

Bibliothek 2455

A. 8.



DAS PHOTOPHON

VORTRAG,

GEHALTEN AUF DER XXIX. JAHRESVERSAMMLUNG DER
AMERIKANISCHEN GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER
WISSENSCHAFTEN ZU BOSTON IM AUGUST 1880

VON

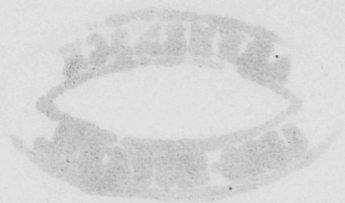
ALEXANDER GRAHAM BELL.

AUS DEM ENGLISCHEN.



LEIPZIG
VERLAG VON QUANDT & HÄNDEL.

1880.



LM
4632

Verlag von QUANDT & HÄNDEL in Leipzig.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen.

Analytische Chemie. Für den Gebrauch im Laboratorium
und zum Selbststudium. Von N. Menschutkin, Pro-
fessor an der Universität in St. Petersburg. Unter Mit-
wirkung des Verfassers übersetzt von Dr. O. Bach. 7 M.

Das phonische Rad; seine Theorie und seine Anwen-
dungen in der Wissenschaft, Technik und Telegraphie.
Von Paul La Cour. Aus dem Französischen von
Josef Kareis, k. k. österr. Telegraphen-Official. Mit
16 Holzschnitten. 2 M.

Die Fundamental-Eigenschaften der dioptrischen Instru-
mente. Elementare Darstellung der Gauss'schen Theorie
und ihrer Anwendungen. Von Galileo Ferraris, Pro-
fessor am Königl. italienischen Gewerbemuseum in Turin.
Unter Mitwirkung des Verfassers übersetzt und mit einem
Zusatze vermehrt von Ferd. Lippich, Professor an der
Universität in Prag. Mit 66 Figuren im Text. 5 M. 20 Pf.

Elemente des graphischen Calculs. Für den Gebrauch
an technischen Lehranstalten. Von Professor Luigi
Cremona, Director der Kgl. Ingenieurschule in Rom.
Unter Mitwirkung des Verfassers übersetzt von Maxim.
Curtze. Mit 130 Holzschnitten. 2 M. 80 Pf.

Elemente der Physik, Meteorologie und mathematischen
Geographie. Hilfsbuch für den Unterricht an höheren
Lehranstalten. Mit zahlreichen Uebungsfragen und -Auf-
gaben. Von Professor Dr. Paul Reis, Gymnasiallehrer
in Mainz. Mit 245 Holzschnitten. 4 M. 50 Pf.

Jahrbuch der Erfindungen und Fortschritte auf den
Gebieten der Physik und Chemie, der Technologie und
Mechanik, der Astronomie und Meteorologie. Heraus-
gegeben von Bergrath Dr. H. Gretschel, Professor
an der Bergakademie in Freiberg, und Regierungsrath
Dr. G. Wunder, Director der technischen Staatslehr-
anstalten in Chemnitz. Mit in den Text gedruckten Ab-
bildungen. 16. Jahrg. 1880. 6 M.

Die vorhergehenden Jahrgänge 1—15 sind ebenfalls
noch einzeln zu haben.

Verlag von QUANDT & HÄNDEL in Leipzig.

Lehrbuch der Physik; einschliesslich der Physik des Himmels (Himmelskunde), der Luft (Meteorologie) und der Erde (Physikal. Geographie). Gemäss der neueren Anschauung und mit den neuesten Fortschritten. Für Gymnasien, Realschulen und ähnliche Lehranstalten bearbeitet von Prof. Dr. Paul Reis. Mit 290 Abbildungen und 829 Aufgaben nebst Lösungen. Vierte verbesserte Auflage. 7 M. 80 Pf.

Neue elektrische Maschinen, insbesondere die magnet-elektrischen Maschinen und deren Anwendungen. Von Prof. Dr. Paul Reis. Mit 37 Holzschn. 2 M. 25 Pf.

Physikalische Demonstrationen. Anleitung zum Experimentiren im Unterricht an Gymnasien, Realschulen und Gewerbschulen. Von Dr. Adolf F. Weinhold, Professor an der Königl. Höheren Gewerbschule in Chemnitz. Mit 4 lithogr. Tafeln und gegen 500 Holzschnitten. In 3 Lieferungen. Erste Lieferung 6 M.

Theorie der Elasticität, Akustik und Optik. Von Prof. Dr. Hermann Klein, Gymnasiallehrer in Dresden. Mit über 100 Holzchnitten. 14 M.

Vorschule der Experimentalphysik. Naturlehre in elementarer Darstellung nebst Anleitung zum Experimentiren und zur Anfertigung der Apparate. Von Dr. Adolf F. Weinhold, Professor an der Königl. Höheren Gewerbschule in Chemnitz. Zweite verbesserte Auflage. Mit über 400 in den Text gedruckten Abbildungen und 2 Farbentafeln. 10 M.

Vorschule der Chemie. Eine Anleitung zur Ausführung von einfachen und unterhaltenden Experimenten nach methodischen Grundsätzen für den Schul- und Selbstunterricht bearbeitet von Dr. A. Hosaeus, Lehrer der Chemie am Realgymnasium in Eisenach. Mit 95 Holzchnitten. 3 M. 60 Pf.



DAS PHOTOPHON

VORTRAG,

GEHALTEN AUF DER XXIX. JAHRESVERSAMMLUNG DER
AMERIKANISCHEN GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER
WISSENSCHAFTEN ZU BOSTON IM AUGUST 1880

VON

ALEXANDER GRAHAM BELL.

AUS DEM ENGLISCHEN.



LEIPZIG
VERLAG VON QUANDT & HÄNDEL.

1880.

LIBRARY
OF THE
MUSEUM OF
ART AND HISTORY
NEW YORK

DAS PHOTOPHON.

Auf der Ende August dieses Jahres in Boston abgehaltenen Jahresversammlung der Amerikanischen Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften hat der als Erfinder des Sprechtelephons in weitesten Kreisen bekannte Professor Alexander Graham Bell über eine neue, von ihm im Verein mit Sumner Tainter gemachte Erfindung berichtet, die sowohl des Zweckes halber, dem sie dient, als auch wegen der Einfachheit der Mittel, durch welche dieser Zweck erreicht wird, der allgemeinen Aufmerksamkeit würdig erscheint, so dass eine deutsche Ausgabe des Bell'schen Vortrages gerechtfertigt sein dürfte.

Der Zweck des neuen Apparates, dem Bell den Namen Photophon, Lichtsprecher, beilegt, besteht, kurz gesagt, in der hörbaren Uebertragung der menschlichen Sprache in grössere Entfernungen mit Hilfe eines Lichtstrahles oder, richtiger gesprochen, eines Bündels paralleler Lichtstrahlen. Die Wirkung ist also ähnlich, wie bei dem Sprechtelephon, auch dient auf der Empfangsstation ein Telephon zum Hören der Worte, die auf der Abgangsstation gesprochen werden; aber die Drahtleitung zwischen den beiden Stationen, die beim Telephon nöthig ist, kommt beim Photophon in Wegfall. Ein Lichtstrahl, der durch den Absendungsapparat gewisse Modifikationen erfahren hat, tritt an die Stelle dieser Leitung.

Es ist bekannt, dass der Heliostat, der mittels eines ebenen Spiegels einen Sonnenstrahl nach einem beliebigen

entlegenen Punkte sendet, vielfach, besonders in Kriegzeiten, zu telegraphischen Zwecken verwendet worden ist, wie noch neuerdings von den Engländern am Cap und in Afghanistan. Man ahmt dabei durch längere und kürzere Lichtblitze die aus Strichen und Punkten bestehenden Zeichen der Morse'schen telegraphischen Schrift nach. Bei Benutzung des Photophons wird man des mühsamen und zeitraubenden Zusammensetzens der Worte aus solchen Zeichen überhoben, man hört in dem Empfangstelephon das gesprochene Wort.

