

Prüfungsergebnisse betreffend ein elektrisches Widerstandsthermometer

Autor(en): **König, E.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern**

Band (Jahr): - **(1907)**

Heft 1629-1664

PDF erstellt am: **28.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-319179>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Prüfungsergebnisse betreffend ein elektrisches Widerstandsthermometer.

Bei vielen physikalischen Arbeiten kommt man in die Lage, Temperaturmessungen vornehmen zu müssen an Orten und unter Umständen, welche die Anwendung, beziehungsweise die Ablesung vom Quecksilberthermometern kompliziert gestalten, manchmal sogar fast unmöglich machen. Das im nachfolgenden in seinen Leistungen zu beschreibende Instrument gehört zur Klasse der Widerstandsthermometer. Das Prinzip, die Änderung des Widerstandes eines Leiters mit der Temperatur zur Konstruktion von Thermometern zu benutzen, eignet sich besonders zur Messung von mittleren und niedrigen Temperaturen, aber weniger für hohe, da bei hohen Temperaturwerten der spezifische Widerstand und der Temperaturcoefficient so ziemlich aller Leiter leicht dauernde Veränderungen erfahren. So wird man auch bei Verwendung geeigneter Materialien 600° C. mit Widerstandsthermometern selten überschreiten; oberhalb dieser Grenze finden die thermoelektrischen Pyrometer ihre Anwendung bis 1700° und darüber hinaus die Strahlungs-pyrometer.

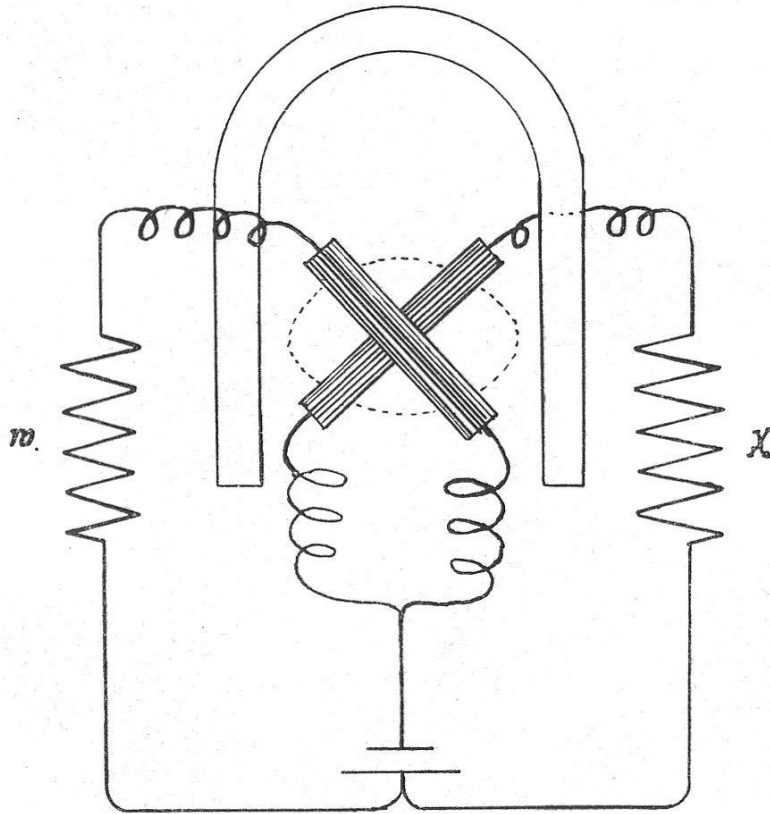
Das Instrument, von dem hier die Rede sein soll, ist nach dem allgemeinen Schema der Widerstandsthermometer¹⁾ in nachfolgender Ausführungsform durch die Firma Hartmann & Braun in Frankfurt a./M. für die eidgenössische Eichstätte hergestellt worden.

Es besteht im wesentlichen aus einem Differentialdrehspulgalvanometer in Verbindung mit einem konstanten und einem variablen Widerstand.

