

Zum Gedächtnis Wilhelm Conrad Röntgens.

Von M. v. LAUE.

In zweifacher Hinsicht ist 1945 ein Röntgen-Gedächtnis-Jahr. Zum hundertstenmal jährt sich am 27. März Röntgens Geburtstag und zum fünfzigstenmal am 8. November der Tag, da er nach eigenem Zeugnis zuerst eine Fluoreszenz unter der Einwirkung der neuen Strahlen bemerkte¹⁾, am 28. Dezember schließlich der Tag, da er die erste seiner 3 Veröffentlichungen darüber der Physikallsch-Medizinischen Gesellschaft Würzburg zur Veröffentlichung übergab. So geziemt es sich wohl, seiner an dieser Stelle zu gedenken.

Röntgens Lebenslauf war bis zu dieser ihn zur Weltberühmtheit stempelnden Entdeckung im Großen und Ganzen ein normaler, wie er sich oftmals bei deutschen Gelehrten und Universitätslehrern findet. Sein Vater war ein wohlhabender Kaufmann in Lennep im Bergischen Land, seine Mutter stammte aus dem nahegelegenen Holland. Ihre Beziehungen zur alten Heimat waren wohl der Anlaß, daß der Sohn, als er zum Besuch eines Gymnasiums Vaterstadt und Elternhaus verlassen mußte, zu einer befreundeten Familie nach Utrecht kam. „Der Vater dieser Familie war“, so schreibt Röntgen am 3. Januar 1918 an Margret Boveri, „ein tüchtiger Gelehrter, ein fester Charakter und überhaupt ein prächtiger Mensch, der es vorzüglich verstand, auch jungen Leuten den richtigen Weg auf verschiedenen Gebieten des Lebens zu zeigen. Die Mutter war eine feingebildete, liebevolle Frau, die ausgezeichnet dafür sorgte, daß die Atmosphäre, in der wir lebten, sich heiter und gleichzeitig anregend gestaltete. Zur dummen, einfältigen Tändelei war keine Zeit übrig, aber auch keine Stimmung vorhanden. Selbstverfertigte Stückchen wurden aufgeführt, bei Festlichkeiten fanden Darstellung von fröhlichem Ulk statt; sonst aber wurde auch fest und mit Liebe gearbeitet und gelernt. Das war eine glückliche und gleichzeitig fördernde Zeit!.. Wenn ich noch einmal auf die besagten Jugendjahre zurückkommen darf, so muß ich noch schreiben, daß ich damals auch viel geritten bin, Schlittschuh gelaufen habe, kurz meinen Körper auch gut geübt habe. Mens sana in corpore sano, heißt es ja wohl, wenn meine Lateinkenntnisse noch gereicht haben...!“

Diese wohlthätige Entwicklung endete jäh mit der Ausweisung aus dem Gymnasium. Röntgen erlebte mutatis mutandis, was auch Gottfried Kellers Schulbildung abgebrochen hat: Ein Schülerstreich, Suche einer ihrer Autorität nicht ganz sicheren Lehrerschaft nach dem Täter, und als der nicht festzustellen war, harte Bestrafung eines verhältnismäßig Unbeteiligten. Diese Strafe wurde zu einem bösen Hemmnis in Röntgens Lebensgang. Sein Versuch, nach privater Ausbildung an einem deutschen Gymnasium das Reifezeugnis zu erwerben, mißlang. Damit waren

