

REDEN,

gehalten in der Kunst- und Festhalle am 16. Mai 1906

bei der öffentlichen Feier der Übergabe des

PROREKTORATS

der

UNIVERSITÄT FREIBURG I. BR.

von

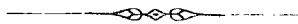
dem abtretenden Prorektor

Professor Dr. Theodor Axenfeld

und

dem antretenden Prorektor

Geh. Hofrat Professor Dr. Franz Himstedt.



1906

1906

Freiburg i. Br.

Universitäts-Buchdruckerei U. Hochreuther.

1906.

II.

Rede des antretenden Prorektors

Geh. Hofrat Professor Dr. Franz Himstedt.



Hochansehnliche Versammlung!

Im Dezember 1895 machte Röntgen der physikalisch-medizinischen Gesellschaft in Würzburg die erste Mitteilung über seine X-Strahlen und im Frühjahr 1896 legte Becquerel der Pariser Akademie eine Arbeit vor, in der klar und deutlich ausgesprochen war, daß auch er eine neue, nicht minder wunderbare Art von Strahlen gefunden hatte, die Strahlen nämlich der radioaktiven Substanzen.

Ein Jahrzehnt nur ist seitdem verflossen, aber ein Jahrzehnt, so reich an Entdeckungen neuer Tatsachen auf diesen Gebieten, so heftig rüttelnd an Vorstellungen und Anschauungen, die ein Jahrhundert lang sich bewährt hatten und fast unantastbar schienen, so blitzartig Gebiete uns erhellend, die bislang in tiefstes Dunkel gehüllt waren, daß kaum ein zweites aus der Geschichte der Physik ihm ebenbürtig an die Seite

gestellt werden kann. Und wenn es mir heute obliegt, das Amt des Prorektors, altem akademischem Brauche folgend, mit einer kurzen Vorlesung aus meinem Fache anzutreten, so glaube ich kein geeigneteres Thema wählen zu können, als das der Radioaktivität. Ich bin überzeugt, daß nicht nur die neuen Erscheinungen, um die es sich hier handelt, sondern in gleicher Weise die Erklärungsversuche und die daraus sich ergebenden neuen Vorstellungen von der Konstitution der Materie geeignet sein werden, weit über die Kreise der Physiker hinaus Interesse zu erwecken.

Röntgen hatte in seiner ersten Abhandlung über die X-Strahlen darauf aufmerksam gemacht, daß diese von den Stellen der Röntgen-Röhre ausgehen, an denen das Glas unter dem Einflusse der auftreffenden Kathodenstrahlen das meist grünliche Fluoreszenzlicht zeigt. Es lag also die Möglichkeit vor, daß die Entstehung dieser rätselhaften Strahlen mit dem Vorgange der Fluoreszenz im Zusammenhange stand, und viele Physiker versuchten daraufhin, ob es möglich wäre, ähnliche Wirkungen wie mit einer Röntgen-Röhre mit solchen Substanzen zu erzielen, welche wie z. B. die bekannte Balmain'sche Leuchtfarbe nach vorheriger Belichtung selbst Licht auszusenden, zu fluorescieren vermögen.

Derartige Versuche des französischen Physikers Henry Becquerel waren von Erfolg gekrönt. Er setzte Uransalze dem

Sonnenlichte aus, legte sie darauf im Dunkelzimmer auf eine in lichtdichtes Papier gehüllte photographische Platte, und konnte dann auf dieser die Wirkung einer durch Papier, durch dünnes Metallblech etc. hindurchgehenden Strahlung nachweisen. Der vermutete und gesuchte Zusammenhang mit den Fluorescenzerscheinungen lag allerdings nicht vor, denn Becquerel erhielt genau die gleichen Resultate mit Uranpräparaten, die vorher nicht belichtet, die vielmehr absichtlich längere Zeit im Dunkeln gehalten waren, und deshalb sicher kein Fluorescenzlicht zeigten. Becquerel hatte eine neue Art von Strahlen, die Uran- oder Becquerel-Strahlen entdeckt. Prof. G. C. Schmidt in Erlangen hat später ähnliche Resultate mit den Verbindungen des Thors erhalten, er hat die Thor-Strahlen entdeckt.

Auf Becquerels Anregung unternahm Frau Curie eine systematische Untersuchung aller chemischen Elemente und stellte dabei fest, daß außer beim Uran und Thor, bei keinem derselben eine mit ihren Apparaten nachweisbare Wirkung vorhanden war. Dagegen fand sie, daß sehr viele Mineralien, welche sie untersuchte, recht kräftige Wirkung zeigten. Der Umstand, daß sich bei einigen derselben, z. B. bei den in Böhmen gefundenen Uranpecherzen, besonders der Joachimsthaler Pechblende, die Strahlung 3 bis 4 mal stärker ergab, als selbst die des reinen Urans, sich also als einfache Uran-

strahlung sicher nicht erklären ließ, führte sie zu der Annahme, daß in der Pechblende außer dem Uran noch eine andere, stärker radioaktive Substanz vorhanden sein müsse. Es ist bekannt, wie es ihr in einer mustergültigen Untersuchung, die sie z. T. gemeinschaftlich mit ihrem kürzlich auf so traurige Art verunglückten Ehegatten ausgeführt hat, gelungen ist, diese vermutete wirksame Substanz mehr und mehr anzureichern und schließlich vollkommen rein darzustellen. Sie ist damit die Entdeckerin des Radiums geworden, eines neuen Elements mit wunderbaren, mit märchenhaften Eigenschaften.

Außer Frau Curie ist es bis jetzt meines Wissens nur noch einem Forscher, nämlich Professor Giesel in Braunschweig, gelungen, reines Radium darzustellen. Die Schwierigkeit der Darstellung wird leicht verständlich, wenn ich erwähne, daß Frau Curie aus einem Eisenbahnwagen voll Joachimsthaler Pechblende, die das radiumreichste bisher bekannte Material der Welt ist, Alles in Allem $\frac{1}{4}$ gr Radiumchlorid erhalten hat. Aus 1000 kgr $\frac{1}{4}$ gr, d. i. den 4 millionensten Teil einer Substanz, die gleichmäßig darin verteilt ist, zu isolieren, das ist ein Rekord der chemischen Analyse, der alle bisherigen Leistungen mehr als hundertfach übertrifft, und der überhaupt nur möglich gewesen ist, weil die gesuchte Substanz die besonderen Eigenschaften der Radioaktivität besitzt.

Ein Radiumkrystall sendet 3 verschiedene Strahlenarten

aus, die man nach dem Vorschlage Rutherfords, eines der erfolgreichsten Forscher auf dem Gebiete der Radioaktivität, als α, β, γ -Strahlen bezeichnet. Direkt mit unseren Sinnen können wir keine dieser Strahlenarten wahrnehmen, nur indirekt erkennen wir ihr Vorhandensein an der erregten Fluoreszenz, an der Wirkung auf die photographische Platte, an dem erzeugten elektrischen Leitvermögen der Gase.

Daß wir im Dunkelzimmer den Krystall wie ein Glühwürmchen leuchten sehen, rührt daher, daß seine eigenen Strahlen ihn selbst, den Krystall, zur Fluoreszenz erregen, genau so wie sie den Röntgenschirm oder die Sidot-Blende zum Leuchten bringen können. Daß wir das ganze Auge voll Licht haben, wenn wir den Krystall auf die Schläfe oder das geschlossene Auge legen, erklärt sich ähnlich daraus, daß alle Teile unseres Auges, besonders die Linse, unter der Wirkung der Radiumstrahlen zu leuchten beginnen.

Die für das Studium der Radioaktivität wichtigste Erscheinung ist die Fähigkeit der Strahlen, die Gase, die Luft, welche für gewöhnlich sehr gute Isolatoren sind, elektrisch leitend zu machen. Wenn wir einen isoliert aufgestellten Körper z. B. die Kugel eines Goldblattelektroskops mit Elektrizität laden, so dauert es bei einem guten Instrumente eine Stunde und länger, ehe wir an der geringer gewordenen Divergenz der Blättchen einen Verlust an Ladung erkennen können.

Bringen wir in die Nähe des Instruments ein Radiumpräparat, so fallen die Blättchen schnell zusammen, die Ladung verschwindet fast momentan. Nehmen wir statt des Elektroskops eines unserer hochempfindlichen Elektrometer, so haben wir eine Versuchsanordnung, die für den Nachweis geringer Spuren radioaktiver Substanzen mehr als 1000mal empfindlicher ist, als alle bekannten Methoden physikalischer und chemischer Analyse. Sie hat, in glücklicher Weise ergänzt durch das photographische Verfahren, das besonders da von großem Nutzen gewesen ist, wo es sich darum handelte, die Richtung der Strahlen festzulegen, unsere Kenntnisse von den α , β , γ -Strahlen wesentlich erweitert.

Die α -Strahlen verhalten sich wie + elektrisch geladene Partikelchen von der Größe der chemischen Atome, die mit großer Geschwindigkeit von dem Radium fortgeschleudert werden. Sie sind wenig durchdringende Strahlen, für die schon ein Stück Papier undurchlässig ist, ja die schon in einer Luftschicht von wenigen Zentimeter Dicke so zu sagen stecken bleiben.

Die β -Strahlen sind negativ geladene Partikelchen, und gleichen in jeder Beziehung den Kathodenstrahlen, die wir erzeugen können, wenn wir z. B. die Entladung einer Elektrysiermaschine oder eines Induktoriums durch eine hoch evacuirte Röhre schicken, und welche in weitesten Kreisen bekannt ge-

worden sind, seit man weiß, daß die Röntgenstrahlen dort entstehen, wo Kathodenstrahlen auf ein Hindernis aufprallen.

Die γ -Strahlen entsprechen den durchdringendsten x -Strahlen und vermögen durch 10 cm dicke Bleiplatten hindurch auf die photographische Platte und den Röntgen-Schirm zu wirken. Mancherlei Beobachtungen deuten darauf hin, daß die γ -Strahlen in ähnlicher Weise durch die β -Strahlen erzeugt werden, wie die x -Strahlen durch die Kathodenstrahlen.

Aber nicht nur eine ewige Lampe, eine Tag und Nacht strahlende Lichtquelle haben wir in dem Radium, auch als ein Ofen, und zwar als ein fortgesetzt und ohne daß wir je ihn heizen, wärmespendender Ofen erweist sich uns diese rätselhafte Substanz. Ein Gramm Radium erzeugt in jeder Stunde 100 Gramm-Kalorien. Ein Kgr. Radium würde genügen, ein Wohnzimmer zu heizen, und wenn wir am Ende des Winters unseren Vorrat auf die Wage legen würden, so würden wir finden, es ist immer noch ein Kilo, und es strahlt immer noch die gleiche Wärmemenge aus. Eine vorzügliche Heizung, sollte man meinen. Aber nicht billig, muß man hinzufügen, denn 1 Kgr. Radium würde, wenn es überhaupt zu beschaffen wäre, was aber bislang sicher nicht der Fall ist, mehr als 100 Millionen Mark kosten. Aber selbst, wenn ich dies Geld hätte, was aber bislang auch sicher nicht der Fall ist, würde ich nie und nimmer eine solche Heizung in meinem Hause dulden, ja ich

würde keine Stunde da bleiben, wo sie wäre, denn ich bezweifle sehr, daß es möglich sein wird, die Umgebung vor den schädlichen Wirkungen so großer Radiummengen genügend zu schützen. Würde man 1 Kgr. Radium frei im Zimmer liegen lassen, so würde schwerlich nach 24 Stunden noch irgend ein Wesen in demselben am Leben sein. Wohl so ziemlich alle Forscher, die mit Radium gearbeitet haben, haben trotz aller Vorsicht kleinere oder größere, merkwürdig schwer abheilende Geschwüre und dergleichen zu ertragen gehabt. Wenn man den Finger nur wenige Minuten nahe über 20—30 Milligramm Radium hält, entsteht schon eine Entzündung der Haut, und diese blättert nach 8—14 Tagen ab. Derartige Erfahrungen haben den Anstoß dazu gegeben, die Radium-Strahlen in der Behandlung bösartiger Geschwülste, bei Lupus und Carcinom, zu verwenden. Ob es möglich sein wird, diese furchtbaren Plagen der Menschheit auf diesem Wege erfolgreich zu bekämpfen, darüber scheint leider noch kein sicheres Urteil möglich zu sein.

Nicht unwahrscheinlich aber ist es, daß die Menschheit schon Jahrhunderte lang die Heilkraft des Radiums benutzt hat, denn die Untersuchungen haben gelehrt, daß alle Quellen Radium-Emanation enthalten, und daß der Gehalt hieran bei den als heilkräftig bekannten Thermen ein ganz besonders starker ist. Es kann dies natürlich ein zufälliges Zusammen-

treffen sein, doch spricht für einen kausalen Zusammenhang die altbekannte Tatsache, daß die Heilwirkung an der Quelle, also da, wo das Wasser die größte Radioaktivität besitzt, die kräftigste ist und daß, wenn das Wasser der Thermen verschickt wird, es an Wirksamkeit verliert, gleichzeitig aber auch an Radioaktivität. Moor- und Fango-Erde zeigen einen nicht unbedeutenden Gehalt an Radium, und dies deutet meines Erachtens ebenfalls darauf hin, daß die Heilwirkung der Moor- und Fango-Bäder mit ihrer Radioaktivität in Zusammenhang steht.

Aus der Tatsache, daß alle Quellen radioaktive Emanation aus der Erde mit herauf bringen, daß Spuren davon auch im Grundwasser nachweisbar sind, müssen wir den überraschenden Schluß ziehen, daß dieses seltsame Element, von dessen Existenz vor einem Jahrzehnt noch Niemand eine Ahnung hatte, von dem bisher nur minimale Mengen, kaum mehr als 1 Gramm haben isoliert werden können, eigentlich überall, jedenfalls weit verbreitet im Innern unserer Erde sein muß. Bedenken wir nun aber, daß das Radium fort und fort Wärme produziert, so drängt sich uns die Frage auf, ob diese Wärmemengen nicht eine Rolle im Werdegang unserer Erde gespielt haben und noch spielen können. Ja wir werden die noch bedeutendere Frage aufwerfen dürfen, kommt nicht die Wärme-produktion durch das Radium auch für unsere Sonne in

Betracht, von deren Wärmestrahlung alles Leben und Sein auf unserer Erde abhängig ist.

Wenn wir die Kant-Laplace'sche Hypothese von der Entstehung unseres Sonnensystems mit dem Energieprinzip kombinieren, so kommen wir, wie Helmholtz gezeigt hat, zu der Vorstellung, daß der auf der Sonne vorhandene Wärmevorrat durch den Verdichtungsprozeß entstanden sein kann, durch welchen unsere Sonne ebenso wie die anderen Himmelskörper aus dem anfangs vorhandenen chaotischen Nebelballe sich gebildet hat, und daß die Ausgaben der fortgesetzten Wärmestrahlung unserer Sonne durch die noch jetzt langsam weiter fortschreitende Kontraktion der Sonnenkugel gedeckt wird. Es liegt auf der Hand, daß wenn vorhandenes Radium so enorme Wärmemengen produziert, wir den Verdichtungsprozeß entsprechend langsamer verlaufend annehmen können und müssen, denn es braucht ja nicht mehr die ganze verausgabte Wärmemenge aus ihm hergeleitet zu werden. Der Energievorrat unserer Welt hat durch die Entdeckung des Radiums sozusagen eine unerwartete Bereicherung erfahren, und wir dürfen ein weit größeres Lebensalter der Sonne wie der Erde nach rückwärts wie nach vorwärts annehmen. Das stimmt aber sehr gut mit den langen Entwicklungsperioden, zu denen die Geologen durch ganz andere Tatsachen und Überlegungen geführt worden sind.

Doch diese und ähnliche Fragen, zu denen die Erschei-

nungen der Radioaktivität Anlaß gegeben haben, müssen zurücktreten, so lange nicht die eine Hauptfrage erledigt ist: Woher nimmt das Radium die ausgestrahlte Energie? Wir haben behauptet, ein solcher Krystall sende unausgesetzt α , β , γ -Strahlen aus, produziere fort und fort bedeutende Wärmemengen, und bleibe doch, mit unseren feinsten Meßinstrumenten kontrolliert, immer derselbe. Wie verträgt sich das mit dem Prinzip von der Erhaltung der Energie, dem, wie wir wissen, alle Vorgänge der Natur gehorchen. „Auch das Weltall, sagt Helmholtz, hat seinen begrenzten Vorrat an Energie, der in ihm arbeitet unter immer wechselnden Formen der Erscheinung, unzerstörbar, unvermehrbar, ewig und unveränderlich, wie die Materie.“ Wir definieren die Physik als die Lehre von der Verwandlung der Energieformen unter Wahrung der Quantität. Wir unterscheiden mechanische, chemische, elektrische, Schall-, Licht-, Wärme-Energie und behaupten, alle physikalischen Vorgänge in der Natur bestehen nur in der Verwandlung einer Energieart in die äquivalente Menge einer anderen Art. Es kann nie Energie verloren gehen, es kann nie Energie aus Nichts geschaffen werden. Wenn wir also sehen, und diese Beobachtungen sind durch mehrjährige Versuche absolut sichergestellt, daß das Radium unausgesetzt Energie verausgabt, so müssen wir fragen, wo stammt die her, aus was ist die entstanden?

Keiner von allen uns bisher bekannt gewordenen Vorgängen in der Natur vermag uns eine Erklärung zu geben, und wir stehen vor der quälenden Alternative: Entweder ist das Energieprinzip, dieser Satz, den wir bisher für den obersten Leitsatz der gesamten Naturwissenschaften gehalten haben, falsch, oder aber es muß Naturprozesse geben, von denen wir bisher noch keine Ahnung gehabt haben, und bei denen andererseits millionenfach größere Energiemengen ausgelöst werden, als bei denjenigen, die zu erforschen wir bisher allein im Stande gewesen sind.

Ein glückliches Zusammentreffen verschiedener Umstände hat uns vor einer längeren Zeit sorgenvoller Ungewißheit bewahrt. Beobachtungen auf verschiedenen Gebieten, auf dem der Optik, dem der elektrischen Gasentladungen, und dem der Radioaktivität haben zusammengewirkt, uns darauf hinzuweisen, welcher Art diese Prozesse sein können, ja es ist uns sogar geglückt, ganz direkt einen solchen Vorgang beobachten zu können.

Alle Prozesse, welche wir bisher kannten, können wir als Molekülprozesse bezeichnen, unsere Chemie eine Chemie der Moleküle nennen. Wie die Moleküle aus den Atomen der chemischen Elemente aufgebaut oder in diese gespalten werden können, das haben wir studiert, die Energiemengen, die hierbei frei und gebunden werden, die haben wir zu messen gelernt.

Die chemischen Elemente aber und ihre Atome, die waren bisher für uns die fertig gegebenen, die stets gleichen Bausteine, die wir mit aller Kunst vergebens zu ändern versucht hatten. Jetzt nun glauben wir, einen Schritt weiter gekommen zu sein, jetzt glauben wir, beweisen zu können, daß die Elemente nicht unveränderlich, daß die Atome nicht unteilbar sind.

Es war unstreitig einer der großartigsten Fortschritte auf dem Gebiete der Physik und Chemie, als den unfruchtbaren Spekulationen und dem unsinnigen Experimentieren der Alchimisten ein Ende gemacht wurde durch die immer mehr sich befestigende Lehre, daß das Universum aufgebaut sei aus den Atomen einer beschränkten Anzahl einfacher unveränderlicher Grundstoffe, der chemischen Elemente. Die glänzende Entwicklung und die großartigen Errungenschaften der Chemie waren nicht weniger geeignet, diese Lehre zu stützen, wie die immer wieder resultatlos verlaufenen Versuche, die chemischen Elemente zu zerlegen und die Atome zu spalten.

Auf der anderen Seite konnte man sich aber doch mit der Zeit der Erkenntnis nicht verschließen, daß die einzelnen Elemente nicht zusammenhanglos nebeneinander stehen, daß vielmehr sozusagen verwandtschaftliche Beziehungen zwischen ihnen zu existieren scheinen. Den auffälligsten Hinweis derart bildet das von Lothar Meyer und Mendelejeff aufgestellte periodische System der Elemente, das deutlich erkennen läßt,

wie die Eigenschaften der Elemente periodische Funktionen ihrer Atomgewichte sind. Ist es nicht überraschend, daß, wenn ich z. B. die Gruppe Li, Na, K, Rb, Cs betrachte, Elemente mit auffallend ähnlichen Eigenschaften, daß ich das Atomgewicht jedes folgenden in der Reihe erhalte, indem ich zu der Zahl des vorangehenden 1×16 oder 3×16 addiere? Daß es sich bei Feststellung dieser Gesetzmäßigkeiten nicht nur um ein zufälliges Spiel mit Zahlen handelt, dafür spricht die Tatsache, daß Mendelejeff auf Grund der Lücken, die sich in seiner Tabelle fanden, prophezeien konnte, es müssen noch die und die Elemente mit den und den Eigenschaften gefunden werden — und sie wurden gefunden: Das Gallium, das Skandium, das Germanium, genau wie er sie vorausgesagt hatte. Was bedeutet also in dem obigen Beispiel das 1×16 , 3×16 ? Ja, wenn ich das abspalten könnte! Aber das gelingt mir nicht.

Jedes chemische Element gibt als glühender Dampf ein Spektrum, bei dem nicht wie im Regenbogen eine Farbe kontinuierlich in die andere übergeht, sondern im Spektralapparate eine kleinere oder größere Zahl heller, durch dunkle Zwischenräume von einander getrennter Linien sichtbar werden, die für das betreffende Element charakteristisch sind. Diese Linien haben in Serien eingeteilt werden können, die uns erkennen lassen, daß das von dem Atom ausgehende Licht aus einer Anzahl von einander verschiedener Schwingungszustände besteht,

die sich nicht nach Analogie akustischer Erscheinungen als Grundton und Obertöne nur eines schwingenden Körpers auffassen lassen, sondern darauf hinweisen, daß das Atom aus einer größeren Anzahl für sich schwingender Teilchen bestehen muß.

Auf der Sonne, wo die Temperatur nahe doppelt so hoch ist, als die höchsten Temperaturen, die wir hier auf der Erde zu erzeugen vermögen, ist die Zahl der Elemente geringer als bei uns. Auf den Sternen, deren Temperatur, wie z. B. die des Sirius, höher ist als die der Sonne, ist die Zahl der Elemente kleiner, als die auf der Sonne. Liegt es nicht nahe zu vermuten, daß die Zahl der auf einem Himmelskörper vorhandenen Elemente in Zusammenhang steht mit seiner Temperatur, daß durch die Hitze die komplizierter gebauten Elemente in einfachere zerlegt sind? Ja, wenn ich es nur experimentell nachmachen könnte, aber das kann ich nicht. Alle diese und ähnliche Erscheinungen boten deshalb wohl Hinweise auf eine denkbare Zerlegung der Elemente, den experimentellen Nachweis vermochten sie nicht zu erbringen.

Ein solcher ist nun aber möglich geworden. „Körper, die kleiner sind, als die Atome“ sind gefunden worden, und zwar bei den eingehenden Untersuchungen über Kathodenstrahlen, an deren Erforschung die bedeutendsten Physiker aller Länder, unter denen J. J. Thomson in Cambridge an erster Stelle

genannt zu werden verdient, all' ihr Wissen und Können daran gesetzt haben.

Von Strahlen können wir bei diesen jetzt so viel genannten Kathodenstrahlen nur in dem Sinne sprechen, wie wir auch von einem Wasserstrahle sprechen, denn wie schon erwähnt, bestehen die Kathodenstrahlen aus kleinsten mit negativer Elektrizität geladenen und mit großer Geschwindigkeit sich bewegendem Teilchen. Wie verträgt sich denn aber, müssen wir fragen, mit dieser Vorstellung die Tatsache, daß die Kathodenstrahlen, d. h. also diese Partikelchen, durch feste Körper hindurchgehen können, ohne diese zu beschädigen? Das wird offenbar nur möglich sein, wenn diese Partikelchen so klein sind, daß selbst so festgefügte Körper, wie etwa Holz oder gar Metall, sich ihnen gegenüber wie ein weitmaschiges Sieb verhalten.

Auf den ersten Blick scheint es allerdings unnatürlich, daß irgend etwas durch Eisen und Stahlplatten hindurch sozusagen ein- und ausfliegen kann, aber wir überlegen uns ja leicht, daß es sich hier nur um Relativzahlen handelt. Der Elefant braucht eine Tür von mindestens 2 m Höhe und 2 m Breite, und doch wird er vielleicht durch diese große Öffnung weniger leicht und bequem hindurchkommen, als die meisten Bakterien durch die Millionen mal kleineren Maschen des feinsten Haarsiebes. Was hindert uns jetzt, uns Gebilde zu denken, die wieder

millionenmal kleiner sind, als die kleinsten Bakterien u. s. f. Es fragt sich nur, können wir nachweisen, daß sie auch wirklich existieren. Sie sehen, es kommt darauf an, zu untersuchen, wie groß ist denn die Masse eines solchen Kathodenstrahl-Partikelchens. Direkt sie zu messen, ist natürlich nicht möglich, noch weniger möglich, als bei einem Atom. Aber durch sehr scharfsinnige Kombination verschiedener Beobachtungen ist man im Stande gewesen, die Größe eines solchen Partikelchens mit der eines Atoms ziffernmäßig zu vergleichen.

Ich erwähnte schon, daß die Kathodenstrahl-Partikelchen mit negativer Elektrizität geladen sind, und es hat sich feststellen lassen, daß ein jedes Teilchen ein sogenanntes Elementarquantum Elektrizität mit sich führt, d. h. gerade so viel wie ein Wasserstoffatom bei der Zersetzung des Wassers durch den galvanischen Strom tragen muß. Wir würden es deshalb ganz begreiflich gefunden haben, wenn sich ergeben hätte, daß ein solches Teilchen auch von derselben Größe sei, wie ein Wasserstoffatom. Dem ist aber nicht so. Vielmehr hat sich das im höchsten Grade überraschende Resultat ergeben, daß die Masse eines solchen Kathodenstrahl-Partikelchens mindestens 1000 mal kleiner sein muß, als die des Wasserstoffatoms, als die des kleinsten aller bekannten Atome..

Beachten Sie wohl, 1000 mal kleiner als diejenige Größe, die, wie der Name „Atom“ ja scharf zum Ausdruck bringt,

nach unseren bisherigen Vorstellungen nicht weiter teilbar sein sollte. Man hat diese neu entdeckte Größe, geladen mit einem Elementarquantum negativer Elektrizität ein — Elektron genannt.

Sie werden mir glauben, daß die Physiker ein derartiges, allen bisherigen Erfahrungen Hohn sprechendes Resultat nicht unbesehen akzeptiert, und nicht ohne weiteres an die Existenz der Elektronen geglaubt haben. Aber nachdem verschiedene Beobachter nach verschiedenen Methoden arbeitend für die Masse des — Elektrons denselben Wert gefunden haben, nachdem dieser Wert sich unabhängig gezeigt hat davon, wie die Elektronen erzeugt werden, ob durch elektrische Entladungen in Vakuumröhren oder durch Bestrahlen mit ultraviolettem Lichte oder X-Strahlen, ob durch einen Bunsenbrenner oder einen glühenden Metalldraht, ob durch ein Radium- oder ein Thoriumpräparat, nachdem ferner noch nachgewiesen ist, daß es ganz gleichgültig ist, in welchem Gase wir arbeiten, ob in Wasserstoff oder Sauerstoff oder Luft etc., so können wir uns der Wahrnehmung nicht verschließen, daß wirklich von allen Substanzen sich ein und dieselbe Größe, ein negatives Elektron, eine Masse, ohngefähr $\frac{1}{1836}$ von der des Wasserstoffatoms abspalten kann.

Ganz von selbst drängt sich uns da die Frage auf: Haben wir hier jetzt die Ursubstanz gefunden, die in allen Körpern enthalten, aus der das ganze Weltall aufgebaut ist? Sind

diese Elektronen die schon so viel gesuchten Uratome, durch deren Zusammenlagerung in verschiedener Zahl und verschiedener Gruppierung alle Körper, zunächst natürlich die Elemente, entstanden sind? Liegt es nicht nahe zu hoffen, daß an die Strukturchemie der Moleküle sich nun die Strukturchemie der Atome anschließen wird? Da ein jedes chemische Atom durch ein besonderes Linienspektrum, d. h. durch eine Anzahl von einander verschiedener Lichtschwingungen charakterisiert ist, könnte man sich nicht denken, daß ein jedes Atom ein Planetensystem in kleinstem Maßstabe darstellt? Den Zentralkörper würde ein $+$ -geladener Kern bilden, und um diesen je nach dem Element eine verschieden große Zahl von — Elektronen ihre Schwingungen in vorgeschriebenen Bahnen ausführen, gerade so wie die Erde, der Merkur, Jupiter und Saturn um die Sonne ihre ewigen Kreise ziehen. Manche Physiker glauben: „Ja“. Doch es wäre verfrüht und würde zu weit führen, diese Fragen hier diskutieren zu wollen. Dazu wissen wir noch zu wenig über das Elektron. Wir wollen uns hier darauf beschränken, festgestellt zu haben, daß es Atomprozesse gibt, daß ein Atom nicht unteilbar ist, daß von ihm kleinere Teile sich abspalten können.

Die Aufgabe, die uns beschäftigte, war, eine Erklärung zu suchen für die enormen vom Radium verausgabten Energiemengen und es fragt sich, sind wir da weiter gekommen durch

die Erkenntnis, daß die chemischen Atome nicht unteilbar sind? Allerdings, denn es lassen sich viele Gründe dafür anführen, daß, wenn ein so festes Gefüge aufsplittert, wie ein Atom es sein muß, das bislang allen unseren Versuchen, es zu zertrümmern, erfolgreich getrotzt hat, daß dann enorm große Energiemengen, Energiemengen von ganz anderer Größenordnung frei werden können, als wir bei den gewöhnlichen chemischen Prozessen, bei den Molekülprozessen, bisher zu beobachten Gelegenheit hatten. Es fragt sich also für uns nur: Haben wir denn Grund zu der Annahme, daß bei dem Radium derartige Atomaufsplitterungen stattfinden können? Ganz bestimmt; schon der Umstand spricht dafür, daß das Radium fortgesetzt Kathodenstrahlen aussendet und Elektronen erzeugt, aber wir sind in der glücklichen Lage, einen viel direkteren Beweis erbringen zu können, wir können eine Erscheinung anführen, welche von der Elektronentheorie direkt postuliert wird, die aber als Tatsache ihre volle Beweiskraft besitzt, ganz unabhängig von jeder Hypothese.

Wenn ein Atom eines Elementes Elektronen abgibt, so muß sein Atomgewicht dadurch geringer werden, das heißt aber doch nichts anderes, als es kann nicht mehr als Atom jenes Elementes bestehen bleiben, es muß in das Atom eines anderen Elementes übergehen. Wir behaupten also mit dürren Worten: Da der Nachweis erbracht ist, daß Atomprozesse

möglich sind, daß Atome aufsplintern, sich spalten können, so muß es möglich sein, daß ein Element in ein anderes sich verwandelt, so muß z. B. aus Blei Gold werden können. Ob es uns je gelingen wird, Blei in Gold zu verwandeln, das ist eine ganz andere Frage, auf die ich nicht näher eingehen will nach den Versuchen über die Elektronen müssen wir aber konsequenter Weise sagen: Unmöglich ist diese Umwandlung nicht. Und bei dem Radium ist es nun in der Tat möglich gewesen, einen solchen Prozeß der Umwandlung eines Elementes in ein anderes zu beobachten. Rutherford hat es vorausgesagt, und Ramsay und Soddy haben zuerst den Nachweis erbracht, daß Radium-Emanation sich umwandelt in Helium.

Legt man Radium auf den Boden eines Glasgefäßes, so beobachtet man im Dunkelzimmer mit gut ausgeruhtem Auge wie von dem Präparat langsam, gespensterhaft grau ein schwach leuchtender Nebel aufsteigt, der allmählich das ganze Gefäß anfüllt, und wenn dies verschlossen ist, im Laufe von ein paar Tagen derart an Leuchtkraft gewinnt, daß man die Uhr dabei erkennen kann: Bläst man den leuchtenden Nebel hinaus, so beginnt das Spiel von neuem, bis das Gefäß wieder in derselben Stärke leuchtet. Aus dem Radium entwickelt sich fortgesetzt die sogenannte Radium-Emanation.

Was ist das? Ich leite die leuchtend gewordene Luft, in der also die Emanation enthalten ist, durch die stärksten

Säuren und Laugen, sie verändert sich nicht. Ich leite sie über glühendes Kupfer, glühendes Magnesium, ich setze sie den stärksten elektrischen und magnetischen Kräften aus, sie bleibt, was sie war. Ich habe also keine Gewalt über sie? Ja doch, ich leite sie durch ein Glasrohr, das in flüssiger Luft abgekühlt ist, und die durchgeleitete Luft leuchtet nicht mehr, dagegen leuchtet die Wand des kalten Rohres jetzt sehr stark. Also die Emanation, schließe ich, ist ein gasförmiger Körper, der, wie die genauere Untersuchung dann weiter ergeben hat, bei -150° kondensiert wird. Er sendet α -Strahlen aus, welche die Luft zum Leuchten bringen und welche sie elektrisch leitend machen. Ohne diese Eigenschaften der ausgesandten Strahlen würden wir das Gas wohl nie gefunden haben, denn die Menge, welche wir aus unseren kleinen Radiumvorräten gewinnen können, ist verschwindend klein. Ramsay und Soddy geben an, daß sie von 60 mgr Radium in vier Tagen $\frac{1}{50}$ cbmm reine, nicht mit Luft gemischte Emanation erhalten haben, d. h. also ein Gefäß voll, dessen Größe kaum $\frac{1}{10}$ von der eines kleinen Stecknadelkopfes sein würde. Und denken Sie sich diese Menge in dem Arbeitszimmer eines Physikers gleichmäßig in der Luft verteilt, so würde er sie kaum nachweisen können, aber nicht etwa, weil es zu wenig, sondern weil es zu viel wäre, so viel nämlich, daß seine Apparate versagen würden, weil ihre Isolation verdorben sein würde. Dies Bei-

spiel kann Ihnen einen Begriff geben von der Empfindlichkeit dieser Methoden, welche durch Leitfähigkeitsmessungen der Luft die minimalsten Spuren radioaktiver Substanzen zu entdecken vermögen.

Wenn es uns nun gelingt, eine derartige Menge dieser Emanation in einem Glasrohre einzusammeln, und dieses, nachdem möglichst alle anderen Gase weggepumpt sind, zuzuschmelzen, so zeigt das Rohr unmittelbar nach der Füllung ein prächtiges Leuchten. Nach Verlauf einiger Tage stellen wir fest, daß das Leuchten bedeutend schwächer geworden ist, nach einigen Wochen, daß es so gut wie vollständig erloschen ist. Also die leuchtende Emanation ist allmählich verschwunden, statt ihrer aber finden wir bei genauer spektroskopischer Untersuchung in der Röhre jetzt Spuren eines Gases, das vorher sicher nicht vorhanden war, nämlich Spuren von Helium. Diese Versuche sind unter den verschiedensten Bedingungen von mehreren Forschern, die zum Teil jedenfalls an diese Experimente herangegangen sind in der sicheren Erwartung, die Resultate nicht bestätigt zu finden, bestätigt worden; an ihrer Richtigkeit, scheint mir, ist nicht zu zweifeln, und wir kommen somit zu dem Schlusse: Radium, ein chemisches Element, so sicher definiert wie Gold oder Eisen, oder sonst ein anderes, erzeugt Emanation, und aus dieser bildet sich Helium, ein ebenso sicher definiertes Element.

Wir sind Zeuge gewesen, wie ein Element in ein anderes sich verwandelt hat, Zeuge eines Vorganges, wie er noch nie beobachtet, ja wie er bislang für unmöglich gehalten wurde.

Bei einem solchen Prozesse, der, wie auf der Hand liegt, nur dadurch zustande kommen kann, daß das Atom sich ändert, daß ein Stück von demselben absplittert, da können, ja müssen enorme Energiemengen frei werden, und so kann es uns nicht überraschen, daß, wenn derartige Vorgänge bei dem Radium tatsächlich stattfinden, wir sehr bedeutende Wärmemengen erhalten können und trotzdem nicht im Stande sein werden, mit der Wage eine Änderung bei unserem Präparate nachzuweisen. Eine Schwierigkeit, die Erscheinungen der Radioaktivität mit dem Energieprinzip in Einklang zu bringen, besteht für uns nicht mehr. Statt des Bankrotts der Naturwissenschaften, den bange Zweifler wegen der Eigenschaften der radioaktiven Substanzen für unabwendbar hielten, hat sich uns ein Ausblick in eine ganz neue Welt eröffnet, in die Welt der Atome. Wir haben begründete Hoffnung, in der Erkenntnis der Materie weiter vordringen zu können als dies bisher möglich war. Wir brauchen nicht mehr Halt zu machen bei den chemischen Elementen, sondern können versuchen, das Entstehen und Vergehen auch dieser Gebilde zu studieren, die wir bisher als fertig vorhandene, als unvergänglich gegebene ansehen mußten.

In der Tat sind in dieser Richtung, vor allem durch die vorzüglichen Arbeiten von Rutherford schon beachtenswerte Fortschritte gemacht. Hiernach haben wir Uran, das Element, mit dem höchsten Atomgewicht, das Element, welches wir uns also nach der Elektronen-Hypothese aus der größten Anzahl von Elektronen aufgebaut zu denken haben, als die Mutter-substanz aufzufassen. Aus dieser entsteht, indem sich etwas abspaltet, das einzufangen und zu analysieren uns bisher noch nicht gelungen ist, das Radium, aus welchem, wie schon erwähnt, sich in gleicher Weise die Emanation bildet. Bei dieser kennen wir beide Bestandteile, in welche sie sich spaltet, nämlich Helium und das sogenannte Radium A. Letzteres liefert Radium B, aus dem Radium C u. s. f. bis Radium G entsteht. Diese Zwischenprodukte, — Metabole genannt, — Radium A bis Radium G sind uns bislang allerdings nur durch ihre verschiedenen radioaktiven Eigenschaften bekannt. Gewogen, gesehen, gemessen hat sie noch niemand. Aber trotzdem sind wir im Stande, sie von einander zu unterscheiden, und zwar durch die von ihnen ausgesandten Strahlen sowohl wie durch ihre Lebensdauer.

Nehmen wir z. B. Radium-Emanation, deren Vorhandensein wir ja, wie erwähnt durch das Leuchten der Luft erkennen können, so vermögen wir uns leicht zu überzeugen, daß diese nur die wenig durchdringenden α -Strahlen aussendet,

bei denen wir weiter noch durch die Ablenkung mittelst eines Magneten das charakteristische Merkmal der + elektrischen Ladung nachweisen können.

Lassen wir in dieser Emanation irgend einen Körper längere Zeit, etwa einen Tag lang, liegen, so erweist sich derselbe nun als radioaktiv. Nun, wird man sagen, da ist eben an seiner Oberfläche eine Spur von der Emanation hängen geblieben, wie sich ja auch z. B. an einem Platindrahte, den ich in einer Wasserstoffatmosphäre habe liegen lassen, längere Zeit nachher noch Spuren von Wasserstoff nachweisen lassen. Daß sich auf der Oberfläche des Körpers etwas festgesetzt hat, das ist richtig; sehen kann ich zwar nichts, auch nicht mit den feinsten optischen Hilfsmitteln; aber ich kann es mit Salzsäure wegwaschen oder mit Sandpapier wegreiben. Emanation aber ist es sicher nicht, denn deren α -Strahlen gehen, wie bekannt, nicht einmal durch Briefpapier hindurch, mit den Strahlen aber, welche das Stück Holz oder Glas oder Metall, welches ich in der Emanation liegen hatte, aussendet, kann man durch eine Wand hindurch auf die photographische Platte wirken. Der Körper, was es auch gewesen sein mag, eine Nähnadel, ein Bleistift, ein Kork, ein Stück Brod, sendet Strahlen aus, so durchdringend, wie sie eine Röntgenröhre kaum zu erzeugen vermag. Außer durch die Art der Strahlung kann ich aber auch durch die Lebensdauer nachweisen, daß es sich um eine

neue Substanz handelt. Die Lebensdauer oder die Halbwertszeit, wie man die Zeit genannt hat, innerhalb welcher eine radioaktive Substanz auf die Hälfte abnimmt, ist eines der wichtigsten Erkennungsmerkmale für die verschiedenen Substanzen geworden. Ein radioaktiver Körper ist ein in Umwandlung begriffener, und die Erfahrung hat gelehrt, daß diese Umwandlung bei einer bestimmten Substanz stets mit der gleichen Geschwindigkeit erfolgt. Die Radium-Emanation nimmt in 4 Tagen auf die Hälfte ab, das Radium C, von dessen durchdringender Strahlung ich eben gesprochen hatte, in 28 Minuten; die Halbwertszeit der Thor-Emanation ist 54 Sekunden, die dem Radium C entsprechende induzierte Thoraktivität dagegen nimmt in 11 Stunden auf die Hälfte ab. Wenn ich eine unbekannte radioaktive Substanz habe, so bestimme ich die Wirkung einer bestimmten Strahlenart, die sie aussendet, wiederhole den Versuch nach 1—2 Stunden, dann kann ich aus der konstatierten Abnahme die Halbwertszeit ermitteln und damit feststellen, ob es sich um eine bekannte oder eine neue Substanz handelt. So ist man, wie gesagt, im Stande gewesen, alle Umwandlungsprodukte vom Uran bis zum Radium G nachzuweisen und ihre charakteristischen Strahlungen und Halbwertszeiten zu bestimmen.

Bei dem Radium G verschwindet dem Experimentator die Substanz sozusagen unter den Händen. Das kann nicht über-

raschen, wenn man sich gegenwärtig hält, daß es sich bei diesen Versuchen um so minimale Mengen handelt, daß ihr Vorhandensein außer durch die Erscheinungen der Radioaktivität auf keine Weise nachgewiesen werden kann. Wandelt sich also ein Stoff in einen weniger aktiven oder gar inaktiven Stoff um, so verschwindet er scheinbar, seine Masse ist eben zu unbedeutend, als daß sie von der Wage angezeigt würde, seine Größe ist zu gering, als daß ich sie mit dem Mikroskop wahrnehmen könnte; ich habe kein Instrument mehr, das sein Vorhandensein anzeigt. Hier werden wir wohl erst weiter kommen, wenn uns größere Radiummengen zur Verfügung stehen. Mehr Radium! das ist ein Schmerzensschrei, den Physiker, Chemiker und Mediziner gleich laut ertönen lassen.

Bis jetzt vermögen wir deshalb nur indirekt auf die Substanz zu schließen, in welche das Radium F übergeht, und durch Betrachtungen, die ich hier nicht wiedergeben will, ist man zu der Ansicht geführt worden, daß das Radium F sich in Blei umwandeln müsse.

Nun ist es sehr interessant, daß bei einer größeren Anzahl von Mineralien hat festgestellt werden können, daß, wenn sie Uran enthalten, in ihnen auch stets Helium und Radium A-F, daneben aber auch immer Blei und zwar in ganz bestimmten Mengenverhältnissen vorhanden ist. Das spricht sicher zu Gunsten der oben ausgesprochenen Vermutung, und man würde

sich hiernach vorzustellen haben, daß ein solches Stück ursprünglich nur aus der Muttersubstanz Uran bestanden habe, von der ein Teil nun im Laufe der Jahrtausende die genannten Umwandlungen durchgemacht hat, so daß jetzt in einem solchen Mineral nicht nur Urahne, Großmutter, Mutter und Kind, sondern neun aufeinander folgende Generationen beisammen sind. Wir könnten den Stammbaum des Bleis lückenlos bis zu dem des Urans hinauf verfolgen.

Die nächste Frage wird nun sein: Sind die wenigen radioaktiven Substanzen, die wir bisher gefunden haben, als einzige noch überlebende Zeugen einer früheren, schon abgelaufenen Entwicklungsperiode unserer Erde aufzufassen? Bieten sie uns ein vereinzelt letztes Beispiel für Entwicklungs- und Umwandlungsprozesse, wie solche auch dereinst die anderen Elemente durchgemacht haben? Sind diese jetzt in einem stabilen unveränderlichen Endzustande angelangt? Oder sind auch sie noch, sind mit anderen Worten alle Elemente radioaktiv, sind alle noch in fortgesetzter Entwicklung begriffen? Man kann auf diese Fragen natürlich nicht kurzer Hand mit Nein antworten, weil man bei diesen Elementen noch nie radioaktive Eigenschaften hat beobachten können. Ich brauche wohl nur daran zu erinnern, daß es bei Stahl und Eisen ein leichtes ist, magnetische Eigenschaften nachzuweisen. Beim Aluminium sind die auftretenden Kräfte 100 millionenmal

schwächer und hätten wir nur solche Substanzen zur Verfügung gehabt, wie Aluminium, Kupfer, Zink etc., wir würden vielleicht heute noch die Erscheinungen des Magnetismus nicht kennen. Nachdem wir Gelegenheit gehabt, sie am Eisen und Stahl verhältnismäßig leicht zu studieren, die Gesetzmäßigkeiten aufzufinden und zu lernen, auf was es bei den Versuchen ankommt, haben wir mit immer mehr verfeinerten Instrumenten bei allen Substanzen magnetische Eigenschaften nachweisen können.

Ob uns ähnlicheshinsichtlich der Radioaktivität gelingen wird?

Es liegen schon Arbeiten hierüber vor, und mehrere Physiker glauben aus ihren Versuchen in der Tat den Schluß ziehen zu können, daß alle Körper radioaktiv sind. Sie glauben nachweisen zu können, daß z. B. auch Blei, Zink etc. Strahlen aussenden, durch welche die Luft leitend gemacht wird. Als Beleg hierfür werden z. B. Versuche angeführt, bei denen ein Elektroskop im Innern eines Bleigefäßes schneller seine Ladung verlieren soll, als unter sonst genau gleichen Verhältnissen im Innern eines Zinkgefäßes. Man darf aber hierbei nicht vergessen, daß unsere Instrumente, wie schon mehrfach betont, eine ganz enorme Empfindlichkeit besitzen, und daß infolgedessen die allerminimalsten Verunreinigungen der untersuchten Materialien durch radioaktive Substanzen uns ähnliche Wirkungen ergeben könnten, wie die beobachteten. Ich habe erwähnt, daß

der Gehalt aller unserer Quellen an radioaktiver Emanation uns auf eine außerordentlich weite Verbreitung des Radiums in der Erde schließen läßt. Daraus allein ergibt sich schon, wie leicht eine Substanz mit Spuren desselben in Berührung kommen und infiziert sein kann. Nun haben aber Elster und Geitel den Nachweis erbracht, daß auch in der Luft, und zwar überall, in den tiefsten Kellern und Schächten, wie auf den höchsten Höhen radioaktive Emanation vorhanden ist, und daß die nachweisbaren Mengen mit den Vorgängen in unserer Atmosphäre, steigendem und sinkendem Luftdruck, Staub und Nebel, Regen und Schnee, wechseln können. Man begreift leicht, wie sehr hierdurch die Versuche erschwert werden, und wie vorsichtig man bei der Deutung der angestellten Beobachtungen wird sein müssen. Nur soviel kann man wohl sicher aus den vorliegenden Versuchen schon jetzt entnehmen, daß, wenn die untersuchten Metalle eigene Radioaktivität besitzen, diese Tausende von Malen schwächer sein muß, als die des Radiums. Denkbar wäre allerdings, daß die Aktivität dieser Substanzen sich in anderer Weise betätigte, daß sie vielleicht andere Strahlen, Strahlen mit wieder ganz anderen Wirkungen aussendeten, deren Vorhandensein uns bislang entgangen sein könnte. Vor zehn Jahren noch würde man eine solche Bemerkung als vage Phantasterei bezeichnet haben. Aber Erscheinungen wie drahtlose Telegraphie, Röntgendurchleuchtung

und Radioaktivität haben uns vorsichtiger in der Kritik, kühner in der Hypothese gemacht, und nachdem wir die Elektronen gefunden, nachdem wir gesehen haben, daß bei einem Atom eine Anzahl derselben absplintern kann, nachdem es uns bei einem Elemente tatsächlich gelungen ist, zu beobachten, daß es sich in ein anderes verwandelt, da kann man es uns nicht verdenken, wenn wir die Hoffnung nähren, ähnliche Vorgänge auch bei den anderen Elementen auffinden zu können. Ja, ich scheue mich nicht, hier auszusprechen, daß ich mich denen anschließe, die in ihren Hoffnungen noch viel weiter gehen.

Wir müssen versuchen, Einfluß auf die Atomprozesse zu gewinnen, wir müssen lernen, sie zu beherrschen, wie wir gelernt haben. Molekül-Prozesse zu beherrschen. Wie wir heute nach Belieben Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zu zerlegen, oder umgekehrt aus Wasserstoff und Sauerstoff Wasser herzustellen vermögen, wie wir tausende von organischen Substanzen, von denen man früher glaubte, daß der Mensch sie nie werde herstellen können, daß sie nur durch einen besonderen Lebensprozeß entstehen könnten, jetzt aus Kohlenstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, aufzubauen gelernt haben, so müssen wir lernen, von einem Atom Elektronen abzuspalten oder es in Gruppen von Elektronen zu zerlegen, vielleicht auch umgekehrt dann aus diesem ein bestimmtes gewünschtes Element aufzubauen. Die Lösung der ersten

dieser Aufgaben würde zugleich von eminenter praktischer Bedeutung sein. Unsere Herrschaft über die Naturkräfte würde eine ungeahnte Erweiterung erfahren, die Energiemengen in der Natur, über die wir verfügen könnten, würden auf das tausend-, ja millionenfache anwachsen. Denn so seltsam es klingen mag, die Prozesse, mit denen wir uns bislang beschäftigt haben, sind ja nur von untergeordneter Bedeutung, verglichen mit diesen Atomprozessen.

Ob es uns gelingen wird, diese Aufgabe zu lösen? Daß der Weg nach diesem Ziele noch weit und beschwerlich, daß er sicher nicht leicht zu finden sein wird, das wird Niemand bestreiten; die 1000fach größeren Energiemengen beherrschen zu lernen, kann mehr als 1000fach größere Schwierigkeiten bereiten, aber die in dem verflossenen Jahrhundert von Jahrzehnt zu Jahrzehnt sich steigernden glücklichen Erfolge der Naturwissenschaften sind wohl geeignet, uns Mut einzuflößen und große Hoffnungen uns setzen zu lassen auf das so verheißungsvoll begonnene neue Jahrhundert. Ist es uns zunächst auch nur geglückt, einen kleinen Zipfel des Schleiers zu lüften, den die Natur wie über alle, so auch über dieses Geheimnis sorgsam ausgebreitet hat, wir geben die Hoffnung nicht auf. Der Naturforscher von heute ist nicht pessimistisch angehaucht. Trotz Faust wird er es wieder und wieder versuchen „mit Hebeln und Schrauben.“