In dem ungleichförmigen Magnetfeld, welches durch einen Dauermagneten mit cylindrischen Polschuhen und einem zentralen Eisenkern von ovalem Querschnitt erzeugt wird, ist ein System von zwei gekreuzten, fest mit einander und mit einer

¹⁾ Elektrotechnische Zeitschrift, Heft 22, 1906.

zentralen Achse verbundenen Spulen leicht drehbar so angeordnet, dass es weder durch die Schwerkraft, noch durch irgend eine andere Richtkraft, z. B. diejenige einer Feder merklich beeinflusst wird. Beide Spulen sind, wie die Figur zeigt, in



Parallelschaltung an die Stromquelle (1 Akkumulator) angeschlossen und in den Stromkreis der einen Spule ist ein unveränderlicher Manganinwiderstand (W), in denjenigen der andern das Platinwiderstandsthermomether (X) eingeschaltet. Die Wicklungsrichtung der Spulen ist so gewählt, dass sich beide Spulen unter dem Einfluss des Magneten und des Messtromfeldes in entgegengesetztem Sinne zu drehen suchen. Während nun im stromlosen Zustande das Spulensystem keine bestimmte Ruhelage besitzt, stellt es sich bei Stromschluss so ein, dass der Gesamtdrehmoment gleich Null wird. In diesem Fall ist der Winkel, um welchen sich das Spulenpaar und der mit ihm verbundene Zeiger gegen eine feste Ebene drehen, lediglich eine Funktion des Thermometerwiderstandes und somit der Temperatur des Platindrahtes, aber unabhängig von der Spannung der Stromquelle.¹⁾ Der Verlauf der Temperaturskala

¹⁾ Loc. cit.

hängt ab von der Kraftlinienverteilung im Magnetfelde und lässt sich durch Variation der Form des Eisenkernes den gewünschten Zwecken anpassen.

Der Messerzeiger des Instrumentes spielt zur Vermeidung der Parallaxe, wie üblich, über einem Spiegelbogen auf einer Skala, welche den Messbereich von 10° C. bis 30° C. umfasst, mit Einteilung in $\frac{2}{10}^{\circ}$ C. Die Striche sind nicht vollkommen aequidistant, die Abstände der einzelnen $\frac{2}{10}$ Gradintervalle sind, filarmikrometrisch ausgemessen, die folgenden:

10 ^o —11 ^o	0.58 mm	20 ^o —21 ^o	0.46 mm
11 —12	0.55 „	21 —22	0.46 „
12 —13	0.54 „	22 —23	0.46 „
13 —14	0.54 „	23 —24	0.46 „
14 —15	0.51 „	24 —25	0.45 „
15 —16	0.45 „	25 —26	0.44 „
16 —17	0.45 „	26 —27	0.44 „
17 —18	0.45 „	27 —28	0.46 „
18 —19	0.45 „	28 —29	0.46 „
19 —20	0.45 „	29 —30	0.48 „

Mittlere Breite eines $\frac{2}{10}^{\circ}$ Interwalles = 0.48 mm.

Die Platinthermometer I und II, welche nacheinander vermittelst eines mit Platinkontakten armierten Umschalters an den Anzeigeapparat angelegt werden, haben 46.58 Ohm Widerstand bei 20° C. und sind folgendermassen konstruiert. Der mit Seide umspinnene Platindraht hat einen Durchmesser von 0.08 mm; die Länge beträgt ca. 2 m. Zur Erhöhung der Empfindlichkeit ist zwischen die einzelnen Platindrahtwindungen der spiralförmig aufgewickelten flachen Spule blanker Silberdraht von 0.12 mm Durchmesser gewickelt. Die Länge des letztern beträgt ebenfalls ca. 2 m. Diese flache Spule, die das eigentliche Thermometer darstellt, ist mittelst Isolierlack auf eine mattschwarze Scheibe (Durchmesser 25 mm) aufgeklebt, welche aus Kupferblech von 0.05 mm Dicke angefertigt ist. Die Spirale samt ihrer Umhüllung ist durch vier Stützen an einer Messingröhre von 35 cm Länge befestigt, durch deren Hohlraum die Ableitungsdrähte zu Anschlussklemmen am obern Ende der Röhre führen. Diese spezielle Ausführungsform der Thermometer wurde gewählt, um durch Auflegen der Platinspiralen auf

Metallstäbe in Comparatoren (neben anderweitigen Anwendungen) schnelle Temperaturmessungen von mittlerer Genauigkeit auszuführen. Es bedarf wohl keines besonderen Hinweises, dass, entsprechend der Methode der Messung, die Isolation sämtlicher Leitungszweige eine gute sein muss.

Zur Prüfung der Richtigkeit des Anzeigeapparates wurden die Thermometer sowohl im Flüssigkeits- (Petrol) Bad, als auch im Luftbad untersucht und zwar in nachstehend beschriebener Weise.

a) Prüfung im Petrolbad.

