung der wärmeabsorbierenden Streifen dünnes Manganinblech angewendet, wogegen ich für das Ausstrahlungsinstrument zum Platinblech zurückgekehrt bin. Es ist nämlich von Wichtigkeit, dass diese Streifen, der schwarze wie der blanke, so unveränderlich und so gut definierbar wie möglich sind. Die Ungelegenheiten, die die Anwendung von Platin mit sich führt, sind übrigens in diesem Falle unbedeutend, da hier die Temperatur der strahlenden Streifen mit hinreichender Genauigkeit mittelst eines geeignet placierten Quecksilberthermometers bestimmt und hierdurch die Korrektion für die Änderung

¹ VIOLLE, Ann. de Ch. et de Ph., Sér. 5, 17, 1879.

des elektrischen Leitungswiderstandes im Platin leicht berechnet werden kann.

Da die Abkühlung für den schwarzen und den blanken Streifen wegen der Konvektionsströme u. s. w. möglichst gleich sein muss, sobald die Temperatur dieselbe ist, so folgt daraus, dass die beiden Streifen so nahe wie möglich einander placiert werden müssen.

Um den Einfluss von Luftströmen noch weiter zu vermindern, habe ich nicht zwei, sondern vier Streifen angewendet, abwechselnd blanke und schwarze und nur ca. 1 mm von einander entfernt.

Diese vier Streifen sind in einem Rahmen befestigt, wie Fig. 1 es schematisch darstellt. Die beiden Streifensysteme sind natürlich von einander isoliert. Auf der Rückseite der Streifen ist das thermoelektrische System angebracht, indem die Zuleitungsdrähte und die Verbindung zwischen *B* und *C* von Kupfer, die Verbindungen zwischen *A* und *B* und *C* und *D* dagegen von Konstantan sind. Fig. 2 zeigt einen Querschnitt durch den Apparat. Die obere Seite des Rahmens, abgesehen von der Öffnung, über der die Streifen befestigt sind, ist mit einer dünnen, stark polierten Nickelplatte bedeckt, ebenso die untere Seite der genannten Öffnung. Die Streifen sind so über einen kleinen vier-eckigen Kasten von ca. 3 mm Tiefe und 20 mm Seitenlänge befestigt. Durch die Kleinheit des Raums unterhalb der Streifen wird auch die Stärke der Konvektionsströme vermindert. Die kupfernen Klemmschrauben *F* und *E* gehören zum Thermoelement, zu den Streifen gehören vier Klemmschrauben, wovon in Fig. nur zwei, *A* und *B*, sichtbar sind. Der Rahmen und das Ebonitstück mit den Klemmschrauben stecken in einem zylindrischen, stark vernickelten Röhrenstück, das mit Schutzdeckel und einer Durchbohrung für ein Thermometer *T* versehen ist.

Man nehme zunächst an, dass der Apparat als eine gewöhnliche Thermosäule angewandt wird, indem eine gewisse Strahlung von der Stärke *Q* zuerst auf die schwarze Fläche fällt, wobei die blanke beschattet wird, dann auf die blanke, wobei die schwarze beschattet wird. Hierbei erhält man an einem mit dem Thermoelement verbundenen Galvanometer die Ausschläge α resp. β . Diese Ausschläge sind dem Wärmestrom proportional, der die Lötstellen des Thermoelements trifft, welcher Strom wieder $= k \Delta t$ gesetzt werden kann, wo *k* eine gewisse von der Wärmeleitung durch die Streifen abhängige Konstante und Δt der Temperaturunterschied zwischen der vorderen und hinteren Fläche der Streifen ist. Dieser Wärmestrom ist aber offenbar gleich dem

