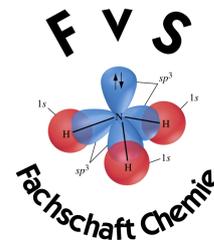


Wiederholungsthema:

Aufstellen und Einrichten von Reaktionsgleichungen



Zusammenfassung:

In der Chemie werden Symbole für Modelle für nie Gesehenes (die Atome) verwendet, die anders als in Biologie oder Physik nicht direkt nachprüfbar sind, sondern nur indirekt, indem von äußeren Phänomenen und Gesetzmäßigkeiten auf den inneren Aufbau der Materie und damit auf die Realität der Modellvorstellung geschlossen wird. Zur Gewöhnung an das Modell des Aufbaus der Materie aus kleinsten Teilchen hat im Chemieunterricht die Formelschreibweise in erheblichem Umfang beigetragen. Das gilt ganz besonders dann, wenn man sich deutlich macht, dass eine Reaktionsgleichung für den Chemiker eigentlich gar nicht die Reaktion zwischen *Stoffen* beschreibt, sondern letztlich die Reaktion zwischen *einzelnen Atomen* (ausgedrückt in Elementensymbolen) bzw. *Molekülen* (oder sonstigen Teilchengruppen, ausgedrückt in Formel-einheiten).

Eine chemische Reaktionsgleichung (RG) ist weit mehr als nur eine abkürzende Reaktionsbeschreibung. Sie kann unter vier Gesichtspunkten verstanden werden:

1. Eine RG ist die abkürzende Beschreibung einer chemischen Reaktion zwischen Stoffen. Man schreibt sie mit international verständlichen Symbolen.
2. Eine RG beschreibt die chemische Reaktion zwischen einzelnen Atomen bzw. Molekülen. Jedes Symbol steht für ein Atom. Jede Formel steht für ein Molekül (wie CO₂) oder für eine Formeleinheit (wie NaCl). Die stöchiometrischen Faktoren sowie Indices lassen Rückschlüsse auf Wertigkeit (wie bei Cu₂O, H₂O) bzw. auf das Vorliegen der beteiligten Elemente (wie bei O₂, P₄) zu.
3. Eine RG beschreibt die Stoffumsätze in Mengen vom Umfange der *Loschmidtschen Zahl*. Ein Symbol und eine Formel stehen jeweils für die Stoffportion 1 Mol.
4. Eine RG beschreibt ein (thermodynamisch) geschlossenes System. Aus diesem Grunde ist auch die Energieänderung mit einzubeziehen. An den Reaktionspfeil können die Reaktionsbedingungen geschrieben werden

Hinzu kommt noch der Unterschied zwischen einer mathematischen und einer chemischen Gleichung.

Bei einer **mathematischen Gleichung** steht links und rechts wertmäßig das Gleiche.

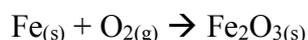
Bei einer **chemischen Reaktionsgleichung** stehen links und rechts andere Stoffe. Nur die Anzahl der Atome ist gleich.

Aufstellen von Reaktionsgleichung:

1. Aufstellung des **Reaktionsschemas als Wortschema**. Ein **Reaktionsschema** beschreibt eine chemische Reaktion durch die Namen der Ausgangsstoffe und der Endstoffe.



2. Einsetzen der **Symbole bzw. Formeln** für die Ausgangs- und/oder Endstoffe. Eine **Reaktionsgleichung** ist eine Kurzbeschreibung einer chemischen Reaktion mit Elementensymbolen und Formeln.



Merke: Eine gegebene Formel mit ihrem Anzahlverhältnis der Elemente kann im nachhinein nicht willkürlich verändert werden!

