

20308

20

20308

2.

Puluj II.

Dr. Hochwolgeboren  
Herrn Roman Baron Goskowsky  
General-Direktionsrath der österr.  
Staatsbahnen

K  
hochachtungsvoll

Ein Telethermometer

der Verfasser

(Mit 3 Textfiguren)

von

Dr. J. Puluj,

Professor an der k. k. deutschen technischen Hochschule in Prag.

(Vorgelegt in der Sitzung am 10. October 1889.)

Aus den Sitzungsberichten d. kais. Akademie d. Wissenschaften in Wien.  
Mathem.-naturw. Classe; Bd. XC VIII. Abth. II. a. December 1889.



IK-08

WIEN, 1890.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI F. TEMPSKY,

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

Aus den Sitzungsberichten d. kais. Akademie d. Wissenschaften in Wien.

Mathem.-naturw. Classe; Bd. XCVIII. Abth. II. a. December 1889.

ROMAN GOSTKOWSKI



KC

## Ein Telethermometer

(Mit 3 Textfiguren)

von

Dr. J. Puluji,

Professor an der k. k. deutschen technischen Hochschule in Prag.

(Vorgelegt in der Sitzung am 10. October 1889.)

Für manche wissenschaftliche Untersuchungen und technische Zwecke ist ein Thermometer erwünscht, welches die Bestimmung beliebiger Temperaturen auf grosse Entfernungen in der Weise gestattet, dass in der Beobachtungsstation die jeweilige Temperatur der entfernten Station an einer entsprechenden Scala genau abgelesen werden kann. Ein solches Telethermometer wäre zweifellos von grossem Nutzen für Temperaturbestimmungen in den verschiedenen Tiefen des Meeres, in den Schächten und Bohrlöchern der Erde, auf hohen Thürmen und Bergen, wie nicht minder in den verschiedenen industriellen Etablissements, wo es sich um Herstellung von Temperaturen innerhalb bestimmter Grenzen, die nicht überschritten werden sollen, handelt.

Die verschiedenen Änderungen, welche in den elektrischen Leitern durch Zuführung oder Entziehung von Wärme erzeugt werden, eignen sich mehr oder weniger gut zur Messung der Temperaturen; besonders sind es aber die Änderungen der elektromotorischen Kraft der Thermoelemente und die Änderungen der Leistungsfähigkeit oder des Widerstandes verschiedener Leiter, welche für die Construction elektrischer Thermometer und Pyrometer Anwendung gefunden haben. Von solchen Apparaten seien hier blass erwähnt: das Pyrometer von C. W. Siemens,<sup>1</sup> das im

<sup>1</sup> C. W. Siemens, The Mechanics Magazine 1869—1872. La Lumière électrique, t. XXVIII, 1888, Nr. 26, p. 602.

Wesentlichen aus einer Platinspirale besteht, deren mit der Temperatur veränderlicher Widerstand mit einem anderen constanten Widerstände mittelst Differentialgalvanometers oder eines sogenannten Differentialvoltameters verglichen wird, und das Pyrometer von Dr. F. Braun,<sup>1</sup> welches ebenfalls aus einer Platin-drahtspirale besteht, deren Widerstandsänderung jedoch mit Hilfe der Wheatstone'schen Brücke mit einem constanten Widerstände verglichen wird.

Das von mir construirte Telethermometer, welches im Folgenden beschrieben wird, beruht auf der Anwendung zweier elektrischer Leiter, welche ihren Widerstand mit der Temperatur im entgegengesetzten Sinne ändern. Der eine Leiter ist ein dünner carbonisirter Kohlenfaden, wie er für Glühlampen verwendet wird, dessen Widerstand mit der Temperatur bekanntlich abnimmt, der zweite ein feiner Eisendraht, dessen Widerstand dagegen mit der Temperatur zunimmt. Es sei aber schon an dieser Stelle bemerkt, dass auch zwei solche Leiter für die Construction eines elektrischen Thermometers verwendet werden können, deren Widerstände mit der Temperatur in demselben Sinne, jedoch verschieden stark sich ändern, beispielsweise Neusilber in Verbindung mit Platin, Kupfer oder Eisen.

#### Beschreibung und Theorie des Telethermometers.

Das eigentliche Thermometer besteht aus einem an beiden Enden zugeschmolzenen dünnwandigen Glasröhren von 21 cm Länge und 0·8 cm Durchmesser, welches einen 10 cm langen carbonisirten Kohlenfaden und eine Eisendrahtspirale von beziehungsweise 163·28 und 26·584  $\Omega$  Widerstand enthält und zur Erzielung einer besseren Wärmeleitung mit trockenem Wasserstoff gefüllt ist. In Folge dieser Füllung ist auch das Röhren gegen Temperaturänderungen empfindlicher als ein Quecksilber-thermometer.

Der Kohlenfaden wurde aus einem pergamentisirten Baumwollfaden durch Weissglühen in Graphitpulver hergestellt und im verkohlten Zustande nach einem von mir vor fünf Jahren paten-

---

<sup>1</sup> Dr. F. Braun, Elektrotechnische Zeitschrift 1888, Heft 18.

tirten Verfahren, durch Glühen mittelst elektrischen Stromes im Petroleum, carbonisirt.

