

Einleitung.

Seit den ersten Anfängen der chemischen Wissenschaft, als man die Stoffe in ihrer Zusammensetzung zu erkennen und nach derselben zu ordnen begann, behandelte man diejenigen Verbindungen, welche der Kohlenstoff bildet, gesondert von denen aller anderen Elemente, theils, weil ihre Anzahl ausserordentlich gross war, namentlich aber, weil dieselben, soweit sie natürlich vorkommen, mit nur wenigen Ausnahmen durch den Lebensprocess des thierischen und pflanzlichen Organismus erzeugt werden, und die Versuche, sie aus ihren Elementen darzustellen, scheiterten. Man nahm daher an, dass sie gar nicht auf chemischem Wege gebildet werden könnten, dass sie vielmehr in der organischen Natur unter Mitwirkung einer geheimnissvollen Kraft, die man Lebenskraft nannte, entstanden, und bezeichnete sie als organische Verbindungen. So entstand der Name organische Chemie, und man hat bis jetzt, obwohl es gelungen ist, sehr viele solcher Stoffe aus den Elementen zusammenzusetzen und daher die Annahme einer Lebenskraft hat schwinden müssen, diesen Namen beibehalten, wenn auch dieser Theil der allgemeinen Chemie besser als Chemie der Kohlenstoffverbindungen zu bezeichnen wäre.

Die in der Natur vorkommenden organischen Verbindungen enthalten neben Kohlenstoff nur wenige Elemente, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, entweder jedes allein an Kohlenstoff gebunden, oder zwei von ihnen, oder endlich alle drei. Nur einige enthalten ausserdem noch Schwefel und Phosphor. Dagegen hat man auf chemischem Wege fast alle Elemente in Kohlenstoffverbindungen eingeführt.

Um über das Wesen einer Verbindung Aufschluss zu erhalten, ist es vor Allem erforderlich, die sie zusammensetzenden Stoffe und deren Mengenverhältnisse zu kennen, es ist demnach auch für das Studium der organischen Körper Grundbedingung, die qualitative und quantitative Analyse auszuführen. Die Methoden der qualitativen und quantitativen Prüfung fallen meist zusammen, weshalb wir hier zugleich die letzteren kurz anführen wollen und wegen der Details der Ausführung auf den Anhang verweisen.

Kohlenstoff und Wasserstoff werden stets in einer Operation bestimmt, und zwar indem man eine gewogene Menge Substanz mit einer Sauerstoffverbindung, welche ihren Sauerstoff bei höherer Temperatur leicht abzugeben vermag (Kupferoxyd, Bleichromat), glüht, wodurch der Kohlenstoff zu Kohlensäure CO_2 , der Wasserstoff zu Wasser H_2O oxydirt, verbrannt wird. Diese Operation nennt man *Verbrennung*. Das Wasser wird in einem mit trockenem Chlorcalcium, die Kohlensäure in einem mit Kalilauge gefüllten Apparate absorbirt, beide Apparate vor und nach der Verbrennung gewogen und so das Gewicht des Wassers und der Kohlensäure ermittelt. Daraus berechnet man das Gewicht des Wasserstoffs und des Kohlenstoffs.

Der Sauerstoff wird nicht direct bestimmt, sondern sein Gewicht aus dem an 100 Proc. fehlenden Gewichte der Summe aller anderen Bestandtheile berechnet.

Der Stickstoff wird entweder bestimmt, indem man die Zersetzung der stickstoffhaltigen Substanz in der Weise leitet, dass der Stickstoff als Gas entweicht, über Quecksilber aufgesammelt und aus seinem Volumen mit Berücksichtigung der Temperatur und des Druckes sein Gewicht berechnet wird, oder er wird in Ammoniak übergeführt und dessen Menge bestimmt.

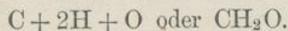
Chlor, Brom, Jod werden nach Zersetzung der organischen Substanz (durch Glühen derselben mit gebranntem Kalk oder durch vollständige Oxydation derselben mittelst rauchender Salpetersäure bei höherer Temperatur) an Silber gebunden und als Silberchlorid, -bromid oder -jodid bestimmt.

Schwefel und Phosphor werden durch Oxydation der organischen Substanz (Glühen mit einem Gemisch von Salpeter und Natriumcarbonat, oder Digestion mit rauchender Salpetersäure) in Schwefelsäure und Phosphorsäure umgewandelt, erstere an Barium gebunden und bestimmt, letztere durch Magnesiumsulfat und Ammoniak in Magnesium-Ammoniumphosphat verwandelt und so gewogen.

