

DMITRI IWANOWITSCH MENDELEJEFF.

(27. Januar 1834 — 20. Januar 1907 a. St.)

In der Natur sind Maß und Gewicht die Hauptwaffen zur Erkenntnis, und es ist nicht so gering, daß davon nicht das Größte abhängt.
D. Mendelejeff (1897).

Die Geschichte eines Forschers ist wesentlich die Geschichte dessen, was er erforscht und wonach er geforscht hat. Von der Wissenschaft der ganzen Kulturwelt erbt er die geistigen Güter, ihr hinterläßt er wiederum die Früchte seines eigenen Forschens. Doch nicht immer kann der Forscher Kosmopolit sein. Er kann durch seinen Charakter zu tief im Wesen seiner Nation wurzeln; durch seine Wirkungsstätte in der Heimat wird er direkt von der Kultur seines Vaterlandes abhängig — die Art der zugänglichen Forschungsmittel und die Zahl der Mitarbeiter können seine wissenschaftlichen Probleme mitbestimmen, die praktische Durchführung der Experimentalarbeiten teils fördern, teils aber auch hemmen. Diese kulturellen und ökonomischen Rückständigkeiten seines Heimatlandes können auch die Ursache abgeben, daß der Forscher seine Arbeitskraft der Lösung von Fragen zuwendet, die nicht mehr die reine Wissenschaft, sondern deren unmittelbare Anwendung zum Wohle seines Volkes betreffen. So wird die Geschichte eines exakten Forschers zugleich ein Ausschnitt aus der Kulturgeschichte seiner Nation.

Dmitri Iwanowitsch Mendelejeff¹⁾ ist seiner Abstammung nach Kernrusse²⁾. Die geistige Schulung und das Interesse für Geistes-

¹⁾ In der Schreibweise des Namens besteht eine große Mannigfaltigkeit. So finden wir für die ersten (deutschen) Abhandlungen in den Bulletins der Petersburger Akademie (1858) gleichzeitig die Formen »Mendelejef« und »Mendelejeff«, in der Zeitschrift für Chemie sowie in Liebigs Annalen dagegen »Mendelejeff«, in den Compt. rend. »Mendéléeff«, in der Zeitschr. für physik. Chemie und in den Berliner Berichten »Mendelejew«, schließlich in dem Journ. of Chem. Soc. »Mendelejeff«, in den Proc. of the R. Soc. »Mendeleeff«. Wir bevorzugen diejenige Schreibweise, welche mit seinen klassischen Arbeiten über »die absolute Siedetemperatur« und über »das periodische System der Elemente« (beide in Lieb. Ann. veröffentlicht) dauernd verknüpft ist, d. h. »Mendelejeff«.

²⁾ Nach der Familienüberlieferung soll jedoch ein Vorfahr D. I. Mendelejeffs mit einer Kirgisin oder Tatarin vermählt gewesen sein; nach den Worten seiner Nichte N. Gubkina soll dieser Einschlag des mongolischen

arbeit hat er als Erbteil von zwei Generationen seiner Vorfahren übernommen. Sein Großvater hieß Pawel Maksimowitsch Sokoloff, war Geistlicher des Dorfes Tjichomandrizza im Twerschen Gouvernement und hatte vier Söhne: Wassili Pokrowsky, Iwan Mendelejeff, Timofei Sokoloff und Alexander Tjichomandritsky. Diese für westeuropäische Verhältnisse sonderbare Vielgestaltigkeit der Familiennamen rührt von der damaligen Sitte her, daß die Kinder in der geistlichen Dorfschule von dem Lehrer ihre Familiennamen erhielten. Den Namen »Mendelejeff« erhielt der zweite Sohn Iwan aus rein phonetischen Gründen, d. h. »als er etwas auswechselte, wie der benachbarte Gutsbesitzer Mendelejeff Pferde und anderes wechselte (tauschte), wegen des Gleichklanges« (»mjenu djelatj« = einen Tausch machen), so schreibt Mendelejeff selbst in seinen autobiographischen Notizen. Dieser Iwan Mendelejeff (der Vater unseres großen Chemikers) erhielt seine Ausbildung in dem »Pädagogischen Institut« an der Universität zu St. Petersburg, war nach einander Gymnasiallehrer für Philosophie, schöne Künste, politische Ökonomie, russische Literatur und Logik, und wurde schließlich 1827 Direktor des Gymnasiums in Tobolsk (Sibirien) und Gouvernements-Schulendirektor. In Tobolsk wurde nun Dmitri Iw. Mendelejeff als vierzehntes und letztes Kind am 27. Januar 1834 a. St. geboren. Die Mutter, Maria Dmitrijewna, entstammte dem alten sibirischen Kaufmannsgeschlecht Korniljew; ihr Vater war jedoch infolge von Krankheit (Gehirnentzündung und Gedächtnisschwund) verarmt und Pachtbesitzer einer Glasfabrik im Dorfe Aremsjanskoje (etwa 25 Werst von Tobolsk belegen). Besaß der Vater Dmitris eine umfangreiche Bildung und gesellschaftlich hervorragende Stellung, so war seine Mutter eine durchaus selbständige, willensstarke Natur, die aus eigener Kraft ein gediegenes Wissen sich erworben, indem sie nebenbei mit ihrem Bruder, der Gymnasiast war, den Unterrichtskursus studierte. »Bücher sind die besten Freunde meines Lebens«, sagte sie noch in späteren Jahren, und »schwer wäre es mir, nur für des Leibes Sorgen zu existieren und keine freie Minute für die Seele, den Geist und das Herz zu haben.« Alle diese Faktoren machten das Elternhaus des jungen Dmitri zu einem geistigen Zentrum der Stadt, in welchem vorurteilsfrei sowohl die höchsten weltlichen Autoritäten, als auch verbannte Dekabristen verkehrten. Ein schwerer Schicksalsschlag traf das Elternhaus Dmitris, als der Vater auf beiden Augen erblindete und infolgedessen seinen Abschied

Blutes tatsächlich an einigen Familiengliedern deutlich hervortreten, bei D. I. Mendelejeff selbst waltete der großrussische Typus vor, und nur die zu hohen Backenknochen, sowie der Schnitt der Augen könnten auf diese Rassenmischung zurückgeführt werden.

nehmen mußte. Die kärgliche Pension (etwa 300 Rubel in gegenwärtigem Gelde) reichte unmöglich hin, um eine so zahlreiche Familie zu erhalten und die Kinder auszubilden. Da war es die Mutter, welche in dieser Not die Helferin wurde. Ihr Bruder übergab ihr die Verwaltung und Nutznießung jener Glasfabrik in Aremsjanskoje. Mit bewundernswerter Energie machte sich jene Frau an die Instandsetzung der verwahrlosten Fabrik; sie verstand es, ein Arbeiterpersonal sich heranzuziehen, Geschäftsverbindungen anzuknüpfen und die Erträge derart zu gestalten, daß zum Leben und zur Erziehung ihrer Kinder die Möglichkeit gegeben war. Das Ansehen und die Bedeutung dieser Frau ist daraus ersichtlich, daß ihr Haus auch unter den neuen Verhältnissen der Mittelpunkt der Intelligenz Tobolsks blieb. Ihre Fürsorge wandte sie nicht allein ihren eigenen Kindern, sondern auch ihren Arbeitern zu. Die Kinder erzog sie in Gottesfurcht und hielt sie schon früh zur Arbeit an, wobei sie jedoch mit Scharfblick die individuellen Gaben jedes einzelnen herausfand und nach Möglichkeit förderte. Für ihre Arbeiter erbaute sie auf der Fabrik eine hölzerne Kirche und errichtete an derselben eine Schule für die Dorfkinder. Doch unter allen Sorgen galt die Hauptsorge ihrem Liebling und Letztgeborenen, ihrem Mitjenka (Koseform von Dmitri). Der kleine Dmitri war ein lebhafter, überaus empfänglicher Knabe, der sich durch ein scharfes und gutes Gedächtnis, sowie durch eine besondere Gabe fürs Rechnen auszeichnete, wodurch er nicht selten seine Umgebung in Erstaunen setzte. Hier im Dorfe verlebte er seine Kinderjahre; hier empfing das Kindesgemüt seine ersten und dauernden Eindrücke von der eigenartig schönen Natur Sibiriens; hier tummelte er sich unter Zeder- und Lärchenbäumen; hier auf der Fabrik lernte er schon früh die Welt der Arbeit, die Menschen und die Industrie kennen. Und als er nun siebenjährig geworden und aus diesem Reich der Wirklichkeit und Naturschönheit plötzlich nach Tobolsk ins Gymnasium gebracht wurde, da konnte der frühreife Knabe — er las und schrieb schon im sechsten Jahre — in der neuen Welt sich nicht zurechtfinden. Sein Fleiß war gering; zu den Sprachen, insbesondere zum Latein fühlte er keinerlei Neigung, so daß er beständig ungenügende Zensuren, ja, die schlechtesten Zensuren erhielt, — dagegen bewies er ein lebhaftes Interesse für Mathematik, Physik und Geschichte. Nur dank der steten Nachhilfe im Elternhause, insbesondere dank dem Umstande, daß gerade in den obersten Klassen der Lehrer des Lateinischen sein eigener Schwager war, umschiffte Dmitri alle Klippen und bestand (1849) im sechzehnten Lebensjahre die Maturitätsprüfung. Jene Gymnasialzeit machte ihn zum überzeugtesten Gegner des Klassizismus bzw. Latinismus, und als er nach 50 Jahren

(1899) seine Vaterstadt Tobolsk wiedersah, da besuchte der Greis unter anderem auch jenen Hügel, auf welchem einst — zur Feier der Beendigung des Gymnasiums — im Angesichte der ganzen Stadt die jugendliche Schar buchstäblich die »Lateiner« verbrannt hatte.

Was sollte nun der junge Abiturient werden? Der Mutter Sehnen ging dahin, daß im Gegensatze zu den älteren Brüdern, die nach beendigem Gymnasium in den Staatsdienst eingetreten waren, ihr Jüngster studieren und dem gelehrten Berufe sich zuwenden sollte. Wäre ihr Mitjenka ein Musterschüler gewesen, so hätte er wohl als Stipendiat der Regierung kostenlos die Universität beziehen können. So aber, wo er im Fleiße und in den Erfolgen keineswegs zu den Besten zählte, war dieser Weg abgeschnitten. Doch auch die materiellen Hilfsmittel der Mutter waren erschöpft; im Jahre 1847 war der Vater Dmitris an Greisenschwindsucht gestorben; im nächsten Jahre brannte die einzige Einnahmequelle der Familie, die Glasfabrik, nieder; im selben Jahre starb nach längerem Leiden die Lieblingstochter Apollinaria Iwanowna, die gegen den Willen der Mutter einer geheimen religiösen Gemeinschaft beigetreten und eine fanatische Schwärmerin geworden war — all dieser Kummer, sowie die ständigen Sorgen und das rastlose Schaffen hatten auch die Gesundheit der Mutter untergraben: während der letzten Jahre waren die Erträge der Fabrik infolge von Konkurrenz soweit zurückgegangen, daß die Mutter selbst Küchenmagd sein mußte — sie litt schon seit Jahren an Blutspeien, wohl infolge eines Herzleidens. Die Mutterliebe machte auch diese Frau zu einer Heldin; der Glaube an die Zukunft ihres Jüngsten verlieh ihr die Kraft, ungeachtet ihrer 57 Jahre, die Geschäfte zu liquidieren, ihre Heimat und Vaterstadt, alles was ihr wert und lieb geworden, zu verlassen und mit ihrem Dmitri hinauszuziehen, um dessen Glück zu begründen. Sie erträgt die beschwerliche Reise von Tobolsk nach Moskau; sie erträgt die Enttäuschung, daß ihr Sohn trotz aller Fürsprachen nicht in die Moskauer Universität aufgenommen wird, weil er das Gymnasium nicht im Moskauer Lehrbezirk beendet hat; sie unternimmt im Frühjahr 1850 die Reise von Moskau nach St. Petersburg, indem sie ihre letzten Mittel dazu aufwendet; sie erlebt auch hier eine Enttäuschung: ihr Sohn gedenkt in die Medizinisch-chirurgische Akademie einzutreten, und als er einer Obduktion beiwohnt, fällt er beim Anblick der Leiche in Ohnmacht. Da die medizinische Laufbahn demnach verschlossen ist, so beschließen Mutter und Sohn, sich an das »Pädagogische Institut« an der St. Petersburger Universität zu wenden. Wiederum neue Hindernisse! Infolge vorangegangener Studentenunruhen ist die Aufnahme hier sistiert. Doch da erweist es sich, daß der Direktor dieses Instituts ein Studiengenosse

von Dmitris Vater in diesem selben Institut gewesen ist; dank seiner Fürsprache gestattet der Minister ausnahmsweise die Aufnahme, falls das erforderliche Eintrittsexamen befriedigend bestanden werden würde. Die Prüfung verlief gut, und im Herbst 1850 wird Dmitri Iwanowitsch Mendelejeff als Student der physiko-mathematischen Fakultät des »Pädagogischen Instituts« aufgenommen, und zwar als Stipendiat und Pensionär der Regierung.

Der höchste Wunsch des Mutterherzens war erfüllt; sie war am Ende ihres Sehnsens und Könnens. Im September desselben Jahres segnete sie noch mit dem Muttergottesbilde ihren Sohn, den sie »mehr als alle anderen geliebt, auf den sie alle Hoffnung ihres Alters gesetzt« hatte, und schloß für immer die müden Augen. Sie fand ihre Ruhestätte in St. Petersburg auf dem Wolkowo-Friedhof; neben ihrem Grabe wollte auch Dmitri Iwanowitsch Mendelejeff einst ruhen.

Die Bedeutung seiner Mutter, die Erinnerung an sie als den schützenden Engel seines Lebens hat Mendelejeff selbst anerkannt und bekannt; als er 1887 sein großes Werk »Untersuchungen wäßriger Lösungen nach ihren Dichten« veröffentlichte, widmete er dasselbe dem »Andenken der Mutter Maria Dmitrijewna Mendelejeff« mit folgenden ergreifenden Worten:

»Diese Untersuchungen widmet dem Andenken der Mutter ihr Letztgeborener. Sie vermochte ihn nur durch eigene Arbeit aufzuziehen, indem sie eine Fabrik leitete; sie erzog ihn durch ihr Vorbild, besserte ihn durch Liebe, und um ihn der Wissenschaft zu übergeben, führte sie ihn fort aus Sibirien, indem sie ihre letzten Mittel und Kräfte opferte. Sterbend hinterließ sie als Vermächtnis: die lateinische Selbstbestrickung zu meiden, in der Arbeit und nicht in den Worten beständig zu sein, sowie geduldig die göttliche oder wissenschaftliche Wahrheit zu suchen, da sie wußte, wie oft die Dialektik täuscht, wie vieles noch zu erforschen notwendig ist und wie mit Hülfe der Wissenschaft ohne Zwang, mit Liebe, jedoch standhaft Vorurteile, Unwahrheit und Irrtümer beseitigt, dagegen errungen werden: Schutz der gewonnenen Wahrheit, Freiheit der ferneren Entwicklung, Allgemeinwohl und inneres Glück. Das Vermächtnis der Mutter hält heilig

D. Mendelejeff.«

Elternlos und aller materiellen Güter bar, jedoch überreich an Wissensdurst und Idealen stand nun der junge Dmitri in der ihm fremden Stadt da. Als eine besonders günstige Fügung seines Lebens muß der Umstand bezeichnet werden, daß das »Pädagogische Institut« tatsächlich berufen und befähigt war, ihm ein zweites Elternhaus zu werden und seinem Geiste die individuell zusagende Nahrung in geradezu idealer Weise zu bieten. Die wissenschaftlichen Kräfte des

Instituts waren Gelehrte von Weltruf; die Physik lehrten die Professoren Lenz und Kupffer, die Chemie lag in den Händen von Woskresensky, die Mathematik war durch Ostrogradsky, die Astronomie durch Sawitsch, die Zoologie durch Brandt vertreten usw. Die Gesamtzahl der Studierenden war verhältnismäßig gering (etwas über 100), die Wechselbeziehungen zwischen den Lehrern und Schülern waren daher sehr intensive. An den theoretischen Vortrag schlossen sich praktische Arbeiten in den Laboratorien; systematisch wiederkehrende Repetitionen und schriftliche Arbeiten über bestimmte Themata sorgten dafür, daß die Studenten die Vorträge regelmäßig durcharbeiteten; da in vielen Disziplinen die erforderlichen Lehrbücher fehlten, so mußten die Hörer selbst genaue Nachschriften zusammenstellen (welche einer Prüfung durch die Professoren unterlagen) und durch private Lektüre fremdsprachiger Autoren die Kenntnisse vertiefen. Die Hochschule bot als Internat ihren Zöglingen jedoch auch alles übrige, das zu »des Leibes Nahrung und Notdurft« gehörte: sie nahm den Zöglingen alle materiellen Sorgen, sie umgab die Studenten mit allem Erforderlichen und sorgte ihrerseits in geradezu mütterlicher Weise für die Leidenden und Kranken, für welche sie um Urlaub nachsuchte, die Reisegelder und in ernsten Krankheitsfällen sogar die Kurkosten für den Aufenthalt im milderen Klima bestritt. »Ich selbst«, sagt Mendelejeff, »verdanke dem Pädagogischen Institut meine ganze Entwicklung. Nach dem ersten Jahre meines Aufenthalts in demselben bekam ich Blutspeien, das auch die ganze übrige Zeit anhielt.« Einschalten wollen wir, daß dieses Leiden im Januar 1853 so ernst wurde, daß der Institutsarzt für sein Leben fürchtete; die Hochschulkonferenz petitionierte daraufhin beim Minister um sofortige Überführung Mendelejeffs in eine südlich gelegene Universität (Kijew), jedoch unterblieb diese Maßnahme auf ausdrücklichen Wunsch des Kranken selbst, der das Institut keinesfalls verlassen wollte. »Wäre ich damals« — so schreibt Mendelejeff — »Stipendiat oder freier Hörer gewesen, so wäre ich jeglicher Möglichkeit beraubt gewesen, den geweckten Wissensdurst zu befriedigen, dort aber war alles bei der Hand, anfangend von den Vorlesungen und Kameraden, bis herab zu der Bibliothek und den Laboratorien; Zeit und Kräfte gingen nicht verloren weder beim Gang in Sturm und Wetter zu den Vorlesungen, noch für die Sorge um das Essen, um die Kleidung und dergleichen. Alles wurde uns gegeben, alles war leicht erreichbar, und wir nahmen alles Dargebotene deshalb, weil wir von unseren Professoren erfuhren, wo und was als Bestes zu nehmen sei.« Insbesondere hebt Mendelejeff noch den gegenseitigen Einfluß der Kameraden hervor, weil »der Umgang mit Kameraden anderer Spezialitäten auf die gesamte Ent-

wicklung des Studenten nahezu ebenso bedeutend ist, als der Einfluß des Professors. Als ich im Pädagogischen Institut auf der naturwissenschaftlichen Abteilung studierte, lebte ich zusammen mit Kameraden, nicht nur mit denjenigen Mathematikern, mit welchen ich in den ersten zwei Jahren gemeinsam alle allgemeinen Wissenschaften hörte, sondern auch mit den Philologen, Historikern und Ökonomen anderer Fakultäten, und ich werde niemals die Zusammenstöße in den Meinungen vergessen, welche unter uns so häufig waren und nicht wenig zur allgemeinen Politur von uns allen beigesteuert haben.« (Verborgene Gedanken, S. 273 [1904].)

Und so kam es denn, daß Mendelejeff, der als Gymnasiast durch mangelnden Fleiß und Erfolg das Sorgenkind der Eltern geworden, auf der Hochschule durch seine Arbeitslust und -kraft seine Kameraden, sowie durch seine glänzenden Erfolge und seine Kenntnisse alle Lehrer in Erstaunen setzte! Hier fand sein Geist die passende Nahrung; hier wurden seine Interessen und seine Eigenart gefördert, hier traten denn auch seine reichen Fähigkeiten erstmalig hervor. Ungeachtet dessen, daß er wohl mehr als die Hälfte seiner Studienzeit im Lazarett verbrachte, waren seine schriftlichen Arbeiten, sowie seine Probelektionen derart, daß sie nur die höchsten Zensuren erhielten. Die Chemie war es, die ihn vor allen anderen Disziplinen anzog; noch als Student trat er mit zwei chemischen Experimentalarbeiten an die Öffentlichkeit (über Orthit [1854]; über Pyroxen [1855]). Seine Belesenheit, die durch ein vorzügliches Gedächtnis gestützt wurde, sowie seine Selbständigkeit in wissenschaftlichen Problemen treten alsdann in seiner Dissertation über den »Isomorphismus« (1855) zutage; sein öffentliches Abgangsexamen besteht er glänzend als erster — mit einer goldenen Medaille ausgezeichnet —, und sein Lehrer Prof. Woskresensky wird von den anwesenden Ehrengästen, darunter von dem Akademiker Fritzsche, zu einem so talentvollen Schüler beglückwünscht. Das Pädagogische Institut aber will seinem Zögling die akademische Laufbahn ebnen und beläßt ihn an der Hochschule zwecks Vorbereitung zum Examen auf den Magistergrad.

Da ist es die zerrüttete Gesundheit Mendelejeffs, welche ihm einen weiteren Aufenthalt in St. Petersburg verbietet; damit wird aber eine Komplikation geschaffen, welche die Aussichten auf die gelehrte Karriere zu zerstören droht. Beim Eintritt in das Pädagogische Institut hatte Mendelejeff, wie jeder andere Pensionär, sich verpflichten müssen, nach Absolvierung der Hochschule nicht weniger als 8 Jahre gemäß der Weisung durch die Staatsregierung pädagogisch tätig zu sein. Um nun zugleich im südlichen Klima seine Gesundheit zu kräftigen, wird er 1855 zum Oberlehrer der Naturwis-

senschaften am Gymnasium in Simferopol ernannt. Die Reise nach dem Süden Rußlands wird unter eigenartigen Auspizien angetreten: hinsichtlich seines Gesundheitszustandes empfiehlt ihn der bekannte Arzt Prof. Zdekauer an den berühmten Chirurgen Pirogoff und stellt in dem Begleitbriefe die Prognose, daß der Überbringer D. Mendelejeff höchstens noch 8—9 Monate leben könne; der neue Wirkungskreis befindet sich am Nordfuß der Krimischen Berge, und da es die Zeit des Krimkrieges ist, so erweist sich das Gymnasium in Simferopol als geschlossen, Pirogoff aber befindet sich gerade auf dem Kriegsschauplatze. In der Sorge um seine Existenz sucht nun Mendelejeff Pirogoff auf, letzterer versieht ihn mit Verhaltensmaßregeln und mit frischem Lebensmut und, indem er den Begleitbrief zurückgibt, sagt er: »Bewahren Sie diesen Brief und übermitteln Sie ihn gelegentlich Zdekauer, Sie werden uns beide überleben. . . ¹)«.

Und wirklich tat das südliche Klima Wunder; dank demselben, sowie der genauen Befolgung der gegebenen Verhaltensmaßregeln, vielleicht auch infolge der Langenweile — Mendelejeff hatte keine Beschäftigung, keine Bücher, kein Laboratorium — wurde er zusehends gekräftigt und ein Lebenskünstler, der ein Alter von 73 Jahren erreichte. Im Spätherbst 1855 wurde er zum Lehrer der Mathematik und Physik am Richelieuschen Gymnasium in Odessa ernannt. Als Beweis seiner wiedergewonnenen Kraft und Arbeitsfrische mag die Tatsache dienen, daß er hier in kürzester Zeit sich zum Magisterexamen vorbereitete und seine Magisterdissertation »Über spezifische Volumina« (224 Druckseiten) verfaßte. Schon im Frühjahr 1856 nahm er Urlaub und begab sich zurück nach St. Petersburg. Hier machte er sogleich sein Examen auf den Grad eines Magisters der Chemie; im September verteidigte er die erwähnte Dissertation, im Oktober schon verteidigte er die Dissertation pro venia legendi »Über die Konstitution der Siliciumverbindungen« und wurde alsbald zum Privatdozenten der Chemie an der St. Petersburger Universität ernannt. Während der Jahre 1857 und 1858 las nun Mendelejeff anfänglich die theoretische, dann die organische Chemie (nach Gerhardt). Gleichzeitig war er schriftstellerisch tätig am Journal des Ministeriums [der Volksaufklärung, sowie an technischen Zeitschriften für welche er verschiedene Beiträge aus dem Gebiete der technischen Chemie lieferte; galt es doch, die Mittel zum Leben zu erwerben, da er als Privatdozent kein bestimmtes Einkommen bezog. An wissenschaftlichen Arbeiten veröffentlichte er während dieser Zeit eine Abhandlung »Über den Zusammenhang einiger physikalischer Eigenschaften der Körper mit

¹) Nebenbei sei bemerkt, daß Pirogoff 1881 und Zdekauer 1897 starben.

ihren chemischen Reaktionen« (1858), sowie einen Beitrag »Über die önantholschweflige Säure« (1858). Beide Untersuchungen haben keine bleibende Bedeutung, sondern sind nur charakteristisch für die mannigfaltigen wissenschaftlichen Interessen ihres Autors.

Im Januar 1859 tritt eine Unterbrechung der Lehrtätigkeit Mendelejeffs ein; er wird auf Kosten der Regierung zwecks weiteren Studiums der Chemie auf zwei Jahre ins Ausland abkommandiert. Anfänglich liegt die Absicht vor, bei Regnault in Paris zu arbeiten. Er entschließt sich jedoch für Heidelberg, wo zu jener Zeit u. a. die beiden Leuchten Bunsen und Kirchhoff lehrten. In durchaus eigenartiger Weise gestaltet nun Mendelejeff seine weitere Ausbildung in Heidelberg; nicht daß er etwa im Bunsenschen Laboratorium unter des Meisters Leitung eine Arbeit in Angriff nimmt, — mit bescheidenen Mitteln errichtet er sich ein eigenes kleines Laboratorium, in welchem er seine eigenen Ideen experimentell bearbeitet. Die Ergebnisse dieser Forschungen sind tatsächlich bemerkenswert; während der kurzen zweijährigen Frist veröffentlichte er mehrere Abhandlungen, die seine Originalität und Bedeutung als Forscher sofort dokumentierten. Es sind das wesentlich vier, dem Umfange nach kurze, jedoch inhaltreiche Publikationen: 1. Sur la cohésion moléculaire de quelques liquides organiques (1860), 2. Sur la cohésion de quelques liquides (1860), 3. Notiz über die Ausdehnung homologer Flüssigkeiten (1860), 4. Über die Ausdehnung der Flüssigkeiten beim Erwärmen über ihren Siedepunkt (1861). In der ersten Abhandlung gibt er uns für eine Reihe von organischen Körpern genaue experimentelle Daten über die Dichten d (bei 15°), die er mit Hilfe eines eigenen Pyknometers bestimmt hat, sowie die Werte für die spezifische Kohäsion a^2 , aus welcher er die »molekulare Kohäsion $C = P \cdot a^2 \cdot d$ ableitet, wenn P das Molekulargewicht bedeutet; er sucht nun einen Zusammenhang zwischen dieser »molekularen Kohäsion« und der chemischen Konstitution der Stoffe aufzufinden. Der Zweck der zweiten Arbeit ist in dem vollen Titel charakterisiert: »Sur la cohésion de quelques liquides et sur le rôle de la cohésion moléculaire dans les réactions chimiques des corps«; wiederum werden neue Daten für a^2 erbracht, denn »um die Fragen nach der Ursache der chemischen Reaktionen und der Verschiedenheit in den physikalischen Eigenschaften der Körper zu entscheiden, ist es vor allem notwendig, die Werte der molekularen Kohäsion zu kennen.« Die Reaktion, z. B. zwischen Fettsäure und Alkohol bei der Esterbildung, tritt darum ein, »weil die Summe der Werte für die Molekularkohäsion der Reaktionsprodukte (Ester und Wasser) immer weit größer ist, als diejenige der in Reaktion gebrachten Körper (Alkohol und Säure)«. Die dritte

Heidelberger Arbeit »Notiz über die Ausdehnung homologer Flüssigkeiten« kommt zu dem Gesetz: »mit dem Steigen des Äquivalents (Molekulargewichts) bei Homologen sinkt der Ausdehnungskoeffizient«. Schließlich weist Mendelejeff noch darauf hin, daß nach seinen Untersuchungen zwischen der Kohäsion und Ausdehnung der Flüssigkeiten höchst wahrscheinlich ein inniger Zusammenhang existiert. Als Fortsetzung aller dieser Arbeiten bezeichnet Mendelejeff auch die letzte Untersuchung »Über die Ausdehnung der Flüssigkeiten beim Erwärmen über ihren Siedepunkt«. Indem er von der Annahme ausgeht, daß »die Kenntnis des spezifischen Gewichts ein notwendiges Moment bei der Bestimmung der Kohäsion und folglich auch, wie es scheint, bei der Entscheidung der Frage über die Ursachen der chemischen Reaktionen« bildet, führt er Untersuchungen aus über die Ausdehnung von Äther, Alkohol, Wasser, Benzol und Chlorsilicium bis über den Siedepunkt hinaus; er findet, »daß die Ausdehnung der Flüssigkeiten über den Siedepunkt nach demselben Gesetz erfolgt, wie unter dem Siedepunkt, daß der Ausdehnungskoeffizient sich unaufhörlich und allmählich vergrößert mit der Verminderung der Kohäsion der Flüssigkeiten, d. h. mit der Temperatur . . ., er steigt bis zur Temperatur des absoluten Siedepunkts. »Als absolute Siedetemperatur müssen wir den Punkt betrachten, bei welchem 1. die Kohäsion der Flüssigkeit = 0 ist und $a^2 = 0$, bei welchem 2. die latente Verdampfungswärme auch = 0 ist, und bei welchem sich 3. die Flüssigkeit in Dampf verwandelt, unabhängig von Druck und Volum«¹⁾. Die absolute Siedetemperatur Mendelejeffs ist bekanntlich die kritische Temperatur, so benannt nach den Versuchen Andrews vom Jahre 1869. Wie wenig die Definition und Terminologie Mendelejeffs beachtet wurde, erhellt auch daraus, daß in Andrews' Untersuchung der Name Mendelejeffs überhaupt nicht vorkommt. In diesem Anlaß veröffentlichte Mendelejeff seine »Bemerkungen zu den Untersuchungen von Andrews . . .«²⁾. Es war aber die Heimatsuniversität Andrews' (Edinburg), welche im Jahre 1884 Mendelejeff mit dem »Doctor of Laws« auszeichnete und unter den wissenschaftlichen Leistungen, für welche eine solche Ehrung vorgenommen wurde, gerade auch seine Untersuchungen über den absoluten Siedepunkt namhaft machte.

Gleichzeitig fand er Zeit, mit mehreren anderen jungen russischen Gelehrten in Heidelberg wissenschaftliche Interessen zu pflegen (so z. B. mit I. Wischnegradsky, Ssetschenoff, Botkin und Borodin, die in der Folge ebenfalls hervorragende akademische Lehrer geworden

¹⁾ Ann. d. Chem. 119, 11 [1861].

