

466

GEORG SIMON OHM

GEDÄCHTNISREDE

zur Feier seines 150. Geburtstages
gehalten in der öffentlichen Sitzung
der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
am 23. Februar 1939

von

Walther Gerlach

o. Mitglied der mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilung

München 1939

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

In Kommission des Verlages C. H. Beck München

GEORG SIMON OHM

GEDÄCHTNISREDE

zur Feier seines 150. Geburtstages
gehalten in der öffentlichen Sitzung
der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
am 23. Februar 1939

von

Walther Gerlach

o. Mitglied der mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilung

München 1939

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

In Kommission des Verlages C. H. Beck München

HERR STAATSEKRETÄR,
MEINE DAMEN UND HERREN!

Wir haben uns heute hier versammelt, um gemeinsam eines schlichten Gelehrten zu gedenken, der vor 150 Jahren geboren wurde, vor 85 Jahren starb, der lange Jahre auswärtiges Mitglied unserer Akademie und von 1850 bis Juli 1854 zuerst Konservator an unserer Akademie, dann ordentlicher Professor für Physik an der Universität München war: Georg Simon Ohm. Es dürfte nicht viele Wochen im Jahre geben, in welchen nicht ein ähnlicher äußerer Grund zu einer solchen Erinnerungsfeier besteht. Wenn diese meist nicht wahrgenommen werden, so muß bei Ohm ein Anlaß vorliegen, der nur auf einer besonderen Eigenart seines wissenschaftlichen Werkes begründet sein kann. Dies ist in der Tat der Fall.

Wer kennt den Namen Ohm? Wer je etwas mit elektrischen Stromleitungen zu tun gehabt hatte, wer elektrische Apparate und Anlagen erdenkt, konstruiert oder baut, wer je einmal Physikunterricht hatte, der weiß, daß das Ohmsche Gesetz die Strömung der Elektrizität in Metallen beherrscht. Dieses Gesetz war und ist die erste und die wichtigste quantitative Grundlage des Galvanismus und damit der Elektrotechnik, der Schrecken der Physikungskandidaten. „Das Ohm“ ist die internationale Maßeinheit für den elektrischen Widerstand.

In die Zeit, in der Ohm seine Versuche ausführte, fallen noch andere Entdeckungen von größter Auswirkung, so kurz vorher die Feststellung der magnetischen Wirkung eines elektrischen Stromes durch Oersted und kurz nachher die Entdeckung der elektromagnetischen Induktion durch Faraday. Es ist keine Frage, daß diese von nicht geringer Bedeutung für die Entwicklung der Elektrizitätsforschung und der Elektrotechnik waren. Aber in einem unterscheiden sie sich doch grundlegend: Ohm schuf das physikalische Gesetz über den elektrischen Strom in einem geschlossenen Leiterkreis oder, wie man damals sagte, in der „galvanischen Kette“; nicht Folgen des Stromes oder

durch ihn erzeugte Effekte, sondern das Gesetz des Stromkreises selbst und die Vorstellung des Stromes ist das Ergebnis seiner Arbeit. Physikalisch scheint mir am höchsten zu werten zu sein die Unterscheidung von Stromstärke und Spannung und die Begründung des Begriffs des Spannungsabfalls längs des stromdurchflossenen Leiters. Praktisch folgte hieraus die Möglichkeit, für jeden beliebigen elektrischen Stromkreis aus zweien der drei Größen Spannung, Stromstärke und Widerstand die dritte zu berechnen, und aus den verschiedenen Teilwiderständen eines zusammengesetzten Stromkreises die Verteilung des Spannungsabfalls in ihm.

Um so erstaunlicher ist es für uns, daß das Erscheinen von Ohms Arbeit in Schweiggers Journal Bd. 46, 1826 so gar keine Überraschung hervorrief, ja daß sich die meisten Physiker mit einigen wenigen Ausnahmen nicht einmal recht mit ihr befaßten. Hieran änderte auch die Veröffentlichung des zwei Jahre nach der experimentellen Entdeckung geschriebenen Buches, „Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet“ nichts. Im Gegenteil: das Buch sorgte für eine kräftige Verkenntung des Wesens der Ohmschen Arbeit. Denn als die Bedeutung des Ohmschen Gesetzes viele Jahre später sich nicht mehr verkennen ließ, war die Ansicht weithin verbreitet, daß Ohm sein Gesetz rein deduktiv auf mathematischem Wege abgeleitet habe. Noch jahrzehntelang hielt sich die Meinung, daß erst Pouillet in den 30er Jahren – rund 10 Jahre nach Ohms Untersuchungen – die experimentellen Beweise für Ohms hypothetische Prämissen geliefert habe.

Die Ableitung des Ohmschen Gesetzes bildet ein Kapitel jeder Vorlesung über Experimentalphysik. Ich gehe wohl nicht fehl in der Annahme, daß Sie, verehrte Anwesende, sich nicht für verpflichtet halten, einer solchen Belehrung sich hier zu unterziehen. Ich habe deshalb nach einem etwas allgemeineren Gesichtspunkt gesucht: Wir wollen fragen, in welcher Periode der Entwicklung unserer Wissenschaft Ohms Arbeit begann und welche naturwissenschaftliche und geistesgeschichtliche Rolle ihr in dieser und in der Folgezeit zukommt.

