

## II.

# Das Aneroid-Thermoskop, ein neues Demonstrations-Instrument

von

G. Karsten.

---

Hierzu 1 Tafel.

---

Bei den Experimentalvorlesungen entbehrt man ein geeignetes Instrument um einem grösseren Zuhörerkreise die bei einem Vorgange eintretenden Wärmeänderungen sichtbar zu machen.

Projektionsmethoden erfordern einen ziemlich kostbaren Apparat, sind für viele Fälle nicht verwendbar und haben den Nachtheil, dass zur Herstellung eines deutlichen Projektionsbildes das Auditorium verfinstert werden muss, jedenfalls der Versuch selbst, durch welchen die Wärmeänderung hervorgerufen wird, nicht in gleicher Beleuchtung zur Anschauung kommt.

Das im Folgenden zu beschreibende Thermoskop, welches ich Aneroid-Thermoskop nenne, hat sich für die Demonstration bei zahlreichen Versuchen als sehr zweckmässig erwiesen.

Der Bourdon'sche Ring wird schon jetzt zur Messung von Druckänderungen in Folge geänderter Temperatur oder geänderter Dampfspannung benutzt.

So wird derselbe bekanntlich als Manometer bei Dampfkesseln angewendet, indem der in den aus starkem Metall gefertigten Ring eintretende Dampf eine Formänderung bewirkt, welche in ähnlicher Weise wie bei den Bourdon-Barometern zur Anzeige der Grösse des Druckes, etwa nach Atmosphärenspannung, benutzt wird.

Ferner ist in dem fälschlich Metall-Thermometer genannten Instrument von Immisch der Bourdon'sche Ring benutzt. In diesem

---

Dies Instrument wurde in den Sitzungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig Holstein vom 11. Februar und 11. März 1889 vorgezeigt und zur Demonstration einer Reihe von Versuchen, deren einige weiter unten beschrieben sind, verwendet.

für medicinische Zwecke ausgeführten Thermometer ist die thermoskopische Substanz Schwefelkohlenstoff, mit welchem ein äusserst fein ausgeführter Bourdonscher Ring gefüllt ist. Diese Instrumente sind sehr empfindlich, können aber für allgemeine Zwecke nicht benutzt werden, weil sie um schnell kleine Wärmeänderungen anzugeben, nur in sehr kleinen Dimensionen ausgeführt werden können.

Um schnelle Angaben zu bewirken und zugleich einen höheren Grad der Empfindlichkeit und einen grösseren Spielraum für höhere und niedere Temperaturen zu haben muss die Ausdehnung der Luft benutzt werden.

Dies lässt sich nun unter Benutzung jeder Art der Aneroide in folgender Weise bewerkstelligen.

An den inneren Luftraum des Aneroids wird eine Röhre angesetzt, über welche luftdicht anschliessend ein starkwandiger Gummischlauch gezogen werden kann. An diesen Schlauch ist der Apparat, gewöhnlich eine gläserne oder metallene Kugel, anzusetzen, dessen Luftinhalt den thermischen Aenderungen unterworfen werden soll (s. F. Ia.)

Für gewisse Fälle ist es vortheilhaft die Ansatzröhre am Aneroid <sup>a</sup>T<sup>b</sup> förmig zu gestalten, so dass b zum Aneroid, c zum Schlauch führt und a durch einen Hahn mit der äusseren Luft in Verbindung gesetzt oder von ihr abgeschlossen werden kann.

Denkt man sich das Instrument zusammengesetzt, den Hahn bei a geschlossen, so dass sich in dem ganzen Luftraum von Aneroid, Schlauch und Kugel Luft von der Dichtigkeit und Spannung der atmosphärischen Luft befindet, so tritt bei Wärmeänderung der Kugel eine Formänderung des Aneroids ein. Diese erfolgt in dem Sinne, dass bei zunehmender Wärme die Formänderung diejenige ist, welche das Aneroid bei fallendem Luftdruck zeigen würde, umgekehrt bei abnehmender Wärme wie bei steigendem Luftdruck.

