

HENRI MOISSAN.

Wenn ich es unternehme, den Mitgliedern unserer Gesellschaft ein Bild von Moissans Lebensarbeit zu geben, so kann ich es nur mit einigen Bedenken tun. Die wissenschaftlichen Leistungen unseres verstorbenen Ehrenmitgliedes stehen ja der Mehrzahl von uns noch so frisch in der Erinnerung, daß ihre Wiedergabe hier vornehmlich denen zu statten kommt, welche etwa später einmal diese Seiten zur Hand nehmen. Wenn der Tod uns unerbittlich erinnert, daß nicht bloß eine wissenschaftliche Laufbahn zu Ende ist, sondern daß auch ein Menschenherz zu schlagen aufhörte, da möchte man vielmehr von der Persönlichkeit des Geschiedenen, seinem Charakter, seinen Schicksalen hören. Und diesem Wunsche kann ich nur unvollkommen entsprechen. Moissans Leben war unausgesetzte Arbeit für die Chemie. »Je ernster ein Leben dem Dienste der Wissenschaft geweiht ist, um so einfacher gestaltet es sich in seinem äußeren Verlauf.« Man kann Hofmanns Wort ergänzen: und um so schwieriger wird seine Schilderung für den, welcher ein solches Leben beschreiben soll. Moissan gehörte zu den Naturen, die bei aller Energie nach dem Grundsätze »fortiter in re, suaviter in modo« Konflikten mit Schicksal und Mitmenschen möglichst aus dem Wege gehen; dazu ließ ihn Bescheidenheit seine eigene Persönlichkeit stets in den Hintergrund stellen. So erklärt es sich, daß ich verhältnismäßig wenig aus eigenem Wissen über sein Leben berichten kann, obwohl ich fast ein Jahr hindurch in seinem Laboratorium tätig war. Erfreulicher Weise vermochte ich meine Kenntnisse durch Angaben zu ergänzen, welche mir Louis Moissan, des Verstorbenen Sohn, und mein Freund Lebeau, sein langjähriger Mitarbeiter, machten, wofür ihnen auch hier noch einmal bestens gedankt sei.

In Paris, Rue Montholon 5, kam Ferdinand Frédéric Henri Moissan am 28. September 1852 zur Welt. Sein Vater, Ferdinand, war ein kleiner Beamter der Compagnie des Chemins de Fer de l'Est; die Mutter steuerte durch Schneiderarbeiten zu den Einkünften bei. Die

Familie Moissan stammte aus Toulouse; das kam auch im Äußeren und Wesen Henri Moissans deutlich zum Ausdruck. Sein Leben lang verrieten die dunklen lebhaften Augen, die außerordentliche Beweglichkeit seiner Gesten und seiner Gedanken den südlichen Ursprung. 1864 verlegten Moissans ihren Wohnsitz von Paris nach dem Städtchen Meaux im Departement Seine-et-Marne, wo der Vater, dem ein klarer und weiter Blick nachgerühmt wurde, seinen Sohn das Collège municipal besuchen ließ. Ein trefflicher Lehrer der Mathematik und Naturwissenschaften, James, erkannte dort die hervorragende Begabung des Knaben und förderte ihn durch unentgeltliche Privatstunden. Moissan hat seines alten Lehrers, der, wie er sagte, »fit naître en lui le goût du travail«, später immer mit größter Dankbarkeit gedacht. Unter seiner Leitung erwachte auch des jungen Henri Interesse für die Chemie, die ihn alsbald fest in ihre Banden schlug; offenbar zur geringen Freude der anderen Lehrer, denn als Moissan 1870 das Collège verließ, hatte er keinerlei »Grade universitaire« erlangt.

Um möglichst schnell sein Brot selbst verdienen zu können, ohne dabei von der geliebten Chemie ganz lassen zu müssen, trat Moissan als Lehrling in die Drogerie Bandry, Ecke Rue Pernelle und Rue Saint-Denis, in Paris ein. Hier feierten seine chemischen Kenntnisse einen ersten praktischen Triumph, als es ihm gelang, einen mit Arsenik Vergifteten durch geeignete Gegenmittel dem Leben zu erhalten. Befriedigung aber fand Moissan trotz dieses Erfolges in seiner Stellung nicht. Die Berichte seines Schulkameraden Jules Plicque, der im Muséum d'Histoire naturelle im Dehérain'schen Laboratorium arbeitete, ließen vollends in ihm den Entschluß reifen, sich ganz der Chemie zu widmen. Dezember 1872 begann er seine Studien in dem ebenfalls im Muséum d'Histoire naturelle befindlichen Fremy'schen Laboratorium. Seinen Unterhalt erwarb er sich durch Stundengeben. Er beabsichtigte damals, sich möglichst bald der Technik zuzuwenden; als Ideal schwebte ihm, wie er später erzählte, eine Jahreseinnahme von 3600 Francs vor. 1874 siedelte er zu seinem Freunde Plicque in das Dehérain'sche Laboratorium über. Dehérain wurde bald auf seinen neuen Schüler aufmerksam und nahm sich seiner warm an. Ohne ihm seinen Plan, in die Industrie zu gehen, auszureden, stellte er ihm vor, daß es ihm doch vielleicht einmal von Nutzen sein könne, wenn er die akademischen Würden besäße. Der Rat fiel auf fruchtbaren Boden. Obwohl es ihm schwer genug wurde, seine chemische Arbeit einzuschränken, begann Moissan das auf der Schule Versäumte nachzuholen und erst die alten Sprachen, dann Physik zu treiben. Nach einigen vergeblichen Versuchen bestand er 1874 das Baccalauréat und wurde 1877 Licencié es-Sciences.

In dieser Zeit schloß er eine Anzahl Freundschaften, die wohl ziemlich tief auf ihn einwirkten. Am Muséum lernte er neben anderen den Botaniker Vesqué und den Chemiker Etard kennen; während seines Dienstjahres, das er 1876 in Lille ableistete, machte er die Bekanntschaft der Mediziner Béclère, Siredey und Walter, die ihm bis zum Tode treue Freunde blieben. Sie alle bildeten mit noch einigen weiteren Bekannten einen eng zusammenhaltenden Kreis, dessen literarische und künstlerische Bestrebungen in Moissan neue Saiten erklingen ließen. Aus jenen Jahren stammte das Interesse für Malerei, Bildhauerei, historische Forschung und belletristische Literatur, das er immer trotz aller Arbeitslast bekundet hat. Damals auch gewann er die glänzende Beherrschung seiner Muttersprache in Wort und Schrift. Er versuchte sich sogar selbst literarisch und schrieb ein Stück in Versen, das beinahe am Odéon zur Aufführung gelangt wäre. Vielleicht war es recht gut, daß man es schließlich doch nicht aufgeführt hat; denn so fand sein Verfasser schneller den Weg zur Chemie zurück, als es wohl anderenfalls geschehen wäre. Moissan pflegte später, wenn die Rede darauf kam, lächelnd zu sagen: »Je crois que j'ai mieux fait de faire de la chimie.« Er erinnerte sich aber stets mit großer Freude jener schönen Tage, da er mit mehreren seiner Bekannten eine Wohnung innehatte und mit ihnen gemeinsame Küche führte, wobei dann der sehr musikalische Vesque gelegentlich die Wiedergabe einer Beethoven'schen Sonate auf der Violine geschickt mit dem Braten von Kotelettes vereinigte.

Die erste wissenschaftliche Betätigung Moissans galt natürlich dem von seinem Lehrer Dehérain gepflegten Gebiete, der pflanzenphysiologischen Chemie. Als Resultat ihrer gemeinschaftlichen Arbeit erschien bereits 1874 in den Comptes rendus der Akademie eine Abhandlung »De l'Absorption d'oxygène et de l'émission d'acide carbonique par les feuilles maintenues à l'obscurité.« Moissan ergänzte die Untersuchungen später noch und benutzte sie als Thèse bei seinem Apothekerexamen. Das wesentliche Resultat war der sichere Nachweis, daß ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen der Sauerstoffaufnahme und der Kohlensäureabgabe durch die Pflanzen nicht besteht. Unabhängig von ersterer entwickelt sich die Kohlensäure durch die in der Pflanze verlaufenden Reaktionen z. B. auch noch tagelang bei völligem Sauerstoffausschluß.

Bereits während er mit diesen pflanzenphysiologischen Problemen beschäftigt war, tat Moissan den Schritt, der für ihn und unsere Wissenschaft von so großer Bedeutung werden sollte: Er wandte sich der anorganischen Chemie zu. Daß er gegen den Rat Dehérains, der seinen Schüler höchst ungern verlieren wollte, diesen Entschluß

faßte, ist ein beredtes Zeugnis für die Originalität und das Zielbewußtsein seines Geistes. Denn zu jener Zeit waren fast alle bedeutenden französischen Chemiker, wie ihre Fachgenossen in den anderen Ländern ja auch, den Lockungen der so mächtig aufblühenden organischen Chemie gefolgt. Nur wenige beschäftigten sich mit anorganischen Fragen, da man allgemein annahm, daß dieser Zweig der Chemie bereits seiner schönsten Früchte beraubt sei und höchstens eine magere Nachernte liefern könne. Die besten der vereinzelt französischen Anorganiker, wie z. B. H. Sainte-Claire Deville, hatten sich zudem mehr oder weniger physikalisch-chemischen Problemen zugewandt, deren lang unterschätzte Bedeutung damals die verdiente Anerkennung zu finden begann. Wehmütig klagte der alte Dumas in einer Rede, welche er 1876 beim Tode Ch. Sainte-Claire Devilles, des Bruders des berühmteren Henri, hielt: »Notre pays tient largement sa place en chimie organique, il néglige trop la chimie des corps inorganiques. Souhaitons que bientôt se réveille, dans la génération qui nous suit, un jeune savant qui, reprenant la chimie minérale, sache la féconder et la rajeunir.« Ob Dumas' Mahnung auf Moissans Eindruck gemacht hat, ob er selbständig bei der Prüfung des geistigen Werkzeuges, welches ihm die Natur mit auf den Lebensweg gegeben hatte, zur Ueberzeugung kam, seine Veranlagung liege auf rein experimentellem Boden, läßt sich nicht entscheiden. Daß er damals richtig wählte, zeigte der Erfolg. Darüber herrscht wohl kein Zweifel, daß der außerordentliche Aufschwung, welchen die anorganische Chemie in Wissenschaft und Technik neuerdings nahm, zum großen, ja vielleicht zum größten Teile unmittelbar und mittelbar Moissans ausgezeichneten und glücklichen Arbeiten zu verdanken ist. Sie ließen der anorganischen Chemie, deren ungeminderte Fruchtbarkeit sie bewiesen, Scharen von Jüngern zuströmen und machten sie ihrer organischen Schwester mindestens wieder gleichberechtigt. Ist es doch heute fast sicher, daß gerade sie uns eine gänzlich unerwartete Vertiefung unserer Kenntnisse, eine völlige Umwertung unserer chemischen Anschauungen bescheert!

Mit ganz wenigen Ausnahmen sind Moissans Veröffentlichungen, ihre Zahl beträgt etwa 300, anorganisch-experimentellen Inhalts. Sie erschienen gewöhnlich zuerst in den Comptes rendus der französischen Akademie, häufig auch noch in den Annales de Chimie et de Physique oder im Bulletin de la Société chimique de Paris. Nur vereinzelt seiner Abhandlungen finden sich in anderen französischen und außerfranzösischen Zeitschriften.

Moissans erste anorganische Untersuchung betraf das pyrophorische Eisen, dessen Darstellung etwa 50 Jahre vorher Gustav Magnus eben-

falls in einer Erstlingsarbeit beschrieben hatte. Kurze Zeit nach Magnus' Entdeckung war von Stromeyer behauptet worden, die pyrophore Substanz sei gar kein metallisches Eisen, sondern Eisenoxydul. Dem hatte Magnus energisch widersprochen. Die Nachprüfung durch Moissan führte zu dem so häufigen Ergebnis, daß beide Recht gehabt hatten. Die Reduktion von Eisenoxyd oder das Erhitzen von Ferrooxalat lieferte zunächst stark pyrophorisches Ferrooxyd, welches sich durch weitere vorsichtige Reduktion im Wasserstoffstrom auch in pyrophorisches Eisen verwandelte. Moissan konnte zeigen, wie die Einwirkung von Wasserstoff auf Fe_2O_3 bei verschiedenen Temperaturen nach einander die Oxyde Fe_3O_4 , FeO und schließlich elementares Eisen entstehen ließ. Wie beim letzteren, so waren auch bei den Oxyden durch Vermeidung stärkerer Erwärmung Modifikationen von besonders großer Reaktionsfähigkeit herzustellen, die sich durch ihr Verhalten gegen Sauerstoff und Salpetersäure scharf von den lange bekannten Formen unterschieden. Ähnliches ließ sich für das Mangan und Nickel nachweisen.