ihm die deutschen Hochschulen verschlossen. So studierte er in Zürich, hörte an der Technischen Hochschule bei R. Clausius „mechanische Wärmetheorie“, wie man damals sagte, und erwarb 1868 das Diplom als Maschinen-Ingenieur. Dann ging er an seine Promotion. Anschließend an Clausius'sche Gedankengänge gab ihm der Professor der Mechanik an dieser Hochschule, Zeuner, eine theoretische Arbeit als Dissertation, die unter dem Titel „Studien über Gase“ ein Jahr danach bei der Universität Zürich eingereicht, aber anscheinend nie gedruckt wurde. Professor Mousson's, vom Astronomen Rud. Wolf gegengezeichnetes Gutachten kommt zu dem Schluß, daß „wenn auch die in der Arbeit gegebene neue Formulierung des Mariotte-Gay-Lussac'schen Gesetzes noch nicht als hinlänglich erwiesen betrachtet werden könne, die eingereichte Schrift jedenfalls mehr wie genügende Beweise von geübten Kenntnissen und selbständiger Forschungsgabe auf dem Gebiete der mathematischen Physik enthalte.“¹⁾ So erwarb Röntgen am 22. Juni 1869 den Grad eines Dr. phil. Aber zum Physiker wurde er seinem Empfänden nach eigentlich erst danach. Denn 50 Jahre später, als er den Glückwunsch der Berliner Akademie zum fünfzigsten Doktorjubiläum erhalten hatte, schrieb er rückblickend auf jene Zeit an Margret Boveri (am 12. Juni 1919): „Wir“ (d. h. Röntgen und seine spätere Gattin, Berta Ludwig) „waren dann recht stolz und fröhlich, trotzdem die Geschichte eigentlich nicht viel bedeutete, und ich hatte allen Grund, wegen meiner ganz ungesicherten Zukunft recht besorgt sein zu müssen. Ich hatte zwar zwei Diplome — eines als Ingenieur und das zweite als Dr. phil. — in Händen, konnte mich aber gar nicht entschließen, in die Technik zu gehen, was der ursprünglich beabsichtigte Plan war. In dieser kritischen Zeit lernte ich einen jungen Professor der Physik — Kundt — kennen, der mich eines Tages fragte: „Was wollen Sie eigentlich in Ihrem Leben?“ Auf meine Antwort, daß ich das nicht wüßte, sagte er, ich solle es doch einmal mit der Physik versuchen, und als ich bekennen mußte, daß ich mich damit so gut wie gar nicht beschäftigt hätte, meinte er, das ließe sich wohl noch nachholen. Kurz und gut, mit 24 Jahren und halb und halb schon verlobt, fing ich dann an, Physik zu studieren und zu treiben. Ihr blieb ich treu; wer, am allerwenigsten ich, hätte im Entferntesten ahnen können, daß mir nach 50 Jahren ein solches Attest, wie das jetzt von der Berliner Akademie empfangene, ausgestellt würde?“

Bald danach ging Röntgen mit Kundt als dessen Assistent nach Würzburg. Seinem Wunsch nach Habilitation stand dort das fehlende Reifezeugnis im Wege. Aber in Straßburg, wohin Kundt inzwischen berufen war, gelang sie ihm 1874. Dann kam 1875 die Berufung auf eine Professur an der Landwirtschaftlichen

¹⁾ Diese Angabe stammt, wie auch die zitierten Briefstellen, aus der Röntgenbiographie Otto Glassers (Berlin 1930). Röntgen hat Anfang 1896 einem Interviewer, H. J. W. Dam, den 8. November 1895 als Entdeckungstag genannt.

¹⁾ So teilt mir Herr G. Wentzel aus der Festschrift der Universität Zürich von 1933 mit.

Hochschule Hohenheim, 1876 die zum a. o. Professor der Physik an der Universität Straßburg, 1879 die zum o. Professor desselben Fachs an der Universität Gießen, 1888 in gleicher Eigenschaft an die Universität Würzburg. Dort, im Hause Pleicherring — jetzt Röntgenring — 8, fand er die Röntgenstrahlen.¹⁾ Und er beschloß sein akademisches Dasein als Professor der Physik an der Universität München, wohin er 1900 berufen wurde. Die zahllosen Ehrungen anzuführen, die ihm nach jener Entdeckung zuteil wurden, können wir unterlassen. Ihm selbst machten sie kaum so sehr großen Eindruck. Aber daß er 1901 den ersten physikalischen Nobelpreis erhielt, das war doch etwas so Besonderes, daß es auch seinen Eindruck auf ihn nicht verfehlte: es war ihm eine große Freude. Im Frühjahr 1920 zog sich Röntgen vom Amt zurück und starb nach kurzer Krankheit am 10. Februar 1923 in München. Der verlorene Krieg und seine Folgen, sowie die Vereinsamung, die mit dem allmählichen Wegsterben seiner Freunde und dem Tode seiner Frau eintrat, hatten ihm die letzten Jahre schwer gemacht.

