Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Bern
Band: - (1883)
Heft: 1 : 1057-1063

Artikel: Ueber die elektrischen Einheiten
Autor: Rothen, T.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-318974

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

beim Wiederkauen betheiligten Organe (Bauchpresse, Kaumuskeln, Speicheldrüsen. Schlingmuskeln des Schlundes und Oesophagus), von einem Punkte aus, von einigen sensibeln Fasern des Magenvagus aus erregt werden.

Das Grosshirn aber wird beim ganzen Mechanismus nur die Rolle der Hemmung zu übernehmen haben, wenn Angst etc. dasselbe quälen; so ist die alte Erfahrung zu verstehen, dass irgendwie lädirte Thiere so oft aufhören zu ruminiren.

In unseren Versuchen haben wir aber den günstigen Erfolg gerade einer gründlichen Lähmung des Grosshirns durch kräftige Narkose zu verdanken.

T. Rothen.

Ueber die elektrischen Einheiten.

Vorgetragen in der Sitzung vom 17. März 1883.

Gegenwärtig wie noch kaum je nehmen elektrische Fragen die wissenschaftliche Welt und auch das Publikum im grossen in Anspruch. Das *Telephon* hat sich in kurzen Jahren einen hervorragenden Platz unter unsern Verkehrs-Instituten erobert und wird modifizirendeu Einfluss auf unsere Gebräuche ausüben. Das *elektrische Licht* dämmert im Westen auf und rückt uns immer näher. So viel auch Zweifler und Interessenten gegen dasselbe ankämpfen mögen, es wird sich unaufhaltsam Bahn brechen, nicht als Widersacher des Gases, sondern nur als neue brillanteste Beleuchtuugsmethode hinzutretend zu den bis jetzt bestandenen und auch in Zukunft existirenden. Das elektrische Licht ist nur das eine Ende der langen

Reihe von Beleuchtungsmitteln, an dessen anderem wir den flackernden Kienspan finden und jeder Fortschritt in der Erzeugung künstlichen Lichtes hatte stets nur das Bedürfniss nach mehr Licht zur Folge. Noch hat aber das elektrische Licht nicht volltsändig sich eingebürgert so taucht schon am Horizont eine neue Errungenschaft empor, nämlich die *Kraftübertragung* durch die Elektrizität. Ihre zukünftige Bedeutung wird wahrscheinlich alles andere übertreffen, aber davon muss in einem künftigen Jahrzehnt gesprochen werden. Die immer allgemeiner werdende Verbreitung elektrischer Kenntnisse und die Anwendung der Elektrizität in den verschiedensten Vorkommnissen des täglichen Lebens macht es zur absoluten Nothwendigkeit, dass Alle die gleiche elektrische Sprache sprechen, mit andern Worten, dass die elektrischen Grössen von Allen mit den *gleichen Einheiten* gemessen werden.

Dieses Gefühl ist so allgemein, dass der Elekiriker-*Kongress* von 1881 es als eine seiner Hauptaufgaben betrachtete, hierin Ordnung zu schaffen. In der denkwürdigen Sitzung des Kongresses vom 21. Sept. 1881 wurden folgende Beschlüsse gefasst:

1° On adoptera pour les mesures électriques les unités fondamentales: centimètre, masse du gramme, seconde (C. G. S.);

2° Les unités pratiques, l'*Ohm* et le *Volt*, conserveront leurs définitions actuelles: 10^9 pour l'Ohm et 10^8 pour le Volt;

3° L'unité de résistance (*Ohm*) sera représentée par une colonne de mercure d'un millimètre carré de section à la température de zéro degré centigrade:

4° Une Commission internationale sera chargée de déterminer, par de nouvelles expériences, pour la pratique, la longueur de la colonne de mercure d'un millimètre

carré de section à la température de zéro degré centigrade, qui représentera la valeur de l'Ohm;

5° On appelle *Ampère* le courant produit par un Volt dans un Ohm;

6° On appelle *Coulomb* la quantité d'électricité définie par la condition qu'un Ampère donne un Coulomb par seconde;

