DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

18. März 1921.

Heft 11.

Zur Erinnerung an Josef Loschmidt.

Von F. Exner, Wien.

Mit dem 15. März 1921 jährt sich zum hundertsten Male der Tag, an welchem *Josef Loschmidt* geboren wurde; wenn ich bei dieser Gelegenheit eine, freilich sehr kurze biographische Skizze dieses außerordentlichen Mannes entwerfe, so tue ich das als einer der letzten Physiker, dem es noch vergönnt war, mit *Loschmidt* in regem persönlichen Verkehr zu stehen. Nicht nur als sein unmittelbarer Nachfolger im Amte, als er 1891 von diesem zurücktrat, sondern schon viele Jahre vorher konnte ich mich seines Umganges erfreuen, in jener ungezwungenen Weise, wie sie dem trefflichen Charakter dieses Mannes entsprach. Solche Stunden sind unvergänglich, und ihre lebendige Wirkung ist nicht durch die Lektüre der dicksten Bücher zu ersetzen. Wenn ich sagen sollte, was mir am lebhaftesten von der Denkweise *Loschmidts* in Erinnerung geblieben, so wäre es die Sicherheit, mit welcher er in allen Fragen, mögen diese wissenschaftliche Probleme oder solche des täglichen Lebens betroffen haben, das Wesentliche vom Unwesentlichen zu trennen wußte und letzteres in seinem Ideengang einfach beiseite schob. Mit dieser schlichten Denkweise eng verbunden war bei *Loschmidt* eine seltene Herzensgüte und Bescheidenheit; völlig neidlos konnte er sich über wissenschaftliche Erfolge anderer ebenso freuen wie über eigene.

Aber die Bescheidenheit! Oft schon wurde den österreichischen Naturforschern der Vorwurf gemacht, sich und ihre Werke in allzu großer Bescheidenheit nicht in das richtige Licht gestellt zu haben, so daß ihre Persönlichkeit meist im Dunkeln blieb. Der Vorwurf ist nicht ungerechtfertigt, es scheint aber diese Scheu vor der Öffentlichkeit im Volkscharakter zu liegen, und schwer würde es sein, in dieser Frage das Für und Wider richtig zu erwägen. Unwillkürlich drängt sich hier die Erinnerung an einen Vorgänger *Loschmidts* auf, an *Ch. Doppler*. Überall in der Welt, wo physikalische Forschung betrieben wird, kennt man das *Dopplersche Gesetz*, aber wie wenige nur wissen, daß *Ch. Doppler* 1850 als Professor der Physik an der Wiener Universität wirkte und daß er der Gründer des dortigen physikalischen Instituts war; wenn ich nicht irre, des ersten staatlichen Instituts dieser Art in deutschen Landen. Und ähnlich stand es mit *Loschmidt*. Er, der der Welt das sichere Fundament aller Atomistik gegeben hat, war bei Lebzeiten vielfach ein Unbekannter. Noch er-

innere ich mich lebhaft eines Gespräches, das ich im Jahre 1870 in Zürich mit meinem leider schon lange verstorbenen Lehrer *A. Kundt* hatte; als ich da von *Loschmidts* Wirken in Wien sprach, meinte er ganz verwundert: „Wie, *Loschmidt* lebt noch, und in Wien?“ Er hatte ihn offenbar zu den unbestimmten Größen einer längst vergangenen Zeit gezählt.

Ch. Doppler und der etwa zwanzig Jahre jüngere *Loschmidt* zeigten überhaupt manche Ähnlichkeit; beide waren eigentlich Autodidakten; mit den Fehlern und Vorzügen derselben, aber der Altersunterschied beider war für ihre Entwicklung von einschneidender Bedeutung. Das Jahr 1850 brachte nämlich für Österreich, abgesehen von allem andern, auch die gründliche Reorganisation der Universitäten. Damit waren mit einem Schlage die bis dahin verschlossenen Türen ins Ausland geöffnet und ein wissenschaftlicher Verkehr konnte beginnen. Nun hat *Ch. Doppler* diesen Zeitpunkt nur um Weniges überlebt, seine Tätigkeit fällt vollständig in die alte beschränkte Zeit — nicht einmal die damaligen französischen Lehrbücher der Physik konnte er sich verschaffen —, und das erklärt manches sonst Unverständliche in seinen Arbeiten. Für *J. Loschmidt* dagegen war das Jahr 1850 zugleich der Anfang seiner wissenschaftlichen Tätigkeit, und so konnte er aus der neuen Zeit auch den entsprechenden Vorteil ziehen.

Man kann nicht sagen, daß über *Loschmidts* Geschick ein ganz besonderer Glückstern waltete, es wäre denn, daß ihm die Natur ein zufriedenes Gemüt und ein reiches Innenleben gewährte, freilich nicht wenig. Aber mit äußeren Glücksgütern war *Loschmidt* niemals gesegnet, er strebte auch solche gar nicht an, als insofern sie ihm die Möglichkeit zum Leben und Forschen gaben; was darüber hinausging, rechnete er nicht mehr zum Wesentlichen des menschlichen Daseins und legte kein Gewicht darauf. Aber doch war ihm das Glück nicht ganz abhold, ja es griff zu öfteren Malen entscheidend in seinen Lebensgang ein. So schon in seiner frühesten Kindheit, als der in dem kleinen Orte Putschirn bei Karlsbad in Böhmen geborene und aufgewachsene Knabe die Aufmerksamkeit des dortigen Pfarrers, wohl durch seinen aufgeweckten Geist, auf sich lenkte. Dieser treffliche Mann ermöglichte es dem Knaben, der bis dahin die Ziegen hütete, die niedere Schule und später sogar das Gymnasium in Prag zu besuchen. Mit diesem Glücksfall war für *Loschmidt* die Richtung seines künftigen Lebenslaufes gegeben; wenn ich sage Glücksfall, so ist

das vielleicht nicht ganz der richtige Ausdruck, denn wie vielen hätte das gleiche begegnen können, ohne daß sie große Gelehrte geworden wären. Es war eben ein glückliches Zusammentreffen günstiger Umstände von beiden Seiten.

Die Absolvierung des Gymnasiums zog natürlich das Universitätsstudium, gleichfalls in Prag, nach sich, und da war es zum zweitenmal, daß ein Zufall wesentlich günstig bestimmend auf seine weitere Entwicklung einwirkte. Zu dieser Zeit war *Loschmidt* materiell auf sich selbst angewiesen, was zahlreiche Lektionen und ähnliche Beschäftigungen im Gefolge hatte. Nun wirkte damals mein Vater als Professor der Philosophie in Prag und benötigte eines Augenübels wegen einen Vorleser; seine Wahl fiel auf den jungen *Loschmidt*, den er von den Vorlesungen her kannte und dessen reger Geist ihm wohl aufgefallen sein mochte. Diese Tätigkeit als Vorleser nun bildete einen Wendepunkt in *Loschmidts* Leben, denn sie eröffnete ihm ein völlig neues Gebiet menschlicher Forschung, eben das philosophische, und mit wahrem Feuereifer stürzte er sich in dasselbe. Gerade damals begann die Philosophie *Herbarts* in Österreich Wurzel zu fassen, und es ist begreiflich, daß einen so regsamen Geist, wie den des jungen *Loschmidt*, die *Herbartsche* Behandlung der Psychologie und auch dessen Metaphysik lebhaft fesselte mußte. Besonders letztere enthält außerordentlich vieles, das einen angehenden Naturforscher, und dieses war *Loschmidt* in seinem Innern schon damals, zum kritischen Nachdenken reizen, ihm aber auch vielfach Bewunderung abringen mußte. Ob *Loschmidts* schon früh geübte Spekulationen auf dem Gebiete der Molekularphysik auch daher Anregung erfahren haben, ist mir nicht bekannt, scheint aber sehr wahrscheinlich. Es war ein Glück, daß *Loschmidt* in dieser frühen und empfänglichen Zeit und nicht erst später diesen philosophischen Einschlag erhalten hat, in einer Zeit, wo Anregungen noch mächtig wirken, aber nicht so fest sitzen, daß sie sich nicht mitunter in ganz anderer Richtung entwickeln können als der beabsichtigten. So ist es auch *Loschmidt* mit dem weiteren Studium der Philosophie ergangen, sobald er versuchte, konkrete Folgerungen aus ihren Prämissen zu ziehen. Die Aufgabe, die ihm gestellt wurde, *Herbarts* Psychologie in dessen Sinne streng mathematisch durchzuführen, gab den Anlaß, daß *Loschmidt* sich endgültig von der Philosophie lossagte und den Naturwissenschaften zuwandte. Die Überzeugung, zu der er während dieser Arbeit kam, daß es ganz aussichtslos ist, auf diesem Wege weiter zu kommen, indem eine Anwendung der Mathematik auf psychologische Probleme im Prinzip verfehlt ist, machte ihn schließlich zum Renegaten, und „Renegaten sind die schlimmsten Feinde“ pflegte er öfters zu sagen. Trotzdem aber hat *Loschmidt* die auf Philosophie verwandte Mühe niemals bereut, im Gegenteil, er sprach stets mit größter

Dankbarkeit von dieser Zeit. Ich glaube in der Tat, daß die philosophische Ruhe und die, wie schon erwähnt, stets auf das Wesentliche gerichtete Art seines Geistes in jener Zeit ihre Wurzeln hatte. Und in diesem Sinne, so meinte ich, war dieses Zusammentreffen für *Loschmidts* Lebensweg von glücklicher Bedeutung.

Aber nicht in diesem Sinne allein; seine Tätigkeit als Vorleser erstreckte sich keineswegs nur auf philosophische Schriften, alles, was mit Literatur und Kunst im Zusammenhange steht, wurde in den Bereich dieser gemeinsamen Lektüre, Diskussion und Kritik gezogen. Insbesondere waren es die Klassiker der Poesie, der antiken sowohl wie der modernen, mit denen *Loschmidt* damals zum ersten Male in Berührung kam, und die auf den empfänglichen jungen Geist die nachhaltigste Wirkung übten. Ich kann mir nicht versagen, hier eine kleine, an sich unbedeutende Episode zu erwähnen, wie sie mir *Loschmidt* einst auf einem Spaziergange lachend und mit dem ihm eigenen Humor erzählte. Es war nach der Lektüre von *Schillers* Räufern; mein Vater mußte das Haus verlassen und *Loschmidt*, noch ganz begeistert von dem hohen Idealismus eines Karl Moor, unternahm es, sich als solchen zu maskieren, indem er den Schlafrock meines Vaters sich als Räubermantel um die Schultern warf und seine Faust mit einem großen Papiermesser vom Schreibtische bewaffnete. So stand er gewappnet da und deklamierte mit lauter Stimme, das Buch in der Hand, den großen Monolog. Da trat unversehens mein Vater, der etwas vergessen hatte, in die Stube; er erfaßte sofort mit Humor die Situation und der dramatische Effekt löste sich in allgemeine Heiterkeit auf. Ich bin völlig überzeugt, daß mein Vater sich damals über diesen Ausbruch jugendlichen Idealismus herzlich gefreut hat. War diese starke Wirkung der *Schillerschen* Dichtung doch auch nichts anderes als das Echo einer gleichgestimmten Seele, deren Idealismus das ganze Leben hindurch sich gleich blieb, ein Idealismus, der den Geist immer zu den höchsten Problemen trieb, dem Herzen aber jene echte Güte verlieh, die jeder an *Loschmidt* schätzen mußte.

Hatte der Aufenthalt in Prag für *Loschmidts* Entwicklung die größte Bedeutung, so erhöhte sich diese noch durch seinen schon erwähnten Entschluß, das Studium der Philosophie endgültig mit jenem der Naturwissenschaften zu vertauschen. Diesen Entschluß durchzuführen, wandte er sich (1842) nach Wien zur Vollendung des höheren Studiums und widmete sich hier vorzüglich der Chemie. Gern hätte er diese Studien in Deutschland, wo damals der Wissenschaft ein wesentlich weiterer Horizont beschieden war, fortgesetzt, etwa bei *Liebig* in München oder bei *Wöhler* in Göttingen, allein dazu fehlten ihm die Mittel; die leidigen Sorgen des täglichen Lebens nötigten ihn, seine wissenschaftliche Tätigkeit abubrechen und durch eine praktische in ver-

schiedenen chemischen Fabriken zu ersetzen. Allein das entsprach nicht seiner ideal angelegten Natur, und die materiellen Erfolge waren entmutigend. Sowohl seine Bemühungen, ein neues Verfahren in einer Salpeterfabrik einzuführen, als seine spätere Tätigkeit in verschiedenen anderen Fabriken scheiterten an der Ungunst äußerer Verhältnisse, vielleicht zum Teil auch daran, daß diese Tätigkeit eben nicht seiner Natur gemäß war. Er hat mir manchmal über diese Zeit geklagt, der prosaischen, in welcher er sich oft über die Ödigkeit des Fabrikbetriebes nur dadurch weghelfen konnte, daß er *Homer* laut rezitierend zwischen Kesseln und Retorten auf und ab ging, ein Streiflicht auf *Loschmidts* damalige Verfassung.

So trieb es ihn denn wieder nach Wien zurück zur reinen Wissenschaft. Das war im Jahre 1850, und zum dritten Male zeigte sich ihm das Geschick günstig. Zu dieser Zeit war in Österreich die Reorganisation der Universitäten in vollem Gange, und zur Durchführung derselben war mein Vater in das Ministerium nach Wien berufen worden. So ergab es sich zunächst, daß *Ch. Doppler* als Professor der Physik nach Wien übersiedelte, als dessen Nachfolger später *Ettingshausen*, *Stefan* und *Boltzmann* wirkten. Aber auch für *Loschmidt* fand sich eine zunächst freilich sehr bescheidene Stelle als Lehrer an einer Unterrealschule, allein sie gewährte ihm die Möglichkeit, sich wieder der Wissenschaft zu widmen. Hatte ihm die Tätigkeit in chemischen Fabriken an sich auch keine Befriedigung gewährt, so war doch die vielfache Beschäftigung mit chemischen Problemen für seine folgenden physikalischen Untersuchungen von großer Bedeutung. Mit dem Jahre 1850, als die Schranken gegen das Ausland fielen, kam auch ein neuer Geist in das wissenschaftliche Leben. Unter den Ideen, welche in den folgenden Jahren von außen zuströmten, waren, auf physikalischem Gebiete, zwei, die den auf das Allgemeine gerichteten Geist *Loschmidts* besonders fesselten und nachhaltig beschäftigten: die kinetische Theorie der Gase und die Thermodynamik. Beide, in den wesentlichsten Punkten von *Clausius*, zum Teil auch von *Maxwell* ausgebaut, berührten in mancher Hinsicht die molekulartheoretischen Spekulationen *Loschmidts* und halfen denselben einige Jahre später zu voller Reife. Das Jahr 1865 wird für alle Zeiten ein Markstein in der Entwicklung der Naturwissenschaften bleiben; es ist das Jahr, in welchem *Loschmidt* seine berühmte Arbeit „Zur Größe der Luftmoleküle“ in den Schriften der Wiener Akademie der Wissenschaften veröffentlicht hat, ohne Zweifel die bedeutendste aller seiner Arbeiten. Auf wenigen Seiten enthält sie die Lösung eines Problems, das seit Jahrtausenden, seit *Demokrit* und *Epikur* die besten Geister beschäftigte, von vielen aber, denen die atomistische Struktur der Materie zweifelhaft war, überhaupt für unlösbar gehalten wurde. Ungeheuer ist in der Naturwis-

senschaft die Wirkung von Maß und Zahl; hatten die Atomistiker bisher wohl eine vage Vorstellung von der Kleinheit der Moleküle und Atome, so waren doch keinerlei Grenzen nach unten gegeben, und allem Theoretisieren und Spekulieren weiter Spielraum gelassen. Dem war auf einmal ein Ziel gesetzt; wollte man die Wirkung der *Loschmidtschen* Arbeit etwa durch eine Analogie illustrieren, so denke man an den Zustand der Himmelsmechanik zur Zeit *Newtons*, wo zwar schon die Gesetze der Bewegung, nicht aber die Massen der Himmelskörper bekannt waren. Welches grelle Licht haben dann die Versuche von *Maskelyne* und jene von *Cavendish* auf den Zustand unserer Erde und des ganzen Planetensystems geworfen? Und wieviel umfassender ist doch die Wirkung der *Loschmidtschen* Entdeckung, denn sie betrifft die Konstitution der Materie schlechtweg, das heißt aller Quellen in der Natur, von denen irgendein Geschehen ausgeht. In der Tat eine überwältigende Idee! Der Schöpfer einer solchen sollte nicht vergessen werden. *Loschmidt* war der erste, der außer der Größe auch die Zahl der Moleküle in der Volumeneinheit eines normalen Gases bestimmt hat oder, was daraus folgt, die Zahl der Moleküle im Mol einer Substanz. Diese Zahl, auf welcher die ganze moderne Atomistik fußt, ist die *Loschmidtsche* Zahl und nicht, wie sie oft genannt wird, die *Avogadrosche*. Letztere Bezeichnung ist irreführend, *Avogadro* hat mit dieser Zahl absolut nichts zu tun.

Es ist begreiflich, daß die Arbeit *Loschmidts* großes und berechtigtes Aufsehen machte; für *Loschmidt* selbst hatte es die erfreuliche Folge, daß er bald darauf (1867) zum Mitgliede der Akademie der Wissenschaften in Wien gewählt und (1868) zum Professor der Physik an der Wiener Universität ernannt wurde. In letzterer Eigenschaft stand ihm auch ein kleines, äußerst bescheidenes Laboratorium zur Verfügung (ohne Assistenten). Trotz der beschränkten Verhältnisse und Mittel vermochte er auch hier noch ganz vortreffliche Experimentaluntersuchungen auszuführen, von denen hier nur auf eine aus dem Jahre 1870 verwiesen sein soll, in welcher er durch Bestimmung der freien Diffusion von Gasen in einander eine schöne, Bestätigung und Stütze der kinetischen Gastheorie lieferte. Auch dabei kamen ihm seine chemischen Studien aus früheren Zeiten trefflich zustatten. Freilich alle seine Ideen glücklich auszuführen, dazu reichten die Mittel, die ihm zur Verfügung standen, bei weitem nicht, sonst hätte er das *Kerrsche* Phänomen lange vor *Kerr* und das *Hallsche* lange vor *Hall* gefunden. Beide hat er theoretisch vorausgesehen und experimentell ganz in der Weise gesucht, wie die Phänomene später unter günstigeren Bedingungen wirklich entdeckt wurden. Trotz dieses Mißerfolges ist es erstaunlich, was *Loschmidt* mit seinen bescheidenen Mitteln doch zustande brachte, und das wurde auch von der Unterrichts-

verwaltung anerkannt, aber nicht etwa dadurch, daß man es *Loschmidt* zugute schrieb, vielmehr wurden diese Verhältnisse mit Vorliebe als Beweis dafür benutzt, wie überflüssig gut und vollkommen eingerichtete Institute seien; *difficile est satyram non scribere*.

Sollte man es *Loschmidt* verargen, daß er Phänomene gesucht und nicht gefunden, Experimente mit negativem Erfolge ausgeführt hat? Gewiß nicht; abgesehen von der Unzulänglichkeit der Apparatur, die, wie bei den oben angeführten, den Erfolg verhinderte — und es waren das nicht die einzigen —, so ist es doch ein Beweis von richtigem theoretischen wie experimentellem Denken, das Mögliche vorausgesehen zu haben. Muß man es nicht als einen Ausfluß von *Newtons* Genie ansehen, daß er Lichtgeschwindigkeit bei materiellen Teilchen für möglich hielt? Nicht viele dürften bis vor kurzer Zeit an diese Möglichkeit geglaubt haben, und doch haben uns jetzt die radioaktiven Stoffe den Beweis für die Wirklichkeit erbracht. Im Unbekannten das Mögliche vom Unmöglichen zu unterscheiden, setzt Genie voraus.

Viele werden vielleicht über die relativ geringe Zahl von Publikationen *Loschmidts* erstaunt sein; die Erklärung dafür liegt nicht in seinem Können, sondern in seinem Charakter. Er sagte mir einmal mit Rücksicht darauf: „Wissen Sie, solche Arbeiten wie die anderen könnte ich auch machen, da wäre mir aber leid um die Zeit.“ Das entspricht ganz der Denkweise *Loschmidts*, die immer nur auf das Wesentliche und Höchste gerichtet war; auch darin zeigte sich sein Idealismus. Ist die Zahl seiner Arbeiten auch nicht groß, so ist doch, was er uns hinterlassen, wahrhaftig genug für ein Menschenleben, groß genug, sich daran zu erfreuen und des Spenders dankbar zu gedenken.

Die Loschmidtsche Zahl und die modernen Methoden ihrer Bestimmung.

Von Arthur Haas, Leipzig.

So alt wie alle theoretische Physik ist die Vorstellung, daß die *Materie* eine *individuelle*, eine *atomistische Zusammensetzung* besitze; aber diese Vorstellung war so lange eine bloß spekulative Hypothese, als keine *quantitative* Aussage über die Atome möglich war. Die im Beginne des neunzehnten Jahrhunderts durch *Dalton* begründete *chemische* Theorie bot zuerst die Möglichkeit, die *Massen der Atome* in einem *relativen Maße* zu bestimmen, bei dem als Einheit die Masse des Wasserstoffatoms, genauer später der sechzehnte Teil der Masse des Sauerstoffatoms diente. Eine *absolute* Bestimmung der Atommasse gelang erst im Jahre 1865 *Loschmidt* durch eine geniale Überlegung, die sich auf Beziehungen der *kinetischen Gastheorie* stützte; erst durch

diese große Geistestat wurde, was bis dahin nur philosophische Spekulation gewesen war, zu einer exakten wissenschaftlichen Erkenntnis.

Das *Verhältnis* zwischen den beiden Zahlen, die die Masse eines Atoms im relativen und im absoluten Maße bestimmen, wird darum heute allgemein als die *Loschmidtsche Zahl* bezeichnet. Man kann sie auch definieren als die *Zahl der in einem Grammatom enthaltenen Atome* oder, was dasselbe ist, der in einer Grammolekel enthaltenen Molekeln, wenn man unter einem Grammatom oder unter einer Grammolekel einer Substanz eine Masse von soviel Grammen versteht, als das Atom- oder Molekulargewicht der betreffenden Substanz beträgt. Es ist also z. B. ein Grammatom Wasserstoff 1,0077 g; ein Grammatom Sauerstoff 16,000 g; eine Grammolekel Wasser 18,016 g usw. Bezeichnen wir die *Masse des Wasserstoffatoms* mit *M* und die *Loschmidtsche Zahl* mit *L*, so ist also:

$$L = \frac{1,0077 \text{ g}}{M} \dots \dots \dots (1)$$

Während *Loschmidts* Rechnungen nur zu der *Größenordnung* der später nach ihm benannten Zahl führten (zu etwa 10^{23}), kennt seit dem Jahre 1900 die Physik den Wert dieser fundamentalen universellen Konstanten sehr genau; ja mehr als das, sie verfügt infolge der großen theoretischen Fortschritte heute über so viele, voneinander gänzlich unabhängige und äußerst genaue Methoden zur Ermittlung der Konstanten, daß man ohne Übertreibung sagen kann, daß heute der Naturforschung der Wert der Atommasse viel genauer und mit viel größerer Sicherheit bekannt ist als etwa der der Erdmasse. Über die mannigfachen Methoden, die heute der theoretischen Physik die genaue Bestimmung der *Loschmidtschen Zahl* ermöglichen, möge im folgenden eine kurze Zusammenstellung gebracht werden.

Wir wollen dabei vier Gruppen von Methoden unterscheiden, die aber natürlich wieder mannigfach miteinander kombiniert werden können: 1. solche Methoden, die die *Loschmidtsche Zahl* nur mit dem *elektrischen Elementarquantum* (*e*) verknüpfen; 2. solche, die die *Loschmidtsche Zahl* nur mit dem elementaren *Wirkungsquantum* (*h*) in Verbindung bringen; 3. solche, die die *Loschmidtsche Zahl* gleichzeitig mit den Konstanten *e* und *h* und überdiß noch mit der *Masse* (*m*) der *negativen Elektronen* kombinieren, und 4. solche Methoden, die unabhängig von den Grundgrößen der Elektronen- und der Quantentheorie unmittelbar zu der *Loschmidtschen Zahl* durch Untersuchung von *Molekularerscheinungen* führen.

A. Kombination von *L* und *e*.

I. Die *Elektrolyse*. Wie schon *Faraday* (1833) entdeckte, wird von der Einheit strömender Elektrizität immer dieselbe Zahl von Grammatomen eines einwertigen Stoffes abgeschieden, die doppelte eines zweiwertigen und so fort. Nach