

FRIEDRICH DESSAUER



WILHELM C. RÖNTGEN

Die Offenbarung einer Nacht

Scanned & Create by Malaclypse

Ich hoffe das dieses Book bei euch Interesse und Anklang
findet.
So war die Mühe nicht umsonst .

*„ Die Massenmedien erweisen sich als eine Superwaffe, ein
Massenvernichtungsmittel, welches den Geist der Menschen
massenweise abtötet, und welches jeden zur Unterordnung
zwingt. ”*

DENKT MAL DRÜBER NACH

VERLAG JOSEF KNECHT - CAROLUSDRUCKEREI
FRANKFURT AM MAIN

Meiner lieben Frau

im 36. Jahr unserer gemeinsamen Wandschaft

I N H A L T

1. Spannung und Schweigen.....	4
2. Frühes Leid — Schmerzhaftes Gnade.....	6
3. Der Student.....	8
4. Der Forscher.....	12
5. Der Forscher wird Entdecker.....	8
6. Der Entdeckungspfad	
<i>Phänomene der Gasentladungen</i>	25
7. Was geschah in der Novembernacht ?	
<i>Versuch einer Rekonstruktion</i>	35
8. Röntgens „Mitteilungen“.....	51
9. Physikalischer Exkurs	
<i>Gasentladungsphysik und Ätherhypothesen um 1900</i>	65
10. Noch ein physikalischer Exkurs	
<i>Die Klärung der Gasentladungsphysik der Kathoden u. Röntgen-Strahlung in späterer Zeit</i>	69
11. Wie Röntgen selbst seine Entdeckung erlebte.....	81
12. Spätere Lebensjahre.....	91
13. Aus eigener Erinnerung.....	96
14. Aus Röntgens Briefen.....	101
15. Abschied von Röntgen.....	129
16. Saat des Geistes	
<i>Von der Entdeckungsnacht bis zu Unsern Tagen 135, Radioaktivität 136, Therapie mit Röntgenstrahlen und Curietherapie 137, Plancks Entdeckung 138, Veränderlichkeit der Masse 140, Atomabbau 141, Relativitätslehre 142, Weltraumstrahlung, Kernphysik, künstlich erzeugte radioaktive Isotope, Atomenergie und Atombombe 144, Die Natur der Röntgenstrahlen — v. Laues Entdeckung 147, Quantenbiologie, ein neuer Zweig der Biophysik 148, Ausklang 154</i>	
Anmerkungen.....	157
Quellen.....	161
Namen und Ortsverzeichnis.....	163

1.

SPANNUNG UND SCHWEIGEN

Im November des Jahres 1895 stiegen die leichten Nebel des Mainstromes an den Ufern herauf und hüllten gemeinsam mit früher Dämmerung die uralte, kunstreiche Stadt Würzburg ein, vertrieben die Menschen von den aussichtsreichen Höhen des Frankenlandes und scheuchten sie in die barocken Häuser und Straßen. In einem Hause am Pleicher-Ring, in einem Zimmer des unteren Stockwerkes, war noch bis tief in die Nacht hinein Licht zu sehen, das gelegentlich für längere Zeit erlosch. Dort arbeitete der Physikprofessor der Universität seit Wochen ganz allein. Niemand wußte, was er machte. Es war die Gewohnheit Röntgens, um so mehr zu schweigen, je stärker seine Seele bewegt war. Obwohl seine Dienstwohnung im ersten Stock lag, ließ er sich seit einigen Tagen die Mahlzeiten in sein Laboratorium bringen, ja neuerdings mußte ihm der Institutsdiener das Bett heruntertragen. Dem Zoologen Boveri, einem Schweizer, seinem Freunde, machte er die Bemerkung: „Ich habe etwas Interessantes entdeckt, aber ich weiß nicht, ob meine Beobachtungen korrekt sind. „

In der Nacht des 8. November — das Institut war still und leer — hatte Röntgen allein in diesem Raume eine entscheidende Beobachtung gemacht. Wir wissen heute, was in den folgenden Tagen und Wochen von ihm erwogen, geprüft und immer erneuter Kontrolle unterworfen wurde. Am 28. Dezember gab er das Resultat dieser Mühen in einer Schrift: „Eine neue Art von Strahlen“, an Prof. Lehmann, den Vorsitzenden der „Physikalisch-Medizinischen Gesellschaft von Würzburg“, ein Name, der für Röntgens Thema eine rechte Vorbedeutung hat.

Man druckte die Mitteilung sofort. Auf den 23. Januar 1896 wurde die weltberühmte Sitzung einberufen, in der Röntgen zum ersten Male seine Entdeckung demonstrierte. Vorher waren aber schon Nachrichten durchgesickert. Einem Freund und Kollegen vergangener Tage, Prof. Exner in Wien, hatte Röntgen mit einem

Brief einige seiner Photographien zugeschickt- Der hatte sie in einem Freundeskreis gezeigt, und so waren seit dem 7. Januar in allen Blättern Telegramme und kurze, natürlich rätselhafte Nachrichten erschienen. Das Auditorium in Würzburg war infolgedessen an diesem Abend von fieberhafter Spannung erfüllt.

Röntgen trug in seiner nüchternen und schlichten Weise die gewaltige Entdeckung vor, die unserem Zeitalter geläufig geworden ist. Wir wissen jetzt, daß mit ihr eine neue Epoche der Physik, ja der Naturwissenschaft begann. Damals war die Demonstration einer neuen Art von Strahlen — mit hohen elektrischen Spannungen in Vakuumröhren erzeugt, alle Stoffe ohne Ausnahme mehr oder weniger durchdringend und innere verborgene Konturen und Strukturen auf dem Leuchtschirm und der photographischen Platte sichtbar machend — gänzlich unerhört. Der greise Anatom Kölliker legte seine Hand auf die umhüllte photographische Platte. Das Bild des Handskelettes wurde noch während des Vortrages entwickelt und ist dann in unzähligen Schriften wiedergegeben worden. Kölliker ahnte die Bedeutung und schlug vor, den neuen Strahlen, deren Natur noch unbekannt war, den Namen des Entdeckers zu geben. Aber auch hier, wie immer bei der Geburt des Großen, meldete sich die Stimme des Verneiners. Einer der Teilnehmer der Sitzung warnte vor Überschätzung und vor zu großem Optimismus. Denn die Methode, sagte er, habe für die innere Diagnostik wenig Aussicht.

Röntgen hatte seiner Frau, die begreiflicherweise von Glück und Stolz erfüllt war, mit einiger Ahnung des Kommenden bei der Übergabe des Manuskriptes an Lehmann gesagt: „So, nun kann der Teufel losgehen !“

Und der Teufel ging wirklich los.

2.

FRÜHES LEID - SCHMERZHAFTE GNADE

Bevor wir auf das weitere Schicksal von Mann und Werk eingehen, wollen wir die Spur dieses Lebens vom Beginn bis auf den entscheidenden Tag betrachten. Wilhelm Conrad Röntgen erblickte am 27. März 1845 im „Bergischen Land“, in Lennep, nahe dem Niederrhein, das Licht dieser Welt. Er war das einzige Kind aus einer Ehe zwischen Verwandten, in seinen Adern floß überwiegend deutsches, auch holländisches und ein Tropfen italienisches Blut. Der Vater, bereits vierzigjährig, war Kaufmann, Tuchfabrikant, und die Tradition der Familie war die des Fleißes, der Ordnung, der Ehrbarkeit und eines gediegenen Wohlstandes. Aber die Zeiten waren unruhig: Wellen und Nachwirkungen von Stürmen der vierziger Jahre. So kam es, daß der Knabe Röntgen zu den Verwandten jenseits der Grenze zog und in Utrecht das Gymnasium besuchte.

Und dort traf den jungen Gymnasiasten Röntgen der erste schwere Schicksalsschlag. Es war eines von jenen merkwürdigen Ereignissen, die viele von uns kennen: sie greifen in das Leben ein, tragen das Antlitz eines Unglücks, sind aber in Wirklichkeit, „eiserne Hilfen“ des Schicksals, oder besser: schmerzhaftes Gnadendes Schöpfers.

Es war ein Schülerstreich geschehen. Einer der Gymnasiasten hatte geschickt und charakteristisch einen unbeliebten Lehrer mit Kreide auf den Ofenschirm konterfeit; Röntgen mit der belustigten Klasse war in lautem Lachen über die gelungene Karikatur durch den plötzlich eintretenden Lehrer überrascht worden. Der Täter meldete sich auf Befragen nicht, und Röntgen wurde bedrängt, den Kameraden anzugeben; doch er weigerte sich standhaft. Wie es so manchmal geht: Anlässe, die nicht allzuviel bedeuten; aber die Konsequenzen laufen krumme Wege, Nebendinge werden zu Hauptsachen. Dem Täter des Jugendstreiches geschah nichts, und Röntgen wurde wegen seiner standhaften Weigerung, den Klassenkameraden zu verraten, von der Schule entlassen. Das geschah in der Obersekunda, also schon im Anblick des kommenden Abschlusses. Ein wohlwollender Lehrer der Schule, der mit dem Ab-

lauf der Dinge nicht einverstanden war, empfahl, die Studien privat fortzusetzen, und erwirkte die Erlaubnis, daß Röntgen als Privatstudierender das Abiturientenexamen machen durfte. Röntgen arbeitete mit äußerstem Fleiß und war seiner Sache sicher. Und abermals kam ein Mißgeschick. Durch Lehrererkrankung kam die Entscheidung versehentlich in die Hände eben des Lehrers, der die Entlassung Röntgens betrieben hatte. Er fiel durch das Abschlußexamen, und er hat, wenn er auch selten davon sprach, die Stunde nie vergessen, da er zerschlagen zum letzten Male das Schulhaus verließ, aber auch nicht, wie seine tapfere Mutter ihn aufnahm und ermunterte.

Nach menschlicher Voraussicht war damit seine Lebenshoffnung, das akademische Studium, zerstört. Röntgen hatte ein ausgesprochenes Interesse an technischen Dingen und ein großes manuelles Geschick. So entschloß man sich, umzusiedeln — denn die Eltern waren inzwischen auch nach Holland gekommen —, und Röntgen besuchte die Maschinenbauschule Apeldoorn in Holland.

In seinen Mußestunden ging er gern zur Eisenbahn, denn er liebte deren Maschinen. Und auf einem solchen Weg griff das Schicksal, das Begonnene vollendend, durch die Person eines Schweizers in Röntgens Leben ein. Ein Ingenieur der Schweizer Lokomotiv-Fabrik, namens *Thormann*, weilte damals beruflich in Apeldoorn, begegnete dem hochaufgeschossenen, in den Anblick einer Lokomotive versunkenen Jüngling, nahm ihn mit auf die Lokomotive, erklärte ihm deren Einrichtungen und gewann Röntgens Vertrauen. Der erzählte ihm von seinem Mißgeschick und von seiner Sehnsucht zum Studium. Darauf riet ihm der Schweizer Ingenieur, er möge sich doch an das Zürcher Polytechnikum wenden; dort kämen tüchtige Leute auch dann weiter, wenn sie nicht die Matura gemacht hätten. Es bedürfe nur einer nicht allzu schweren Aufnahmeprüfung, um probeweise zugelassen zu werden. Erkundigungen bestätigten den Rat, und so kam es, daß wir den jungen Röntgen wenig später als Studenten des Polytechnikums in Zürich treffen. Dort empfing er die maßgebenden Eindrücke seines Lebens. Dort fand er seine treue Gefährtin, seinen entscheidenden Lehrer und das Heimatland seiner Wünsche, seiner Erholungen, in das er immer und immer wieder zurückkehrte, um sich neue Kraft zu holen.

3.

DER STUDENT

In Zürich, Seilergraben Nr. 48, bei der Witwe Hägi, und, um als Chronist gewissenhaft zu sein, für 35 Franken monatlich — „inklusive Morgenessen“, zog Wilhelm Conrad Röntgen ein. Aber er war nicht eben der fleißigste Pensionär der Witwe Hägi. Nein, Röntgen ging eine neue Welt auf. Berge, Seen, Wandern, Kutschieren, Hochtouren, Rudern, Schwimmen erfüllten sein ganzes Herz. Und das Leuchten der Schweizerberge ging von nun ab durch sein Leben. Noch zwei Monate vor seinem Tode hat er einem Schweizer Freund einen fast schwärmerischen Brief geschrieben über das Schweizerland und die Züricher Zeit.

Nun war es aber auch nicht etwa so, daß Röntgen gar nichts studierte. Zürich hatte schon damals, wie heute, eine ausgezeichnete Physik. Der große *Rudolf Clausius* lehrte an der Universität die Wärmelehre in einer neuen Form. Studenten des Polytechnikums waren zu diesen Vorlesungen zugelassen. Der Gegensatz der Maschinenbauschule mit ihrer Nüchternheit und ihrem Verhaften am Konkreten und am Zeichnerischen (und Röntgen zeichnete nicht gut) zu der ins Fundament eindringenden theoretischen, geistvollen Methode von Clausius machte auf Röntgen einen tiefen Eindruck. Auch der Mathematiker scheint etwas bei Röntgen bemerkt zu haben, denn er faßte ihn eines Tages so zwischen Tür und Angel und sagte ihm: „Mein lieber Röntgen, wenn Sie so weitermachen, wird nicht viel aus Ihnen.“ Aber die Entscheidung für sein Studium kam doch anders.

Es gab da einen Gasthof „Zum grünen Glase“. Der Wirt, Johann Gottfried Ludwig, ein Vetter des Dramatikers Otto Ludwig, war eine Persönlichkeit besonderer Art. Im Nebenberuf Fechtmeister der Studenten, war er selbst ein ehemaliger Student aus Jena, ein Flüchtling der unruhigen dreißiger Jahre, der, heimatlos geworden wie so viele andere, in der Schweiz neuen Boden und neuen Wirkungskreis gefunden hatte. Ludwig hatte drei Töchter.

Die mittlere, Anna Berta Ludwig, ein gütiges, fröhliches Mädchen, sechs Jahre älter als Röntgen, wurde seine erste und blieb seine einzige Liebe, sein Lebenskamerad, bis der Tod in hohem Alter sie trennte.

Wenn man den späteren, ernsten, ehrfurchtgebietenden Röntgen gekannt hatte, ist es besonders reizvoll, sich seine Studentenstreiche vorzustellen, über die wohl die Zürcher manchmal gelacht haben. Sie waren niemals schlimm. Der Vater schickte einen tüchtigen Wechsel, so daß sich Röntgen manches leisten konnte. Als seine Berta, die bald darauf seine Braut werden sollte, leidend im Sanatorium auf dem Uetliberg bei Dr. Vögeli lag, wollte Röntgen — der sehr gern kutschte — ihr eine eindrucksvolle Krankenvsiste machen, mietete einen Vierspänner und fuhr ganz allein im Sanatorium ein. Ein andermal kauften er und ein gleichgesinnter holländischer Studienkamerad bei einem Schneider blendendweiße Anzüge, eine damals unerhörte Sache, und sie stolzierten so zu aller Erstaunen in den Zürcher Straßen umher. Doch mit der Liebe zu Berta Ludwig war auch der Geist des Studiums in Röntgens Seele eingezogen, und sicher hatte seine künftige Braut dieser Wendung in ruhiger, freundlicher Weise Vorschub geleistet. Eines Tages begann Röntgen richtig zu studieren. Und wirklich, das ging sehr gut. Im Jahre 1868, also dreiundzwanzig Jahre alt, machte er sein Diplom-Examen als Maschinenbau-Ingenieur. Das gab ihm das Recht, an der Universität zu promovieren (das Polytechnikum hatte damals noch keine Doktorexamina). Ein Jahr später promovierte er zum Dr. phil. Am Tag der Promotion, bei Verlassen der Universität, wußte er in seiner Freude nichts anderes zu tun, als eine gewaltige Menge Rosen zu kaufen und zu der damals wiederum leidenden Braut auf den Uetliberg zu fahren.

Jetzt war er glücklich durch zwei Examen gekommen. Aber er wußte nicht, was er mit sich anfangen sollte. Er hatte keine klaren Pläne für die Zukunft. Sein Vater war bereits 63 Jahre alt und kündigte den Besuch der Eltern an. Wiederum war es ein Schweizer Freund, der durch seinen Rat Röntgens Weg bestimmte. Kurz vorher war ein neuer Stern an der Zürcher Hochschule aufgegangen. Man hatte den jungen, aber schon berühmten Professor *Kundt* gewonnen, der ein wirklicher Pionier der experimentellen Physik war, voll Originalität, Beweglichkeit und ein glänzender akademischer

Lehrer. Der Schweizer Freund Albert sagte zu Röntgen: „Gehe zu Kundt und sprich mit ihm. „ Es muß ein merkwürdiges Zusammentreffen gewesen sein zwischen diesen beiden. Der sehr große Röntgen steht vor dem eleganten, kleineren, beweglichen Professor, wir würden heute sagen „in Berufberatung „. Kundt sagte: „Was wollen Sie eigentlich mit Ihrem Leben?“ Und Röntgen erwiderte: „Ja, das weiß ich nicht, Herr Professor!“ Darauf fragte Kundt: „Wollen Sie es einmal mit der Physik versuchen?“ Worauf Röntgen in unerschütterlicher Wahrheitsliebe antwortete: „Damit habe ich mich bisher fast gar nicht beschäftigt.“ Niemand kann sagen, was nun eigentlich war; Kundt muß irgend etwas gespürt haben, denn er sagte zu Röntgen: „Nun, das läßt sich nachholen.“ Und nahm ihn! Man ist versucht, zu sagen: auf Grund eines reellen Minusvorzeichens und eines imaginären Plus. Röntgen packte an, und wie in seinem ganzen Leben, wenn er anpackte, mit ungewöhnlicher Gewissenhaftigkeit und Zähigkeit, so daß Kundt diesen Mann, der in seinem Leben nie einer Vorlesung über Experimentalphysik regelmäßig gefolgt war, sehr bald zum Assistenten machte. Unter dem wunderbaren Meister des Experiments wurde der Lehrling bald ein tüchtiger Geselle. Kundt schätzte ihn von Tag zu Tag höher, und als im Jahre 1870 an Kundt der Ruf der Universität Würzburg kam, stellte er die Bedingung, daß er Röntgen als Assistenten mitnehmen könne.



Die weit über tausend Jahre alte Stadt Würzburg am Main. Im Physikalischen Institut der 1402 gegründeten Universität machte Röntgen in der Nacht vom 8. Nov. 1895 die Entdeckung der nach ihm benannten Strahlen.

4.

DER FORSCHER

So zog Röntgen zum ersten Male in das Physikalische Institut ein, in dem er viel später seine größte Entdeckung machen sollte. Er war bereits an einer eigenen Forschungsarbeit. Wie später noch öfters, hatte er sich dazu ein verborgenes, schwieriges, zähes Gebiet ausgesucht. Zwei französische Forscher, Schwiegervater und Schwiegersohn, die Herren Clement und Desormes, hatten das Verhältnis der spezifischen Wärme bei konstantem Druck und konstantem Volumen experimentell ermittelt. Ihre Methode war dann von dem großen Friedrich Kohlrausch, dem die Zeitgenossen wegen seiner berühmten Präzision im Messen den charakteristischen Beinamen „Physiker der fünften Dezimale“ gegeben hatten, verbessert worden. Aber Röntgen machte die Sache nach und stieß auf einen Fehler. Er war zunächst überzeugt, daß er sich selbst geirrt habe, prüfte immer und immer wieder, unermesslich oft und lang; aber es blieb dabei, dem großen Kohlrausch war ein Fehler entgangen. • Das war nun eine bedenkliche Sache für einen Anfänger. Aber Röntgen machte schließlich seine Arbeit fertig und brachte sie zu Kundt. Dann wartete er mit erheblicher Unruhe, was wohl Kundt zu diesem Erstling sagen würde. Aber Kundt hatte auch seine Eigenart, und sagte gar nichts. Röntgen seinerseits geriet darüber in nicht geringe Sorge. Aber keine Macht der Erde hätte ihn dazu gebracht, etwa zu fragen. Erregung, Enttäuschung, Schmerz verschlossen ihm den Mund. Kundt war in Wirklichkeit von der präzisen Durchführung dieser Arbeit derart beeindruckt, daß er sie sofort den „Analen der Physik“ eingereicht hatte, obgleich die Sache wegen Kohlrausch nicht ganz angenehm war. Und die Antwort des Chefs war die, daß Röntgen eines Tages auf seinem Arbeitstisch das neue Heft der „Analen“ fand, mit seiner Arbeit, von Kundt angestrichen.

In diesen Lebensabschnitt fällt auch die Heirat Röntgens, die in Apeldoorn stattfand. Das junge Paar hatte in Würzburg ein

ziemlich hartes Leben. Der betagte Vater leistete keinen großen Zuschuß. Das Assistentengehalt war wirklich sehr klein. Doch von Anfang an bis zur letzten Stunde zeigte sich, daß Röntgen einen wunderbaren Lebenskameraden gefunden hatte, der in allen Wendungen des Weges, allen Situationen sich anpassend, das Schicksal seines Lebens teilte. Röntgen vergalt seiner Lebensgefährtin mit rührender Sorge. Wir werden später sehen, wie er die jahrelang schwerkranke Frau eigenhändig pflegt. Kein Mensch kann sagen, wie es mit einem Forscher wie Röntgen und seinem Werk gegangen wäre ohne die stille, oft entsagende Mitarbeit der Lebensgefährtin. Nicht, daß Frau Röntgen etwa in den Beruf ihres Mannes eingedrungen wäre. Sie war keine Maria Sklodowska-Curie, nicht die große Fachgenossin an der Seite eines großen Gelehrten. Das ist selten und ist nicht nötig. Es gibt andere Arten, am Werke des Mannes teilzuhaben, als diese. Und es scheint mir recht, bei der Betrachtung eines Gelehrtenlebens auch der Rolle seiner Frau zu gedenken: Das wissen wir alle, denen die Vorsehung eine Gefährtin gegeben hat, die uns die Arbeit in der Wissenschaft ermöglicht und erleichtert, wie viel wir ihr verdanken! Ich glaube, gewaltige Teile der Gelehrtenarbeit wären nicht vollbracht, ohne verstehenden und verzichtenden Beistand der Frau.

Kundt schätzte seinen Assistenten immer höher. Er schlug ihn der Fakultät zur Habilitierung vor. Aber die Fakultät „lehnte die Habilitierung Röntgens ab. Nicht aus bösem Willen. Würzburg ist eine alte Universität. Im Jahre 1402 gegründet, 1582 von Bischof Julius Echter erneuert, pflegt sie ihre strengen Traditionen. Und Röntgen hatte kein Abiturientenzeugnis! Kundt begehrte auf, er drohte mit seinem Weggang. Die Würzburger suchten nach einem Ausweg. Aber es gab keinen. Einem Nichtabiturienten war trotz seiner Leistungen die akademische Laufbahn verschlossen. Darauf nahm Kundt den Ruf nach Straßburg an, der im Jahre 1872 von dort an ihn ergangen war. Vorher hatte er sich nach Kräften gesichert, daß man dort in der ganz modernen, gewaltig aufblühenden Universität nicht die gleichen Schwierigkeiten für seinen Mitarbeiter machen werde. Der große Adolf Bayer, Bahnbrecher der Farbstoffsynthese, der in Straßburg als Chemiker wirkte, hatte seine Unterstützung zugesagt. In Straßburg beginnt für Röntgen eine glückliche-und fruchtbare Zeit.

Sein wissenschaftlicher Stil, schon in der ersten Arbeit erkennbar, entwickelt sich dort zur Reife. Er wird 1874 habilitiert und erhält ein Jahr später bereits eine Professur an der Landwirtschaftlichen Hochschule in Hohenheim. Doch dieses Amt brachte eine schwere Enttäuschung. Es gab nur ein kleines, dem landwirtschaftlichen Unterricht angepaßtes Kabinett ohne Forschungsmöglichkeit; es war eine Zeit der Abgeschiedenheit von der wissenschaftlichen Atmosphäre, und so war es ein großes Glück für Röntgen, als Kundt ein Jahr später die Errichtung einer zweiten physikalischen Professur durchsetzte und die Straßburger Fakultät Röntgen wieder zu sich berief. Diese zweiten Professuren für Physik sollten besonders der Theorie gewidmet sein, und es entstanden vornehmlich hieraus die jetzt an allen Universitäten eingeführten Lehrstühle für theoretische Physik. Röntgen hat dieses Gebiet nicht lange vertreten. Das Ordinariat für Physik an der Universität Gießen wurde frei, und Helmholtz und Kirchhoff übten ihren gewaltigen Einfluß zu Gunsten Röntgens aus, der im Jahre 1879 dort hinging, Mittel bekam, ein neues Institut zum Teil nach eigenen Plänen aufzubauen und einzurichten. Nun setzte er mit voller Energie die Serie der in Straßburg begonnenen eigenen Arbeiten fort. Er hat immer die Gießener Zeit zu den glücklichsten Perioden seines Lebens gerechnet. Dort fand er einen vertrauten Freundeskreis. Es ist charakteristisch für Röntgen, daß viele von seinen nächsten Freunden Ärzte waren. Unter den Gießener Bekannten, die mit ihm in den Wäldern und Bergen des Hessischen Landes und des Rheines wanderten, seien besonders der Chirurg Krönlein und der Ophthalmologe von Hippel genannt. Dann kamen Berufungen nach Jena, Utrecht, die er ablehnte. In diese Zeit fällt auch der Tod seiner Eltern, die nach Gießen gezogen waren. Sein Vater starb bei ihm in Gießen, die Mutter in dem benachbarten Bad Nauheim. In Gießen ward der Typus des Wissenschaftlers und Lehrers Röntgen durchaus geprägt. *Ostwald* hat einmal die Gelehrten in zwei Typen, den klassischen und den romantischen, eingeteilt. Röntgen gehört zu dem klassischen Typ. Er war in der Arbeit zäh, geduldig, kritisch, nach außen verschlossen. Seine Umgebung wußte meist nicht, woran er arbeitete. Er liebte den Vortrag nicht. Aber an seinen Problemen arbeitete er mit äußerster Hartnäckigkeit und in Nüchternheit. Und die Aufgabe, die er sich stellte, erschöpfte er.

Seine Darstellung ist ganz schlicht, kein Epitheton ornans, kein Superlativ, keine Einkleidung. Seine Manuskripte verbesserte er immer wieder. Man hat beim Lesen den Eindruck, daß die Sache bis zur Reife durchgedacht ist und bis zur letzten Einfachheit der Form geläutert. Begriffliche Klarheit ersetzt bei ihm die Mathematik. In Röntgens Abhandlungen gibt es wenig Mathematik, in seinen berühmtesten Arbeiten gar keine. Röntgen ist kein Spezialist. Die Probleme, die er anpackt, liegen auf den verschiedensten Gebieten der Physik. Er arbeitet über spezifische Wärme, über neue Apparate und Meßmethoden; Kristallphysik ist eines seiner Lieblingsgebiete, in den Untersuchungen über Piezo-Elektrizität begegnet er den Arbeiten von Jacques und Pierre Curie. Zur Lösung eines ganz großen Problems hat er entscheidend beigetragen. Von dieser Arbeit sagte einmal *Sommerfeld*, daß sie Röntgen unter die großen Physiker des Jahrhunderts eingereiht hätte, auch wenn er seine Strahlen nicht entdeckt hätte. Es handelt sich dabei um den in der Welt der Physik berühmten „Röntgenstrom“. *Maxwell*, der große englische Theoretiker, hatte auf Grund von Faraday's Arbeiten den eigentlichen Sitz der elektrodynamischen Vorgänge in die Umgebung der Leiter verlegt. Wir sind ja gewohnt, und mit Recht, etwa den Fluß eines elektrischen Stromes in seine Drahtleitung zu verlegen. Maxwell aber betont die Rolle der umgebenden Medien, also der Luft, des Vakuums, der isolierenden Stoffe, kurz, der sogenannten Dielektrika. Und es ist auch kein Zweifel möglich darüber, daß sie an den elektrodynamischen Vorgängen teilnehmen. Ein wechselnder Strom, etwa die schwingende Entladung eines Funkenübergangs, der aus einem Kondensator gespeist wird, passiert zweifellos die isolierenden Schichten des Kondensators. Eine entscheidende Frage entstand so für die Theorie dieser Vorgänge, ob auch bei Stromdurchgängen durch dielektrische Schichten und beim mechanischen Transport von Ladungen der wichtige Begleiter des elektrischen Stromes aufträte, nämlich das magnetische Feld. Röntgen löste diese Frage für bewegte Dielektrika mit mühsamen, sorgfältigen, klaren und schlichten Versuchen. Das magnetische Feld tritt auch ein beim mechanischen Transport, bei Bewegung von Ladungen, die an Körpern haften, und zwar quantitativ in einer solchen Weise, wie es sein muß, wenn die elektrische Strömung, auch die durch einen Draht, von Elektrizitätsträgern be-

sorgt wird. Wir wissen heute, daß die meisten Ströme von Elektronen gebildet werden, wirklichen Einheiten der Elektrizität, die man getrost als elektrische Atome bezeichnen kann. Aber das wußte man damals noch nicht. Das Ergebnis von Röntgen, das auch von ändern Forschern wie Rowland, Eichenwald, Himstedt, H. A. Wil-son, Barnett vorbereitet, erweitert und bestätigt wurde, war eine der Grundlagen für die große Wendung der elektrodynamischen Theorie, nämlich die Begründung der Elektronentheorie durch *A. H. Lorentz* in Leyden. Von der Fülle seiner ändern Themen seien noch erwähnt Arbeiten über dünne, kohärente Ölschichten auf Wasser, über Viskositätserscheinungen, über die Kompressibilität von Flüssigkeiten, Brechungsexponenten der Flüssigkeiten als Funktion des Drucks (eine Arbeit, die zu einer Diskussion mit dem gleichfalls bedeutenden Heidelberger Physiker Quinke führte). Auch Enttäuschungen gab es, wie bei seinen Untersuchungen über Doppelbrechungsvorgänge, an denen er sich redlich Mühe gab, während ein englischer Physiker den Siegespreis der Entdeckung davontrug (Kerr-Effekt). Mit seinem Lehrer Kundt hatte er in Straßburg über die Drehung der Polarisationssebene des Lichtes in Gasen gearbeitet. Mit dem Physiker *Exner*, dem späteren Wiener Ordinarius, der mit ihm zusammen Assistent bei Kundt schon in Zürich gewesen war, arbeitete er über Kapillarität und Elastizität. Einer seiner bewährtesten Mitarbeiter in Gießen war *Zehnder*, ein Schweizer, der auch sein Freund wurde. Zehnder, Professor an der Universität Basel, lebt noch heute hochbetagt, aber frisch und tätig in Oberhofen am Thuner See und hat wertvolle Erinnerungen an Röntgen veröffentlicht.

Man kann wirklich nicht sagen — was man oft hören mußte –, daß Röntgen „nur“ seine Strahlen entdeckt hätte. Im Gegenteil, er war einer der vielseitigsten Forscher, und es gibt jetzt kaum mehr Physiker, die in so viel Zweigen initiativ und erfolgreich gearbeitet haben wie er.

Der Lehrberuf lag Röntgen nicht so sehr. Indessen hat er 42 Jahre lang das Physik-Kolleg gelesen, gewissenhaft, mit stets erneuter sorgsamster Vorbereitung. Von Jahr zu Jahr wurde sein Vortrag schwerer und höher. Für begabte oder einigermaßen erfahrene Physiker war er eindrucksvoll durch seine nüchterne, schlichte, klassische Klarheit. Für seine Studenten war er nicht leicht. Rönt-

gen hatte eine tiefe, wohl lautende Stimme, aber er sprach leise; die hinteren Bänke konnten ihn kaum verstehen. Sehr charakteristisch war sein Verhalten zum physikalischen Nachwuchs. In steigendem Maße mit fortschreitendem Alter überließ er die Doktoranden sich selbst. Er gab wohl Rat, wenn jemand kam und verständig fragte. Aber er hütete sich, von selbst die Arbeiten zu kontrollieren und in ihren Fortgang helfend einzugreifen. „Nur niemanden aufpäppeln in der Physik“, sagte er manchmal. Eine Doktorarbeit bei Röntgen konnte viele Jahre dauern, und seine Examen waren gefürchtet streng.

Doch nun bin ich der zeitlichen Entwicklung vorangeeilt. Im Oktober des Jahres 1888 kam der Ruf nach Würzburg. Dort ging der große Friedrich Kohlrausch weg, und die Universität, die Röntgen die Habilitation verweigert hatte, rief ihn. Er folgte dem Ruf und verlebte dort vielleicht seine glücklichste Zeit, sieben Jahre des Fleißes, der Freude am Schaffen und am Freundeskreis — bis zur Schicksalsnacht, wo der Leuchtschirm zum erstenmal aufblitzte.

5.

DER FORSCHER WIRD ENTDECKER

Von der großen Schar der Menschen, die ihr Leben dem Erkennen der Natur geweiht haben, ist, zumal in den letzten dreihundert Jahren, unser Wissen von der Welt vertausendfacht worden. Die Alten verließen sich auf die Sinne. Sie vertrauten ihnen und hielten das, was sie unserem Bewußtsein melden, für getreue Abbilder der Außenwirklichkeit. Wir erleben eine Farbe, einen Klang und schreiben, dasselbe Wort benutzend, einem Körper die Farbe, den Klang zu, indem wir urteilen: jenes Blatt sei grün, und diese Saite erklinge. Die Alten erhoben diese Meinung zur Lehre. Es bedurfte gewaltiger Arbeit, generationenlanger Umerziehung, schier unerschöpflicher Diskussionen, bis diese Irrung überwunden und der Forschungsweg der Naturwissenschaft von seiner Last befreit wurde. Die äußeren Ursachen unserer Erlebnisse sind etwas anderes als diese Erlebnisse selbst. Die Natur draußen hat nicht Farbe, nicht Klang, nicht Licht und nicht Wärme. Wenn wir das Erlebnis eines einfachen Tones haben, dann vollzieht sich in der Natur eine mechanische Schwingung (etwa einer Saite, einer Luftsäule, einer Glocke). Diese Schwingung wird durch ein Medium übernommen und an unser Ohr geleitet. Dort aufgenommen, vom hörenden Menschen nach seiner Natur psychophysisch verarbeitet, kommt es dann zu dem Erlebnis in uns. Aber das Erlebnis ist ganz anders als seine außenliegende, seine „transzendente“ Ursache. Nicht Abbildung, sondern Kausalität ist das Verhältnis zwischen Naturvorgang und Sinneserlebnis. Die Naturforschung erst stellt klar, was draußen, im Transzendenten, vor sich geht, wenn unsere Sinne Meldungen machen, Meldungen, die der Natur des empfangenden Menschen entsprechen. Daß die Naturwissenschaft es gut, zuverlässig, erfolgreich tut, zeigt die Entfaltung der Technik, die ja auf die erkannten Naturvorgänge selbst aufgebaut ist. Wäre die Naturforschung nicht in der Lage, aus den Signalen die transzendenten Naturvorgänge selbst und ihre gesetzmäßige Verknüpfung

zu erschließen, so wäre kein Fernrohr möglich, das uns das Große, kein Mikroskop, das uns das Kleine vor Augen führt, keine Arznei könnte uns Schlaf, Schmerzlosigkeit bringen, kein elektrischer Strom unsere Nächte erhellen, unsere Maschinen würden nichts vollbringen, unsere Apparate nicht funktionieren, keine Radio-botschaft käme an unser Ohr, kein Flugzeug gewänne den Luft-raum, kein Spektrogramm enthüllte uns die Stoffwelt der Gestirne.

Forschung also in der Natur, darin die menschliche vegetative und animalische miteingeschlossen, ist der Weg vom Sinneserfahrenen zur realen Wirklichkeit: ein ganz riesiges Unternehmen, wohl das größte irdische: die Klärung der natürlichen Offenbarung, die Bemühung um Antwort auf die Frage, wie der Schöpfer die Welt gemacht habe. Das Letzte, Tiefste erreicht der Forscher dabei nicht. Er wäre ja nicht mehr Mensch, könnte er Gottes Schöpfergedanken ganz erfassen. Der Weg bleibt immer asymptotisch. Aber seine Fruchtbarkeit ist erschütternd groß, die Funde sind überwältigend, und sie sind alle gemacht auf diesem Wege vom Sinneserlebnis, dem immanent aufleuchtenden Signal, zum Naturgeschehen, dem transzendenten gesetzmäßigen Vorgang, der es verursachte. Dieser Weg ist, was wir Naturforschung nennen.

Und dabei sollen wir wohl bedenken, wie winzig der Anteil der Naturwelt ist, den uns die unbewaffneten Sinne melden. Eine ein-zige Oktav der elektromagnetischen Wellen (Wellenlänge von $0,4\mu$ bis $0,8\mu$) wird von unserem Auge als Licht und Farberlebnis weitergeleitet. Nur was Wellenlängen dieses Intervalles aussendet oder reflektiert, ist sichtbar. Aber: das bisher erforschte elektromagnetische Wellenspektrum erstreckt sich zwischen Wellenlängen von hunderttausenden Kilometern bis zu einem tausendbillionstel Zentimeter. Das ist ein Verhältnis wie ca. 1 zu 10 Quadrillionen gegenüber dem sichtbaren, das wie 1: 2 ist. Das bekannte Spektrum umfaßt etwa 100 Oktaven: Hertz'sche Wellen, infrarote, ultra-violette, kurzwellige wie Röntgenstrahlen und x - Strahlen und den Wellenanteil der kosmischen Strahlen. Alle diese sind entdeckt und gemessen worden. Ihre Wirkungen sind jetzt größtenteils bekannt. Da sie aber nicht das Erlebnis des Lichtes bewirken — der Be-grenztheit unseres Sinnes wegen —, blieb, was diese Wellen melden, früher verborgen: ein überaus gewaltiger Teil der Welt ! – Die kleinsten Gegenstände, die unser Auge erkennt, sind etwa in dem

gleichen Größenverhältnis zu einem Molekül, wie die Erde zu einem Liter oder Kubikdezimeter. Diese ganze Mikroweit war unbekannt — sie enthält nicht nur die Milliarden kleiner Lebewesen, sondern unbeschreiblich viel mehr, darunter die Gegenstände der Kolloidphysik und Kolloidchemie. In jedem Kubikzentimeter Atmungsluft sind 27 Trillionen Moleküle, außerdem Tausende kolloide Schwebeteilchen. Die Bausteine der Atome, die man bildhaft analog noch als Körper bezeichnen kann (weil sie einige Kennzeichen des Körperlichen aufweisen neben anderen Kennzeichen, die zu dem Körperbegriff der früheren Erfahrung in Widerspruch stehen), sind abermals, als Körper gemessen, etwa tausendbillionenmal räumlich kleiner als die Moleküle. Diese in den letzten Jahrhunderten enthüllten Gebiete enthalten aber Konstitutives für das Größere in der Welt. Und die Realitäten, die sich hier offenbaren, sind z. T. von neuer Art. Bezeichnungen, wie „Körper“, aus der Sphäre des den Sinnen Zugänglichen entnommen, passen nicht auf sie. Gott hat noch andere Realitäten geschaffen *als Körper und was diese tragen*.

So auch entging den Alten die große Welt. Wenn Copernicus, Kepler, Galilei, Newton von Himmelsmechanik, Weltsystem und ähnlichem sprechen, so meinen auch sie gewöhnlich noch das Sonnensystem. Schon das waren Enthüllungen hohen Ranges, daß die Erde aus der Weltenmitte zum bescheidenen Sonnenbegleiter herabgesetzt wurde und der Sternenkatalog (von 1028 Sternen) durch das Fernrohr Galileis zerstört ward. Das Auge hat sich auch hier als unzulänglich erwiesen. Der Sterne waren es unbeschreiblich viel mehr, und sie waren nicht unveränderlich. Aber inzwischen fand sich, daß unsere Sonne ein Fixstern unter rund 10 Milliarden solcher Fixsterne ist, die zusammen ein System, die „Milchstraße“ bilden, daß es aber von derartigen Systemen, soweit man bis jetzt erforschte, etwa 60 Millionen transgalaktische gibt, wahrscheinlich aber sehr viel mehr. Das Meldesystem unserer Sinne verhehlte uns die große Welt und die kleine Welt und gab uns nur Kunde aus einem sehr kleinen Ausschnitt, einem wahrhaft winzigen Teilbestand in der Mitte sozusagen. Aber auch dieser Ausschnitt ward nur zum kleinen Teil und vielfach falsch gemeldet.

Der gewaltige und mühsame Läuterungsweg vom Sinnhaft-Gegebenen zur Realwirklichkeit ist nun etwa 300 Jahre, seit Galilei und Newton, entschlossen beschritten worden im induktiven For-

schungsverfahren, das im Experiment immer wieder das Gericht der Natur selbst anruft. Und es hat sich ergeben:

Die Naturwirklichkeit ist größer, reicher geoffenbart, und sie hat sich als erheblich anders herausgestellt, als man ehemals vermeinte. Ein Gefühl großer Beglückung und tiefen Dankes an den Schöpfer erfüllt den besinnlichen Menschen bei dieser erkennenden, wissenden Teilhaberschaft, mit der Gott das heiße und demütige Ringen um Erkenntnis der Naturwahrheit krönte. Demütig ist ja dieses Ringen im tiefsten und wahrsten Sinne. Denn es fordert volle Selbstentäußerung, Verzicht auf jede noch so geliebte, gewohnte, getestigte Meinung in der experimentellen Befragung der Natur. Die Antwort des Schöpfers und Erhalters, durch die Naturbegebenheiten, die natürliche Offenbarung, ist allein Maßstab, gilt allein. Der Forscher verwirft, was er annahm, wenn diese es verneint. Das ist tausendfach geschehen. Das ist sozusagen unsere, der Naturforscher tägliche Erfahrung. Michelson hat 40 Jahre lang mit seinen Schülern und mit gewaltigen Mitteln im Grunde nur eine Frage gestellt. Und die Auskunft war das Gegenteil von dem, was er selbst und die ganze physikalische Welt als sichere Antwort erwartete. Aber die Antwort war da — man konnte sie anfangs kaum deuten. Einstein fand die Deutung, die, in neuen Beobachtungen bestätigt, eine Reihe von mitgeführten Apriori beseitigte und gewaltige Bereicherung, Vereinfachung, Sicherung der Grundlagen, dazu Offenbarungen über die Maßstäbe von Raum und Zeit, Tieferlegung der Fundamente brachte. Eben die Tieferlegung der Fundamente ist das große Resultat fast jeglichen Fortschrittes im menschlichen Erkennen. Und eben, daß dies gelingt, der Demut gelingt, die nicht sagt, wie es sein oder kommen muß, ist das Erschütternde, Große im Forscherleben. So wurde Kepler von anbetender Bewunderung des Schöpfers und von Dankbarkeit geradezu übermannt, als er die Planetengesetze entdeckt hatte.

Man wird aber daraus wohl begreifen, daß viele Naturforscher, große und kleine Pioniere auf diesem Wege, erfüllt sind von der Größe, Schönheit ihres Berufes, der Würde dieses selbstverzichtenden und eben darum erfolgreichen Strebens nach sicherem, tieferem Wissen um die Schöpfung. Aber niemals gibt es im Forschererlebnis ein solch überwältigendes, ein solch erhabenes Glück wie in der *Stunde der Entdeckung*.

Der Forscher, auf die Sinne angewiesen, bewegt sich vom Vertrauten her. Sein Gegenstand ist ihm nicht völlig unbekannt. Wenn er etwa die Atmosphäre untersucht, so weiß er manches davon: daß sie Sauerstoff und Stickstoff als Hauptbestandteile enthält. Er will aber das Mischungsverhältnis genau bestimmen. Er weiß, daß sie Feuchtigkeit, Wasser in Gasform, trägt; vielleicht will er die Wassermenge, die sie maximal tragen kann, in Abhängigkeit von der Temperatur erforschen. Oder die Schwankungen des Luftdrucks. Auf allen Gebieten liegt es ähnlich. Galilei maß den Zusammenhang zwischen den im Fallen von Körpern durchmessenen Strecken mit den dafür nötigen Zeiten, Newton die Zerlegung des Sonnenlichts im Prisma — eine Erscheinung, die man bisher als ein „Naturspiel“ betrachtet hatte.

Faraday maß die Strommenge, die nötig ist, ein bestimmtes Quantum Metall auf einer Elektrode niederzuschlagen. So, vom *Vertrauten* ausgehend, das noch Unbekanntes in sich schließt, gelangt der Forscher zu Gesetzen. Röntgen hatte, wie wir sahen, auf vielen Gebieten derartige Forschungen mit Erfolg gemacht *Aber was in der Schicksalsnacht des Freitag, 8. November 1895, geschah, war mehr als dies: es war Entdeckung.*

Etwas ganz Neues trat ihm entgegen, das ihm *nicht vertraut* war, nicht erwartet wurde; etwas, das nie vorher geschaut worden ist, das keiner zu ahnen gewagt hätte. Ja, vor langer Zeit hatte einmal ein Arzt, vor schwierige diagnostische Aufgaben gestellt, halb scherzend geschrieben: Ach, daß doch der Mensch durchsichtig wäre wie eine Qualle, auf daß man den Sitz seiner Leiden schauen könnte! Aber nun leuchteten Kristalle auf in vollständig verdunkeltem Raum, wenn hochgespannte elektrische Ladungen eine sorgfältig lichtdicht eingeschlossene Vakuumröhre durchflossen. Röntgen hat tagelang gezweifelt, seinen Beobachtungen mißtraut; aber dann war er ganz sicher: er stand vor einer *neuen* Offenbarung von noch nie Wahrgenommenem, vor einer echten Entdeckung. Es gab also „Strahlen“, die alle Stoffe durchdrangen und sich auf Schirmen von gewissen Kristallen in sichtbares Licht transformieren ließen.

Daß die Natur viel mehr enthält, als die Alten ahnten, haben viele Entdeckungen gezeigt. Erdteile wurden entdeckt, aber auch Planeten, ja Milliarden von Sonnen und schließlich von Milch-

Straßensystemen. Die kleinsten Lebewesen wurden entdeckt und damit zugleich ihre enorme Gewalt, die jene aller großen Tiere übersteigt. *Gockel*, *Heß* und *Kohlhörster* entdeckten die kosmische Strahlung, die aus Weltraumtiefen kommt, *Anderson* das Positron, *Chadwick* das Neutron. Aber bei den Entdeckungen gibt es noch diesen Unterschied: Funde sind sie ja alle im Reich der Naturgegebenheit; alle bringen sie Fremdes, Neues, Unvertrautes zur Kenntnis. Die meisten sind Funde von bisher *Verborgenen*, *das es auf Erden schon immer gab*. Die Bakterien gab es, sie dienten nützlich und wüteten zerstörend, lange bevor man sie fand. Aber es gibt auch Entdeckungen von Objekten, *die es auf der Erde nicht gab* — bevor sie entdeckt wurden. Und die Strahlen, die Röntgen entdeckte, gehören hierzu. X-Strahlen hatte unser Planet nicht. Man weiß jetzt, daß sie im heißen Innern der Sonnen auftreten. Aber im irdischen Raum (die Naturforscher sagen treffend: „in unserem Energiemilieu“) treten sie nicht auf. Es gehören besondere Bedingungen dazu, sie zu erzeugen, und die schmale Zone unseres Daseins enthält diese Bedingungen nicht. Besondere Apparate müssen erfunden sein, damit sie auftreten können. Also ist ihr Sein im irdischen Raum an Erfindungen geknüpft. Man kann sie „*Erfindungs-Entdeckungen*“ nennen, und sie haben dadurch eine besondere Stellung.

Das so oft zitierte Hamlet-Wort: „Es gibt mehr Dinge zwischen Himmel und Erde, als eure Schulweisheit sich träumen läßt“, erfüllt sich hier am eindringlichsten. Und dem Entdecker ist es zu Mute, wie wenn der Schleier vom Bilde von Sais falle, wie wenn die Sphinx zu sprechen begäñne — ach nein, es ist viel gewaltiger als jedes Bild. Der Schöpfer offenbart sich, aus tausendjährigem Dunkel quillt Licht, der Mensch spürt einen Hauch der Ewigkeit die Erde scheint ihm zu beben wie in Ehrfurcht, der Mantel Gottes streift seine Stirn.

Das Neue, oft in unscheinbaren Phänomenen sich verratend, zieht in dieser Stunde in die Menschenwelt, um darin zu bleiben und zu wirken. Es wirkt mit seiner eigenen Macht, die es mitbringt, die nicht des Entdeckers Macht ist. Röntgens Strahlen retten, heilen in einem Jahrhundert mehr Menschenleben, als ein Weltkrieg vernichtet. Und dies ist bleibender Gewinn, gewonnen aus dem bereiten verborgenen unermeßlichen Schatz der Schöpfung.

Von der Macht, die sie mitbringen, wäre viel zu sagen. Doch wollen wir erst am Ende davon sprechen und nur von jenem Teil der Macht, der in der Erschließung neuer Erkenntnisräume sich äußert. —

Mit diesem Wissen von dem Wesen einer Entdeckung wollen wir den Weg verfolgen, den die Physik gegangen war, bis an die Stelle, wo Röntgens eigenes Werk beginnt.

6.

DER ENTDECKUNGSPFAD

Phänomene der Gasentladung.

Das neunzehnte Jahrhundert, reich an Fortschritten der exakten Naturwissenschaften und der Mathematik, endete in einer hohen Spannung neuer physikalischer Problematik. Die Forschergeneration, im Geiste der klassischen Mechanik, der Galilei-Newton-Physik geschult, wurde aufgeschreckt durch Entdeckungen, die sich aus deren bekannten, tausendfach bestätigten Grundgesetzen nicht erklären ließen. Zwei Gebiete besonders stellten solche Probleme: die Elektrodynamik Faradays, Maxwells und Hertz' und die Thermodynamik seit den Arbeiten von Clausius und Boltzmann, die eine neue mathematische Methodik brachten und zum Entropiesatz führten.

