Animalien, die man eben nur künstlich von einander zu trennen imstande ist, und deren Verschiedenheit in den entwickelsten Formen nur eine scheinbare ist. Die Einheit der Natur, sie tritt uns umso klarer entgegen, je tiefer wir in ihr Wesen eindringen, und je mehr wir die Hülle ihrer Geheimnisse durch experimentelle Untersuchungen lüften.

Alle Gestalten sind ähnlich und keine gleichet der andern;
Und so deutet der Chor auf ein geheimes Gesetz.
GŒTHE.



Die Chemie der hohen Temperaturen

von

Léon Franck,

chimiste-métallurgiste.

Ein Vortrag gehalten auf der Wanderversammlung des Vereines „Luxemburger Naturfreunde.“ „Fauna“ zu Esch a. d. Alzette am 26. September 1897.

Im Leben der Menschen und Völker spielt heutzutage die Chemie eine so grosse Rolle, dass es dem Gebildeten nicht mehr länger möglich ist, über sie als etwas Fernliegendes und Unverständliches stillschweigend hinwegzugehen wie es sonst wohl Mode war. Wer immer mit Verständniss dem Fortschreiten der menschlichen Civilisation im 19. Jahrhundert folgen will, muss auch von der Chemie einen gewissen Ueberblick haben. Sie ist diejenige, welche trotz ihrer etwas geheimnissvollen Jugend solch festen Boden gefasst wie keine zweite.

Seit den Zeiten Lavoisier's, Wenzels, Dalton's und Black's hat die Chemische Wissenschaft auf der von ihr betretenen Bahn weder geschwankt noch gezaudert. Stetig fortschreitend, rastlos ausbauend hat sie niemals unwegsame Pfade eingeschlagen. Der anfangs enge Bau wurde immer mehr und mehr erweitert. Stolz hielt sie ihren Siegeszug, manchmal Rückblick haltend auf das gewonnene. Stolz konnte sie dann erkennen, dass ihre Schwestern und Hülfswissenschaften Physik und Mechanik, unabhängig von ihr zu Schlussfolgerungen gelangt waren, welche eine willkommene Ergänzung und Bestätigung der ihrigen bildeten.

Die fortschreitende Entwicklung der Chemie in den

letzten Jahrzehnten, veranlasste die Forscher sich zu spezialisieren. Einige wandten sich ganz der analytischen Chemie zu, so der berühmte verstorbene Grossmeister Fresenius, andere wählten die organische Chemie, die Chemie der Kohlenwasserstoffe, so der grosse verstorbene Kékulé in Bonn, wieder andere die Chemie der niederen Temperaturen, so Raoul Pictet in Genf, noch andere die Chemie der hohen Temperaturen so H. Moissan in Paris u. s. w.

Letztere, die Chemie der hohen Temperaturen, haben wir hier näher zu betrachten.

Wenn, in der mir kurz zugemessenen Zeit, ich es wagen will, ein Bild von unserer heutigen Lehre von der Chemie der hohen Temperaturen zu geben, so liegt es wohl auf der Hand, dass ich so manchen Abschnitt der allgemeinen Elektricitätslehre und der allgemeinen Chemie als bekannt voraussetzen muss, und es sei mir daher gestattet, das zu besprechende Thema in engen Grenzen zu halten.

Es ist bekannt dass bis vor kurzem, die höchste für wissenschaftliche wie industrielle Zwecke erreichbare Temperatur bei etwa 2000° lag. Die Industrie verfügte gewöhnlich über eine solche bis zu 1700° und 1800°. Im Laboratorium mussten wir uns am öftesten mit einer Höchsttemperatur von 1500°—1600° begnügen. Unter solchen Bedingungen werden die Untersuchungen schon schwer zu führen und die wissenschaftlichen Recherchen finden sich auf den Schmelzpunkt des Porzellans begrenzt.

Schon hat der sogenannte *chalumeau à oxygène* von St. Claire-Deville et Debray der chemischen wissenschaftlichen Forschung sehr grosse Dienste geleistet, da man damit eine Temperatur bis zu 2000° erzielt, jedoch man gab sich nicht damit zufrieden. Die Idee eine weitere Steigerung durch die Benutzung der Wärme des elektrischen Flammenbogens zu erzeugen ist nicht neu. Ich erinnere nur Interesse halber an die elektrischen Oefen von Siemens und Hutington, von Cowles, Grabau, Acheson und andere mehr.