Der rechte Theil der Fig. 1 zeigt schematisch die Verbindung des Kohlenfadens  $k$ , der Eisendrahtspirale  $s$  und des Rückleitungsdrähtes  $r$  mit drei am Ende der Glasröhre eingeschmolzenen Platindrähten. Die Verbindung des Kohlenfadens mit den Platindrähten wurde in der Weise hergestellt, dass der Kohlenfaden zunächst an seinen Enden galvanoplastisch verkupfert und dann mit Silberlohr an zwei Platindrähte gelöthet wurde. Bei dem ausgeführten Telethermometer sind sowohl der Rückleitungsdräht als der Kohlenfaden, jeder für sich, in sehr dünnwandige Glasröhrenchen

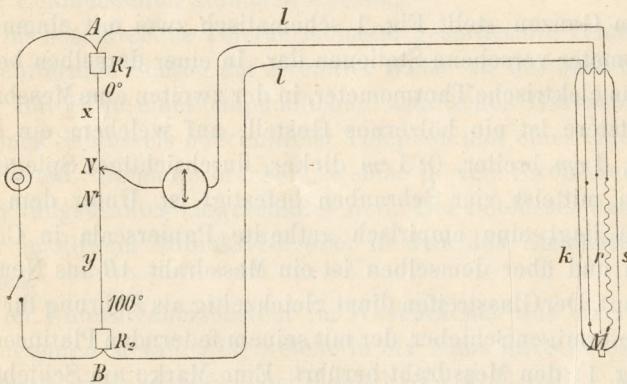


Fig. 1.

von 2 mm Durchmesser eingeschmolzen und auf beide zusammengelegte Glasröhrenchen der Eisendraht spiralförmig so gewickelt, dass die einzelnen Windungen sich nicht berühren.

Es sei hier noch bemerkt, dass der Eisendraht blos wegen seines grossen Temperaturcoefficienten für die Construction des Telethermometers gewählt wurde. Soll das letztere zur Bestimmung höherer Temperaturen dienen, so wird man den Kohlenfaden mit einem Platindrähte verbinden und beide pyrometrischen Körper statt in einer Glasröhre je nach der Höhe der zu bestimmenden Temperatur in einer Kupfer- oder Porcellanröhre entsprechend befestigen, mit Wasserstoff oder Stickstoff füllen und hermetisch verschliessen.

Die Eisendrahtspirale und der Kohlenfaden nehmen ungefähr zwei Drittel der Länge der Glasröhre ein, während das obere

Drittel derselben bloss von den Zuleitungsdrähten durchsetzt wird. Auf dieses Ende der Glasröhre ist eine Messinghülse aufgekittet, welche einen aus zwei Stücken bestehenden Hartgummikopf trägt. In dem unteren Theile des Hartgummikopfes sind drei mit Schrauben versehene Metallstücke versenkt und an dieselben die aus dem Glasröhren herausragenden Platindrähte angelöhet. Die Schrauben dienen zum Befestigen der Zuleitungsdrähte, welche den aufgeschraubten Deckel des Hartgummikopfes durchsetzen. Die Metallhülse ist ausserdem an ihrem unteren Ende mit einem Gewinde versehen, um daran eine Messingröhre, die für das Glasrohr als Schutzröhre dient, anzuschrauben zu können.

Im Ganzen stellt Fig. 1 schematisch zwei mit einem Telethermometer versehene Stationen dar. In einer derselben befindet sich das elektrische Thermometer, in der zweiten eine Messbrücke, Die letztere ist ein hölzernes Gestell, auf welchem ein  $60\text{ cm}$  langer,  $4\text{ cm}$  breiter,  $0\cdot3\text{ cm}$  dicker, durchsichtiger Spiegelglasstreifen mittelst vier Schrauben befestigt ist. Unter dem Glasstreifen liegt eine empirisch getheilte Papierscala in Celsiusgraden und über demselben ist ein Messdraht *AB* aus Neusilber gespannt. Der Glasstreifen dient gleichzeitig als Führung für einen rahmenförmigen Schieber, der mit seinem federnden Platincontacte (*N*, Fig. 1) den Messdraht berührt. Eine Marke am Schieber gestattet auch Zehntel eines Grades zu schätzen. Ein Leclanche-Element mittlerer Grösse, der Messdraht *AB* und das Thermometer sind nach dem Schema der Wheatstone'schen Messbrücke geschaltet. Der Kohlenfaden und die Eisendrahtspirale bilden zwei Zweige der erwähnten Drahtcombination, und da ihre Widerstände mit der Temperatur im entgegengesetzten Sinne sich ändern, so ist es klar, dass mit der Temperaturänderung des elektrischen Thermometers auch der Punkt *N* des Messdrahtes *AB*, der dasselbe Potential hat, wie die Verbindungsstelle *M* zwischen dem Kohlenfaden und der Eisenspirale, seine Lage entsprechend ändern muss, dass es somit möglich ist, mit Hilfe des Messdrahtes und des verschiebbaren Contactes *N* eine Temperaturscala empirisch zu bestimmen. Zu diesem Zwecke wird das elektrische Thermometer auf eine bestimmte Temperatur gebracht und der Contact längs des Messdrahtes so lange verschoben, bis ein

empfindliches Galvanometer keinen Ausschlag gibt. Die betreffende Contactstelle wird an der Scala markirt und daneben die Temperatur geschrieben. Auf dieselbe Weise kann an der Scala noch die einer höheren Temperatur entsprechende zweite Contactstelle bestimmt werden, und man hat dann die einer bestimmten Temperaturzunahme des Thermometers entsprechende Verschiebung des Contactes am Messdrahte, die sich auch leicht berechnen lässt. Wäre diese Verschiebung der Temperaturzunahme proportional — was innerhalb gewisser Temperaturgrenzen, wie später gezeigt werden wird, auch der Fall ist — so könnte die Länge eines Grades durch einfache Theilung des Abstandes beider Contactstellen gefunden werden.