Clausius' Vorlesungen hatten auf den Studenten Röntgen in Zürich tiefen Eindruck gemacht, und seine Erstlingsarbeit hatte, wie wir sahen, ein thermodynamisches Problem zum Gegenstand. Eine in Gießen vollendete Arbeit, die ihm mit Recht große Anerkennung brachte, betraf die Elektrodynamik bewegter Ladungen. Wir haben sie oben kurz besprochen. Und in seiner Würzburger Zeit wendete er sein Interesse, wie viele andere, den prächtigen und rätselhaften Erscheinungen zu, die sich zeigten, wenn elektrische Entladung durch Gase, besonders durch verdünnte Gase geleitet werden.

Die Physik der Gasentladungen hat ihre Anfänge in bescheidenen, aber wichtigen Beobachtungen im 17. Jahrhundert. Die Florentiner fanden im letzten Jahre ihrer zur Pflege der Galileischen Tradition gegründeten Accademia del Cimento (etwa Akademie des Experimentes), daß Flammen elektrisch geladene Körper ihrer Eigenschaft berauben, andere kleine Körperchen an sich ziehen. Das war 1667. Fünf Jahre später beobachtete *Otto von Guericke*, der große, schicksalgeprüfte Bürgermeister von Magdeburg, mit

der ersten „Elektrisiermaschine“, einer rotierenden geriebenen Schwefelkugel, Lichterscheinungen im Dunkeln und zwei Jahre darauf *Leibniz* mit der *Guericke*'schen Apparatur helleuchtende elektrische Funken, die auf kleine Distanz durch die Luft übersprangen. *Abbe Jean Picard*, derselbe, dessen genaue Gradmessung *Isaac Newton* den Anstoß gab, seine Mondbahnrechnung wieder aufzunehmen und das allgemeine Gravitationsgesetz endgültig zu formulieren, beobachtete 1675-76 Aufleuchten im Vakuum der Barometerröhren, wenn das Quecksilber bewegt wurde; dreißig Jahre später hat der Curator of Experiments der Royal Society in London, *Francis Hawksbey*, diese Versuche aufgenommen und höchst geistreich erweitert. Die Veröffentlichung erfolgte erst 1709, vier Jahre nach seinem Tode.

Dann wurde es still darum. Die große Stunde der elektrophysi-kalischen Forschung schlug erst mit der Erscheinung von *Davy's* Schüler, dem großen *Faraday*, an den die gewaltige Entwicklung der Elektrophysik und Elektrotechnik anschließt. Die Elektrifizierung von Beleuchtung, Kraftversorgung, Verkehr, Nachrichtendienst, der Industrie, des Haushalts, der Laboratorien, ja der Zivilisation ist uns Heutigen so selbstverständlich, daß wir nicht mehr daran denken, daß die Natur von sich aus dem Menschen elektrische Energie in nutzbarer Form nicht bietet. Sie mußte durch Erfindungs-Entdeckungen, durch menschliche Schöpferarbeit in unsern Lebensraum gehoben werden und könnte daraus nicht verschwinden, ohne Millionen die Möglichkeit der Existenz zu entziehen. —

Nun, *Faraday* bemerkte und beschrieb den Glimmstrom, der im Vakuum entsteht, wenn genügend hohe Spannung an Elektroden liegt. Er beschrieb ihn 1838, und ein Einzelphänomen, eine dunkle Zone im Gang der schönen Leuchterscheinung, trägt auch jetzt noch den Namen „*Faraday*'scher dunkler Raum“.

Noch fesselten andere von *Faraday* gefundene oder erforschte elektrische Phänomene — wie Elektrolyse und Induktion — die Geister mehr. Erst die gemeinsamen Arbeiten des Bonner Glasbläfers *Heinrich Geißler* und des Mathematikers und Physikers *Ju-lius Plücker* in Bonn und die Entdeckung der Kathodenstrahlung durch *Wilhelm Hittorf* lenkten die Aufmerksamkeit einiger Gelehrten auf die seltsamen und farbenprächtigen Phänomene der Gas-



*Alt-Lennep.
Die Kreisstadt Lennep wurde 1929 in Remscheid eingemeindet.*

entladungen. Geißler in Bonn hatte eine Quecksilber-Luftpumpe erfunden, mit deren Hilfe es erstmals gelang, verhältnismäßig leicht Entladungsröhren zu evakuieren. Um die verschiedenen Phänomene hervorzubringen, muß der Luftdruck von seinem gewöhnlichen Stand (Barometerdruck auf Meereshöhe etwa 760mm Quecksilbersäule) auf 1 mm, $\frac{1}{10}$ mm, $\frac{1}{100}$ mm und darunter erniedrigt werden. Das bedeutet, daß von der ursprünglich im Entladungsrohr enthaltenen Anzahl von Molekülen nur noch rund der tausendste, zehntausendste, hunderttausendste Teil (und man evakuiert jetzt leicht auf den zehnmillionsten Teil) vorhanden ist. Dadurch werden ‘ die mittleren Zwischenräume zwischen den rasch bewegten Molekülen vergrößert. Schon in unserer Atmungsluft, also bei etwa 760 mm Luftdruck, ist dieser Abstand (die sog. „mittlere freie Weglänge“, die das Molekül durchläuft, bis es mit einem anderen zusammenstößt) etwa tausendmal größer als der Moleküldurchmesser selbst. Bei den höchsten Evakuationsgraden, etwa in modernen Röntgenröhren und Elektronenröhren der Radioapparate, durchläuft ein Teilchen den Weg zwischen den Elektroden durchschnittlich, ohne einen einzigen Zusammenstoß mit Molekülen zu erleiden. Dennoch ist die Zahl der Moleküle noch groß. In einem einzigen cm^3 (Kubikzentimeter, ungefähr Fingerhutgröße) Luft bei normalem Druck sind 27 Trillionen Moleküle enthalten, also 27 mit achtzehn Nullstellen. Evakuiert man auf ein Millionstel, so sind es immer noch 27 Billionen in jedem cm^3 . Nimmt man die Moleküldurchmesser als Maßeinheit, so sind die Moleküle schon in der Atmungsluft im Mittel so weit voneinander entfernt, wie die Planeten, wenn man deren Durchmesser als Maßeinheit wählt, voneinander entfernt sind. Im Hochvakuum sind die Verhältnisse den Abständen der Fixsterne analog.

Um solche Zustände handelt es sich also, wenn man die prachtvollen Phänomene der Gasentladungen verfolgt. Die eindrucksvolle körperliche Leere des Raumes zeigt sich. Im Weltraum, ja schon im Luftraum, besonders im Raum verdünnter Luft, ist der von Körpern eingenommene Platz unvorstellbar klein gegenüber dem von Körpern leergelassenen, durch den die Kräfte der Gravitation, der elektrischen und magnetischen Felder, damit die Energien des Lichtes und der Wärmestrahlung wandern.

Da die Leere von Körpern im Kosmos eine der eindrucksvollsten

Tatsache ist, die von der Physik gefunden wurden, sei sie noch an einigen anderen Zahlen illustriert. In unserem Sonnensystem ist der von Sonne und Planeten besetzte Raum etwa im Verhältnis 1 zu 1,000,000, 000,000 (Billion) des von ihnen leergelassenen. Im Weltraum wird dieses Verhältnis auf 1 zu tausend Quadrillionen ($1: 10^{27}$, also 1: 1 mit 27 Nullstellen) erweitert. In den Zwischenräumen ist zwar fast völlige Körperleere, aber nicht etwa „Nichts“. Es bestehen, wie gesagt, die Kraftfelder, und sie enthalten Energiebeträge. Nur das, was wir „Körper“ nennen, diese quantitative, begrenzte räumliche Einheit, ist sehr selten.

Die Phänomene, die sich um die Zeit von Geißler, Plücker und Plückers Schüler Hittorf zeigten, schienen ungemein kompliziert. Die verdünnten Gase leuchten beim Durchgang der Entladungen, jedes mit eigener charakteristischer Farbe; die Spektroskopie nützte das aus und lieferte das Material zum späteren Studium des Schalenbaues der Atome. Glas, eingeschlossene Mineralien zeigen wunderbar schöne Lumineszenzerscheinungen. Hittorf fand, daß am Austrittort der Stromstöße der Kathode ein neuer Vorgang einsetzt, wenn das Vakuum hoch genug ist, d. h. etwa auf ein Hundertstel bis ein Tausendstel mm Luftdruck (Barometersäule) herabgesetzt. Zwar sieht man nicht etwas von der Elektrode Ausgehendes. Aber ihr gegenüber treten Ereignisse ein: Leuchten der Wände, starke Erwärmung, elektrische Aufladung. Bringt man Körper in den Zwischenraum zwischen Kathode und gegenüberliegender Glaswand, so bleiben diese Phänomene aus — wie wenn die Körper einen Schatten würfen.

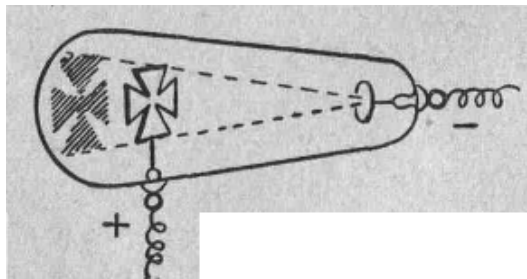


Fig. 1

Erläuterung im Text

Die Figur zeigt es an einem vielbenutzten Entladungsgefäß, das in der Literatur als eine Crookes'sche Röhre bekannt ist. Gegenüber der Kathode (in der Figur mit dem Minuszeichen als negativer Pol angedeutet) fluoresziert die Glaswand, bis auf einen Schatten,

der genau der Figur entspricht, die, aus Metallblech geschnitten, im Zwischenraum aufgestellt ist. Die richtigen Schlüsse, die Hittorf zog, waren: Es gehe von der Kathode *geradlinig* etwas aus, eine „Strahlung“ von zunächst unbekannter Art. Wo sie auftreffe, fluo- resziere die Glaswand. Aber eine Metallscheibe halte sie auf. Er und andere fanden noch mehr. Die Strahlung war durch einen Magneten ablenkbar, und zwar, wie Hittorf sagte, wie sich im magnetischen Felde ein biegsamer, an der Kathode befestigter, sonst aber frei beweglicher Leiter krümmen würde, wenn er von einem negativen elektrischen Strom durchflossen wird, der von der Kathode wegfließt.

Den Namen Kathodenstrahlen gab dem Phänomen im Jahre 1876 der Physiker an der Potsdamer Sternwarte, *Eugen Goldstein*, der Entdecker eines positiv geladenen Stromes der Gasentladung, der „Kanalstrahlen“.

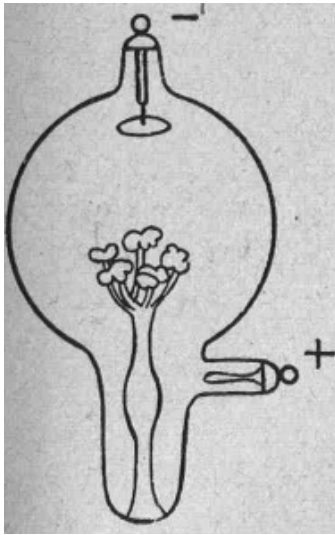
Eine Sensation in der physikalischen Welt brachte der Vortrag von *Sir William Crookes*, Präsident der Society of Chemical Industrie in London, der 1879, also zehn Jahre nach Hittorf, die Kathodenstrahlen und ihre Phänomene wieder entdeckte und, da er mit sehr reichen Hilfsmitteln experimentierte, in seinen Demonstrationen eindrucksvoller darstellte, als die deutschen Gelehrten mit ihren früheren, ärmlicheren Apparaten es gekonnt. Crookes veröffentlichte seine Arbeit unter dem Titel: „Strahlende Materie oder der vierte Aggregatzustand“.

Diese aufsehenerregende Bezeichnung stammt von Michael Faraday. Der schrieb einmal (vergl. Bence Jones, *Leben und Briefe von Faraday*, London 1870): „Denken wir einen Zustand ebenso weit jenseits des dampfförmigen, wie dieser jenseits des flüssigen Zustandes liegt, ... so werden wir vielleicht (soweit wir uns dies überhaupt vorstellen können) in der Nähe der strahlenden Materie ankommen. „ Dieser ein wenig dunkle Satz hängt mit Faradays Überlegungen zusammen, die er über Materie und Äther anstellte und die in seiner überaus fruchtbaren Kraftlinien -Vorstellung mündeten. Die Atomtheorie war zu Faradays Zeiten noch weit von der Klärung. Faraday neigte dazu — und deutet es mehrfach an –, Atome nicht als körperlich-materiell, sondern als Ausgangszentren von Kraftlinien, als Zentren von Feldern anzusehen, die sich sogar gegenseitig durchdringen können (s. etwa Faraday, *Experimental-*

untersuch. III, 1843). Weniger noch als Isaac Newton zur Diskussion von Hypothesen geneigt, ganz der Tatsachenforschung ergeben und doch gezwungen, sich Vorstellungen zu bilden, anschauliche Modelle der Vorgänge, um darauf seine Experimente, seine Fragen an die Natur, einzurichten, scheint Faraday gegen die allgemeine Annahme eines körperlich-stofflichen Äthers skeptisch gewesen zu sein. Seine Kraftlinienvorstellung jedenfalls war als Arbeitshypothese sehr ertragreich.

Wir müssen dahingestellt sein lassen, was Faraday im Genaueren bei seinem Ausdruck: strahlende Materie, vorgeschwebt hat. Crookes knüpfte in seinem berühmten Vortrag (deutsch von H. Gretschel, 1879 übersetzt, bei Quant u. Händel in Leipzig erschienen) an Faradays Worte an und sagte, von den Erscheinungen der Gasentladung im Vakuum: „Diese Phänomene sind so verschieden von allem, was bei gewöhnlichem Druck in Luft oder Gas sich ereignet, daß wir zur Annahme kommen, wir stehen der Materie in einem vierten Aggregatzustand gegenüber... „ und später: „Beim Studium dieses vierten Aggregatzustandes scheinen wir endlich die kleinen unteilbaren Teilchen im Bereich unserer Forschung zu haben, von denen man mit Grund annimmt, daß sie die physikalische Grundlage des Weltalls bilden. In einigen von ihren Eigenschaften ist die strahlende Materie ebenso materiell wie der Tisch hier, in anderen nimmt sie fast den Charakter strahlender Energie an. Wir haben tatsächlich das Grenzgebiet berührt, wo Materie und Kraft ineinander überzugehen scheinen, das Schattenreich zwischen Bekanntem und Unbekanntem... Ich denke, daß die größten wissenschaftlichen Probleme der Zukunft in diesem Grenzgebiete ihre Lösung finden werden — ja noch mehr: hier, scheint mir, liegen letzte Realitäten. „

Crookes jedenfalls war von dem, was er sah, erschüttert. Und seine Bewegung übertrug sich auf seine Zuhörer, seine Leser und von da auf die ganze wissenschaftliche Welt. Crookes selbst neigte zu animistischen Deutungen, wurde später ein Prophet des Spiritismus, der sich gröblich irreführen ließ. Aber er war ein guter Experimentator, seine Entladungsröhren zeigten die Phänomene wunderbar schön. Wenn er auch mit der Deutung als vierter Aggregatzustand (strahlende Materie) nicht glücklich operierte und seine Entdeckungen fast in allen Einzelheiten von Geißler, Plücker,

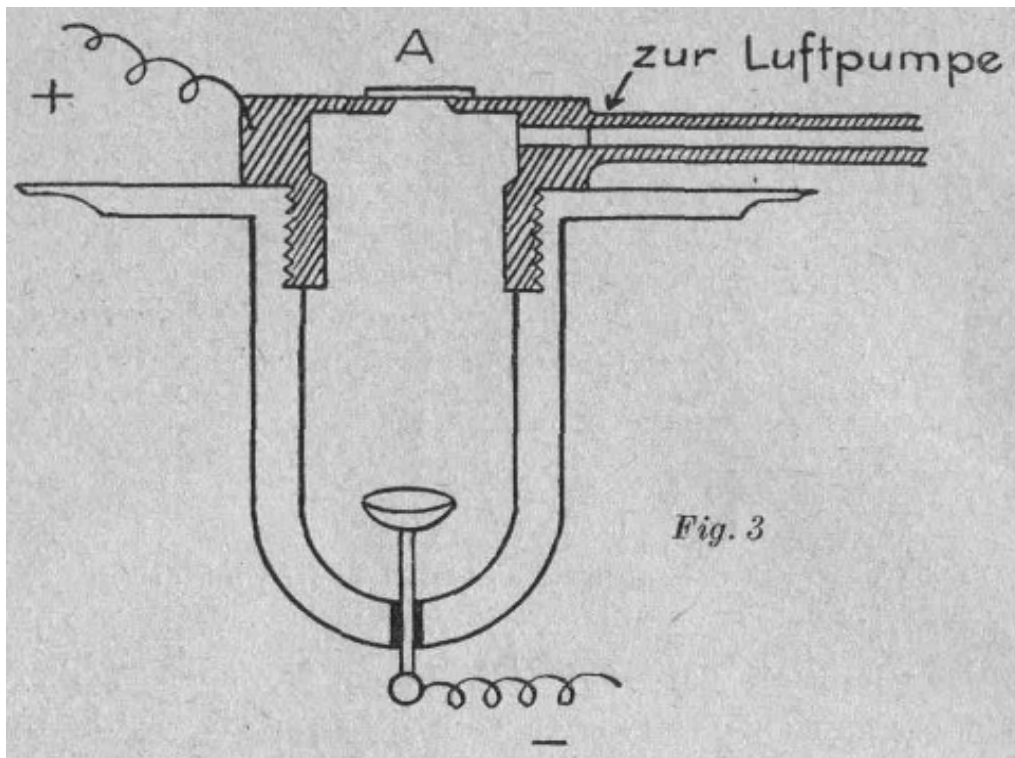


Gegenüber der Kathode (–) sind verschiedene Mineralien angeordnet, die beim Durchgang der Entladung aufleuchten.

Hittorf, Goldstein vorweggenommen waren (was er nicht wußte — der zwischenstaatliche Austausch der Forschungsergebnisse ging damals oft recht langsam vor sich), so hat doch er zuerst die Aufmerksamkeit der ganzen naturwissenschaftlichen Welt nachhaltig auf dieses Gebiet der Elektrodynamik gelenkt.

Von den vielen Einzelheiten, die gefunden waren oder wurden, interessieren uns folgende am meisten: Fallen Kathodenstrahlen statt auf die Glaswand auf Mineralien (Fig. 2) — etwa Zinksilikate, Rubine, weiße Schreibkreide, Smaragd, Beryllerde Silikat und viele andere — so lumineszieren diese in zauberhaft schönen Farben, das heißt, sie emittieren weit stärkere Helligkeit, als ihrer Temperatur entspricht, das Leuchten stammt nicht von Erwärmung. *Heinrich Hertz* benutzte nun diese Eigenschaft im Jahre 1892, um festzustellen, ob Kathodenstrahlen durch Materie hindurchdringen können. Zu diesem Zweck wiederholte er Versuche von Goldstein und Crookes, stellte vor dem fluoreszenzfähigen Kristall dünne Plättchen verschiedener Substanzen an und fand, daß selbst dünne Glas- und Glimmerhäute, auch Gold- und Silberfolie, die Strahlung stark absorbieren, dagegen (Eisen- und) Aluminiumfolien erhebliche Durchlässigkeit zeigten. Die Häutchen der erstgenannten Stoffe hinderten das Aufleuchten, aber nach Aluminiumfolien ($\frac{1}{100}$ mm bis $\frac{1}{50}$ mm Dicke) leuchteten die Kristalle noch. Sein Plan, die Strahlen aus der Röhre austreten zu lassen, wurde von seinem Schüler *Lenard* ausgeführt.

Phil. Lenard baute ein Vakuumrohr (Fig. 3), dessen von Kathodenstrahlen getroffene Außenwand aus feiner Aluminiumfolie bestand (Lenard-Fenster). Die Kathodenstrahlen traten in den

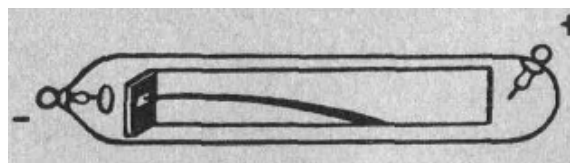


Die Kathodenstrahlen treffen bei A auf eine sehr dünne Aluminiumfolie und treten durch sie in den Luftraum.

Außenraum, man konnte sie in der Luft auf kurze Distanz verfolgen und feststellen, daß sie von den Luftmolekülen stark zerstreut und absorbiert werden; sie wirken auf photographische Emulsionen wie Licht.

Im Laufe des Jahres 1895 wurden noch zwei wesentliche Ergebnisse erzielt. Sir J. J. Thompson, der Leiter des CavendishLaboratoriums in Cambridge (Nobelpreisträger 1906), gelang es, die Kathodenstrahlen elektrostatisch abzulenken, zu beweisen, daß sie von negativ geladenen Körpern abgestoßen, von positiv geladenen angezogen werden, folglich selbst negativ elektrische Ladungsträger sein müssen (Fig. 4). Dieser Schluß wurde bestätigt

Fig. 4



Das Kathodenstrahlenbündel tritt durch einen Schlitz und fällt auf eine schräg nach vorne geneigte Wand. Diese, mit einer Mineralschicht bedeckt, leuchtet da auf, wo Kathodenstrahlen sie treffen. Durch magnetische oder elektrische Felder läßt sich das Kathodenstrahlenbündel ablenken, und die Ablenkung zeigt sich an der Leuchtspur.

durch die Arbeit des Physikchemikers *Jean Perrin* in Paris (Nobelpreisträger von 1926 für seine Arbeiten über die Brownsche Bewegung), dem mittels eines Faradaykäfigs im Inneren des Vakuumrohres der öfters mißglückte Versuch gelang, die Kathodenstrahlen abzufangen und ihre negative Ladung einwandfrei festzustellen.

So stand es um die Probleme der Gasentladung, als Röntgen im Spätherbst 1895, nach seiner Gewohnheit ohne Assistenz, seine Versuche begann. — —

Die Phänomene, von denen Crookes so eindrucksvoll gesprochen hatte, waren noch nicht sehr weit geklärt. Daß Kathodenstrahlen negative Ladungen tragen, dies war sicher. Aber erst die Arbeiten von Townsend, Wilson, Ehrenhaft, Millikan und von Röntgen selbst („Röntgenstrom“) brachten mehr Klarheit. Als sie von H. A. Lorentz in der Elektronentheorie zusammengefaßt wurden, erreichte auch das Forschungsgebiet der Gasentladungen mit seiner verwirrenden Fülle von Einzelheiten einheitliche Deutung. Crookes' Ahnung, daß man hier vor „Begegnungen mit letzten Realitäten“ stehe, in einem „Grenzgebiet zwischen Materie und Energie“, wo der Schlüssel zur „Lösung größter Probleme“ liege, sollte sich bewahrheiten, freilich anders, als er im Anschluß an Faradays Wort gemeint hatte.

Wir aber können jetzt in das Parterrezimmer, Röntgens Laboratorium, eintreten und im Geiste den Versuchen beiwohnen. Aus wenigen Sätzen seiner ersten Mitteilung, aus seines Assistenten Zehners Briefwechsel, Äußerungen seiner Umgebung, aus dem Stande der Physik und der für Röntgen typischen Arbeitsweise lassen sich heute die Vorgänge der Entdeckung mit großer Sicherheit rekonstruieren; aber zu einem beträchtlichen Teil auch aus einer zuverlässigen Reportage eines amerikanischen Besuchers H. J. W. Dam.

7.

WAS GESCHAH IN DER NOVEMBERNACHT?

Versuch einer Rekonstruktion

Röntgen liebte es, allein zu arbeiten. Seine Gewohnheit war, nur das Tatsächliche, physikalisch Wichtige in knappen, nüchternen Sätzen zu berichten, von sich selbst aber zu schweigen. Ja er gab später die Dokumente der Entdeckungszeit der Vernichtung an-heim. So ist es gekommen, daß die Vorgänge in den spannenden Novembertagen und insbesondere in der Freitagnacht vom 8. November 1895 im Halbdunkel lagen, daß Gerüchte, Vermutungen, Erzählungen entstanden, die schließlich die Entdeckung selbst ändern Personen zuerkennen, Röntgen als einen Nutznießer fremder Leistung darstellen wollten.

Dem Zustand dieser Ungewißheit hat Röntgens zweiter Nachfolger auf dem Münchner Lehrstuhl, Walter Gerlach, Ausdruck gegeben. Er sagte in einem Vortrage vom 10. Februar 1933 in der Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker: „Doch ewiges Dunkel ist und bleibt ausgebreitet über die Art, wie er sie fand, über das spezielle Rohr, über die Apparatur, mit der er seine Strahlen zum erstenmal beobachtete. „

Nun, nach fünfzig Jahren, scheint sich das Dunkel zu lichten. Röntgen selbst hat zwar wenig gesprochen, aber doch einige Äußerungen Freunden gegenüber getan. Stellt man diese zusammen mit seinen Veröffentlichungen, mehreren Briefen, den Äußerungen seiner Umgebung, berücksichtigt man den Stand der Physik in jenen Tagen, die Forschereigenart seiner Person, die Hilfsmittel des Institutes, so gelingt es wohl, die Ereignisse und Gedankengänge mit sehr großer Wahrscheinlichkeit zu rekonstruieren. Prof. L. Zehnder, in vorausgegangenen Jahren Röntgens Assistent, hat sich besonders um die Klärung bemüht und Wichtiges dazu beigetragen. Es lohnt sich auch; denn in dieser Nacht beginnt eine neue Ära der Physik, ja der Naturwissenschaften überhaupt. So Großes auch die Ent-

deckung der X-Strahlen selbst bedeutete — noch viel größer ist ihr Wert als Schlüssel zu ganz neuen, damals ungeahnten Reichen der Natur.

Beginnen wir mit einer Episode des erwähnten Interviews:

„Nun, Herr Professor“, so fragte der Reporter H. J. W. Dam zu Beginn des Jahres 1896 Röntgen, „wollen Sie so freundlich sein, mir die Geschichte Ihrer Entdeckung zu erzählen?“

„Eigentlich“, antwortete Röntgen, „gibt es da keine Geschichte. Seit langer Zeit interessierten mich die Kathodenstrahlen, besonders die Studien von Hertz und Lenard in evakuierten Röhren. Die Untersuchung dieser und anderer Physiker hatte ich mit großem Interesse verfolgt und den Vorsatz gefaßt, einige selbständige Versuche darüber anzustellen, sobald ich Zeit fände. Ich fand die Zeit dazu Ende Oktober 1895.“

So wissen wir aus Röntgens eigenen Worten den Beginn seiner Versuche. Seiner Eigenart entsprach es, zunächst die wichtigsten Versuche seiner Vorgänger sorgsam zu wiederholen. Das Würzburger Institut besaß, wie damals viele physikalische Institute, eine gute Kollektion von Entladungsröhren nach Plücker, Geißler, Hittorf, Crookes, Puluy, Hertz, Lenard und nach anderer Forscher Modellen. Zehnder, Röntgens langjähriger Assistent und Freund, der aber seit 1890 von Würzburg nach Basel und von da nach Freiburg i. Br. gegangen war, nimmt mit Recht an, daß er zunächst die Lenard'schen Versuche mit den aus der Entladungsröhre austretenden Kathodenstrahlen wiederholt hat. Das experimentelle Mittel, mit dem man sich rasch vom Austritt überzeugt, ist ein „Leuchtschirm“, damals allgemein in Gebrauch als Karton, der einseitig mit Kristallen von Bariumplatinzyanür möglichst gleichmäßig bedeckt war. Solche Schirme besaß jedes physikalische Institut.

Zur Erzeugung der hochgespannten Entladungen benutzte Röntgen, wie damals alle Physiker, einen Rühmkorff'schen Funkeninduktor, als Unterbrecher einen sogenannten Deprez'schen Hammer in der bekannten Fizeau'schen Kombination mit einem Kondensator. Die Beschreibung dieser Apparate kann hier wegbleiben. Sie steht in allen Physikbüchern, in älteren besonders ausführlich. Die Rühmkorffs waren Hauptstücke der physikalischen Sammlungen. Ihre Anwendung machte seit etwa zwanzig Jahren — be-

sonders nach Erfindung der extrem evakuierten Coolidge-Röhren mit Fremdentladung — den Wechselstrom-Hochspannungstransformatoren Platz. Der von Röntgen benutzte Funkeninduktor steht im Deutschen Museum in München. Für uns ist nur wichtig zu wissen, daß mit dieser Anordnung etwa 10 bis 25 hochgespannte Entladungen pro Sekunde in gleicher Stromrichtung durch die Vakuumröhren geschickt werden können. Röntgen schrieb in einem Brief an Zehnder im Beginn des Jahres 1896: „beste Wirkung, wenn die Funkenstrecke eines parallel geschalteten Entladeters ca. 3 cm beträgt“. Daraus können wir sofort sagen, daß die Spannung, mit der Röntgen arbeitete, bei 40,000 bis 60,000 Volt lag. Das bestätigen auch die von ihm aufgenommenen Photogramme, aus denen man auf die „Härte“ der Strahlung und auf die verwendete Spannung schließen kann.

Soweit sind die Arbeitsbedingungen geklärt. Wichtig ist die Frage, welchen Gedankengang Röntgen verfolgte und mit welchen Röhren er arbeitete. Er sagt beides nirgends eingehend. Solches Zurückhalten war seine Art. Aber trotzdem lassen sich auch diese Fragen heute beantworten.

Jeder Physiker würde in Röntgens Lage zunächst den Vorrat seiner Entladungsröhren durchgeprüft haben. Das hat er sicher auch sofort getan, nachdem er den Aufbau vollendet hatte. Er hat ohne Zweifel diejenigen ausgewählt, mit denen er zunächst Versuche machen wollte, und hat diese untersucht, insbesondere auf ihren Evakuationsgrad. Von diesem hingen ja die Ergebnisse in erster Linie ab, und hoch zu evakuieren war damals viel mehr als heute eine mühsame und zeitraubende Angelegenheit. Die käuflichen Entladungsröhren waren zumeist nur so weit evakuiert, daß sie die gewöhnlichen Phänomene gerade zeigten. Für die Hertz'schen und Lenard'schen Versuche über die Durchdringung von Substanzen brauchte man das damals höchst erreichbare Vakuum, und dies mußte beständig sein. Bei den käuflichen Röhren ist das nicht immer der Fall. Sie geben bei Erwärmung — und der Betrieb erwärmt sie beträchtlich — leicht okkludierte Gase an das Innere ab. Davon mußte Röntgen sich unabhängig machen.

Er arbeitete infolgedessen mit einer Röhre, die an die Luftpumpe angeschlossen war, *er machte sich das Hochvakuum selbst*. Das geht aus einem Brief an Zehnder hervor, den er Ende Januar

oder Anfang Februar an Zehnder geschrieben hat: „Mein Apparat der an der Raps'schen Pumpe sitzenbleibt, braucht einige Tage, zum Auspumpen. „ Daß Röntgen große experimentelle Geschicklichkeit mit großer technischer Tüchtigkeit verband, daß er mit Werkzeugen, mit Glasbläserarbeit und den übrigen Künsten des Experimentators vertraut war, ist allgemein bekannt. Er baute sich ja möglichst alles für seine Forschung Nötige selbst zusammen, zog Mechaniker und Assistenten nur selten zu. Seine Entladungsröhre saß also an der Luftpumpe; er konnte, wenn ihr Vakuum nachließ (wenn sie weicher wurde, wie der Fachausdruck lautet), nachpumpen und die Versuchsbedingungen wieder herstellen.

Und nun die Frage nach der Art der Entladungsröhre, mit der die Entdeckung gemacht wurde. Hierüber sagt Röntgen selbst nur, daß es eine Hittorf'sche Röhre gewesen sei. Wie hinsichtlich der anderen Umstände herrschte auch hier Zweifel — denn es gab viele Modelle, die man auf Hittorfs grundlegende Versuche zurückführen und nach ihm benennen konnte, und die Bezeichnungen „ Hittorf'-sche“, „Crookes'sche“ Röhren gingen in der Literatur durcheinander.

Es besteht die Möglichkeit, auch diese Frage nach dem Entladungsrohr klarzustellen. Unter den Hittorf'schen Arbeiten ist ja die Feststellung der geradlinigen Ausbreitung für das Problem, das

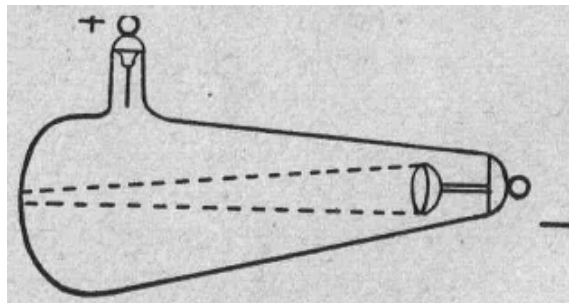


Fig. 5

Hittorfröhre, wie sie bei der Entdeckung verwandt wurde.

sich Röntgen stellte, besonders wichtig. Die Kathodenstrahlen gehen von ihrer Elektrode senkrecht weg, gehen nicht etwa zur Anode, sondern geradlinig. Sie treffen auf die gegenüberliegende Glaswand, die hell aufleuchtet. (Fig. 5, vergl. Fig. 10 u. 11 Seite 73.) Und nun sagt Röntgen in seiner ersten Mitteilung, die im 8. Kapitel wiedergegeben ist, unter Punkt 12:

„ Nach besonders zu diesem Zweck angestellten Versuchen ist es sicher, daß die Stelle der Wand des Entladungsapparates, die am stärksten fluoresziert, als Hauptausgangspunkt der nach allen Eichtungen sich ausbreitenden X-Strahlen zu betrachten ist. Die X-Strahlen gehen somit von der Stelle aus, wo nach den Angaben verschiedener Forscher die Kathodenstrahlen die Glaswand treffen. „ Und einige Zeilen darauf: „Ich komme deshalb zu dem Resultat, daß die X-Strahlen nicht identisch sind mit den Kathodenstrahlen, daß sie aber von den Kathodenstrahlen *in der Glaswand des Entladungsapparates* erzeugt werden.“

Somit ist der Charakter der benutzten Röhre klargestellt: Eine Hittorfröhre, bei welcher die gradlinige Ausbreitung der Strahlung

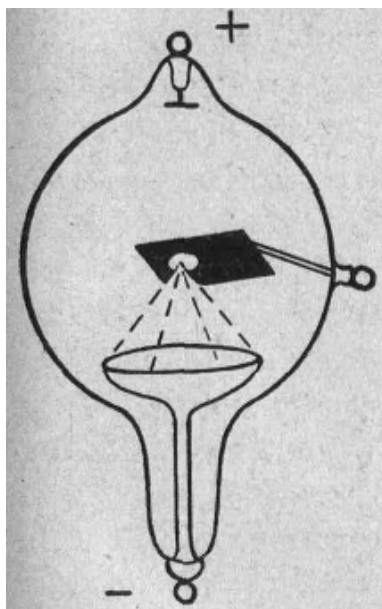


Fig. 6

Kathodenstrahlen bringen ein Platinblech zum Glühen.

die der Kathode gegenüberliegende *Glaswand* in Fluoreszenz setzt (Fig. 5). Das waren die einfachen Hittorfröhren. Also nicht Lenard'sche, nicht Hertz'sche Modelle, nicht die Modelle von Hittorf und Crookes, bei denen die Kathodenstrahlen auf fluoreszenzfähige Mineralien, auf schattengebende Körper, Platinblech (um deren Glut durch Kathodenstrahlenbombardement zu zeigen, siehe Fig. 6), auf Flugrädchen oder anderes treffen, sondern die hier abgebildete einfache Form, die in verschiedener Größe und Gestalt als einfachstes Modell zur Demonstration wohl in allen Sammlungen vertreten war. Röntgen hat sodann, wie er schreibt, gefunden, d. auch e. Aluminiumwand zur Erzeugung der neuen Strahlen geeignet ist,

und später andere Stoffe daraufhin untersucht. Es ging mit allen, die man ins Vakuumrohr einschließen konnte. Auf diesem Weiterwege kamen er und andere (wie Zehnder und W. König, damals in Frankfurt, der dann den Physiklehrstuhl in Gießen erhielt) auf die Endform der sogenannten Fokusröhre (Fig. 7, Seite 63). Die Kathode war dabei ein kleiner Hohlspiegel aus Aluminium, der die senkrecht austretenden Kathodenstrahlen im Krümmungsmittelpunkte vereinigte. Dort war eine schräggestellte plattinierte Scheibe. Die so erzeugten Röntgenstrahlen gingen von einem kleinen Brennfleck aus, und die dadurch ermöglichte Zentralprojektion lieferte die schärferen Bilder.

Aber noch mehr läßt sich aus dem vorhandenen Material aussagen: Die einfachen Hittorfröhren, mit denen Röntgen seine Entdeckung machte, waren von demjenigen Modell, das die Kathodenstrahlen auf eine verhältnismäßig kleine Fläche der gegenüberliegenden Glaswand sandten (siehe Fig. 5). Sonst hätte Röntgen zwar das Aufleuchten des Bariumplatincyranür-Schirmes sehen, auch die photographische Platte schwärzen können, aber keine leidlich scharfen Abbildungen der eingehüllten Gegenstände und der Handknochen herstellen können. Diese Aufnahme hat er aber sofort gemacht. Die bekannte Aufnahme eines Gewichtssatzes in einer Holzschachtel ist auffallend scharf, auch die Bilder, die er an Professor Exner in Wien, seinen Kollegen aus der Zürcher Assistentenzeit, schickte, sind es.

Damit ist, glaube ich, die Frage der Apparatur, die Röntgen in der Nacht der Entdeckung benutzte, geklärt. *Es bleibt die Frage nach dem Gedankengang Röntgens bei seiner Entdeckung.* Diese freilich läßt sich, da er sich nicht darüber äußerte, mit gleicher Sicherheit nicht beantworten. Röntgen begann mit Hertz'schem und Lenard'schem Entladungsrohr, — das deutete er dem Reporter an. Er besaß, wie aus einem Brief vom 21. Juni 1894 an Zehnder hervorgeht, als Lenardrohr das von der Fabrik Müller-Unkel in Braunschweig hergestellte Modell. Er begann Ende Oktober und benutzte am 8. November, der Nacht seiner Entdeckung, das einfache Hittorfröhr (Fig. 5), das er mit einer lichtdichten Schutzhaube überdeckt hatte. Diese Tatsachen legen eine Deutung nahe in der Richtung, die Zehnder bei seinem Rekonstruktionsversuch versuchte: Hertz und Lenard hatten gezeigt, daß Kathodenstrah-

len, diese unsichtbaren Träger negativer Elektrizität, durch dünne Folien von Metall hindurchtreten und in der Außenluft nachweisbar sind. Lenard hatte ferner gezeigt, daß es verschiedene „Arten“ dieser Strahlung gäbe. Je höher die erregende Spannung, je härter das Entladungsrohr, desto durchdringender und desto weniger ablenkbar war die Strahlung. Die Härte des Entladungsrohrs hängt aber vom Evakuationsgrade ab. Röntgen konnte schließen: Es ist möglich, daß sich Kathodenstrahlen auch außerhalb der dünnen Glaswand einer Hittorfröhre nachweisen lassen, wenn das Vakuum sehr hoch ist und infolgedessen eine sehr hohe Entladungsspannung aufgewandt werden kann. Er schmolz also das Hittorfrohr an den Glasstutzen seiner Pumpe, evakuierte, wie er ja schreibt, tagelang, um die Röhre aufs höchste zu entleeren. Zugleich ist ihm klar, was er günstigenfalls erwarten kann: Wenn wirklich so Kathodenstrahlen in die äußere Luft kommen, so kann es nur eine Spur davon sein, die man vielleicht noch eben mit dem Leuchtschirm beobachten kann. Beim hauchdünnen Aluminiumfenster Lenards kommt bei genügender Evakuierung und Spannung eine kräftige Strahlung heraus. Der Leuchtschirm leuchtet hell auf; trotzdem schreibt Lenard auch hier Abdeckung der Fluoreszenz der Röhre selbst durch dünnes schwarzes Papier vor. Bei der Glaswand des Hittorfrohrs würde Fluoreszenz so sehr stören, daß die Unterscheidung zwischen dem Aufleuchten des Schirmes durch Kathodenstrahlung und seiner Erhellung durch die fluoreszierende Rohrwand selbst unmöglich wäre. Folglich, mußte Röntgen schließen, sollte ich noch sorgfältiger als beim Lenardrohr durch einen lichtundurchlässigen Überzug (schwarzes photographisches Hüllpapier oder dünner schwarzer Karton) die Röhre lichtdicht einschließen. Der Raum muß also beim Durchgang der Entladung völlig dunkel bleiben. Dann kann mit dem Schirm geprüft werden, ob die Kathodenstrahlung die Glaswand und dazu das Papier durchdringt. — So mag er gedacht haben.

Aber die Antwort, die in der Freitagnacht im menschenleeren Institut dem einsam Forschenden die Natur auf die Frage seines Experimentes gab, war überraschend: im völlig verdunkelten Raum leuchtete der Schirm hell auf, und zwar noch in Entfernungen bis zu mehreren Metern, in denen Kathodenstrahlen längst von der Luft absorbiert werden. Es ging also etwas ganz anderes, ein „Agens“ sagt Röntgen in seiner ersten Mitteilung zunächst, von der getroffenen Glaswand aus, das die Kartonhülle und den Luftraum durchsetzt.

Die Wirkung auf Röntgen war Staunen und Mißtrauen gegen sich selbst. Aber die Kontrollen bestätigten immer wieder die Beobachtung. —

Es ist nötig, einen Augenblick bei den Geschichten zu verweilen, die nach Röntgens Entdeckung sich bildeten. Da er selbst schwieg, waren die Gerüchte ungehindert. Die Mehrzahl von ihnen trägt den Stempel der Unrichtigkeit so deutlich, daß man sie vernachlässigen kann. Aber eine Erzählung ist ernsthaft zu prüfen: Daß ein Institutsdiener namens Marstaller durch einen für ihn unerklärlichen Zufallsfund Röntgen auf die rechte Spur gebracht habe. Die Erzählung hat mehrere übereinstimmende Quellen, darunter die besonders ernst zu bewertende Nachricht von dem Bonner Philosophen Prof. Dr. Adolf Dyroff, der auch ein naher Bekannter des Verfassers dieses Buches war.

Zehnder, der diesen Spuren nachging, schreibt in seinem Buche „Röntgens Briefe an Zehnder“ hierüber (S. 40 u. 41):

„Damit (mit der Versendung von Separaten eines Aufsatzes mit persönlichen Erinnerungen an Röntgen) hatte ich den Erfolg, daß mir zunächst Dr. F. Kanngießer aus Braunsfels schrieb: „Ich kannte Marstaller nur als Institutsdiener, nicht näher. Er war ein tüchtiger und kluger Kopf, das war auch in Studentenkreisen bekannt. Dort sprach man auch von den ‚Marstaller-‘ statt von den ‚Röntgenstrahlen‘. Es hieß, bei den besagten Experimenten sei damals eine photographische Platte trotz Verschuß von den X-Strahlen angegriffen worden. Röntgen, der nebenbei bemerkt kein besonders lebenswürdiger Herr gewesen sei, habe Marstaller wegen dieses ‚Ver-sehens‘ angehaucht, doch habe M. seine Schuldlosigkeit an dem Plattenverderb beteuert, worauf man auf die geheimnisvolle Strahlenwirkung erst aufmerksam wurde. Relata refero. „

Nachdem ich dieses Schreiben Kanngießers gelesen hatte, tauchte in meinem Gedächtnis die damit gut übereinstimmende dunkle Erinnerung auf, daß mir einst Frau Röntgen auf meine Frage, wie denn wohl ihr Mann seine Strahlen entdeckt habe, antwortete, sie könne es nicht genau sagen, wisse nur, daß in einem Kastchen verschlossene photographische Platten in unerklärlicher Weise beeinflusst worden seien; dies Vorkommnis habe zu der wichtigen Entdeckung der Röntgenstrahlen geführt.

Fast am gleichen Tage wie Kanngießers Schreiben bekam ich einen Brief



W. C. Röntgen kurz vor dem Tode.



W. C. Röntgen als Student.

von Geheimrat A. Dyroff in Bonn, in dem er mir als Antwort auf meine genannte Röntgenschrift vom Jahre 1933 folgendes schrieb:

„Zu dem Aufsatz über Röntgen drängt es mich, Ihnen einen Beitrag zu liefern. Als ich noch, Gymnasiallehrer am neuen Gymnasium zu Würzburg war (1894-1899), hatte ich auch den einen (?) Sohn Marstallers zum Schüler. Marstaller besuchte mich einmal, und dabei fragte ich ihn um den Hergang der Entdeckung Röntgens.

Er war sofort lebhaft und berichtete: Röntgen habe Versuche gemacht, bei denen ein Kästchen auf dem Tische gestanden habe; in dem Kästchen habe ein Ring gelegen. Eines (Morgens) Tages sei Röntgen wieder einmal gekommen und habe sich wieder seine Versuchsanordnung angesehen und dann weitergehen wollen. Da habe er (Marstaller) Röntgen auf ein Photo-graphisches Papier aufmerksam gemacht, das zufällig auf dem Tisch in der Nahe des Kästchens gelegen habe, und ihm gesagt, es sei doch merkwürdig, daß sich auf diesem Papier ein Bild des Ringes im Kästchen zeige. Da sei Röntgen stutzig geworden und habe sich die Sache überlegt. Das Papier schenkte mir dann Marstaller, weil er mein starkes Interesse wahrnahm. Ich verwahrte es lange in meinem Pult im Klassenzimmer des Gymnasiums; als ich dann sehr rasch und plötzlich nach München, wo ich mich habilitiert hatte, versetzt wurde, sind meine Papiere, wie mir der Komponist Simon Bren später mitteilte, aus dem Pult von fremder Seite entfernt und vernichtet worden. Noch glaube ich aber das Stück photographischen Papiers vor mir zu sehen. — Sonach hat Marstaller selbst sein Verdienst nur in der zufälligen Beobachtung eines zufälligen Effektes erblickt. “

Die Erzählung Dyroffs ist wichtig wegen der Bemerkung, die Zehnder von Frau Röntgen gehört zu haben sich freilich nur „dunkel erinnert“. Unterstellen wir also, daß in den Tagen Ende Oktober, da Röntgen die Versuche begann, bis zum 8. November die photographische Zufallsaufnahme eines Ringes in einem Kästchen vom Diener Marstaller entwickelt und Röntgen gezeigt wurde. Was geht daraus hervor ? Eben dies, was wir schon annahmen, daß Röntgen den Gedanken verfolgen mußte, ob nicht, ähnlich wie bei Hertz' und Lenards Versuchen die Kathodenstrahlen durch dünne Metallfolien drangen, irgend ein „Agens“ durch die Glaswand der Hittorfröhre nach außen gelangte. Diese heuristische Idee leitete ihn. Seine experimentelle Geschicklichkeit, seine Beobachtungsgabe und strenge, nüchterne Schlußweise führten ihn zur Entdeckung der Strahlung und in wenig mehr als zwei Wochen angestrengtester Arbeit zu einer solchen Klärung der neuen Phäno-

mene, daß bis zum Jahre 1912 nichts Wesentliches mehr ciazugefügt werden konnte, trotzdem Hunderte von Forschern aller Länder sich darum mühten. —

Die Forscherleistung besteht nicht in einer „zufälligen“ Beobachtung. Es ist nicht zweifelhaft, daß bei den tausendfachen Versuchen, die in der damaligen Zeit von so vielen Forschern mit Vakuumröhren aller Art angestellt wurden, sehr oft die neuen Strahlen auftraten und Wirkungen hervorbrachten. Fälle dieser Art wurden nachträglich festgestellt. Glasser berichtet davon. Aber eben diese Wirkungen wurden nicht verfolgt. Die Intention der Experimentatoren war auf anderes eingestellt. Röntgen, auch wenn ihn Marstaller wirklich *zuerst* auf das undeutliche Ringbild einer photographischen Schicht aufmerksam gemacht hat (was wir nicht mehr sicherstellen können), ging dieser Spur nach. Andere hätten das für eine unbeachtliche, schwer aufklärbare, vielleicht auf Verunreinigung der Schicht öde* des, Entwicklers beruhende Nebensache gehalten und nicht verfolgt. Röntgen hat es für wichtig gehalten, hat es verfolgt und — das ist das Wesentliche — die Bedingungen aufgesucht und hergestellt, *das Phänomen regelmäßig, experimentell reproduzierbar zu erzeugen*. Dadurch erst wird es ja erforschbar, der Wissenschaft erst einverleibt. Und er hat es nach allen Richtungen gründlich geprüft und seinen kausalen Ablauf geklärt. Eine winzige Spur zuerst, ein flüchtiger Hauch nur aus unbekanntem Reich — aber dann: fruchtbare Bemühung des *suchenden Geistes, dessen tiefste Kraft seine Schmiegsamkeit an eine Wirklichkeit ist, die er nie ändern, die er nur finden kann*. So wird das verschlossene Tor erst aufgetan, so erst entsteht eine neue Wissenschaft, eröffnet sich eine neue Tiefenschau der Welt.

RÖNTGENS MITTHEILUNGEN

Die erste Mitteilung Röntgens, *die* er, wie eingangs erwähnt, am 28. Dezember 1895 dem Vorsitzenden der Physikalisch-Medizinischen Gesellschaft von Würzburg überreichte, ist inhaltlich eines der wichtigsten, folgenreichsten Schriftstücke der Geschichte des menschlichen Geistes. Aber auch ihre Form ist eindrucksvoll durch die vollendete Ruhe, Klarheit, Schlichtheit, Hingegebenheit an die Sache. Röntgen ahnte, ja wußte, wie gewaltig sein Fund war. Aber davon schwingt nichts in seinem nüchternen Bericht, nichts in seinem Vortrag vom 23. Januar. Dieses Zurücktreten des Ich gegenüber der gefundenen Wahrheit ist die Haltung des echten Forschers.