²⁾ Pogg. Ann. 141, 618 [1870].

sind); mit ihnen wurden auch Reisen nach der Schweiz und Italien unternommen. Gleichzeitig war er auch Teilnehmer an jenem berühmten Kongreß der Chemiker in Karlsruhe (1860), welcher die damals herrschende Verwilderung in den Atom- und Äquivalentgewichten, sowie in der Darstellung der Zusammensetzung organischer Verbindungen beseitigen bzw. eine Einigung über die Hauptstreitpunkte herbeiführen sollte. Hier trat Cannizzaro mit zündenden Reden hervor, indem er die Einheitlichkeit der Wissenschaft in der Wahl der Atomgewichte betonte, hier wurde bekanntlich jenes kleine Schriftchen »Abriß eines Lehrganges der theoretischen Chemie von S. Cannizzaro« verteilt, das so Großes leistete, nämlich die Lösung der strittigen Fragen in erstaunlich einfacher Weise. Die nachhaltige Wirkung dieser Reden auf Mendelejeff dokumentiert er selbst noch nach vielen Jahrzehnten, indem er¹⁾ sagt: »Ich erinnere mich lebhaft des Eindrucks seiner (d. h. Cannizzaros) Reden, in denen keine Kompromisse und nur die eine Wahrheit vernehmbar war, welche ihren Ausgang von den Prinzipien Avogadros, Gerhardts und Regnaults nahm.« Die Bedeutung dieser Debatten für Mendelejeffs spätere wissenschaftliche Leistungen charakterisiert er selbst dadurch, daß er die hier gewonnene Klärung mit zu denjenigen Faktoren rechnet²⁾, welche ihn 1869 zu der Entdeckung des periodischen Systems geführt haben. Hier lernte Mendelejeff auch Dumas kennen, denselben Dumas, welchem infolge seiner Vorarbeiten (1851—1859) für das periodische System Mendelejeff nach eigenem Geständnis²⁾ am meisten Anregung verdankt. Hier trat auch Odling mit einer bedeutsamen Rede hervor und betonte, daß einem Elemente nicht verschiedene, sondern nur ein einziges Atomgewicht beigelegt werden dürfe, derselbe Odling, welcher seinerseits (1857) unabhängig ein dem Mendelejeffschen ähnliches System der Elemente aufstellte. Und hier lauschte gespannt den Reden und Debatten auch Lothar Meyer, der in der Folge Mitentdecker des »periodischen Systems« wurde.

Die Teilnahme Mendelejeffs an dieser Karlsruher Versammlung ist unzweifelhaft die größte geistige Ausbeute seines ausländischen Studienaufenthaltes; die empfangenen Eindrücke von dem Ringen um Klarheit haben ihre nachhaltige Wirkung ausgeübt: sie bilden den Schlußstein zu seiner Ausbildung und Entwicklung. Seine Lehr- und Wanderjahre schließen gleichzeitig damit ab; im Februar 1861 kehrt er nach Rußland zurück, um seine unterbrochene Lehrtätigkeit an der St. Petersburger Universität wieder aufzunehmen. Es beginnt eine

¹⁾ Mendelejeff, Faraday Lecture, Journ. Chem. Soc. **55**, 636 [1889].

²⁾ Mendelejeff, diese Berichte **13**. 1803 [1880].

Zeit intensivsten Schaffens. Vom Herbst ab liest er ein Kolleg über organische Chemie, welches ihn veranlaßt, ein Lehrbuch dieser Disziplin zu verfassen. Die phänomenale Arbeitskraft Mendelejeffs äußert sich auch in diesem Fall: er schreibt dieses Werk — im Umfange von mehr als 500 Druckseiten — im Laufe von zwei Monaten, fast ohne Unterbrechung. Diese »Organische Chemie«¹⁾ erschien 1861 und zeichnete sich durch eine große Klarheit der Darstellung und eine auffallende Einheitlichkeit aus; dabei war es das einzige russische Lehrbuch der organischen Chemie, das auf der Höhe der Wissenschaft stand, eine entsprechende Terminologie brachte, sowie alle modernen Lehren der theoretischen Chemie berücksichtigte und konsequent durchführte. So finden wir in diesem Werk bereits die Grundlehren der Avogadro-Gerhardtschen Molekulartheorie; die chemischen Formeln muten uns ganz modern an, sie werden aus den von Cannizzaro in seinem »Lehrgang« entwickelten Prinzipien abgeleitet, und als Molekulargewicht P wird diejenige Größe angesehen, welche aus der Gleichung $P = 28.8 \cdot d$ resultiert, wobei d die Dampfdichte des Stoffes bedeutet und das Atomgewicht des Wasserstoffs $H = 1$ gesetzt wird. In einer umfangreichen Einleitung werden die Wechselbeziehungen zwischen den physikalischen und chemischen Eigenschaften der Körper dargelegt. Als Grundlage dient Folgendes: »Wenn wir von dem Prinzip ausgehen, daß die Ursache der chemischen Reaktionen in den physikalischen und mechanischen Eigenschaften der Moleküle liegt, dann müssen alle jene Erscheinungen, in welchen diese Eigenschaften am deutlichsten sich offenbaren, einer allseitigen Erforschung unterworfen werden. Spezifisches Gewicht der Körper, deren Verhalten zur Wärme, die Kohäsion, der Koeffizient der Kompressibilität (oder der Spannung), die Beweglichkeit der Flüssigkeitspartikeln, die Kristallform, das Verhalten zum Licht und viele andere Eigenschaften der Körper müssen in mehr oder weniger direkter Wechselbeziehung stehen und vom Gewichte der Moleküle, sowie von der Zusammensetzung der letzteren abhängen.« (Organische Chemie, S. 71.) Deutet dies nicht schon auf das Grundprinzip des periodischen Systems vom Jahre 1869 hin? An einer anderen Stelle dieser »Organischen Chemie« bespricht Mendelejeff die Tatsache, daß gewisse Metalle nur neutrale Salze, andere (z. B. K und Na) leicht auch saure, wiederum andere (z. B. Pb und Cu) auch basische Salze bilden, und sagt alsdann: »Die Ursache hierfür kann man in der Wertigkeit (Atomigkeit)

1) Die »Organische Chemie« wurde 1862 von der St. Petersburger Akademie der Wiss. mit dem Demidoff-Preis gekrönt, wobei Fritzsche und Zinin die Referenten waren. Es erschien noch eine zweite Auflage des Werkes im Jahre 1863.

dieser Metalle finden, wie dies in meiner »Theoretischen Chemie« erklärt werden wird.« (Organ. Chemie, S. VII und XXIII.) Also auch das zweite fundamentale Prinzip des periodischen Systems, die Wertigkeit, tritt uns hier schon in seiner Bedeutung entgegen. Wir müssen aufrichtig bedauern, daß diese »Theoretische Chemie« vom Jahre 1861 nicht erschienen ist, da sie unzweifelhaft neue Erkenntnisse und möglicherweise das »Periodische System der Elemente« selbst gebracht haben würde. Andere Aufgaben entfernen jedoch den Verfasser zeitweilig von dieser Arbeitsrichtung.

Wiederum sind es Nahrungssorgen, die seine Kräfte zersplittern. Er übersetzt, erweitert und redigiert eine Serie von technischen Leitfäden, die unter dem russischen Titel »Technologie nach R. Wagner« bzw. »Technische Enzyklopädie« erscheint. Gleichzeitig ist er Lehrer für Chemie im Kadettenkorps, in der Ingenieurschule, sowie im Institut für Wegebau-Ingenieure. Da für sein Fortkommen an der Universität die Erlangung des Doktorgrades unerläßlich ist, so macht er sich auch an die experimentelle Bearbeitung seiner Doktordissertation. Seine technischen Arbeiten tragen ihm 1863 die Wahl zum Extraordinarius für chemische Technologie an der Universität ein: er wird aber von der Regierung nicht bestätigt, da er wohl Magister der Chemie, aber nicht Magister der Technologie ist. Jedoch erfolgt am 1. Januar 1864 seine Bestätigung als Professor der Chemie am Technologischen Institut, und gleichzeitig wird er zum etatmäßigen Dozenten an der Universität ernannt. Betrachten wir nun diese umfangreiche Lehrtätigkeit und die auf praktische Ziele gerichtete, nicht minder zeitraubende literarische Arbeit (gleichzeitig übersetzt er auch die »Analytische Chemie« von Gerhardt und Chancel), so können wir nicht umhin zu bedauern, daß diesem Feuergeist mit seinem Reichtum an wissenschaftlichen Ideen solche Fesseln angelegt wurden; seine geistige Energie wurde gleichsam für Grobschmiede-Arbeiten verbraucht. Um so mehr müssen wir staunen, daß er Zeit und Interesse erübrigen konnte, um seine Doktordissertation während der Jahre 1863—1864 fertig zu stellen. Unter dem Titel »Über die Verbindung des Alkohols mit Wasser« wird dieselbe 1865 in der St. Petersburger Universität verteidigt; am 1. Februar d. J. erfolgt die Bestätigung als Doktor der Chemie, schon im März desselben Jahres wird er zum außerordentlichen Professor der technischen Chemie an derselben Universität ernannt, um bereits im Dezember d. J. als ordentlicher Professor bestätigt zu werden. Im September 1866 findet seine Entlassung als Professor des Technologischen Instituts statt, und im Oktober 1867 wird er definitiv auf das Katheder der reinen (anorganischen) Chemie an die Universität übergeführt, nachdem sein

einstiger Lehrer und Amtsvorgänger Prof. Woskresensky seine Lehrtätigkeit an der Universität aufgegeben hatte. In dieser Stellung verblieb nun Mendelejeff in ununterbrochener Tätigkeit bis zu seiner im Jahre 1890 erfolgten Verabschiedung.

Die akademische Stufenleiter hat daher Mendelejeff in kurzer Zeit durchmessen; mit wenig mehr als dreißig Jahren ist er bereits im Besitze des höchsten akademischen Amtes an der ersten Universität des Reiches.

Auf Grund des Landesgesetzes wird jeder akademische Lehrer nach dreißig Dienstjahren pensionsberechtigt; über diesen Termin hinaus kann der Pensionär als außeretatmäßiger Professor von fünf zu fünf Jahren weiter belassen werden, jedoch mit jedesmaliger Genehmigung des Ministeriums und unter reduziertem Honorar. Die dreißigjährige Dienstzeit trat für Mendelejeff im August 1885 ein; auf Vorschlag der Universität erfolgte die Weiterbelassung auf 5 Jahre. Dieser Zeitraum ist für die ferneren Lebensschicksale Mendelejeffs von großer Bedeutung. Immer deutlicher tritt in ihm die Empfindung hervor, daß es für ihn an der Zeit sei, seinen Platz jüngeren Kräften einzuräumen; immer häufiger beklagt er sich über die zeitraubenden Vorlesungen und insbesondere über die zahlreichen Prüfungen, die er abhalten muß. Als er (1887) das Vorwort zu seinem Werk »Untersuchungen wässeriger Lösungen nach den spezifischen Gewichten« schreibt, sagt er resigniert, daß er seine Versuche, Berechnungen, Ideen der Allgemeinheit übergebe, ohne dieses Arbeitsgebiet für sich reservieren zu wollen, »meine Lage und meine Jahre gestatten mir schon nicht mehr zu hoffen, daß ich lange in der Nähe des Laboratoriums der Kais. Universität zu St. Petersburg verbleiben werde«. Unwillkürlich gedenken wir der Klagen, die ein anderer Großer, Liebig, in den Briefen an seinen Freund Wöhler über das erlahmende Interesse an dem praktischen Unterricht, über die abnehmende Fähigkeit für eigene experimentelle Forschungen führt. Dazu kommt bei Mendelejeff noch ein anderes. Die chemische Wissenschaft, der er selbst neue Bahnen gewiesen, hatte inzwischen Richtungen eingeschlagen, denen er sich nicht anpassen kann; die organische Chemie von 1861 hatte in drei Jahrzehnten eine fundamentale Umwälzung ihrer theoretischen Grundlagen erfahren und in der Stereochemie einen neuen kühnen Ausbau erhalten; die physikalische Chemie durchlebte vor seinen Augen ebenfalls eine Revolution, die osmotische Theorie van't Hoffs und die elektrolytische Dissoziationstheorie Arrhenius' griffen gerade in sein liebstes Arbeitsgebiet, in die Lehre von den Lösungen, ein und befruchteten dasselbe in so weitgehender Weise, daß seine eigenen Forschungen und Ansichten auf ein totes Geleise

geschoben wurden. Schließlich trat noch ein äußeres Moment ein, das seine schwankende Absicht, der akademischen Laufbahn zu entsagen, zur schnellen Entscheidung brachte. Im Frühjahr 1890 brachen wieder einmal in der Petersburger Universität Studentenunruhen aus; die von der Studentenschaft ausgearbeiteten Forderungen nach akademischen Neuordnungen übernahm Mendelejeff dem Minister persönlich zu übergeben, falls die Studenten von weiteren Unruhen Abstand nehmen würden. Die Studenten sagten solches zu, und Mendelejeff begab sich zum Minister. Da dieser nicht zu Hause war, so hinterließ Mendelejeff das Schriftstück beim Minister. Nach einigen Tagen wurde es Mendelejeff retourniert mit dem Vermerk, daß weder der Minister, noch irgend eine im Dienste des Staates befindliche Person ähnliche Papiere anzunehmen berechtigt wäre. Am nächsten Tage erneuerten sich die Studentenunruhen; als Mendelejeffs Mahnworte hierbei wirkungslos blieben, da reichte er vor den Augen der Studentenschaft sein Abschiedsgesuch ein: mit dem 17. August 1890 schied Mendelejeff definitiv aus dem Bestande des Lehrkörpers der Petersburger Universität aus.

Nunmehr wendet er sich fast ausschließlich praktischen Problemen zu; er nimmt regen Anteil an der Ausarbeitung eines neuen Zolltarifs und veröffentlicht darüber ein grundgelehrtes Werk »Der kommentierte Tarif« (1891); er beginnt Studien über die Darstellung eines rauchlosen Pulvers für die russische Land- und Seemacht; 1892 wird er zum Konservator der Prototypen von Maßen und Gewichten, 1893 zum Präsidenten der Hauptpalate für Maße und Gewichte ernannt. In dieser Stellung war er bis zu seinem am 20. Januar (a. St.) 1907 erfolgten Tode unermüdlich tätig. —

Nachdem wir kurz den Lebenslauf Mendelejeffs geschildert haben, wollen wir uns seinem Lebenswerk, seinen wissenschaftlichen Leistungen, zuwenden. Ein Blick auf die am Schlusse dieser Skizze befindliche Aufzählung seiner Publikationen (die schwerlich vollzählig ist), zeigt den Umfang dieses Schaffens; darunter finden wir mehrere Dutzende Bücher und Monographien, sowie einige Hunderte wissenschaftlicher Publikationen, Notizen, Zeitungsartikel usw. Wenn wir dieses geistige Vermächtnis auf seinen Inhalt durchmustern, so müssen wir die Vielseitigkeit desselben ohne weiteres anerkennen. Tatsächlich kann Mendelejeff auf Grund seiner Leistungen zu den hervorragendsten Technologen gerechnet werden: sowohl durch die Übertragung und Bearbeitung von Lehrbüchern über die chemische Technologie, als auch durch seine umfangreichen Monographien über die Naphtha, die Steinkohle, das Eisen u. a. hat er für die Verbreitung technologischer Kenntnisse, sowie für die Entwicklung der russischen

Industrie in nutzbringendster Weise sich betätigt. Wir verehren in ihm den großen Chemiker, der nach einander die physikalische, analytische, organische und anorganische Chemie gepflegt und befruchtet hat. Wir müssen ihm als Physiker unsere Bewunderung zollen, der durch seine physikalischen Meßmethoden, durch seine Präzisionsinstrumente und umfangreichen Untersuchungen über Gase und Flüssigkeiten neue Probleme angeschnitten und neue Wahrheiten erschlossen hat. Nicht minder ist er ein Mann der Öffentlichkeit, ein Nationalökonom, Statistiker, Sozialpolitiker, Popularisator der Wissenschaft, Philosoph, der nahezu allen die öffentliche Meinung bewegenden, das Volks- und Staatswohl betreffenden Fragen gegenüber seine wohlbegründete Meinung in umfangreichen Werken und knappgehaltenen Zeitungsartikeln dargelegt hat. Durch die Gesamtheit seiner Druckschriften ist er einer der fruchtbarsten Schriftsteller Rußlands, welcher wegen seiner Schreibweise und der Ausbildung der Sprache für die Bedürfnisse der strengen wissenschaftlichen Formulierung, sowie der volkstümlichen Leichtfaßlichkeit in der russischen Literatur einen Ehrenplatz einnimmt.

Es ist ausgeschlossen, daß wir im Rahmen einer biographischen Skizze alle Arbeiten Mendelejeffs auf ihren Inhalt und ihre Bedeutung besprechen. Wir beschränken uns nur auf solche Leistungen, die für die Fortschritte der chemischen und physikalisch-chemischen Wissenschaft eine sichtbare Rolle gespielt haben; diese Arbeiten wollen wir eingehender behandeln, während die anderen nur in großen Zügen geschildert werden sollen. Derart ergeben sich fünf Arbeitsgruppen: 1. sein Lehrbuch »Grundlagen der Chemie«, 2. die auf das periodische System der Elemente sich beziehenden Forschungen, 3. die Untersuchungen der Gase und Flüssigkeiten, 4. Studien über wäßrige Lösungen und 5. Arbeiten allgemeineren Inhalts (über technologische, ökonomische, soziale und andere Fragen).

Wir sahen oben, daß im Herbst 1867 Mendelejeff zum ordentlichen Professor der anorganischen Chemie an der Petersburger Universität ernannt worden war. Es galt nun, diese Disziplin zu lehren; ein Mendelejeff tat es in seiner eigenen Weise und schuf sich dazu sogleich sein eigenes Lehrbuch (1868), sowie sein eigenes System der chemischen Elemente (1869).

Der Zweck der »Grundlagen der Chemie« wird von Mendelejeff selbst in dem Vorwort zur ersten Auflage, deren Druck im März 1869 beendet war, folgendermaßen präzisiert: »In dem dargebotenen Werk sind zwei Ziele. Das erste ist, das Publikum und die Lernenden mit den fundamentalen Tatsachen und Schlußfolge-

rungen der Chemie in allgemeinverständlicher, wissenschaftlicher Darlegung bekannt zu machen (Kursiv des Originals), alsdann: hinzuweisen auf die Bedeutung dieser Schlußfolgerungen für das Verständnis sowohl der Natur des Stoffes und der Erscheinungen, die um uns stattfinden, als auch derjenigen Verwendungen, welche die Chemie in der Landwirtschaft, Technik und anderen angewandten Wissenschaften gefunden hat. Diese Beziehungen zur Philosophie und zum Leben verleihen unserer Wissenschaft eine leichte Aneignung und bestimmen ihre öffentliche Bedeutung. Indessen, die Kenntnis der Schlußfolgerungen ohne Kenntnis der Mittel zu deren Gewinnung kann leicht zu einer Verirrung nicht allein in der philosophischen, sondern auch in der praktischen Seite der Wissenschaften führen, weil dann unvermeidlich notwendig ist, eine absolute Bedeutung dem beizumessen, was nicht selten relativ und temporär ist. In der Wissenschaft von der Natur gibt es keine Axiome... In ihr sind alle Wahrheiten auf dem Wege hartnäckiger Arbeit und allseitiger induktiver Ansätze gewonnen worden. Diese Seite des Gegenstandes hat mich denn auch veranlaßt, zu dem oben genannten Ziel ein anderes, mehr spezielles hinzuzufügen: gemeinsam mit den Schlußfolgerungen auch die Methoden zu deren Gewinnung darzulegen, eine möglichst große Zahl von Tatsachen in ein systematisches Ganzes zu bringen... Indem ich die Theorie mit der Praxis, die Vergangenheit der Wissenschaft mit ihrer Zukunft zusammenstelle, indem ich ohne Prüfung keiner noch so anziehenden Ansicht zuneige, bemühte ich mich, in dem Leser diejenige Fähigkeit zum selbständigen Urteil über wissenschaftliche Gegenstände zu entwickeln, welche die einzige Garantie bildet sowohl für eine richtige Verwendung der wissenschaftlichen Schlußfolgerungen, als auch für die Möglichkeit, die Weiterentwicklung der Wissenschaft zu fördern... »In ihren weiteren Erfolgen muß die Chemie, nach meiner Meinung, vieles den physiko-chemischen Untersuchungen entleihen und sogar einige Methoden der Physik adoptieren, z. B. diejenigen, welche bei dem Studium der Grundeigenschaften der Gase und der Wärmephänomene in dieser Disziplin angewandt werden.« — So finden wir denn in diesem Werk harmonisch verbunden: Wissenschaft und Praxis, Chemie und Physik; sein besonderes Gepräge erhält dieses Werk durch die konsequente Verwendung der Lehren und Resultate der physikalischen Chemie, durch die kritische Beleuchtung aller chemischen Hypothesen, die keine dogmatische Darstellung duldet, durch die zahlreichen Systematisierungen und Verallgemeinerungen, welche der Autor an den Reihen der Einzeldaten vornimmt, sowie durch die — mit aller Reserve — vorgebrachten subjektiven Ansichten, Hypothesen und Generalisierungen,

welche der Autor stets als solche kennzeichnet, so z. B. »über die chemische Energie, über den unzerreißbaren Zusammenhang der bestimmten chemischen Verbindungen mit solchen unbestimmten, wie z. B. die Lösungen, die isomorphen Gemische usw., über die umkehrbaren Reaktionen, die Hypothese von der Grenze chemischer Verbindungen, Hypothese über die Ursachen des Gesetzes von der Parzahligkeit der Verbindungsgewichte (des Wasserstoffs und der Kohlenstoffverbindungen), Verallgemeinerungen, welche sich auf die Bildung der Nitrile, Metallammoniumverbindungen, Polythionsäuren, sowie auf die Wärmekapazität und andere physikalische Eigenschaften beziehen, Hypothese über die Konstitution der Kieselsäureverbindungen, System der Elemente usw.« (I. c. S. II, März 1869).

Dieses Buch spielt nun eine Rolle, die weit über den Rahmen eines gewöhnlichen, selbst guten Lehrbuches hinausgeht. Während eines Zeitraumes von fast vier Jahrzehnten ist es von Mendelejeff in stets neuen Auflagen herausgegeben worden, die letzte (8.) Auflage erschien 1906 — es ist daher ein Spiegel der Entwicklungsgeschichte des großen Forschers selbst. »Eine einfache, sozusagen trockne und teilnahmlose Herzählung der faktischen Daten und fremden Meinungen . . . entspricht nun gar nicht dem Geiste meines Buches, das . . . zur Wiedergabe einer ganzen persönlichen Weltanschauung über die chemischen Elemente bestimmt ist« (Grundlagen, 1906, S. V); in diesem Buche bietet er das Hauptsächlichste, jedoch in steter Betonung seiner Beziehung zu demselben; und im Schlußwort dieser letzten Auflage sagt er: »Aldann muß ich noch erwähnen, daß mein vorgerücktes Alter und der Zustand meiner Gesundheit mich zu der Annahme veranlassen, daß diese Ausgabe der »Grundlagen der Chemie« meine letzte sein wird; daher bemühte ich mich, überall, wo es nützlich schien, in derselben das zu klären, was nicht zu Ende geführt und wortüber sich meine den Kräften angemessenen persönlichen Überzeugungen gebildet haben.« Aldann muß noch betont werden, daß dieses Buch für die Entstehung und Weiterentwicklung seines »periodischen Systems der Elemente« von ausschlaggebender Bedeutung gewesen ist: Entstand es erstmalig während der Ausarbeitung der »Grundlagen« und würde gerade in diesem Lehrbuch erstmalig angewandt, so hat jede weitere Auflage des Buches jeden neuen Erfolg des »Systems« verzeichnet und kommentiert, und in jeder Auflage hat der Autor selbst dem System immer neue Gedanken und Ergänzungen eingefügt. Drittens liegt die Bedeutung der »Grundlagen« in ihrer Eigenschaft als ein Lehrbuch der anorganischen Chemie für die russische studierende Jugend: es ist für mehrere Generationen das Lehrbuch gewesen; nach »Mendelejeff« haben Väter und Söhne,

Mütter¹⁾ und Töchter die Chemie studiert und für die Chemie sich begeistert. Schließlich wollen wir noch daran erinnern, daß die »Grundlagen« — wenn auch spät — doch endlich ihren Weg auch ins Ausland genommen haben: 1891 erschienen sie in englischer Sprache (1905 war eine dritte Auflage erforderlich), 1892 wurde eine deutsche Ausgabe ediert und 1896—1899 folgte eine französische Übersetzung in Paris. Die Eigenart dieses Werkes, seine ruhige, klare Darstellungsart, die geniale Gruppierung aller Tatsachen und das periodische System haben dem Werke auch außerhalb Rußlands Bewunderung und Verbreitung eingetragen. —

Wir erwähnten soeben, daß die »Grundlagen der Chemie« Ursache und Quelle des »periodischen Systems der Elemente« sind. Damit haben wir diejenige Leistung Mendelejeffs genannt, welche seinen Namen in die Welt hinausgetragen und für die chemische Wissenschaft unsterblich gemacht, welche ihn selbst zu einem der »Representative Men« gestempelt hat. Wir müssen daher dieser Schöpfung eine eingehendere Behandlung widmen, wobei wir eine besondere Aufmerksamkeit der Genesis derselben zuwenden wollen.

Ein Denker von der Eigenart E. Machs bezeichnet das »periodische System der Elemente« als »ein geniales und erfolgreiches Mittel, ein übersichtliches System von Tatsachen herzustellen.« Jedes neue große Naturgesetz stellt sich nun dar als ein — zeitweiliger — Abschluß in der mühseligen langsamen Entwicklung unserer Naturkenntnisse; der Entdecker hat seine zahlreichen Vorläufer, die trotz des unzureichenden Tatsachenvorrates weitreichende Spekulationen, Vorahnungen entwickeln. Und so muß sich das Wort von Berzelius bewahrheiten: »Der erste Versuch zu generalisieren glückt selten; die Spekulation greift der Erfahrung vor, indem diese nicht so rasch zu folgen vermag.« In unserem Fall reichen die ersten Versuche bis an das Ende des 18. Jahrhunderts, und zwar auf J. B. Richter (1798) zurück; dieser sprach bereits aus, daß zwischen den Äquivalentgewichten der verschiedenen Säuren und Basen eine Gesetzmäßigkeit besteht. Gruppiert man diese Stoffe nach der Größe ihrer Äquivalentgewichte, so erweisen sie sich als Glieder gewisser mathematischer Reihen; wenn in den letzteren, bezw. in der vermuteten Gesetz-

¹⁾ Mendelejeff war ein überzeugter Vertreter der Frauenbildung; schon in den sechziger Jahren las er Chemie in den weiblichen sog. Wladimirskischen Kursen, später nahm er regen Anteil an der Organisation der Bestusheffschen Kurse (gegenwärtig »Höhere Frauenkurse«) und hielt dort in den achtziger Jahren Vorlesungen über Chemie.

mäßigkeit Lücken auftreten, so liegt dies daran, daß die entsprechenden Stoffe noch nicht entdeckt sind, — die Äquivalentgewichte solcher unbekanntem Stoffe (Basen oder Säuren) lassen sich daher nach Richter vorausberechnen. Diese Spekulationen machen auf die Zeitgenossen einen abstoßenden Eindruck. Der nächste Versuch rührt von J. W. Döbereiner (1829) her; er unterwirft die »elementaren Stoffe« einer Gruppierung nach ihrer Analogie und stellt etwa ein Dutzend »Triaden« analoger Elemente auf. Diese Gruppierung findet keine Gnade in den Augen Berzelius', der sie in seinem Jahresbericht und Lehrbuch gar nicht erwähnt, — gelegentlich fertigt er alle solche Versuche mit dem Worte »Multiplienfieber« ab. Trotzdem finden die Triaden weitere Verbreitung, da Gmelins (deutsches und englisches) Handbuch der Chemie (1843 ff.) sie berücksichtigte. An Döbereiner und Gmelin knüpft dann auch Pettenkofer (1850 und 1858) an; er geht von dem Prinzip regelmäßiger Differenzen der Äquivalentgewichte »homologer unorganischer Elemente« aus, und in charakteristischer Weise sagt er: »Es ist überhaupt nichts weniger als unwahrscheinlich, daß in einiger Zeit die Theorien der organischen Chemie rückwirken werden auf die der anorganischen, woraus sie entstanden sind, und daß wir auch unsere Metalle als zusammengesetzte Radikale betrachten werden.« Doch zu einer allgemeinen Regelmäßigkeit kommt auch Pettenkofer nicht; er will eine Neubestimmung der Äquivalentgewichte und damit eine experimentelle Prüfung seiner Hypothese vornehmen, doch sein Gesuch um Subvention wird von der Bayr. Akademie der Wissenschaften abschlägig beschieden. Ganz unabhängig entwickelt alsdann Dumas (1851, 1857 f.) auf der Zusammenkunft der British Association in Ipswich Ansichten, die den Entwicklungen Pettenkofers sinnverwandt sind: Dieser Vortrag hat nun überaus anregend auf die Weiterentwicklung der ganzen Frage gewirkt; dem Eindruck der Spekulationen Dumas' unterlag selbst ein Faraday, welcher mit Bezug auf dieselben sagte (Lectures, 1852): »We seem here to have the dawning of a new light indicative of the mutual convertibility of certain groups of elements, although under conditions which as yet are hidden from our scrutiny.« Auf Dumas bezieht sich auch Gladstone (1853), welcher wohl erstmalig die Äquivalent-(Atom-)gewichte aller Elemente nach der Größe ihrer Zahlenwerte gruppiert, auf ihn bezieht sich aber auch eine Untersuchung von Cooke (1854). Die Gladstonesche Untersuchung dient nun ihrerseits als Ausgangspunkt für eine Arbeit von W. Odling (1857), in welcher bereits 13 Gruppen von analogen Elementen aufgestellt werden; auch er operiert mit den Äquivalentzahlen und sucht nach einer Analogie mit den organischen Radikalen. Andererseits

gehen wieder auf die Döbereinerschen Triaden zurück: P. Kremers (seit 1852), sowie E. Lenssen (1857), der bereits 20 solcher Triaden aufstellte. Die große, schnell auf einander folgende Schar der einschlägigen Untersuchungen zeigt, daß inzwischen diese Probleme über den Zusammenhang der Atom-(Äquivalent-)gewichte der Elemente, bzw. über die Zusammengesetztheit der letzteren zu den bedeutendsten geworden, oder, wie Dumas (1857) sagte, »sichtlich die erhabensten sind, welche die Chemie sich als Gegenstand wählen und lösen kann«. Ungeachtet dessen blieben alle diese Versuche zu generalisieren unvollständig, und auch A. Strecker (1859) mußte bekennen: »Es ist wohl kaum anzunehmen, daß alle im Vorhergehenden hervorgehobenen Beziehungen zwischen den Atomgewichten (oder Äquivalenten) in chemischen Verhältnissen einander ähnlicher Elemente bloß zufällige sind. Die Auffindung der in diesen Zahlen durchblickenden gesetzlichen Beziehungen müssen wir jedoch der Zukunft überlassen.« Zwei Faktoren waren es, die hauptsächlich das Nichtauffinden dieses Gesetzes aller Elemente bedingten, trotzdem einige der Forscher ihnen ganz nahe waren: statt der richtigen Atomgewichte wurden die Gmelinschen Äquivalentgewichte u. ä. benutzt; andererseits wurden vornehmlich nur die Triaden und die analogen Elemente der Vergleichung unterworfen. Der Gedanke, alle Elemente nach der Größe ihrer Atomgewichte mit einander zu vergleichen, war zu der Zeit verfrüht und so unsympathisch, daß selbst die drei nächsten bedeutsamen Arbeiten wirkungslos blieben: erstens ist es eine Abhandlung von B. de Chancourtois' (1862), welcher in seiner »vis tellurique« alle Elemente nach der Größe ihrer Atomgewichte schraubenförmig anordnete, — seine Sprache war nach dem Urteil seiner eigenen Landsleute »un peu obscur dans sa concision« und die Materie so wenig Vertrauen erweckend, daß die Comptes rendus nur einen Auszug aufnahmen; zweitens ist es der Gedankengang des englischen Forschers John Newlands (von 1863 ab), welcher in seinem »Law of Octaves« ebenfalls eine Zusammenstellung der Elemente nach der Größe ihrer Atomgewichte vornahm, leider jedoch in seine »Oktaven« ohne jeglichen sichtbaren Zusammenhang ganz heterogene, chemisch unähnliche Elemente einreichte, — als er 1866 seine Anschauungen vor der Chemical Society entwickelte, da fragte einer der Anwesenden, ob der Referent nicht versucht habe, die Elemente auch alphabetisch zu ordnen, da ja das Prinzip bei der Klassifizierung Nebensache sei, indem man immer irgend eine Regelmäßigkeit finden könnte; drittens war es Lothar Meyer, welcher (1864) in seinen »Modernen Theorien der Chemie« unter Zugrundelegung der Ansichten von Gmelin, Pettenkofer und Dumas eine größere Schar solcher analoger

Elemente und ihrer Atomgewichtsdifferenzen mit einander verglich. Unter diesen Umständen war es begreiflich, daß gerade die drei letztgenannten Untersuchungen keinerlei Interesse erweckten, bezw. nach wenigen Jahren selbst in Fachkreisen vergessen oder unbekannt waren.