Das beschriebene Telethermometer gestattet die Temperatur einer entfernten Station auf zweierlei Weise zu bestimmen: entweder mit Hilfe eines empfindlichen astatischen Galvanometers und eines Schlüssels oder mittelst Telephon und eines eigenartig construirten Stromunterbrechers, welche in dem Stromkreise des Rückleitungsdrähtes eingeschaltet sind. Der Schlüssel kann entweder in diesem Stromkreise oder in dem des Elementes sich befinden.

Der Unterbrecher besteht im Wesentlichen aus einer rasch schwingenden Metallfeder, welche in der Nähe ihrer Befestigung von einem mittelst Schraube regulirbaren Kohlenstifte berührt wird. Diese Berührungsstelle bildet, wenn die Feder schwingt, für den elektrischen Strom einen veränderlichen Contact, und das Telephon gibt einen den periodischen Schwingungen der Feder entsprechenden Ton. Durch sanfte Berührung mit dem Finger in Thätigkeit gesetzt, schwingt der Unterbrecher ungefähr 30 Secunden lang, welche Zeit genügt, um durch Verschieben des Contactes mittelst Telephon jene Stelle der Scala zu finden, an welcher die Potentialdifferenz Null ist.

Die Handhabung des Telethermometers bei der Bestimmung der Temperatur einer entfernten Station ist eine höchst einfache. Ist der Apparat entsprechend geschaltet, so wird beim geschlossenen Stromkreise der Contact längs der Temperaturscala der Messbrücke so lange verschoben, bis das Galvanometer keinen Ausschlag zeigt, beziehungsweise das Telephon keinen Ton gibt, wenn der Stromunterbrecher schwingt. Die Marke des Schiebers

zeigt an der empirischen Temperaturscala die in der entfernten Station herrschende Temperatur an.

Es sei hier bemerkt, dass die Bestimmung der Temperatur mit Hilfe des Galvanometers mit etwas grösserer Genauigkeit sich ausführen lässt, als mit Hilfe des Telephons, weil das letztere bei der gewählten Dicke des Messdrahtes bis ungefähr  $2\text{ mm}$  dies- und jenseits des Nullpunktes der Potentialdifferenz keinen Ton gibt. Um daher die Nulllage genau zu bestimmen, empfiehlt es sich, den Schiebercontact von der Stelle aus, wo das Telephon keinen Ton gibt, nach rechts und links so weit zu verschieben, bis der Ton eben wahrgenommen wird und aus beiden Einstellungen das Mittel zu nehmen.

Nicht ohne Interesse dürfte auch die Bemerkung sein, dass ein Wechselstromapparat, etwa eine Ruhmkorff'sche Spirale, als Elektricitätsquelle für die telephonische Methode der Temperaturbestimmung nicht brauchbar ist, weil unter den gewählten Widerstandsverhältnissen das Telephon in Folge der Selbst-induction der Spirale auch in der Nulllage noch einen vernehmbaren Ton gibt, aus welchem Grunde für die telephonische Methode der Gleichstrom mit Benützung des beschriebenen Stromunterbrechers verwendet wurde.

Es soll nun die einer Temperaturerhöhung von  $t$  Graden des elektrischen Thermometers entsprechende Verschiebung des Contactes an der Scala der Messbrücke berechnet werden.

Bedeuten die Buchstaben  $k, s, l$  die Widerstände bei einer bestimmten Temperatur des Kohlenfadens, beziehungsweise der Eisendrahtspirale und eines Leitungsdrahtes,  $x$  und  $y$  die Widerstände der Zweige  $AN$  und  $BN$  des Messdrahtes  $AB$  (Fig. 1), dagegen  $x'$  und  $y'$  die Widerstände der Zweige  $AN'$  und  $BN'$ , wenn die Temperatur des Thermometers um  $t$  Grade höher ist  $m$  den Widerstand des Messdrahtes  $AB$ , und sind  $\sigma$  und  $z$  die Temperatureoeffizienten der Eisenspirale, beziehungsweise des Kohlenfadens, so ergeben sich bekanntlich die Gleichungen:

$$\frac{k+l}{s+l} = \frac{y}{x}, \quad y+x = m;$$

$$\frac{k(1-zt)+l}{s(1+\sigma t)+l} = \frac{y'}{x'}, \quad y'+x' = m.$$

Aus diesen Gleichungen ergibt sich zunächst:

$$x' - x = m \left[ \frac{l+s(1+\sigma t)}{2l+k(1-\kappa t)+s(1+\sigma t)} - \frac{l+s}{2l+k+s} \right],$$

und wenn mit  $\lambda$  die Länge des Messdrahtes von  $1 \Omega$  Widerstand bezeichnet wird, die einer Temperaturerhöhung von  $t$  Graden entsprechende Verschiebung des Contactes an der Scala:

$$NN' = \lambda m \left[ \frac{l+s+s\sigma t}{2l+k+s+(s\sigma-k\kappa)t} - \frac{l+s}{2l+k+s} \right], \quad 1)$$

wobei vorausgesetzt wurde, dass die Temperatur der Leitung und des Messdrahtes sich nicht geändert hat.

Im letzten Ausdrucke ist der Factor  $s\sigma - k\kappa$  im Vergleiche mit  $2l+k+s$ , wie aus den späteren Angaben ersehen werden kann, gegen 2800 mal kleiner; es kann daher für eine nicht allzu grosse Temperaturerhöhung  $t$  angenähert gesetzt werden:

$$NN' = \frac{\lambda m s\sigma}{2l+k+s} \cdot t, \quad 2)$$

nach welchem Ausdrucke die Verschiebung des Contactes der Temperaturerhöhung  $t$ , wenn diese klein ist, proportional ist. Diese Proportionalität wird dagegen für jede beliebige Temperaturerhöhung stattfinden, wenn die Bedingung:

$$s\sigma - k\kappa = 0$$

erfüllt wird, welche für den Widerstand der Eisenspirale den Werth:

$$s = \frac{\kappa}{\sigma} k$$

liefert.

Aus dem Ausdrucke 2) ist auch zu ersehen, dass die Verschiebung des Contactes dem Widerstände  $m$  des Messdrahtes direct proportional ist. Um daher eine grosse Empfindlichkeit des Apparates zu erreichen, wurden an beiden Enden des  $60 \text{ cm}$  langen Messdrahtes bifilar gewickelte Widerstände  $R_1 = 4 \cdot 575 \Omega$  und  $R_2 = 32 \cdot 358 \Omega$  (Fig. 1) vorgeschaltet; der Gesamtwiderstand der Messbrücke war  $m = 38 \cdot 914 \Omega$ .

Für die Länge eines Grades der empirisch zu bestimmenden Temperaturscala ergibt sich aus der Formel 2)

$$\delta = \frac{\lambda m s \sigma}{2l + k + s} . \quad 3)$$

In der voranstehenden Ableitung wurde der Einfachheit halber angenommen, dass der Widerstand des Kohlenfadens und der Eisenspirale mit der Temperatur nach einem linearen Gesetze abnimmt, beziehungsweise zunimmt, was jedoch genau genommen nicht der Fall ist. Diesbezügliche Messungen mit carbonisirten Kohlenfäden, welche von mir ausgeführt wurden und über welche in der nächsten Abhandlung berichtet werden soll, ergaben für die Widerstandsänderung die Formel:

$$k = k_0 (1 - 0.00022194 t + 0.00000003374 t^2),$$

aus welcher zu ersehen ist, dass der Widerstand zwischen den bezeichneten Temperaturgrenzen nur angenähert nach einem linearen Gesetze sich ändert.

Für die Zunahme des Widerstandes von Eisendrähten fand Callendar<sup>1</sup> innerhalb der Temperaturgrenzen 0° und 600° C., und zwar für käufliches Eisen:

$$s = s_0 (1 + 0.0045346 \cdot t + 0.000007034 \cdot t^2)$$

und für reines Eisen:

$$s = s_0 (1 + 0.0045658 \cdot t + 0.000007082 \cdot t^2),$$

während W. Siemens<sup>2</sup> vor 18 Jahren für sehr hohe bis 1000° reichende Temperaturen den Widerstand des Eisens als Function der absoluten Temperatur  $T$  bestimmt und dafür den etwas complicirten Ausdruck gefunden hat:

$$s = s_0 (0.05852 \sqrt{T} + 0.003076 T - 1),$$

in welchem  $s_0$  den Widerstand bei der absoluten Temperatur 0° bedeutet.

<sup>1</sup> La Lumière Electrique 1888, t. XXVIII, No. 23, p. 458.

<sup>2</sup> Proceed. R. S. 19, p. 443, 1871.

## Aichung des Telethermometers.

Um die Temperaturscala des Telethermometers empirisch zu bestimmen, wurde auf dem Glassstreifen unter dem Messdrahte ein in Millimetern getheilter Papierstreifen entsprechend befestigt und auf demselben wurden mehrere Punkte bestimmt, welche verschiedenen Temperaturen des elektrischen Thermometers entsprachen. Zu diesem Zwecke wurde das letztere und ein Quecksilberthermometer in ein Wasserbad, das sorgfältig umgerührt wurde, eingetaucht. Aus den erhaltenen Angaben beider Thermometer wurde nach der Methode der kleinsten Quadrate eine Formel berechnet, nach welcher die experimentell bestimmten Punkte der Scala mit der Temperatur sich ändern und schliesslich mit Hilfe dieser Formel die Temperaturscala von  $10^{\circ}$  zu  $10^{\circ}$  berechnet. Die einzelnen Grade wurden dann durch Theilung der Abstände in zehn gleiche Theile erhalten.

In der nachstehenden Tabelle enthält die erste Spalte die Temperatur  $t$  in Celsiusgraden, abgelesen an einem Kapeller'schen Normalthermometer; die zweite den Abstand  $l$  des entsprechenden Punktes der provisorischen Millimeterscala von einem Ende des Messdrahtes in Millimetern; die dritte denselben Abstand  $l'$ , berechnet nach der empirischen Formel, welche am Fusse der Beobachtungsreihe steht, und die vierte Spalte die Beobachtungsfehler  $l - l'$ .

$t$	$l$	$l'$	$l - l'$
0°3	140·0	138·5	+1·5
5·5	177·6	175·3	+2·3
12·2	221·5	222·1	-0·6
18·0	259·5	262·3	-2·8
23·3	299·4	298·6	+0·8
28·8	335·0	336·1	-1·1
34·0	369·6	371·1	-1·5
41·7	422·3	422·5	-0·2
48·9	468·6	470·0	-1·4
56·1	517·0	516·9	+0·1
62·1	558·5	555·6	+2·9



$$l = 136.418 + 7.08977 t - 0.0054785 t^2 \dots \quad 4)$$

Der Differentialquotient dieser Formel

$$\frac{dl}{dt} = 7.08977 - 0.010957 \cdot t \quad 5)$$

gibt die Länge eines Grades der empirisch bestimmten Temperaturscala in Millimetern und zeigt, dass diese Länge bei höheren Temperaturen ein wenig kleiner wird.

Für die Länge eines Grades der zu bestimmenden Temperaturscala wurde bereits oben theoretisch der angenäherte Ausdruck:

$$\delta = \frac{\lambda m s \sigma}{2l + k + s}$$

gefunden, welcher nach Einsetzung der Werthe:  $\lambda = 310 \text{ mm}$ ,  $s = 26.584 \Omega$ ,  $m = 38.914 \Omega$ ,  $2l = 2.588 \Omega$ ,  $k = 163.280 \Omega$  und  $\sigma = 0.00454$  für die Länge eines Grades der Temperaturscala den Werth  $7.6 \text{ mm}$  liefert, welcher letztere etwas grösser ist, als der experimentell bestimmte  $7.1 \text{ mm}$ . Die genaue Formel 1. p.— liefert dagegen einen mit der letzten Zahl übereinstimmenden Werth.

Aus der vierten Spalte der voranstehenden Tabelle ergibt sich noch ein mittlerer Beobachtungsfehler  $r = \pm 1.85 \text{ mm}$ , oder da ein Grad der Temperaturscala  $7 \text{ mm}$  lang ist,  $r = \pm 0^{\circ}26 \text{ C.}$

Nach der Formel 4) erhält man schliesslich die nachfolgenden Werthe:

$t$	$l$
$-15^{\circ}$	$28.8 \text{ mm}$
$-10$	$65.0$
$+0$	$136.4$
$+10$	$206.8$
$+20$	$276.0$
$+30$	$344.2$
$+40$	$411.2$
$+50$	$477.2$
$+60$	$542.1$

nach denen die Temperaturscala für das Telethermometer angefertigt wurde.

Für den Fall, dass der Nullpunkt der empirischen Temperaturscala mit dem des Quecksilberthermometers einmal nicht ganz übereinstimmen sollte, wurden die vorgesetzten Widerstände  $R_1$  und  $R_2$ , um den Nullpunkt verschieben zu können, im Innern des Gestelles in der in Fig. 2 schematisch dargestellten Weise angeordnet und durch zwei Klemmen I zum Theile kurz geschlossen. Soll nun der Nullpunkt bei unberührter Scala am Messdrahte eine Verschiebung erfahren, so braucht man bloss die

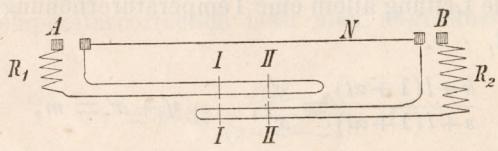


Fig. 2.

beiden Klemmen aus der Lage I nach rechts in die Lage II zu verschieben, wodurch die Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  beim constant bleibenden Gesamtwiderstande  $m$  sich ändern und der Nullpunkt der Temperaturscala eine Verschiebung erfährt.

Die experimentell bestimmte Temperaturscala zeigt nur dann richtig, wenn der Widerstand und die Temperatur der Leitungsdrähte ebenso gross sind wie beim Aichen des Telethermometers. Ist aber in einem besonderen Falle eine Leitung von grösserer Länge  $L$  erforderlich, so lässt sich dieselbe nach der bekannten Formel :

$$d = \sqrt{\frac{4sL}{\pi\omega}}$$

berechnen, in welcher  $\omega$  den Widerstand eines Leitungsdrahtes bedeutet, der zum Aichen des Telethermometers verwendet wurde. Mit  $\omega = 1 \cdot 294 \Omega$ ,  $s = 0 \cdot 015$  und  $\pi = 3 \cdot 1416$  erhält man für eine  $1000 \text{ m}$  lange Leitung  $d = 3 \cdot 84 \text{ mm}$ , d. h. damit die Scala Temperaturen in  $1 \text{ km}$  Entfernung richtig zeige, muss die Leitung aus drei Drähten von je  $3 \cdot 84 \text{ mm}$  Durchmesser bestehen.

#### Correction der Temperaturscala.

Die empirisch bestimmte Temperaturscala zeigt jedoch nicht mehr genau, wenn die Temperatur der Leitungsdrähte grösser

oder kleiner wird als jene Temperatur, welche die Leitung beim Aichen des Apparates hatte. Eine diesbezügliche Correction der Temperaturscala lässt sich ebenso leicht berechnen, wie auch experimentell prüfen.

Haben die Buchstaben  $k, l, s, x, y$  und  $m$  die bereits oben erwähnte Bedeutung, so bestehen bekanntlich bei einer bestimmten Temperatur die Gleichungen:

$$\frac{l+k}{l+s} = \frac{y}{x}, \quad y+x = m,$$

und wenn die Leitung allein eine Temperaturerhöhung um  $t$  Grade erhalten hat,

$$\frac{k+l(1+\alpha t)}{s+l(1+\alpha t)} = \frac{y'}{x'}, \quad y'+x' = m,$$

wo  $\alpha$  den Temperaturoeffizienten des Leitungsdrähtes bedeutet und  $x' = AN'$  und  $y' = BN'$  ist.

Aus diesen Gleichungen ergibt sich die jener Temperaturerhöhung der Leitung entsprechende Verschiebung des Contactes an der Temperaturscala in Millimetern:

$$\Delta = \lambda m \left[ \frac{s+l(1+\alpha t)}{k+s+2l(1+\alpha t)} - \frac{s+l}{k+s+2l} \right], \quad 1)$$

wo  $\lambda$  die frühere Bedeutung hat und die Temperaturcorrection in Celsiusgraden:

$$\tau = \frac{\Delta}{\nu},$$

wenn  $\nu$  die Länge eines Grades der Scala in Millimetern bedeutet.

Diese Correction ist negativ oder positiv zu nehmen, je nachdem die Temperatur der Leitung höher oder niedriger ist als  $\theta_0$ , welche die Leitung beim Aichen des Telethermometers hatte.

Für den beschriebenen Apparat berechnet sich die Temperaturcorrection nach Einsetzung der Werthe:

$$\lambda = 310 \text{ mm} \quad m = 38.914 \Omega$$

$$\nu = 7 \text{ mm} \quad k = 163.280 \text{ ,}$$

$$\theta_0 = 23^\circ \text{ C.} \quad s = 26.584 \text{ ,}$$

$$\alpha = 0.0037 \quad l = 1.294 \text{ ,}$$

in die letzte Formel, und zwar für die Temperaturerhöhung der Leitung um

$t = 1^\circ \text{ C.}$	$\tau = -0^\circ 035 \text{ C.}$
10	0.292
20	0.585
30	0.871

für eine Leitung aus Neusilberdraht von gleich grossem Widerstande wären die Correctionen 12 mal kleiner, beispielsweise bei einer Temperaturerhöhung um  $t = 30^\circ \text{ C.}$  bloss  $\tau = -0^\circ 07 \text{ C.}$

Die Temperaturcorrection lässt sich angenähert nach der Formel:

$$\tau = 6 \cdot 38 \frac{l(k-s)}{(s+k+2l)^2} \cdot t, \quad 2)$$

oder wenn für  $s$ ,  $k$  und  $l$  die entsprechenden Werthe gesetzt werden, nach der Formel:

$$\tau = 0.0292 t \quad 3)$$

berechnen.

Die Correction der Temperaturscala kann auch experimentell in der Weise bestimmt werden, dass man bei constant bleibender Temperatur des elektrischen Thermometers und der Leitungsdrähte die Änderung an der Temperaturscala bestimmt, welche durch das Zuschalten je eines Widerstandes von  $l \text{ at Ohm}$  in die beiden Zuleitungsdrähte hervorgerufen wird. Die auf diese Weise experimentell bestimmten Temperaturcorrectionen waren mit den berechneten Werthen in bester Übereinstimmung.

Aus der Formel 2) ist noch zu ersehen, dass die Temperaturcorrection für  $k = s$  angenähert gleich Null ist.

Eine Temperaturänderung der Messbrücke hat dagegen auf die Angaben des Apparates keinen Einfluss, wenn nur im Messdrahte und in den vorgeschalteten Widerständen die gleiche Temperatur herrscht. Dies ergibt sich aus folgender Betrachtung. Bei der Temperatur  $\theta_0$  gelten die Gleichungen:

$$\frac{k+l}{s+l} = \frac{y}{x} \quad y+x = m$$

und wenn die Temperatur der Messbrücke um  $t$  Grade höher ist, kommt als dritte Gleichung hinzu:

$$m(1+\beta t) = y'' + x'',$$

wo  $\beta$  den Temperaturcoefficienten des Messdrahtes bedeutet. Soll trotzdem der Contact  $N$  seine Lage nicht ändern, so muss noch die Doppelgleichung bestehen:

$$\frac{y''}{x''} = \frac{y}{x} = \frac{k+l}{s+l},$$

welche in Verbindung mit 7) die Beziehungen

$$x'' = x(1+\beta t),$$

$$y'' = y(1+\beta t).$$

liefert. Wir erhalten somit als Bedingung, dass die zwei Zweigwiderstände der Messbrücke mit der Temperatur im gleichen Sinne und in demselben Verhältnisse sich ändern müssen, mit anderen Worten, dass die Temperatur in den vorgesetzten Widerständen sowohl wie in dem Messdrahte die gleiche sein muss. Diese Bedingung wurde bei dem beschriebenen Apparate in der Weise erfüllt, dass für den Messdraht und die vorgesetzten Widerstände dieselbe Drahtsorte gewählt und zur Erzielung einer gleichmässigen Erwärmung der Widerstände, die letzteren im Innern des Holzgestelles angebracht wurden.

Das beschriebene Telethermometer unterscheidet sich von den bisherigen Apparaten, die auf der elektrischen Widerstandsänderung beruhen, wesentlich dadurch, dass nicht ein sondern zwei Zweige der Wheatstone'schen Drahtcombination für den thermometrischen Zweck verwendet werden, in Folge dessen die Nothwendigkeit der Erhaltung eines constanten Vergleichswiderstandes entfällt und eine Temperaturänderung in der Beobachtungsstation die Angaben des Telethermometers nicht beeinflusst.

Das Telethermometer als Thermoindicator und als  
Signalapparat.

Das Telethermometer lässt sich auch als Thermoindicator einrichten, der die jeweilige Temperatur der Endstation automatisch anzeigt. Zu diesem Zwecke müssen der Kohlenfaden und die Eisendrahtspirale des elektrischen Thermometers bei einer bestimmten mittleren Temperatur gleiche Widerstände haben und das Thermometer mit einem empfindlichen Differentialgalvanometer nach dem Schema Fig. 3 verbunden werden. Der

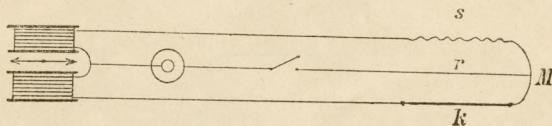


Fig. 3.

von einem Leclanche-Elemente gelieferte Strom verzweigt sich in zwei parallele Zweige, und das Differentialgalvanometer gibt keinen Ausschlag, wenn das elektrische Thermometer jene mittlere Temperatur besitzt, weil in diesem Falle die Stromstärken in beiden Zweigen gleich sind. Bei einer anderen Temperatur dagegen ist die Stromstärke in beiden Zweigen verschieden, weil der Kohlenfaden und die Drahtspirale mit der Temperatur ihre Widerstände im entgegengesetzten Sinne ändern, in Folge dessen bei höherer Temperatur der Kohlenfaden und bei tieferer die Drahtspirale von einem stärkeren Strome durchflossen werden und die Magnetnadel des Differentialgalvanometers eine Ablenkung von der Nulllage nach der einen oder entgegengesetzten Seite erfahren muss.

Auch für den Thermoindicator lässt sich eine empirische Temperaturscala in der Weise anfertigen, dass man das elektrische Thermometer in ein Wasserbad von verschiedenen Temperaturen einsetzt und die entsprechenden Ausschläge der Magnetnadel an der Scheibe des Differentialgalvanometers bezeichnet.

Wird das Differentialgalvanometer ausserdem in der Weise eingerichtet, dass die Magnetnadel einen Quecksilberecontact, der längs der Temperaturscala verschiebbar ist, berührt und auf diese Weise den Stromkreis einer elektrischen Glocke schliesst, so kann

das Telethermometer auch zum Signalisiren bestimmter Temperaturen Verwendung finden.

Es ist selbstverständlich, dass die Angaben des Thermo-indicators von der elektromotorischen Kraft des Elementes abhängen, was dagegen beim Telethermometer nicht der Fall ist. Nichtsdestoweniger dürfte der Thermoindicator für manche praktische Zwecke von Nutzen sein.

Zum Schlusse sei hier noch erwähnt, dass das beschriebene Telethermometer in der Werkstätte des physikalischen Cabinets der k. k. deutschen technischen Hochschule ausgeführt wurde.

### Nachschrift.

Am 2. und 3. Jänner 1890 wurden mit dem beschriebenen Distanzthermometer im einem 130 m tiefen, mit kohlensäurehaltigem Wasser gefüllten Bohrloche in Sauerbrunn in Böhmen in verschiedenen Tiefen Temperaturmessungen vorgenommen, über deren Ergebnisse in der nächsten Abhandlung berichtet werden wird.



# Druckschriften

## der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien (Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe).

### Selbständige Werke.

1. Die internationale Polarforschung 1882—1883. Die österreichische Polarstation **Jan Mayen**.  
Band I enthält den Vorbericht der Expedition, ferner die astronomischen, geographischen, meteorologischen und oceanographischen Resultate der Expedition.  
Band II umfasst die Polarlicht- und Spectralbeobachtungen auf Jan Mayen.  
Band III Naturhistorischer Theil. 1. Zoologie. 2. Botanik. 3. Mineralogie.  
Das ganze Werk, drei Quartbände. (Mit 4 Karten, 65 Tafeln und 10 Textfiguren.) . . . . . 30 fl.  
Vorbericht der Expedition. Separatausgabe aus dem I. Bande dieses Werkes. Derselbe bildet den beschreibenden Theil der Expedition. (Mit 1 Karte und 3 Tafeln.) . . . . . 2 fl. 75 kr.  
2. Deutsche Ausgabe des Werkes: **La Turquie d'Europe par A. Boué**. Zwei Bände. Lexiconformat. (Mit dem Bildnisse des Verfassers.) . . . . . cart. 10 fl. 50 kr  
broch. 9 fl. 50 kr.

### Periodische Publicationen.

#### [Physik.]

##### Aus den Denkschriften für 1886.

- Spitaler, R.**, die Wärmevertheilung auf der Erdoberfläche. (Mit 1 Tabelle) . . . . . fl. 70 kr.

##### Aus den Sitzungsberichten für 1886.

- Birkenmajer L.**, über die durch die Fortpflanzung des Lichtes hervorgerufenen Ungleichheiten in der Bewegung der physischen Doppelsterne . . . . . fl. 60 kr.  
**Boltzmann, L.**, über die zum theoretischen Beweise des Avogadro'schen Gesetzes erforderlichen Voraussetzungen. (Mit 3 Textfiguren.) . . . . . fl. 30 kr.  
— zur Theorie des von Hall entdeckten elektromagnetischen Phänomens. — fl. 20 kr.  
**Ettingshausen, A. v.**, über die Messung der Hall'schen Wirkung mit dem Differentialgalvanometer. (Mit 10 Textfiguren.) . . . . . fl. 30 kr.  
— und Nerst W., über das Hall'sche Phänomen. (Mit 8 Textfiguren.) . . . . . fl. 50 kr.  
**Exner, F.**, über die Ursache und die Gesetze der atmosphärischen Elektricität. (Mit 1 Tafel.) . . . . . fl. 75 kr.  
— zur Photometrie der Sonne. . . . . fl. 12 kr.  
— und Czermak, F., über unipolare Induction. (Mit 2 Textfiguren.) . . . . . fl. 12 kr.  
**Halsch, F.**, Versuche über die Reflexion des Schalles. (Mit 1 Tafel und 2 Textfiguren.) . . . . . fl. 20 kr.  
**Handl, A.**, über den Farbensinn der Thiere und die Vertheilung der Energie im Spectrum. — fl. 12 kr.  
**Hann, J.**, Bemerkungen zur täglichen Oscillation des Barometers. . . . . fl. 15 kr.  
**Haubner, J.**, über die Linien gleicher Stromdichte auf flächenförmigen Leitern. — fl. 10 kr.  
**Klemencic, J.**, Untersuchungen über das Verhältniss zwischen dem elektrostatischen und elektromagnetischen Massssystem. II. (Mit 2 Textfiguren.) . . . . . fl. 25 kr.  
**Lampel, A.**, über Drehschwingungen einer Kugel mit Luftwiderstand . . . . . fl. 22 kr.  
**Lang, V. v.**, Bestimmung der Tonhöhe einer Stimmgabel mit dem Hipp'schen Chronoskop. (Mit 1 Textfigur.) . . . . . fl. 12 kr.  
**Liznar, J.**, über den Stand des Normalbarometers des meteorologischen Institutes in Wien gegenüber der Normalbarometer der anderen meteorologischen Centralstellen Europas. — fl. 25 kr.  
**Liznar, J.**, über die 26tägige Periode der täglichen Schwankung der erdmagnetischen Elemente. (Mit 2 Tabellen.) . . . . . fl. 12 kr.  
**Loschmidt, J.**, die Schwingungszahlen einer elastischen Hohlkugel. . . . . fl. 15 kr.  
**Moser, J.**, elektrische und thermische Eigenschaften von Salzlösungen. II. Die elektromotorische Verdünnungsconstante. — fl. 8 kr.  
**Obermayer, A. v.**, und Pichler, M., v., über die Einwirkung der Entladung hochgespannter Elektricität auf feste in Luft suspändirte Theilchen. . . . . fl. 12 kr.  
— — über die Entladung hochgespannter Elektricität aus Spitzen. (Mit 1 Textfigur.) . . . . . fl. 25 kr.  
**Porges, C. A.**, über eine Inductionserscheinung. (Mit 1 Textfigur.) . . . . . fl. 15 kr.  
**Pscheidl**, Bestimmung der Brennweite einer Concavlinse mittelst des zusammengesetzten Mikroskopes. . . . . fl. 8 kr.  
**Stefan, J.**, über die Beziehung zwischen den Theorien der Capillarität und der Verdampfung. (Mit 1 Textfigur.) . . . . . fl. 12 kr.  
**Sternberg, M.**, geometrische Untersuchung über die Drehung der Polarisationsebene im magnetischen Felde. (Mit 1 Tafel und 3 Textfiguren.) . . . . . fl. 25 kr.  
**Wassmuth, A.** und Schilling, G. A., über eine experimentelle Bestimmung der Magnetisirungsarbeit. — fl. 22 kr.  
**Wroblewsky, S. v.**, über die Darstellung des Zusammenhangs zwischen dem gasförmigen und flüssigen Zustände der Materie durch die Isopyknen. (Mit 1 Tafel.) . . . . . fl. 30 kr.