Und eben diese Klarheit ermöglicht es auch dem Laien, das welthistorische Dokument zu lesen und *zu verstehen*. Es ist für jeden ein Besitz, und darum sei es, zugleich als Vorbild, im vollen Wortlaut mit wenig Kommentaren (die Kommentare siehe am Ende des Buches) wiedergegeben:

*1. Mitteilung über eine neue Art von Strahlen.
(Vorläufige Mitteilung.)*

1. Läßt man durch eine Hittorf'sche Vakuumröhre, oder einen genügend evacuierten Lenard'schen, Crookes'schen oder ähnlichen Apparat die Entladungen eines größeren Rühmkorffs gehen und bedeckt die Röhre mit einem ziemlich enganliegenden Mantel aus dünnem, schwarzem Karton, so sieht man in dem vollständig verdunkelten Zimmer einen in die Nähe des Apparates gebrachten, mit Bariumplatincyaniür angestrichenen Papierschirm bei jeder Entladung hell aufleuchten, fluoreszieren, gleichgültig ob die angestrichene oder die andere Seite des Schirmes dem Entladungsapparat zugewendet ist. Die Fluoreszenz ist noch in 2 m Entfernung vom Apparat bemerkbar.

Man überzeugt sich leicht, daß die Ursache der Fluoreszenz vom Entladungsapparat und von keiner anderen Stelle der Leitung ausgeht.

2. Das an dieser Erscheinung zunächst Auffallende ist, daß durch die schwarze Cartonhiülse, welche keine sichtbaren oder ultravioletten Strahlen des Sonnen- oder des elektrischen Bogenlichtes durchläßt, ein Agens hindurchgeht, das im Stande ist, lebhaft Fluoreszenz zu erzeugen, und man wird deshalb wohl zuerst untersuchen, ob auch andere Körper diese Eigenschaft besitzen. Man findet bald, daß alle Körper für dasselbe durchlässig sind, aber in sehr verschiedenem Grade. Einige Beispiele führe ich an. Papier ist sehr durchlässig¹: hinter einem eingebundenen Buch von ca. 1000 Seiten sah ich den Fluoreszenzschirm noch deutlich leuchten; die Druckerschwarze bietet kein merkliches Hindernis. Ebenso zeigte sich Fluoreszenz hinter einem doppelten Whistspiel; eine einzelne Karte zwischen Apparat und Schirm gehalten, macht sich dem Auge fast gar nicht bemerkbar. — Auch ein einfaches Blatt Stanniol ist kaum wahrzunehmen; erst nachdem mehrere Lagen übereinander gelegt sind, sieht man ihren Schatten deutlich auf dem Schirm. — Dicke Holzblöcke sind noch durchlässig; zwei bis drei cm dicke Bretter aus Tannenholz absorbieren nur sehr wenig. — Eine ca. 15mm dicke Aluminiumschicht schwächte die Wirkung recht beträchtlich, war aber nicht im Stande, die Fluoreszenz ganz zum Verschwinden zu bringen. — Mehrere cm dicke Hartgummischeiben lassen noch Strahlen² hindurch. — Glasplatten gleicher Dicke verhalten sich verschieden, je nachdem sie bleihaltig sind (Flintglas) oder nicht; erstere sind viel weniger durchlässig als letztere. — Hält man die Hand zwischen den Entladungsapparat und den Schirm, so sieht man die dunkleren Schatten der Handknochen in dem nur wenig dunklen Schattenbild der Hand. — Wasser, Schwefelkohlenstoff und verschiedene andere Flüssigkeiten erweisen sich in Glimmergefäßen untersucht als sehr durchlässig. — Daß Wasserstoff wesentlich durchlässiger wäre als Luft, habe ich nicht finden können. — Hinter Platten aus Kupfer, resp. Silber, Blei, Gold, Platin ist die Fluoreszenz noch deutlich zu erkennen, doch nur dann, wenn die Plattendicke nicht zu bedeutend ist. Platin von 0, 2 mm Dicke ist noch durchlässig; die Silber- und Kupferplatten können schon starker sein. Blei in 1, 5 mm Dicke ist so gut wie undurchlässig und wurde deshalb häufig wegen dieser Eigenschaft verwendet. — Ein Holzstab mit quadratischem Querschnitt (20 X 20 mm), dessen eine Seite mit Bleifarbe weiß angestrichen ist, verhält sich verschieden, je nachdem er zwischen Apparat und Schirm gehalten wird; fast vollständig wirkungslos, wenn die X-Strahlen parallel der angestrichenen Seite durchgehen, entwirft der Stab

1 Mit „Durchlässigkeit“ eines Körpers bezeichne ich das Verhältnis der Helligkeit eines dicht hinter dem Körper gehaltenen Fluoreszenzschirmes zu derjenigen Helligkeit des Schirmes, welche dieser unter denselben Verhältnissen, aber ohne Zwischenschaltung des Körpers, zeigt. 2 Der Kurze halber mochte ich den Ausdruck „Strahlen“, und zwar, zur Unterscheidung von anderen, den Namen „X-Strahlen“ gebrauchen. Vergl. unten.

einen dunklen Schatten, wenn die Strahlen die Anstrichfarbe durchsetzen müssen. — In eine ähnliche Reihe wie die Metalle lassen sich ihre Salze, fest oder in Lösung, in bezug auf ihre Durchlässigkeit ordnen.

3. Die angeführten Versuchsergebnisse und andere führen zu der Folgerung, daß die Durchlässigkeit der verschiedenen Substanzen, gleiche Schichtendicke vorausgesetzt, wesentlich bedingt ist durch ihre Dichte: keine andere Eigenschaft macht sich wenigstens in so hohem Grade bemerkbar als diese.

Daß aber die Dichte doch nicht ganz allein maßgebend ist, das beweisen folgende Versuche. Ich untersuchte auf ihre Durchlässigkeit nahezu gleichdicke Platten aus Glas, Aluminium, Kalkspat und Quarz; die Dichte dieser Substanzen stellte sich als ungefähr gleich heraus, und doch zeigte sich ganz evident, daß der Kalkspat beträchtlich weniger durchlässig ist als die übrigen Körper, die sich untereinander ziemlich gleich verhielten. Eine besonders starke Fluoreszenz des Kalkspates, namentlich im Vergleich zum Glas, habe ich nicht bemerkt.

4. Mit zunehmender Dicke werden alle Körper weniger durchlässig. Um vielleicht eine Beziehung zwischen Durchlässigkeit und Schichtendicke finden zu können, habe ich photographische Aufnahmen gemacht, bei denen die photographische Platte zum Teil bedeckt war mit Stanniolschichten von stufenweise zunehmender Blatterzahl; eine photometrische Messung soll vorgenommen werden, wenn ich im Besitz eines geeigneten Photometers bin.

5. Aus Platin, Blei, Zink und Aluminium wurden durch Auswalzen Bleche von einer solchen Dicke hergestellt, daß alle nahezu gleich durchlässig erschienen. Die folgende Tabelle enthält die gemessene Dicke in mm, die relative Dicke, bezogen auf die des Platinbleches und die Dichte.

Dicke	relat. Dicke	Dichte
Pt. 0, 018 mm	1	21, 5
Pb. 0, 05 mm	3	11, 3
Zn. 0, 10 mm	6	7, 1
Al. 3, 5 mm	200	2, 6

Aus diesen Werten ist zu entnehmen, daß keineswegs gleiche Durchlässigkeit verschiedener Metalle vorhanden ist, wenn das Produkt aus Dicke und Dichte gleich ist. Die Durchlässigkeit nimmt in viel stärkerem Maße zu, als jenes Product abnimmt.

6. Die Fluoreszenz des Bariumplatinzyaniürs ist nicht die einzige erkennbare Wirkung der X-Strahlen. Zunächst ist zu erwähnen, daß auch andere Körper fluoreszieren so z. B. die als Phosphore bekannten Galzium verbindungen, dann Uranglas, gewöhnliches Glas, Kalkspat, Steinsalz etc.

Von besonderer Bedeutung in mancher Hinsicht ist die Tatsache, daß photographische Trockenplatten sich als empfindlich für die X-Strahlen erwiesen haben. Man ist im Stande, manche Erscheinung zu fixieren, wodurch Täuschungen leichter ausgeschlossen werden; und ich habe, wo es irgend anging, jede wichtigere Beobachtung, die ich mit dem Auge am Fluoreszenzschirm machte, durch eine photographische Aufnahme kontrolliert.

Dabei kommt die Eigenschaft der Strahlen, fast ungehindert durch dünnere Holz-, Papier- und Stanniolschichten hindurchgehen zu können, sehr zustatten; man kann die Aufnahmen mit der in der Gasseite oder in einer Papierumhüllung eingeschlossenen photographischen Platte im beleuchteten Zimmer machen. Andererseits hat diese Eigenschaft auch zur Folge, daß man unentwickelte Platten nicht bloß durch die gebräuchliche Hülle aus Pappendeckel und Papier geschützt längere Zeit in der Nähe des Entladungsapparates liegen lassen darf.

Fraglich erscheint es noch, ob die chemische Wirkung auf die Silbersalze der photographischen Platte direct von den X-Strahlen ausgeübt wird. Möglich ist es, daß diese Wirkung herrührt von dem Fluoreszenzlicht, das, wie oben angegeben, in der Glasplatte, oder vielleicht in der Gelatineschicht erzeugt wird. „Filme“ können übrigens ebenso gut wie Glasplatten verwendet werden.

Daß die X-Strahlen auch eine Wärmewirkung auszuüben im Stande sind, habe ich noch nicht experimentell nachgewiesen; doch darf man wohl diese Eigenschaft als vorhanden annehmen, nachdem durch die Fluoreszenz-erscheinungen die Fähigkeit der X-Strahlen, verwandelt zu werden, nachgewiesen ist, und es sicher ist, daß nicht alle auffallenden X-Strahlen den Körper als solche wieder verlassen.

Die Retina des Auges ist für unsere Strahlen unempfindlich; das dicht an den Entladungsapparat herangebrachte Auge bemerkt nichts, wiewohl nach den gemachten Erfahrungen die im Auge enthaltenen Medien für die Strahlen durchlässig genug sein müssen.

7. Nachdem ich die Durchlässigkeit verschiedener Körper von relativ großer Dicke erkannt hatte, beeilte ich mich, zu erfahren, wie sich die X-Strahlen beim Durchgang durch ein Prisma verhalten, ob sie darin abgelenkt werden oder nicht. Versuche mit Wasser und Schwefelkohlenstoff in Glimmerprismen von ca. 30° brechendem Winkel haben gar keine Ablenkung erkennen lassen, weder am Fluoreszenzschirm, noch an der photographischen Platte. Zum Vergleich wurde unter denselben Verhältnissen die Ablenkung von Lichtstrahlen beobachtet; die abgelenkten Bilder lagen auf der Platte um ca. 10 mm resp. ca. 20 mm von dem nicht abgelenkten entfernt. — Mit einem Hartgummi- und einem Aluminiumprisma von ebenfalls ca. 30° brechendem Winkel habe ich auf die photographische Platte

Bilder bekommen, an denen man vielleicht eine Ablenkung erkennen kann. Doch ist die Sache sehr unsicher, und die Ablenkung ist, wenn überhaupt vorhanden, jedenfalls so klein, daß der Brechungsexponent der X-Strahlen in den genannten Substanzen höchstens 1, 05 sein könnte. Mit dem Fluoreszenzschirm habe ich auch in diesem Fall keine Ablenkung beobachten können.

Versuche mit Prismen aus dichteren Metallen lieferten bis jetzt wegen der geringen Durchlässigkeit und der infolgedessen geringen Intensität der durchgelassenen Strahlen kein sicheres Resultat.

In Anbetracht dieser Sachlage einerseits und andererseits der Wichtigkeit der Frage, ob die X-Strahlen beim Übergang von einem Medium zum

anderen gebrochen werden können oder nicht, ist es sehr erfreulich, daß diese Frage noch in anderer Weise untersucht werden kann als mit Hülfe von Prismen. Fein pulverisierte Körper lassen in genügender Schichtendicke das auffallende Licht nur wenig und zerstreut hindurch infolge von Brechung und Reflexion: erweisen sich nun die Pulver für die X-Strahlen gleich durchlässig wie die cohärente Substanz — gleiche Massen vorausgesetzt — so ist damit nachgewiesen, daß sowohl eine Brechung als auch eine regelmäßige Reflexion nicht in merklichem Betrage vorhanden ist. Die Versuche wurden

mit fein pulverisiertem Steinsalz, mit feinem, auf elektrolytischem Wege gewonnenem Silberpulver und dem zu chemischen Untersuchungen vielfach verwandten Zinkstaub angestellt; es ergab sich in allen Fällen kein Unterschied in der Durchlässigkeit der Pulver und der kohärenten Substanz, sowohl bei der Beobachtung am Fluoreszenzschirm als auch auf der photographischen Platte.

Daß man mit Linsen die X-Strahlen nicht konzentrieren kann, ist nach dem Mitgeteilten selbstverständlich; eine große Hartgummilinde und eine Glaslinse erwiesen sich in der Tat als wirkungslos. Das Schattenbild eines runden Stabes ist in der Mitte dunkler als am Rande; dasjenige einer Röhre, die mit einer Substanz gefüllt ist, die durchlässiger ist als das Material der Röhre, ist in der Mitte heller als am Rande.

8. Die Frage nach der Reflexion der X-Strahlen ist durch die Versuche des vorigen Paragraphen als in dem Sinne erledigt zu betrachten, daß eine merkliche regelmäßige Zurückwerfung der Strahlen an keiner der untersuchten Substanzen stattfindet. Andere Versuche, die ich hier übergehen will, führen zu demselben Resultat.

Indessen ist eine Beobachtung zu erwähnen, die auf den ersten Blick das Gegenteil zu ergeben scheint. Ich exponierte eine durch schwarzes Papier gegen Lichtstrahlen geschützte photographische Platte, mit der Glasseite dem

Entladungsapparat zugewendet, den X-Strahlen; die empfindliche Schicht war bis auf einen frei bleibenden Teil mit blanken Platten aus Platin, Blei, Zink und Aluminium in sternförmiger Anordnung bedeckt. Auf dem ent-

wickelten Negativ ist deutlich zu erkennen, daß die Schwärzung unter dem Platin, dem Blei und besonders unter dem Zink stärker ist als an den anderen Stellen; das Aluminium hatte gar keine Wirkung ausgeübt. Es scheint somit, daß die drei genannten Metalle die Strahlen reflektieren; indessen wären noch andere Ursachen für die stärkere Schwärzung denkbar, und um sicher zu gehen, legte ich bei einem zweiten Versuch zwischen die empfindliche Schicht und die Metallplatten ein Stück dünnes Blattaluminium, welches für ultraviolette Strahlen undurchlässig, dagegen für die X-Strahlen sehr durchlässig ist. Da auch jetzt wieder im wesentlichen dasselbe Resultat erhalten wurde, so ist eine Reflexion von X-Strahlen an den genannten Metallen nachgewiesen.

Hält man diese Tatsache zusammen mit der Beobachtung, daß Pulver ebenso durchlässig sind wie kohärente Körper, daß weiter Körper mit rauher Oberfläche sich beim Durchgang der X-Strahlen, wie auch bei dem zuletzt beschriebenen Versuch, ganz gleich wie polierte Körper verhalten, so kommt man zu der Anschauung, daß zwar eine regelmäßige Reflexion, wie gesagt, nicht stattfindet, daß aber die Körper sich den X-Strahlen gegenüber ähnlich verhalten wie die trüben Medien dem Licht gegenüber.

Da ich auch keine Brechung beim Übergang von einem Medium zum anderen nachweisen konnte, so hat es den Anschein, als ob die X-Strahlen sich mit gleicher Geschwindigkeit in allen Körpern bewegen, und zwar in einem Medium, das überall vorhanden ist, und in welchem die Körpertheilchen eingebettet sind. Die letzteren bilden für die Ausbreitung der X-Strahlen ein Hindernis, und zwar im allgemeinen ein desto größeres, je dichter der betreffende Körper ist.

9. Demnach wäre es möglich, daß auch die Anordnung der Teilchen im Körper auf die Durchlässigkeit desselben einen Einfluß ausübte, daß z. B. ein Stück Kalkspat bei gleicher Dicke verschieden durchlässig wäre, wenn dasselbe in der Richtung der Achse oder senkrecht dazu durchstrahlt wird. Versuche mit Kalkspat und Quarz haben aber ein negatives Resultat ergeben.

10. Bekanntlich ist Lenard bei seinen schönen Versuchen über die von einem dünnen Aluminiumblättchen hindurchgelassenen Hittorf sehen Kathodenstrahlen zu dem Resultat gekommen, daß diese Strahlen Vorgänge im Äther sind, und daß sie in allen Körpern diffus verlaufen. Von unseren Strahlen haben wir Ähnliches aussagen können.

In seiner letzten Arbeit hat Lenard das Absorptionsvermögen verschiedener Körper für die Kathodenstrahlen bestimmt und dasselbe u. a. für Luft von Atmosphärendruck zu 4, 10, 3, 40, 3, 10 auf 1 cm bezogen gefunden, je nach der Verdünnung des im Entladungsapparat enthaltenen Gases. Nach

der aus der Funkenstrecke geschätzten Entladungsspannung zu urteilen, habe ich es bei meinen Versuchen meistens mit ungefähr gleich großen und nur selten mit geringeren und größeren Verdünnungen zu tun gehabt. Es gelang mir mit dem L. Weber'schen Photometer — ein besseres besitze ich nicht — in atmosphärischer Luft die Intensitäten des Fluoreszenzlichtes meines Schirmes in zwei Abständen — ca. 100 resp. 200 mm — vom Entladungsapparat miteinander zu vergleichen, und ich fand aus drei recht gut miteinander übereinstimmenden Versuchen, daß dieselben sich umgekehrt wie die Quadrate der resp. Entfernungen des Schirmes vom Entladungsapparat verhalten. Demnach hält die Luft von den hindurchgehenden X-Strahlen einen viel kleineren Bruchteil zurück als von den Kathodenstrahlen. Dieses Resultat ist auch ganz in Übereinstimmung mit der oben erwähnten Beobachtung, daß das Fluoreszenzlicht noch in 2 m Distanz vom Entladungsapparat wahrzunehmen ist.

Ähnlich wie Luft verhalten sich im allgemeinen die anderen Körper: sie sind für die X-Strahlen durchlässiger als für die Kathodenstrahlen.

11. Eine weitere sehr bemerkenswerte Verschiedenheit in dem Verhalten der Kathodenstrahlen und der X-Strahlen liegt in der Tatsache, daß es mir trotz vieler Bemühungen nicht gelungen ist, auch in sehr kräftigen magnetischen Feldern eine Ablenkung der X-Strahlen durch den Magnet zu erhalten.

Die Ablenkbarkeit durch den Magnet gilt aber bis jetzt als ein charakteristisches Merkmal der Kathodenstrahlen. Wohl ward von Hertz und Lenard beobachtet, daß es verschiedene Arten von Kathodenstrahlen gibt, die sich durch ihre „Phosphorescenzerzeugung, Absorbierbarkeit und Ablenkbarkeit durch den Magnet voneinander unterscheiden“, aber eine beträchtliche Ablenkung wurde doch in allen von ihnen untersuchten Fällen wahrgenommen, und ich glaube nicht, daß man dieses Characteristicum ohne zwingenden Grund aufgeben wird.

12. Nach besonders zu diesem Zweck angestellten Versuchen ist es sicher, daß die Stelle der Wand des Entladungsapparates, die am stärksten fluorescirt, als Hauptausgangspunkt der nach allen Richtungen sich ausbreitenden X-Strahlen zu betrachten ist. Die X-Strahlen gehen somit von der Stelle aus, wo nach den Angaben verschiedener Forscher die Kathodenstrahlen die Glaswand treffen. Lenkt man die Kathodenstrahlen innerhalb des Entladungsapparates durch einen Magnet ab, so sieht man, daß auch die X-Strahlen von einer anderen Stelle, d. h. wieder von dem Endpunkte der Kathodenstrahlen ausgehen.

Auch aus diesem Grund können die X-Strahlen, die nicht ablenkbar sind nicht einfach unverändert von der Glaswand hindurchgelassene resp. reflec-

tierte Kathodenstrahlen sein. Die größere Dichte des Glases außerhalb des Entladungsgefäßes kann ja nach Lenard für die große Verschiedenheit der Ablenkbarkeit nicht verantwortlich gemacht werden.

Ich komme deshalb zu dem Resultat, daß die X-Strahlen nicht identisch sind mit den Kathodenstrahlen, daß sie aber von den Kathodenstrahlen in der Glaswand des Entladungsapparates erzeugt werden.

13. Diese Erzeugung findet nicht nur in Glas statt, sondern, wie ich an einem mit 2 mm starkem Aluminiumblech abgeschlossenen Apparat beobachten konnte, auch in diesem Metall. Andere Substanzen sollen später untersucht werden.

14. Die Berechtigung, für das von der Wand des Entladungsapparates ausgehende Agens den Namen „Strahlen“ zu verwenden, leite ich zum Teil von der ganz regelmäßigen Schattenbildung her, die sich zeigt, wenn man zwischen den Apparat und den fluorescierenden Schirm (oder die photographische Platte) mehr oder weniger durchlässige Körper bringt.

Viele derartige Schattenbilder, deren Erzeugung mitunter einen ganz besonderen Reiz bietet habe ich beobachtet und teilweise auch photographisch aufgenommen; so besitze ich z. B. Photographien von den Schatten der Profile einer Türe, welche die Zimmer trennt, in welchen einerseits der Entladungsapparat, andererseits die photographische Platte aufgestellt waren; von den Schatten der Handknochen; von dem Schatten eines auf einer Holzspule versteckt aufgewickelten Drahtes; eines in einem Kästchen eingeschlossenen Gewichtssatzes; einer Bussole, bei welcher die Magnetnadel ganz von Metall eingeschlossen ist; eines Metallstückes, dessen Inhomogenität durch die X-Strahlen bemerkbar wird; etc.

Für die geradlinige Ausbreitung der X-Strahlen beweisend ist weiter eine Lochphotographie, die ich von dem mit schwarzem Papier eingehüllten Entladungsapparat habe machen können; das Bild ist schwach, aber unverkennbar richtig.

15. Nach Interferenzerscheinungen der X-Strahlen habe ich viel gesucht, aber leider, vielleicht nur infolge der geringen Intensität derselben, ohne Erfolg.

16. Versuche, um zu konstatieren, ob elektrostatische Kräfte in irgend einer Weise die X-Strahlen beeinflussen können, sind zwar angefangen, aber noch nicht abgeschlossen.

17. Legt man sich die Frage vor, was denn die X-Strahlen — die keine Kathodenstrahlen sein können — eigentlich sind, so wird man vielleicht im ersten Augenblick, verleitet durch ihre lebhaften Fluoreszenz und chemischen Wirkungen, an ultraviolettes Licht denken. Indessen stößt man doch sofort

auf schwerwiegende Bedenken. Wenn nämlich die X-Strahlen ultraviolettes Licht sein sollten, so müßte dieses Licht die Eigenschaft haben:

a) daß es beim Übergang aus Luft in Wasser, Schwefelkohlenstoff, Aluminium, Steinsalz, Glas, Zink etc. keine merkliche Brechung erleiden kann;

b) daß es von den genannten Körpern nicht merklich regelmäßig reflektiert werden kann;

c) daß es somit durch die sonst gebräuchlichen Mittel nicht polarisiert werden kann;

d) daß die Absorption desselben von keiner anderen Eigenschaft der Körper so beeinflußt wird als von ihrer Dichte,

Das heißt, man müßte annehmen, daß sich diese ultravioletten Strahlen ganz anders verhalten, als die bisher bekannten ultraroten, sichtbaren und ultravioletten Strahlen.

Dazu habe ich mich nicht entschließen können und nach einer anderen Erklärung gesucht.

Eine Art von Verwandtschaft zwischen den neuen Strahlen und den Lichtstrahlen scheint zu bestehen; wenigstens deutet die Schattenbildung, die Fluoreszenz und die chemische Wirkung, welche bei beiden Strahlenarten vorkommen, darauf hin. Nun weiß man schon seit langer Zeit, daß außer den transversalen Lichtschwingungen auch longitudinale Schwingungen im Äther vorkommen können und nach Ansicht verschiedener Physiker vorkommen müssen. Freilich ist ihre Existenz bis jetzt noch nicht evident nachgewiesen, und sind deshalb ihre Eigenschaften noch nicht experimentell untersucht.

Sollten nun die neuen Strahlen nicht longitudinalen Schwingungen im Äther zuzuschreiben sein?

Ich muß bekennen, daß ich mich im Laufe der Untersuchung immer mehr mit diesem Gedanken vertraut gemacht habe, und gestatte mir denn auch, diese Vermutung hier auszusprechen, wiewohl ich mir sehr wohl bewußt bin, daß die gegebene Erklärung einer weiteren Begründung noch bedarf.

Würzburg. Physikal. Institut der Universität. Dec. 1895.

Dies ist die erste Mitteilung, die wir heute mit Ergriffenheit, ja Ehrfurcht lesen. Wie vielen Millionen Menschen sie Rettung der Gesundheit brachte, das ist nicht mehr zu zählen. Aber noch größer ist ihre Bedeutung dadurch, daß sie ein neues Zeitalter einleitet, ähnlich wie einst Keplers, Galileis und Newtons Entdeckungen eine neue Epoche eingeleitet haben.

Die zweite Mitteilung mit dem Titel „Über eine neue Art von Strahlen“ (Fortsetzung) reichte Röntgen am 9. März 1896 der gleichen Gesellschaft ein. Die Störungen, die aus der aufgeregten Welt in einer Flut von Briefen und Besuchen auf ihn eindrangen, hatten ihn wochenlang an der Arbeit gehindert. Dies deutet er im Eingang des Aufsatzes an, um gelassen und schlicht in seinem Bericht da weiterzufahren, wo er im ersten Berichte aufgehört hatte.

Es ist schade, daß der mir gewährte Raum nicht gestattet, auch diese zweite und die dritte Mitteilung im Wortlaut wiederzugeben.

Eine Inhaltsangabe muß genügen:

Im Paragraphen 18 berichtet er über die Versuche, die er zur Klärung der Luftionisierung durch seine Strahlen gemacht hat. Die Luft (und jedes Gas) im Wege der neuen Strahlen wird leitend. Geladene Körper werden entladen, wenn Röntgenstrahlen durch die Luft hindurch auf sie treffen, aber auch wenn durchstrahlte Luft auf sie strömt. Um diese Versuche einwandfrei zu machen, ließ Röntgen sich eine große luftdichte, mit Zink und Bleiblech beschlagene Kiste bauen, in der er selbst mit seinen Meßapparaten Platz fand. Von außen traten durch ein dünnes, luftdicht schließendes Aluminiumfenster die Strahlen ein. Dieses Gehäuse spielt in dem Interview des Amerikaners Dam eine Rolle, von dem im 7. Kapitel die Rede war und auf das wir im 10. Kapitel zurückkommen werden. Er fand weiter, daß die bei Strahlendurchgang geladene Luft sich an metallischen geerdeten Flächen wieder entlädt, daß diese Entladung aber in stark evakuierten Räumen viel langsamer stattfindet.

Im 19. Paragraphen erwähnt er kurz die Beschickung der Vakuumröhren mit hochfrequenten, sogenannten Tesla-Strömen, an Stelle der Entladungen des Ruhmkorff'schen Funkeninduktors.

Im 20. Paragraphen erfüllt er, was er im 13. in Aussicht gestellt hatte: die Untersuchung, ob andere Stoffe als Glas und Aluminium, von Kathodenstrahlen getroffen, seine neuen Strahlen liefern. Er findet, daß jeder feste Körper, den er prüfte, es tut, und nimmt an, daß auch alle flüssigen und gasförmigen es tun. (Diese Annahme hat sich gleichfalls später bestätigt.) Aber, wenn auch alle Körper unter dem Bombardement der Kathodenstrahlen Röntgenstrahlen aussenden, so tut es doch eine Platinscheibe viel stärker als eine

Aluminiumplatte. Er verwendet deshalb „seit einigen Wochen“ eine Entladungsröhre, bei der ein Hohlspiegel aus Aluminium als Kathode, ein unter 45° gegen die Achse des Hohlspiegels geneigtes, im Krümmungsmittelpunkt des Hohlspiegels angeordnetes Platinblech als Anode (man sagte bald darauf „Antikathode“) dient. Dies entspricht der Figur 7, Seite 63.

Der kurze 21. Paragraph erwähnt, daß es nicht wichtig ist, diese Antikathode, den Erzeugungsort der Strahlung, selbst als Anode zu benutzen. —

Die dritte und letzte Mitteilung erschien im Mai 1897. Sie führt den Titel „Weitere Beobachtungen über die Eigenschaften der X-Strahlen“, ist die längste und enthält in 11 Paragraphen im wesentlichen folgende Fortschritte:

Der erste Paragraph enthält die Entdeckung der Streuung der Röntgenstrahlen. In allen Stoffen, die sie durchwandern, auch in der Luft, werden sie zum Teil aus ihrer Richtung abgelenkt, gestreut (etwa wie Sonnenstrahlen in einer Wolke). Der Inhalt des zweiten Abschnittes, photometrische Vergleichsmessung der Strahlungsintensität mit Leuchteschirmen, ist durch die Entwicklung überholt. Ionometrische Messungen der Röntgenstrahlen sind jetzt allgemein gebräuchlich. Der dritte Absatz befaßt sich mit der räumlichen Verteilung der Strahlungsintensität. Der vierte, fünfte und sechste betreffen Durchlässigkeitsuntersuchungen der Stoffe. Sie legen von der meisterlichen Beobachtungsgabe Röntgens Zeugnis ab: er findet, daß beim Durchstrahlen dickerer Platten die Durchlässigkeit von Schicht zu Schicht sich ändert. Diese Beobachtung war ein erstes Anzeichen dafür, daß stets ein Gemisch von Strahlen verschiedener Durchdringungsfähigkeit oder Härte erzeugt wird. Die weicheren werden in den oberen Schichten der Stoffe absorbiert. Es gibt einen Filtereffekt. Der siebente und achte hat den Zusammenhang zwischen den Bedingungen der Strahlenerzeugung, insbesondere dem Evakuationsgrad der Röhre und den Eigenschaften der Röntgenstrahlen zum Gegenstand. Die Ergebnisse, im 9. Paragraphen zusammengefaßt, seien wörtlich wiedergegeben:

„Überblickt man die Gesamtheit dieser Einzelresultate, so kommt man, zum Teil geleitet durch die Analogie, welche zwischen

dem Verhalten der optischen und der X-Strahlen besteht, zu folgenden Vorstellungen:

- a) Die von einem Entladungsapparat ausgehende Strahlung besteht aus einem Gemisch von Strahlen verschiedener Absorbierbarkeit und Intensität.
- b) Die Zusammensetzung dieses Gemisches ist wesentlich von dem zeitlichen Verlauf des Entladungsstromes abhängig.
- c) Die bei der Absorption von den Körpern bevorzugten Strahlen sind für die verschiedenen Körper verschieden. “

Sodann geht Röntgen auf die Ähnlichkeiten und Verschiedenheiten von Kathodenstrahlen und den neuen Strahlen ein — doch ist dies nur noch historisch interessant. Die Frage nach der Natur beider ist ja inzwischen vollständig geklärt. Daß Röntgen auch in der dritten Mitteilung auf sie zurückkommt, mag damit zusammenhängen, daß unter den vielen, teilweise gegen ihn als Entdecker gerichteten Diskussionen sich zwei Vorträge Lenards befanden (auf der Tagung der deutschen Naturforscher und Ärzte in Frankfurt 1896, im gleichen Jahr auf dem Kongreß der English Association for the Advancement of Science in Liverpool), in denen dieser die Ansicht vertrat, Röntgenstrahlen seien Kathodenstrahlen von unendlich großer Geschwindigkeit, eine schon damals nicht haltbare Ansicht. — Abhängigkeiten der photographischen Schwärzung und Fluoreszenzerregung von Röhre und Strom, Beobachtungen über die Ausgangszone auf der Antikathode, die Unabhängigkeit des Strahlendurchgangs durch Kristalle von ihrer Orientierung zur Strahlenrichtung und über das Versagen seiner Beugungsversuche bilden den Hauptinhalt der beiden letzten, des zehnten und elften Paragraphen.

Am Schluß findet sich, angeregt durch eine von G. Brandes gemachte Mitteilung über Lichtreize durch Röntgenstrahlung ein Nachtrag zur ersten Mitteilung. „Auch in meinem Beobachtungsjournal“, schreibt Röntgen, „steht eine Notiz aus dem Anfang des Monats November 1895, wonach ich in einem ganz verdunkelten Zimmer nahe an einer hölzernen Tür, auf deren Außenseite eine Hittorf'sche Röhre befestigt war, eine schwache Lichterscheinung, die sich über das ganze Gesichtsfeld ausdehnte, wahrnahm, wenn Entladungen durch die Röhre geschickt wurden- Da ich diese Er-

scheinung nur einmal beobachtete, hielt ich sie für subjektiv, und daß ich sie nicht wiederholt sah, liegt daran, daß später statt der Hittorf'schen Röhre andere, weniger evakuierte und nicht mit Platinanode versehene Apparate zur Verwendung kamen. Die Hittorf'sche Röhre liefert wegen der hohen Verdünnung ihres Inhaltes Strahlen von geringer Absorbierbarkeit und wegen des Vorhandenseins einer von den Kathodenstrahlen getroffenen Platinanode intensive Strahlen, was für das Zustandekommen der genannten Lichterscheinung günstig ist. Ich mußte die Hittorf'schen Röhren durch andere ersetzen, weil alle nach sehr kurzer Zeit durchschlagen wurden. “

Diese Bemerkung kann, flüchtig gelesen, die Vermutung erwecken, als sei die Entdeckung selbst mit einer Röhre nach Figur 6 oder 7 gemacht, also einer sogenannten Fokusröhre, bei der die Kathodenstrahlen, in einer schmalen Zone auf einem Platinblech vereinigt, dort die neuen Strahlen erzeugen.

Das würde nun in vollem Widerspruch stehen mit den Paragraphen 12 und 13 der ersten Mitteilung und dem Paragraphen 20 seiner zweiten vom 9. März 1896. Damals schrieb er: „Ich gebrauche seit einigen Wochen mit gutem Erfolg einen Entladungsapparat, bei dem ein Hohlspiegel aus Aluminium als Kathode, ein unter 45° gegen die Spiegelachse geneigtes, im Krümmungszentrum aufgestelltes Platinblech als Anode fungiert. “

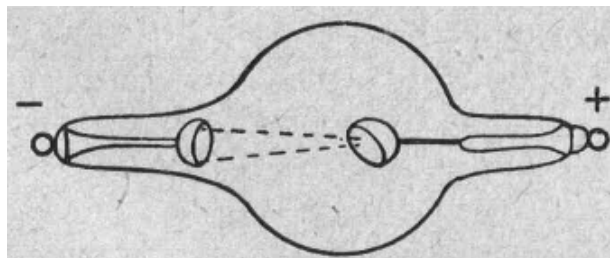


Fig. 7

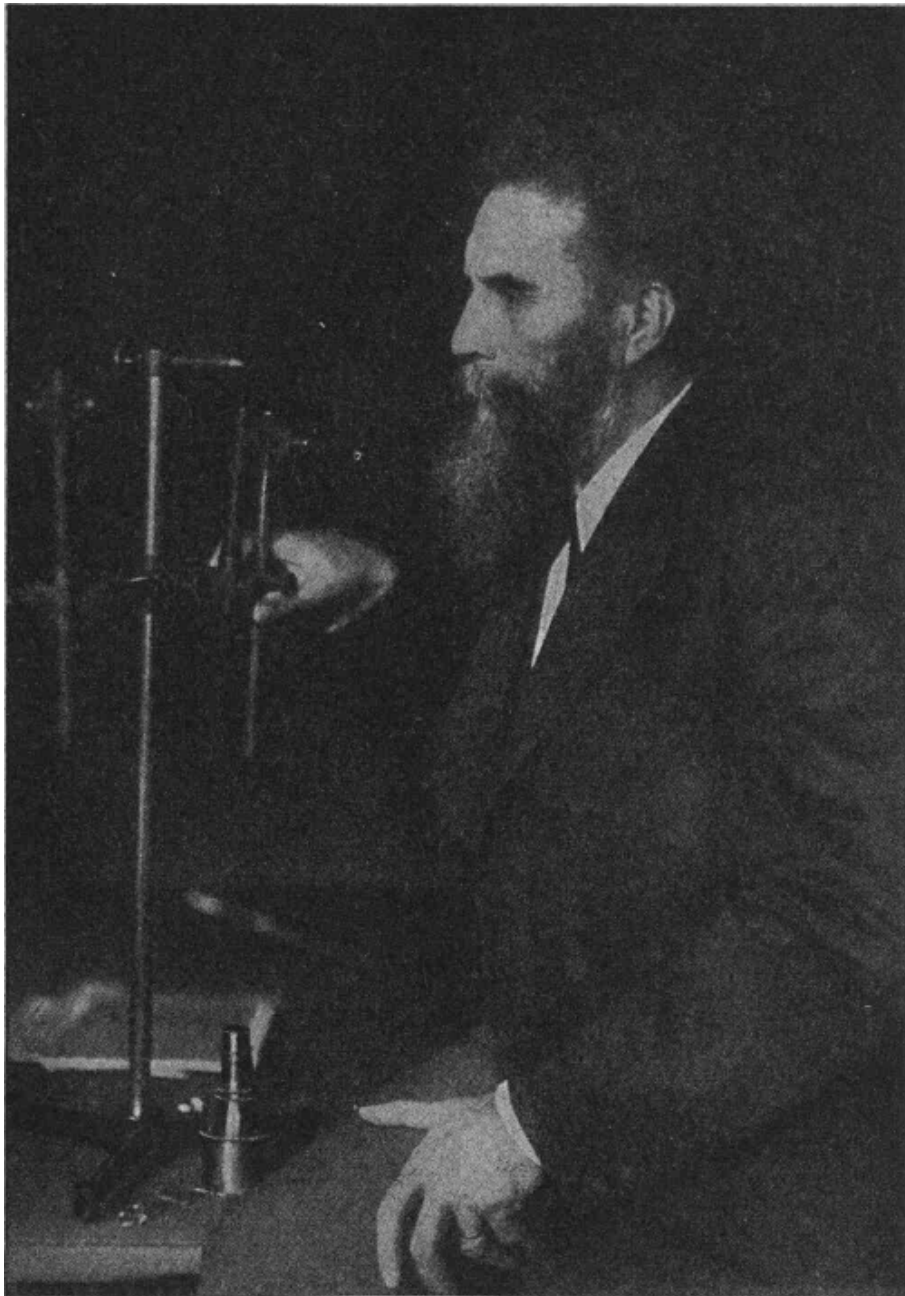
Sogenannte Fokusröhre. Erläuterungen im Text

Da Röntgen in allen seinen Angaben von vorbildlicher Zuverlässigkeit war, also kein Irrtum anzunehmen ist, müssen alle Äußerungen der drei Mitteilungen als richtig angenommen werden. Und das ergibt eine Stütze der in diesem Buch unternommenen Rekonstruktion der Entdeckungsereignisse.

Röntgen suchte, ob etwas, irgend ein „agens“, aus den Röhren in den Außenraum dränge — ohne Lenardfenster. Er besaß — trotz Farbenblindheit und geschwächter Sehkraft auf einem Auge, — auf dem gesunden Auge eine überaus hohe Empfindlichkeit für schwächste Lichtreize. Somit versuchte er „anfangs November“ das Einfachste, was man in seinem Gedankengang versuchen konnte: ob man in voller Dunkelheit irgend etwas mit dem Auge selbst, also unmittelbar wahrnehmen könne, wenn die Hittorfröhre funktioniert. Damit ihr Licht nicht störe, montierte er sie hinter die Holztüre des verdunkelten Zimmers, in dem er selbst stand, und glaubte, ein einziges Mal etwas zu bemerken. Die Hittorfröhre mit dem Platinblech (Fig. 6) ging dabei zu Grunde. Er sah nichts mehr und setzte mit anderen Hittorfröhren neue Versuche an: eben diese mit umhüllter Röhre nach Fig. 5 und Leuchtschirm, die ihm in der Nacht vom 8. November die Erfüllung brachten. Bei diesen entstehen, wie er es beschreibt, die neuen Strahlen da, wo das von Kathodenstrahlen getroffene Glas am hellsten leuchtet.

So dient auch diese seine letzte Mitteilung noch zur Rekonstruktion der Vorgänge in der Entdeckungsnacht, über die so lange Ungewißheit herrschte.

Die Entdeckung geschah in einer Zeit, da die Phänomene der Gasentladungen in verwirrender Fülle beschrieben, noch ungedeutet waren und untereinander widerspruchsvoll erschienen. Sie sind jetzt geklärt und, wie es bei Klärung geschieht, einheitlich und verhältnismäßig einfach. Für Nichtphysiker soll das Wesentlichste aus unserem heutigen Wissen über die Phänomene der Gasentladung, vornehmlich die Natur der Kathoden- und Röntgenstrahlen kurz dargestellt sein.



Im Laboratorium.

Röntgen war ungemein geschickt und von hoher Konzentrationsfähigkeit.

PHYSIKALISCHER EXKURS

*Gasentladungsphysik und Ätherhypothesen**um 1900*

Die Physik der Gasentladungen ist heute im Unterricht eines der Gebiete, dessen Grundvorstellungen und Hauptgesetze dem Studierenden als besonders klar, einleuchtend, ja einfach erscheinen. Aber welch ein Mühen ganzer Physikergenerationen war nötig, dahin zu gelangen ! Wer es noch teilweise miterlebt hat oder wer ein älteres Werk, wie das von O. Lehmann (1898, Knapp, Halle) oder von Puluy (1883, Wien) nachliest, kann recht Wichtiges über die Wege des naturerkennenden Geistes lernen. Das „simplex veri sigillum“ — „Einfachheit Siegel der Wahrheit“ — wird schließlich wie ein Gipfel auf Steilpfaden erreicht; dann erst bietet sich die klärende Übersicht. Zur Zeit der Röntgen'schen Entdeckung mußte man eine Fülle von Einzelheiten wissen, Hunderte von Abhandlungen gelesen haben, um sich dennoch *nicht* recht auszukeimen. Jetzt ist das nicht mehr nötig. Ein kurzes Studium liefert das Wesentliche, und die Einzelheiten sind Folgen, die aus dem Wesentlichen hervorgehen. Es ist ein Glück für uns Sterbliche, daß ganze Schränke von Büchern und Schriften hinwegfallen, nicht mehr studiert zu werden brauchen, wenn ein Gebiet geklärt ist. Sonst würde kein Gedächtnis mehr ausreichen, ein Gebiet der Physik zu übersehen.

Die Zehntausende von Versuchen, Schlüssen, Diskussionen, Einwänden, ja auch von Irrwegen, Fehlschlägen waren als Schritte zur Erkenntnis nötig. Nach der Erkenntnis sind sie nicht mehr wichtig, sie werden vergessen; *mit ihnen die Namen und Mühen der Forscher*. Nur einige Spezialisten und Physikhistoriker gedenken ihrer noch. Denn der Blick bleibt vorwärts gerichtet: das geklärte Gebiet ist Glacis für den weiteren Weg, und (das ist besonders eindrucksvoll) es hat neue, noch größere Aussichten, noch tiefere Probleme erschlossen.

Als Röntgen in Würzburg die Versuche der Vorgänger wiederholte, gab es mannigfaltige Deutungsversuche der seltsamen farbenprächtigen Erscheinung: des Glimmens, der Lichtbogen, der Funken, der Fluoreszenzen, insbesondere auch der Hittorf'schen Kathodenstrahlen und der

Goldstein'schen Kanalstrahlen. Faraday hielt die Erscheinungen für Dissoziationsvorgänge, ähnlich denen in Elektrolyten. Die Gasmoleküle dachte er sich gespalten, ähnlich wie etwa Kochsalzmoleküle im Lösungsmittel Wasser sich in negative Chlorionen und positive Wasserstoffionen zerspalten. Aber dem widersprach, daß die Erscheinungen auch in gasförmigem Quecksilber stattfinden, also einem einatomigen Gas. Plücker hielt die Strahlung für eine Gasströmung und speziell diejenigen Teilchen, die mit ihrer Bewegung („Strahlung“) negative Ladungen trugen, also auch die Kathodenstrahlung, für zerstäubtes Material der Elektroden (Pogg. Ann. 113, 251. 1861). Hittorf, der Schüler des zu früh und überraschend verstorbenen Plücker, zugleich Fortsetzer der elektrolytischen Arbeiten Faradays, widerlegte diese Meinungen, war aber auch von einer korpuskularen Natur im Sinne einer Gasdissoziation als Erklärung der Vorgänge überzeugt. Seine Selbstkritik ließ ihn zu einer einheitlichen Hypothese nicht vordringen. Darin hatte er recht. Es war noch gar nicht möglich damals, eine brauchbare Hypothese zu bilden. Somit begnügte er sich damit, wie es sich gebührt, wichtige Einzelheiten der Vorgänge klarzustellen und zu diskutieren, wie den erhöhten Widerstand an den Elektroden, besonders der Kathode. Gustav Wiedemann suchte unter Benutzung der kinetischen Gastheorie zu einer Konvektionshypothese der Strahlungen zu gelangen. Und Crookes glaubte, anschließend an eine Bemerkung Faradays, einen übergasigen Aggregatzustand der strahlenden Materie vor sich zu haben. Der Prager Physiker Puluy schloß sich an Plückers Ansicht von den losgerissenen Elektrodenteilchen an. Auch A. Schuster teilte diese Ansicht. Wiehert tat einen wichtigen Schritt: er rechnete aus den Versuchsdaten die ungefähre Masse der Kathodenstrahlenteilchen aus und fand, daß sie etwa tausendmal kleiner als die des Wasserstoffatoms sein müsse.

Allen diesen Erklärungsversuchen — es sind noch keine Theorien, kaum Hypothesen, nur Ansätze zu solchen — ist gemeinsam, daß sie die positiv elektrischen und negativ elektrischen Strömungen und Strahlungen als korpuskular auffaßten. Und alle enthalten Keime der Wahrheit.

Ihnen gegenüber stand eine Gruppe ebenfalls bedeutender Physiker, die an Stelle einer korpuskularen eine Deutung durch den „Äther“ versuchten — sei es, daß dieser selbst das „Substrat“ der Entladungen bilde, wie Goldstein vermutete, oder durch Wellenbewegung des „Äthers“ wie Eilhard Wiedemann, H. Hertz, H. v. Helmholtz, G. Jaumann meinten. Damals stand, wie schon oben (Kap. 6) erwähnt, die Physikerwelt unter dem Einfluß der großen Entdeckungen von Faraday, Maxwell und Heinrich Hertz. Das Licht war als eine elektromagnetische Schwingung erkannt, die den gleichen Grundgesetzen gehorchte, wie die langwelligen

Maxwell-Hertz'schen Wellen. Und da die Luft an dieser Schwingung keinen entscheidenden Anteil hat, als Träger der Schwingung nicht in Frage kommt, so griff man zu der Äthervorstellung. *Aber der „Äther“ ist nie etwas anderes gewesen als ein Postulat*, ein Verlangen unseres beschränkten Verstandes nach *Anschaulichkeit*, nach Stütze aus dem Bereiche des schon Bekannten, nach etwas, was man „denken“ im Sinne von „sich vorstellen“ könne, nach einem Modell. Das Zeitwort „schwingen“ suchte nach einem Subjekt, hat einmal ein großer Physiker gesagt.

Der Aufwand an Scharfsinn der Physiker zur Entdeckung eines Äthers als Trägers all der Wellen, die etwa von Sternen und Sonne zur Erde kommen und dort das Leben möglich machen, eines Äthers als Mediums der Licht- und Wärmestrahlung, der elektrischen Wellen, der magnetischen und elektrischen Felder ist erstaunlich. Schon Newton hatte sich damit fast ein Menschenalter hindurch gequält — vergebens, wie alle Späteren. Nahm man den Äther als unermesslich feines Gas, dann konnte er keine transversalen Wellen aufnehmen und weitertragen. Aber die elektromagnetischen Wellen, also auch Licht und Wärme, waren transversale Schwingungen. Longitudinale Wellen, die dem Äther hätten zugeschrieben werden können, fanden sich nicht. Trug man dem Rechnung, so kam man notwendig zu einem Äthermodell mit Biegeelastizität. Das ging nun gar nicht. Und der „Äther“ ließ die Planeten ohne jeden Geschwindigkeitsverlust, also reibungsfrei ihre Bahnen ziehen. Er konnte nicht elastisch, aber er konnte auch nicht starr sein. Er konnte nichtmechanisch gedeutet werden. Da kam Maxwells elektromagnetischer Äther, kein anschauliches Modell mehr, sondern ein System von Differential-Gleichungen, die elektrische und magnetische Kräfte mit Raum und Zeit so verknüpfen, wie die Erfahrung es zeigte. Das „elektromagnetische“, freilich unvorstellbare „Medium“, aber immerhin ein Medium, sozusagen eine elektromagnetische feine „Materie“, eine nicht mechanische Stofflichkeit, sollte der Träger sein. Sehr fern bereits von der körperlich-stofflichen Vorstellung, aber doch nicht von ihr ganz frei. Man war eben — das liest man in allen Schriften jener Zeit — der Ansicht, es gehe nicht anders: Es sei „*denknotwendig*“, daß, wo eine Schwingung vorliege, eine schwingende „Substanz“, also ein selbständiges Medium vorliegen müsse. Es war das Bedürfnis, sich etwas „vorstellen“ zu können und die Meinung bestand, dies Bedürfnis könne der Außenwirklichkeit, der Transzendenz auferlegt werden. Aber das ist nicht der Fall. Schon vieles, was man als „denknotwendig“ deklariert hat, stellte sich im Laufe der Zeit als nichtig, als gänzlich anders in der Wirklichkeit heraus. Der menschliche Geist kann der Wirklichkeit nicht auferlegen, wie sie zu sein habe. Seine Größe ist die Schmiegsamkeit an die Wirklichkeit, die Ge-

schmeidigkeit, mit der er sich an die Gesetze der Schöpfung anpaßt. Was in einer Generation als „denk unmöglich“ *und darum seins unmöglich* erklart wurde — weil es der Vorstellung Schwierigkeiten machte —, das ist oftmals der nächsten oder einer späteren ganz „selbstverständlich“ geworden, so wie uns die Antipodenvorstellung als Folge der annähernden Kugelgestalt der Erde heute keine Schwierigkeit macht — aber als grotesk-lächerliches, unmögliches Hirngespinnst von den Philosophen noch zu Columbus Zeiten verspottet wurde.