Um zu übersehen wie gross der Betrag der Formänderung ist, lässt sich eine annähernde Rechnung machen. Ist der Inhalt der Kugel, wie fast immer der Fall ist, erheblich gegen den Luftinhalt der Schlauches und des Aneroids, so wird durch die Temperaturänderung von  $t^0$  annähernd eine Elasticitätsänderung der Luft von der Grösse  $(1 \pm at)$  hervorgebracht. Die durch  $1^0$  hervorgerufene Elasticitätsänderung von 0,003665 entspricht einen Betrage der durch Fallen oder Steigen des Barometers um nahezu 3<sup>mm</sup> entsteht.

Bei den gewöhnlichen Aneroiden ist der grösste Unterschied des Luftdruckes, den das Instrument bei nicht völlig einem Umgange des Zeigers angiebt, 160 bis höchstens 180<sup>mm</sup>. Ein solches Instrument würde also Wärmeänderungen für einen Unterschied von höchstens 60<sup>0</sup> angeben können und dabei für den Grad eine Zeigerbewegung, welche der Winkelbewegung von 3<sup>mm</sup> entspricht, machen.

Es ist aber durch passende Uebertragungen einzurichten, dass der Zeiger mehrmals umlaufen kann und auf den Grad Wärme eine grössere Winkelbewegung erhält.

Die hierfür umzugestaltenden Aneroide müssen dann allerdings besonders gut konstruirt werden um die starken Formänderungen aushalten zu können.

Für Vorlesungszwecke kann man übrigens durch die Anbringung einer grossen Theilscheibe und eines leichten Zeigers, schon kleine Winkelbewegungen deutlich sichtbar machen.

Sollen nur solche Wärmeänderungen bei den Versuchen dargestellt werden, die innerhalb des Unterschiedes von  $60^{\circ}$  liegen, so können Aneroide der gewöhnlichen Konstruktion durch Anbringung des Hahnes bei a zur Ausnutzung des ganzen Spielraumes benutzt werden.

Soll z. B. eine Erwärmung von  $60^{\circ}$  über die bestehende Temperatur nachgewiesen werden, so wird nach Oeffnung des Hahnes durch Ansaugen erst eine Verdünnung bis auf den äussersten Stand (den höchsten Barometerstand) herbeigeführt und dann der Hahn geschlossen. Umgekehrt würde man für den Nachweis sehr tiefer Temperaturen die Luft im Aneroid erst verdichten.

Es giebt zahlreiche Versuche, für welche nicht nur der Spielraum von  $60^{\circ}$  genügt, sondern schon die Hälfte oder weniger ausreichend ist. Dann kann das Aneroid Luft von der Beschaffenheit des Experimentirraums enthalten und wird einfach der Hahn vor Anstellung des Versuches geschlossen.

Wenngleich das Aneroid-Thermoskop zunächst nur dazu dienen soll, die bei einem Versuche vorkommenden Wärmeänderungen auf ihre Richtungen nach  $+$  oder  $-$  und einigermaßen auf ihre verhältnissmässige Grösse anzugeben, so ist dasselbe doch auch in einen Messapparat für brauchbare Temperaturbestimmungen bei zahlreichen Versuchen zu verwandeln.

Zu diesem Zwecke wird durch einen Vorversuch der Winkelwerth der Zeigerbewegung für  $1^{\circ}$  C. bestimmt, was leicht dadurch geschieht, dass man die Kugel in Wasser von verschiedenen Temperaturen, welche durch ein gutes Thermometer ermittelt werden, einbringt.