Im Jahre 1789 hatte Galvani eine Reihe von Froschschenkeln mit Kupferdrähten umwickelt und an einem eisernen Balkongeländer aufgehängt. Sie sollten ihm zu Versuchen über ihr Verhalten gegenüber Funken von Elektrisiermaschinen dienen. Galvani – oder wie die Fama kündigt – Frau Galvani sah, daß diese toten Froschschenkel wieder zu zucken begannen, sobald sie selbst das Eisen berührten. Er wunderte sich hierüber, d. h. er machte eine Entdeckung. Und als Naturforscher suchte er sofort nach den Bedingungen, unter welchen dieses Zucken eintritt: Es genügte, daß zwei verschiedene Metalle an verschiedenen Stellen des Froschschenkels angebracht und dann außerhalb desselben miteinander in Verbindung gebracht werden: Bei jeder erneuten Verbindung der Metalle zuckte der Schenkel, genau so wie wenn man einen elektrischen Funken der Elektrisiermaschine auf den aufgehängten Froschschenkel schlagen ließ.

Merkwürdigerweise schloß Galvani nun nicht auf gleiche Ursache in beiden Fällen. Die Phantasie oder seine Weltauffassung ging mit ihm durch, er glaubt ein biologisches, ein Lebensrätsel gelöst zu haben: Tierische Elektrizität, Lebenskraft ist in Muskeln und Nerven aufgespeichert und kommt durch die Drähte zur Entladung. Diese oft so gepriesene weitblickende Vielseitigkeit verhinderte ihn an der Aufklärung des wahren Sachverhalts, an der Entdeckung der chemischen Stromquellen oder Elemente. Dies gelang nach hartem Kampfe mit dem seine tierische Elektrizität verteidigenden Galvani im Jahre 1800 Alessandro Volta.

Das Voltasche Element – mit geringen, wenn auch für die praktische Anwendung wesentlichen Abänderungen noch heute als Hausklingel- oder Taschenbatterie in Gebrauch – schuf zum erstenmal die Möglichkeit, einen länger dauernden elektrischen Strom herzustellen. Jedoch ist Volta nicht der erste, der solche Elemente, die man merkwürdigerweise oft als „galvanische“ bezeichnet, herstellte. Kein physikalischer Entdecker ist ohne Vorgänger, immer wieder finden wir, daß jede neue Erkenntnis von anderen vorgeahnt, vorbereitet, oft sogar auch schon in gleicher Form realisiert worden war. Zum wissen-

schaftlichen Entdecker wird erst der, welcher sich des grundsätzlich Neuen bewußt ist.

Volta's Entdeckung veranlaßte die Physiker Deutschlands, Englands und Frankreichs zu vielseitigen Versuchen mit dieser neuen Elektrizitätsquelle: man verglich ihre Wirkung mit der der alten Reibungselektrisiermaschinen und fand in allem gleichartige, wenn auch quantitativ verschiedene Effekte. Dennoch war eines klar: daß in der Erzeugung von Elektrizität dadurch, daß man zwei verschiedene Metalle in eine Salzlösung stellte, ein die Physik und Chemie verbindendes Naturgesetz sich offenbart. Auf dessen Erkennung richteten die Forscher ihr Augenmerk, während das Problem der – wir würden heute sagen – „technischen Verwertung“ völlig außer Betracht blieb.

In einem unterschied sich die damalige Zeit offenbar nicht von der heutigen: man suchte sofort nach der medizinischen Verwertung des Voltaelementes. Neben sehr genauen Untersuchungen über die Gefühle und die Veränderungen der Blut- und Muskelbewegungen bei Anlegen solcher Elemente an die verschiedenen Teile des Körpers erfährt man die erstaunlichsten Anpreisungen der galvanischen Elektrizität als Heilmittel: „erhöhte Tätigkeit der geistigen Funktion jeder Art, Munterkeit, Aufgelegtsein zum Denken“ erzeuge der Durchgang der Elektrizität durch das Gehirn, sie erweise sich als wirksames Heilmittel „in Nervenkrankheiten verschiedener Art, Taubheit, Schwarzem Star, kalten Geschwülsten, langwierigen Rheumatismen, chronischen Entzündungen, unterdrückten Ab- und Aussonderungen aller Art; endlich auch bei Scheintod“. Ich glaube, es sind so ziemlich dieselben Krankheiten, die parallel der fortschreitenden Entwicklung der Physik von Röntgenstrahlen, von Radiumstrahlen, von Kathodenstrahlen, von ultravioletter und ultraroter Licht, von Kurzwellen und heute von Neutronen geheilt werden sollen.

Wer sich mit der französischen Geschichte um die Wende des 18. und 19. Jahrhunderts etwas befaßt hat, der weiß, mit welcher Vielseitigkeit Bonaparte das gesamte Geistesleben verfolgte. So hörte er sich auch Vorträge von Volta über seine Entdeckung an. Er zog aus

seiner Erkenntnis der nationalen Bedeutung der wissenschaftlichen Forschungsarbeit der Ingenieure, Physiker und Chemiker die praktischen Konsequenzen: er stiftete Preise für die Erforschung des Voltaschen Elements, für neue physikalische Entdeckungen auf dem Gebiet der Elektrizität, und schließlich schenkte er aus eigenen Mitteln dem Pariser technischen Institut die größte damals gebaute Batterie aus 300 großen Voltaelementen mit 600 fast 1000 Quadratcentimeter großen Metallplatten.