Die Bemühungen um den „Äther“ haben durch die Ergebnisse der Michelson'schen Messungen der Lichtgeschwindigkeit und der Erklärung ihrer Ergebnisse durch A. Einstein in der Relativitätstheorie ihr Ende gefunden. So etwas wie einen körperlich-stofflichen Äther gibt es nicht. In den Räumen zwischen den Weltkörpern wie zwischen den Molekülen, und in den verhältnismäßig ebenso großen zwischen den Atomkernen und ihren Elektronenschalen ist nichts Körperliches, nichts, was im Sinne der Alten „quantitative, räumlich erstreckte und begrenzte, veränderliche

(„bewegliche sagten die Alten hierfür) Einheit“ wäre. Aber es fehlt auch, was mit Recht als weitere allgemeinste Eigenschaft von Newton diesen Wesenszügen der Körper hinzugefügt wurde: daß jeder Körperlichkeit auch Stofflichkeit, das heißt träge Masse (d. i. Masse, die jeder Beschleunigung Widerstand entgegensetzt) zukomme. Auch dies trifft auf den Äther nicht zu. Wir haben eben keinen Grund, zu erwarten, daß neue Funde in der Schöpfung Tiefe dem uns schon Bekannten, Vertrauten so ähnlich sein müssen, daß wir uns etwas „Anschauliches“ dabei „denken“, das heißt etwas „vorstellen“ können; ja es ist notwendigerweise so, daß bei eigentlicher „Entdeckung“, der Begegnung mit ganz Neuem, die Sprache versagt, es adäquat auszudrücken, Worte fehlen müssen, da wir ja mit ihnen nur nennen, was uns in irgendeiner Weise schon vertraut ist. Deswegen ist ein neuentdecktes Gebiet zunächst schwer verständlich, wie etwa heute der Atomhau, die Quantenmechanik und die Kernphysik. Ferne Analogien (wie die Bilder des Bohr'schen Atommodells) müssen herangeholt werden, um unsere Sprache und Anschauung dem Sachverhalt allmählich zu nähern.

Erst in Röntgens späterer Zeit wird die Bemühung um den Äther aufgegeben. Zur Zeit der Entdeckung war die Physikerwelt in ihrem suchenden Bemühen noch im Banne dieses „Postulates“ — dieses Verlangens, das nicht etwa ein logisches ist (denn wir können logisch die unentdeckten Naturwirklichkeiten nicht antizipieren), sondern ein Bedürfnis unserer Natur nach Anschaulichkeit und Aussagbarkeit im Anschluß an das uns Vertraute.

NOCH EIN PHYSIKALISCHER EXKURS

Die Klärung der Gasentladungsphysik, der Kathoden- und Röntgen-Strahlung in späterer Zeit

Röntgen hatte gefunden (siehe Seite 60), daß seine Strahlen Gasen, die sie passieren, elektrische Ladungen erteilen, so daß sie selbst wieder geladene Körper entladen können. Man kann es auch so ausdrücken: Die Röntgenstrahlen machen Luft und andere Gase leitfähig, während neutrale Gasmoleküle ausgezeichnet isolieren.

Diese Beobachtung Röntgens gab verstärkten Anstoß, die elektrischen Eigenschaften der Gase zu untersuchen. Ein Jahr nach der Entdeckung Röntgens begann mit einem ersten Forschungssieg eine prachtvolle Reise in dieses Neuland, hauptsächlich ausgeführt an der Stätte, wo einst Isaac Newton seine Weltfahrt des Geistes begonnen hatte. In Cambridge, und zwar im Cavendish-Laboratorium unter Joseph John Thomsons Führung, von ihm und seinem Mitarbeiterstabe, besonders C. I. R. Wilson, J. S. E. Townsend, Ernest Rutherford, wurde die Physik der Gasentladungen geklärt. Auch andere Forscher, wie Elster und Geitel in Wolfenbüttel, Paul Langevin in Paris, trugen Wichtiges dazu bei.

Gleichfalls von Röntgen her, und zwar von der oben (Kap. 4) erwähnten Arbeit über den elektromagnetischen Effekt bewegter Ladungen, führte ein Zufluß in den großen Forschungsstrom, der die *Natur der Elektrizität* zum Gegenstand hatte. Faraday, Maxwell, Oliver Lodge und viele andere Physiker unter deren Einfluß hatten die alte Franklin'sche Idee von einer Art elektrischem „Fluidum“, also etwas Stoffartigem, das nach Franklin überall in der Materie verteilt sei, aufgegeben. Benjamin Franklin hatte vermutet: „Die elektrische Materie besteht aus ganz feinen Teilchen; denn sie kann durch gewöhnliche Stoffe, sogar durch die dichtesten, hindurchgehen“. Die Faraday-Maxwell-Ansicht war, daß es so etwas nicht gäbe. Was wir für elektrische Ladungen hielten, seien Drucke (stresses) und Spannungen (strains) im „Äther“. Die Erforschung der Elektrizität erhielt aus der gleichzeitigen Erforschung der Gasentladungen große Unterstützung. Als nach Vorarbeiten von H. A. Wilson, Cambridge, und Felix Ehrenhaft in Wien endlich R. A. Millikan, Chicago 1909/10, das einzelne Elektron, den Baustein aller elektrischen La-

dungen und Ströme, experimentell selbst erfaßte, wurde die elektrische Energieform zur vertrautesten, genauest gemessenen in der ganzen Physik.

H. A. Lorentz in Leyden, den Röntgen vergeblich als Professor für theoretische Physik nach München zu holen versucht hatte, erfuhr hierdurch für seine Elektronentheorie der Elektrodynamik eine glänzende Bestätigung.

Wir verlassen nun den historischen Gang, um in elementarer Weise die heutige Deutung der damals noch so verwirrenden Erscheinungen wenigstens in den einfachen Grundzügen wiederzugeben. Freilich muß man sich beim Lesen solcher Darstellungen immer bewußt bleiben, daß es sich um Bilder, Modelle, Annäherungen unserer Anschauung an die Naturwirklichkeit handelt. Denn wir müssen ja für das Neue die alte Sprache, d. i. die alten Bezeichnungen nehmen, solange wir keine anderen haben. Die weit exaktere Art, Naturwirklichkeit abzubilden, ist die mathematische. Doch sie ist dem Spezialisten vorbehalten. Wenn uns also etwa jetzt das Elektron in der Darstellung als ein fest „körperliches“ elektrisches „Atom“ erscheint, wenn wir beim Atom von „Kern“ und „Schale“ sprechen, so ist das Elektron doch weit entfernt davon, ein Körper zu sein (oder das Atom sogar eine Nuß), wie uns in der Makrophysik, als Kristall, Pflanze, Tier, Planet, Körper etwa entgegentreten. Die letzten Bausteine der physikalischen Welt, die Elektronen, Neutronen, Protonen, Photonen, sind ganz anders beschaffen als das uns vertraute Makrophysikalische. Niemand hat je ahnen können, wie anders dies alles ist als das Gewohnte !

Dies vorausgeschickt, genießen wir uns nicht, mit ziemlich groben Modellen zu operieren.

1. Alle elektrischen Ladungen und Ströme, wo immer sie auftreten, bestehen aus ruhenden und bewegten *Elektronen*. Diese sind Einheitsladungen, Elementarladungen, so daß jede auftretende Ladung ein ganzzahliges Vielfaches dieser Elementarladung ist. Somit ist die Elektrizität wie die Stoffwelt diskontinuierlich, aus Einheiten zusammengesetzt. Es gibt aber im Gegensatz zu den 92 Atomarten der Stoffwelt für die Elektrizität nur diese einzige Sorte, das Elektron. (Das positive Elektron, von Dirac vorausgesagt, von Anderson 1932 entdeckt, kommt für die Betrachtung von Ladungen und Strömen hier nicht in Frage.) Die Elementarladungen der Elektronen sind „negativ“! Franklin hatte, wie er selbst sagt, [1747] *willkürlich* die Körper positiv elektrisch genannt, die von einem mit Seide geriebenen Glasstab abgestoßen werden, dagegen die von einer mit einem Tierpelz geriebenen Siegellackstange abgestoßen-uen negativ. Anhäufung von Elektronen ist negative Ladung, Mangel

an ihnen positive. Bei Reibungselektrizität gehen die Elektronen, tatsächlich von einem Partner zum andern, also zur Seide hin vom Glasstab weg, vom Tierpelz weg zur Siegellackstange. Auf diese Weise können immer nur beide Ladungen in gleicher Quantität bestehen (Gesetz von der Erhaltung der Elektrizität). Alle elektrischen Kräfte gehen von Ladungen aus und münden auf Ladungen — also Elektronenanhäufungen und Elektronendefiziten. Es ist dabei nicht nötig, daß die Elektronen an irgendwelche Körper gebunden sind. Es gibt „freie“ Elektronen, die nicht an irgendeinem Körper, also physikalisch einem System von Atomen, Molekülen und Kräften, haften.

2. Zur Veranschaulichung des Elektrons selbst können einige Zahlen und grobe Bilder dienen. Der „Durchmesser“ des Elektrons — ein sehr gewagtes Bild, das dem Elektron eine Ähnlichkeit mit einer winzigen Kugel zuschreibt — läßt sich auf 10^{-12} bis 10^{-13} cm rechnen. Besser: Das Elektron verhält sich in manchen Experimenten so, wie wenn es einen Durchmesser von einem Billionstel bis ein Zehnbillionstel cm hätte. Denkt man es sich bis zur Größe eines Körnchens Kochsalz vergrößert, so bekäme, im gleichen Schritt vergrößert, das Salzkörnchen ungefähr den Durchmesser der Erde. Das Elektron zeigt eine träge und schwere Masse, die mit $0,9 \cdot 10^{-27}$ Gramm (Tausendstel eines Quadrillionstel Gramm) etwa $\frac{1}{1800}$ der Masse eines Wasserstoffatoms ist.

Die Ladung des Elektrons, dieses Bausteins jeder Ladung, machen wir uns so plausibel: Ein Ampère ist etwa der Strom, der eine sehr starke Glühlampe durchfließt. Der „Strom von 1 Ampère Stromstärke“ ist nichts anderes als der makrophysikalische Ausdruck dafür, daß in jeder Sekunde $6,4 \cdot 10^{18}$, also 6,4 Trillionen Elektronen durch den Querschnitt des Leiters fließen.

3. Damit haben wir ein brauchbares Bild für den elektrischen Strom gewonnen. Er ist die Bezeichnung für die wandernden Einheitsladungen, die bewegten Elektronen. Was aber treibt die Elektronen, diese Einheitsladung an? Das ist die Frage nach den „Stromquellen“. Natürliche oder technische Vorgänge (wie Batterien, Dynamomaschinen, atmosphärische Bewegungen) häufen Elektronen an einem Orte, die sie an einem anderen Orte wegnehmen. Das geschieht stets unter Aufwand einer anderen Energieform, so chemischer Energie im Akkumulator oder in Trockenbatterien der Taschenlampen, mechanischer in der Dynamomaschine des Elektrizitätswerkes. Man kann sagen, Stromquellen sind Elektronenpumpen. Ihre Pole sind die Orte der Häufung (negativer Pol) und des Mangels (positiver Pol). Der Unterschied, zugleich Maß des Ausgleichsbestrebens, wird, in Volt gemessen, als Spannung bezeichnet.

4. Wie weit weg von aller makrophysikalischen Erfahrung die Natur des Elektrons ist, mag folgendes Bild zeigen: Unter Dichte eines Stoffes versteht man seine Masse, bezogen auf die Volumeneinheit; zahlenmäßig ist dies dasselbe wie das spezifische Gewicht, das heißt das Gewicht pro Volumeneinheit. Wasser hat die Dichte 1, weil man einem cm^3 (Kubikzentimeter) Wasser die Masse (und das Gewicht) 1 Gramm zugeschrieben hat. Platin die besonders hohe von 21. Die Dichte des Elektrons ist ca. 1 000 000 000, also 10^9 oder eine Milliarde. Würde man Elektronen fest zusammenpacken können, bis das Paket die Größe eines Weizenkornes hätte, so wöge dieses Körnlein etwa 100 Tonnen (also soviel wie eine Lokomotive) und würde jede Unterlage durchbohren. Noch grotesker, am Makrophysikalischen gemessen, ist das Verhältnis von elektrischer Ladung des Elektrons zu seiner Masse.

5. Die ganze Stoffwelt ist von Elektronen gleichsam durchsetzt. Die Hüllen oder „Schalen“ der Atome bestehen aus Elektronen, die durch Kraftfelder in bestimmten Situationen zu den Kernen gebunden sind. Die äußersten Elektronen der Atome (und Moleküle) sind locker gebunden. Sie können von äußeren Energien leicht abgelöst werden. Das Atom oder Molekül wird dann positiv elektrisch, einmal geladen, wenn es ein Elektron, mehrfach geladen, wenn es mehrere Elektronen verloren hat. Das so veränderte Molekül oder Atom heißt dann „ionisiert“, einfach oder mehrfach. Es begibt sich nämlich wegen seiner Ladung auf Wanderschaft (ἰέναι = gehen), wenn elektrische Feldkräfte im Raum sind. Solche Kräfte sind zwischen „Elektroden“, elektronenbesetzten bzw. von Elektronen beraubten Zuführungen vorhanden und die Gasentladungen, soweit sie positive Ladungen führen, wie die Kanalstrahlen, sind nichts anderes als solche Züge ionisierter, positiv gewordener Gasmoleküle. Gasionen sind also etwas anderes als Elektrolyt-Ionen. Letztere sind Molekülteile, die durch Dissoziation in Lösungsmitteln entstanden. Positive Gasionen sind vollständige, nicht dissoziierte Gasmoleküle, die ein Elektron oder deren mehrere verloren. Die abgetrennten Elektronen können als freie Elektronen selbständig im elektrischen Felde weiterwandern. Dann haben wir die Erscheinung der Kathodenstrahlen. Wenn aber kein hohes Vakuum besteht, dann stößt das Elektron sehr bald auf seinem Weg auf ein Gasmolekül. Ist das positiv elektrisch, also ionisiert, so wird es neutralisiert; stößt das Elektron auf ein neutrales Molekül, so kann es sich anlagern, das Molekül zum negativen Ion machen, das zum Pluspol, zur Anode wandert. Bestand haben die freien Elektronen in Gasen nur, wenn sie nicht mit Gasmolekülen zusammenstoßen. Darum gibt es nur im hohen Vakuum Kathodenstrahlen, dann nämlich, wenn der Innenraum ohne Zusammenstoß und Anlagerung von Elektronen

durchlaufen werden kann. Das Elektron erreicht dann eine sehr hohe Geschwindigkeit, weil auf dem ganzen Weg keine Abbremsung durch Zusammenstoß stattfindet, also die ganze Spannung (Potentialdifferenz) zwischen den Elektroden antreibend (beschleunigend) wirkt. Die große Geschwindigkeit bedeutet auch beträchtliche kinetische Energie des Elektrons (halbe Masse mal Quadrat der Geschwindigkeit $\frac{1}{2}mv^2$) und darum können Kathodenstrahlen da, wo sie aufprallen, in Form von Wärme, Fluoreszenzlicht und anderer Form Energie deponieren. Auch die Röntgenstrahlen, eine elektromagnetisch-transversale Schwingung wie das Licht, nur von tausendfach größerer Schwingungszahl oder Frequenz, entsteht bei diesem Aufprall als Energietransformation aus der verschwindenden kinetischen Energie der Kathodenstrahlen. Diese so erzeugte Röntgenstrahlung nennt man Bremsstrahlung, weil sie aus der Abbremsung der aufprallenden Kathodenstrahlen entsteht.

6. Noch ein wichtiger Vorgang bei der Gasentladung ist zu klären: all die Farbenpracht des leuchtenden Inhalts, der Wände des Entladungsrohres, der darin eingeschlossenen Kristalle. Die Energie, die auf ein Atom (oder Molekül) von außen eindringt, sei es durch Stoß eines Elektrons, Ions, Atoms oder durch Absorption eines „Photons“ (eines Lichtquanten), muß nicht notwendig zur Ionisation führen. Es kann auch zu „Erregung“ kommen. Das bedeutet: ein Elektron wird nicht ganz aus dem Verbände seines Atoms entfernt (das wäre Ionisierung), sondern es wird nur in eine andere, weniger fest mit dem Atomkern verbundene Situation gebracht, in eine höhere „Schale“ oder auch höhere „Quantenbahn“ weiter weg vom Kern „gehoben“, es macht einen „Quantensprung“. Man nennt ein solches Atom (oder Molekül) dann „angeregt“ und meint damit, es habe Energie von außen aufgenommen, die es jetzt im Zustande der Erregung in sich trage. Das Wort „Quantenbahn“ ist ein symbolischer Ausdruck für die Tatsache der „Quantentheorie“, daß die Situation der Elektronen in bezug auf den Kern nicht beliebig sein kann, sondern ganz bestimmten, „ausgezeichneten“ Energiestufen, die dem Atom eigentümlich sind, entsprechen muß. Die möglichen Zustände für diese Verhältnisse zwischen Kern und Elektron sind durch gesetzmäßige Energiedifferenzen vorgeschrieben. So wie ein Warenautomat nur auf eine oder einige ganz bestimmte Münzen reagiert, so nimmt ein Atom in seinen Anregungszustand nur ganz bestimmte Energiebeträge auf. Die Anregung bleibt nicht. Das Elektron geht auf niedere Quantenbahnen über, macht den Quantensprung abwärts nach sehr kurzer Zeit (10^{-8} Sekunden, also hundertmillionstel Sekunde im allgemeinen). Dabei geht die gespeicherte Energie von ihm weg, und zwar häufig durch Ausstrahlung einer elektromagnetischen Welle, d. h. eines Lichtes.

Der Energiebetrag dieser Lichtwelle entspricht genau dem Energiebetrag, der bei der Anregung aufgenommen wurde und bei der Rückkehr ausgesandt wird. Die Energie eines solchen Lichtstoßes, eines Licht, Quants oder „Photons“ wird durch die Frequenz (Schwingungszahl, Hertzzahl) gemessen. Die Frequenz des sichtbaren Lichtes von Rot bis Violett ist etwa $3,75 \cdot 10^{14}$ bis $7,5 \cdot 10^{14}$ Hertz oder Schwingungen pro Sekunde (also 3,75 Hundertbillionen). Die der Röntgenstrahlen etwa tausendmal größer.

Geht also eine Anregung unter Strahlung verloren, so wird eine ganz bestimmte Energie, damit eine ganz bestimmte Frequenz, eine bestimmte Lichtart, eine „Spektrallinie“ ausgesandt, und da jedes Atom nur ganz bestimmte „Sprünge“ zwischen den Quantenbahnen zuläßt, so kann es auch nur bestimmte Linien, eine Linienserie, die dem Atom eben charakteristisch ist, ausstrahlen. Darum hat jedes Atom sein eigenes Spektrum und erlaubt aus den Spektrallinien den Nachweis der kleinsten Spur von seiner Präsenz. Das Verfahren der Spektroskopie ist millionenfach feiner als die chemische Analyse. Die Ursache aber besteht in dem quantenhaften, d. h. energiegestuften Aufbau der Atome und der daraus hervorgehenden, „gequantelten“, d. h. *diskontinuierlichen* Natur der elektromagnetischen Strahlung, der Photonen. Wir stehen vor einer dreifachen Diskontinuität im Weltbau: Die Materie besteht aus Atomen, die Elektrizität aus Elektronen, die strahlende Energie aus Photonen.

Damit sind im Prinzip all die wunderbaren Lichterscheinungen im Glimmen, Sprühen, Büschellicht, in der positiven Lichtsäule der Vakuumröhre, der Fluoreszenz des Glases und der Kristalle und im Kanalstrahlenbündel erklärt. Durch Zusammenstöße angeregte Atome und Moleküle senden die für ihre Bauweise charakteristischen Strahlungsfrequenzen in Linien und Banden aus.

7. Dabei kann nun noch eine andere Art von Röntgenstrahlung entstehen. Anregungen der Atome können sehr große Energiesprünge bedeuten. Das ist dann der Fall, wenn bei einem schweren Atom, wie Wolfram oder Platin, ein Elektron einer inneren, stark vom Felde des hochgeladenen Kernes gehaltenen „Schale“ in eine hohe äußere Quantenstufe gehoben wird. Solch eine Anregung kann etwa durch den Stoß eines sehr schnellen Kathodenstrahles erfolgen. Geht sie zurück, so bedeutet dieser Rücksprung des Elektrons die Ausstrahlung *hoher* Energie, damit eines Photons hoher Hertzzahl oder Frequenz, eben eines Röntgenstrahles. Dies ist die „charakteristische“ Röntgenstrahlung. Ihr Linienspektrum entspricht der Bauart des Atoms. Bei der Bremsstrahlung kann das freie Elektron jede beliebige kinetische Energie verlieren, folglich kann jede Frequenz ausgestrahlt werden: Es gibt ein kontinuierliches

Spektrum, jede Frequenz ist möglich. Die charakteristische Röntgenstrahlung kann dagegen nur quantenhaft gestuft sein, nur Linien liefern.

8. Wie aber kommt es überhaupt zu einer elektrischen Entladung zwischen Elektroden in einem Gasraum? Wenn die Moleküle des Gases neutral sind, können sie durch das elektrische Feld zwischen den Elektroden doch nicht angetrieben werden! Diese Frage ist es, die im Cavendish-Laboratorium besonders von Townsend geklärt wurde. Wenn nicht von außen zureichende Energien wirksam sind und Gasmoleküle ionisieren, d. h. elektrisch laden, dann kann in der Tat kein Gasentladungsstrom stattfinden. Aber die Natur stellt solche äußeren Energien. An der Erdoberfläche sind es vor allem die radioaktiven Stoffe, die durch ihre Strahlung Moleküle ionisieren. Die α -Strahlen tun dies besonders stark. Sie sind Heliumkerne, zweimal ionisiert, also mit einer positiven Ladung von zwei elektrischen Elementarmengen (zwei fehlende Elektronen) versehen. Sie stoßen mit ihrer Masse, die etwa vierfach größer ist als die des Wasserstoffkernes, auf Moleküle und „schlagen Elektronen heraus“. Auch die β -Strahlen der radioaktiven Substanzen können Gasmoleküle ionisieren. β -Strahlen sind sehr schnell fliegende Elektronen, die beim Kernzerfall dieser Substanzen entstehen. Schließlich ionisiert

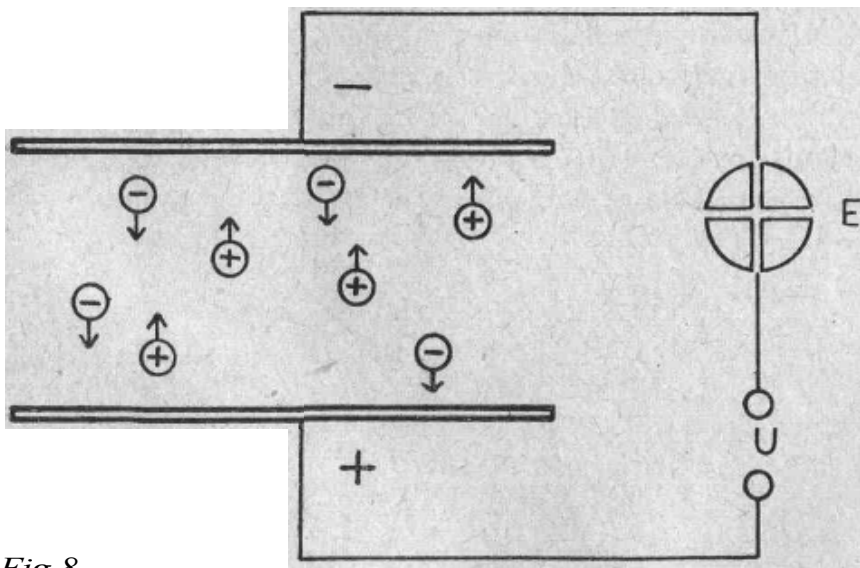


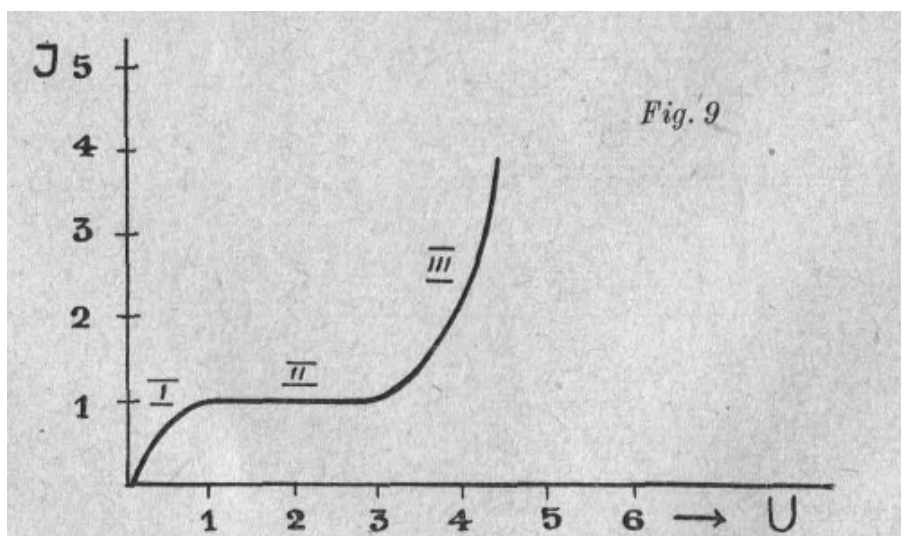
Fig.8

+= Anode
 -= Kathode
 E= Elektrometer
 U= Spannungsquelle

Schema der Gasentladung. Positiv und negativ geladene Gasmoleküle, sogenannte Gasionen wandern zwischen den Elektroden

auch die γ -Strahlung, die eine elektromagnetische Wellenstrahlung ist, aber von Photonen sehr hoher Energie, also sehr hoher Frequenz oder Hertzzahl. Es gibt noch andere Quellen der Gasionisation: ultraviolettes Licht, die von Gockel und Heß entdeckte ultrapenetrante kosmische Strahlung, auch Flammen liefern Ionen. Doch ist in Bodennähe die Radioaktivität, die aus den Poren des Grundes immer nachgeliefert wird, die ergiebigste Quelle. Aber auch sie ist nur imstande, einen sehr kleinen Teil der Gasmoleküle zu ionisieren. Diese allein sind es, die, vom Felde zwischen den Elektroden erfaßt, sich zunächst in Bewegung setzen. Man braucht feine Meßmethoden, um den so entstehenden kleinen elektrischen Strom zu messen (Fig. 8). Wird die Spannung zwischen den Elektroden, damit die Stärke des elektrischen Feldes gesteigert, so wandern die Ionen schneller. Es kommen mehr Ionen pro Sekunde an: Die Stromstärke, immer noch sehr klein, wächst. Aber sie kann nicht viel wachsen. Denn wenn soviel Ionen, als von der Radioaktivität pro Sekunde gebildet werden, auch in der Sekunde ankommen, dann kann der Strom nicht weiter steigen. Es ist das Stadium der „Sättigung“ erreicht. Unsere Figur 9 zeigt das Stadium des Stromanstieges (I) und das der Sättigung (II) in einem leichtverständlichen Schema.

Wenn jedoch die Spannung und damit die Feldstärke sehr groß gemacht wird, dann geschieht etwas Neues: Die „primären“, von der Radioaktivität gelieferten (fremderzeugten) Ionen bekommen solche Geschwindigkeiten, damit solche kinetische Energien, daß *sie selbst* durch Stoß auf neutrale Moleküle diesen die nötige Ionisierungsenergie liefern, d. h. also sie ionisieren können. Jetzt setzt das ein, was Townsend „selbständige Entladung“ nennt, eine physikalische Kettenreaktion. Jedes



Die Stromstärke J der Gasentladung in Abhängigkeit von der Spannung

durch Stoß von den primären Ionen gebildete Ion wird vom starken Feld erfaßt, bekommt daher große kinetische Energie und ionisiert beim Zusammenstoß das nächste neutrale Molekül, dieses tut es auch: Es bilden sich Stoßentladungen, „Ionenlawinen“, und das ist, was wir als Büschel, Glimmlicht, Funken, Blitz bemerken. (In Figur 9, Stadium III.) Die Lichterscheinungen kommen hierbei durch die vorher unter 6 geschilderten Vorgänge zustande: neutrale und ionisierte Moleküle werden durch Stöße angeregt und können die aufgenommene Energie als charakteristische Photonen abgeben.

Ganz besonders günstig für die „selbständige Entladung“, die Bildung von Ionenlawinen durch Zusammenstöße, ist das (nicht allzu hohe) Vakuum der Geißlerröhren (etwa 10 mm bis etwa 0, 05 mm Luftdruck). Die Zwischenräume zwischen zwei Zusammenstößen, die sogenannten freien Weglängen, sind jetzt durchschnittlich viel größer. Dadurch erreichen die Ionen höhere Geschwindigkeiten, selbst wenn die Spannung an den Elektroden (damit die elektrische Feldstärke) nicht so sehr groß ist. Denn die Bremsungen durch Zusammenstöße sind seltener. So kommt es, daß in den mäßig evakuierten Röhren mit nicht allzu großen Spannungen viel größere Entfernungen von der Entladung überbrückt werden,

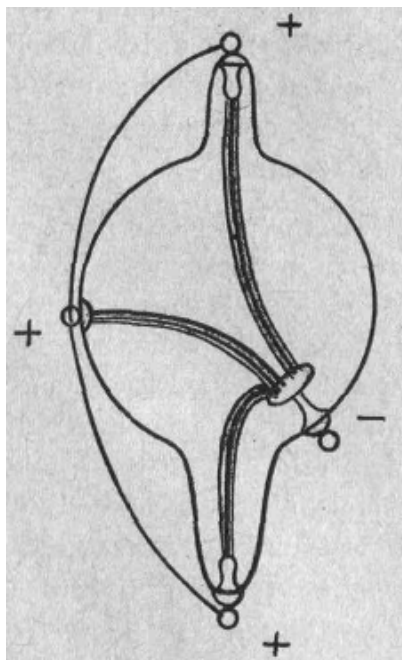


Fig. 10

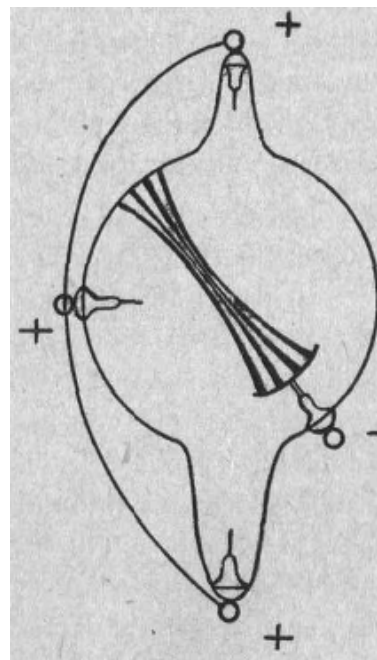


Fig. 11

Unterschied zwischen Anodenlichtsäule, die bei geringer Evakuierung von Anode zu Kathode geht, und Kathodenstrahlung, die (unsichtbar) geradlinig von der Kathode ausgeht, unabhängig von der Lage der Anode

als der Funke im atmosphärischen Luftraum überbrücken kann. Die Leuchtphänomene werden in der verdünnten Luft leicht und glanzvoll erzeugt. Auch in den Flächenblitzen großer Höhen, in den Polarlichtern haben wir ähnliche Vakuumentladungen vor uns. Daß im Entladungsfluß, dem Hin und Her positiver und negativer Molekülonen, fortgesetzt Ionisierung, Neutralisierung, Abgeben und Einfangen von Elektronen erfolgt (Umladung), ist eine Ursache der Vielgestalt der Phänomene.

Die *Zone* der selbständigen Entladung, wobei der Strom mit steigender Spannung plötzlich sehr groß wird, ist in unserem Schema mit III bezeichnet.

Wieder etwas Neues tritt ein, wenn das Vakuum weiter (auf 0,01 bis 0,0001 mm Luftdruck) erhöht wird. Die freien Weglängen werden so groß, daß die Ionen und Elektronen auf ihrem Wege zu den Elektroden durchschnittlich gar nicht mehr auf ein Molekül stoßen. Jetzt gibt es keine Stoßionen und die wenigen von der Radioaktivität (den γ -Strahlen durch die Glaswand des Entladungsrohrs hindurch) gelieferten Ionen reichen für einen merklichen Strom nicht aus. Jetzt muß man zu einem Hilfsmittel greifen, zu einer Quelle für Ionen, man muß die Entladung „unselbständig“ machen. Die weitaus wichtigste und gebräuchlichste Methode, die wir in jedem Röntgenrohr und jeder Radioröhre sehen, ist die hohe Erhitzung eines Wolframglühfadens oder die minderhohe eines Alkalimetalls. Beide geben bei Erhitzung Elektronen ab, die vom Feld erfaßt zur Anode getrieben werden, also Kathodenstrahlen sind, als solche unsichtbar, aber den Strom bildend und, wenn die Spannung groß genug ist, bei ihrer Bremsung Röntgenstrahlen erzeugend.

9. Wir sprachen eingangs von der Elektronentheorie des Leydener Nobelpreisträgers H. A. Lorentz als Basis der heutigen Elektrizitätslehre, und im Paragraph 5 dieses Kapitels wurde gesagt, die ganze Stoffwelt sei von Elektronen gleichsam durchsetzt. Wir haben jetzt aber nur von den Gasentladungen gesprochen, deren Ströme von Elektronen selbst (Kathodenstrahlen) und von positiv oder negativ geladenen Gasmolekülen gebildet werden. In den Kathodenstrahlen fließt die Elektrizität „allein“, in den Gasionen verbunden mit Molekültransport („konvektiv“). Wie steht es mit dem Stromdurchgang in metallischen Leitern, in Elektrolyten und schließlich in Isolatoren oder „dielektrischen“ Substanzen?

Auch hier gilt, was in Paragraph 1 gesagt wurde: Alle Ströme und Ladungen bestehen aus Elektronen. In den dichten mikrokristallinen Packungen der Metalle sind die äußeren Atomelektronen so wenig gebunden, daß sie als freie Elektronen behandelt werden, die durch die Struktur der Metalle „windartig“ hindurchwandern. Ihre Geschwindigkeit ist dabei sehr gering, beträgt Bruchteile von mm pro Sekunde. Die

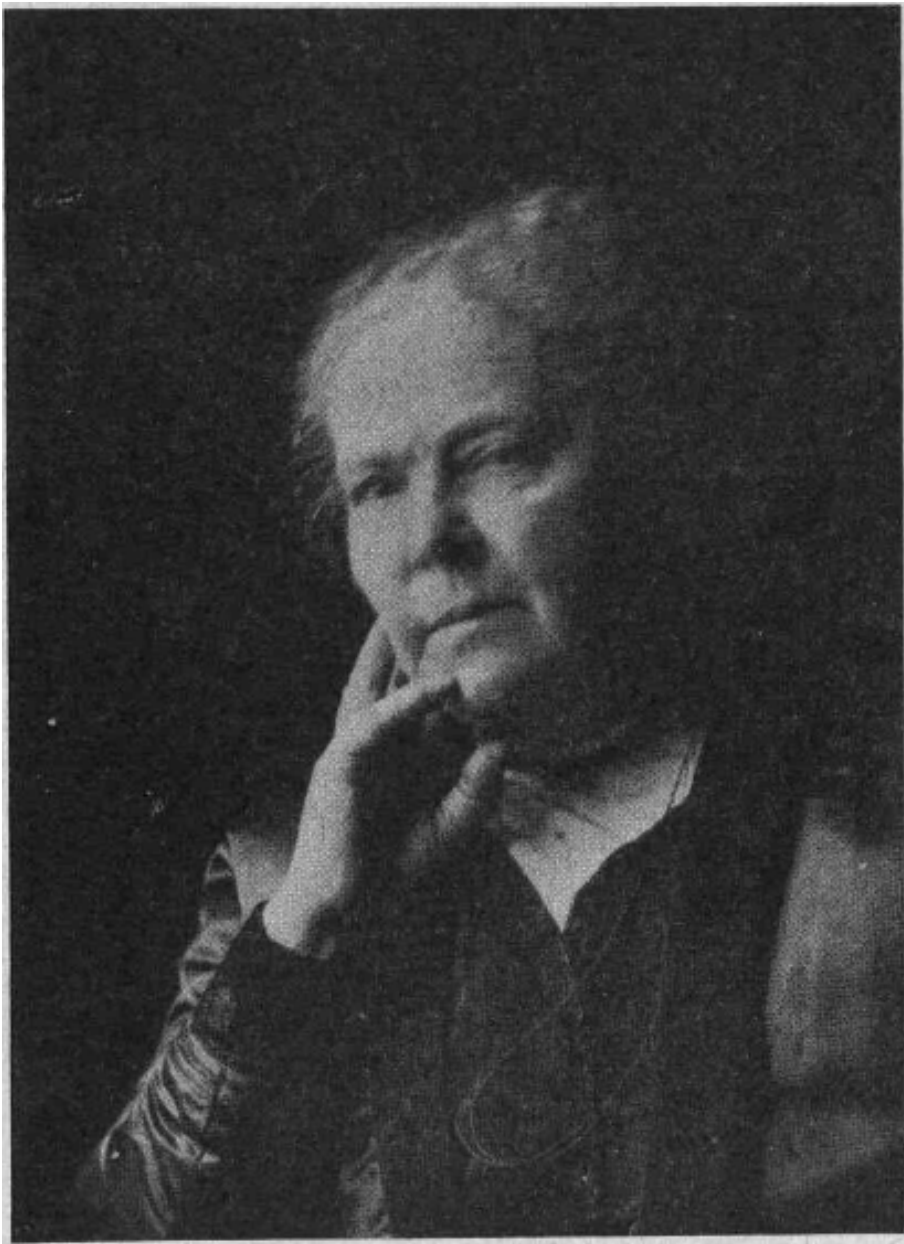
Zahl der zur Verfügung stehenden Elektronen ist von der Größenordnung der Atomzahl. Selbst die geringste Spannung an den Enden eines metallischen Leiters setzt diese Elektronen in Bewegung. Die „Geschwindigkeit des elektrischen Stromes“ ist etwa Lichtgeschwindigkeit, also $3 \cdot 10^{10}$ cm/sec. (dreihunderttausend km pro Sekunde) und natürlich etwas anderes als die Geschwindigkeit der Elektronen. (Die Ausbreitungsgeschwindigkeit eines Sturmes ist etwas anderes als die Geschwindigkeit eines Luftmoleküls im Sturm.) Das Ohm'sche Gesetz, das aussagt, daß die Stromstärke im metallischen Leiter proportional der Spannung ansteige, erklärt sich so leicht durch die wachsende Geschwindigkeit der Elektronenwanderung gegen die Hindernisse der Leiterstruktur (den Leitungswiderstand).

Im Elektrolyten wandern dagegen nie Elektronen allein, sondern gebunden an die dissoziierten Teile der Moleküle des gelösten Stoffes. Im Dielektrikum denkt man sich modellmäßig die Elektronen „elastisch“, also mit elastischen Fäden an die Moleküle gebunden. Sie können ein Stückchen Weg der Spannung der Felder folgen, aber nicht abwandern. Infolgedessen kann eine gleichgerichtete Spannung ein Dielektrikum wohl „laden“, die Elektronen nach einer Seite treiben (Polarisation). Dielektrika haben vermöge dieser Elektronenbindung die Fähigkeit zu einer „Kapazität“, aber es kommt kein kontinuierlicher Strom zustande. Dagegen kann eine Wechselspannung den quasielastisch gebundenen Elektronen ihren Rhythmus aufzwingen, so daß sie, immer gebunden, um ihre Ruhelage mit der Feldrichtung hin und her schwingen. Das bedeutet einen Wechselstromfluß und dessen Stärke wächst mit der Frequenz und jener Eigenschaft der Stoffe, die Ausdruck der Elektronenmitbewegung ist (Dielektrizitätskonstante). Hochfrequente Wechselströme gehen daher durch „Kondensatoren“ (Gebilde von Elektroden und dielektrischen Substanzen). Gleichströme werden durch Kondensatoren gesperrt.

Schon diese, durch grobe Modellvorstellungen der Anschauung nahe gebrachte Kenntnis macht die Phänomene verständlich, die zur Entdeckungszeit Röntgens schier verzweifelt rätselhaft lagen. Jedes neuere Lehrbuch gestattet dem interessierten Leser ein tieferes Eindringen (sehr schön und leichtverständlich z. B. in *Lechers* Lehrbuch der Physik für Mediziner, Teubner, Leipzig; vortrefflich und etwas ausführlicher in: *Wilhelmy*, Die physikalischen Grundlagen des Röntgenverfahrens radiologischer Praktika Bd. 14, Georg Thieme, Leipzig).

Eines sei zum Schluß dieses Exkurses noch bemerkt: So grob auch unsere Modellbilder sind, die wir aus dem Bekannten nahmen, um uns dem Unbekannten zu nähern: sie erfassen tatsächlich einen Teil der

Wahrheit. Sonst konnten wir aus ihnen nichts schließen, mit ihnen nicht weiterkommen, weder im Experiment noch im Bau unserer technischen Geräte. Forschen, das heißt *systematisches Anpassen unseres Denkens an die Wirklichkeit*, vollzieht sich auch in solchen „Bildern“, „Modellen“ aus dem Vorrat des uns Vertrauten; dabei werden sie immer mehr angenähert, verbessert, erfassen mehr und mehr Wahrheit — aber erreichen sie niemals ganz.



Frau Berta Röntgen geb. Ludwig, im Alter.

WIE RÖNTGEN SELBST SEINE ENTDECKUNG ERLEBTE

Wir wissen aus Röntgens eigenem Munde — er teilte dies dem Reporter Dam und außerdem seiner Adoptivtochter, Nichte seiner Frau, am 2. April 1930 so mit —, daß er seine Entdeckung am Freitagabend, den 8. November 1895 „zu später Abendstunde“ machte, „in der sich keine dienstbaren Geister mehr im Laboratorium befanden.“

Und Frau Röntgen hat einmal im Kreise der befreundeten Familie Boveri erzählt, daß die Wochen der Entdeckungszeit schrecklich gewesen seien. Ihr Mann, sagte sie, sei damals zu spät und schlecht gelaunt zu Tisch gekommen, habe wenig gegessen, nichts gesprochen und sei sofort nach dem Essen wieder ins Institut „gerannt“. Auf die Frage, was denn los sei, habe es keine Antwort gegeben. — Röntgen gab zu der Äußerung seiner Frau die Erklärung: Die Entdeckung der durchleuchtenden Strahlen sei ihm zuerst so erstaunlich vorgekommen, daß er immer wieder habe nachprüfen müssen, ob er sich nicht getäuscht habe, bevor er sie selbst für gesichert hielt. Daß eine solche erste Schau in eine neue, dem Menschengeschlecht bisher ganz unbekannte, ja unvorstellbare Welt den Entdecker bis in die letzte Tiefe erschüttert, daß er von Zweifel und Hoffnung hin und hergerissen kaum mehr den Alltag bemerkt, weil er in Gedanken woanders weilt, nicht hört, was man ihm sagt, den Eindruck unguter Laune macht, das versteht sich leicht bei einem Charakter, dem innere Erregung den Mund verschließt. Es ist diese Spannung: Nur jetzt nicht versagen in Beobachtung und Deutung, nur jetzt alle Kräfte darauf vereinen: das Phänomen festzuhalten, zu wiederholen, zu sichern, sein Geheimnis so weit als möglich zu entschleiern. Der Bann dieses Mysteriums läßt keine Ablenkung zu.

Röntgen hat später — wie einst Isaac Newton — viele Papiere vor seinem Tode vernichtet, die sein eignes Leben und Erleben

betrafen. Röntgen hat testamentarisch die Verbrennung vieler weiterer Dokumente nach seinem Tode verfügt, darunter vor allem solcher aus der Entdeckungszeit.

Es ist eine eigentümliche Tatsache, daß wir über die Vorgänge — die äußeren und vornehmlich die inneren — jener großen Stunden, da der Geist des Schöpfers sich einem Erwählten offenbart, von diesem selten unterrichtet werden. Die meisten Entdecker haben von diesen Zeiten der Begegnung nicht sprechen können. Es ist wohl eine heilige Scham dabei im Spiel. Vom Tiefsten in der Menschenseele zu sprechen, dünkt schier Entweihung. Die Sprache reicht nicht — ach, sie reicht oft nicht aus schon bei geringerem Anlaß —, und so würde ausgesprochen alles entheiligt sein. Röntgen selbst wußte, daß er die Meisterschaft der Sprache nicht besaß; das hat er in seinen Briefen öfters angedeutet. So schwieg er.

Aber noch ein Umstand spielt hinein: Die Erinnerung an diese entscheidende Zeit war ihm verdorben, der Lärm und der Glanz der Sensation, des Ruhmes, und das Geflüster des Neides waren einem Manne, der sich so schwer erschloß, der die Öffentlichkeit scheute, eine Qual. Er verteidigte sich gegen den Andrang. Freilich, es gab auch Freude dazwischen. Frau Röntgen hat die Stimmung damals in einem Brief geschildert, den sie an Frau Luise Grauel nach Indianapolis am 4. März 1896 richtete. Dies war die Gattin eines Onkels von Röntgen, Ferdinand Grauel, der 1872 nach der Neuen Welt ausgewandert war. „Willy“, schreibt darin Frau Röntgen, „weiß vor Arbeit nicht, wo er bleiben soll. Ja, liebe Luise, es ist keine Kleinigkeit, ein berühmter Mann zu werden, und die Wenigsten haben einen Begriff, welche Arbeit und Unruhe so etwas mit sich führt. — Als Willy mir im November erzählte, daß er eine schöne Arbeit habe, hatten wir noch keinen Begriff, wie die Sache aufgenommen werde. Doch kaum hatte er die Arbeit publiziert, so war unsere häusliche Ruhe dahin. — Jeden Tag muß ich staunen über die enorme Arbeitsfähigkeit meines Mannes, daß er neben den tausend Kleinigkeiten, die ihm zugemutet werden, noch die vollen Gedanken bei seiner Arbeit behält. „ Sie schreibt dann, daß sie eine Erholungsreise mit ihm plant, und fährt fort: „Ich danke ja jeden Tag unserem lieben Gott, daß er ihn so gesund und kräftig ausgerüstet; nichtsdestoweniger mache ich mir oft Sorgen, daß es

nicht doch einmal zu viel werden könnte. „Dann spricht sie von der Freude und Dankbarkeit für den Erfolg: „Es müßte beängstigend sein, wenn der Mann, dem solches beschieden, ein eitler wäre. Doch Du kennst meinen braven, bescheidenen Mann... und wirst begreifen, daß die höchste Freude ihm dadurch wurde, daß es ihm vorbehalten war, im Dienste der reinen Wissenschaft etwas Tüchtiges geleistet zu haben.“

Die Besorgnis vor den Folgen seiner Entdeckung, die Röntgen, den Stillen, Unnahbaren erfüllte, machte sich nach einiger Zeit dem Schrecken darüber Platz, daß der Ruhm den Selbstbesitz der Persönlichkeit bedroht und sie der Öffentlichkeit ausliefern will — um sie eine fremde Rolle auf der Bühne der Welt spielen zu lassen, statt der eigenen Bestimmung zu folgen. Das bedrückte Röntgen so sehr, daß er immer verschlossener wurde, immer gepanzerter erschien. Aber ganz im Anfang hat er doch einmal einem guten Berichterstatter freundlich und ohne Scheu Auskunft gegeben. Wir sprachen schon davon im 7. Kapitel. Es war der Reporter H.I.W.Dam vom McClure's „Magazine“; die Veröffentlichung erfolgte im April 1896, und sie galt als zuverlässig.

— Da sie eine der ganz wenigen erhaltenen Äußerungen Röntgens ist, die zeigen, was er selbst damals dachte und erlebte, ist sie für die Sache und die Person von so großem Wert, daß sie hier wiedergegeben sei:

„Am Pleicher-Ring, einer sehr schönen Straße mitten in der Stadt, liegt Prof. Röntgens Wirkungskreis, das Physikalische Institut. Es ist dies ein bescheidenes Gebäude von zwei Stockwerken und Keller. Im oberen Stock hat er seine Wohnung, der Rest des Gebäudes wird für Vorlesungsräume, Laboratorien und zugehörige Räume benutzt. Ein alter Mann öffnete die Tür und führte mich durch einen Korridor, der durch die ganze Länge des Gebäudes lief, in ein kleines Zimmer auf der rechten Seite. In demselben standen ein großer Tisch und ein kleiner Tisch am Fenster, der ganz mit Photographien bedeckt war, während eine Reihe von Gestellen an der Wand mit Laboratoriums- und anderen Apparaten gefüllt waren. Durch eine offene Tür sah man in einen etwas größeren Raum von ungefähr 60 X 45 Fuß. Dieses war das Laboratorium, in welchem die Entdeckung stattfand, und das deshalb, so bescheiden es auch ist, von dauerndem geschichtlichem Wert bleiben wird. In der linken Ecke stand ein anderer großer Tisch; ein

zweiter kleinerer, auf dem lebende Knochen zum ersten Male photographiert worden waren, stand nahe dem Ofen, links von einer Rühmkorff'schen Induktionsspule. Dieses Laboratorium sprach für sich selbst. Vergleicht man es z. B. mit den wunderbar eingerichteten und kostspieligen Laboratorien der Universität London oder irgend einer der großen amerikanischen Universitäten, so ist es kahl und anspruchslos.

Plötzlich trat Herr Prof. Röntgen ein. Er ist groß, schlank und sehr beweglich, und aus seiner ganzen Erscheinung spricht Begeisterung und Energie. Er trug einen dunkelblauen Anzug, und sein langes dunkles Haar stand aufrecht auf seiner Stirn, so als ob es dauernd durch seine eigene Begeisterung elektrisiert wäre. Er hat eine volle tiefe Stimme, spricht schnell und gibt im allgemeinen den Eindruck eines Mannes, der mit unermüdlichem Eifer einer geheimnisvollen Erscheinung nachgehen wird, sobald er nur auf deren Spur ist. Seine Augen sind gütig, schnell und durchdringend, und zweifellos zieht er Crookes'sche Röhren seinem Besucher vor, da zur Zeit die Besucher ihm viel seiner kostbaren Zeit rauben. Da jedoch unser Zusammentreffen verabredet, war, war sein Gruß freundlich und herzlich.