Der Prüfungsapparat besteht aus einem ca. 20 Liter Flüssigkeit fassenden, innen verzinnnten Kupferkessel von 32 cm Höhe. Dieses innere Gefäß steht auf Korkunterlagen, durch einen Luftraum von 3 cm getrennt in einem aussen vernickelten Kupfergefäß von 34 cm Durchmesser. Dieser äussere Cylinder seinerseits ist von einem dicken Filzmantel umgeben und dieser wiederum mit einer nach Bedarf ersetzbaren Umhüllung von galvanisch vernickeltem Karton. (Bezugsquelle: Fabrik für galvanische Metallwaren in Berlin N 39 Gerichtsstrasse 2.) Beide Kupfergefässe sind durch übergreifende vernickelte Kupferdeckel abgeschlossen. Die Deckel besitzen 10 korrespondierende konzentrische Löcher von 3 cm Durchmesser, damit gleichzeitig eine Anzahl Instrumente zusammen geprüft werden kann. In der Höhe verstellbare runde Führungsplatten mit gleichfalls 10 korrespondierenden Oeffnungen und einem Siebboden erlauben die Einstellung der zu prüfenden Instrumente in der gewünschten Höhe bei stets vertikaler Lage. Die Heizung der Flüssigkeit geschieht durch einen in der Axe der Gefässe zentral angeordneten cylindrischen Heizkörper von 8 cm Durchmesser und 36 cm Höhe, System «Electra» (Wädensweil) mit dreifacher Regulierung für 400, 800, 1200 Watt Energiezufuhr (bei 120 Volt). Ein vorgeschalteter Hilfsrheostat (Ruhstrat in Göttingen) gestattet auch bei hohen Temperaturen die Stromzufuhr so zu regulieren, dass gerade die Wärmeverluste durch Abkühlung kompensiert werden können und so das Bad auf konstanter Temperatur bleibt. Die innige Mischung der Flüssigkeit vollzieht sich durch einen Luftstrom, welcher vermitteltst eines Gebläses durch eine den Heizkörper zentral durchsetzende Rohrleitung,

die sich unten in 6 mit zahlreichen Oeffnungen versehene Röhren gabelt, aufsteigt. Bekanntlich wirkt diese Art des Umrührens der Flüssigkeit überaus energisch und die Befürchtung einer Störung des Temperaturgleichgewichtes ist bei der kleinen Wärmekapazität der Luft, der Erfahrung entsprechend, unbegründet. Die ganze Vorrichtung ist auf Rollen auf einer eisernen Platte gelagert und um ihre Achse drehbar. — Dieser vorstehend beschriebene Apparat wurde nach Angaben des Schreibenden von der Firma Elektra in Wädensweil in vorzüglicher Weise hergestellt.

b) Prüfung im Luftbad.

Das Quecksilbernormalthermometer befand sich unmittelbar neben den elektrischen Thermometern I und II, so dass die Mitte des Quecksilbergefässes in derselben Horizontalen lag wie die ebenen Flächen von I und II, im Innern eines Glaskastens von $65 \times 85 \times 85$ cm in halber Höhe desselben und im vorderen Teil, während im hintern Teil, abgetrennt durch eine perforierte Scheidewand, ein elektrischer Heizwiderstand angebracht war, dessen Wärme durch einen Ventilator dem Luftbad mitgeteilt wurde. Sämtliche Thermometer befanden sich ausserdem vor Strahlungseinflüssen geschützt, in einem doppelmanteligen Cylinder aus galvanisch vernickeltem Karton. Es war auch hier möglich, durch genügend abgestufte Heizung und Variation der Tourenzahl des Ventilators, ausreichendes Temperaturgleichgewicht zu erhalten.

Was die zur Kontrolle dienenden Quecksilberthermometer anbelangt, so beziehen sich die Temperaturangaben auf eines der Hauptnormalthermometer der eidgenössischen Eichstätte, Tonnelot Nr. 4320 (verre dur), welches mit Anwendung aller Vorsichtsmassregeln eine Genauigkeit von $\frac{1}{1000}^{\circ}$ C. ermöglicht. Die Art und Weise der Reduktion der Angaben desselben ergibt sich aus dem nachfolgenden Beispiel, wobei bemerkt sein möge, dass der Abstand der Mitte des Quecksilbergefässes bis zum Nullpunkt 59 mm, die Eintauchtiefe des Thermometers in Petrol 220 mm betragen, der abgelesene Barometerstand auf 0° C, Normalschwere unter 45° Breite und im Niveau des Meeres reduziert ist.