Auf Veranlassung Sainte-Claire Devilles legte Moissan seine Arbeit Debray, dem Entdecker des gewöhnlichen Ferrooxydes, vor, der sie sehr günstig beurteilte und von nun ab dem jungen Forscher warmes Interesse schenkte.

Den ersten 1877 in den Comptes rendus abgedruckten »Etudes sur les oxydes de fer« folgten noch mehrere Abhandlungen über den gleichen Gegenstand während der nächsten Jahre. Die entsprechende Untersuchung der Chromoxyde veranlaßte Moissan, sich eingehender mit den Chromverbindungen zu beschäftigen, von welchen damals nur diejenigen des dreiwertigen Metalles genauer erforscht waren. 1879 berichtete er über die Darstellung von Chrom aus dem Amalgam und schloß eine Anzahl Beobachtungen über die Mangan-, Eisen-, Kobalt- und Nickel-Amalgame an. Wesentlich neues boten sie nicht; die Amalgame wurden nach bekannten Verfahren aus den betreffenden Salzlösungen mittelst Natriumamalgam oder elektrolytisch mit Hilfe einer Quecksilberkathode gewonnen. Die Jahre 1880 und 1881 förderten die Kenntnis der von Peligot entdeckten Chromverbindungen; Chromosulfid, -selenid, -bromid, -jodid, -carbonat, -phosphat und -oxalat, Kaliumchromocyanid wurden neu beschrieben, für Chromochlorid und -sulfat, sowie Chromisulfid bequeme Gewinnungsmethoden angegeben, schließlich der Zusammenhang zwischen Eigenschaften und Darstellungstemperatur beim Chromoxyd und der Isomorphismus des Chromo- und Ferro-sulfates dargetan.

Wie schon angedeutet wurde, bestand Moissan 1879 sein Examen als Pharmacies de 1^{ère} Classe, und bereits in demselben Jahre wurde

ihm das Amt eines Maître de Conférences et Chef des Travaux pratiques de Chimie an der Ecole supérieure de Pharmacie übertragen, der seine Unterrichtstätigkeit auch fernerhin während des größten Teiles seiner wissenschaftlichen Laufbahn gehören sollte. Nebenher war er noch Répétiteur de Physique am Institut agronomique. 1880 wurde er an der Universität mit einer Thèse über die Eisenoxyde zum Docteur ès-Sciences physiques promoviert. Die Freude am selbständigen wissenschaftlichen Forschen hatte seine ehemalige Absicht, in die Industrie zu gehen, jetzt ganz besiegt, zumal er nun auch über regelmäßige Einkünfte, allerdings bescheidenen Umfanges, verfügte. Bis dahin bildete noch immer das Honorar für Privatunterricht, den er erteilte, die Haupteinnahmequelle. Seine materielle Lage besserte sich noch weiter, als ihm sein Freund Landrin die Leitung des Laboratoire de l'Union des Chambres syndicales in der Rue Lancry abtrat. Dort waren vornehmlich analytische Untersuchungen für Privatkundschaft auszuführen. Diese interessierten Moissan allerdings weniger als die Gelegenheit zum eigenen Arbeiten, welche er nun hatte und die ihm die oben erwähnten Ämter nicht boten. Den genannten Veröffentlichungen über Chromderivate schlossen sich später noch einige weitere an. Die Isolierung der 1847 von Barreswil entdeckten blauen Überchromsäure gelang zwar nicht, dagegen konnte Moissan ihre Formel zu H_2CrO_5 ermitteln (1883); er faßte sie als eine Verbindung von CrO_5 mit H_2O_2 auf. Ein Jahr später beschrieb er die der Schwefelsäure entsprechende krystallisierte Chromsäure H_2CrO_4 .

So gern diese sorgfältig durchgeführten Untersuchungen von der Wissenschaft aufgenommen wurden, so wenig befriedigten sie die Kundschaft des Laboratoriums, deren Analysen eine dilatorische Behandlung erfuhren. Die Aufträge nahmen zusehends ab und nach wenigen Jahren mußte das Institut seine Pforten schließen.

Moissans Herz brach darum nicht, zumal es sich inzwischen auf anderem Gebiete betätigt hatte. 1882 führte er Léonie Lugan als Gattin heim, die noch sehr jugendliche Tochter eines Apothekers in Meaux, in dessen Haus er bei seinen häufigen Besuchen in der Stadt seiner Schuljahre stets ein gern gesehener Gast gewesen war. Auch die Vorfahren Hrn. Lugans waren Apotheker; einer von ihnen hatte den berühmten Vauquelin zum Freunde, der seine Laufbahn ebenfalls mit pharmazeutischen Studien begonnen hatte. Die Wissenschaft, speziell die Chemie, erfreute sich im Hause Lugan stets der größten Achtung, und mit verständnisvollem Interesse wurden des jungen Moissan Berichte über seine chemischen Erfolge in Paris aufgenommen. Da auch seine kluge, gewinnende Persönlichkeit alle Gewähr für eine gute Zukunft bieten konnte, gab Hr. Lugan ihm die Hand seiner

Tochter mit Freuden. Die Ehe ist bis zu Moissans Tode eine Stätte reinsten Glückes gewesen. Seine Gattin war Moissan der beste Kamerad; sie half ihm, soweit es in ihren Kräften stand, bei den wissenschaftlichen Arbeiten und wachte über seiner Gesundheit, der er im Laboratorium oft zuviel zumutete. Liebenswürdig und formgewandt verbreitete sie im Hause den Zauber, der jeden Gast sich gleich heimisch fühlen ließ und der auch die Veranlassung war, daß Moissan seine Zeit am liebsten nur zwischen chemischen Experimenten und seinem Heim teilte. 1885 vergrößerte sich die Familie um einen Sohn, Louis Moissan, der vom Vater bereits in jungen Jahren der Chemie zugeführt wurde.

Doch zurück zum Jahre 1882. War Moissans Gattin eine ideale Frau, so war sein Schwiegervater ein idealer Schwiegervater. Er gab dem jungen Haushalt eine vorzügliche materielle Grundlage und seinem Schwiegersohn den Rat, sich nun ohne jede Rücksicht auf Gelderwerb ganz wissenschaftlicher Arbeit hinzugeben. Diese Saat ging schnell auf. Moissan beteiligte sich noch 1882 am Concours d'Agrégation der Ecole de Pharmacie, durch welchen die geeignetsten Kräfte zur Vertretung und zum späteren Ersatz der Professoren ausfindig gemacht werden sollen. Die von ihm eingereichte Thèse behandelte die Chemie des Cyans. Sein Erfolg war derart, daß er bereits am 13. November desselben Jahres zum Agrégé des Sciences physiques et chimiques an der Ecole ernannt wurde. Ein Arbeitsplatz oder gar ein eigenes Laboratorium war freilich mit dieser Stellung nicht verbunden, so daß Moissan nach wie vor auf die dürftigen Einrichtungen der Rue Lancry angewiesen blieb. Einige Jahre später, als er für seine auf die Isolierung des Fluors hienzielenden Versuche elektrischen Strom brauchte und die vorhandenen paar Bunsen-Elemente nicht ausreichen wollten, bat er seinen Gönner Debray um Aufnahme in sein Laboratorium an der Ecole normale supérieure. Debray konnte seinen Wunsch nicht erfüllen, da dort alle Plätze besetzt waren. Er erlaubte ihm aber, seine Arbeiten in einem Institutsgebäude der Rue Michelet vorzunehmen, welches damals während des Neubaus der Sorbonne den chemischen Universitätslaboratorien Unterkunft bot, übrigens auch heute noch trotz seines barackenähnlichen Charakters als Institut de Chimie appliquée in Benutzung ist. Auch dort aber war dafür gesorgt, daß Moissan nicht zu anspruchsvoll wurde, denn er mußte mit einem Raum vorlieb nehmen, welcher zugleich zur Vorbereitung der Vorlesungen diente. Doch es kommt, wie A. W. von Hofmann einmal so hübsch sagt, zuletzt auf den Käfig nicht an, wenn nur der Vogel, der darin sitzt, zu pfeifen versteht. Und das war hier der Fall.

Sobald er sich in gesicherter Stellung befand, begann Moissan eine überaus eifrige und erfolgreiche Forschertätigkeit, die erst der Tod beenden konnte. Aus der großen Zahl seiner Untersuchungen heben sich zwei Kapitel besonders bedeutungsvoll heraus, welche kurz durch die Überschriften »Fluor« und »Elektrischer Ofen« zu bezeichnen sind. Beide Gegenstände beschäftigten ihn bis zuletzt. Hier soll zur Erleichterung der Übersicht jedes im Zusammenhange, ohne Rücksicht auf die Zeitfolge der Veröffentlichungen, besprochen werden. Selbstverständlich können nur die wichtigsten Resultate Berücksichtigung finden.

Die Darstellung des freien Fluors war eines der großen Probleme, welche die erste glänzende Blüteperiode der anorganischen Chemie nicht hatte lösen können. Es war bereits vor Moissan von vielen bearbeitet worden. Seit 1810 die Ähnlichkeit des Fluorwasserstoffes mit Salzsäure durch Ampère und Davy nachgewiesen war, zweifelte man nicht mehr daran, daß in der Flußsäure ein besonderer Grundstoff enthalten sei, dem man den Namen Fluor gab. Davys umfangreiche Versuche, dieses Element zu isolieren, scheiterten aber gänzlich. Die in kostbaren Gold- und Platingefäßen angestrebte Zerlegung von Fluoriden durch Chlor oder Elektrizität wollte durchaus nicht gelingen. Schon damals verbreitete sich daher die Meinung, daß das Fluor ein außerordentlich reaktionsfähiger Stoff sein müsse, der sich besonders fest an andere Elemente binde. Die Folgezeit brachte nur Bestätigungen dieser Annahme. Die Brüder Knox und später Louyet, der unvorsichtiges Umgehen mit dem gefährlichen Fluorwasserstoff mit dem Tode büßen mußte, ließen ohne Erfolg Chlor auf Silber- und Quecksilberfluorid einwirken. Eine Förderung erfuhr die Frage erst durch Fremy, welcher sich ihr mit großem Fleiße widmete. Ein Teil seiner Versuche, die er in Apparaten aus Platin und Flußspat ausführte, z. B. die Einwirkung von Chlor und Sauerstoff auf Fluorcalcium, blieb zwar ohne Ergebnis; dagegen konnte er, wie später auch Gore, welcher 1870 als letzter vor Moissan sich um die Isolierung des Fluors bemühte, es höchst wahrscheinlich machen, daß bei der Elektrolyse geschmolzenen Calcium-, Kalium- und Silberfluorides vorübergehend freies Fluor entsteht, welches aber infolge der unvermeidlichen hohen Temperatur alsbald wieder unter Zerstörung des Gefäß- und Elektrodenmaterials verschwindet. Die Elektrolyse ganz wasserfreien Fluorwasserstoffes, den Fremy zum ersten Male durch Erhitzen des sauren Fluorides KHF_2 darstellte, verlief resultatlos, weil die entwässerte Säure den Strom nicht leitete, bei Gegenwart von Feuchtigkeit aber nur Wasserstoff und ozonhaltiger Sauerstoff entstand.