Da trat nun (seit 1868) Mendelejeff an dieselbe Aufgabe heran. Über die direkte Veranlassung hierzu äußert sich Mendelejeff selbst folgendermaßen: »Als ich die Abfassung eines Handbuchs, betitelt »Grundlagen der Chemie«, unternahm, mußte ich bei irgend einem System der einfachen Körper stehen bleiben, um bei ihrer Anordnung mich nicht irgend welcher zufälligen, gleichsam instinktiven Eingebungen, sondern eines gewissen genau bestimmten Prinzips zu bedienen . . .«. Da nun bei allen Änderungen der Eigenschaften einfacher Körper das Atomgewicht den ruhenden Pol darstellt, so »bemühte ich mich, das System auf die Größe der Atomgewichte zu gründen.« (Journ. Russ. Chem. Ges. 1, 65 [1869], 6. März.) Von den Arbeiten der Vorgänger kennt und nennt Mendelejeff nur diejenigen von Dumas, Pettenkofer, Lenssen, Kremers; und er betont ausdrücklich, daß er »hauptsächlich zweien — Lenssen und Dumas — sich verpflichtet fühle. Ihre Untersuchungen habe ich studiert, und sie haben mich dazu angeregt, ein reelles Gesetz zu suchen¹⁾«. Die Bedeutung der anderen Forscher tritt in dem nachstehenden Urteil Mendelejeffs zutage: »Ich sehe jetzt (1889) deutlich, daß Strecker, de Chancourtois und Newlands am weitesten voran standen auf dem Wege zum periodischen Gesetze und es ihnen nur an Entschiedenheit fehlte, um die Sache auf die Höhe zu stellen, von welcher aus die Reflexe des Gesetzes auf die Tatsachen deutlich sichtbar werden²⁾«.

Neben dem eben erwähnten äußeren Anlaß sind es noch innere Gründe, welche Mendelejeff zur Entdeckung des periodischen Systems geradezu prädestinierten. Wir sahen schon oben, wie sein Geist ihn bereits 1861 dazu drängt, für die zusammengesetzten Stoffe zu proklamieren, daß die Größe des Molekulargewichts die Eigenschaften des Stoffes bestimmt; die Analogie zwischen diesem Prinzip und demjenigen für die einfachen Körper ist zu naheliegend (s. später, These 5 vom Jahre 1869). Es fragt sich nun, wie kam Mendelejeff zu dem Phänomen der Periodizität? Nachdem er sich vergewissert, daß die Atomgewichte der Elemente zur Grundlage für ein System derselben dienen könnten, ging er an ihre Anordnung; hierüber sagt er selbst Folgendes: »Erst gruppierete ich die Elemente

¹⁾ Mendelejeff, diese Berichte 13, 1803 [1880].

²⁾ Mendelejeff, Journ. Chem. Soc. 55, 638 [1889].

in einer ununterbrochenen Reihe nach der Größe des Atomgewichts und bemerkte sofort, daß in der Reihe der so geordneten Elemente gewisse Unterbrechungen auftreten. So z. B. beginnend mit dem Wasserstoff $H = 1$ bis $Na = 23$ existieren mindestens acht Elemente, fast dieselbe Zahl von Elementen fand sich zwischen denen, welche das Atomgewicht von 23—56, von 63—90, von 100—140, von 180—210 haben; gerade in diesen getrennten Gruppen von Elementen wird die Analogie gefunden, und zwar durch deren einfache Aneinanderstellung nach der Größe des Atomgewichts¹⁾. Daß seine Versuche überhaupt glückten, dafür führt Mendelejeff selbst drei günstige Momente ins Feld (Faraday-Lecture, Journ. Chem. Soc. **55**, 636 [1889]). Erstens: ist es die Klärung auf dem Karlsruher Kongreß über die wahren Atomgewichte, zweitens sind es die Vorarbeiten über die analogen Elemente, d. h. die Versuche von »Gladstone, Gmelin, Kremers, Cooke, Lenssen, Pettenkofer und besonders Dumas«, welche viele Tatsachen für die Existenz solcher einfachen Beziehungen in den sechziger Jahren aufgestellt hatten; drittens sind es die zu jener Zeit von Marignac und Roscoe erbrachten neuen Kenntnisse über die seltenen Elemente (Niobium, Vanadium). Auf Grund alles dessen und ausgerüstet mit einer »Dreistigkeit des Gedankens«, wie Mendelejeff sich gelegentlich ausdrückte, schritt er an die Aufstellung seines alle Elemente umfassenden Systems. Dies wird wohl Ende 1868 gewesen sein, denn bereits zu Anfang 1869 versandte er auf einem gedruckten Bogen an eine große Zahl von Chemikern einen »Versuch eines Systems der Elemente, begründet auf deren Atomgewicht und chemischer Ähnlichkeit«, und schon am 6. März 1869 konnte auf der Sitzung der Russischen Chemischen Gesellschaft (an der Petersburger Universität) N. Menshutkin im Namen des nicht anwesenden D. Mendelejeff die erste öffentliche Mitteilung »über die Beziehung der Eigenschaften zu den Atomgewichten der Elemente« machen. Diese Untersuchung wird im April 1869 in dem Journal der Gesellschaft (Band 1, S. 60—77 [1869]) veröffentlicht. Der Autor geht von dem Satze aus, daß »die Größe des Atomgewichts die Natur des Elementes bestimmt« (S. 69) und gibt mehrere Beispiele für die Anordnung aller Elemente nach aufsteigendem Atomgewicht sowohl in der Ebene, als auch in kubischer und in spiralförmiger Gruppierung.

Von der Wiedergabe dieser mannigfaltigen Gruppierung sehen wir ab; sie beanspruchen viel Raum und haben heute nur die Bedeutung

¹⁾ Mendelejeff, Journ. Russ. Chem. Ges. **1**, 71 (1869).

historischer Dokumente¹⁾. Dagegen wollen wir seine Thesen in ihren Hauptpunkten hierher setzen (l. c., S. 76—77).

»1. Die nach der Größe ihres Atomgewichtes geordneten Elemente zeigen eine deutliche Periodizität ihrer Eigenschaften.«

»2. Chemisch analoge Elemente weisen Atomgewichte auf, die entweder einander nahe stehen (wie Pt, Ir, Os), oder folgeweise und gleichförmig anwachsen (wie K, Rb, Cs)«

»3. Die Zusammenstellung der Elemente oder ihrer Gruppen nach der Größe der Atomgewichte entspricht ihrer sogen. Atomigkeit (Wertigkeit) und bis zu einem gewissen Grade der Verschiedenheit im chemischem Charakter, was deutlich sichtbar ist in der Reihe: Li, Be, Bo, C, N, O und F, und auch in anderen Reihen wiederkehrt.«

»5. Die Größe des Atomgewichts bestimmt den Charakter des Elements, wie die Größe der Molekel die Eigenschaften des zusammengesetzten Körpers bestimmt«

»6. Es ist die Entdeckung noch vieler unbekannter Elemente zu erwarten, z. B. der Analoga des Al und Si mit dem Atomgewicht 65—75.«

»7. Die Größe des Atomgewichts eines Elements kann zuweilen korrigiert werden, wenn man dessen Analogien kennt. So muß das Atomgewicht des Te nicht 128, sondern 123—126(?) sein.«

»8. Einige Analogien der Elemente offenbaren sich nach der Größe ihrer Atomgewichte«

»Der Zweck meiner Abhandlung wäre vollkommen erreicht, wenn es mir gelänge, die Aufmerksamkeit der Forscher auf diejenigen Beziehungen in der Größe der Atomgewichte unähnlicher Elemente zu lenken, auf welche, soviel mir bekannt ist, bisher keine Aufmerksamkeit gerichtet wurde«

Die Haupttabelle, sowie die (allerdings nicht sachgemäß übersetzten) Thesen wurden von F. Beilstein in der »Zeitschrift für Chemie«, Bd. 5, S. 405—406 [1869] reproduziert; gleichfalls brachte das »Journal für praktische Chemie«, [N. F.] Bd. 106, S. 251 [1869] die Haupttabelle des Systems. In dieser verkürzten Form — Tabelle nebst Thesen — war daher die Mendelejeffsche Entdeckung bereits um die Mitte des Jahres 1869 weiteren Kreisen zugänglich geworden. Am 23. August 1869 hielt Mendelejeff auf dem II. Kongreß der Russischen Naturforscher und Ärzte in Moskau einen Vortrag über die von ihm entdeckte »Periodizität der Atomgewichte der Elemente und das auf

¹⁾ Vergl. auch Ostwalds Klassiker, Nr. 68: Das natürliche System der Elemente, von K. Seubert; s. a. Mendelejeff, diese Berichte 13, 1797 [1880], wo die verschiedenen Gruppierungen der Elemente reproduziert werden.

Grund dessen in diesem Jahre (vergl. Journ. 1, 60 und sein Werk »Grundlagen der Chemie«) von ihm vorgeschlagene System der Elemente«, wie es wörtlich in dem Referat lautet (vergl. Journ. d. Russ. Chem. Ges. 1, 229—230 [1869]); unter den Schlußergebnissen heben wir zwei neue Thesen hervor: (These 8) »dieses System zeigt die Unzulänglichkeit der Proutschen Hypothese«, (These 10) »der Vergleich der spezifischen Gewichte und Volumina von Elementen verschiedener Reihen zeigt ebenfalls auch in dieser Beziehung die »Natürlichkeit« des Systems«. Am 3. Oktober 1869 erfolgte in der Russischen Chemischen Gesellschaft eine weitere Mitteilung Mendelejeffs über die Abhängigkeit der Sauerstoffmenge in den salzbildenden Oxyden von der Größe des Atomgewichts der Elemente (Journ. d. Russ. Chem. Ges. 1, 213 [1869], ausführlich 2, 14—21); er weist nach, daß die natürliche Verteilung der Elemente nach Gruppen, auf Grund der Größe ihrer Atomgewichte, zugleich derjenigen Sauerstoffmenge entspricht, welche diese Elemente in ihren höchsten Oxydationsstufen festhalten können, z. B. in der Reihe Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, wo die entsprechenden Oxyde sind: Na_2O , $\frac{\text{Mg}_2\text{O}_2}{2}$, Al_2O_3 , $\frac{\text{Si}_2\text{O}_4}{2}$, P_2O_5 , $\frac{\text{S}_2\text{O}_6}{2}$, Cl_2O_7 ; andererseits stellt die Wasserstoffmenge, welche von den Elementen verschiedener Gruppen festgehalten wird, die umgekehrte Ordnung dar, wie die Verbindungsstufen des Sauerstoffs. Dieses neue Ergebnis übermittelt V. v. Richter sofort an diese »Berichte«, indem er Bezug nimmt auf die bereits publizierte erste Mitteilung in der »Zeitschrift für Chemie« (s. o.). Auch diese Betrachtungen Mendelejeffs waren daher bereits im Herbst 1869 in Westeuropa bekannt (vergl. diese Berichte 2, 553 [Oktoberheft 1869]). Sein Schreiben begleitet v. Richter mit folgenden Worten: »Ich glaube, daß diese interessanten Formulierungen nicht verfehlen werden, Ihre Aufmerksamkeit zu erregen« (l. c.). Demnach hatte Mendelejeff bis zum Dezember 1869 folgende Grundlagen für eine Gruppierung der Elemente ganz selbständig geschaffen: Als Grundeigenschaft der Elemente müssen die Atomgewichte (und nicht die Wertigkeiten) betrachtet werden; die Elemente lassen sich nach der Größe der Atomgewichte in ein »natürliches« System ordnen; man kann sie in eine einzige fortlaufende Reihe, in der Ebene, in einem kubischen oder spiralförmigen System gruppieren; zugleich gibt Mendelejeff mehrere Beispiele solcher nach aufsteigendem Atomgewicht fortlaufend geordneter Systeme; er spricht als erster aus, daß hierbei eine deutliche Periodizität der Eigenschaften auftritt, und zwar ist die Periodizität eine doppelte, an die paaren und unpaaren Reihen gebundene; die Größe des Atomgewichts bestimmt den chemischen Charakter des Elementes, z. B. die Zusammensetzung

der Oxyde, der Wasserstoffverbindungen usw., ferner: das periodische System gestattet eine Korrektur der Größe des Atomgewichts bekannter Elemente, und schließlich ermöglicht es, die Eigenschaften unbekannter Elemente vorherzusagen.

Da erschien im Jahre 1870 (datiert vom Dezember 1869) eine Abhandlung von Lothar Meyer (Ann. d. Chem., Suppl. 7, 354—364), betitelt: »Die Natur der chemischen Elemente als Funktion ihrer Atomgewichte.« Indem der Autor die älteren Arbeiten über die Gruppierung der Elemente kurz skizziert, sagt er wörtlich: »Vor kurzem hat Mendelejeff (Zeitschr. f. Chem. 1869, 405) gezeigt, daß man eine solche Anordnung schon dadurch erhält, daß man die Atomgewichte aller Elemente ohne willkürliche Auswahl einfach nach der Größe ihrer Zahlenwerte in eine einzige Reihe ordnet, diese Reihe in Abschnitte zerlegt und diese in ungeänderter Folge aneinander fügt. Die nachstehende Tabelle ist im wesentlichen identisch¹⁾ mit der von Mendelejeff gegebenen« (l. c. S. 355 f.). Diese Worte kann man wohl dahin deuten, daß das von Mendelejeff angewandte Prinzip, »die Elemente« einfach nach der Größe ihrer Atomgewichte in eine einzige Reihe zu ordnen und diese in Abschnitte zu zerlegen, die an einander gefügt werden, erstens ein neues und auch von L. Meyer vorher nicht benutztes war, und zweitens in der von ihm (1870) gegebenen Tabelle adoptiert wurde, diese also dem Grundprinzip nach mit der Mendelejeffschen Tabelle vom Jahre 1869 identisch sein mußte.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Mendelejeffsche Untersuchung — zeitlich vor der Mitteilung von L. Meyer liegend — diese ausgelöst und in ihrer Grundidee beeinflußt hat, sowie daß Mendelejeff seine Grundlagen viel weiter faßt und in seinen Schlußfolgerungen durchaus originell und kühn ist; schreibt doch L. Meyer selbst¹⁾, daß die wichtigen Prinzipien, wonach die Größe des Atomgewichts die (physikalischen und chemischen) Eigenschaften des Elementes bedingt, wonach das periodische Gesetz eine Verbesserung der Atomgewichte ermöglicht und eine Vorhersagung der Eigenschaften unentdeckter Elemente gestattet, daß all dies Mendelejeff »vor mir und wahrscheinlich überhaupt zuerst veröffentlicht hat.« Wenn Mendelejeff sagt, daß »die nach der Größe ihrer Atomgewichte geordneten Elemente eine deutliche Periodizität ihrer Eigenschaften zeigen«, so sagt nach ihm L. Meyer, daß die Eigenschaften der Elemente größtenteils periodische Funktionen des Atomgewichtes sind« (l. c., S. 358). Wenn Mendelejeff auf Grund des periodischen Systems eine Änderung der bisherigen Atomgewichte vorzunehmen sich berechtigt glaubt, so spricht L. Meyer

¹⁾ »d. h. in der Anordnung nach der Größe der Atomgewichte«; L. Meyer, diese Berichte 13, 263 [1880], s. a. 261.

warnend: »Es würde voreilig sein, auf so unsichere Anhaltspunkte hin ein Änderung der bisher angenommenen Atomgewichte vorzunehmen« (l. c.). Wenn L. Meyer sich auf die oben zitierten Zusammenstellungen vom Jahre 1864 beruft¹⁾, um nachzuweisen, daß er schon damals das periodische Gesetz im Sinn gehabt, so wird solches allerdings durch diese Zusammenstellung selbst uns durch seine oben zitierten Worte keineswegs bestätigt²⁾. Und wenn schließlich in späteren Jahren auf eine verbesserte Anordnung L. Meyers vom Jahre 1868 hingewiesen wird³⁾, so kann mit Recht gefragt werden, warum der Autor, wenn er die ganze Tragweite seiner Tabelle erfaßt hatte, wenn seine Ansichten abgeschlossen waren, solches überhaupt nicht zur Geltung gebracht hat⁴⁾. Man muß Mendelejeff beipflichten, wenn er sagt²⁾: »Mit Recht ist als Schöpfer einer wissenschaftlichen Idee derjenige zu betrachten, welcher nicht die philosophische, sondern auch die reelle Seite eines Gegenstandes erkannt hat, welcher die Sache so zu beleuchten wußte, daß jedermann sich von ihrer Wahrheit überzeugen konnte und sie zu einem Allgemeingut wurde.«

Den Arbeiten Mendelejeffs vom Jahre 1869 folgen nun rasch auf einander weitere Untersuchungen über das periodische System. Wir nennen zuerst den II. Teil seiner »Grundlagen der Chemie«, der 1870 erscheint und eine Anwendung des Systems bringt. Ferner ist zu erwähnen eine hierhergehörige Abhandlung »über Metallammoniumverbindungen« (Russ. Journ. **2**, 91, s. a. diese Berichte **3**, 422). Dann folgt eine experimentelle Arbeit »über die Stellung des Ceriums im System der Elemente« (Bullet. de l'Acad. St. Pétersbourg **16**, 45 [1870]), in welcher die spezifische Wärme des Ceriums, sowie diejenige des Indiums ($c = 0.050$ (Ce), bzw. 0.055 (In)) ermittelt wurden; die letztere Größe stimmt mit der gleichzeitig von Bunsen gefundenen ($c = 0.057$) überein, — hiernach wird das Atomgewicht für Ce = 138 und seine Stelle in der IV. Gruppe des periodischen Systems, für Indium aber das Atomgewicht In = 113 und seine Stelle in der III. Gruppe angenommen; früher wurde Ce = 92 und In = 75.6 gebraucht. Schon am 3. Dezember 1870 trägt dann Mendelejeff in der Russischen Chemischen Gesellschaft eine umfangreiche Untersuchung vor: »Über das natürliche System der Elemente und seine Anwendung zum Ermitteln der Eigenschaften unentdeckter Elemente« (vergl. diese Ber. **3**, 990—991 [1870]; Journ. Russ. Chem. Ges. **3**, 7, 25—56 [1871]).

¹⁾ L. Meyer, diese Berichte **13**, 263 [1880], s. a. 261.

²⁾ Vergl. Mendelejeff, diese Berichte **13**, 1800 [1880].

³⁾ Vergl. K. Seubert, Ostwalds Klass., **68**, S. 8, 153.

⁴⁾ Man vergleiche dazu die eigenen Worte Meyers anlässlich der Ansprüche Dumas', Ost. Klass., **66**, S. 29.

In dieser Abhandlung gibt der Autor eine neue Anordnung der Elemente, welche bisher nicht beachtet worden ist; wir reproduzieren dieselbe (S. 4747), da sie, bis auf einige verbesserte Atomgewichte und die Einschaltung der nullten Gruppe, unverändert noch heute gilt (vergl. S. 4747 die Tabelle vom Jahre 1905). Ferner enthält die Arbeit alle jene Daten in kürzerer Form, welche alsdann zu seiner berühmten deutschen Abhandlung auswuchsen: »Die periodische Gesetzmäßigkeit der chemischen Elemente« (Ann. d. Chem., Suppl. 8, 123—229 [1871]). Als Folgerungen seines periodischen Gesetzes stellt er nachstehende Anwendungen auf: 1. Zum System der Elemente, 2. zur Bestimmung des Atomgewichts ungenügend untersuchter Elemente, 3. zur Bestimmung der Eigenschaften bis jetzt unbekannter Elemente, 4. zur Korrektur der Größe der Atomgewichte und 5. zur Vervollständigung unserer Kenntnisse über die chemischen Verbindungsformen. Auf Grund von Atomanalogien spricht Mendelejeff dem Berylliumoxyd definitiv die Formel BeO und dem Metall das Atomgewicht $\text{Be} = 9$ zu; die langdauernden Debatten über diese Frage (Nilson und Pettersson [1880—1884]), Brauner, Humpidge, wurden erst 1884 zu gunsten Mendelejeffs entschieden. Das Atomgewicht des Urans wird von $\text{U} = 120$ in $\text{U} = 240$ umgeändert; diese Streitfrage wird 1882—1886 durch die Untersuchungen von Cl. Zimmermann endlich im Sinne Mendelejeffs erledigt. Das für Indium (s. o.) angenommene Atomgewicht $\text{In} = 113$ wird (1879) durch C. u. V. Meyer und 1888 durch Nilson und Pettersson aus der Dampfdichte des InCl_3 bestätigt. Das Atomgewicht für Cerium = 138 (s. o.) wurde 1875 von Bühlig, 1885 von B. Brauner genügend bestätigt. Ferner setzt Mendelejeff das Atomgewicht des Tellurs $\langle 128 \rangle 122$ sein; bekanntlich ist diese Frage trotz der Versuche Brauners (1889), Köthners, Staudenmayers, Bakers und Marckwalds (1908) auch zurzeit noch strittig. Alsdann ändert Mendelejeff die Reihenfolge der Atomgewichte von Berzelius und Frémy für $\text{Os} = 199$, $\text{Ir} = 197$ und $\text{Pt} = 198$ ab und setzt $\text{Au} > \text{Pt} > \text{Ir} > \text{Os}$; auch dies ist durch die Untersuchungen von Seubert (1871—1891), Mallet, Krüß u. a. bestätigt worden.

Schließlich gibt diese Abhandlung Mendelejeffs (von 1870—1871) Hinweise auf die Eigenschaften von noch unentdeckten Elementen, indem ausführlich drei Repräsentanten beschrieben werden: Ekabor [Eka = eins (im Sanskrit)], Ekaaluminium und Ekasilicium.

Über die ganze ausgedehnte Arbeit ist eine ungewöhnliche Fülle von wissenschaftlichen Goldkörnern — neuen Problemen und Experimenten — ausgestreut, sie ladet geradezu ein zur experimentellen Untersuchung; die Darstellungsweise packt uns durch ihre logische Aufeinanderfolge, ihre Übersichtlichkeit, ihre weiten Horizonte. Und

»Natürliches System der Elemente« von D. Mendelejeff.
(Vom 29. November 1870; vergl. Journ. Russ. Chem. Ges. 3, 31 [1871]).

	I. Gruppe	II. Gruppe	III. Gruppe	IV. Gruppe	V. Gruppe	VI. Gruppe	VII. Gruppe	VIII. Gruppe zur I. Gruppe über- gehend
Typische Elemente . . .	H = 1 Li = 7	Be = 9.4	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19	
Erste Reihe 1 Periode } » 2	Na = 23 K = 39	Mg = 24 Ca = 40	Al = 27.3 — = 44	Si = 28 Ti = 50?	P = 31 V = 51	S = 32 Cr = 52	Cl = 35.5 Mn = 55	Fe = 56, Co = 59 Ni = 59, Cu = 63
Zweite Reihe 3 Periode } » 4	(Cu = 63) Rb = 85	Zn = 65 Sr = 87	— = 68 (? Yt = 88?)	— = 72 Zr = 90	As = 75 Nb = 94	Se = 78 Mo = 96	Br = 80 — = 100	Ru = 104, Rh = 104 Pd = 104, Ag = 108
Dritte Reihe 5 Periode } » 6	(Ag = 108) Cs = 133	Cd = 112 Ba = 137	In = 113 — = 137	Sn = 118 Ce = 138?	Sb = 122 —	Te = 128? —	J = 127 —	
Vierte Reihe 7 Periode } » 8	—	—	—	—	Ta = 182	W = 184	—	Os = 193?, Ir = 198? Pt = 197, Au 197
Fünfte Reihe 9 Periode } » 10	(Au = 197) —	Hg = 200 —	Tl = 204 —	Pb = 207 Th = 232	Bi = 208 —	— U = 240	—	
Grenzform der O-Verbindung	R ₂ O	R ₂ O ₂ oder RO	R ₂ O ₃	R ₂ O ₄ od. RO ₂	R ₂ O ₅	R ₂ O ₆ od. RO ₃	R ₂ O ₇	R ₂ O ₈ oder RO ₄
Grenzform der H-Verbindung			(RH ₃ ?)	RH ₄	RH ₅	RH ₅	RH	

doch hat weder der Schöpfer¹⁾ des Systems weiteres experimentelles Material uns geschenkt, noch hat die damalige chemische Welt dem System und seinen Konsequenzen sogleich das volle Verständnis entgegengebracht.

Wohl hatte V. v. Richter (s. o.) die Meinung ausgesprochen, »daß die interessante Formulierung Mendelejeffs nicht verfehlen werde, Aufmerksamkeit zu erregen«. Vorläufig trug sie dem Schöpfer nur Prioritätsstreitigkeiten und Reklamationen ein (diese Berichte 4, 348—352 [1871]; s. a. Ann. d. Chem. 168, 45; diese Berichte 6, 558 [1873]; 7, 128 [1874]; 8, 1680 [1875]). Wie hatte da Dumas' Vortrag in Ipswich ganz anders und sturmerregend gewirkt! Es gibt musterhafte Lehrbücher der anorganischen Chemie (z. B. Fittig und Cooke, beide vom Jahr 1875), die nicht einmal Kenntnis nehmen von dem periodischen System. So finden wir bei Kolbe²⁾ wohl die Dar-

¹⁾ Bis in die siebziger Jahre hinein bestand das ganze Mendelejeffsche Laboratorium aus zwei Zimmern, von denen das eine nahezu dunkel war; erst 1872, als er seine Gasuntersuchungen begann, wurde noch ein drittes Zimmer hinzugefügt, das Ganze hieß nun »Laboratorium für Allgemeine Chemie«. Noch 1871 führt er lebhaftige Klage über den Mangel an Mitteln; in einer Denkschrift schreibt er: »Unser Laboratorium muß auf eine Menge solcher Anschaffungen und Untersuchungen verzichten, durch welche die ausländischen Laboratorien nicht beengt sind. Wir dürfen gar nicht wagen, an die Anschaffung solcher kostbaren Apparate zu denken, wie z. B. eines großen Spektroskops oder einer Normalwaage und normaler Maße, von irgend einem komplizierten Apparat ganz zu schweigen . . . Wir haben weder eine vollständige Kollektion von Naturprodukten, noch auch die Mittel für Arbeiten mit seltenen Stoffen, da hierzu Hunderte von Rubeln erforderlich sind, unser Laboratorium aber am Jahreschluß — ein ständiges Defizit von Tausenden hat . . .« Diese Klage führt er gerade zu der Zeit, wo er das periodische System schuf. Wir verstehen, daß er in seiner großen Abhandlung wiederholt nur von kleinen Mengen (ungenügend gereinigter) seltener Elemente (z. B. Ce, In, Uran) spricht, mit welchen er seine Experimente hat anstellen müssen; wir sehen, wie er freigiebigst auf neue Probleme und Experimente hinweist und gleichzeitig erklärt, daß er das Prioritätsrecht ihrer Ausführung nicht für sich beanspruche; an mehreren Stellen hebt er hervor, daß er selbst einzelne Versuche angestellt und bestimmte Untersuchungen weiterführen will, so z. B. über Titanverbindungen, Zirkone, Bleidioxid als Base, Caesiummetall, Spektrum der Uranoxydsalze, ferner Versuche zum Auffinden des Eka-siliciums in Niob- und Titanverbindungen, sowie in dem Ilmenium Hermanns (vergl. über all dies: Ostwalds Klassiker, Nr. 68, S. 53, 58, 62, 63, 64, 76, 77, 81, 84, 85, 86, 88, 97, 98, sowie Journ. d. Russ. Chem. Ges. 3, 34, 39, 53 [1871]). Wir müssen leider konstatieren, daß alle diese Arbeitspläne aus Mangel an Mitteln und Arbeitskräften keine Verwirklichung gefunden haben.

²⁾ H. Kolbe, Lehrb. d. anorgan. Chem., S. 79 [1877].

legung der »Triaden«, alsdann folgt aber folgendes Mahnwort: »Der Naturforscher muß sich . . . hüten, das Experiment durch Spekulation zu ersetzen. Über solche Wahrnehmungen, wie die eben besprochenen (d. h. die »Triaden«), läßt sich viel diskutieren und philosophieren, und lassen sich leicht wohlfeile Hypothesen aufstellen . . .« Andere finden nur die Unvollkommenheiten des Systems heraus, so z. B. Mendelejeffs Landsmann N. Ljubawin¹⁾: »Jedoch all dies (d. h. neue Analogien, Vorhersagung von Elementen usw.) beweist noch nicht, daß irgend eine andere Gruppierung der Elemente solche Vorzüge nicht im selben Maße haben kann; und wenn dies auch kein anderes gegenwärtig mögliches System hätte, so ist nicht bewiesen, daß irgend ein System, das aufzustellen nach 20—30 Jahren möglich sein wird, dieses System in allen seinen Vorzügen nicht übertreffen wird . . .« »Allendlich sehen wir, daß das Gesetz der Periodizität nur ein roh angenähertes Gesetz ist, genau in derselben Weise wie die Hypothese von Prout«. Die Dritten wiederum stellen die Verhältnisse in einer Weise dar, die entschieden falsch ist; so z. B. sagt Michaelis²⁾: »Der erste Versuch dazu (d. h. zur Zusammenfassung der Regelmäßigkeiten in ein alle Atomgewichte umfassendes System) ging von Lother Meyer aus, dessen Ideen dann durch Mendelejeff weiter ausgebildet wurden . . .«

Der erste neben Mendelejeff, welcher das periodische System in einem Leitfaden der anorganischen Chemie anwandte und in weitem Maße durchführte, war V. v. Richter³⁾. Wie langsam sich gerade diese pädagogisch so wertvolle Nutzenanwendung einbürgerte, ersehen wir noch 1893, indem L. Meyer⁴⁾ sich beklagte, daß das periodische System der Elemente, »trotzdem man seine Berechtigung seit mehr als 20 Jahren anerkennt, teils gar nicht, teils nur unvollständig in Vorträgen und Lehrbüchern zur Geltung kommt«.