3. Feststellen, auf welcher Seite der Reaktionsgleichung die Zahl gleichartiger Atome **nicht** übereinstimmt.

Hier:

links: 1 Formeleinheit Eisenatome
1 Formeleinheit Sauerstoffmoleküle = 2 Formeleinheiten Sauerstoff-Atome

rechts: 2 Formeleinheiten Eisenatome in 1 Formeleinheit Eisenoxid
3 Formeleinheiten Sauerstoff in 1 Formeleinheit Eisenoxid

4. Ausgleich schaffen durch Bildung des **Kleinste(n) Gemeinsamen Vielfachen KGV**.

$$2 \text{ (von O}_2\text{)} \cdot 3 \text{ (von Fe}_2\text{O}_3\text{)} = 6$$

5. **Division des KGV durch die einzelnen Indices** ergibt die Koeffizienten.

$$6 : 2 \text{ (von O}_2\text{)} = 3, \text{ also 3 als Koeffizient vor O}_{2(g)} = 3 \text{ O}_{2(g)}$$

$$6 : 3 \text{ (von Fe}_2\text{O}_3\text{)} = 2, \text{ also 2 als Koeffizient vor Fe}_2\text{O}_{3(s)} = 2 \text{ Fe}_2\text{O}_{3(s)}$$

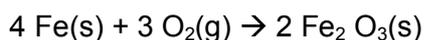
Merke:

Index (Indices, pl.): die **nach** dem Symbol **tiefgestellte** Zahl; gibt an, wie oft ein Atom des Elements in der Formeleinheit vorkommt. **Koeffizient**: **vor** die Formeleinheit gestellte Zahl; gibt an, wie oft die Formeleinheit insgesamt vorkommt. Ist der Koeffizient = 1, so schreibt man ihn nicht.

6. **Rückkopplung und Kontrolle:**

rechts 2 Fe₂O₃(s) bedeutet auch: 2 * 2 = 4 Fe-Atome: also muss auf die linke Seite der Koeffizient 4 vor Fe_(s)

7. **Gesamtergebnis:**



Verhältnisformel, Molekülformel, Regeln zum Aufstellen der Formeln, Wertigkeit:

Elementsymbole wie Cu (Kupfer) oder Fe (Eisen) stehen für die *Atomart* der betreffenden Elemente und dienen der Darstellung chemischer Elemente Ein Elementsymbol wird vom ersten und gegebenenfalls einem weiteren Buchstaben des deutschen oder lateinischen Namens des Elementes gebildet.

Bei vielen nichtmetallischen Elementen und bei Nichtmetall/Nichtmetall-Verbindungen liegen **Moleküle** vor. Moleküle sind Teilchen, die aus einer bestimmten, kleinen Anzahl von Atomen bestehen. Molekülverbindungen sind Gase, Flüssigkeiten und leicht flüchtige Stoffe.

Moleküle werden durch Molekülformeln beschrieben.

Beispiele: I₂, S₈, H₂O₂, CO₂

Metall/Nichtmetall-Verbindungen bestehen nicht aus Molekülen; sie besitzen eine gitterartige Anordnung der Atome. Man gibt das Atomanzahlverhältnis durch **Verhältnisformeln** an. Eine Verhältnisformel enthält die Elementsymbole der an der salzartigen Verbindung beteiligten Elemente und als kleine tief gestellte Zahlen das Atomanzahlverhältnis der Verbindung.

Beispiele: CuI, Al₂S₃.

Benennung:

Bei Salzen, also chemischen Verbindungen aus Metall- und Nichtmetallatomen, wird das Atomartensymbol des Metalls vor das des Nichtmetalls geschrieben (z. B. FeS, MgO, NaCl, WO₃). Bei **Molekülen**, also Verbindungen aus Nichtmetallatomen, ist eine Reihenfolge festgelegt worden:

vorne Rn, Xe, Kr, B, Si, C, Sb, As, P, N, H, Te, Se, S, At, I, Br, Cl, O, F hinten

Benennung binärer Verbindung (Verbindungen aus 2 Elementen):

Für viele chemische Verbindungen haben sich so genannte Trivialnamen eingebürgert, die aus praktischen oder historischen Gründen verwendet werden, obwohl es genaue Regeln gibt, wie chemische Verbindungen zu benennen sind. Beispielsweise sagt jeder Chemiker „Wasser“, wenn er den Stoff Diwasserstoffmonoxid meint oder er redet von „Ammoniak“ und meint Triwasserstoffmononitrid. Der Vorteil des exakten Namens ist, dass man aus dem Namen die exakte Zusammensetzung und Formel des Stoffes herauslesen kann.