Um 1800 griffen vor allem zwei Forscher in die Entwicklung ein, Ritter, damals in Jena, bald darauf in München und ebenfalls Mitglied unserer Akademie, und Davy in London. Man kann sich kaum größere Gegensätze in Forschernaturen denken, wie sie zwischen diesen beiden bestanden: Ritter, wie Ohm Mitglied unserer Akademie und Professor der Physik in München, der große Romantiker, von der Schönheit der Natur begeistert, jeden Genuß der Seele und des Leibes bis zur Neige auskostend, – suchte „durchaus die eigentliche Weltseele der Natur auf“, wie Novalis von ihm sagte. Phantasievolle Experimente, mit welchen er eine ganze Anzahl neuer Dinge entdeckte, wurden ausgeführt – aber die Beharrlichkeit, die kühle Überlegung war nicht seine Sache. Sein Münchener Arbeitszimmer glich mehr einem Schwabinger Atelier als einem physikalischen Institut. Auf der anderen Seite Davy, der nicht minder phantasiebegabte, aber nüchtern die Beobachtungen betrachtende Experimentator suchte nicht die Weltseele der Natur, sondern die materiellen Bedingungen seines Experimentes und die aus ihr unmittelbar sich ergebenden Folgerungen zu ergründen. So ist von seiner Arbeit mehr beständig geblieben als von der Ritters.

Mit den ersten Entdeckungen, die mit Hilfe der Voltaschen Batterien gemacht wurden, und mit der Beurteilung und Bewertung derselben durch die zeitgenössischen Physiker müssen wir uns zunächst etwas befassen, um die Verhältnisse zu verstehen, unter welchen Ohm in die Entwicklung der Elektrizitätslehre eingriff. Wir sind hierüber sehr gut unterrichtet. Denn im Jahr vor Ohms Arbeit schrieb Biot,

der berühmte und damals allgemein anerkannte Pariser Physiker, ein umfangreiches Lehrbuch der Physik, welches ins Deutsche übersetzt und mit Anmerkungen versehen wurde von einem nicht weniger berühmten deutschen Physiker Gustav Theodor Fechner in Leipzig, der durch seine Betrachtungen, warum die Wurst schief durchgeschnitten wird, in weiteren Kreisen bekannt wurde.

Vor Galvani und Volta erzeugte man elektrische Energie mit Hilfe der Reibungselektisiermaschine, deren erste von dem Magdeburger Bürgermeister Otto von Guericke konstruiert worden war. Man kannte die Abstoßung und Anziehung elektrisch geladener Körper, man kannte die Entladung der Elektrizität durch die Luft als Funken und durch einen Raum mit verdünnten Gasen als Lichtband, die heutige Leuchtröhre. Man wußte, daß der durch eine Flüssigkeit geleitete Funken eine Zersetzung derselben in Gase bewirkt, daß unser Körper den elektrischen Schlag übel vermerkt. Man war auch überzeugt, daß der Blitz und der Schlag des Zitterrochens Erscheinungen gleicher Art wie die Entladung der Elektisiermaschine sind. Die nähere Untersuchung der Anziehungs- und Abstoßungserscheinungen, die ja dem Altertum schon vom geriebenen Bernstein her bekannt waren, hatte zu der Überzeugung geführt, daß die auf eine Metallkugel gebrachte Elektrizität sich auf der Oberfläche derselben ausbreitet und an Spitzen ansammelt; hierauf war Franklins Blitzableitererfindung gegründet.

Nun war im Voltaschen Element eine neue, viel einfachere Erzeugungsmethode für elektrische Wirkungen gegeben; das Zucken von Galvanis Froschschenkel bei Anlegen eines Voltaschen Elementes legte es nahe, die aus diesem und die aus der Reibung gewonnene Elektrizität als etwas Gleichartiges anzusehen. Genau so, wie man es heute macht, verfuhr man damals: man probierte, ob die neue Elektrizitätsquelle alle Erscheinungen lieferte wie die alte: das war qualitativ der Fall, aber quantitativ zeigten sich doch erhebliche Unterschiede, die sich jedoch immer mehr verringerten, je mehr solcher Voltaelemente man zu Batterien hintereinanderschaltete.

Das Anziehende an dem Experimentieren mit diesen Batterien war ihre sehr große Ergiebigkeit. Aber gerade diese verursachte viel Kopferbrechen. Denn die Effekte, welche man mit einem von der Elektrisiermaschine aufgeladenen Kondensator erzielen konnte, waren außerordentlich heftig, es gab große Funken, starke Schläge auf den Körper, aber nur eine minimale Zersetzung von Wasser. Die Voltabatterie lieferte nur kleine Funken und schwache physiologische Wirkungen, aber eine langdauernde starke Zersetzung des Wassers. Man ahnte wohl, daß man verschiedenartige Größen unterscheiden müsse, aber man mußte sich mit unklaren Begriffen wie Quantität der Elektrizität und ihrer Intensität begnügen.

Die wichtigste Entdeckung, welche Davy 1812 mit seiner großen Voltabatterie machte, war wohl der elektrische Lichtbogen. Er zeigte damit, daß der elektrische Strom lange Zeit durch die Luft hindurch geleitet werden konnte und daß dabei ganz außerordentliche Licht- und Hitzewirkungen auftreten: er fand keinen Körper – und er untersuchte alle Metalle, Kalk, Quarz, Saphir –, der nicht im Lichtbogen schmolz, Diamant verflüchtigte sich augenblicklich zu einem Gase.