Ich selbst sah Röntgen zum letzten Mal im April oder Mai 1919. Ich hatte ihn in seinem Institut aufgesucht, fand ihn aber schon im Aufbruch zu einem Zuge, welcher ihn nach Weilheim bringen sollte; denn er wohnte in jenen unruhigen Zeiten ganz in seinem Sommerhause daselbst. So begleitete ich ihn bis zum Starnberger Bahnhof. Unterwegs blieb Röntgen mehrmals vor Schaufenstern stehen, deren Scheiben Schußlöcher von Infanteriegeschossen aufwiesen, jedes umgeben von einem zierlichen System vieler feiner Sprünge. Diese ihm neue Erscheinung betrachtete er mit sichtlichem Vergnügen; der Experimentator, der sich über jede neue Beobachtung freut, kam eben bis zu seinem Tode immer wieder bei ihm durch. — —

Die Physik kennt Entdeckungen verschiedener Arten. In den letzten Jahrzehnten überwogen an Zahl wohl die „theoretischen“ Entdeckungen, das soll heißen, solche, bei denen die Theorie zwar niemals die einzige, aber doch die führende Rolle spielte. Manche dieser Entdeckungen wirkten sich zunächst hauptsächlich in der Theorie selbst aus. Wir brauchen nur an die Aufstellung der Quantentheorie durch Planck, ihre Umgestaltung durch die Bohr-Sommerfeldschen Phasenintegrale, dann an den Übergang zur Quanten- und Wellenmechanik zu denken. Auch die Relativitätstheorie gehört zu dieser Kategorie. Bei anderen wieder führten theoretische Erwägungen das Experiment unmittelbar auf neue Bahnen, so bei den Entdeckungen der Interferenzerscheinungen an Röntgen- und Elektronenstrahlen. Solche Entdeckungen sind erst in einem schon vorgerückten Stadium der Forschung möglich und bilden ein erfreuliches Zeichen dafür, daß sich die Wissenschaft im Großen und Ganzen auf richtigem Wege befindet.

Am Anfang einer Wissenschaft jedoch oder eines neuen Wissenschaftszweiges stehen notwendig rein experimentelle Entdeckungen; sie müssen

¹⁾ Das Gebäude wurde noch in der letzten Zeit des Krieges durch Bomben zerstört. (Zusatz Mai 1946.)

erst einmal den Stoff liefern, an welchen der Gedanke anknüpfen kann. Oft, aber nicht immer, sind sie die Folge eines neu eingeführten Hilfsmittels. So entdeckte Kamerlingh Onnes 1911 die Supraleitung, indem er mittels der Helium-Verflüssigung zu bislang unerreichten tiefen Temperaturen vordrang. Hier krönte ein großer Erfolg langjährige sorgsame Entwicklungsarbeit an einem physikalischen Apparat. Bei Galileis astronomischen Entdeckungen war das Fernrohr das neue Hilfsmittel, und in der Biologie knüpften ähnlich bedeutsame Funde an die Einführung des Mikroskops an. Man neigt manchmal zur Unterschätzung der geistigen Leistung eines solchen Entdeckers. Als 1943 die Öffentlichkeit des dreihundertsten Todestages Galileis gedachte, las man in einer der größten deutschen Zeitungen, auch jeder Andere, der ein Fernrohr in die Hand bekam, hätte die Berge auf dem Mond, die Trabanten des Jupiter, die Phasen der Venus als solche erkennen können. Der Autor dieses Satzes wußte anscheinend nicht, daß es Fernrohre gab, schon bevor Galilei, der davon vernommen hatte, sich durch Ausprobieren von Linsenkombinationen sein Instrument schuf. Sollte von den Vielen, die vor ihm mit dem Teleskop spielten — denn mehr als ein Spielzeug war es in ihrer Hand nicht —, Keiner das Rohr auf den Himmel gerichtet haben? Eine äußerst unwahrscheinliche Vermutung! Und doch machten jene Entdeckungen erst ein Mann, dessen Genialität schon durch die Begründung der Dynamik über jeden Zweifel hinaus gehoben ist. Gewiß gehört zum Entdecken auch Glück. Aber man kann dessen Rolle dabei wirklich nicht besser kennzeichnen, als durch die Goetheschen Verse:

„Wie sich Genie und Glück verketten
Das fällt den Toren niemals ein.
Wenn sie den Stein der Weisen hätten,
Der Weise mangelte dem Stein.“

Eine Zufalls-Beobachtung kann in der Tat jeder machen. Aber von ihr bis zu der Ahnung, daß etwas Bedeutsames dahinter steckt, ist ein großer Schritt, und ein noch größerer von dieser Ahnung bis zur klaren wissenschaftlichen Erkenntnis, was dieses Etwas ist.