Die Erinnerung an Fremys Versuche war in seinem Institut noch lebendig und Moissan bei seinem Aufenthalte dort bekannt geworden. Er sagte sich, daß die Darstellung freien Fluors bei niedrigen Temperaturen geschehen müsse und daher am ehesten bei den flüchtigeren Nichtmetallverbindungen zu erreichen sei. Von diesen wußte man aber damals noch recht wenig. Bor- und Siliciumfluorid, die Moissan auch später (1904) noch einmal untersuchte, erwiesen sich als so beständige Verbindungen, daß er sofort die Überzeugung gewann, die Reaktion zwischen Fluor und Bor und Silicium müsse überaus heftig verlaufen; er bediente sich von da an gepulverten Siliciums, wenn er irgend ein Gas auf seinen Gehalt an freiem Fluor prüfen wollte. Von Phosphorfluoriden kannte man das von Thorpe 1875 entdeckte gasförmige Phosphorpentafluorid und ein von Dumas als Flüssigkeit vom Siedepunkt 60° beschriebenes Phosphortrifluorid. Da die geringere Flüchtigkeit des Trifluorides sehr auffallen mußte, begann Moissan seine Untersuchungen mit dem Studium dieser Substanz. Er gab bald (1884) mehrere Wege an, welche zu reinem, wie erwartet gasförmigem PF_3 führten; der bequemste bestand im Erhitzen einer Mischung von Bleifluorid und Kupferphosphid. Die Beschreibung dieser Versuche hat bereits die Vorzüge aller späteren Moissanschen Veröffentlichungen: Vollständigkeit und Klarheit. Die aufs sorgfältigste durchgearbeiteten Darstellungsmethoden sind so genau geschildert, daß man sie unschwer wiederholen kann; die chemischen und wichtigsten physikalischen Eigenschaften neugewonnener Substanzen werden eingehend bestimmt und beschrieben.

Moissan benutzte das neue Trifluorid sogleich zu einem Versuche, den schon Davy vorgeschlagen hatte. Dieser sprach nämlich die Ansicht aus, daß die in Flußspatgefäßen auszuführende Reaktion zwischen Sauerstoff und Phosphorfluorid bei der großen Verwandtschaft des Phosphors zum Sauerstoff höchst wahrscheinlich freies Fluor liefern werde. Die Prüfung seiner Vermutung war ihm nicht möglich, weil die Darstellung von Fluorphosphorverbindungen noch nicht bekannt war. Moissan verfuhr so, daß er den elektrischen Funken durch eine Mischung von Phosphortrifluorid und Sauerstoff schlagen ließ. Die unter Explosion verlaufende Reaktion ging jedoch nicht in dem erwarteten Sinne, sondern ergab das neue gasförmige Phosphoroxyfluorid POF_3 . Seine genaue Erforschung erfolgte später (1886 und 1904). Moissan griff gern, sobald andere Arbeiten ihm Zeit ließen, auf alte Untersuchungen zurück, um sie noch weiter zu vertiefen oder ungelöst gebliebene Fragen zu beantworten. Einem scharf beobachtenden Forscher geht es ja fast immer wie Herkules mit der Hydra: wo er glaubt, einen Zweifel beseitigt zu haben, erheben sich sofort

mehrere neue. Wenn ich hier häufig spätere Resultate Moissans mit früheren vereinige, ohne stets den Verstoß gegen die chronologische Folge zu betonen, so erschwere ich damit allerdings demjenigen die Arbeit, der nach dieser Zusammenstellung die Originalpublikationen aufsuchen will. Ich halte mich aber dazu für um so eher berechtigt, als ein Zurechtfinden in Moissans Arbeiten dadurch sehr erleichtert ist, daß sie alle an einer Stelle, den Comptes rendus, erschienen sind, und daß jede von ihnen gewöhnlich nur einem im Titel ausgedrückten Gegenstande gewidmet ist.

Auch das Trifluorid allein wurde durch den Induktionsfunken teilweise zersetzt. War es ganz trocken, so bildeten sich Phosphor und Pentafluorid, enthielt es Spuren Wasser, so entstand aus dem Glase des Reaktionsgefäßes Siliciumfluorid. Moissan untersuchte fernerhin auch das Pentafluorid. Er fand dafür eine interessante Bildungsweise, indem er aus Phosphortrifluorid und Brom flüssiges PF_3Br_2 herstellte, welches sich nach einigem Stehen bei Zimmertemperatur in PBr_5 und PF_5 spaltete (1885). Mit Sauerstoff reagierte das Pentafluorid garnicht; die Einwirkung des elektrischen Funkens gab Trifluorid und offenbar zunächst freies Fluor, das aber nicht zu fassen war, weil es sich augenblicklich mit dem Glase und dem als Sperrflüssigkeit dienenden Quecksilber umsetzte. Moissan änderte nun seinen Plan. Er versuchte, den Phosphor in den Phosphorfluoriden durch glühendes Platin zu binden. Da Fremy die Unbeständigkeit von Platinfluorid in der Hitze nachgewiesen hatte, war nicht zu befürchten, daß auch Fluor an Platin gekettet würde. Als Moissan das Trifluorid in einem Platinrohr über rotglühenden Platinschwamm leitete, entstand neben Platinphosphid Phosphorpentafluorid. Aus diesem bildete sich unter denselben Bedingungen augenscheinlich eine geringe Menge freies Fluor; das Gas reagierte nämlich nach dem Durchstreichen durch das Platinrohr mit Jodkalium, Silicium, Quecksilber und Phosphor, was es vorher nicht tat. Eine Abscheidung des Fluors wollte jedoch nicht gelingen. Da die Versuche recht kostspielig waren, denn das Platinrohr wurde in wenigen Minuten unbrauchbar, so gab Moissan sie bald auf. Auch er hatte nun endgiltig die Erfahrung machen müssen, daß die Darstellung des Fluors bei hohen Temperaturen wegen der Materialschwierigkeiten nicht möglich sei. Sein Eifer war aber dadurch, daß er doch schon charakteristische Fluorreaktionen bekommen hatte, ebenso angefacht, wie sich der Schritt des Kriminalisten beflügelt, der den lange gesuchten Verbrecher endlich — hinter einer Ecke verschwinden sieht. Er wählte jetzt wie seine Vorgänger die Elektrolyse zur Bundesgenossin und unterwarf ihr das bei gewöhnlicher Temperatur flüssige Arsentrifluorid. Elektrisch leitend

machte er es durch einen Zusatz von Fluorwasserstoff oder Kaliumfluorid. Arsenabscheidung an der Kathode aber hinderte den Stromdurchgang nach kurzer Zeit; wenigstens bei den schwachen elektrischen Kräften, wie sie im Laboratorium der Rue Lancry zur Verfügung standen. Das war der schon oben erwähnte Moment, wo Moissan den Schauplatz seiner Versuche mit Debrays Erlaubnis nach dem Vorbereitungszimmer des Institutes in der Rue Michelet verlegte. Lange sollte auch hier seines Bleibens nicht sein. Die Fluorwasserstoffdämpfe begannen die Glasapparate, welche sich in dem Raume befanden, ihres Glanzes zu berauben, was den Unwillen des Vorlesungsassistenten erregte. Moissan wäre jetzt wieder ohne Unterkunft gewesen, wenn ihm nicht Friedel gestattet hätte, den Experimentiertisch im benachbarten Hörsaal in der Zeit zwischen den Friedelschen Vorlesungen zu benutzen. Sehr günstig waren hier die Arbeitsbedingungen nicht. Vor jeder Vorlesung mußte Moissan seine sämtlichen Apparate entfernen; als Stromquelle diente eine eigentlich für den Projektionsapparat bestimmte Batterie von 90 Bunsen-Elementen, die offenbar besondere Tücken hatte. Denn häufig geschah es, daß die an einem Leitungsdraht aufgestellte Magnetnadel, welche ein Galvanometer vertrat, nicht ausschlug und Moissan sämtliche Verbindungsschrauben und Klemmen nachziehen mußte. Der stärkere Strom ging dauernd durch das Arsenfluorid hindurch. An der positiven Platinelektrode stiegen Gasblasen auf, die sicher aus Fluor bestanden, aber leider alsbald wieder von der Flüssigkeit unter Bildung eines höheren Fluorides absorbiert wurden. Auch das Arsenfluorid mußte daher als Ausgangsmaterial verworfen werden. Moissan tat es um so lieber, als er bereits die nachteiligen Wirkungen dieses äußerst giftigen Stoffes an sich spürte. Nun blieb noch die Elektrolyse der Flußsäure selbst, welche schon von Fremy und Gore studiert war. Moissan stellte nach Fremys Verfahren, durch Erhitzen sauren Kaliumfluorides in einer Platinretorte, wasserfreien Fluorwasserstoff her und unterwarf ihn in einem U-förmigen, durch Chlormethyl auf -50° abgekühlten Platingeß der Elektrolyse. Neue Schwierigkeiten waren zu überwinden! An der Kathodenseite des Apparates entwich zwar reichlich Wasserstoff, an der Anodenseite aber war von dem erwarteten Fluor nichts zu bemerken. Es fand sich, daß die Stopfen, welche zur isolierten Einführung der Anode dienten, angegriffen und verkohlt waren. Sie wurden durch Flußspatstücke ersetzt. Und nun war endlich das Ziel erreicht! Am 26. Juni 1886 entströmte dem Apparate auch an der Anodenseite ein Gas, welches Silicium sofort entzündete und auch sonst die wunderbare Reaktionsfähigkeit zeigte, wie man sie vom Fluor erwarten durfte. Mit Wasser gab es Ozon, aus Chlorkalium setzte es Chlor in Freiheit.

Am 28. Juni legte Debray der Akademie eine kurze Mitteilung Moissans über seine Entdeckung vor, welche überaus bezeichnend für das auch durch den glänzenden Erfolg nicht getrübt kritische Denken ihres Verfassers ist. Moissan schildert kurz seine Versuche und fährt fort: »On peut faire, en ¹⁸⁷⁶effet, diverses hypothèses sur la nature du gaz dégagé; la plus simple serait que l'on se trouve en présence du fluor, mais il serait possible, par exemple, que ce fût un perfluorure d'hydrogène ou même un mélange d'acide fluorhydrique et d'ozone assez actif pour expliquer l'action si énergique que ce gaz exerce sur le silicium cristallisé.«

Die Akademie ernannte sofort eine aus Berthelot, Debray und Fremy bestehende Kommission, welche sich persönlich von der Richtigkeit der Moissanschen Experimente überzeugen sollte. Moissan bereitete natürlich mit höchster Sorgfalt alles vor, und als die Kommission erschien — bekam er kein Fluor, ja konnte überhaupt keinen Stromdurchgang durch die Flußsäure erzwingen. Nachdem Berthelot den bestürzten jungen Forscher durch den Hinweis auf die geheimen Tücken der Materie zu trösten versucht hatte, mußten die drei Vertrauensmänner der Akademie unverrichteter Dinge wieder abziehen. Schon die nächsten Tage brachten Aufklärung. Gerade die Reinheit des zweimal destillierten Fluorwasserstoffes war an dem Mißgeschick schuld. Bei seinen ersten Experimenten hatte Moissan die aus dem sauren Kaliumfluorid ausgetriebene Säure gleich in dem zur Elektrolyse verwendeten Platin-U-Rohr aufgefangen; zugleich schlug sich hier mitgerissenes Fluorkalium nieder und gab ihr die Leitfähigkeit, welche sie an und für sich nicht besaß. Moissan fügte nun von vornherein etwas von dem Salz dem Fluorwasserstoff hinzu, und von jetzt an ging die Fluordarstellung regelmäßig von statten. Ausnahmen kamen allerdings auch später noch vor. Es war, als wenn sich das Fluor gelegentlich an seinem Meister für seine Bezwingung rächen wollte. Ich erinnere mich, daß der Fluorapparat aus irgend welchen Gründen versagte, als das Fluor in der anorganischen Experimentalvorlesung vorgeführt werden sollte; die Versuche konnten erst in der nächsten Vorlesung nachgeholt werden. Und dasselbe geschah gelegentlich eines Vortrages, welchen Moissan vor der Royal Society in London hielt.

Daß bei der Elektrolyse einer Lösung von Kaliumfluorid in Fluorwasserstoff — »Elektrolyse der Flußsäure« ist eigentlich ebenso verkehrt wie die »Elektrolyse des Wassers«! — wirklich Fluor entstand, wies Moissan sehr bald nach, indem er das Gas durch erwärmtes Eisen absorbieren ließ, wobei nicht etwa Wasserstoff frei wurde. Er überzeugte sich auch, daß ein Gemenge von Fluorwasserstoff und Ozon keine besonders stark oxydierenden Eigenschaften besaß.