Als noch merkwürdiger wurde die von verschiedenen Forschern ziemlich gleichzeitig gemachte Entdeckung angesehen, daß ein Metalldraht, welcher mit den Polen einer Batterie verbunden wurde, sich erhitzte. Davy konnte mit seinen großen Hilfsmitteln Platindraht nicht nur zur hellen Glut bringen, sondern sogar in geschmolzene Kügelchen zerteilen.

Ich glaube, man kann sich leicht vorstellen, welche Aufregung die Entdeckung einer neuen, so mächtigen Energiequelle heute hervorrufen würde. Damals würdigte man kaum die in ihr liegende und durch sie gegebene Erweiterung der wissenschaftlichen Erkenntnis. Noch 12 Jahre später schreibt Biot:

„Es ist ausnehmend schwer, um nicht zu sagen unmöglich, die Entstehungsart dieser Lichterscheinung und Erhitzung unter solchen Umständen anzugeben.“ Und man erfährt auch aus einer eingehenden Überlegung, warum er dies alles für so „ausnehmend merkwürdig“

hält: es fehlt noch jeder Begriff über das Fließen der Elektrizität durch die Metalle, über den elektrischen Strom. Man ist noch völlig befangen von den Anschauungen und Begriffen der sogenannten Elektrostatik, von den Kräften, welche geladene Körper aufeinander ausüben. Und so meint Biot: die zwei verschiedenartigen Metallplatten des Voltaelementes enthalten die zwei verschiedenen „elektrischen Prinzipie“. Werden die Platten durch einen Draht verbunden, so wirkt sich die Anziehung in der Zusammendrückung des Drahtes aus und hierdurch wird er heiß. Aber daß diese Erwärmung nun bleibt, das kann er nicht verstehen. Und so fragt er:

„Sollten wohl die beiden elektrischen Prinzipie unmittelbar durch Zusammentreffen Licht erzeugen?“

Dies war ein schwerer Fehlschluß für die Erklärung des Glühens von elektrisch geheizten Drähten, aber der Gedanke sollte sich viele Jahrzehnte später für ganz andere Leuchterscheinungen doch noch als richtig erweisen.

Schon wiederholt war an eine dauernde Strömung der Elektrizität durch die Metalldrähte, welche die Pole der Batterie verbinden, gedacht worden. Mehrere Forscher hatten sich gefragt, ob man wohl einen Unterschied finden würde, wenn man hierzu verschiedenartige Metalldrähte verwendet. Sie fanden, daß die Erwärmung verschieden ist, sie fanden auch, daß die Batterie durch verschiedenartige Drähte mehr oder weniger schnell entladen wird. Und schließlich fand man, daß die magnetische Wirkung, welche von diesen Verbindungsdrähten auf eine ihnen genäherte Magnetnadel ausgeübt wird, von der Art des Metalls abhängt.

Hieraus entwickelte sich der Begriff des Leitungsvermögens der Metalle. Davy bestimmte, daß Kupfer, Silber und Gold gute Leiter, Platin und Eisen schlechte Leiter sind, er fand, daß das Leitungsvermögen um so schlechter sei, je länger der Draht ist. Und dann fand man die erstaunliche Tatsache, daß das Leitungsvermögen nicht von der Größe der Oberfläche der Drähte, sondern von ihrem Querschnitt, ihrer Dicke abhing. Fechner bezeichnet noch im Jahre 1824 dieses

Ergebnis als „höchst merkwürdig“. Denn man kannte doch so sicher die Tatsache, daß sich die auf eine Kugel gebrachte elektrische Ladung auf ihrer Oberfläche verteilt.

Und dann hatte Davy auch noch gefunden, daß warme Drähte ein schlechteres Leitungsvermögen als kalte Drähte haben sollen – und hierbei „Wirkungen, die man, solange man sie nicht selbst gesehen hat, für ganz unmöglich halten sollte“ (Fechner).

Und nun erst die verschiedenen Ergebnisse der verschiedenen Forscher!

Der eine nahm als Maß für die Leitfähigkeit die Geschwindigkeit, mit welcher die Batterie entladen wurde; der andere bestimmte die Ablenkung der Magnetnadel in der Nähe der verschiedenen Leiter, wenn mit ihm die Batterie geschlossen wurde, und nahm als Maß für die Leitfähigkeit die Stärke der Ablenkung; der Dritte machte einen Teil der Leitung, neben der sich die Magnetnadel befand, aus Messing und schaltete in diese Messingleitung Stücke der verschiedenen Metalle ein: jeder erhielt völlig andere Ergebnisse über das Leitungsvermögen der gleichen Metalle. –

Ich bin absichtlich ein bißchen näher auf diese Dinge eingegangen, weil sie wohl geeignet sind, Ihnen einen Begriff zu geben, auf welchen Wegen eine neue Erscheinung erforscht wird, Wege, die heute noch genau von der gleichen Art, vor allem von der gleichen Mühseligkeit sind. Und das Urteil Biots, Fechners und Davys, und es wird wohl das Urteil aller anderen Physiker gewesen sein, daß diese Erscheinungen ausnehmend schwer zu verstehen, fast nicht zu glauben sind, setzt uns erst die Bedeutung der Ohmschen Arbeit in das richtige Licht. Denn sie beginnt gerade in dem Augenblick, als diese Urteile der ersten Autoritäten gesprochen wurden, sie beginnt mit einer peinlich genauen Wiederholung aller dieser Versuche und führt zunächst – zu einem Trugschluß! Aber schon ein Jahr später, 1826, hat Ohm die restlose Aufklärung dieser Erscheinungen, die Lösung aller dieser Rätsel erlangt. Worin besteht diese?