Ein wahres Musterbeispiel dafür ist die Entdeckung der Röntgenstrahlen, gerade weil ihr kein neues Beobachtungsmittel zu Grunde lag. Die Zufallsbeobachtung war, daß Röntgen in der Nähe eines Gas-Entladungsröhres einen Barium-Platin-Cyanür-Schirm aufleuchten sah, obwohl keine der für solche Fluoreszenzerscheinungen bekannten Ursachen vorlag. Wir können nachträglich nicht feststellen (obwohl der Röntgenbiograph Otto Glasser eine Reihe von Namen nennt), welchen der vielen Physiker, die mit solchen Entladungsröhren vordem experimentiert hatten, der Zufall ähnliches Fluoreszenzlicht auf die Netzhaut fallen ließ. Jedenfalls gehörten Röntgens Apparate zur normalen Ausstattung jedes physikalischen Institutes, und an Dutzenden von Stellen konnte man seine Versuche sofort nachmachen, als sie einmal veröffentlicht waren. Um so interessanter ist die Feststellung, daß es eine richtige photographische Röntgenaufnahme aus dem Jahre 1890 gibt. Damals hatte A. W. Goodspeed im physikalischen Institut der University of Pennsylvania in der Nähe von photo-

graphischen Platten mit einer Crookes'schen Röhre hantiert und am Tage darauf ergab die Entwicklung bei einer ein merkwürdiges Schattenbild, dem aber niemand weiter nachging. 6 Jahre später wurde diese Platte wieder hervorgeholt und als Röntgenaufnahme erkannt.¹⁾

Mit jenem 8. November begann nun Röntgens Entdecker-Arbeit; sie fand mit dem Ende des Jahres einen ersten, vorläufigen Abschluß. Der Tatbestand war: Von Gasentladungsröhren aller Art, nicht von den Zuleitungen zu diesen, gehen gradlinig neue Strahlen, „X-Strahlen“, aus. Sie werden von den Kathodenstrahlen erregt, wo diese auf die Wandung der Röhre treffen, mag diese Stelle nun aus Glas oder Aluminium bestehen. Ihre Intensität nimmt mit dem Quadrat des Abstandes vom Entstehungsort ab. Sie durchdringen alle Stoffe leichter als jede bekannte Strahlenart; immerhin unterscheiden sich die Körper in ihrer Absorption sehr erheblich. Sie durchdringen auch die menschliche Hand und geben dabei Schattenbilder ihres Knochenbaus. Viele Körper fluorescieren unter ihrer Einwirkung, die photographische Platte wird von ihnen chemisch affiziert. Ein Glasprisma ergab keine merkliche Ablenkung, Versuche mit Metallprismen führten zu keinem klaren Resultat. Die Strahlen erleiden auch keine regelmäßige Spiegelung, wohl aber in allen Körpern diffuse Streuung, ähnlich der des Lichts in trüben Medien. „Demnach wäre es möglich, daß auch die Anordnung der Teilchen im Körper auf die Durchlässigkeit derselben einen Einfluß ausübte, daß z. B. ein Stück Kalkspat bei gleicher Dicke verschieden durchlässig wäre, wenn dasselbe in Richtung der Achse oder senkrecht dazu durchstrahlt wird. Versuche mit Kalkspat und Quarz haben aber ein negatives Resultat ergeben“ (Punkt 9 der Abhandlung). „Nach Interferenzerscheinungen der X-Strahlen habe ich viel gesucht, aber leider, vielleicht nur infolge zu geringer Intensität derselben, ohne Erfolg“ (Punkt 11). (Die spätere Entwicklung hat ihm darin in erstaunlichem Maße Recht gegeben; denn in der Tat nur die geringe, allerdings viel zu geringe, Intensität verhinderte es, daß er bei der Durchstrahlung von Quarz und Kalkspat die Interferenzmaxima der Friedrich-Knippingschen Versuche bemerkte. Aber freilich hatte sich Röntgen die Interferenzerscheinungen, wie ich aus seinem eigenen Munde gehört habe, anders vorgestellt). Röntgen hebt dann noch die Unterschiede der X-Strahlen gegen ultraviolettes Licht und Kathodenstrahlen hervor und bekennt zum Schluß, er habe sich im Verlauf der Untersuchung mehr und mehr mit dem Gedanken vertraut gemacht, daß es sich um longitudinale Ätherschwingungen handle.