Auf welche Entfernung eine derartige Uebertragung möglich ist, das ist freilich gegenwärtig noch nicht festgestellt; die Erfinder haben nur auf Entfernungen von einigen hundert Metern experimentiren können.

Die Grundlage des ganzen Verfahrens bildet das Verhalten des Selens gegen das Licht. Dieses dem Schwefel nahe verwandte chemische Element, das in der Natur zwar weit verbreitet ist, aber immer nur in geringen Mengen auftritt, hat nämlich die Eigenschaft, unterm Einflusse des Lichtes sein Leitungsvermögen für den elektrischen Strom wesentlich zu ändern.

Wie nun diese Eigenschaft zu dem erwähnten Zwecke verwendet wird, das erfährt der Leser am besten aus Bell's Munde.

Indem ich zu Ihrer Kenntniss einige von Hrn. Sumner Tainter und mir gemachte Entdeckungen bringe, welche schliesslich auf die Construction eines Apparates zur Erzeugung und Wiedererzeugung von Schall vermittels Licht geführt haben, ist es nothwendig, zuerst den Stand der Erkenntniss darzulegen, der den Ausgangspunkt für unsere Versuche gebildet hat. Ich will zunächst die bemerkenswerthe Substanz Selenium beschreiben, sowie die Manipulationen, auf die wir durch verschiedene Experimente gekommen sind; als letztes Ergebniss unserer Untersuchungen erscheint aber der Nachweis derjenigen Classè von Substanzen, welche für Lichtvibrationen empfindlich sind, wenn wir nicht die Thatsache der Empfindlichkeit als eine allgemeine Eigenschaft der Materie hinstellen dürfen. Wir haben diese Eigenschaft bei Gold, Silber, Platin, Eisen, Stahl, Messing, Kupfer, Zink, Blei, Antimon, Neusilber, Jenkins' Metall, Babbitt's Metall, Elfenbein, Celluloid, Guttapercha, Hartkautschuk, weichem vulkanisirten Kautschuk, Papier, Pergament, Holz, Glimmer und versilbertem Glas gefunden, und die einzigen Substanzen, bei denen wir keine Resultate erhalten haben, sind Kohle und dünnes mikroskopisches Glas. Wir finden, dass diese Substanzen, wenn ein vibrirender Lichtstrahl auf sie fällt, einen Ton aussenden, dessen Höhe von der Häufigkeit des vibrirenden Wechsels im Lichte abhängt. Wir finden ferner, dass wenn wir die Form oder den Charakter der Lichtschwingungen auf Selen regeln, wir die Qualität

des Schalles regeln und alle Arten articulirter Rede erhalten. Wir können so ohne einen Leitungsdraht wie beim elektrischen Telephon von einer Station zur anderen sprechen, wenn wir nur einen Lichtstrahl dahin senden können. Wir haben nicht Gelegenheit gehabt, die Grenze zu ermitteln, bis auf welche sich diese photophonische Wirkung ausdehnen lässt; aber wir haben aus einer Entfernung und bis in eine Entfernung von 213 Meter gesprochen, und es scheint kein Grund vorhanden, daran zu zweifeln, dass sich die Ergebnisse bis auf jede Entfernung gewinnen lassen, auf welche ein Lichtstrahl von dem einen bis zum anderen Standpunkte gesandt werden kann. Die nothgedrungene Heimlichkeit unserer Experimente allein hat bisher alle Versuche zur Bestimmung der äussersten Entfernung, bis auf welche diese neue Methode vocaler Communication anwendbar ist, verhindert.

Ich will nun vom Selen sprechen.

Im Jahre 1817 unternahmen Berzelius und Gottlieb Gahn eine Prüfung der in Gripsholm gebräuchlichen Methode zur Herstellung der Schwefelsäure. Im Laufe der Untersuchung beobachteten sie in der Säure einen zum Theil röthlichen, zum Theil hellbraun gefärbten Niederschlag, welcher vor dem Löthrohr einen eigenthümlichen Geruch von sich gab, dem gleich, welchen Klaproth dem Tellur zuschrieb. Da Tellur eine Substanz von äusserster Seltenheit war, so versuchte Berzelius seine Herstellung aus diesem Niederschlage; er war aber nach zahlreichen Versuchen nicht im Stande weitere Zeichen seiner Anwesenheit zu erhalten. Er fand reichlich Schwefel, gemengt mit Quecksilber, Kupfer, Zink, Eisen, Arsen und Blei, aber keine Spur von Tellur. Es lag nicht in Berzelius' Natur, durch dieses Ergebniss abgeschreckt zu werden. In der Wissenschaft rückt jeder Misserfolg die Grenzen der Erkenntniss weiter hinaus, so gut wie jeder Erfolg, und Berzelius hatte die Empfindung, dass wenn der Geruch, den man beobachtet hatte, nicht von Tellur ausging, er

möglicherweise die Anwesenheit einer dem Chemiker zur Zeit noch unbekanntem Substanz anzeigen möge. Von dieser Hoffnung getrieben, kehrte er mit erneutem Eifer zu seiner Arbeit zurück. Er sammelte eine grosse Menge Material und unterwarf die ganze Masse verschiedenen chemischen Processen. Es gelang ihm auch, der Reihe nach Schwefel, Quecksilber, Kupfer, Zinn und die anderen bekannten Substanzen, deren Anwesenheit seine Proben ergeben hatten, abzuscheiden; und nachdem sie alle abgeschieden worden waren, blieb noch ein Rückstand, von dem sich bei näherer Prüfung zeigte, dass er das war, was Berzelius gesucht hatte, eine neue elementare Substanz. Es zeigte sich, dass die Eigenschaften dieses neuen chemischen Elementes denen des Tellurs in einem so bemerkenswerthen Grade glichen, dass Berzelius der Substanz den Namen „Selenium“ gab, vom griechischen Worte Selene, der Mond, während bekanntlich „Tellurium“ von tellus, die Erde, her stammt.

Obgleich Tellur und Selen in mancher Hinsicht einander ähnlich sind, so weichen sie doch in ihren elektrischen Eigenschaften von einander ab, indem Tellur ein guter Leiter der Elektrizität ist, Selen aber, wie Berzelius zeigte, ein Nichtleiter. Knox entdeckte im Jahre 1837, dass Selen ein Leiter wird, wenn man es schmilzt, und Hittorf zeigte 1852, dass es auch bei gewöhnlichen Temperaturen leitet, wenn es sich in einem seiner allotropischen Zustände befindet.¹⁾

Wenn man Selen rasch aus dem geschmolzenen Zustande erkalten lässt, so ist es ein Nichtleiter. In dieser seiner glasartigen Form ist es von dunkelbrauner Farbe, im reflectirten Lichte fast schwarz, und hat eine ausserordentlich glänzende Oberfläche. In dünnen Lamellen ist es durchscheinend und zeigt sich im durchgehenden Lichte von schön rubinrother Farbe.

Wird Selen aus dem geschmolzenen Zustande ausserordentlich langsam abgekühlt, so zeigt es ein gänzlich verschiedenes Aussehen, indem es von matter Farbe ist, durch-

weg eine körnige oder krystallinische Structur und das Aussehen eines Metalles besitzt. In dieser Form ist es völlig undurchlässig für Licht, selbst in sehr dünnen Blättchen. Diese Modification des Selens ist schon lange bekannt unter der Bezeichnung „granulirtes“ oder „krystallinisches“ oder, wie Regnault sie nannte, „metallisches“ Selen. Selen dieser Art war es, von dem Hittorf fand, dass es bei gewöhnlichen Temperaturen ein Leiter der Elektrizität ist. Er fand auch, dass sein Widerstand gegen den Durchgang eines elektrischen Stromes stetig abnimmt, wenn man es bis zum Schmelzpunkt erhitzt, und dass sich der Widerstand plötzlich vermehrt, wenn es vom festen in den flüssigen Zustand übergeht. Frühzeitig schon wurde auch die Entdeckung gemacht, dass der Uebergang von einer allotropischen Form in die andere beschleunigt wird, wenn man das Selen dem Sonnenlichte aussetzt, und diese Wahrnehmung ist besonders bemerkenswerth mit Rücksicht auf die neuen Entdeckungen.