„Nun“, sagte er lächelnd und mit einiger Ungeduld, als einige persönliche Fragen, die ihm unangenehm waren, erledigt waren, „Sie sind gekommen, um die unsichtbaren Strahlen zu sehen.“

„Ist das Unsichtbare sichtbar?“

„Nicht direkt mit dem Auge, aber die Wirkungen sind sichtbar. Kommen Sie bitte hierher.“

Er führte mich in den anderen Raum und zeigte die Induktionsspule, mit welcher seine Untersuchungen gemacht worden waren, eine gewöhnliche Rühmkorff'sche Spule von etwa 4—6 Zoll Funkenlänge, die mit einem Strom von 20 Ampère betrieben wurde. Zwei Drähte gingen von der Spule aus durch eine offene Tür in einen kleineren zur Rechten gelegenen Raum. In diesem Zimmer befand sich ein kleiner Tisch, auf dem eine Crookes'sche Röhre stand, die mit der Spule verbunden war. Der merkwürdigste Gegenstand in diesem Räume war jedoch eine große und mysteriös aussehende Zinkkiste, die ungefähr 7 Fuß hoch und 4 Fuß im Quadrat war. Sie stand auf einem Ende wie eine große Kiste, und eine ihrer Seiten war nur etwa 5 Zoll von der Crookes'schen Röhre entfernt.

Der Professor erklärte das Geheimnis dieser Zinkkiste und sagte, daß er sie gebaut hätte, um eine tragbare Dunkelkammer zu haben. Im Anfang seiner Untersuchungen benutzte er das ganze Zimmer, wie man noch aus den schweren schwarzen Vorhängen ersehen konnte, die alles Licht von den Fenstern abhielten. An einer Seite der Zinkkiste, und zwar direkt gegenüber der Röhre, war ein rundes Aluminiumblech von 1 mm Dicke und ungefähr 18 Zoll im Durchmesser angebracht, welches an das es umgebende Zink angelötet war. Um die Strahlen zu untersuchen, brauchte der Professor also nur den Strom einzuschalten und nach dem Eintritt in die Kiste die Tür zu schließen, um dann in vollkommener Dunkelheit nur das Licht oder die Effekte seines Lichtes zu studieren.

„Gehen Sie hinein“, sagte er, indem er die Tür auf der der Röhre entgegengesetzten Seite der Kiste öffnete. „Auf dem Gestell liegt ein Stück Bariumpapier“, sagte er und ging dann hinüber zu der Induktionsspule. Die Tür wurde geschlossen, und es wurde vollständig dunkel im Innern der Kiste. Ich fand einen Stuhl, auf welchen ich mich setzte. Dann fand ich das Gestell auf der Seite in der Nähe der Röhre und auch einen Papierbogen, der mit Bariumplatinzyanür bestrichen war. Ich sah nun das erste Phänomen, welches die Aufmerksamkeit des Entdeckers auf sich gezogen und zur Entdeckung geführt hatte, nämlich den Durchgang der Strahlen, die selbst ganz unsichtbar sind und deren Vorhandensein nur durch die Wirkung, die sie auf sensitiviertem photographischem Papier hervorrufen, bemerkt werden kann.

Im nächsten Augenblick wurde die Dunkelheit durchsetzt von dem schnell wechselnden Geräusch des Erzeugers des Hochspannungsstromes, und ich wußte, daß die Röhre außen am Kasten glühte. Ich hielt den Papierbogen in die Höhe, ungefähr 4 Zoll von der Platte weg. Es zeigt sich jedoch nichts.

„Können Sie etwas sehen?“ rief er.

„Nein.“

„Dann ist die Spannung nicht hoch genug“ ; er erhöhte die Spannung durch Bewegung eines nahe bei der Spule stehenden Apparates, der Quecksilber in langen, aufrechtstehenden Röhren enthielt, die automatisch durch einen Gewichtsheber bewegt wurden. Nach wenigen Minuten konnte ich wieder das Geräusch der Entladung hören und sah dann zum ersten Male die Wirkung der Röntgenstrahlen.

Sobald der Strom floß, begann das Papier zu leuchten. Über die ganze Oberfläche verbreitete sich ein gelbgrünes Licht in Wellenform wolkenförmig oder kurz aufleuchtend. Die gelbgrüne Lumineszenz zitterte und veränderte sich im selben Rhythmus wie die schwankende Entladung, was in der Dunkelheit sonderbar aussah. Die unsichtbaren Strahlen flogen durch die Metallplatte, das Papier, mich und die Zinkkiste hindurch und waren von einer merkwürdig interessanten, aber geheimnisvollen Wirkung. Die Metallplatte schien der fliegenden Kraft keinen besonders großen Widerstand entgegenzusetzen, und das Fluoreszenzlicht war genau so, als ob nichts zwischen der Röhre und dem Schirm gelegen hätte.

„Stellen Sie das Buch dazwischen.“

Ich fühlte auf dem Gestell herum in der Dunkelheit und fand ein schweres Buch, etwa 2 Zoll dick, welches ich gegen die Platte legte. Ich konnte keinen Unterschied bemerken. Die Strahlen flogen durch das Metall und das Buch hindurch, so als ob keines von beiden dagewesen wäre, und die Lichtwellen, die wie Wolken über das Papier hinwegrollten, zeigten keine Änderung in ihrer Lichtstärke.

Dieses war eine klare Demonstration, mit welcher Leichtigkeit Papier und Holz von den Strahlen durchdrungen werden. Ich legte das Buch und Papier weg und richtete meine Augen gegen die Strahlen. Es blieb jedoch alles schwarz, und ich sah und fühlte nichts. Die Entladung hatte ihre Höchststärke erreicht, und die Strahlen flogen durch meinen Kopf und so weit ich denken konnte, durch die Seite der Kiste hinter mir. Sie waren jedoch unsichtbar und unfühlbar. Sie erregten keinerlei Empfindung; die mysteriösen Strahlen können nicht gesehen, sondern nur nach ihren Wirkungen beurteilt werden.

Ich verließ ungern diese historische Zinkkiste, aber da die Zeit knapp wurde, dankte ich dem Professor, der sehr glücklich über seine Entdeckung war.

Ich fragte dann: „Wo haben Sie zum ersten Male lebende Knochen photographiert?“

„Hier“, sagte er, indem er mich in den Raum führte, wo die Spule stand. Er zeigte auf einen Tisch, auf welchem ein anderer kleinerer mit kurzen Füßen stand; letzterer hatte mehr die Gestalt

und Größe eines Holzsitzes. Er war 2 X 2 Fuß groß und ganz schwarz angestrichen.

„Wie machten Sie die erste Photographie einer Hand?“ Der Professor ging nach einem Gestell in der Nähe des Fensters, auf dem eine Reihe von vorbereiteten Glasplatten lagen, die dicht in schwarzes Papier eingepackt waren. Er befestigte eine Crookes'sche Röhre unter dem Tisch, so daß sie nur wenige Zoll von der unteren Tischseite entfernt war. Daraufhin legte er seine Hand flach auf den Tisch und legte eine Platte lose auf seine Hand.

„So müßten Sie eigentlich gemalt werden“, sagte ich.

„Ach Unsinn“, sagte er und lachte.

„Oder photographiert.“ Dieser Vorschlag wurde mit einer gewissen heimlichen Absicht gemacht. Die Strahlen von Röntgens Augen jedoch durchdrangen unmittelbar diese Absicht.

„Nein, nein“, sagte er, „ich kann Ihnen nicht erlauben, von mir Aufnahmen zu machen; ich habe keine Zeit dazu.“

Auf jeden Fall war der Professor zu bescheiden, um den Wünschen einer neugierigen Welt nachzukommen.

„Nun, Herr Professor“, sagte ich, „wollen Sie so freundlich sein, mir die Geschichte der Entdeckung zu erzählen?“

„Da gibt es eigentlich keine Geschichte“, antwortete er. „Ich interessierte mich schon seit langer Zeit für die Kathodenstrahlen, wie sie von *Hertz* und speziell von *Lenard* in einer luftleeren Röhre studiert worden waren. Ich hatte die Untersuchung dieser und anderer Physiker mit großem Interesse verfolgt und mir vorgenommen, sobald ich Zeit hätte, einige selbständige Versuche in dieser Beziehung anzustellen; diese Zeit fand ich Ende Oktober 1895. Ich war noch nicht lange bei der Arbeit, als ich etwas Neues beobachtete.“

„Welches Datum war es?“

„Der 8. November.“

„Und welcher Art war die Beobachtung?“

„Ich arbeitete mit einer Hittorf-Crookes'schen Röhre, welche ganz in schwarzes Papier eingehüllt war. Ein Stück Bariumplatin-zyanürpapier lag daneben auf dem Tisch. Ich schickte einen Strom durch die Röhre und bemerkte quer über das Papier eine eigentümliche schwarze Linie.“

„Was war das?“

„Die Wirkung war derart, daß sie den damaligen Vorstellungen gemäß nur von einer Lichtstrahlung herrühren konnte. Es war aber ganz ausgeschlossen, daß von der Röhre Licht kam, weil das dieselbe bedeckende Papier sicherlich kein Licht hindurchließ. selbst nicht das einer elektrischen Bogenlampe.“

„Was dachten Sie sich da?“

„Ich dachte nicht, sondern ich untersuchte. Ich vermutete, daß die Wirkung von der Röhre herkommen müsse, und prüfte nach dieser Richtung hin genauer. Bald war jeder Zweifel aus-geschlossen. Es kamen ‚Strahlen‘ von der Röhre, welche eine lu-mineszierende Wirkung auf den Schirm ausübten. Ich wiederholte den Versuch mit Erfolg in immer größeren Entfernungen, fast bis zu 2 Metern. Anfangs hielt ich sie für eine neue Art von Licht. Sicher aber war es etwas Neues, noch Unbekanntes. “

„Ist es Licht?“

„Nein, denn es kann weder reflektiert noch gebrochen werden.“

„Ist es Elektrizität?“

„Nicht in der bekannten Form.“

„Was ist es dann?“

„Ich weiß es nicht. Nachdem ich die Existenz einer neuen Art von Strahlen nachgewiesen hatte, ging ich daran, ihre Eigenschaft zu untersuchen. Es zeigte sich aus den Versuchen bald, daß die Strahlen ein ungewöhnliches Durchdringungsvermögen besitzen, und zwar von einer Kraft, die bis jetzt an Strahlen unbekannt ist. Sie durchdringen Papier, Holz und Tuch mit Leichtigkeit, und innerhalb gewisser Grenzen spielt die Dicke der Substanz überhaupt keine Rolle. Die Strahlen gehen durch alle untersuchten Metalle hindurch, und zwar mit einer Leichtigkeit, die im umgekehrten Verhältnis zur Dichtigkeit des Metalls zu stehen scheint. Diese Erscheinungen sind alle ausführlich in meiner Abhandlung besprochen, welche ich der Würzburger Physikalisch-Medizini-schen Gesellschaft vorgelegt habe; dort finden Sie auch alle Resultate angegeben.

Da die Strahlen diese große Durchdringungskraft hatten, schien es selbstverständlich, daß sie auch durch Fleisch hindurchgehen konnten, und den Beweis fand ich beim Photographieren der Hand, wie ich Ihnen das schon zeigte.“

„Wie denken Sie sich die weitere Entwicklung der Anwendung der Strahlen?“

„Ich bin kein Prophet und liebe das Prophezeien nicht. Ich setze meine Untersuchungen fort, und sobald meine Resultate sich bestätigen, werde ich sie veröffentlichen.“

„Denken Sie, daß die Strahlen so geändert werden können, daß Sie damit die Organe des menschlichen Körpers aufnehmen könnten?“

Anstatt einer Antwort nahm er die Photographie einer Schachtel mit Gewichten „Hier sind schon solche Änderungen“, sagte er, indem er die verschieden starken Schatten zeigte, die durch das Aluminium, Platin und Messing der Gewichte und durch die Messingscharniere verursacht worden waren, und man konnte selbst die gedruckten metallunterlegten Buchstaben des Deckels gerade noch erkennen.

„Herr Prof. Neußer hat schon mitgeteilt, daß Aufnahmen der inneren Organe möglich sein werden.“

„Wir werden ja sehen, was wir sehen werden. Wir haben den Anfang gemacht, und mit der Zeit werden die weiteren Entwicklungen folgen.“

„Es gibt noch viel zu tun, und ich bin sehr beschäftigt.“

Er reichte mir zum Abschied die Hand, aber seine Augen wanderten schon zurück zu seiner Arbeit in das Innere des Laboratoriums.“

Wer die Geschichte der Physik kennt, kommt unwillkürlich auf den Vergleich: Röntgen war wie Newton manuell überaus geschickt. So wie Röntgen antwortete, hätte auch Isaac Newton geantwortet, hätte ein Reporter ihn befragt. „Ich dachte nicht, ich untersuchte“ sagte Röntgen. „Hypotheses non fingo“ sagte Newton. Auf die Frage: „Was ist es denn?“, gibt Röntgen Antwort: „Ich weiß es nicht.“ Das hat Newton auch oft erwidert Und auf die Frage: „Wie denken Sie sich die weitere Entwicklung...?“ sagt Röntgen: „Ich bin kein Prophet und liebe das Prophezeien nicht. Ich und ich bin sehr beschäftigt.“ Auch Newtons Besucher hatten, setze meine Untersuchungen fort... “ „Es gibt noch viel zu tun, wie Dam, oft den Eindruck, daß er trotz aller Freundlichkeit den Augenblick ersehnte, wo er mit seinen Gedanken, Instrumenten und Berechnungen wieder allein sei.

SPÄTERE LEBENSJAHRE

Röntgen hat seine Entdeckung als Mann von fünfzig Jahren gemacht. So ist das hundertste Gedenkjahr seiner Geburt zugleich das fünfzigste der Entdeckung. Fast 28 Erdenjahre waren dem nun so Berühmten noch beschieden; und der alltäglichen Art menschlichen Urteils entspricht die Ansicht, der sei glücklich zu preisen, der so von der ganzen Welt geehrt und anerkannt, mit Titeln, Orden, Auszeichnungen überhäuft, im Wohlstand an hoher Stelle lebend, seine Tage verbringen dürfe. Doch diese Meinung trifft ebenso selten zu, wie die andere, die Enttäuschungen, Schicksalsschläge, Schwierigkeiten für Unglück, Annehmlichkeiten, Erfolge für Gnaden hält. Röntgens glücklichste Lebenszeit fand mit seinem Erfolg ihr Ende.

Es sei nicht geschildert, was alles auf ihn eindrang. Es ist begreiflich, daß eine solche Entdeckung, die wie ein Fanal über die Welt geht und die Zeitgenossen spüren läßt, hier bricht Neues in den Lebensraum der Menschheit ein, Befugte und Unbefugte, Wissens begierige und Sensationsbegierige heranlockt. Aber es ist furchtbar, wie diese Anteilnahme der Welt den Lebenslauf eines Menschen erschüttert, ja mit Zerstörung bedroht, dessen Werk die Stille des Geistes und die Konzentration des Schweigens verlangt. Er war schon vor seinem Würzburger Vortrag zu Kaiser Wilhelm II. nach Berlin gerufen worden — oder wie der offizielle Ausdruck hieß: „befohlen“ worden, hatte am 13. Januar 1896 im königlichen Schloß vor dem Kaiserpaar, der Kaiserin Friedrich, dem preußischen Kultusminister Bosse, dem Chef des Kaiserl. Zivilkabinetts Lucanus und anderen Würdenträgern vorgetragen und experimentiert, war mit einem Orden geschmückt heimgekommen, um danach konsequent jede weitere Einladung, woher sie auch kam, abzulehnen. Es regnete solche Aufforderungen. Gelehrte, Reporter, Prominente aller Länder suchten ihn. Wagenladungen von Briefen kamen aus aller Welt, und eine Flut von Ehren ergoß

sich über ihn — schließlich waren es weit über hundert Ernennungen, Auszeichnungen, Orden, Ehrenurkunden aller Art. Er aber *litt darunter und zog sich in sich selbst zurück*. Mit ihm litt seine Frau, deren berechtigtes, freudiges und stolzes Glück über den großen Erfolg bald der Sorge Platz machte. Röntgen, der bei all seiner athletischen Größe ein scheuer, ja fast schüchterner Mann war, der nur im Kreise der Familie und der Freunde wie ein Kind fröhlich sein konnte, wurde noch stiller und verbarg seine Scheu durch Unnahbarkeit. Man berief ihn auf den Lehrstuhl der größten Bayerischen Universität, nach München. Er folgte. Aber sein Herz blieb in Würzburg und — in der Schweiz. Dorthin floh Röntgen mit seiner Frau und einigen Freunden, so oft sie konnten, vierzigmal und mehr im Laufe seines Lebens. Und dort vertauscht er die sorgfältig gepflegte Stadtkleidung mit einem möglichst rauen Berggewand, sucht die steilsten und einsamsten Pfade. Dort taut er auf und wird wieder froh. Aber in München selbst, in der kühleren, steiferen Atmosphäre der Großstadt und des Königshofes bekommt man ihn nicht leicht zu sehen. Er leidet unter den neuen Verhältnissen. Er leidet noch mehr unter der Bosheit von Feinden und Neidern — wem blieb sie wohl erspart? Man bestreitet ihm die Entdeckung, man erzählt Märchen von einem Diener, der das Phänomen zuerst gesehen habe — der aber zur Entdeckungszeit gar nicht bei Röntgen tätig gewesen war. Man berichtet, Zehnder habe vor ihm die Entdeckung gemacht, — aber Zehnder selbst weist das mit Entschiedenheit zurück. Röntgen selbst kann sich nicht verteidigen, er kann, verletzt, nur schweigen. Er wird Exzellenz, er wird Geheimrat, er wird geadelt und weist den Adel zurück. Das wurde ihm sehr übel genommen von denen, die ihn angenommen hatten oder gerne angenommen hätten. Dann kommt zum ersten Male der Nobelpreis für Physik zur Verteilung, den Röntgen im Jahre 1901 erhält. Bei der Feier, die seine Mitarbeiter und seine Freunde bei seiner Rückkehr veranstalteten, sagte er etwas Typisches: er danke seinen Freunden, aber es habe keinen Sinn, ihnen allen das gleiche zu wünschen, was ihm widerfahren sei. Denn das heiße, ihnen allen das große Los wünschen. Ein solcher Wunsch aber sei sinnlos, und außerdem sei das große Los nicht wichtig, denn die höchste Freude sei die Hingabe an das Forschen, selbst. Die innere Genugtuung sei der Lohn.

So kam es, daß Röntgen in der Großstadt München, weltberühmt — ein *Einsamer* wurde. Immer mehr schloß er sich ab. Immer schwerer war es, ihm näher zu kommen. Nur den alten Freunden eröffnete er sich noch; ja er war ihnen näher als je, klammerte sich in Gedanken um so mehr an sie, je unnahbarer er für neue Begegnungen wurde.

In der steigenden Einsamkeit drückte insbesondere die Frau die Kinderlosigkeit. Das Ehepaar nahm eine Nichte von Frau Röntgen, die den gleichen Mädchennamen, Bertha Ludwig, trug, zu sich und adoptierte sie später. Frau Röntgen war immer ein wenig kränklich und wurde leicht leidend. Röntgen paßte sein ganzes Leben, seinen Verkehr, seine Zeiteinteilung nach Möglichkeit diesem Zustande seiner Gefährtin an.

Röntgen ging auf keinen Kongreß. Röntgen besuchte keine Kolloquien mehr. Und Fakultätssitzungen waren ihm widerlich. Er liebte die Rede nicht und die Diskussion — in der Gefahr besteht, daß der Gewandte, Bewegliche über den siegt, der recht hat — noch weniger, auch hierin Isaac Newton ähnlich.

Dagegen las er und arbeitete unausgesetzt an der Vertiefung seines eigenen Wissens. Röntgen besaß ein vorzügliches Gedächtnis, kannte die Literatur seines Faches und war weit darüber hinaus beschlagen, besonders, jedoch nicht nur in Naturwissenschaften. Politische und wirtschaftliche Dinge lagen ihm fern.

Vor dem Weltkrieg erfüllte ihn die Sehnsucht, sich vom Lehramt zurückzuziehen, um sich ganz der Forschungsarbeit hinzugeben. Aber dann brach das Unheil des ersten Weltkriegs aus; es fehlte an Kräften im Inland, und er blieb im Amt. Sein großer Trost war jetzt, zu erfahren, daß seine Strahlen vielen, vielen Menschen helfen. Wenn man ihm davon erzählte, bemerkte man an dem Leuchten seiner Augen, daß es ihn glücklich machte. Nun kamen die harten Schläge des Krieges, der Mangel und die wirklich schwere Sorge um das tägliche Brot, die den 72-jährigen überfielen. Dabei war seine Frau schwer krank. Nierenkoliken mit immer häufiger wiederkehrenden Anfällen quälten sie entsetzlich. Eine Operation war wegen ihres schwachen Herzens unmöglich. Röntgen machte ihr täglich die Morphinum und Pantoponeinspritzungen selbst, jahrelang, bis zu fünf am Tage, mit der Sorgfalt und den geschickten Händen des meisterhaften Experimentators. Seine

Frau suchte in jeder Stunde, da es ein wenig besser ging, ihm durch Fröhlichkeit und Scherzen die Stimmung zu erleichtern. Aber dann kam die unerbittliche Stunde des Scheidens. Die Gattin starb ein Jahr nach dem Kriegsende, 80 Jahre alt, am 31. Oktober 1919, in seinen Armen.

Seine Freunde starben. Boveri, der große Zoologe, Chromosomenforscher, Kollege seiner Würzburger Zeit und Wanderkamerad in den Bergen, einer seiner liebsten Freunde, von Hippel, der Augenarzt, die Chirurgen Schönborn und Krönlein, die Anatomen v. Kölliker und Stöhr, der Gynäkologe Hofmeister, der Altphilologe Hitzig, der Züricher Arzt Kitzmann — alles liebe Fahrt- und Wandergenossen, und viele andere Bekannte seiner glücklichen Zeit schieden vor ihm aus dem Leben.

Es ward einsam um Röntgen. Doch trug er pflichtgetreu seine Last und hielt die Vorlesung bis zum Jahre 1920. Dann behielt er noch zwei Zimmer für die eigene Forschung im Institut, bis zum 75. Lebensjahre weiterarbeitend. Unausgesetzt nahm er an den Fortschritten der Wissenschaft teil. Die wunderbaren Arbeiten des theoretischen Physikers *Sommerfeld*, seines 1906 nach München berufenen nächsten Kollegen, die herrliche Entdeckung des Sommerfeld-Schülers *Laue* (die Sicherung der Wellennatur seiner Strahlen) erfüllten ihn mit Freude. Er selbst hatte sich schließlich ganz seinem Lieblingsthema, der Kristallphysik, ergeben, das ihn bis zum Schlusse seines Lebens festhielt.

Aus dieser Zeit stammen die meisten Briefe, die im 14. Abschnitte dieses Buches auszugsweise und zum ersten Male der Öffentlichkeit übergeben werden. Ich verdanke sie dem noch in Vollkraft wirken den nahen Freunde Röntgens, dem Basler Ophthalmologen Ernst Wölfflin. Sie erzählen besser, als ich es könnte, von Röntgens späterer Zeit, wo der Gram des Krieges, des Zusammenbruches des Vaterlandes, der Verlassenheit in einer verwandelten Welt, das Gefühl der nachlassenden Lebenskraft ihn durstig macht nach dem Trost der Erinnerung, nach jedem Wiedersehen mit den letzten Freunden, die ihm blieben, nach jedem Funken Licht im Duster seiner Tage und nach einem letzten Verweilen in den Bergen, wo er am glücklichsten war.

AUS EIGENER ERINNERUNG

Fünfzig Jahre sind nun seit jener Entdeckung verflossen. Ich brauche nicht zu sagen, was aus dem Aufleuchten des Fluoreszenzschirmes in der Nacht vom 8. November 1895 geworden ist. Wieviele Millionen Menschen haben Rettung oder Erleichterung in ihrem Leiden gefunden, sei es durch die bessere Erkennung ihrer Krankheit, sei es durch den heilenden Einfluß der Strahlen ! Kriege kosten entsetzliche Opfer, Millionen Menschen gehen zu Grunde. Aber im Laufe von Dezennien, von Generationen werden noch mehr Millionen Menschen durch diese Entdeckung gerettet. Und mehr: Die Röntgen'sche Entdeckung hatte für die Geistesgeschichte, nicht nur für die Geschichte der Physik, eine Tragweite, die sich erst im Laufe der Jahre enthüllte. Wir werden davon noch sprechen.

Aber die Zeugen dieser Zeit werden selten. Nicht allzu viele leben noch, die von Anfang an diese Entwicklung mitgemacht oder aus der Nähe beobachtet haben. Viele Hunderte Radiologen sind an Strahlenschädigung gestorben. Für die alte Generation der Radiologen, gewissermaßen die geistigen Söhne Röntgens, gilt, daß die Höhe des Berges überschritten ist und daß die Schatten des Abends auf den Abstieg fallen. Darum ist es doch wohl richtig, noch von jenen Zeiten Selbsterlebtes zu berichten, bevor es zu spät ist, obgleich natürliche Scheu die Feder hemmt. Denn es ist ja unmöglich, Erlebtes zu erzählen, ohne von sich selbst zu sprechen:

Als im Jahre 1896 durch Zeitungen die ersten sensationellen Meldungen von der Würzburger Entdeckung gemacht wurden, war ich noch Gymnasiast in meiner Vaterstadt Aschaffenburg, die eine gute Schnellzugsstunde von Würzburg entfernt liegt. Ich erinnere mich noch, wie mein Vater am Mittagstisch (es war eine große Tafel, denn wir waren zehn Kinder) von der Zeitung aufschauend mich anredete und auf die Nachricht von der Entdeckung der unsichtbaren Strahlen hinwies. Er wußte, daß es mich interessiere,

denn ich steckte ja jede freie Stunde — und manche eigentlich nicht freie — zwischen den Maschinen der großen Fabriken oder in meinem Zimmerchen, das ein wenig wie ein kleines physikalischtechnisches Kabinett aussah. Es dauerte nicht sehr lang, da hatte ich mir meinen Röntgenapparat gebaut, der kurz nach meinem Absolutorium auch für mich Schicksalsbedeutung bekam. Man rief mich von München, wo ich studierte, an das Bett eines meiner Brüder, der schwer an einer nicht sicher diagnostizierten Krankheit in Würzburg darniederlag. Ich reiste mit meinem selbstgebauten, transportablen Apparat dorthin, machte die Durchleuchtung im Krankenbett, und die Ärzte diagnostizierten eine tödliche Krankheit. Auf mich machte dieses Erlebnis einen entscheidenden Eindruck, der noch vertieft wurde durch Gespräche mit dem Hausarzt meines Bruders, Dr. Hofmann, und einem Freund meines Bruders, dem Würzburger Chirurgen Prof. Jakob Riedinger, den man zugezogen hatte. Insbesondere dieser riet mir dringend, mein Leben der Entfaltung dieses neuen Zweiges der Wissenschaft zu widmen. Mit Röntgens Entdeckung war der endgültige Einbruch der Physik in die Medizin erfolgt. In mir entstand unter dem Eindruck des Todes meines Bruders der Entschluß, in diesem neuen Gebiete zu arbeiten, wo Physik und Biologie sich vermählen. Schon beim Bau meines eigenen Röntgenapparates war ich auf einige technische Verbesserungen verfallen, hatte sie durch Vermittlung eines Röntgenschülers, des Physikprofessors Prof. Geigel (der in Aschaffenburg an der damaligen Forstlichen Hochschule wirkte), Röntgen eingeschickt und von ihm einen liebenswürdigen, anregend-ermunternden Brief bekommen.

Aber es sollte lange dauern, bis ich den Meister selbst eingehender sprach: In der Zeit vor dem Weltkrieg hatte ich auf Rat eines ärztlichen Mitarbeiters, Dr. Franze, begonnen, die Frage zu studieren, ob die neuen Strahlen, die an der Oberfläche der getroffenen Haut starke Reaktionen machten, wohl auch in der Tiefe des menschlichen Körpers nützliche biologische Wirkungen hervorrufen konnten. Die Oberflächentherapie, von *Leopold Freund* in Wien begründet, hatte gute Resultate. Aber nach allgemeiner und auch nach ausdrücklich verkündeter autoritärer Meinung war Tiefentherapie unmöglich, weil stets die Haut näher an der Strahlenquelle liegt als die Tiefe, und deswegen wesentlich mehr Strahlen



Das Ehepaar Röntgen verschmähte in der Schweiz Eisenbahn und Automobil.

erhält und absorbiert. Aber ich fand — nach längerer Zeit — die Möglichkeit, in der Tiefe der Körper unter gleich günstigen Bedingungen zu bestrahlen wie an der Oberfläche, und stellte sie auch experimentell sicher in Versuchen mit extrem hohen Spannungen und besonders dafür gebauten Röntgenröhren und Filterapparaten. Aber von dieser prinzipiellen und experimentellen Lösung bis zur allgemein anwendbaren technischen Lösung war noch ein sehr weiter Weg. Dann brach der Weltkrieg aus. Wegen meiner schweren Röntgenverbrennungen, die schon zu einer ganzen Reihe von Operationen geführt hatten, lehnte man mich als Soldaten ab, und ich wurde in meiner Industrie, die Röntgenapparate und andere wissenschaftliche und physikalisch-medizinische Apparate baute, gelassen. Ich benutzte jede Möglichkeit, um das Problem der Tiefenbestrahlung mit Röntgenstrahlen auch technisch zu lösen, durch Bau von neuartigen Transformatoren, Röntgenröhren, Filtern und Meßapparaten, und brachte für diesen Zweck Tage und halbe Nächte neben der Berufsarbeit in den Laboratorien des Frankfurter Physikalischen Vereins, sodann der neuen Frankfurter Universität, in der von Prof. Déguisne geleiteten Abteilung für angewandte Physik, zu. Als ich fertig war, und meiner Sache sicher zu sein glaubte, besuchte ich Röntgen. Denn es drängte mich, angesichts der neuen, nun auch *technisch* gegebenen Möglichkeiten, tiefliegende Krankheiten, besonders Tumoren planmäßig zu bestrahlen, dem Meister selbst meine Sache einmal vorzutragen. Es war in den Hungerjahren des Krieges, als ich in das von Röntgen bewohnte Haus hinter dem gewaltigen Maximilianeum eintrat, mit einigem Zagen, aber auch mit einiger Zuversicht. Ich wurde in sein Arbeitszimmer geführt, und da erhob sich der große und sichtbar abgemagerte Mann von seinem kleinen Schreibtisch, der, während Röntgen aufstand, immer kleiner zu werden schien. Dann kam das Gespräch, und ich bemerkte mit Erstaunen, daß Röntgen meine Arbeiten, besonders die letzte große Arbeit, ganz genau gelesen hatte. Es war, bei aller Freundlichkeit, doch ein kleines Examen, das er mit mir veranstaltete. Zunächst interessierte ihn sehr, wie ich die hohen Spannungen meiner Transformatorenkette gemessen habe. Ich erklärte es ihm sorgfältig und ging auf die Fehlermöglichkeiten ein. Dies schien ihm zu gefallen. Dann sprachen wir von den Absorptionsanalysen bei den sehr harten Strahlen, und schließlich ent-

faltete ich ihm die Ideen, wie man jetzt systematisch die Tiefentherapie, insbesondere die des Krebses anpacken könne, und welche Erfahrungen man schon habe. Das alles interessierte ihn lebhaft. Seine Augen leuchteten, als er von diesen Möglichkeiten hörte. Ich ging mit einem sehr tiefen Eindruck fort von dem schweigsamen Mann, der Strenge und Wohlwollen zugleich ausstrahlte. Und ich verglich ihn in Gedanken — vergleiche ich noch heute — mit einem großen Gelehrten ganz andern Typus', mit dem ich viel mehr im Leben zusammengekommen bin und in dessen Institut ich auch selbst gearbeitet habe. Der aber war damals schon heimgegangen. Ich meine *Paul Ehrlich* in Frankfurt: im Gegensatz zu Röntgen der typische Romantiker als Forscher und Gelehrter. Von seinen Ideen ganz erfüllt und erschüttert, sprach er gerne und hinreißend davon. Und ich habe ihm oft stundenlang zugehört und er hat Institut und Besucher vergessen, wenn er so „laut dachte“. Von ihm ging ein fortgesetzter Strom aus. Er quoll über, riß mit, bewegte, überstürzte sich — während Röntgen ganz still wurde. Wie manchmal war ich bei Ehrlich in seinem Zimmerchen, wo jeder Stuhl und jeder Tisch mit Zeitschriften hoch bepackt lag, und seine Aufforderung: „Bitte nehmen Sie Platz“ nicht eben leicht zu befolgen war. Wenn man sich dann hilflos umschaute, lächelte er ein wenig listig und gütig über seine Brille, nahm eigenhändig einen Stoß Zeitschriften und stülpte ihn auf einen andern, so daß eine Lücke auf dem Kanapee entstand, in die man sich setzen konnte. Dann kam die unvermeidliche Havannakiste — er rauchte ja den ganzen Tag die schwersten Zigarren — und dann gleichfalls der unvermeidliche Scherz, — ich weiß nicht, wie oft er ihn mit mir machte: „Nehmen Sie, nehmen Sie, sie sind gut, das ist das Einzige, wovon ich was verstehe“. Ehrlich konnte aber nicht nur von dem sprechen, was ihn bewegte, er konnte auch sehr sorgfältig zuhören und überlegen. Wie oft habe ich mit ihm meine Pläne für die Tiefentherapie mit Strahlen besprochen und meine bisherigen Versuche dargelegt. Er ließ sich das ganz genau und wiederholt erklären, wiederholte es in seiner eigenen Weise, geriet dann selbst in Begeisterung und machte schließlich den Vorschlag, die Sache an seinen Krebsstämmen zu studieren. Er beschaffte auch die Mittel zu diesen Versuchen — das war gar nicht so einfach, wie es heute erscheint — und beauftragte seinen Mitarbeiter, Prof.

Apolant, den Chef der Krebsabteilung seines Institutes, die Versuche mit mir zu machen. So kam es zu den ersten tierexperimentellen Krebsarbeiten an Impftumoren von Mäusen, die damals von Apolant in einem Buche von mir veröffentlicht wurden, und deren Resultate Ehrlich mir gegenüber zu der Äußerung bewogen: „Das Problem der Krebstherapie werden nicht wir Chemiker, sondern das werdet ihr Physiker lösen“. Auf den Romantiker Ehrlich wirkten die Anfeindungen und die Rückschläge der ersten Zeit nach der Entdeckung des Salvarsans furchtbar. Ich bin überzeugt daß Ehrlich zum großen Teil daran gestorben ist, wie — nach seiner Entdeckung — „der Teufel losging“. Auch Röntgen hat namenlos unter den Folgen seiner Entdeckung gelitten. Beide waren aus ihrem Gleis geworfen. Röntgen wurde der einsame, ernste, unnahbare Schweiger, der noch lange aushielt; Ehrlich, der seinen Aufregungen und Schmerzen lebhaften Ausdruck verlieh, erlosch sichtbar unter dem Andrang von störenden Geschehnissen. Wer wird sagen können, welcher Typus von Forschern vorzuziehen sei? Der klassische oder der romantische? Wir sollten, glaube ich, Gott danken, wenn er uns beide Typen schenkt. Richtig aber ist, was Ostwald von der äußeren Schätzung sagt: Der Ruhm haftet mehr an dem klassischen Typus. Der romantische, so anregend und befruchtend er auch sein mag, so schöpferisch und wegbahnend seine Ideen auch wirken, verschwindet schneller hinter seinem Werk. In kurzem weiß eine neuere Generation nicht mehr, von wem die nun schon selbstverständlichen Gedanken kommen. Doch das ist nicht so wichtig. *Die Ideen müssen lebendig bleiben und wirken*, während ihre menschlichen Schöpfer im Gesichtskreis der Menschheit verblassen.

AUS RÖNTGENS BRIEFEN

Professor Ludwig Zehnder hat, neben einigen Aufsätzen über seinen Lehrer und Chef, im Jahre 1935 einen Band Briefe zur Gelegenheit des 90. Geburtstages Röntgens im Rascher-Verlag, Zürich, erscheinen lassen und seinen ganzen Briefschatz der Universität Zürich übergeben. In dem von mir mehrfach als Quelle benutzten Buch von Otto *Glasser* (1931 bei J. Springer) hat Dr. Margret *Boveri* einen besonders wertvollen Beitrag „Persönliches über W. C. Röntgen“ geliefert, der Korrespondenzen zwischen ihm und ihrer Familie enthält.

Durch den nahen Freund Röntgens, Prof. Dr. Ernst *Wölfflin*, Basel, sind mir drei Sammlungen unveröffentlichter Briefe an Freunde gegeben worden: Briefe an den Arzt Dr. *Ritzmann*, Zürich, an den Altphilologen Prof. *Hitzig*, Zürich, und an Prof. *Wölfflin* selbst.

Daraus sind im Folgenden ausgewählte Stellen wiedergegeben. Für deren Auswahl ließ ich mich von drei Gedanken leiten: Die Nachwelt hat ein Recht, die Jugend besonders hat es, von Gesinnung, Denken, und Handeln großer schicksalsformender Menschen und von ihrer Erfahrung zu lernen. Aber dieses Recht ist begrenzt durch Takt und Ehrfurcht. Die Großen waren ja Menschen wie wir, und nicht alles, was sie im Laufe ihrer Jahre nächsten, liebsten Freunden sagten, hätten sie der weiten Welt gesagt. Und drittens, das ist vielleicht das Wichtigste: Von den Großen geht das Werk in die Welt als eine Hinterlassenschaft, die aus sich selbst wirkt. Aber der Meister eines Werkes will nicht nur dies, das objektive, selbständige Gut hinterlassen, er hat auch eine Meinung: Zum Hinterlassen kommt das Vermächtnis, die Gesinnung des Autors, in der er lebte und sein Werk schuf, der Wunsch, *wie* es wirken, wie es gebraucht werden solle. Und auch dies, was Röntgens *Seele* wünschte: wie man im Leben das Werk seines *Geistes* nutze, *dies* deuten einige Stellen seiner Briefe an, und so sind sie mitzuteilen.

Ernst Wölfflin lernte durch seine Eltern Röntgen kennen. Seine Mutter, aus Winterthur stammend, und Frau Röntgen, die sich als Züricherin fühlte, wurden Freundinnen. Der Sohn Ernst traf mit Röntgen zuerst im Jahre 1909 in Rigi-Scheidegg zusammen, und von da ab wiederholten sich die Begegnungen, insbesondere auch in Pontresina, um sich, besonders im Weltkrieg, zur letzten großen Freundschaft des alten Physikers mit einem weit jüngeren Arzte auszugestalten. Nachher verfiel die deutsche Währung, und die Schweiz, Land seiner Sehnsucht und seiner Träume, war für Röntgen verschlossen. Wölfflins Gastfreundschaft eröffnete dem Greise noch dreimal (1920, 1921, 1922) die Pforte. Der August dieser Jahre führte die Freunde im Engadin, zuletzt in Sils-Baselgia, zusammen.

Was sich durch Röntgens ganzes Leben, durch alle seine Äußerungen, alle seine Taten, bewährte, ja auch dann noch, wenn er sich in irgendeiner Sache irrte, das waren Dankbarkeit, Treue, Dienstbarkeit für die Pflicht und besonders die völlig ungebrochene Gerechtigkeitsliebe, die Unbestechlichkeit seines Urteils über Menschen und Menschenwerk, die unerschütterliche Wahrheitsliebe. Er duldet keine Lüge und er belog sich selbst nicht. Dadurch war er auch oft fähig, sich vom Milieu unabhängig zu machen, selbständig zu urteilen, Standes und Klassen Vorurteilen sich zu entziehen.

Röntgen hatte, der Politik fremd, wie er bisher war, im Anfang des ersten Weltkrieges den törichtesten Aufruf der „93 Intellektuellen“ unterschrieben. Das bereute er später sehr. Er schreibt:

„.... Aufruf..., den ich, wie mancher der Unterzeichner, auf Anraten und scharfes Drängen der Berliner dummerweise unterschrieben habe, ohne ihn vorher gelesen zu haben.

(Im Brief Röntgens an Frau Boveri 8. XII. 1920.)

Immer wieder betonte er seine Hoffnung, der Krieg werde eine Reinigung, Läuterung bringen, zur Selbstbesinnung führen, zur Zähmung der Selbstsucht, von der er auch sich nicht freispricht. Nach dem Umsturz in Bayern hat er die Objektivität, anzuerkennen, daß die neuen Männer redlich bemüht sind, die Dinge zum Besseren zu führen und Ordnung zu halten. Und er fährt fort:

„Daß wir in Deutschland im sozialen Leben von dem richtigen Weg abgenommen waren, daß statt einer wahren Heimatliebe vielfach Großmannssucht getreten war, daß wir zu materialistisch geworden waren, darüber habe ich mich auch Ihnen gegenüber schon lange vor dem Krieg geäußert... „ (Brief an Frau und Marg. Boveri v. 19. XI. 1918.)

Rassenfeindschaft war Röntgen fremd.

„Was Sie von antisemitischen Vorfällen in Würzburg schreiben, ist recht betrübend; hier ist es nicht besser; so ist z. B. kaum eine Wohnungsanzeige für Studenten in der Universität zu lesen, auf der nicht bemerkt steht: „Jude ausgeschlossen“, und mir ist ein Fall bekannt, wo eine Dame zu einem Studenten, der ein Zimmer bei ihr ansah und seinen jüdisch klingenden Namen nannte, sagte: „Juden nehme ich nicht auf.“ Daß anständige Menschen von minderwertigen Personen so offen schwer gekränkt werden können, ist ein trauriges Zeichen der Zeit!“

(An Frau Boveri, 12. V. 1921.)

Der erste Weltkrieg hatte in seinem letzten Stadium, als die moralischen Kräfte der Bevölkerung durch Überanstrengung, Enttäuschung, Hunger geschwächt waren, einen Taumel von Vergnügungssucht hervorgebracht. Diese Flucht in die Betäubung hielt auch nach dem Zusammenbruch in der Inflationszeit an. Röntgen schreibt:

„Von dem verschwenderischen, durch Aufputz und Benehmen ekelhaften Faschingleben hier können Sie sich keinen Begriff machen... Und dabei leiden so viel, viel Menschen Not! Es ist furchtbar traurig... “

(An Frau Boveri, 25. III. 1922.)

Röntgen litt um so mehr an diesen Dingen, weil er sein Vaterland wahrhaft liebte; jedoch nicht mit blinder, triebhaft-überheblicher Liebe, sondern aus *Wohlwollen* im strengen Sinne des Wortes, sehend, hoffend und strebend.

*

Röntgen erweckte immer mehr, je älter er wurde, den Eindruck der Unnahbarkeit. Der Schwall und Andrang nach seiner großen Entdeckung hatte ihn für neue Bekanntschaften verschlossen, ja menschenscheu gemacht. Nur wenige drangen noch durch den Panzer der Unzugänglichkeit, wie etwa Wölfflin und Röntgens

Assistent Cohen, in sein Innerstes ein, wo sie dann eine zuverlässige Wohnstätte hatten. Daß diese abweisende Art eine Verteidigung war für ein tiefes, fast zärtliches Gemütsleben, zeigt sich in der Korrespondenz mit seinen alten Freunden, aus der hier unveröffentlichte Stellen folgen:

Aus einem Brief vom 20. Nov. 1905 an seinen leidenden Freund Dr. Ritzmann:

„Ab und zu hören wir durch Fräulein Vögeli etwas darüber, wie es Ihnen geht, und freuen wir uns stets, wenn gute Nachrichten kommen. Auch hat wohl Krönlein meine Grüße an Sie — schon vor längerer Zeit — bestellt, und so werden Sie wohl wissen, daß wir häufig an Sie denken, und von ganzem Herzen hoffen, daß Sie nun bald wieder gesund sind. Es waren gewiß schwere Zeiten für Sie und Ihre liebe Frau, aber die Hoffnung, von einem recht lästigen Übel befreit werden zu können, und die Sicherheit, sich in der besten ärztlichen Behandlung zu befinden, die nur möglich ist, haben den Mut aufrecht erhalten. Wir rechnen darauf, daß Sie noch manchen Ferienspaziergang mit mir machen, und ich will versprechen, in Zukunft recht artig zu sein, d. h. Sie nicht wieder auf bösen Umwegen zum „schwarzen Adler“ oder Abkürzungswege durch Urwald zu führen. Wenn ich jetzt daran denke und mir vergegenwärtige, daß Sie doch krank waren, so schlägt mir etwas das Gewissen, und ich bewundere Ihre Liebenswürdigkeit und Ihre Geduld noch mehr als früher.

Also Glückauf, auf fröhliches Wiedersehen! Auch von meiner Frau herzliche Grüße... “

Zu diesem Brief sei bemerkt, daß die Zürcherin Fräulein Vögeli eine nahe Bekannte des Ehepaares Röntgen war, die in den Ferien, in Davos und anderwärts, mit ihm zusammenkam und durch ihre Lebendigkeit viel Erholung brachte. Vielleicht noch mehr als sie hat Fräulein Lotte Baur, deren Eltern mit Röntgens schon von Gießen her bekannt waren und die viele Jahre lang das Ehepaar auf Reisen im Engadin und nach dem Süden begleitete, durch ihre anregende Art die Zuneigung der beiden gefunden.

Röntgen war ein überaus leistungsfähiger und mutiger Bergsteiger. Schon in der Studentenzeit hatten die Wanderkameraden gestöhnt, wenn sie dem gewaltig ausschreitenden Röntgen bei oft waghalsigen Touren folgen sollten. Und so blieb es. Röntgen plante alle Touren, auch die gemeinsamen, aufs sorgfältigste. Aberschwere Touren ging er allein oder mit einem Führer. Mehrfach kam er dabei

in Lebensgefahr. Nun reute ihn, daß er seinen Wandergenossen überanstrengt hatte. --

Röntgens Freund Krönlein, als Chirurg und edler Arzt gleich bedeutend, starb Ende 1910. Seine Bekanntschaft hatte Röntgen gemacht, als er durch einen Hochtour-Unfall in seine chirurgische Behandlung gekommen war und von ihm wieder ganz hergestellt wurde.

In einem Brief an Ritzmann vom 16. Okt. 1910 schreibt Röntgen über Krönleins Krankheit:

„... Wenn nun auch Sie, der anfänglich optimistischer war als ich, fast alle Hoffnung aufgegeben haben, so bleibt uns beinahe nur übrig, den Wunsch zu hegen, daß der liebe Freund nicht mehr lang zu leiden haben möge. Der Gedanke, ihn zu verlieren, ist furchtbar traurig, denn er war noch sehr lebensfroh und von frischem Geiste; und er war uns allen lieb und wert !“

Prof. Hitzig und Dr. Ritzmann waren Testamentsvollstrecker Krönleins.

Brief an Prof. Hitzig vom 5. Februar 1911:

„Die Gegenstände, die meiner Frau und mir ein Andenken an unseren Krönlein sein sollen, sind richtig angekommen und haben bereits fast alle ihren Platz in den täglich bewohnten Räumen gefunden, so daß wohl kaum ein Tag vergehen wird, an dem wir nicht an unsern lieben Freund erinnert werden...“

Und nun von etwas anderem! Der Frühling steht in Aussicht, und gegen Mitte März fangen die Ferien an; etwas Erholung brauchen wir auch, und so kommt man dazu, Ferienpläne zu machen. Cadenabbia, der herrliche Erfrischungsort ohnegleichen, kommt einem wieder in den Sinn, und wenn uns auch der Gedanke an den Freund, der so gern da war und nun fehlen wird, schmerzlich berührt, so zieht es uns doch wieder mächtig dorthin! Auch Boveris denken so. Und nun wollte ich fragen, ob es nicht möglich wäre, daß Sie Ihre Erholung, die Sie gewiß brauchen, auch dort suchen würden ? Wie sehr würden wir uns darüber freuen ! Ich meine, wir kämen wieder recht gut miteinander aus. Die Frau Gemahlin darf dann auch nicht fehlen. Wie gerne würde ich sagen; Auf baldiges Wiedersehen !...“

Röntgen hatte in Weilheim ein kleines Haus gekauft und zu einem behaglichen Feriensitz ausgebaut. Dorthin floh er mit seiner Bertha, so oft es anging, aus der Großstadt, und von dort sind

viele Briefe datiert. Frau Röntgen war bereits leidend. Im Frühjahr 1913 erkrankte Röntgen selbst ernstlich.

Brief an Dr. Ritzmann vom 19. Mai 1913:

„Lieber Freund!

Sie und Ihre liebe Frau haben uns in Zürich so viel Freundschaft erwiesen, daß ich wohl annehmen darf, daß es Sie ein wenig interessiert, zu erfahren, wie es uns seitdem ergangen ist. Leider kann ich nicht viel Gutes berichten, und ich will deshalb kurz sein. Bei meiner Frau hat sich im ganzen wenig verändert: es kommen wohl hie und da ein paar ordentliche Tage, der Schmerzen sind aber sonst recht viele und heftige. Ich habe vor ca. vier Wochen in der Heidelberger Ohrenklinik eine Mittelohroperation in 3¹/₂ stündiger Narkose durchgemacht, die nach Angabe des dortigen Kollegen schon längst hätte gemacht werden müssen. Ich sei einer großen Gefahr entronnen! Von dieser Operation etc. erhole ich mich nur langsam; die Vorlesungen etc. habe ich noch nicht wieder anfangen können.“

Brief an Dr. Ritzmann vom 21. April 1914:

„Lieber Freund!

