

Hallo Liebe Schüler,

dies ist die vierte Sendung des KGA-Internet-Podcasts im Fach Chemie. Diese Folge soll euch die Bildung und den Aufbau von molekularen Stoffen näherbringen. Dabei betrachten wir zunächst die Bildung des molekularen Stoffes Wasser, der den meisten wohl bekannt sein dürfte. Um diese Folge zu verstehen, solltest Du einen Stift und einen Schmierzettel zur Hand nehmen, um die beschriebenen Vorgänge mit zu skizzieren. Da diese Sendung auf der Sendung Nummer zwei zum Atombau und auf der Sendung Nummer drei zu den Salzen aufbaut, solltest Du diese beiden Sendungen erst noch einmal anhören und erst anschließend hier weitermachen.

Der klassische Schulversuch zur Bildung von Wasser sieht etwa so aus: In ein Reagenzglas wird aus der Wasserstoffflasche etwas farbloses Wasserstoffgas eingeleitet. Das Reagenzglas wird mit dem Daumen der linken Hand verschlossen und die Reagenzglasöffnung wird nach unten gedreht, da das Wasserstoffgas aufgrund seiner sehr geringen Dichte sonst zu schnell entweicht. Aus Sicherheitsgründen steht in einiger Entfernung ein brennender Bunsenbrenner bereit. Nun bewegt sich der Lehrer mit seiner futuristisch anmutenden Schutzbrille zügig mit dem umgedrehten Reagenzglas in der linken Hand zum Bunsenbrenner. Dort angekommen greift er das Reagenzglas mit der rechten Hand nah am Reagenzglasboden, lässt mit der linken Hand los und hält die Reagenzglasöffnung leicht schräg nach unten seitlich in die Nähe der Bunsenbrennerflamme. Der Handwechsel hat den Vorteil, dass man sich nicht die linke Hand verbrennt, wenn man die Reagenzglasöffnung zu dicht an die Bunsenbrennerflamme bewegt, da man automatisch relativ nahe an der Öffnung das Reagenzglas greift, um es besser mit dem Daumen verschließen zu können.

Es lassen sich zwei Beobachtungen machen:

Erstens entstehen nach Ablauf der Reaktion an der kühlen Reagenzglaswand feine Tröpfchen einer farblosen Flüssigkeit.

Zweitens ist ein lautes Zischen oder ein lauter "Plopp" zu hören, eine bläuliche Stichflamme ist zu sehen, und das Reagenzglas erwärmt sich leicht.

Daraus lassen sich im nächsten Schritt auch zwei Folgerungen ableiten:

Erstens entsteht der molekular aufgebaute Stoff Wasser. Und zwar aus der Reaktion von Wasserstoff mit Sauerstoff, der wiederum aus der Luft in der Umgebung der Reagenzglasöffnung stammt.

Zweitens wird Energie in Form von Licht, Wärme und - wenn man Pech hat - auch mechanischer Energie frei. Es handelt sich hier also wieder wie bei der Bildung von Kochsalz um eine exotherme Reaktion. Je nach Mischungsverhältnis und erreichter Reaktionsgeschwindigkeit erreicht man eine bloße Verpuffung oder eine echte Explosion.

Wir wählen wieder die aus der letzten Sendung bereits bekannte Strukturformelschreibweise, die auch als Valenzstrichschreibweise bezeichnet wird. Ein einzelner Punkt steht also für ein einzelnes Valenzelektron und ein Strich für ein Valenzelektronenpaar. In diesem Kapitel müssen wir allerdings zwei Typen von Elektronenpaaren unterscheiden. Wenn das Elektronenpaar nur bei einem Elementsymbol liegt, handelt es sich um ein sogenanntes "freies Elektronenpaar". Wenn das Elektronenpaar dagegen sich zwischen zwei Elementsymbolen befindet, dann ist es ein sogenanntes "bindendes Elektronenpaar", da beide Atomkerne von ihrer Seite aus daran ziehen und es so die beiden Atome zusammen hält.

Wie sieht nun die Strukturformel von elementarem Wasserstoff aus?