Obwohl das Selen in den letzten sechszig Jahren bekannt gewesen ist, so hat es doch noch keine nennenswerthe Anwendung in der Praxis gefunden und wird noch immer bloß als eine chemische Merkwürdigkeit betrachtet. Gewöhnlich wird es in Form cylindrischer Barren geliefert. Bisweilen findet man solche Barren im metallischen Zustande, gewöhnlich aber sind sie von der glasigen, nicht leitenden Form. Willoughby Smith kam nun auf den Gedanken, dass das krystallinische Selen wegen seines grossen Leitungswiderstandes nützliche Verwendung finden könne als Uferende bei seinem Systeme der Prüfung und des Telegraphirens während der Auslegung von Marinekabeln. Bei näherer Prüfung zeigte sich, dass das Selen in der That den erforderlichen Widerstand darbietet, indem einzelne Barren bei der Messung 1400 Megohms ergaben, einen Widerstand, der demjenigen gleichkommt, den ein Telegraphendraht bietet, der lang genug ist, um von der Erde bis zur Sonne zu reichen. Dieser Widerstand wurde indessen ausseror-

dentlich veränderlich gefunden, und es wurden besondere Versuche angestellt, um die Ursache dieser Veränderlichkeit festzustellen. Herr May, der Assistent des Herrn Willoughby Smith, entdeckte nun, dass der Widerstand geringer war, wenn das Selen dem Licht ausgesetzt wurde, als wenn es sich im Dunkeln befand.

Um sicher zu sein, dass die Temperatur nichts mit dieser Wirkung zu thun hat, wurde das Selen in ein Gefäss mit Wasser gebracht, so dass das Licht eine 1 bis 2 Zoll dicke Schicht Wasser zu durchlaufen hatte, ehe es zu dem Selen gelangte. Die Annäherung einer brennenden Kerze erwies sich dabei als ausreichend, eine deutliche Abweichung der Nadel des Galvanometers zu bewirken, das mit dem Selen verbunden war, und das Licht eines Stückes Magnesiumdraht bewirkte, dass das Selen nur noch die Hälfte des Widerstandes ausübte, den es vorher gezeigt hatte.²⁾

Diese Resultate wurden natürlicherweise anfangs von den Männern der Wissenschaft mit einigem Unglauben aufgenommen, sie wurden aber von Sale, Draper, Moss u. A. bestätigt. Wenn Selen der Wirkung des Sonnenspectrums ausgesetzt wird, so wird Sale zufolge die Hauptwirkung ausgeübt am Ende oder gerade jenseits des Gebietes der rothen Strahlen des Spectrums, in einem Punkte, der nahezu mit dem Maximum der Wärmestrahlen zusammenfällt³⁾; nach Adams aber wird die Hauptwirkung im grüngelben oder am hellsten leuchtenden Theile des Spectrums hervorgebracht.⁴⁾ Lord Rosse setzte das Selen der Wirkung nichtleuchtender Strahlen von heissen Körpern aus, konnte aber keine Wirkung erhalten, während eine Thermosäule unter gleichen Umständen reichliche Anzeigen eines Stromes gab. Er schied auch die Wärmestrahlen ab von den leuchtenden durch Dazwischenbringen einer flüssigen Lösung, wie Alaun, zwischen das Selen und die Lichtquelle, ohne dass dadurch die Kraft des Lichtes, den Widerstand des Selens zu vermindern, beeinflusst wurde; während dagegen das Dazwi-

schenbringen derselben Substanzen die Wirkung der Thermosäule fast gänzlich vernichtete. ^{b)} Adams fand, dass das Selen empfindlich war für das kalte Licht des Mondes, und Werner Siemens ^{c)} entdeckte, dass Wärme und Licht auf gewisse äusserst empfindliche Varietäten des Selens entgegengesetzte Wirkungen hervorbrachten. Bei Siemens' Versuche waren besondere Vorkehrungen getroffen zu dem Zwecke, den Widerstand des zur Verwendung kommenden Selens zu reduciren. Zwei feine Platindrähte wurden in Gestalt flacher Spiralen zusammengerollt und auf eine Glimmerplatte gelegt, so dass dieselben einander nicht berührten. Ein Tropfen geschmolzenen Selens ward dann auf die Platindraht-Anordnung gebracht und ein zweites Glimmerblatt auf das Selen gepresst, so dass dieses genöthigt ward sich auszubreiten und die Räume zwischen den Drähten auszufüllen. Jede Zelle war ungefähr von der Grösse eines silbernen 10-Centimes-Stückes. Die Selenzellen wurden dann in ein Paraffinbad gebracht und einige Stunden lang einer Temperatur von 210° C. ausgesetzt, worauf man sie mit äusserster Langsamkeit erkalten liess. Die Resultate, welche man mit diesen Zellen erhielt, waren ganz ausserordentliche: in einigen Fällen war der Widerstand derselben, wenn sie dem Licht ausgesetzt wurden, nur ein Fünfzehntel ihres Widerstandes im Finstern.

Ohne länger bei den Untersuchungen Anderer zu verweilen, will ich nur sagen, dass wir die wichtigsten Aufklärungen bezüglich der Wirkung des Lichtes auf die Leitungsfähigkeit des Selens Willoughby Smith, Lieutenant Sale, Draper und Moss, Prof. W. G. Adams, Lord Rosse, Day, Sabine ^{d)}, Dr. Werner Siemens und Dr. C. W. Siemens verdanken. Von allen diesen Forschern wurden die verschiedenen Beobachtungen mit Hilfe von Galvanometern gemacht; ich kam nun auf den Gedanken, dass das Telephon wegen seiner ausserordentlichen Empfindlichkeit für elektrische Einflüsse mit Vortheil an Stelle desselben gesetzt werden könnte. Bei näherer Betrachtung des Gegenstan-

des erkannte ich aber, dass diese Versuche aus folgendem Grunde nicht auf gewöhnlichem Wege unternommen werden können: das Gesetz der Hörbarkeit im Telephon ist genau analog dem Gesetz der elektrischen Induction. Es wird keine Wirkung hervorgebracht während des Durchganges eines beständigen und constanten Stromes. Nur im Augenblicke des Ueberganges von einem stärkeren zu einem schwächeren Grade, oder umgekehrt, tritt eine hörbare Wirkung ein, und die Grösse dieser Wirkung ist genau proportional dem Betrage der Stromänderung. Daraus war ersichtlich, dass das Telephon nur der Wirkung entsprechen konnte, welche im Selen hervorgebracht wurde im Augenblicke des Wechsels von Licht zu Dunkelheit oder umgekehrt, und dass es rathsam sein würde, einen raschen Wechsel in der Leitungsfähigkeit des Selens zu erzeugen, in Häufigkeit entsprechend den musikalischen Schwingungen innerhalb der Grenzen der Hörbarkeit. Denn ich hatte oft bemerkt, dass elektrische Ströme, welche so schwach waren, dass sie kaum hörbare Wirkungen in einem Telephon hervorbrachten, wenn der Strom einfach geöffnet oder geschlossen wurde, sehr merkliche musikalische Töne erregten, wenn derselbe rasch unterbrochen wurde, und dass die Wirkung um so besser hörbar war, je höher der Ton war. Ich wurde lebhaft erfasst von dem Gedanken, dass man auf solche Weise durch die Wirkung des Lichtes einen Ton hervorbringen könnte. Bei weiterem Nachdenken ward es mir klar, dass die hörbare Wirkung, die man durch den Wechsel der Elektrizität erhält, auch hervorgebracht werden könne durch Veränderungen in dem Licht, das man auf Selen wirken lässt. Ich sah, dass die Wirkung in der äussersten Entfernung erhalten werden konnte, bis zu welcher Selen dem Einflusse eines leuchtenden Körpers unterliegt, dass aber diese Entfernung in's Unbegrenzte vergrössert werden könne durch Anwendung eines parallelen Lichtbündels, so dass wir von einem Orte zum anderen telephoniren können, ohne dass es nöthig ist, einen Leitungsdraht