So zeigte z. B. in einem Falle ein Thermoskop bei Einbringung der Kugel in Wasser von  $14,6^{\circ}$  C.  $56,0^{\circ}$

dann „ „ „  $16,2^{\circ}$  „  $64,3^{\circ}$

„ „ „ „  $18,8^{\circ}$  „  $77,9^{\circ}$

„ „ „ „  $22,9^{\circ}$  „  $99,2^{\circ}$

also ergibt sich durchschnittlich für  $1^{\circ}$  C. eine Winkelbewegung von 5,2 Graden. Ich habe aber auch bedeutend empfindlichere Thermoskope in Gebrauch gehabt, bei denen  $1^{\circ}$  C. einer Drehung von  $10^{\circ}$  und mehr entspricht.

Selbstverständlich ist ein so ermittelter Wärmewerth nur für eine bestimmte Anordnung des Instrumentes gültig. Denn er ist abhängig von der Grösse der verwendeten Kugel, von der Wärmeausstrahlung aller Theile des Apparates u. s. w. Indessen ist der Vorversuch so leicht ausgeführt, dass für unmittelbar nachher, bei gleicher Zusammenstellung des Apparates, ganz brauchbare Temperaturbestimmungen gewonnen werden.

Wegen der Ungleichheit der Winkelbewegung des Zeigers bei gleichen Temperaturänderungen aber verschiedener Anordnung des Experimentes, theile ich das Thermoskop nicht nach Wärmegraden, sondern nach gewöhnlicher Kreistheilung. Sollen durch den Versuch wirkliche Wärmegrade festgestellt werden, so wird in angegebener Weise durch den Vorversuch der Wärmewerth von  $1^{\circ}$  nach Graden des Kreises ermittelt. Handelt es sich nur um relative Wärmeänderungen bei aufeinander folgenden Versuchen und bei gleichbleibender Anordnung des Apparates so sind die Wärmeänderungen einfach den Winkelbewegungen proportional zu setzen.

Um zu zeigen, welche verschiedenartige Verwendung das Thermoskop finden kann, theile ich eine Anzahl von Versuchen mit, bei welchen mir das Instrument zu den Demonstrationen gute Dienste geleistet hat.

1. Einfache thermoskopische Versuche: Nachweis der Wärmezirkulation im geheizten Zimmer; an der Fensterwand herabsinkende kalte Luft; Zunahme der Wärme vom Fussboden nach der Decke; in einen kalten Nebenraum oben abfliessende warme, aus demselben unten einfliessende kalte Luft und dergl. m. Zu derartigen Versuchen benutze ich eine grosse Kugel von etwa 10 cm Durchmesser, welche mittelst eines langen dünnen Gummischlauches mit dem Thermoskop verbunden ist und somit bequem an die verschiedenen Stellen des Raumes gebracht werden kann, während das Thermoskop an seinem Platze bleibt.

2. Mechanische Wärmeerregung. Zwei Körper, etwa ein Holz- und ein Korkstück, werden erst an die Kugel des Thermoskops gehalten um ihre Wärme zu konstatiren. Hierauf werden sie gegeneinander gerieben und zeigen dann an die Kugel gehalten die Wärmeerhöhung. Bei passender Wahl der Kugel lässt sich die fortdauernde Wärmeentwicklung durch Reibung im Puluj'schen Apparate am Thermo-

skop nachweisen. In gleicher Weise kann die Wärmeentwicklung an einer Bleiplatte gezeigt werden, nachdem dieselbe durch Hämmern verdichtet wurde.

3. Kälteerregung durch Verdünnung der Luft, Wärmeerregung durch Verdichtung derselben. Hierzu wird eine zum Thermoskop führende Metall-Hohl-Kugel in die Glocke einer Luftpumpe gesetzt (s. Fig. I b). Bei der Verdünnung wird sofort die Kälte angezeigt. Nachdem die Wärme wieder ausgeglichen ist, lässt man die Luft einströmen und zeigt sich die Kompressionswärme.

4. Wärmeerzeugung durch Verdichtung bei der Mischung von Flüssigkeiten. Eine am Thermoskop angebrachte Glaskugel wird in ein Glas mit Wasser gesetzt, bis sie dessen Temperatur angenommen hat. Durch einige Tropfen Schwefelsäure wird die Wärmeentwicklung bewirkt (s. Fig. I c).