So energisch wie auf chemische Substanzen wirkte das Fluor auch auf die wissenschaftliche Welt, die noch nicht zu dem »Nil admirari« unserer Zeit abgestumpft war. Moissans Name war im Munde aller Chemiker. Die französische Akademie sprach ihm den 10000 Frcs. betragenden Prix la Caze zu, der Moissan für die Aufwendungen entschädigte, welche er aus eigenen Mitteln für seine Experimente hatte machen müssen. Vier Monate nach der Isolierung des Fluors starb Bouis, Professeur de Toxicologie an der Ecole de Pharmacie, der Entdecker des Caprylalkoholes. Moissan bewarb sich um seinen Posten und wurde schon am 30. Dezember zu seinem Nachfolger ernannt, nachdem der Conseil der Ecole einstimmig seine Wahl dem Minister empfohlen hatte. Damit bekam er nun endlich ein eigenes, jedoch immer noch primitives und räumlich beschränktes Laboratorium, mit welchem er sich bis zum Jahre 1899 beholfen hat. Nach der Entdeckung des Fluors hatte ihm Riche vorläufig Unterkommen gegeben. 1888 wählte ihn die Section de Pharmacie der Académie de Médecine zu ihrem Mitgliede, und 1891 gewährte ihm die Académie des Sciences einen ihrer heiß umworbenen Sitze als Cahours' Nachfolger. Er hatte schon bei den beiden vorausgehenden Wahlen, 1888 für Debray und 1889 für Chevreul, auf der Kandidatenliste gestanden, war aber den bedeutend älteren Mitbewerbern Schützenberger und Armand Gautier unterlegen.

Bis zum Jahre 1891 beschäftigte sich Moissan fast ausschließlich mit der Untersuchung des Fluors und der Fluoride, welche er später noch einmal aufnahm. Sein 1900 erschienenes, von Zettel ins Deutsche übertragenes Werk »Le Fluor et ses Composés« gibt ein anschauliches Bild seiner umfassenden Arbeiten.

Moissan hat im Laufe der Zeit die Darstellungsmethode für das Fluor erheblich verbessert. Er befreite es von Fluorwasserstoff durch Überleiten über Natriumfluorid, später durch Kondensation mit flüssiger Luft und darauf folgende Verdampfung. Den Hauptfortschritt brachte die Erkenntnis, daß zur Elektrolyse statt der teuren Platingefäße auch ein Kupferapparat verwendet werden konnte (1899). Es ließen sich nun bis zu 5 Liter Fluor in einer Stunde gewinnen. Die Handhabung des Gases war außerordentlich erleichtert, als festgestellt wurde (1899), daß bei peinlichem Ausschluß von Feuchtigkeit Glas durch Fluor nicht angegriffen wird; das Gas konnte sogar längere Zeit in Glasgefäßen über Quecksilber aufgehoben werden, wenn man nur Erschütterungen und damit die Zerreißen der schützenden Quecksilberfluoridschicht vermied.

Außer mit Sauerstoff, Stickstoff, Chlor und den Edelgasen ließ sich das Fluor mit allen Elementen in Reaktion bringen. Meist fand

diese schon bei gewöhnlicher Temperatur unter Feuererscheinung statt, wie es z. B. beim Wasserstoff, Schwefel, Selen, Tellur, Phosphor, Arsen, Antimon, Brom, Jod, Bor, Kohlenstoff, Silicium, Kalium, Natrium, Calcium der Fall war. Weniger heftig wurden Quecksilber, Eisen, Mangan, Silber, Magnesium und Aluminium angegriffen. Gold und Platin blieben bei gewöhnlicher Temperatur unverändert; die in der Wärme gebildeten Fluoride dieser Metalle zersetzten sich bei größerer Hitze und lieferten wieder freies Fluor.

Auch viele anorganische Verbindungen griff Fluor äußerst heftig an. Aus Wasser entstand bei 0° über 10% Ozon enthaltender Sauerstoff. Chlorkalium verwandelte sich ebenfalls schon in der Kälte in Fluorid, Schwefelkohlenstoff und Phosphorchlorid entzündeten sich in Berührung mit Fluor. Dasselbe geschah mit den meisten organischen Substanzen, wie Alkohol, Äther, Petroleum, Kork, Holz. Die Produkte der Reaktion waren dabei fast immer Fluorwasserstoff und Fluorkohlenstoffe.

Höchst interessant ist, daß Moissan (mit Becquerel, 1890) das Vorkommen freien Fluors als Einschuß in einem Flußspat von Quincé sicher nachweisen konnte.

Eine große Zahl Veröffentlichungen behandelte die physikalischen Eigenschaften des Fluors. Die Dichte fand Moissan früher zu 1.265, etwas kleiner als das Molekül F_2 verlangt (1889), später (1904) bekam er genau den theoretischen Wert, 1.31. Die Farbe des Gases, welche derjenigen des Chlores im Tone gleicht, ihr an Intensität nachsteht, beobachtete er in einem 1 m langen Platinrohr mit Flußspatscheiben; Platinapparate dienten ihm auch zur Untersuchung des Spektrums (1889). Mit Berthelot bestimmte er die Wärmetönung der Reaktion mit Wasserstoff (1889) und mit Dewar ermittelte er den Sdp., -187° (1897); und den Schmp., -233° (1903), des Fluors. Bei dieser Gelegenheit wurde festgestellt, daß auch flüssiger Wasserstoff mit festem Fluor unter Explosion reagiert, daß also chemische Kräfte auch noch bei -252° sehr kräftig wirken können.

Moissan stellte, meist mit Hilfe des freien Fluors, zahlreiche neue Fluorverbindungen her, von denen er viele eingehend untersuchte und in vorzüglichen Einzelpublikationen beschrieb. Er bereicherte die organische Chemie (1888 und 1890; teilweise mit Meslans) durch die Kenntnis des gasförmigen Fluormethyls, des bei -33° siedenden Fluoräthyls und des Fluorisobutyls, welche sich am besten aus den entsprechenden Chlor- oder Jodderivaten und Silber- oder Arsenfluorid gewinnen ließen. Die Reaktion zwischen Kohlenstoff und Fluor führte zu mehreren Kohlenstofffluoriden (1890), von denen das Tetrafluormethan mit dem Sdp. -15° das größte Interesse beanspruchte; es

entstand in reinem Zustande aus Fluor und Methan, Chloroform, Tetrachlerkohlenstoff oder auch aus letzterem und Silberfluorid.

Von Metallfluoriden wurden studiert die Fluorabkömmlinge des Platins (1889), der Erdalkalien (1890), des Silbers (1890 und 1895), des zwei- und dreiwertigen Mangans (1900).

Das aus Fluor und Schwefel entstehende gasförmige Schwefelfluorid SF_6 (1900, mit Lebeau) erregte allgemeines Erstaunen durch seine Zusammensetzung und seine chemischen Eigenschaften; es glich an Indifferenz dem Stickstoff, wurde z. B. weder durch Erhitzen auf Rotglut, noch durch geschmolzenes Alkali verändert. Als recht beständig erwies sich auch das aus Schwefeldioxyd und Fluor zu erhaltende Sulfurylfluorid (mit Lebeau, 1901), während das aus Thionylchlorid und Arsenfluorid sich bildende Thionylfluorid (mit Lebeau, 1900) leicht zersetzlich war. Bemerkenswerte Nichtmetallverbindungen des Fluors sind fernerhin das flüssige Jodpentafluorid JF_5 (1902) und das Nitrylfluorid NO_2F (mit Lebeau, 1905), ein bei -63° zu verflüssigendes Gas von großer Reaktionsfähigkeit, welches sich wie das Fluor selbst schon bei Zimmertemperatur mit Silicium verbindet.

Bei den Arbeiten Moissans über das Fluor ist noch die Darstellung der sauren Kaliumfluoride KH_2F_3 und KH_3F_4 (1888), sowie eine Neubestimmung des Atomgewichtes des Elementes durch Überführung der Fluoride des Natriums, Calciums und Bariums in Sulfate zu erwähnen. Es wurde der Mittelwert $F = 19.05$ gefunden (1890). Schließlich sind hier auch einige Veröffentlichungen über Arbeiten mit flüssigen Gasen (1901) und über Reindarstellung von Gasen (1904) zu nennen, weil sie aus Erfahrungen stammten, welche größtenteils beim Experimentieren mit dem Fluor und seinen Verbindungen gewonnen wurden.

1891 trat eine gewisse Pause in der Bearbeitung des Fluors ein; sie wurde mit Eifer erst wieder aufgenommen, als die Darstellung des Gases durch die Verwendung des Kupferapparates erleichtert war. Die Jahre 1891 und 1892 sind mit erfolgreichen Untersuchungen über das Bor ausgefüllt. Auch das Bor gehörte zu den Grundstoffen, welche vor Moissan noch nicht in reinem Zustande bekannt waren. Davy hatte die Bildung des braunen Elementes beobachtet, als er auf geschmolzenes Bortrioxyd einen starken elektrischen Strom einwirken ließ. Später wurde es von ihm, sowie Gay-Lussac und Thénard aus Kalium und Bortrioxyd gewonnen. Deville und Wöhler verbesserten deren Methode, indem sie das Kalium durch Natrium ersetzten. Für seine ersten Versuche stellte auch Moissan das Bor nach diesem Verfahren her und gewann daraus, am besten durch Erhitzen in Jodwasserstoff, das noch unbekannte Borjodid BJ_3 (1891), welches

er sogleich zu einigen interessanten Umsetzungen verwendete. Seine Lösung in Schwefelkohlenstoff lieferte mit Phosphorlösung einen Niederschlag von PBJ_2 , mit Tetrachlorkohlenstoff den von Gustavson aus CCl_4 und AlJ_3 gewonnenen Tetrajodkohlenstoff CJ_4 , mit überschüssigem Schwefel das Borpentasulfid B_2S_5 , eine Verbindung, in welcher das Bor wahrscheinlich fünfwertig auftritt. Die beiden ersten Substanzen konnte Moissan in neue Abkömmlinge überführen. PBJ_2 gab, im Wasserstoffstrom erwärmt, nach einander PBJ , PB und P_3B_3 ; CJ_4 ließ sich durch Silber zu C_2J_4 reduzieren, gelben, bei 185° schmelzenden Kristallen (1892).

Da seine Versuche gezeigt hatten, daß das Bor, welches er verwendete, wenig rein war, prüfte Moissan alle älteren Verfahren zur Bordarstellung nach und kam zu dem überraschenden Ergebnis, daß sie günstigsten Falles ein Produkt mit etwa 70 % Bor lieferten. Der Rest bestand aus Bortrioxyd, Borstickstoff, Alkali und Eisen. Es gelang ihm aber, die Reaktion zwischen Bortrioxyd und Magnesium, die bereits andere benutzt hatten, so auszuarbeiten, daß ein 94—95-prozentiges, bei Ausführung der Reduktion in einer Wasserstoffatmosphäre sogar 99-prozentiges Bor erhalten werden konnte (1892). Bis heute ist keine bessere Methode für die Bordarstellung gefunden worden; alle anderen, zur Reduktion geeigneten Metalle haben den Nachteil, Boride zu bilden, welche aus dem Reaktionsprodukt nicht zu entfernen sind. Seiner neuen Vorschrift ließ Moissan eine ausführliche Übersicht über die Eigenschaften des reinen Bors folgen. Merkwürdigerweise reagierte es auch bei 1200° noch nicht mit Jodwasserstoff; offenbar waren es also die dem Deville-Wöhlerschen Bor beigemengten Boride, welche vorher Borjodid gegeben hatten. Die Bestimmung der spezifischen Wärme des Bors (mit H. Gautier, 1893) bei 100° , 190° und 235° zeigte, daß diese Größe mit steigender Temperatur schnell wächst, so daß der nach dem Dulong-Petitschen Gesetz berechnete Wert bei etwa 400° erreicht werden müßte. Auch ein Beitrag zur analytischen Bestimmung des Bors, eine Abänderung der Gooch'schen Methode der Methyl esterdestillation, wurde veröffentlicht (1893).

Innichten der anorganischen Arbeiten erinnerten eine Abhandlung über das Alkaloid Aricin (mit Landrin, 1890) und eine zweite (1892) über den Opiumrauch daran, daß Moissan von Amts wegen Professor der Toxikologie war. Es ließen sich im Opiumrauch um so mehr schädliche Stoffe nachweisen, je minderwertiger das Opium war; es geht also den Asiaten mit dem Opium wie ihren europäischen Brüdern mit dem Alkohol.

Noch während er sich mit dem Bor beschäftigte, wandte sich Moissan einem anderen Problem von recht allgemeinem Interesse

zu, der künstlichen Reproduktion des Diamanten. »Der Kunst, Diamanten hervorzubringen, hat man mit ähnlichem Eifer wie der Goldmacherkunst nachgestrebt« schrieb 1830 Berzelius. Dieses Streben, welches früher die wunderbarsten Wege gegangen war, erhielt eine festere Richtung, nachdem Lavoisier 1773 durch die Verbrennung mit Sauerstoff nachgewiesen hatte, daß Diamant reiner Kohlenstoff ist. Doch noch 100 Jahre nach Lavoisiers Experiment war die künstliche Darstellung des Diamanten eine ungelöste Aufgabe. Allen Forschern, die glaubten, ihr genügt zu haben, wie Gannal, Cagnard de Latour, Mactear, Despretz und Lionnet war ihr Irrtum nachgewiesen worden. 1880 will Hannay durch Erhitzen von Ölen mit metallischem Lithium auf Rotglut Diamantsplitter bekommen haben. Seine Angaben sind nie nachgeprüft worden. Kurz darauf teilte Marsden mit, daß er durch Schmelzen von Silber mit Zuckerkohle kleine Diamantkrystalle darstellen konnte. Seine Veröffentlichung blieb ganz unbeachtet; da aber Moissan später selbst die Richtigkeit der Angaben durch den Versuch bestätigte, so gebührt wohl Marsden der Ruhm der ersten künstlichen Darstellung regulär kristallisierten Kohlenstoffes. Moissan hat dagegen das Verdienst, die Frage als erster umfassend und systematisch behandelt zu haben. Er hatte anfangs gehofft — hier ist die Brücke von seinen Fluorarbeiten zu denen über den Diamanten —, durch Zersetzung des Fluorkohlenstoffes zum Diamanten zu kommen, da sich das Fluor vielfach als besonders »mineralbildendes« Element bewährt hatte. Er erhielt aber nur amorphe Kohle. Bei seinen weiteren Arbeiten folgte er den Spuren der Natur selbst. Während die älteren Chemiker, z. B. auch Liebig und Wöhler, angenommen hatten, daß die natürlichen Diamanten bei verhältnismäßig niedriger Temperatur entstanden seien, äußerte Daubrée 1890 auf Grund von Untersuchungen diamanthaltiger Meteoriten und Erden die Ansicht, daß die Bildung der Diamanten in der Hitze und unter starkem Druck erfolgt sein müsse. Die rings gleichmäßige Ausbildung der Diamantkrystalle sprach für ihre Entstehung in flüssiger oder doch weicher Umgebung; die Tatsache, daß viele Diamanten optisch anisotrop sind und manche ohne äußere Veranlassung zerspringen, deutete darauf hin, daß hoher Druck auf sie eingewirkt hat. Moissan untersuchte selbst diamanthaltige Erden aus Brasilien und vom Kap. Er fand darin neben zahlreichen mikroskopischen Diamanten auch Graphit, eine Beobachtung, welche die hohe Bildungstemperatur noch wahrscheinlicher machte. Beim Verbrennen hinterließen die Diamanten alle etwas eisenhaltige Asche. Daraus schloß Moissan, daß sie in eisenhaltiger Umgebung entstanden und vielleicht, weil ja Eisen bekanntlich Kohlenstoff auflöst, einfach aus

Eisen herauskristallisiert seien. Als er den Versuch machte, sie auf demselben Wege künstlich zu erhalten, bekam er aber ausschließlich amorphe Kohle und Graphit. Zum Schmelzen des Eisens diente ihm anfangs das Sauerstoffgebläse. Da er höhere Temperaturen brauchte, als sie sich damit erzielen ließen, ging er zur Verwendung des elektrischen Ofens über. Von letzterem soll später die Rede sein. Moissan's Versuche zur Darstellung des Diamanten waren auf einem toten Punkte angelangt, als sie durch Zufall einen neuen Anstoß erhielten. Am 12. Dezember 1892 berichtete Friedel der Akademie, daß er in einem vom Cañon Diablo in Arizona herstammenden Meteoriten zahlreiche kleine Diamanten gefunden habe. Moissan untersuchte selbst ein Stück dieses Meteoreisens und wies darin neben Diamant auch Graphit und amorphe Kohle nach. Früher hatte er, wie viele andere ebenfalls, an dem Vorkommen von Diamanten in Meteoriten gezweifelt; jetzt war er fest überzeugt, daß Diamant aus kohlehaltigem Eisen entstehen könne, und daß er bisher nur die experimentellen Bedingungen nicht richtig gewählt hatte. Er kam auf den glücklichen Gedanken, mit Kohlenstoff im elektrischen Ofen gesättigtes, geschmolzenes Eisen plötzlich abzukühlen, indem er es mit dem Kohletiegel in Wasser tauchte. Kohlehaltiges Eisen dehnt sich wie Wasser beim Erstarren aus. Bei der raschen Abkühlung erstarrte zunächst die äußere Schicht des Metalles, und es entwickelten sich daher beim weiteren Festwerden im Innern hohe Drucke. Unter diesen Umständen kristallisierte nun in der Tat ein Teil des Kohlenstoffes in Form schwarzer und durchsichtiger Diamanten. Durch Behandeln des Regulus mit verschiedenen Säuren ließ sich alles übrige auflösen, so daß die Diamanten und das zugleich entstandene Siliciumcarbid zurückblieben. Diese trennte Moissan auf Grund ihrer verschiedenen Dichte mit Methylenjodid, in welchem nur die Diamanten untersanken. Am 6. Februar 1893 erfolgte die erste Mitteilung über diese Ergebnisse an die Akademie. Die Nachricht fand schnell den Weg in die Tagespresse und machte den Namen Moissan außerordentlich populär. Man sah mit Furcht oder Vergnügen, je nachdem man Diamanten besaß oder nicht, die Zeit voraus, in welcher der kostbare Stein nach Moissan's ja verhältnismäßig einfachem Verfahren technisch hergestellt werden würde. Davon konnte jedoch nicht die Rede sein. Denn die Ausbeuten blieben auch bei der Wiederholung der Versuche durch Moissan selbst (1894, 1896, 1905) und andere (Crookes 1894, Majorana 1896, Ludwig 1901) äußerst gering. Sie genügten eben, um die Verbrennung der Krystalle zu Kohlensäure beweisen zu können. Zudem waren die künstlichen Diamanten, deren meiste schwarz gefärbt sind, also dem sogenannten Karbonado gleichen, nur winzig klein. Der größte, den Moissan gewonnen hat, ein farbloses Exemplar, war 0.7 mm

lang; im Moissan'schen Laboratorium hieß er »Le Régent«, nach dem herrlichen Brillanten im Louvre.

Gelegentlich seiner Untersuchungen über den Diamanten, deren Wiederaufnahme mit verbesserten Mitteln Moissan übrigens gerade vor seinem Ende betrieb, veröffentlichte er auch eine ganze Reihe von Beobachtungen über den amorphen Kohlenstoff (1895, 1902) und den Graphit (1894, 1895, 1897).

Für die chemische Wissenschaft sind Moissans übrige Arbeiten mit dem elektrischen Ofen von größerer Bedeutung geworden als die Reproduktion des Diamanten. Das erste Modell des »Four électrique«, welches Moissan benutzte, hatte sehr bescheidene Dimensionen. Es bestand aus zwei Kalkstücken, von welchen das obere als Deckel diente. Das untere trug eine Aushöhlung, in der ein Kohletiegelchen von 2 ccm Inhalt den zu erhaltenden Substanzen Aufnahme gewährte, und zwei Rinnen für die Einführung der etwa 1 cm starken Kohlelektroden, zwischen denen der elektrische Lichtbogen, unmittelbar über dem Tiegelchen, erzeugt wurde. Moissan hat, wie seine Mitarbeiter berichten, seinen Ofen 1892 aus sich heraus kombiniert, ohne etwas von den zahlreichen, damals schon veröffentlichten, teilweise auch bereits technisch verwendeten elektrischen Öfen verschiedenster Konstruktion zu wissen. Schon Davy (1810) und Pepys (1815) hatten die Elektrizität als Heizmittel benutzt; praktische Bedeutung bekam die Frage natürlich erst, sobald man stärkere elektrische Ströme billig erzeugen lernte. Vor 1892 waren aber schon viele Formen elektrischer Öfen bekannt; es seien hier nur die wichtigsten Erfinder auf diesem Gebiete genannt: Despretz (1849), Pichon (1853), Ch. W. Siemens (1878), Clerc (1880), Bradley (1883), Cowles (1884), Rogerson (1886), Borchert, Hérault, Minet (1888), Castner, Willson (1891). Pichon, Siemens und Rogerson hatten Lichtbogenöfen mit indirekter Heizung angegeben, wie der sogenannte Moissanofen auch einer ist. Letzterer kann daher im historischen Sinne als neu nicht bezeichnet werden. Dadurch wird aber Moissans Verdienst kaum geschmälert. Er wählte einen Ofen für seine Versuche, welcher einfach herzustellen und zu handhaben war, dabei jede elektrolytische Stromwirkung ausschloß und dadurch möglichste Übersichtlichkeit der in ihm stattfindenden Reaktionen gewährleistete. Und er benutzte diesen Ofen mit so großem experimentellen Geschick, daß man heute Moissan allgemein als den Begründer der Chemie der hohen Temperaturen ansieht, mag auch manche der hierher gehörenden Reaktionen vor ihm oder unabhängig von ihm noch durch andere gefunden sein. Unzweifelhaft haben seine Arbeiten auch indirekt der Technik mächtige Anregungen gegeben.

Sein oben beschriebenes Öfchen setzte Moissan zum ersten Male im Juni 1892 in der Ecole de Pharmacie in Betrieb. Eine kleine Dynamomaschine lieferte den Strom von 40 Volt und 45 Ampere. Obwohl mit dem Apparat bereits sehr interessante Resultate erhalten wurden, genügte er bald nicht mehr. »Mehr Wärme« wurde die Lösung. Um stärkeren Strom zur Verfügung zu haben, stellte Moissan seine Versuche nach einander in der Ecole normale supérieure, im Violleschen Laboratorium und in den Elektrizitätswerken der Société Gramme, der Gare de l'Est und der Compagnie Continentale Edison an. Im Jahre 1900 wurde endlich in seinem eigenen Laboratorium ein elektrischer Ofen eingerichtet. Seine Dimensionen waren gegen das erste Modell sehr gewachsen. Da so große Kalkblöcke nicht zu beschaffen waren, diente jetzt Kalkstein als Ofenmaterial. Die Kohleelektroden hatten einen Durchmesser von 5 cm; die Kohletiegel faßten nun das Hundertfache der ersten. Sollten Substanzen in einer bestimmten Gasatmosphäre erhitzt werden, so geschah es in einem Kohlerohr, welches dicht am Lichtbogen den Ofen durchsetzte. Der Stromverbrauch stieg bei einigen Experimenten, wie bei der Darstellung des Titans oder der Verdampfung des Kohlenstoffes, bis auf 2200 Ampere bei 80 Volt. Nach den Messungen Violles ließen sich im Ofen 3500° erzielen. Ganz bestimmt blieb aber die Temperatur des erhitzten Materiales bei den meisten Versuchen viel unter diesem Wert. Für einzelne der im elektrischen Ofen ausgeführten Reaktionen ist sicher der Nachweis erbracht worden, daß sie auch schon bei 2000° oder in noch geringerer Wärme glatt verlaufen.

Durch die Anwendung des elektrischen Ofens hatte sich Moissan ein Gebiet so recht nach seinem Herzen erschlossen. Die Chemie der hohen Temperaturen war ein jungfräulicher Boden, der bei fast jedem Schritte neue Beobachtungen, neue Verbindungen spendete, ohne daß er erst der Auflockerung durch moderne Theorien oder physikalisch-chemische Methoden bedurft hätte. Es schwand der Begriff der »nicht flüchtigen Stoffe« wie fünfzehn Jahre zuvor derjenige der »nicht zu verflüssigenden Gase«. Die Herstellung noch nie gewonnener Metalle geschah mit der größten Leichtigkeit; bei gewöhnlicher Temperatur indifferente Stoffe, wie Kohlenstoff, Silicium, Bor, reagierten mit fast allen Elementen und bildeten Carbide, Silicide, Boride, von deren Existenz man früher so gut wie nichts wußte. 1897 veröffentlichte Moissan seine bis dahin erhaltenen Resultate in einem Werke von 400 Seiten, welches unter dem Titel »Le Four électrique« französisch und fast gleichzeitig, von Zettel übersetzt, deutsch erschien. Letztere Ausgabe fand 1900 eine Ergänzung durch die »Nachträge zu ‚Der elektrische Ofen‘«.

Um einen Begriff von der durch Moissan bei diesen Forschungen geleisteten Arbeit zu geben, lasse ich eine Zusammenstellung seiner wichtigsten Resultate folgen. Leider muß sie sich größtenteils auf eine Aneinanderreihung von Formeln beschränken, wenn ich den mir hier zur Verfügung stehenden Raum nicht sehr überschreiten will.

Die ersten Versuche mit dem elektrischen Ofen galten der Schmelzbarkeit und Verdampfbarkeit der früher für feuerbeständig gehaltenen Stoffe. Kalk, Strontiumoxyd, Aluminiumoxyd, Zirkonoxyd, Kieselsäure schmolzen und erstarrten in krystallisierter Form (1892). Durch Beimengung von etwas Chromoxyd zur Tonerde ließen sich Rubine, allerdings nicht gerade idealer Art, darstellen. Schwieriger war Magnesiumoxyd in die flüssige Form zu bringen, besonders da es wenig über seinem Schmelzpunkte bereits zu sieden begann (1893). Auch alle anderen chemischen Stoffe verdampften, als der Lichtbogen stark genug gemacht wurde (1893); Kalk, Aluminiumoxyd, Zirkonoxyd, Eisen, Platin, Kupfer, Silber, Zinn, Gold, Mangan, Uran, Silicium, Bor, Kohlenstoff wurden untersucht. Das Verdampfen des Quarzes bildete einen wirkungsvollen Vorlesungsversuch. Die verschiedene Flüchtigkeit der Metalle studierte Moissan in neuester Zeit noch einmal und benutzte sie zur Zerlegung von Legierungen durch fraktionierte Destillation (1904—1906).

Von Metallen gewann Moissan, fast stets mittels Reduktion der Oxyde mit Kohle, der häufig eine Affinierung durch Glühen des ersten kohlehaltigen Produktes mit dem Oxyd folgte: Uran, Wolfram, Vanadin, Chrom, Mangan (1893); Titan, Molybdän (1895); Niob (1901); Tantal (1902) und Thor (mit Höhnigschmid 1906). Mehrere dieser Metalle werden jetzt leichter und reiner nach dem Goldschmidtschen Verfahren dargestellt, bei anderen zieht man auch heute noch den elektrischen Ofen vor. Manche von ihnen sind bereits wichtige industrielle Produkte geworden; die Technik des Stahles und der elektrischen Glühlampen sind dafür die besten Abnehmer.

Größer ist die Zahl der Carbide, welche Moissan ebenfalls meist aus Oxyden mit Kohle erzeugte. Die Bildung des wichtigsten, des schon 1862 von Wöhler aus Zinkcalcium und Kohle erhaltenen Calciumcarbides, CaC_2 , beobachtete er gleich bei seinen ersten Versuchen mit dem elektrischen Ofen (1892; näher untersucht 1894). Später gewann er es ganz rein als durchsichtige, farblose Substanz aus Acetylen und Calciumammonium (1898), sowie aus Calciummetall und Kohle (1904), aus denen es schon bei Dunkelrotglut entstand.

Die Entwicklung der technischen Darstellung des Calciumcarbides, die heute jährlich etwa 200000 Tonnen beträgt, wird Moissan wohl mit Staunen verfolgt haben. Denn er selbst glaubte anfangs nicht

an ihre Möglichkeit. Als L. M. Bullier zu ihm kam und ihm den Vorschlag machte, Calciumcarbid technisch zur Acetylenherzeugung zu fabricieren, lachte er ihn aus und gab ihm gern die Erlaubnis, selbst Patente darauf zu nehmen (1894). Es ist ja bekannt, welche großartige Industrie Bullier mit der Société des Carbures métalliques ins Leben rief. Patentschwierigkeiten entstanden ihm von Amerika her, wo Böhm und Willson gleichfalls unabhängig von einander die Umsetzung von Kalk und Kohle gefunden hatten. Moissan hat vom Calciumcarbid keinen materiellen Vorteil gehabt, wie ihm denn seine Wissenschaft fast stets nur »die hohe, die himmlische Göttin« war, und nicht »eine tüchtige Kub, die ihn mit Butter versorgt«. Moissan hat nur zwei Patente auf die Darstellung von Legierungen des Molybdäns, Titans usw. mit Eisen, Kupfer und anderen Metallen und auf die Gewinnung von Titan genommen. Das war in den Jahren 1894 und 1895. Vielleicht ließ ihn die Erfahrung mit dem Calciumcarbid damals von seinem sonstigen Grundsatz abweichen. Jedenfalls ist es später nicht mehr vorgekommen.

Auf Calciumcarbid folgte die Untersuchung (1893) des in reinem Zustande ebenfalls farblosen Siliciumcarbides, SiC , welches früher von Colson aus Silicium und Benzoldampf erhalten war und von Acheson als Carborundum bereits technisch verwertet wurde. Mit dem Jahre 1894 beginnt die lange Reihe der zumeist neuen Carbide. Es wurden untersucht: SrC_2 , BaC_2 , Al_4C_3 , Cr_4C , Cr_3C_2 (1894); TiC , Mo_2C , U_2C_3 , CeC_2 , Li_2C_2 , Mn_3C , YC_2 und ThC_2 (mit Etard), ZrC (mit Lengfeld), VC (1895); W_2C , LaC_2 (1896); Fe_3C (1897); NdC_2 , PrC_2 , SbC_2 (1900); MoC (mit M. K. Hoffmann, 1904). Auch ein Doppelcarbid, W_2C , $3\text{Cr}_3\text{C}_2$ (mit Kouznetzow, 1903), gehört hierher. Zur Reduktion der Oxyde zu Carbid konnte an Stelle von Kohle häufig Calciumcarbid verwandt werden. Carbide der Alkalimetalle und des Magnesiums waren im elektrischen Ofen nicht darzustellen, weil sie bei hohen Temperaturen zerfallen. Berthelot hatte früher Kalium-, Natrium- und Magnesiumcarbid aus den Metallen und Acetylen gewonnen; auf ähnliche Weise machte Moissan Rubidium- und Caesiumcarbid (1903).

Nach ihrem Verhalten gegen Kohle teilte Moissan die Metalle in mehrere Klassen. Die einen, Wismut, Zinn, Kupfer, Silber, Gold und die Platinmetalle, lösten wechselnde Mengen Kohlenstoff, ohne Carbid zu liefern. Die große Mehrzahl bildete Carbide, welche sich nun wieder durch ihre Reaktionen mit Wasser und Säuren unterscheiden ließen. Die Carbide der Alkalien und Erdalkalien gaben dabei reines Acetylen, die des Berylliums und Aluminiums reines Methan, das des Mangans ein Gemisch von Wasserstoff und Methan, die der Cer-

gruppe Gemenge von Wasserstoff mit gasförmigen, flüssigen und festen Kohlenwasserstoffen. $\frac{2}{3}$ des Kohlenstoffes im Urancarbid ging durch die Zersetzung in flüssige und feste Kohlenwasserstoffe über. Chrom-, Wolfram- und Molybdäncarbid wurden in der Kälte durch Wasser gar nicht angegriffen, Titan-, Zirkon- und Vanadincarbid schließlich waren so widerstandsfähig wie das Carborundum.

Das Auftreten nicht flüchtiger Kohlenwasserstoffe bei der Zerlegung der Carbide durch Wasser führte Moissan zur Aufstellung einer Theorie über die Erdölbildung (1895, 1902), die jedoch keine allgemeine Anerkennung finden konnte.

Den zuletzt genannten Carbiden glich in ihrer Beständigkeit die Mehrzahl der im elektrischen Ofen dargestellten Boride und Silicide. Es sind das: CB_6 (1894); FeB , NiB , CoB (1895); CaB_6 , SrB_6 , BaB_6 (mit Williams, 1897); SiB_3 , SiB_6 (mit Stock, 1900) und Fe_2Si , Cr_2Si (1895); CaSi (mit Dilthey), VSi (mit Holt) (1902); RuSi (mit Manchot, 1903). Auch das Calciumphosphid, Ca_3P_2 , konnte aus Calciumphosphat und Kohle im elektrischen Ofen gewonnen werden (1899). Ein Lithiumsilicid, Li_6Si_2 (1902), wurde auf andere Weise erhalten.

Während die Arbeiten mit dem elektrischen Ofen Moissan anfangs gänzlich in Anspruch nahmen, wandte er sich später mehr und mehr auch anderen kleineren Aufgaben zu. Drei Gegenstände beschäftigten ihn hier vornehmlich, das Calcium, Versuche zur Darstellung des Ammoniums und die Metallhydride.

Das Calcium war bis zu seiner Zeit ein nur schwierig und in kleinen Mengen zugängliches Metall geblieben. Moissan änderte das zur Calciumdarstellung von Liës-Bodart und Jobin vorgeschlagene Verfahren der Reduktion des Jodcalciums mit Natrium ein wenig, aber sehr wirkungsvoll dadurch ab, daß er einen großen Überschuß an Natrium anwendete. Das entstandene Calcium löste sich im Natrium auf und ließ sich durch Entfernen des letzteren mit Alkohol in Form schöner, sehr reiner Krystalle gewinnen (1898). Diese dienten zur Synthese des Calciumhydrides, CaH_2 , Calciumnitrides, Ca_3N_2 , und des Calciumammoniums, $\text{Ca}(\text{NH}_2)_4$ (1898). Auch die Wärmetönung der Reaktion des Calciums mit Wasser wurde bestimmt (1899). Später, als die Technik die elektrolytische Calciumgewinnung in die Hand genommen hatte, untersuchte Moissan auch die Eigenschaften des in Bitterfeld hergestellten Produktes (1905).

Das Radikal NH_4 als Ammoniummetall zu isolieren, gelang Moissan ebenso wenig wie seinen Vorgängern. Aber »une expérience réussit toujours«, pflegte Moissan zu sagen. Er bereicherte bei diesen Untersuchungen unsere Kenntnis der viel früher von Weyl

entdeckten Ammoniummetalle, welche ihm als Ausgangsmaterial für die Darstellung des Ammoniums dienen sollten, indem er ihre Lösung in flüssigem Ammoniak mit Ammoniumchlorid und Schwefelwasserstoff umsetzte (1901). Hierbei entstand genau so nur ein Gemenge von Ammoniak und Wasserstoff, wie bei der Elektrolyse von Ammoniumsalzlösungen in wasserfreiem Ammoniak (1901). Ein seltsames Resultat ergab die ganz kurz vor seinem Ende ausgeführte Elektrolyse einer Auflösung von Quecksilberjodid in flüssigem Ammoniak: an der Kathode bildete sich eine feste, blaue Substanz, welche sich bei Unterbrechung des Stromes schnell unter Abscheidung von Quecksilber und Freiwerden von Wasserstoff zersetzte; in Quecksilber löste sie sich und erteilte ihm alle Eigenschaften des bekannten Ammonium-amalgames, das schon früher von Moissan ebenfalls untersucht worden war (1901). Das genauere Studium der interessanten Reaktion wurde durch Moissans Tod unterbrochen.

Den früher allein bekannten Ammoniumderivaten des Kaliums und Natriums gesellte Moissan diejenigen des Lithiums — sie wurde gleichzeitig von Guntz dargestellt —, Calciums (1898), Rubidiums und Caesiums hinzu (1905). Methylamin lieferte eine den Ammoniummetallen ganz entsprechende dunkelblaue Substanz $\text{LiNH}_2 \cdot \text{CH}_3$, wogegen es mit Kalium, Natrium und Calcium nicht reagierte (1899). Durch Einwirkung von Acetylen auf Metallammoniumlösungen entstanden die bereits bekannten, beim Erhitzen in Carbide verwandelten Acetylenmetallcarbide. Moissan sah in den Ammoniummetallen Verbindungen; von anderer Seite ist neuerdings die Ansicht vertreten worden, daß die blauen, aus Alkalimetall und Ammoniak gebildeten Flüssigkeiten einfache Auflösungen seien. Eine klare Entscheidung ist bisher wohl noch kaum zu treffen. Ähnlich liegt es bei der blauen Lösung des Schwefels in flüssigem Ammoniak, dem gleichfalls von Moissan untersuchten Sulfammonium (1901).

An positiven Ergebnissen reich waren Moissans Arbeiten über die Metallhydride, die man vor ihm nur in sehr kleiner Zahl kannte und für eine Art Legierungen des »metallischen« Wasserstoffes hielt. Das von Guntz 1893 beobachtete farblose, krystallinische Lithiumhydrid, LiH , hatte sonderbarerweise kaum Beachtung gefunden. Moissan stellte aus Wasserstoff und den Metallen die Hydride CaH_2 (1898), NaH (1901), KH (1902), RbH und CsH (1903) dar. Sie alle glichen im Aussehen eher Salzen als Legierungen, leiteten auch den elektrischen Strom nicht (1903). Ihre Reaktionsfähigkeit erwies sich als sehr groß. Die meisten entzündeten sich sofort an der Luft. Mit Äthyljodid und Methylchlorid erwärmt, lieferten sie Äthan und Methan (1902), mit Schwefeldioxyd bildeten sie bei gewöhnlicher Temperatur, z. B. nach

der Gleichung $2KH + 2SO_2 = K_2S_2O_4 + H_2$, Hydrosulfite, wodurch die Bernthsen'sche Hydrosulfitformel bestätigt wurde (1902); mit Acetylen gaben sie Acetylenmetallcarbide (1903). Aus Kohlendioxyd und Hydrid entstand Formiat (1902), ein Seitenstück zu der 1855 von Berthelot entdeckten Formiatbildung aus Kohlenoxyd und Metallhydroxyd. Die Reaktion zwischen Hydrid und Kohlendioxyd, welche bei höherer Temperatur neben Formiat auch Oxalat ergab (1905), wurde durch Wasserdampf stark beeinflusst. Bei sorgfältigem Ausschluß von Feuchtigkeit reagierten Kaliumhydrid und Kohlendioxyd erst bei $+54^\circ$, dagegen schon bei -80° , wenn das Kohlendioxyd über Eis von -85° geleitet war (1903). Die verschwindend geringe Menge Wasserdampf wirkte hier also ebenso mächtig auf den Reaktionsverlauf ein, wie etwa in den von Dixon und Baker untersuchten Fällen.

Als Mitglied einer in den neunziger Jahren im französischen Kriegsministerium gebildeten Kommission zur Prüfung der Verwertbarkeit des Aluminiums hat sich Moissan wiederholt mit diesem Metalle beschäftigt. Er bestimmte die Verunreinigungen des technischen Aluminiums (1894) und erkannte, wie sehr die Haltbarkeit von Aluminiumgegenständen durch die häufig vorkommende Beimengung von Natrium geschädigt wird (1895). Zwei der wenigen Veröffentlichungen Moissans über analytische Methoden — ihm war die Analyse nur Mittel zum Zweck — behandelten die Untersuchung des Aluminiums (1895, 1897). Besonders seitdem das Aluminium von der Technik immer reiner dargestellt wurde, redete er der Verwendung des Metalles im praktischen Gebrauch warm das Wort. In einer Polemik gegen Ditte (1899) konnte er darauf hinweisen, daß in seiner Küche seit langem fast ausschließlich Aluminiumgegenstände benutzt wurden.

Das von ihm dargestellte reine Bor ließ Moissan auf kohlehaltiges Eisen einwirken (1894). Dabei wurde Kohle abgeschieden und ein Borstahl erhalten, dessen Abkühlungskurve ähnliche Haltepunkte aufwies wie die des gewöhnlichen Stahles (mit Charpy, 1895). Silicium gab entsprechende Resultate.

Auf Veranlassung Ramsays, der ihm dazu 100 ccm Argon zur Verfügung stellte, versuchte Moissan erfolglos, das Gas mit Fluor, Titan, Bor, Lithium und Uran zur Reaktion zu bringen (1895). Mit dem Argon befaßte er sich später noch einmal; er empfahl Calcium als Absorptionsmittel für die Abscheidung des Argons aus der Luft zu analytischen (1903) und präparativen Zwecken (mit Rigaut, 1904). Als ziemlich stark argonhaltig erwiesen sich auch einige Quellwässer (1902).

Die Analyse der aus dem Mont-Pelée auf Martinique bei seinem verhängnisvollen Ausbruche am 8. Mai 1902 ausgestoßenen Gase ließ Moissan darin neben den Bestandteilen der Luft 15% Kohlendioxyd, 8.1% Wasserstoff, 5.5% Methan und 1.6% Kohlenoxyd finden (1902). Durch letzteres erklärte er die Giftigkeit des Gases, dem so viele Menschenleben zum Opfer gefallen sind. Zwei Jahre darauf untersuchte er auch die Fumarolen von Guadeloupe (1904).

Eine schöne Entdeckung war die Auffindung des selbstentzündlichen, bei 52° siedenden Siliciumwasserstoffes (mit Smiles, 1902), der durch Abkühlen aus dem gewöhnlichen Siliciumwasserstoff abgeschieden wurde und dem nach Analyse und Dampfdichte die Formel Si_2H_6 zukommt. Er wurde dann auch aus dem Lithiumsilicid Li_6Si_2 gewonnen. Bei der Zersetzung durch den elektrischen Funken lieferte er ein sehr helles, reaktionsfähiges amorphes Silicium, welches z. B. Kaliumpermanganatlösung reduzierte. Die Löslichkeit der verschiedenen Siliciumarten in mehreren Metallen bildete ebenfalls den Gegenstand einer Untersuchung (mit Siemens, 1904).

Weitere Abhandlungen über die Behandlung von Mineralwässern (1894), über die Einwirkung von Acetylen auf feinverteilte Metalle (mit Moureu, 1895), über einen kleinen Knallgasgebläseofen (1901), über die Eigenschaften und Reaktionen des geschmolzenen Kalkes (1902), über die Farbstoffe einiger prähistorischer Höhlenfunde (1902, 1903), über die schon bei gewöhnlicher Temperatur langsam erfolgende Oxydation des Schwefels (1903), über die Dichte des Chlores (mit Binet du Jassoneix, 1904), über die Konstanten des reinen Methans (mit Chavanne, 1905), über Thorchlorid und -bromid (mit Martinsen, 1905) seien hier nur genannt. Merkwürdige Beobachtungen über das Platinamalgam, die Moissan gemacht hatte, wurden erst nach seinem Tode veröffentlicht.

In den letzten Jahren widmete Moissan den größten Teil seiner Zeit der Herausgabe seines »Traité de Chimie minérale«, eines ausführlichen Handbuches, in dem ähnlich wie in Dammers bekanntem Werke die experimentellen Tatsachen der anorganischen Chemie zusammengestellt sind. Das fünfbandige Buch wurde von Moissan, der selbst außer der Einleitung die Artikel »Fluor« und »Kohlenstoff« beisteuerte, gemeinsam mit seinen Mitarbeitern, zumeist eigenen Schülern, in zwei Jahren beendet. Die französischen Anorganiker werden für diese Gabe besonders dankbar sein, denn sie füllt eine häufig unangenehm empfundene Lücke in der französischen chemischen Literatur aus.

»Multum et multa« möchte man das Wort des Plinius variieren, wenn man auf Moissans Forschertätigkeit zurückblickt, die ich hier in

ihren Hauptzügen zu zeichnen versucht habe. Bewundernswert sind der Fleiß und das Geschick, welche in noch nicht 30 Jahren so viele wissenschaftliche Erfolge ermöglicht haben. Und das trotz häufig recht mangelhafter Hilfsmittel!

Dreizehn Jahre lang, bis 1899, blieb Moissan Professor der Toxikologie an der Ecole de Pharmacie. Dann wurde er an Riches Stelle Professeur de Chimie minérale, der er in Wirklichkeit schon immer war. Ende 1900 verließ er die Ecole de Pharmacie und siedelte, zum Professor an der Faculté des Sciences der Universität Paris ernannt, in das Troostsche Laboratorium über. An den Plänen zum Neubau der chemischen Institute der Sorbonne hat er eifrig mitgearbeitet, ohne ihre Verwirklichung erleben zu können.

Als ich 1899 nach Paris kam, um einige Zeit bei Moissan zu arbeiten, hatte er erst vor kurzem das Richesche Laboratorium bezogen. Die Ecole de Pharmacie, in welcher es sich befand, liegt entzückend schön an der breiten, auf das Palais de Luxembourg auslaufenden Avenue de l'Observatoire mit ihren prächtigen Bäumen und Beeten. Von außen präsentierte sich ihr Gebäude sehr schmuck und anheimelnd; denselben Eindruck machte der mit Wandgemälden gezierte Flur. Betrat man aber die Arbeitsräume, so änderte sich das Bild. Es fehlte an Licht und an Platz. Moissans Laboratorium befand sich in zwei Stockwerken; im ersten arbeitete er selbst mit einem oder zwei Assistenten, während seine übrigen Mitarbeiter zu ebener Erde untergebracht waren. Es war eine ganz internationale Gesellschaft, die sich hier versammelte. Neben mehreren Franzosen und mir hatten sich damals noch ein zweiter Deutscher, ein Österreicher, ein Engländer, ein Amerikaner und zwei Norweger eingefunden, um Moissans Methoden, besonders das Umgehen mit dem elektrischen Ofen, zu studieren. Die Verkehrssprache war deutsch, das alle, natürlich mit Ausnahme der Franzosen, völlig beherrschten. Auch in der Folgezeit hat Moissan, der jedem mit gleicher Liebenswürdigkeit begegnete, große Anziehungskraft auf die Ausländer, nicht am wenigsten die Deutschen, ausgeübt. Früher war es ja etwas Häufiges gewesen, daß deutsche Chemiker nach Paris gingen, um dort bei Dumas, Wurtz, Friedel u. a. zu arbeiten; durch den Krieg war dieser Brauch geschwunden.

Was zunächst beim Betreten des Moissanschen Laboratoriums auffiel, war eine peinliche Sauberkeit, die Riess' Wort, daß die Chemie der unreinliche Teil der Physik sei, Lügen strafte. Der Holzfußboden wurde jeden Sonnabend gebohnt. Aus dem alten Berliner Chemischen Institut war ich an derartige Peinlichkeit nicht gewöhnt. Als Moissan wenige Tage nach meiner Ankunft bei einem Rundgange

durch den Raum, in dem wir arbeiteten, mit einem Blick auf den Boden fragte: »Qui a fait cela?«, entdeckte ich erst nach einiger Zeit, daß ein paar aus der Spritzflasche geflossene Tropfen Wasser Anlaß zu der Frage gegeben hatten. Übrigens sprachen wir Moissan ziemlich selten. Über den Fortgang unserer Arbeiten war er aber stets vollständig unterrichtet. Lebeau, seit 1890 Moissans Assistent und von ihm sehr geschätzter Mitarbeiter, spielte den Vermittler zwischen ihm und unserer kleinen Fremdenkolonie. Schaffenslust und Humoreinteten sich zu einer Atmosphäre, in der zu arbeiten eine wahre Freude war. Man hatte das Gefühl, »alles müsse gehen«, und es ging auch wirklich beinahe alles, was in Angriff genommen wurde. Mit Vergnügen sah man über die Mängel des Institutes hinweg. Deren waren recht viele! Abzüge gab es fast gar nicht. Selbst die Darstellung des Fluors wurde auf einem nur mit Abzugdach versehenen Tische vorgenommen. Gasöfen zum Erhitzen von Röhren waren nicht vorhanden; in der für Chloraufschlüsse und dergl. bestimmten »Salle des Synthèses«, einem auch abzuglosen Kellerraum, benutzte man mit Kohlen geheizte Schamotteöfen. Die Perrotschen Öfen standen auf einem mangelhaft glasüberdeckten Höfchen und wurden bei Regen naß. Die Wasserturbine war ein unbekanntes Ding. Und das französische Glas! Ein Kolben, in welchem ich eine Substanz mehrere Tage lang mit konzentrierter Salpetersäure gekocht hatte, war angeätzt, als wäre er mit Flußsäure behandelt worden. So ließe sich noch viel berichten. Trotzdem blieben alle immer guter Dinge. Offenbar ist die Pariser Luft dem Ärger nicht günstig; mit welcher Engselgeduld wartete man doch auch halbe Stunden lang und sah Omnibus für Omnibus besetzt an sich vorüberfahren!

Der elektrische Ofen, welcher später im Keller der Ecole aufgestellt wurde, existierte anfangs noch nicht. Einmal in der Woche begab sich eine kleine Expedition mit allem Material in mehreren Droschken nach der etwa $\frac{3}{4}$ Stunden entfernten Avenue Trudaine zum Maschinenhaus der Compagnie Edison, um dort die Versuche mit dem Four électrique vorzunehmen. Dazu fand sich dann Moissan gewöhnlich selbst ein. War ein Experiment gelungen, so leuchteten seine dunklen Augen vor Freude. Er benutzte jede Gelegenheit, den Gesichtskreis seiner Schüler durch geschickte Fragen zu erweitern und ihre Beobachtungsgabe zu schärfen. Dabei ging er auf alle Einwände gern ein und unterzog sich selbst dann der Mühe, sie durch Gründe zu widerlegen, wenn sie offenbar töricht waren. Liebenswürdigkeit war ein Grundzug seines Charakters. Damit bezauberte er jeden, der mit ihm in Berührung kam, sei es nun im Laboratorium, in einer wissenschaftlichen Versammlung oder in seinem hübschen Heim in

der stillen Rue Vauquelin. Moissans gewinnende Freundlichkeit war, wie Henri Gautier in einem Nachrufe erzählt, im Kreise seiner Bekannten sprichwörtlich. Er besaß kaum persönliche Feinde. Die Angriffe, welche jahrelang in einer Zeitschrift gegen ihn und seine Arbeiten gerichtet wurden, gingen von einem ehemaligen Kollegen, dem späteren Redakteur eben dieses Journal, aus, der sich durch ihn zurückgesetzt wähnte. Moissan hat auf sie nicht geantwortet, obwohl sie ihn gerade darum besonders schmerzten, weil sie in wissenschaftlicher Form erfolgten.

Wenngleich er bis zuletzt sehr viel Zeit der Arbeit im Laboratorium widmete, hat sich Moissan auch sein Interesse für nichtchemische Dinge stets bewahrt. Er ließ kaum eine wichtigere Erscheinung der französischen Literatur ungelesen und war ein eifriger Sammler von Gemälden und Stichen. Seinen Stolz bildeten einige Corotsche Landschaften, die seine Wohnung zierten. Auch eine reichhaltige Sammlung von Autographen aus der Zeit der französischen Revolution hatte er zusammengebracht. Technische und nationalökonomische Fragen interessierten ihn ebenfalls in hohem Grade. Auf seinen häufigen Reisen suchte er sich die Grundlagen für ein eigenes Urteil in diesen Dingen zu erwerben.

Im November 1899 las Moissan zum ersten Male die große Vorlesung über anorganische Chemie, die bis dahin von Riche gehalten worden war. Sie war uns Fremden eine willkommene Gelegenheit, unsere Sprachkenntnis zu stärken. Moissan galt als einer der besten wissenschaftlichen Redner von Paris. Ihn zu hören war in der Tat ein ästhetischer Genuß. Ohne viel äußere Mittel anzuwenden — seine schlanke, ziemlich große Gestalt bewahrte beim Vortrage mehr Ruhe als in der Einzelunterhaltung — fesselte er durch die durchsichtig klare Disposition und die elegante, häufig humoristische Form seiner Ausführungen, deren sympathischer Eindruck noch durch den Wohlklang seiner Stimme verstärkt wurde. Auch in Deutschland hatten wir ja einige Male Gelegenheit, uns von Moissans Rednergabe zu überzeugen, z. B. auf dem Kongreß 1903 in Berlin, als er seinen Vortrag über die Metallhydride hielt.

Die Vorlesung in der Ecole de Pharmacie wich in manchen Punkten von dem in Deutschland Üblichen ab. Sie begann sogleich mit einer durch viele Versuche gewürzten, allgemein gehaltenen Einleitung über die wichtigeren chemischen Operationen und Theorien, welche hohe Anforderungen an das Fassungsvermögen der Hörer stellte. Bei der später folgenden Behandlung der einzelnen Elemente wurden nicht sehr zahlreiche, aber oft mit großer Mühe und viel Apparat vorbereitete Experimente vom Assistenten ausgeführt.

Moissan selbst schenkte seine Aufmerksamkeit fast ganz dem Vortrage. Bei den Studenten erfreute er sich großer Beliebtheit. Das hinderte sie aber nicht, gelegentlich recht ungezogen gegen den Vortragenden zu sein. Im Benehmen des Auditoriums lag überhaupt der größte Unterschied gegenüber einer deutschen Vorlesung. Schon der Einzug der Studenten in den Hörsaal war etwas Sehenswertes. Die Plätze auf den sehr primitiven, niedrigen, an Eleganz etwa den Sitzgelegenheiten in dürftlichen Gartenwirtschaften gleichenden Bänken — Tische gab es nicht — waren nicht nummeriert, so daß sich bei jeder Vorlesung eine Art Wettrennen um die vordersten Plätze erhob. Wir Gäste des Moissanschen Laboratoriums hatten unsere Sitze schon vom Vorbereitungszimmer her erreicht, wenn um Punkt 5 Uhr die beiden oben am stark ansteigenden Hörsaal befindlichen Eingangstüren durch zwei Diener zu genau gleicher Zeit geöffnet wurden. Wie eine Horde Wilder stürzten dann die schon lange wartenden Studenten über die niedrigen Sitzreihen herunter, allen voran mit fliegenden Röcken die zahlreichen weiblichen Hörer. Die Zeit bis zum Beginn der eine Viertelstunde später anfangenden Vorlesung vertrieb man sich durch Absingen meist politischer Lieder, die gewöhnlich mit den Füßen begleitet wurden. Noch während der Vorlesung brach die französische Lebhaftigkeit oft durch. Wehe den Armen, die zu spät kamen. Ihr Weg führte sie zunächst von den Türen über zwei eiserne, an beiden Seiten des Hörsaales befindliche Galerien, wo sie dem ganzen Auditorium sichtbar waren, das sich nun das Vergnügen machte, bei jedem Schritte des Verspäteten mit auf den Boden zu trampeln. Der Gegensatz zwischen dem zaghaft Schleichenden auf der Galerie und dem Lärm, welchen seine Tritte zu verursachen schienen, hatte etwas außerordentlich Komisches. Die Heiterkeit erreichte ihren Gipfel, als einmal eine Dame zu spät erschien und verlegen wieder die Flucht ergriff, sobald sie in der geschilderten Art begrüßt wurde. Die Vorlesung wurde durch diese Episoden empfindlich unterbrochen, ohne daß aber irgend welche Maßregeln gegen die Ruhestörer getroffen worden wären.

Die Pausen, welche ihm die Lehrtätigkeit ließ, benutzte Moissan gern zu Reisen, die er meist mit Gattin und Sohn unternahm. Zu Ostern ging es gewöhnlich nach Italien, Spanien oder Griechenland, deren Kunstschatze ihn besonders anzogen. In den großen Ferien waren die Schweiz oder die Pyrenäen das Ziel. Oft hat Moissan als Vertreter der Akademie oder anderer Körperschaften das Ausland, auch wiederholt Deutschland, aufgesucht. 1896 und 1904 war er in Amerika. Überall erwarb er sich durch seinen Takt und seine Bescheidenheit neue persönliche Freunde. Ich habe viele gesprochen,

die ihn kannten, aber fast ausnahmslos das höchste Lob über ihn gehört. Nur zwei Dinge hatte man gelegentlich an ihm auszusetzen: einmal, er sollte um das weitere Fortkommen seiner Mitarbeiter zu wenig bemüht gewesen sein, und dann, er habe fremde, speziell physikalisch-chemische Arbeiten nicht genügend verfolgt. Über den ersten Punkt kann ich nicht urteilen; der zweite findet seine Erklärung dadurch, daß Moissan, dem seine geringe Kenntnis fremder Sprachen die Lektüre der internationalen Literatur erschwerte, mit anderer Arbeit überlastet war. Deshalb ließ er wohl auch gelegentlich einen Brief länger unbeantwortet, als er selbst es gewünscht hätte.

Es ist natürlich, daß Moissans Erfahrung und Geschick von der Regierung seines Landes und von privaten Seiten ausgenutzt wurde, indem man ihn zum Mitgliede mannigfaltiger Kommissionen, zum Präsidenten der verschiedensten Gesellschaften und Versammlungen wählte. Er schlug derartige Bitten ungern ab, so sehr auch Familie und Freunde in ihn drangen, sich mehr zu schonen. Er war unter anderem Mitglied des Conseil d'Hygiène et de Salubrité du Département de la Seine, des Comité consultatif des Arts et Manufactures, der Commission de Revision du Code pharmaceutique und der internationalen Atomgewichtskommission, wiederholt Präsident der Chemischen und der Pharmazeutischen Gesellschaft von Paris; er präsiidierte auch 1900 dem 4. Internationalen Kongreß für angewandte Chemie in Paris, dessen Comptes rendus er gemeinsam mit dem Sekretär Dupont 1902 erscheinen ließ. Was er einmal übernommen hatte, tat er mit ganzer Kraft. So haben es ihm die französischen Pharmazeuten hoch angerechnet, daß er mehrere Male den Präsidenten Faure selbst aufsuchte, als es sich seinerzeit um die Durchsetzung des pharmazeutischen Doktorexamens handelte.

Die allgemeine Anerkennung, deren sich Moissans Person und Wirken erfreute, fand ihren Ausdruck in zahllosen Ehrungen. 1900 ernannte ihn die Regierung zum Commandeur de la Légion d'Honneur. Er war Mitglied fast aller großen Akademien und chemischen Gesellschaften der Welt. Außer dem früher genannten Prix La Caze wurden ihm noch mehrere Preise zuerkannt, deren wertvollsten, den Nobelpreis für Chemie, er 1906 kurz vor seinem Ende erhielt. Eine besondere Freude bereitete ihm eine von Chaplain modellierte Medaille, welche ihm im Dezember 1906 als Erinnerungsgabe an den 20. Jahrestag der Entdeckung des Fluors von Schülern und Freunden überreicht wurde. Die Deutsche Chemische Gesellschaft hat ihr Ehrenmitglied bekanntlich 1903 durch die Hofmannmedaille ausgezeichnet.

Mehr äußere Ehren konnte Moissan von der Zukunft kaum erwarten. Die schönste Belohnung, die er noch erhoffte, sollte ihm

weitere erfolgreiche chemische Tätigkeit sein. Er hatte keineswegs die Absicht, auf seinen Lorbeeren auszuruhen. »Nous devons, tous, placer notre idéal assez haut pour ne pouvoir jamais l'atteindre«, war sein schöner Leitspruch, den er einmal in einer Ansprache an Berthelot gebrauchte.

Es sollte nicht sein. Als Moissan am 6. Februar 1907 aus dem Laboratorium nach Hause kam, stellte sich ein heftiger Anfall von Appendicitis ein. Er wick in den folgenden Tagen der sorgfältigen Pflege durch die Familie und die alten Freunde Bécclère, Siredey und Walter. Ein Rückfall am 16. Februar machte eine schnelle Operation notwendig, die zwar unmittelbar gut verlief, aber eine gefährliche Herzschwäche zur Folge hatte. Unter Herzstörungen litt Moissan in den letzten Jahren schon öfters. Er hatte bei seinen Arbeiten, wie er später selbst einsah, zu wenig Rücksicht auf seine Gesundheit genommen. »Le fluor aura raccourci ma vie de dix ans«, sagte er gelegentlich. Vielleicht hatte auch, diese Vermutung sprach Armand Gautier in einer Gedächtnisrede aus, die fortgesetzte Einatmung von Kohlenoxyd bei den Versuchen mit dem elektrischen Ofen so schädlich gewirkt.

Am 20. Februar 1907, morgens 8½ Uhr, senkten sich die Schatten des Todes auf dieses sonnige Leben, das der Wissenschaft soviel Licht, den Freunden soviel Wärme gesendet hatte.

Berlin, Januar 1908.

Alfred Stock.
