

Ueber die theoretischen Vorstellungen von Georg Simon Ohm.

Von **Karl VonderMühl.**

Für die Lehre von den elektrischen Strömen hat dasjenige Gesetz ganz fundamentale Bedeutung gewonnen, welches Georg Simon Ohm im Jahre 1826 aufgestellt und näher begründet hat. Dieses Gesetz, wonach die Stärke eines elektrischen Stromes gleich ist dem Quotienten aus der wirkenden elektromotorischen Kraft durch den Widerstand, bildet auch die Grundlage von all den Betrachtungen und Rechnungen, welche heute in der Elektrotechnik zu so mannigfacher Anwendung durchgeführt werden, und es entspricht ganz der Bedeutung des Satzes, dass die Widerstandseinheit den Namen von Ohm trägt.

Während so das Verdienst von Ohm voll anerkannt, die Ohmschen Gesetze in jedem Lehrbuch der Physik und in jedem Vortrag über Experimentalphysik abgeleitet werden, hat sich mehr und mehr die Meinung festgesetzt, dass die theoretischen Vorstellungen von Ohm mit der heutigen Auffassung in unauflösbarem Widerspruche stehen, ja sogar, dass die Ableitung des Gesetzes, wie sie Ohm gegeben habe, nicht haltbar sei. Die Schriften von Ohm selbst scheinen nicht mehr gelesen zu werden. Die erste Veröffentlichung des Gesetzes im 46^{ten} Bande des Schweigerschen Journals aus dem Jahre

1826, sowie die kleine Schrift, welche Ohm 1827 zu Berlin unter dem Titel: „Die galvanische Kette“ hat erscheinen lassen, waren wohl nur Wenigen zugänglich; nun ist aber die letztere Schrift durch Dr. James Moser in Wien 1887 neu herausgegeben worden und damit Jedem die Möglichkeit geboten, auf die ursprüngliche Quelle zurückzugehen. Dann zeigt sich, dass Aeusserungen, welche Ohm zugeschrieben werden, mit dem, was er wirklich gesagt hat, durchaus nicht übereinstimmen, und bei der grossen Bedeutung, welche das Ohmsche Gesetz für die Theorie und für die Anwendung gewonnen hat, scheint es mir von Werth, auch die theoretischen Entwicklungen von Ohm in nicht entstelltem Bilde kennen zu lernen.

Der Irrthum ist wohl grösstentheils durch Gustav Kirchhoff veranlasst worden. Unter dem Titel: „Ueber eine Ableitung der Ohmschen Gesetze, welche sich an die Theorie der Elektrostatik anschliesst“, hat Kirchhoff 1849 im 78^{ten} Bande von Pogg. Ann. eine Abhandlung veröffentlicht, die mit den Worten beginnt:

„Ohm ist bei der Ableitung seiner Gesetze der „Strömungen in der galvanischen Kette von Voraussetzungen über die Elektrizität ausgegangen, die nicht „in Uebereinstimmung mit den Voraussetzungen sind, „welche man über dieselbe hat machen müssen, um die „elektrostatischen Erscheinungen zu erklären; im Wider„spruch mit diesen nimmt Ohm an, dass die Elektrizität „in einem Leiter sich in Ruhe befindet, wenn sie den „Rauminhalt desselben mit gleichmässiger Dichtigkeit „erfüllt.“

Hieran schliesst sich eine Ableitung des Ohmschen Gesetzes, welche im Wesentlichen darin besteht, dass, was Ohm Elektrizität nennt, durch das elektrostatische Potential der freien Elektrizität ersetzt wird. So dankens-

werth und nothwendig diese Darlegung auf der einen Seite ist, weil die Ausdrucksweise von Ohm mit der heute üblichen nicht übereinstimmt und daraus leicht Missverständniss entspringt, so war auf der andern Seite doch geboten, etwas genauer nachzusehen, wie Ohm sein Gesetz begründet hat, und dann hätte sich ergeben, dass Ohm gerade das Gegentheil von dem gesagt hat, was in der oben citierten Stelle behauptet wird.

Dieses Letztere ist nun haften geblieben. So sagt z. B. R. Clausius in der zweiten Auflage seiner mechanischen Wärmetheorie, dem zweiten Bande, der eine mechanische Behandlung der Elektrizität bezweckt, S. 133:

„Ohm nennt nämlich die durch diese Function“ (es ist die Potentialfunction gemeint) „dargestellte Grösse „die elektroskopische Kraft, und definirt sie als die „Dichtigkeit der Elektrizität an dem betreffenden Punkte „des Leiters.“ Dies ist richtig; aber Clausius hätte nicht bloss diese Stelle nachschlagen, sondern weiter lesen sollen, was Ohm unter der „Dichtigkeit der Elektrizität“ versteht. Statt dessen fährt er fort: „Gegen diese Ansicht hat aber Kirchhoff mit Recht eingewendet, dass „sie mit einem bekannten elektrostatischen Satze geradezu in Widerspruch stehe“, u. s. w.