Physikalisch gesprochen: Ohm hat erkannt, daß der geschlossene elektrische Leitungskreis durch 3 Größen bestimmt ist, die wir heute als Spannung, Stromstärke und Widerstand bezeichnen. Und er faßt zum erstenmal den Begriff des Stromes der Elektrizität, eines Stromes unter der Wirkung eines Gefälles.

Mit diesem anschaulichen, vom fließenden Wasser hergenommenen Begriff können auch wir den Inhalt seiner Erkenntnis verständlich machen. Wir stellen uns vor, daß die eine Metallplatte (oder der eine Pol) des chemischen Elements ein Bergsee sei und die andere ein Talsee. Dann hat das Wasser des Bergsees einen gewissen Arbeitsvorrat, welcher es befähigt, in den Talsee herunterzufließen. Dieses Herunterfließen kann nun auf alle mögliche Weise geschehen, in breitem oder in engem Flusse, auf geradem oder gekrümmtem Wege, in einer durchlaufenden oder in verzweigter Strombahn, in großem kurzen oder schwachem langen Gefälle. Welchen Weg es auch nehmen wird, das gesamte Gefälle ist immer dasselbe, gleich der Höhendifferenz der beiden Seen: dies ist die „Spannung“ oder die „elektromotorische Kraft“ des elektrischen Elementes. Die Verteilung des Gefälles ist aber abhängig von der Führung der Wasserleitung, und die Wassermenge, welche herunterfließt, wird durch die Reibung in den einzelnen Teilen der Leitung bestimmt. Die Stärke des Wasserstromes ist also bei einer gegebenen Leitung ganz unabhängig davon, aus welchen Teilen sie sich zusammensetzt, in allen diesen Teilen dieselbe. Denn soviel vom oberen See in jeder Minute abfließt, soviel kommt im unteren in jeder Minute an. Diese Menge ist groß, wenn die ganze Leitung einen kleinen Widerstand, klein, wenn die ganze Leitung oder Teile derselben einen großen Widerstand haben. Ferner ist die Menge bei gleicher Leitungsführung groß, wenn der Bergsee einen großen Höhenunterschied gegenüber dem Talsee hat, wenn also die ganze Leitung unter großem Gefälle steht.

In jedem Teil der nun irgendwie geführten Leitung wird also die strömende Wassermenge gleich sein dem Gefälle längs dieses Teiles dividiert durch seinen Widerstand.

Jetzt war es nicht mehr „unfaßbar, überhaupt kaum zu glauben“, daß ein Teil einer Stromleitung glühen konnte, während der andere kalt blieb – so wie wir das von unseren Glühlampen her ja gewöhnt sind, denn in ihnen glüht nur der dünne Draht in der Birne, nicht aber auch die Zuleitung! Es kommt darauf an dafür zu sorgen, daß längs des Glühdrahtes ein großes Gefälle, längs der Zuführung aber ein kleines Gefälle herrscht; d. h. der Widerstand des Glühdrahtes muß groß sein, der Widerstand der Zuleitung aber klein. Jetzt war es nicht mehr ausnehmend merkwürdig, daß von kalten und heißen Teilen des Stromkreises dieselbe magnetische Wirkung ausging, obgleich man doch aus der verschiedenen Temperatur auf verschieden große elektrische Wirkungen schließen mußte: die strömende Menge, welche die magnetische Wirkung liefert, ist im ganzen Leiterkreise dieselbe, aber sie fließt in einem Teil unter einem kleinen, im anderen unter einem großen Gefälle. Dies waren die Folgerungen, die sich in energetischer Betrachtungsweise aus dem Ohmschen Gesetz ergaben. Der Begriff der Arbeitsleistung des Stromes war vorstellungs- und zahlenmäßig erst mit Ohms Gesetz zu fassen.

Von außerordentlicher Bedeutung war aber, daß Ohm seinen Gedanken vom Gefälle auch folgerichtig bis zu Ende durchdachte: der elektrische Stromkreis besteht ja nicht nur aus dem metallischen Leiterkreise, sondern auch das Voltasche Element ist ein Teil dieses Kreises. Es muß also auch durch dieses derselbe Strom hindurchfließen; für jede Strömung ist aber ein Gefälle erforderlich. Folglich muß an dem stromliefernden, durch eine äußere Leitung geschlossenen Element ein besonderer Spannungsabfall vorhanden sein: zur Berechnung des Stromes in dem Leiterkreis gehört auch die Berücksichtigung des Widerstandes des Elements.

Jetzt können wir sagen, woher wir die Berechtigung ableiten, gerade Georg Simon Ohms in einer besonderen Feierstunde zu gedenken.

Er betrat nicht Neuland. Aber er ordnete einen wirren Haufen aus falsch gemessenen, falsch gedachten, falsch gedeuteten und von allen

im vollen Umfang unverstandenen Erscheinungen nach einem ganz neuen Prinzip auf Grund genauer Messungen und in absoluter mathematischer und logischer Strenge in einem ganz einfachen Gesetze. Das Ergebnis, zu dem er gelangt, ist schlechtweg richtig; es erschloß die Erscheinungen der Stromleitung der wissenschaftlichen Behandlung.

Es mag die Frage naheliegen: was ist denn nach Ohms Ansicht der elektrische Strom, dessen Gesetz und dessen Gefällströmungsmodell er gab? Es scheint, daß er sich hierüber nicht näher ausgesprochen hat. Es ist dies eine merkwürdige, aber charakteristische Tatsache für ein physikalisches Gesetz: es wird ermittelt aus den Erscheinungen, es erweist sich als generell richtig, mathematisch und zahlenmäßig, und doch braucht man den inneren, die äußere Erscheinung liefernden Grund – wir würden heute sagen die molekularen Vorgänge – nicht zu kennen.

Ohm hat sich hierüber aber, das wissen wir, viele Gedanken gemacht und manchmal davon gesprochen, daß die Welt aus materiellen und nichtmateriellen Bestandteilen, zu denen er Elektrizität, Licht und Wärme rechnete, zusammengesetzt sei. Und er hatte auch den Plan, diese seine Gedanken in einem Buch niederzulegen.

Seine mathematische Schulung ließ ihn aber mit modellmäßigen Betrachtungen, mit rein gedanklichen Vorstellungen nicht zufrieden sein. Und so begann er sein vierbändig gedachtes Werk über „Molekularphysik“ – welch ein modernes Wort! – mit einem ersten Band über neue mathematische Hilfsmittel, die er zu ihr gebrauchte. Er erschien im Jahre 1849, kurz vor seiner Berufung nach München. Dann hielt ihn einige Jahre der Neuaufbau seiner Vorlesung und die Niederschrift eines Lehrbuches von der Arbeit ab. Und als er zu ihr zurückkehren wollte, war der ihm bestimmte Lebenslauf zu Ende.

Ein Jahrzehnt später begann ein anderer deutscher Forscher, dessen Schicksal überaus große Ähnlichkeit mit dem Ohms hat, sich der Frage nach dem Wesen des elektrischen Stromes zuzuwenden: Wilhelm Hittorf. Er entdeckte in der Stromleitung durch den luftleeren Raum

die Kathodenstrahlen, und er sah in ihnen den von jeder Materie losgelösten Strom, „den elektrischen Strom selbst“. Auch er kämpfte den aussichtslosen Kampf mit dem Berliner Ministerium um Zuweisung von Mitteln zum Experimentieren, auch er mußte Jahrzehnte auf Anerkennung warten; aber vorher hatte ein Engländer, Crookes, die Früchte seiner Arbeit geerntet, wie der Franzose Pouillet im Falle des Ohmschen Gesetzes.

Erst im Anfang der 40er Jahre fand Ohms Gesetz die allgemeine Anerkennung, die er selbst von Anfang an offen zu fordern sich nicht scheute. Seine Untersuchungen hatte er im Ausland, in Köln a. Rhein, wohin das Geschick den Bayern als Gymnasialprofessor verschlagen hatte, ausgeführt. Er wandte sich am 1. April 1826 unter Beifügung eines Abdruckes seiner Arbeit, in welcher das Spannungsgesetz enthalten ist, mit einem langen, geradezu mit poetischem Schwung geschriebenen Antrag an das Berliner Ministerium: Er stellt die Bedeutung der naturwissenschaftlichen Ausbildung für den Schüler und seine eigenen Erfolge als Lehrer dar, die Schwierigkeiten, neben dem umfangreichen Schulunterricht seine experimentellen Untersuchungen durchzuführen, das persönliche Elend, in welches er kam, weil er sein Einkommen für wissenschaftliche Bücher und Apparate ausgeben mußte, das ihn „zwang, eine Wohnung beizubehalten, die von jeder Bequemlichkeit entblößt und an das bettlerhaft Grenzende zum steten Unmut mahnt, die schwarzen Wolken alle, die sich gemeinhin um das einsame Leben eines ruhigen Schulmannes ziehen“... und er erbittet Urlaub für ein Jahr nach Berlin, um seine bisherigen Untersuchungen zu vollenden und eine bereits begonnene neue Theorie des Lichts weiterzuführen.

Ohm erhält diesen Urlaub und benutzt ihn, um zunächst eine abgeschlossene Darstellung seines Gesetzes zu geben, welche er als Buch erscheinen läßt. Leider ist dieses Buch nicht glücklich abgefaßt: man kann kaum aus ihm ersehen, welche umfangreichen experimentellen Untersuchungen der Aufstellung seiner Theorie vorangingen. Diese Darstellung hat, das müssen wir schon sagen, viel dazu beigetragen,

daß sich die schon vorhin erwähnte falsche Vorstellung von Ohms Leistung so lange hielt.

Nach Erscheinen dieses Buches kommt Ohm um seine Entlassung aus der Kölner Stelle ein und drückt den Wunsch nach der baldigen Erlangung einer Professur aus. „Kein eitles Streben nach der Menschen Flittergröße verleitet mich zu diesem Schritt, sondern die redlich gewonnene Überzeugung, daß ich dort nichts mehr nutze, hier noch Gutes stiften kann.“ Gleichzeitig beginnt aber auch die ablehnende Kritik seiner Arbeit.