Beginnen wir mit einem einzelnen Wasserstoffatom. Da es in der ersten Hauptgruppe des Periodensystems steht, wissen wir, dass es ein einzelnes Valenzelektron hat. Da die Atome aller Elemente immer versuchen, die gleiche Valenzelektronenanzahl wie das nächstgelegene Edelgas zu erreichen - was auch als "Edelgasregel" bezeichnet wird - möchte das Wasserstoffatom aber lieber zwei Valenzelektronen haben, um die Valenzelektronenzahl des Heliums zu erreichen. Doch wie sollte das Wasserstoffatom das schaffen? Ganz einfach, nämlich indem es sich mit einem zweiten Wasserstoffatom, dem es genauso geht, ein Valenzelektron teilt. Wenn wir uns an die Definition für ein Nichtmetall erinnern, die besagt, dass Nichtmetalle gerne Elektronen aufnehmen,

sie aber nur sehr ungern abgeben, dann wird klar, dass das für eine Verbindung aus zwei Nichtmetall-Atomen die einzige Möglichkeit darstellt, da keines von beiden nachgeben und das Elektron loslassen kann.

Ein Wasserstoffmolekül besteht also aus zwei Wasserstoffatomen, die durch ein bindendes Elektronenpaar, also eine sogenannte Einfachbindung, ein Spezialfall der "Atombindung" miteinander verknüpft sind. Die Summenformel für Wasserstoff, die nur die Art und die Anzahl der Atome des jeweiligen Elements ohne die Informationen zu den Valenzelektronen angibt, würde also H_2 lauten, wobei die Zahl zwei rechts neben dem Elementsymbol tiefgestellt geschrieben wird. Diese tiefgestellte Zahl, welche die Zahl der Atome eines Elements angibt, die in einem Molekül gebunden sind, nennt man auch "Index".

Und die Strukturformel von elementarem Sauerstoff?

Fangen wir wieder mit einem einzelnen Sauerstoffatom an. Da es in der sechsten Hauptgruppe des Periodensystems steht, ergibt sich eine Valenzelektronenzahl von Sechs. Zeichnen wir also erst mal sechs einzelne Punkte um das Elementsymbol O. Das nächstgelegene Edelgas Neon besitzt acht Valenzelektronen, so dass dem Sauerstoffatom noch zwei Valenzelektronen fehlen, bis es den Zustand seines Vorbilds erreicht hat. Skizzieren wir nun ein zweites Sauerstoffatom rechts neben das erste und ergänzen wieder die sechs Valenzelektronen. Was sticht einem sofort ins Auge? Na klar, jedes braucht noch zwei Valenzelektronen, kann aber selbst auch zwei zur Verfügung stellen. Verbinden wir nun die geteilten Elektronen, so dass die beiden bindenden Elektronenpaare sichtbar werden, so haben wir unsere erste Doppelbindung - neben der Einfachbindung eine weitere Form der Atombindung - kennengelernt. Verbinden wir nun an jedem Sauerstoff-Elementsymbol paarweise die vier einzelnen Punkte miteinander, so werden die zwei freien Elektronenpaare an jedem Elementsymbol sichtbar.

Ein Sauerstoffmolekül besteht also aus zwei Sauerstoffatomen, die durch zwei bindende Elektronenpaare, also eine sogenannte Doppelbindung, ein Spezialfall der "Atombindung" miteinander verknüpft sind. An jedem Sauerstoffatom befinden sich noch je zwei freie Elektronenpaare. Die Summenformel von Sauerstoff würde also O_2 lauten.

Als zusätzliche Übungsmöglichkeit bietet sich hier das Aufstellen der Strukturformeln anderer typischer Nichtmetalle wie Chlor, Fluor, Brom, Iod und Stickstoff an. Typische Nichtmetalle liegen elementar immer in Form von zweiatomigen Molekülen vor. Untypische Nichtmetalle sind z. B. Schwefel mit achtatomigen ringförmigen Molekülen und Phosphor mit vieratomigen tetraedrischen Molekülen.

Doch wie sieht jetzt die Strukturformel eines der entstehenden Wassermoleküle aus?