	Aeusserer Druck	Aeusser Druck bei der Nullpunktskorrektio	
Barometerstand	710,0 mm	710,0 mm	
220 mm Petrol	13,0 „		
59 „	—	4,3 „	
	<hr/> 723,0 mm	<hr/> 714,3 mm	
Rohe Ablesung	24.300° C	— 0.010° C	
Korrekationen	a) Caliber	+ 0.023 „	— 0.001 „
	b) äusserer Druck	+ 0.004 „	+ 0.005 „
	c) innerer Druck	+ 0.028 „	+ 0.007 „
	d) Nullpunk	— 0.001 „	<hr/> + 0.001 „
	<hr/> 24.354° C		
Reduzierte Ablesung	24,354° C		
Korrektion des Fundamental- intervalles	— 0.019° „		
Temperatur in Hg-scala (verre dur)	<hr/> 24.335° C		
Korrektion auf die inter- nationale Wasserstoffscala	— 0.095° „		
Temperatur in der H-scala	<hr/> 24.240° C		

Da das elektrische Thermoter mit unbewaffnetem Auge höchstens die $\frac{5}{100}^{\circ}$ C sicher abzulesen gestattet, vor allem aber, weil die Konstanz der Zeigereinstellung Unsicherheiten von derselben Grössenordnung aufwies, wurde in der Folge von der Benutzung des Tonnelotthermometers abgesehen und als Quecksilberthermometer eines der Kontrollnormalthermometer Nr. 28969 der Eichstätte benutzt, das, in $\frac{1}{10}^{\circ}$ geteilt, in Bezug auf seine Fehler genau nach dem Tonnelot geprüft war, und dessen kleineres Quecksilbergefäss es befähigte, Temperaturänderungen schneller zu folgen als das Hauptnormal mit seinem grossen Quecksilberreservoir.

Bei der Vergleichung im Luftbad erreicht das elektrische Thermometer infolge der Wärmeentwicklung im Widerstand nicht sofort seinen normalen Stand, sondern der Anschlag wächst zunächst schnell, dann langsamer und erst nach einigen Minuten wird der Zeigerstand ziemlich stationär, wie die folgenden beliebig herausgegriffenen zwei Beobachtungsreihen zeigen. Die in

Klammern beigefügten Ziffern geben die Zahl der Minuten an, welche seit Beginn einer Versuchsserie, bzw. seit Stromschluss verstrichen sind.

	Normalthermometer	elekt. Thermometer	Differenz
	O	I	
(0 Min.)	N 25.92	25.40	+ 0.52
(1) „	91	50	+ 0.41
(2) „	93	60	+ 0.33
(3) „	98	65	+ 0.33
(4) „	09	78	+ 0.31
(5) „	16	84	+ 0.32
(6) „	21	88	+ 0.33
(7) „	23	94	+ 0.29
(8) „	23	95	+ 0.28
(9) „	23	95	+ 0.28
(10) „	25	97	+ 0.28
	N	II	Differenz
(0 Min.)	15.94° C	15.45° C	+ 0.49° C
(1) „	94 „	70 „	+ 0.24 „
(2) „	95 „	88 „	+ 0.07 „
(3) „	96 „	90 „	+ 0.06 „
(4) „	97 „	92 „	+ 0.05 „
(5) „	97 „	92 „	+ 0.05 „
(6) „	98 „	94 „	+ 0.04 „
(7) „	98 „	94 „	+ 0.04 „
(8) „	99 „	96 „	+ 0.03 „
(9) „	99 „	96 „	+ 0.03 „
(10) „	16.00 „	98 „	+ 0.02 „

Praktisch genügt eine Wartezeit von 2 Minuten, die nachher noch eintretenden Aenderungen in der Zeigereinstellung betragen im allgemeinen nur Hundertstel-Grad. Vor jeder Ablesung wird das Instrument durch Anklopfen mit dem Finger schwach erschüttert, um Reibungshindernisse zu beseitigen. Ausdrücklich sei bemerkt, dass die Zahlenangaben für die elektrischen Thermometer I und II in der zweiten Dezimale unsicher sind, da es nicht möglich ist von blossem Auge die Hundertstel-Grade mit Sicherheit zu schätzen. Von der Verwendung optischer Hilfsmittel für die Ablesung von I und II wurde von vorneherein abgesehen, als es sich erwies,

dass unter gleichen Bedingungen zu verschiedenen Zeiten ausgeführte Beobachtungsserien Differenzen aufweisen konnten von 0.1 bis 0.2 Graden. Die Quecksilberthermometer dagegen wurden mit einem Filarmikroskop abgelesen.