Nun habe ich Ihnen und Ihrer lieben Frau für einen Brief und noch für eine Karte herzlichst zu danken! Das Gedenken meines Geburtstages mit den guten Wünschen war mir sehr willkommen, und die Karte aus Cadenabbia hat Freude gemacht. Wir sind in diesem Frühjahr nicht aus Bayern hinausgekommen und haben nun gute fünf Wochen in Weilheim zugebracht. Der Zustand meiner armen Frau gestattet keinen Aufenthalt in der Fremde. Sie ist sehr gern hier auf dem Land, wo wir bei gutem Wetter gleich vom Zimmer in den Garten gehen können, wo wir hie und da eine kleine Ausfahrt machen, und wo es vor allen Dingen ungemein ruhig ist. Die letzte Zeit war wirklich wunderschön durch herrlichen Sonnenschein. Das Kommen des Frühlings bei uns zu beobachten, ist wirklich ein Genuß. Nur etwas Gesellschaft hätte ich meiner Frau gewünscht; es ist aber schwer, Leute einzuladen, wenn die Hausfrau manchmal verschiedene Tage hintereinander aus den furchtbaren Schmerzen nicht herauskommt und unfähig ist zu irgendeiner Verrichtung. Mir geht es verhältnismäßig ordentlich; morgen in acht Tagen fange ich meine Vorlesungen wieder an: sie haben mir im Winter über die trüben Gedanken manchmal hinweggeholfen.“

Aus dem Brief an Prof. Hitzig vom 8. Mai 1914:

... „Wärmste Glückwünsche sollen Ihnen diese Zeilen von meiner Frau und mir zu Ihrem Geburtstag überbringen ! Mögen Sie ein gutes Jahr antreten, das Ihnen Befriedigung und Freude in reichlichem Maße bringt!

Morgen werden wir Ihrer in treuer Freundschaft gedenken und den Wunsch wieder einmal lebhaft empfinden, daß uns das neue Jahr ein Wiedersehen mit Ihnen bringen möge.

Wir sind in den Ferien nicht aus Weilheim herausgekommen. Der Aufenthalt dort ist namentlich für meine Frau recht geeignet: sie kann bequem in ihr Gärtlein kommen und dort das Nötige für den Frühling und den Sommer anordnen. Das gibt mancherlei Zerstreung. Nur konnte sie in den ersten Wochen gar nichts tun, denn ihr Zustand war sehr schlecht; erst zuletzt, als auch das Wetter sehr schön geworden war, ging es ihr leidlich. Und wir sind recht dankbar, daß es mit einer täglichen Einspritzung von Morphinum bis jetzt noch so geblieben ist, so daß wir den lieben Besuch von der Frau Boveri, die aus Neapel zurückgekehrt war, gut genießen konnten...“

Aus dem Brief an Prof. Hitzig vom 30. Dezember 1914:

„Lieber Freund !

Übermorgen fängt ein neues Jahr an, und wenn wir auch wissen, daß die Zukunft uns verborgen ist und dieses als ein Glück betrachten, so drängt sich doch die Frage, und diesmal wohl die bange Frage auf: Was wird das neue Jahr uns bringen? Ich brauche Ihnen, der deutsches Wesen kennt und für unsere Bestrebungen Verständnis hat, wohl nicht zu sagen, daß fast alle unsere Wünsche in dem einen aufgehen: Rettung unseres Vaterlandes aus der schweren Not!

In dieser aufregenden und sorgenvollen Zeit ist es eine Wohltat, Freunde zu haben und sich in Gedanken mit ihnen beschäftigen zu können, und es ist der Jahreswechsel der althergebrachte und geeignete Zeitpunkt, um diesen Freunden für ihre Freundschaft zu danken und ihnen herzliche Wünsche zu schicken.

Wie haben Sie den Weihnachtsabend verlebt? Wir waren in München und hatten ein kleines Bäumchen angezündet. Dankbar haben wir es betrachtet, denn in den letzten Jahren hatte sich manchmal der Gedanke eingeschlichen: diesmal wird es wohl das letzte Fest gewesen sein, das wir zusammen feiern. Geschenke gab es keine; ich hatte ein paar Musikrollen für unsere Mignon gekauft, Sonate op. 109 von Beethoven und Variationen von Brahms, die sofort in Tätigkeit gesetzt wurden, und die uns Freude gemacht haben.

Aus Zürich erhielten wir die Nachricht vom Tode des Fräulein E. Vögeli: sie war meiner Frau eine treue Freundin, und wir schätzten ihre vielseitigen Gaben und ihren Humor. Wir sahen uns fast alle Jahre ein paar Mal und wir werden sie recht vermissen...“

Aus dem Brief an Ritzmann vom 5. Januar 1915:

„... Für Ihr treues Gedenken sagen wir Ihnen beiden herzlichsten Dank. Viel Glückwünsche zu schicken, ist schon nicht mehr so sehr unserem Alter entsprechend, wenn auch jeder von uns sich manchmal denkt: dies oder jenes könnte doch die guten Freunde noch recht erfreuen. Und so kommt uns auch für Sie doch noch wohl Verschiedenes in den Sinn; aber schreiben wollen wir doch nicht darüber. Uns Deutschen liegt zur Zeit der eine große Wunsch am Herzen, gegen den alle anderen zurückstehen müssen und können: Rettung des Vaterlandes aus schwerer Not!

Der Anfall, den Ihre l. Frau gehabt hat, hat Ihnen beiden natürlich recht viel Sorgen gemacht, und wir nehmen wärmstens daran teil.

Von Hippel bekam ich zuletzt einen Brief, der glücklicherweise eine Besserung seines Zustandes meldete: die böse Hautkrankheit ging tüchtig zurück, und die Herzbeschwerden ließen auch etwas nach. Eine Zeitlang war ich um meinen lieben Freund sehr besorgt; jetzt scheint es, als ob er sich noch wieder einmal herausgerissen hat...

Überhaupt Pontresina. ! Wieviele Erinnerungen knüpfen sich für meine Frau und mich an diesen Ort! Gestern kam ein Kärtchen von unserem früheren Kutscher Emanuel Schmid, worin er auch fragt, ob wir wohl noch einmal miteinander fahren werden! Warm wird es einem ums Herz, wenn wir an die Zeiten und an die Leute von damals denken! Überhaupt an die Schweiz: wieviel Gutes und Schönes habe ich ihr zu verdanken! Fräulein Emma Vögeli hat uns nun auch verlassen; sie war meiner Frau eine treue Freundin und wir schätzten außerdem ihre vielen schönen Gaben und ihren guten Humor.

Wenn doch wieder einmal von irgendwoher eine freudige Nachricht käme!

Meine Frau hat immer schwerer unter ihrem furchtbaren Leiden zu tragen. Sie ist aber noch immer tapfer und frommen Sinnes!... “

Aus dem Brief an Hitzig vom 2. Februar 1915:

„Da trage ich nun Ihre freundliche Karte vom 31. XII. 14 vier Wochen in meiner Tasche und habe doch alle Veranlassung, sie bald zu beantworten. Leider kam ich bis jetzt nicht dazu: zwar habe ich nicht eigentlich viel zu tun, die meiste Zeit nimmt die Pflege meiner Frau in Anspruch, und doch kommt jeden Tag der Abend heran, und ich bin unzufrieden mit dem, was ich geleistet habe. An diesem Zustand ist gewiß zum größten Teil das Alter schuld..... Über den Krieg ist nicht viel zu schreiben; die Stimmung ist recht zuversichtlich, besser als vor einigen Wochen, wo in manchen Kreisen etwas

pessimistisch geurteilt wurde. Ich glaube, daß es für uns Deutsche recht nützlich ist, daß der Krieg nicht in dem Anfangstempo weitergegangen ist. Ein baldiger, siegreicher Frieden wäre m. E. uns nicht zuträglich gewesen: auch wir müssen bis in alle Volksschichten den Ernst der Sache gründlich erfahren; das kann uns vor manchem Schlimmen behüten und uns hoffentlich von mancher nicht guten Eigenschaft befreien. Das neue Brot schmeckt uns und allen, die ich sprach, recht gut, und nur in einigen Kreisen, z. B. der Meinen Landwirte, ist begreiflicherweise eine kleine Mißstimmung zu bemerken. Das wird wohl nichts schaden, und die vernünftigen Leute müssen eingehen, daß wir bis jetzt die Probe auf eine geringe Opferwilligkeit nicht gut bestanden haben, wodurch die strengeren Präventivmaßregeln nötig geworden sind. Genußsucht und Leichtsinn waren bei uns üppig ins Kraut geschossen... „„,

Aus dem Brief an Hitzig vom 17. März 1915:

„... Zurzeit liegt Boveri daran (Lungenentzündung) erkrankt im Sanatorium des Dr. Saathof in Oberstdorf im Allgäu. Wir haben vor, am 24. dort einzutreffen: Frau Boveri mit Margret, die natürlich in großer Sorge leben, wohnen dort seit etwa einer Woche in der Pension Hubertushaus, einem einfacheren Haus, und haben für meine Frau und mich auf den genannten Termin dort Zimmer bestellt. Sie können sich denken, daß die Meise mit meiner Frau mir Sorgen macht, weil ich nicht weiß, ob ich sie für die Fahrt genügend schmerzfrei machen kann. Wir hoffen aber das beste und freuen uns wenigstens im voraus in dem Gedanken, mit den Freunden Zusammensein zu können.

Vom Kriege will ich lieber nichts schreiben, ich könnte es auch nicht. Mit Rührung habe ich einen Bericht der „St. Galler Zeitung“ gelesen, der, von einem Schweizer Sanitätsoffizier geschrieben, die Erfahrungen enthält, die derselbe beim Transport der Austauschgefangenen in der Schweiz machte. Es ist doch erquickend, zu hören, daß Deutsche im Ausland Wohltaten empfangen haben!...“

Aus dem Brief an Kitzmann vom 29. April 1915:

„... Wie es meiner Frau geht, werden Sie wohl von Hitzig erfahren haben; ihr schweres Los, das sie noch immer tapfer, wenn auch nicht mehr so widerstandsfähig wie früher, trägt, wirft natürlich einen tiefen Schatten auf unseren Lebensweg. Daran ist aber nichts zu ändern! Überhaupt, Helmholtz hatte recht, als er am großen Diner bei seinem 70. Geburtstag sagte: „Die ersten 70 Jahre sind die schönsten!“, — Ich will sehr dankbar sein für alles Gute und Schöne, was mir in meinem Leben in so überreichem Maße beschieden war.

Aus dem Brief an Ritzmann vom 5. Januar 1915:

„... Für Ihr treues Gedenken sagen wir Ihnen beiden herzlichsten Dank. Viel Glückwünsche zu schicken, ist schon nicht mehr so sehr unserem Alter entsprechend, wenn auch jeder von uns sich manchmal denkt: dies oder jenes könnte doch die guten Freunde noch recht erfreuen. Und so kommt uns auch für Sie doch noch wohl Verschiedenes in den Sinn; aber schreiben wollen wir doch nicht darüber. Uns Deutschen liegt zur Zeit der eine große Wunsch am Herzen, gegen den alle anderen zurückstehen müssen und können: Rettung des Vaterlandes aus schwerer Not!

Der Anfall, den Ihre l. Frau gehabt hat, hat Ihnen beiden natürlich recht viel Sorgen gemacht, und wir nehmen wärmstens daran teil.

Von Hippel bekam ich zuletzt einen Brief, der glücklicherweise eine Besserung seines Zustandes meldete: die böse Hautkrankheit ging tüchtig zurück, und die Herzbeschwerden ließen auch etwas nach. Eine Zeitlang war ich um meinen lieben Freund sehr besorgt; jetzt scheint es, als ob er sich noch wieder einmal herausgerissen hat...

Überhaupt Pontresina! Wieviele Erinnerungen knüpfen sich für meine Frau und mich an diesen Ort! Gestern kam ein Kärtchen von unserem früheren Kutscher Emanuel Schmid, worin er auch fragt, ob wir wohl noch einmal miteinander Jahren werden! Warm wird es einem ums Herz, wenn wir an die Zeiten und an die Leute von damals denken! Überhaupt an die Schweiz: wieviel Gutes und Schönes habe ich ihr zu verdanken! Fräulein Emma Vögeli hat uns nun auch verlassen; sie war meiner Frau eine treue Freundin und wir schätzten außerdem ihre vielen schönen Gaben und ihren guten Humor.

Wenn doch wieder einmal von irgendwoher eine freudige Nachricht käme!

Meine Frau hat immer schwerer unter ihrem furchtbaren Leiden zu tragen. Sie ist aber noch immer tapfer und frommen Sinnes!...“

Aus dem Brief an Hitzig vom 2. Februar 1915:

„Da trage ich nun Ihre freundliche Karte vom 31. XII. 14 vier Wochen in meiner Tasche und habe doch alle Veranlassung, sie bald zu beantworten. Leider kam ich bis jetzt nicht dazu: zwar habe ich nicht eigentlich viel zu tun, die meiste Zeit nimmt die Pflege meiner Frau in Anspruch, und doch kommt jeden Tag der Abend heran, und ich bin unzufrieden mit dem, was ich geleistet habe. An diesem Zustand ist gewiß zum größten Teil das Alter schuld..... Über den Krieg ist nicht viel zu schreiben; die Stimmung ist recht zuversichtlich, besser als vor einigen Wochen, wo in manchen Kreisen etwas

pessimistisch geurteilt wurde. Ich glaube, daß es für uns Deutsche recht nützlich ist, daß der Krieg nicht in dem Anfangstempo weitergegangen ist. Ein baldiger, siegreicher Frieden wäre m. E. uns nicht zuträglich gewesen: auch wir müssen bis in alle Volksschichten den Ernst der Sache gründlich erfahren; das kann uns vor manchem Schlimmen behüten und uns hoffentlich von mancher nicht guten Eigenschaft befreien. Das neue Brot schmeckt uns und allen, die ich sprach, recht gut, und nur in einigen Kreisen, z. B. der kleinen Landwirte, ist begreiflicherweise eine kleine Mißstimmung zu bemerken. Das wird wohl nichts schaden, und die vernünftigen Leute müssen einsehen, daß wir bis jetzt die Probe auf eine geringe Opferwilligkeit nicht gut bestanden haben, wodurch die strengeren Präventivmaßregeln nötig geworden sind. Genußsucht und Leichtsinn waren bei uns üppig ins Kraut geschossen... „„

Aus dem Brief an Hitzig vom 17. März 1915:

„... Zurzeit liegt Boveri daran (Lungenentzündung) erkrankt im Sanatorium des Dr. Saathof in Oberstdorf im Allgäu. Wir haben vor, am 24. dort einzutreffen: Frau Boveri mit Margret, die natürlich in großer Sorge leben, wohnen dort seit etwa einer Woche in der Pension Hubertushaus, einem einfacheren Haus, und haben für meine Frau und mich auf den genannten Termin dort Zimmer bestellt. Sie können sich denken, daß die Reise mit meiner Frau mir Sorgen macht, weil ich nicht weiß, ob ich sie für die Fahrt genügend schmerzfrei machen kann. Wir hoffen aber das beste und freuen uns wenigstens im voraus in dem Gedanken, mit den Freunden Zusammensein zu können.

Vom Kriege will ich lieber nichts schreiben, ich könnte es auch nicht. Mit Rührung habe ich einen Bericht der „St. Galler Zeitung“, gelesen, der, von einem Schweizer Sanitätsoffizier geschrieben, die Erfahrungen enthält, die derselbe beim Transport der Austauschgefangenen in der Schweiz machte. Es ist doch erquickend, zu hören, daß Deutsche im Ausland Wohltaten empfangen haben!... „„

Aus dem Brief an Ritzmann vom 29. April 1915:

„... Wie es meiner Frau geht, werden Sie wohl von Hitzig erfahren haben; ihr schweres Los, das sie noch immer tapfer, wenn auch nicht mehr so widerstandsfähig wie früher, trägt, wirft natürlich einen tiefen Schatten auf unseren Lebensweg. Daran ist aber nichts zu ändern ! Überhaupt, Helmholtz hatte recht, als er am großen Diner bei seinem 70. Geburtstag sagte: „Die ersten 70 Jahre sind die schönsten!“ — Ich will sehr dankbar sein für alles Gute und Schöne, was mir in meinem Leben in so überreichem Maße beschieden war.

Nun aber, lieber Freund, seien Sie und Ihre liebe Frau von uns beiden recht herzlich begrüßt und lassen Sie bald wieder einmal etwas von sich hören. Ich bin leider von jeher ein fauler Schreiber gewesen, bekomme aber sehr gern Nachricht von meinen Freunden! In alter Treue... „„„

Röntgens Gedanken kreisen um die Kriegsnot, das Leiden seiner Frau, die Schicksale seiner Freunde. Bald trifft ihn mit Boveris Tod ein schwerer Schlag.

Aus dem Brief an Ritzmann vom 19. Juli 1915:

„... Mit meiner Frau geht es im ganzen eigentlich immer gleich: sie hat sehr viel Schmerzen auszustehen, doch sind nicht alle Tage gleich. Sie erhält jetzt täglich fünf Injektionen: 3 X 0, 02 Morphium und 2 X 0, 02 Pan-topon. Sie hält sich noch immer sehr tapfer und kann noch zufrieden und freundlich sein... „„„

Aus dem Brief an Hitzig vom 16. Oktober 1915:

„Ich muß Ihnen doch baldigst mitteilen, was mich im Augenblick stark bewegt: heute Morgen bekam ich die telegraphische Nachricht aus Würzburg, daß Boveri gestern Abend in seiner Wohnung sanft entschlafen ist! Ein wahrhaft edler, guter Mann, der an geistigen Gaben selten reich war und davon freigiebigst spendete, ist dahingegangen! Was Frau und Kind an ihm verlieren, ist nicht zum Sagen.

Vor einer Woche war ich ein paar Stunden in Würzburg, weil Nachrichten von dort mich nichts Gutes ahnen ließen. Ich fand ihn schwer krank; l der Arzt wollte aber noch nicht jede Hoffnung aufgeben. Er war allmählich ein siecher Körper geworden, aber die Krankheit, die zum Tode geführt hat, ist Tuberkulose. Ich habe sehr, sehr viel verloren, auch meine Frau, und wir sind tief traurig.

Gern würde ich etwas von Ihnen erfahren; ist der Termin für die Staroperation schon festgestellt?... „„„

Aus dem Brief an Hitzig vom 15. Dezember 1915:

„... In der allerletzten Zeit war meine Frau sehr angegriffen, und auch ich war sehr erschüttert durch den plötzlichen Tod der uns so sympathischen Frau Dr. Goedecke: das junge, liebe Geschöpf, das in der Hoffnung war, mußte nach dreitägiger Krankheit an Landry'scher Lähmung (Rückenmarksentzündung) zugrunde gehen. Der arme Mann mit seinem Kindchen tut einem so leid.

Frau Boveri war mit Margret vor einiger Zeit eine Woche bei uns, um sich etwas auszuruhen und auszusprechen. Sie hält sich so tapfer. Zerstörtes Glück an so vielen Stellen !Ein ernstes Weihnachtsfest steht uns bevor; bei Ihnen leuchten Kinderaugen dazu, und bei uns soll auch ein kleines Bäumchen angezündet werden, schon aus Dankbarkeit, daß wir beide das Fest noch zusammen feiern dürfen, wie häufig dachten wir, es wäre das letzte... ,,,

Prof. Hitzig mußte sich einer Staroperation unterziehen, bei der sich Komplikationen zeigten.

In einem Brief vom 28. März 1916 schreibt ihm Röntgen:

„... Sie können sich wohl denken, lieber Freund, wie sehr es mich drängt, um an Ort und Stelle das Nähere über Ihr Befinden zu erfahren, und ich brauche wohl kaum zu sagen, daß ich schon längst bei Ihnen gewesen wäre, wenn ich die Reise nach Zürich hätte unternehmen können. Aber ich kann nicht von meiner Frau weg, und sie mitnehmen ist insbesondere unter den jetzigen Reiseverhältnissen einfach nicht möglich. Zwar leidet meine Frau wohl weniger unter ihren Schmerzen als vor etwa einem Jahr, aber sie ist viel hilfälliger geworden, und es stellen sich von Zeit zu Zeit ganz unerwartet Zustände ein, in denen sie meiner Anwesenheit gar nicht entbehren kann. Somit muß ich auf eine Erfüllung meines Herzenswunsches verzichten.

Gestern war mein Geburtstag, zu dem Sie mir Ihre Glückwünsche sandten: wärmsten Dank dafür. Natürlich gingen unsere Gedanken häufig zu den Erlebnissen im vergangenen Jahr zurück, und immer wieder konnten wir uns aufs neue darüber freuen, daß Sie uns damals die schöne Überraschung bereiteten, selbst zu uns zu kommen. Es waren Tage mit viel Licht und Wärme, wenn auch nicht ohne Schatten! Neulich schrieb mir Warburg, dem ich zu seinem 70. Geburtstage gratuliert hatte:, Dafür, daß man sich völlig verstehe, ist, wie ich glaube, notwendige, wenn auch nicht ausreichende Bedingung, daß man zusammen jung gewesen ist ! Nun, im allgemeinen mag er recht haben: unsere, Ihre und meine späte Freundschaft aber bildet dann eine Ausnahme, die mir um so wertvoller ist, als das Gefühl der Vereinsamung, zum Teil durch verschiedene Todesfälle in den letzten Jahren verursacht, sich bei mir eingestellt hat. Wir haben gestern alle Briefe und Telegramme, die voriges Jahr einliefen, noch einmal gelesen und konnten uns doch wieder über vieles recht freuen: es fand sich doch manches Wort, das von freundlicher Gesinnung zeugte... ,,,

Röntgens Freund aus der Gießener Zeit, der Ophthalmologe von Hippel, starb. Seine Weihnachtsfeier ist einsam, aber er nimmt

im Geiste an der seiner Freunde teil und ist dankbar, daß seine Gefährtin noch lebt. In einem Brief an Ritzmann vom 28. Januar 1917 schreibt er:

„.... Eine Weihnachtsfeier, bei der Kinder, und zwar Enkelkinder zugegen sind, kann doch eine große Freude bringen, und an Freudigem fehlt es besonders in dieser schweren Zeit. Außerdem müssen alte Leute doch wohl meistens in der Erinnerung suchen, um Freudiges zu finden. Wir beide waren bei schönem Wetter nach Weilheim gefahren und feierten dort in unserem Jagdhäuschen bei einem kleinen brennenden Bäumchen zu zweit das Weihnachtsfest. Das Bäumchen war gewissermaßen ein Dankopfer dafür, daß wir den Abend noch einmal zusammen feiern durften. Der Tod von Freund Hippel ist uns beiden sehr nahegegangen: eine warme Freundschaft verband uns beinahe 40 Jahre, und auch die beiden Frauen haben sich lange besonders nahegestanden. Als wir ihn im Herbst noch ein paar Tage bei uns haben durften, fanden wir ihn sehr stark reduziert; er war aber doch munter und fühlte sich, zu unserer großen Befriedigung, behaglich bei uns. Sein Tod trat, wie Sie wissen, sehr plötzlich ein: ein schönes Ende, wenn man mit allem, was noch zu erledigen ist, fertig geworden ist, was bei ihm sicher der Fall war. — Kurze Zeit nachher starb auch plötzlich ein junger Freund, der mit seiner ein halbes Jahr vorher gestorbenen Frau uns hier in München liebe Hausfreunde waren. Und so werden wir immer einsamer, denn neue Freunde, namentlich hier in München, gibt es nicht. Um so mehr schätzen wir den Besitz von denen, die übrig geblieben sind, auch wenn sie weit entfernt und zur Zeit unerreichbar sind!

Für Kriegsverhältnisse reicht der Dienst, den ich als Professor an der Universität tue, noch aus. Das Laboratorium für selbständige Arbeiter steht leer, im kleinen Praktikum sind ca. 30 Leute und in der Vorlesung 90, fast nur Mediziner, unter denen das weibliche Element z. Z. entschieden vorherrscht. Wie es im nächsten Semester wird, ist unsicher, aber jedenfalls werden viele fehlen, die zum Kriegshilfsdienst eingezogen werden. Daß die Universität etwa geschlossen werden sollte, halte ich nicht für wahrscheinlich: der Nachwuchs, der zwar spärlich ist, muß doch unterrichtet werden können. Selbstverständlich nimmt der Krieg, und was damit zusammenhängt, unser Denken zum größten Teil in Anspruch und werden die wirtschaftlichen Verhältnisse immer schwieriger, namentlich in den größeren Städten. Leider greift der Egoismus immer mehr um sich und nimmt manchmal sehr häßliche Formen an. Es wird wohl nur sehr wenig Leute geben, die von diesem Laster ganz freigeblieben sind; ich wenigstens darf mich nicht dazu rechnen. Und wie wird es nach dem Krieg aussehen?...

Ich lese jetzt meiner Frau häufiger aus Ermattingers, Gottfried Keller“ vor, und wir genießen das sehr. Das Buch bringt doch manches, was in

Herr „Weltkühnen“ ist jetzt auch unter der Rote, aber die Erinnerung
 daran und an die Jahre Jugendzeit, die du in diesem Brief wieder beaktet,
 findet frische Anklänge in den alten Herz der Jahre dieser Zeit
 zu meiner Freude. Aber, und wir leben auf in der Erinnerung an die
 Jahre unserer Zusammenkünfte in der Zeit. Du, er und ich können mit ihm, wir
 sind im Leben erwacht, erfahren den, manchmal, wenn ich denke, dass hingehen
 für mich die Zukunft damals oder vielleicht nur beinahe ist die
 auch. Aber ich denke deine Vermutung an? Nicht bekannt war, der mich in
 die Vergangenheit hat und mich an der Unwissenheit über meine Zukunft
 denken?

Röntgens Handschrift,

(Aus einem Brief Röntgens an Albert.)

Bachtholds, Keller fehlte. Auch haben wir seit dem Sommer wieder viel in , Keller' gelesen, und ich schätze und liebe ihn immer mehr.

*Nun seien Sie mit Ihrer verehrten Gattin recht herzlich von uns beiden begrüßt, und wenn es Ihnen einmal paßt, dann nehmen Sie Feder und Papier und erfreuen mit einem Brieflein*Ihren alten W. C. Röntgen. „

Am 1. April 1918 schrieb Röntgen einen langen Brief an Hitzig. Es war der letzte an diesen Freund, der im August des gleichen Jahres starb. Einige Stellen daraus seien angeführt:

„Mein lieber, lieber Freund!

Zweier Briefe und einer Depesche hat es bedurft, um mich aus meiner Lethargie punkto Briefschreiben aufzuwecken! Es wird immer ärger, und ich mache mir selbst die größten Vorwürfe über meine Unzulänglichkeit. Und gerade bei meinen besten Freunden — es sind nur noch wenige — bin ich am meisten im Bückstand. Glücklicherweise vergelten mir meine Freunde meinen Fehler nicht mit Stillschweigen. Haben Sie nun aber vielen Dank für Ihr Gedenken meines Geburtstages und für alles Gute, das Sie und Ihre verehrte Gattin mir nicht nur wünschen, sondern auch antun. Den Tag verlebten wir, wie Sie schon annahmen, in Weilheim bei schönstem Wetter. Überraschungen, wie sie früher wohl einmal zu meiner Freude vorkamen, gab es ja nicht; wir waren dankbar, den Tag zusammen erleben zu dürfen...Die Zeit vom 1. Januar 18 an verlief bei uns nicht gut. Anfangs waren es bei meiner Frau Schwächezustände, die sich durch Wochen hindurch fortsetzten, dann kam plötzlich mit 39, 8° Temperatur eine lokale Bronchitis, die uns recht viel Sorge machte. Die unmittelbare Gefahr ging nach etwa einer Woche vorüber; es blieb aber eine große Schwäche, die auch noch keineswegs behoben ist. Dazu kommen die fortwährenden Schmerzen von der Niere her, und in den letzten Monaten machen sich auch Beschwerden bemerkbar, die auf eine mangelhafte Herztätigkeit zurückzuführen sind, und gegen die regelmäßig Digitalis angewendet werden muß. Daß die Stimmung meiner Frau unter diesen Verhältnissen häufiger als früher trübe ist, läßt sich ja begreifen; im wesentlichen aber trägt sie ihr Los recht tapfer und erfreut sie sich an der wiedererwachenden Natur. Drückendere Verpflegungsschwierigkeiten haben wir nicht zu überwinden; in dieser Beziehung sind, wenigstens für uns, die Verhältnisse jetzt besser als vorher, sodaß ich z. B. von meinen verlorenen 20 kg wieder 2 kg habe zurückgewinnen können...(Vom Kriege sprechend.) Wie es wohl mit dem moralischen Niveau steht? An Fällen, die für eine Abwärtsbewegung sprechen würden, fehlt es ja nicht; aber ich meine doch, daß sich die sittliche Kraft im allgemeinen gehoben haben könnte, daß wir an Selbsterkenntnis und Welterfahrung ge-

wonnen hätten, daß wir andere Wege gehen werden, als die, welche uns vor dem Krieg doch in vieler Beziehung abwärts führten...

Nun aber genug von unseren Verhältnissen und endlich zu dem, was Sie von sich schreiben. Das Los, das unseren Frauen in gesundheitlicher Beziehung im Alter zuteil wird, ist leider ziemlich das gleiche; Ihre liebe, verehrte Gattin hat darin vor meiner Frau etwas Gutes voraus, daß ihr zwei Töchter zur Seite stehen; die meinige führt ein recht einsames Leben, ohne das belebende Element, das jüngere Leute bieten können. Auch Ihr Enkelkind trägt Sonne ins Haus... „„,

An Ritzmann schrieb Röntgen über den Verlust am 19. August:

„... Der Freundeskreis ist allmählich sehr zusammengeschmolzen! Hitzig's nicht ganz unerwarteter Abgang ist mir sehr nahe gegangen; wir hatten uns im Leben spät gefunden, aber kaum je habe ich den Verlust eines Freundes so schwer empfunden als in diesem Fall. — Mein Verlustkonto der letzten Jahre war sehr bedeutend, und das ist um so empfindlicher, als der Bestand nicht groß war. Um so mehr wollen wir das schätzen, was wir noch besitzen. Über uns ist sonst wenig zu berichten. Erstaunlicher und erfreulicherweise geht es meiner Frau doch viel besser, als ich vor Jahren erwarten durfte. Sie werden sich noch wohl erinnern, in welcher Stimmung ich damals in Zürich in Ihrer und Hitzig's Gesellschaft herumliefe! Die Schmerzen sind erträglich, der Morphinismus nicht allzu quälend, nur das Alter macht sich in mancher Beziehung mehr und mehr geltend. Aber mit 79 Jahren ist auch wohl nicht viel anderes zu erwarten. Auch ich spüre sehr bedeutend die Abnahme von körperlicher und namentlich auch geistiger Kraft. Ich hätte auch wohl meinen Abschied vom Amt genommen, aber als „Ersatz“ kann ich noch dienen, und die Einnahmen sind mir willkommen. — Der Besitz von dem kleinen Häuschen in Weilheim ist in dieser Zeit und bei unserer Verfassung ungemein wertvoll; wir sind so lang wie möglich da und freuen uns über die schöne Natur. Sonst gibt es nur sehr wenig, worüber wir uns freuen könnten; dagegen recht viel Unerfreuliches, was doch nachgerade wohl alle Menschen bedrückt. Hoffentlich erleben wir es noch einmal, daß wir über Ihren guten Humor herzlich lachen können... „„

Der Zusammenbruch seines Vaterlandes, der Tod seiner Freunde, die wachsende Einsamkeit, die Sorge um das Leben seiner kranken Gattin bedrängen den Geist. Er fühlt auch sein eigenes Erschlaffen. In dieser grauen Grundstimmung flammt die Sehnsucht nach Wiederkehr vergangener Tage auf, und so schreibt er an Ritzmann am 20. März 1919:

„... Hie und da befällt uns doch eine wahre Sehnsucht nach den Zeiten,

wo wir um diese Jahreszeit im Süden waren; insbesondere kommt uns dann Cadenabbia vor den Geist, wo wir im Kreise lieber Freunde so schöne Tage zubrachten. Das letzte Mal, als Krönlein noch dabei war, wurde der Geburtstag meiner Frau — sie hofft ihn am 22. April, und zwar ihren 80ten zu feiern und würde sich sicher ganz besonders freuen, wenn sich die Freunde Ritzmann dazu brieflich einstellten — von der Gesellschaft gefeiert, und Krönlein hielt eine sehr sinnige, herrliche Bede. — Alle Teilnehmer mit Ausnahme von Frau und Tochter Boveri sind nun verschwunden! Und noch mancher andere Freund!

Daß Frau Hitzig ihrem Mann so bald gefolgt ist! Noch kurze Zeit vor ihrem Tod schrieb sie einen langen Brief an meine Frau... „„„

Am 31. Oktober 1919 starb seine Frau, nach langem, schmerzlichem Leiden, achtzig Jahre alt, dennoch erst nach schwerem Todeskampf. Röntgen trug daran sehr schwer. Er lebte im Geiste mit ihr zusammen weiter. Noch lange nach ihrem Tode brachte er ihr Blumen, wie früher; er legte sie auf das Kissen ihres Bettes, auf dem sie im Leben geruht und so viel Schmerzen gelitten. Ihren Geburtstag und ihren Todestag beging er ganz in Gedanken an sie. Dabei wurde sein eigenes Denken allmählich mehr und mehr zu Gott und zum Jenseits gerichtet.

Er schrieb am 8. Juni 1920 von Weilheim aus an Ritzmann:

„Lieber Freund!

Ihr lieber Brief an meinem Geburtstag liegt nun schon lang — neben ändern — da und wartet auf Antwort von meiner Seite; ich hatte in letzter Zeit sehr viel zu schreiben; eine längere Arbeit mußte fertig gemacht werden, wenn ich überhaupt noch daran denken sollte, daß sie einmal veröffentlicht wird; und außerdem noch manches andere, das mit der Feder erledigt werden muß. Zu solcher Beschäftigung war ich von jeher schwerfällig, und im Alter scheint die verfügbare Zeit immer kürzer zu werden.

Mein Geburtstag verlief verhältnismäßig gut: ich habe das große Glück, an Frau Boveri und ihrer Tochter so warme, aufopfernde und rücksichtsvolle Freunde zu besitzen, wie es wohl kaum noch welche gibt. Wenn ich Einsamer diese beiden Frauen — die leider in Würzburg wohnen — nicht hätte, so weiß ich wirklich nicht, wie es mit mir bestellt wäre; denn meine Trauer und meine Sehnsucht werden immer noch größer. An jenem Tag waren beide Damen zu mir gekommen und halfen mir in ihrer liebevollen Weise, über das Schwerste, hinwegzukommen. Sie mußten bald wieder abreisen, und ich zog wieder nach meinem hiesigen Landhäuschen, wo ich nun mit kurzen Unterbrechungen meine Tage zubringe. Alle Bäume und alle

Gegenstände erinnern mich fortwährend an meine Verstorbene, die an allem hier so viel Freude hatte; insbesondere auch an ihrem Gärtlein, das dieses Jahr so früh und so reichlich Blumen und Gemüse bringt. Da wurde von ihr alles auf das beste versorgt: sie gab an, welches Gemüse und wo es gesät werden sollte, wie die Blumen und Sträucher zu behandeln seien usw.; ein anderer durfte aber nicht viel hineinreden; sie war, wie in allem, auch hierin sehr selbständig. Wenn ich sie, wie gesagt, sehr vermisse, so muß ich auch wieder oft denken, wie schwer, ja wie kaum möglich ihr bei ihrem hilfsbedürftigen Zustande doch das Leben in zwei Wohnungen geworden wäre, und wie schwer sie, die trotz ihrer großen Anhänglichkeit an ihre Schweizer Heimat, für Deutschland ein warmes Herz gewonnen hatte, unter den jetzigen Verhältnissen gelitten hätte. Sie hätte kaum mehr Freude am Leben haben können, und nur die Sorge um mich und die Ihrigen hätte ihr das Leben noch lebenswert gemacht.

Halten Sie sich beide tapfer und seien Sie herzlichst begrüßt von

Ihrem alten Freund W. G. Röntgen. ,,,

Bald darauf starb Ritzmanns Frau. Röntgen weilte als Gast von Frau Boveri in Höfen bei Bamberg. Von da schrieb er am 23. Juli 1920 an Ritzmann:

„Mein lieber, armer Freund!

Die Nachricht vom Tode Ihrer lieben Frau hat mich tief traurig gestimmt; ich weiß, was es für uns alte Leute zu bedeuten hat, wenn man die treue, sorgende Lebensgefährtin, die man so liebte, verlor. Das Leben kommt einem so öde und zwecklos vor, wenn man einsam und alt geworden ist. Ihnen sind Kinder und Enkel geblieben, für die Sie denken und sorgen können, die Ihnen auch sicher noch Freude machen werden, und mit denen Sie über die Heimgegangene sprechen können. Wenn die Zeitverhältnisse nicht so schwer wären, würde ich zu Ihnen kommen, und wir könnten dann zusammen der Lieben, die wir gegenseitig so schätzten und verehrten, häufig gedenken; das täte uns beiden wohl. Unter den jetzigen Umständen ist daran aber wohl kaum zu denken. Die Hoffnung auf eine Erfüllung dieses einen von den wenigen noch gehegten Wünschen gebe ich aber noch nicht auf; ich habe manchmal eine wahre Sehnsucht, die Menschen und die Orte, die in dem Leben von meiner Frau und mir eine erinnerungsreiche Bolle spielten, wiederzusehen...

Ich hatte es mir zur Pflicht gemacht, vorher endlich einmal eine langjährige und ausgedehnte Arbeit druckfertig zu machen. Diese Sache, von der ich noch mit meiner Frau sprechen konnte, ließ mir keine Ruhe mehr, und ich saß in den letzten Wochen täglich von 6 Uhr früh bis gegen Abend,

wenn ich die Mittagszeit abziehe, am Schreibtisch und schrieb. Die Hilfe meines Assistenten bei der Ausrechnung von Tabellen usw. mußte in Anspruch genommen werden, und so erreichte ich auch mit Mühe und Not einen halben Tag vor meiner Abreise hierher mein Ziel... ,,,

Und in einem Ende des Jahres, am 28. Dezember 1920, an den gleichen Freund gerichteten Brief schreibt er:

*„... Vor allen Dingen möchte ich aber Gewißheit darüber haben, welche Nachwirkungen der schwere erlittene Verlust auf Ihr Gemüt und auf Ihr Befinden gehabt hat. Wie schwer die treue Lebensgefährtin vermißt wird, erfahre ich an mir selber; sie ist ja unersetzlich und wäre doch so häufig nötig. Ich könnte mich nicht entschließen, dauernd mit anderen Menschen zusammenzuleben; mir ist es wohler in der Vereinsamung, wenn ich nur von Zeit zu Zeit mit lieben Freunden zusammen sein kann. Abwechslung ist neben etwas gewohnter -Arbeit für mich sehr wohltätig, und ich glaube, daß es bei Ihnen auch so sein wird. Im übrigen versuche ich so zu leben, wie ich mir vorstelle, daß meine Frau damit zufrieden sein würde...
„“*

Fräulein Hitzig sandte ihm mehrfach längere Plauderbriefe, die Röntgen sehr beglückten; denn er war durstig nach jedem Zeichen der Verbundenheit. Er schrieb an sie in einem Brief vom 9. Januar 1923:

„Liebes, verehrtes Fräulein!

Wie habe ich mich über Ihren langen, langen Plauderbrief gefreut; wenn ich auch nur so wie Sie plaudern könnte! Ich will versuchen, es so gut wie möglich zu tun.

Sie geben mir ein recht anschauliches Bild von Ihrem täglichen Leben, und ich kann mir recht gut vorstellen, wieviel Arbeit es in Ihrem Haushalt zu bewältigen gibt. Ich habe immer gefunden — freilich bin ich ja auch ein Experimentalphysiker — daß mechanische Arbeit, namentlich in Zeiten, wo der Geist mit weniger erfreulichen Dingen beschäftigt ist, eine gute Befriedigung bringen kann. Man sieht immer gleich das fertige und erwünschte Resultat seiner Bemühungen, und das ist auf geistigem Gebiet lang nicht immer der Fall. Im Leben nützlich zu sein, sei es nun mit den Händen oder mit dem Kopf, ist doch eine der besten Aufgaben, die wir erledigen können...

Diesen Sommer war ich, wie Ihnen schon Ritzmann berichtete, in der Schweiz als Gast meines lieben Basler Freundes Prof. Wölfflin. Ich war zuerst mit ihm gute 14 Tage in Sils-Baselgia und dann noch zirka ebenso lange auf der mir so sympathischen Lenzerheide... ,,,

Der letzte Brief an Ritzmann ist von Röntgens Hand am 11. Dezember 1922 in Weilheim geschrieben. Inzwischen hatten sich die Freunde im Jahre 1921 in Pontresina wieder gesehen, aber im Jahre 1922 verfehlt. Röntgen erwähnt seine Reise zum Grab in Gießen — es sollte seine letzte Reise sein:

„... Seitdem pendle ich mit sehr großer Schwingungsdauer zwischen München und hier hin und her und unterbrach diese Bewegung nur einmal auf drei Tage, um das Grab meiner Eltern zu besuchen. Meine treue Freundin, Frau Boveri, hat mich dabei begleitet. Das Leben wird immer eintöniger und unsere Verhältnisse immer trostloser. Über einige kleine Altersbeschwerden will ich nicht klagen, und über das Schwerste redet man selten. Mein Haushaltungspersonal ist noch immer das gleiche und versorgt mich gut... „„„

Aus den Briefen Röntgens an Prof. Ernst Wölfflin.

Der einsame Röntgen, der im Gespräch seine Gefühle stets verbarg, der beim Abschied von Freunden es mit einem Händedruck bewenden ließ, weil er nicht sagen konnte, was er fühlte, hat im Alter seinen Freunden gegenüber doch in Briefen sein Herz gezeigt. Als Wölfflin, Röntgens Heimweh nach der Schweiz ahnend, ihn 1921 zum zweiten Male einlud, war er von diesem Freundschaftsakte sehr bewegt. Er gebrauchte in seinem Brief vom 15. Juli 1921 die Anrede „Lieber, guter Freund!“ und fuhr fort:

„Ihr Brief vom 26. v. M. hat mich tief gerührt; aus ihm spricht so viel herzliche Güte und feines Empfinden! Haben Sie wärmsten Dank für Ihre Freundschaft und für das treue Gedenken meiner Frau... „„„

Dann geht er auf Einzelheiten der Pläne ein. Nach München zurückgekehrt, erwähnt Röntgen in seinem Dankesbrief vom 30. September 1921 das Zusammensein mit Schmid v. Grüneck, dem Bischof von Chur:

„Lieber Freund!

Dankbaren Herzens und erfüllt von der Menge der Eindrücke, die mir Freundschaft und freundliches Entgegenkommen während meiner Schweizer - reise gebracht haben, bin ich hier am 24. wohlbehalten angekommen. Auf der Lenzerheide dehnte sich mein Aufenthalt, gefesselt durch die Gesellschaft des Bischofs von Chur, noch bis zum 22. aus, so daß ich auf Zürich nur einen Tag verwenden konnte.. „„„

Im Brief vom 15. Oktober des gleichen Jahres schwingt die Erinnerung ans Engadin, an Lenzerheide, und erzählt von Besuchen und dem Jahrestag des Abschieds von seiner Frau:

„Lieber Freund!

Jetzt liegen drei Schreiben von Ihnen in meiner Mappe, die noch nicht beantwortete Briefe enthält. Der älteste datiert schon vom 4. XII.; unterdessen bekam ich Ihre Sendung mit den vorzüglichen Zwiebacks und von Ihrer Frau Cousine herrliche Pralines. Und erst jetzt setze ich mich hin, um einige Zeilen an Sie zu richten! Woher kommt diese Verspätung? Ich weiß es selbst nicht recht und kann nur meiner Saumseligkeit im Schreiben schuld geben. Bitte wiederum, mir diese nicht zu hoch anzurechnen. In Gedanken weile ich oft bei Ihnen und empfinde ich dann, wieviel Dank ich Ihnen schuldig bin für all Ihre Freundschaft. Wenn es überhaupt möglich wäre, daß Sie für etwas längere Zeit aus meinem Gedankenkreis verschwinden könnten, so würden schon die täglich genossenen guten Gaben dafür sorgen, daß dies nicht einträte. — Wie häufig kommen die schönen Tage im Engadin in meine Erinnerung; eine der schönsten Begebenheiten war doch für mich die herrliche Fahrt von Tiefenkastel nach Lenzerheide; da vereinten sich Gegenwart und Vergangenheit zu einem schönen Ganzen.

Es geht der Monat Oktober zu Ende, und damit naht sich wieder der Tag, an dem ich mein Liebstes verlor. Wie unentbehrlich sie mir, auch während der schwersten Zeit ihrer Krankheit, geworden war, bemerke ich immer mehr; es fehlt in dem Mechanismus meines Daseins ein unersetzbares Stück. Ich will aber dankbar dafür sein, daß ich und nicht meine Frau allein zurückblieb, und daß sie die jetzigen Zeitverhältnisse nicht mitzerleben braucht. Dagegen hätte ich ihr die Freude gegönnt, zu erfahren, wieviel Liebes und Freundschaftliches mir noch entgegengebracht wird. Ich habe wieder angefangen, täglich im Laboratorium etwas zu arbeiten, bin aber noch nicht auf einen grünen Zweig gekommen; das würde ungemein wohltuend für mich sein.

Nun nehme ich wieder für eine Weile brieflichen Abschied von Ihnen und schließe mit dem Wunsche für ein gutes Semester.

Ihr getreuer W. C. Röntgen.

Übermorgen gedenke ich nach München zurückzukehren. „„

Noch einmal nahm Röntgen die Gastfreundschaft Wölfflins, nach Überwindung seiner Hemmungen, an. Er schreibt auf die Briefe seines Freundes am 13. April 1922 aus Weilheim u. a.:

„Lieber, bester Freund!

Wieder einmal habe ich viel zu lange Zeit verstreichen lassen, seit Ihr

Brief vom 20. III. und Ihre Zwiebäcke mich erreichten; eine solche Vernachlässigung haben Sie am wenigsten verdient. Das weiß ich sehr wohl; auch bin ich ein reuiger Sünder; aber über die Reue, die ja der Anfang einer Besserung sein sollte, komme ich nicht mehr hinaus und werde sicher als Sunder aus diesem Leben scheiden. Eine Hoffnung möchte ich aber trotzdem noch behalten, und das ist die, daß Sie noch davon überzeugt bleiben, daß ich Ihnen von ganzem Herzen dankbar bin für Ihre sorgende, mir so wohltuende Freundschaft und für Ihr unverändert liebes Gedenken meiner Frau...

Ich bringe die Ostertage in Gesellschaft meiner treuen Freundin Frau Boveri hier zu, nachdem ich die meiste Zeit seit Dezember in München war und für meine Verhältnisse ziemlich eifrig gearbeitet habe. Der Erfolg dieser Arbeit war mehr eine Ableitung von trüben Gedanken als wohl ein wissenschaftliches Resultat. Letzteres kann aber vielleicht noch kommen, weil meine Arbeit noch nicht abgeschlossen ist...

Die schöne Lenzerheide mit ihren freundlichen Leuten! Sie schreiben, daß Sie dieses Jahr vorhaben, wieder nach Sils-Baselgia zu gehen, und schildern mir dessen Vorzüge in den lebhaftesten Farben. Ja, ja, warm wird es mir wohl ums Herz, wenn ich mir vorstelle, mit Ihnen einige Zeit dort verbringen zu können. Von einer Reise in die Schweiz wird aber diesen Sommer wohl sicher nicht die Rede sein können; es müßte denn das höchst Unwahrscheinliche eintreffen, daß der Markkurs bis dahin wieder auf die vorjährige Höhe steigen würde. Ich habe auf eine solche Reise ganz verzichtet, es geht eben nicht.. ,,,

und am 16. Juni des gleichen Jahres:

„... Ihren lieben Brief habe ich mehrmals gelesen und werde ihn sicher später wieder hervorholen, wenn es mir einmal darum zu tun ist, vor Augen zu haben, mit welcher treuer Anhänglichkeit Sie meiner Frau gedenken, und wie Sie mir in so zu Herzen gehender und feiner Weise Ihre Fürsorge zuteil werden lassen. Ich kann nicht die richtigen Worte finden, um Ihnen zu sagen, wie wertvoll mir Ihre Freundschaft ist, und wie ich Ihnen dankbar bin dafür. Ihnen soll der Aufenthalt im Engadin gut bekommen; genießen Sie die schöne Natur und die kräftigende Luft soviel wie nur möglich und seien Sie lebensfroh! Also in Cadenabbia waren Sie im Frühjahr: an diesen Ort knüpfen sich für mich viele, viele frohe Erinnerungen. Wir hatten es dort in jeder Beziehung ideal schön: frohe, liebe Freunde und Menschen, die uns umgaben, eine herrliche Natur — die Villa Carlotta war durch freundliche, nicht von mir eingeholte, Bewilligung des Besitzers für uns beide vom Garten des Hotels aus direkt und frei zugänglich — und eine ausgezeichnete Aufnahme im Hotel Bellevue... ,,,

Aber Wölfflin überwand noch einmal seines Freundes Bedenken, und Röntgen schreibt erholt und zuversichtlich am 21. August 1922 vom Kurhaus Lenzerheide an Prof. Wölfflin:

„Lieber Freund!

Für Ihre telephonische Anfrage nach meinem Befinden sage ich Ihnen wärmsten Dank! Wie sind Sie um mich besorgt! Es geht mir wirklich recht gut: die täglichen kleineren Spaziergänge bei dem herrlichen Wetter und Cantienis gute Verpflegung bewirken sicher das, was Sie wünschen, eine nachhaltige körperliche Kräftigung. Alle Menschen, mit denen ich hier in Berührung komme, sind so sehr freundlich mit mir: gestern Morgen z. B. bekam ich von Herrn Meißer Blumen aus seinem hiesigen Garten, und gestern Abend, als ich ein Stündchen in der Villa des Herrn Nationalrates Bossi zubrachte, schenkte mir eines seiner hübschen Töchterlein eine schöne Nelke. Wo die Blumen auf meinem Zimmer aufgestellt sind, können Sie sich wohl denken. Es tut mir so leid, daß Sie sowohl im vorigen als auch in diesem Jahre keine Gelegenheit hatten, die Lenzerheide in ihrer ganzen Schönheit kennen zu lernen.