Diwasserstoffmonoxid	→ 2 Atome Wasserstoff und 1 Atom Sauerstoff	→ H ₂ O
Triwasserstoffmononitrid	→ 3 Atome Wasserstoff und 1 Atom Stickstoff	→ NH ₃

Um die Atomzahlverhältnis zu beschreiben, verwendet man griechische Zahlwörter:

Griech. Zahlwörter: 1 = mono	6 = hexa
2 = di	7 = hepta
3 = tri	8 = okta
4 = tetra	9 = nona
5 = penta	10 = deka

Das in der Formel zuerst genannte Element behält seinen Namen, das zweitgenannte erhält den Stamm des historischen Namens mit der Endung -id (z. B. Sauerstoff → oxid, Schwefel → sulfid, Wasserstoff → hydrid). Gibt es keinen historischen Namen, so wird an den eigentlichen Namen die Endung -id angehängt (z. B. Chlor → Chlorid).

Beispiel:

WO₃ heißt Wolframtrioxid (nicht Monowolframtrioxid, das Zahlwort „mono“ am Anfang wird nicht verwendet).

Mg₃P₂ heißt Trimagnesiumdiphosphid.

Wertigkeit:

Auch zum Aufstellen einer Formel gibt es Regeln, wenn nur die beteiligten Elemente bekannt sind. Man spricht von der Wertigkeit der Atome. Dazu muss man aber wissen, dass das Konzept der Wertigkeit nicht allgemeingültig ist und viele Ausnahmen kennt. Es ist kein Naturgesetz.

Unter der Wertigkeit eines Atoms in einer Verbindung versteht man die Anzahl der Wasserstoffatome, die dieses Atom bindet oder ersetzt.

Merke:

- 1. und 7. HG = einwertig
- 2. und 6. HG = zweiwertig
- 3. und 5. HG = dreiwertig
- 4. HG = vierwertig

Wasserstoff ist immer einwertig und Sauerstoff ist immer zweiwertig.

Ausnahmen: Chlor, Stickstoff und Schwefel sind in Verbindungen mit Wasserstoff und Metallen immer ein, drei bzw. zweiwertig. In molekularen Verbindungen mit Sauerstoff können sie aber auch andere Wertigkeiten annehmen, z. B. ist Schwefel im Schwefeldioxid vierwertig.

Anwenden der Wertigkeit auf Nichtwasserstoffverbindungen

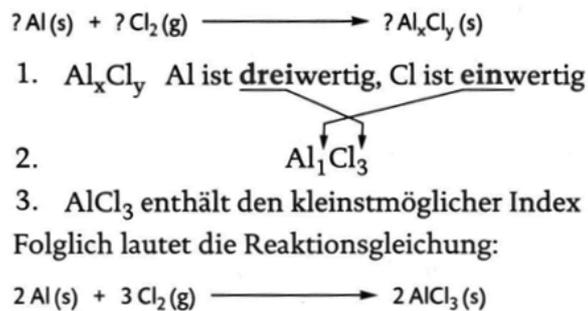
In der obigen Regel heißt es ja „...Anzahl der Wasserstoffatome, die dieses Atom ... ersetzt.“. Ersetzt man die einwertigen Wasserstoffatome im CH_4 durch zweiwertige Sauerstoffatome, so erhält man die Verbindung Kohlenstoffdioxid CO_2 . Zum selben Ergebnis kommt man, wenn man gleich vierwertigen Kohlenstoff und zweiwertigen Sauerstoff kombiniert.

Aufstellen von Verhältnisformeln mithilfe der Wertigkeiten

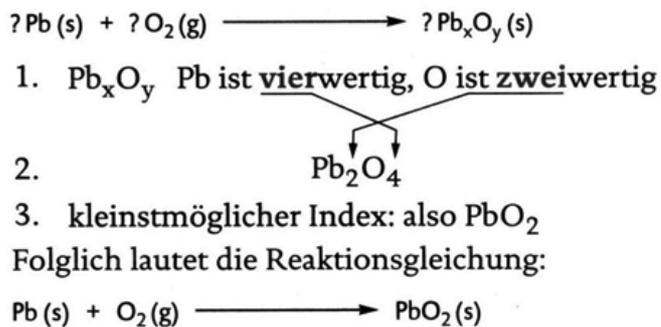
1. Atomartensymbole hinschreiben
2. Kreuzregel: Wertigkeiten vertauscht als Index einfügen
3. auf kleinstmöglichen Index achten

Beispiele:

Aluminium und Chlor reagieren zu einem Salz.



