

Versuche mit Wechselströmen

Viktor v. Lang,

w. M. k. Akad.

(Mit 2 Textfiguren.)

I.

Professor Elihu Thomson hat vor nicht langer Zeit in einer populären Schrift¹ interessante Versuche über Abstosungen beschrieben, die durch Wechselströme hervorgerufen werden. Diese Versuche, welche zum Theil auch schon auf der Pariser Weltausstellung vom Jahre 1889 zu sehen waren, erfordern aber einen ziemlichen Aufwand von Hilfsmitteln, wie sie nicht leicht Jemandem zu Gebote stehen. Es lassen sich aber Prof. Thomson's Versuche in eine Form bringen, wo sie mit Wechselströmen von viel geringerer Frequenz und Intensität auszuführen sind und dabei manche neue Wahrnehmung zu machen gestatten.

Die Hauptsache bei der von mir gewählten Anordnung besteht darin, dass der Eisenkern der angewandten Drahtspule auf der einen Seite weit herausragt. Dieser Kern besteht natürlich aus dünnen Drähten. Legt man über das herausragende Stück desselben gut leitende Ringe und sendet durch die Spule mässige Wechselströme, so werden diese Ringe von der Spule in erstaunlichem Masse abgestossen.

Die Dimensionen meines in Fig. 1 abgebildeten Apparates sind folgende. Die Spule ist aus doppelt mit Seide übersponnenem Kupferdraht von $1\cdot5\text{ mm}$ Durchmesser hergestellt und enthält 6 Lagen, jede zu 26 Windungen; ihr Gewicht ist ungefähr

¹ Elihu Thomson: Was ist Elektrizität? Übersetzt von H. Discher. Leipzig und Wien 1890.

$\frac{3}{4}$ Kilo, ihr Widerstand 0·53 Ohm. Sie wurde auf einen Holzcylinder von 35 *mm* Durchmesser mit zwei abnehmbaren Scheiben gewickelt, dann mit untergelegten Bindfaden zusammengebunden und stellenweise noch mit Siegelack gefestigt. Man erhielt so eine Spule, die bloß aus Draht bestand, und deren Öffnung nun ganz mit Eisendrähten ausgefüllt wurde. Der durch diese Drähte gebildete Eisenkern hat eine Länge von 240 *cm* und wird an dem unteren Ende durch die Spule, an dem oberen durch einen Ring zusammengehalten, der von einem dünn-

wandigen Messingrohr abgeschnitten ist. Ein ähnlicher Ring befindet sich noch in der Mitte des Bündels.

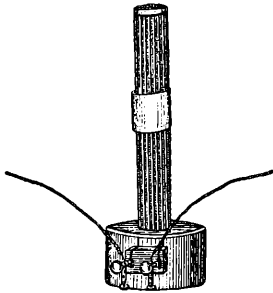


Fig. 1.

Um diese Vorrichtung auch in umgekehrter Lage benützen zu können, ist die Spule in eine einerseits offene cylindrische Holzbüchse mit Gyps eingekittet. Der sehr dünne Boden dieser Büchse hat natürlich ein Loch,

durch welches der Eisenkern hindurchgeht, während an dem offenen Ende der Büchse der Holzrand mit den Enden der Spule und des Eisenkernes in einer Ebene liegt. Auf der Mantelfläche der Büchse ist an einer Stelle noch ein Holzklötzchen aufgeleimt für die Doppelklemmen, in welche der Spulendraht an seinen beiden Enden ausläuft.

Die Versuche selbst wurden mit dem Wechselstrom ausgeführt, welcher auch zur Beleuchtung eines Theiles des physikalischen Cabinetes dient. Eine eigene „Versuchsleitung“ führt nämlich vom Laboratorium zu dem im Keller befindlichen Transformator, der von der Centralstation der hiesigen internationalen Elektrizitäts-Gesellschaft mit Strom versorgt wird. Es wurde gewöhnlich nur die Hälfte der secundären Wicklung des Transformators benützt, wobei die Spannung an den Enden der Versuchsleitung etwa 50 Volt beträgt. Die Periodenzahl des Wechselstromes ist ebenfalls sehr niedrig und variirt zwischen 42 und $43\frac{1}{2}$ in der Secunde. Bringt man durch vorgeschalteten Widerstand den Strom in der Spule auf 5 A. (effectiv), so ist

die Spannung an den Enden der Spule, wie ein in das zweite Paar der Endklemmen geschaltetes Voltmeter zeigt, ungefähr 24 V (effectiv). Hieraus folgt für den Inductions-Coëfficienten der Spule bei der angegebenen Stromstärke ungefähr 0·018.