Diese Idee fand freilich 1906 — aber nicht früher — ihre Widerlegung in Barklas Polarisationsversuchen. Aber die wesentlichsten Eigenschaften der Strahlen hatte Röntgen in dieser Abhandlung wahrlich in das volle Licht wissenschaftlicher Klarheit gerückt. Und von der dahinter steckenden Gedankenarbeit geben gerade die angeführten vergeblichen Versuche Zeugnis. Es war keineswegs so, daß er nur dem nachgegangen wäre, was sich von selbst seinen Augen dar-

bot. Was für Möglichkeiten er innerlich in Erwägung zog, davon ist auch ein Satz aus seiner zweiten Mitteilung Beweis: „Es liegt die Frage nahe — und ich gestatte mir deshalb, sie zu erwähnen, ohne zu ihrer Beantwortung vorläufig etwas beitragen zu können —, ob auch durch eine kontinuierliche Entladung mit konstant bleibendem Entladungspotential X-Strahlen erzeugt werden können oder ob nicht vielmehr Schwankungen dieses Potentials zum Entstehen derselben durchaus erforderlich sind.“

Im übrigen behandelt diese, am 9. März 1896 abgeschlossene Mitteilung vor allem die Ionisation der Gase durch die X-Strahlen und die Abhängigkeit ihrer Intensität von der Art des Körpers, der die Kathodenstrahlen bremst. Platin ist viel wirksamer als Aluminium. Daraufhin setzte Röntgen in einen neu konstruierten „Entladungsapparat“ einen Hohlspiegel aus Aluminium als Kathode, ein unter 45° gegen die Spiegelachse geneigtes, im Krümmungszentrum aufgestelltes Platin-Blech als Anode. So war der Typ der Röntgenröhre geschaffen, an dem auch die folgenden 1¹/₂ Jahrzehnte nicht viel änderten.

Röntgens dritte, im Mai 1897 erschienene, Mitteilung beschreibt nun sehr sorgfältige Beobachtungen über die Streuung in Luft. Sie erhebt die Frage nach der Richtungsverteilung der Strahlung bezüglich der Antikathode und stellt durchaus richtig das Versagen des Lambertschen Cosinusgesetzes fest; im übrigen hatte hier spätere Forschung doch Wesentliches hinzuzufügen. Sie bringt ferner genauere Absorptionsmessungen, als die erste Mitteilung und als gänzlich Neues den Unterschied zwischen „weichen“ und „harten“ Strahlen, „weichen“ und „harten“ Röhren. Aus diesen Erfahrungen schließt Röntgen, daß von der Antikathode ein Strahlungsgemisch ausgeht, dessen Teile sich in der Intensität und Absorbierbarkeit unterscheiden (§ 9). Sie schließt mit dem Passus: „Seit Beginn meiner Arbeit über X-Strahlen habe ich mich wiederholt bemüht, Beugungserscheinungen dieser Strahlen zu erhalten; ich erhielt auch verschiedene Male mit engen Spalten usw. Erscheinungen, deren Aussehen wohl an Beugungsbilder erinnerte, aber wenn durch Veränderung der Versuchsbedingungen die Probe auf die Richtigkeit der Erklärung dieser Bilder durch Beugung gemacht wurde, so versagte sie jedesmal, und ich konnte häufig direkt nachweisen, daß die Erscheinungen in ganz anderer Weise als durch Beugung zustande gekommen war. Ich habe keinen Versuch zu verzeichnen, aus dem ich mit einer mir genügenden Sicherheit die Überzeugung von der Existenz einer Beugung der X-Strahlen gewinnen könnte.“

„Mit einer mir genügenden Sicherheit.“ Nichts kennzeichnet Röntgens ganze Arbeitsweise, seinen ganzen Experimentatoren-Stolz, besser als diese paar Worte. Man könnte sie als Motto vor jede seiner Arbeiten setzen. Man wird seinem Schaffen nämlich nicht gerecht, wenn man in ihm nur den Entdecker der neuen Strahlen erblickt. Aber freilich sind seine sonstigen Arbeiten schwerer und eigentlich nur vom Fachmann zu würdigen, der bei jeder seiner Arbeiten den vorher erreichten Stand des behandelten Problems feststellen und daran ermessen müßte, welchen Fortschritt

1) A. W. Goodspeed, Science 3, 394, 1896, Zitiert nach O. Glasser.

Röntgen brachte. Bei einem solchen Vorgehen ließe sich z. B. klarlegen, welches Konstruktions-talents Röntgen bedurfte, um während seiner zweiten Straßburger Zeit zusammen mit seinem Lehrer A. Kundt die seit Faraday an festen und flüssigen Körpern bekannte magnetische Drehung der Polarisations-ebene des Lichts nun auch an Gasen nachzuweisen. Man könnte sich aufs Neue der einfachen und geistvollen Methode freuen, mit der er die Wärmeleitung der Kristalle durch Festlegung einer Hauchfigur maß. Auch die eigenartige Methode, mit der er die Absorption der Wärmestrahlung im Wasserdampf bestimmte und so eine alte zwischen John Tyndall und Gustav Magnus erörterte Streitfrage entschied, käme uns dann wieder lebhaft ins Bewußtsein. Wer sich so in die Eigenart der wissenschaftlichen Persönlichkeit Röntgens vertieft, der begreift, daß gerade ihm, dem von allen Vorurteilen freien Forscher, welcher die vollendete Experimentierkunst mit der höchsten Gewissenhaftigkeit und Sorgfalt verband, jene große Entdeckung gelingen mußte¹⁾. — —

