

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Gesammelte Werke

Schriften vermischten Inhalts

Hertz, Heinrich

Vaduz/Liechtenstein, 1987

11. Dynamometrische Vorrichtung von geringem Widerstande und verschwindender Selbstinduktion

[urn:nbn:de:bsz:31-269592](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-269592)

11. Dynamometrische Vorrichtung von geringem Widerstande und verschwindender Selbstinduktion.

Aus der Zeitschrift für Instrumentenkunde, Bd. 3, S. 17—19, 1883.

Das von WILHELM WEBER erfundene Elektrodynamometer leidet in allen Formen, die zum Nachweise halbwegs schwacher Ströme bestimmt sind, an zwei für viele Untersuchungen sehr erheblichen Übelständen, erstens dem großen Widerstande, der gewöhnlich mehrere hundert Siemens-Einheiten beträgt, und zweitens dem hohen Werte des Selbstinduktionskoeffizienten. Dieser letztere Fehler beschränkt in mancher Hinsicht den Gebrauch des Instrumentes mehr als der erstere, denn er bewirkt, daß das Dynamometer alternierenden Strömen einen scheinbar vergrößerten Widerstand entgegensetzt und diese Vergrößerung kann bei sehr schnell alternierenden Strömen eine sehr beträchtliche sein. Ist w der Widerstand des Instrumentes, P sein Selbstinduktionskoeffizient, T die Periode eines alternierenden Stromes, so verhält sich der scheinbare Widerstand gegenüber diesem Strome zu dem eigentlichen Widerstande w wie $\sqrt{1 + P^2 \pi^2 / T^2 w^2} : 1$. Nun kann für das von WILHELM WEBER beschriebene Instrument und die ähnlichen in Gebrauch befindlichen Formen der Koeffizient P als von der Ordnung von 1 bis 2 Erdquadranten veranschlagt werden; nehmen wir w zu 200 S.-E. oder angenähert zu 200 Erdquadranten in der Sekunde, so folgt, daß schon für einen Strom, der 50mal in der Sekunde seine Richtung ändert, der Widerstand im Verhältnisse von $\sqrt{2} : 1$ vergrößert erscheint; einem Strome aber, welcher 500 000 mal in der Sekunde seine Richtung ändert, würde das Instrument einen Widerstand von 20 000 S.-E. entgegenstellen. Über das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Strömen, die mehr als 10 000 mal in

der Sekunde ihre Richtung ändern, vermag demnach das Dynamometer keinen Aufschluss zu geben, da seine Einfügung in den Schließungskreis an sich das Zustandekommen solcher Ströme verhindert. Es wird daher unanwendbar beispielsweise dann, wenn es sich um die Entladung Leydener Flaschen in kurzen metallischen Schließungsbögen handelt.

Der Erfolg einer Untersuchung, welche ich anstellte¹⁾ und bei welcher es auf den Nachweis ungemein schnell alternierender Ströme ankam, war abhängig von dem Besitze eines Instrumentes, welches mit kleinem Widerstande und verschwindender Selbstinduktion doch einige Empfindlichkeit verbände, und ich kam daher auf den Gedanken, die Wärmewirkung des Stromes in dünnen Metalldrähten zum Nachweise ihres Vorhandenseins zu benutzen. Der Versuch glückte viel besser,

als irgend zu erwarten war, und ich erlaube mir daher, das benutzte kleine Instrument hier zu beschreiben. Es steht zwar an Empfindlichkeit für gleiche Stromintensitäten weit zurück hinter den üblichen Dynamometern, übertrifft aber ebensoweit diejenigen Apparate gewöhnlicher Konstruktion, welche ihm dem Widerstande nach vergleichbar sind; es hat eine verschwindende Selbstinduktion und wird an Bequemlichkeit der Benutzung von keinem Apparate übertroffen, welcher gleich genaue Messungen zu machen erlaubt.

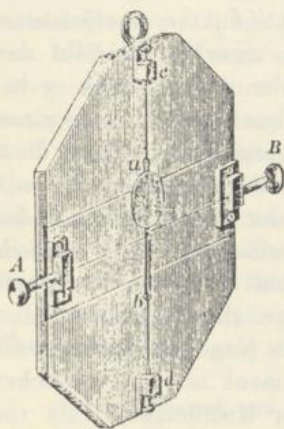


Fig. 24.

