

# ANNALEN

DER

## CHEMIE UND PHARMACIE.

---

XXXIII. Bandes drittes Heft.

---

---

### Ueber das Gesetz der Substitutionen und die Theorie der Typen;

von *J. Dumas.*

---

In der vorliegenden Abhandlung werde ich verschiedene Regeln und ihre Folgerungen auseinandersetzen, die so oft der Gegenstand wichtiger Mittheilungen an die Academie waren, dafs ich es als unnütz betrachten würde, ihre Aufmerksamkeit in Anspruch zu nehmen, wenn die Entwicklungen, in welche ich eingehen mußte, ihr nicht eine ungewöhnliche Ausdehnung gegeben hätte. Die Academie wird mir aber verzeihen, wenn sie die Wichtigkeit und die Mannigfaltigkeit der Fragen kennen wird, die ich darin zu vereinigen mich genöthigt sah, und welche die folgenden sind:

1. Kann man in jeder Verbindung die Elemente durch einfache Körper oder durch zusammengesetzte, welche deren Rolle spielen, Aequivalent für Aequivalent, ersetzen?

2. Gehen diese Substitutionen nicht oft vor sich, ohne dafs dadurch die Natur der Verbindung im Allgemeinen verändert wird; gehören alsdann die so gebildeten Körper demselben *chemischen Typen* an, aus welchem sie entstanden sind?

3. Können diese Substitutionen in andern Fällen, Pro-

dukte liefern, die in ihrem Verhalten völlig verschieden sind von denjenigen, woraus sie hervorgingen, und ist es alsdann nichts desto weniger zulässig sie als demselben *molecularen Typen* angehörend zu betrachten?

4. Kann die Nomenclatur der organischen Verbindungen, von jetzt an, so gehandhabt werden, daß der Name von jedem Körper den chemischen Typen oder selbst den molecularen Typen ausdrückt, welchem er angehört?

5. Zwingen uns die Erscheinungen der Substitution dazu, den Werth sehr zu modificiren, welcher bis auf die neuesten Zeiten den organischen Radikalen beigelegt worden ist?

6. Ist die, durch die elektrochemische Theorie den Elementen der Verbindungen zugeschriebene elektrische Rolle nicht im völligen Widerspruch mit den Erscheinungen der Substitution?

Ich werde eine jede dieser Fragen, der Reihe nach, einer aufmerksamen Untersuchung unterwerfen, indem ich mich an das halte, was sie Allgemeines und Hervorragendes darbieten, ohne in weitere Details einzugehen, die ihre Stelle besser in speciellen Abhandlungen finden werden.

#### *Substitutions-Gesetz.*

Vor einigen Jahren erwähnte Gay-Lussac in seinen Vorlesungen eines sehr einfachen Versuchs, der der Ausgangspunkt einer unermesslichen Folge von Untersuchungen und Entdeckungen geworden ist. Ich habe beobachtet, sagte dieser ausgezeichnete Chemiker, daß das Wachs bei seiner Behandlung mit Chlor, Wasserstoff verliert, indem es ein Vol. Chlor aufnimmt, welches dem des entzogenen Wasserstoffs ganz gleich ist.

Ich habe, meinerseits, das Terpentinöl ähnlichen Versuchen unterworfen und mich überzeugt, so wie dies Herr Deville kürzlich ebenfalls beobachtete, daß es mit Leichtig-

keit 8 Vol. Wasserstoff verliert und an deren Stelle 8 Vol. Chlor aufnimmt, wodurch also die Verbindung  $C_4 \left. \begin{matrix} H_{24} \\ Cl_8 \end{matrix} \right\}$ , abgeleitet von dem ursprünglichen Oel  $C_4 H_{3,2}$ , entsteht.

Gleichzeitig habe ich die Zusammensetzung einiger aufergewöhnlichen, aus dem Alkohol hervorgegangenen Produkte untersucht, nämlich: das Chloral, Chloroform, Bromoform und Jodoform, wovon ich eine genaue Analyse gegeben und ihre Bildung zu erklären versucht habe.

Bei Gelegenheit dieser Arbeit wurde das Gesetz der Substitutionen zum erstenmal entwickelt. Da man aber damals glaubte, daß gewisse organische Materien und namentlich der Alkohol, fertig gebildetes Wasser enthielten, so schrieb das Substitutionsgesetz, so wie ich es zuerst auseinandersetzte, diesem Wasser eine Rolle zu, welche zu vielen Einwürfen Veranlassung gab. Auf diesen Punkt weitläufiger zurückzukommen, diess würde gegenwärtig ohne Interesse seyn, denn die Chemiker, welche die Realität von Substitutionen annehmen, haben meistens aufgehört, die Gegenwart von fertig gebildetem Wasser, in den Verbindungen, wo diese Substitutionen vor sich gehen, vorauszusetzen. \*)

Da nun die Rolle, die ich dem Wasser zugeschrieben hatte, nicht mehr in Betracht kommt, obgleich sie mit den chemischen Erscheinungen im Allgemeinen verträglich ist, so

\*) Man wird überdiess bemerken, daß ich bei der Annahme, daß das Chlor dieses Wasser zersetze, sich des Wasserstoffs bemächtige und den Sauerstoff in der Verbindung lasse, eine sehr logische Supposition gemacht habe. Ein analoger Fall bietet sich dar, wenn das, mit Brom zersetzte, bezoesaure Silberoxyd, Bromsilber liefert, wo der Sauerstoff des Oxyds sich auf die Bezoesaure wirft.

Wenn ich hinzugesetzt hatte, daß der Sauerstoff selbst das in den Verbindungen enthaltene Wasser zersetzen könne, so liefs ich mich von der Theorie der Cementation leiten, bei der man annimmt, daß das Kohleneisen durch Eisen zersetzt werde.

mufs man das Gesetz der Substitutionen auf folgenden Ausdruck beschränken :

Wenn man eine wasserstoffhaltige organische Substanz mit Chlor, Brom, Jod oder Sauerstoff u. s. w. behandelt, so entziehen ihr diese Körper im Allgemeinen Wasserstoff und für ein Aequivalent des weggenommenen Wasserstoff geht ein Aequivalent Chlor, Brom, Jod oder Sauerstoff in die Verbindung ein.

Ist diese Erscheinung allgemein? Hat sie einen ihr eigenthümlichen Charakter? Diefs wollen wir nun untersuchen.

Jederman weifs, dafs bei der wechselseitigen Einwirkung der Körper gewisse Relationen im Gewichte stattfinden und dafs es nicht hinreicht zu sagen, dafs Schwefel, Sauerstoff sich verbinden oder einwirken auf Zink oder Blei, sondern man mufs sagen, dafs Massen von Schwefel, welche 201 wiegen, und von Sauerstoff die 100 wiegen, einwirken oder sich verbinden mit Massen von Zink, die 403 wiegen und von Blei, welche 1294 wiegen. Diese Massen sind die chemischen Aequivalente; eine jede chemische Action geht zwischen ihnen oder ihren Multipeln vor sich.

Wenn man nun sagt, dafs in einer organischen Verbindung ein Aeq. Wasserstoff entzogen und durch ein Aeq. Chlor ersetzt werden kann, so heifst diefs evident ein Gesetz aussprechen, das mit dem allgemeinen Gesetz der wechselseitigen Einwirkung der Körper nach Aequivalenten in vollkommenem Einklang steht. Jedermann begreift, dafs, wenn aus einem krystallisirten Körper durch Aufnahme von Chlor und Verlust von Wasserstoff, die aber nicht durch Aequivalente ausdrückbar sind, ein anderer ebenfalls krystallisirter Körper entstehen könnte, man daraus schliessen müfste, dafs die Aequivalententheorie falsch ist. Das Gesetz der Substitutionen mufs also mit der Theorie der Aequivalente in Einklang stehen, wie diefs übrigens der allgemeine Ausdruck, den man ihm gegeben hat, andeutet.

In der Aussage aber, daß das Gesetz der Substitutionen keinen eigenthümlichen Charakter habe, daß es nur ein besonderer Fall der Aequivalententheorie sey, darin liegt entweder ein Doppelsinn oder ein unermeßlicher Schritt. Daß dieser Schritt übersprungen war, als das Substitutionsgesetz ausgesprochen wurde, daß nichts die Ursache davon, es einem theoretischen Prinzip anzureihen, vorhersehen liefse, begreife ich ohne Mühe. Auch nimmt, unter den Einwürfen der deutschen Chemiker gegen das Substitutionsgesetz, dieser immer den ersten Rang ein. Die Gelehrten, welche vor einigen Jahren es in dieser Weise betrachteten, hatten ohne Zweifel das Recht dazu, sie mußten aber ganz überrascht seyn, daß sich so viele geschickte Leute widersetzen, darin einen speciellen Charakter zu finden.

Was mich betrifft, so erwarte man nicht, wenn ich an die Fortdauer des Substitutionsgesetzes, an seine Wichtigkeit geglaubt habe, als ich vor 5 Jahren es allein vertheidigte, daß ich die Ansicht ändern könne, wenn der ausgezeichnetste Chemiker Englands, Graham, sie ohne Einschränkung annimmt, wenn sie Liebig, nachdem er sie lebhaft angefochten hat, gegenwärtig als eine Uebereinkunft der Wissenschaft acceptirt\*), wenn so viele, oft zu ihrer Bekämpfung unternommene Arbeiten ihr eine völlige Weihe gegeben haben; wenn wir endlich, weit entfernt in dem Substitutionsgesetz eine einfache Thatsache des Versuchs zu sehen, auf seine Ursache zurück gehen können.

Zu sagen also, wie dies Hr. Pelouze gethan hat, daß das Phänomen der Substitutionen nur ein besonderer Fall der Aequivalententheorie sey, dies heißt zwei vollkommen bekannte Dinge als eine Neuigkeit vorbringen, nämlich erstens: daß bei der Einwirkung zweier Körper nicht immer Substitution stattfindet und zweitens, daß, wenn dies der Fall

\*) Bis zur einer gewissen Grenze.

ist, dieß nach Aequivalenten vor sich geht. Dieß hindert nicht, daß das Phänomen der Substitutionen einen speciellen Charakter trägt und einen so besonderen Fall der chemischen Action ausmacht, daß man sie von jeder anderen, wie ich es gethan habe, absolut unterscheiden muß.