Man hat mit Recht gesagt, daß »die Entdeckung des Galliums als Inauguration des periodischen Systems betrachtet werden kann«. Als Lecoq de Boisbaudran⁵⁾ im August 1875 in der Zinkblende von Pierrefitte mit Hilfe des Funkenspektrums ein neues, »Gallium« genanntes Element entdeckt und kurz beschrieben hatte, veröffentlichte Mendelejeff⁶⁾ bereits im November dieses Jahres seine bestimmte Ansicht, daß »la manière dont il été découvert, le procédé de séparation

¹⁾ N. Ljubawin, Physikal. Chem. (Russ.), S. 416—418 [1877].

²⁾ Graham-Otto-Michaelis, Lehrb. d. anorgan. Chem. I, 1, 116 [1878].

³⁾ V. v. Richter, Leitfad. d. anorgan. Chem. (Russ.) 1874.

⁴⁾ L. Meyer, diese Berichte 26, 1231 [1893].

⁵⁾ Compt. rend. 81, 493, 1100 [1875].

⁶⁾ Mendelejeff, Compt. rend. 81, 969 [1875].

... et quelques propriétés décrites font présumer que ce nouveau métal n'est que l'ékaaluminium«. Gleichzeitig reproduzierte und ergänzte er die bereits 1870 für sein Ekaaluminium gegebenen Eigenschaften. Es entstand nun die brennende Frage: Werden die Behauptungen und Prophezeihungen Mendelejeffs durch das weitere Experiment bestätigt werden? »Um zu ermessen«, sagt Cl. Winkler¹⁾, »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 Gesetze der Periodizität gezogenen Schlußfolgerungen fehlte.« Mendelejeff hatte ein Atomgewicht $Ea = ca. 68$, ein spezifisches Gewicht = $6.0-5.9$, ein Atomvolum = 11.5 vorhergesagt. Lecoq de Boisbaudran fand zuerst eine Dichte = 4.7 ; als er jedoch nachher an einer größeren Menge des gereinigten Galliums die Messungen wiederholte, erhielt er den Wert = 5.96 ²⁾. Er sagt in diesem Anlaß: »Il n'est pas besoin d'insister, je crois, sur l'extrême importance qui s'attache à la confirmation des vus théorétiques de M. Mendeléef concernant la densité du nouvel élément«³⁾. Daran schloß sich die Bestimmung des Atomgewichts des Galliums; Lecoq³⁾ ermittelte $Ga = 69.9$, woraus das Atomvolum = 11.7 resultiert. »Rechnung und Befund hatten sich in überraschender, ja staunenerregender Weise gedeckt, und selbst die Ankündigung, daß die Flüchtigkeit des fraglichen Elementes dessen Entdeckung durch die Spektralanalyse erwarten lasse, war eingetroffen«⁴⁾.

Nach diesem ersten evidenten Erfolge der Mendelejeffschen Prognosen richteten sich aller Augen auf sein System. Dazu kam alsbald die Entdeckung eines weiteren Elementes, des Scandiums, durch Nilson (1879). Hatte man bisher in Frankreich und England keine Übertragung seiner ausführlichen Untersuchung (Ann. d. Chem. 1871) gehabt, so machte sich nunmehr das Bedürfnis geltend, diese Quelle eingehend zu studieren. Es erscheint eine französische Übersetzung (Moniteur scientifique, 1879); es wird auch eine englische Übersetzung (Chemical News, 1879) publiziert. Wenn Mendelejeff⁴⁾ noch im April 1880 schreiben konnte: »Ich gestehe, daß ich einen so glänzenden Beweis des periodischen Gesetzes, wie diese Entdeckung des Hrn. Lecoq de Boisbaudran, bei Lebzeiten nicht erwartet habe«, — so konnte er schon im Juni desselben Jahres auf einen weiteren Triumph blicken.

¹⁾ Cl. Winkler, diese Berichte **30**, 14 [1897].

²⁾ Lecoq de Boisbaudran, Compt. rend. **83**, 613 [1876].

³⁾ Compt. rend. **86**, 942 [1878].

⁴⁾ Mendelejeff, diese Berichte **13**, 1799 [1880].

Auf Grund eingehender Untersuchungen sprach nämlich Nilson¹⁾ aus, daß die Eigenschaften seines Scandiums mit denjenigen des Mendelejeffschen Ekabors übereinstimmen, »und es bleibt deshalb kein Zweifel übrig, daß mit dem Scandium auch das Ekabor entdeckt ist.« Da also die Eigenschaften des von Mendelejeff vorausgesagten Ekabors mit dem Scandium, ebenso wie des Ekaaluminiums mit dem Gallium zusammenfallen, »so bestätigten sich dadurch auf das augenscheinlichste die Spekulationen des russischen Chemikers, welche nicht nur die Existenz der genannten Grundstoffe voraussehen ließen, sondern auch die wesentlichsten Eigenschaften derselben im voraus anzugeben vermochten« (Nilson)¹⁾. Doch auch das letzte der drei vorhergesagten Elemente Mendelejeffs sollte bald greifbare Gestalt annehmen. Im Jahre 1886 glückte es Clemens Winkler²⁾, im Argyrodit ein neues Element aufzufinden, das er »Germanium« taufte und auf Grund der vorläufigen Untersuchung als ein dem Antimon analoges Element ansprach. Gleichzeitig erhielt aber der Entdecker von drei unabhängigen Seiten (V. v. Richter, Mendelejeff und Loth. Meyer) die Erklärung, daß das Germanium nichts anderes als das fehlende »Eka-silicium« Mendelejeffs sein müsse. Dies traf dann auch tatsächlich ein³⁾. Diese Übereinstimmung zwischen Prognose und Wirklichkeit ist geradezu frappant:

Eka-silicium Es (29. Nov 1870)	Germanium Ge (1886)
Atomgewicht = 72	Atomgewicht Ge = 72.3
spez. Gewicht = 5.5	spez. Gewicht = 5.469
Atomvolum = 13	Atomvolum = 13.2
spez. Wärme = 0.073	spez. Wärme = 0.076
Oxyd = EsO ₃ , Dichte = 4.7	Oxyd = GeO ₂ , Dichte = 4.703
Molekularvolumen = 22	Molekularvolumen = 22.16
Chlorid = EsCl ₄ , flüchtig, Sdp. ca 90°, Dichte = 1.9	Chlorid = GeCl ₄ , flüchtig, Sdp. 86°, Dichte = 1.887
Äthylverbindung = Es(C ₂ H ₅) ₄ , Sdp. 160°, Dichte = 0.96	Äthylverbindung = Ge(C ₂ H ₅) ₄ , Sdp. 160°, Dichte = ca. 1.0

¹⁾ Nilson, diese Berichte **13**, 1442, 1450 [1880]. Nilson hatte für das Scandium zuerst das Atomgewicht = 170 angenommen; dem entgegen sprach es Cleve (Compt. rend. **89**, 419 [1879]) als Ekabor an, was dann nachher von Nilson bestätigt wurde.

²⁾ Cl. Winkler, diese Berichte **19**, 210 [1886].

³⁾ Cl. Winkler, Journ. für prakt. Chem. [2] **34**, 177 [1886]; s. a. diese Berichte **30**, 15 [1897]. Der Kuriosität halber sei daran erinnert, daß der Name »Germanium« einen Entrüstungssturm erzeugte, da er »un gout de terroir trop prononcé« habe, auch mit »Geranium« verwechselt werden könnte, woraufhin von L. Meyer und du Bois-Reymond scherzhaft geraten wurde das Element doch »Angularium« zu taufen! (Diese Berichte **39**, 4530 [1907]).

Als Mendelejeff am 3. Dez. 1870 in der Russischen Chemischen Gesellschaft seine Abhandlung¹⁾ »Natürliches System der Elemente und seine Anwendung zur Ermittlung der Eigenschaften nichtentdeckter Elemente« vortrug, da sagte er: »Jedoch mir scheint es, daß am interessantesten unter den unzweifelhaft fehlenden Elementen dasjenige sein wird, welches zur IV. Gruppe der Analoga des Kohlenstoffs gehört, und zwar zur dritten Reihe. Es wird dies ein Metall sein, das sogleich auf Silicium folgt, und daher wollen wir es Ekasilicium nennen.« Darauf gibt er eine ausführliche Schilderung der Eigenschaften dieses Ekasiliciums, der wir die eben tabellierten Daten entnehmen.

Das Germanium ist ein besonderer Prüfstein des menschlichen Scharfsinnes und der divinatorischen Kombinationsgabe Mendelejffs. »Denn« — sagt Cl. Winkler — »einen schlagenderen Beweis für die Richtigkeit der Lehre von der Periodizität der Elemente, als den, welchen die Verkörperung des bisher hypothetischen »Ekasiliciums« in sich schließt, kann es kaum geben, und er bildet in Wahrheit mehr, als die bloße Betätigung einer kühn aufgestellten Theorie, er bedeutet eine eminente Erweiterung des chemischen Gesichtsfeldes, einen mächtigen Schritt ins Reich der Erkenntnis«²⁾. Mendelejeff³⁾ selbst hat dann auch die Auffindung des Germaniums als die wichtigste Bestätigung der Richtigkeit des periodischen Systems bezeichnet.

Daß das periodische System der Elemente in den Mittelpunkt des öffentlichen Interesses gerückt wurde, auch bei den exakten Wissenschaftlern Bewunderung erregte und in der Chemie selbst zu einem der fruchtbarsten Forschungsmittel sich gestaltete, kann wohl ohne Bedenken gerade diesem glänzenden Eintreffen der Mendelejffschen Prognosen zugeschrieben werden. Gewiß hat die stille Arbeit Lothar Meyers, des Mitschöpfers des periodischen Systems, einen bleibenden Wert; hat er doch in seinem klassischen Werk »Moderne Theorien der Chemie« mit seltener Liebe gerade die Wechselbeziehungen zwischen den Atomgewichten und den physikalischen Eigenschaften der Elemente eingehendst erforscht und anschaulich geordnet. Gewiß hat auch die von Mendelejeff besonders gepflegte chemische Seite, die durch das System gegebene Zusammensetzung der Oxyde und Hydrüre, eine weitreichende Bedeutung, und in seinen berühmten »Grundlagen der Chemie« ist diese Richtung des Systems vorbildlich entwickelt worden. Die Glanzleistung des periodischen Systems bleibt aber trotz-

¹⁾ Mendelejeff, Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 3, 25—56, insbesondere S. 49—53 (Ekasilicium) [1871].

²⁾ Cl. Winkler, Journ. für prakt. Chem. [2] 34, 183 [1886].

³⁾ Mendelejeff, Grundlagen der Chemie, S. 692 [1891].

dem die von Mendelejeff (bereits 1869) präzierte Anwendung zur Voraussage der Eigenschaften unbekannter Elemente und zur Korrektur der Atomgewichte bekannter elementarer Körper. Und so fällt schon 1885 W. Ostwald das Urteil, daß man nicht anstehen dürfe, »die Erkenntnis, daß die Eigenschaften der Elemente periodische Funktionen ihrer Atomgewichte sind, als einen der wichtigsten Fortschritte, welchen die wissenschaftliche Chemie in neuerer Zeit gemacht hat, anzuerkennen. Hat doch diese Betrachtungsweise ihre Feuerprobe mehrfach bestanden, sowohl in der Voraussagung der Eigenschaften noch unbekannter Elemente, wie durch die Fingerzeige zur Korrektur falsch bestimmter Atomgewichte«¹⁾. Es muß demnach zugegeben werden, »daß das periodische Gesetz neben dem Isomorphismus, dem Dulong-Petitschen und dem Avogadroschen Gesetz eine gleichwertige Stellung zur Bestimmung der wahren Atomgewichte einnimmt«¹⁾.

Wenn einst die leidige Prioritätsfrage die Gemüter erregte und Streitschriften schuf, so hat das alles gegenwärtig nur noch ein historisches Interesse. Wir beugen uns vor der Schöpferkraft sowohl eines Newlands, wie eines Lothar Meyer und eines Mendelejeff. Die chemische Welt hat die Rolle eines jeden von ihnen bereits eingeschätzt. So äußert sich der Geschichtsschreiber der neuesten Zeit, A. Ladenburg²⁾, folgendermaßen: »... Den Nachweis, daß die Eigenschaften der Elemente periodische Funktionen ihrer Atomgewichte sind, verdanken wir den Untersuchungen von Newlands, Lothar Meyer und Mendelejeff. Das Hauptverdienst gebührt unzweifelhaft dem letzteren, der zuerst in ganz allgemeiner Weise diese Beziehungen hervorhob, und, was für besonders wichtig erachtet werden muß, die Vorteile derartiger Betrachtungen klarlegte.« Dasselbe spricht mit anderen Worten V. Meyer aus: »Wir verdanken dieselbe (d. h. die Auffindung des natürlichen Systems der Elemente) vor allem aber dem Scharfblicke Demetrius Mendelejeffs. Neben der Titanengestalt des russischen Forschers sehen wir den Engländer Newlands und unseren Landsmann Lothar Meyer erfolgreich an der Begründung und dem Ausbau des Werkes mitarbeiten«³⁾. Was uns an Mendelejeff besonders fesselt, ist der »Scharfblick und die Kühnheit der Spekulation, die für alle Zeit Gegenstand staunender Bewunderung bleiben werden« (V. Meyer, 1883.)

¹⁾ W. Ostwald, Lehrbuch der allgemeinen Chemie, I, 812 [1885]; vergl. auch II. Aufl., I, 1119 [1893].

²⁾ A. Ladenburg, Vorträge über die Entwicklungsgeschichte der Chemie, S. 322 [1907].

³⁾ V. Meyer, Chemische Probleme der Gegenwart [1889].

Freilich hat Mendelejeff Vorgänger, sogar zahlreiche und mehr oder weniger erfolgreiche, gehabt. Wir sahen oben, daß solche Vorarbeit bis auf Richter (1798) zurückgeführt werden kann. Mendelejeff hat sie zum Teil gekannt, und da er weiß, »daß in der Ideenwelt, ebenso wie in der materiellen, aus Nichts — Nichts gemacht werden kann«, so bekennt er, daß es gerade Lenné und Dumas sind, die ihn angeregt haben, »ein reelles Gesetz zu suchen«¹⁾. Man muß aber Tilden²⁾ beistimmen, wenn er sagt: »But it would be only just to point out that a depth of conviction, which almost amounts to inspiration, carried Mendelejeff further in the study and application of the principle than any of his predecessors or contemporaries.« Die Royal Society of London hat denn auch 1882 sowohl Mendelejeff, als auch Lothar Meyer und 1887 Newlands durch die Verleihung der Davy-Medaille ausgezeichnet, während die Deutsche Chemische Gesellschaft Mendelejeffs Leistung anerkannte, indem sie ihn 1894 zu ihrem Ehrenmitgliede erwählte³⁾.

Mendelejeff ist ein nur wenigen Auserwählten beschiedenes Glück zuteil geworden; er hat sein 1869 entdecktes natürliches System in immer steiler ansteigender Linie an Verbreitung und Bedeutung wachsen gesehen, er hat die Erfüllung seiner sämtlichen kühnen Prognosen miterlebt. Über die Entdeckung der von Mendelejeff vorausgesagten Elemente fällt ein Ramsay (1903) das Urteil, daß sie »einen Triumphwagen unseres Meisters Mendelejeff bilden, noch köstlicher als denjenigen des seligen Basiliä Valentini«. Diese Entdeckung leitete aber auch einen Triumphzug der anorganischen Chemie ein. Nicht nur daß diese Großtaten der Chemie die allgemeine Aufmerksamkeit erregten, nicht nur, daß neues Interesse für die Chemie überhaupt geweckt wird, nein, die bisher vernachlässigte anorganische Chemie wird zu neuem Leben erweckt, neue Arbeitsfelder erschließen sich ihr und neue Arbeitskräfte strömen ihr zu. Die augenfälligen Erfolge des periodischen Systems sind 1892 die direkte Ursache für die Herausgabe einer neuen selbständigen »Zeitschrift für anorganische Chemie« durch Gerh. Krüß, die inzwischen bis zum 60. Bande gediehen ist; konnte schon 1895 V. Meyer sagen, daß das periodische System »durch den großen russischen Forscher zum Eckstein der neuen anorganischen Chemie« geworden sei, so gilt heute mit Recht

¹⁾ Mendelejeff, diese Berichte 13, 1803 [1880].

²⁾ Tilden, Scientific Chemistry, S. 96 [1899].

³⁾ Von einer analogen Ehrung L. Meyers mußte von vornherein abgesehen werden, da nach den Statuten der Gesellschaft »deutsche Chemiker« nicht zu Ehrenmitgliedern ernannt werden sollen.

das, was B. Brauner¹⁾ vom periodischen Gesetz sagt: »Damit hat Mendelejeff die moderne anorganische Chemie begründet, welche in der zweiten Hälfte ihres Bestehens mächtige Impulse von seiten der modernen physikalischen Chemie erhalten hat.« Heute durchzieht das periodische System wie ein roter Faden den Unterricht, sowie die experimentelle Forschung in der anorganischen Chemie; es bildet zugleich das Netzwerk, um welches sowohl in einem elementaren Grundriß, als auch in dem umfangreichsten Handbuch — sei es Roscoe-Schorlemmer, Moissan, Abegg — die Tatsachen sich systematisch gruppieren.

Nicht daß das periodische Gesetz und System vollkommen wären, restlos allen Tatsachen gerecht würden.

Als die Edelgase Argon und Helium entdeckt wurden, da schien zuerst ein offener Widerspruch gegen das periodische System vorzuliegen. Alsbald wurde aber die Existenz dieser inaktiven Gase eine weitere Bestätigung des Systems. Nicht nur daß das letztere den Meister experimenteller Forschung, W. Ramsay, veranlaßte, nach den schwereren Homologen des Argons zu suchen und sie auch zu finden, sondern alle diese Edelgase bildeten wegen ihrer Unfähigkeit zu Verbindungen eine »nullte« 0-Gruppe (Errera, Ramsay 1900). Mendelejeff²⁾ geht nun weiter und vermutet noch Elemente der 0-Reihe mit Atomgewichten, die weit geringer als das des Wasserstoffs sind. Ferner scheinen die Atomgewichte des Argons und Tellurs etwas zu groß zu sein und daher nicht in die Systematik zu passen; auch hierfür gibt Ramsay³⁾ eine plausible Deutung. — Schon 1889 sagte Mendelejeff:« Das periodische Gesetz harret nicht allein neuer Anwendungen, sondern auch der Vervollkommnungen, der Durcharbeitung im einzelnen und frischer Kräfte«; er sieht im Geiste noch viele neue Elemente, so Eka- und Dwicaesium (Ec = 175, Dc = 220), Ekaniobium = 146, Eka-tantal = 235, Ekamangan = 100, Trimangan = 190, Dwibor (sämtlich 1871 angedeutet), ein Ditellurium mit dem Atomgewicht 213 (1889), ein neues Element der Halogengruppe mit dem Atomgewicht etwa 3 (1905) usw. Noch 1905 kehrt er zu einem lang gehegten Problem, zu der Frage nach der Natur des Weltäthers, zurück¹⁾; er will ihn

¹⁾ B. Brauner, Das periodische System der Elemente von Mendelejeff. Leipzig (Oktober 1908).

²⁾ Mendelejeff, Grundlagen der Chemie, S. 613 [1906], Versuch zur chemischen Erkenntnis des Äthers [1905].

³⁾ Ramsay und Travers, Ztschr. f. phys. Chem. **38**, 688 [1901]; Rydberg, Ztschr. f. anorg. Chem. **14**, 97 [1897].

chemisch erfassen, indem er ihn als erstes Element der 0-Gruppe und der 0-Reihe seines Systems betrachtet -- dieses Element x (zu Ehren Newtons »Newtonium« genannt) ist das leichteste, inaktivste und verbreitetste Element (Atomgew. = 0.00000096—0.00000000053), ihm folgt in der 1. Reihe der nullten Gruppe ein Element y »Coronium« (dessen Spektrum in der Sonnencorona deutlich sichtbar ist) mit einem Atomgewicht < 0.4 , dessen nächstes Homologes das Helium ($\text{He} = 4.0$) wäre. Zur Veranschaulichung geben wir die vom Jahre 1905 stammende Mendelejffsche Anordnung der Elemente (vergl. Tabelle S. 4757).

Trotz der vielen, das Hundert übersteigenden periodischen Systeme, die inzwischen bereits erschienen sind, Weiterbildungen oder Verbesserungen darstellen sollen und wollen, deren Aufzählung schon ganze Werke²⁾ füllt, wird man mit Pattison Muir³⁾ sagen können, daß Mendelejffs ausführliche Untersuchung vom Jahre 1871 (Ann. d. Chem. Suppl. 8) »is one of the most important contributions ever made to the advancement of accurate knowledge of natural phenomena« . . . »Mendeléeffs memoir of 1871 remains the foundation, and also the elucidation of the periodic classification of homogeneous substances.« —

Im Zusammenhange mit dem periodischen System steht die Hypothese von der Urmaterie. Gerade der glänzende Erfolg des ersteren hat bei zahlreichen Forschern als ein neuer Beweis für die Einheit der Materie gedient. Mendelejff hat dies wiederholt und kategorisch verneint; er bezeichnet diese Idee der Pythagoräer als eine Utopie und stellt strikt in Abrede, daß das periodische System der Elemente mit diesem »Überbleibsel klassischer Qualen des Gedankens« historisch verknüpft sei⁴⁾. Noch in der letzten Auflage seiner »Grundlagen« sagt er: »Je mehr ich Gelegenheit hatte, über die Natur der chemischen Elemente nachzudenken, um so mehr wandte ich mich ab von dem klassischen Begriff über die Urmaterie, wie auch von der Hoffnung, das erwünschte Erfassen des Wesens der Elemente durch das Studium der elektrischen und optischen Erscheinungen zu erreichen, und jedesmal erkannte ich immer eindringlicher und klarer, daß zuvor noch von der »Masse« und vom »Äther« eine Vorstellung gewonnen werden muß, die weit realer

¹⁾ Mendelejff, Versuch einer chemischen Erkenntnis des Weltäthers. (Russ.) [1905].

²⁾ Ich verweise auf die vorzüglichen Monographien von Venable, Periodic Law [1896] und Rudolf, Das periodische System [1904].

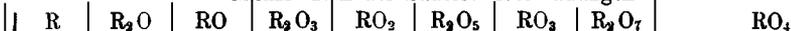
³⁾ M. M. Pattison Muir, A History of Chemical Theories and Laws [1907], S. 361 und 374.

⁴⁾ Mendelejff, Faraday Lecture, Journ. Chem. Soc. 55, 644 f. [1889].

Mendelejeffs periodisches System (1905).

Reihen	Gruppen der Elemente								
	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
0	x	—	—	—	—	—	—	—	
1	y	H 1.008	—	—	—	—	—	—	
2	He 4.0	Li 7.03	Be 9.1	B 11.0	C 12.0	N 14.04	O 16.00	F 19.0	
3	Ne 19.9	Na 23.05	Mg 24.3	Al 27.0	Si 28.4	P 31.0	S 32.06	Cl 35.45	
4	Ar 38	K 39.1	Ca 40.1	Sc 44.1	Ti 48.1	V 51.4	Cr 52.1	Mn 55.0	Fe 55.9 Co 59 Ni 59 (Cu)
5		Cu 63.6	Zn 65.4	Ga 70.0	Ge 72.3	As 75	Se 79	Br 79.95	
6	Kr 81.8	Rb 85.4	Sr 87.6	Y 89.0	Zr 90.6	Nb 94.0	Mo 96.0	—	Ru 101.7 Rh 103.0 Pd 106.5 (Ag)
7		Ag 107.9	Cd 112.4	Jn 114.0	Sn 119.0	Sb 120.0	Te 127	J 127	
8	Xe 128	Cs 132.9	Ba 137.4	La 139	Ce 140	—	—	—	— — —
9		—	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	—	Yb 173	—	Ta 183	W 184	—	Os 191 Ir 193 Pt 194.9 (Au)
11		Au 197.2	Hg 200.0	Tl 204.1	Pb 206.9	Bi 208	—	—	
12	—	—	Rd 224	—	Th 232	—	U 239		

Grenzformen der Sauerstoffverbindungen



Grenzformen der gasförmigen Wasserstoffverbindungen



ist als zur Zeit¹⁾. So konnte er auch an keinen Zerfall der Elemente denken, und wenn er das Radium und dessen Emanation mit dem Auftreten des Heliums und anderer Edelgase als eine der glänzendsten Entdeckungen bezeichnet, so ist sie auch eine der geheimnisvollsten, weshalb er äußerste Vorsicht anrät und sein eigenes Urteil zurückhält¹⁾.

¹⁾ Mendelejeff, Grundlagen der Chemie (Russ.), S. V und 735 f. [1906].

Untersuchungen über die Gase. Das Studium der drei Aggregatzustände beschäftigt Mendelejeff von seiner ersten selbständigen Arbeit an; schon seine Magisterdissertation »Über die spezifischen Volumina« (1856) enthält die Grundlagen zu seinen späteren Forschungen. »... Alle diese Tatsachen nähern einander die drei Zustände der Körper, zeigen, daß die Regelmäßigkeit in den Veränderungen des Gases nur eine scheinbare, schwer zu beobachtende ist, daß alle Körper, streng genommen, weder dem Gesetze von Mariotte, noch dem von Dalton gehorchen, — für feste, flüssige und danpfförmige Körper ist dies sehr klar, während für Gase es nur bei sorgfältigen Beobachtungen hervortritt« (l. c., S. 76). Experimentell tritt er an diese Probleme heran, indem er zuerst die Flüssigkeiten erforscht; bereits oben haben wir seiner zwei Arbeiten vom Jahre 1860 und 1861 gedacht: »Über die Ausdehnung homologer Flüssigkeiten«, sowie »Über die Ausdehnung der Flüssigkeiten beim Erwärmen über ihren Siedepunkt«. Die Studien von Andrews über die kritische Temperatur, sowie die Polemik Mendelejeffs und Andrews (1870) geben den äußern Anstoß, diese Probleme, den Zusammenhang zwischen Flüssigkeit und Gas neu zu durchdenken, und »in der von andern Beschäftigungen freien Zeit« beginnt er, nach seinen eigenen Worten, »die Mittel zu erwägen, mit deren Hilfe man vollständige und genaue experimentelle Daten über die Veränderung der Elastizität der Gase mit der Änderung der Volumina, der Temperatur und Natur derselben erlangen könnte«. Eine mit Schmidt und Kirpitscheff (1871) gemeinsam ausgeführte Experimentalarbeit »über die Pulsierpumpe« dient gleichsam als Vorläufer hierzu. Und mit dem Anbruch des Jahres 1872 widmet sich Mendelejeff während eines Jahrzehntes dem Studium der Gase; er betritt dieses klassische Arbeitsgebiet gerade zu einer Zeit, wo er die ausführliche, epochemachende Mitteilung über das »periodische System der Elemente« erledigt und damit ein wissenschaftliches Goldfeld erschlossen hat, dessen Reichtum und Abbaumöglichkeit zu experimenteller Arbeit förmlich heranlocken mußte. Man hätte daher am ehesten erwartet, daß Mendelejeff seine ganze Kraft diesem Arbeitsfeld zuwenden würde; er beweist aber durch sein Vorgehen, daß seine gleichzeitigen Interessen vielgestaltig sein können, und es ihm mehr auf die grüßzügigen, in ihren Umrissen noch undeutlichen oder in ihrer Erforschung schwierigen Probleme ankommt, als auf die aussichtssichere, bequeme Kleinarbeit. Seine eigenen Worte mögen diese Charakteristik vervollständigen: »Wie die Reisenden nicht nach denjenigen Teilen Afrikas streben, welche schon von anderen besucht und bekannt sind, sondern sich abmühen, dorthin zu gelangen, wo noch niemandes Fuß war, so zogen auch mich diejenigen Kenntnisse über

die Elastizität der Gase an, welche noch niemand kannte, oder welche nur kaum-kaum bekannt waren. Der unbekanntesten Seiten gibt es viele, aber unter ihnen muß man die wichtigsten und dabei zugänglichen aufsuchen. Studium und Instinkt helfen uns bei solcher Art Auswahl. (»Zu den Versuchen über die Elastizität der Gase«, 1881). — Bei seinen Gasstudien geht er von den klassischen Untersuchungen Regnaults aus, nach denen kein Gas in aller Strenge dem Boyle-Mariotteschen Gesetze folgt. Insbesondere ist der Wasserstoff bei gewöhnlicher Temperatur weniger zusammendrückbar; er dürfte aber bei gewissen höheren Drucken mehr, als dem Gesetz nach erwartet werden kann, sich zusammendrücken lassen, wie solches tatsächlich für die andern, teilweise verflüssigten Gase konstatiert worden ist. Demnach setzt Regnault voraus, daß die Gase bei starken Drucken sich mehr komprimieren lassen, als dem Gesetze entspricht. Im Gegensatz hierzu entwickelt nun Mendelejeff Anschauungen, nach denen die »Zusammendrückbarkeit der Gase, die anfänglich mehr oder weniger konform dem Gesetze von Boyle-Mariotte verläuft, bei einem gewissen Drucke sich verringern wird; demnach müssen alle beständigen Gase bei einem gewissen starken Drucke sich weniger zusammendrücken lassen, als dem Mariotteschen Gesetze entspricht.« Das Verhalten der Gase bei starken Drucken muß daher einem erneuten Studium unterworfen werden; doch auch die Elastizität der Gase bei sehr kleinen Drucken ist noch ungenügend erforscht. Hat nun das erste Problem zugleich eine große technische Bedeutung, da die stark komprimierten Gase als Kraftquelle in der Artillerie, in den Gasmaschinen usw. dienen, so sind die Daten über die Elastizität der stark verdünnten Gase nicht minder wünschenswert, insofern die letzteren sich der vorausgesetzten Materie des Himmelsraumes, die man als Lichtäther bezeichnet, nähern. In der Kaiserl. Russ. Techn. Gesellschaft findet er materielle Unterstützung für diese neuen, weit angelegten Untersuchungen, und im Jahre 1872 werden die Experimente begonnen. Unter Mitwirkung einer großen Zahl von geschulten Kräften — G. Schmidt, M. Kirpitscheff, A. Jeleneff, G. Pratz, N. Kajander, N. Jordansky, Th. Kapustin, W. Hemilian, J. Boguski, Frau K. Gutkowskaja — hebt nun ein Werk an, das durch die Scharfsinnigkeit der Methoden, die große Schar neukonstruierter Meßapparate, die Genauigkeit der Messungsergebnisse und den Aufwand von Energie unsere uneingeschränkte Bewunderung verdient. In rascher Aufeinanderfolge wird eine große Reihe von Abhandlungen veröffentlicht (vergl. die Bibliographie S. 4789 ff), die vom Fortschreiten der Arbeiten Zeugnis geben. Der erste Teil des Generalberichtes geht bis Dezember 1874 und erscheint unter dem Titel: »Über die Elastizität der Gase« (1875). Auf

etwa 280 Seiten (Großquartformat) und 12 Tafeln werden die bisherigen Ergebnisse und Apparate dargelegt. In neun Abschnitten werden nach einander abgehandelt: Die theoretischen Grundlagen über die Zusammendrückbarkeit der Gase und der Arbeitsplan; Entwicklung einer neuen Universalformel für die Gase, welche die drei Gasgrundgesetze umfaßt; Beschreibung der praktischen Methoden, die angewandt wurden, um die Apparateile zu befestigen, die Gase hermetisch abzuschließen, die Apparate zu trocknen, luftleere Räume zu erzeugen usw.; über Quecksilberbarometer, neue Methoden zu deren Herstellung, Beobachtung der Barometerhöhen, Auffindung der Fehler u. s. f.; der fünfte Abschnitt ist ganz der Beschreibung der Neukonstruktion des Differentialbarometers¹⁾ gewidmet; alsdann folgt das Studium der Glasröhren, die Darlegung neuer Kalibriermethoden, die Versuche zur Bestimmung des Widerstandes von Röhren usw.; im siebenten Abschnitt werden die Kathetometer abgehandelt und die Verfahren beschrieben, welche zur Bestimmung der Höhen von Flüssigkeitssäulen benutzt wurden. Im achten Abschnitt folgen die Versuchsanordnungen und -ergebnisse über die Zusammendrückbarkeit der verdünnten Gase: die Abweichungen vom Boyleschen Gesetz sind positiv, d. h. $\frac{d\{pv\}}{dp} > 0$, was als sicher gelten kann, während die Zahlen noch nicht umfangreich genug sind, um den empirischen Zusammenhang zwischen Volum und Elastizität genau zu formulieren; gleichzeitig werden die Versuche Siljeströms, die ein entgegengesetztes Verhalten ergeben hatten, diskutiert und kritisiert. Das Schlußkapitel dient der Beschreibung der ersten Versuche über die Zusammendrückbarkeit der Luft bei Drucken von 1—3 Atm.