Fig. 24 gibt ein Bild des Apparates. Zwischen den Klemmen *A* und *B* ist der Hauptbestandteil, ein sehr dünner Silberdraht von 0,06 mm Durchmesser und 80 mm Länge ausgespannt; derselbe aber läuft nicht geraden Wegs von einer Klemme zur anderen, sondern er ist an dem senkrechten Stahldraht *ab* mit ein wenig Lot befestigt und so um den-

¹⁾ [Siehe No. 13 S. 242.]

selben geschlungen, wie es durch Fig. *b* näher erläutert wird. Der Stahldraht *ab* hat einen Durchmesser von 0,8 mm, er ist möglichst glatt und rund; die Verschlingung des Silberdrahtes kann einfach dadurch erzeugt werden, daß man denselben zunächst locker spannt und nun den Stahldraht in Richtung des Pfeiles dreht. In einer Lage, in welcher der Silberdraht schon gut gespannt ist, wird *ab* erhalten durch die Torsion, welche er in den dünneren Stahldrähten *ac* und *bd* von 0,1 bis 0,2 mm Durchmesser und 25 mm Länge wahrnimmt. Es ist nun klar, daß bei jeder Erwärmung des Silberdrahtes sich die Drähte *ac* und *bd* detordieren und also eine Drehung des Drahtes *ab* um seine Längsaxe veranlassen; diese wird mittels eines an der Axe befestigten Spiegels durch ein Fernrohr an einer ca. 2 m entfernten Skale abgelesen. Um zu verhindern, daß Änderungen der allgemeinen Temperatur gleichfalls Drehungen des Spiegels zur Folge haben, sind die Klemmen *A* und *B* nicht direkt auf der Holzunterlage, sondern auf einem Stücke steifen Messingbleches, selbstredend isoliert von diesem befestigt. Da Messing und Silber sehr nahe die gleiche Ausdehnung besitzen, so ändern Temperaturschwankungen des ganzen Apparates die Ruhelage sehr wenig. Ein Kästchen, welches Luftströmungen abhält, ist in der Figur fortgelassen. Der Apparat kann entweder mit einem Haken zum Aufhängen an der Wand, oder mit einem Fusse versehen werden; Stellschrauben sind überflüssig.

Gesetzt, es werde der Draht *AB* um 1° C. gegen seine Umgebung erwärmt, dann verlängert er sich um 19 Milliontel seiner Länge, also verlängert sich jede seiner Hälften um 760 Milliontel Millimeter; diese Ausdehnung erscheint auf der Skale vergrößert im Verhältnisse von $2 \times 2000/0,4 : 1 = 10\,000 : 1$ und verursacht also eine Verschiebung um 7,6 mm; einer Temperaturerhöhung von $\frac{1}{30}$ ° C. entspricht daher eine Verschiebung von ca. $\frac{1}{4}$ mm, welche eben noch unzweifelhaft wahrgenommen wird.

Die Beobachtung ergab nun das Folgende:

1. Der Widerstand des Instrumentes beträgt 0,85 S.-E.
2. Das Instrument kann in jeder beliebigen Lage benutzt werden und seine Aufstellung bedarf keiner besonderen Sorgfalt; das Bild der Skale steht völlig ruhig auch an einem Orte,

an welchem wegen der Erschütterungen des Bodens ein feines Galvanometer oder Dynamometer in beständiger Bewegung sich befindet. Wird der Spiegel in Schwingungen versetzt, so erfolgen diese so rasch, daß das Bild der Skale verschwimmt, aber die Luftdämpfung reicht aus, den Spiegel schon nach $\frac{1}{2}$ bis 1 Sekunde zur völligen Ruhe zu bringen.

3. Wird durch den Silberdraht ein Strom von passender Stärke geleitet, so geht das Bild mit einem Rucke auf die neue Ruhelage über und letztere kann nach 1 bis 2 Sekunden abgelesen werden; bei Unterbrechung des Stromes geht das Bild wieder ruckweise in die alte Ruhelage zurück. Sind die Ausschläge groß, so tritt allerdings Nachwirkung ein, aber diese scheint mehr elastischen als thermischen Ursprunges zu sein und ist nicht größer als in allen Instrumenten, in welchen Kräfte durch die Elasticität von Drähten gemessen werden. Nach einer oder höchstens einigen Minuten ist die alte Ruhelage mit aller wünschenswerten Genauigkeit wieder erreicht.

4. Über die Empfindlichkeit des Instrumentes geben die folgenden Zahlen Aufschluß. Es wurde dasselbe in einen Stromkreis eingeschlossen, welcher aus einem DANIELL'schen Elemente und w Siemens-Einheiten gebildet war. Unter a ist in der folgenden Tabelle der erfolgende Ausschlag in Skalenteilen, unter b die Wurzel aus diesem Ausschlage zu verstehen, letztere jedesmal dividiert durch den Gesamtwiderstand der Leitung, welcher aus w S.-E., 0,85 S.-E. für das Dynamometer und 0,77 S.-E. für das DANIELL'sche Element gebildet war, und multipliziert mit 1000.

$w = 100$	50	30	20	10	5	3	2
$a =$	0,25	0,9	2,2	4,9	16,9	52,1	106,8
$b =$	4,94	4,89	4,68	4,77	4,77	4,78	4,77

Die Zahlen der dritten Reihe sind bis auf die den kleinsten Ausschlägen angehörenden gleich und zeigen, daß die Ausschläge merklich den Quadraten der Stromstärke proportional sind und daß das Instrument zu Messungen ganz wohl geeignet ist. Ein Strom von 1 Dan. in 150 bis 100 S.-E. ist eben noch deutlich wahrzunehmen, Ströme von 1 Dan. in 30 S.-E. und — durch Abschaltung — alle stärkeren, können gemessen werden.

5. Werden durch das Instrument alternierende Ströme gesandt und wechseln dieselben nicht wenigstens einige hundertmal in der Sekunde ihre Richtung, so tritt ein Übelstand auf, der in der kleinen Schwingungsdauer des Spiegels beruht. Der Draht nimmt nämlich die Wärme so schnell an und giebt dieselbe so schnell wieder ab, dafs der Spiegel in Mitschwingung gerät, indem er jedem einzelnen Impulse folgt. An sich ist dies ein Vorzug; da aber das Auge den Schwingungen nicht zu folgen vermag, so verschwimmt das Bild der Skale, und eine scharfe Ablesung der mittleren Ablenkung ist nicht möglich. Dieser Nachteil wird wesentlich kleiner, wenn man objektive Beobachtung anwendet, wo dann die Skale ruht, und die Mittellage des zitternden Lichtfleckes immer noch recht genau bestimmt werden kann. Übrigens kann auch, ohne dafs die Empfindlichkeit geschädigt würde, der Axe ein solches Trägheitsmoment erteilt werden, dafs die Schwingungsdauer beliebig grofs wird.

Da es schien, als sei die Empfindlichkeit des Instrumentes nur beschränkt durch die Genauigkeit, mit welcher die Drehungen der Axe abgelesen werden konnten, so habe ich eine Reihe von Versuchen gemacht, durch noch stärkere Übertragungen noch kleinere Verlängerungen des Drahtes sichtbar zu machen, teils indem ich an der Axe des beschriebenen Instrumentes Hebel anbrachte, die andere Axen drehten, teils durch ganz andere Anordnungen des gespannten Drahtes. Ich gelangte so dahin, Ausschläge zu erhalten, die zehnmal gröfser waren, als die angegebenen, aber dabei waren immer die Handlichkeit und Sicherheit der Einstellung so sehr vermindert, dafs ich die betreffenden Anordnungen nicht empfehlen möchte. Die beste Art, die Empfindlichkeit zu erhöhen, besteht in dem Versuche, einen noch dünneren Silberdraht zu verwenden, den Durchmesser der Axe *ab* noch weiter zu vermindern und die Länge des Silberdrahtes zu vermehren, da wohl nur selten ein Dynamometer verlangt wird, welches einen so kleinen Widerstand wie das hier beschriebene besitzt.

Geht man etwas näher in die Theorie des Instrumentes

Bestimmung, welche für eine möglichst zweckmäßige Konstruktion maßgebend ist: Man wähle den zu benutzenden Draht von demjenigen Metalle (unter den überhaupt in Betracht kommenden), welches die größte Ausdehnung durch Wärme zeigt, man wähle ihn so dünn, wie er sich irgend herstellen läßt, und mache ihn so lang, daß der innere Widerstand des Instrumentes gleich demjenigen äußeren Widerstande ist, für welchen man dem Instrumente die größte Empfindlichkeit zu geben beabsichtigt.