zwischen dem Absender und Empfänger anzubringen. Um diesen Gedanken praktisch zu verwirklichen war es offenbar nöthig, einen Apparat zu ersinnen, der durch die Stimme des Redners in Thätigkeit gesetzt werden konnte, wodurch dann Veränderungen in einem parallelen Lichtbündel hervorgebracht würden, die den Schwingungen der Luft entsprächen, welche durch die Stimme in der Luft erregt werden.

Ich schlug vor, das Licht durch eine grosse Anzahl kleiner Oeffnungen gehen zu lassen, die von irgend einer beliebigen Form sein könnten, am besten aber spaltförmig wären. Zwei in ähnlicher Weise durchbohrte Platten sollten in Anwendung kommen. Die eine sollte fest aufgestellt, die andere aber in der Mitte eines Diaphragmas befestigt werden, auf das die Stimme wirkte, so dass die Schwingungen des Diaphragmas die bewegliche Platte veranlassen sollten, über die Oberfläche der festen hin- und herzugehen und damit die für den Durchgang des Lichtes bestimmten Oeffnungen abwechselnd zu erweitern und zu verengern. Auf diese Weise würde die Stimme des Redners die Menge des Lichtes regeln, das durch die durchbohrten Platten ging, ohne den Durchgang gänzlich zu verhindern. Dieser Apparat sollte in den Weg eines parallelen Lichtbündels gestellt und der aus dem Apparate austretende undulirende Lichtstrahl an einem entlegenen Orte durch eine Linse oder einen anderen Apparat aufgefangen werden, um concentrirt und auf ein empfindliches Stück Selen projicirt zu werden, welches nebst einem Telephon in den localen Strom einer galvanischen Batterie eingeschaltet ist. Die durch die Stimme des Sprechenden erzeugten Variationen des Lichtes sollten entsprechende Aenderungen in dem galvanischen Leitungswiderstande des zur Verwendung kommenden Selens erzeugen, und das mit in den Strom geschaltene Telephon sollte in hörbarer Weise die Töne und Artikulationen der Stimme des Sprechers wiedergeben. Zur Herstellung eines solchen Apparates erhielt ich einige Stücke Selen, fand

aber, dass deren Widerstand beinahe unendlich grösser war, als derjenige irgend eines bis dahin construirten Telephons, und ich war nicht im Stande, durch die Wirkung des Lichtes einen hörbaren Effekt zu erhalten. Indessen glaubte ich, dass das Hinderniss überwunden werden könnte durch Erfindung mechanischer Anordnungen zur Reduction des Widerstandes des Selen und durch Construction eigens für diesen Zweck bestimmter Telephone. So gross war meine Zuversicht in dieser Beziehung, dass ich in einem vor dem Königlichen Institute von Grossbritannien am 17. Mai 1878 gehaltenen Vortrage die Möglichkeit behauptete, einen Schatten zu hören durch Unterbrechung der Wirkung des Lichtes auf Selen. Wenige Tage nachher erhielten meine hierauf gerichteten Gedanken eine neue Anregung durch die Mittheilung, welche Herr Willoughby Smith der Gesellschaft der Telegraphen-Ingenieure machte, dass er die Wirkung eines Lichtstrahles, der auf ein Stück krystallinisches Selen fiel, gehört habe, indem er in ein Telephon horchte, das mit dem Selen in einen Strom eingeschaltet war.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die Verbreitung, welche das Sprechtelephon in den letzten Jahren gefunden hat, in vielen Köpfen in den verschiedensten Gegenden ähnliche Ideen hervorgerufen haben mag wie meine eigenen.

Obgleich der Gedanke, Schall zu erzeugen und zu reproduciren durch die Wirkung des Lichtes, wie vorher beschrieben, ganz ursprünglich und selbstständig mir angehört, so erkenne ich die Thatsache an, dass die zu seiner Conception nöthige Erkenntniss durch die ganze civilisirte Welt verbreitet war, und dass daher derselbe Gedanke auch andern in den Sinn gekommen sein mag. Der Grundgedanke, auf welchen die Möglichkeit beruht, Sprache durch die Wirkung des Lichtes zu reproduciren, ist der Begriff davon, was man einen undulirenden Lichtstrahl nennen kann im Gegensatz zu einem bloss intermittirenden. Unter einem undulirenden Lichtstrahle verstehe ich einen Strahl, der un-

unterbrochen auf den Selen-Empfänger auffällt, dessen Intensität auf diesem Empfänger aber raschem Wechsel unterworfen ist, der dem Wechsel in der Schwingungsbewegung eines Lufttheilchens während der Fortpflanzung eines Schalles von bestimmter Qualität durch die Atmosphäre entspricht. Die Curve, welche diese Veränderungen des Lichtes graphisch darstellt, würde an Gestalt derjenigen ähnlich sein, welche die Bewegungen der Luft darstellt. Ich weiss nicht, ob diese Idee von „J. F. W.“ in Kew oder Herrn Sargent in Philadelphia in klarer Weise verwirklicht worden ist; aber Herrn David Brown in London gebührt unzweifelhaft das Verdienst, bestimmt und selbstständig diesen Gedanken formulirt und einen Apparat — obwohl von ziemlich roher Art — zu seiner Verwirklichung angegeben zu haben. Es ist zum grossen Theil dem Genie und der Ausdauer meines Freundes, des Herrn Sumner Tainter aus Watertown in Massachusetts zu danken, dass das Problem der Hervorbringung und Reproduction von Schall vermittels Licht endlich erfolgreich gelöst worden ist. Der erste Punkt, dem wir unsere Aufmerksamkeit widmeten war die Reduction des Widerstandes des krystallinischen Selen bis in zweckmässige Grenzen. Bei den von früheren Experimentatoren in Anwendung gebrachten Selenzellen wurde dieser Widerstand nach Millionen Ohms gemessen, und wir erinnern uns keines Berichtes über eine Selenzelle, die weniger als 250 000 Ohm im Dunkeln gemessen hätte. Es ist uns nun gelungen, empfindliche Selenzellen herzustellen, die nur 300 Ohm im Dunkeln und 155 Ohm im Licht messen. Alle früheren Experimentatoren scheinen Platin als leitenden Theil in ihren Selenzellen benutzt zu haben, bis auf Werner Siemens, welcher fand, dass man Eisen und Kupfer anwenden kann. Wir haben nun entdeckt, dass auch Messing, obgleich es von Selen chemisch angegriffen wird, ein vortrefflich geeignetes Material bildet; wir sind in der That geneigt zu glauben, dass wenn Selen angewandt wird in Verbindung mit Metallen, auf welche es nicht che-