Unterschied zwischen dem Wärmeaustausch des Streifens durch Strahlung $y Q s$ (y = Breite der Streifen, s = ihrem Absorptionsvermögen gegenüber der fraglichen Strahlung) und seinem Wärmeaustausch durch Konvektion, der $= C y Q s$ gesetzt werden kann, wo C ein jeweilig zu bestimmender Faktor ist, der von einem Versuch zum andern variieren kann. Man erhält so für den schwarzen Streifen:

$$\alpha = k \Delta t_1 = k_1 (y Q s - C y Q s)$$

und für den blanken $\beta = k \Delta t_2 = k_2 (y Q b - C y Q b)$,

woraus

$$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{k_1 y Q s (1 - C)}{k_2 y Q b (1 - C)} = \frac{k_1 s}{k_2 b}$$

k_1 und k_2 , die von der Wärmeleitung von der vorderen zur hinteren Fläche der Streifen abhängen, sind Konstanten, ebenso das Absorptionsvermögen s der schwarzen Fläche, wogegen b bloss so lange konstant ist, als die Strahlung gleichartig ist, oder so lange die Strahlung bloss Wellenlängen umfasst, für welche das Strahlungsvermögen dasselbe ist. Bei den langen Wellenlängen, um die es sich hier handelt, ist dies jedoch der Fall, weshalb wir also, unter der Voraussetzung, dass das Instrument bloss zur Messung von aus solchen Wellenlängen bestehender Strahlung verwendet wird, setzen können:

$$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{k_1 s}{k_2 b} = \text{konstant.}$$

Nehmen wir nun an, dass das Instrument der nächtlichen Ausstrahlung ausgesetzt wird, und dass wir durch einen elektrischen Strom, der durch den am stärksten abgekühlten Streifen hindurchgeschickt wird, dessen Wärmeverlust kompensieren. Wir erhalten da faktisch dieselben Ausschläge mit entgegengesetztem Vorzeichen für die beiden Streifen, d. h. also, in Übereinstimmung mit dem Obigen, für den schwarzen Streifen:

$$\gamma = \{y Q s + W - C_1 (y Q s + W)\} k_1,$$

wo W = der von dem Strome erzeugten Wärme, und für den blanken Streifen:

$$\gamma = \{y Q b - C_2 y Q b\} k_2,$$

woraus

$$(y Q s + W) (1 - C_1) k_1 = y Q b (1 - C_2) k_2,$$

und da C_1 und C_2 hier in jedem Augenblick gleich sind, so erhält man:

$$(yQs + W) k_1 = yQbk_2,$$

woraus:

$$yQ = -\frac{Wk_1}{sk_1 - bk_2} = -\frac{W}{s\left(1 - \frac{bk_2}{sk_1}\right)}$$

und damit:

$$Q = -\frac{W}{sy\left(1 - \frac{\beta}{\alpha}\right)}$$

Da nun hier

$$W = m_0 (1 + \alpha t) i^2,$$

wo m der elektr. Leitungswiderstand, α der Temperaturkoeffizient des Widerstandes, t die Temperatur und i die Stärke des Kompensationsstromes, so erhält man:

$$Q = \text{Konst.} \times i^2 (1 + \alpha t).$$

Hat man also durch Versuche das Verhältnis β/α und ferner die Breite der Streifen y und den Widerstand m bestimmt, so muss die Konstante sich berechnen und die nächtliche Ausstrahlung durch Ablesen der Stärke des Kompensationsstroms sich bestimmen lassen.

Diese Methode, die Ausstrahlung zu bestimmen, ruht offenbar auf zwei Voraussetzungen, nämlich:

erstens, dass das Verhältnis β/α unabhängig von der Beschaffenheit der Strahlung ist, was mit Gewissheit als vorliegend erachtet werden kann, da es sich nur um Strahlung von sehr grosser Wellenlänge handelt; zweitens, dass die Konvektion für eine blanke und eine schwarze Fläche von sonst gleicher Beschaffenheit als gleich angenommen werden kann. Auch diese Bedingung ist nach DULONG und PETITS Untersuchungen¹ erfüllt, und wie ich unten zeigen werde, wird diese Annahme ferner durch eine einfache Beobachtung beim Gebrauch des Instruments bestätigt.