In Wirklichkeit verhält sich die Sache folgendermassen: Der Satz, dass in einem isolierten Leiter elektrisches Gleichgewicht bestehe, wenn die Elektrizität den Rauminhalt des Leiters mit gleichmässiger Dichtigkeit erfülle, findet sich nirgends in der Schrift von Ohm; im Gegentheil sagt er S. 58*), dass, wenn Gleichgewicht sich hergestellt habe, nach den Versuchen von Coulomb und nach

*) Die Seitenangaben beziehen sich auf die Ausgabe von Dr. J. Moser.

der Theorie „die Elektrizität an die Oberfläche „der Körper gebunden sei, oder doch nur auf „eine unmerkliche Tiefe in das Innere ein- „dringe“, und er kommt auf diesen vermeintlichen Gegensatz zwischen dem Ruhezustand und der Strömung mehrfach zurück. Das Unklare, Irrthümliche in der Darstellung von Ohm liegt nicht darin, dass er den erstern Satz aufgestellt hat, wie Kirchhoff und Clausius ihm vorwerfen, vielmehr darin, dass er jenen Satz für das Gleichgewicht nicht annimmt. Gewiss ein sonderbares Zusammentreffen: Ohm hat nicht gesagt, was man ihm vorwirft; aber er hätte es sagen sollen! Dann stände seine Theorie mit den heute giltigen Vorstellungen im besten Einklang; nur die Ausdrucksweise wäre von derjenigen verschieden, welche seit dem Erscheinen der Schrift von Ohm sich allmählig ausgebildet hat.

Das Wort Elektrizität wird von Alters her, aber auch heute noch, in sehr verschiedenem Sinne gebraucht; wir sprechen von einer elektrischen Ladung und von einem elektrischen Strom, sagen, dass in dem einen Fall die Elektrizität ruht, in dem andern die Elektrizität strömt, und wenn daraus gefolgert wird, dass dasselbe, was in dem einen Falle ruht, in dem andern strömen soll, dann ist der Widerspruch da. Also darf auch Ohm daraus kein Vorwurf gemacht werden, dass er im Jahre 1826 mit „Elektrizität“ und „Dichtigkeit der Elektrizität“ etwas Anderes bezeichnet, als die Dichtigkeit der freien Elektrizität. Wir dürfen nur verlangen, dass deutlich gesagt werde, was unter „Elektrizität“ zu verstehen sei. Und das hat Ohm gethan.

Ohm geht aus von der Betrachtung der elektroskopischen Kraft. Diese wird mit dem Elektroskop gemessen. Um die elektroskopische Kraft an der Stelle

A zu messen, wird das Elektroskop mit der Stelle A in Verbindung gesetzt und die Kraft bestimmt, mit welcher das Elektroskop abgestossen oder angezogen wird; diese Kraft ist die elektroskopische Kraft, positiv oder negativ in Rechnung zu bringen, je nachdem Abstossung oder Anziehung stattfindet. Mithin entspricht die elektroskopische Kraft von Ohm ganz genau dem, was wir heute das Potential, nämlich das elektrostatische Potential der freien Elektrizität, auch wohl die Spannung nennen. Ohm braucht den Ausdruck „Spannung“ in etwas anderem Sinne, für den Unterschied zweier elektroskopischer Kräfte, z. B. den Unterschied der elektroskopischen Kraft auf beiden Seiten der Berührungsfläche von Zink und Kupfer.

Nun sagt Ohm weiter, S. 51 :

„Wir werden in der Folge die auf die Grösse der „Elemente bezogene Summe der elektroskopischen Aeusserungen — worunter wir also das Produkt aus der Kraft „in die Grösse des Raumes, worüber sie verbreitet ist, „zu verstehen haben, im Falle, dass an allen Stellen „dieses Raumes einerlei Kraft sich befindet — Elek- „tricitätsmenge nennen, ohne dass wir dadurch irgend „etwas über die materielle Beschaffenheit der Elektri- „cität festzusetzen beabsichtigen. Dieselbe Bemerkung „gilt von allen eingeführten bildlichen Ausdrücken, ohne „die nun einmal unsere Sprache, vielleicht aus gutem „Grunde, nicht bestehen kann.“

Warum Ohm im Jahre 1827 den Ausdruck „Elektricitätsmenge“ nicht in diesem Sinne sollte brauchen dürfen, kann ich nicht einsehen. Dann ist aber seine „Dichtigkeit der Elektrizität“ genau dasselbe, was die elektroskopische Kraft, begrifflich also etwas ganz Anderes, als die „Dichtigkeit der freien Elektrizität“.