Um zur Ueberzeugung zu kommen, daß das Phänomen der Substitutionen nicht allgemein ist, dazu bedarf es keiner neuen Thatsachen, es reicht hin meine, seit einiger Zeit so oft citirte Abhandlung über die Chloressigsäure zu lesen. Man ersieht daraus, daß außer der, bei Einwirkung von Chlor auf die Essigsäure durch Substitution gebildeten Chloressigsäure, sich noch Kleesäure und Kohlensäure erzeugt, deren Bildung durch Substitution, wenigstens für den Augenblick, nicht erklärt werden kann. Es reicht ferner hin einen Blick auf meine Abhandlung über den Indigo zu werfen, worin gezeigt ist, daß das Indigweiß, unter Einfluß des Sauerstoffs, ein Aeq. Wasserstoff verliert, ohne dafür etwas aufzunehmen. Es findet dabei also, ich bin davon überzeugt, keine Substitution statt. Die Hrn. Liebig und Wöhler haben später in ihren schönen Untersuchungen über die Harnsäure, Thatsachen derselben Art beobachtet; ganz neuerlich hat Hr. Kane solche in den Farbstoffen des Lackmus wieder gefunden.

Das Phänomen der Substitutionen ist also nicht allgemein; es ist dieß sogar eins seiner wesentlichsten Charaktere, wie man sogleich sehen wird.

Es ist nicht nur nicht allgemein, weil ein Körper unter Einfluß des Sauerstoffs, Wasserstoff verlieren kann, ohne dafür etwas aufzunehmen, sondern auch aus dem entgegengesetzten Grund. Das ölbildende Gas kann z. B., wie jedermann weiß, indem es 4 Aeq. Wasserstoff verliert, 6 Aeq. Chlor aufnehmen. Ein Chemiker, der nicht alle Zwischenstufen dieser Einwirkung analysirt hätte, wie dieß Hr. Regnault gethan hat, würde also, bei Vergleichung des ersten und

des letzten Gliedes, das Substitutionsgesetz fehlerhaft gefunden haben.

Im gegenwärtigen Augenblicke erklärt und begreift sich dies ohne Mühe, wenn man sagt, daß das Indigweiss, wenn es Wasserstoff verliert, ohne dafür etwas aufzunehmen, in einen neuen molecularen Typen übergeht; wenn man weiß, daß das ölbildende Gas einen demselben Typen angehörenden Chlorkohlenstoff und durch eine neue Aufnahme von Chlor eine neue Chlorverbindung eines verschiedenen Typen hervorbringen kann. Das Substitutionsgesetz wird also beobachtet, wenn die Körper ihren anfänglichen Typen beibehalten; im entgegengesetzten Fall ist es nicht mehr anwendbar; es dient dadurch selbst zur Unterscheidung der Körper, die ihren molecularen Typus beibehalten haben, von denjenigen, welche ihn einbüßten.

Es ist aber nicht nöthig zu dieser Erklärung seine Zuflucht zu nehmen, welche der Wunsch deutlich zu seyn, hier anzuführen mich veranlaßt hat, wenn man die Nothwendigkeit rechtfertigen will, das Substitutionsgesetz von anderen chemischen Reactionen zu unterscheiden.

Das Substitutionsgesetz drückt aus, daß man in einer organischen Verbindung 1, 2, 3 Aeq. Wasserstoff entziehen und sie durch 1, 2, 3 Aeq. Chlor, Brom, Jod oder Sauerstoff ersetzen kann. Es zeigt an, daß durch diese Substitutionen neue Körper entstehen, deren Eigenschaften man oft vorhersehen kann. Es deutet an, daß diese Reactionen solche sind, welche am häufigsten vorkommen, am wenigsten verändernd einwirken, und die leichtesten sind, welchen der Körper unterworfen werden kann.

Bevor das Substitutionsgesetz ausgesprochen war, wäre es niemand vorherzusehen möglich gewesen, wie sich ein wasserstoffhaltiger Körper unter Einfluß des Chlors oder Sauerstoffs verhalten würde. Gegenwärtig weiß es jedermann,

und ein solcher Chemiker führt, mittelst dieses Leitfadens, Arbeiten in einigen Tagen aus, die jahrelange Mühe erfordert hätten, bevor man sich seiner zu bedienen verstanden hatte.

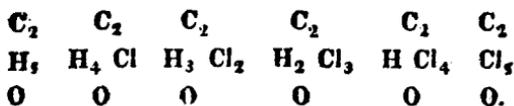
Fragen wir die Aequivalententheorie, was vor sich gehen muß, wenn man den Aether der Einwirkung des Chlors unterwirft, und sie wird uns ohnfehlbar antworten, daß sie davon nichts wisse oder auch, was auf dasselbe zurückkommt, sie wird uns hunderte von möglichen Fällen vorführen, zwischen welchen wir zu wählen haben.

Denn der Aether kann nach und nach die 5 Aeq. Wasserstoff, welche er enthält, verlieren, ohne dafür etwas aufzunehmen, wodurch 5 neue Körper entstehen; denn er kann, ohne etwas zu verlieren, 1, 2, 3, 4, 5 und noch mehr Aeq. Chlor aufnehmen, was, wenn man will, 10, 20, 30 neue Körper giebt; denn er kann, indem er ein einziges, oder zwei oder auch drei Aeq. Wasserstoff verliert, eine größere oder geringere Anzahl Aeq. von Chlor aufnehmen und nach dieser letzteren Hypothese wird die Summe der Verbindungen fast unzählbar.

Endlich wird man eine fast unendliche Mannigfaltigkeit von Verbindungen erhalten, wenn man hinzusetzt, daß der Sauerstoff des Aethers, sey es als solcher oder in der Form von Wasser oder von Kohlensäure, eliminirt werden kann.

Die Aequivalententheorie führt uns also die Bildung einer reichlichen Menge von Verbindungen vor Augen; sie ist zufrieden gestellt, vorausgesetzt, daß die Materien, welche der Aether verliert und die welche er aufnimmt, durch Aequivalente sich ausdrücken lassen.

Nicht so ist es mit dem Substitutionsgesetz. Nach ihm muß der Aether, wenn er Wasserstoff verliert, Chlor aufnehmen, und es giebt also nur 5 mögliche Verbindungen, deren Zusammensetzung vollkommen vorauszusehen war, nämlich:



Davon sind schon 3 bekannt und man hat nicht die geringste Gefahr zu laufen, wenn man die wahrscheinliche Entdeckung der beiden andern voraussagt.

Das Substitutionsgesetz sieht also in diesen 5 Verbindungen die *nächsten*, die *nothwendigsten* Modificationen des Aethers. Nach der Aequivalententheorie sind es irgend welche der mehr oder weniger *möglichen* Modificationen. Das eine sagt: Diese fünf Körper müssen sich zuerst, sehr leicht und in reichlicher Menge bilden; die andere sagte: sie können sich bilden und viele andere mit ihnen.

Bei der Essigsäure deutet die Theorie der Aequivalente die mögliche Bildung so zahlreicher Verbindungen an, daß der Beobachter durch nichts wird geleitet seyn. Das bestimtmere Substitutionsgesetz sieht und sagt vorher, daß die Essigsäure, wenn sie 1, 2, 3 Aeq. Wasserstoff abgibt, 1, 2, 3 Aeq. Chlor aufnehmen und so 3 neue Verbindungen bilden wird. Die eine davon ist die eigentliche Chloressigsäure.

Aus einer Menge möglicher und durch die Theorie der Aequivalente ohngefähr gleich vorausgesehener Reactionen scheidet das Substitutionsgesetz demnach mit Gewißheit diejenigen aus, welche sich zeigen werden; es sieht sie vorher, sagt sie vorher und bis jetzt war seine Beihülfe von einer wahrhaft unschätzbaren Wirksamkeit.

Wie würde man ohne dasselbe, in einigen kürzlich studirten Reactionen, dahin geführt worden seyn, sogleich 4 oder 5 gemengte, kaum von einander unterschiedene Produkte herauszufinden. Wie würde man außerdem wahrgenommen haben, daß die gewünschte Einwirkung noch nicht erschöpft ist, wenn die Formeln, durch die Unmöglichkeit sie mit dem

Substitutionsgesetz in Einklang zu bringen, nicht den Beobachter davon unterrichtet hätten.

Man erlaube mir eine aus der Reihe gewöhnlicher Vorstellungen gegriffene Vergleichung. Denken wir uns an die Stelle eines Menschen, der Schach spielen sieht, ohne die geringste Kenntniss dieses Spiels zu besitzen. Er wird bald bemerken, daß man sich der Figuren des Spiels nach bestimmten Regeln bedienen muß. In der Chemie sind die Aequivalente unsere Figuren und das Substitutionsgesetz eine der Regeln, welche den Gang der Figuren beherrschen. Ebenso wie in dem schrägen Laufe der Bauern sich einer dem andern substituiren muß, ebenso muß bei den Substitutions-Erscheinungen ein Element an die Stelle des andern treten. Dies hindert nicht, daß der Bauer sich vorwärts bewege, ohne etwas zu nehmen, so wie das Gesetz der Substitutionen nicht verbietet, daß ein Element auf einen Körper wirke, ohne darin etwas zu verdrängen oder zu ersetzen. Wie kann man glauben, daß die Kenntniss der Regeln, welche das Spiel der Figuren unsers Schachspielers leiten, zur Erklärung der sich darbietenden Züge unnütz sey, oder um diejenigen vorherzusehen, welche aus den Verhältnissen der verschiedenen Figuren, der verschiedenen in Berührung gebrachten Agentien entstehen werden?

Es ist das, immer durch den Versuch gerechtfertigte, Vorhersehen, welches das Substitutionsgesetz charakterisirt. Wenn es sich an die Aequivalententheorie anknüpft, so rührt dies daher, weil jede chemische Erscheinung durch Aequivalente ausdrückbar ist und weil die Thatsachen der Substitution chemische Erscheinungen sind; es rührt daher, weil jedes in der Chemie mögliche Ereigniß sich in Aequivalenten übersetzt und weil überhaupt eine *wahre* Thatsache immer eine *mögliche* seyn muß. Ebenso wie das Mögliche das

Wahre in sich begreift, ebenso und nicht anders, begreift die Theorie der Aequivalente das Substitutionsgesetz in sich.

Bis hierher bin ich davon ausgegangen, als wenn das Substitutionsgesetz sich wirklich nur auf die Ersetzung des Wasserstoffs, der die ersten Beispiele davon lieferte, anwenden liefse. Bekanntlich kann man aber in einer organischen Substanz nicht allein den Wasserstoff, sondern auch den Sauerstoff, den Stickstoff ersetzen, wie dies leicht durch zahlreiche Beispiele zu belegen ist.