... Lassen Sie sich aber kurz meine Erlebnisse der letzten Zeit erzählen, vielleicht können Sie mich ein wenig von meiner Schuld entlasten. Doch vorher möchte ich Ihnen schreiben, daß alle meine Bekannten, die ich in letzter Zeit antraf, sich selbst über mein gutes Aussehen äußerten, und daß ich mich dementsprechend in den seit meinem Aufenthalt in der Schweiz verflossenen Wochen körperlich viel frischer und leistungsfähiger fühle als vorher. Wenn ich nun auch nicht nach Mitteln strebe, die mein Leben eventuell verlängern könnten, so betrachte ich es doch als eine große Wohltat, wenn ich den Best meines Daseins in möglichst guter Verfassung zubringen kann.

... Von meinen Besuchen möchte ich Ihnen etwas erzählen. — Der Bischof von Ghur ließ sich bei mir anmelden, und wir haben ein gutes Stündchen bei einem Glas Wein miteinander über allerhand interessante Dinge gesprochen. Natürlich kam auch die religiöse Frage aufs Tapet, und ich kann nur sagen, daß er sich in sehr freundlicher Weise meine offene Aussprache gefallen ließ und mir beim Abschied sogar in der einem Bischof eigentümlichen Weise seine unveränderte freundschaftliche Gesinnung kundgab. Er reiste dann über Berlin und Paris, offenbar wieder in politischer Mission, ab. Wenige Tage nachher bekam ich vom Buchhändler mit einer kurzen Widmung des Bischofs zugeschickt das dreibändige, Werk: Religion, Christentum und Kirche, 1920 herausgegeben von den Professoren Esser und Mausbach. Mitarbeiter sind eine größere Anzahl von anerkannt sehr tüchtigen, katholischen, deutschen Gelehrten. Ich habe mit dem Lesen be-

reits angefangen und kann nur sagen, daß ich vieles gefunden habe, was mich sehr interessiert, und daß die Aufsätze, soweit ich sie las, von jedem Protestanten, der sich für das Christentum interessiert, gelesen werden können, vielleicht gelesen werden sollten. Man wird ja gewiß nicht allem beistimmen, aber ich finde es z. T. sehr lehrreich, zu erfahren, wie gutunterrichtete, geistig hochstehende Leute über unsere Philosophen, über Har-nack, Nietzsche usw. denken. Auch brauche ich nur daran zu erinnern, daß viele Protestanten in den Schriften des hl. Augustin viel für sie Brauchbares und Schönes finden, um die von einigen gehegte Ansicht, ein protestantischer Nichttheologe solle derartige Bücher nicht lesen, zu entkräften. Meinem Protestantentum wird jedenfalls diese Lektüre nicht schaden...

Boveris Töchterlein, Margret, war einige Tage bei mir und verschaffte mir manchen musikalischen Genuß und durch ihr munteres und kluges Wesen eine angenehme Abwechslung.

Zehnder nach manchen Jahren wieder zu sehen, hat mich sehr gefreut; leider konnten er und seine Frau nur ganz kurze Zeit bei mir bleiben. Er bewährt sich immer als der gleiche zuverlässige und gute Mensch, dem ich ein besseres Los gewünscht hätte...

Vielleicht gehe ich noch auf einen Tag nach Gießen, um das Grab meiner Eltern zu besuchen, das ich nun seit vielen Jahren nicht gesehen habe: Aber vielleicht!... ,,,

Nun kommt das Todesjahr 1923. Aus den beiden letzten Briefen Röntgens vom 5. Januar 1923 und vom 26. Januar noch folgende Stellen:

„Lieber Freund!

Ihr Paket mit den herrlichen Gaben ist wieder gut in meine Hände gelangt; aber wie überreichlich haben Sie mich beschenkt! Und nicht vergessen zu erwähnen darf ich die schöne, so recht in eine richtige Weihnachtsstimmung versetzende Verpackung. Sie haben mich so reich versehen, daß ich nicht nur lange Zeit davon genießen werde, sondern auch die Freude haben kann, den einen und ändern meiner Freunde und Freundinnen davon etwas mitgenießen zu lassen. Wiederum kommt zu Ihnen der Ausdruck meines wärmsten Dankes; wobei ich es immer empfinden muß, daß mir die richtigen Worte fehlen, um Ihnen meine Empfindungen so darzustellen, wie ich wohl möchte. — Ihre und Frau Boveris Freundschaft, was ließe sich nicht alles darüber sagen! Wenn ich nur das Zeug dazu halle, aber da fehlt es eben bei mir, und ich kann nur hoffen, daß Sie doch richtig empfin-den, wie ich Ihnen dankbar bin, und wie glücklich mich der Besitz Ihrer Freundschaft macht. Wieviel zärtliche Fürsorge haben Sie mir in der rücksichtsvollsten Weise auch in dem vergangenen Jahre wieder zuteil werden

lassen; gehegt und gepflegt wurde ich von Ihnen wie von einem treubesorgten Bruder. Licht, Freude, das beruhigende Gefühl, einen treuen Freund zu haben, körperliches Wohlbefinden haben Sie dem einsamer gewordenen, alten Mann in dieser sonst so dunklen, trostlosen Zeit gebracht. Vergelt's Gott!

Den Weihnachtsabend durfte ich wieder in Würzburg mit den Boveris verleben. Margret hatte in sehr sinniger und geschmackvoller Weise das Wohnzimmer mit Tannzweigen, Kerzchen, Äpfeln usw. dekoriert und für einen Weihnachtsbaum gesorgt. Auch hatte sie, um auch etwas Weihnachtsstimmung in mein Hotelzimmer — wo ich schlief, weil die neue Wohnung keinen Gast aufnehmen konnte — zu bringen, dort ein Kränzlein aus Tannen-zweigen mit Äpfeln und vergoldeten Tannenzapfen aufgehängt. Sie spielte uns auf dem Klavier verschiedenes vor, und zwar sehr schön. (Man merkte sehr gut, daß sie als beinahe fertige Meisterschülerin am Würzburger Konservatorium in der letzten Zeit viel gewonnen hat.)

Von Frau Sulzer-Bühler bekam ich einen sehr freundlichen Brief, vorzügliche Pralines, Zucker, ein hausgebackenes Wickelkind und — ein großes Stück Bindenfleisch! Hallo, dachte ich, da ist Verrat im Spiel! Und richtig, steht da in dem begleitenden Brief: „Wölfflin hat mir verraten“, usw. Sie sind ein gefährlicher Mensch, der anderen Leuten meine intimsten Leidenschaften mitteilt, und ich — bin ein unvorsichtiger Schwatzer, der trotz allen Erfahrungen nicht klüger geworden ist. Soll ich nun nicht böse sein auf den „Verräter“? Nein, das denn doch nicht; ich muß alle Schuld auf mich nehmen und will dem „Übeltäter“ herzlich verzeihen und ihm danken...

Wie gerne würde ich noch eine experimentelle Arbeit fertig machen, die ich vor vielen Monaten angefangen habe, aber der Weg zum Laboratorium ist mir allmählich etwas weit geworden, so daß ich leicht müde bin, wenn ich anfangen soll zu arbeiten, und außerdem ist die Sehschärfe, wie ich sie zu der Arbeit brauchen würde, nicht mehr ganz vorhanden. Aber ich will doch noch einmal einen Anlauf machen. „„„

„Lieber Freund!

Ich bitte, zunächst zu entschuldigen, daß ich nicht schon längst an Sie geschrieben habe: Kopf und Herz sind so erfüllt von den Ereignissen, die sich zurzeit bei uns abspielen, daß die Privatkorrespondenz darunter stark leiden muß...In Ihren beiden letzten Schreiben erwähnen Sie Pläne, die Sie für ein Zusammensein im Frühling mit Ihnen ins Auge gefaßt haben, und nennen schon Cadenabbia und Sestri als eventuell dazu geeignete Orte; ich danke Ihnen wiederum für Ihre weithinaus sorgende Freundschaft und Ihre große Güte; aber, lieber Freund, zur Ausführung dürfen diese schönen Pläne nicht

kommen. Zunächst steht Ihnen im Wege, daß Sie doch höchstwahrscheinlich im Frühjahr durch Übernahme der ordentlichen Professur in Basel so viel

- zu tun haben werden, daß Sie den Ort nicht auf etwas längere Zeit verlassen können. Dann kommen aber auch von meiner Seite Schwierigkeiten hinzu, die ich nicht gut überwinden könnte; und darüber möchte ich Ihnen im folgenden berichten. Wie sich in der nächsten Zeit bei uns die Verhältnisse gestalten werden, kann man nicht wissen; daß sie sich aber in den folgenden Monaten wesentlich bessern sollten, ist mir höchst unwahrscheinlich. Unter diesem Druck, und während Tausende meiner Landsleute schwere Not leiden, im Ausland ein üppiges Leben zu führen, wäre mir nicht möglich, und ich

würde auf alle Fälle ein ganz ungenießbarer Gesellschafter sein. Ich kann zwar in der Heimat keine tatkräftige Hilfe mehr leisten, aber trotzdem habe ich das Bedürfnis, bei allem, was vorkommt, dabei zu sein...

Und schließlich muß ich Ihnen noch folgendes sagen: Sie verwöhnen mich durch Ihre Güte in einem solchen Maße, daß mich dann und wann die Sorge ankommt, ich ginge mit meiner Entgegennahme durch allmähliche Angewöhnung bald zu weit und könnte dadurch von Ihrer Freundschaft, die ich mir doch vor allen Dingen ganz erhalten möchte, etwas verscherzen. Um dies zu vermeiden, und um mir die reine Freude an allem Schönen, was ich von Ihnen empfangen, zu bewahren, halte ich es für geboten, daß ich wenigstens diesmal auf Ihren Vorschlag nicht eingehe, vielmehr mit wärmstem Dank ablehne. Wir kennen uns nun schon genug, so daß ich nicht zu befürchten habe, daß Sie mein Verhalten unrichtig deuten...

””

Ein kleiner Briefwechsel mit Margret Boveri.

Wir wollen nicht so, im Todesschatten, von Röntgen uns trennen. Seine Art, sich schwer und schwerer an neue Menschen anzuschließen, seine Zuneigung, wie in Selbstverteidigung auf wenige zu beschränken, diese aber ganz tief in seinem Herzen zu tragen und ihr Leben bis in Einzelheiten zu verfolgen, erweist sich in einer liebenswürdigen Episode, die Margret Boveri in Glassers Buch erzählt:

„Als ich mich in den Jahren 1917—1920 auf das Abitur vorbereitete, nahm Röntgen den lebhaftesten Anteil an meinen Schulsorgen, und wir hatten in jener Zeit sehr oft Gespräche über wissenschaftliche Gebiete. Wie sehr er immer auf Selbständigkeit drang, möge ein kleines Beispiel zeigen.

Am 22. Dezember 1917 schrieb ich in einem meiner Briefe:

„Außerdem haben wir noch auf heute einen garstigen Aufsatz aufgehabt. „Mit welchem Recht hat Karl, der Sohn Pippins, den Beinamen der Große bekommen?“ Meiner ist elf Seiten lang geworden. „

Darauf schrieb Röntgen:

„Dann würde es mich doch mächtig interessieren, einmal zu erfahren, was Du in Deinen 11 Seiten (!) großen Aufsatz über Karl den Großen geschrieben hast. Könntest Du mir das unverfälschte Opus nicht einmal schicken? Ich sichere Dir alle Diskretion und Wahrung aller Autorrechte

zu!“ „

Ich schickte also die erste Niederschrift dieses Aufsatzes und bekam daraufhin folgende Anfrage:

„... Hauptzweck dieser Zeilen ist, Dich zu fragen, unter welchen Umständen Du den mir geschickten Aufsatz geschrieben hast. Das möchte und muß ich wissen, wenn ich Deine Leistung bei dieser Arbeit beurteilen soll, was ich doch auf keinen Fall unterlassen möchte, weil mich die Sache recht interessiert. Ich bitte also, mir folgende Fragen zu beantworten: Deine Kenntnisse über Kaiser Karls Eigenschaften hast Du natürlich aus Vortragen und wohl auch aus einem Buch erworben. Welches Buch ist das ? Hast Du den Aufsatz zu Hause und mit Benutzung dieses Buches oder von in der Schule nachgeschriebenen Vorträgen geschrieben ? Ich denke, Du verstehst mich recht: ich suche zu erfahren, wieviel Selbständiges von Dir bei der Darstellung geleistet wurde,. Natürlich bei der Darstellung, das Geschichtliche tritt selbstverständlich ganz in den Hintergrund. Ist Dir z. B. der Gedanke, zunächst die Bedeutung des Beinamens „Der Große“ angeben zu müssen, von selbst gekommen?... „... „

Worauf ich am 23. Januar 1918 folgendes antwortete:

„Also den Aufsatz haben wir über Hause aufgehabt und eine Woche Zeit dafür gehabt. Es wurde uns noch gesagt, daß wir in der Einleitung etwas über Beinamen sagen sollten und in der Durchführung zuerst Karl als Feldherrn, dann als Staatsmann, dann als Mensch behandeln sollten und am Schluß die Wirkung seiner Regierung auf spätere Zeiten andeuten sollten. Wir haben ein Geschichtsbuch von Stich-Doeberl, aber die ganze Geschichte von der ersten Wanderung der Deutschen bis 1500 ist in 200 Seiten geschrieben, also kannst Du Dir denken, wieviel von Karl dem Großen drinsteht. In den Geschichtsstunden erklärt der Prof. das, was im Buch steht, etwas genauer, aber Vorträge, wo wir mitschreiben, hält er uns nicht. Ich habe zu Hanse über die menschliche Seite Karls des Großen in der Weltgeschichte von Weber noch etwas nachgelesen und außerdem habe ich mich noch an manche Dinge erinnert, die ich früher schon gelernt habe...

„... „

Daraufhin ging Röntgen in die Staatsbibliothek und ließ sich das Lehrbuch von Stich und die Weltgeschichte von Weber geben, um die darin enthaltenen Details über Karl den Großen nachzulesen. Und alles dies, um feststellen zu können, daß sich ein Schulkind in seiner Ausdrucks und Darstellungsweise nicht an die Vorlagen angelehnt hatte, sondern selbständig vorgegangen war.

Weit angelegentlicher kümmerte er sich natürlich um meine , Physikstunden. Wir hatten 1 Jahr lang eine ausgezeichnete Physik-lehrerin, und auf meinen ersten Bericht über die Stunden hin antwortete er folgendes:

„Wie ein altes Kriegspferd, das die Trompete blasen hört, lebhaft so stutzte ich auch, als ich in Deinem Brief die Worte: Erg. Joule etc. las. Das Wort „Metersekundenkilogramm“,, das Dich gereizt hat, ist in der Tat ein Monstrum; das aber auch, soviel ich weiß, kaum gebräuchlich ist. Man begnügt sich meistens auf diesem Gebiet mit den Einheiten: „Watt“ und „Wattstunde“,, und sagt lieber, wenn es nötig ist: Meterkilogramm in der Stunde. So viel Zeit, resp. Raum, nimmt man sich noch. Übrigens würde ich mich sehr interessieren, zu erfahren, wie Euch auf diesem Gebiet der Unterricht erteilt wird: ist Euch z. B. der Unterschied zwischen Kraft und Arbeit auseinandergesetzt und klar geworden? Das halte ich für wesentlich • wichtiger als den Gedächtniskram über Einheiten, deren Kenntnis natürlich auch nicht, namentlich später, unterbleiben darf.. „,, (Röntgen an Margret Boveri, Weilheim, 3. 1. 1918.)

Ich beschrieb ihm die Experimente, die wir in der Schule machten, und die Apparate, die ich zum Vergnügen mit einem Freund baute, und Röntgen nahm mich, wenn ich in München war, in sein Institut und ins Deutsche Museum mit, wo wir viele Stunden zusammen zubrachten. Einmal prüfte er mich etwa eine Stunde lang über physikalische Fragen, und sagte am Schluß mit einem Seufzer: „Wenn die Physikumskandidaten so viel Physik könnten wie Du, könnte ich lauter 2er geben, statt so viele durchfallen lassen zu müssen. „ Er war im Examen sehr gefürchtet, da es bei ihm nicht Examensfragen gab, die man einfach einpauken konnte, sondern weil er immer versuchte, festzustellen, ob die Studenten den Stoff mit Verständnis und Intelligenz sich zu eigen gemacht hatten. „,,

Röntgens Briefe sind keine literarischen Kunstgebilde. Sie sind schlichter, manchmal fast kindlichstammelnder Ausdruck einer großen, guten Seele. Was füllt die Seele des reifen, des alternden Mannes? Glanz, Ruhm, Stolz — nein, die verklungen, verwehten wie Schall und Rauch. Glück? Ja, Glück der Dankbarkeit über die große Offenbarung, die ihm ward und die er stets als ein Geschenk empfand, nicht als ein eigenes Verdienst. Und Wahrhaftigkeit, Lauterkeit wohnt dort und ein unveränderlicher guter Wille Abneigung vor allem Unechten und Unrechten, große Scheu vor der lauten, zudringlichen Welt. Die gütigen Erdenstunden, die ihm durch seine Frau und seine Freunde geschenkt waren, bewahrt er wie Edelsteine, die er immer wieder aus dem Schatzkästlein der Vergangenheit hervorholt, um sie im Licht der Erinnerung zu beschauen und sich in Treue und Dankbarkeit daran zu erfreuen. Sehnsucht und Anteil zu nehmen und selbst Gutes zu tun, tiefe, große Sehnsucht nach einigen letzten Abendsonnenstrahlen, nach noch ein wenig Liebe in der Einsamkeit der letzten Erdentage und dann — schweigsame Wendung zum ewigen Freunde, dem die todkranke Gattin in der immer wiederholten Gebetsform „Gott schütze dich“, den Gefährten anvertraut hatte.

ABSCHIED VON RÖNTGEN

Nicht immer war Röntgen so ernst und verschlossen. Die Last des Ruhmes und die furchtbaren Ereignisse des Krieges und der Nachkriegszeit hatten ihn gewandelt. In den glücklichen Jahren in Straßburg, Gießen und Würzburg, auch im Landhaus zu Weilheim in der Vorkriegszeit, gab es einen frohen Röntgen, der in Familie und Freundeskreis lachen und erzählen konnte, der wanderte und auch zu gelegentlichen Scherzen geneigt war. Die Eigenart seines Humors illustriert ein fröhliches Geschichtlein, das Margret Boveri (im Buch von Glasser) erzählt:

„In Weilheim hatte Röntgen einen Zauberkasten, in dem sich unter anderem eine Sache befand, die er die „vereinfachten X-Strahlen“, nannte und mit Behagen vorführte. Es war ein kleines, hübsch gearbeitetes, längliches Holzkästchen, in dem vier Klötze mit den Zahlen 1 bis 4 nebeneinander lagen. Ich durfte die Klötzchen in eine beliebige Reihenfolge legen, während Röntgen zum Beweis, daß er davon nichts sehen könne, im nächsten Zimmer verschwand. Dann kam er zurück und hielt eine leere Patronenhülse über das verschlossene Kästchen, schaute in die Patronen-hülse und gab jedesmal die richtige Reihenfolge der Zahlen auf den Klötzchen an. Wenn ich dann in die Patronenhülse schaute, sah ich nichts. Die Auflösung des Rätsels war folgendermaßen: In den Klötzchen waren an den verschiedenen Seiten kleine Magnete angebracht (bei 1 oben, bei 2 unten, bei 3 links, bei 4 rechts). Nun hatte Röntgen 2 Patronenhülsen, eine für den Beschauer, in der nichts zu sehen war, eine andere für sich selbst, in der unten ein kleiner Kompaß war...

””

Hat es Sinn, bei einem großen Mann von einem so kindlichen Spiel zu erzählen? Ich glaube ja: Ein Kind zu bleiben, in der Reife, im Ruhme und im Glanz der Welt, in der Last von Würden die Fröhlichkeit zu retten — ist eine Gnadengabe, ein Charisma. Röntgen, so männlich wie er erschien und war, behielt einen kindlichen

Zug bis zuletzt. In seinen Briefen, selbst noch in jenen späten, aus denen das Weh der Einsamkeit spricht, leuchtet der göttliche Funke der Kindschaft im Manne zuweilen auf — in einer scherzhaft-ernsten Wendung, einer Selbstironie, in dem schlichten, verhaltenzärtlichen Ausdruck seines Dankes, seiner Freundschaft. Unbestechliche Gerechtigkeit, Gründlichkeit bis ins Einzelne, kindliche Zartheit in Unnahbarkeit verhüllt, Wahrhaftigkeit und Treue sind ausgeprägte Charakterzüge. Und wie sein Schriftbild sich im Lauf der Jahrzehnte wenig ändert, so ändern Glanz und Leid seine Tiefe nicht.

Röntgen liebte Musik und schöne Literatur

Der Schweizer *Jeremias Gotthelf* war einer seiner Lieblingsautoren. Er las in engerem Kreise aus dessen Schriften vor, und einiges darin konnte ihn bis zu Tränen rühren. Auch *Keller* war ihm vertraut; Spitteler stand ihm ferner. Röntgen liebte Gesellschaftsspiele, war auch einer Kartenpartie nicht abgeneigt. Aber am meisten liebte er die grüne Weite des Landes und den Wald. Ein Liebhaber der Jagd, war er mehr ein Heger und Pfleger der freien Tierwelt als ein Verfolger. Er war ein glänzender Schütze, trotz einer schweren Schädigung der Augen. Wenn man bedenkt, daß Röntgen rotgrün-blind war, und außerdem in der Sehkraft eines Auges geschwächt — was im Alter immer schlimmer wurde — so ist seine Leistung als Jäger und präziser Experimentalphysiker noch erstaunlicher. Dieses Handicap der Augen machte ihm viel zu schaffen. Er überwand die Schwierigkeiten wie immer, schweigend; nur zu seinen Freunden Boveri, Hippel und Wölfflin äußerte er sich hierüber zurückhaltend das eine oder das andere Mal.

In der Kriegszeit äußerte sich seine Rechtlichkeit besonders drastisch. Als die Nahrungssorgen kamen und mit ihnen die Rationierung der Lebensmittel, hielt er sich daran mit Strenge. Wenn seine Frau und die Stütze, das getreue Käthchen, versuchten, dem immer magerer werdenden und doch schon hochbetagten Mann den Speisezettel ein wenig zu verbessern, wurde er ernstlich böse, sobald er es merkte. Um keinen Preis wollte er besser leben als

seine Landsleute, um keinen Preis etwas nehmen, was ihm nicht zukam, und damit einen Mitmenschen schädigen. Er fing an, die Küche zu kontrollieren und selbst abzuwiegen, ob man ihm nicht etwa eine zu große Ration gebe. Bei Tisch gab es den bekannten Streit der guten Ehepaare, sich gegenseitig den besten Bissen zuzuschieben. Mit dem Rucksack zog er, von Frau und Tochter Boveri begleitet, aufs Land, um Brennesseln einzusammeln, aus denen man damals in der Hungerzeit Gemüse kochte, in der optimistischen Erwartung, daß es so etwas wie Spinat werde. Handschuhe gab es schon nicht mehr; so waren auf Tage hin verbrannte Hände die Folge. Doch der „Spinat“, im Sommer gepflückt, war nicht zu genießen.

Tiefe des Gemütes und Schweigsamkeit finden sich manchmal zusammen. Röntgen war ein Mann von tiefer Pietät. Wer den Eingang zu seinem Herzen gefunden hatte, blieb darin wohnen, auch wenn der Tod ihn längst gerufen hatte. Je mehr er sein Gefühlsleben verbarg, desto stärker war, wenn er sich einmal äußerte, die Wirkung. Als es einsam um ihn wurde, als viele, darunter sein bester Freund, sein Lebenskamerad, seine „Berthel“, wie er sie zu nennen pflegte, die Erde verlassen hatten, bricht die verborgene Tiefe in ihm auf; was er im Leben bisher verschlossen hütete, wovon er bisher kaum sprechen konnte: die Religion.

Der Naturforscher begegnet Gott in der Ebene der geschaffenen Natur, deren Gesetze, Schöpfergedanken er zu erkennen, nachzudenken sucht. Er hat mit dem zu tun, was man früher häufiger als jetzt „natürliche Offenbarung“ nannte. Da gibt es erschütternde Begegnungen in Fülle, und viele Große unter den Entdeckern haben, wie Kepler, Newton, Ampère, Pasteur, davon Zeugnis abgelegt. Aber dieser Weg zu Gott, dem gewaltigen Schöpfer und Erhalter, ist weit — jahrtausendweit ! Der Mensch in der Kürze seiner Tage muß Gott näher haben, verwandter, wärmer als in der Sprache der Planetenbahnen und Atomgesetze. Er sucht ihn in der Geschichte. Röntgen war gläubiger Protestant. Sein Großvater Johann Heinrich Röntgen war Presbyter der evangelischen Gemeinde in Lennep gewesen. Die geschichtliche Begegnung mit Gott gipfelt für den Christen in Christi, des Menschensohnes Gestalt.

Der einsam gewordene Röntgen, der Gott in der natürlichen Offenbarung als dem Gesetzgeber begegnet ist, sucht den mensch-

lich näheren Zugang, den *historischen*: Er nimmt die Bibel oft zur Hand, liest die Evangelien. Aber noch näher will die Menschenseele zu Gott dringen — sie sucht den *gegenwärtigen* Gott, die Begegnung des Gebetes, der Gnade. Röntgen führt in Lenzerheide lange Gespräche mit Bischof Schmid v. Grüneck aus Chur; er spricht mit ihm in München. Röntgen war zu redlich, zu gerecht, um eng zu sein. Mehrfach hat er der Toleranz, dem Verständnis für andere Bekenntnisse Ausdruck gegeben. Er spürt das Nahen des Todes. Er fragt sich, wo sein Kamerad, seine „Berthel“ weilt. Und dann • durchbricht, in der kindlich einfachen, innigen Form, die gläubighoffende Seele das Schweigen des Mundes in einem Brief an seine gütigen Freundinnen, Frau und Margret Boveri, am Tag nach dem Jahresgedächtnis seiner Frau, am 23. April 1920:

„Mit einem Herzen voll des Dankes und in der wohl wehmütigen, aber doch gefaßten und sogar auf kurze Zeit glücklichen Stimmung, in der ich den gestrigen Tag verbringen durfte, habe ich das Bedürfnis, Ihnen Bericht zu geben. Mein Dank richtet sich zunächst gegen Sie, liebe Freundin und liebe Margret, die mit so viel Güte und Zartgefühl und Rücksicht mir helfen, zu leben und mich mit dem Unabänderlichen abzufinden; die dafür sorgen, daß meine letzten Lebenstage nicht freudlos und in dem schmerzlichen Gefühl der gänzlichen Vereinsamung vergehen. „Gott schütze dich“, waren häufig die Worte, die meine Frau in ihrer letzten Zeit an mich richtete: *Sie* sind das Werkzeug in Seiner Hand, um dieses Gebet ihr zu erfüllen, und Er hat das Beste gewählt, was Er nur geben konnte. Ich fühle mich bei Ihnen so gut aufgehoben; frage mich aber manchmal, womit ich dieses Glück wohl verdient haben könnte. Es ist mir dann ein lieber Gedanke, es sei die Fürsorge der Verstorbenen, die mich und Sie lieb gehabt hat, und so breitet sich der Kreis, dem ich Dank schulde, noch weiter aus... „„„

Diese Äußerung ist sehr viel für den Schweiger Röntgen, der über sein religiöses Leben nicht sprechen konnte, weil er über tiefe Gegenstände überhaupt nicht zu sprechen vermochte.

Nun weilen seine Gedanken oft bei den letzten Dingen. Er weiß, er ist krank, aber er läßt es nicht merken. Nach seinem Tode fand man Aufzeichnungen über sein Leiden bis unmittelbar vor seinem Tod. Der langsam fortschreitende Darmkrebs setzte seinen Ernährungszustand herab und schwächte ihn. Doch gab es auch noch

glückliche Stunden in seinen letzten Jahren. Einmal — so berichtet uns Margret Boveri — ging sie mit Röntgen die Isar entlang bis zum Wasserfall des Stauwehrs. Dort blieb Röntgen stehen, schloß die Augen und sagte: „Manchmal komme ich hierher, mache die Augen zu, dann ist mir beim Rauschen des Wassers, als sei ich wieder in den geliebten Schweizer Bergen und höre das Tosen eines Wasserfalls. „

Zu seinem letzten Erdenglück zählten, neben der Freundschaft der Frauen Boveri, die drei Reisen in die Schweiz, die sein Freund Ernst Wölfflin ihm gastlich spendete. Wir lasen ja im vorangegangenen Abschnitt, wie dankbar er war. In Pontresina ging er die vertrauten Wege, pilgerte durch das Roseggthal und besuchte die alten Plätze, an denen er mit seiner Frau und seinen Freunden oft geweilt. Noch machte er einen rüstigen Eindruck. Er ist 1921, trotz seines Leidens, zu Fuß von Pontresina nach Muottas Muragl gestiegen — 700 m — um die physiologische Pflanzenstation zu sehen.

Eine letzte Wanderung führte den 77-Jährigen durch das Fextal auf die Marmorei. Vor einem Landschaftsbilde blieb er stehen und sagte: „Das ist, was ich noch einmal in meinem Leben sehen wollte. „ Und eine ernste letzte Reise führte ihn, von Boveris begleitet, nach Gießen. Die bejahrten Eltern waren während der Gießener Zeit zum Sohne dorthin gezogen, und sie lagen dort begraben. Röntgen wollte für sich und die Seinen dort eine dauernde Ruhestätte haben und mit der Stadt eine Vereinbarung treffen, die Pflege seines Grabes zu besorgen. Die Inflation hinderte damals ein solches Arrangement, aber die Stadt hat später von sich aus diese Ehrenpflicht übernommen und getreulich erfüllt.

Sein einstmals bedeutendes Vermögen hatte er zum großen Teil der Universität Würzburg vermacht; er hat — darüber dürfen wir froh sein — wohl nicht mehr ganz erfahren, wie die Inflation es bis auf unbedeutende Reste zerstörte.

Und nun ist nichts mehr zu berichten als sein einsamer Tod an Entkräftung durch das Karzinom. Nur seine treue Haushälterin, Käthe Fuchs, war bei ihm, als er am 10. Februar 1923, im Alter von 78 Jahren, seine Seele dem Schöpfer zurückgab.

Die vielen, vielen irdischen Ehrungen blieben zurück. Aber *eine* sei doch genannt: Die noch von der Feindschaft und dem Schmerz

des Weltkrieges zitternde Welt nahm einmütig Anteil an seinem Tod. Hier schwieg jede Feindschaft. Sein Werk hatte allen Völkern gedient, den Kriegern aller Nationen unzählige Male lebensrettende Hilfe geleistet, und so wurde hier deutlich, daß es in der Mensch-heit Gemeinsames gibt, das größer ist als Feindschaft. Vor seiner Bahre beugten sich die Fahnen aller Nationen und die Häupter aller Gewaltigen des Geistes in Ehrfurcht.

Die Schweiz aber war ihm eine zweite Heimat. Ein Schweizer hat dem Jüngling den rechten Rat gegeben, als er durch den ersten Schicksalsschlag niedergeschmettert war. An der Schweizer Hoch-schule empfing er die entscheidenden, bestimmenden Eindrücke seines Lebens und seines Forscherdaseins und fand den Meister, der ihn formte. Dort fand er auch seine erste und einzige Liebe, seine Lebenskameradin. Viele Schweizer waren seine nächsten Freunde – ich habe nur wenige von ihnen genannt – und in den Schweizer Bergen holte er sich alljährlich – mehr als 40 mal im Lebenslauf – die Kraft und die Freude, deren er zu seinem Schaf-fen bedurfte. Die Schweizer Berge lebten in seinen Träumen und in seiner Sehnsucht, wenn er in der Heimat weilte. Und auf dem letzten Berge, den er bestieg, nahm er von ihr Abschied.

Nun ist er 22 Jahre tot, und so vieles ist geschehen in dieser Zeit. So mag es manchem scheinen, als hätten wir schon lange, lange Abschied genommen. Die Zeugen seiner Zeit, ich sagte es schon, werden selten. Darum vielleicht drängt es die Letzten, von ihm zu sprechen. –

Eines ist schließlich noch zu sagen: Die Geschichte hat einen *doppelten Schritt*: den der *Ereignisse* und den der *Ideen*. Die *Er-eignisgeschichte* ist laut, erfüllt unsere Tage mit Hoffnung, Sorgen, Spannung, Not; sie schüttelt uns. Aber die Geschichte des Geistes ist leise, und doch viel stärker, sie *formt* uns. Die Ereignisse gehen und kommen, aber die Gedanken verharren, prägen die Geschlech-ter und strahlen ihre Wirkungen über Jahrhunderte aus. Darum blieb Röntgen uns nahe, und wir grüßen jenseits des irdischen Grabes den großen *deutschen* Gelehrten, dessen Genius der *Welt* gehört, und der die *Schweiz* so innig geliebt hat.

SAAT DES GEISTES

Von der Entdeckungsnacht bis zu unseren Tagen

Der Alltag ist Feind der Ehrfurcht. Gewohnheit macht blind für Größe und taub für jene Fragen, die Geheimnisse an unseren Geist stellen. Ich erinnere mich noch des Staunens meines Vaters, als er das erste Gespräch mit einem fernen Bekannten am soeben erstellten Telephon führte. Als Edison seinen Phonographen Pariser Gelehrten vorführte, verließen manche unter lautem Protest den Raum: Man lasse sich nicht durch einen amerikanischen Bauchredner-Trick übertölpeln. So ganz unmöglich erschien diesen Herren der Gedanke, daß Laut, Sprache, Musik in plastischem Stoff aufgefangen und von da jederzeit zur Auferstehung gebracht werden könne. Auch der Schauer des Glückes und des Staunens ist verschwunden, der Louis Pasteur durchrieselte, als er den ersten Sieg über die Lyssa, die Tollwut, errungen, einen furchtbar von einem tollen Hunde zugerichteten Knaben gerettet hatte, den die verzweifelte Mutter aus dem Elsaß zu ihm brachte (1885). Die Wunder des elektrischen Lichtes, des menschlichen Fliegens, der raumüberbrückenden Wellen des Radiosenders, des Fernrohrs, des Mikroskopes erschüttern nicht mehr. Heute erschüttert die Atom-energie die Öffentlichkeit, die sich als Zerstörungsmittel im japanischen Kriege erschreckend zeigte. Auch das wird sich legen: *Alles wird im Alltag banal.*

Warum? Weil der Mensch verstanden hat, was vorgeht? Weil die Geheimnisse des Wesens und des Geschehens dem Wissen Platz machten? Nein, alle diese Geheimnisse sind größer, tiefer geworden. Im Grunde wissen die nutznießenden Menschen nicht, was geschieht. Nicht beim Phonographen, nicht bei der Arznei, beim Fliegen nicht und nicht bei der Glühlampe. Geht man dem Geschehen in einer gewöhnlichen Glühlampe nach, so stößt man auf Tiefen der Schöpfung, die erschauern machen — so ist es aber überall. Doch wenn die Sensation der Neuheit vorüber ist, denken wenige mehr nach.

Röntgen ahnte selbst, welche Zumutung an das gewohnte Denken der Menschen seine Entdeckung stellen werde. Seiner Frau sagte er im November 1895: „Ich mache etwas, wovon die Leute, wenn sie es erfahren, sagen werden: ‚Der Röntgen ist wohl verrückt geworden‘. ... Und das war nicht übertrieben. Wer diese Wochen miterlebt hat, weiß davon. „Unmöglich“, „Unsinnig“, „Undenkbar“, „Zeitungsschwindel“, „Unglaublich“ hörte man täglich sagen. Physiker wie der hochangesehene Professor Lummer in Breslau äußerten ihre Verblüffung in drastischen Worten. Für diese Strahlen fand sich im Schatz des bis dahin Erfahrenen, dem Vertrauten nichts, woran man „denken“, d. h. woran sich das Vorstellungsvermögen als Analogie heften konnte. Man konnte sich also nichts vorstellen, nichts „denken“ bei der Kunde von einer selbst unsichtbaren „Strahlung“, die alles Undurchsichtige, ja Wände, Mauern, durchdringen und deren innere Struktur sichtbar machen könne. Dem Fehler, für undenkbar, folglich unmöglich zu erklären, was sich bisher noch nicht in der Erfahrung fand, verfielen die Menschen allzeit und verfallen ihm auch heute. Elektrische Felder und Schwingungen ohne „Äther“ als Träger, Ströme von Energien, wie sie die Sonnen in den Weltraum strahlen, ohne körperlichen Träger, ohne tragende Substanz galten noch jüngst bei vielen für unmöglich, weil undenkbar. Aber dieses „undenkbar“ ist nur ein „vorläufig unvorstellbar“, „Dem Schöpfer kann es keine Grenzen vorschreiben.

Als dann von vielen Laboratorien die Bestätigungen der Entdeckung kamen, machten die Zweifel großem Staunen Platz; zugleich ging die Ahnung durch die Welt: hier sei eine Pforte aufgetan, die in ein neues Reich bisher verborgener Wirklichkeit führe. Die Physiker drängten sich, von diesem Eingang aus neue Pfade ins Innere zu finden. Und Röntgens erste Mitteilung enthielt eine Stelle, die den Eindruck erweckte, als sei sie ein Wegweiser ins neue Land.

Radioaktivität

Es ist diejenige, wo er sagt, das neue Agens gehe von da aus, wo die von Kathodenstrahlen getroffene Glaswand am hellsten fluoresziere (vergl. Kap. „Röntgens Mitteilungen“).

Daran knüpften manche Forscher die Vermutung, daß zwischen Fluoreszenz als einem nicht von der Erhitzung stammenden Leuchten und der Erzeugung der durchdringenden Strahlen ein innerer Zusammenhang bestehe. Die Meinung war falsch. Das Zusammen-Auftreten der beiden Erscheinungen ist nicht nötig, nicht wesentlich. Aber die irrige Vermutung führte auf eine große Entdeckung: Henry *Bequerel* untersuchte Uransalze und fand 1896 bei Joachims-taler Pechblende, ohne Zusammenhang mit irgendeiner Fluoreszenz, Strahlenemissionen, die gleichfalls undurchsichtige Körper durchdrangen und die photographische Platte schwärzten.

Dann ging es sozusagen Schlag auf Schlag weiter. Wir können hier nur einige Namen nennen: *G. C. Schmidt* und *Marie Slo-dowska-Curie* fanden 1898 die Strahlungen der Thoriumsalze, im gleichen Jahr *Pierre Curie* und seine eben erwähnte Gattin mit dem Chemiker *Bemont* das Polonium, noch im gleichen Jahr auch den „König“ der radioaktiven Elemente, das am stärksten strahlende Radium, 1899 *Debierne* das Aktinium, 1900 wurden von *Rutherford* beim Thor und von *Dorn* in Halle beim Radium gasförmige radioaktive Stoffe, „Emanationen“ entdeckt. So lag um die Jahrhundertwende ein ganz neues Gebiet nun wirklich „strahlender Materien“ vor, doch eingehüllt in dies bedrückende Geheimnis: die Ursache und Quelle dieser fortwährenden Aussendung von Stoffstrahlen (α - und β -Strahlen) und Energie (den Röntgenstrahlen ähnliche γ -Strahlung) war noch ganz im Dunkel.

Therapie mit Röntgenstrahlen und Curietherapie

Bald nach der Entdeckung hatte *Leopold Freund* in Wien, von der Beobachtung der Hauptschäden bei Radiologen ausgehend, die Röntgen-Oberflächen-Therapie begründet, bei der sich auch oberflächliche Hautkrebse als Indikation erwiesen. Verfasser hat dann (1905 und folgende Jahre), wie im Kap. 13 erwähnt, die physikalischen Möglichkeiten und die technischen Bedingungen der Tiefentherapie systematisch erarbeitet. Die Therapie mit radioaktiven Substanzen schloß sich nunmehr an. Röntgentherapie und Curietherapie wurden zum neuen Zweig der Heilkunde. In der ganzen Welt entstanden radiologische Institute. Zur rasch entwickelten Röntgen-Strahlen-Diagnostik gesellt sich die Strahlentherapie.

Plancks Entdeckung

Im Dezember 1900 ging ein zweites Tor ins Neuland der Wirklichkeit auf. Die Physik besaß seit Newton die Gesetze der Mechanik, der Bewegung der Körper unter dem Einfluß von Kräften. Dieser Besitz klärte die Bahnen der Himmelskörper wie der irdischen molaren und molekularen Massen; die Akustik und die Wärmelehre waren Spezialfälle der Mechanik. Diese Deutung eines großen Teiles des irdischen und kosmischen Naturgeschehens entfaltete sich von Jahrzehnt zu Jahrzehnt zu immer höherer Präzision, zu mathematischer Zuverlässigkeit, zur millionenhaft bewährten Grundlage der Technik. Die „klassische“ Mechanik gewann das Ansehen der Königin der Naturwissenschaft.

Im vorangegangenen Jahrhundert kam zu diesem Geistesgut die Erwerbung eines neuen: der Elektrodynamik, die auch die Optik einschließt. Der Versuch, auch sie, insbesondere die Strahlungen (zunächst Licht-Wärme-Ultraviolett-Strahlung, dann Hertz-sche elektromagnetische Wellen, zuletzt Röntgen und γ -Strahlen) in die Mechanik einzuschließen, also auf die Galilei-Newton'schen Fundamentalgesetze zu gründen, brachte nur teilweise Erfolge. Im Mittelpunkt stand dieses Problem:

Jeder Körper *strahlt* nach Maßgabe seiner Temperatur (und das ist ein Ausdruck seines Energiezustandes, nämlich der mittleren Bewegungsgeschwindigkeit seiner Moleküle) elektromagnetische Wellen aus. Ist er heiß genug, „glühend“, so sind es optische Wellen: er leuchtet, oder es sind ultraviolette Strahlen; ist er weniger heiß, so sind es Wärmewellen. Und jeder Körper absorbiert auch solche Wellen, die von außen auf ihn dringen. Es findet also stets zwischen den Oberflächen der Körper und der Umgebung — man sagte damals dem „Äther“, jetzt zieht man vor, dem Feldraum zu sagen — ein Energieaustausch im Geben und Nehmen statt. Wie geht es nun zu, daß die Körperenergie, die man Wärme nennt, also die kinetische Energie seiner Moleküle, den „Äther“, zum Schwingen bringt und umgekehrt, wie können Ätherschwingungen, Licht und Wärmestrahlen absorbiert werden und die Körpermoleküle beschleunigen? Das ist offenbar ein sehr wichtiges Problem: äußerlich, denn nur so, durch Ausstrahlung von der Sonne und Absorption seitens der Erde kommt es ja zu jeglicher

Art von irdischem Leben. Und innerwissenschaftlich: Die Bewegungen der Körpermoleküle sind mechanisch, aber die „Äther“-Schwingungen „„waren durch Maxwell und Hertz als eindeutig elektromagnetische Ereignisse dargetan. Hier also, beim Übergang von Körperenergie in Strahlung und von Strahlung in Wärmeenergie von Körpern, bot sich der Forschung das *Problem des Zusammenhangs zwischen Mechanik und Elektrodynamik*.

Die Frage konzentrierte sich auf die Untersuchung der Strahlung des „schwarzen Körpers“. Darunter versteht die Physik ein Gebilde, das maximal absorbiert, somit minimal reflektiert, also keine Körperfarbe hat (denn Körperfarbe heißt ja, daß die Oberfläche bestimmte Wellenfrequenzen reflektiert); ein solcher schwarzer Körper, lehrte die Erfahrung, strahlt auch am stärksten. Es stand also fest, daß an seiner Oberfläche der mechanisch-elektrodynamische Austausch am stärksten ist.

Deswegen wurde er besonders sorgfältig von den Physikern studiert. *Prevost, Kirchhoff* (1860), *Foucault, Stephan* und *Boltzmann, W. Wien, Paschen, Pringsheim, Lummer, Rubens, Kurlbaum*, kurz eine ganze Elite dieser Physiker-Generation untersuchten den Austausch aufs sorgfältigste. Er wurde empirisch genau geklärt, eine Reihe von Gesetzen davon gefunden. Aber, wenn versucht wurde (*W. Wien* 1896, *Rayleigh* und *Jeans* 1900), die Ereignisse mit den Fundamentalgesetzen der klassischen Mechanik in Einklang zu bringen, so gab es (trotzdem Einzelzüge stimmten) unlösbar erscheinende Widersprüche. Und diese gelöst zu haben, an der Jahrhundertwende, im Dezember 1900, ist *Max Plancks* große Leistung.

Die fundamentale Erkenntnis seiner Entdeckung besteht darin, daß die Austauschprozesse zwischen Oberflächenmolekülen des Körpers und dem „Äther“ (um in der damaligen Sprache zu sprechen) nicht beliebig sind, sondern in ganz bestimmten Stufen oder „Quanten“ erfolgen. Das heißt: sie können nicht beliebige Energiebeträge in Emission oder Absorption austauschen, sondern nur ganz bestimmte, die alle ganzzahlige Vielfache eines Elementarbetrages sind. Also eine neue Grund-Diskontinuität im Kosmos! Modellmäßig gesagt. Die Körperoberflächen aller Körper enthalten „Oszillatoren“, mikrophysikalische schwingende Gebilde, die den „Äther“ sozusagen stören, ihn im Rhythmus schwingen lassen kön-

nen und umgekehrt vom schwingenden Äther selbst in Schwingung versetzt werden können. Aber die Wirkung zwischen mechanisch gedachtem Oszillator und „Äther“, ist an ein elementares „Wirkungsquantum“, mit dem Buchstaben h bezeichnet, geknüpft, wie etwa der Bargeldverkehr an die kleinste Münze, von der es keine Teilbeträge mehr gibt, oder wie eine Stoffmenge an ihre Urbau-steine, die Atome, die man nicht teilen kann (ohne sie zu etwas ganz anderem zu machen), oder eine Elektrizitätsmenge, die stets eine ganze Zahl Elektronen beträgt. Diese Annahme führt zu einer Änderung im mathematischen Ausdruck der Strahlungszusammensetzung, die von einem schwarzen Körper bei gegebener Temperatur emittiert wird — und diese von Planck abgeänderte Gleichung gab die Erfahrung mit der größten Treue wieder.

Es ist nicht möglich, hier auf die Einzelheiten näher einzugehen. Aber wir bemerken gut: Das Entdecken ist ein Anpassen des menschlichen Intellekts an die Wunderwelt der Wirklichkeit. Der Genius des Entdeckers besteht in der Schmiegsamkeit seines Geistes, im Losmachen von anschaulichen Denkgewohnheiten, die leicht für Axiome gehalten werden. Die menschliche, immer wiederholte Anstrengung, aus *eigener Einsicht* zu finden, wie noch Unbekanntes in der Natur sein werde oder sein müsse, scheiterte je und je. Demut, auch philosophische, steht am Anfang jeder Wahrheitsforschung. Der Schöpfer antwortet selbst durch die Schöpfung, wenn wir richtig, das ist ohne Hineintragung von Wunsch und Vorurteil, fragen, und an uns ist es, nach der Antwort uns zu formen.

Fünf Jahre später tat *Albert Einstein* den Schritt, die Quantelung des Austausches zu generalisieren, jede elektromagnetische Schwingung, jede Art von Licht als eine diskontinuierliche Strömung aufzufassen, als Summe von „Lichtpfeilen“, „Lichtnadeln“ oder wie immer man das, an Vertrautes anknüpfend, nennen mag. „Photonen“, ist der jetzt gebräuchliche Ausdruck. Diese Einstein-sche Generalisierung hat sich bewährt. Sie erklärte u. a. die bis dahin rätselhaften Vorgänge der Photoelektrizität.

Veränderlichkeit der Masse

Röntgens Entdeckung und Plancks Quantentheorie haben die ganze physikalische Forscherarbeit in Bewegung gebracht. Die

Natur der Kathodenstrahlen war — wir sprachen davon (Kap. 9 u. 10) — geklärt und ihre Phänomene in die großartige Elektronentheorie von H. A. Laaetz in Leyden eingebaut. Aber gerade hier hatte sich eine neue, zunächst unfassbare Tatsache herausgestellt. Aus Messungen der Bahnen, die Kathodenstrahlen zurücklegen, wenn sie bestimmte Geschwindigkeiten haben und in elektrische und magnetische Kraftfelder geraten, kann die Masse (genauer das Verhältnis von Ladung und Masse) des Elektrons bestimmt werden. Und da fand *Walter Kaufmann* (1901 und folgende Jahre), daß die Masse des Elektrons zunimmt, wenn seine kinetische Energie zunimmt. Unter Masse ist zu verstehen: Widerstand gegen Bewegungsänderung oder Beschleunigung. Aber diese sogenannte „träge Masse“ ist der Gravitationsmasse, dem „Gewicht“ proportional und es ist heute sicher, daß auch das Gewicht des Elektrons ebenso wie die träge Masse mit seiner kinetischen Energie zunimmt. Bevor die Entscheidung über dieses aufregende Ergebnis kam, brachte die Radioaktivität einen neuen, nicht weniger aufregenden Fund.

Atomabbau

Rutherford und *Soddy* brachten nämlich 1902 mit triftigen Gründen die Hypothese vor, die verhältnismäßig gewaltigen Stoff und Energie-Ausstrahlungen des Radiums und der anderen selbststrahlenden Stoffe stamme aus den Vorräten ihrer eigenen Atome. Es waren ja die massenreichsten Atome, die sich als strahlend erwiesen. Dieser Gedanke, der die Atome als nicht einfach, sondern als überaus reich zusammengesetzte Gebilde, Speicher riesiger Energien zur Voraussetzung hatte, erweckte vielen und temperamentvollen Widerspruch — aber er war richtig, bewährte sich, führte 1911 mit dem *Rutherford'schen* Atommodell zu einem ersten großen Forschungsschritt im Atomproblem. Jetzt ist die Erforschung des Atombaus ein Hauptthema der Physik. Das *Bohr'sche* Modell (1913), besonders von *Sommerfeld* und seinen Schülern immer feiner ausgebaut, gab erstaunliche Einzelheiten richtig wieder, die sich experimentell ergeben hatten. Es klärte vieles von dem, was sich an den „Schalen“, dem Äußeren des Atoms abspielt. Freilich scheiterte das Modell an anderen Tatsachen. Es

mußte durch *Wellenmechanik* und *Quantenmechanik* (1924 Louis Viktor Herzog v. Broglie, 1925 Heisenberg, Schrödinger) später ersetzt werden.