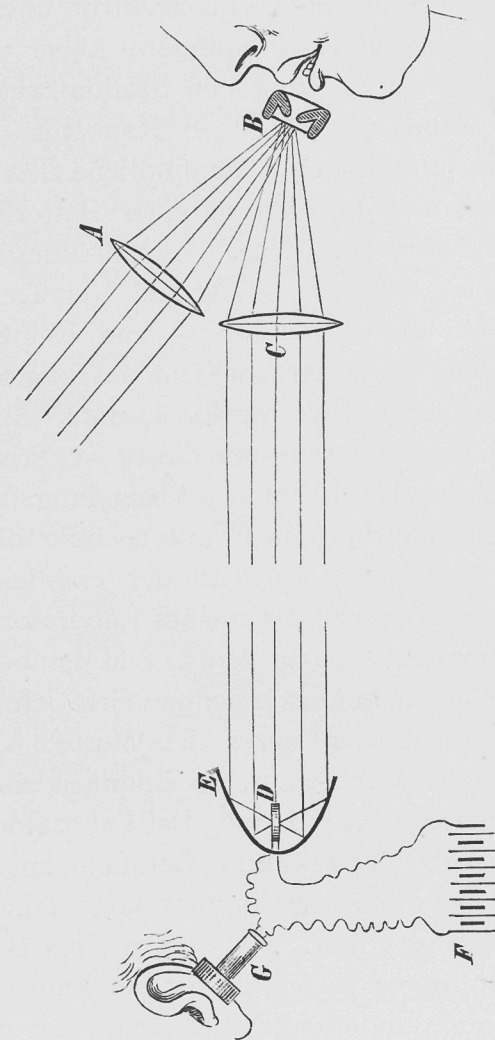
misch einwirkt, der Berührungspunkt zwischen dem Selen und dem Metalle einen beträchtlichen Widerstand für den Durchgang des galvanischen Stromes bildet. Durch die Anwendung von Messing sind wir in den Stand gesetzt, eine grosse Anzahl Selenzellen von verschiedener Form herzustellen.

Die Art der Verwendung des Selens ist folgende: die Zelle wird erhitzt und wenn sie heiss genug ist mit einem Stück Selen über die Oberfläche gestrichen. Um neue Leitungsfähigkeit und Empfindlichkeit zu erhalten, muss das Selen demnächst einen Erhitzungsprocess unterworfen werden. Wir erhitzen das Selen einfach über einer Gasflamme und beobachten sein Aussehen. Sobald es eine gewisse Temperatur erreicht, wird seine glänzende Oberfläche matt. Allmählich breitet sich eine Trübung über derselben aus, ungefähr vergleichbar der Dunstschicht, die beim Anhauchen eines Spiegels erzeugt wird. Diese Erscheinung wird allmählich stärker, und bald erscheint die ganze Oberfläche in dem metallischen, granulirten oder krystallinischen Zustande. Die Zelle kann dann von dem Brenner weggenommen und auf passende Weise abgekühlt werden. Wird der Erhitzungsprocess zu weit getrieben, so sieht man das krystallinische Selen schmelzen. Unsere besten Resultate haben wir erhalten, indem wir das Selen erhitzen bis es krystallisirt und nun mit der Erhitzung fortfahren, bis Zeichen des Schmelzens erscheinen, worauf das Gas unmittelbar abgestellt wird. Die Theile, welche geschmolzen waren, krystallisiren augenblicklich wieder, und das Selen erweist sich beim Erkalten als ein Leiter und als lichtempfindlich. Die ganze Operation nimmt nur wenige Minuten in Anspruch. Die Methode hat nicht nur den Vorzug der Bequemlichkeit, sondern sie zeigt auch, dass manche der auf diesen Gegenstand bezüglichen Theorien falsch sind. Unsere neue Methode zeigt, dass eine Schmelzung unnöthig ist, dass die Leitungsfähigkeit und Lichtempfindlichkeit ohne lange Erhitzung und langsame Abkühlung erhalten werden kann, und dass die Krystalli-

sation während des Erhitzungsprocesses stattfindet. Wir haben gefunden, dass wenn man die Wärmequelle unmittelbar beim Erscheinen der Trübung entfernt, deutliche und getrennte Krystalle unterm Mikroskop beobachtet werden können, welche wie bleifarbene Schneeflocken auf rubinrothem Hintergrunde aussehen. Bei Entfernung der Wärmequelle, nachdem die Krystallisation weiter fortgeschritten ist, gewahren wir unterm Mikroskop Massen dieser Krystalle, die wie Basaltsäulen von einander getrennt dastehen, und bei einem noch höhern Grade der Erhitzung sind keine deutlichen Säulen mehr erkennbar, sondern die ganze Masse gleicht einem metallischen Puddingstein, in welchem hier und da, gleich einem Fossil, eine einzelne Flocke auf der Oberfläche sichtbar ist. Selenkrystalle, die bei langsamer Abkühlung nach der Schmelzung gebildet wurden, gewähren ein ganz anderes Aussehen, indem sie bestimmte Facetten zeigen.

Wir haben ungefähr fünfzig Formen von Apparaten angegeben um einen Lichtstrahl in der angegebenen Weise zu verändern, aber es ist nur nöthig einige wenige typische Varietäten aufzuzeigen. Die Lichtquelle kann regulirt werden, es kann aber auch ein stetiger Lichtstrahl in irgend einem Punkte seiner Bahn modificirt werden. Die Regulirung des Strahles kann auf viele Arten erfolgen. Er kann z. B. polarisirt und dann durch elektrische oder magnetische Einwirkung auf die von Faraday und Dr. Kerr entdeckte Weise afficirt werden. Der polarisirte Lichtstrahl kann, anstatt dass man ihn durch eine Flüssigkeit gehen lässt, von dem polirten Pole eines Elektromagneten reflectirt werden. Eine andere Methode, den Lichtstrahl zu afficiren, besteht darin, ihn durch eine Linse mit veränderlichem Brennpunkt zu schicken. Ich bemerke, dass eine derartige Linse in Frankreich von Dr. Cusco erfunden und ausführlich in einem neuerlichen Artikel der Zeitschrift „La Nature“ beschrieben worden ist⁸⁾; aber Herr Tainter und ich haben eine solche Linse schon vor Monaten zu unseren Experimenten benutzt.

Es bleibt noch übrig die beste und einfachste Form des Apparates zur Hervorbringung der erwähnten Wirkung zu beschreiben. Diese besteht aus einem ebenen Spiegel von biegsamem Material, wie versilberter Glimmer oder Mikros-



Bell's Photophon.

A die Linse, welche die von der Lichtquelle kommenden Strahlen an den Spiegel *B* concentriert, gegen dessen Rückseite gesprochen wird und von dem sie auf die Linse *C* reflectirt werden, die sie parallel macht und nach dem parabolischen Spiegel *E* wirft, von welchem sie auf die Selenzelle *D* reflectirt werden, welche mit dem Telephon *G* in den Strom der galvanischen Kette *F* eingeschaltet ist.

kop-Glas. Gegen die Rückseite dieses Spiegels ist die Stimme des Sprechenden gerichtet. Das Licht, welches vom Spiegel reflectirt wird, kommt so in Schwingungen, die denen des Diaphragma selbst entsprechen.

