8. *Die Verwendung sehr feindrahtiger Thermo-
elemente in der Meteorologie;*
von Paul Czermak.

Eine grosse Schwierigkeit bei Messung der Lufttemperatur und bei actinometrischen Messungen mit Quecksilberthermometern bietet stets der Umstand, dass ein solches Instrument eine erheblich lange Zeit braucht bis es die Temperatur der Umgebung angenommen hat. Die wirklich momentan herrschende Lufttemperatur ist man daher eigentlich gar nicht im Stande direct abzulesen. Bei klarem Himmel ist insbesondere in den Vormittagsstunden der Temperaturanstieg ein so rascher, dass ein Quecksilberthermometer demselben nicht folgen kann; viel weniger noch kann es den raschen Aenderungen folgen, welche bei Föhnwetter oder in schlecht gemischten Luftschichten von verschiedener Temperatur auftreten. Bei den Actinometern ist es nun gar ein Uebelstand, der auch zwang von Beobachtungen mit Quecksilberthermometern abzugehen, wenn man längere Zeit das Thermometer der Strahlung aussetzen muss.

In neuerer Zeit wurde auch versucht Thermometergefässe aus Platin herzustellen und in dieser Hinsicht sind schon recht günstige Resultate erzielt worden.

Ich habe nun versucht, da ich mich schon seit längerer Zeit¹⁾ mit Versuchen beschäftigte, bei welchen Thermoelemente verwendet werden, die aus sehr dünnen Drähten hergestellt sind, auch diese Methode zur Beobachtung rascher Aenderungen der Lufttemperatur und zu actinometrischen Messungen zu verwenden.

Thermoelemente aus Drähten von 0,1 mm Dicke und 2—3 cm Länge nehmen die Temperatur der Umgebung un-

1) P. Czermak, Ueber oscillatorische Entladungen. Wien. Akad. 1892; Ueber die Temperaturvertheilung längs eines Drahtes etc. Wien. Akad. 1894.

gemein rasch an. Berusst man die Löthstelle oder überzieht man dieselbe mit einer dünnen Schicht von Kienruss mit Schellacklösung, so nehmen sie auch eine Strahlung sehr gut und rasch auf. Diese Methode hat der bolometrischen gegenüber manchen Vortheil. Die Empfindlichkeit wird nicht so weit zu treiben sein, doch ist dies für den vorliegenden Zweck gar nicht nöthig, im Gegentheil ist eine geringere Empfindlichkeit geradezu erwünscht. Es wird genügen, die Hundertstel

Fig. 1.

Methode zu prüfen, habe ich mir vorläufig zwei Instrumente selbst verfertigt und Versuche mit denselben angestellt. Aus den erhaltenen Resultaten ist sicher zu schliessen, dass dieselben bei präziser Ausführung sehr gute Dienste leisten können, und dies ist der Grund, warum ich bereits zu einer Publication der Methode geschritten bin, ohne noch exacte Messungsreihen ausgeführt zu haben.

Das erste Instrument ist ein *Thermometer zur Messung rascher Temperaturänderungen*. Dasselbe ist in Fig. 1 abgebildet und besteht aus zwei dicken Kupferröhren K_1 , K_2 , welche an ihrem unteren Ende mit Kupferbolzen ausgefüllt und conisch abgedreht sind. Die oberen Enden derselben sind in

Grade sicher ablesen zu können, und dies ist leicht zu erreichen. Besonders angenehm bei dieser Methode ist es aber, dass jede Compensation wegfällt. Die Nullpunktschwankungen durch Thermoströme in der Leitung können durch einige Vorsicht leicht vermieden oder auf einem constanten Werthe erhalten werden, sodass sie ohne Einfluss sind.

Wichtig ist es aber, ein Galvanometer anzuwenden, welches eine möglichst kleine Schwingungsdauer bei vollständig aperiodischer Dämpfung besitzt, um raschen Aenderungen der Stromstärke unmittelbar folgen zu können.

Um die Brauchbarkeit dieser

ein hartes Holzstück H eingelassen und stehen mit je einer Polklemme $p_1 p_2$ in guter Verbindung. An die zugespitzten Röhrenden sind die feinen Drähte des Thermoelementes angelöthet, sodass l_1 und l_2 die Löthstellen bilden, welche auf gleicher und (während der Beobachtungszeit) constanter Temperatur bleiben sollen. Die Drähte selbst sind im Punkte l' zusammengelöthet, und zwar ist $l_1 l'$ ein Kupfer- und $l_2 l'$ ein Constantandraht.¹⁾ Diese Löthstelle l' ist jene, welche die Temperatur der Umgebung ungemein rasch annimmt.

Die Röhren sind beide mit Wasser gefüllt und in eine derselben ist ein Thermometer T versenkt, welches den langsamen Anstieg der Temperatur in den Löthstellen l_1 und l_2 anzeigt. Wird dieses Instrument ins Freie gebracht, so folgen die dicken mit Wasser gefüllten Kupferröhren dem Verlaufe der Lufttemperatur in ähnlich langsamer Weise, wie ein grösseres Quecksilberthermometer, die freie Löthstelle l' aber folgt allen raschen Temperaturschwankungen, welche bei schlecht gemischten Luftschichten oder raschen dynamischen Erwärmungen auftreten.

Schaltet man daher in die Polklemmen die Leitung eines Galvanometers ein, welches den oben erwähnten Bedingungen genügt, so ist man im Stande gerade jene Schwankungen, welche um den allgemeinen langsamen Temperaturverlauf stattfinden, zu beobachten.

Da mir kein Galvanometer zur Verfügung stand, welches die geforderten Bedingungen besass, so construirte ich ein solches, welches unser Institutsmechaniker in sehr befriedigender Weise ausführte. Das wesentlichste zur Erzielung einer sehr kurzen Schwingungsdauer ist das Gehänge. Ich verwandte dazu ein sehr dünnes Glimmerscheibchen von 10 mm Durchmesser. Auf eine Seite desselben klebte ich ein Stückchen versilbertes Deckglas von ca. 6 qmm Fläche und auf die Rückseite wurden fünf Magnetchen von 3 mm Länge geklebt, die aus einer Unruhfeder hergestellt waren. Dieses

1) Eisenconstantandrahte haben eine noch grössere thermoelectromotorische Kraft, doch stand mir kein so feiner Eisendraht zur Verfügung, und ist Eisen des Rostens wegen auch nicht so günstig als Kupfer.

System hängt an einem sehr langen einfachen Coconfaden und besitzt eine Schwingungsdauer von ca. 0,7 Secunden. Die Galvanometerrollen sind so nahe wie möglich an dieses magnetische System herangeschoben und besitzen eine so enge Oeffnung, dass man durch die vordere Rolle eben noch auf den Spiegel hineinsehen kann. Durch die rückwärtige wird ein Kupferstempel bis knapp an das Glimmerblättchen herangeschoben. Auch von vorne lässt sich ein Röhrchen, welches durch eine Glasplatte innen verschlossen ist, bis an den Spiegel heranschieben. Dadurch ist es möglich die Luftdämpfung so gross zu machen, dass die Bewegung des magnetischen Systemes eine ganz aperiodische ist. Aenderungen der Stromstärke, welche langsamer als ungefähr 1,5 Secunden verlaufen, sind mit diesem Instrumente genau zu verfolgen.

Meine eigentliche Absicht war es mit Hülfe dieses Thermoelementes die oft so grossen, aber ziemlich raschen Temperaturänderungen bei Föhnwetter zu beobachten. Leider war ich bis jetzt nicht in der Lage ein solches zu erwarten und muss die diesbezüglichen Messungen auf den Herbst verschieben.

Eine andere Erscheinung aber konnte ich wenigstens im rohen beobachten und daraus ersehen, wie gross die Temperatursprünge sein können, wenn schlecht gemischte Luftschichten an dem Thermometer vorüberziehen.

Ich beobachtete im Frühjahr bei sehr klarem Himmel und dicker Schneedecke am Boden. Das Instrument war frei im Schatten aufgestellt in ungefähr zwei Meter Höhe über dem Boden.

Die Nadel stand manchmal ganz ruhig, dann traten plötzliche Verschiebungen ein, Stösse und langsamere Aenderungen. Ich beobachtete daher so, dass ich durch 5 Minuten hindurch von 10 zu 10 Secunden den Stand der Nadel notirte. Der Unterschied zwischen der höchsten und niedrigsten Ablesung innerhalb einer Minute wurde als Schwankung notirt, das Mittel aus den 5 Werthen von den 5 Minuten als mittlere Schwankung in 5 Minuten, und der Unterschied der höchsten und niedrigsten Ablesung während der ganzen 5 Minuten, als grösste Schwankung in 5 Minuten eingetragen. Ich beobachtete zu verschiedenen Stunden und fand:

Zeit	Temperatur	Mittlere Schwankung	Grösste Schwankung
9h 27m	2,8°	4,4	12,2
10 25	4,4	6,2	9,6
12 42	10,0	8,0	18,0
2 55	9,4	7,2	18,0
4 34	6,0	3,1	9,5
5 44	4,8	4,6	10,7

Wenn auch diesen Zahlen noch kein besonderer quantitativer Werth beizulegen ist, so lässt sich doch schon aus diesem einen Versuche einiges erschliessen.

Das Galvanometer gab für einen Temperaturunterschied der Löthstellen von 1° C. ungefähr 10 Theilstriche Ausschlag. Durch Astasirung hätte ich die Empfindlichkeit leicht auf das 4- bis 8fache bringen können, doch sind dann die magnetischen Störungen unangenehmer, und so bedeuten die Scalenableungen fast genau 0,1° C. Die Zahlen zeigen, dass mit steigender Sonne infolge zunehmender Insolation die Schichtung verschieden erwärmter Luft erheblich zunahm und am Nachmittage sich wieder mehr ausglich; ferner, dass innerhalb 5 Minuten Schwankungen von fast 2° vorkamen. Es wäre gewiss sehr interessant eine grössere Reihe von solchen Beobachtungsätzen, welche sich auf verschiedene Jahreszeiten und Tage verschiedenen Witterungscharakters beziehen, miteinander vergleichen zu können.

Das zweite Instrument, welches in Fig. 2 abgebildet ist, stellt ein Modell dar für ein *relatives Actinometer*. Es besteht im wesentlichen aus zwei concentrischen Messingröhren, welche am Boden durch eine dicke Kupferplatte geschlossen sind. Am oberen Ende ist nur ein dünner Deckel aufgelöthet. Beide Röhre sind der Länge nach durchschnitten und durch zwei Ebonitstreifen voneinander getrennt. Der dicke Kupferboden hat einen rechteckigen Ausschnitt, über welchen, von einer isolirten Bodenhälfte zur anderen, drei Thermoelemente parallel gespannt sind. Ich habe drei Elemente gewählt, um den Widerstand zu verringern, da die feinen Drähte stets den Hauptwiderstand des Stromkreises bilden. Der Zwischenraum der Röhren ist mit Wasser gefüllt, und es kann wieder ein Thermometer eingeführt werden. Das Innere des Doppel-

Thermoelemente eine viel grössere als bei dem zuerst beschriebenen Apparate, sodass ungefähr 30 Theilstriche 1°C . entsprachen. Bei einem exacten, zu feineren Messungen gehörigen Apparate wäre noch auf Störungen durch Thermostrome in der Leitung und guten Schutz gegen Luftströmungen zu achten. Auch liesse sich diese Methode leicht für ein absolutes Actinometer abändern, wobei auch der stationäre Zustand zur Beobachtung käme, was für die Berechnung der Beobachtungen grosse Bequemlichkeit bietet.

Im Nachstehenden will ich den vorläufigen Versuch, welchen ich noch mit diesem Modelle vor Schluss des Semesters ausführen konnte, mittheilen, um daraus die Verwendbarkeit desselben zu erweisen.

Ich beobachtete an einem sehr heissen, fast wolkenlosen Vormittage, und zwar wurden zu Beginn einer jeden halben Stunde drei Beobachtungen gemacht und aus diesen Ausschlägen, welche nur in Zehnteln voneinander abweichen, das Mittel genommen.

Beobachtungszeit	6h 30	7h	7h 30	8h	8h 30	9h
Ausschlag	22,9	26,4	25,6	28,3	29,9	32,2

Beobachtungszeit	9h 30	10h	10h 30	11h	12h
Ausschlag	34,1	35,5	38,8	36,0	36,2

Eine Berechnung der Beobachtung habe ich nicht vorgenommen, da hierzu ein viel grösseres Beobachtungsmaterial nothwendig wäre. Doch zeigt schon diese eine Reihe die Brauchbarkeit der Methode.

Sehr interessant war es auch zu beobachten, wie kaum für das Auge sichtbare Wolkenschleier die Strahlung herabsetzten und beim Vorüberziehen einer so dünnen Wolke die Nadel ganz entsprechend der Absorption der verschiedenen dicken Wolkenstellen sich bewegte.

Ueber ausführlichere Beobachtungsreihen und allgemeinere Resultate behalte ich mir vor in der kommenden Zeit zu berichten.

Graz, Physikal. Institut, Juli 1895.