Gibt man nun, während dieser Strom durch die Spule fließt und die Spule sich in der ersten Lage mit dem Eisenkern nach oben befindet, über diesen Kern einen Aluminiumring (Gewicht 17 g, Höhe 4 cm, Durchmesser 4·7 cm), wie er jetzt überall als Serviettenband verkauft wird, so wird derselbe kräftig von der Spule abgestossen und schwebt mit seinem unteren Rande 10·5 cm über der obersten Fläche der Holzbüchse, Fig. 1.

Ein etwas kürzerer, sonst gleicher Aluminiumring (Höhe 2·4 cm) zeigt eine nur wenig schwächere Abstossung. Sehr wirksam erwies sich auch ein Ring, der aus nicht ganz vier Windungen eines 4 mm dicken Kupferdrahtes bestand, wobei aber die einzelnen Windungen durch Zinnloth verbunden waren, so dass sie einen soliden Ring von 67 g Gewicht mit einem mittleren Durchmesser von 4·8 cm bildeten. Dieser Ring wurde bei der angegebenen Stromstärke um 5 cm gehoben.

Aus diesen Zahlen sieht man, dass man auch schon bei viel geringeren Stromstärken deutlich wahrnehmbare Abstossungen besonders mit Aluminiumringen erhält. Man kann mit noch schwächeren Stromstärken auskommen, wenn der Eisenkern nach beiden Seiten der Spule verlängert ist. Will man dies nicht ausführen, um die Spule auch für die später zu beschreibenden Versuche benützen zu können, so braucht man nur ein zweites Bündel Eisendrähte in einem Gestelle, etwa wie das in Fig. 2 gezeichnete, vertical zu befestigen und auf dieses Bündel die beschriebene Spule coaxial aufzusetzen. Man kann dann schon mit $1\frac{1}{2}$ A. Stromstärke und $12\frac{1}{2}$ V. Spannung ein Schweben des kürzeren Aluminiumringes in 1 cm Höhe beobachten; bei 2 A. Stromstärke und $18\frac{1}{2}$ V Spannung wird dieser Ring schon 5 cm hoch gehoben.

Treibt man, wieder ohne den unteren Eisenkern, die Stromstärke auf 10 A., wodurch die Spannung an den Spulenklammern auf $46\frac{1}{2}$ V. steigt, so ist der Aluminiumring schon fast an das Ende des Eisenkernes gelangt, während der Kupfering in der Höhe von 14 cm schwebt. Legt man bei offenem Stromkreis

den Aluminiumring über den Eisenkern auf die Holzbüchse und schliesst dann den Strom, so wird der Ring über den Kern hinaus in die Luft geschleudert.

Beim Schweben des Kupferringes kann man beobachten, dass die Stromstärke von 10 A. auf $10\frac{1}{2}\text{ A.}$ steigt, während die Spannung auf 46 V sinkt. Diese Differenzen wären natürlich viel beträchtlicher, wenn man den Ring von der Stelle, wo er schwebt, zur Spule hinunterdrückt, was aber einen Gesamtdruck von $0\cdot6\text{ kg}$ erfordert.

Ein Kupferring, der nur aus einer Windung 4 mm dicken Drahtes besteht, schwebt bei der Stromstärke von 10 A. in einer Höhe von $4\cdot5\text{ cm}$. Bringt man dann noch über den Eisenkern von oben den früher benützten Aluminium- oder Kupferring und nähert denselben dem einfachen Ringe, so wird letzterer angezogen und kann auf diese Weise bis zu einer Höhe von 13 cm gehoben werden.

Das letzte Experiment ist eine natürliche Folge davon, dass die in den beiden Ringen inducirten Wechselströme gleiche Phase haben und sich somit anziehen. Die Abstossung aber, die ein Ring durch die Spule erfährt, muss als Folge betrachtet werden, dass erstens die Phase des primären Stromes in der Spule und des secundären im Ringe nahezu um 180° verschieden sind und dass zweitens die Stromstärke im Ringe ruhig anwächst. Hiemit stimmt auch die Rechnung, welche sich in diesem Falle, freilich nur in ganz grober Annäherung ausführen lässt.