Wenn man den Apparat für den Zweck anordnet, den Schall an einem entlegenen Orte zu reproduciren, so kann man irgend eine kräftige Lichtquelle anwenden; wir haben indessen hauptsächlich mit Sonnenlicht experimentirt. Zu dem Zwecke wird vermittels einer Linse ein kräftiges Strahlenbündel auf den Diaphragma-Spiegel concentrirt und dann nach erfolgter Reflexion durch eine andere Linse wieder parallel gemacht. Auf einer entlegenen Station wird das Strahlenbündel von einem parabolischen Reflector aufgenommen, in dessen Brennpunkt eine empfindliche Selenzelle aufgestellt ist, die mit dem Localstrom einer Batterie und einem Telephon verbunden ist. (Vgl. die Abbildung.) Es sind mit diesem Apparat eine grosse Anzahl Versuche angestellt worden, wobei der Absendungs- und Empfangsapparat soweit von einander entfernt waren, dass der Schall nicht direct durch die Luft gehört werden konnte. Zur Erläuterung werde ich eines der neuesten dieser Experimente beschreiben. Herr Tainter handhabte das Absendungsinstrument, welches auf dem Thurme des Franklinschulgebäudes in Washington aufgestellt war, während der empfindliche Empfänger sich in einem der Fenster meines Laboratoriums, 1325 L Strasse, in einer Entfernung von 213 Meter befand. Als ich das Telephon an mein Ohr brachte, hörte ich deutlich von dem beleuchteten Empfänger die Worte: „Herr Bell, wenn Sie hören, was ich sage, so kommen sie ans Fenster und schwenken Sie Ihren Hut.“ Bei Laboratoriumversuchen sind die Absendungs- und Empfangsapparate nothwendigerweise in Hörweite von einander aufgestellt, und wir sind daher gewöhnt gewesen, den elektrischen Strom, der mit dem Selenempfänger verbunden ist, zu schwächen, indem das Telephon in ein anderes Zimmer kam. Bei diesen Experimenten haben wir gefunden, dass articulirte Rede von dem Hydrooxygen-Licht und selbst vom Licht einer Kerosenlampe reproducirt werden kann. Die lautesten durch Licht zu erhaltenden Wirkungen wurden durch schnelle Unterbrechung des Strahles mittels einer rotirenden durchbohrten Scheibe

erhalten. Der grosse Vortheil dieser Form des Apparates für die Ausführung des Experimentes liegt in der Geräuschlosigkeit der Rotation, die es gestattet, den Empfangsapparat dicht heranzubringen, ohne die Hörbarkeit der von demselben ausgehenden Wirkung zu beeinträchtigen; man wird nämlich begreifen, dass vom Empfangsapparate musikalische Töne ausgehen, während der Absender keinen Schall verursacht. Eine stumme Bewegung bewirkt so einen Schall. Auf diesem Wege sind musikalische Töne selbst vom Lichte einer Kerze erregt worden. Wünscht man entfernte Effecte, so wird ein anderer Apparat benutzt. Indem man einen undurchsichtigen Schirm nahe an die rotirende Scheibe stellt, kann der Strahl gänzlich durch eine leichte Handbewegung abgeblendet werden, und musikalische Signale gleich den Strichen und Punkten des Morse-Alphabetes können auf diese Weise auf der entlegenen Empfangsstation erzeugt werden.

Wir haben Versuche angestellt in der Absicht, die Natur der Strahlen festzustellen, welche Selen afficiren. Zu dem Zwecke haben wir in den Weg eines intermittirenden Strahles verschiedene absorbirende Substanzen gestellt. Prof. Cross hat die Güte gehabt, mir bei der Ausführung dieser Experimente seinen Beistand zu gewähren. Wenn eine Lösung von Alaun oder Schwefelkohlenstoff angewandt wird, ist die Stärke des von dem intermittirenden Strahle erzeugten Schalles nur ganz wenig vermindert; eine Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff dagegen vernichtet den grössten Theil der Wirkung, aber nicht die ganze. Selbst ein scheinbar undurchsichtiges Blatt Hartkautschuk thut dies nicht vollständig. Wenn das Blatt Hartkautschuk nahe an die Unterbrechungsscheibe gehalten wurde, so unterbrach die Rotation der Scheibe Etwas, was dann ein unsichtbarer Strahl war, der über einen Raum von ungefähr 12 Fuss ging, bevor er die Linse erreichte, die ihn schliesslich concentrirte und auf die Selenzelle projecirte. Ein schwacher, aber völlig wahrnehmbarer musikalischer Ton ward gehört in dem Telephon,

das mit dem Selen in Verbindung stand. Derselbe konnte willkürlich unterbrochen werden, indem man die Hand in den Weg des unsichtbaren Strahles hielt. Es würde voreilig sein, ohne fernere Experimente weitere Vermuthungen über die Natur dieser unsichtbaren Strahlen auszusprechen; aber es ist schwer zu glauben, dass es gebeugte Strahlen sind, da die Wirkung durch zwei Blätter von Hartkautschuk hindurch erfolgt, die eine gesättigte Alaunlösung zwischen sich haben. Obgleich nun, wie wir eben gesehen haben, Wirkungen erzeugt werden durch Formen von strahlender Energie, welche unsichtbar sind, so haben wir doch den Apparat für die Production und Reproduction von Schall auf diesem Wege ein „Photophon“ genannt, weil ein gewöhnlicher Lichtstrahl die Strahlen enthält, welche wirksam sind.

Es ist eine wohlbekannte Thatsache, dass die molekulare Störung, die in einer Eisenmasse durch den magnetisirenden Einfluss eines intermittirenden elektrischen Stromes hervorgerufen wird, als ein Schall beobachtet werden kann, wenn man das Ohr in nahe Berührung mit dem Eisen bringt. Wir kamen nun auf den Gedanken, dass die molekulare Störung, die in krystallinischem Selen durch die Wirkung eines intermittirenden Lichtstrahles hervorgerufen wird, in ähnlicher Weise ohne die Hilfe eines Telephons oder einer Batterie hörbar sein möchte. Viele Versuche wurden gemacht diese Theorie zu verificiren ohne sicheres Resultat. Das anomale Verhalten des Hartkautschukschirmes erweckte den Gedanken, auch an ihm zu horchen. Dieser Versuch wurde mit ausserordentlichem Erfolg angestellt. Ich hielt das Blatt dicht an mein Ohr, während ein Strahl intermittirenden Lichtes durch eine Linse auf das erstere geworfen wurde. Augenblicklich wurde ein bestimmter musikalischer Ton gehört. Wir fanden die Wirkung verstärkt, als wir das Blatt Hartkautschuk als Diaphragma anordneten und durch ein Hörrohr lauschten. Wir versuchten darauf krystallinisches Selen in Form einer dünnen Scheibe, und erhielten eine ähnliche,

aber weniger intensive Wirkung. Die andern Substanzen, welche ich im Eingang meiner Rede aufgezählt habe, wurden nun der Reihe nach versucht in Form dünner Scheiben, und von allen wurden Töne erhalten, mit Ausnahme der Kohle und dünnen Glases. Wir fanden, dass Hartkautschuk einen lauterem Ton erzeugte als irgend eine andere Substanz, die wir versuchten, ausgenommen Antimon, während anderntheils Papier und Glimmer die schwächsten Töne gaben. Im Ganzen halten wir uns für berechtigt, als Endergebniss hinzustellen, dass durch die Wirkung eines variabeln Lichtstrahles von Substanzen jeder Art Töne erzeugt werden können, wenn sie in Form dünner Diaphragmen sind. Wir haben von unterbrochenen Lichtstrahlen sehr vernehmbare musikalische Töne gehört durch Röhren von gewöhnlichem vulkanisirten Kautschuk, von Messing und Holz. Das waren all die Materialien, die in Röhrenform bei der Hand waren, und wir haben seitdem keine Gelegenheit gehabt, diese Untersuchungen auf andere Substanzen auszudehnen.