Professur und Anerkennung bleiben ihm vorerst versagt, bald auch die zum Leben notwendigen Mittel. Alle Eingaben, die Darlegung sowohl seiner schlechten Verhältnisse als auch der Bedeutung seiner experimentellen und mathematischen Arbeiten bringen ihm schließlich einen ganz untergeordneten Auftrag zur Erteilung von wöchentlich drei Repetitionsstunden für Mathematik an der allgemeinen preußischen Kriegsschule.

Die Widerstände, welche Ohm fand, waren, wie man so sagt, „sachlicher Natur“. Sie betrafen vor allem den Geist seiner Arbeits- und Denkweise. In Berlin war damals das geistige Mittelalter noch nicht abgeschlossen, es herrschten Hegel und seine Jünger. Und einer dieser war der Referent im preußischen Ministerium, Ministerialrat Schulze. Man kann sich leicht vorstellen, wie wenig Interesse er daran hatte, einem objektiven Naturforscher vom Schlage Ohms Mittel für seine Arbeit zu geben, um ihn in Berlin groß werden zu lassen. Und er konnte seine eigene Sachkenntnis durch die anderer Anhänger des gleichen Systems bereichern.

Man hatte sich damals noch nicht die Worte zu Herzen genommen, die Schiller ein Menschenalter früher schrieb: „Die Philosophie erscheint immer lächerlich, wenn sie aus eigenen Mitteln, ohne ihre Abhängigkeit von der Erfahrung zu gestehen, das Wissen erweitern und der Welt Gesetze geben will.“

Aber nicht nur die Hegelianer machten Ohm das Leben schwer. Noch eine andere Geisteshaltung, von der man auch jetzt immer

wieder einmal ein Überbleibsel findet, trat ihm entgegen. Um dem Berlin beherrschenden Hegelianismus zu entgehen, wendet sich Ohm 1829 an Ludwig I. um Zuweisung einer Lehrstelle für Mathematik und Physik, welche ihm auch Gelegenheit und Hilfsmittel „zu experimenteller Erforschung der Natur“ geben soll. Er fiel aus der Scylla in die Charybdis: denn in München herrschte die Mathematik; und Ohm sah seine Aufgabe „im Beschauen der Natur“, wie er selbst in seinem Briefe an unsere Akademie schreibt. So erkennt der eine Begutachter seiner Schriften wohl den geschickten experimentellen Physiker an, aber die mathematische Behandlung erscheint ihm wichtiger, und er befürwortet nur eine Professur für Mathematik. Trotz der Verkennung der eigentlichen Leistung Ohms spricht dieser Gutachter, Professor Stahl, ein Urteil aus, welches nach unserer heutigen Ansicht eine ganz besondere Anerkennung enthält; er sagt:

„Auch darf ich nicht unterlassen zu bemerken, daß er der erste deutsche Analyst sei, der sich in diesem Fach versucht hat.“

In der Tat ist die Verbindung von Experiment und Mathematik, die wir heute als die erfolgreichste Forschungsmethode schätzen, von Ohm zum ersten Male so ganz bewußt durchgeführt worden; und alle seine späteren Arbeiten sind von gleichem Streben diktiert.

Auch der andere Berichterstatter der Akademie, Professor Siber, sieht in Ohms Schrift eigentlich nur den „verdienstlichen Versuch“, „Mathematik auf einen Teil der Physik anzuwenden“. Daß Ohm eine völlig neue Erkenntnis geschaffen hatte, daß seine Entdeckung den Weg für neuartige quantitative Untersuchungen freigemacht hatte, daß er zu dieser Arbeit nun Apparate haben mußte, das verkennt Siber schon aus Prinzip. Denn nach seiner Ansicht soll die Arbeitsweise der Naturforschung diese sein:

„Hat der Mathematiker vorerst die Erscheinung berechnet und für sie allgemeine Formeln gegeben, dann ist dem Experimentator der Weg, den er gehen soll, vorgezeichnet und der Philosoph wird später den Geist des niedergelegten Buchstabens aufzufinden wissen.“

Es dürfte schwer möglich sein, das Wesen naturwissenschaftlicher, also auch physikalischer Forschung ärger zu entstellen als es in diesem einen Satze geschieht.

Wie ganz anders Ohm über physikalische Forschung dachte, geht aus Anträgen und Briefen hervor, in welchen er seine Arbeitsweise darlegt; besonders in einem Brief an Schweigger, einen der wenigen, die seine Bedeutung sofort erkannt hatten, betont er den innigen Zusammenhang und das Wechselspiel zwischen seinen Versuchen und seiner Theorie, daß er „wo es nur immer geschehen konnte, sogar dem Maße nach mit der Theorie Übereinstimmung gefunden hatte, eine Übereinstimmung, die auch da, wo es neuen aus der Theorie abgeleiteten Versuchen galt, sich niemals und nirgends verleugnete“.

In diesen Worten erhebt er sich schon zu der Klarheit der Auffassung Maxwells, der mit nur wenig anderen Worten das gleiche Urteil über die Rolle der Mathematik in der physikalischen Forschung ausspricht.