7° On appelle *Farad* la capacité définie par la condition qu'un Coulomb dans un Farad donne un Volt; und eine zweite internationale *Konferenz* wurde im Oktober 1882 gehalten, um den 4. Kongressbeschluss zur Ausführung zu bringen Man kann sagen, dass seit dem 21. Sept. 1881 die bis dahin bestandene babilonische *Verwirrung* in Bezug auf die elektrischen Masseinheiten aufgehört und allgemein gültigen Massen Platz gemacht hat, die fortan jeder benutzt, der sich mit elektrischen Materien beschäftigt, es dürfte daher am Platze sein, auch im Schosse unserer naturforschenden Gesellschaft einmal diese neuen Einheiten zu besprechen, nachzuweisen auf welcher *Basis* sie aufgebaut sind, welchen *Zusammenhang* sie unter sich und mit den übrigen Einheiten haben und welche Methoden zu ihrer *Darstellnng* bis dahin angewendet wurden. Im Verlaufe meines Vortrages werde ich dabei natürlich auch auf die Arbeiten des Kongresses und namentlich der internat. Kommission von 1882 zu sprechen kommen.

In dem für die elektrischen Einheiten das Centimeter, die Masse des Grammes und die Zeitsekunde als Basis angenommen sind, stellen sie sich in ein und dieselbe Reihe mit der *Bewegung*, *Kraft* und *Arbeit*. Bekanntlich ist die Einheit der Bewegung $[C S^{-1}]$ oder allgemeiner $[L T^{-1}]$; die der Beschleunigung $[C S^{-2}]$ oder allgemeiner $[L T^{-2}]$; die der Kraft $[L M T^{-2}]$ und die der

Arbeit [$L^2 M T^{-2}$]. Indem für die elektrischen Werthe ebenfalls nur diese fundamentalen Grössen C G und S angewendet werden, ist eine *Umrechnung* von einer Grösse in die andere auf die grösstmögliche Einfachheit reduzirt, es ist z. B. sofort ersichtlich, welche Arbeit ein Strom von gegebener Stärke in gegebener Zeit verrichten kann.

Der unmittelbaren Durchführung dieser Idee stellt sich ein eigenthümliches *Hinderniss* entgegen. Bei elektrischen Erscheinungen kennen wir weder die Materie, welche in Bewegung ist, noch deren Geschwindigkeit, daher lassen sich L und M nicht direkt bestimmen und wir sind genöthigt die *Wirkungen* der Elektrizität als Basis für den Aufbau der elektrischen Masse zu wählen. Da indessen diese Wirkungen sehr verschindenartig sind, *statische*, *magnetische*, *chemische*, *dynamische*, *physiologische*, *thermische*, etc., so muss es ebenso viele von einander verschiedene elektrische Masssysteme geben, die alle C G S zur Grundlage haben und man kann nicht im Allgemeinen von einem *elektrischen* Masssystem sprechen, sondern man muss zugleich diejenige der elektrischen Wirkungen erwähnen, welche zur Grundlage gewählt wird; so entstehen die *elektrostatischen*, *-magnetischen*, etc. Masssysteme.

Der Kongress von 1881 hat sich für das *elektromagnetische Masssystem* entschieden, weil in den meisten Anwendungen der Elektrizität deren magnetisirende Wirkungen zur Geltung kommen, daher die Wahl dieses Systems die meisten Vortheile bietet. Ich darf jedoch nicht unerwähnt lassen, dass das elektrostatische System unter allen das einfachste wäre.

Der Magnetismus ist also die Basis des nun allgemein angenommenen Masssystems. Mit andern Worten derjenige Pol ist der *Einheitspol*, welcher einen andern gleich

starken Pol in der Entfernung von 1 cm mit der Einheit der Kraft anzieht oder abstösst. Da nun nach Coulomb $\frac{m^2}{L^2} = [L\,M\,T^{-2}]$ so ist $m = [L^{3/2}\,M^{1/2}\,T^{-1}]$ und dieser symbolisirte Werth ist die Grundlage des ganzen Systems elektromagnetischer Einheiten.

