

# Über Widerstandsbestimmung mittels des Telephons.

Von

J. Rosenthal.

(Vorgetragen am 5. März 1883.)

Die so ausserordentlich empfindliche und dabei bequeme Methode der Widerstandsbestimmung mit der Wheatstone'schen Brückencombination lässt uns im Stich, wenn es sich um Bestimmung von Widerständen polarisirbarer Leiter handelt, da sie voraussetzt, dass in den Zweigen der Brücke nirgendwo eine elektromotorische Kraft ihren Sitz habe. Um diese Schwierigkeit zu umgehen, hat Kohlrausch<sup>1)</sup> vorgeschlagen, Wechselströme anzuwenden, wie sie ein Magnet-Induktor oder die sekundäre Spirale eines Induktoriums liefert. Da aber Wechselströme auf die gewöhnlichen Galvanometer nicht wirken, so muss man sich eines Weber'schen Dynamometers bedienen, durch dessen eine Rolle man, nach Kohlrausch's sinnreichem Vorschlag, den ganzen Strom des Induktors leitet, während man die andre Rolle in die Brücke einschaltet.

Das Weber'sche Elektrodynamometer ist ein nicht sehr verbreitetes Instrument. Da mir keins zur Verfügung steht, so erinnerte ich mich, als ich Widerstandsbestimmungen polarisirbarer Leiter auszuführen hatte, dass Kohlrausch angibt, man könne statt des Dynamometers auch das Telephon benutzen<sup>2)</sup>. Bei der ausserordentlichen Bequemlichkeit dieses stromprüfenden Werkzeugs schien es mir auch da, wo gerade keine Notwendigkeit vorliegt, vom Gebrauch eines empfindlichen Galvanometers abzusehen, statt einer solchen Anwendung zu verdienen.

Aus diesem Grunde suchte ich mir vor allen Dingen Aufschluss darüber zu verschaffen, wie sich die Empfindlichkeit des Telephons bei Widerstandsmessungen mit der Wheatstone'schen

---

1) F. Kohlrausch, Leitfaden d. prakt. Physik. 4te Aufl. S. 206.

2) Ebenda S. 208.

Brücke im Vergleich zu der einer guten Wiedemann'schen Bussole verhalte. Dabei zeigte sich sogleich, dass letztere, selbst wenn man nicht ihre volle Empfindlichkeit in Anspruch nimmt, das Telephon bedeutend überragt. Dem Wesen der Widerstandsmessung mit der Wheatstone'schen Brücke entspricht es gerade vorzüglich, dass die Bussole ihre grösste Empfindlichkeit in der Nähe der Stromstärke Null hat, so dass schon sehr geringe Verschiebungen des zur Brücke ableitenden Kontakts auf dem Platindraht des den einen Zweig der Combination bildenden Rheochords deutliche Ausschläge geben. Bei dem Telephon dagegen bedarf es schon einer wenn auch nur geringen, sodoch immerhin beträchtlich grösseren Stromstärke, um eine solche Bewegung der Eisenmembran hervorzubringen, die ein dem Ohr vernehmbares Geräusch erzeugt. Das Telephon erwies sich deshalb, wenn es sich um Messung grösserer Widerstände handelt, als vollkommen unbrauchbar. Man hörte, wenigstens bei Anwendung der mir zu Gebote stehenden Induktorien, bei keiner Stellung des Rheochordschiebers auch nur das mindeste Geräusch. Bei Widerständen unter 100 Ohm jedoch konnte ich mit ihm recht gute Messungen vornehmen, wengleich die Sicherheit immer noch geringer war als bei Anwendung der Bussole. Ich benutzte als Stromquelle entweder die Ströme der secundären Rolle eines Induktoriums der grösseren Art von denen, welche in physiologischen Laboratorien üblich sind, oder auch die Ströme der Kette selbst, welche ich durch einen Inversor umkehren oder durch einen Interruptor einfach unterbrechen liess, oder schaltete auch die das Telephon enthaltende Brückencombination als Nebenschliessung zu der primären Rolle jenes Induktoriums ein. In den letztgenannten Fällen hatte ich keine Wechselströme, aber darauf kam es ja bei diesen Vorversuchen nicht an. Ich fand so bei Bestimmung eines Widerstands, welcher mit der Bussole gemessen gleich 60 S. E. gefunden war, dass ich den Rheochordschieber in einer Breite von 10—12<sup>mm</sup> hin und her schieben musste, ehe ein merkbares Geräusch auftrat. Diese Breite verringerte sich bei Anwendung stärkerer Ströme auf etwa 6—8<sup>mm</sup>. Doch fiel der Mittelwert der beiden Grenzstellungen immerhin so nahe mit dem nach der ersten Methode gefundenen zusammen, dass beide Methoden genügend übereinstimmende Werte ergaben. Dabei war jedoch die benutzte Empfindlichkeit der Bussole nur eine geringe, da ich nur eine der beiden