Trotz der großen geleisteten Arbeit muß Mendelejeff seine Versuche nur als vorläufige betrachten; sie geben qualitativ das Verhalten wieder, erheischen aber zwecks quantitativer Formulierung neue, noch mehr verfeinerte Methoden, eine noch größere Genauigkeit, wie noch umfangreicheres Tatsachenmaterial. Als eine Verallgemeinerung der bisherigen Versuche und unter der Voraussetzung, daß die konstatierten Abweichungen in derselben Richtung bis ans Ende gehen, »läßt sich erwarten, daß bei einer gewissen, geringen Dichte des Gases die Elastizität desselben vernichtet sein, d. h. die weitere Ausdehnung aufhören wird. Dann wird man für die Erdatmosphäre das Vorhandensein einer wirklichen Grenze anerkennen müssen, was mit der

¹⁾ Alle diese Apparate zeichnen sich durch eine besondere Empfindlichkeit aus; so z. B. kann man an seinem Differentialbarometer — mit bloßem Auge und genau — die Höhenunterschiede der Gegenstände in einem Zimmer (Diele, Treppenstufen, Stühle usw.) ablesen.

Tatsache übereinstimmt, daß die Atmosphären der verschiedenen Himmelskörper unzweifelhaft verschiedene Gase enthalten, was nicht sein würde, wenn für die Ausdehnung der Gase keine Grenze gegeben wäre. Dann wird man auch anerkennen müssen, daß der elastische Weltäther des Himmelsraumes einen Stoff repräsentiert, welcher sich von den Gasen um ebensoviel unterschieden ist, um wieviel ein chemischer Elementarkörper sich vom anderen unterscheidet, d. h. daß sie nicht in einander übergehen. Wenn wir für die Ausdehnung der einfachen Gase eine Grenze annehmen, so werden wir in ihr die Grenzform der Materie erblicken; daher kann man nicht umhin, die Aufklärung dieser Seite der Frage über die Elastizität der Gase zu erstreben . . . Ich werde nur dann eine volle Befriedigung finden, wenn es mir durch meine Arbeiten gelingen wird, die Aufmerksamkeit auf den experimentellen Weg zu lenken, mittels dessen nach meinem Dafürhalten ein Begriff von der Grenze der Gasverdünnung und von der Natur des Äthers erhalten werden kann, des Lichtäthers, der von allen anerkannt, aber noch von niemand begriffen wird« (l. c., S. 9). Diese letzteren Worte vom Jahre 1875 sind insofern für Mendelejeffs Psyche charakteristisch, als eine seiner letzten Arbeiten nach drei Jahrzehnten lautet »Versuch einer chemischen Erfassung des Äthers« (1902 bezw. 1905).

Die Gasuntersuchungen nehmen also ihren Fortgang; neue Apparate müssen eronnen werden, die Versuche bei höheren Drucken sollen nach der Gewichts- anstatt der Volummethode ausgeführt werden; gleichzeitig tritt die Notwendigkeit hervor, auch die Gültigkeit des Gay-Lussacschen Gesetzes zu prüfen; daran schließen sich Untersuchungen »über die Ausdehnung des Quecksilbers nach Regnault«, Versuche »über die Depression des Quecksilbers in Röhren,« »über die Temperatur der oberen Schichten der Erdatmosphäre,« — es erscheint ein Werk »über barometrisches Nivellieren . . .« (1876), eine russische Übersetzung von »Mohns Meteorologie«, eine umfangreiche Studie »Materialien zur Beurteilung des Spiritismus!« (1876). Alle

¹⁾ Zu Beginn des Jahres 1875 trat in St. Petersburg epidemisch der Spiritismus auf. Im Frühjahr 1875 beantragte Mendelejeff in der Physikalischen Gesellschaft die Niedersetzung einer Kommission, welche unter Zuhilfenahme wissenschaftlicher Hilfsmittel die Realität der spiritistischen Erscheinungen untersuchen sollte. In den Bestand der Kommission traten u. a. folgende bekannte Physiker: Borgmann, Hesehus, Jegoroff, Krajewitsch, Petruschewsky, van der Fliet, Petroff, Latschinoff, ferner: Butlerow (der bekannte Chemiker), N. Wagner und A. Aksakoff — die letzteren drei als Anhänger des Spiritismus, sowie Mendelejeff. Diese Kommission hatte vom Mai 1875 bis März 1876 19 Sitzungen, auf denen die von Aksa-

diese heterogenen Schöpfungen gehören trotzdem zum selben Endziel! Die erwähnten Gasuntersuchungen veranlassen Mendelejeff, die Frage über die oberen Luftschichten unserer Erdatmosphäre zu studieren, da dort der Luftdruck geringer ist als auf der Erde, und ein genaues Studium der Luftschichten weniger durch Laboratoriumsversuche an verdünnten Gasen, als durch direkte Beobachtungen vom Aerostaten aus möglich ist. Die Kenntnis der oberen Luftschichten ist aber für die Meteorologie und für die fernere Entwicklung der Lehre von der Vorhersagung des Wetters von unzweifelhafter Bedeutung. Es ist nun eine alte Sehnsucht Mendelejeffs, »oberhalb der Wolken zu verweilen, dorthin die Meßinstrumente zu tragen.« Um die Mittel zur Anschaffung und Ausrüstung eines Luftballons zu beschaffen, entschließt sich Mendelejeff zu einer ungewohnten Maßnahme: in selbstloser Weise überweist er alle Einnahmen, die im Laufe von 5 Jahren von dem Verkaufe der genannten 5 Bücher (Gasuntersuchungen I. [und der zum Erscheinen bestimmte II.] Teil, Über barometrisches Nivellieren, Mohns Meteorologie, Materialien zur Beurteilung des Spiritismus) erhalten werden, zum Bau dieses Luftballons, indem er hofft, daß die Gesellschaft und der Staat seinen für die Wissenschaft und praktische Wetterkunde nützlichen Plan fördern werden. Tatsächlich stellt ihm das Kriegs- und Marineministerium, sowie die Kais. Technische Gesellschaft Geldmittel in Aussicht. Unter diesen Vorbereitungen und günstigen Ausblicken brach das Jahr 1877 an; da erfolgte im Frühjahr 1877 die Kriegserklärung Rußlands an die Türkei, und während zweier Schreckensjahre war das Sinnen und Sorgen von ganz Rußland auf die Schlachtfelder gerichtet. Inter arma silent musae. . . Infolge dieser historischen Ereignisse sieht Mendelejeff die eine Richtung seines Arbeitsprogrammes auf unbestimmte Zeiten der Verwirklichung entrückt, — doch auch die andere Richtung, die Studien im Laboratorium, nähert sich einem unfreiwilligen Ende. Nach dem 1875 erfolgten Tode M. Kirpitscheffs traten zeitweilig

koff aus England bezogenen Medien Gebrüder Petty und Frau Clayer (das Medium Crookes) sich produzieren sollten. Unter Beobachtung aller Kautelen und Benutzung von besonderen (manometrischen) Tischen, sowie Meßinstrumenten kam die Kommission zu folgendem Endergebnis: »Die spiritistischen Erscheinungen entstehen durch unbewußte Bewegungen oder durch bewußten Betrug, und die spiritistische Lehre ist ein Aberglaube« (I. c., S. 60) Mendelejeffs Werk enthält nun alle hierauf bezüglichen Materialien und besitzt demnach einen bleibenden kulturhistorischen Wert; in Selbstironie äußert er: »Indem ich dieses Buch herausgebe, habe ich persönlich im Auge aerostatische und nicht spiritistische Aufstiege. Ich bemerke noch, daß wir bei Petty Materialisation sahen — es erschienen Speicheltropfen!«

andere Mitarbeiter an die Stelle; mit Begeisterung und Sachkenntnis wurden von ihnen neue Messungen bei sehr kleinen, sowie bei erhöhten Drucken ausgeführt, — mehrere knappe und vorläufige Mitteilungen (vergl. Bibliographie, 1875—1877) legen hiervon Zeugnis ab. Doch schon 1878 geben nach einander Hemilian, Boguski und Kajander ihre Stellungen im Mendelejffschen Laboratorium auf, um einen anderen Wirkungskreis aufzusuchen. Der Feldherr blieb einsam ohne Offiziere und Soldaten. Die Heranziehung neuer Mitarbeiter blieb aus; teilweise fehlte es an einer Schule für einen geeignet vorgebildeten Nachwuchs, teilweise waren die Gagenverhältnisse dieser Mitarbeiter zu bescheiden. Dazu kamen noch andere Faktoren. Trotz aller bisher angewandten Arbeit verschoben sich die Arbeitsgrenzen immer weiter, und die gewonnenen Messungsdaten erschienen immer mehr als Bruchstücke; andererseits wurden neue bahnbrechende Untersuchungen über die Gase bekannt, so z. B. die Verflüssigung der permanenten Gase (1877) durch Pictet und Cailletet. Nehmen wir dazu den lebhaften und nach neuen weiten Problemen hinstrebenden Geist Mendelejffs, so werden wir begreifen, daß die immer schwieriger werdenden und auf eine geduldige Kleinarbeit hinauslaufenden Gasuntersuchungen in ihrer bisherigen Gestalt von dem Meister nachgerade als Last und geistige Unfreiheit empfunden werden mußten. Freimütig entledigt er sich dieses Zwanges; nachdem er bereits vorher auf den Weiterbezug der Geldunterstützung von der Kais. Technischen Gesellschaft verzichtet hatte, gibt er 1881 die Weiterprüfung des Boyleschen Gesetzes auf, indem er gleichzeitig in dieser Gesellschaft eine Übersicht der (seit 1875) durchgeführten Untersuchungen gibt.

Diese bewundernswerten Arbeiten sind also unvollendet geblieben; man kann nicht umhin, solches zu bedauern; man muß aber auch bedauern, daß über den zweiten Abschnitt der Untersuchungen (von 1875—1878) kein zusammenfassender Bericht publiziert worden ist, trotzdem bereits 1875 die Drucklegung des II. Bandes angezeigt worden war. Während Hemilian das Produkt PV bei Drucken unter 760 mm und ca. 20° bestimmte; arbeitete J. Boguski unter Assistenz von W. Rudniew über die Werte von PV für Drucke von 760—3000 mm (bei ca. 20°) dagegen bestimmte N. Kajander den Ausdehnungskoeffizienten der Gase und bediente sich dabei eines von Mendelejff konstruierten Apparates, der Resultate von geradezu verblüffender Präzision lieferte; gleichzeitig untersuchte W. Kirpitscheff die mechanischen Deformationen des Kautschuks, während Frau Katharina Gutkowskaja die Capillardepressionen des Quecksilbers in gläsernen Röhren ermittelte. Über die meisten dieser Arbeiten sind nur kurze, die Messungsergebnisse behandelnde Mitteilungen

erschienen, während die geistvollen Messungsmethoden und Apparate, z. B. bei den Versuchen Kajanders, nachher keine detaillierte Beschreibung gefunden haben. Nach den brieflichen Mitteilungen eines seiner damaligen Mitarbeiter (Prof. J. Boguski) »machte der Chef persönlich keinerlei Experimente, sondern verfolgte nur aufmerksam die Arbeiten seiner Assistenten . . . Wir alle verehrten den Meister und arbeiteten mit Eifer und Hingebung, wofür als Beweis dienen mag, daß die normale Arbeit auch am ersten Weihnachts- und Osterfeiertag (d. h. den höchsten russischen Feiertagen) nicht ruht«. Boguski war es auch, der in Voraussicht der geplanten und oben erwähnten Ballonfahrt auf des Meisters Veranlassung die entsprechenden Meßinstrumente, und zwar die Aneroidbarometer, in einer großen und vielseitigen Arbeit studierte.

Doch auch in der unvollendeten Gestalt kommt den Gasuntersuchungen ein hoher wissenschaftlicher Wert zu; die volle Einschätzung, insbesondere die Verwertung seiner genialen Präzisionsmethoden und -apparate in der Physik ist zum Hauptteil ausgeblieben, weil die Details aus sprachlichen Gründen unzugänglich sind — die ausführlichen Publikationen sind in russischer Sprache erschienen, dann aber aus dem Grunde, weil der zweite Band der »Untersuchungen über die Elastizität der Gase« überhaupt nicht erschienen ist. Als positives Ergebnis seiner Untersuchungen betrachtet Mendelejeff »das Anwachsen des Produktes aus Volumen V und Druck P mit dem Anwachsen von P «, d. h. $\frac{d(VP)}{dP} > 0$; während der Wasserstoff bei allen Drucken diesem Gesetz gehorcht, zeigen die anderen Gase dieses Verhalten nur bei kleinen Drucken, also bei erheblicher Verdünnung. Dieses Ergebnis ist seinerzeit angezweifelt worden; erst neuerdings haben verschiedene Forscher, so z. B. Fuchs, van der Ven (1889), Ramsay (1889), Rayleigh (seit 1902) ebenfalls konstatiert, daß das Boyle'sche Gesetz bei kleinen Drucken nicht in aller Strenge gilt. In der Physik der Gase haben neue, lohnendere Probleme die Aufmerksamkeit der Forscher absorbiert, und eine große Zahl der von Mendelejeff angeregten Fragen harret noch ihrer künftigen Bearbeitung und Lösung.

In dem eben diskutierten Forschungsgebiet bewegt sich Mendelejeff ganz auf dem Boden der Physik. Der Physik, bezw. der Mechanik der flüssigen und gasförmigen Körper gehört auch seine nächste Arbeit an, die er als eine Monographie unter dem Titel »Über den Widerstand der Flüssigkeiten und die Luftschiffahrt« (1880) veröffentlichte. Dieses Werk kann nach fachmännischem Urteil noch heute als ein grundlegender Leitfaden für alle diejenigen dienen, welche mit Schiffbau, Luftschiffahrt oder Ballistik sich beschäftigen. Im Zusammen-

hänge mit all den erwähnten Forschungen steht auch die nächste Abhandlung Mendelejeffs »Über die Ausdehnung der Flüssigkeiten« (1884), welche an seine vor einem Vierteljahrhundert erschienenen (1860) gleichlautenden Untersuchungen anknüpft, bzw. die damals offengelassenen Fragen beantworten lehrt; er findet einen einfachen, der Gasgleichung nachgebildeten Ausdruck für die Ausdehnung der Flüssigkeiten, und zwar

$$V = (1 - kt)^{-1} = \frac{1}{1 - kt}, \text{ bzw. } D_t = D_0 (1 - kt),$$

worin k den sogenannten »Ausdehnungsmodulus« bezeichnet. Diese Formel stellt tatsächlich für eine Reihe von Flüssigkeiten mit Hilfe nur einer Konstanten die Erscheinungen der Wärmeausdehnung befriedigend dar. Trotzdem betrachtet Mendelejeff selbst diese Gleichung nur als ein Grenzgesetz, ähnlich wie das Boyle-Mariottesche Gesetz für Gase, also streng gültig nur für eine »ideale« Flüssigkeit. Die Bedeutung dieser Formel ist schon aus dem Grunde ersichtlich, daß sie eine Schar weiterer Untersuchungen und Anwendungen gezeitigt hat (Konowalow, Krajewitsch, Luther, Heilborn, Thorpe und Rücker¹⁾).

Das Wasser entspricht nun bei weitem nicht einer solchen »idealen« Flüssigkeit; dem Wasser wendet nun Mendelejeff eine erhöhte Aufmerksamkeit zu, indem er hofft, daß im Falle der Ermittlung einer genauen Formel für die Ausdehnung des Wassers es auch gelingen wird, »das wahre Gesetz der Ausdehnung der Flüssigkeiten, und folglich auch der Gase, zu erfassen«, — seine Untersuchung »Über die Änderungen der Dichte des Wassers« (1891) strebt diesem Ziele zu. Denselben Probleme sind auch zwei weitere Untersuchungen unter dem gleichen Titel gewidmet (1895 und 1897), die eine Verwertung der exakten Messungen von Thiesen, Scheel und Diesselhorst an der Berliner Reichsanstalt bezwecken. Diese letzteren Arbeiten Mendelejeffs hängen bereits mit seiner neuen Stellung als Präsident der Russischen Hauptpalate für Maße und Gewichte (d. h. der Russischen Reichsanstalt) zusammen; er widmete sich ganz den Zwecken dieses Instituts, und seine ferneren Präzisionsmessungen sind mit dessen Aufgaben engstens verknüpft; wir nennen seine Untersuchungen: »Über das Gewicht eines Liters Luft« (1894), »Gewicht eines bestimmten Wasservolumens« (1895), »Über die Verfahren beim genauen Wägen« (1897), »Experimentelle Untersuchungen über die Schwingungen der Wage« (1898/99), »Zur Bestimmung der absoluten Anziehung der Erdschwere« (1907).

¹⁾ Vergl. auch Walden, Ztschr. f. phys. Chem. 65, 129 [1908].

Eine andere Gruppe der wissenschaftlichen Arbeiten betrifft die Lösungen. Die Frage nach dem Wesen der Löslichkeit beschäftigt ihn schon in jüngeren Jahren. Seine Stellung zu diesem Problem präzisiert er im Jahre 1861 (Organische Chemie) folgendermaßen: »Das Wesen dieser Erscheinung (d. h. der Auflösung) ist für uns durchaus nicht klar, weil sie einen Übergang darstellt zwischen den rein mechanischen Erscheinungen (Bildung der Gemische) und den rein chemischen (Bildung krystallinischer Legierungen, isomorpher Gemische, den Verbindungen mit Krystallisationswasser usw.)«. Gleichzeitig mit den oben erwähnten Arbeiten an homogenen Flüssigkeiten sintt er bereits in Heidelberg (1860) über diese neuen Experimentalaufgaben; er bestellt neue Pyknometer, beschafft sich ein Normalthermometer, eine genaue Wage und Normalgewichte, und macht dort schon einige vorläufige Messungen. Nach seiner Heimkehr setzt er diese Untersuchungen über die spezifischen Gewichte der Lösungen des Äthylalkohols in Wasser fort und veröffentlicht 1865 seine große Untersuchung »Über die Verbindung des Alkohols mit Wasser« als Doktordissertation. Diese Arbeit enthält nur einen geringen Teil des gesamten Zahlenmaterials; Mendelejeff hatte zwischen -15° bis $+50^{\circ}$ die Änderungen der Dichte von den mannigfaltigsten Alkoholgemischen bestimmt, gibt aber nur einen für $0-30^{\circ}$ geltenden Auszug. Von der erstrebten Genauigkeit in der Wiedergabe des empirischen Zahlenmaterials gibt die Schlußformel eine Vorstellung; sie nimmt ganze fünf Zeilen ein, und »trotzdem ist sie eine der einfachsten parabolischen Formeln, die die Größe von s_t (spezifisches Gewicht, in Abhängigkeit von der Temperatur t und dem Prozentgehalt p) mit einer Genauigkeit wiedergibt, welche den Versuchen zugänglich ist.« Die Genauigkeit seiner Versuchsdaten wird durch die Tatsache dokumentiert, daß in Holland, sowie in Deutschland¹⁾ (Kaiserliche Normaleichungskommission) und teilweise in Österreich die Resultate der Mendelejeffschen Untersuchung zur Grundlage der Alkoholometrie dienen. In dieser klassischen Experimentalarbeit sieht Mendelejeff von der Aufstellung eigener theoretischer Anschauungen ab; er steht ganz auf den Schultern seiner Vorgänger Ure, Rudberg und Kopp, — das Auftreten eines Maximums der Kontraktion erklärt er ebenfalls durch die Bildung einer bestimmten chemischen Verbindung. Dieses Maximum liegt nun bei einer Mischung, die 45.88 % Äthylalkohol und 54.12 Gewichtsprocente Wasser enthält, es ist unabhängig von der Temperatur (zwischen 0 und 30° liegt es immer bei derselben Mischung) und entspricht der chemischen Formel $C_2H_5.OH + 3H_2O$. Mendelejeff folgert daraus, »daß es unmög-

¹⁾ Vergl. Landolt-Börnstein, Physik.-chem. Tabellen, S. 361 [1905].

lich ist, eine solche Erscheinung irgend einer anderen Ursache, als der Bildung einer Verbindung zuzuschreiben, die stabiler ist als alle anderen. Diese Stabilität erklärt sich leicht aus der Analogie zwischen der Zusammensetzung derjenigen Lösung, welcher die maximale Kontraktion zukommt, und der Zusammensetzung der sogenannten bestimmten chemischen Verbindungen. Wie der Lösung mit der maximalen Kontraktion, so entspricht auch den bestimmten chemischen Verbindungen ein molekulares Verhältnis« (l. c., S. 96). Hiernach erscheint seine Auffassung gerechtfertigt, »daß die nach bestimmten Verhältnissen gebildeten chemischen Verbindungen nur einen Spezialfall der nach unbestimmten Verhältnissen gebildeten chemischen Verbindungen darstellen«. Seine Arbeit beschließt Mendelejeff mit der Aussicht, daß er die zwischen Wasser und Alkohol gefundenen Beziehungen auch an anderen Lösungen prüfen will, »zu deren Untersuchung bereits vieles vorbereitet worden ist, und an deren Studium ich bald heranzutreten gedenke« (S. 119 [1865]). Es vergehen jedoch zwei Jahrzehnte, ehe er seine Absicht ausführen kann. Neben den bereits geschilderten Arbeiten an den »Grundlagen der Chemie« und an dem »Periodischen System der Elemente« sind es die Untersuchungen über Gase und homogene Flüssigkeiten, welche ihn ganz fesseln. Die »Grundlagen der Chemie« geben ihm wiederholt Gelegenheit, die Lösungen zu besprechen; so äußert er sich (1869) in diesem Werke, daß »nur in dem verschiedenen Grade der Festigkeit der Unterschied zwischen den Lösungen im eigentlichen Sinne und den anderen Formen der chemischen Verbindungen erblickt werden muß«, daß demnach »auch in den Lösungen die Existenz ebensolcher Verbindungen nach bestimmten Verhältnissen zuzugeben ist«. Gelegentlich findet er, daß Kochsalz ebenfalls ein Hydrat bildet ($\text{NaCl} + 10\text{H}_2\text{O}$, vergl. Journ. Russ. Chem. Ges. 1, 9 [1869]), es ist dies das noch einmal von Guthrie (1875) entdeckte Kryohydrat (vergl. die Reklamation: Journ. 7, 147 [1875]). Gelegentlich bespricht er auch das »Krystallisations- und Hydratwasser« (Journ. 3, 249 [1871]). Und erst im Jahre 1884 tritt er, nun aber mit einer Schar schnell aufeinander folgender Arbeiten meist experimentellen Charakters, in ausgesprochener Weise an das Studium der Lösungen heran; als Abschluß derselben erscheint dann 1887 sein groß angelegtes Werk »Untersuchungen wäßriger Lösungen nach dem spezifischen Gewicht«. Von dieser Monographie sagt er selbst, daß »sie in Wirklichkeit eine Fortsetzung jener erwähnten Untersuchung (vom Jahre 1865) ist«. Die Veranlassung zu dieser neuen Arbeit ist in einigen kurzen Mitteilungen des Jahres 1884 zu finden. In einer kurzen »Notiz über Lösungen« (Journ. 16, 93 und 643 [1884]) behandelt er die Frage nach der Zusammendrückbarkeit

der Lösungen: aus den Daten Grassis findet er rückwärts die Druckgrößen, welche dem Übergange des Salzes in die Lösung entsprechen; so z. B. ergibt sich für jede Chlornatriummolekel, die in 100 Mol. Wasser sich löst, nahezu ein und derselbe Druck von 120 Atmosphären. Darauf folgt eine kurze Mitteilung »über den Zusammenhang der Dichte der Salzlösungen mit den Molekulargewichten der gelösten Stoffe« (Journ. 16, 184—187 [1884]); in derselben konstatiert er, daß die Dichten der Salzlösungen (1 Mol. auf 100 Mol. Wasser) deutlich mit den Molekulargewichten der gelösten Stoffe anwachsen. Diesen äußerst verdünnten Lösungen wendet sich Mendelejeff deshalb zu, »weil gerade in diesem Falle¹⁾ die größte Veränderung der Eigenschaften bemerkbar wird und dann die gelöste Substanz in einem ebenso zerstreuten oder verdünnten Zustande sich befindet . . . wie im Gaszustande . . . Wenn für die Dämpfe infolge der Entfernung der Molekeln einfache Beziehungen zwischen den Eigenschaften der Molekeln und dem Molekulargewicht auftreten, so kann man hoffen, daß auch für die Lösungen, insbesondere die stark verdünnten, eine ähnliche Einfachheit der Beziehungen existieren wird. Auf diesen Gedanken bringt uns auch die eben erwähnte Beziehung zwischen den Dichten der Lösungen und den Molekulargewichten der gelösten Stoffe. Derart muß man hoffen, für die nicht flüchtigen, gelösten Stoffe durch das Studium der Dichte der Lösungen eine Methode zur Ermittlung des Molekulargewichts zu finden«. Diese Erwägungen und Tatsachen veranlassen nun Mendelejeff, aufs neue einem möglichst genauen Studium der Dichte von Lösungen für verschiedene Lösungsmittel und Konzentrationen sich zuzuwenden (1884). Die nächsten Mitteilungen (Journ. 16, 455 [1884]; 18, 4, 64 [1886]) über die Dichte der Schwefelsäurelösungen lassen erkennen, welche Wege er einschlägt, wie er allmählich von dem oben skizzierten Gedankengang ganz abweicht. Die Zusammenfassung aller Arbeiten bringt dann das (520 Seiten starke) Werk »Untersuchung wäßriger Lösungen nach dem spezifischen Gewicht«.

Die Monographie vom Jahre 1887 verfolgt mehrere Ziele. »Indem ich als Hauptaufgabe betrachte, den Vorrat von Tatsachen, die sich auf die Abhängigkeit des spezifischen Gewichts der Lösungen von deren Zusammensetzung beziehen, zu sammeln und zu bear-

¹⁾ Die gesperrt gedruckte Stelle erinnert in gewissem Sinne an van 't Hoff's Vorstellungen über die idealen Lösungen (1887). Es ergibt sich aus dem ganzen Zitat, daß Mendelejeff ebenfalls nach Methoden der Molekulargewichtsbestimmung für gelöste Stoffe fahndete.

beiten, strebe ich bei meinen Untersuchungen . . . noch dahin, erstens diese Tatsachen den menschlichen Ansprüchen in der Laboratoriums- und Fabrikttätigkeit nutzbar zu machen, zweitens: wenn auch — durch eine Unterordnung unter Gesetze — diese Tatsachen nicht zu bewältigen, so doch wenigstens die Waffen dazu zu bereiten, damit der Sieg des wirklichen Wissens über die Tatsache in die Nähe gerückt sei, drittens trachtet meine Untersuchung dahin, unter der Masse der Fakta diejenigen herauszufinden, welche als die zuverlässigsten anzusehen sind.« Die Aufgabe ist riesengroß, wenn wir bedenken, welche Unsumme von Lösungen vorliegt. Mendelejeff beschränkt sich daher auf solche Lösungen, die nur aus zwei Stoffen bestehen, »deren einer wenigstens eine Flüssigkeit ist, die man das Lösungsmittel nennt«. Auch bei diesem eingeschränkten Programm sind insgesamt über 230 verschiedene Stoffe in ihren wäßrigen Lösungen eingehend auf die Abhängigkeit ihrer spezifischen Gewichte von der Konzentration und Temperatur abgehandelt worden: dabei muß er vorerst alle Angaben der spezifischen Gewichte unter einander vergleichbar machen, d. h. auf den luftleeren Raum und 4° zurückführen. Parallel damit stellt er eigene Messungen an, um Ergänzungs- und Kontrolldaten zu gewinnen; so z. B. über die Schwefelsäure (mit W. Pawloff), über die Hydrate der Schwefelsäure und des Alkohols (mit W. Tischtschenko), über Quecksilberchlorid (mit J. Schroeder) usw. Endlich bietet er uns seine theoretischen Grundlagen dar, mit deren Hilfe er diese geradezu erdrückende Fülle von Einzeldaten in ein System bringen will. Wie stellt sich nun Mendelejeff die Lösungen vor? Es ist nicht leicht, aus den vielen und umfangreichen, zudem über das ganze Werk zerstreuten Betrachtungen die Quintessenz herauszuschälen.

»Die Auflösung beruht auf der Fähigkeit des Lösungsmittels, mit dem gelösten Stoff ein dissoziierendes System zu bilden, und die Lösung ist ein Medium, in welchem eine Assoziation stattfindet zwischen den Molekeln, die von dem System des Lösungsmittels und des gelösten Körpers gebildet werden«. . . . »In der Lösung sind assoziiert die Partikeln des Lösungsmittels und seiner unbeständigen dissoziierten Verbindung mit dem gelösten Stoff, daher auch die Partikeln dieses letzteren. Bei gewöhnlicher Temperatur entstehen diese Verbindungen, bei ihr zerfallen sie auch«. . . . »Die Lösungen sind chemische Verbindungen, welche durch die zwischen dem Lösungsmittel und gelöstem Stoff wirkenden Kräfte bestimmt werden. . . . Da bei der Wirkung chemischer Kräfte die Molekulargewichte der reagierenden Körper eine sichtbare Rolle spielen, so muß als der rationellste Ausdruck der Zusammensetzung der Lösungen derjenige gelten, welcher diese Zusammensetzung durch chemische Formeln

oder molekulare Mengen der wirkenden Stoffe wiedergibt. . . .