Die *Definition* der elektromagnetischen Einheiten ist nun relativ einfach. Der elektrische Strom erzeugt wie der magnetische Pol ein *magnetisches Feld* um sich herum Der *Einheitsstrom* ist daher derjenige Strom, der in einem Leiter von 1 cm Länge fliessend und in allen seinen Theilen 1 cm vom Einheitspol abstehend diesen mit der Einheit der Kraft fortstösst. Die Finheit der elektrischen *Quantität* ist diejenige Elektrizitätsmenge, welche von diesem Strom in einer Sekunde fortgeführt wird. Die *Widerstandseinheit* ist derjenige Widerstand, den ein Leiter von 1 cm Länge, der sich mit der Geschwindigkeit von 1 cm per Sekunde quer durch ein magnetisches Feld von Einheitsstärke bewegt, haben muss, damit sich in ihm der Einheitsstrom erzeuge. Die elektro-motorische Kraft ist nach Ohm gleich der Stromstärke, multiplizirt mit dem Widerstand, daher ist die *Einheit der elektromotorischen Kraft* das Produkt aus der Einheit des Stromes mit der Einheit des Widerstandes. Ein Körper hat dann die *Einheit der Kapazität*, wenn er beim Druck der Einheit der elektro-motorischen Kraft die Einheit der elektrischen Quantität in sich aufnimmt. Die soeben gegebene Definition der elektromagnetischen Einheiten ist *eine unter vielen.* Es liesse sich noch eine Reihe anderer Definitionen geben, aber alle führen zu einem und demselben Ziele. Wenn ich z. B. sagen würde: Die Einheit der elektromotorischen Kraft ist gleich der Arbeitseinheit dividirt durch die Einheit der Elektrizitätsquantität, so hätte ich allerdings eine durchaus andere Definition, aber

der Werth der Einheit bliebe immer derselbe. Der Grund liegt einfach darin, dass eben alle Einheiten ein homogenes Ganzes bilden, in dem jede Einheit in engstem Zusammenhang mit allen übrigen steht.

Was nun die *absoluten Grössen* der so definirten Einheiten anbelangt, so sind mehrere derselben derart, dass sie für den praktischen Gebrauch wenig taugen. Die elektromagnetische Einheit des Widerstandes ist z. B. so klein, dass ein Telegraphendrahlt von 3 mm Durchmesser und 1 Kilometer Länge schon einen Widerstand von 20,000,000,000 Einheiten darböte. Gleichermassen klein ist die Einheit der elektromotorischen Kraft, dagegen ist die Einheit der Kapazität so ausserordentlich gross, dass sie beinahe über alle Begriffe hinausgeht.

Der elektrische Kongress hat sich desshalb dahin geeinigt, für den praktischen Gebrauch *Multiple* und Submultiple der absoluten Einheiten aufzustellen und diesen besondere Namen beizulegen. So ist entstanden:

das	Ohm	$= 10^{9}$	abs.	Einh.	des	Widerstandes,
„	Volt	$= 10^{8}$	„	„	„	elektrom. Kraft,
„	Ampère	$= 10^{-1}$	„	„	„	Stromstärke,
„	Coulomb	$= 10^{-1}$	„	„	„	Quantität,
„	Farod	$= 10^{-9}$	„	„	„	Kapazität.

Bekanntlich kann man mit einer Definition keine Messungen vornehmen, man muss *Massstäbe* haben. Der Meter, unser Längenmass, ist ebenfalls aus einer Definition hervorgegangen. Sie wissen alle, wie *schwierig* die genaue Bestimmung der wahren Länge des Meters war und doch entspricht der Meter nicht genau dem 10^{7}. Theil des Erdquadranten. Noch viel schwieriger ist es aber, die genauen Werthe der elektrischen Einheiten festzustellen. Vorerst handelt es sich darum, den Werth des *Ohm* so genau als nur möglich festzustellen und damit

war die internationale Kommission von 1882 betraut. In dem Ohm hat man den Schlüssel zu allen übrigen Einheiten.

Schon der Kongress beschäftigte sich mit der Frage, aus welchem *Material* die praktische Widerstandseinheit anzufertigen sei. Eine Legirung von *Platin und Iridium* dürfte sich in manchen Beziehungen gut eignen, schliesslich hat man sich aber auf das *Quecksilber* geeinigt, weil es am leichtesten chemisch rein erhalten werden kann und weil seine molekulare Beschaffenheit bei einer gegebenen Temperatur immer dieselbe bleibt Es soll also die Länge einer Quecksilbersäule von 1 □mm Querschnitt, die bei 0° C. den Widerstand von 1 Ohm darbietet, bestimmt werden.

Der *Methoden*, das Ohm zu bestimmen, gibt es *viele;* Wilhelm Weber hat die ersten angegeben. Ausser ihm haben sich Kohlrausch, Kirchhoff, Lorentz, Lippmann, Roiti, Foster, Lord Rayleigh und andere um die Auffindung neuer Methoden verdient gemacht. Will man die verschiedenen Methoden gruppiren, so kann man sie eintheilen in solche mit variabelen und in solche mit stationären Strömen. Den letztern gibt man im allgemeinen den Vorzug, indem man von ihnen genauere Resultate erwartet; namentlich wird von der Konferenz von 1882 die Methode von *Lorentz* empfohlen (Siemens, Thomson, Wiedemann, Helmholz), weil sie mit stationären Strömen arbeitet, d. h. durch zwei einander entgegengerichtete stationäre Ströme ein elektrisches Gleichgewicht ohne jeglichen Strom herstellt, weil sie ferner gestattet, den Widerstand des Quecksilbers direkt in Ohms auszudrücken und weil mit dem Ohm zugleich das Volt bestimmt wird.

In der *Genauigkeit* der Bestimmung des Ohm hat man von 1881 auf 1882 ganz bedeutende Fortschritte ge-

macht. Während anno 1881 noch die Divergenzen 3 % betrugen, stimmen die letzten nach verschiedenen Methoden gefundenen Werthe für das Ohm bis auf 1 % mit einander überein; es fand nämlich als Widerstand einer Quecksilbersäule von 1 m Länge und 1 □ mm Querschnitt bei 0° C.

Glazebrook	0,9412	Ohms,
Rowland	0,9456	„
Dorn	0,9482	„
Henry Weber	0,9424	„

Die Genauigkeit, bis zu welcher man gegenwärtig die elektrischen praktischen Einheiten darzustellen im Stande ist, steht *weit hinter* dem zurück, was für andere Maasse bisher erreicht wurde. Am genauesten lassen sich die Wägungen durchführen. Am Anfang des Jahrhunderts konnte man ein Kilogramm bis auf 1 Milligramm genau bestimmen, heute geschieht dies im internationalen Bureau für Maasse und Gewichte zu Breteuil bis zu $^1/_{100}$ Milligramm, so dass der Fehler nur noch $^1/_{100,000,000}$ beträgt. Wie weit sind wir da mit einer Genauigkeit von 1 % für das Ohm noch von den Resultaten auf andern Gebieten scharfer Messung entfernt!

Die Konferenz von 1882 hat sich denn auch mit der erreichten Annäherung bis auf 1 % nicht begnügt, sondern *Beschlüsse* gefasst die neue Messungen zur Folge haben und nach welchen das das definitive Ohm erst dann ausgegeben wird, wenn der mögliche Fehler nur noch 1 ‰ beträgt. Die betreffenden Beschlüsse lauten:

Première résolution.

La Commission considère que les déterminations faites jusqu'à présent n'offrent pas encore le degré de concordance qui serait nécessaire pour fixer la valeur numérique de l'Ohm en colonne mercurielle.

Elle estime donc qu'il y a lieu de poursuivre les recherches.

Sans pouvoir émettre un avis motivé sur les différentes méthodes qui n'ont pas encore reçu le contrôle de l'expérience, elle considère les suivantes comme particulièrement propres à donner des résultats trés exacts.

1° Induction d'un courant sur un circuit fermé (Kirchhoff).

2° Induction par terre (W. Weber).