5. Zur latenten Wärme. Konstanz der Temperatur beim Schmelzen oder Sieden, zu deren Nachweis die Kugel am Thermoskop in Schnee beziehungsweise siedendes Wasser getaucht wird.

6. Der letztere Versuch kann abgeändert werden um die Erhöhung der Siedetemperatur beim Eintauchen der Kugel in tiefere Schichten der siedenden Flüssigkeit sichtbar zu machen.

7. Kälteerzeugung bei Lösung von Salzen. Die Kugel wird wie bei 4 in ein Glas mit Wasser gebracht und in diesem salpetersaures Ammoniak gelöst.

8. Wärmeerzeugung bei Hydratbildung. Die Kugel wird in einem Glase mit pulverisirten gebrannten Kalk bedeckt und dieser dann befeuchtet.

9. Wärmeerzeugung beim Erstarren. Die Kugel wird in, nach Böttgers Angabe geschmolzenes, unterschweflichsaures Natron gelegt und dann die Lösung durch ein eingeworfenes Krystallstückchen zur Krystallisation gebracht.

10. Kälteerzeugung durch Verdunstung. Die Kugel, welche man zu diesem Versuche zweckmässig so wie bei dem Psychrometer mit einem dünnen Zeugüberzuge versieht, wird mit einer verdunstenden Flüssigkeit, Wasser, Aether u. s. w. befeuchtet.

11. Zur specifischen Wärme. Mischung gleicher Mengen Wassers verschiedener Temperatur zeigt am Thermoskope die mittlere Zeigerstellung derjenigen Lagen, welche der Zeiger in den ungemischten Wassermengen hatte.

12. Mischung von gleichen Gewichten Wasser und eines andern Körpers (als welcher sich am bequemsten Quecksilber verwenden lässt) zeigt die Ungleichheit der Wärmemenge. Hat man den Wärmewerth des

Thermoskopes für diesen Versuch bestimmt (s. oben) so lässt sich die spezifische Wärme des Körpers mit ziemlicher Genauigkeit bestimmen.

13. Wärmelcitung. Zum Nachweise der verschiedenen Leitungsfähigkeit dient folgendes Verfahren. Zwei gleich starke und lange Metalldrähte, welche man nach Aussen in Ringen endigen lässt, in welche die Kugeln zweier Thermoskope gesetzt werden, sind mit ihren andern Enden in eine Kugel einzuschrauben, welche von einer Flamme erwärmt wird (s. Fig. II). Es wird die Zeitdauer beobachtet, welche bis zur Erwärmung der Thermoskope verfliesst. Oder es werden, wenn man nur mit 1 Thermoskope arbeiten will, nacheinander 2 Drähte verschiedenen Metalles in derselben Weise erwärmt und der Zeitunterschied bestimmt. Die Wirkung eingeschalteter schlechter Wärmeleiter ist leicht nachweisbar.

14. Zur Wärmestrahlung lassen sich sehr zahlreiche Vorlesungsversuche mit dem Thermoskope angeben. Z. B. zwischen zwei Hohlspiegeln Versuche mit dem Leslie'schen Würfel, Absorptionsversuche, die vollständige Durchlässigkeit des Steinsalzes für die Wärmestrahlen, die Durchlässigkeit der Wärme durch eine Jodlösung, u. A. m.