Dies hat Kirchhoff übersehen und Ohm einen Vorwurf daraus gemacht, dass elektrisches Gleichgewicht bestehen solle, wenn die Elektrizität den Rauminhalt des Leiters mit gleichmässiger Dichtigkeit erfülle. Nach der Definition, welche Ohm dem Begriff Elektrizität gegeben hat, sagt dieser Satz aus, dass das Potential an allen Stellen des Leiters denselben Werth haben soll; er giebt also die bekannte Bedingung für das elektrostatische Gleichgewicht.

Wie schon oben erwähnt, hat unglücklicher Weise Ohm diesen Satz nicht aufgestellt; er hat geglaubt annehmen zu müssen, dass auch nach seiner Auffassung bei Gleichgewicht die Elektrizität sich an der Oberfläche der Leiter aufhalte. Er durfte und musste, wie er ja selbst sagt, von den elektrischen Vorgängen sich ein Bild machen: aber dann galt es, dem Bilde treu zu bleiben. Indem er behauptet, bei Gleichgewicht befinde sich keine Elektrizität im Innern der Leiter, ist er aus dem Bilde herausgefallen. Insoweit hat demnach Kirchhoff Recht, dass Ohm sich von dem Gleichgewichtszustand der Elektrizität eine falsche Vorstellung gemacht hat. Die Ableitung des nach Ohm genannten Gesetzes wird hievon nicht wesentlich berührt; Ohm leitet, ganz ebenso, wie wir es heute thun, die Strömung der Elektrizität aus dem Unterschied der elektroskopischen Kraft an den verschiedenen Stellen des Leiters ab. Weitläufigkeiten und Schwerfälligkeiten dürfen wir ihm nicht zu hoch anrechnen; die Hauptabhandlungen von Fourier und Poisson waren noch nicht bekannt, als er seine Schrift verfasste, und er hat sich an Schwierigkeiten abgemüht, welche nun in der Lehre von der Wärmeleitung längst überwunden sind. Allerdings wird die Klarheit von Ohms Entwicklungen durch die falsche Auffassung des Gleichgewichtszustandes stark beein-

trächtig. Weil er irrthümlicher und ganz unnöthiger Weise angenommen hat, dass bei Gleichgewicht im Innern, wo keine freie Elektricität vorhanden sei, auch die elektroskopische Kraft den Werth Null habe, müht er sich nun vergeblich ab, um verständlich zu machen, warum bei einer Strömung von Elektricität durch das Innere des Körpers hindurch die elektrische Kraft im Innern einen von Null verschiedenen Werth habe, während sie bei Ruhezustand im Innern überall verschwinde.

Noch in einem andern Punkte steht die Auffassung von Ohm in Widerspruch mit dem, was heute allgemein gilt. Aber dieser zweite Punkt ist nebensächlicher Natur und ohne weitere Folgen. Ohm will nämlich die Frage offen lassen, ob den verschiedenen leitenden Substanzen eine specifische Capacität für Elektricität zukomme, wie dies bei der Wärme der Fall ist, oder nicht, d. h. z. B. ob verschieden starke Ladungen erforderlich seien, um gleich grosse Kugeln von Silber, Kupfer, Blei, Eisen auf dieselbe elektroskopische Kraft zu bringen, wie bekanntlich verschiedene Wärmemengen gebraucht werden, um gleich grosse Körper verschiedener Substanz auf dieselbe Temperatur zu bringen. Hierbei kommt Ohm wieder die unglückliche Unterscheidung zwischen Gleichgewichtszustand und Strömung in die Quere. Nach seiner Auffassung kann die specifische Capacität für Elektricität nur bei letzterem Falle in Betracht kommen. Uebrigens hat er seine Rechnungen auf den einfachern Fall beschränkt, wo eine solche specifische Capacität für Elektricität nicht besteht. Mit den heutigen Vorstellungen ist die Annahme nicht verträglich, und die weitere Verfolgung des Gedankens müsste auf Abwege führen.

Zum Schlusse möchte ich noch auf eine Stelle der Schrift, S. 89, verweisen, wo Ohm den Unterschied

zwischen der offenen und der geschlossenen Kette klarzulegen versucht. Hier kommt er der richtigen Auffassung näher, aber doch nicht zu der strengen Scheidung der elektroskopischen Kraft und der freien Elektrizität. Er hat nämlich Gleichungen abgeleitet, in welchen eine Grösse r vorkommt, und folgert, „dass, bei der geschlossenen galvanischen Kette, r den körperlichen Inhalt der Kette, bei der offenen Kette dagegen die Grösse ihrer Oberfläche auszudrücken hätte, worüber Versuche, wie es scheint, ohne grosse Schwierigkeit entscheiden könnten“.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Basel](#)

Jahr/Year: 1895

Band/Volume: [10_1895](#)

Autor(en)/Author(s): Mühl-His (Mühl.) Karl von der

Artikel/Article: [Ueber die theoretischen Vorstellungen von Georg Simon Ohm 37-44](#)