Jedoch erst der neuesten Zeit ist es vorgehalten geblieben, diese Idee voll auszunutzen und insbesondere Apparate zu construiren, welche ein bequemes Experimentieren und damit ein systematisches Studium der bei hohen Temperaturen verlaufenden chemischen Vorgängen erlauben. Diesen grossen Fortschritt, der in der Geschichte der Experimentalchemie als epochemachend dasteht, ist dem illustern Pariser Chemiker Moissan zu verdanken; er ist es, welcher das Problem der Erzeugung höchster Temperaturen sich stellte und löste.

Elektrische Oefen nach Moissan.

Welches ist nun das Prinzip der Moissan'schen Oefen?

Dasselbe ist höchst einfach! Es besteht darin, dass in einem möglichst kleinen, von feuerfestem Material ganz eingeschlossenem Raume, die zu erhitzende Substanz der Einwirkung eines kräftigen elektrischen Flammenbogens ausgesetzt wird. Es befindet sich dabei die zu erhitzende Substanz *nicht im* Flammenbogen sondern *ausserhalb* desselben; folglich ist die Wirkung auf die Substanz eine *rein thermische* nicht gleichzeitig *elektrolytische.* Hierdurch unterscheidet sich Moissan's Ofen, von den früheren elektrischen Oefen. (Vorzeigung.) Ferner erlaubt die Beweglichkeit der Elektroden, während der Dauer eines Versuches die Stromstärke und somit auch die Temperatur konstant zu erhalten.

Moissan hat seinem Ofen für verschiedene Zweke verschiedene Formen gegeben welche wir nunmehr näher betrachten müssen.

Der Elektrische Ofen aus gebranntenem Kalk.

Das erste Muster eines elektrischen Ofens welches Moissan der *Académie des Sciences* [1]) im Dezember 1892 vorlegte, war aus gebranntenem Kalk dargestellt. Er bestand aus zwei aufeinander passenden Kalkplatten. Die untere trägt zwei eingebohrte Kanäle zum Einführen der Elektroden, und ist in der Mitte etwas ausgehöhlt, welche Höhlung den kleinen Kohlentiegel aufnimmt in welchem sich die zu erhitzende Substanz befindet. (Fig. 1) (Vorzeigung.) Die Dimensionen des Apparates richten sich nach der

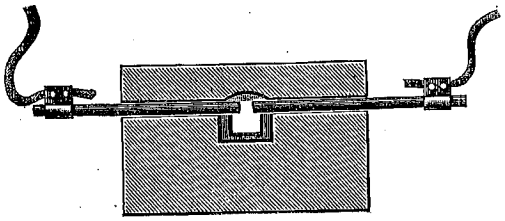


Fig. 1.

Stromstärke. Bei einem Strom von 35—40 Amp. und 55 Volts ist der untere Kalkblock 16—18 cm. lang, 15 cm. breit und 8 cm. hoch; der Deckel hat die gleichen Dimensionen, doch eine Höhe von nur 5—6 cm. Wendet man einen

1) Henri Moissan. Sur un nouveau modèle de four électrique Comptes rendus, t. CXV, p. 988,

Strom von 450 Amp. und 75 Volts an, so beträgt die Länge des Ofens 22—25 cm.

Elektroden. Die Elektroden [1]) in Form von Kohlenstäben müssen möglichst aschenfrei sein. Zu ihrer Herstellung wird Retortenkohle gepulvert, zur Entfernung des Eisens, welches dieselben enthält, mit Säuren gewaschen, sodann calcinirt und mit Theer zu Cylindern geformt. Diese werden einem sehr hohen und regelmässigen Drucke ausgesetzt, getrocknet und geglüht. (Vorzeigung.) *Moissan* verwirfft alle Elektroden die mehr als 1% Aschengehalt haben. Die Dimensionen der Elektroden entsprechen denen des Ofens. Für kleine Oefen benutzt man solche von 20 cm. Länge und 12 mm. Durchmesser. Bei Strömen von 120 Amp. und 50 Volts wendet man Elektroden von 40 cm. Länge und 16mm.—18mm. Durchmesser an. Die Elektroden müssen cônisch zugespitzt sein. Dieses ist sehr wichtig für kleine Strömungen.