Ich bin ausserordentlich erfreut, dass ich Gelegenheit habe, die erste Mittheilung über diese Untersuchungen vor einer wissenschaftlichen Gesellschaft zu machen; denn von Männern der Wissenschaft hat meine Arbeit in den letzten sechs Jahren die erste und freundlichste Anerkennung gefunden. Dankbar erkenne ich die Ermuthigung an, welche mir von dem verstorbenen Prof. Henry zu Theil wurde zu einer Zeit, als das Sprechtelephon nur in der Theorie existirte. In der That ist es zum grossen Theil der Anregung, die mir durch seine Anerkennung zu Theil ward, zu verdanken, dass das Telephon eine vollendete Thatsache geworden ist. Ebenso kann ich nicht zu hoch anschlagen die Förderung, welche ich bei vorläufigen Versuchen über Schallschwingungen in diesem Gebäude von Prof. Cross empfang und hier in der Nähe von meinem geschätzten Freunde Dr. Clarence J. Blake. Als das Publikum noch ungläubig war bezüglich der Möglichkeit der elektrischen Rede, erkannten die Amerikanische Akademie der Künste und Wissenschaften, die

Philosophische Gesellschaft in Washington und das Essex-Institut in Salem die Realität der Resultate an und beehrten mich mit ihren Glückwünschen. Das öffentliche Interesse wurde, so glaube ich, erst erweckt durch das Urtheil der hervorragenden Männer der Wissenschaft, denen das Telephon in Philadelphia vorgezeigt wurde, und durch die Mittheilung Sir William Thomson's an die Britische Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften.

In einer späteren Periode, als selbst praktische Telegraphisten das Telephon noch als ein blosses wissenschaftliches Spielzeug betrachteten, widmeten sich Prof. John Peirce, Prof. Eli W. Blake, Dr. Channing, Herr Clarke und Herr Jones einer Reihe von Experimenten, um mir beizustehen, dem Telephon praktische Brauchbarkeit zu verschaffen, und sie theilten mir von Zeit zu Zeit das Ergebniss ihrer Versuche mit einer Freundlichkeit und Selbstverleugnung mit, die ich niemals vergessen kann. Es ist nicht nur angenehm sich dieser Thatsachen zu erinnern und von ihnen zu sprechen, sondern es ist auch Pflicht sie zu wiederholen, da sie eine praktische Widerlegung der oft wiederholten Erzählungen bilden von der Blindheit der Männer der Wissenschaft gegenüber unbeglaubigten Neuheiten und ihrer Eifersucht gegen unbekannte Erfinder, die in den Zauberkreis der Wissenschaft einzudringen wagen. Ich habe das Vertrauen, dass die wissenschaftliche Gunst, die dem Telephon so bereitwillig gewährt worden ist, auch auf diese neue Erfindung ausgedehnt werden wird, auf das Photophon.

ANMERKUNGEN.

1) (Seite 5.) Über die Allotropie des Selens. Poggendorf's Annalen. Bd. 84, S. 214.

2) (S. 7.) Die Selenbarren, mit denen Willoughby Smith, Elektriker der Telegraph Construction Company in London, Anfang 1873 experimentirte, hatten 5 bis 10 Centim. Länge bei 1 bis 1 $\frac{1}{2}$ Millim. Durchmesser und waren von H. Bassett, Hampstead Road 215, bezogen. Sie wurden hermetisch eingeschlossen in Glasröhren, durch deren Enden die Leitungsdrähte gingen. Bei Anwendung einer elektromotorischen Kraft von $\frac{1}{10}$ einer Daniell'schen Zelle und Einschaltung eines Selenbarrens von 2,25 Zoll Länge, 0,5 Zoll Breite und 0,05 Zoll Dicke (5,7 Centim., 12,7 und 1,27 Millim.) erhielt Smith an einem gewöhnlichen astatischen Spiegelgalvanometer einen Ausschlag von 140 Skalentheilen; denselben erhielt er auch unter übrigens gleichen Umständen bei Einschaltung eines Widerstands von 360000 Ohm. Mit Benutzung der Wheatstone'schen Brücke ergab sich der Widerstand gleich 359500 Ohm. Nature VII, p. 361 (No. 176).

Die erste Mittheilung von Willoughby Smith über die von May, einem Telegraphenbeamten in Valencia, gemachte Entdeckung der Wirkung des Lichtes auf Selen, erfolgte am 12. Februar 1873.

Die von der Britischen Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften 1861 festgesetzte Einheit des galvanischen Leitungswiderstandes, das Ohm oder Ohmad, stimmt nahezu mit der Siemens'schen Einheit überein. Diese letztere ist gleich dem Widerstande einer Säule reinen Quecksilbers von 1 Quadratmillim. Querschnitt und 1 Meter Länge bei 0° C. Nach Jenkin und Dehms ist

$$1 \text{ Ohmad} = 1,0493 \text{ Siemens'sche Einh.},$$

$$1 \text{ Siemens'sche Einheit} = 0,9530 \text{ Ohm.}$$

1 Megaohm ist eine Million Ohm.

3) (S. 7.) Lockyer theilte am 1. Mai 1873 der Königlichen Gesellschaft in London die Ergebnisse der Untersuchungen des Lieutenant Sale mit. Sale bemerkt dabei ausdrücklich, dass die Veränderungen des Widerstandes sicher nicht von einem Temperaturwechsel im Selen herrühren. Die Wirkung der Belichtung bezeichnet Sale als eine augenblickliche, während die Herstellung

des normalen Widerstandes nach Entfernung des Lichtes allmählich erfolgt. Poggendorf's Annalen, Bd. 150, S. 333.

4) (S. 7.) Ueber Prof. W. G. Adams Mittheilung an die Königliche Gesellschaft in London, 17. Juni 1875, vgl. Poggendorf's Annalen, Bd. 159, S. 622.

In einer späteren Mittheilung, 6. Januar 1876, zeigt Adams, dass die Aenderung in dem Leitungswiderstande des Selens direkt proportional ist der Quadratwurzel aus der Leuchtkraft. Poggendorf's Annalen, Bd. 159, S. 629.

5) (S. 8.) Lord Rosse und Day: Philos. Mag. IV. Series, Vol. 47, p. 161.

6) (S. 8.) Ueber die Untersuchungen von Dr. Werner Siemens vgl. Monatsberichte der Berliner Akad. 1876, S. 280.