Man kann ferner mit dem Kohlenstoff wahre Substitutionen vornehmen, was hinreichend darthut, wie künstlich diese Klassifikation der organischen Substanzen seyn würde, welche einzig und allein sich auf die bleibende Anzahl der Aequivalente des Kohlenstoffs in allen Verbindungen derselben Familie stützte.

In einer organischen Verbindung können demnach successiv alle Elemente verdrängt und durch andere ersetzt werden. Die Elemente, welche am leichtesten weggenommen werden, abgesehen von gewissen Bedingungen der Stabilität, die man noch nicht zum Voraus kennt, sind mit den energischsten Verwandtschaften begabt. Deshalb ist der Wasserstoff am leichtesten zu entziehen und zu ersetzen, deshalb ist der Kohlenstoff am widerspenstigsten, denn wir kennen nur wenige Körper, welche auf den Kohlenstoff nicht aber auf den Wasserstoff einwirken können.

Ich erwähne endlich noch, daß das Substitutionsgesetz nicht allein das Verschwinden gewisser oder aller Elemente der organischen Verbindung und ihre Ersetzung durch neue Elemente vorherzusehen erlaubt, sondern auch die Intervention gewisser zusammengesetzter Körper, wie z. B. des Cyans, Kohlenoxyds, der schwefligen Säure, des Stickoxyds, der azpetrigen Säure, des Amids u. s. w., welche sich wie Ele-

mente verhalten und, indem sie die Stelle des Wasserstoffs einnehmen, zu neuen Verbindungen Veranlassung geben.

Das Substitutionsgesetz ist also eine fast unerschöpfliche Quelle von Entdeckungen. Es leitet die Hand des ihm vertrauenden Chemikers; es berichtigt seine Fehler, indem es ihm ihre Ursache zeigt; und aus einer Menge von möglichen aber ungewissen Reactionen hebt es einige heraus, welche nahe liegen, leicht hervorzubringen und von höherem Interesse sind.

#### *Chemische Typen.*

Das Substitutionsgesetz bietet, an und für sich betrachtet, eine hinreichend praktische Wichtigkeit dar, um die Nothwendigkeit zu rechtfertigen, es von den allgemeineren chemischen Vorgängen zu unterscheiden.

Aber diese Unterscheidung wird noch nothwendiger, insofern dieser Art von Instinct, der dahin führt, es zuerst als ein Naturgesetz zu betrachten, fast die völlige Gewissheit folgt, daß es mit einer der geheimnißvollsten und wichtigsten Erscheinungen der Wissenschaft im Zusammenhange steht.

Ich meine die Existenz der chemischen Typen, die fähig sind, ohne zu zerfallen, die sonderbarsten Transformationen zu erleiden, worin alle Elemente nach und nach verschwinden und durch andere ersetzt werden können. Ich meine diese organischen Typen, deren Aufnahme in das Gebiet der organischen Chemie mir, in Folge von durch das Substitutionsgesetz hervorgerufenen und sie am besten charakterisirenden Versuchen, unvermeidlich scheint.

So betrachtete ich, da die Essigsäure sich in Chloressigsäure verwandelt, ohne ihre Sättigungscapacität einzubüßen, letztere als Essigsäure, in welcher der Wasserstoff durch Chlor ersetzt wurde; diese beiden Körper scheinen mir einem und demselben Typen, derselben Gattung anzugehören.

Als ich vor 5 Jahren die Analogie des Jodoforms, Bromoform, Chloroform und der wasserfreien Ameisensäure aufstellte, als ich hinzufügte, daß das Jod, Brom, Chlor und der Sauerstoff durch elektronegative Körper, wie Schwefel, Phosphor und Arsenik ersetzt werden könnten, stellte niemand die geringste Schwierigkeit entgegen; diese Reihe von Formeln hat ohne Hinderniß Eingang in die Wissenschaft gefunden.

Erst weil die fortschreitende Erfahrung gezeigt hat, daß das Chlor und der Wasserstoff die Fähigkeit besitzen einander in einer Verbindung zu vertreten, erheben sich gewisse Ueberzeugungen dagegen. Ich bin demnach dahin geführt worden zu untersuchen, was unter *organischen Typen* zu verstehen ist und will z. B. folgende Frage aufstellen: Kann man, da das Jod, Brom, Chlor und der Sauerstoff sich in einer Verbindung vertreten können, ohne ihren Typus zu zerstören, dieses Vermögen dem Wasserstoff verweigern? oder kann man, mit andern Worten, da das Jodoform, Bromoform, Chloroform und Oxyform als Arten einer und derselben Gattung angenommen sind, diesen Charakter dem Hydroform, d. h. dem Gas aus den essigsauren Salzen, versagen, weil es Wasserstoff und nicht mehr einen elektronegativen Körper enthält?

Bevor ich meine Ansicht ausspreche, die übrigens wohl bekannt ist, ist es nothwendig über 3 Punkte ins Klare zu kommen, die Schwierigkeiten verursachen, dies sind: die Definition der chemischen Typen, die der Haupteigenschaften und die Verwechslung der Rolle des Wasserstoffs und des Chlors in den Körpern.

Schon seit lange von der Nothwendigkeit durchdrungen, eine gute natürliche Klassifikation der organischen Körper aufzustellen, suchte ich deren Grundlagen in ihren hauptsächlichsten Eigenschaften. Die Entdeckung der Chloressigsäure gab mir Gelegenheit, eine Ansicht dieser Art zu ent-

wickeln. Die Essigsäure und Chloressigsäure, als verschiedene Körper, bilden zwei Arten, die ich einer und derselben Gattung einverleibt habe, hinsichtlich der Analogie ihrer Haupteigenschaften und der Identität ihrer Formeln.

Ich schlage vor, auf diese Art alle Verbindungen, welche identische Formeln mit ähnlichen chemischen Eigenschaften besitzen, in einer und derselben Gattung zu vereinigen.

Das Chloroform, Bromoform, Jodoform constituiren eine Gattung; das ölbildende Gas und die verschiedenen, daraus abgeleiteten, chlorhaltigen Produkte eine andere, die Essigsäure und die Chloressigsäure eine dritte u. s. w.

Ich bringe demnach *die Körper, welche dieselbe Anzahl von Aequivalenten auf dieselbe Weise verbunden enthalten und welche mit denselben chemischen Haupteigenschaften begabt sind*, in eine und dieselbe Gattung oder was das nämliche sagen will, ich betrachte sie als demselben chemischen Typen angehörend. Aus der Definition des chemischen Typen folgt also die der Haupteigenschaften. An was erkennt man eine Haupteigenschaft? Diefs ist eine durch Beispiele, welche schlagend scheinen möchten, leicht zu beantwortende Frage.

Kocht man Chloressigsäure mit einem Alkali, so zersetzt sie sich sogleich in Kohlensäure und in Chloroform. Vereinigt man, wie ich es thue, die Essigsäure und Chloressigsäure in einer Gattung, so ist man genöthigt daraus zu schließen, dafs die Essigsäure, mit Alkalien behandelt, sich ihrerseits in Kohlensäure und in einen der Chloroform correspondirenden Kohlenwasserstoff oder in Sumpfgas zerlegen werde. Diefs ist genau das durch den Versuch erhaltene Resultat.

Aber, sagen die Hrn. Pelouze und Millon, diese Beziehungen sind rein zufällig. Wenn die Essigsäure sich beim

Erhitzen mit Baryt in Kohlensäure und in Sumpfgas umwandelt, so kommt dies daher, weil der Baryt ganz einfach die Bildung von Kohlensäure bedingt, weil er der Essigsäure alle Kohlensäure, welche sich ihrer Constitution nach zu bilden vermag, entzieht.

Nehmen wir für den Augenblick den ersteren Punkt an: warum bilden die übrigen Elemente der Essigsäure vorzugsweise Sumpfgas und nichts anderes? Es giebt 4 Gleichungen, die bei der niederen Temperatur, bei welcher die Reaction vor sich geht, gleich zulässig sind. Die Essigsäure kann, neben Kohlensäure, noch außerdem liefern:

1. Kohle und Wasserstoff . . . . .  $C_2 + H_2$
2. Methylen und Wasserstoff . . . . .  $C_2 H_4 + H_4$
3. Oelbildendes Gas und Wasserstoff  $2 C H_2 + H_4$
4. Sumpfgas . . . . .  $C_2 H_2$ .

Wenn man nur die allgemeinen chemischen Kräfte zu Rathe zieht, so bieten sich also wenigstens 4 Voraussetzungen dar, zwischen welchen zu wählen nichts berechtigt; es sind mögliche Reactionen. Zieht man aber die Betrachtung der Typen ins Spiel, so wählt sie unter diesen vier möglichen Reactionen die nothwendige, nämlich die, wodurch 4 Vol. eines Kohlenwasserstoffs entstehen, welcher dem Chloroform entspricht, den er bei dieser Zersetzung repräsentirt.

Es reicht demnach nicht hin, die Zersetzung der Essigsäure durch Alkalien zu erklären, indem man sagt, dass diese die Bildung von aller Kohlensäure, welche sich erzeugen kann, bedinge, man muss auch von der Entstehung des Sumpfgases Rechenschaft geben. Wenn aber 4 gleich mögliche Gleichungen sich darbieten, wie soll man wählen?

Man sieht wohl, die Kenntniss der organischen Typen stößt auf dieselbe Schwierigkeit wie das Substitutionsgesetz. Man führt die Typen auf die allgemeinen chemischen Kräfte

zurück, wie man die Substitutionen auf die Aequivalente zurückführte.

Die Antwort ist also dieselbe: wenn man blofs die allgemeinen chemischen Kräfte mit ins Spiel zieht, so ist die Zersetzung der Essigsäure in Kohlensäure und in Sumpfgas eine Möglichkeit; geht man von der zwischen Essigsäure und Chloressigsäure bestehenden Analogie aus, so ist sie eine Nothwendigkeit. In dem ersteren Falle wäre man vollkommen zufrieden gewesen, wenn sich Kohle abgesetzt, wenn sich Methylen oder ölbildendes Gase entwickelt hätte; im zweiten Falle mufs absolut Sumpfgas frei werden.

Es ist aber evident, dafs die Bildung von Kohlensäure und Sumpfgas, bei der Zersetzung der Essigsäure durch Alkalien eine Thatsache ist, welche gegen die allgemeinen Vorstellungen in der Chemie nicht anstösst und welche sich durch das Spiel allgemeiner Verwandtschaften erklärt. Es war nicht nöthig, dies darzuthun: die Wahrheit eines Factums begreift dessen Möglichkeit immer in sich. — Von allgemein chemischem Gesichtspunkte aus konnte sich also Sumpfgas bilden, von dem Gesichtspunkte der Theorie der organischen Typen aus mufste es sich bilden.

Gehen wir nun weiter: nehmen wir an, dafs das Sumpfgas der Einwirkung des Chlors unterworfen wird, so werden, wenn man nur die allgemeinen chemischen Kräfte zu Rathe zieht, sehr verschiedene Reactionen entstehen können; nach der Theorie der organischen Typen stellt das Sumpfgas, wenn es dem Chloroform, dem Methylenäther u. s. w. entspricht, den Kohlenwassertoff dar, welcher den Ausgangspunkt dieser Reihe bildet, und es mufs durch Chlor liefern:



$C_2 \begin{matrix} H_4 \\ Cl_4 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} H_4 \\ Cl_4 \end{matrix}} \right\}$  chlorwasserstoffs. Methylen monochlorürd.

$C_2 \begin{matrix} H_2 \\ Cl_6 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} H_2 \\ Cl_6 \end{matrix}} \right\}$  Chloroform.

$C_2 Cl_8$  Chlorkohlenstoff.

Aus den von mir kürzlich \*) publicirten Versuchen ersieht man, daß das aus essigsauren Salzen erhaltene Sumpfgas sich durch Chlor in diesen Chlorkohlenstoff,  $C_2 Cl_8$  umwandelt, welchen die Theorie der Typen als nothwendiges Produkt der Reaction vorhergesehen hatte. Ich erwähne noch, daß sich auch, bevor dieser Chlorkohlenstoff auftritt, Chloroform erzeugt. Wenn aber das Sumpfgas dem Chloroform entspricht, wie die Essigsäure der Chloressigsäure, so ist die Umwandlung des Sumpfgases in Chloroform eine Nothwendigkeit, ebenso wie die Umwandlung der Essigsäure in Sumpfgas.

Führt man den Beweis, daß diese Thatsachen möglich sind, daß sie mit den chemischen Gesetzen im Allgemeinen nicht im Widerspruch stehen, erst wenn diese nothwendigen Thatsachen durch den Versuch als wahr anerkannt sind, so behaupte ich, daß man die Schwierigkeit nicht überwunden hat. Man mußte in diesem Falle zeigen, wie die allgemeine Theorie vorhersehen läßt, daß die Essigsäure Sumpfgas geben und daß das Sumpfgas Chloroform geben muß.

Weit entfernt zu glauben, daß ich bei Aufstellung von Gattungen, um die Essigsäure und Chloressigsäure, das Sumpfgas und das Chloroform zu vereinigen, zu weit gegangen bin, habe ich mich im Gegentheil zu sehr reservirt.

Ich beharre demnach in meinem Vorschlag, *die Körper, welche eine gleiche Anzahl von auf gleiche Weise verbundenen Aequivalenten enthalten und welche mit gleichen chemischen*

\*) Annal. Bd. XXXIII. S. 187.

*Haupteigenschaften begabt sind*, in eine und dieselbe Gattung zusammenzufassen.

Bei dieser Anseiuandersetzung der Charaktere der chemischen Typen und der eigentlichen den Haupteigenschaften der Körper beizulegenden Bedeutung habe ich noch nichts von der dem Chlor und dem Wasserstoff in der Essigsäure und der Chloressigsäure, in dem Chloroform und dem Sumpfgas, zugeschriebenen identischen Rolle erwähnt. Dies ist indessen, wie leicht vorherzusehen war, ein Punkt, bei welchem sich Herr Berzelius besonders aufgehalten hat und welchen er bekämpfte, indem er alle meine Formeln umänderte und sie durch neue ersetzte.

Ich habe bis jetzt nichts darauf erwidert, und habe in der That der von Herrn Liebig publicirten Anmerkung \*) zu dem Aufsatz von Hrn. Berzelius über die Substitutionstheorie nichts hinzuzufügen, weil die darin ausgesprochenen Ansichten mit den meinigen vollkommen übereinstimmen, als ich das Princip der Substitutionen mit dem Princip des Isomorphismus und die demselben chemischen Typen angehörenden Verbindungen mit den isomorphen Körpern selbst verglich.

Ich will nicht sagen, daß die Verbindungen desselben chemischen Typen die nämliche Form haben müssen; nach Allem zu vermuthen ist diese Bedingung nicht immer vorhanden, jedoch mangeln bis jetzt noch Untersuchungen über diesen Gegenstand.

#### *Mechanische Typen.*

Als ich, auf eine meiner eigenen Ueberzeugung genügende Weise, die Existenz gewisser chemischer Typen festgestellt hatte, versuchte ich die allgemeine Anwendung dieser

\*) Siehe *Annales der Pharm.* Bd. XXXI. S. 119.

Theorie der Typen auf alle bekannten, durch Substitution gebildeten Reihen und nahm dieses System von Vorstellungen, in meinen Vorlesungen an der Ecole de médecine, zur Grundlage.

Dem experimentellen Gange immer getreu und weil ich mich davon niemals entfernen wollte, fragte ich mich, ob man wohl Körper mit derselben Formel und durch Substitution gebildet, aber in ihren am meisten in die Augen fallenden chemischen Eigenschaften wesentlich verschieden, neben einander stellen müsse. Ich sagte: die durch Substitution gebildeten Körper theilen sich in 2 Categorien: die einen gehören evident derselben Gattung, demselben chemischen Typen an, die andern aber nicht. Welche Stelle ist dieser Art von Verbindungen anzuweisen?

Die Antwort lag nahe und sie erhebt das Substitutionsgesetz zu einem Grad von Allgemeinheit und Wichtigkeit, welchen hier zu entwickeln mir nicht zusteht, dessen Andeutung aber die Ideenfolge mir gebietet.

Die bewundernswürdige Arbeit des Hrn. Regnault über die Aether hat in der That der Theorie der Typen eine un erwartete Entwicklung gegeben. Nichts ist natürlicher, als Körper, die sich so nahe stehen, wie die Essigsäure und die Chloressigsäure, einer und derselben Gattung zuzutheilen, es gehören aber haltbare Gründe dazu, wenn man annehmen will, daß zwischen den folgenden Verbindungen wirkliche Analogie bestehe.

Sumpfgas . . . . .	$C_2 H_2 H_6.$
Methylenäther . . . . .	$C_2 O H_4.$
Ameisensäure . . . . .	$C_2 H_2 O_3.$
Chloroform . . . . .	$C_2 H_2 Cl_4.$
Bromoform . . . . .	$C_2 H_2 Br_4.$
Jodoform . . . . .	$C_2 H_2 J_4.$
Methylenäther, chloruré . . . . .	$C_2 O H_4 \left. \begin{array}{l} \\ Cl_2 \end{array} \right\}$

Methylenäther, bichloruré . . .	$C_2 O H_2$	}
	$Cl_4$	
„ perchloruré . . .	$C_2 O Cl_6$	
Chlorwasserstoffs. Methylen . . . . .	$C_2 Cl_2 H_6$	
Dasselbe chloruré . . . . .	$C_2 Cl_2 H_4$	}
	$Cl_2$	
„ bichloruré . . . . .	$C_2 Cl_2 H_2$	}
	$Cl_4$	
Der Chlorkohlenstoff . . . . .	$C_2 Cl_2 Cl_6$	

Man findet unter diesen Körpern, welchen man ohne Zwang noch die Blausäure und das Ammoniak anreihen könnte, Säuren, Basen und neutrale Verbindungen und folglich von dem gewöhnlichen chemischen Gesichtspunkte aus die am wenigsten zusammengehörenden Materien.

Herr Regnault nimmt an, und will es beweisen, daß alle in dieser Reihe enthaltene, chemisch ausgedrückt, so entfernt stehende Körper, und daß alle diejenigen, die in analogen Reihen sich zusammenfassen lassen, das gemeinschaftlich haben, daß sie demselben mechanischen System angehören.

Ich wiederhole es, ich will hier nicht Ansichten auseinandersetzen, die später von ihrem Urheber weiter werden verfolgt werden, ich habe aber zu zeigen, in wie fern sie sich von den ihnen vorausgegangenen unterscheiden, und wie sie das zu vervollständigen scheinen, was man nun die allgemeine Theorie der Substitutionen nennt. Es ist übrigens leicht diese Vorstellungen am klarsten in die folgenden drei Propositionen einzutheilen.

1. Der Versuch beweist, daß ein Körper eins seiner Elemente verlieren und an dessen Stelle, Aequivalent für Aequivalent, ein anderes aufnehmen kann.

2. Wenn sich ein Körper in der Art verändert, so kann man annehmen, daß sein Molecül immer ungeändert ge-

blieben ist, indem es eine Gruppe, ein System bildet, in welchem rein und einfach ein Element die Stelle eines andern eingenommen hat.

Nach diesem ganz mechanischen Gesichtspunkt, welcher der ist, den Hr. Regnault verfolgt, besäßen alle durch Substitution gebildeten Körper dieselbe Gruppierung und reilten sich demselben molecularen Typen an. In meinen Augen constituiren sie eine *natürliche Familie*.

3. Unter den durch Substitution gebildeten Körpern giebt es viele, welche bestimmt denselben chemischen Charakter beibehalten, indem sie die Rolle einer Säure oder Base auf dieselbe Weise und in demselben Grade, wie vor der Modification, welche sie erlitten haben, spielen.

Diefs sind die Körper, welche ich als demselben chemischen Typen angehörend betrachtet habe oder welche, um mit den Naturforschern zu reden, Theilganze derselben Gattung sind.

Auf diese Art erklärt sich das Substitutionsgesetz und auf diese Art giebt man sich Rechenschaft von den Umständen, in welchen es nicht beobachtet wird.

Allemaal wenn ein Körper sich verändert, ohne aus seinem molecularen Typen herauszutreten, verändert er sich nach dem Substitutionsgesetz. Allemaal, wenn ein Körper, bei seiner Modification, in einen anderen molecularen Typen übergeht, wird bei der Reaction das Substitutionsgesetz nicht mehr eingehalten. Das Indigblau gehört einem andern Typen an, als das Indigweiß, das Kohlenstoffperchlorid einem andern, als das ölbildende Gas; der Aldehyd ist aus dem Typen des Alkohols herausgetreten, die wasserhaltige Essigsäure gehört nicht dem Typen des Aldehyds an u. s. w.

Es kann der Academie nicht entgangen seyn, wie man sich, in dieser langen Folge von Untersuchungen, welche sechsjährige Arbeit und die Mitwirkung der geschicktesten Chemiker Frankreichs erfordert haben, nach und nach und

nur durch die Macht der Erfahrung, von einem dunkeln Punkte der Wissenschaft auf die allgemeinsten Vorstellungen der Naturphilosophie erhoben hat.

Ich nehme demnach an, daß bei allen Substitutionen, welche ein zusammengesetztes Molecül erleiden kann, selbst wenn alle seine Elemente successiv durch andere ersetzt worden sind, so lange das Molecül ungeändert bleibt, die erhaltenen Körper immer der nämlichen *natürlichen Familie* an gehören.

Wenn ein Körper, durch Substitution, in einen anderen transformirt wird, welcher dasselbe chemische Verhalten darbietet, so gehören diese beiden Produkte *derselben Gattung* an.

Der Alkohol, das Essigsäurehydrat, die Chloroessigsäure gehören zu derselben natürlichen Familie; die Essigsäure und die Chloroessigsäure zu derselben Gattung.

Dies sind die Grundlagen der natürlichen Classification organischer Verbindungen, welche ich bald vor der Academie zu entwickeln Gelegenheit haben werde. Bevor ich weiter gehe, ist es aber gerecht, hier die Arbeiten der Chemiker zu bezeichnen, welche die Wissenschaft nach dem uns beschäftigenden Gesichtspunkte geleitet haben

Hr. Regnault gehört hierin, nicht nur vermöge des Datums seiner Beobachtungen, zu einem der ersten, sondern man muß diesen jungen Chemiker auch wegen der Wichtigkeit seiner Untersuchungen und seiner daraus entsprungenen Vorstellungen als denjenigen betrachten, welcher am meisten den Zustand der Wissenschaft in diesem Punkte vorwärts gebracht hat.

Gleichzeitig mit Hrn. Regnault haben sich zwei andere Chemiker, die Hrn. Perroz und Laurent mit die Substitutionstheorie betreffenden Untersuchungen beschäftigt. Der eine von beiden, Hr. Perroz, schien sich zwar nicht auf die

Anwendung dieser Theorie einzulassen, aber die Formeln, mit deren Hülfe er die Zusammensetzung vieler Mineralkörper auszudrücken versucht hat, sind in völliger Uebereinstimmung geblieben mit den Entwicklungen, welche die Substitutionstheorie nach und nach durch den Versuch erlangt hat. Das von Hrn. Persoz angenommene System von Formeln und die Ansichten, welche sie in der Mineralchemie ausdrücken, haben also bei vielen Thatsachen, welche durch die Substitutionstheorie in der organischen Chemie entdeckt wurden, eine glückliche Anwendung gefunden.

Hr. Laurent hat seinerseits zahlreiche Untersuchungen unternommen und eine Anzahl von Abhandlungen publicirt zur Stütze von Gesetzen, durch welche er alle Substitutionserscheinungen vorherzusehen und zu erklären versuchte. Da wir oben gesehen haben, daß der Haupteinwurf, welchen man der Nebeneinanderstellung der Essigsäure und der Chloressigsäure entgegengesetzt hat, in der ähnlichen Rolle liegt, welche man dem Chlor und dem Wasserstoff zuzuschreiben genöthigt ist, so ist es von Wichtigkeit hier zu bemerken, daß Hr. Laurent, lange bevor der Versuch dies positiv entschieden hatte, auf der Identität der Rolle des Chlors mit der des Wasserstoffs in den durch Substitutionen gebildeten Körpern, bestanden hat.

Es kann in diesem Augenblick meine Absicht nicht seyn, eine Geschichte der Theorie, welche uns beschäftigt, zu entwickeln; erst wenn die Erfahrung nach und nach alle ihre Theile ergründet haben wird, wird man sich mit Nutzen der Discussion der Ideen a priori hingeben können, welche oft die Resultate davon vorhersehen konnten. Indem ich also jede historische Frage bei Seite lasse und mich nur an Thatsachen, an Versuche halte, die meiner eigenen Ueberzeugung als Basis dienen, mit einem Wort, indem ich nur meine persönlichen Eindrücke zu Rathe ziehe, muß ich erwähnen, daß

die ersten Resultate, in welchen ich entscheidend die Elemente einer bei diesem Gegenstand stehen gebliebenen Ansicht zu erkennen glaubte, diejenigen sind, welche die organische Chemie Hrn. Malaguti verdankt. Es ist bekannt, daß dieser geschickte Beobachter fand, daß sowohl der freie wie der gebundene Aether, immer 2 Aeq. Wasserstoff verlieren und 2 Aeq. Chlor aufnehmen kann, ohne daß eine seiner wesentlichen chemischen Eigenschaften dadurch verändert werde; denn sein Verbindungsvermögen bleibt genau dasselbe, der Chloräther ist also immer Aether.

Meine Ueberzeugung ist vollkommen geworden, als ich die Natur der Essigsäure erkennen konnte, als ich das Chlor allen Wasserstoff der Essigsäure ersetzen sah, ohne daß ihre Sättigungscapacität, ohne daß ihre *Haupteigenschaften* in etwas geändert wurden; die Chloressigsäure ist also immer Essigsäure.

Von diesen beiden Thatsachen ausgehend, in Verbindung mit denen welche Herr Regnault bei der Einwirkung des Chlors auf die Flüssigkeit der holländischen Chemiker beobachtet hat, suchte ich darzuthun, daß es in der organischen Chemie Typen giebt, welche fähig sind, ohne zu zerfallen, hinsichtlich der Natur ihrer Elemente die sonderbarsten Transformationen zu erleiden. Später hat Herr Regnault, in seiner Abhandlung über die Aether, indem er diesen Ansichten eine noch größere Ausdehnung giebt, die durch Substitution gebildeten Körper als demselben mechanischen System angehörig betrachtet. Man kann den Entwicklungen, welchen er diesen ersten Umrisen zu geben verspricht, mit Vertrauen entgegensehen.

#### *Organische Radikale.*

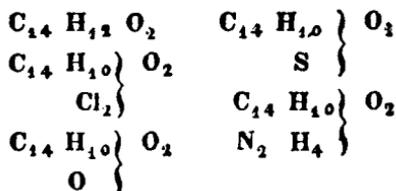
Die organische Chemie hat seit einigen Jahren einen so häufigen Gebrauch von *organischen Radikalen* gemacht, daß

es sonderbar erscheinen würde hier, wenn nicht ihre Existenz, wenigstens die Realität der Rolle, welche man sie spielen liefs, in Zweifel zu setzen.

Bekanntlich versteht man unter organischen Radikalen gewisse zusammengesetzte Körper, welche sich wie einfache verhalten können und welche, wie diese und nach denselben Gesetzen, mit den verschiedenen Naturkörpern in Verbindung treten können.

Wenn man mit organischen Radikalen Körper bezeichnen will, welche dem Cyan, dem Amid, dem Kleesäure- oder Benzoesäure-Radikal analog sind, so ist kein Zweifel darüber, dafs es nicht in der That zusammengesetzte Körper giebt, die sich wie einfache Körper, wie ihre Analoga der Mineralchemie, das Kohlenoxyd, die schweflige Säure, das Stickoxyd und die salpetrige Säure verhalten. Wenn man aber, wie diefs Herr Berzelius verlangt, unter organischen Radikalen gewisse unveränderliche Verbindungen verstehen soll, welche die Rolle von Metallen spielen, so kann die Theorie der Typen, indem sie gleichwohl ihre Mitwirkung zugiebt, ihre Beständigkeit nicht annehmen.

Das Bittermandelöl ist, um unsere Vorstellungen festzusetzen, nach der Theorie der Typen, ein Type in welchem man ein Aeq. Wasserstoff durch ein Aeq. Chlor, Brom, Jod, Sauerstoff oder Amid substituiren kann, ohne dafs der Type verändert wird;



Wenn man auch annimmt, dafs das System  $\text{C}_{14} \text{H}_{10} \text{O}_2$  durch ein Element ersetzt werden könne, so betrachtet es die Theorie der Typen doch nicht als eine unveränderliche

Gruppe. Sie glaubt, daß man ihm Wasserstoff entziehen und durch Chlor ersetzen, oder daß man es jeder andern Modification unterwerfen könne, ohne daß seine hauptsächlichsten Eigenschaften dadurch verändert werden.

Man gelangt mit einem Wort, durch eine leicht vorherzusehende Reciprocität und welche zu ihrer ganzen Entwicklung ein Detail von Formeln erfordern würde, das hier nicht gegeben werden kann, zu dem Schluß, daß ebenso wie man in einer organischen Verbindung dem Wasserstoff schweflige Säure, welche die nämliche Rolle spielt, substituiren kann, man auch in gewissen organischen Verbindungen eine Gruppe von Moleculen, die einen zusammengesetzten Körper repräsentiren, durch einen einfachen Körper ersetzen kann.

Wenn man sagt, daß die salpetrige Säure in dem Nitrobenzin den Wasserstoff ersetzt, so ist dies dasselbe, als wenn man sagt, daß in dem Aether das Aethyl durch Kalium ersetzt werden kann.

Man darf hieraus aber nicht schließen, daß das Aethyl ein permanenter, unwandelbarer, unveränderlicher Körper ist, denn die Erfahrung zeigt das Gegentheil. Nach Allem zu vermuthen behält es, nur indem es Wasserstoff verliert und Chlor aufnimmt seinen Charakter, ebenso wie der Aether, wovon es einen Bestandtheil ausmacht, den seinigen bewahrt. Ich nehme aber an daß es in einem gegebenen Typen gewisse zusammengesetzte Gruppen giebt, die durch einfache Körper ersetzt werden können und welche, in dieser Eigenschaft, den Namen von Radikalen verdienen. Sie spielen dieselbe Rolle wie das Ammonium, welches in dem Alaun z. B., das Kalium ersetzt.

Ich kann also diese Gruppen nicht als unveränderliche Körper betrachten, denn die Erfahrung hat entschieden und jede Theorie, die absolut sich auf diese Grundlage stützte, würde gegenwärtig zu weit gehen. Unter den Untersuchungen,

welche am meisten dazu beigetragen haben, die Ansicht über die Rolle der organischen Radikale zu modificiren, stehen die wichtigen Beobachtungen des Herrn Laurent über das Bittermandelöl und die nicht weniger merkwürdigen des Herrn Piria über den Salicylwasserstoff oben an. Nichts hindert uns übrigens die Bezeichnung organische Radikale für gewisse moleculare Gruppen beizubehalten, die fähig sind, elementare Körper zu ersetzen und durch sie ersetzt zu werden; aber die Gruppen lassen sich ihrerseits durch Substitution, wie die anderen Körper, die sich nicht so verhalten, modificiren.

#### *Nomenclatur.*

Unter den sich uns, als unmittelbare Folge der so eben entwickelten Ansichten, darbietenden Fragen giebt es eine, welche eine besondere Aufmerksamkeit verdient; sie hat das Princip unserer chemischen Nomenclatur und die Modificationen, die es durch das Vorschreiten der Wissenschaft erlitten hat, zum Gegenstand.

Zu der denkwürdigen Zeit, wo die französischen Akademiker, unter dem Einflusse von Lavoisier's unsterblichen Entdeckungen, das Projekt einer Reform der alten chemischen Nomenclatur aufstellten und entwickelten, stützte man sich auf den, von Lavoisier selbst zur Gewissheit erhobenen Gesichtspunkt d. h. auf die Existenz der unzerlegten Körper, welche man als die materiellen Elemente von allen Körpern erkannte. Als man sah, daß mit diesen Elementen alle Naturkörper hervorgebracht werden konnten, daß beim Zusammenbringen von je zweien derselben binäre Körper und bei Verbindung von diesen letzteren unter sich Salze entstanden und daß die Salze ihrerseits wieder zu Doppelsalzen sich verbanden, so wollte man bei der Nomenclatur in allen ihren Entwicklungen das philosophische Princip befolgen. Die Namen der Elemente sollten in de-

nen der binären Verbindungen, in denen der Salze und in denen der Doppelsalze u. s. w. wieder vorkommen.

Was bei der Lavoisier'schen Chemie und bei der Nomenclatur, die davon die Folge und der Ausdruck war, in die Augen fällt, dieß ist der Antagonismus der zu binären Verbindungen sich vereinigenden Elemente, es ist der Antagonismus von Säuren und von Basen, die sich zu Salzen verbinden, es ist der Antagonismus der Salze, welche die Doppelsalze bilden u. s. w. Die Chemie von Lavoisier und ihre Nomenclatur scheinen also die elektrochemische Theorie, die nichts anders zu thun hatte, als den einen dieser antagonistischen Körper das positive Element und den andern das negative Element zu nennen, vorhergesehen und zubereitet zu haben.

Verlieren wir indessen Lavoisier's große Entdeckung nicht aus dem Gesichte, nämlich die Entdeckung von Elementen. Sie ist das Fundamental-Prinzip, durch welches er die Chemie und die Naturphilosophie erneuert hat. Man entdeckt keine Wahrheit dieser Art, ohne daß sie nicht allen unseren Gedanken ihr Siegel aufdrückt und eben dieß veranlaßte Lavoisier festzustellen, daß alle Naturkörper aus einigen Elementen entstehen könnten, er mußte dahin geführt werden, die zusammengesetzten Körper durch Elemente, welche ihre Bestandtheile sind, auszudrücken und dieß ist in der That das Prinzip, welches unsere Nomenclatur geheiligt hat.

Im gegenwärtigen Augenblick reicht uns die Nomenclatur von Lavoisier nicht nur nicht mehr hin, sondern sie drückt auch ein System von Vorstellungen aus, welches demjenigen geradezu entgegen ist, welches wir geltend zu machen suchen.

Sie genügt uns nicht mehr, weil man in der organischen Chemie Tausende von Verbindungen aus 3 oder 4 Elementen

ten entstehen sieht und folglich die Namen derselben sich nicht eignen können, um alle daraus hervorgehenden Verbindungen zu benennen.

Sie ist dem oben aus einander gesetzten Systeme von Vorstellungen geradezu entgegen, weil sie jede Kenntniss der Körper von der Natur ihrer Elemente abhängig macht, während diese nur noch einen sekundär zu nennenden Klassifikations-Werth haben.

Jeder Type muß einen Namen haben, dieser Name muß in den zahlreichen Modificationen, welche er erleiden kann, sich wiederfinden und er darf so lange nicht verschwinden, als der Type selbst nicht zerstört ist.

Nach diesem Prinzip habe ich schon die folgenden Namen gebildet: *Essigsäure* und *Chloressigsäure*, — *Aether* und *Chloräther*; — *ölbildendes Gas* und *chlorölbildendes Gas*; — Namen, welche, wie man weiß, bezwecken, an die Permanenz der Typen zu erinnern, obschon noch Chlor zu den Verbindungen hinzugekommen ist.

Die Theorie der Typen betrachtet diese Körper in gewisser Art als Produkte aus derselben Form *n.ä.* verschiedenen Materien. Sie beabsichtigt, daß die Nomenclatur immer an ihre fundamentale Molecular-Anordnung erinnere und stellt dieselbe an die Spitze, während die Lavoisier'sche Nomenclatur sich an die Materie hält, daraus die Natur wieder hervorgehen macht und dieser Kenntniss den ersten Rang einräumt.

Die Theorie der Typen sagt uns: Im Chromalaun sieht die Lavoisier'sche Nomenclatur schwefelsaures Chromoxyd-kali, in der Form von Alaun. Der Alaun ist ein Type; alle Alaune werden in dasselbe Modell geworfen; die Theorie der Typen will hauptsächlich ihre Form ins Gedächtniss rufen; dies erklärt im Wesentlichen jede von ihnen, in ihren Augen. Sie handelt hierin wie ein Künstler, der uns, beim

Anblick von aus derselben Form hervorgegangenen Statuen sagen wird: Dies ist die Venus von Milo in Gulseisen, in Blei, in Gyps. Den artistischen Typen hat er vorher im Auge, bevor er an die Materie denkt; er wird sich niemals ausdrücken, daß er uns Gulseisen, Gyps oder Bronze in der Gestalt der Venus von Milo zeigen will.

Eine völlige Reform der organischen und einiger Theile der unorganischen Nomenclatur scheint mir hiernach dringend und möglich.

#### *Elektrochemische Theorie.*

Man hat so eben gesehen, wie sich das, durch die Lavoisier'sche Chemie in die Definition einer jeden chemischen Verbindung eingeführte Prinzip des Dualismus für den Begriff von dem, was man elektrochemische Theorie nennt, günstig zeigte. Man hat ebenfalls wahrgenommen, wie die Theorie von molekularen Typen sich von dieser Vorstellungsart entfernt, denn sie setzt in den Körpern nicht zwei antagonistische Elemente voraus, welche sich verhalten wie zwei mit verschiedenen Elektricitäten begabte und durch die wechselseitige Thätigkeit dieser beiden Elektricitäten in Verbindung gehaltene Massen.

Bildet eine chemische Verbindung ein einfaches Gebäude oder ist ihre Construction doppelter Natur? Dies ist die Frage. Nach der Theorie der Typen werden die Formeln vereinigt und geschrieben ohne Rücksicht auf die Spaltung eines jeden Körpers in zwei andere. Nach der elektrochemischen Theorie schreibt man sie in der Art, daß dem Geiste fortwährend diese beiden Hauptabtheilungen des Gebäudes, welches sie vorstellen, vorgeführt werden.

Wir ersuchen hieraus, wie die Theorie der Typen dahin geführt wurde sich von der elektrochemischen Theorie zu trennen oder was vielmehr letztere veranlafte, die erstere

seit ihrem Auftreten zu bekämpfen. Die Frage ist übrigens am klarsten in dem folgenden Briefe des Hrn. de la Rive ausgesprochen. Der geschickte Genfer Physiker, dessen Name an die Geschichte der Elektrochemie geknüpft bleiben wird, schrieb mir am letzten 25ten October :

„Ich habe Ihre Untersuchungen über die Substitutionen mit großem Interesse gelesen. Sie haben mich um so mehr interessirt, als ich seit mehr als einem Jahre mit einer ziemlich großen Arbeit über die elektrochemischen Theorien beschäftigt bin. Ich gestehe, ich wage es nicht, so weit zu gehen, wie Sie, und ohne an die Theorie von Berzelius zu glauben, so wie er sie ausgesprochen hat, kann ich mich nicht enthalten zu glauben, daß etwas Gegründetes in der sich auf die chemischen Kräfte der Körper beziehenden Tafel liegt. Ich kann kaum annehmen, daß der Wasserstoff genau die Rolle des Chlors spielen kann.“

„Erlauben Sie mir zu fragen, ob die Chemiker nicht etwas leicht zu Werke gehen, wenn sie ihre Symbole in jeder Art gruppiren. Es liegt in diesen leicht vorgenommenen Veränderungen etwas, was uns anderen Naturforschern nicht vollkommen Genüge leistet, und was etwas zu willfährig nach allen Verbindungen sich zu richten scheint. Liegt nicht etwas Arbiträres in der Art, wie die Chemiker diese Wahlen vornehmen? Sie gruppiren, um die elektrochemische Theorie anzugreifen, Ihre Formeln auf eine gewisse Weise; sogleich gruppirt sie Hr. Berzelius, um diese Theorie zu vertheidigen, auf eine andere Art: wo ist das Naturgesetz?“

Man wird mir die Citation dieses Briefes verzeihen; er malt uns recht gut die Ansichten der Gelehrten über Fragen, die für viele Gemüther noch zu neu und in jedem Fall für diejenigen noch zu dunkel sind, welche nicht Schritt für Schritt ihrer Entwicklung gefolgt sind.

Diejenigen, welche an den Experimental-Untersuchun-

gen, um die es sich handelt, Antheil genommen haben, wissen recht gut, daß die elektrochemische Theorie meine ersten Studien geleitet hat, daß ich sie lange Zeit lehrte und mich dazu, auf den Glauben ihrer Urheber hin, bekannte. Sie wissen auch, daß es die Macht der Dinge, daß es ein klarer und schlagender Versuch, die Bildung der Chloressigsäure ist, welche mich zu der Annahme geführt hat, daß der Wasserstoff und das Chlor in gewissen Verbindungen dieselbe Rolle spielen. Ich habe meine Formel nach der rein chemischen Erfahrung und mit von jeder allgemeinen Theorie freiem Geiste construiert.

Wenn man aber annimmt, daß das Chlor den Wasserstoff, unter Beibehaltung der Rolle des letzteren, ersetzen kann, so hiesse dieß sich von den Chemikern trennen, welche alle Erscheinungen der Verbindung durch das, was man die elektrochemische Theorie nennt, erklären wollen. Ich habe es so verstanden und mußte mich ohne Rücksicht darüber erklären. Wie kann man überdieß glauben, daß diese Folgerung dem durchdringenden Blick des Hrn. Berzelius entgangen sey, wenn man den ganzen Werth beobachtet, den er darauf legt von jeder Thatsache, womit sich die Substitutionstheorie mit jedem Tage bereichert, unmittelbar eine Erklärung nach der elektrochemischen Theorie zu geben und wenn man das hohe Talent zu schätzen weiß, welches er in der Aufstellung von Formeln entfaltet, welche seine Theorie erheischt.

Es ist nicht nöthig Hrn. Berzelius zu sagen, daß nach den Ansichten der Elektrochemie die *Natur* der elementaren Theilchen der Körper die Haupteigenschaften der letzteren bedingen muß, während es nach der Substitutionstheorie vorzugeweise die *Lagerung* dieser Theilchen ist, woraus die Eigenschaften hervorgehen.

Wir haben hierfür in dem Gebiete der Mineralchemie entscheidende Thatsachen. So bilden der Sauerstoff, der

Schwefel, das Selen, das Tellur, das Chrom, das Eisen, das Mangan, das Magnesium und der Wasserstoff eine Reihe von Körpern, welche fähig sind, sich einander zu ersetzen, ohne daß die Form oder die wesentlichen Eigenschaften der Verbindungen dadurch verändert werden.

Hr. Berzelius schreibt also der Natur der Elemente die Rolle zu, welche ich ihrer Lagerung zutheile: dies ist der Hauptpunkt unserer respectiven Ansichten; gehen wir nun zu dem Punkte über, wo sie sich in der Praxis von einander entfernen.

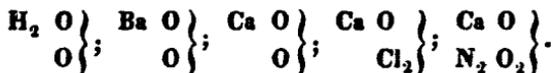
Eine der unmittelbarsten Folgerungen der elektrochemischen Theorie ist die Nothwendigkeit, alle chemischen Verbindungen als binäre Körper zu betrachten. Immer muß man, in jeder von ihnen, den positiven und den negativen Bestandtheil oder die Gesammtheit der Theilchen wiederfinden, welchen man diese beiden Rollen zuschreibt. Keine Ansicht war jemals geeigneter, die Fortschritte der organischen Chemie aufzuhalten. Alle Schwierigkeiten, welchen wir seit einigen Jahren bei der Aufsuchung der Grundformeln der Körper begegnet sind, die Streitigkeiten, die Mißverständnisse, die Irrthümer rühren von den Präoccupationen her, welche diese Ansicht in unserem Geiste hervorgerufen hat.

Einige Beispiele werden diese beiden Gesichtspunkte leicht verständlich machen.

Der Kohlenstoff verbindet sich mit Sauerstoff zu Kohlenoxyd und zu Kohlensäure. Das Kohlenoxyd verbindet sich seinerseits mit Chlor zu dem von J. Davy entdeckten sauren Gase. Die elektrochemische Theorie muß in letzterem ein saures Chlorür des Kohlenoxyds sehen; die Theorie der Typen betrachtet es dagegen als Kohlensäure, in welcher die Hälfte des Sauerstoffs durch Chlor ersetzt ist. Die Körper

$\text{CO}_2$ ,  $\text{COCl}_2$ ,  $\text{CS}_2$  sind also Modificationen desselben Typen \*).

Das Wasserstoffsuperoxyd ist einer der am deutlichsten ausgesprochenen Typen, welchen die Chemie besitzt. Ersetzen wir den Wasserstoff durch ein Metall, so haben wir die Hypoxyde von Barium, Calcium und Strontium und im Allgemeinen alle diese merkwürdigen Oxyde. Ersetzen wir ferner in diesen die Hälfte des Sauerstoffs durch Chlor, wie dies in der Chlorkohlensäure der Fall ist, so haben wir die bleichenden Chlorüre. Es gehören also das Wasserstoffsuperoxyd, die Superoxyde und die Bleichsalze demselben Typen an, in welchen man auch noch die Verbindungen einreihen kann, welche das Stickoxyd mit den alkalischen Oxyden bildet, so daß man z. B. die folgende Reihe hat:



Diese Verbindungen von Oxyden mit Chlorüren haben in dem elektrochemischen Systeme alle Arten von Auslegungen erhalten. Man hat daraus Chlorverbindungen des Oxyds, chlorigsaure Salze und unterchlorigsaure Salze gemacht, geleitet, wie man war durch die vorgebliche Nothwendigkeit in der Formel einer Verbindung immer zwei sich gegenüberstehende Körper, den positiven und den negativen, gegenwärtig zu haben.

Genau so ist im gegenwärtigen Augenblick der Charakter der Streitigkeiten zwischen der elektrochemischen und der Schule der molecularen Typen.

\*) Im Jahre 1828 sagte ich von dem Phosgenas folgendes: „Man bemerkt leicht, daß die Chlorkohlensäure der Kohlensäure selbst 1 Vol. Chlor ersetzt in der That, in allen seinen Verbindungen  $\frac{1}{2}$  Vol. Sauerstoff; es ist also gerade, als wenn man das Kohlenoxyd in Säure umgewandelt hätte, indem man das ihm dazu fehlende halbe Volum Sauerstoff durch ein Volum Chlor ersetzte.“ (Siehe mein *Traité de Chimie* Vol. I. p. 613.)

Hat man der Essigsäure allen ihren Wasserstoff genommen und ihn durch Chlor ersetzt, so sagen wir, daß die Essigsäure und die Chloressigsäure die nämliche moleculare Anordnung besitzen und daß sie dasselbe allgemeine Verhalten darbieten müssen, so lange ihr Molecül nicht zerfallen ist. Hr. Berzelius hat dagegen, durch die Ansichten des elektrochemischen Systems gespornt, aus der Chloressigsäure einen besonderen Körper gemacht, in welchem er die Elemente in 2 Gruppen, die er mit einander verbunden sich vorstellt, ordnet. Die Chloressigsäure wird für ihn zu einer Verbindung von Kleesäure mit Chlorkohlenstoff, eine Formel, welche durch nichts gerechtfertigt ist; denn die Chloressigsäure müßte dann, mit Alkalien behandelt, Chlorkalium und essigsaures Kali liefern, während sie, nach meinen Versuchen, in der Wirklichkeit in Kohlensäure und in Chloroform zerfällt.

Es ist absolut dasselbe, wenn man sagt, daß das Calcium-superoxyd und der Chlorkalk dem nämlichen Typen angehören, was durch die interessanten und entscheidenden Versuche des Hrn. Millon so schön dargethan ist, während Hr. Berzelius seinerseits, indem er sich auf sinnreiche Versuche stützte, aufstellte, daß bei der Vereinigung des Kalks mit Chlor ein chlorigsaures Salz entstehe.

Wenn Hr. Malaguti dem Aether 2 Aeq. Wasserstoff entzieht, so sieht die Theorie der Typen voraus und erklärt, daß an deren Stelle in dem neuen Produkte 2 Aeq. Chlor treten müßten. Sie hält das neue Produkt, was die Molecular-Constitution und die Haupteigenschaften betrifft, für Aether.

Hr. Berzelius vertheilt dagegen, wie man dies voraussehen konnte, die Elemente dieses neuen Körpers und die der Produkte, wozu er gehört, in der Art, daß er daraus binäre Verbindungen entstehen läßt, welche nach diesen Formeln

ein, dem von Hrn. Malaguti beobachteten, ganz entgegengesetztes Verhalten besäßen.

Ueberall, wo die Theorie der Substitutionen und der Typen gleichartige Molecüle annimmt, worin einige ihrer Elemente durch andere ersetzt seyn können, ohne dafs das Gebäude dadurch in seiner Form oder in seinem äußeren Verhalten modificirt ist, spaltet die elektrochemische Theorie diese nämlichen Molecüle, einzig und allein, darf man sagen, um darin *zwei sich gegenüberstehende Gruppen* zu finden, welche sie dann kraft ihrer wechselseitigen elektrischen Thätigkeit mit einander verbunden sich denkt.

Meiner Ansicht nach hat also die elektrochemische Theorie den Kreis, welchen die Erfahrung uns vorschreibt, überschritten, wenn sie die neueren Thatsachen der organischen Chemie erklären wollte. Ist aber damit gesagt, dafs die elektrischen Eigenschaften der Körper ohne Einfluß auf die chemischen Erscheinungen seyen? Nein, ohne Zweifel. Man ist nur genöthigt übereinzukommen, dafs die Elektrizität ihre Wirkung erst äußert in dem Moment, wo die Verbindungen vor sich gehen und wo sie sich zersetzen. Wenn aber die elementaren Molecüle wieder ins Gleichgewicht getreten sind, so können wir keine Rechenschaft mehr geben von dem Einfluß, welchen ihre elektrischen Eigenschaften ausüben können und niemand hat darüber Ansichten aufgestellt, welche mit der Erfahrung in Einklang ständen.

Ich erkläre demnach, dafs die von mir entdeckten Thatsachen unvereinbar sind mit der elektrochemischen Theorie des Hrn. Berzelius, nach welcher der Wasserstoff immer positiv und das Chlor immer negativ seyn soll, während wir sie sich ersetzen und dieselbe Rolle spielen sehen.

Ich bin aber weit entfernt zu läugnen, dafs nicht die chemischen und elektrischen Kräfte die nämlichen seyn könnten und es ist da, wo es sich einfach um eine eigenthümli-

che elektrochemische Theorie handelt, nicht der Ort, die Vertheidigung der allgemeinen Rolle der Elektrizität bei den chemischen Erscheinungen zu übernehmen.

Was ich sagen wollte und was ich gesagt habe ist das, dafs wo man versucht hat, den elektrischen Zustand der verbundenen Molecüle darzustellen, man zu reinen Hypothesen ohne Resultat für die Wissenschaft gelangt ist. Suchte man dagegen, wie dies Hr. Berzelius mit so viel Glück gethan hat, jene Elektrizität, die in dem Moment chemischer Verbindungen oder Zersetzungen auftritt, auszubeuten, so ist man zu den wichtigsten und fruchtbarsten Resultaten gelangt.

Zu dieser Klasse von Thatsachen gehören die schönen Entdeckungen von Davy, diejenigen, welche Hr. Becquerel mit einer so sehr durch Erfolg gekrönten Beharrlichkeit verfolgt und endlich das Erfahrungsgesetz, womit Hr. Faraday selbst ganz kürzlich die chemische Philosophie bereichert hat.

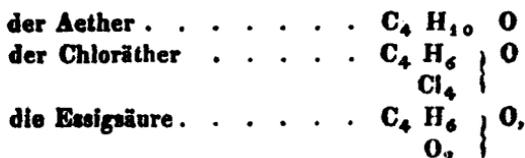
Alle Entdeckungen dieser grossen Naturforscher beziehen sich auf die Erscheinungen der chemischen Thätigkeit; sie sind vollkommen unabhängig von Ansichten, die sie über die Rolle der Elektrizität in den zusammengesetzten Körpern ausdrücken konnten.

Ich habe mich im Verfolg dieser Abhandlung zu wiederholten Malen des Verhaltens der Körper als des allein ganz geeigneten Mittels bedient, um deren eigentliche Natur zu entschleiern. Gleichwohl bietet sich in den Versuchen, auf welche ich den Leser öfters verwiesen habe, ein Einwurf dar. Ein Chemiker nämlich, der den Körper  $C_4 H_6 Cl_4 O$  untersucht haben würde, ohne seine Entstehung zu kennen, würde ihn gewifs, seinem Verhalten gegen Kali nach, wodurch er in Chlorkalium und in essigsäures Kali zerfällt, entweder für ein Chlorür des Essigsäureradikals, oder auch für Essigsäure gehalten haben, in welcher ein Theil des Sauerstoffs durch Chlor sich ersetzt fände; dieser Körper

ist indessen nichts anderes, als der Chloräther des Hrn. Malaguti.

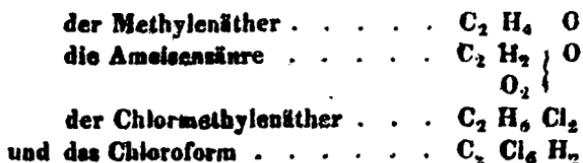
Ebenso führte mich, als ich mich mit der Untersuchung des Chloroforms  $C_2 H_2 Cl_6$  beschäftigte, sein Verhalten gegen Kali, die Bildung von Chlorkalium und Ameisensäure zu der Betrachtung, daß es Ameisensäure sey, in welcher der Sauerstoff durch äquivalente Quantitäten von Chlor ersetzt sey; Hr. Regnault hat aber in der letzten Zeit gezeigt, daß das Chloroform nichts anderes ist, als Methylchlorür, in welchem eine Portion des Wasserstoffs durch Chlor ersetzt ist; der Körper  $C_2 H_4 Cl_2$  ist durch Substitution in  $C_2 H_2 Cl_4$  übergegangen.

Aus diesen Beispielen, die man noch vervielfältigen könnte, geht hervor, daß das Verhalten nicht immer ein treuer Führer ist, denn es führt uns dahin der Essigsäure einen aus dem Aether abgeleiteten Körper und der Ameisensäure einen Körper anzureihen, welcher den Chlorwasserstoffäther des Methyls repräsentirt. Bei näherer Betrachtung sieht man aber, daß in der That



wirklich derselben molekularen Gruppe angehören und daß man eigentlich nichts Widersprechende gesagt hat, wenn man sagt, daß der Chloräther aus dem Aether entspringt und daß er die Essigsäure erzeugt.

Andersseits sind



Körper der nämlichen molekularen Gruppe, in der Art, daß man das Chloroform als wasserfreie Ameisensäure oder als Ether chlorométhylique bichloruré betrachten kann, ohne daß diese beiden Betrachtungsweisen sich widersprechen.

Es geht daraus hervor, daß das chemische Verhalten, ohne daß ihm öfters gegebenen absoluten Charakter zu haben, ein Vertrauen verdient, welches momentan erschüttert seyn konnte, welchem aber eine genauere Untersuchung seine wahre Stärke in unserem Geiste wieder ertheilt.

Wir haben in der That angenommen, daß die Substitutionen die moleculare Gruppierung der Körper entschleiern können, indem sie eine Reihe von Bedingungsgleichungen liefern, welchen die allgemeine Formel genügen muß. Es ist nun klar, daß die metamorphosirenden Reactionen sehr oft nur Mittel sind, Substitutionen zu bewirken, indem man verwickeltere Verwandtschaften in Anwendung zieht, als die sind, welche man bei den gewöhnlichen Substitutionen gebraucht.

Wir müssen also, mehr als jemals, uns an das Studium der Reactionen der Körper halten und uns nicht über den Abstand beunruhigen, welcher oft das Glied, von welchem man ausgeht, von demjenigen trennt, zu welchem man gelangt; denn es könnte sich sehr gut ereignen, daß diese beiden, in ihren Eigenschaften so unähnlichen Glieder sich durch die Substitutionstheorie wirklich einander anreihen und derselben molecularen Gruppierung angehören.

---

Das Substitutionsgesetz drückt also eine einfache experimentelle Relation aus, es deutet auf eine Beziehung hin zwischen dem, von einem der Einwirkung von Chlor unterworfenen wasserstoffhaltigen Körper, weggenommenen Wasserstoff und dem aufgenommenen Chlor. Dieses Gesetz stellt nur fest, daß wenn die Substanz 1, 2, 3 Aeq. Wasserstoff

verliert, sie 1, 2, 3 Aeq. Chlor aufnehmen wird; aber es erklärt diese Thatsache nicht.

Die Theorie der Typen geht weiter; sie erklärt das, was das Substitutionsgesetz bestimmt anzugeben sich begnügt. Sie betrachtet die organischen Körper als aus Theilchen bestehend, welche verdrängt und ersetzt werden können, ohne daß der Körper so zu sagen zerstört wird. In den oben erwähnten Fällen kann das Molecül der Essigsäure, das des Aethers, Wasserstoff verlieren und Chlor aufnehmen, ohne aufzuhören ein saures oder basisches, aus derselben Anzahl von Aequivalenten bestehendes und mit denselben Haupt Eigenschaften begabtes Molecül zu constituiren.

Diese Substitution, diese Ersetzung geht also deshalb vor sich, weil das Molecül der Essigsäure, damit es nicht zerstört werde, ein Aeq. Chlor aufnehmen muß, um den Wasserstoff, welchen es verliert, zu ersetzen. Die Theorie der Typen erklärt also das Gesetz der Substitutionen. Die Substitution eines Elements gegen ein anderes, Aequivalent für Aequivalent, ist die Wirkung; die Erhaltung des Typen ist die Ursache. Das organische Molecül, der organische Type stellen ein Gebäude vor, in welchem man gleichsam ein Gefach Wasserstoff durch ein Gefach Chlor, Brom oder Sauerstoff ersetzen kann, ohne daß die äußeren Verhältnisse des Gebäudes dadurch gestört sind. Man muß aber, wenn man ein Gefach Wasserstoff entzieht, etwas an dessen Stelle bringen, wenn das Gebäude nicht zerfallen oder sich umwandeln soll.

Kaum war das Substitutionsgesetz ausgesprochen, als es in Deutschland der Gegenstand strenger Beurtheilungen wurde, auf welche mir eine Antwort unnöthig schien. War dieses Gesetz richtig, so mußte dieß die Erfahrung lehren; war es falsch, so konnte ebenfalls nur die Erfahrung darüber absprechen.

Jedenfalls mußte man der Zeit die Sorge überlassen ihm seine Stelle anzuweisen.

Kaum war die Theorie der Typen erschienen, als sich dieselben Kritiken reproducirten, wenigstens von Seiten des Hrn. Berzelius; und ohngeachtet aller meiner Ergebenheit für das Interesse der Wissenschaft, wollte ich nochmals der Zeit und der Erfahrung die Sorge überlassen über diese Debatten zu entscheiden.

Bei näherer Ueberlegung erschien es mir aber völlig gewiß, daß die allgemeine Chemie, in Folge der Untersuchungen der organischen Chemie, zu einem der kritischen Zeitpunkte herangerückt sey, wo jeder der Wissenschaft den Tribut seiner Ueberzeugungen darbringen muß.

Man kann sich nicht verhehlen, daß zwei Systeme von Vorstellungen vorliegen. Das eine hat die ganze Autorität der Vergangenheit, die durch einen nun fast hundertjährigen unangetasteten Besitz erlangten Rechte, die stillschweigende Anerkennung einer großen Zahl von Chemikern für sich und unter ihren Vertheidigern steht ein unter den ausgezeichnetsten ausgezeichnete Gelehrte, Hr. Berzelius, an der Spitze.

Das andere, nach welchem die aus einer gleichen und auf dieselbe Art vereinigten Anzahl chemischer Aequivalente bestehenden Körper demselben molecularen und oft demselben chemischen Typen angehören, räumt der Zahl und der Anordnung der Theilchen einen Einfluß des ersten Ranges ein, welcher nach den Vorstellungen der Chemie, so wie sie uns gegeben ist, hauptsächlich ihrer Natur zukömmt. Das Substitutionsgesetz wird die experimentelle Darlegung dieses neuen Systems seyn und einige seiner Anhänger bewegt haben es anzuerkennen. Ich reklamire nicht dessen Aufstellung, denn es reproducirt und versinnlicht nur, unter einer allgemeineren Form, Ansichten, welchen man in den Schriften vieler Chemiker und besonders in denen der Hrn. Robiquet,

Mitscherlich, Liebig, Laurent, Persoz, Courbe u. s. w., wieder begegnet. Gerade diese Uebereinstimmung der zahlreichen in Folge des Substitutionsgesetzes entdeckten Thatsachen mit den schon bekannten, sich auf den Einfluss gewisser präexistirender molecularer Anordnungen beziehenden Ansichten hat mir das, zur Anerkennung derselben meinerseits, nothwendige Vertrauen gegeben als ich organische Typen in Vorschlag brachte.

Wir haben also zwei Systeme vorliegen: das eine schreibt der Natur der Elemente die Hauptrolle zu, das andere aber der Anzahl und der Anordnung derselben.

Aufs Aeußerste getrieben wird, meiner Ansicht nach, ein jedes derselben ad absurdum geführt seyn. Durch die Erfahrung geleitet und in weisen Schranken gehalten, muß jedes einen bedeutenden Antheil bei der Erklärung von chemischen Erscheinungen nehmen; ich will endlich, um den Sinn anzudeuten, welchen ich ihren respectiven Rollen unterlege, anführen, daß in der Chemie die Natur der Molecüle, ihr Gewicht, ihre Form und ihre Lagerung einen reellen Einfluss auf die Eigenschaften der Körper ausüben müssen.

Der Einfluss der Natur der Molecüle ist von Lavoisier so gut definirt, der ihres Gewichtes von Berzelius durch seine unsterblichen Arbeiten charakterisirt worden. Man kann sagen, daß die Entdeckungen von Mitscherlich sich auf den Einfluss ihrer Form beziehen und die Zukunft wird lehren, ob die gegenwärtigen Arbeiten der französischen Chemiker bestimmt sind uns den Schlüssel über die Rolle in die Hand zu geben, welche ihrer Lagerung angehört.