15. Wärmeerregung im Schliessungsbogen bei der Entladung der Leidener Flasche (s. Fig. Id). Hier gestattet das Thermoskop Versuche mit dem Riess'schen Luftthermometer einem grossen Zuhörerkreise sehr belehrend vorzuführen. Das Gesetz, dass die Erwärmung proportional zu  $\frac{q^2}{s}$  ist, lässt sich überraschend leicht nachweisen. Ich setze die Kugel eines Riess'schen Luftthermometers durch welches eine beliebige Drahtspirale gezogen ist, unmittelbar mittelst des Schlauches an das Thermoskop und entlade nun durch die Spirale mit beliebig geändertem  $q$  oder  $s$  eine Flasche oder Batterie. Um an einem Beispiele die Anwendung zu zeigen so ergab gleich einer der ersten Versuche:

$q$	$t$	$t$	$t$
mit der Laneschen Maassflasche	beobachtet nach Kreisgraden am Thermoskop	berechnet nach $q = 10$	berechnet nach $q = 40$
10	18	—	$16 \frac{3}{4}$
20	72	72	67
30	159	162	$150 \frac{3}{4}$
49	268	288	—

Bei den starken Ladungen mit  $q = 30$  und  $40$ , bei welchen zunehmend die Erwärmungen zu klein ausfielen, wurde offenbar die Ladungsfähigkeit der Batterie schon überschritten, dennoch ist die grosse Annäherung an das Gesetz ersichtlich. Zahlreiche spätere Versuche haben gezeigt, dass sich sehr genaue Bestimmungen machen lassen.

Die Benutzung des Thermoskops gestattet für Demonstrationsversuche das Riess'sche Luftthermometer sehr zu vereinfachen. Es ist das Capillarrose und Skala gänzlich fortzulassen und genügt eine an zwei gegenüberliegenden Stellen tubulirte Kugel, die an einer dritten Stelle einen Ansatz für den Schlauch hat (s. Fig. II b). Man kann sich dann ohne erheblichen Aufwand mehrere solcher Kugeln herstellen in welche Drathspiralen gleicher Dimensionen aus verschiedenen Metallen eingesetzt werden, indem man den Draht in Glasröhren einschmilzt, welche dann durch Korke in die tubulirten Oeffnungen dicht eingesetzt werden. Es ist dann die Abhängigkeit der Wärmeentwicklung von der Leitungsfähigkeit sofort nachweisbar.

16. Wärmeentwicklung durch den galvanischen Strom. Die unter Nr. 15 benutzte Kugel ist auch für die Wärmeentwicklung des galvanischen Stromes ohne Weiteres zu benutzen und genügen schon sehr schwache Ströme z. B. eines Leclanché'schen Elementes. Spannt man 2 Drähte gleicher Dimensionen aber verschieden Metalles isolirt von einander in die Kugel ein, so ist wieder bei der Schliessung des Stromes durch den einen oder den andern Draht die Beziehung der Wärmeentwicklung zum Leitungsvermögen nachzuweisen.

Diese Beispiele, welche sich leicht vermehren liessen, beweisen die Brauchbarkeit des Thermoskopes für Demonstrationszwecke.<sup>1)</sup> Ich möchte aber darauf hinweisen, dass die Methode vielleicht auch noch andere Anwendungen gestattet z. B. zur Fernsignalisirung eines Wärmezustandes, selbst für pyrometrische Angaben.

Da der Druck der auf das Aneroid wirkenden erwärmten Luft eine Funktion von der Grösse des der Wärmequelle ausgesetzten Luftraums (der Kugel) im Verhältniss zu der Gesamtgrösse des Luftraumes (Leitungsröhre, Aneroid) ist, so kann die Kugel sehr hohen Temperaturen ausgesetzt werden ohne die Formänderung des Aneroids übermässig zu steigern, wenn, sei es bei sehr kleiner Kugel im Verhältniss zum Luftinhalte der Leitung bis zum Aneroid, sei es bei Abgabe der Wärme aus der Leitung, nur ein Theil der Elasticitätssteigerung zur Geltung kommt.