»Die chemische Seite der Auflösung zeichnet sich deutlich ab und fordert gewisse Schlüsse, z. B. 1. Die Veränderung der Dichte muß proportional dem Produkte der Massen sein, d. h. muß durch parabolische Funktionen zwischen den bestimmten in den Lösungen sich bildenden Verbindungen ausgedrückt werden können, und 2. bei tieferen Temperaturen werden die Lösungen in bestimmte Verbindungen zerfallen«. Die letzte Folgerung gedenkt Mendelejeff in der Zukunft zu prüfen; die erste sucht er in seinem Werke einer Entscheidung zuzuführen. Während dieser mehrjährigen Prüfungsarbeit muß er mehrfach seine Ansätze und Methoden abändern und die bereits vollzogenen Rechnungen von anderen Gesichtspunkten wiederholen. »Erstens bemerkte ich »besondere Punkte«, die bei der Untersuchung anderer Eigenschaften — so bei den Änderungen der Ausdehnung, wie bei den Änderungen der Dichten — hervortraten, und sie erwiesen sich so nahe den Verbindungen nach bestimmten Verhältnissen, daß unwillkürlich die Hypothese sich einstellte über das Zusammenfallen dieser Punkte mit bestimmten Verbindungen zwischen Wasser und gelöstem Stoff. Zweitens traten mir beim Studium des Differentialquotienten $\frac{ds}{dp}$ oder der Zunahme des spezifischen Gewichtes s mit der Zunahme des Prozentgehaltes p Unterbrechungen der diese Quotienten wiedergebenden Kurven entgegen, und wiederum nahm ich unwillkürlich meine Zuflucht zu der Hypothese, daß die Stellen der Unterbrechung der Kontinuität zusammenfallen mit bestimmten Verbindungen zwischen Wasser und gelöstem Stoff«. Da nun solche Sprünge oder Unterbrechungen seit den Zeiten Daltons für das Vorhandensein eines Chemismus charakteristisch sind, so muß also ein solcher auch bei den Lösungen vorhanden sein; die Auflösung veranlaßt demnach die Körper zur Bildung bestimmter Verbindungen, und »auf diese Weise kann man die Lösungen mit der Atomtheorie in Einklang bringen«. Dies ist in Kürze der Weg, auf dem Mendelejeff seine bestimmten chemischen Verbindungen in den wäßrigen Lösungen, seine »Hydrate« ermittelt. Wir können hier keine Einzelheiten bringen (Beispiele finden sich in seinen Mitteilungen: Diese Ber. 17, 2536 [1884]; 19, 379 und 400 [1886]; Zeitschr. phys. Chem. 1, 273 [1887]). Dagegen müssen wir die weiteren Schicksale dieser Mendelejeffschen Hydrattheorie kurz skizzieren. In Rußland findet sie unter den besten Chemikern viele Anhänger, z. B. N. Beketoff, D. Konowaloff, J. Schroeder, W. Timofejeff, F. Flawitzky. Dagegen findet sie unter den maßgebenden Chemikern Deutschlands eine kritische, oft ironische Ablehnung. Der Zufall fügt es, daß sie gleichzeitig mit der osmotischen Theorie van't Hoff's und der elektro-

lytischen Dissoziationstheorie von Arrhenius erscheint. Und das ist der Hauptfehler der Hydrattheorie gewesen. Wäre sie etliche Jahre vorher oder ein Jahrzehnt später veröffentlicht worden, so wäre sie eines anderen Empfanges gewürdigt worden. Die Hydrattheorie der Lösungen erwacht nämlich gerade in letzter Zeit zu neuem Leben. Immer zahlreicher werden die Stimmen, welche in dem Lösungsvorgang einen Chemismus sehen und in den Lösungen die Existenz von bestimmten, mehr oder weniger stabilen Verbindungen, Molekularverbindungen zwischen gelöstem Stoff und Solvens, annehmen. Der Vorgang dieser Assoziation zwischen Lösungsmittel und gelöstem Körper, die »Solvatation«, tritt als wissenschaftliche Folgerung gerade bei vielen Physikochemikern der modernen Schule zutage. So lassen sich — um nur einige wenige Beispiele zu nennen — für Lösungsmittel gemische die Abweichungen vieler physikalischer Eigenschaften vom additiven Schema auf die Bildung von Molekularverbindungen zurückführen, z. B. bei den Dielektrizitätskonstanten (Drude, Philip, Bredig u. a.); die Abweichungen von den Forderungen der osmotischen Lösungstheorie werden direkt benutzt, um die Existenz und Zusammensetzung von Hydraten, Alkoholaten, Pyridaten, Ammoniakaten, Acetonaten usw. in konzentrierteren Lösungen zu ermitteln (Biltz, Jones, Bruni, Walden u. a.); die elektrolytische Dissoziationstheorie führt sowohl zu einer Solvatation des gelösten Elektrolyten, als auch zu einer Solvatation der Ionen (Ciamician, Ostwald, Kohlrausch, Bousfield, Jones, Lowry, van Laar, Abegg, Carrara, Walden, Werner, Walker, Steele, McIntosh und Archibald u. a.); die Weiterbildung der Valenzlehre greift direkt auf den Chemismus des Lösungsvorganges zurück und rechnet mit der Entstehung von Molekularverbindungen in den Lösungen (z. B. Werner, besonders R. Abegg). Kurz, gerade auf dem Boden der modernen physikalischen Chemie läßt sich heutzutage die Existenz solcher »Hydrate«, bezw. »Solvate« zwischen Lösungsmittel und gelöstem Stoff nicht mehr verneinen¹⁾. Gerade die amerikanische und englische chemische Welt ist für eine Vermittlung zwischen den modernen Lösungstheorien und der (teilweise modifizierten) Mendelejeffschen Lösungstheorie erfolgreich tätig; Werke, wie das unlängst erschienene von H. C. Jones: »Hydrates in aqueous Solution, Washington 1907«, beweisen die experimentelle Fruchtbarkeit solcher Forschungen; wissenschaftliche Turniere, wie die noch letzthin (1907) in der Faraday Society stattgefundene »General Discussion on Hydrates in Solution«,

¹⁾ Vergl. auch die jüngsten Untersuchungen von Kremann und Ehrlich, Monatsh. 28, 831 [1907]; s. a. Arrhenius, Theoret. Chemie, 19 ff. [1906].

zeigen die große theoretische Bedeutung des »Hydrat-Problems«. Ungeachtet der glänzenden Erfolge, welche die moderne physikalische Chemie in der Neuzeit errungen hat, ist Mendelejeff bis zuletzt (»Grundlagen der Chemie«, S. 422, 436, 524 usw. [1906]) seinen Anschauungen treu geblieben; »zwischen der Auflösung und den anderen gewöhnlichen Fällen chemischer Vereinigung besteht ein enger Zusammenhang, und den ganzen Unterschied kann man nur in der Größe der anziehenden Kraft oder Affinität sehen« . . . ; «die Lösungen sind bestimmte chemische Verbindungen, die im Zustande der Dissoziation sich befinden«. —

Nunmehr wollen wir uns den Arbeiten allgemeinen Inhalts zuwenden.

Es liegt zugleich etwas Heldenhaftes und Rührendes in den unablässigen Mühen und Sorgen, in dem Eifer und in den Vorschlägen, welche Mendelejeff anlässlich der kulturellen, ökonomischen und nationalen Hebung Rußlands betätigt. Von der Kindheit her, von der kleinen Glasfabrik seiner Mutter bewahrt er in seiner Seele das Interesse und Verständnis für wirtschaftlich-technische Fragen. Schon als Jüngling sucht er in den sechziger Jahren durch Übersetzung und Umarbeitung deutscher Werke über chemische Technologie das Erstellen einer nationalen Industrie anzubahnen. Im Jahre 1863 besucht er zum ersten Male das Bakuer Naphthagebiet und erkennt sofort die anormale Lage dieser Industrie. Als junger Professor erwirbt er sich (um 1865) ein kleines Landgut, und durch Wort und Vorbild, durch Versuchsfelder und gedruckte Anleitungen, Berichte usw. bemüht er sich um die Hebung der Landwirtschaft. Als er schon der Gelehrte von Weltruf geworden und inmitten der mannigfaltigsten exakten Messungen und theoretischen Fragen aus dem Gebiete der Physik und Chemie steht, da tritt er mit der ganzen Wucht seiner Persönlichkeit für eine Umgestaltung der Industrie ein; 1867 ist er auf der Pariser Weltausstellung mit dem eingehenden Studium der amerikanischen Petroleum-Industrie beschäftigt, und unmittelbar nach seiner Rückkehr publiziert er sein Werk »Über die gegenwärtige Entwicklung einiger chemischer Industrien in Anwendung auf Rußland« (1867), in welchem er u. a. für die schleunigste Aufhebung der Pacht der Naphthagebiete eintritt: das Ergebnis ist die Einsetzung einer Kommission beim Finanzministerium, an der er regsten Anteil nimmt; im Jahre 1876 begibt er sich nach Philadelphia zur Weltausstellung und studiert an Ort und Stelle die Petroleumgebiete Pennsylvaniens. — Kaum zurückgekehrt, sucht er wieder den Kaukasus auf und vergleicht die Fundorte beider Hauptvorkommen der Naphtha, sowie die beiderseitigen Gewinnungsmethoden. Die Resultate übergibt er der

Öffentlichkeit in seinem über 300 Seiten starken Werk »Die Naphtha-industrie im nordamerikanischen Staate Pennsylvanien und im Kaukasus« (1877): als wissenschaftliches Resultat erscheint seine Hypothese der Erdölentstehung aus den Carbiden des Eisens usw., welche Jahrzehnte hindurch Beachtung gefunden hat, bis sie neuerdings der hauptsächlich von Engler u. a. vertretenen Hypothese der organischen Provenienz hat weichen müssen. Im Jahre 1880 besucht er wiederum das Bakuer Naphthagebiet, um die inzwischen erfolgten Verbesserungen des Betriebes zu kontrollieren, und beginnt eine Reihe physikalisch-chemischer Untersuchungen der Naphtha (1880—1884). Es wird kein Irrtum sein, wenn wir sagen, daß gerade durch Mendelejeffs Eintreten für die Naphtha auch die gleichzeitigen Arbeiten von Beilstein, sowie von Markownikoff und Ogloblin ausgelöst worden sind. Die wissenschaftlichen Arbeiten Mendelejeffs über die Naphtha drängen jedoch sein Interesse für die technische Seite nicht zurück; er diskutiert die Frage: »Wo sind die Naphthafabriken zu errichten?« (vergl. Abhandlung 1881), er interessiert sich für die »Verbrennungswärmen der Kohlenwasserstoffe« und gibt eine korrigierte Formel für die Berechnung der letzteren (1882); er widmet seine Aufmerksamkeit der Erfindung von Lampen für schwere Naphthabrennöle (1883); er spricht seine »Ansicht über die Baku-Batumer Naphthaleitung« aus (1885) und durch sachgemäße Darlegungen über die »Naphthafragen« (1885), über die »Bakuer Naphthaindustrie« (1886), über die »Entstehung der Gerüche von einer Erschöpfung der Bakuer Naphtha« (1889) ist er unermüdlich tätig, die Kenntnisse über die Reichtümer der Naphthalager und das Zutrauen zu deren zukünftiger Weiterentwicklung zu erweitern und zu festigen. Der mächtige Aufschwung der russischen Naphthaindustrie während der letzten Jahrzehnte des vorigen Jahrhunderts ist ursächlich verknüpft mit dem Namen Mendelejeffs. Nachdem derart unter seinen Augen und seiner Mitwirkung ein neuer ökonomischer Machtfaktor Rußlands wohl begründet worden ist, wendet sich Mendelejeff in weiser Voraussicht einer anderen Reich-tumsquelle, der Steinkohle, zu; im Jahre 1888 unternimmt er eine Reise in das Donezgebiet, um diese enormen Steinkohlenlager und die Gewinnungsmethoden zu erforschen; im selben Jahr erscheint seine erschöpfende Untersuchung »Über eine Zukunftsmacht an den Ufern des Don. Weltbedeutung der Steinkohle des Donezbassins.« (1888); alsdann publiziert er »Über Maßnahmen zur Entwicklung der Donezer Steinkohlenindustrie« (1888). Neue Anregungen und technische Unternehmungen sind die Folge dieser Schriften. Als Ehrenmitglied des Konseils für Handel und Manufakturen am Finanzministerium wird Mendelejeff 1889 zur Teilnahme an den Beratungen über

einen neuen Zolltarif aufgefordert. Mit dem gewohnten Eifer stellt er sich in den Dienst dieser neuen Frage; nicht allein die ihm überwiesene chemische Industrie unterzieht er einem allseitigen Studium, sondern auch die auf den ganzen Zolltarif bezüglichen Probleme; er kommt zu dem Schluß, daß das Wesen der Besteuerung eine gründliche Änderung erfahren und die russische produzierende Industrie durch ein Protektionssystem gefördert werden muß. Nach seinen eigenen Worten wird er ein »überzeugter — aber kein fanatischer — Protektionist, d. h. Verteidiger einer breiten industriellen Entwicklung oder Gleichheit aller Länder, zugleich aber Anhänger einer vernünftigen Freiheit innerhalb des eigenen Landes.« Seine Ansichten legt er in einem umfangreichen Werke »Der kommentierte Tarif« (1891) nieder, — und am 1. Juli 1891 wird in Rußland der neue Zolltarif, Schutzztarif eingeführt. Diese Maßnahme, bezw. diese Mitarbeit Mendelejeffs hat eine internationale Bedeutung gehabt und auf die Industrie des westlichen Europas ihre Rückwirkung geäußert; in Rußland selbst hat sie neue Fabrikationszweige hervorgerufen, die teilweise mit ausländischen Kapitalien und ausländischer Intelligenz ins Leben traten. Im Frühjahr 1890 ergeht an ihn seitens des Marine-, sowie nachher seitens des Kriegsministeriums der Auftrag, den Typus eines rauchlosen Pulvers auszuarbeiten. Zu diesem Behufe wird er nach Frankreich und England abkommandiert; nach seiner Rückkehr und Ernennung zum Konsultanten am Marineministerium (1891) geht er in dem eigens errichteten Laboratorium an die experimentelle Bearbeitung dieses Problems und ist alsdann imstande, den geforderten und für alle Feuerwaffen geeigneten Typus des rauchschwachen »Pyrokollodium-Pulvers« fertig zu stellen. Mit der Erledigung dieser Aufgabe (1895) legt er auch das Amt des Konsultanten nieder. Im Jahre 1893 zieht es ihn nach Amerika, zur Weltausstellung in Chicago, über welche er seine Erfahrungen publiziert. Wiederum betätigt er sein Interesse für die heimatische Industrie. Als Vierundsechzigjähriger geht er 1897 an die Herausgabe eines groß angelegten Werkes »Grundlagen der Fabrikindustrie«; er selbst verfaßt den ersten der projektierten 10 Teile »Über die Brennstoffe« (1897), und bekundet sich als ein Meister in der Darstellung aller einschlägigen Fragen der Heizung, der Heizmaterialien, insbesondere der Naphthaprodukte, — er selbst verhehlt sich nicht die Schwierigkeiten für den Abschluß: »Ob meine Kräfte und alles übrige ausreichen werden, um das Werk zu Ende zu führen, vermag ich jedoch nicht vorauszusehen« . . . Dieses ist denn auch ein Torso geblieben. Für die landwirtschaftliche Industrie hegt er eine ebenso große Fürsorge und entwickelt (1899) seine »Gedanken über die Entwicklung« derselben. Ungeachtet der Last der

Jahre ist er 1899 sofort bereit, der Aufforderung des Finanzministers S. Witte Folge zu geben und eine mehrmonatliche Reise nach den Eisenbezirken des Urals zu unternehmen; er soll an Ort und Stelle feststellen, wo die wesentlichen Ursachen für die geringe Beweglichkeit der Eisenindustrie des Urals zu suchen und welche Mittel zur Hebung derselben anzuwenden sind. Er überwindet die Entfernungen, erduldet die Reisesträpazen und das Klima, die ihn in unwirtlichen Gegenden selbst mit Krankheit heimsuchen: nach dreimonatlichen ununterbrochenen Kreuz- und Querfahrten mit der Eisenbahn, mit dem Schiff und Tarantafß hat er ein enormes Material gesammelt, das er sogleich nach seiner Rückkehr verarbeitet, um bereits nach ca. 2 Monaten ein Werk dem Druck zu übergeben, das unter dem Titel »Die Uraler Eisenindustrie im Jahre 1899« erscheint und etwa 770 Druckseiten repräsentiert. Dieses Werk enthält eine Unsumme von statistischen, technischen, wirtschaftlichen Daten, ist überreich an Bildern und graphischen Darstellungen der Betriebe und verdient eine bleibende Beachtung als eine Monographie über die Industrie des Urals. Schon im nächsten Jahre 1900 schreitet er an die Herausgabe eines neuen Sammelwerkes »Bibliothek technischer Kenntnisse«; den ersten Teil »Die Lehre von der Industrie« verfaßt er selbst. Im selben Jahre ist er auf der Pariser Weltausstellung, die er als Mitglied der Preisjury eingehend zu studieren Gelegenheit hat, und über welche er sogleich Berichte in seiner Heimat publiziert (1900). Im Zusammenhange mit der Belebung und Sanierung von Rußlands Industrie und Landwirtschaft steht seine Fürsorge um die Volksbildung und Vorbereitung der Lehrer¹⁾; in beiden Fragen veröffentlicht er die Erfahrungen seines Lebens (1901 und 1906). Als Quintessenz seiner selten vielgestaltigen, arbeitsreichen und ununterbrochenen Tätigkeit, die ein halbes Jahrhundert umfaßt und neben viel Ehren und Erfolgen, sowie neben vielen Anhängern auch viel Anfeindungen und Gegner geschaffen, bietet er seit 1904 ein neues Werk »Verborgene (letzte) Gedanken« dar. In diesem so ganz persönlichen Werk behandelt er nach einander folgende Fragen: Über die Bevölkerung, den Außenhandel, die Fabriken und Industrieetablissemments; den beginnenden Krieg mit Japan, die Bildung, insbesondere die Hochschulbildung, die Ausbildung von Lehrern und Professoren, die Industrie und schließlich die

¹⁾ Die Frage nach der Ausbildung der Jugend lag Mendelejeff besonders am Herzen. Wiederholt hat er seine Anschauungen geäußert. Er findet, daß der Abschluß der Mittelschulbildung gegenwärtig zu spät erfolgt; sie soll nicht länger als bis zum 16. oder 17. Lebensjahre dauern und nicht wie jetzt, »wo man das Gymnasium in einem Alter verläßt, wenn Wunzen und Bart wachsen.« Um dieses zu erreichen, muß »aus den allgemeinen Kursen

zum Wohle Rußlands wünschenswerte Regierungsform. Im letzten Abschnitt wollte er seine persönliche Weltanschauung geben, in der Gestalt der drei Triaden: Stoff, Kraft, Geist; Instinkt, Vernunft, Wille; Freiheit, Arbeit, Pflicht.

Er enthält ihn uns vor, da er die Darlegungen noch nicht als druckreif betrachtet, und da die sich abspielenden Ereignisse — es ist Oktober 1905 — solche ernste Ermahnungen und Wahrheiten nicht als zeitgemäß erscheinen lassen. Rußland wird in seinen Grundfesten erschüttert und formiert sich neu: es findet der Friedensschluß zu Portsmouth statt, verschiedene »Freiheiten« werden dem Volke geschenkt, die ersehnte Volksvertretung (Reichsduma) ist zusammenberufen worden, — wägend und erwägend tritt Mendelejeff wiederum hervor, und indem er die Konsequenzen aus dieser staatlichen Umwälzung zieht, will er an der Hand der Zahlen Rußland sein Inneres, seine Bevölkerung und seine Schätze zeigen. Dieses neue Werk betitelt sich »Zur Kenntnis Rußlands« (1906); in demselben behandelt er nach einander: 1. Die allgemeinen Ergebnisse der allrussischen Volkszählung (vom Jahre 1897), d. h. Bevölkerungszahl, -verteilung und -dichtigkeit, Nationalitäten, Religionen, Schulbildung, Erwerbs- und Gewerbeformen, Industrie, Landwirtschaft, Produktion, Konsumtion, Einfuhr, Ausfuhr, in- und ausländisches Kapital; 2. die Ermittlung des Zentrums Rußlands, 3. die allgemeine Karte Rußlands. Die Bedeutung dieses Werkes ist schon daraus ersichtlich, daß es im Laufe von sechs Monaten noch zu seinen Lebzeiten vier Auflagen erlebte. Als Ergänzung und Abschluß dieses Werkes hatte Mendelejeff noch

der Gymnasien das Lateinische entfernt und dürfen weder Kräfte noch Zeit vergendet werden für die Versetzungsexamina.« Die Hauptaufgabe der Mittelschule muß »in der persönlichen Entwicklung der Schüler, in der Entfaltung ihrer bewußten Beziehung zur Umgebung und in der Ausbildung ihrer persönlichen Beobachtungsgabe, Aufmerksamkeit, Urteilskraft und Arbeitsfähigkeit bestehen.« Die sogenannte klassische Bildung und das klassische Weltbild sind ihm geradezu ein Greuel. »Die klassische Weisheit ist in alles Reale übergegangen, mit den klassischen Dummheiten sollte aber jetzt ein Ende gemacht werden. . . . Man möge schon lieber neuen Unsinn erdenken, als den alten wiederholen, nachdem er die Klassiker zur Unbeständigkeit sowohl im Denken, als auch in den sozialen Verhältnissen geführt hat.«

Die Organisation der Hochschule und die Ausbildung der künftigen Hochschullehrer hat ihn nicht minder beschäftigt. Als der Finanzminister Witte 1901 zur Organisation einer mustergültigen Technischen Hochschule in St. Petersburg schritt, da war es wiederum Mendelejeff, der als Nestor uns anderen Gliedern der Kommission (Menschutkin, Kurnakoff u. a.) mit seinem Rat beistand. Sein Hochschulideal war das »Pädagogische Institut,« in welchem er einst seine Ausbildung empfangen hatte.

einen Nachtrag bearbeitet, der als »Ergänzungen zur Kenntnis Rußlands« leider unvollendet nach seinem Tode (von seinem Sohne Iwan Mendelejeff) herausgegeben wurde und den nach eigener Methode bearbeiteten Abriß über die Bevölkerung der ganzen Erde enthält.

Es konnte nicht anders sein, daß ein Mann von so allseitigen Kenntnissen und Erfahrungen nicht nur von der Regierung, sondern auch von Privaten — Industriellen, Technikern, Erfindern usw. —, wiederholt um Rat und Beihilfe angegangen wurde. Tatsächlich hat er bei der Begründung und Einrichtung neuer Fabriken, bei der Einführung neuer Fabrikationszweige und bei der Ausarbeitung neuer Fabrikationsmethoden in zahlreichen Fällen mitgeholfen, indem er nur zeitweilig oder auch jahrelang wissenschaftlicher Beirat war, Gutachten ausarbeitete usw.

Die kurze Aufzählung und Skizzierung der vielen Arbeiten und Werke Mendelejeffs auf den Gebieten der chemischen Industrie, Wirtschaftspolitik, Volkskunde, Volksaufklärung usw. zeigt ihn uns als einen der markantesten Technologen und Nationalökonomien, einen der fruchtbarsten und maßgebendsten Patrioten, einen Mann der Öffentlichkeit, der durch Reden, Zeitungsartikel, Broschüren, Berichte, gelehrte Artikel und umfangreiche Monographien Reformen beantragt und Reformen herbeiführt; 1890 wollte er sogar eine große, zensurfreie Tageszeitung »Aufstieg« herausgeben, unterließ aber solches, da die Konzession nicht gewährt wurde. Sein Name und sein Wort übten oft eine faszinierende Wirkung aus, seine Persönlichkeit repräsentiert ein kulturelles Programm, das sowohl in den breiten Volksschichten, als auch bei der Staatsregierung eine weitgehende Beachtung findet.

Es ist erstaunlich, daß und wie Mendelejeff neben seinen sonstigen und an erster Stelle stehenden wissenschaftlichen Arbeiten und Pflichten immer wieder Zeit und Kraft findet für diese so ganz anders gearteten und auf eingehendster Sachkenntnis beruhenden Studien. Immer und immer wieder belebt ihn sein Glaube an die hohe Mission der Industrie als Kultur- und Machtfaktor der Völker. So sagt er (Komment. Tarif, 1891): »Die Waffen sind schon längst in der Scheide, obgleich sie, leider, bei allen bei der Hand sind; doch schon ist es klar, daß die Macht nicht in ihnen, sondern in den industriell-wirtschaftlichen Verhältnissen ruht. Durch diese, — und zwar weit mehr als durch ihre Kanonen und, sogar durch ihre humane Bildung — haben die Europäer begonnen, ihrem Einfluß die ganze Welt zu unterwerfen, ebenso wie sie durch ihre »Naturphilosophie« oder anticlassische Wissenschaft begonnen haben, alle Kräfte der Natur zu unterjochen. Nicht genug damit: wenn in der Ferne sichtbar ist das Flimmern der Morgenröte eines allgemeinen Friedens und

einer rechtmäßigen Verteilung der für alle Länder und Völker möglichen Wohlfahrt, so nicht anders, als vermittels derselben Industrie, da der Versuch der Geschichte gezeigt hat, daß zur Erreichung dieser Weisung des Evangeliums weder die konzentrierte Anspannung der Kriegsmacht, noch die mannigfaltigsten Formen des Landbesitzes, noch die höchste Entwicklung der Aufklärung ausreichend sind. . . .« Als Rufer in dem friedlichen Wettstreit gedenkt er, »den klassischen Pessimismus durch das lebendige Interesse für die Gegenwart zu ersetzen, den gutmütigen Faulenzer und hitzigen Raisonneur in einen ruhigen und tätigen Gewerbetreibenden oder Suchenden umzuwandeln, und die eifrigen Regungen des Verstandes, der Phantasie und des Herzens hinüberzuleiten zum friedlichen Auffinden der Pfade, die in die Bahn der realen, allgemeinen Wohlfahrt einmünden«, — und in der Entfaltung der Industrietätigkeit Rußlands erblickt der greise Seher »nicht allein Frieden und Einigung des Ostens mit dem Westen, sondern auch den Triumph des russischen Genius auf dem Wege des wirtschaftlichen Fortschrittes, und damit auch Reichtum und neue Macht des russischen Volkes«. (Grundlagen der Fabrikindustrie, 1897).

Diesem Ziele hat er mehr als 40 Lebensjahre nachgestrebt; in immer neuen Varianten hat er seine Mahnrufe ertönen lassen, um Rußlands Erwachen zu bewirken, — diesem Ziele wollte er noch weitere Ratschläge zufügen, als die Feder seinen starren Händen entsank; die letzten Worte des letzten Werkes »Ergänzungen zur Kunde Rußlands« (1907), das teilweise im Drucke war, teilweise noch als Manuskript unter seinen Händen sich befand, lauten: »Zum Schlusse halte ich für unerläßlich, wenn auch in ganz allgemeinen Zügen auszusprechen . . .«

Sein Vaterland und die Landesregierung haben dann auch nicht gekargt, diesen Liebling des Volkes und diese Zierde der Wissenschaft mit Ehren und Würden zu schmücken. Sein Landesherr hatte ihn bereits 1876 zum Wirklichen Staatsrat (und damit zur Exzellenz) ernannt, und 1891 folgte die Ernennung zum Geheimrat; gleichzeitig war er nach einander mit allen Ordensauszeichnungen dekoriert worden bis hinauf zu den erstklassigen des heiligen Stanislaus, der heiligen Anna und des Weißen Adlers; er war Ehrenmitglied des Konseils am Finanzministerium, Konsultant am Marineministerium, wirkliches Mitglied der Kaiserlichen Akademie der Künste in St. Petersburg. Die wissenschaftliche Welt Rußlands ehrte ihn als ihren Großmeister, er war Ehrenmitglied fast aller russischen Hochschulen und gelehrten Vereine. Das Ausland hat diesen Geistesriesen nicht minder ausgezeichnet; er war Doctor honoris causa der Universitäten zu Edinburgh, Oxford, Cambridge, Göttingen, Princeton; er war Mitglied

der Französischen, Dänischen, Ungarischen, Schwedischen, Belgischen und Serbischen Akademie und der Akademien von Berlin, Dublin, Rom, Bologna, Turin und Krakau; er war Ehrenmitglied der Royal Institution, der Deutschen Chemischen Gesellschaft, der Chemical Society; er war Inhaber der Davy-, Faraday- und Copley-Medaillen. Kurz, der volle, gelehrte Titel Mendelejeffs bestand aus mehr als hundert Würden. Insbesondere war es England und die englische gelehrte Welt, welche ihn in hervorragender Weise geehrt, welche seine Leistungen am frühesten eingeschätzt hatte. Tatsächlich besteht zwischen der ganzen Geistesrichtung Mendelejeffs und der Forschungsmethode der englischen Gelehrten ein gewisser Gleichklang. Mendelejeff selbst sagt, daß seine »persönlichen Ansichten in chemischen Fragen mehr nach der Seite neigen, auf welcher die englischen Ansichten sich befinden, wenn man in wissenschaftlichen Dingen nationale Nuancen unterscheiden darf«; er selbst gesteht, daß er am ehesten bei den englischen Forschern das Bestreben findet, »den großen Vorrat an Tatsachen mit den fundamentalen Forderungen der Naturphilosophie in Einklang zu bringen«, bei ihnen trifft er auch »den frischen Gedanken«, »die neue Wendung« und die »Empfänglichkeit für alles Neue und Selbständige«.