Indessen zeigt es sich mit sehr grossen Schwierigkeiten verbunden, die Quantität β/α exakt zu bestimmen. Es handelt sich ja eigentlich nicht darum, dieses Verhältnis für normal einfallende Strahlung zu bestimmen, sondern für eine Strahlung, die von allen Seiten einfällt.

¹ DULONG et PETIT. Ann. de Ch. et de Phys. 2e Ser., 7, p. 225 und 337, 1817.

Auch hat es sich gezeigt, dass dieses Verhältnis ohne Zweifel eine Funktion von der Breite der Streifen ist, möglicherweise beruhend auf einem Einfluss der Kanten der Streifen. Ich habe nämlich 5 Apparate mit 3 verschiedenen Breiten der verwendeten Streifen, nämlich 1,50, 2,60 und 3,75 mm, ausgeführt. Sucht man nun mit einem gemeinsamen Wert von β/α die Ausstrahlung auf Grund von Bestimmungen, die mit diesen Instrumenten ausgeführt worden, zu berechnen, so findet man zwar dieselben Werte für Instrumente mit derselben Streifenbreite und ferner stets einander proportionale Werte für Instrumente mit verschiedener Streifenbreite, aber es zeigt sich, dass die absoluten Werte der Ausstrahlung niedriger werden, je schmaler die Streifen sind. Auf Grund hiervon können wir noch immer setzen:

$$Q = \text{Konst. } i^2 (1 + \alpha t),$$

aber wegen der Schwierigkeiten, die der Bestimmung der darin enthaltenen Konstanten entgegenstehen, habe ich diese nach folgender Methode zu bestimmen gesucht.

A, Fig. 3, ist ein Zylinder von Eisenblech mit einem aus dünnem Kupferblech gefertigten Boden von halbsphärischer Form. Im Zentrum dieser Halbkugel wird das Ausstrahlungsinstrument P placiert, dessen Konstante bestimmt werden soll. Die dem Ausstrahlungsinstrument zugewandte Seite der Halbkugel ist sorgfältig geschwärzt worden, erst durch Ausfällen von Kupferoxyd, dann durch Berussen. Durch das Rohr B , das mit der städtischen Wasserleitung in Verbindung steht, strömt ein kräftiger Wasserstrahl aus, der sich über die Oberfläche der Halbkugel verbreitet und dessen Temperatur, durch ein in den Wasserstrom eingeführtes Thermometer, genau bestimmt werden kann. Die Temperatur, die auf diese Weise die ausstrahlende sphärische Oberfläche erhält, unterscheidet sich nicht wesentlich von der Temperatur des Wasserstrahls. Ist nun i der Kompensationsstrom, der nötig ist, um das Temperaturgleichgewicht zwischen den Streifen im Ausstrahlungsapparat wiederherzustellen, und t und θ die Temperaturen des Ausstrahlungsapparats und der halbsphärischen Fläche, so ist die Ausstrahlung:

$$Q = \text{Konst. } i^2 (1 + \alpha t) = \sigma (t^4 - \theta^4),$$

und kennen wir hier σ , so kann natürlich k berechnet werden.

Die Werte, die mit Hülfe der so gefundenen Konstanten mit verschiedenen Instrumenten für die nächtliche Ausstrahlung bei einer

bestimmten Gelegenheit erhalten werden, stimmen alle gut mit einander überein. Ihre Zuverlässigkeit als absolute Werte hängt jedoch natürlich von der Zuverlässigkeit der Bestimmung von σ , d. h. der Strahlungskonstanten für einen schwarzen Körper ab. Vorläufig habe ich hierbei für diese Konstante den Wert benutzt, der mir am zuverlässigsten erschien, nämlich den von KURLBAUM¹ gefundenen:

$$\sigma = 7,68 \times 10^{-11}, \text{ (Grammkalorien pro qcm und Minute).}$$

Die Anordnung zur Anwendung des Instruments ist aus Fig. 4 und 5 ersichtlich, wovon die erstere die Schaltung der verschiedenen Teile des Instrumentes angiebt, die letztere die Anordnung zeigt, wenn das Instrument im Freien angewendet wird und die Observationen mit den zum Kompensationspyrheliometer gehörigen Hilfsapparaten ausgeführt werden. E ist ein galvanisches Element, R ein Schleifrheostat, A ein Präzisionsampèremeter, all dieses in die Leitung zu den ausstrahlenden Metallstreifen geschaltet. G ist ein empfindliches Galvanoskop oder Galvanometer in Verbindung mit den Leitungsdrähten zu den Thermoelementen. Alle die Hilfsapparate, die bei dem elektrischen Kompensationspyrheliometer ihre Anwendung finden, Galvanometer, Rheostat u. s. w., können also, wie leicht ersichtlich, unmittelbar und ohne jede Abänderung auch bei dem Instrument zur Bestimmung der Ausstrahlung angewendet werden.

Von grösster Wichtigkeit ist, dass bei der Anstellung der Observationen die Verbindungen zwischen den Thermoelementen einerseits und dem Galvanometer andererseits frei von fremden thermoelektromotorischen Kräften sind. Diese Verbindungen müssen also ausschliesslich aus Kupferleitungen bestehen, und der Stöpselkontakt S , der sich in der Leitung zu den Thermoelementen findet, muss auch von Kupfer sein.

Wenn das Instrument angewendet werden soll, wird es an einer Stelle mit möglichst freiem Horizont, die Rohrachse in vertikaler Stellung, placiert. Nachdem die Temperaturverhältnisse innerhalb des Instruments stationär geworden, was daran gemerkt wird, dass der zu den Thermoelementen gehörige Galvanometer bei Schluss der Leitung keinen Ausschlag giebt, wird der Deckel vom Instrument abgenommen, der Kompensationsstrom geschlossen und variiert, bis Temperaturgleichheit zwischen den Streifen wiederhergestellt ist, worauf die Stromstärke abgelesen wird und die Bestimmung fertig ist.

¹ KURLBAUM, Wied. Ann. 65, S. 746, 1898.

Als Beispiel für die Anwendung des Instruments seien hier einige Bestimmungen der nächtlichen Ausstrahlung angeführt, die an verschiedenen Orten während des Jahres 1904 ausgeführt worden sind. Da sie hauptsächlich den Zweck hatten, die Eigenschaften des Instruments zu studieren, wurde ein strenger Plan beim Anstellen der Observationen nicht durchgeführt — wozu Verf. im übrigen weder Zeit noch Gelegenheit gehabt hat.

Tabelle.

Apparat N:o 1, Breite der Streifen 1,5 mm, Konstante = 35,0 (bei 15°).