Ein Umstand complicirt ferner noch die Erscheinungen, dass schon durch die secundären Wechselströme allein der Ring gegen die Mitte des Eisenbündels getrieben wird; hiedurch wird das Schweben theils unterstützt, theils gehemmt, je nachdem der Ring tief oder hoch schwebt.¹

¹ Interessant ist in dieser Hinsicht eine Bestimmung, welche Prof. E. Lecher ausführte und mir mitzuthellen die Güte hatte. Derselbe benützte den Wechselstrom der Innsbrucker Centrale und eine Spule von 8×59 Windungen eines beiläufig $2\cdot2\text{ mm}$ dicken Kupferdrahtes. Der Durchmesser des Eisenkernes war 4 cm , über denselben wurde der Kupferring, 32 g schwer, von 25 mm^2 Querschnitt gelegt. Ging nun durch die Spule ein Strom von 11 A. , so wurde der Kupferring 19 cm hoch gehoben und erhitze sich in einer Minute so weit, dass er in Calorimeter 345 g Calorien abgab. Dies entspricht einer Stromstärke von beiläufig 500 A.

Um den Apparat auch als Transformatormodell benützen zu können, wurde eine Spule aus 0.6 *mm* dickem Kupferdraht in 12 Lagen gewickelt, welche ohne Fassung nur durch Bänder und Siegellack zusammengehalten wurde. Ihre Höhe beträgt 4.8 *cm*, ihr Widerstand 12 Ω . Dieselbe ist im Stande, eine Glühlampe von 50 V und 12 Ω Widerstand (kalt) ins Leuchten zu bringen, wenn durch die primäre Spule ein Strom von 7 A., wobei 32V Spannung, hindurchgeht. Der innere Durchmesser (4.6 *cm*) der secundären Spule ist so gross gewählt, um zwischen ihr und dem Eisenkern noch einen Kupfercylinder schieben zu können. Dieser ist 7 *cm* lang und 170 *g* schwer und hebt das Leuchten der Glühlampe gänzlich auf, wenn er zwischen die secundäre Spule und den Eisenkern geschoben wird. Die primäre Stromstärke steigt hiebei auf 8 A.; die in den Kupfercylinder inducirten kräftigen Ströme wirken nämlich ebenfalls inducirend auf die secundäre Spule, heben aber wegen ihrer Phasendifferenz die Wirkung der primären Spule auf.

Diese Erscheinung hat man ja schon seit lange zur Schwächung der inducirten Ströme der Inductionsapparate benützt, indem man einen Metallcylinder über die primäre Spule dieser Apparate schiebt.

Schliesst man die beschriebene secundäre Spule kurz, so wird sie von der oberen Fläche der primären Spule abgestossen, und schwebt in 1.5 *cm* Höhe. Ebenso schwebt bei dem früheren Experiment der Kupfercylinder, welcher zum gänzlichen Erlöschen der Glühlampe erst niedergedrückt werden muss.

II.

Figur 2 gibt den Apparat in der zweiten Lage wieder, in welcher der Eisenkern nach unten gerichtet ist und der Apparat oben eine breite Fläche darbietet. Über dieser Fläche befindet sich im Abstände von 4 *mm* eine runde Scheibe aus 1 *mm* dickem Kupferblech, die um ihre Axe sehr leicht beweglich ist. Diese Axe wird in verticaler Stellung von einer Gabel getragen, welche selbst in einem Stativ befestigt ist. Man nähert dieses Stativ so weit dem Apparat, dass die Kupferscheibe von oben gesehen den ganzen Eisenkern bedeckt und ihr Rand mit dem des Kernes zusammenfällt. Hiezu musste bei meinem

Apparate für die untere Zinke der Gabel etwas von dem Holze der Büchse an der betreffenden Stelle weggenommen werden.

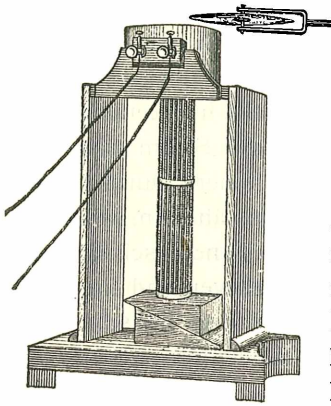


Fig. 2.