dünndrahtigen Rollen und diese in der grössten Entfernung, welche die Schlittenbahn meiner Bussole gestattet, anwandte.

Man wird also immerhin, wenn es sich um Messung kleinerer Widerstände handelt (bis zu 100 Ohm etwa) sich des Telephons bedienen können, falls man dazu genötigt ist d. h. also in Fällen, wo die Polarisirung die Anwendung constanter Ströme ausschliesst und man nicht über ein Dynamometer verfügt. Ich bin jedoch bei diesen Versuchen auf eine Beobachtung gestossen, die meines Wissens noch nicht bekannt ist, auf welche ich deshalb die Aufmerksamkeit lenken möchte.

Als ich nämlich, um eine Vergleichung der beiden Messungsmethoden vorzunehmen, nach einem passenden zu messenden Widerstand suchte, kam mir zufällig eine Rolle dünnen Kupferdrahts zur Hand. Ihr Widerstand ergab sich, nach der gewöhnlichen Wheatstone'schen Methode mit Bussole und constantem Strom gemessen, nahezu gleich 60 S. E., denn bei Einschaltung der Rolle und von 60 S. E. eines Stöpselrheostaten aus der Fabrik von Siemens & Halske in den einen Zweig der Wheatstone'schen Kombination musste der Schieber auf den Teilstrich 501 des, als anderer Zweig dienenden, in Millimeter getheilten, genau ein Meter langen Rheochorddrahts gestellt werden, um keine Ablenkung der in die Brücke eingeschalteten Bussole zu erhalten. Folglich war der Widerstand der Rolle

$$= 60. \frac{501}{499} \text{ S. E.} = 60,24 \text{ S. E.}$$

Als nun die Bussole durch das Telephon und die constante Kette durch Wechselströme ersetzt waren, ergab sich, dass bei keiner Stellung des Schiebers Stille zu erhalten war. Es war vielmehr keine merkliche Aenderung in der Stärke des im Telephon hörbaren Geräuschs zu bemerken, wenn man den Schieber nach und nach von dem einen Ende des Rheochorddrahts zum andern verschob, während doch nach der Theorie der Wheatstone'schen Brücke eine allmähliche Abnahme des Geräuschs bei der Verschiebung bis zur Mitte und eine Zunahme bei weiterer Verschiebung hätte erwartet werden sollen.

Es war mir sofort klar, dass dies eine Folge der in der Rolle entstehenden Inductionsströme sein müsse. Als ich deshalb die Rolle durch einen zickzackförmig ausgespannten Neusilberdraht von gleichem Widerstand ersetzte, wurde diese Vermutung auch bestätigt. Ich konnte diesen Widerstand mittels

des Telephons messen und fand so die im Vorhergehenden angegebne Grenze der Genauigkeit. Dass bei dieser Messung die Induktion in den Rollen des Siemens'schen Rheostaten nicht hinderlich ist, rührt offenbar daher, dass in ihm die Rollen aus zwei parallelen, in entgegengesetzter Richtung durchströmten Drähten gewickelt sind.