Ort	Zeit	Komp.- Strom Amp.	Q		Bemerkungen
			gr. Kal	min. Cm^2	
Upsala ¹	22. 5. 8 ^h 40 ^m Nm.	0,0650	0,148		} Ganz klar; Temperatur: + 1° ₁ .
»	» » 50 ^m »	0,0645	0,146		
»	» » 9 ^h 0 ^m »	0,0650	0,148		
»	» » 10 ^m »	0,0657	0,151		
»	» » 40 ^m »	0,0660	0,152		
»	23. 5. 8 ^h 30 ^m »	0,0465	0,076		} Dünner Wolkenschleier; Temp. + 2° ₅
»	» » 40 ^m »	0,0480	0,081		
»	24. 5. 8 ^h 40 ^m »	0,0538	0,101		} Dünner Wolkenschleier, schnell klar werdend.
»	» » 50 ^m »	0,0682	0,161		
»	» » 9 ^h 0 ^m »	0,0690	0,166		} Starke Unruhe beim Galvanometer; Temp. + 6° ₈ .
»	» » 10 ^m »	0,0688	0,164		
»	25. 5. 8 ^h 50 ^m »	0,0670	0,157		} Ganz klar.
»	» » 9 ^h 0 ^m »	0,0660	0,152		
»	» » 10 ^m »	0,0668	0,156		
»	» » 20 ^m »	0,0660	0,152		
»	28. 5. 9 ^h 38 ^m »	0,0650	0,148		} Äusserst schnell sich bewölkend.
»	» » 40 ^m »	0,0580	0,118		
»	3. 6. 9 ^h 31 ^m »	0,0615	0,132		} Klar, aber etwas dunstig. Wolkenbank im Norden am Horizont, sonst klar.
»	4. 6. 10 ^h 0 ^m »	0,0650	0,148		
Holmenkollen ²	30. 6. 9 ^h 25 ^m »	0,0670	0,157		Temp. 17°. Feucht.
»	7. 7. 9 ^h 26 ^m »	0,0639	0,143		Temp. 18°. Feucht. Starke Luftperspektive.
Upsala ¹	30. 8. 7 ^h 55 ^m »	0,0661	0,153		Temp. 20°. Ganz klar, schwacher Dunst.
»	16. 9. 8 ^h 40 ^m »	0,0645	0,146		
»	9.10. 5 ^h 25 ^m »	0,0700	0,171		Temp. 6° ₀ . Ganz klar.
»	2.11. 4 ^h 30 ^m »	0,0700	0,171		Temp. + 2° ₀ .
»	7.11. 4 ^h 40 ^m »	0,071	0,176		

¹ Turm des physikalischen Instituts.

² Bei Christiania. Die Observationen wurden von einem Aussichtsturm, dem sog. Holmenkollturm, c. 385 m über dem Meere gelegen, ausgeführt.

Die Erfahrungen, die für das Instrument durch diese Observationen bisher gewonnen, haben gezeigt, dass dasselbe äusserst leicht zu handhaben ist, dass eine vollständige Bestimmung der Ausstrahlung, abgesehen von der Zeit, die für die Aufstellung des Instruments gebraucht wird, in wenigen Minuten ausgeführt werden kann, und dass es, was auch aus der Tabelle hervorgeht, schnell und getreu dem Wechsel der Durchlässigkeit der Atmosphäre folgt. Durch diese Observationen wird auch die Grundannahme bestätigt, auf der die Konstruktion des Instrumentes ruht, dass nämlich die Abkühlung der blanken und der schwarzen Fläche durch Konvektion und Leitung gleich ist sobald die Temperatur bei den beiden Streifen gleich ist. Denn es hat sich gezeigt, dass wenn die beiden Streifen exponiert werden, ohne dass der Kompensationsstrom geschlossen wird, die Temperatur der Streifen also verschieden ist, jeder Windstoss eine Änderung des Temperaturunterschiedes der Streifen bewirkt, wie sie in den unruhigen Schwingungen des Galvanometers sich deutlich kundgiebt. Sobald aber die Temperaturgleichheit zwischen den Streifen durch den Kompensationsstrom hergestellt ist, behält der Galvanometer beinahe unverändert seine Gleichgewichtslage trotz der heftigsten Windstösse bei.



Fig. 1.

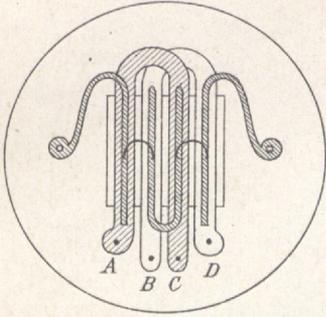


Fig. 2.