Wenn nun nach den eben erwähnten Methoden die Gewichtsmengen aller Bestandtheile einer organischen Substanz ermittelt worden sind, so bilden die gefundenen Procentzahlen die erste Grundlage zur Feststellung der chemischen Formel

der Verbindung. Wir kennen die Gewichtsmengen, welche je einem Atom eines jeden Elements, das wir als Bestandtheil der untersuchten Substanz gefunden haben, entsprechen, wissen z. B., dass je 12 Gewichtstheile Kohlenstoff aus genau so vielen Atomen Kohlenstoff bestehen, wie 16 Gewichtstheile Sauerstoff aus Atomen Sauerstoff, und wie 1 Gewichtstheil Wasserstoff aus Wasserstoffatomen. Wir brauchen deshalb die in der Analyse gefundenen Procentzahlen der einzelnen elementaren Bestandtheile nur durch die denselben entsprechenden Atomgewichtszahlen zu dividiren, um das Verhältniss der Atome der verschiedenen Elemente zu einander in der Verbindung zu erfahren.

Hätten wir z. B. in irgend einer Substanz, welche lediglich aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff besteht, durch die Analyse 40 Proc. Kohlenstoff und 6.6 Proc. Wasserstoff gefunden, so würde die zu 100 Proc. noch fehlende Menge auf Sauerstoff kommen, da dieser aus dem Verluste berechnet werden muss, d. h. 53.4 Proc. Dividiren wir nun, um das Verhältniss der in der Verbindung enthaltenen Atome zu einander zu finden, die gefundenen Procentzahlen eines jeden Elements durch das dem betreffenden Element zukommende Atomgewicht, also für Kohlenstoff durch 12, für Wasserstoff durch 1, für Sauerstoff durch 16, so erhalten wir für C = $\frac{40.0}{12} = 3.3$, für H = $\frac{6.6}{1} = 6.6$, für O = $\frac{53.4}{16} = 3.3$, d. h. auf je 3.3 Atome C sind 6.6 Atome H und 3.3 Atome O in der Verbindung enthalten. Wir bemerken sofort, dass die Verhältnisse von Kohlenstoff zu Wasserstoff und zu Sauerstoff die von 1 : 2 : 1 sind, also



Mit dieser so gewonnenen Formel drücken wir keineswegs in jedem Falle die wahre chemische Formel der untersuchten Substanz aus, vielmehr lehrt dieselbe uns eben nur das Verhältniss der einzelnen Atome zu einander kennen. Es giebt nämlich eine grosse Anzahl von Verbindungen, welche dieses Verhältniss zwischen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zeigen, in welchen das Atomverhältniss 1 C : 2H : 1O statt hat. Von diesen Verbindungen ist eine bei gewöhnlicher Temperatur ein Gas, andere sind Flüssigkeiten, noch andere

sind feste Körper, und auch die flüssigen und festen Verbindungen zeigen unter einander die grössten chemischen und physikalischen Unterschiede. Aber nicht alle diese Verbindungen besitzen dieselbe Moleculargrösse, d. h. nicht alle enthalten im Molecül nur ein Kohlenstoff, zwei Wasserstoff und ein Sauerstoff, sondern von dem einen enthält das Molecül zwei Kohlenstoff, vier Wasserstoff und zwei Sauerstoff, es ist doppelt so gross als die einfachste Verhältnissformel anzeigt, von anderen enthält das Molecül 3C, 6H und 3O, es ist dreimal so gross, von noch anderen enthält das Molecül sogar 6C und 12H und 6O, es ist sechsmal so gross als CH_2O .

Es wird daher die Aufgabe des Chemikers sein, sobald er die procentische Zusammensetzung einer Verbindung und damit das Verhältniss der Atome zu einander erforscht hat, die Moleculargrösse dieser Verbindung zu erforschen. Es führen nun verschiedene Wege zu diesem Ziele.

Ist die Verbindung ein Gas, oder kann sie, ohne Zersetzung zu erleiden, durch höhere Temperatur in den gasförmigen Zustand übergeführt werden, so hat man nur nöthig, das Gewicht eines bestimmten Volumens der gasförmigen oder der in den gasförmigen Zustand übergeführten Verbindung zu ermitteln, um die Grösse des Molecüls festzustellen. Denn bekanntlich verhalten sich die Gewichte gleicher Volume verschiedener Gase bei gleicher Temperatur und unter gleichem Drucke wie die Moleculargewichte, weil stets ein gleich grosser Raum von einer gleich grossen Anzahl von Molecülen erfüllt ist, die Gase mögen sonst so verschieden wie möglich sein (vergl. anorg. Chem. S. 19). Wenn also das Gewicht eines Volums Wasserstoff gleich zwei ist (das Moleculargewicht des Wasserstoffs ist ja gleich zwei), so wird das Gewicht eines Volums Salzsäure = 36.5 ($\text{H} = 1 + \text{Cl} = 35.5$) sein, oder wenn wir das Volumgewicht des Wasserstoffs = 1 annehmen, so wird das Gewicht des gleichen Volums Salzsäure (natürlich stets bei gleicher Temperatur und unter gleichem Druck gemessen) = $\frac{36.5}{2} = 18.25$ sein. Es wiegt also ein Volum Salzsäure 18.25 mal so viel als dasselbe Volum Wasserstoff, unter denselben Bedingungen gewogen. Wenn wir daher das Moleculargewicht der Salzsäure nicht kennen würden, dagegen gefunden hätten, dass sie 18.25 mal so schwer ist als Wasser-