Denkt man sich z. B. eine kleine mit dem Thermoskop durch eine lange Leitung in Verbindung gesetzte Metallhohlkugel mit einer Wärmequelle hoher Temperatur in Berührung gebracht, so wird das Thermoskop nicht die Temperatur der Wärmequelle angeben, sondern

<sup>1)</sup> Aneroid-Thermoskope, sowohl mit Verwendung der Dosenform (s. g. *holostériques*) als des Bourdon'schen Ringes hat mir Herr Optiker und Mechaniker L. Steger, Kiel am Wall, für das physikalische Institut der Universität geliefert. Ein solches Instrument mit Stativ, drei Metall- und mehreren Glaskugeln, sowie einigen passenden Gummischläuchen ist von Herrn Steger für 50 *M.* zu beziehen.

eine wegen des Wärmeverlustes niedrigere, welche aber bei gleichbleibenden Umständen eine bestimmte Beharrungstemperatur sein wird. Mit der Aenderung der Temperatur der Wärmequelle wird natürlich auch die Beharrungstemperatur im Thermoskope eine andere werden und wäre dies zu benutzen um an dem Thermoskope abzulesen, ob die Wärmequelle eine bestimmte, etwa für einen besondern technischen Zweck gewünschte Temperatur besitzt, für welche die Angabe an dem Thermoskope zuvor einmal ermittelt worden ist.

Die Signalisirung der Temperatur in einzelne Räume eines Gebäudes nach einer Kontrollestelle würde sich in ähnlicher Weise bewirken lassen.

---



Fig. I.

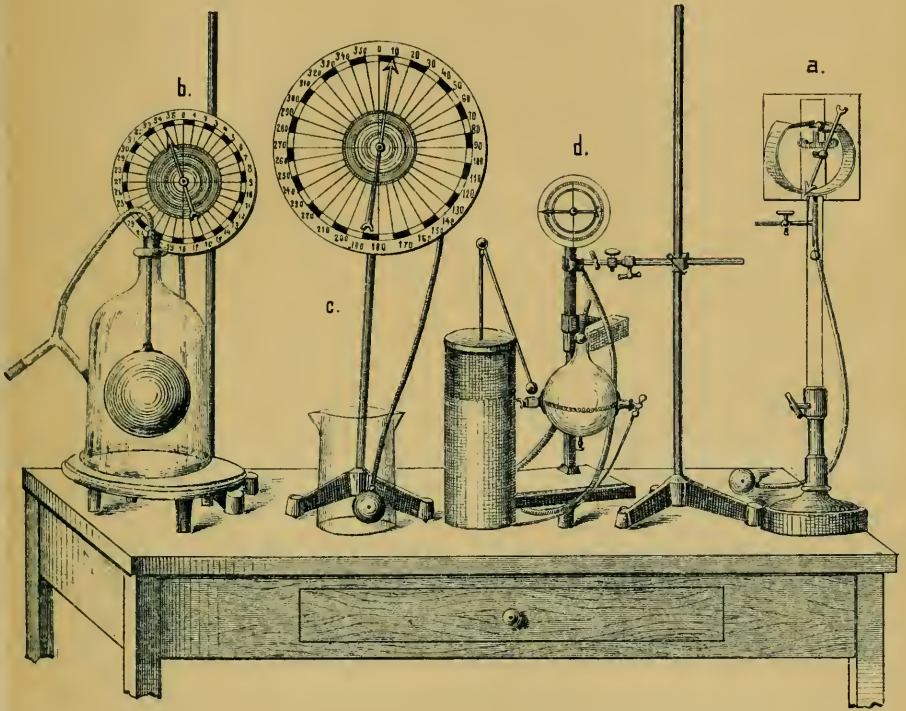
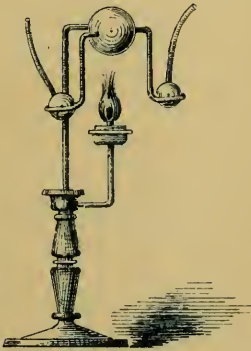


Fig. II.



Karsten.  
Aneroid - Thermoskop.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein](#)

Jahr/Year: 1891

Band/Volume: [8](#)

Autor(en)/Author(s): Karsten Gustav

Artikel/Article: [Das Aneroid-Thermoskop, ein neues Demonstrations-Instrument 17-24](#)