

Über eine Methode zur Bestimmung der elektromagnetischen Strahlung

Ignaz Klemenčič.

(Aus dem physikalischen Institute der k. k. Universität Graz.)

(Mit 1 Textfigur.

(Vorgelegt in der Sitzung am 18. Februar 1892.)

Einige Methoden der Untersuchung elektrischer Schwingungen beruhen bekanntlich auf der Erwärmung feiner Metalldrähte. Die Erwärmung wird dabei entweder durch die Verlängerung¹ oder Widerstandsänderung,² oder bei Anwendung zweier Drähte von verschiedener materieller Beschaffenheit, durch die auftretende thermoelektrische Kraft gemessen. Es schien mir daher nicht ohne Interesse, zu untersuchen, in welcher Weise die Erwärmung durch elektrische Schwingungen von der Dicke der Drähte abhängt, in wie weit es sich also empfiehlt, möglichst feine Drähte anzuwenden.³ Abgesehen von der praktischen Seite, welche diese Frage darbietet, hat die Sache aber auch ein theoretisches Interesse insofern, als bei den Schwingungen die Elektrizitätsbewegung nur auf die oberflächlichen Schichten beschränkt bleibt und man daher annimmt, dass der Sitz der Wärmeerzeugung ebenfalls nur in der Oberfläche liegt. In Verbindung mit diesen Messungen suchte ich zugleich die Intensität der elektromagnetischen Strahlung zu bestimmen. Die Untersuchungen bezüglich des ersten

¹ Gregory, Phil. Mag. Jänner 1890.

² Rubens-Ritter, Wied. Ann. 40, S. 55, 1880.

³ Klemenčič, Sitzungsbericht der Wiener Akademie, Bd. 99, Juli 1890.

Punktes haben bisher noch keinen befriedigenden Abschluss erreicht; was jedoch den zweiten Fall betrifft, so glaube ich eine Methode gefunden zu haben, welche sich durch grosse Einfachheit auszeichnet und auch in anderen Fällen, nicht bloss bei der Messung der Intensität der Strahlung mit Erfolg verwendet werden dürfte. Die Methode besteht darin, dass ich in die Nähe eines feinen Platindrahtes ein Thermoelement bringe und die Temperaturerhöhung der Lötstelle messe, einmal wenn der benachbarte Platindraht durch die elektrischen Schwingungen und dann wenn er durch einen constanten Strom erwärmt wird. Ich habe nach dieser Methode in zwei bestimmten Fällen die Strahlung gemessen und theile die Resultate unten mit. Weitere Messungen sollen nachfolgen; vorher aber müssen noch einige Untersuchungen durchgeführt werden, welche eine Vergleichung der unter verschiedenen Umständen gewonnenen Werthe ermöglichen sollen.

So ist vorläufig der von Boys, Briscoe und Watson¹ für die elektromagnetische Strahlung gefundene Werth von 0·000685 Cal. pro Secunde mit den hier erhaltenen von 0·000155, resp. 0·000088 Cal. pro Secunde noch kaum vergleichbar. Die englischen Physiker benützten Primärinductoren von etwas mehr als 100 *cm* Länge und einen ebenso langen in einer Entfernung von 30 *cm* der Bestrahlung ausgesetzten dünnen Doppeldraht. Meine Werthe beziehen sich auf die Strahlung zwischen zwei Hertz'schen Spiegeln, deren Brennlilien 1·44 *m* entfernt waren.

Die erste Zahl wurde von einem 2 *cm* langen Platindraht angezeigt, der zwischen die einander zugekehrten Enden zweier Messingplatten² von je 30 *cm* Länge und 5 *cm* Breite gelötet war; die zweite ergab sich aus der Bestrahlung eines einfachen 26·3 *cm* langen, in der Brennlilie aufgestellten Platindrahtes. Bezieht man diesen letzteren und ebenso den von Boys, Briscoe und Watson gefundenen Werth auf die Längeneinheit des bestrahlten Drahtes, so bekommt man, wohl ganz zufällig, in beiden Fällen die gleiche Zahl, nämlich 0·0000033 Cal. pro Secunde.