Da die elektrischen Thermometer bei ihrer geringen Wärmekapazität dem Quecksilberthermometer um so mehr voreilten, je rascher die Temperaturvariation im Luftbad sich vollzog, mussten die Vergleichen in Luft entweder bei während längerer Zeit hindurch konstant erhaltener Temperatur erfolgen, oder aber das Mittel aus Versuchsreihen, bei (in gleichen Zeitintervallen) steigender und sinkender Temperatur genommen werden (Temperaturgefälle ca. $\frac{1}{10}^{\circ}$ pro Minute). Beide Wege wurden eingeschlagen; überhaupt sei erwähnt, dass die hier niedergelegten Bemerkungen allgemeiner Natur über das Verhalten dieser Art von Instrumenten, sowie die nachfolgenden Korrektionswerte für die Gradintervalle, das Resultat von 1020 Einzelvergleichen unter verschiedenen äusseren Bedingungen darstellen. Das Vorzeichen + bei den elektrischen Thermometern bedeutet eine positive Korrektion, sie zeigen also um den angegebenen Betrag zu niedrig.

Korrektionstabelle der elektrischen Thermometer I und II bei Prüfung

	a) im Petrolbad		b) im Luftbad	
	I	II	I	II
bei 10° C	+ 0.65° C	+ 0.50° C	+ 0.25° C	+ 0.10° C
„ 11 „	+ 0.62 „	+ 0.50 „	+ 0.25 „	+ 0.10 „
„ 12 „	+ 0.60 „	+ 0.50 „	+ 0.25 „	+ 0.10 „
„ 13 „	+ 0.60 „	+ 0.50 „	+ 0.25 „	+ 0.10 „
„ 14 „	+ 0.60 „	+ 0.55 „	+ 0.25 „	+ 0.10 „
„ 15 „	+ 0.60 „	+ 0.55 „	+ 0.25 „	+ 0.10 „
„ 16 „	+ 0.60 „	+ 0.58 „	+ 0.25 „	+ 0.10 „
„ 17 „	+ 0.68 „	+ 0.58 „	+ 0.28 „	+ 0.10 „
„ 18 „	+ 0.68 „	+ 0.58 „	+ 0.30 „	+ 0.10 „
„ 19 „	+ 0.70 „	+ 0.58 „	+ 0.32 „	+ 0.12 „
„ 20 „	+ 0.72 „	+ 0.58 „	+ 0.34 „	+ 0.12 „
„ 21 „	+ 0.73 „	+ 0.58 „	+ 0.34 „	+ 0.12 „
„ 22 „	+ 0.74 „	+ 0.60 „	+ 0.34 „	+ 0.12 „

	a) im Petrolbad		b) im Luftbad	
	I	II	I	II
bei 23° C	+ 0.74° C	+ 0.60° C	+ 0.35° C	+ 0.12° C
„ 24 „	+ 0.74 „	+ 0.58 „	+ 0.35 „	+ 0.12 „
„ 25 „	+ 0.65 „	+ 0.58 „	+ 0.37 „	+ 0.10 „
„ 26 „	+ 0.64 „	+ 0.50 „	+ 0.37 „	+ 0.10 „
„ 27 „	+ 0.60 „	+ 0.45 „	+ 0.33 „	+ 0.10 „
„ 28 „	+ 0.58 „	+ 0.45 „	+ 0.30 „	+ 0.10 „
„ 29 „	+ 0.62 „	+ 0.43 „	+ 0.30 „	+ 0.12 „
„ 30 „	+ 0.63 „	+ 0.43 „	+ 0.30 „	+ 0.15 „
Mittel:	+ 0.65° C	+ 0.53° C	+ 0.30° C	+ 0.11° C

Wie man aus der vorstehenden Zusammenstellung ersieht, zeigen sich zwischen den Vergleichen im Flüssigkeits- und Luftbad innerhalb der Grenze der möglichen Ablesungsfehler konstante Differenzen von im Mittel 0.35° C, bzw. 0.42° C bei den Thermometern I u. II.