Aber einer anderen Entdeckung Röntgens wollen wir doch etwas eingehender gedenken, zumal er, wie ich von ihm selbst weiß, auf sie nicht minderen Wert legte, als auf die der Strahlen. Es handelt sich um den „Röntgenstrom“.

Es war zu der Zeit, da die Ideen Faradays und Maxwells über das elektromagnetische Feld ankämpften gegen die ältere, auf dem Grundgesetz Wilhelm Webers beruhende Elektrodynamik. Daß nach jenen der Sitz der Feldes vor allem im Dielektrikum liegen, daß sich die elektromagnetischen Wirkungen mit endlicher Geschwindigkeit ausbreiten sollten, war etwas unerhört Neues und Ungewohntes für alle, die mit Weber an Fernkräfte zwischen einzelnen Ladungsträgern glaubten. Da schrieb 1879 die Berliner Akademie, vermutlich auf Betreiben von Helmholtz, der ja an diesen Auseinandersetzungen lebhaften Anteil nahm, eine Preisaufgabe aus, irgend eine Beziehung zwischen den elektrodynamischen Kräften und der dielektrischen Polarisation der Isolatoren nachzuweisen, sei es nun eine elektrodynamische Kraft, welche durch Vorgänge in Nichtleitern erregt würde, sei es eine Polarisation der Nichtleiter durch die Kräfte der elektrodynamischen Induktion.²⁾ Sie hat nie eine direkte Bearbeitung gefunden; auch H. Hertz, von Helmholtz ausdrücklich auf sie hingewiesen, schreckte vor ihrer Schwierigkeit zurück und entschied erst 1888 den ganzen Problemkreis durch die Entdeckung der elektrischen Wellen. Vorher aber, nämlich 1885 und dann wieder 1888 (am 19. Januar), legte Röntgen durch Helmholtz der Berliner Akademie Mitteilungen vor: „Über die durch Bewegung eines im homogenen elektrischen Felde befindlichen Dielektrikums hervorgerufen elektrodynamische Kraft“. Aus der zweiten führen wir dem Leser hier den wichtigsten Teil im Wortlaut vor:³⁾

1) Fast wörtlich entnommen aus der Adresse der Preussischen Akademie der Wissenschaften zum goldenen Doktorjubiläum.

2) Zitiert nach H. HERTZ, Ausbreitung der elektrischen Kraft, p. 1.

3) RÖNTGEN ließ seine Arbeit wiederabdrucken in Wied. Annalen 35 (1888) 264. Der hier mitgeteilte Text ist daraus entnommen.

„Die vorliegende Mitteilung enthält die auf experimentellem Wege gefundene Beantwortung folgender Frage: Kann die Bewegung eines in einem homogenen und constanten elektrischen Felde befindlichen Dielektrikums, welches keine eigentliche Ladung mit sich führt, eine elektrodynamische Kraft erzeugen?

Zunächst möchte ich darlegen, daß die Möglichkeit, auf diese Weise eine elektrodynamische Wirkung zu erzielen, vorhanden ist. Man stelle sich zwei parallele, ebene, unendlich große Condensatorplatten vor, welchen eine bestimmte Potentialdifferenz erteilt wurde; die isolierende Zwischenschicht werde senkrecht zu den Kraftlinien in gerader Richtung mit constanter Geschwindigkeit bewegt. Nehmen wir dann an, daß das Medium, in welchem die dielektrische Polarisation stattfindet, die Bewegung der Schicht mitmacht, so muß jene Schicht sich nach außen elektrodynamisch verhalten, wie zwei in ihrer oberen, resp. unteren Begrenzungsfläche vorhandenen gedachte, in Ruhe befindliche Stromlamellen, von denen die eine in der Richtung der Bewegung, die andere in der entgegengesetzten Richtung von gleich starken, constanten Strömen durchflossen würde. Ist z. B. die obere Condensatorplatte bis zu einem höheren Potential geladen, als die untere, so muß der äquivalente Strom in der unteren Begrenzungsfläche in der Richtung der Bewegung fließend gedacht werden.