¹ Phil. Mag. 1891, Nr. 188, p. 44.

² Eine schon früher oft benützte Form des Secundärinductors.

Die Versuche über die Erwärmung von Drähten durch elektrische Schwingungen haben dargethan, dass eine Bestimmung der Strahlungsintensität aus der Widerstandsänderung des Drahtes kaum durchzuführen ist. In allen Fällen muss man nämlich die Grösse der Erwärmung durch die Schwingungen mit jener durch einen constanten Strom vergleichen. Die Wärmeentwicklung ist aber in dem einen Falle zumeist nur auf die Oberfläche beschränkt, während sie sich im anderen Falle auf den ganzen Querschnitt erstreckt; die mittlere Widerstandsänderung des Drahtes ist daher in den beiden Fällen durch zwei verschiedene Functionen mit der Oberflächentemperatur verbunden, welche letztere für die Wärmeabgabe massgebend ist. Ferner muss noch berücksichtigt werden, dass behufs Messung der Widerstandsänderung der erwärmte Draht mit Zuleitungen versehen werden muss, über welche sich stets ein nicht unbeträchtlicher Theil der Schwingungsenergie ausbreitet und auf diese Weise der Beobachtung entgeht.

Boys, Briscoe und Watson haben zur Bestimmung der elektromagnetischen Strahlung ein Convectionsluftthermometer benützt, welches aus einer langen cylindrischen, nach der Mitte durch eine Wand in zwei Abtheilungen getheilten Röhre bestand. In der einen Abtheilung befand sich der bestrahlte dünne Platindraht, die andere war leer. Eine am oberen Ende der Scheidewand angebrachte runde Öffnung, in welcher sich ein sehr leichter drehbarer, der Öffnung gut angepasster Spiegel befand, gestattete die Communication der Luft von der einen Abtheilung in die andere. Der Spiegel war am Ende eines Hebelarmes befestigt, der in der Mitte von einem Quarzfaden getragen wurde. Jede Erwärmung des feinen Platindrahtes hatte ein Überströmen der Luft zur Folge, welches eine Ablenkung des Spiegels bewirkte. Um ein absolutes Mass für die Grösse der im Drahte entwickelten Energie zu gewinnen, wurde sodann ein constanter Strom durch den Draht geschickt und ebenfalls die Drehung des Spiegels gemessen.

Bei den nachfolgend beschriebenen Messungen habe ich mich wieder, wie schon in früheren Fällen, eines Thermoelements bedient; dasselbe war dicht in der Nähe des bestrahlten Drahtes senkrecht zu diesem ausgespannt und von ihm durch

eine kleine Luftstrecke getrennt. Die Anordnung bei den ersten Versuchen war folgende. Zwischen zwei je 30 cm lange, 5 cm breite Platten P (Fig. 1) aus dünnem Messingblech war bei a

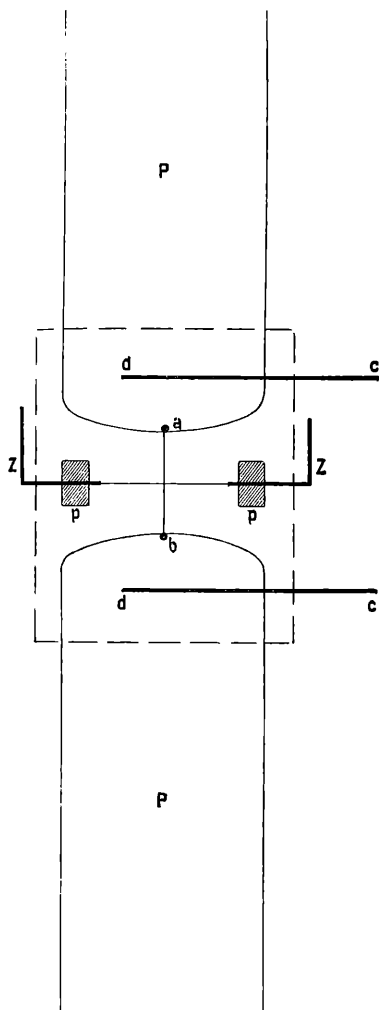


Fig. 1.