Um den von mir beobachteten Einfluss der Induktion auf das Telephon genauer zu verfolgen, wollen wir zunächst annehmen, die Wheatstone'sche Brückencombination sei von gleichgerichteten Strömen durchflossen, die durch einen Unterbrecher irgend einer Art geschlossen und geöffnet werden. Steht der Schieber des Rheochords richtig, so kann bei dauerndem Stromschluss kein Stromanteil durch das Telephon gehen. Aber dieser Gleichgewichtszustand kann sich im Moment des Stromschlusses nicht sofort herstellen, wenn in dem einen der beiden zu vergleichenden Widerstände Gelegenheit zur Entstehung von Inductionsströmen gegeben ist. Der Strom wächst in diesem wegen des „Extracurrents“ ganz allmählich zu seinem vollen Wert an. Während dieser Zeit hat also der von dem andern Widerstand herkommende Stromanteil im Telephon das Uebergewicht und wir hören ein Geräusch. Wir haben also hier ein Seitenstück zu dem bekannten Edlund'schen Versuch: Nachweis des Schliessungsextrastroms mit Hilfe des Telephons.

Wenden wir statt eines Unterbrechers einen Inversor an, senden also die Ströme einer Batterie abwechselnd in entgegengesetzten Richtungen durch die Wheatstone'sche Brückencombination, so bleiben die Verhältnisse ganz dieselben: bei jeder Schliessung entsteht ein Geräusch, denn dasselbe ist von der Stromrichtung vollkommen unabhängig. Dasselbe muss aber auch eintreten, wenn man die secundären Ströme eines Inductoriums als Stromquelle benutzt. Jeder in diesem entstehende Inductionsstrom wird durch die Induktion in der Widerstandsrolle in seinem zeitlichen Verlauf geändert; die Phasen der von zwei Seiten her in das Telephon eintretenden Stromanteile fallen deshalb nicht in gleicher Weise aufeinander und können sich nicht aufheben; man hört deshalb ein Geräusch.

Ich habe alle hier beschriebenen Combinationen wirklich geprüft und die Voraussetzungen bestätigt gefunden. Für die Praxis geht daraus hervor, dass man bei Widerstandsbestimmun-

gen mittels des Telephons alle Anordnungen, welche zur Entstehung von Induktion Veranlassung geben können, vermeiden muss. Bei den Rheostaten von Siemens & Halske ist das schon der Fall. Für die Bestimmung des Widerstands von Rollen ist das Telephon unbrauchbar; es kann aber auch entbehrt werden, da es vor der Bussole keine Vorzüge hat. Nur wenn man die Widerstände polarisirbarer Combinationen zu messen hat, muss man zum Telephon greifen. In diesem Falle ist es aber vorteilhafter sich der Batterieströme zu bedienen und diese mittels eines Inversors abwechselnd in entgegengesetzter Richtung durch die Wheatstone'sche Combination zu leiten, als der induzirten Ströme eines Induktoriums. Wenigstens bekam ich mit meinem grösseren Induktorium schwächere Wirkungen, wenn ich dasselbe als Stromquelle benutzte, als bei unmittelbarer Verwendung der gleichen Batterie und des Inversors. Hat man aber grössere Widerstände zu messen, und das wird gerade in den Fällen, wo man das Telephon mit Vorteil brauchen könnte, meistens der Fall sein, dann ist es leider nicht empfindlich genug.

Bei den vorhergehenden Versuchen war die Wheatstone'sche Brückencombination absichtlich so hergestellt, dass die beiden zu vergleichenden Widerstände nahezu gleich waren, dass also der Rheochordschieber nahe der Mitte des Rheochorddrahts stehen musste, um den Strom in der Brücke zum Verschwinden zu bringen. In der That ist bei dieser Anordnung die Combination am empfindlichsten und gibt deshalb die genauesten Resultate. Es fragt sich aber, ob es nicht, wenn die zu messenden Widerstände gross sind, von Vorteil sein kann, den Vergleichswiderstand klein zu lassen und so dennoch eine genügende, wenn auch immerhin mit einem etwas grösseren Fehler behaftete Messung zu ermöglichen. Der Versuch lehrt, dass damit nur wenig gewonnen wird. Es bleibt also bei dem schon gefundenen Ergebniss, dass wir mit dem Telephon und der Wheatstone'schen Brücke nur dann Messungen ausführen können, wenn es sich um nicht zu grosse Widerstände handelt.