Am einfachsten kommt man zu der Einsicht von der Richtigkeit dieser Betrachtung, wenn man das Dielektricum aus polarisirten Theilchen bestehend denkt; dann ist die Ursache der elektrodynamischen Kraft in der Bewegung der elektrischen Pole zu finden. Aber auch die Maxwell'sche Theorie von der elektrischen Verschiebung führt zu demselben Resultat.

Von den Versuchen, die ich zur Prüfung der angeregten Frage ausführte, gestatte ich mir zwei mitzuthellen.

Ich ließ eine runde Glasscheibe (oder eine Hartgummischeibe) rotiren zwischen zwei horizontalen Condensatorplatten, von denen die obere dauernd zur Erde abgeleitet war, die untere von einer Electricitätsquelle aus mit positiver, resp. negativer Electricität geladen werden konnte. Dicht über der oberen Condensatorplatte hing die eine von zwei zu einem sehr empfindlichen System verbundenen Magnetnadeln; ihre Richtung stand senkrecht zu einem Radius der Scheibe, und ihr Mittelpunkt befand sich über der Scheibe unweit vom Rande derselben. Durch Fernrohr, Spiegel und Scala konnten die Ablenkungen der Nadel, die beim Commutiren der Ladung des Condensators eventuell eintraten, beobachtet werden.

Bei diesen Versuchen ergab sich nun, daß jedesmal, wenn commutirt wurde, die Nadel eine Ablenkung erfuhr, die so gerichtet war, wie wenn man die oben näher angegebene Richtung eines vorhandenen gedachten Stromes umgekehrt hätte. Die Wirkung der Bewegung der positiven Pole auf die Nadel entsprach der eines in gleicher Richtung wie die Bewegung fließenden Stromes, die Bewegung der negativen Pole der eines der Bewegung entgegengesetzt fließenden Stromes.

Abgesehen von anderen leicht zu entkräftenden Einwänden gegen diese Versuche, wie

namentlich der Möglichkeit, daß die Ablenkungen der Nadel durch wirkliche in den Condensatorplatten vorhandene Ströme erzeugt wurden, bleibt noch ein Einwand übrig, der einer besonderen Erwähnung bedarf und beseitigt werden muß. Es ist das der folgende: Wenn eine Scheibe zwischen kräftig geladenen Condensatorplatten rotirt, so ist es möglich, daß sie allmählich eine eigentliche Ladung erhält, sei es durch ihre wenn auch nur geringe Leitungsfähigkeit oder durch eine directe Mittheilung von Electricität von seiten des Condensators. Die Bewegung dieser Ladung würde, wie Rowland gezeigt hat, auf die Nadel electrodynamisch wirken, und man könnte geneigt sein, die bei meinen Versuchen beobachtete Ablenkung dieser Wirkung zuzuschreiben.

Um sicher zu sein, daß die beobachteten Ablenkungen nicht auf diese bekannte Erscheinung zurück zu führen waren, stellte ich Versuche an mit einem Condensator, dessen untere Platte in zwei voneinander isolirten Hälften getheilt war, die beide gleichzeitig, aber entgegengesetzt geladen waren; der Mittelpunkt der Nadel befand sich über einer Stelle der rotirenden Scheibe, die von einem Radius derselben getroffen wurde, welcher senkrecht stand zu der Trennungslinie der beiden Condensatorhälften. Von einer merklichen durch Leitung in der Scheibe entstandenen Ladung derselben konnte nun in Anbetracht der raschen Rotation nicht mehr die Rede sein; daß auch keine Electricität von dem Condensator auf die Scheibe überströmte, ergab sich aus der Beobachtung, daß der Ausschlag von zwei mit je einer Condensatorhälfte verbundenen Electrometern von einer Commutirung bis zur folgenden constant blieb.

Auch bei dieser Versuchsanordnung erhielt ich im wesentlichen dieselben Ausschläge der Nadel, wenn commutirt wurde.

Es dürfte daher die Thatsache experimentell festgestellt sein, daß electrodynamische Kräfte erzeugt werden können durch die Bewegung eines unter dem Einfluß von statischen Ladungen stehenden Dielectricums; ob auch umgekehrt jede beobachtete electrodynamische Kraft auf diese Ursache zurückgeführt werden kann, ist eine Frage, deren Beantwortung ich noch nicht in Angriff zu nehmen wage.