und b ein 2 cm langer Platindraht von $0\cdot0067\text{ cm}$ Dicke und $0\cdot76\text{ Ohm}$ Widerstand angelöthet. Jedes Messingblech war zwischen zwei Glasplatten gekittet und diese beiden Hälften zwischen zwei weitere Glasplatten mit Siegelack so befestigt, dass bei den zugekehrten Enden ein Hohlraum von der Grösse des durch die gestrichene Linie angedeuteten Vierecks entstand. Dieser Hohlraum hatte einen dichten Abschluss gegen die äussere Luft; innerhalb desselben war zwischen zwei an die Platten p angelötheten dickeren, rechtwinklig abgelenkten Drähten z ein Thermoelement Platin - Patentnickel (von $0\cdot0042$, resp. $0\cdot0051\text{ cm}$ Dicke) senkrecht zur Richtung des ab verbindenden Drahtes so angebracht, dass die Löthstelle vom letzteren nur um einige Zehntel eines Millimeter abstand. An die Zuleitungsdrähte z waren zwei gut übersponnene zu einem Zopf geflochtene Drähte befestigt.

dc sind zwei an die Messingplatten P gelöthete Kupferdrähte, welche mit ihren Enden aus dem Hohlraum ragten; mittelst dieser konnte der Platindraht in einen Kreis eingeschaltet

werden, in welchem sich ein Accumulator und ein Stöpselrheostat befand.

Den so beschriebenen Secundärinductor stellte ich in einem Hertz'schen Spiegel auf und setzte ihn der Einwirkung elektrischer Schwingungen aus, welche von einem ebenfalls in der Brennlilie eines Spiegels aufgestellten Primärinductoren-paar kamen. Spiegel und Primärinductoren waren nach den Angaben von Hertz verfertigt. Die Zuleitungsdrähte des Thermoelements wurden durch die Wand des Spiegels möglichst senkrecht zur Axe des Secundärinductors geführt und mit den Enden eines Thomson - Carpentier-Galvanometers verbunden.

Die Ladung für die Primärinductoren lieferte ein durch drei Accumulatoren betriebener Ruhmkorff. Die Schlagweite betrug $3 \cdot 3 \text{ mm}$ und der Interruptor gab 23 Unterbrechungen pro Secunde. Der Funkenstrom zwischen den Primärinductoren konnte vom Beobachtungsstuhle aus in Thätigkeit gesetzt werden; bei jeder Messung wurde er 10 Secunden lang unterhalten und der Stand der Galvanometernadel vor Beginn, dann ihre grösste Ausweichung und schliesslich der erste Umkehrpunkt beim Zurückschwingen nach Sistirung des Funkenstromes notirt. Die Differenz zwischen der zweiten Ablesung und dem Mittel der beiden anderen ist ein Maass für die Intensität der Strahlung. Um diese Grösse in absoluten Einheiten auszudrücken, wurden die Drahtenden bei c mit dem zum Stöpselrheostaten und zum Accumulator führenden Kreise verbunden, dieser Kreis selbst jedoch erst in einem bestimmten Momente 10 Secunden geschlossen, wobei die Notirung der Galvanometerablesungen in derselben Reihenfolge erfolgte wie oben.

Ich habe mich nun überzeugt und werde eine diesbezügliche Beobachtung weiter unten anführen, dass die Ausschläge beim constanten Strom den Quadraten der Stromstärke proportional waren; ein Beweis, dass sich durch die Erwärmung nicht etwa die Distanz zwischen dem Thermoelement und dem bestrahlten Drahte geändert hat.

Nachfolgend bedeutet:

α den Ausschlag, welcher der Strahlung entspricht,

β jenen, welcher beim Durchleiten des constanten Stromes erhalten wurde. In diesem Falle war im Kreise ein Accumulator und ein Gesamtwiderstand von $95 \cdot 6$ Ohm eingeschaltet;

a den Ausschlag, welcher am zweiten mit einem Standard-inductor¹ verbundenen Galvanometer abgelesen wurde.