3° Amortissement des aimants mobiles (W. Weber).

4° Appareil de l'Association Britannique.

5° Méthodes de M. Lorenz.

D'autre part il est désirable de déterminer à nouveau la quantité de chaleur dégagée par un courant d'intensité connue; cette expérience servira en même temps de contrôle pour la valeur de l'Ohm, et permettra de connaître plus exactement l'équivalent mécanique de la chaleur.

Seconde résolution.

La Commission exprime le vœu que le Gouvernement français prenne les mesures nécessaires pour qu'un même étalon, ou plusieurs étalons de résistance soient mis à la disposition des savants qui s'occupent de recherches absolues, afin de rendre les comparaisons plus faciles.

La Commission est d'avis qu'au moment où les résultats des diverses recherches présenteront une concordance permettant de répondre d'une approximation de $^1/_{1000}$, il conviendra de s'arrêter à cette approximation pour fixer la valeur de l'étalon pratique de résistance.

Ich will mit wenigen Worten eine der verschiedenen Mess-Methoden näher besprechen, z. B. diejenige der *brit. Association.*

Der Apparat besteht der Hauptsache nach aus einem um eine senkrechte Achse drehbaren Drahtring, dessen Enden mit einander vereinigt sind, so dass er einen in sich geschlossenen Leiter darstellt. Dieser Ring (oder die Spule) lässt sich mit vollständig gleichförmiger Geschwindigkeit um seiue Achse drehen und die Drahtlagen schneiden dabei die Kraftlinien des erdmagnetischen Feldes mit einer gewissen bestimmbaren Geschwindigkeit. Die hiedurch im Leiter ohne Ende entstehenden Ströme wirken auf eine im Zentrum des Ringes hängende kleine Magnetkugel ein und bewirken eine Drehung derselben.

Die *elektromotorische Kraft* in absoluten Einheiten ausgedrückt, hängt hier von den Dimensionen der Spule, der Geschwindigkeit der Rotation und der Horizontalkomponente des Erdmagnetismus ab. Die *Stromstärke,* in absoluten Einheiten gemessen, wird aus den Ablenkungen der Magnetkugel im Zentrum bestimmt und aus beiden findet sich dann leicht der *Widerstand* der Spule in absoluten Einheiten.

Die Messung ist jedoch mit ausserordentlichen und beinahe unüberwindlichen *Schwierigkeiten* umgeben und verlangt eine Reihe von *Korrektionen.*

1. Es ist sehr schwer, die *Dimensionen* der Drahtspule zu bestimmen, Länge des Drahtes, Entfernung jeder Umwindung vom Mittelpunkt, Breite der Rolle. Draht und Isolirungsschichten werden beim Aufwickeln gequetscht, der Draht wird länger, die genaue Bestimmung der Dimensionen ist wohl das allerschwierigste.

2. Ein Fehler in der Beurtheilung der erdmagnetischen *Inklination* um einige Minuten hat auf das Schlussresultat einen Einfluss von 1 %.

3. Eine Abweichung der *Rotationsaxe* um 0,2° hat einen Fehler von 1 % im Gefolge.

4. Die Magnetkugel muss genau im *Zentrum* aufgehängt sein.

5. Distanz und Stellung der *Skala.*

6. Die beiden Spuhlen müssen genau *parallel* sein.

7. *Luftströmungen.*

Korrekturen sind anzubringen:

1) für die *Selbstinduktion* im Drahtring;

2) für den *induzirenden Einfluss* des sich bewegenden *Magnets* im Zentrum,

3) für die *Torsion* des Coconfadens,

4) für die *Temperatur* der Drahtrolle. Ein Irrthum um 1° C. in dieser Richtung bedingt einen Fehler von 0,3 %.

Ausserdem hommen in Betracht *lokale magnetische Störungen*, *Variationen des Erdmagnetismus.*

Vorgezeigt wurden:

1 Siemens-Einheit in Neusilber,
1 Siemens-Einheit in Quecksilber,
1 Ohm in Platin-Iridium,
1,457 Volt,
1 Mikroforad.