Tiegel. (Vorzeigung). Die Tiegel sind aus Retortenkohle gefertigt und werden auf eine Unterlage von Magnesia gestellt, da eine Berührung derselben mit dem Kalk die Bildung von Calciumcarbid zur Folge haben würde.

Ausführung eines Versuches. — Wir wollen als Beispiel die Verflüchtigung des gebrannten Kalkes nehmen.

Hierbei haben wir eines Tiegels nicht nötig da wir auf das Material des Ofens selbst operieren. (Fig. 2.) Man stellt die eine Elektrode so, dass ihre Spitze genau in der Mitte

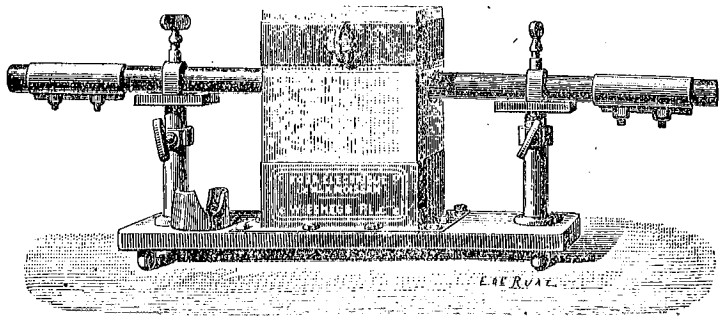


Fig. 2.

Ofen für 4 Pferdekräfte: Zu beziehen durch Maison Wiesenegg. Paris, 64, rue Gay-Lussac. Preis 39 Fr.

des Ofens steht, während die Spitze der andern Elektrode,

1) Le four électrique par H. Moissan, p. 9.

etwa 2—3 cm. entfernt ist. Dieselben sind mit Klammern an sogenannten (glissières) Schlitten befestigt. Man lässt nun den elektrischen Strom [1]) zutreten und bewirkt durch allmähliches Näheren der zweiten Elektrode an die erste die Bildung des Flammenbogens.

Alsbald bemerkt man einen starken Blausäuregeruch, welcher daher stammt, dass der im Apparat befindliche Wasserdampf mit der heissen Kohle Acetylen und, nach der schönen *Berthelot*'schen Synthése, weiterhin Blausäure bildet. Infolge dessen hat zu Beginn das vom Ofen ausgestrahlte Licht eine schöne Purpurfarbe, welche indess bald verschwindet.

Nach einiger Zeit muss man die Elektrodenspitzen weiter von einander einander entfernen. Diese Entfernung wird so reguliert, dass Voltmeter und Ampèremeter konstant bleiben, und kann bis auf 5—6 cm. steigen.

Allmählich werden die Elektroden glühend und mächtige Flammen schlagen aus den beiden Oeffnungen des Ofens heraus, gesättigt mit Strömen von weissen Dämpfen; (Fig. 3.) sie rühren her vom Verflüchtigen des Kalkes, welch letzterer sich auf kalten Körper zum Theil leicht condensieren lässt.

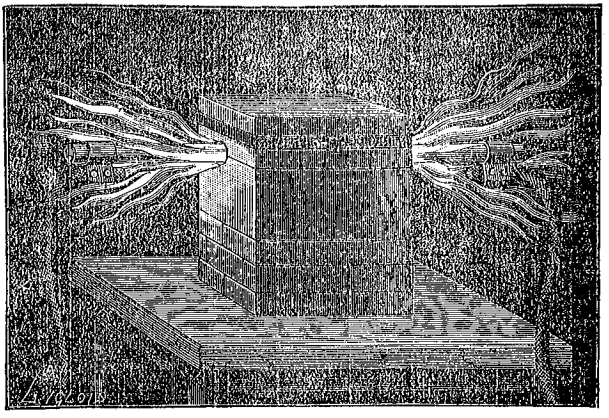


Fig. 3.

Die Dämpfe verbreiten sich in die Atmosphäre und bleiben darin mehrere Stunden schweben. Mit einem Strom von 400 Amp. und 80 Volts vollführt sich die Reaction in

1) Nach E. Heusler-Referat in Zeitschrift für Anorganische Chemie. Bd. XI, Heft 4.

5 bis 6 Minuten. Unter Einwirkung eines Stromes von 800 Amp. und 110 Volts kann man binnen 5 Minuten über 100 gr. Calciumoxyd verflüchtigen. Während die mit dem Flammenbogen in Berührung kommenden Wände des Kalkofens schmelzen hat der Kalk ein so geringes Wärmeleitungsvermögen, dass man den Ofen aussen während des Versuches mit der Hand anfassen kann. Das kommt natürlich dem Zweck, die Wärme auf einen kleinen Raum zu concentrieren, sehr zu statten.

Nach dem Experimente zeigt die positive Kohle nur sehr wenig Abnutzung während die negative mehr oder weniger angefressen ist.

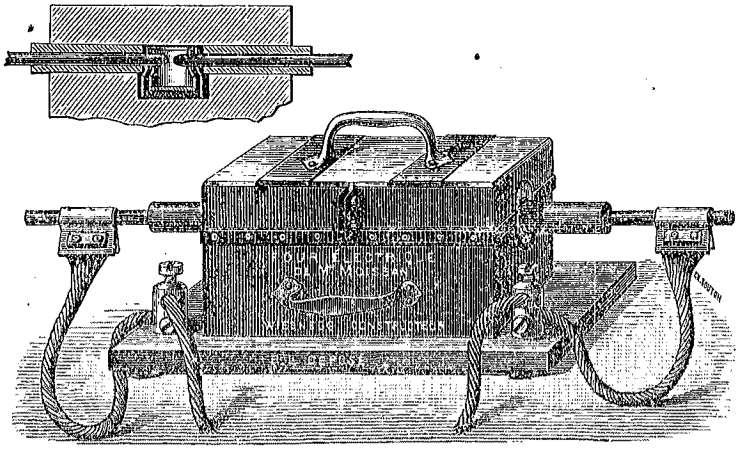
Bei Anwendung von Strömungen höherer Spannung ist es sehr nützlich die Zuleiter mit Sorgfalt zu isolieren.

Ist der Ofen in vollem Gehen, bei Einwirkung einer Maschine von 100 Pferden so kommt es vor, da der Ofen mit gutleitenden Dämpfen erfüllt ist, dass Gegenströme entstehen; man empfindet einige Stösse im Momente wo die Hände mit den Trägern in Berührung kommen.

Bei all seinen Untersuchungen hat Moissan nur continuierliche Ströme angewendet.

Beim Arbeiten mit dem elektrischen Ofen muss der Experimentator die Augen durch schwarze Gläser schützen, auch ist durch Ventilation des Laboratoriums die schädliche Wirkung des dem Ofen entströmenden Kohlenoxydgases zu beseitigen.

Elektrische Oefen aus Calciumcarbonat. Fig. 4.



Wie schon *Deville* und *Debray* angedeutet, kann man bei hohen Temperaturen statt gebranntenen Kalk, Calciumcarbonat zur Herstellung der Oefen verwenden.

Reinkörniges Calciumcarbonat besitzt zweifache Vorteile: Erstens hat dasselbe eine grössere Härte als grbrannter Kalk, und zweitens kann man sich es in jeder beliebigen Form und Grösse verschaffen. Man giebt dem Steine die Form eines regelmässigen Langwürfels dessen Grösse mit der Stromstärke ändert.

Ich verzichte hier auf die Wiedergabe der verschiedenen Dimensionen welche der Ofen bei verschiedenem Strom stärker haben soll. Ich weise hier auf *Moissan's* gediegenes Werk «*Le four électrique*» hin. Ein Ofen aus Calciumcarbonat kann für 7 bis acht Experimente tauglich sein.

Von grösster Wichtigkeit ist es, die Steinblöcke bevor sie als Ofen dienen sorgfältig zu trocknen. Trotzdem kommt es vor dass dieselben beim Anheitzen springen. Um diesem Uebelstande vorzubeugen, legt man um Fuss und Deckel je ein eisernes Band. (Vorzeigung.)

Der Graphittiegel soll stets auf eine Unterlage von Magnesia gestellt werden, um die Bildung von Calciumcarbid zu verhindern. Diese Magnesia sei nach der von *H. Schlœsing* [1]) angegebenen Methode dargestellt.

Die Führung des Ofens geschieht wie früher angegeben.

Elektrische Röhrenöfen.

Der vorher beschriebene Ofen aus Calciumcarbonat hat den Nachtheil, dass sich während der Dauer des Versuches konstant Kohlensäure und auch etwas Wasserdampf aus der Ofenwand entwickeln; infolge dessen wird sich die zur Reaction bestimmte Substanz stets in Berührung genannter zwei Gase befinden.

Moissan [2]) hat nun, um die Einwirkung der Gase zu vermeiden und doch die Vortheile des Calciumcarbonates zu benutzen, einen sogenannten Röhrenofen construirt, dessen Einrichtung auf Fig. 5 erhellt: (Vorzeigung).

Einem sehr Feinkörnigen möglichst Kieselsäure freien Kalksteinblock wird die Form eines Langwürfels von 15 cm. Höhe, 30 cm. Länge und 25 cm. Breite gegeben. Der innere Hohlraum ist mit abwechselnden Schichten von Magnesia

1) *Schlœsing.* Industrie de la magnésie. Comptes rendus. T. CI, p. 131.

2) *Moissan.* Comptes rendus de l'Académie des Sciences. N° du 20 novembre 1893.

und Kohle ausgekleidet. Der Deckel des Ofens bildet ein Block aus gleichem Kalkstein hergestellt. Die zu erhitzende Substanz wird in ein Rohr aus Kohle gefüllt welches Rohr unter hohem Druck gepresst wurde. Der innere Durchmesser des Rohres kann zwischen 5 mm. und 40 mm. wechseln. Will man ferner die direkte Berührung der Substanz mit der Kohle vermeiden so kleidet man das Rohr innen mit Magnesia aus. (Vorzeigung.) In diesem Falle setzt jedoch die Verflüchtigung der Magnesia der Benutzbarkeit eine Grenze. Keine andere Substanz wie Kohle konnte zur Verfertigung dieses horizontalen Rohres angewandt werden. Alle in der Natur vorkommenden Körper und alle welche wir im Laboratorium herstellen können, schmelzen und verflüchtigen sich vor dem Kohlenstoff.

Diese Röhren aus Kohle werden beiderseits durch Stopfen aus Magnesia in welche Glasröhren eingelassen sind, verschlossen; diese Stöpsel werden mit feuchter Magnesia oder Wasserglas gdichtet. (Vorzeigung.)

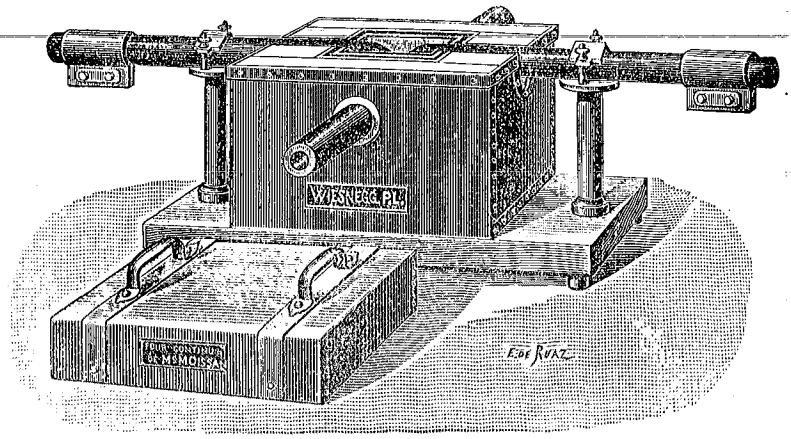


Fig. 5.

(Fortsetzung folgt.)

Luxemburg. — Buchdruckerei P. Worré-Mertens.