In drei Versuchen erhielt ich folgende aus mehreren Beobachtungen resultirende Mittelwerthe:

α	a	β
181	51	87
168	48	89
180	49	91
Mittel: 176	49	89

Es sei noch erwähnt, dass in dem Schliessungskreise des Thomson-Carpentier-Galvanometers unter den obwaltenden Widerstandsverhältnissen eine elektromotorische Kraft von $\frac{0 \cdot 05}{20.000} \times 1$ Clark einen Ausschlag von 87 Strichen ergab. Dies gibt 1 Scalentheil auf $0 \cdot 037$ Mikrovolt.

In den oben verzeichneten Werthen von α ist jedoch möglicherweise ein Theil enthalten, welcher von einer directen Einwirkung auf das Thermoelement herrührt. Um darüber einen Aufschluss zu bekommen, verfertigte ich mir einen zweiten Secundärinductor, dessen mittlerer Theil mit dem vorhergehenden genau übereinstimmte; die Messingplatten P jedoch waren auf ein Minimum reducirt; sie hatten von dem Punkte a , resp. b aus gemessen nur eine Länge von $1 \cdot 7$ cm. Gleiche Beobachtungen wie oben ergaben hier folgende Werthe:

α	a	β
19	41	91

Wie der Werth von a lehrt, war die Wirksamkeit der Funken in diesem Falle geringer, wie im vorhergehenden, β ist nahezu gleich, α aber beträgt nur noch etwa den neunten, oder wenn man es auf den vorhergehenden Werth von a reducirt,

¹ Wie schon in früheren Fällen war auch diesmal seitlich im Primärspiegel ein Standartinductor aufgestellt.

den achten Theil von früher; doch auch davon ist das meiste auf Rechnung der Erwärmung des Platindrahtes zu setzen, nicht aber einer directen Einwirkung der Schwingungen auf das Thermoelement und seine Zuleitungsdrähte zuzuschreiben. Um diesen letzten Theil zu bestimmen, habe ich bei diesem Inductor vorsichtig die Deckplatte entfernt, den *ab* verbindenden Platindraht durchgeschnitten und zur Seite gezogen. Eine nochmalige Beobachtung von α und *a* ergab folgende Werthe:

α	<i>a</i>
1·8	36

Die directe Einwirkung auf das Thermoelement ist also sehr gering, was erklärlich ist, wenn man bedenkt, dass dasselbe sammt seinen Zuleitungsdrähten senkrecht zur Schwingungsrichtung aufgestellt ist.

Reducirt man den zuletzt erhaltenen Werth von α auf *a* = 49, so bekommt man 2·4, welche Grösse bei der Berechnung der Intensität der Strahlung als Correctur anzubringen ist.

Der verwendete Accumulator hatte eine elektromotorische Kraft von 2 Volt. Daraus und aus dem Widerstande des Schliessungskreises von 95·6 Ohm ergibt sich eine Stromstärke von 0·0209 Ampère. Dieser Stromstärke entspricht im Platindrahte (Widerstand = 0·76 Ohm) eine Wärmeentwicklung von 0·0000797 Cal. pro Secunde und es ergibt sich daher für die Bestrahlung durch die elektrischen Schwingungen eine Wärmeentwicklung von

$$0\cdot000155 \text{ Cal. pro Secunde.}$$

Ein zweiter Versuch betraf die Einwirkung der elektrischen Schwingungen auf einen einzelnen Draht, welcher ebenfalls in der Brennlinie eines Hertz'schen Spiegels der Bestrahlung ausgesetzt wurde. Dieser Fall nähert sich mehr dem von Boys, Briscoe und Watson untersuchten.

Der benützte Draht war 26·3 *cm* lang und 0·0072 *cm* dick; ein Gehäuse von Glasplatten schloss ihn von der äusseren Luft ab. An den Enden waren kurze, 1 *mm* dicke Kupferdrähte befestigt, welche beiderseits aus dem Gehäuse ragten; sie dienten zur Zuleitung des constanten Stromes. Die Länge des Drahtes

sammt den Zuleitungsdrähten betrug 32 *cm*. Der Draht für sich hatte also ungefähr die Länge des verwendeten Primärinductors. Das Thermoelement war nahe bei der Mitte des Platindrahtes angebracht und die einzelnen Theile genau so geführt, wie im vorhergehenden Falle. Alle anderen Umstände blieben dieselben wie vorher. Die Beobachtungen ergaben folgende Werthe:

α	a	β
9·8	40	68
9·5	41	69
9·1	40	69
Mittel: 9·5	40	69

Im Schliessungskreise des constanten Stromes war ein Accumulator und ein Gesamtwiderstand von 102·7 Ohm.