Diese Grenze hinauszuschieben, müsste man die Empfindlichkeit des Telephons bedeutend vermehren, was durch Anwendung einer grösseren Zahl von Drahtwindungen gewiss noch in erheblichem Maasse geschehen kann, und die Stärke der in die Brücke eingeleiteten Ströme so hoch als möglich nehmen. Mir

stand kein grösseres Induktorium zur Verfügung, als wie sie in den physiologischen Laboratorien benutzt zu werden pflegen. Aber wenn ich auch zwei solcher du Bois-Reymond'scher Schlitteninduktorien der grösseren Art mit einander zu einem Instrument verband und mehrere grosse Leclanché-Elemente zu deren Betrieb verwandte, waren die Ergebnisse nicht viel bessere.

Neben der Wheatstone'schen Brücke ist noch eine andre Methode der Widerstandsmessung in Gebrauch, nämlich die mit dem Differential-Galvanometer. Es liegt nun nahe auch diese auf das Telephon zu übertragen, um sie den Fällen anzupassen, wo man wegen der Polarisation genöthigt ist, Wechselströme anzuwenden. Ich liess mir deshalb ein Differential-Telephon anfertigen, dessen Rolle also aus 2 parallel gewickelten dünnen Drähten besteht. Man erhält so ein Instrument, welches als gewöhnliches Telephon benützt werden kann, indem man die Ströme nur durch eine Leitung oder durch beide führt und kann im letztern Falle die Leitungen neben oder hintereinander schalten. Die Empfindlichkeit ist wegen der grösseren Windungszahl grösser als bei einem sonst gleichen Telephon gewöhnlicher Art. Als ich nun die Ströme zwischen den beiden Leitungen sich teilen liess der Art, dass beide Leitungen in entgegengesetzten Richtungen durchströmt waren, war das Telephon nicht stumm, sondern dies trat erst nahezu ein, als in die eine Leitung noch 20 S. E. eingeschaltet wurden. Dementsprechend fand sich denn auch, dass die Leitungen ungleiche Widerstände hatten, indem die eine = 166, die andre = 186 S. E. war. Die Vergleichung anderer in den Stromkreis eingeschalteter Widerstände war aber auf diesem Wege nur in ganz grober Weise möglich, so dass eine grössere Genauigkeit nicht erreicht wurde. Ich glaube jedoch, dass es gelingen wird, ein Differentialtelephon herzustellen, welches genauere Resultate gibt als dieses erste von mir benutzte.

Wie das Telephon reagirt auch der Nerv in höchst empfindlicher Weise auf Stromschwankungen. Man kann daher auch einen Froschnerven mit Muskel in die Brücke der Wheatstone'schen Combination einschalten und diesen als stromprüfendes Werkzeug benutzen. Die Empfindlichkeit dieses physiologischen Rheoskops ist jedoch eine sehr wechselnde und einer praktischen Verwertung desselben zur Widerstandsbestimmung stellen sich

Hindernisse mancher Art entgegen, so dass ich es für unnötig halte, an dieser Stelle weiter darauf einzugehen.

Ich will noch erwähnen, dass ich auch das Capillarelektrometer in den Kreis meiner vergleichenden Prüfungen hereingezogen habe, ohne jedoch schon zu einem abschliessenden Urtheil über seine Brauchbarkeit gelangt zu sein.

---

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Physikalisch-Medizinischen Sozietät zu Erlangen](#)

Jahr/Year: 1881-1884

Band/Volume: [15](#)

Autor(en)/Author(s): Rosenthal Josef

Artikel/Article: [Über Widerstandsbestimmung mittels des Telephons. 60-66](#)