Relativitätslehre

Ein Kernstück der klassischen Mechanik ist das Galilei'sche Additionstheorem der Geschwindigkeiten. Sein Inhalt scheint sehr einfach, hat aber große Tiefe und trägt weit. Das Theorem sagt: Geschwindigkeit ist ein ganz *relativer* Begriff. Fahre ich auf einem gleichmäßig dahingleitenden Schiff, in einem dahinrollenden Zug, so sind viele Gegenstände um mich in Ruhe — aber vom Ufer oder vom Bahndamm aus gesehen, sind sie bewegt, teilen die Fahrzeuggeschwindigkeit. Ist auf dem Fahrzeug selbst Bewegung, läuft etwa ein Matrose vom Heck zum Bug übers Deck, so hat er vom Schiff aus gemessen eine Geschwindigkeit, vom Ufer aus gemessen eine andere, nämlich die erste zusätzlich der des Fahrzeugs. Jeder irdische Gegenstand ist vom Monde oder der Sonne aus gesehen bewegt. Es muß daher stets gesagt werden, von welchem Standort oder „System“ aus die eine Bewegung beurteilt wird. Das Theorem, das man an Galileis Namen anknüpft, beschränkt sich auf Systeme, die sich zueinander in gleichförmiger geradliniger Bewegung befinden und die man Trägheits- oder Inertialsysteme nennt.

- Hiefür gilt nun der Satz, daß die Geschwindigkeiten sich addieren. Also: Körpergeschwindigkeit im System I wird vom System II aus gemessen zu Körpergeschwindigkeit plus oder minus der Systemgeschwindigkeit des Systems I. Ein Geschoß fliege, etwa einem Flugzeug *nachgeschossen* und schon ermattet, mit 300 Metern pro Sekunde Geschwindigkeit, vom Boden aus gemessen. Aber das Flugzeug habe selbst eine Geschwindigkeit von 100 m/sec, mit der es in gleicher Richtung über den Boden fliegt. Vom System Flugzeug aus hat also das Geschoß nur $300 - 100 = 200$ m/sec, was für seine Durchschlagswucht maßgebend ist. Das ist im Grunde leicht einzusehen. Flöge das Flugzeug-System mit gleicher Geschwindigkeit wie das Geschoß über das Boden-System in gleicher Richtung, so hätte das Geschoß im System Flugzeug die Geschwindigkeit Null, könnte es nie einholen.

Die Frage war nun, ob das Additionstheorem auch für den „Äther“ gelte, also für die Geschwindigkeit des Lichtes, allgemein, ob es in der Elektrodynamik sich bewähre. Nun ist unsere Erde ein System, das sich mit 30 km/sec Geschwindigkeit im Umlauf um die Sonne vorwärtsbewegt. Durchheilt die Erde dabei den ruhenden „Äther“, so muß es einen Unterschied machen, ob ein Lichtstrahl vom System Erde in Richtung der Erdbahn oder umgekehrt entsandt wird oder auch quer zur Erdbahn. Im ersten Fall muß die Lichtgeschwindigkeit zur Erdgeschwindigkeit sich addieren, im zweiten Fall subtrahieren, wenn im ruhenden Äthersystem gemessen wird, und in der Querrichtung gibt es wieder eine andere, genau berechenbare Geschwindigkeit — vorausgesetzt, das Additionstheorem der Mechanik gelte auch für Licht, also für Elektrodynamik.

Michelson und *Morley* haben das 1881 bis 1887, und danach haben andere es genau untersucht, mit einem gewaltigen Aufwand an Mitteln. Die „Längs“- und „Quer“-geschwindigkeit des Lichtes relativ zur Erdbahn läßt sich ungemein genau vergleichen. Das Resultat war niederschmetternd. Das Additionstheorem gilt nicht, *Lichtgeschwindigkeit ist völlig unabhängig von der Bewegung des Systems*. Es zeigt sich nicht der tausendste Teil desjenigen Unterschiedes zwischen „Längs“ und „Quer“, der sich zeigen müßte, wenn Erdsystem-Geschwindigkeit und Lichtgeschwindigkeit sich addierten.

Natürlich gab es darauf Kopferbrechen, Deutungsvorschläge, wie die „Mitbewegung“ des Äthers mit der Erde. Aber all das ver- sagte. *Einsteins* Lösung, heute Gemeingut der Physik, besteht wieder in einer Anpassung des Denkens an die Wirklichkeit, in Aufgabe vertrauter Vorstellungen über die *Maßstäbe von Raum und Zeit*. Diese ändern, wenn von einem System heraus über ein anderes Aussagen gemacht werden, da sie nicht absolut sind (Koordinatentransformation). Die Lösung machte anfangs große Schwierigkeit, weil sie — wie immer — Aufgabe von Denkgewohnheiten erforderte. Röntgen empfand diese Schwierigkeiten anfangs sehr und hoffte damals auf einfachere, weniger „abstrakte“ Lösung. Heute erweist sich die *Einstein'sche* Lösung als weitaus einfacher als alle vorher und nachher versuchten Deutungen. Als zu abstrakt galt sie, weil für den neuen Befund, wie schon öfter, nur die mathe-

matische Ausdrucksweise klar und eindeutig war, die adäquaten Bilder und Sprachsymbole aber noch nicht zur Verfügung standen. Freilich müssen wir hier auf *ein* Ergebnis uns beschränken, freilich wohl das zunächst wichtigste von allem: Die *spezielle Relativitätstheorie* brachte die Erklärung der Kaufmann'schen Entdeckung, der Massenabhängigkeit von der Geschwindigkeit beim Elektron. In der Einstein'schen Bestimmungsgleichung $mc^2 = E$ oder $X \frac{E}{c^2} = m$ (X E durch c^2 nicht gefunden) bedeutet E Energie, gleichgültig welcher Art (kinetische, strahlende, elektrische); m bedeutet Masse und c die Universalkonstante „Lichtgeschwindigkeit“. Also sagt die Gleichung: jede Energie bedeutet träge (und schwere) Masse, und zwar ergibt sich deren genauer Betrag im Gramm, wenn der Energiebetrag in der Einheit Erg (Einheitsmaß der Energie) durch $c^2 = 9 \cdot 10^{20}$ dividiert wird. Darin steckt die Behauptung einer Äquivalenz von Masse und Energie; im einzelnen heißt das: „Lade“ ich irgend eine Masse mit Energie, erhitze ich etwa einen Körper (Wärmeenergie), gebe ich ihm kinetische Energie, lade ihn elektrisch — so ist seine Masse (und sein Gewicht) um einen ganz bestimmten Betrag vergrößert. Es heißt aber auch im einzelnen: Eine Energie, etwa ein Lichtstrahl, ein Röntgenstrahl bedeutet zugleich eine zwar kleine, aber genau bestimmte Masse, zugleich ein kleines bestimmtes Gewicht. Und endlich: Läßt sich eine Masse in Energie verwandeln, etwa in elektromagnetische Wellen „zerstrahlen“, dann bedeutet eine kleine Masse eine ungeheure Energie. Ein Gramm Masse in Energie verwandelt, gibt $9 \cdot 10^{20}$ Erg, also 900 Trillionen Erg. Die Behauptung: Das Sonnenlicht „hat Masse“, „wiegt“, scheint der Denkgewohnheit ebenso bizarr wie die andere: Die Sonnen speisen ihre Strahlung aus Massenverlust. Und doch — all das sind sichergestellte Tatsachen, die man heute experimentell beobachten und messen kann.

Weltraumstrahlung, Kernphysik, künstlich erzeugte radioaktive Isotope, Atomenergie und Atombombe

Die schlagendsten Beweise, zugleich die überraschendsten Entdeckungen der Neuzeit brachten einige Ballonfahrten, die den Freiburger Physiker *Gockel* zur Erforschung der atmosphärischen Elektrizität in beträchtliche Höhen trugen und die von *Heß, Kohl-*

hörster, Regener, Millikan und anderen weitergeführt wurden. Wir erinnern uns der Beobachtung Röntgens, daß seine Strahlen die Luft leitend machen. Im Kap. 10 wurde die Ursache, die Ionisierung durch Stöße, skizziert. In Erdbodennähe findet sich stets Radioaktivität, die ionisiert. Aber Gockel fand, daß in großen Höhen, wo die Spuren emporgetragener Radioaktivität verschwindend sind, die Ionisierung erheblich *zunimmt, statt zu verschwinden*. Viktor Heß, der nach Gockels Anleitung die Versuche weiterführte, fand sie bestätigt, während die Mehrzahl der Physiker sie für irrig hielt. Und Heß kam zuerst zu dem Schluß, daß es sich um eine Ursache der Ionisierung handle, die aus den Tiefen des Weltraums auf die Erde strahlte. Durch neue Meßmethoden, den *Geiger'schen Spitzenzähler* und die aus dem Cambridger Forschungskreise (siehe Kap. 10) hervorgegangene *Wilson'sche Nebelkammer* wurde es möglich, die überaus komplexen Phänomene der Weltraumstrahlung zu klären. Dabei entdeckten C. D. *Anderson* und *Blakett* 1933 das Positron, eben das positive Elektron, das *Dirac* in Cambridge aus wellenmechanischen Überlegungen vorausgesagt hatte. Die Erzeugung eines „Elektronenzwillings“ (posit. u. neg. Elektron) aus der Energie eines Photons und das Umgekehrte, die Zerstrahlung, entspricht dabei genau dem Einstein'schen Masse-Energie-Gesetz. *Anderson* und *Neddermeyer* in Pasadena entdeckten später in der kosmischen Strahlung das von dem japanischen Physiker *Yukawa* aus der Theorie vorausgesagte „schwere Elektron“, Mesotron oder Meson genannt, ebenfalls mit der Wilsonkammer. So stellte sich heraus, daß die kosmische Strahlung sowohl korpuskulare Bestandteile (Positronen und Elektronen) von ungeheurer Geschwindigkeit (nahezu Lichtgeschwindigkeit) und dadurch gewaltig vergrößerten Massen enthält als auch alles bisher Bekannte an Energie weit übersteigende Photonen. Dabei kommt es in sogenannten Kaskaden-Schauern zur Zersprengung getroffener Atome. *Rajewsky* und *Eugster* wiesen biologische Wirkungen der Schauer nach. Die kosmische Strahlung hat ihrerseits zur heutigen Atomkernforschung beigetragen, die in vollem Gang ist und von der Aufschlüsse über den Bau des Weltalls erwartet werden, die an Tiefe noch über das weit hinausgehen, was die Radioaktivität gelehrt hat. Die experimentelle Atomkernforschung, die nur mit großem Aufwand (Zyklotrone) in wenigen europäischen Instituten möglich ist, hat insbesondere

in U. S. A. großen Umfang angenommen und große Ergebnisse gebracht. Darunter die künstliche Erzeugung mehrerer hundert radioaktiver „Isotope“ der chemischen Elemente. Diese Ergebnisse greifen allenthalben in Nachbargebiete, auch in die Biologie und Medizin, über. Aber andererseits bietet der Bau der Atomkerne große, noch ganz ungelöste Schwierigkeiten, besonders hinsichtlich der Natur der gewaltigen inneren Kräfte, die Atomkerne zusammenhalten und für die sich in unserer Erfahrung noch nichts fand, woran unser Verständnis, das ist unser anschauliches, begriffliches Denken anknüpfen könnte.

Auf die riesenhaften, im Bau der Atome selbst eingeschlossenen Energien, die sich bei der natürlichen und künstlichen (d. h. technisch herbeigeführten) Radioaktivität äußern, ward die Physik mehrfach statisch hingewiesen. Die große Weltöffentlichkeit erst neuerdings (während dieses Buch gedruckt wurde), durch die so genannte Atombombe, deren zwei auf japanische Großstädte zerstörend niedergeworfen wurden. Daß an der Nutzung der Atomenergie in Deutschland, U. S. A., England, Frankreich, Kanada mit größter Anstrengung gearbeitet werde, wußten die Physiker aller Länder. Diese Bemühung begann, als im Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie in Berlin durch dessen Leiter Otto Hahn, Fritz Straßmann und durch Lise Meitner die besonders hohe Energiefreigabe untersucht wurde, die bei der Kernaufspaltung des seltenen Uran-Isotops mit dem Atomgewicht 235 zustandekommt. Uran, das schwerste irdische Element mit dem mittleren Atomgewicht 238, 1 enthält in seinem Kern 92 Protonen, das heißt positiv geladene Wasserstoffkerne. Aber es ist ein Gemisch von Isotopen, d. h. von Uranen mit gleichviel Protonen (stets 92), aber verschieden vielen Neutronen und inneren Bindungsenergien. Das Isotop 235 ist wenig stabil. Trifft ein Neutron von ganz bestimmter, nicht großer Geschwindigkeit darauf (und dies kann der Physiker auf verschiedene Weise bewirken), dann kommt es wegen der gewaltigen inneren Abstoßungskräfte der Protonen zum Zerfall des Kernes mit kinetischer Entfesselung eines Teiles der atomalen Energie. Das Besondere im Falle des Uran 235-Zerfalles ist nun, daß er sich prinzipiell zu einer Kettenreaktion eignet. Was eine Kettenreaktion ist, haben wir bei den Gasentladungen in Kap. 10 erfahren. Bei der Kernspaltung des Urans 235 treten wieder Neutronen aus, die, wenn sie

in benachbarte Uran 235-Kerne treffen, den gleichen Prozeß herbeiführen. Das ist das Grundprinzip — aber der Weg zur technischen Nutzung, jetzt als Zerstörungswerkzeug, später als regelbare, gesteuerte Energiequelle, ist weit. Es ist hier nicht der Platz, darauf näher einzugehen. Was wir aber wiederum erkennen, das ist die „Saat des Geistes“. Von Röntgens Entdeckung führt über die Radioaktivität der Erkenntnisweg auch hierher.

Die Natur der Röntgenstrahlen — v. Laues Entdeckung

Röntgen erlebte die Enthüllung des Rätsels, das bisher die Natur seiner Strahlen verbarg. In seinem eigenen Institut machten zwei jüngere Physiker, Friedrich und Knipping, ein „experimentum crucis“, das *Max v. Laue*, theoretischer Physiker, im Nachbarinstitut bei *A. Sommerfeld* tätig, ausgedacht und gegen anfänglichen Widerspruch durchgesetzt hat. Entscheidende Kriterien für (elektromagnetische) Wellen sind Brechungs- und Beugungserscheinungen bestimmter Art, und wir sahen in Röntgens Mitteilungen, daß er danach eifrig suchte, aber nichts fand. Er konnte sie mit den damaligen Methoden der Optik nicht finden. Beugungserscheinungen, darunter besonders die sogenannten „Interferenzphänomene“, treten nur ein, wenn die Gebilde (z. B. feine Gitter bei der Spektroskopie) eine geometrische Struktur (Gitterabstände) haben, die von der gleichen Größenordnung ist wie die Wellenlängen der Strahlen. Ein gutes optisches Gitter für sichtbares Licht muß hundert bis tausend Gitterstäbe (Linien) auf einen Millimeter Distanz haben, also Gitterabstände von $\frac{1}{100}$ bis $\frac{1}{1000}$ Millimeter (10^{-3} bis 10^{-4} cm und noch darunter), weil die Wellenlänge des sichtbaren Lichtes bei 10^{-4} bis 10^{-5} cm liegt. Aber die Röntgenstrahlen, das vermutete (wie auch andere Physiker) damals v. Laue, haben viel (etwa 1000 mal) kleinere Wellenlängen. Solche Gitter kann die Technik nicht herstellen, aber die Natur selbst liefert sie in den Festkörpern mit Kristallstruktur. Dies war die Laue'sche Idee, als Beugungsgitter Kristalle, also etwa einen fehlerfreien Kochsalzkristall, zu benutzen, und das gab einen vollen Erfolg. Von Laue selbst, dann von *Bragg*, Vater und Sohn, von *Debye* und *Seherrer* und anderen auch theoretisch geklärt und weiterentwickelt, wurde die Methode der Rönt-

genspektroskopie ein gewaltiges Hilfsmittel, nicht nur für die Strahlungsforschung, sondern auch für die Physik der Materie festen (und flüssigen) Aggregatzustandes, die Kristallographie, für die Analyse der Metalle, Legierungen, für die Stoffveredlungsverfahren, die Faserstoffe. Ein sehr großer und erfolgreicher neuer Wissenszweig entstand. Auch neue synthetische Stoffe, deren molekulare Bauweise sich chemisch allein nicht klären lassen, sind so der Forschung zugänglich geworden.

Quantenbiologie, ein neuer Zweig der Biophysik

Ein neuer, erfolgversprechender Zweig der Biologie knüpfte an Röntgens und Plancks Entdeckungen an. Weil dies Gebiet auch Mediziner, allgemein Biologen unmittelbar angeht und ein weiteres Beispiel für die gewaltige Saat des Geistes bildet, die aus Röntgens Funden weithin zu neuem Erkennen, zu Geistesfrüchten führt, sei es noch kurz dargestellt:

Bei der ersten Konzeption der jetzt weit entfalteten und erfolgreichen Quantenbiologie (September 1922) ging ich von einigen charakteristischen Erfahrungen aus. Die Berechnung und Messung derjenigen Strahlenenergie, die etwa auf den menschlichen Körper stark, ja selbst tödlich wirkt, ergab eine überraschend kleine Größe. Wenige Grammkalorien Röntgenstrahlen- oder Gammastrahlen-Energie im menschlichen Körper absorbiert, können ihn töten. Anschaulich ausgedrückt, etwa ein Fingerhut von warmem Wasser enthält soviel und mehr Wärmeenergie, als die Strahlenenergie beträgt, die in Form von Röntgenstrahlen einen Menschen töten kann. Die Wirkung muß sich also im Anschluß an die Absorptionsvorgänge gewaltig verstärken, etwa wie bei einem sehr starken Gift. Eine zweite Tatsache besteht darin, daß alle Erfahrung zeigte: nicht die Strahlenquanten selbst wirken biologisch, sondern ihre physikalischen Abbauprodukte. Nach Absorption von solchen Strahlen findet sich deren Energie in Elektronen mit verschiedenen großen Geschwindigkeiten wieder und diese Elektronen haben sehr starke biologische Wirkungen. Der Typus dieser Wirkungen, dies war eine dritte fundamentale Erfahrung, ist einheitlich destruktiv, d. h. alles Organische, das eine genügende Dosis solcher Strahlen

empfangen hat (d. h. eine hinreichende Energie von ihnen absorbiert hat), macht biologische Abbauprozesse durch, Dissimilationsprozesse, die bis zur völligen Auflösung (Autolyse) des Organischen fortschreiten können. Endlich eine vierte Tatsache: im großen und ganzen und innerhalb gewisser Grenzen entsprechen die Wirkungen den absorbierten Dosen. Jedenfalls konnte man sicher sein, daß es sich nicht um ein katalytisches Prinzip handelt.

Diese hauptsächlichsten (und eine Reihe anderer) Tatsachen führten zu folgendem Schluß: Bei der Bestrahlung geht nicht eine gleichmäßige Veränderung der getroffenen Gewebe vor sich, sondern man hat sich vorzustellen, daß, sagen wir einmal, wie feine Regentropfen oder Saatkörner einzelne Strahlenquanten auf die sehr große Anzahl der bereitliegenden biologischen Einheiten ein-fallen und etwa in jeder Sekunde eine kleine Menge unter ihnen treffen. Eine solche Vorstellung der diskontinuierlichen Wirkung ist erlaubt, wenn die Einzelwirkungen *einer sehr großen Anzahl* von biologischen Einheiten gegenüberstehen. Es muß das erste der beiden Poisson'schen Gesetze der großen Zahl gelten.

Daraus folgt die Frage: Welche biologischen Einheiten sind in großer Zahl den einzelnen Lichtquanten gegenübergestellt? Und die weitere: wie verhält sich die Einzelenergie eines einfallenden Photons zur Energietoleranz der einzelnen biologischen Einheit? Die Berechnung dieser Frage führt sofort zu dem Ergebnis, daß als Wirkungs-Einheit nicht die Zelle, sondern nur das biologische Molekül in Frage kommt. Die Gewinnung dieser Erkenntnis ist der Ausgangspunkt alles Späteren. Nun konnten diejenigen Rechnungsmethoden herangezogen werden, die man bei analogen Problemen in ganz anderen Gebieten der Naturwissenschaft schon angewandt hatte (etwa in der Theorie des radioaktiven Zerfalls). Ein Gleichungssystem lag schon vor und konnte mit Modifikationen benutzt werden. Der mathematisch- theoretische Teil der Hypothese wurde insbesondere durch die beiden Schüler des Verfassers, Blau und Altenburger, weitergeführt. Die Grundgleichung des Gebietes heißt nach ihnen. Eine ganze Reihe von experimentellen Arbeiten wurde alsbald in Angriff genommen.

Für uns handelt es sich zunächst darum, eine modellmäßige Vorstellung zu bekommen, da hier nicht die Theorie des neuen Gebietes dargestellt werden kann. Wir stellen uns einen Würfel von

einem cm^3 vor, gebildet aus irgendeinem gleichmäßigen biologischen Objekt. Der Würfel soll das spezifische Gewicht des Wassers haben, also ein Gramm wiegen, weil das in der ersten Annäherung vielen biologischen Objekten entspricht. Es läßt sich leicht ausrechnen, daß in einem solchen Würfel ca. 5×10^{22} Atome, und zwar hauptsächlich H, C, N, O enthalten sind, etwa auf 10^{10} bis 10^{12} Zellen verteilt. Von den Zellen hat eine jede ungefähr einen Durchmesser von 10^{-3} bis 10^{-4} cm und besteht ihrerseits aus ungefähr 10^9 — 10^{10} biologischen Molekülen. Die Molekulargewichte solcher biologischer Moleküle sind in der Regel groß und betragen einige 1000 — 1000000 und darüber. Es wären also im ganzen Würfel 10^{19} — 10^{20} biologische Moleküle. Dabei ist noch vernachlässigt, daß in der Regel die organischen Substanzen einen erheblichen Wassergehalt haben; nehmen wir an, der Wassergehalt sei 50 %, so müßten wir die obigen Zahlen mit 2 dividieren, was an ihrer Größenordnung nichts ausmacht. Auf alle Fälle kann man größenordnungsmäßig rechnen, daß etwa 10^{19} biologische Moleküle in einem Würfel zur Verfügung stehen.

Dieser Zahl biologischer Einheiten steht nun eine Zahl einstrahlender Photonen, also Energiequanten gegenüber. Je nach Art der Bestrahlung ist diese Zahl der Quanten natürlich verschieden. Nimmt man normale Bestrahlungsbedingungen, etwa wie sie bei der Behandlung mit Röntgenstrahlen durchschnittlich vorhanden sind, an, so bekommt man eine bestimmte Zahl, die in die Oberfläche des Würfels eintreten. Da aber, wie wir soeben sahen, nicht die Strahlenquanten selbst, sondern die von ihnen erzeugten Elektronen wirksam sind, so muß man eine Durchschnittszahl der sekundär entstehenden Elektronenstöße berechnen. Diese Rechnung ergibt, daß pro Sekunde ungefähr 10^{12} unelastische Elektronenstöße, jeder mit ca. 30 Volt Geschwindigkeit, in dem Medium wirksam sind gegenüber ca. 10^{19} Molekülen, d. h. also, daß jedes zehnmillionste biologische Molekül von einem Energiedepot „getroffen“ wird, also unter einer sehr großen Zahl nur eines, d. h., das Gesetz der großen Zahlen ist erfüllt.

Die naturwissenschaftliche Erklärung durch „Modelle“ arbeitet immer mit Vereinfachungen, ohne darum etwa die Vielzahl der Wirkungszusammenhänge zu negieren.

Allerdings haben wir die Überlegung etwas zu stark schemati-

siert. Der Vorgang der Elektronenbildung und -Wirkung im Medium ist wesentlich komplizierter. Doch ändert diese Komplikation an der Richtigkeit der Grundüberlegung nichts. Wir dürfen ruhig mit einem Elektronentreffer in der Sekunde auf 10 Millionen Moleküle als Zielscheiben rechnen. Die genauere Forschung verlangt freilich subtileres Eingehen auf Einzelheiten: die verschiedene Reichweite der Elektronenbahnen, die Art, wie die Elektronenenergie z. T. in Gruppen abgebaut wird, und die Art, wie sie im Biologischen nun ihrerseits eingreifen.

Die Grundtheorie der Quantenbiologie entwickelte über das Letztere eine bestimmte Annahme, die inzwischen als für viele Fälle zutreffend sich herausgestellt hat. Sie nahm nämlich an, daß man die Energie eines Elektronentreffers mit der „Stabilität“ der Widerstandsfähigkeit eines biologischen Moleküls gegen einen Treffer vergleichen müsse. Ein biologisches Molekül ist ein fein gebautes, kleines Reich für sich; es ist mit einem Gebäude zu vergleichen, aus mehreren hundert oder tausend Bausteinen, die durch Valenzkräfte miteinander verbunden sind. Die Absorption der Energie eines Elektronentreffers in einem solchen Gebäude kann man mit einer Erschütterung vergleichen, die dann zerstörend ist, wenn die Energie hierfür hinreicht. Erschütterungen der Bausteine, die um ihre Gleichgewichtslage schwingen können, oder die dabei sogar endgültig umgelagert werden, sind ähnlich den unregelmäßigen Bewegungen der Atome, die das Substrat der Wärme bilden. Deswegen wurde von Anfang an vermutet, daß ein großer Teil der Strahlenwirkungen — wenn auch nicht alle — als „Punktwärmen“ bezeichnet werden können, d. h. als wärmeartige Erschütterungen der Bausteine (Atome, Submoleküle) in einem lokalisierten, etwa durch die Grenze eines biologischen Moleküls bestimmten Gebiet.

Wir können indessen auf diese Grundvorstellung und ihre Variationen bei anderen Autoren (insbesondere Glocker, Crowther, M. Curie, u. a.) hier nicht näher eingehen.

Seit der Aufstellung der Grundtheorie sind mehrere 100 wissenschaftliche Publikationen auf diesem Gebiete erfolgt. Wir beschließen diese Notiz mit einer flüchtigen Übersicht über die Anwendungsgebiete, in denen sich die Theorie als richtig herausgestellt hat und zur Erforschung der Phänomene Dienste leistete. Die weitaus größte und eindeutigste Bestätigung fand die Theorie in

der sogenannten *Strahlengenetik*. Die Treffer sind nämlich imstande, künstliche Mutationen im Erbgang, also in den sogenannten Genen, aber auch in den Chromosomen selbst zu erzeugen. Durch überaus umfangreiche und schwierige Forschungen, die von *Muller, Morgan, Timofeef-Ressowsky, Knapp, Schreiber* u. a. insbesondere in den letzten 15 Jahren angestellt worden sind, hat sich mit jeder möglichen Klarheit ergeben, daß tatsächlich ein Treffer im Gen-Molekül zu einer Mutation führen kann, daß also das Exponentialgesetz der Theorie erfüllt wird, d. h., die Mutationsrate steigt exponentiell mit der eingestrahlten Dosis ganz unabhängig von ändern Faktoren. Es ist damit also nachgewiesen, daß es sich um eine streng diskontinuierliche quantenhafte Wirkung der Energie auf der einen Seite und um singuläre Wirkungseinheiten auf der ändern Seite handelt.

Nahezu ebenso gut sind die Bestätigungen bei den sehr zahlreichen Untersuchungen mit *Bakterien*. Hier wird die sogenannte Tötungsanalyse zugrunde gelegt, d. h. es wieder untersucht, nach welchem Gesetz bei Einwirkung von Strahlung diese Einzeller absterben. Natürlich ist das Untersuchungsgebiet bei der großen Zahl und Verschiedenartigkeit der Bakterien, Kokken, Sporen viel mannigfaltiger. Aber auch hier zeigt sich die Grundvorstellung als erfüllt. Versuche, wie sie von *Wyckoff, Lea, Haines und Coulsen*, ferner an Hefe z. B. von *Holweck und Lecassagne, Glocker, Langendorf, Reus, Hercik, Hardung* u. a. angestellt worden sind, ergeben, daß in diesen niederen Organismen, speziell also auch in den Bakterien, Zonen enthalten sind, die etwa Zellkernen entsprechen, von denen das Leben in derart hohem Grade abhängt, daß ein oder wenige Treffer den Untergang des ganzen Individuums herbeiführen. Man kann aus den experimentellen Ergebnissen die Größe dieser „Wirkungszonen“ oder „Steuerungszonen“ berechnen: sie beträgt etwa $\frac{1}{1000}$ des Volumens der Bakterie selbst. Der durch seine Mitarbeit auf dem Gebiet der Quantenmechanik bekannte theoretische Physiker *Pascal Jordan* hat sich um die Klärung und die Deutung der Ergebnisse besonders verdient gemacht. Von ihm stammt ein Ausbau der ursprünglichen Theorie, der jetzt unter dem Namen „Verstärkertheorie des Organischen“ besonders bekannt ist. Schon meine ursprüngliche Theorie (1922) enthielt die Annahme, daß unter Umständen verhältnismäßig winzige Zer-

Störungen im Organischen genügen, um den Untergang größerer biologischer Einheiten herbeizuführen. So hat der Verfasser in seiner zweiten Arbeit im Jahre 1922 berechnet, daß größenordnungsmäßig die Zerstörung von $\frac{1}{10\%}$ — 1 % der biologischen Moleküle — je nach ihrer Art und Lage — den Untergang der ganzen Zelle herbeiführen. Diese Auffassung hat sich als richtig herausgestellt und wurde durch die Jordan'schen Arbeiten ausgebaut und in ihren Einzelheiten (Existenz von Steuerungszentren) zu großem Erfolg geführt.

Die Heranziehung *anderer biologischer Objekte* von größerer Ausdehnung und komplizierterer Struktur ist gleichfalls erfolgt. Aber hier bietet sich der Deutung der Resultate eine Fülle von Schwierigkeiten, deren Klärung noch nicht vollständig gelungen ist. Das war auch von vornherein anzunehmen: bei Organismen, wo nicht ein oder wenige Treffer den Untergang des Individuums herbeiführen, gibt es komplizierte biologische Verläufe, Erholungsvorgänge und infolgedessen auch komplizierte mathematische Funktionen. Aber es kann kein Zweifel bestehen, daß die Grundvorstellungen auch hier gültig sind.

Versuche unmittelbar mit organischen Molekülen, also speziell mit *Eiweißmolekülen*, sind unter Beteiligung des Verfassers und *Casparis* von *Rajewsky*, *Nakashima* u. a. angestellt worden. Dabei stieß man auf neue Gesetzmäßigkeiten, die noch nicht vollständig geklärt sind.

Auf Grund der Erfolge wurde die biologische Quantentheorie ausgedehnt auf das Gebiet der Virusforschung, die Wirkstoff-Forschung, die Untersuchung der sogenannten Treffergifte, biologische Schädigungen durch Hitze, Austrocknen und dgl. In letzter Zeit sind hierzu Deutungsversuche über die Häufigkeit optisch aktiver Substanzen im Organischen, allgemeiner: organischer Reproduktionsprozesse angeschlossen worden. All das ist noch in vollem Fluß, bietet aber große Aussichten, und man kann schon heute mit Sicherheit sagen, daß die Betrachtungsweise der gesetzmäßigen Diskontinuitäten bei physikalischen und chemischen Einwirkungen im Biologischen und die Benutzung der mit dieser Auffassung verbundenen statistischen Rechnungsweise vieles klärt, was bisher nicht zu deuten war. So führten Röntgens und Plancks Entdeckungen auch hier weit — bis tief in die Biologie.

AUSKLANG

Die Physik hat zweimal durch ihre Entdeckungen das Weltbild so verändert, daß daraus eine tiefgreifende Wandlung des menschlichen Denkens, der Stellung des Menschen zum Kosmos und unvermeidlich damit auch menschlicher Art, die Dinge anzupacken, also des Handelns hervorging. Zuerst in der Kepler-Galilei-Newton-Zeit. Dann im vergangenen Jahrhundert, als die großen Fortschritte der Elektrodynamik das „Zeitalter der Elektrizität“, wie man es früher oft nannte, herbeiführte, die Erde mit Kabeln überzog und klein machte. In unserer Lebensperiode bahnt sich eine dritte Wende an. Wieder ist die Aufmerksamkeit der Menschen auf die Natur und die Technik gerichtet — Technik der Zerstörung jetzt, Technik des Neuaufbaus morgen. Der Weltkrieg veranlaßt heute noch die Parteien, ihre Fortschritte geheim zu halten. Sein Ende wird mit der Kunde von neuen gewältigen Freuden und Fortschritten die Welt überraschen, wie das mit der „Atombombe“ kürzlich geschah.

Die politischen Gewalten kommen und gehen. Noch keine hatte endgültigen Bestand. Die dem Geheimnis des Seins abgerungenen Gesichte bleiben. Das Licht, das einströmte, seit Wilhelm Konrad Röntgen in Würzburg in der Freitagnacht allein im stillen Hause den Leuchtschirm aufblitzen sah und das Tor aufriß, durch das jenes schwache Gefunkel hineinkam, ist immer heller, reicher geworden. Und es bleibt, ist beständig, überdauert alle irdischen Mächte. Es ist drauf angelegt, dem Menschen zu dienen, zu helfen, ihn auf den Pfad seiner Bestimmung, zum höchsten Geist hinzuführen, dessen Ebenbild und Gleichnis er igt. Freilich ist das Licht der natürlichen Offenbarung, die Erkenntnis der Schöpfergedanken, weil dem Menschen anvertraut, auch dem *Mißbrauch* durch ihn anheimgegeben, wie alles und jegliches, was er besitzt. Aber der Mißbrauch vergeht, die Wahrheit verweilt.

Unsere Generation ist in eine dritte Periode eingetreten, wo die natürliche Offenbarung, gewaltig einströmend, dem Menschen Erkenntnis und Macht übergibt, wie er sie nie zuvor hatte, und sein Denken und Verhalten in einem Maße ändern wird, das wir kaum ahnen können. Endet die Betäubung des Kriegslärms und seiner Nachwirkungen, dann werden uns die Augen übergehen vor den

Veränderungen unseres irdischen Wohnraumes: Eine ungeheure Chance, zugleich eine erschütternde Gefahr! Werden wir ihrer gewachsen sein? Ich meine, nur dann, wenn wir, die Gaben des Schöpfergottes mit ihrer Macht durch Erkennen übernehmend, nicht aus Trägheit der Herzen vergessen, daß derselbe Gott als *gegenwärtiger* Herr im Gebet, im Gewissen, in der Gnade uns erreichbar ist. Zum forschenden Erkennen gehört Demut, Schweigen, Selbstverzicht. Nur zum schweigenden, lauschenden Forscher spricht die natürliche Offenbarung. Schier alles wahrhaft Große kommt ja in der Stille zu uns, mit der die Sterne ihre Bahnen ziehen. Schier alles Laute ist klein, zum baldigen Untergang bestimmt, wie Jahrmarktmusik.

Die Tiefe des Kosmos ist unergründlich. Generationen werden dort Schätze heben können, die, wie der Schatz, den Röntgen fand, das Antlitz der Erde mehr verändern als politische Mächte, weil ihre Macht vom großen, fernen Schöpfergott kommt, zu dem die Menschheit in Jahrtausenden pilgert. Lauschen wir also und lernen wir schweigen! Dann wird auch die Stimme des immer *nahen* Gottes in uns deutlich, die Röntgen vernahm und von der er im Alter, in einsamen Tagen, in seinem späten Brief erfaßt ist. Gibt die Stimme des Schöpfergottes in der natürlichen Offenbarung uns *Erkennen* und *Macht*, so gibt die Stimme des gegenwärtigen Gottes in unserem Gewissen den *Sinn*. Wehe aber dem Geschlecht, das die Macht erhielt, aber den Sinn verliert !

ANMERKUNGEN

1. (S. 9, Zl. 27) Die erste öffentliche Mitteilung über die neue Entdeckung machte Röntgen in den Sitzungsberichten der phys. -med. Gesellschaft Würzburg in einer Schrift: „Über eine neue Art von Strahlen“, Dezember 1895, abgedruckt in den Analen der Physik und Chemie N. F. 64 1. 1938. Unser Kapitel 8 enthält ihren Wortlaut. Einige Monate nachher ließ Röntgen eine zweite Mitteilung folgen: „Eine neue Art von Strahlen“, Sitzungsberichte 1896, abgedruckt in den Analen wie oben. Im Jahre 1897 folgte die dritte und letzte: „Weitere Beobachtungen über die Eigenschaften der X-Strahlen“ in den Sitzungsberichten der preußischen Akademie der Wissenschaften, abgedruckt in den Analen wie oben.

2. (S. 13, Zl. 13) Rudolf Clausius wurde am 2. Januar 1822 in Köslin geboren und starb am 26. August 1888 in Bonn. Die Arbeiten des hervorragenden Physikers liegen im Gebiete der Kinetischen Gastheorie und der Thermodynamik. Besonders mit deren zweitem Hauptsatz (Entropiegesetz) ist sein Name verknüpft.

3. (S. 13, Zl. 28) Otto Ludwig (* 1813 in Eisfeld in Thüringen, 1865 in Dresden) ist als Dramatiker berühmt, insbesondere durch das biblische Trauerspiel „Die Maccabäer“ und das Drama „Der Erbforster“. Bekannt ist er ebenfalls als Theoretiker durch seine Shakespeare-Studien.

4. (S. 14, Zl. 36) August Kundt, 1839 in Schwerin geboren, starb 1894 in einem Vorort von Lübeck. Hauptgebiete seiner Forschung waren Optik und insbesondere Akustik. Er war als einer der besten Lehrer seiner Zeit sehr geschätzt. — Die hier wiedergegebene Unterredung mit Röntgen hat dieser selbst in einem Brief (datiert München 12. 7. 1919) an Frl. Margret Boveri erzählt (siehe Glasser: W. C. Röntgen S. 90).

5. (S. 17, Zl. 9) Friedrich Wilhelm Georg Kohlrausch (* 1840 in Rinteln an der Weser, 1910 in Marburg) pflegte als Hauptgebiete seiner Forschung elektrische Messungen und Elektrolyse. Er hat das physikalische Praktikum im Hochschulunterricht eingeführt. Das weltberühmte „Lehrbuch der praktischen Physik“ ist für Generationen von Physikern aller Nationen Schule der exakten Meßkunst geworden. Nach Kohlrauschs

Tod wurde es bis jetzt von der Physik. -Techn. Reichsanstalt (deren Präsident K. 1895—1905 war) weitergeführt.

6. (S. 17, Zl. 17) Röntgens Arbeit, welche die Untersuchung des berühmten Physikers Kohlrausch richtigstellte, trug den Titel: „Über die Bestimmungen des Verhältnisses der spezifischen Wärmen der Luft“. Analen der Physik und Chemie 141, 1870.

7. (S. 20, Zl. 17) Die Arbeit über den sogenannten „Röntgenstrom“ ließ Röntgen in den Sitzungsberichten der Preußischen Akademie der Wissenschaften, phys. -mathem. Klasse, 1888, 7, erscheinen: „Über die durch Bewegung eines im homogenen elektrischen Felde befindlichen Dielektrikums hervorgerufene elektrodynamische Kraft. „

8. (S. 24, Zl. 23) Die in der Berechnung der Wellenlängen angewandte Maßeinheit μ entspricht einem zehntausendstel Zentimeter.

9. (S. 39, Zl. 30) In späteren Jahren hat Röntgen keine Reporter mehr empfangen. Aber anfangs 1896 hat er dem Berichterstatler H. J. W. Dam von McClures „Magazine“ selbst ausführlich die neuen Experimente gezeigt und auf Fragen geantwortet. Der Bericht dieses Mannes gilt, obwohl er laienhaft ist, als so zuverlässig, daß er auch von maßgebenden Forschern der damaligen Zeit — wie von Silvanus P. Thomson — benutzt wurde. Das ganze Interview ist in Kapitel 11 wiedergegeben.

10. (S. 42, Zl. 32) Der Erbauer der ersten wirksamen Funkeninduktoren war der Mechaniker Rühmkorff, ein Deutscher, der nach Paris ging und dort die Striche auf dem u als überflüssig wegließ. So findet man den Namen oft irrig Rühmkorff geschrieben.

11. (S. 45, Zl. 1) Dem hier zitierten Text aus Röntgens erster Mitteilung scheint ein Satz aus der dritten Mitteilung auf den ersten Eindruck zu widersprechen. Im 9. Kapitel wird darüber Näheres ausgeführt.

12. (S. 45, Zl. 19) Entgegen der hier vertretenen Annahme vermutete Zehnder, Röntgen habe das Platinblech einer Röhre vom Typus der Figur 6 durch Überhitzen durchgebrannt und mit den durch das Loch hindurchtretenden Kathodenstrahlen die Glaswand zur Strahlung erregt. Diese Vermutung ist jedoch unwahrscheinlich. Sie scheint mir außerdem mit dem Text der Paragraphen 12 und 13 der ersten Mitteilung nicht zu harmonieren.

13. (S. 50, Zl. 4) In der Zeit vor Röntgens Entdeckung wurden von manchen Forschern bei Versuchen mit Vakuumröhren ohne Zweifel seine Strahlen erzeugt, aber nicht entdeckt. In seinem Buche: W. C. Röntgen

(S. 162 u. ff.) handelt Glasser davon. Insbesondere ist die Tatsache interessant, daß wirkliche photographische Röntgenstrahlenbilder Jahre vorher als Zufallsergebnisse entstanden waren, aber erst nach Röntgens Entdeckung gedeutet werden konnten. So im Jahre 1890 im Physik. Institut der Universität Pennsylvania durch Goodspeed und Jennigs. Auch Crookes, Goldstein, Lenard hatten merkwürdige Fluoreszenzen, photographische Wirkungen beobachtet, aber nicht verfolgt und gedeutet.

14“. (S. 51, Zl. 10) Die Figuren 1, 2, 5, 6, 10, 11 stellen Hittorf-Crookes'sche Röhren dar. Figur 5 diejenige, die Röntgen in der Entdeckungsnacht benutzte.

15. (S. 54, Zl. 29) Dieser Satz wird am Schluß der dritten Mitteilung modifiziert. Siehe den erläuternden Text und die Figur 6 am Schluß dieses Kapitels.

16. (S. 59, Zl. 25) Diese Vermutung Röntgens war irrig. Erst durch Laues Entdeckung wurde später die Natur der Röntgenstrahlen als transversale elektromagnetische Wellen geklärt. (Siehe Schlußkapitel.)

17. (S. 67, Zl. 16) Wellen werden „transversal“ genannt, wenn die Schwingungen senkrecht zur Ausbreitungsrichtung des Strahles (wie bei der Seilwelle) verlaufen, „longitudinal“, wenn sie in gleicher Richtung verlaufen.

18. (S. 97, Zl. 37) Über die vorerst als unausführbar betrachtete Tiefentherapie mit Röntgenstrahlen stellte der Autor erfolgreiche Versuche an. Die erste Arbeit darüber erschien in der medizinischen Fachschrift 1905: Med. Klinik 21 u. 22, die erste physikalische in den Verhandlungen der Deutschen Physikal. Gesellschaft, 5. Jan. 1907. Sodann erfolgte die klinische Erprobung in der Veit'schen Klinik Halle (Berlin. Klin. W. Nr. 11). Der Physiker Prof. Dorn dieser Universität veröffentlichte sodann eine auf Veits Veranlassung erfolgte Nachmessung meiner Angaben (Münchener, Med. Wochenschrift 1909, Nr. 14).

19. (S. 98, Zl. 32) Meine damals letzte große Arbeit über die Tiefentherapie mit Röntgenstrahlen, die Röntgen — wie ich anlässlich meines Versuches feststellte — eingehend gelesen hatte, erschien in den Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft 1917, XIX 17/18.

20. (S. 99, Zl. 11) Prof. Paul Ehrlich, mit dem ich Röntgen, nach meinem Besuch bei diesem, verglich, war schon im August 1915 gestorben.

21. (S.100,Zl.1) Prof.Apolant veröffentlichte seine m.mir zusammen gemachten Krebsarbeiten an Impftumoren v.Mäusen unter

dem Titel: Tierversuche mit Homogenbestrahlung an dem Kgl. Institut für experimentelle Therapie, in: „Radium, Mesothorium und die harte X-Strahlung“, Leipzig 1914, O. Nimmich.

22. (S. 107, Zl. 31) Die Frau Röntgens lag schwer krank, und Röntgen glaubte nicht, daß sie noch ein Jahr leben würde.

23. (S. 136, Zl. 20) In den Jahren 1920—1931 untersuchten Verfasser und Mitarbeiter die biologischen Wirkungen der ionisierten Luft. Eine biologische Wirkung der Ionen in der Atmungsluft ist sicher. — Umfassende Untersuchungen über Bioklimatologie, mit weittragenden Ergebnissen, durch *Dorno*, in Davos begonnen, werden jetzt dort von *Möri-kofer*, außerdem an vielen (nach Dornos Beispiel) in der ganzen Welt errichteten bioklimatischen Forschungsinstituten angestellt.

24. (S. 144, Zl. 25) Das (900 Trillionen Erg) entspricht ungefähr 20000 Millionen Kilogrammkalorien oder 25 Millionen Kilowattstunden.

25. (S. 148, Zl. 25) Die ersten Veröffentlichungen über Quantenbiologie sind: Über einige Wirkungen von Strahlen, Mitteilg. I, II, III, IV u. ff. Zeitschrift für Physik Bd. XII, 1922 u. 1923, Bd. XX 1923 ff. — Eine zusammenfassende Darstellung findet sich in dem Bande: 10 Jahre Forschung auf dem physikalisch-medizinischen Grenzgebiet, Georg Thieme, Leipzig 1931.

26. (S. 153, Zl. 7) Über die erste Epoche physikalischer Entdeckungen, die eine grundlegende Wandlung im menschlichen Denken verursacht hat, vergleiche man die im Anhang aufgeführten Werke: „Der Fall Galilei und wir“ und „Weltfahrt der Erkenntnis. Leben und Werk Isaac Newtons“.

QUELLEN

Über Wilhelm Conrad Röntgen und seine Entdeckung sind viele Aufsätze erschienen. Das einzige ausführliche Werk, zugleich der ergiebigste Nachweis der Quellen, stammt von *Dr. Otto Glasser* (früher im Phys. Institut in München, dann in Freiburg bei dem Röntgenschüler Prof. Friedrich, sodann bei mir im Institut für phys. Grundlagen der Medizin der Universität Frankfurt, jetzt in Cleveland, U. S. A. [Cleveland Clinic Foundation]). Erschienen bei Springer, Berlin.

Hierin sind auch die besonders lebenswarmen und aufschlußreichen Aufzeichnungen von *Dr. Margaret Boveri* und Röntgens Briefwechsel mit der Familie Boveri enthalten, die mehrfach benutzt wurden.

Der Basler Extraordinarius für Physik, *Dr. Zehnder*, der in der Gießener Zeit Röntgens Assistent und von da an sein Freund war, lieferte in seinen Aufsätzen und durch die Herausgabe seines Briefwechsels mit Röntgen gleichfalls viel wichtiges Material. (Erschienen bei Rascher in Zürich.)

Von Zehnder gibt es noch einige Aufsätze mit interessanten Erinnerungen (so *Helvetica Physica Acta*, VI. Jahrgang, Nr. 8; Lebensläufe in Franken, Bd. IV, Würzburg 1930). —

Erwähnt sei noch das Röntgen-Gedächtnis-Heft (Arbeiten zur Kenntnis der Geschichte der Medizin etc.), Heft 8, bei Gustav Fischer in Jena darin die schönen Erinnerungsworte Wölfflins an Röntgen als Freund und Menschen); eine Gedenkschrift aus Anlaß der Enthüllung seines Denkmals in Lennep-Remscheid am 30. Nov. 1930, im Verlag Ernst Scholl, Wuppertal-Ronsdorf. — Außerdem viele Nachrufe, Gedächtnisreden.

Es gibt auch einen Roman: Röntgen, Roman eines Forschers, von F. L. Neher (Braun u. Schneider, München).

Einige Teile der vorliegenden Arbeit entsprechen einer Veröffentlichung des Verf., die nach einem Vortrag in der Berner Universitäts-Aula aus Anlaß der Gedenkfeier der Schweizerischen Vereinigung für Krebsbekämpfung, vom 2. bis 4. Dezember 1938, bei Henri Studer, Genf, 1939 erschien.

Ganz besonderen Dank schuldet der Verfasser Herrn Prof. Ernst Wölfflin, Basel, für die Überlassung dreier Sammlungen unveröffentlichter Briefe, mehrerer bisher unveröffentlichter Bilder, die bis jetzt zum erstenmal wiedergegeben sind, und wertvoller persönlicher Informationen.

Manche Einzelheiten sind aber nirgends niedergelegt, sie stammen aus der lebendigen mündlichen Überlieferung dieser Zeit, besonders aus den Würzburger und Münchner Kreisen, aus Gesprächen mit Schülern und Freunden Röntgens.

Der Verfasser ist dankbar für weitere Nachrichten aus Röntgens Lebens- und Wirkungskreis, die für sein Leben und Werk von Interesse, vielleicht auch zur Veröffentlichung geeignet sind.

PROF. DR. F. DESSAUER, GEBOREN AM 19. JULI 1881
IN ASCHAFFENBURG A/M., ZUR ZEIT DIREKTOR
DES PHYSIKALISCHEN INSTITUTS DER UNIVERSITÄT
FREIBURG IN DER SCHWEIZ

ALLE RECHTE VORBEHALTEN. COPYRIGHT 1945 BY OTTO
WALTER Ltd., ÖLTEN. SWITZERLAND. ERSTES BIS DRITTES
TAUSEND. EINBANDENTWURF: W. GISKE
GESAMTHERSTELLUNG: HERDER-DRUCKEREI FREIBURG
IM BREISGAU. LIZENZNUMMER: US. -W. 2006