Es sei noch erwähnt, dass der Ausschlag β in einem speciellen Falle beim genannten Widerstande gleich 68·4 Scalentheile, bei einem solchen von 197·4 Ohm aber gleich 18·8 Scalentheile gefunden wurde, was mit dem quadratischen Verhältnisse gut übereinstimmt.

Für den constanten Strom ergibt sich im Platindrahte, dessen Widerstand 8·7 Ohm betrug, eine Wärmeentwicklung von 0·000789 Cal. pro Secunde. Mit Rücksicht auf die oben erwähnte Correctur, betreffend die directe Einwirkung auf das Thermoelement entspricht also der Bestrahlung eine Wärmeentwicklung von

$$0\cdot000088 \text{ Cal. pro Secunde.}^1$$

Um die in den beiden Fällen erhaltenen Zahlen mit einander vergleichen zu können, müssen sie auf gleiche Werthe von a reducirt werden. Bezieht man beide auf $a = 40$, so soll der erste Werth 0·000127 heissen. Es ist bemerkenswerth, dass die beiden Versuche eine nicht sehr verschiedene Strahlungsintensität ergaben, obwohl in einem Falle ein Secundärinductor von 66 *cm* Gesamtlänge und 5 *cm* Breite und im zweiten Falle

¹ Dieser Werth wurde unter der Voraussetzung berechnet, dass die Wärmeentwicklung längs des ganzen Platindrahtes die gleiche ist, was sicher nicht vollkommen zutrifft; doch kann diese Ungleichmässigkeit infolge der Capacität der an den Enden des Platindrahtes befestigten Kupferdrähte keine grosse sein.

ein einzelner 26.3 cm langer, mit kurzen Zuleitungen aus Kupfer versehener, 0.0072 cm dicker Platindraht verwendet wurde. Ganz anders jedoch liegen die Thatsachen, wenn man die Wärmeentwicklung auf die Längeneinheit bezieht. In diesem Falle sind die entsprechenden Werthe 0.000063 und 0.000033 Cal. pro Secunde. Die Erwärmung des Drahtes ist im ersten Falle nahezu 20mal grösser als im zweiten.¹

Die englischen Physiker Boys, Briscoe und Watson haben aus ihren Versuchen mit dem Convectionsluftthermometer für die elektromagnetische Strahlung den Werth 0.000685 Cal. pro Secunde abgeleitet.

Diese Zahl bezieht sich auf die ganze Länge des bestrahlten Drahtes, welche $2 \times 103 \text{ cm}$ betrug. Die Umstände, unter denen die englischen Physiker den obigen Werth erhielten, waren in vielen Punkten ganz andere, wie die der vorliegenden Untersuchung. Der Unterschied liegt hauptsächlich in der Grösse der benützten Primärinductoren, in der gegenseitigen Entfernung zwischen diesen und dem bestrahlten Drahte, in der Anwendung von Spiegeln und gewiss auch in einer ungleichen Wirksamkeit des Ruhmkorff. Es ist daher ein reiner Zufall, dass der von Boys, Briscoe und Watson angegebene Werth, wenn er auf die Längeneinheit des bestrahlten Drahtes bezogen wird, die Zahl 0.000033 ergibt, welche mit der oben für den einzelnen Draht gefundenen vollkommen übereinstimmt.

¹ Ein kleiner Fehler in den Bestimmungen nach dieser Methode konnte allerdings auch darin liegen, dass die Dauer der Erwärmung (10 Secunden) etwas kurz war. Bei der Feinheit der Drähte kann jedoch dieser Fehler nicht bedeutend sein.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1892

Band/Volume: [101_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Klemencic Ignaz

Artikel/Article: [Über eine Methode zur Bestimmung der elektromagnetischen Strahlung. 310-318](#)