So war der erste Versuch Ohms, in seine Heimat zurückzukommen, gescheitert, obwohl gerade – Ende 1829 – die erste öffentliche Anerkennung seiner Arbeit bekannt wurde: in der neuen deutschen Auflage des schon mehrfach erwähnten Lehrbuches von Biot schreibt Fechner, daß er sich „nicht scheue zu behaupten, daß durch Ohms Theorie erst Sinn in die Wirkungsverhältnisse der galvanischen Kette gekommen ist“ – nebenbei bemerkt 29 Jahre nach ihrer ersten experimentellen Verwirklichung!

Und nun folgt Eingabe auf Eingabe: Nach Nürnberg, Oldenburg, Berlin, Elberfeld, Augsburg und immer wieder München wendet er sich in langen Berichten, seine Arbeiten und seine Erfolge unterstreichend. Ab 3. Juli 1833 endlich wird er in seine Heimat zurückberufen, allerdings zuerst nach Nürnberg an die Polytechnische Schule und erst nach sehr erfolgreicher Tätigkeit dorten 1850 nach München, obwohl der Dekan der Münchener Philosophischen Fakultät schon 1833 berichtet hatte, daß eine bedeutende Mehrheit die Berufung Ohms auf die Physik-Professur an der Polytechnischen Schule in München, um die er sich beworben hatte, empfahl.

Die ersten Jahre seiner Nürnberger Zeit mußte er noch für die Anerkennung seiner Arbeit kämpfen, denn noch immer machten sich Einwände geltend, und es waren nicht die schlechtesten Physiker unter seinen wissenschaftlichen Gegnern, ich nenne nur Faraday. Auf der anderen Seite begannen die äußeren Ehrungen: Die Akademien der Wissenschaften in Berlin und in Turin ernannten ihn zum Mitglied, die Royal Society in London verlieh ihm die Copley-Medaille. Nun zieht er andere Saiten auf: in einer Eingabe an den König von Bayern erbittet er Entlastung von seinen Dienstgeschäften, um endlich durch neue Versuche die Richtigkeit seiner Arbeit endgültig zu beweisen, „mehr ein nationales als ein persönliches Interesse ins Auge fassend“. Dieser Schritt hatte Erfolg. Und nach langer Pause stürzt er sich in die experimentelle Arbeit – aber der Titel der in dieser ruhigen Arbeitszeit entstandenen Abhandlung lautet überraschenderweise „Über die Definition des Tones, nebst daran geknüpfter Theorie der Sirene und ähnlicher tonbildender Vorrichtungen“.

Es war ihm eben plötzlich etwas anderes eingefallen – und er ging diesem nach! Und das Ergebnis dieser Arbeit ist das andere Gesetz, das seinen Namen erhalten hat, das Ohmsche Gesetz der Akustik.

Zu dieser akustischen Arbeit will ich nur eine Bemerkung machen: sie ist eine physikalisch-theoretische Arbeit über die Analyse zusammengesetzter Töne und ihre Wahrnehmung durch das Ohr; zu ihrer experimentellen Prüfung mußte er sich eines Freundes bedienen, da er selbst so unmusikalisch war, daß er die mathematisch berechneten Tonempfindungen nicht hören konnte.

Neben der Freude, die Richtigkeit seiner Überlegungen zu hören, mußte er auch die Anerkennung der Richtigkeit dieses Gesetzes entbehren: gegen den Widerstand bedeutender Forscher auf diesem Gebiet brachte erst 1862 Helmholtz in seiner Lehre von den Tonempfindungen dieses Ohmsche Gesetz zu allgemeiner Anerkennung.

Was für Ohms elektrisches Gesetz gilt, gilt auch für sein akustisches: ihre wahre Bedeutung ermißt man an der langen, langen Zeit, die nötig war, ihren Inhalt und ihre Richtigkeit wirklich zu verstehen.

Hochverehrte Anwesende!

Ich habe versucht, Sie durch die Entwicklung eines weltgeschichtlichen Ereignisses zu führen, und ich weiß, daß ich es Ihnen nicht leicht gemacht habe. Aber kein Verstehenwollen kann ohne Mühe befriedigt werden. Man darf sich auch nicht der Täuschung hingeben, daß man einen Vortrag über ein geschichtliches oder vielleicht ein medizinisches Thema leichter verstehe, weil die darin benutzten Worte im menschlichen Leben häufiger sind als die des Physikers. Dieser Standpunkt muß einmal überwunden werden durch die Erkenntnis, daß die Naturwissenschaften und ihre Begriffe ebenso wie die der Geisteswissenschaften gedacht werden müssen und denkwert sind.

Ich nannte die Entdeckung des Ohmschen Gesetzes ein weltgeschichtliches Ereignis. Wenn Sie den Knopf Ihrer Hausklingel drücken, die elektrische Teekanne einschalten oder das elektrische Licht entzünden, wenn Sie sehen, wie alle Lampen einer Stadt, alle Motore, alle Haushaltungen und Straßenbahnen von der gleichen Maschine mit Strom beliefert am gleichen Netze liegen, wenn Sie an der Schalttafel einer elektrischen Anlage oder eines Autos ein Voltmeter oder ein Ampèremeter sehen, so nehmen Sie das fürderhin nicht gedankenlos hin als „Errungenschaften der Technik“, sondern wissend, daß Sie alles dem Umstand verdanken, daß ein deutscher Forscher Lebenskraft und Lebensglück opferte, um etwas zu erkennen.