Aus den eben erstellten Strukturformeln der Elemente wird deutlich, dass Wasserstoffatome immer eine Atombindung eingehen möchten, Sauerstoffatome immer zwei Atombindungen. Was liegt also näher, als ein Sauerstoffatom links und rechts mit je einem Wasserstoffatom zu verknüpfen und die zwei freien Elektronenpaare am Sauerstoffatom zu ergänzen? Nun ist noch ein kleiner Fehler enthalten, da das Wassermolekül aufgrund der Abstoßung aller Elektronenpaare um das Sauerstoffatom herum nicht linear gebaut ist, sondern eigentlich ein Tetraeder mit einem Bindungswinkel von etwas weniger als 109 Grad ist. Da wir das zweidimensional aber nicht so einfach darstellen können, projizieren wird das auf unsere Zeichenfläche mit einem Bindungswinkel von 90 Grad.

Das Wassermolekül ist also ein gewinkeltes Molekül, das aus einem Sauerstoffatom und zwei Wasserstoffatomen besteht, die durch je ein bindendes Elektronenpaar mit dem zentralen Sauerstoffatom verknüpft sind. Die Summenformel lautet also H_2O

Wenn wir nun unsere erste Reaktionsgleichung aufstellen wollen, merken wir allerdings ganz schnell, dass das so noch nicht ganz stimmen kann. Zählen wir mal nach: Links auf der Seite der Ausgangsstoffe haben wir insgesamt zwei Wasserstoffatome und zwei Sauerstoffatome. Rechts auf der Seite der Ausgangsstoffe haben wir insgesamt ebenfalls zwei Wasserstoffatome, aber - verdammt! - nur ein Sauerstoffatom! Da fehlt also noch etwas!

Wir haben bisher völlig korrekt im ersten Schritt die Ausgangs- und Endstoffe auf den entsprechenden Seiten der Reaktionsgleichung zugeordnet. Ebenso haben wir im zweiten Schritt

mit Hilfe der Edelgasregel und der Oktettregel anhand der Strukturformeln die Indices für die Summenformelschreibweise bestimmt. Nun fehlt aufgrund des Massenerhaltungssatzes, der einfach besagt, dass in einem geschlossenen System keine Materie - und somit auch kein einziges Teilchen - verloren geht, nur noch ein weiterer Begriff, nämlich der sogenannte "Koeffizient". Diese dem jeweiligen Teilchen vorangestellte Zahl gibt an, wie viele Teilchen des betreffenden Typs vorhanden sind. In diesem dritten Schritt werden also die Koeffizienten ergänzt. Falls der Koeffizient eins ist, wird er zur Vereinfachung - ebenso wie der Index eins - nicht hingeschrieben.

In der Summenformelschreibweise gelesen müsste die Reaktionsgleichung also lauten:
Zwei H zwei reagieren mit O zwei zu zwei H zwei O

Damit hätten wir auf der linken Seite insgesamt vier Wasserstoffatome und zwei Sauerstoffatome, auf der rechten Seite ebenfalls, so dass die Reaktionsgleichung nun fertig ausgeglichen ist.

Du wirst später noch andere Methoden kennenlernen, wie man Indices für verschiedene Teilchen bestimmt. Dazu gehören z. B. der etwas veraltete Begriff der "Wertigkeit" und die modernere aber leider auch etwas kompliziertere "Oxidationszahl".

Jetzt können wir auch endlich die Reaktionsgleichung für die Bildung von Natriumchlorid aus den Elementen in der Summenformelschreibweise vervollständigen:

zwei Na reagieren mit Cl zwei zu zwei Na Plus und zwei Cl Minus, falls man von getrennten Ionen, etwa in einer wässrigen Lösung ausgeht. Falls ein Feststoff entsteht, wäre die folgende Variante besser:

zwei Na reagieren mit Cl zwei zu zwei NaCl.

Beachte dabei, dass sich der Koeffizient zwei auf die gesamte Verhältnisformel NaCl bezieht.

Als Übungsmöglichkeit empfehle ich Dir an dieser Stelle das Aufstellen der Reaktionsgleichung für die Bildung des molekular aufgebauten Stoffes Chlorwasserstoff aus den Elementen Wasserstoff und Chlor.

Zur Wiederholung und für den Vergleich mit den Salzen wäre auch das Aufstellen der Reaktionsgleichung für die Bildung des Salzes Magnesiumoxid aus den Elementen Magnesium und Sauerstoff schwer anzuraten.

In der nächsten Sendung geht es dann erstmal etwas entspannter weiter mit dem spannenden Märchen vom kleinen Kohlenstoffatom.