stoff, ihr Gasvolumgewicht bestimmt hätten, dann bräuchten wir dieses Volumgewicht der Salzsäure nur mit 2 zu multipliciren, um das Moleculargewicht derselben zu erhalten. Das Moleculargewicht einer gasförmigen Substanz ist stets doppelt so gross als ihr auf Wasserstoff als Einheit bezogenes Volumgewicht. Hätten wir also bei einer Substanz, deren einfachste Formel (Atomverhältnissformel) nach der Analyse durch CH_2O ausgedrückt wird, gefunden, dass ihr Volumgewicht = 30 sei, d. h. dass sie im gasförmigen Zustande gewogen 30 mal so schwer als Wasserstoff sei, so würde ihr Moleculargewicht $30 \times 2 = 60$ sein. Nun ist aber das Gewicht einer Substanz, deren Formel durch CH_2O ausgedrückt wird, $= \text{C} + 2\text{H} + \text{O} = 12 + 2 + 16 = 30$, die Molecularformel unserer Substanz muss also doppelt so gross sein als CH_2O , d. h. $2\text{C} + 4\text{H} + 2\text{O} = \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$.

Angenommen wir hätten das Volumgewicht einer anderen Substanz, deren einfachste Formel durch CH_2O ausgedrückt wird, zu 45 gefunden, so würde das Moleculargewicht derselben $= 45 \times 2 = 90$ sein, also dreimal so gross, als der Formel CH_2O entspricht, d. h. $= \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ u. s. w.

Die Methoden zur Ausführung der Gasvolumgewichtsbestimmung, oder wie man sie gewöhnlich nennt, Dampfdichtebestimmung, solcher Körper, die bei gewöhnlicher Temperatur fest oder flüssig sind, sind im Anhang beschrieben.

Man kann ferner die Moleculargrösse einer Verbindung dadurch bestimmen, dass man, wenn der organische Körper sich wie eine Säure oder wie eine Base verhält, Salze darstellt und nach einer abermaligen quantitativen Analyse das Verhältniss seiner Atome zu einander berechnet. Die Essigsäure z. B. gehört zu den oben erwähnten Substanzen, deren Atomverhältnissformel durch CH_2O ausgedrückt wird. Sie ist eine Säure, löst Silberoxyd auf und bildet eine krystallisirende Verbindung, welche 14.4 Proc. Kohlenstoff, 1.8 Proc. Wasserstoff, 19.1 Proc. Sauerstoff und 64.7 Proc. Silber enthält. Dividiren wir jetzt diese Zahlen durch die Atomgewichte der entsprechenden Elemente, also 14.4 durch 12 (Kohlenstoff), 1.8 durch 1 (Wasserstoff), 19.1 durch 16 (Sauerstoff) und 64.7 durch 108 (Atomgewicht des Silbers), so erhalten wir:

$$\text{C} = \frac{14.4}{12} = 1.2; \text{H} = \frac{1.8}{1} = 1.8;$$

$$\text{O} = \frac{19.1}{16} = 1.2; \text{Ag} = \frac{64.7}{108} = 0.6;$$

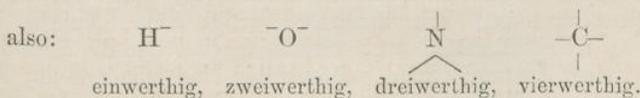
Wir sehen sofort, dass das Verhältniss des Silbers zum Kohlenstoff wie 1 : 2, zu Wasserstoff wie 1 : 3, zu Sauerstoff wie 1 : 2 ist. Es sind also in dieser Verbindung auf ein Atom Silber zwei Atome Kohlenstoff, drei Atome Wasserstoff und zwei Atome Sauerstoff enthalten, also $\text{AgC}_2\text{H}_3\text{O}_2$. Nun ersetzt aber das Silber in Säuren ein Atom Wasserstoff, fügen wir daher in unserer Formel statt des Ag ein H wieder ein, so erhalten wir als Formel für die Essigsäure $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$, und das ist auch die Molecularformel derselben. In ähnlicher Weise verhalten sich die organischen Körper, welche basischen Charakter besitzen. Diese Verbindungen vereinigen sich direct mit Säuren, und man kann häufig aus der Menge der Säure, mit welcher sie sich verbinden, die Moleculargrösse der Verbindung berechnen. Ist dagegen die zu untersuchende Substanz weder eine Säure noch eine Base, noch ohne Zersetzung vergasbar, dann kann nur ein genaues Studium ihrer chemischen Metamorphosen zur Ermittlung der Moleculargrösse führen.

Hat man von einer Verbindung sowohl die Zusammensetzung als auch die Moleculargrösse ermittelt, so ist durch die daraus gewonnene chemische Formel die Verbindung noch nicht so charakterisirt, dass eine Verwechslung mit einer anderen nicht möglich ist. Es giebt nämlich eine sehr grosse Anzahl von Verbindungen, denen andere entsprechen, welche sowohl vollkommen gleiche Zusammensetzung als auch gleiche Moleculargrösse mit ihnen besitzen und doch in ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften von ihnen verschieden sind. So giebt es zum Beispiel fünf Körper, deren Zusammensetzung und Molecül die Formel $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ verlangen. Die Verschiedenheit dieser fünf Körper kann nur in ihrem inneren Bau, in ihrer Constitution begründet sein, und wir sind genöthigt, sobald aus dem Zusammenhange nicht unzweifelhaft erhellt, welchen der fünf Körper $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ wir meinen, in unserer Formel zugleich die Constitution, die Structur der von uns besprochenen Verbindung auszudrücken. So sind die Constitutionsformeln entstanden, deren wir uns neben den Molecularformeln in der Folge bedienen werden.

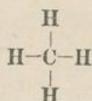
Um die Constitutionsformeln zu verstehen, müssen wir einige Gesetze, die zwar in der anorganischen Chemie schon hervortreten, deren Besprechung jedoch dort wegen der Einfachheit der Verhältnisse gewöhnlich unterbleibt, hier vorausschicken.

Substitution.

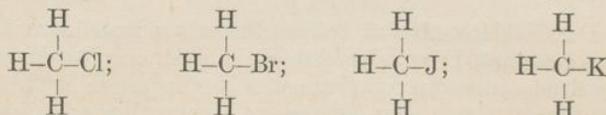
Der Kohlenstoff wird bekanntlich als vierwerthiges Element betrachtet. Diese Vierwerthigkeit bildet das Fundament, auf welchem sich die complicirtesten Verbindungen aufbauen lassen, wenn damit das Gesetz der Vertretbarkeit äquivalenter Mengen von Elementen unter einander verbunden wird. Der einwerthige Wasserstoff kann Atom für Atom durch das gleichfalls einwerthige Chlor, oder Brom, oder Kalium, oder Silber vertreten werden, an die Stelle eines Atoms Wasserstoff kann sich ein Atom Chlor lagern, dieses füllt denselben Platz aus, wie sein Vorgänger, es stellt mit seiner atombindenden Kraft, seiner Affinitätskraft, die gleich eins ist, das durch den Austritt eines Atoms H gestörte Gleichgewicht der Verbindung in alter Weise wieder her. Ferner kann ein Atom Wasserstoff durch die äquivalente Menge Sauerstoff vertreten werden, d. h. da die atombindende Kraft des Sauerstoffs zweimal so gross ist als die des Wasserstoffs, durch ein halbes Atom Sauerstoff. Da aber ein halbes Atom Sauerstoff nicht denkbar ist, so müssen wir logischer sagen: durch die Hälfte der atombindenden Kraft eines Atoms Sauerstoff, die andere Hälfte muss dann durch irgend eine andere Kraft, die gleich der des Wasserstoffs ist ($= 1$) im Gleichgewicht gehalten sein. Wir wollen des leichteren Verständnisses wegen gleich Beispiele anführen. Wir bezeichnen deshalb durch kleine Striche neben den die Elemente bedeutenden Buchstaben die Anzahl der atombindenden Kräfte des Elements dergestalt, dass ein Strich die Einheit ausdrückt,



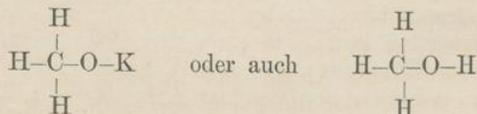
Nun betrachten wir die einfachste Verbindung des Kohlenstoffs, das ist die Verbindung von einem Atom Kohlenstoff mit 4 Atomen Wasserstoff



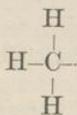
In dieser Verbindung kann ein Atom Wasserstoff durch ein Atom Chlor, Brom, Jod, Kalium etc. vertreten sein, also:



oder durch die Hälfte der atombindenden Kraft des Sauerstoffs, dessen andere Hälfte durch ein einwerthiges Element neutralisirt ist, also

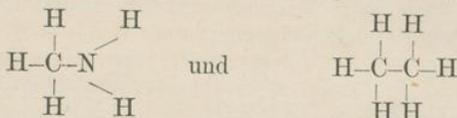


Wir sehen demnach aus diesen beiden letzten Fällen, dass die Gruppe OK (O^-K) und OH (O^-H) wie ein einwerthiges Element ein Atom Wasserstoff zu vertreten im Stande ist. Und es darf uns dies nicht auffallend sein, wenn wir erwägen, dass in der Gruppe CH_3



eine ungesättigte Affinität frei wirkend ist und nur durch eine gleich grosse Kraft unwirksam gemacht werden kann, gleichgültig ob diese gegenwirkende Kraft die volle Kraft eines Atoms eines einwerthigen Elements, oder der Rest aller wirkenden Kräfte eines Atomcomplexes ist, wenn nur seine Grösse = 1 ist. Wir nennen derartige Atomcomplexes, in denen freie Affinitäten noch vorhanden sind und die demnach in freiem Zustande nicht existenzfähig sind, sondern nur als in sich geschlossene Gruppen in Verbindungen vorkommen und meist als solche aus einer Verbindung in eine andere übergeführt werden können, **Radicale**. Die Gruppe OH (Hydroxyl) ist ein Radical.

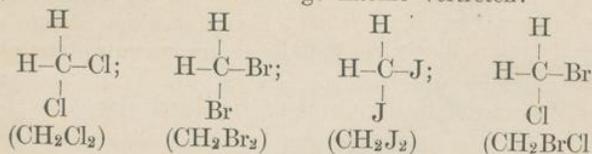
In derselben Weise fortfahrend können wir auch ein H durch die Gruppe NH_2 , die ebenfalls einwerthig ist, ja sogar durch die Gruppe CH_3 ersetzen und gelangen so zu den Formeln



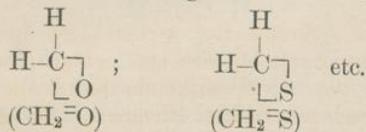
Die letztere Formel CH_3-CH_3 bezeichnet eine Verbindung einer neuen Kohlenstoffreihe, mit welcher wir in derselben Weise alle Substitutionen vornehmen können, wie mit der Verbindung CH_4 , doch wollen wir noch bei unserem ersten Beispiele bleiben.

Wir haben bis jetzt in der Gruppe CH_4 nur ein Atom H durch andere einwerthige Atome oder Atomgruppen (Radicale) vertreten lassen; in gleicher Weise können wir zwei Atome H durch zwei einwerthige Atome oder Radicale oder durch ein zweiwerthiges Atom, oder durch ein zweiwerthiges Radical ersetzen. Wir würden dann z. B. folgende Körper erhalten:

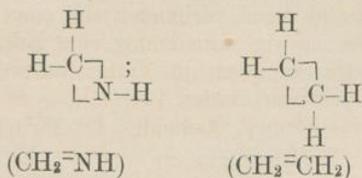
1) 2H durch zwei einwerthige Atome vertreten:



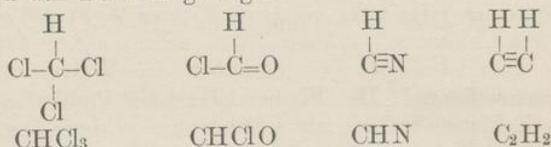
2) 2H durch ein zweiwerthiges Atom vertreten:



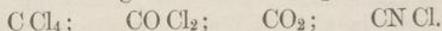
3) 2H durch ein zweiwerthiges Radical vertreten:



Wir können ferner in der Gruppe CH_4 3 Atome H durch 3 einwerthige Atome oder Radicale, oder durch ein zweiwerthiges und ein einwerthiges Atom, oder durch ein dreiwerthiges Atom (oder Radical) vertreten lassen und würden dann zu den Formeln gelangen:

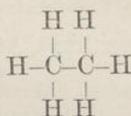


Schliesslich könnten wir allen 4 Atomen Wasserstoff 4 einwerthige Elemente substituiren, oder ein zweiwerthiges und zwei einwerthige, oder zwei zweiwerthige, oder ein dreiwerthiges und ein einwerthiges Element; Beispiele dafür wären:



Wir werden später eine noch grössere Mannigfaltigkeit der Substitutionen kennen lernen, hier haben wir nur den Grundsatz fest im Auge zu behalten, dass nur äquivalente, gleichwerthige Mengen von Atomen oder Atomgruppen sich vertreten können.

Ein oben angeführtes Beispiel wollen wir nun etwas näher der Betrachtung unterziehen. Es ist die Vertretung eines Atoms Wasserstoff in der Gruppe CH_4 durch das einwerthige Radical CH_3 :



oder CH_3-CH_3 , d. h. C_2H_6 .

In dieser schon complicirteren Verbindung können wir, wie bereits oben kurz angedeutet worden ist, dieselben Substitutionen sich vollenden lassen, wie in der Verbindung CH_4 , nur wird die Anzahl der abgeleiteten Stoffe eine noch grössere, und überdies werden wir hier schon solchen Körpern begegnen, die bei gleicher Zusammensetzung ihre Verschiedenheit in den Eigenschaften klar hervortreten lassen.

Wird z. B. in der Verbindung CH_3-CH_3 ein Atom Wasserstoff durch irgend ein einwerthiges Element oder ein

einwerthiges Radical vertreten, wir wählen der Einfachheit wegen wieder Chlor, so entsteht die Verbindung $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{Cl}$. Solcher Verbindungen kann es nur eine einzige geben, es ist gleichgültig, ob dieselbe $\text{CH}_2\text{Cl-CH}_3$ oder $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{Cl}$ geschrieben wird, denn die verschiedenen Atome Wasserstoff wirken in der Gruppe $\text{CH}_3\text{-CH}_3$ völlig in gleicher Weise. Wohin wir auch das Chloratom verlegen, stets nimmt es (räumlich gedacht) dieselbe Lage ein gegenüber den Wasserstoff- und Kohlenstoffatomen. Die Formel $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{Cl}$ soll uns nichts anderes ausdrücken, als dass wir eine Verbindung vor uns haben, welche aus zwei mit einfacher Affinität an einander gebundenen Kohlenstoffatomen besteht. Bei dem einen der beiden Kohlenstoffatome sind die übrigen drei Affinitäten lediglich durch drei Wasserstoffatome, bei dem anderen dagegen zwei durch zwei Wasserstoffatome und eins durch ein Chloratom neutralisirt. Welches der beiden Kohlenstoffatome aber wir als erstes und welches wir als zweites schreiben, ist völlig gleichgültig. Es ist also nur eine Verbindung möglich, welcher die Zusammensetzung $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}(\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{Cl})$ zukommt. Anders schon gestaltet sich das Verhältniss, wenn wir ein zweites Chloratom einem Wasserstoffatom substituiren. Es sind alsdann zwei Fälle denkbar. Entweder verdrängt das zweite Chloratom ein Wasserstoffatom von demjenigen Kohlenstoffatom, welches schon ein Chloratom besitzt, um die Verbindung $\text{CH}_3\text{-CHCl}_2$ zu bilden, oder es ersetzt ein Wasserstoffatom an dem anderen Kohlenstoffatom, um den Körper $\text{CH}_2\text{Cl-CH}_2\text{Cl}$ entstehen zu lassen, d. h. entweder erhalten wir eine Verbindung, in welcher das eine der beiden Kohlenstoffatome mit drei Wasserstoffatomen, das andere mit nur einem Wasserstoffatom und zwei Chloratomen vereinigt ist, oder eine solche, in welcher beide Kohlenstoffatome nur noch mit zwei Wasserstoffatomen, beide aber auch noch mit je einem Chloratom verbunden sind. Hiermit haben wir zwei Körper gewonnen, die bei absolut gleicher Zusammensetzung und gleicher Moleculargrösse verschiedene Eigenschaften besitzen müssen, weil die gegenseitige Stellung der beiden Chloratome die Eigenschaften der Verbindung in hohem Maasse beeinflusst. Solche Verbindungen, welche bei Gleichheit der Zusammensetzung und des Molecüls Verschiedenheit der Eigenschaften zeigen, nennt man isomere Verbindungen.

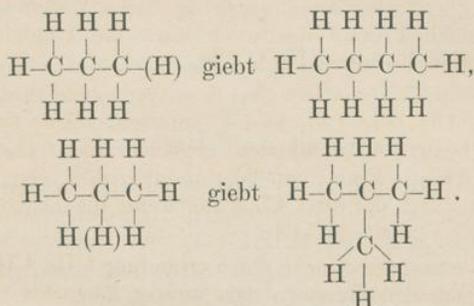
Die grosse Anzahl der Isomeren hat die Chemiker genöthigt, tiefer in den Bau der Verbindungen einzudringen, weil, wie oben schon erwähnt, bei isomeren Verbindungen nur die Ungleichheit der Constitution auch die Ungleichheit der Eigenschaften bedingen kann.

Derselbe Fall von Isomerie liegt vor, sobald in die Verbindung $\text{CH}_3\text{-CH}_3$ drei Chloratome eintreten. Man sieht sofort, dass die beiden Möglichkeiten gegeben sind $\text{CH}_2\text{Cl-CHCl}_2$ und $\text{CH}_3\text{-CCl}_3$. Eine dritte Verbindung, d. h. eine dritte Art der Vertheilung der drei Chloratome an die beiden Kohlenstoffatome ist nicht denkbar.

So können wir also in der Verbindung $\text{CH}_3\text{-CH}_3$ allmählich alle Wasserstoffatome durch andere Elemente oder Radicale ersetzen, und zwar entsteht nur je eine Verbindung, wenn wir ein Wasserstoffatom durch ein Atom eines einwerthigen Elements oder durch ein einwerthiges Radical vertreten lassen, und je zwei isomere Verbindungen, wenn wir zwei Wasserstoffatome durch zwei Atome eines einwerthigen oder ein Atom eines zweiwerthigen Elements oder durch zwei einwerthige oder ein zweiwerthiges Radical ersetzen. In gleicher Weise können stets zwei isomere Verbindungen beim Austausch von drei und von vier Wasserstoffatomen durch die gleichwerthige Menge irgend welcher Elemente oder Radicale entstehen. Werden aber fünf oder gar alle sechs Wasserstoffatome der Verbindung $\text{CH}_3\text{-CH}_3$ durch andere Elemente oder Radicale ersetzt, so kann nur wieder je eine neue Verbindung dadurch entstehen. Wir wollen hier nur noch den einen Fall hervorheben, dass nämlich ein Atom Wasserstoff durch das einwerthige Radical CH_3 vertreten ist, alsdann wird die Verbindung $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ oder C_3H_8 erhalten. Selbstverständlich ist nach den obigen Ausführungen nur eine solche Verbindung möglich. Findet jedoch in dieser abermals dieselbe Substitution statt, so kann das Radical CH_3 entweder ein Wasserstoffatom eines der beiden in der Verbindung C_3H_8 vorhandenen CH_3 , oder aber des CH_2 austauschen und es entsteht im ersten Fall die Verbindung $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$, im zweiten dagegen $\text{CH}_3\text{-CH(CH}_3\text{)-CH}_3$. Des leichteren Verständ-

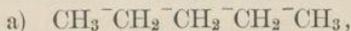
nisses wegen wollen wir in den folgenden beiden Formeln

dasjenige H, welches durch CH_3 ausgetauscht werden soll, durch eine Klammer kenntlich machen:

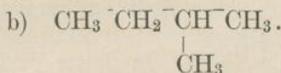


Im ersten Fall bilden die Kohlenstoffatome eine kettenförmig an einander gebundene Reihe, im zweiten sind jedoch drei Kohlenstoffatome an das vierte gebunden. Es sind demnach zwei isomere Verbindungen C_4H_{10} möglich.

Wenn wir in den so erhaltenen zwei Verbindungen C_4H_{10} abermals ein H durch das Radical CH_3 ersetzen, so erhalten wir aus der ersten Verbindung, nämlich $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$, durch Austausch eines H in einem der beiden vorhandenen CH_3 die Verbindung

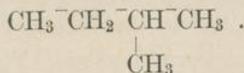


durch Austausch eines H in einem der beiden vorhandenen CH_2 die Verbindung



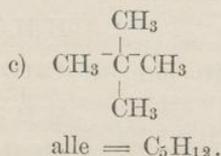
Aus der zweiten Verbindung, nämlich $\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$ erhalten

wir durch Austausch eines H der drei vorhandenen CH_3 durch das Radical CH_3 die Verbindung



Wir sehen aber sofort, dass dieselbe identisch ist mit Verbindung b). Aber wir können noch das eine H des CH

durch das Radical CH_3 ersetzen und gelangen alsdann zu der Verbindung



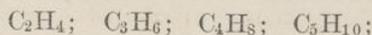
In diesem Falle haben wir also schon drei Isomere. Noch grösser wird die Zahl der isomeren „Kohlenwasserstoffe“ sein, denen die Formel C_6H_{14} zukommt, und es steigt dieselbe mit zunehmendem Kohlenstoffgehalt ungeheuer rasch, nämlich nach den Gesetzen der Permutation.

Wenn wir nun die einzelnen Glieder der bis jetzt betrachteten, nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehenden und Kohlenwasserstoffe genannten Verbindungen neben einander stellen:

CH_4 ; C_2H_6 ; C_3H_8 ; C_4H_{10} ; C_5H_{12} ; C_6H_{14} ;
so erkennt man sofort, dass jedes folgende Glied sich von dem vorhergehenden durch ein Plus von CH_2 unterscheidet. Bezeichnen wir die Anzahl der Kohlenstoffatome mit n , wo n jede ganze Zahl von 1 an bedeutet, so ist die Anzahl der Wasserstoffatome $2n+2$, also die erwähnte Reihe besitzt gemeinschaftlich die Formel $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$.

Wenn wir dagegen von der Verbindung $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ (S. 9) ausgehen, also derjenigen, in welcher die beiden Kohlenstoffatome mit je zwei Affinitäten an einander haften, und in dieser ein Atom H gegen CH_3 austauschen, so erhalten wir: $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$ oder C_3H_6 . In dieser Verbindung können wir den Austausch eines H gegen CH_3 fortsetzen, und zu den Verbindungen: $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ und $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)_2$ (beide

= C_4H_8) gelangen. So könnten wir fortfahren, und abgesehen von den vielen möglichen Isomeriefällen bei den höher zusammengesetzten Gliedern die Reihe erhalten:



Verbindungen also, denen die allgemeine Formel C_nH_{2n} zukommt, wobei n jede ganze Zahl von 2 an sein kann. Ein

Körper CH_2 dagegen ist bis jetzt nicht erhalten worden, seine Existenz auch bei der Vierwerthigkeit des Kohlenstoffs nicht sehr wahrscheinlich.

Sind zwei Kohlenstoffatome mit je drei Affinitäten an einander gebunden, so resultirt der Körper $\text{CH}=\text{CH} = \text{C}_2\text{H}_2$ (S. 10). Aus diesem leitet sich durch Substitution der Körper $\text{CH}=\text{C}^-\text{CH}_3 = \text{C}_3\text{H}_4$ ab u. s. f., so dass auch hier eine Reihe von Kohlenwasserstoffen aufgebaut werden kann: C_2H_2 ; C_3H_4 ; C_4H_6 etc., oder mit der allgemeinen Formel $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$.

Der kleinste Werth von n ist wiederum 2.

Solche Reihen nun, die sich von einander ableiten lassen durch Austausch je eines H gegen ein CH_3 , heissen homologe Reihen; CH_4 ; C_2H_6 ; C_3H_8 ; C_4H_{10} bilden eine „homologe“ Reihe; ebenso C_2H_4 ; C_3H_6 ; C_4H_8 ; endlich C_2H_2 ; C_3H_4 ; C_4H_6 .

Alle Kohlenwasserstoffe, denen die allgemeinen Formeln C_nH_{2n} , $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ etc. zukommen, können in Verbindungen von der Formel $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ übergeführt werden, d. h. es kann durch Einfügung von Wasserstoff die doppelte und dreifache Bindung der Kohlenstoffe bis zur einfachen losgelöst werden. Weil also jene Kohlenwasserstoffe Wasserstoff noch aufzunehmen fähig sind, hat man sie ungesättigte Kohlenwasserstoffe genannt, im Gegensatz zu denen der Reihe $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$, welche das Vermögen, Wasserstoff aufzunehmen, nicht besitzen und gesättigte Kohlenwasserstoffe heissen.

$\text{C}_2\text{H}_4 = \text{CH}_2-\text{CH}_2$ kann noch zwei Atome Wasserstoff aufnehmen und sich in die Verbindung $\text{C}_2\text{H}_6 = \text{CH}_3-\text{CH}_3$ umwandeln. Ebenso kann $\text{C}_2\text{H}_2 = \text{CH}=\text{CH}$ noch vier Atome Wasserstoff aufnehmen, um in die Verbindung $\text{C}_2\text{H}_6 = \text{CH}_3-\text{CH}_3$ überzugehen.

Nach diesem kurzen Ueberblick über die Ableitung der organischen Verbindungen aus einander wollen wir zur speciellen Beschreibung derselben übergehen, und zwar zuerst alle diejenigen Körper abhandeln, welche im Molecül nur ein Kohlenstoffatom besitzen, welche sich also von dem Kohlenwasserstoff CH_4 ableiten lassen. Alsdann wollen wir die Körper, welche zwei an einander haftende Kohlenstoffatome besitzen und vom Kohlenwasserstoff CH_3-CH_3 abzuleiten sind, folgen lassen. Darauf die von C_3H_8 sich ableitenden Verbindungen u. s. f.

Die drei ungesättigten Reihen sind:

C_2H_2	C_3H_4	C_4H_6
(CH_2-CH_2)	($\text{CH}_2=\text{CH}_2$)	($\text{CH}=\text{CH}$)