Hält man nun, während ein mässiger Strom durch die Spule geht, über die drehbare Kupferscheibe einen der früher benützten Aluminiumringe oder den dicken Kupfering, etwas excentrisch zu den Eisenkern, so geräth die Scheibe in Rotation und zwar vom Eisenkern nach den Ring zu. Die in der Scheibe und in dem Ringe inducirten Wechselströme ziehen sich nämlich wie in dem früheren Experimente an. Diese Anziehung würde aber keine Bewegung zur

Folge haben, wenn die Induction in der Kupferscheibe überall die gleiche wäre, sie ist aber über dem Eisenkern natürlich viel stärker, so dass die Kupferscheibe sich in dem angegebenen Sinne bewegen muss.

Mit gleichem Erfolge kann man auch einen soliden Kupfercylinder über die Scheibe bringen, oder bloss eine etwas dickere Kupferplatte, wenn sie nur excentrisch gegen die Verbindungslinie der Mittelpunkte von Kern und Scheibe gehalten wird.

Auch eine Eisenplatte bewirkt in der angegebenen Stellung die Rotation der Kupferplatte und zwar im gleichen Sinne. An der Stelle wo sich die Eisenplatte befindet ist offenbar das magnetische Feld am stärksten, dort werden in der Kupferscheibe auch die stärksten Ströme inducirt. Diese Ströme liegen nun excentrisch zu dem die Spule durchfliessenden Strom, gegen welchen sie nahezu um 180° in der Phase verschieden sind, sie werden dadurch von der Spule in dem früher angegebenen Sinne abgestossen.

Die vorhergehenden Versuche lassen sich auch alle und zwar in gleichem Sinne durch Kupfer-oder Eisenstücke hervorbringen, die zwischen die obere Fläche der Spule und die Kupferscheibe gebracht werden; nur muss in diesem Falle die Scheibe, um Raum für die Metallplatten zu gewinnen, gehoben werden. Der grössere Abstand der Kupferscheibe bedingt aber

auch einen stärkeren Strom in der Spule, während in der ersten Stellung der Scheibe schon eine Stromstärke von 3 A. genügt, welcher eine Spannung von 15 V an den Enden der Spule entspricht.

Für die Richtigkeit der für die Rotation der Kupferscheibe gegebenen Erklärung spricht auch folgendes Experiment. Man ersetzt die Scheibe durch einen blossen Kupfering, der an einem Stiele in seiner Ebene befestigt und mittelst desselben um eine excentrisch gelegene verticale Axe drehbar ist. Dieser Ring wird coaxial über den Eisenkern gestellt; bringt man nun einen zweiten Ring darüber in excentrischer Stellung, so dreht sich der bewegliche gegen den fixen hin. Die Schwierigkeit besteht in diesem Falle nur darin, den Ring central über den Eisenkern zu bringen, denn bei der geringsten Unsymmetrie wird der Ring schon durch die Spule aus dem Felde hinaus geworfen.

Zum Schlusse noch folgendes Experiment, zu welchem eine kleine Drahtrolle mit Eisenkern dient, die aus 0.4 mm dickem Kupferdraht auf Holz gewickelt ist, 48 mm Höhe, 23 mm äusseren und 9 mm inneren Durchmesser hat. Die Enden dieser Spule werden in das zweite Paar Endklemmen der primären Spule geklemmt, so dass die beiden Spulen parallel geschaltet sind. Hält man nun die kleine Spule, wie früher die Ringe, vertikal über die Kupferscheibe, so rotirt diese ebenfalls, die Rotation dreht sich aber um, wenn man die kleine Spule umdreht. Die Rotation erfolgt nämlich gegen die Spule oder von ihr weg, jenachdem ihr Eisenkern das magnetische Feld verstärkt oder schwächt. Statt der kleinen Spule, die 4 Ω Widerstand und als Kern ein Drahtbündel hat, kann man mit gleichem Erfolge die grosse Rolle ohne Eisenkern benützen, welche oben zu dem Experimente mit der Glühlampe diente.

Die zuletzt beschriebene Erscheinung ist dieselbe, welche von Bláthy zur Construction seiner Wechselstrommesser verwendet wurde.

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: 1893

Band/Volume: [102_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Lang Viktor Edler von

Artikel/Article: [Versuche mit Wechselströmen. 523-529](#)