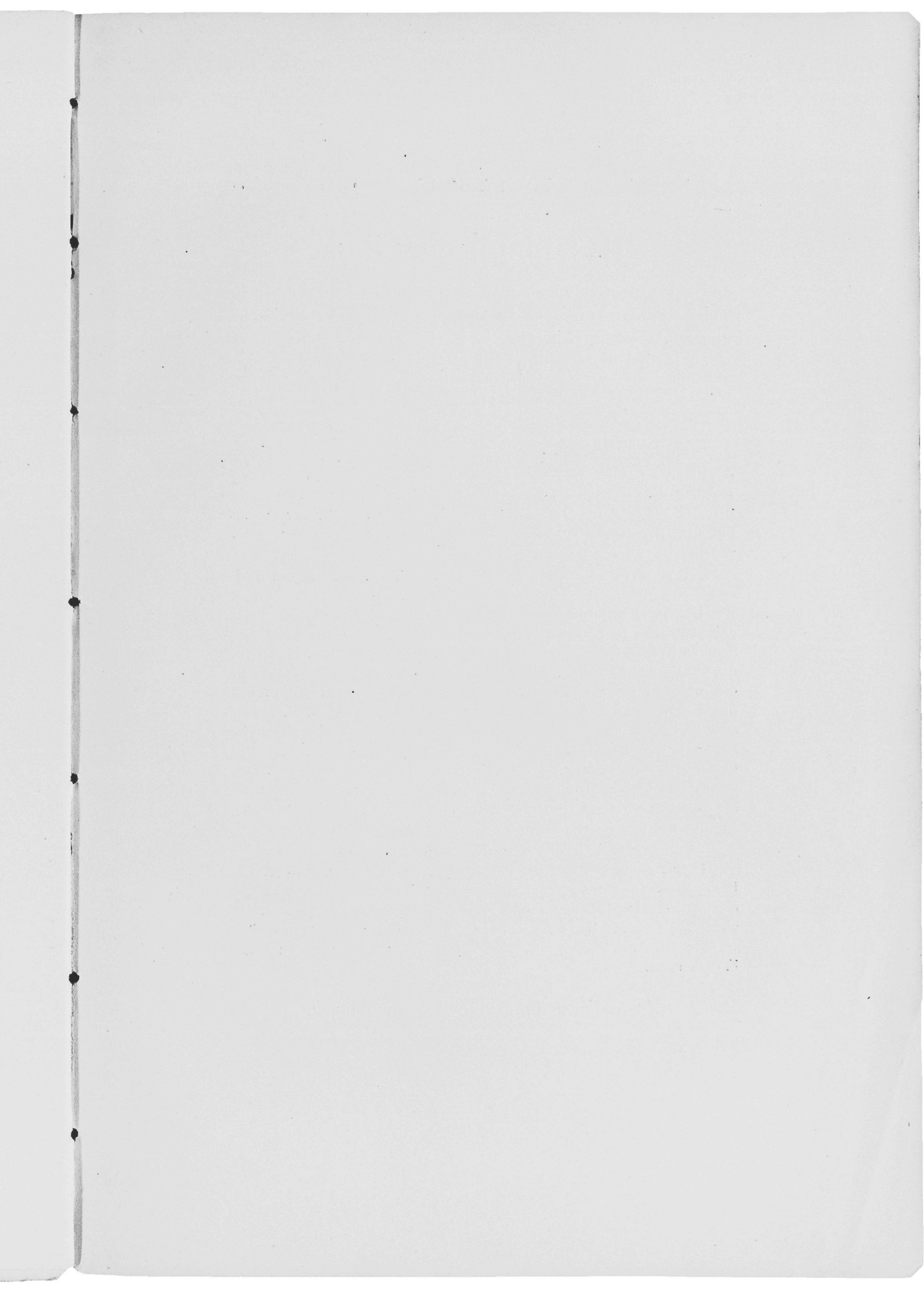
Siemens hat auf das Verhalten des Selens gegen Licht ein Photometer gegründet; vgl. Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbflusses in Preussen, Sitzungsbericht vom 7. Juni 1875. Auf dem Boden eines kurzen Rohres befindet sich ein photometrischer Apparat von der im Texte beschriebenen Form, durch Ausfüllung der Zwischenräume zweier kleinen flachen Drahtspiralen zwischen zwei Glimmerblättchen mit Selen erhalten; die Enden der beiden Spiraldrähte stehen mit einander durch eine Daniell'sche Zelle und den Umwindungsdraht eines Galvanometers in leitender Verbindung. Durch den galvanischen Strom der Zelle wird die Nadel des Galvanometers abgelenkt. Entfernt man den Deckel des Rohres und lässt die zu prüfende Lichtquelle auf das Selen wirken, so nimmt die Leitungsfähigkeit des letzteren zu, und der Ausschlag der Nadel wird grösser. Darauf lässt man eine Normkerze auf das Selen wirken und regulirt ihre Entfernung so, dass derselbe Ausschlag der Nadel erhalten wird. Die Lichtstärken der Lichtquelle und der Normkerze verhalten sich dann wie die Quadrate ihrer Abstände von der Selenplatte.

7) (S. 8.) Robert Sabine, Elektrische Versuche mit krystallinischem Selen. Philos. Mag. V. Series, Vol. 5, p. 401. Nach Sabine ist der Einfluss des Lichtes auf Selen noch auffälliger, wenn man dasselbe als Element eines galvanischen Paares anwendet. Als zweckmässigste Anordnung empfiehlt er ein Selenplättchen, das an einem Platindrahte hängt, und einen Streifen Platinfolie in destillirtes Wasser gesetzt. Im Dunkeln fand Sabine die elektromotorische Kraft gleich 0,1 Volt, wobei das Selen positiv war, bei Zutritt von Tageslicht wurde das Selen augenblicklich negativ, die elektromotorische Kraft betrug 0,05 Volt. Dies rührte zum Theil von einer Polarisation des Selens her, und nach einigen Minuten wurde das letztere wieder positiv.

8) (S. 14.) Cusco's Linse soll zur Erläuterung der Formveränderungen der Krystalllinse des Auges dienen. Sie wird gebildet von zwei dünnen ebenen Glasplatten, welche in paralleler Lage in die gegenüberliegenden Wandungen eines Gefässes eingesetzt sind, das sich am oberen Ende einer hohlen vertikalen Röhre befindet. Durch einen Kautschukschlauch steht der mit Flüssigkeit gefüllte innere Raum des Gefässes in Verbindung mit einem Kautschukballon

oder mit einem Gefässe, das man höher oder tiefer stellen kann. Durch höhere Stellung des Gefässes oder durch Zusammendrückung des Ballons wird der Druck auf die Flüssigkeit gesteigert, und während die Glasplatten eben sind, wenn inwendig gewöhnlicher Atmosphärendruck, wie auf der Aussenseite, wirkt, werden sie sich nach aussen biegen und eine Biconvexlinse bilden, sobald der Druck vermehrt wird; dagegen werden sie, wenn durch tiefere Stellung des beweglichen Gefässes der Druck zwischen den Glastafeln unter den Atmosphärendruck sinkt, sich nach innen biegen, so dass eine biconcave Linse entsteht. An einem Manometer, das mit dem Innern der hohlen Röhre communicirt, wird die Grösse des inneren Druckes gemessen. Vergl. La Nature, No. 368, 19 juin 1880.

Druck von J. B. HIRSCHFELD in Leipzig.



Kem 3/11

Im Verlage von **Quandt & Händel** in Leipzig ist soeben erschienen:

Das phonische Rad

und seine Anwendungen in der Wissenschaft, Technik und Telegraphie. Von **Paul La Cour**. Aus dem Französischen übersetzt von **Josef Kareis**, k. k. Telegraphen-Official. Mit 16 in den Text gedruckten Holzschnitten. Preis 2 M.

Inhalt.

I. Einleitung. **Phonoelektrische Ströme.**

1. Stimmgabel-Apparat. 2. Phonoelektrische Ströme. 3. Einschaltung des Shunt zwischen die Enden der Spulen des Electromagneten. 4. Vermeidung des elektrischen Funkens. 5. Einfluss des phonoelektrischen Stromes auf eine Stimmgabel. 6. Die Stimmgabel von gleicher Tonhöhe mit dem phonoelektrischen Strom. 7. Schwingungsphasen der Stimmgabeln.

II. **Das phonische Rad, die Gesetze seiner Wirksamkeit und seine Eigenschaften.**

1. Princip des phonischen Rades. 2. Einfluss äusserer Kräfte auf das phonische Rad, bewegende Kraft desselben. 3. Geschwindigkeiten anderen Grades beim phonischen Rade. 4. Grenzen der Geschwindigkeit des phonischen Rades. 5. Geschwindigkeitsänderung des phonischen Rades während jeder Welle. 6. Oscillationen der Geschwindigkeit beim phonischen Rad. 7. Excentricität beim phonischen Rade. 8. Das phonische Rad unter periodischen Einwirkungen. 9. Versetzung des phonischen Rades in regelmässigen Gang. 10. Die Quecksilberkapsel. 11. Synchronismus der phonischen Räder. 12. Ortsveränderung des Electromagneten bei einem phonischen Rade. 13. Einfluss eines phonoelektrischen Stromes von variabler Höhe auf das phonische Rad. 14. Verschiedene Formen des phonischen Rades.

III. **Anwendungen des phonischen Rades.**

1. Das phonische Rad als Phonograph. 2. Das phonische Rad als Uhr. 3. Bestimmung der Schwingungszahl eines Tones. 4. Das phonische Rad als Nachahmer und Zähler anderer Bewegungen. 5. Das phonische Rad als Basis verschiedener Systeme der elektrischen Telegraphie. 6. Anwendungen des phonischen Rades zu wissenschaftlichen Forschungen.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen.