

Mittheilungen.

1. Clemens Winkler: Ueber die Entdeckung neuer Elemente im Verlaufe der letzten fünf und zwanzig Jahre und damit zusammenhängende Fragen.

[Vortrag, gehalten vor der Deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin am 11. Januar 1897.]

Die wir auf Erden wandeln, hängen mit unseren irdischen Augen wie gebannt an den funkelnden Himmelslichtern uns zu Häupten; wir verfolgen ihren Lauf, ja wir berechnen ihn mit staunenswerther Sicherheit, aber unser brennendes Verlangen, ihre Herkunft, ihr Wesen, ihren Zweck zu ergründen, bleibt ungestillt. Den Räthseln des Kosmos gegenüber sind wir fragende Kinder. Aber wir können nicht müde werden, zu fragen, nicht müde werden, zu staunen und zu bewundern, und schon das Bewusstsein, dass wir mit unserem Blick ganze Welten zu umfassen vermögen, übt auf uns einen eigenen, reizvollen Zauber. Der im Himmelsblau schwimmende Mond ist ein Planet, wie unsere heimathliche Erde; aber was uns bei dieser versagt bleibt, bei ihm ist's möglich: Wir überblicken ihn von Pol zu Pol, wir sehen seine Ebenen sich dehnen und seine Gebirge sich thürmen, wir verfolgen das wunderbare Schattenspiel, welches über seine Abgründe läuft, wir nehmen wahr, wie die eine seiner Hemisphären sich im Sonnenlichte badet, während die andere in dunkler Nacht oder im bleichen Erdschein liegt, und wenn wir etwas vermissen, so ist es das Leben, nicht nur das eigentlich organische, sondern ganz allgemein das chemische, ja selbst das physikalische Leben, so ist es die Bewegung der Substanz, die kein Wogenschwall, kein Wolkenzug, keine Eruption uns kündigt.

Schiebt er sich aber als Riesenlichtschirm zwischen die Erde und den Sonnenball, dieser todte Mond, so enthüllt sich uns auf Minuten das Bild einer grandiosen Stoffbewegung, eines chemischen und mechanischen Umsturzes, wie er auf der Sonne tobt, auf Erden aber nicht seines Gleichen hat. Und den Gedanken wachsen Flügel, die tragen sie durch die endlosen Himmelsräume, wo andere ungezählte Sonnen kreisen, ebensolche Umsturzcentren, nur vielfach noch riesenhafter, noch heisser und kraftgährender als unser Lichtgestirn, bis sie wieder Halt machen vor der Frage: Was ist — was ist das Alles?

Ein Jeder, dessen Denken und Empfinden über den Interessenskreis des Menschendaseins hinausreicht, wird sich von andächtigem Schauer erfasst fühlen, wenn ein Meteorit in seiner Hand ruht. Wo-

ber mag er stammen, dieser himmlische Irrwisch, welchen Flug mag er durch's All genommen haben? Ob er schon andere Welten streifte, bevor die Erde ihn fing, um ihn an sich und ihre Bahn zu ketten? Und siehe, er ist Stoff, wie diese Erde, aufgebaut aus Elementen, die sich auch auf dieser finden, selbst eine kleine Welt oder doch ein Weltentrümmer, vielleicht der greifbare, wenn auch leider stumme Zeuge einer Riesenkatastrophe.

Als ein Trümmer, wenn auch als ein im formbaren Aggregatzustand vom Muttergestirn losgelöster Weltentrümmer, ist ja auch die Erde. und als ebensolche sind die übrigen Planeten unseres Sonnensystems zu betrachten, nur ist die Erde unserem Gesichtsfeld zu nahe gerückt, als dass das Menschenauge sie mit seinem Blick zu umfassen vermöchte, und der Erdball ist zu gross, als dass wir im Stande wären, seine Durchschnittsbeschaffenheit zu ergründen, wie das bei einem Meteoriten möglich ist. Es ist nur die äusserste Oberfläche, welche die Erde uns zur chemischen Erforschung darbietet, und wenn wir auch festgestellt haben, dass diese sich aus den nämlichen, durch menschliche Mittel nicht weiter zerlegbaren Stoffen zusammensetzt, die wir, namentlich nach Ausweis der Spectralanalyse, auch auf anderen Himmelskörpern anzunehmen haben, so würden wir doch einer argen Täuschung anheimfallen, wollten wir von dem Mengenverhältniss, nach welchem die Elemente auf der Erdoberfläche auftreten, auf die durchschnittliche Zusammensetzung des ganzen Planeten schliessen. Ueber uns wogt das Luftmeer, neben uns brandet der Ocean; unser Fuss wandert auf Kalk- und Silicatgestein, unser Auge ruht auf grünen Matten und rauschenden Wäldern, und mit allen diesen Dingen drängen sich deren Elementarbestandtheile in den Vordergrund der Wahrnehmung, während sie, wie das hohe specifische Gewicht der Erde im Betrage von 5.58 beweist, der Gesamtmasse des Planeten gegenüber stark zurücktreten müssen. Sehr anschaulich hat dies F. W. Clarke¹⁾ in seinen Erörterungen über die relative Häufigkeit der Elemente dargethan, bei welchen er annimmt, dass die Zusammensetzung der festen Erdkruste bis zu einer Tiefe von 10 englischen Meilen = 16 km unter dem Seespiegel dieselbe sei, welche wir an der Oberfläche und den bisher erforschten Tiefen kennen. Das mittlere specifische Gewicht dieser Kruste lässt sich zu 2.50 annehmen, beträgt also noch nicht die Hälfte von demjenigen der Gesamterde. Bei Hinzurechnung des Meeres und der Atmosphäre erweist sich diese äussere Erdschicht als zur Hälfte aus Sauerstoff und zu einem Viertel aus Silicium bestehend, während die übrigen 25 pCt. durch die sonstigen auf Erden vorkommenden Elemente

¹⁾ F. W. Clarke, Philosophical Society of Washington, Bulletin Vol. 11 S. 129 - 142.

gebildet werden. Davon fallen nur 7.30 pCt. auf Aluminium, 5.10 pCt. auf Eisen, 3.50 pCt. auf Calcium, 2.50 pCt. auf Magnesium, während Natrium und Kalium zu je 2.20 pCt. vertreten sind. Gerade diejenigen Elemente aber, die sich der menschlichen Wahrnehmung am meisten aufdrängen, weil ihre Verbindungen unter dem Antrieb des Sonnenlichtes und der Sonnenwärme auf rastloser Wanderschaft begriffen sind, treten quantitativ zurück. So findet sich der Wasserstoff mit nur 0.94 pCt., der Kohlenstoff mit 0.21 pCt., der Phosphor mit 0.09 pCt., der Stickstoff mit 0.02 pCt. aufgeführt. Das Material, welches die Meere bildet, und dasjenige, woraus die Lebewesen sich aufbauen, es bildet nur einen kleinen Bruchtheil der Masse einer 16 km stark gedachten Erdkrinde, und da es, soweit die Tiefbohrung dies ergeben hat, in grösserer Tiefe nicht oder doch fast nicht mehr angetroffen wird, so scheint seine Menge, gegenüber der Masse des ganzen Erdballs eine verschwindend geringe zu sein. Selbst der Chlorgehalt der Erdkruste berechnet sich zu nur 0.15 pCt., und doch würde allein das im Ocean gelöst enthaltene Kochsalz im isolirten Zustande den Raum sämmtlicher Continente mit all ihren Bergriesen und Gebirgszügen einnehmen.

Man erkennt hieraus, wie wenig das Bild, welches die Erde an ihrer Oberfläche zeigt, ihrer Durchschnittsbeschaffenheit entspricht, soweit wir eben aus der mittleren Dichte des Erdkörpers auf diese zu schliessen vermögen. Es kann gar keinem Zweifel unterliegen, dass das Erdinnere stofflich anders geartet ist, als die zu Tage liegende Erdkrinde, und unwillkürlich wird man beim Nachdenken hierüber an gewisse Meteorite gemahnt, deren Eisenmasse durchsetzt und überlagert ist mit Silicaten, die, wie Enstatit, Broncit, Olivin, auch auf der Erde angetroffen werden, Meteorite, welche gleich der Erde einen untergeordneten Gehalt an Phosphor oder Kohlenstoff sowie an eingeschlossenen Gasen, namentlich Wasserstoff und Stickstoff, aufweisen, so dass mit Bezug auf Letzteren selbst die Annahme nicht unzulässig erscheint, dass auch ihnen eine Gashülle zugehört hat, die bei ihrem Fluge durch die Erdatmosphäre abgestreift wurde.

Es verschiebt sich ferner bei solcher Betrachtungsweise unsere Vorstellung von der relativen Häufigkeit der Elemente, von ihrer quantitativen Vertheilung auf Erden. Elemente von niedrigem specifischen Gewichte oder von grosser Flüchtigkeit, die uns als solche oder in Gestalt von Verbindungen in nach menschlichem Begriffe ungeheurer Menge in unserer Umgebung entgegenreten, werden, wie der Wasserstoff oder der Stickstoff, zu untergeordneten Bestandtheilen unseres Himmelskörpers, sobald wir in Berücksichtigung ziehen, dass sie sich vorwiegend auf dessen Oberfläche zusammendrängen; die Spärlichkeit des Vorkommens der sogenannten seltenen Elemente aber wird bei Anlegung des gleichen Maassstabes zu einer geradezu uner-

hörten. Letzteres ist umsomehr der Fall, als, soweit bis jetzt unsere Kenntniss reicht, seltene Elemente in grösseren Tiefen nicht mehr angetroffen werden. Meines Wissens wenigstens sind solche — und ich möchte dazu auch Schwermetalle, wie Gold, Silber, Blei u. a. mehr rechnen — im Bohrmehl oder den Bohrkernen von Tiefbohrungen und in den Auswürflingen der Vulcane noch nie nachgewiesen worden. In der von dem Riesenausbruch des Krakataua herrührenden, mit mächtiger Kraft emporgeschleuderten und wahrscheinlich aus grossen Tiefen stammenden Asche zum Beispiel habe ich vergeblich nach seltenen Elementen gesucht, und das vermuthete Vorkommen eines solchen, und zwar eines neuen, in einer älteren Lava des Vesuvus hat sich als Irrthum erwiesen.

So unzulänglich nun auch die Forschung gerade nach dieser Richtung hin sein mag, so gewinnt es doch allen bisherigen Wahrnehmungen nach den Anschein, als ob der elementare Stoff, aus welchem die Erde aufgebaut ist, nach deren Oberfläche hin an Vielfältigkeit zunähme. Wenn dem aber wirklich so wäre, so läge der Gedanke an zwei Möglichkeiten nahe: die Zuwanderung von Stoff aus dem Weltraum und die Neubildung von Elementen an der Oberfläche der Erde.

Die Zuwanderung von Stoff aus dem Weltraum ist bekanntlich eine unausgesetzte, und wenn sich dieselbe bei Gelegenheit von Meteoritenfällen besonders bemerkbar macht, so erfolgt sie doch wahrscheinlich quantitativ überwiegend in Gestalt kosmischen Staubes. Aber weder die Meteorite verschiedener Fundorte noch der von A. E. Nordenskiöld¹⁾ auf den Schneefeldern der Polarzone gesammelte, als Kryokonit bezeichnete Staub, dessen ausserirdischer Ursprung kaum zu bezweifeln ist, lassen einen Gehalt an auf der Erde spärlich oder vereinzelt vorkommenden Elementen erkennen. Mithin entbehrt die Annahme eines Stoffzuwachses dieser Art von aussen zur Zeit noch völlig der Begründung.

Noch weitaus unwahrscheinlicher ist die Neubildung von Elementen auf der Erde, mag die Annahme ihrer Möglichkeit auch dieselbe Berechtigung haben, wie die oft vermuthete, aber nie erwiesene Möglichkeit einer Weiterzerlegung der jetzt für einfach gehaltenen Urstoffe. Wohl deutet die spectralanalytische Untersuchung muthmaasslich heisserer und kühlerer Fixsterne auf eine sich allmählich vollziehende Stoffwandlung hin; doch würde es sich bei solcher nur um den Uebergang bereits bekannter in andere, ebenfalls bekannte Elemente handeln. Ausserdem aber walten auf jenen Gestirnen nach Temperatur und Aggregatzustand Verhältnisse ob, mit denen sich die

¹⁾ A. E. Nordenskiöld, Pogg. Ann. 151, 154.

auf der Erde herrschenden und durch deren Reifezustand bedingten gar nicht vergleichen lassen.

Offenbar ist der Zuwachs an einfachen Stoffen nach der Erdoberfläche hin, den anzunehmen man geneigt sein könnte, nur ein scheinbarer, und die Erklärung dafür ist nicht weit zu suchen. Man hat sich zu vergegenwärtigen, dass die Elemente, die an der Bildung des Wasser- und Luftmeeres theilgenommen haben, in Folge des ihnen und ihren Verbindungen eigenen Aggregatzustandes schon von Anfang an nach der Erdoberfläche gedrängt worden sind, um später unter dem Antrieb der Sonnenwärme das grosse Aufbereitungswerk zu beginnen, dem wir auf Schritt und Tritt begegnen, und welches seit ungezählten Jahrtausenden die Bestandtheile der Erdrinde in unablässiger Bewegung erhält. Die Folge davon ist nicht allein eine mechanische Sonderung des Stoffes nach dem specifischen Gewichte, sondern auch eine Umgruppierung desselben zu neuen chemischen Verbindungen, seine Anhäufung in bestimmten charakteristischen Verbindungsformen gewesen, wie solche uns beispielsweise in den verschiedenen Mineralien entgegenreten. Das Hervortreten einer Vielzahl von Elementen auf der Erdoberfläche erscheint hiernach als das Ergebniss einer durch ungemessene Zeiträume fortgesetzten Extractionsarbeit. Durch solche mechanische und chemische Concentration sind aber die Elemente, die ihr unterliegen, leichter erkennbar und gewinnbar geworden, sie vermögen sich der menschlichen Wahrnehmung nicht mehr zu entziehen, wie das bei vielen von ihnen der Fall sein würde, wenn das Material der Erdrinde Homogenität besässe.

Bezüglich der Auffindung von Elementen ist zu berücksichtigen, dass menschliche Erfahrung und Beobachtungsgabe in fortgesetzter Entwicklung, Forschungsmethoden und Forschungsmittel aber in steter Vervollkommnung begriffen sind, dieser Fortschritt aber sich naturgemäss auch in den Erfolgen kundgeben muss. H. Davy's erste elektrolytische Zerlegungen, angestellt mit Hülfe der ärmlichen Volta'schen Säule, führten im Anfange dieses Jahrhunderts zur Kenntniss des Vorhandenseins metallischer Radicale in Salzen und Erden, von deren Existenz man vorher keine Ahnung gehabt hatte, während H. Moissan¹⁾ unter Anwendung der mächtigen Ströme, über welche die Jetztzeit verfügt, das vorher fast unbekannte Fluor aus seinen Verbindungen abschied. Die Spectralanalyse hat Kenntniss vom Dasein einer ganzen Reihe von Elementen gegeben, die durch eigenartige Flammen-, Funken- oder Absorptions-Spectra gekennzeichnet sind; ja dem materiellen Nachweis eines derselben, des Heliums, ist sie insofern vorausgeeilt, als sie es auf der Sonne auffinden liess, lange bevor es als ein Bestandtheil auch der Erde erkannt wurde.

¹⁾ H. Moissan, Compt. rend. 102, 1543; 103, 203, 256.

Für die Entwicklung des menschlichen Scharfsinnes aber sprechen unter Anderem die auf das Gesetz der Periodicität gegründeten Schlussfolgerungen D. Mendelejeff's, denen zufolge die Auffindung mehrerer Elemente von durch Rechnung im Voraus festgestellten Eigenschaften zu erwarten stand, vor Allem aber spricht dafür der Umstand, dass diese Voraussage sich später auch wirklich erfüllt hat.

In das Bereich der Mendelejeff'schen Prognose, auf welche später nochmals zurückzukommen sein wird, fällt auch das 1879 von L. F. Nilson ¹⁾ im Euxönit, Gadolinit und Ytrotitanit aufgefundene Scandium, ein Element, welches, ausser seinem Entdecker, bis jetzt wohl kaum einem anderen Sterblichen durch die Hände gegangen ist, und dessen Oxyd überhaupt nur in der Menge von wenigen Grammen existirt. Im Vergleich mit seinen ebenfalls mehr oder minder seltenen Begleitern hat das Scandium insofern hervorragende wissenschaftliche Bedeutung, als sein von Nilson zu 44 bestimmtes Atomgewicht die Identität desselben mit dem von Mendelejeff vorausgesagten Ekabor ergibt; dagegen zeigt es in seinem Oxyd, der Scandinerde, und in seinen Salzen wenig hervortretende Eigenschaften, wie das Gleiche ja auch bei den mit ihm zusammen vorkommenden und theilweise ihm nahestehenden Elementen der Fall ist.

Es ist ja bekannt, dass bereits 1794 durch Gadolin aus dem Gadolinit von Ytterby eine Erde abgeschieden wurde, die derselbe Yttererde nannte, und die später in drei Erden, die Erbinerde, die Terbinerde und die eigentliche Yttererde, zerlegt wurde. Ausser im Gadolinit wurden dieselben in einer grossen Anzahl seltener Mineralien nachgewiesen, aber die aus diesen dargestellten Oxyde zeigten durchaus nicht gleiche Beschaffenheit und gleiches Verhalten, sie erwiesen sich vielmehr als Gemenge, deren Trennung in anscheinend einheitliche Glieder sich nur mit grosser Mühe bewerkstelligen liess. Denn die darin enthaltenen Elemente zeigten keine wirklich scharfen Reactionen; man lernte sie unterscheiden durch ihre Funken-, Emissions- oder Absorptions-Spectra sowie durch ihre Atomgewichte und suchte sie von einander zu trennen durch häufige, bisweilen mehrhundertmalige Fractionirung, die sich namentlich auf partielle Ausfällung mit Kaliumsulfat oder Oxalsäure oder Ammoniak, oder aber auf die partielle Zersetzung ihrer Nitate durch Erhitzen gründete. Es ist unmöglich und würde auch ermüdend sein, hier näher auf diese Forschungen einzugehen, die im vollen Sinne des Wortes Specialforschungen sind, und deren Ergebnisse zum Theil vielleicht noch nicht einmal ganz fest stehen. Der Hauptsache nach fallen dieselben in das letztvergangene Vierteljahrhundert und haben nicht allein genauere Kenntniss vom Scandium und Yttrium gegeben, sondern auch den Nachweis der

¹⁾ L. F. Nilson. diese Berichte 12, 554.

Existenz einer weiteren Anzahl seltener Elemente erbracht, deren Weiterzerlegung nicht unmöglich erscheint, und von denen z. B. Erbium¹⁾, Holmium²⁾, Thulium³⁾, Dysprosium⁴⁾, Terbium⁵⁾, Gadolinium⁶⁾, Samarium⁷⁾, Decipium⁸⁾ und Ytterbium⁹⁾ zu nennen sind. Das von P. Barrière¹⁰⁾ neuerdings angekündigte Lucium ist inmittelst schon wieder hinfällig geworden¹¹⁾.

Gegenstand ausgedehnter Untersuchung sind ferner in letzter Zeit die hohes Interesse darbietenden Ceritmetalle Cerium, Lanthan und Didym gewesen, und zu nicht geringem Theil hat die Anstrengung eines praktischen Zieles, nämlich die Ausbildung der Gasglühlicht-Beleuchtung, den Anlass dazu gegeben. Dass das Didym kein einfacher Stoff sein könne, hat man schon lange vermuthet, aber erst Carl Auer von Welsbach¹²⁾, dem verdienstvollen Schöpfer der genannten Beleuchtungsweise, ist es 1885 gelungen, dasselbe in zwei Elemente, das Praseodym und das Neodym, zu zerlegen. Bei der späteren Verarbeitung von Monazitsand zum Material für die Herstellung der Glühkörper ist, wie die Weltausstellung zu Chicago von 1893 gezeigt hat¹³⁾, Gelegenheit genommen worden, die lauchgrün, beziehentlich rosenroth gefärbten Salze dieser merkwürdigen Ceritmetalle in grösserer Menge darzustellen, wie denn dieselben auch bereits, freilich zu hohem Preise, käuflich zu haben sind.

Die Existenz des von B. Brauner¹⁴⁾ vermutheten Metacerium's scheint noch nicht festzustehen, und das Gleiche dürfte der Fall sein bezüglich des von K. D. Chruschtschow¹⁵⁾ 1889 als Begleiter des Thoriums in einigen Zirkonen und im Monazit angenommenen Russium's mit dem hohen Atomgewichte von 220. Ganz wieder von der Bildfläche verschwunden sind das Jargonium Sorby's¹⁶⁾, das Austrium Linnemann's¹⁷⁾, das Norwegium

1) Cleve, *Compt. rend.* **91**, 381.

2) Cleve, *Compt. rend.* **89**, 478; **91**, 328. 3) Cleve, *ebendas.*

4) Lecoq de Boisbaudran, *Compt. rend.* **102**, 902, 1003.

5) Delafontaine, *Ann. de chim. et de phys.* [5] **14**, 228.

6) Lecoq de Boisbaudran, *Compt. rend.* **102**, 902.

7) Lecoq de Boisbaudran, *Compt. rend.* **89**, 212.

8) Delafontaine, *Compt. rend.* **87**, 632.

9) Marignac, *Compt. rend.* **87**, 578.

10) P. Barrière, *Chem.-Ztg.* **1896**, Rep. 265.

11) W. Crookes, *Chem.-Ztg.* **1896**, Rep. 297.

12) Carl Auer von Welsbach, *Monatsh. f. Chem.* **6**, 477.

13) Otto N. Witt, *die chemische Industrie auf der Weltausstellung zu Chicago im Jahre 1893.* Berlin 1894, S. 122.

14) B. Brauner, *Chem. News* **71**, 283.

15) K. D. Chruschtschow, *Chem.-Ztg.* **1890**, 272.

16) Sorby, *diese Berichte* **2**, 193.

17) E. Linnemann, *Monatsh. f. Chem.* **7**, 121.

Dahl's¹⁾, das Actinium Phipson's²⁾, das Idmium Websky's³⁾, das Masrium Richmond's und Off's⁴⁾ und ein unbenannt gebliebenes Element, welches K. J. Bayer⁵⁾ im französischen Bauxit aufgefunden zu haben glaubte.

Nur als Kuriosum sei erwähnt, dass neuerdings auch ein Kosmium und ein Neokosmium aufgetaucht sind. Ihre Namen leiten sich aber ab nicht etwa von Kosmos, sondern von Kosmann⁶⁾ her, der die Darstellung ihrer Oxyde, der Edelerden Kosmiumoxyd und Neokosmiumoxyd, am 26. November 1896 zum Patent angemeldet hat. Wenn Patente nicht Geld kosteten, so könnte man hierdurch an den Aprilscherz erinnert werden, den die Chemiker-Zeitung⁷⁾ sich vor einigen Jahren (durch Friedr. Much) erlaubt hat, indem sie ihren Lesern die wunderbare Historie von der Entdeckung des Damarium's auftrichtete.

Die Welt der chemischen Vorgänge gleicht einer Bühne, auf welcher sich in unablässiger Aufeinanderfolge Scene um Scene abspielt. Die handelnden Personen auf ihr sind die Elemente. Einem jeden derselben ist seine eigenartige Rolle zugetheilt, sei es die des Statisten oder die des Charakterdarstellers. Zu den scharfgezeichneten Bühnengestalten der letzteren Art gehören denn auch, wie sehr sie sonst an Bedeutung zurückstehen mögen, zweifellos zwei Elemente, deren Entdeckung in das jüngste Vierteljahrhundert fällt: das Gallium und das Germanium.

Das Gallium ist das erste der mit Hülfe des Funkenspectrums wirklich entdeckten, also nicht nur von anderen genauer unterschiedenen Elemente. Lecoq de Boisbaudran⁸⁾ fand es am 27. August 1875 in der Zinkblende von Pierrefitte, und zwar erkannte er es an zwei auffallenden, im Violet liegenden Linien, welche diese Blende trotz ihres, wie sich später herausstellte, höchst geringen Gehaltes daran zeigte. Denn dem Ausbringen nach zu urtheilen, beträgt dieser Gehalt nur Zehntausendtheil-Procente, während derjenige der reicheren Bensberger Zinkblende doch schon Tausendtheil-Procente erreicht. Dementsprechend bot auch die Darstellung einer grösseren Menge Gallium beträchtliche Schwierigkeiten dar, denn eigentliche Galliumminerale, die man der Verarbeitung unterwerfen konnte, waren nicht bekannt und sind auch bis jetzt noch nicht gefunden

¹⁾ Tellef Dahl, diese Berichte 12, 1731; 13, 250 und 1861.

²⁾ T. J. Phipson, diese Berichte 14, 2226 und 15, 526.

³⁾ M. Websky, Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. zu Berlin 30, 661.

⁴⁾ H. D. Richmond und Off, Chem.-Ztg. 1892, 567 und 648.

⁵⁾ K. J. Bayer, Chem.-Ztg. 1894, 671.

⁶⁾ Kosmann, Zeitschr. f. Elektrochemie 1896/97, 279.

⁷⁾ Chem.-Ztg. 1890, 435.

⁸⁾ Lecoq de Boisbaudran, Compt. rend. 81, 498.

worden. Und doch erschien die baldige Erlangung einer grösseren Menge Gallium im Hinblick auf die bereits oben erwähnte theoretische Speculation Mendelejeff's in hohem Grade wünschenswerth. Um ermessen zu können, mit welcher Spannung man damals der Feststellung der Eigenschaften des Galliums entgegensah, muss man sich vergegenwärtigen, dass Scandium und Germanium zu jener Zeit noch nicht bekannt waren, es also bis dahin an jedem Beweise für die Stichhaltigkeit und die Tragweite der aus dem Gesetz der Periodicität gezogenen Schlussfolgerungen fehlte. Und wahrlich, gewagt war es erschienen, wenn Mendelejeff¹⁾ in seiner 1869 an die Russische chemische Gesellschaft in St. Petersburg gerichteten Mittheilung »Ueber die Correlationen der Eigenschaften mit den Atomgewichten der Elemente« die Ueberzeugung aussprach, dass die Entdeckung unbekannter einfacher Körper, z. B. solcher vom Atomgewichte 65—75. zu erwarten stehe; mehr als gewagt, um nicht zu sagen vermessen, wenn derselbe geistvolle Forscher²⁾ es 1871 unternahm, die Eigenschaften dreier hypothetischer Elemente, diejenigen des Ekabors, des Ekaaluminiums und des Ekasiliciums, voraus zu berechnen und in ihren Einzelheiten zu beschreiben. Nun, wo im Gallium ein neuer Elementarkörper gefunden worden war, sollte der Werth oder Unwerth der Mendelejeff'schen Theorie sich zeigen, und so drängte sich denn die Frage in den Vordergrund: Werden die Eigenschaften des Galliums Mendelejeff's Vorausbestimmung bestätigen?

Anfänglich schien es, als ob diese Erwartung sich nicht erfüllen würde; wenigstens ergab die erste, allerdings mit nur wenig Material vorgenommene Bestimmung des specifischen Gewichtes des Galliums den durchaus unzutreffenden Werth 4.7, und infolgedessen erlitt auch die Erkennung des wahren Wesens des Galliums und namentlich die seiner Stellung in der Reihe der Elemente eine Verzögerung. Da aber mehrere seiner Eigenschaften, z. B. die Fällbarkeit seiner Lösungen durch kohlensaures Baryum, seine Neigung, basische Salze zu bilden, und seine Fähigkeit, Alaune zu liefern, ganz unzweideutig auf Beziehungen zwischen Gallium und Aluminium hinwiesen, so nahm Mendelejeff keinen Anstand, in den Memoiren der Französischen Akademie der Wissenschaften zu erklären, dass hier dasjenige Element vorzuliegen scheine, dem er bei seiner Voraussage im Jahre 1871 als dem Analogon des Aluminiums die vorläufige Bezeichnung »Ekaaluminium« gegeben habe. Und in der That führte die erneute, mit einer grösseren Menge reinen, elektrolytisch abgeschiedenen Galliums vorgenommene Bestimmung des specifischen Gewichtes auf die Zahl 5.9, welche genau dem Werthe entsprach, den

¹⁾ D. Mendelejeff, Journ. d. Russ. chem. Ges. 1869, 60.

²⁾ D. Mendelejeff, Ann. Chem. Suppl. 8, 200.

Mendelejeff für das hypothetische Ekaaluminium berechnet hatte. Die gleiche Uebereinstimmung mit der Rechnung ergab später die Ermittlung der specifischen Wärme (0.08), sowie diejenige des Atomgewichtes (69.8), und damit war das Zutreffende der Voraussagung Mendelejeff's erwiesen. Rechnung und Befund hatten sich in überraschender, ja staunenswerther Weise gedeckt, und selbst die Ankündigung, dass die Flüchtigkeit des fraglichen Elementes dessen Entdeckung durch die Spectralanalyse erwarten lasse, war eingetroffen. Mit einem Male sah man sich vor die Möglichkeit gestellt, aus den Eigenschaften bekannter Urstoffe auf diejenigen unbekannter zu schliessen und deren Existenz vorauszusagen. Dazu kam noch, dass man gerade im Gallium ein höchst merkwürdiges Element von scharf ausgeprägtem Charakter gefunden hatte.

Ausserte Mendelejeff¹⁾ damals schon, dass er eine so glänzende Bestätigung der periodischen Gesetzmässigkeit bei Lebzeiten nicht erwartet hätte, so sollte es ihm beschieden sein, später, bei der bereits erwähnten Entdeckung des Scandiums (Ekabors) durch L. F. Nilson, 1879, ganz besonders aber bei derjenigen des Germaniums (Ekasiliciums) durch mich²⁾, 1886, noch weitere verdiente Triumphe zu feiern.

Die Entdeckung des von Mendelejeff als »Ekasilicium« prognosticirten Germaniums gemahnt an diejenige des Planeten Neptun, der ja auch, nachdem seine Existenz auf Grund der von Adams und von Leverrier angestellten Rechnungen vorhergesagt worden war, erst später, und zwar durch Galle, aufgefunden wurde. Wie hier war es keine durch günstige Umstände oder glücklichen Zufall herbeigeführte Wahrnehmung, welche den neuen Körper entschleierte, sondern er musste, nachdem einmal die erste Andeutung für seine Existenz gewonnen war, mit aller Beharrlichkeit gesucht werden. Und selten wohl ist ein Element nach Auftreten und Verhalten so zur Irreführung angethan gewesen, wie gerade das Germanium mit seinen versteckten Eigenschaften, selten aber auch hat schliesslich die eingehende Erforschung desselben eine so überraschende Uebereinstimmung zwischen Rechnung und thatsächlichem Befund ergeben, wie bei ihm. Deshalb, und weil gerade das Ekasilicium eine besonders eingehende Vorausbeschreibung erfahren hatte, die nun mit einem Male fast überwältigende Bestätigung fand, bezeichnet Mendelejeff³⁾ auch die Auffindung des Germaniums als die wichtigste Bestätigung der Richtigkeit des periodischen Gesetzes.

Nur nach einer Richtung hin hat das Germanium die Erwartungen vollkommen getäuscht, und zwar gilt das von seinem Vor-

¹⁾ D. Mendelejeff, diese Berichte 13, 1799.

²⁾ Cl. Winkler, diese Berichte 19, 210.

³⁾ D. Mendelejeff, Grundlagen der Chemie, St. Petersburg 1891, S. 692.

kommen in der Natur. Wohl würde man es als Sauerstoffverbindung in seltenen nordischen Mineralien, als Begleiter des Titans und Zirkoniums, nimmermehr aber als Sulfosalz in Gemeinschaft mit verwandten Verbindungen des Arsens und Antimons auf Silbererzgängen gesucht haben. Dieser Umstand, sowie das verhältnissmässig massige Auftreten seines Erzes, des Argyrodits, hat nicht wenig dazu beigetragen, dass die Erkennung seines wahren Wesens eine Verzögerung erfuhr. Ich selbst war anfänglich geneigt, es für das hypothetische »Ekaantimon« zu halten, während Mendelejeff, allerdings auf Grund meiner ersten, noch ganz unzulänglichen Mittheilungen, in ihm das »Ekaadmium« vermuthete. Gleichzeitig aber sprach V. von Richter brieflich die Ueberzeugung aus, dass im Germanium das längst mit Spannung erwartete »Eksilicium« vorliegen müsse, und diese Ansicht fand denn auch mit der Bestimmung des Atomgewichtes ihre Bestätigung.

Wenn somit in der Reihe der Elemente Gallium und Germanium friedlich neben einander zu stehen kamen, wie zum Beweise dafür, dass die Wissenschaft über nationalen Hader und politisches Parteigezänk erhaben ist oder doch erhaben sein soll, so ist dennoch an dem Namen »Germanium«, welchen ich dem neuen Element gegeben hatte, an gewisser Stelle starker Anstoss genommen worden ¹⁾, ja man hat allen Ernstes gefordert, dass ich diesen Namen, da derselbe »un goût de terroir trop prononcé« habe, wieder fallen lassen solle. Ich übergehe die unerquicklichen Auseinandersetzungen, zu denen diese Forderung mich zwang, und brauche wohl auch nicht hervorzuheben, dass dieselbe schon insofern eine gänzlich unberechtigte war, als ich bei jener Namengebung mich an die Benennungsweise der vorher entdeckten Elemente Gallium und Scandium angelehnt hatte, der man doch ebensogut den erwähnten goût zum Vorwurf machen könnte.

Die Erfolge, welche Mendelejeff's kühne Speculation gehabt hatte, berechtigten zu der Annahme, dass man mit der Aufstellung des periodischen Systems einen bedeutsamen Schritt in den Lichtkreis der Erkenntniss gethan habe. Im Verlaufe von nur fünfzehn Jahren hatten sich sämtliche Voraussagen des russischen Forschers erfüllt, an die Stelle der vorher vorhanden gewesenen Lücken waren neue Elemente von genau den vorausberechneten Eigenschaften getreten; wie stand da in weiterer Folge wohl Anderes zu erwarten, als die Entdeckung eines Ekaadmiums oder eines Ekamangans, überhaupt die eines jener Elemente, welche ihrem Atomgewichte nach dazu bestimmt waren, die noch vorhandenen leeren Plätze im natürlichen System einzunehmen? Um so überraschender musste es wirken, als

¹⁾ *Moniteur scientifique*, Juni 1886, S. 691 und März 1887, S. 331.

die beiden jüngst aufgefundenen Elemente Argon und Helium solche Erwartung nicht im Mindesten rechtfertigten, ja sich überhaupt in keine Beziehung zum periodischen System bringen lassen wollten.

Nachdem Lord Rayleigh¹⁾ 1892 die Beobachtung gemacht hatte, dass der aus chemischen Verbindungen dargestellte Stickstoff um etwa ein halbes Procent leichter sei, als der aus atmosphärischer Luft erhaltene, und diese Wahrnehmung durch 1894 wiederholte Versuche bestätigt worden war²⁾, gelang es Lord Rayleigh und W. Ramsay³⁾, aus dem »atmosphärischen« Stickstoff ein specifisch schwereres, elementares Gas abzuscheiden, dem in Folge seiner chemischen Indifferenz der Name Argon gegeben wurde. Es ergab sich, dass dieses Gas 0.8—0.9 pCt. vom Volumen des angewendeten Stickstoffs ausmachte, und dass es sich aus diesem durch Behandlung desselben mit glühendem Magnesium oder durch fortgesetzte Einwirkung von Inductionsfunken auf sein Gemenge mit Sauerstoff isoliren liess, ja es blieb kein Zweifel darüber, dass Cavendish⁴⁾ bei Vornahme des letztgenannten Versuches das nämliche Gas schon vor mehr als hundert Jahren unter den Händen gehabt hatte.

Auch in natürlichen Wässern, namentlich in Mineralquellen, sowie in Mineralien ist das Argon allein oder in Begleitung von Helium nachgewiesen worden, und für sein ausserirdisches Vorkommen spricht die Auffindung desselben in einem Meteoriten von Augusta County in Virginia, U. S. A.⁵⁾

Während die physikalischen Eigenschaften des Argons sich als scharf ausgeprägte erwiesen haben, und namentlich sein charakteristisches Spectrum seine Unterscheidung von anderen Stoffen mit aller Bestimmtheit möglich macht, zeigt dasselbe in chemischer Hinsicht eine ganz auffallende Indifferenz. So hat es denn bis jetzt nicht gelingen wollen, den neuen Körper in der raschen, glatten Weise in Verbindungen einzuführen, wie man sie von anderen Elementen gewöhnt ist, und dieser Umstand, wie die Unmöglichkeit, einen einfachen Körper vom Molekulargewichte des Argons (39.88) ungezwungen im periodischen System unterzubringen, hat zur Aufstellung der verschiedenartigsten Ansichten über die Natur des Argons geführt. So harren denn die Fragen, ob in demselben vielleicht ein einatomiges Element vom Atomgewichte 37 vorliegen könnte, welches im System zwischen Chlor und Kalium, also in die achte Gruppe fallen würde, oder ob es als zweiatomig mit dem Atomgewichte 20 hinter das Fluor

1) Lord Rayleigh, Chem. News. 69, 231.

2) Lord Rayleigh, Proc. Royal Soc. 55, 340.

3) Lord Rayleigh und W. Ramsay, Journ. prakt. Chem. N. F. 51, 214.

4) Cavendish, Crell. Ann. 1786, 1, 99.

5) W. Ramsay, Compt. rend. 120, 1049.

und vor das Natrium zu stellen wäre, ob es allotroper Stickstoff, N_2 , mit dem Molekulargewichte 42, oder ein selbständiges dreiatomiges Element, A_3 , vom Atomgewichte 13 sei, es harren diese und andere Fragen zur Zeit noch der Entscheidung.

Eine das höchste Interesse in Anspruch nehmende Entdeckung war diejenige des Helium's durch W. Ramsay¹⁾. Im Jahre 1891 machte Hillebrand²⁾ die Wahrnehmung, dass das Uranpecherz und die demselben verwandten Mineralien beim Auflösen in Säuren oder beim Schmelzen mit kohlensauren Alkalien oder auch beim blossen Erhitzen im Vacuum bis mehr an 3 pCt. Stickstoff zu entwickeln vermochten. W. Ramsay (a. a. O.) entwickelte dieses Gas aus Cleveit, um es spectroscopisch auf Argon zu prüfen, und fand dabei — es war das im März 1895 — dass es neben dem Argonspectrum noch eine diesem nicht zugehörige, glänzende, gelbe Linie zeigte. Diese erkannte C. Crookes³⁾ als identisch mit der Linie D_3 , welche N. Lockyer⁴⁾ bereits 1868 im Spectrum der Sonnenschicht beobachtet und einem auf der Erde noch unbekanntem Elemente, dem Helium, zugeschrieben hatte. Die gleiche Linie ist später auch an dem Spectrum anderer Fixsterne, insbesondere an denen der Sterne und des Nebels des Orion, aufgefunden worden, so dass man annehmen kann, dass das Helium ein in der ausserirdischen Schöpfung in grosser Menge vorhandener Körper ist.

Auf Erden ist das Helium anscheinend sehr spärlich vertreten, ja es dürfte unter den seltenen Elementen eines der seltensten sein. Trotzdem ist man seiner Entdeckung schon mehrmals nahe gewesen. Im Jahre 1882 beobachtete Palmieri⁵⁾ die Heliumlinie bei der Untersuchung eines lavaähnlichen Auswürflings des Vesuvus, ohne diese Beobachtung jedoch weiter zu verfolgen, und 1891 nahm Hillebrand am Spectrum des aus dem Uranit entwickelten Gases Linien wahr, die allem Vermuthen nach Heliumlinien gewesen sind.

Das Helium ist später in einer grossen Anzahl von Mineralien gefunden worden und zwar durchweg in Gemeinschaft mit Uran, Yttrium und Thorium. Aber auch in Mineralwässern und in der atmosphärischen Luft hat man es nachgewiesen, in letzterer freilich in äusserst geringer Menge. Die Dichte des Heliums beträgt nur 2, es ist also nächst dem Wasserstoff das leichteste aller Gase. In diesem Umstande sucht J. Stoney⁶⁾ die Erklärung dafür, dass ge-

¹⁾ W. Ramsay, Chem. News. 71, 151.

²⁾ Hillebrand, Sill. Am. Journ. [3] 38, 329; 40, 384.

³⁾ C. Crookes, Chem. News. 71, 151.

⁴⁾ N. Lockyer, Nature 53, 319.

⁵⁾ Palmieri, Rend. Acc. di Napoli 20, 233.

⁶⁾ J. Stoney, Chem. News 71, 67: vergl. auch Martin Mugdon, Argon und Helium, zwei neue gasförmige Elemente. Stuttgart 1896, S. 170.

rade diese beiden Elemente im freien Zustande nur äusserst spärlich auf der Erde angetroffen werden, während sie im Weltall in ungeheuren Massen auftreten. Die relativ geringe Gravitation der Erde vermochte der Geschwindigkeit ihrer Moleküle nicht das Gleichgewicht zu halten, und so entflohen sie, soweit sie nicht vorher zur chemischen Bindung gelangt waren, aus der Erdatmosphäre und sammelten sich um die grossen Attractionscentren der Fixsterne, in deren Atmosphäre sie thatsächlich massenhaft vorhanden sind.

Von hoher Wichtigkeit ist das Studium des Heliumspectrum, weil dasselbe werthvolle Aufschlüsse über die stoffliche Natur ferner Himmelskörper in Aussicht stellt, ausserdem aber auch, worauf namentlich die klassischen Untersuchungen von Runge und Paschen ¹⁾ hindeuten, die einheitliche Natur des neuen Körpers fraglich erscheinen lässt. Sollte aber, wie anzunehmen, das Helium aus zwei Gasen bestehen, für deren zweites N. Lockyer bereits den Namen Asterium vorgeschlagen hat, so müssen diese einen dem absoluten Nullpunkt nahe liegenden, noch unter -264° fallenden Siedepunkt besitzen; denn dem Meister in der Verflüssigung der Gase, K. Olszewski ²⁾, ist es bis jetzt nicht gelungen, das Helium in einen anderen Aggregatzustand überzuführen. Er hat es deshalb zur Füllung von Gas-thermometern zur Messung niedriger Temperaturen empfohlen.

Bis jetzt hat sich das Helium als ebenso wenig reactionsfähig erwiesen, wie das Argon, und so herrscht denn auch über seine Stellung im System noch so grosse Unklarheit, dass die darüber geäusserten Ansichten hier übergangen werden mögen.

Es erscheint nicht ausgeschlossen, dass die Entdeckung der beiden neuen Elemente Argon und Helium Anlass zum weiteren Ausbau, wenn nicht zur Umgestaltung, des periodischen Systems geben wird, wobei vielleicht auch gewisse, jetzt noch vorhandene Unsicherheiten und Widersprüche ihre Lösung finden werden. So fügt sich z. B. das Atomgewicht des Tellurs, dessen sich in neuerer Zeit namentlich B. Brauner ³⁾ und Ludwig Staudenmaier ⁴⁾ angenommen haben, durchaus nicht der Forderung des periodischen Gesetzes; andererseits ist aber auch das Vorhandensein eines fremden Elementes, wie z. B. des von B. Brauner darin vermutheten *Austriacum*'s in demselben nicht erwiesen. Was ferner die vielerörterte Frage, ob und

¹⁾ Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. Berlin 1895, S. 639 und 759.

²⁾ K. Olszewski, Anzeiger der Akad. d. Wissensch. in Krakau, Juni 1896, S. 297.

³⁾ B. Brauner, Sitzungsber. d. k. k. Akad. d. Wissensch., Wien 1889, 98, 2b, 45G.

⁴⁾ Zeitschr. für anorgan. Chem. 10, 189.

inwieweit die Atomgewichte von Nickel und Kobalt von einander abweichen, anbelangt, so glaube ich dieselbe durch eigene Bestimmungen¹⁾ im Wesentlichen beantwortet, ausserdem aber auch²⁾ die von Gerhard Krüss und F. W. Schmidt³⁾ angenommene Existenz eines in diesen beiden Elementen enthaltenen dritten einfachen Körpers, der den Namen Gnomium erhalten sollte, widerlegt zu haben.

Der hier gegebene Ueberblick über die Entdeckung neuer Elemente im Verlauf der letzten fünfundzwanzig Jahre dürfte zeigen, dass die neuere Forschung auch auf diesem Gebiete grosse Regsamkeit entwickelt und bedeutsame Erfolge erzielt hat. Und doch sind jene Speculationen nur dürftig berücksichtigt worden, welche die Möglichkeit einer Weiterzerlegung des anscheinend einfachen Stoffes und umgekehrt die allmähliche Entwicklung der von Anfang an gegebenen Substanz zur Vielzahl der heutigen Elemente zum Gegenstand haben. Es sei in dieser Hinsicht nur erinnert an N. Lockyer's⁴⁾ Hypothese von der Dissociation der Elemente innerhalb der Sonnenatmosphäre. Derartige Muthmaassungen werden immer und immer wieder auftauchen, sie werden aber auch Muthmaassungen bleiben, so lange nicht die Zerlegung eines bisher für zweifellos einfach gehaltenen Körpers oder die Umwandlung des einen Elementes in das andere wirklich erfolgt ist. Und doch dürfen sie nicht, als gänzlich unberechtigt, ohne Weiteres von der Hand gewiesen werden. Jeder Tag kann unerwartet zu einer Erkenntniss führen, welche der Wissenschaft neue Forschungsbahnen eröffnet. Es sind jetzt gerade vierhundert Jahre verflossen, seitdem Nikolaus Kopernikus als junger Magister der Philosophie und Medicin von der altherwürdigen Universität auf der Ulica St. Anny in Krakau schied, um in Bologna und Rom sein aufstrebendes mathematisches Talent in den Dienst der astronomischen Wissenschaft zu stellen. Sie hatten es ihm angethan, die leuchtenden Räthsel am Firmamente, und rechnend, grübelnd verfolgte er ihren Lauf, bis in ihm heiss und mächtig erst die Ahnung, dann die Gewissheit aufstieg, dass die menschenragende Erde nicht, wie vordem angenommen worden, ein fester Weltmittelpunkt, sondern dass sie eine Kugel sei, frei schwebend im All, ein Planet, gleich den anderen, um die Sonne kreisend, um sich selbst wirbelnd, gehalten, getragen durch die Wirkung der Attraction.

¹⁾ Cl. Winkler, Zeitschr. für anorgan. Chem. 8, 1.

²⁾ Cl. Winkler, Zeitschr. für anorgan. Chem. 4, 10.

³⁾ Gerhard Krüss und F. W. Schmidt, diese Berichte 22, 11 und 2026; ferner Zeitschr. für anorgan. Chem. 2, 235.

⁴⁾ N. Lockyer, diese Berichte 6, 1554; 11, 2289; 12, 304 und 1220.

Das war eine tiefgreifende, überwältigende Erkenntniss, die den denkenden Menschen zu gänzlich veränderter Vorstellung zwang, ihn auf ein in rasendem Fluge dahinstürmendes Himmelsgeschoss versetzte und die Sonne trotz ihres scheinbaren täglichen Auf- und Niederganges am Himmel festnagelte. Uns, den Kindern der Jetztzeit, ist diese Vorstellung vollkommen geläufig geworden; aber noch mehr: Wir wissen heute, dass auch die Sonne nicht feststeht, sondern dass sie mit ihrem ganzen Stabe von Planeten und Trabanten unablässig vorwärts strebt im schrankenlosen All. Von wannen sie kommt und wohin sie geht, wissen wir freilich nicht, und wohl niemals wird man ihren Ursprung und ihr Ziel ergründen; aber wenn wir uns die Erde als einen um die Sonne schwingenden und mit dieser stetig vorwärtsdrängenden Weltenball zu denken haben, so ergibt sich, dass ihre Bahn keine geschlossene Curve, sondern dass sie eine Spirale ist. Damit giebt es aber auch für die Erde und Alles, was auf ihr ist, keine Wiederkehr an die eben verlassene Stätte. Jede neue Secunde führt unseren Planeten durch einen neuen Punkt des Weltraums, und dieser fortgesetzte Wechsel der Oertlichkeit muss zur Folge haben, dass es auf Erden auch keine Wiederkehr der Vorgänge, Erscheinungen und Erlebnisse genau vom Gepräge der früheren geben kann. Wohl werden die Bilder sich ähneln, wie ein Sonnenaufgang dem anderen ähnelt, aber sie werden sich nie scharf decken, ja sich vielleicht im Verlauf von Zeiträumen, welche die Menschengeschichte überdauern, bis zur Unkenntlichkeit verändern.

Es würde zwecklos sein, diese Andeutungen weiter auszuspinnen, sie sollen und müssen eben Andeutungen bleiben. Aber auch als solche geben sie dem bis jetzt zwar jeder Stütze entbehrenden aber trotzdem immer wieder auflebenden Gedanken an die Möglichkeit einer allmählichen Wandlung der Substanz bestimmte Richtung, indem sie künden, dass Alles, was mit uns ist, im Schraubenfluge vorwärtsstrebt in eine unbekante Unendlichkeit.