Mendelejeff ist ein echter Repräsentant des großrussischen Volkstypus. Auf den breiten Schultern der hohen Gestalt thronte ein großer Kopf¹⁾, der sein charakteristisches Gepräge erhielt durch eine lange — in der Jugend blonde — Haarfülle, eine hohe, breite Stirn und überaus lebhaft, hellblaue Augen. Das hellfarbige, regelmäßige Gesicht war umrahmt von einem (blonden) Vollbart. In seinem ganzen Wesen spiegelte sich sein lebhaftes Temperament wieder; bis in sein Greisenalter hinein war sein Gang rasch, die Bewegungen des Körpers, des Kopfes und der Hände waren schnell und nervös. Beim Sprechen lebte sein ganzer Organismus mit; die Stimme war von tiefem Klang; sie wechselte aber oft während der Rede und je nach der Stimmung, indem sie von tiefen zu hohen Noten überging; gleichzeitig entfaltete er ein ausdrucksvolles Mienenspiel und eine lebhaft gestikulation der Hände. Alles dies verlieh seinen Worten und Reden eine große Eigenartigkeit. Er war ein Feind aller Phrase und Pose, aller Popularitätssucherei und Effekthascherei, — und doch war er populär wie selten einer, und doch zog er alle in seinen Bannkreis, löste Span-

¹⁾ Nach dem Sektionsbefunde (durch Prof. Bechterew) steht das Mendelejeffsche Gehirn dem Gewichte nach an vierter Stelle aller bis jetzt gemessenen Gehirne berühmter Männer; die rechte Halbkugel unterschied sich nicht vom Gehirn gewöhnlicher Sterblicher, dagegen war die linke Gehirnsseite außerordentlich entwickelt.

nung und Begeisterung aus. Das Wort vom Professor als einem »Priester der Wissenschaft« ist in vollem Umfange auf Mendelejeff anwendbar. Ihm war die Wissenschaft eine hehre Göttin, in ihren Dienst stellte er sich mit Leib und Seele. Wie ein chemischer »Magus im Norden« stand er auf dem Katheder, und auch auf ihn bezieht sich die Goethesche Charakterisierung: »Alles, was der Mensch zu leisten unternimmt, muß aus sämtlichen vereinigten Kräften entspringen; alles vereinzelt ist verwerflich.« Von diesem Manne mit dem Charakterkopf, mit der massigen, vornübergebeugten Gestalt ging Leben aus und übertrug sich auf seine Zuhörer; sein Äußeres verkörperte seine Art und seine geistige Kraft. Und doch war er kein Redner im gewöhnlichen Sinne; das gesprochene Wort schien eher seinen Gedankenflug zu hemmen — oft abgerissen, nach den passendsten Wendungen suchend, kam seine an originellen, oft archaischen Wortbildungen reiche Rede von seinen Lippen. Es war nicht der Mangel, im Gegenteil, der übergroße Wortschatz, der ihn stets nach dem passendsten, prägnantesten Ausdruck suchen ließ, um seine improvisierten Gedankenreihen in der anschaulichsten und überzeugendsten Weise seinen Hörern zu übermitteln. Das Schwergewicht seiner Vorlesungen bestand in der Beleuchtung der physikalisch-chemischen Doktrinen, in der Betonung der Analogien und Unterschiede, in der Mithereinbeziehung ökonomischer, technischer und historischer Fakta. Nicht allein sein Ruhm als Bahubrecher in der Chemie zog die Scharen der begeisterten Jugend in sein Auditorium: gerade die ganz individuelle, impulsive Gedankenarbeit während des Vortrages selbst und die vollständige Hingabe an seine Wissenschaft waren es, die sowohl angehende Chemiker und Physiker, als auch Juristen und Philologen seinen Vorlesungen lauschen ließ, und in deren jungen Seelen er ideale Ziele und ernstes Streben weckte. Als Hoherpriester der Wissenschaft lehrte er: »Eine der wichtigsten . . . und sozusagen nützlichsten Seiten jeden Wissens bildet die Vorhersagung der realen Erscheinungen«. Seine optimistische Weltanschauung hatte er aus seiner jahrzehntelangen Arbeit im Reiche des Wissens geschöpft; er sagt von sich: »Mein Optimismus ist aus der Beschäftigung mit der Wissenschaft entstanden, und ich möchte ihn jedem einflößen, den es nach einem Trunke aus dieser Quelle dürstet, welche allen zugänglich ist und wahre Beruhigung inmitten des unruhigen Ozeans unseres Lebens spendet.«

Und sonderbar, obgleich es Mendelejeff an begeisterten Schülern nie gefehlt hat, obgleich es in Rußland geradezu ein Empfehlungsbrief ist, Mendelejeffs Schüler gewesen zu sein, obgleich er durch seine »Grundlagen der Chemie« und durch sein gesamtes Schaffen ein »Praeceptor Russiae« war, — eine eigentliche chemische Schule hat er

nicht gegründet. Der Ursachen mögen viele sein. Es ist schmerzlich, zu gestehen, wie kläglich das Laboratorium dieses Mannes war¹⁾, wie er immer wieder nach einer Erweiterung und besseren Dotierung desselben sich sehnen muß, ohne je dieses Ziel erreicht zu haben, wie gerade die ungenügende materielle Sicherstellung seine besten Mitarbeiter zum Broterwerbe in andere Berufe hineintreibt. Wir müssen jedoch auch in Mendelejeff selbst die Gründe suchen. Man kann kurz sagen: er hatte zu viele Ideen; sein lebhafter Geist führte ihm immer neue Probleme zu, seine wissenschaftliche Phantasie war unerschöpflich, seine Ausdauer bei engbegrenzten Fragen jedoch gering. Zum geduldrigen Experimentator fehlte ihm gerade die Ausdauer und vielleicht auch die Schulung, hatte er doch gerade die Gelegenheit, bei Altmeister Bunsen diese Schulung an sich durchzumachen, seinerzeit verschmäht. Als Experimentator war er eigentlich ein selfmademan, der alle Vorzüge und Mängel dieser besaß; er sah Schwierigkeiten, wo keine waren, er war aber auch imstande, wirkliche Fehlerquellen zu ignorieren. Und doch war er ein selten genauer und umsichtiger Beobachter, ein Genie im Erfinden von Apparaten und Meßinstrumenten, und besaß eine enorme Gewohnheit und Sicherheit in physikalischen Messungen. Ihm fehlte es an einer geeigneten Zwischenperson, die als wissenschaftlicher »Transformator« die hochgespannte Energie des Meisters für die Bedürfnisse des Laboratoriums und der experimentellen Verwendung seitens der Schüler umzuwandeln befähigt gewesen wäre. Tatsächlich hat Mendelejeff dieses Fehlen einer eigenen Schule sehr schwer empfunden; nach den Worten eines seiner Schüler und Mitarbeiter, Prof. Pawlow, hat dies ihn um so mehr niedergedrückt, als er stets den Mangel an Mitarbeitern auf dem Gebiete der anorganischen Chemie bedauert hat.

Sein lebhaftes, ungestümes Temperament führte ihm gerade unter der Jugend viele Verehrer zu, trat er doch oft genug für die Rechte und Freiheiten der jungen akademischen Bürger ein, — unter den alten schuf es aber ihm auch Widersacher. So kam es, daß im Jahre 1880 die St. Petersburger Akademie der Wissenschaften ihn bei der Wahl in die Zahl ihrer Mitglieder — durchfallen ließ, und als offenes Geheimnis erzählte die Fama, daß solches wegen seines heftigen und herrischen Charakters geschehen sei. Mendelejeff ist denn auch Mitglied aller bedeutenden Akademien der Welt geworden, die Akademie seiner Heimat hat ihn aber nicht zu ihren Mitgliedern gezählt; als sie ihn in späteren Jahren zur Wahl stellen wollte, lehnte er seinerseits die Ehre eines neuen Ballotements ab. — Er war lebhaft und leidenschaftlich in großen wie in kleinen Dingen. Als er

¹⁾ Vergl. oben S. 474S, Anm. 1.

in den sechziger Jahren unweit von Moskau ein kleines Landgut erworben hatte, da war er während der Sommerferien mit Leib und Seele praktischer Landwirt, der in seiner Troika mit den hellen Glöckchen in vollster Karriere dahinsauerte, — gleichzeitig war er aber der begeistertste Wissenschaftler, der durch Versuchsfelder und Schriften für eine Verbesserung der Landwirtschaft eintrat. Er war gleich interessiert, ob er wissenschaftliche Probleme diskutierte, oder ob er mit seinen Kindern Karten oder Krocket spielte. Eine besondere Vorliebe hegte er für das Schachspiel, das er gut beherrschte und als Erholung in seinem Heim häufig übte. Seine wissenschaftliche Arbeitsart war ebenso sprunghaft und leidenschaftlich. Er konnte, wenn eine wissenschaftliche Arbeit ihn beschäftigte, fast ohne Unterbrechung und ohne Speise arbeiten; gleichzeitig besaß er ein vorzügliches Gedächtnis und zeichnete sich durch eine enorme Literaturkenntnis aus. Erstaunlich war die Leichtigkeit, mit welcher er seine zahlreichen Werke, Artikel, Broschüren usw. verfaßte, sowie die Schnelligkeit, mit welcher er seine Gedanken schriftlich formulierte — das gesprochene Wort stand in einem auffallenden Gegensatz hierzu. Das Buffonsche Wort »le style c'est l'homme même« findet seine volle Anwendung auf Mendelejeff: der massigen Reckengestalt, die gleichsam vergangenen Zeiten anzugehören scheint und unsere Blicke unwillkürlich fesselt, entspricht ein massiger Stil, der — reich an archaischen Formen, fremdartig schön und ungewöhnlich klar — unseren Geist sofort gefangen nimmt. Diese phänomenale Schaffenskraft, dieser übersprudelnde Vorrat an geistiger Energie charakterisieren den jungen Mendelejeff, der (1856) unbekümmert um äußere Hindernisse in kürzester Frist seine umfangreiche Magisterarbeit und sein Magisterexamen erledigt, der (1861) im Laufe von etwa zwei Monaten so nebenbei ein mustergültiges Lehrbuch der organischen Chemie verfaßt; sie sind noch eigen dem alten Mendelejeff, der (1899) nach einer äußerst beschwerlichen, mehrmonatlichen Reise durch den Ural sogleich nach der Heimkehr ein über 700 Seiten starkes Monumentalwerk über die Uraler Eisenindustrie publiziert. Diese frappante Leistungsfähigkeit ist nur erklärlich, wenn wir seine Begeisterungsfähigkeit für die in Angriff genommenen Probleme, sein volles Aufgehen in die letzteren und seine Arbeitsweise in Betracht ziehen; Erholung und Schlaf wurden ganz vom Gange der Arbeit abhängig gemacht, — noch in späteren Jahren bevorzugte er die Arbeit während der Nachtzeit, indem er um 3—4 Uhr zur Ruhe ging und um 11—12 Uhr aufstand. Das Geschriebene war selten druckreif, doch wurde es vorläufig gesetzt, und erst an der Hand der Korrekturbögen ging der Meister an die endgültige Redaktion des Textes, vieles wurde da hinzugefügt, vieles ausgelassen und die Unebenheiten des Stiles ausgeglichen.

Diese Leidenschaftlichkeit und Begeisterungsfähigkeit äußert sich in allem, was er tut, sei es im gedruckten Wort, in Polemiken, sei es mündlich in Debatten und Disputen. Sie läßt ihn gelegentlich auch das Äußerste wagen, im Vertrauen auf seine Kraft tollkühn sein und seines Lebens nicht achten. Hier nur ein drastisches Beispiel: Im August 1887 trat eine auch in Rußland sichtbare Sonnenfinsternis ein. Zwecks Studiums der Sonnenkorona wünscht auch Mendelejeff dieselbe zu beobachten, das Kriegsministerium stellt ihm also einen Ballon zur Verfügung und gibt ihm als kundigen Führer den Luftschiffer Obersten Kowanko mit. Der Aufstieg¹⁾ soll bei der Station Klin (unweit Moskaus) erfolgen. Trotz des feuchten Morgens erwartet eine tausendköpfige Volksmenge das Schauspiel. Am Himmel beginnt es allmählich zu dunkeln und der Ballon wird zum Aufstieg bereit gemacht. Beide Fahrer besteigen den Korb, Kowanko erteilt den mit Beilen bewaffneten Bauern die letzten Befehle zum Durchhauen der Seile, — doch der Ballon erhebt sich nicht, da seine Hülle von dem starken Nachttau durchnäßt und zu schwer geworden ist. Sekunde um Sekunde verinnt und jede ist kostbar, da die Sonnenfinsternis nur wenige Minuten währen soll. Mendelejeff schlägt seinem Führer vor auszusteigen, als dieser zögert, macht er Miene ihn hinauszwerfen, erteilt kurz entschlossen den Befehl zum Durchhauen der Seile, und — erleichtert — steigt der nunmehr führerlose Ballon mit Mendelejeff allein in die Lüfte, um bald hinter den Wolken zu verschwinden Nach mehrstündigem bangem Harren trifft endlich die telegraphische Botschaft ein, daß der allverehrte Gelehrte glücklich im Jaroslawschen Gouvernement gelandet sei. Trotzdem es sein erster und letzter Aufstieg war, so verstand es Mendelejeff doch, alsbald seiner kritischen Lage Herr zu werden und sich soweit zu orientieren, daß er die gewünschten Beobachtungen machen und den Abstieg zur Erde, mit gewisser Gefährdungen seitens der Landbewohner, trotzdem wohlbehalten bewerkstelligen konnte. Zwei Tage später finden wir unseren Meister, gemeinsam mit seinem sprachkundigen Freunde und Kollegen N. Menschutkin, auf der Reise nach Manchester zum Kongreß der British Association! — Noch lange nachher erzählten sich die Bauernfrauen in den Dörfern, wie »Dmitri Iwanowitsch auf einer Blase geflogen und diesen selben Himmel durchbrochen hätte, wofür man ihn dann auch zum Chemiker gemacht habe.«

¹⁾ Als Mendelejeff von seinen Freunden auf die Gefahren der Fahrt im Luftballon aufmerksam gemacht wurde, gab er zur Antwort: »Vor dem Fliegen hab ich keine Angst, allein ich fürchte, daß beim Abstieg die Bauern mich für den Teufel ansehen und verprügeln werden«.

Wir wollen jetzt seinem privaten Leben und seinem Heim einige Worte widmen. Mendelejeff war zweimal verheiratet; als Dreißigjähriger begründete er seinen Hausstand; im Jahre 1881 trat er nach vollzogener Scheidung zum zweitenmal in die Ehe, indem er die 23-jährige Künstlerin Anna Iwanowna Popoff (Tochter eines Donschen Kosaken) heiratete. Aus der ersten Ehe hatte er eine Tochter und einen Sohn, aus der zweiten zwei Söhne und zwei Töchter. Seinen Kindern war er ein zärtlicher Vater und treuer Freund, der stets hilfsbereit und zugänglich war. »In meinem Leben habe ich viel erfahren, ich keune aber kein höheres Glück, als meine Kinder um mich zu sehen«, hörte man ihn wiederholt sagen. Mendelejeff besaß eine tiefe Empfindung und Kenntnis für Malerei und Musik; seine zweite Frau war Malerin, ihre Bilder schmückten sein Arbeitszimmer, sie war aber auch eine stimmungsvolle Klavierspielerin, und Beethovens Musik in ihrer Interpretation bildete eine ständige Erholung für des Meisters Geist. Während er ein emsiger Besucher aller Kunstausstellungen war, insbesondere die Landschaftsmalerei hochhielt und Bilderliebhaber war, hielt er sich vom Theater fern, — seine Hausgenossen hörten denn auch anlässlich ihrer gelegentlichen Theaterbesuche seine Vermahnungen, daß sie ihr Leben mit »Narrenpossen und Dummheiten« ausfüllten. — Zu der Geradheit und Offenheit seines Charakters gehörte die Schlichtheit und Natürlichkeit seines äußeren Menschen und seiner Lebensweise. Seine Kleidung war bequem und einfach — ein graues Jackett bei den Vorlesungen; und es bedurfte großer Überredungskünste, um ihn zum Anlegen eines seiner vielen Ordensterne und Ordensbänder zu bewegen; doch auch dann kam es vor, daß er bei feierlichen Anlässen wohl mit dem besten Frack, aber — in grauem Alltagsbeinkleid erschien. Da er die Häuslichkeit allen äußeren glänzenden Feierlichkeiten vorzog, so beteiligte er sich an denselben nur in den unumgänglichsten Fällen. Dagegen war er viele Jahrzehnte hindurch einer der emsigsten und bestgefürchteten Besucher der Sitzungen der Russ. Physik.-chem. Gesellschaft: seine enorme Sachkenntnis, sein geübter Blick, der ihn in der selbst fremden Materie sogleich den Kern erfassen und die Schwächen erspähen ließ, seine sarkastische, scharfe — oft sogar verletzende — und leidenschaftliche Art zu opponieren und schonungslos zu analysieren, waren von jedem Referenten aufrichtig gefürchtet, denn er schonte keinen; und doch waren seine Einwendungen geradezu ein geistiges Ferment; sie belebten die Sitzungen und beleuchteten die Arbeiten von ganz neuen Seiten, sie waren diktiert von der idealen Begeisterung Mendelejeffs für die Wissenschaft. Nichts Persönliches lag in dieser Art, und man konnte ihm nicht böse sein, wenn er schließlich — nachdem

er den Gegner in ein Häuflein Unglück verwandelt — sich gutmütig entschuldigte und sagte: »ich wollte ja Ihnen nur behilflich sein, die Sache aufzuklären«. Er war Mitbegründer (1868) dieser Gesellschaft; sie ernannte ihn (1880) zu ihrem Ehrenmitgliede »als einen Gelehrten, der nicht seinesgleichen finden wird in der russischen Chemie«, und er war schließlich auch ihr Ehrenpräsident.

Nach außen erschien er tatsächlich als ein unruhiger, zuweilen brüsker Charakter; wie er in der Wissenschaft kein Dogma ungeprüft anerkannte, so beugte er sich auch im Leben vor keiner Autorität. Den »Löwen in der Höhle«, wie man ihn zuweilen scherzweise nannte, fürchtete man, doch seine Königswürde wurde anstandslos anerkannt. Und doch war er ein gutmütiger, weicher und hilfsbereiter Mensch, der durch seinen Rat, sein Urteil und seine weitreichende Fürsprache zahlreichen Schülern und Mitarbeitern die Wege im Leben oder die akademische Karriere geebnet hat.

Dieser Reckenleib mit dem allumfassenden trotzigen Geist barg eine Seele, die im tiefen Mitgefühl sich aller Bedrückten, Schwachen und Hilflosen annahm; eine Seele, die ihn Zeit seines Lebens einen treuen Sohn der rechtgläubigen Kirche bleiben ließ, — besuchte doch der Priester an allen hohen Kirchenfesten sein Haus und spendete mit dem Kreuz den Segen; eine Seele, die ihn eine besondere Vorliebe für das Phantastische und Romantische hegen ließ. Täglich wurde mit gewohnter Genauigkeit um 6 Uhr das bescheidene Mittagmahl schnell eingenommen; Mehlspeisen und nach eigenem Rezept bereitete Grützen bildeten dessen Hauptbestandteil; geistige Getränke waren vom Tische verbannt (dagegen trank er gern und viel warme Milch und starken Tee). Nach dem Mittagmahl zog er sich in sein Arbeitskabinet zurück, um als leidenschaftlicher Raucher seine Zigaretten sich anzustecken, — diese pflegte er selbst zu drehen und ohne Mundstück zu rauchen, so daß der zweite und der dritte Finger der rechten Hand vom Tabaksrauch gelb gefärbt waren. Während dieser Erholungspause liebte er zu lesen oder sich vorlesen zu lassen, — besonderes Gefallen fand er an Romanen und Erzählungen aus dem Leben der Rothäute, sowie an spannenden Kriminalromanen und an Jules Verne, dessen Werke er mehrere Male durchgelesen hatte. Ein anderer, oft geübter Zeitvertreib bestand in Klebarbeiten: mit großer Virtuosität klebte er Albums, Futterale, Pappschachteln, kleine Reisekoffer, Schachbretter, Bilderrahmen usw. Sein Arbeitszimmer war mit Bildern und Büchern überfüllt. Bei einem so eigenartigen Charakter und so selbständigem Geist wie Mendelejeff hat gerade dieser Bilderschmuck eine besondere Bedeutung, aus dieser Umgebung tritt seine Persönlichkeit noch schärfer hervor. Die Bilder sind dann Vor-

bilder; sie verkörpern diejenigen Geistesgrößen, mit welchen man am liebsten Umgang pflegt, welche ihrem Schaffen und Wesen nach geistesverwandt sind oder als höchste Ideale vorschweben. Zur Charakterisierung Mendelejeffs wollen wir daher diese Umgebung kurz schildern¹⁾. Dem Eintretenden fiel sofort wegen ihres sichtbaren Standortes eine Gravüre auf, die den Heiland darstellte. Unter dem Christusbilde befand sich ein Kupferstich mit dem Bildnis Peter des Großen, und noch tiefer — ein Medaillonbild Alexanders II., des Zarbefreiers; um die beiden Herrscher gruppieren sich die Bilder von: Diderot, Suworow, Raffael, Beethoven und Lavoisier (rechts), Descartes, Gerhardt, Shakespeare, Dante, Glinka (links). Über der Eingangstür sah man die Bilder von Newton (ein Jugendbildnis), Galilei, Kopernikus, Graham, Mitscherlich, Rose, Chevreul und Newton (im Alter); an derselben Wand waren noch gruppiert: Wöhler, Krajewitsch (Jugendfreund Mendelejeffs), Woskresensky (sein Lehrer), Faraday, Berthelot und Dumas. Außerdem schmückten noch zahlreiche Familienbilder, sowie etliche akademische Gruppenaufnahmen u. a. diesen Raum.

Der schwächliche Knabe, der jahrelang kränkelnde Student, der von den medizinischen Autoritäten 1855 bereits aufgegebene Kandidat erreichte, dank seiner mäßigen und geregelten Lebensweise, ein Alter von 73 Jahren. Die unvermeidlichen Gebrechen des Alters waren Mendelejeff meist unbekannt. Nur das Sehvermögen begann in den letzten Lebensjahren zu versagen; trotz der Brille mußte er beim Lesen zu einer starken Lupe Zuflucht nehmen. Im Sommer 1903 ergab er sich mit heiterer Ruhe in sein Schicksal, über kurz gänzlich zu erblinden; seinem Sekretär diktierte er sein Werk »Verborgene (letzte) Gedanken«. Doch im Winter desselben Jahres unternahm Prof. Kostenitsch — entgegen der Meinung ausländischer Spezialisten — eine glücklich verlaufene Operation, — und bald vermochte der Greis wiederum mit Hilfe der Brille zu lesen. Mit neuer Freude schritt er an seine gewohnten Arbeiten. Im Januar 1904 beging er die siebenzigste Wiederkehr seines Wiegenfestes, begrüßt von seinen Schülern, Mitarbeitern und Verehrern aus der ganzen Welt. Doch da brach der schreckliche Krieg Rußlands mit Japan aus. Als glühender Patriot, der die ungehobenen Schätze und Kräfte seines Vaterlandes wohl kannte, der an dessen Kriegsglück fest glaubte, konnte er die Niederlagen und den Zusammensturz um so schwerer verschmerzen. Dazu kam noch der weit schrecklichere, innere Feind,

¹⁾ Die nachstehenden Details entnehme ich dem Werke seiner Nichte N. Gubkina »Familienchronik« (1908).

die Revolution . . . Enttäuschung, Hoffnungslosigkeit nehmen von seiner Seele Besitz, brechen seinen Glauben an die Größe seines Vaterlandes, beugen seinen Willen zum Leben. Der Glaube an ihn ist aber stark, die öffentliche Meinung bezeichnet ihn als den berufensten Mann auf den Posten des Ministers der Volksaufklärung. Eine böse Influenza entkräftet ihn; wohl sucht er 1906 Erholung und Lebensmut an der sonnendurchfluteten Riviera, doch schon nach der Heimkehr fühlt er das Todesnahe und beginnt (im August 1906) seine »autobiographischen Notizen« zu schreiben. Deren letzte Zeilen lauten also: »Ich begann meine Bücher und Papiere in Ordnung zu bringen — dies beschäftigt mich sehr — vor dem Tode, obgleich ich mich rüstig fühle . . . Im Herbst habe ich die »Chemie« (d. h. die letzte Auflage der »Grundlagen«) beendet, begann die vierte Auflage »zur Kunde Rußlands« und fuhr nach Cannes (2. Oktober 1906), weil ich von der Influenza sehr geschwächt bin. Die Geldfragen habe ich geordnet, wie vor dem Tode«.

Das Lessingsche Wort findet auch auf Mendelejeff Anwendung: »Zu einem großen Manne gehört beides: Kleinigkeiten als Kleinigkeiten und wichtige Dinge als wichtige Dinge zu behandeln.« Er hatte sein geistiges Vermächtnis, seine während des ganzen Lebens gesammelten Erfahrungen und seine geheimsten Wünsche und Gedanken seinem Lande übergeben, er hatte auch die Kleinigkeiten und Sorgen um seine Familie bedacht und geregelt, »wie vor dem Tode«. Zu Weihnachten war er noch frisch, mit besonderem Interesse spricht er von der projektierten Expedition Welmans im Luftballon zum Nordpol. Zu Beginn des Januar 1907 holt er sich eine Erkältung, welche eine Lungenentzündung zur Folge hat. Der Organismus hielt nicht mehr Stand, die Schmerzen nahmen zu, und schon am 18. Januar alt. St. entrang sich seiner Seele der Wunsch: »Ich bin des Lebens überdrüssig, ich möchte sterben«. Am 19. Januar trat zeitweilig Bewußtlosigkeit ein, trotzdem war sein Geist rege. Der Kranke bittet, daß man ihm laut vorlesen möge, — es wurde seines Liebblingsschriftstellers Jul. Vernes »Reise zum Nordpol« vorgelesen. Am 20. Januar alt. St. 1907, um 5 Uhr morgens, verschied D. Mendelejeff still am Herzschlage.

Die Kunde von dem Hinscheiden des großen Gelehrten trug noch am selben Tage der Telegraph hinaus in alle Welt, und hunderte und aber hunderte von Beileidsbeweisen trafen unmittelbar darauf ein. Von dem Kaiserlichen Landesherrn erhielt die Witwe folgendes Telegramm: »Indem Ich aufrichtig Ihren Kummer teile, spreche Ich Ihnen anlässlich des schweren Verlustes Mein herzliches Beileid aus. In der Person des unvergeßlichen Dmitri Iwanowitsch hat Rußland einen

seiner großen Söhne verloren. Nikolai«. Und in dem Telegramm des Grafen S. Witte hieß es von dem Toten: »In ihm verlor Rußland seinen Stolz, den großen Gelehrten und aufrichtigen Patrioten, die ganze Industrie — ihren besten Berater, die Regierung — einen bemerkenswerten Mitarbeiter, und wir, seine Freunde und Verehrer, den treuen Freund und besten Menschen«.

In Ehrung der Verdienste des Entschlafenen wurde auf Allerhöchsten Befehl die Beerdigung auf Staatskosten vollzogen. Am 25. Januar a. St. fand — in Begleitung einer vieltausendköpfigen Volksmenge — die Überführung der Leiche von dem Trauerhause (aus der Hauptpalate der Maße und Gewichte) in die Institutskirche des Technologischen Instituts statt; hier hatte einst der junge hoffnungsfreudige Mendelejeff als Professor gewirkt, hier kniete jetzt das Volk an seiner Bahre. Nachdem der Bischof unter Assistenz von sechs Priestern das Totenamt zelebriert hatte, nachdem die ergreifenden Weisen des Archangelskischen Sängerkhores verklungen waren, setzte sich barhäuptig der gigantische Trauerzug in Bewegung zum Wolkowofriedhof, — voran zwei Studenten, die eine Tafel des periodischen Systems trugen, ihnen schlossen sich die unübersehbaren Scharen der Zöglinge aller Hoch- und Mittelschulen der Residenz an, die auf ihren Händen den metallenen Sarg hinaustrugen, gefolgt von der Geistlichkeit und den Volksmassen. Auf dem Wolkowofriedhof, neben dem Grabe seiner Mutter und seines Lieblingssohnes, wurde Mendelejeffs irdische Hülle in die Erde gesenkt. Mit tiefer Erschütterung lauschte die Menge den letzten Abschiedsgrüßen, welche die Universitäten beider Residenzen, die russischen Chemiker, die Petersburger Stadtverwaltung und die Hauptpalate dem Andenken des Toten widmeten. . . Dumpf erdröhnten die herabfallenden hartgefrorenen Erdschollen, und über dem Mann, der das Höchste erstrebt und Großes geschaffen, wölbte sich nur noch ein kleiner Hügel. Bald entschwand auch dieser den Blicken, an seiner Stelle türmten sich ungezählte Kranzspenden aus Blumen und Edelmetall. — —

Die Saat der Aufklärung, die dieser große Säemann gestreut, wird aufgehen zur Wohlfahrt seines Vaterlandes; sein wissenschaftliches Schaffen ist aber ein bleibender Schatz der ganzen Welt. An seiner Größe fehlte nichts, er fehlt nun an der Größe des neuen Rußlands.

Riga, 1./14. Dezember 1908.

P. Walden.

Verzeichnis der 1854—1907 gedruckten Arbeiten Mendelejeffs.

- Chemische Analyse des Orthits aus Finnland (Verhandl. d. K. Russ. Mineral. Ges. zu St. Petersburg, **1854**, 234—239).
- Pyroxen aus Ruskiala in Finnland (ib., **1855—1856**, 207—209).
- Isomorphismus im Zusammenhange mit anderen Beziehungen zwischen Form und Konstitution. (Russ.) (»Berg-Journal«, **1855**, 229—400, 405—467). Dissertation zwecks Beendigung des Pädagogischen Instituts, **1856**, 234 Seiten.
- Spezifische Volumina. (Russ.) Dissertation auf den Magistergrad, **1856**, St. Petersburg, 224 Seiten.
- Thesen, aufgestellt zur Verteidigung bei der Magisterpromotion, **1856**, St. Petersburg.
- Neuheiten aus den Naturwissenschaften (Journal des Ministers für Volksaufklärung, **1857**, St. Petersburg).
- Über das Buch von E. Hofmann »Der nördliche Ural« (ib., **1857**).
- Über die Übersetzung der Chemie von A. Strecker (ib., **1857**).
- Über flüssiges Glas (ib. **1857**).
- Technische Artikel in den »Manufaktur- und Bergmännischen Nachrichten«, St. Petersburg, **1857**.
- Die neuesten metallurgischen Forschungen (Industrieblatt, **1858**, St. Petersburg).
- Über Rauchverbrennung, ib. **1858**.
- Über das Trocknen von Eiweiß (»Ökonomische Nachrichten«, **1858**, St. Petersburg).
- »Über den Zusammenhang einiger physikalischen Eigenschaften der Körper mit ihren chemischen Reaktionen« (Deutsch). (Bull. de la Cl. phys.-math., **17**, 49—68 [1858]).
- »Über die önanthol-schwellige Säure« (ib. **1858**, 350—352; sowie Lieb. Ann. **110**, 241—244 [1859], und im »Chemischen Journal von Sokoloff und Engelhardt«, **1**, 146—158 [1859]).
- Sur la cohésion moléculaire de quelques liquides organiques. (Compt. rend. **50**, 52 [1860]).
- Sur la cohésion de quelques liquides (Compt. rend. **51**, 97 [1860]; s. a. Bull. soc. chim., **1860**, 109) (Beide auch in der Zeitschr. f. Chemie **1860**). Ausführlich unter dem Titel: »Über die spezifische Kohäsion einiger organischen Flüssigkeiten«. (Russ.) Im »Chemischen Journal von Sokoloff und Engelhardt«, **3**, 81—97, 145—170 [1860].
- Über die Kohäsion einiger Flüssigkeiten und die Beziehung der Kohäsion zu den chemischen Reaktionen. (Russ.) (ib. **4**, 65—95 [1860]).
- Notiz über die Ausdehnung homologer Flüssigkeiten, Lieb. Ann. **114**, 165—169 [1860].
- Der Chemische Kongreß in Karlsruhe. Brief an A. Woskresensky (Russ., »St. Petersburger Nachrichten«, **1860**).
- Über die Ausdehnung der Flüssigkeiten beim Erwärmen über ihren Siedepunkt (»Absoluter Siedepunkt«), Lieb. Ann. **119**, 1—11 [1861], auch »Zeitschr. f. Chemie«, **1861**.
- Organische Chemie. (Russ.), (**1861**), 502 Seiten. Zweite Auflage: 1863, I—X, I—XXXI, 1—535 Seiten, St. Petersburg.

- Essai d'une théorie sur les limites des combinaisons organiques. St. Petersburg, Bull. de l'Ac. d. Sc. 4, 245—250 [1861].
- Optische Saccharimetrie. Arbeiten der Kais. Freien Ökonom. Ges. 52 Seiten, 1862.
- Technische Enzyklopädie (Technologie nach R. Wagner): übersetzt und ergänzt von Mendelejeff:
1. Darstellung von Mehl, Brot und Särke. 1862, 1—320 Seiten.
 2. Gewinnung des Zuckers. 1862, 1—274 Seiten.
 3. Branntweingewinnung und Alkoholometrie. 1862, 242—431 Seiten.
 4. Glasbereitung. 1864, 1—374 Seiten.
 5. Ölgewinnung. 1867, 1—132 Seiten.
- Analytische Chemie von Gerhardt und Chancel. Übersetzt und ergänzt von Mendelejeff. I. 1864, 1—547 Seiten; II. 1866, 1—395 Seiten.
- Über die Verbindung des Alkohols mit Wasser. (Russ.) Doktor-Dissertation. St. Petersburg 1865, 119 Seiten. (Teilweise abgedruckt in Pogg. Ann. 138, 103 und 230 [1869], sowie Zeitschr. f. Chemie, 1, 257 [1865]). -
- Über die Dichtebestimmungen der Gase und Dämpfe, 1866, 74 Seiten.
- Über die Organisation von landwirtschaftlichen Versuchen (Arbeiten der Kais. Freien Ökonom. Gesellsch. 2 [1866]).
- Programm von landwirtschaftlichen Versuchen (ib. 4 [1866]).
- Ester Bericht über landwirtschafliche Versuche (ib. 4 [1867]).
- Über die gegenwärtige Entwicklung einiger chemischen Industrien in Anwendung auf Rußland, 1867.
- Über einen neuen Kohlenwasserstoff aus Steinkohlenteer von Fritzsche und Mendelejeff (Arbeiten des I. Kongr. russ. Naturforscher, 1868).
- Über den Gärungsalkohol (-Propylalkohol). Zeitschr. f. Chemie 4, 25, [1868].
- Über die Nitrile (ib. 4, 658—660 [1868]).
- Grundlagen der Chemie. (Russ.) I. Aufl. 1868—1871, in 2 Bänden; 816 u. 951 Seiten.
- Über die Frage der Käsefabrikation in Artells. (Arbeiten der Kais. Freien Ökonom. Ges., 2, 3 u. 4 [1869]).
- Zusammenhang zwischen den Eigenschaften und dem Atomgewicht der Elemente (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 1, 35, 60—77, 229—230). Mitgeteilt am 6. März 1869.
- Über die Beziehungen der Eigenschaften zu den Atomgewichten der Elemente (Ztschr. f. Chem. 5, 405—406 [1869]; diese Berichte 2, 553 [1869]).
- Versuch eines Systems der Elemente nach ihren Atomgewichten und chemischen Funktionen (Journ. f. prakt. Chem. [1] 106, 251 [1869]).
- Über die Bestimmtheit der Zusammensetzung begrenzter gesättigter Lösungen. (Über das neue Salzhydrat $\text{NaCl} + 10\text{H}_2\text{O}$) (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 1, 9).
- Über das Atomvolumen einfacher Körper (Arb. des II. Kongr. Russ. Ärzte u. Naturf., 1869).
- Über Bodenanalysen (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 1, 227—229 [1869]).
- Über die Wärmekapazität und Komplexheit der Kohlenstoffmolekel (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 1, 216—217; 2, 10, 28—46; diese Berichte 2, 662—664 [1869]).

- Über die Berechnung der spezifischen Wärme chemischer Verbindungen (Ztschr. f. Chem. **6**, 200 [1870]).
- Über die Menge des Sauerstoffs in den Metalloxyden und über die Wertigkeit der Elemente (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **2**, 14—21 [1870]).
- Über die Stellung des Ceriums im System der Elemente (St. Petersb. Bull. de l'Acad. d. Sc. **16**, 45 [1870/71]).
- Metallammoniumverbindungen (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **2**, 91; diese Berichte **3**, 422 [1870]).
- Über die Unterstützung landwirtschaftlicher Arbeit (Arb. der K. fr. Ökonom. Ges. **2** [1870]).
- Thomsons thermochemische Untersuchungen und die falsche Folgerung von der Monobasizität des Schwefelwasserstoffs (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **2**, 129).
- Über die Expertise in Gerichtssachen (Juristische Nachrichten, **1870**).
- Bemerkungen zu den Untersuchungen von Andrews über die Kompressibilität der Kohlensäure (Pogg. Ann. **141**, 618 [1870]).
- Über die Konstitution der Thionsäuren (Poly-) (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **2**, 254, 276—286 [1870]; Ztschr. f. Chem. **6**, 626 [1870]).
- Landwirtsch. Arbeiten der K. fr. Ökonom. Gesellschaft. Zum Bericht über die chemische Bodenuntersuchung. **1870**.
- Über die Konstitution der Salpetrigsäureester und der Nitroverbindungen (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **2**, 292; **3**, 11—18 [1871]; diese Berichte **3**, 990 [1870]).
- Über die spezifischen Volumina von Kohlenwasserstoffverbindungen (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **2**, 292 [1870]).
- Über das natürliche System der Elemente und seine Anwendung zum Ermitteln der Eigenschaften unentdeckter Elemente (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **3**, 7, 25—56 [1871], mitgeteilt am 3. Dezember 1870; s. a. diese Berichte **3**, 990—991 [1870]).
- Zur Frage über das System der Elemente (diese Berichte **4**, 343—352 [1871]).
- Über spezifische Volumina der anorganischen Chloride (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **3**, 248).
- Die periodische Gesetzmäßigkeit der chemischen Elemente (Lieb. Ann. Suppl. **2**, 133—229 [1871]).
- Über den Einfluß der Zeit und Aufeinanderfolge auf den Gang chemischer Reaktionen (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **3**, 250).
- Notiz über die Frage nach der Reform der Gymnasien (St. Petersb. Nachrichten, **1871**).
- Über Krystallisations- und Hydratwasser (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **3**, 249).
- Über die Superoxyde (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **3**, 221, 284—286).
- Über die Vermehrung der Mittel des chemischen Laboratoriums der St. Petersburger Universität. **1871**.
- Über eine pulsierende Luftpumpe (gemeinsam mit M. Kirpitscheff und G. Schmidt) (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **4**, 34, 139—204 [1872], auch in Lieb. Ann. **165**, 63 [1872/73]; diese Berichte **5**, 328 [1872]).

- Zum Bericht der Kais. freien Ökonom. Ges. über den Einfluß der Düngung auf den Ernteertrag. **1872**, 33 Seiten.
- Grundlagen der Chemie. II. Aufl. 1. Bd., 827 Seiten [1872]. 2. Bd., 932 Seiten [1873].
- Atomgewicht des Yttriums (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 4, 7 [1872]).
- Über die Zusammendrückbarkeit der Gase (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 4, 102—103, 309—352; ausführlicher noch: Artillerie-Journal (russ.), Nr. 8 [1872]; s. a. diese Berichte 5, 332 f. [1872]).
- Antwort auf die Bemerkung von N. Lawroff anläßlich der Abhandlung: Über Wärmekapazität und Komplexheit der Kohlenstoffmolekel (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 4, 104).
- Über die Verifikation von Metern und Kilogrammen (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 5, 14 [1873]).
- Über die Drehwage und die Bestimmungen der mittleren Erddichte durch Bell (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 5, 15—16, 48).
- Über die Pulsierpumpe von Mendelejeff, Kirpitschoff und Schmidt (Lieb. Ann. **165**, 63, vergl. Nr. 71).
- Über die Anwendbarkeit des periodischen Gesetzes auf die Ceritmetalle. (Antwort auf die Arbeit von Rammelsberg) (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 5, 119—130, 135; s. a. Lieb. Ann. **168**, 45 [1873]; diese Berichte **6**, 558—560 [1873]).
- Über das Sieden des Quecksilbers in Barometerröhren (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 5, 189).
- Vorläufige Bemerkung über Höhenbestimmungen mittels eines neuen Differentialbarometers (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 5, 188, 255—256, 296—301; **6**, II, 84 [1874]).
- Über das Zerspringen (Zerreißen) von Glasröhren durch Druck (Zug) (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 6, 7—8 [1874]; diese Berichte 7, 126 [1874]).
- Über die Notwendigkeit des metrischen Systems für genaue Temperaturmessungen. Ein neues Naphtha-Luftthermometer (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 6, I, 8—9, II, 10—12; diese Berichte 7, 126—128 [1874]).
- Bemerkungen zu der Arbeit Groshans' über die Natur der Elemente (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 6, 59; diese Berichte 7, 128 [1874]).
- Über eine allgemeine Formel für Gase, die die Gesetze von Boyle, Gay-Lussac und Avogadro einschließt (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 6, 208—209; diese Berichte 7, 1455—1456 [1874]).
- Notice préliminaire sur l'élasticité de l'air raréfié (par Mendelejeff et Kirpitscheff) (Bull. de l'Acad. d. Sc. **19**, 466 [1874]).
- Über die Elastizität der verdünnten Luft. (Gemeinsam mit Kirpitscheff.) (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 6, I, 124—125, II, 72—73; diese Berichte 7, 486 [1874]).
- Über eine neue Form des Quecksilberbarometers (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 6, II, 84).
- Über die Versuche Siljeströms über die Zusammendrückbarkeit verdünnter Luft (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 6, I, 209, II, 126—131).
- Über Siljeströms Versuche zur Ermittlung der Dichtigkeitsveränderungen verdünnter Gase (diese Berichte 7, 1339—1344 [1874]).

- Über ein neues Vorkommen von Eisenerzen im Orloffschen Gouvernement (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **6**, 287—289).
- Über eine Quecksilberluftpumpe ohne Hähne und Ventile. (Gemeinsam mit Th. Kapustin.) (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **6**, I, 175—176, II, 120; diese Berichte **7**, 731—732 [1874]).
- Über die Anwendung des Manometers zur Messung von Meerestiefen (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **6**, II, 106).
- Bemerkung bezüglich der Erwiderung Hrn. Siljeströms (diese Berichte **8**, 744—745 [1875]).
- Eine Formel für die Ausdehnung des Quecksilbers (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **7**, II, 19, sowie 75—95; diese Berichte **8**, 540 [1875]).
- Über das Vorkommen des Sphärosiderits im Orloffschen Gouvernement (Journ. Russ. Phys.-chem. **7**, 49—51 [1875]; diese Berichte **8**, 262 [1875]).
- Über die Elastizität der Gase [1875] I. Teil, I—XVI, 1—263 Seiten und 12 Tafeln St. Petersburg (Russ.).
- Zur Erinnerung an Kirpitschew (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **7**, 145—147).
- Über die Luft (Russ., im Enzyklop. Wörterbuch von Beresin, **1875**).
- Vorschlag zur Bildung einer Kommission zwecks Untersuchung mediumistischer Erscheinungen (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **7**, II, 152—153; **8**, II, 1—2, 214—217).
- Über die Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten der Luft. (Gemeinsam mit N. Kajander.) (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **7**, 316, II, 323—327).
- Über Lösungen (Russ., lithographiert, St. Petersburg. **1875**).
- Über ein Differential-Thermometer (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **7**, I, 147, sowie II, 61—62; diese Berichte **8**, 539—540 [1875]).
- Über Salzhhydrate. (Zu Guthries Mitteilung über Kryohydrate und $\text{NaCl} + 10\text{H}_2\text{O}$.) (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **7**, 147—148; diese Berichte **8**, 540 [1875]).
- Über die Temperatur der oberen Schichten der Erdatmosphäre (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **7**, II, 260—265, 327—331).
- Über die Identität des Galliums mit Ekaaluminium (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **7**, 316—317, II, 331; diese Berichte **8**, 1680 [1875]).
- Über barometrisches Nivellieren und die Anwendung des Höhenmessers zu diesem Zweck. St. Petersburg. **1876**, I—VI, 1—184.
- Über den Unterschied in der Zusammensetzung verschiedener Schichten der Atmosphäre (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **8**, 9—10 [1876]).
- Remarques à propos de la découverte du gallium (Compt. rend. **81**, 969—972 [1875]).
- Sur la température des couches élevées de l'atmosphère (Compt. rend. **81**, 1094, 1182 [1875]; Arch. Sc. Genève, **1876**).
- Des écarts dans les lois aux gaz (Compt. rend. **82**, 412—415 [1876]).
- Materialien zur Beurteilung des Spiritismus (Russ.). St. Petersburg, I—XII, 1—382 [1876].
- Mohns Meteorologie. Übersetzt unter Redaktion von D. Mendelejeff. **1876**.

- Über die Ausdehnungskoeffizienten von Gasen. (Gemeinsam mit N. Kajander.) (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 8, I, 19, II, 287—288; Compt. rend. 82, 450—454; diese Berichte 8, 1681 [1875]).
- Über die Zusammendrückbarkeit der Gase bei kleinen Drucken. (Gemeinsam mit Boguski und Hemilian (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 8, I, 192, II, 286—287; diese Berichte 9, 1312 [1876]).
- Über die Zusammendrückbarkeit der Gase bei Drucken unterhalb einer Atmosphäre. (Gemeinsam mit V. Hemilian.) (Diese Berichte 9, 1341—1345; Ann. chim. phys. [5] 9, 111—116 [1876]).
- Über den Einfluß der Feuchtigkeit auf den Barometerdruck (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 8, II, 5—6).
- Über die Depression des Quecksilbers in Röhren. (Gemeinsam mit K. Gutkowskaja.) (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 8, II, 212—214).
- Über die Vereinigung der Physikalischen Gesellschaft mit der Chemischen (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 8, II, 58, 103).
- Über die Einrichtung einer meteorologischen Station. (Gemeinsam mit Lenz und Rykatscheff.) (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 8, II, 220—224).
- Zur Frage nach der Temperatur der atmosphärischen Schichten. (Polemik mit Rykatscheff.) (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 8, II, 19—53, 95—100).
- Über den Ausdehnungskoeffizienten der Gase. (Polemik mit Ussow.) (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 8, II, 3—5).
- Grundlagen der Chemie (Russ.). III. Aufl. 1877.
- Über den korrigierten Ausdehnungskoeffizienten der Gase ($\alpha = 0.003670$) (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 9, 11—12 [1877]; diese Berichte 10, 81 [1877]).
- Über den wahren Ausdehnungskoeffizienten der Gase (Mendelejeff und Kajander) (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 9, II, 215—216).
- Über die Entstehung der Naphtha (Journ. Russ. Phys.-chem. 9, 36—37; s. a. Revue Scientifique, 1877, Nr. 18; diese Berichte 10, 229—230 [1877]).
- Researches on Mariottes Law (Nature 1877).
- Über die lebendige Kraft der Gas- und Dampfmolekeln (Journ. Russ. Phys.-chem. 9, 192; diese Berichte 10, 975 [1877]).
- Über Naphthaindustrie (Russ.). 1877, 1—304 Seiten.
- Bestimmung des Chromgehaltes im Chromeisenstein (diese Berichte 10, 414 [1877]).
- Konstruktion einer Wage für Wägungen von Gasen (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 11, XVII [1879]; diese Berichte 11, 1261 [1878]).
- La loi périodique des Elements chimiques (Moniteur scientifique 1879).
- Über das Gallium (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 11, 86 [1879]).
- The periodic regularity of the Chemical Elements (Chem. News 40 und 41 [1879]).
- Über das Vorkommen und die Bildung des Schwefels in Sizilien (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 11, 266).
- Vor dem Bilde von Kuindschi (Beitrag zur Landschaftsmalerei) (»Golos«, St. Petersburg 1880).
- Über den Widerstand der Flüssigkeiten (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. 12, XV—XX [1880], II, 117; diese Berichte 13, 2405 [1880]).

- Über die Ergebnisse einer Reise nach dem Naphthagebiet des Kaukasus (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **12**, 308—309).
- Über den Widerstand der Flüssigkeiten und die Luftschiffahrt (Russ.). St. Petersburg, I. Lieferung, **1880**.
- Zur Geschichte des periodischen Gesetzes (diese Berichte **13**, 1796—1804 [1880]).
- Über ein neues Verfahren zur Destillation von gemischten Flüssigkeiten (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **12**, 309).
- Über die Destillation der Bakuer Naphtha (Journ. Russ. Phys.-chem. **13**, 454—456 [1881]).
- Über die Metalle der Cerit- und Gadolinitgruppe (Scandium als Ekabor und das periodische System) (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **13**, 516—520; diese Berichte **14**, 2821—2823 [1881]).
- Wo sind die Naphthafabriken zu bauen? (Russ.) St. Petersburg **1881**, 84 S.
- Über die Überschwefelsäure Berthelots und die Superoxyde (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **13**, 561—562).
- Zu den Versuchen über die Elastizität der Gase (Russ.) (Arbeiten der Kais. R. Techn. Ges. **1881**, 25 Seiten).
- Untersuchung von Destillaten verschiedener Naphthasorten (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **14**, 54 [1882]).
- Über die Eigenschaften von Naphthadestillaten (Antwort an Markownikoff und Ogloblin) (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **14**, 54—56).
- Grundlagen der Chemie. IV. Aufl. **1882**. 545 + 1158 + 2 Seiten.
- Über einen Apparat zur Demonstration der Gasdiffusion (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **14**, 110)
- Über die innere Reibung der Naphthakohlenwasserstoffe und Schmieröle. (Gemeinsam mit Andrejeff.) (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **14**, 199).
- Notiz über die Verbrennungswärme der Kohlenwasserstoffe (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **14**, 230—238; diese Berichte **15**, 1555—1559 [1882]).
- Über die Bestimmung der Reibung von Wasser an einer gleichförmig sich bewegenden zylindrischen Oberfläche. (Gemeinsam mit Kusminsky.) (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **14**, II, 209 [1882]).
- Über die Gewinnung eines feuersicheren Beleuchtungsöls aus Bakuer Naphtha (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **15**, XXIII [1883]).
- Über die Isolierung des Pentans aus Bakuer Naphtha (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **15**, 3).
- Über die Anwendbarkeit des dritten Gesetzes von Newton zur Formulierung der Konstitution von Kohlenwasserstoffen bzw. des Benzols (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **15**, 3; diese Berichte **16**, 1366 [1883]).
- Über einen neuen bewährten Apparat zur Bestimmung der Dampfdichte (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **15**, 60).
- Über ein Verfahren zur fraktionierten Destillation der Bakuer Naphtha und die Untersuchung der niedrig siedenden Destillate derselben (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **15**, 189—194; diese Berichte **16**, 1225—1227 [1883]).
- Über Lampen für schwere Naphthaöle (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **15**, 270—272).

- Zur Frage über die Naphtha. Antwort an Markownikoff und Ogloblin (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **15**, 367—380).
- Zur Reaktion zwischen Sublimat und den flüssigen Naphthakohlenwasserstoffen (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **15**, 570).
- Über die Ausdehnung der Flüssigkeiten (Ausdehnungsmodulus) (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **16**, XXII, 1—10 [1884]; Journ. Chem. Soc. **45**, 126—135 [1884]; diese Berichte **17**, Ref. 129—131 [1884]; Repert. d. Phys., **1884**).
- Über die Ausdehnung der Flüssigkeiten im Zusammenhange mit ihrer Temperatur des absoluten Siedens. Zur Antwort an M. Avenarius (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **16**, II, 282—291 [1884]).
- Noch einmal über die Ausdehnung der Flüssigkeiten. Antwort an Prof. Avenarius (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **16**, II, 475—492 [1884]).
- Sur la dilatation des liquides (Ann. chim. phys. [6] **2**, 271—282 [1884]).
- Notiz über Lösungen (Zusammendrückbarkeit derselben) (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **16**, 93; diese Berichte **17**, Ref. 157 [1884]).
- Über den Zusammenhang zwischen den Dichten der Salzlösungen und den Molekulargewichten der gelösten Salze (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **16**, 184—187; diese Berichte **17**, Ref. 155—157 [1884]).
- Über die Soda der Fabrik von Ljubimoff und Solvay (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **16**, 277—279).
- Über den Zusammenhang zwischen dem Ausdehnungsmodulus und der kritischen Temperatur der Flüssigkeiten (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **16**, 452—455; diese Berichte **17**, Ref. 301—302 [1884]).
- Über die Dichte des normalen Hydrats H_2SO_4 der Schwefelsäure (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **16**, 455—458; diese Berichte **17**, Ref. 302—304 [1884]).
- Über das spezifische Gewicht des Schwefelsäuremonohydrats (diese Berichte **17**, 2536—2541 [1884]).
- Über die Destillation amerikanischer Naphtha (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **16**, 458—459; diese Berichte **17**, Ref. 312—313 [1884]).
- Über die Kontraktion bei der Bildung der Lösungen (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **16**, 643—644 [1884]).
- Über die Abhängigkeit des spez. Gewichts von der Zusammensetzung und Temperatur (Russ.; St. Petersb. »Industriebote«, **1884**, **1885**).
- Über die Notwendigkeit eines neuen Gebäudes für das Laboratorium der St. Petersburger Universität. **1884**.
- Briefe über Fabriken. **1885**, 14 Seiten.
- Über Naphthaangelegenheiten. **1885** (»Industriebote«, 11—92, 1—36).
- Meinung über die Naphtharohrleitung Baku—Batum. **1885** (Arbeiten der Kais. Russ. Techn. Ges., 200—231).
- Über die Bakuer Naphthagewinnung im Jahre 1886. **1886**, 139 Seiten.
- Über die spez. Gewichte der Schwefelsäurelösungen (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **18**, 4—7 [1886]).
- Über die nach den Veränderungen des spez. Gewichts beurteilte chemische Assoziation der Schwefelsäure mit Wasser (diese Berichte **19**, 379—389 [1886]; Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **18**, 64—65).

- Über die Wärmetönung als Kennzeichen der Assoziation der Schwefelsäure und des Wassers (diese Berichte **19**, 400—405 [1886]).
- Notiz über die Kontaktwirkungen (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **18**, 8—18 [1886]; diese Berichte **19**, 456—463 [1886]).
- Über die Regelmäßigkeiten unter den Atomgewichten der Elemente nach Rydberg (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **18**, 434).
- Über die Unzulässigkeit des periodischen Gesetzes zur Induktion der Einheit des Stoffes (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **18**, 66—67).
- Vorlesungen über theoretische Chemie, gelesen 1886—1887 auf den höheren Frauenkursen. St. Petersburg (Russ.).
- Dem Andenken Butlerows (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **19**, XXX—XXXII [1887]).
- Über einen Ballonaufstieg bei Klijn während der Sonnenfinsternis. **1887** (»Nordischer Bote«; s. a. Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **19**, II, 336).
- Über den Zusammenhang zwischen den Dichten und der Zusammensetzung von Schwefelsäurelösungen (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **19**, 242—243).
- Spez. Gewicht der Schwefelsäurelösungen (Ztschr. für physikal. Chem. **1**, 273—284 [1887]).
- Über die Verbindungen des Alkohols mit Wasser (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **19**, 335—336).
- Untersuchung wäßriger Lösungen mittels des spez. Gewichts (Russ.). St. Petersburg, **1887**, I—XXII, 1—521 Seiten.
- Über die Arbeiten der British Association in Manchester (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **19**, 491—492).
- Über den Meteoriten von Ochansk (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **19**, 550; **20**, 513).
- Über eine Reise ins Donezbassin (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **20**, 536 [1888]).
- Zukunftsmacht an den Ufern des Don. Weltbedeutung der Steinkohle des Donezbassins (»Nord. Bote«, 144 Seiten [1888]).
- Über Maßnahmen zur Entwicklung der Steinkohlenindustrie des Donezgebiets. 1888.
- The present Position and Prospects of the Caucasian petroleum industry (Journ. Soc. Chem. Industry [1889], London).
- In Anlaß der Entstehung von Gerüchten über die Erschöpfung des Bakner Naphthavorkommens (»Nord. Bote«, 12 Seiten [1889]).
- Grundlagen der Chemie. Fünfte Auflage **1889**, I—VIII und 1—780 Seiten mit 12 Porträts.
- Notiz über die Dissoziation gelöster Stoffe (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **21**, 198—202 [1889]).
- Zur Reduktion des Siliciumdioxids durch Magnesium (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **21**, 90).
- Periodische Gesetzmäßigkeit chemischer Elemente (Faraday-Lecture) (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **21**, 233—257; Journ. Chem. Soc. **55**, 634—656 [1889]).
- Über eine Reise nach England und die Gasbatterie von Mond (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **21**, 451).

- Versuch zur Anwendung in der Chemie eines der Prinzipien der Naturphilosophie Newtons (*»Nord. Bote«, 13 Seiten [1889]*).
- Zwei Londoner Vorträge (Russ.). St. Petersburg. 1889, 59 Seiten.
- Notwendigkeit eines chemischen Laboratoriums an der St. Petersburger Universität, 1889.
- Über die Analogie des löslichen Silbers von C. Lea mit dem kolloidalen Zustand einiger Körper (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **22**, 73—74 [1890]).
- Über die Einwirkung von Kohlenoxyd auf Nickel nach Mond (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **22**, 479).
- Zur Entdeckung der Stickstoffwasserstoffsäure N_3H (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **22**, 506—515; diese Berichte **27**, 3464—3472 [1890]).
- Zwei Briefe an A. Poehl über das »Spermin« (*»Neue Zeit«, 1890*).
- The Principles of Chemistry. Translated by G. Kamensky. 2 Vol., 1891, London.
- Über die Änderungen der Dichte des Wassers beim Erwärmen (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **23**, II, 183—219 [1891]).
- Kommentierter Tarif. (Russ.), St. Petersburg I—L, 1—730 Seiten, 1892.
- Grundlagen der Chemie. Übersetzt von L. Jawein und A. Thillot, St. Peterburg, 1892.
- Über krystallinisches Glycerin der Fabrik Krestownikoff (Journ. Russ. Phys. chem. Ges. **24**, 58 [1892]).
- Über Ferroaluminium und Mangan nach Cowles (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **24**, 137).
- Über die Weltausstellung in Chicago. 1893.
- Übersicht der Fabrikindustrie und des Handels Rußlands. (Russ.), St. Petersburg, 1893.
- Über das Gewicht eines Liters Luft (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **26**, 50—51 [1894]). Ausführlich: Annalen der Hauptpalate der Maße und Gewichte I, 57—88 [1894], sowie Proceed. Royal Soc. 59.
- Zwei Londoner Vorträge. 2. Aufl. (Russ.), 63 Seiten, 1895.
- Grundlagen der Chemie. Sechste Auflage, 1895.
- Sur un théorème de Géométrie. Compt. rend. **121**, 421—422 [1895]).
- Gewicht eines bestimmten Wasservolumens (Annal. d. Hauptpalate etc. **2**, 1—52 [1895]).
- Über die Änderung der Dichte des Wassers zwischen 0° und 40° (ib. **2**, 133—143).
- Über den Gang der Erneuerungsarbeiten an den Prototypen der Länge und des Gewichts (ib. **2**, 157—185).
- On the Weighth of a Cubic Decimetre of Water at its Maximum Density (Proc. Roy. Soc. **59**, 143—158 [1896]).
- Über das rauchlose Pyrokollodiumpulver (*»Marinearchiv«, 1895—1896*).
- The Principles of Chemistry. IInd edit. 1897, London.
- Über die Verfahren beim genauen Wägen (Ann. d. Hauptpalate **3**, 3—84 [1897]; s. a. Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **27**, 509—513).
- Ergänzung zu dem Artikel über Dichteänderungen des Wassers (ib. **3**, 133—135).

- Examen des rapports entre les mesures fondamentales de Russie, de France et de la Grande Bretagne. 1897.
- Über die Beziehung des Argons zum periodischen System (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **27**, 69—72).
- Protokolle der Vergleichung des Platin-Iridium-Halb-Sachsenmaßes der russischen Regierung mit dem englischen Imperial Standard Yard (Ann. d. Hauptpalata **3**, 93—107).
- Grundlagen der Fabrikindustrie. I. Lieferung, Brennstoffe (Russ.). St. Petersburg, I—VIII, 1—196 Seiten, 1897.
- Über die Eindrücke der Gespräche mit Ramsay und Lockyer u. a. über Argon und Helium (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **27**, 508).
- Gold aus Silber (Russ.) (»Journal der Journale«, 1—11, [1897]).
- Experimental Investigations on the Oscillations of Balances (Proc. Roy. Soc. **63**, 454—459 [1898]).
- Experimentelle Untersuchungen über die Schwingungen der Wage (Ann. d. Hauptpalata **4**, 33—45 [1898—1899]).
- Über Dulong's Formel zur Berechnung der Verbrennungswärme flüssigen und festen Brennmateriale (Journ. Russ. Phys.-chem. Ges. **29**, 144).
- Gedanken über die Entwicklung der landwirtschaftlichen Industrie. (Russ.), St. Petersburg, 1899.
- Geschichte der Chemie, von E. v. Meyer. Übersetzt unter der Redaktion von D. Mendelejeff, 1899, St. Petersburg. I—XVI u. 1—514 Seiten.
- Comment j'ai trouvé le système périodique des éléments (Revue Génér. de Ch. pure et appl. **1**, S. 211, 510 [1899]).
- Principes de chimie. Traduit par Achkinasi. Paris 1896—1899.
- Memorandum D. Mendelejeffs zur Frage nach der Kalenderreform, 1900
- Kalendervereinheitlichung (Zeitung »Rossija«, 1900).
- Lehre von der Industrie »Bibliothek technischer Kenntnisse« (Russ.). St. Petersburg [1900].
- Die chemische und Naphthaindustrie. (In W. Kowalewskys Werk: »Rußland am Ende des XIX. Jahrhunderts«). (Russ.), Pt. Petersburg S. 309—318 [1900].
- Uraler Eisenindustrie im Jahre 1899. (Russ.), St. Petersburg 1900, 1—464 Seiten, 1—256 Seiten und 1—146 Seiten.
- Viscose auf der Pariser Weltausstellung. (In der Zeitung »Rossija«, 1900).
- Bemerkungen über die Volksbildung in Rußland. (Russ.), St. Petersburg 1901.
- Versuch einer chemischen Erkenntnis des Weltäthers. ((Russ.), in »Bote und Bibliothek der Selbstbildung«, 1902; s. auch »Prometheus«, Berlin 1903).
- Vergleichende Tabellen der russischen, metrischen und englischen Maße. Mit dem Vorwort von D. Mendelejeff (Russ.). St. Petersburg, 1902.
- Grundlagen der Chemie. VII. Aufl., St. Petersburg, 1903 (Russ.).
- Im Enzyklop. Lexikon von Brockhaus-Effront diverse Artikel (Vaselin, Stoff, Spiritusbrennerei, Verdampfen, Period. Gesetz usw.). 1891—1904.
- Über spiritistische Knoten. (»Nowoje Wremja«, 1904).
- An attempt towards a chemical conception of the ether. London 1904.
- Letzte Gedanken. ((Russ.), St. Petersburg), 1904—1905, 428 Seiten.

The principles of Chemistry. IIIrd edit. London 1905.

Schwankungen beim Ausfließen (Ann. d. Hauptpalate **7**, 167—169 [1905]).

Versuch einer chemischen Erkenntnis des Weltäthers. (Russ.), St. Petersburg, 1905, 40 Seiten.

Grundlagen der Chemis. (Russ.), St. Petersburg, 1905—1906. VIII. Aufl., I—VIII, 1—816 Seiten.

Projekt einer Schule für Lehrer. (Russ.), St. Petersburg, 1906.

Zur Kenntnis (Kunde) Rußlands. (Russ.), St. Petersburg, 1905—1906. (Erschien in 5 Auflagen.) 159 Seiten.

Nach dem Tode erschienen:

Vorbereitungen zur Bestimmung der absoluten Anziehung der Schwerkraft in der Hauptpalate (Ann. ders. **8**, 1—41 [1907]).

Ergänzung zur Kenntnis Rußlands. (Russ.), St. Petersburg, 1907, 109 Seiten.

P. Walden.