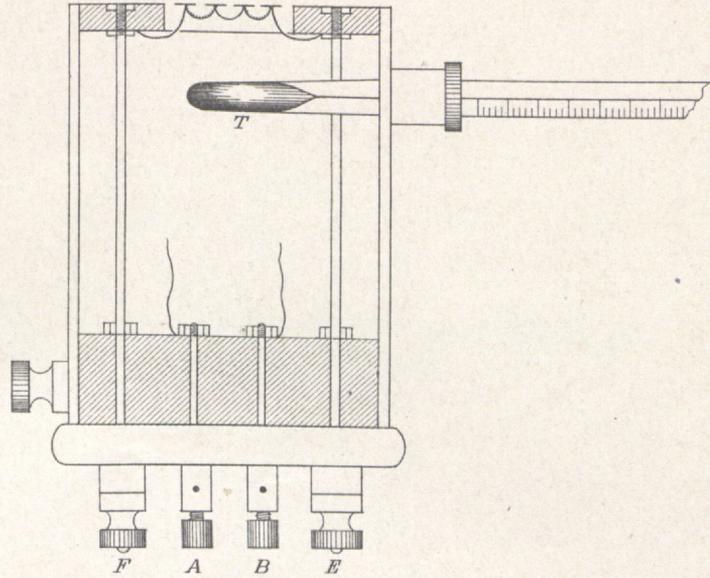


Fig. 5.

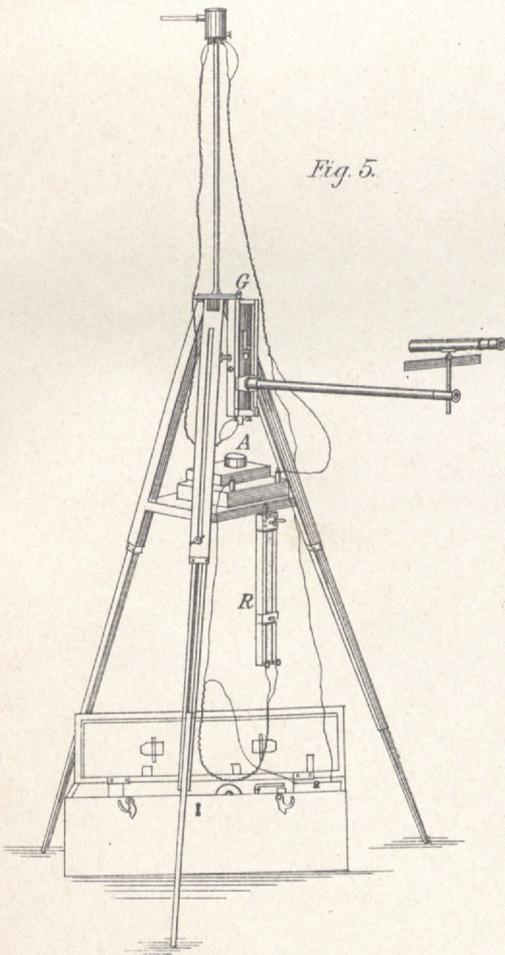


Fig. 4.

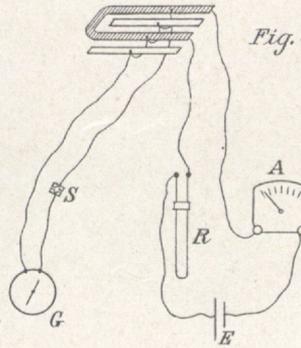
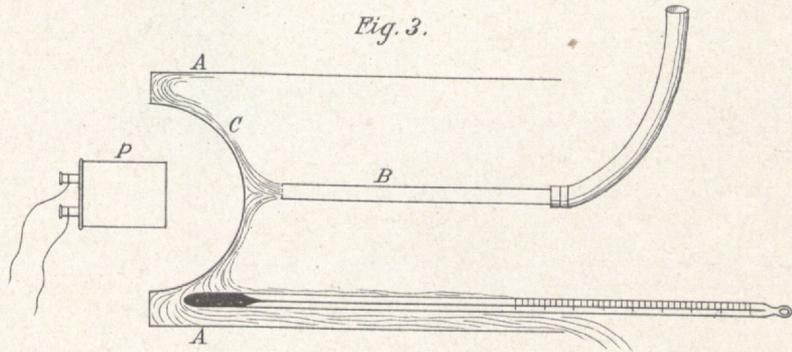


Fig. 3.



www.books2ebooks.eu