Die erhaltenen Ausschläge waren immer klein; 2 bis 3 Scalentheile; vergeblich bemühte ich mich, dieselben zu vergrößern. Der Grund, weshalb ich viel Werth darauf legte, größere Ablenkungen zu bekommen, ist nicht etwa darin zu suchen, daß ich noch im Zweifel bin über die Existenz oder über die Ursache derselben, sondern vielmehr darin, daß ich dann vielleicht im Stande gewesen wäre, die Versuchsergebnisse besser quantitativ zu verwerthen. Es wäre mir namentlich von großem Interesse gewesen zu erfahren, ob dasjenige Medium, in welchem die dielectrische Polarisirung stattfindet, die Bewegung der ponderablen Theilchen vollständig mitmacht oder sich ähnlich wie der Lichtäther nach Fresnel's Ansicht verhält. In der That sind die sich nach dieser Richtung hin eröffnenden Perspective zu verlockend, um nicht alles zu versuchen, was zu einem entscheidenden Resultat führen könnte. Indessen blieben, wie schon gesagt, meine Bemühungen bis jetzt erfolglos."

In diesen Untersuchungen war die von der Akademie 1879 gestellte Frage direkt beantwortet; und wenn Röntgen keinen Preis dafür erhielt, so vermutlich nur deshalb, weil die Frist zu ihrer Bearbeitung längst verstrichen war. Der Röntgenstrom jedoch, den er hier als Ursache eines Magnetfeldes nachgewiesen hatte, ist als wesentlicher Bestandteil des elektrischen Stromes in alle Formen der Elektrodynamik der bewegten Körper eingegangen. Er steht schon in der darauf bezüglichen Abhandlung von H. Hertz, er steht ebenso in den vollkommeneren Formen, welche die Elektronentheorie von H. A. Lorentz und die relativistische Elektrodynamik Hermann Minkowskis dafür geprägt haben. Und zwar geben die beiden letzteren Theorien in völliger Übereinstimmung mit der quantitativen Wiederholung des Röntgenschen Versuchs durch A. Eichenwald (1903) seine Stärke an das proportional zur Abweichung der Dielektrizitätskonstanten von Wert 1. Damit ist dann auch die Frage entschieden, welche Röntgen selbst vergeblich zu beantworten versucht hatte.

Wir kommen zum Schluß. Welche Wirkung hatte nun die Entdeckung der Röntgenstrahlen auf die Forschung? Dabei brauchen wir nicht auf die neuen Zweige der Physik und Medizin hinzuweisen, welche unmittelbar an sie anschlossen; die liegen ja vor aller Augen. Aber die Entdeckung hatte noch eine kaum minder wichtige indirekte Wirkung.

Gerade infolge der großen Fortschritte, welche das 19. Jahrhundert der Physik gebracht hatte, drohte ihr die Gefahr einer gewissen Stockung. Viele, wenn auch nicht gerade die Einsichtigsten, hielten sie für eine mehr oder minder abgeschlossene Wissenschaft, die nichts wesentlich Neues mehr hervorbringen könne. Man erinnere sich zum Beispiel der bekannten Auskunft, die Jolly in München dem angehenden Studenten Max Planck über die Physik erteilte. Und auch die Energetik, welche mit dem Energie-Prinzip den Schlüssel zu jeder naturwissenschaftlichen Frage in der Hand zu haben meinte, entsprang im Grunde derselben Stimmung. Da zeigte nun Röntgens Entdeckung (um mit Hamlet zu sprechen), daß es zwischen Himmel und Erde noch Dinge gebe, von denen keine Schulweisheit sich etwas hatte träumen lassen. Die Freiheit von Vorurteilen, welche die zitierte Adresse der Berliner Akademie ihm nachrühmt, und in der er in der That viele seiner Zeitgenossen übertraf, hatte es Röntgen ermöglicht, eine ganz neue Quelle anzuschlagen. Überall bekam jetzt der Forschungstrieb neue Impulse. Es ist bekannt, daß einer dieser Impulse schon einen Monat nach Röntgens erster Mitteilung Henri Becquerel zur Entdeckung der Radioaktivität führte. Gewiß hat ein krampfhaftes Suchen nach neuen Strahlen, wie es daraufhin einsetzte, auch auf Irrwege geführt; wir erinnern an die „N-Strahlen“. Aber zu jener ersten Quelle neuer Forschung traten doch sehr bald zahlreiche andere und sie zusammen ergaben den mächtigen Strom der neueren Physik. Röntgen gehört zu ihren Bahnbrechern.

Max-Planck-Institut der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft.

Eingegangen im Februar 1945.