Blei und Sauerstoff reagieren zu einem Bleioxid, Blei ist in dieser Verbindung vierwertig:



Das Wählen der kleinstmöglichen Indices gilt nur bei Verhältnisformeln, nicht bei Molekülformeln.

Unterschiedliche Benennung- gleiche chemische Verbindung

Fe_2O_3 - Dieisentrioxid oder Eisenoxid oder Eisen(III)-oxid - Welcher Name ist richtig?

Dieisentrioxid ist der korrekte Name, aber er ist etwas umständlich und wird kaum benutzt. Eisenoxid ist ungenau, da es auch das Eisenmonoxid FeO beschreibt. Eisen(III)-oxid ist eine alte Bezeichnung, die aber noch verwendet wird. Die römische Zahl gibt die Wertigkeit des Eisens an.

Übungsaufgaben:

1. Erstelle für folgende chemischen Reaktionen die Reaktionsgleichung in der korrekten chemischen Symbolsprache:

- Zink-(II)-oxid wird aus elementarem Zink und Sauerstoff synthetisiert.
- Eisen(III)-oxid wird mit elementarem Kohlenstoff zu Kohlenstoff(II)-oxid und elementarem Eisen umgesetzt.
- Elementarer Wasserstoff kann durch Reaktion von Kohlenstoff(II)-oxid mit Wasser erzeugt werden. Dabei entsteht auch Kohlenstoff(IV)-oxid.
- Setzt man Mangan(IV)-oxid mit elementarem Aluminium um, erhält man das Element Mangan und Aluminium(III)-oxid.
- Leitet man Wasserstoff über glühendes Kupfer(II)-oxid in einem Reaktionsrohr, so kondensieren in einer Kühlfalle Flüssigkeitströpfchen und der Feststoff bekommt einen rötlich-braunen Glanz.

2. Stelle folgende Reaktionsgleichungen richtig:

- $\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2$
- $\text{CaCO}_3 + \text{HCl}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}_2$
- $\text{CO}_2 + \text{Mg} \rightarrow \text{MgO} + \text{C}$
- $\text{C}_5\text{H}_{12} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{NH}_3 + \text{NO} \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$

3. Finde die Stoffe *a* bis *f* und vervollständige die Reaktionsgleichungen.

- $\text{a} \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{CuO}$
- $\text{b} + \text{HCl} \longrightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
- $\text{c} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2$
- $\text{d} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{e}$
- $\text{CO}_2 + \text{f} \longrightarrow \text{MgCO}_3$

Übungsaufgaben (Fortsetzung):

4. Ermittle die Wertigkeiten der beteiligten Atome und erstelle die Verhältnis-/Molekülformel des Stoffes:

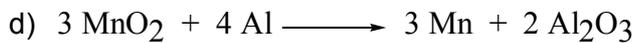
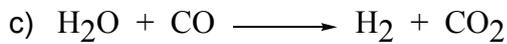
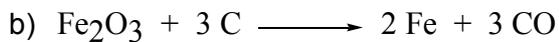
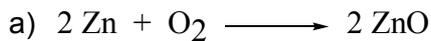
Calcium(II)-bromid	
Natrium(I)-iodid	
Kalium(I)-sulfid	
Magnesium(II)-oxid	
Eisen(III)-chlorid	
Eisen(II)-bromid	
Blei(IV)sulfid	
Chrom(VI)-oxid	
Chrom(III)-oxid	
Eisen(III)-oxid	
Cobalt(II)-nitrid	
Quecksilber(II)-chlorid	
Silber(I)-oxid	
Kohlenstoff(II)-oxid	
Silicium(IV)-oxid	

5. Welche Formeln und Angaben sind falsch? Und warum? Streiche die falschen durch und schreibe die richtigen Angaben daneben:

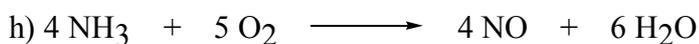
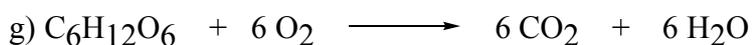
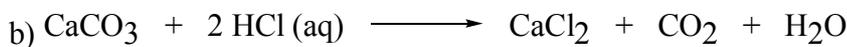
falsch	richtig	falsch	richtig	falsch	richtig	falsch	richtig
1. O (g)		2. Fe ₃		3. H ₄ (g)		4. Fe ₃ O ₄	
5. PBO ₂		6. Fe ₂ 3O		7. CuO _{0,5}		8. CuOCu	
9. 2Al3O		10. SZNSZN		11. FE2O3		12. POO-POOO	

Lösungen:

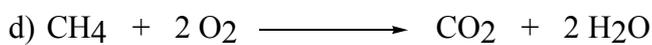
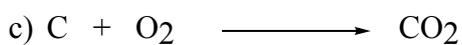
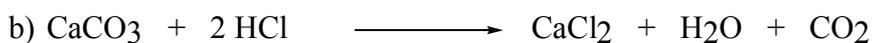
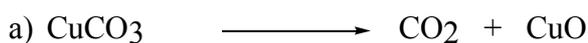
1.



2.



3. a = CuCO_3 ; b = CaCO_3 ; c = C; d = CH_4 ; e = H_2CO_3 ; f = MgO



4.

Calcium(II)-bromid	CaBr_2
Natrium(I)-iodid	NaI
Kalium(I)-sulfid	K_2S
Magnesium(II)-oxid	MgO

Lösungen (Fortsetzung):

zu 4.

Eisen(III)-chlorid	FeCl ₃
Eisen(II)-bromid	FeBr ₂
Blei(IV)sulfid	PbS ₂
Chrom(VI)-oxid	CrO ₃
Chrom(III)-oxid	Cr ₂ O ₃
Eisen(III)-oxid	Fe ₂ O ₃
Cobalt(II)-nitrid	Co ₃ N ₂
Quecksilber(II)-chlorid	HgCl ₂
Silber(I)-oxid	Ag ₂ O
Kohlenstoff(II)-oxid	CO
Silicium(IV)-oxid	SiO ₂

5.

falsch	richtig	falsch	richtig	falsch	richtig	falsch	richtig
1. O (g)	O _{2(g)}	2. Fe ₃	3 Fe	3. H ₄ (g)	2 H ₂ (g)	4. Fe ₃ O ₄	Fe ₃ O ₄
5. PBO ₂	PbO ₂	6. Fe ₂ 3O	Al ₂ O ₃	7. CuO _{0,5}	Cu ₂ O	8. CuOCu	Cu ₂ O
9. 2Al3O	Al ₂ O ₃	10. SZNSZN	2 ZnS	11. FE2O3	Fe ₂ O ₃	12. POOPOOO	P ₂ O ₅

1. Sauerstoff kommt in der Natur molekular vor, also heißt die Formel O₂(g).
2. Eisen bildet keine Moleküle mit sich selbst, deswegen kann es keinen Index 3 geben, 3 muss ein Koeffizient sein, also 3 Fe.
3. Wasserstoff kommt wie Sauerstoff in zweiatomigen Molekülen vor, aber nicht in vier-atomigen, also 2 H₂(g)
4. Die Indices werden tief gestellt, also Fe₃O₄.
5. PBO₂ wäre eine Verbindung aus Phosphor, Bor und Sauerstoff, die es so nicht gibt. Gemeint ist hier Bleidi-oxid mit der Formel PbO₂.
6. In einer Verbindung kann ein Index nicht als Koeffizient geschrieben werden.
7. In einer (daltoniden) Verbindung gibt es nur ganzzahlige Indices.
8. Kommen Elemente in einer Verbindung mehrfach vor, wird dies durch die Größe des Index ausgedrückt, also Cu₂O.
9. Indices kann man nicht vor die Elementsymbole stellen, dann werden sie zu Koeffizienten, deswegen Al₂O₃.
10. Ein Element mit dem Symbol Z gibt es nicht, also wäre eine Verbindung aus Schwefel (S) und Zink (Zn) gemeint. In einem zweibuchstabigen Elementsymbol ist der 2. Buchstabe immer klein geschrieben. In der Reihenfolge der Nennung kommen Metalle vor Nichtmetallen. Sind beide Indices gleich groß, nimmt man das kleinstmögliche Verhältnis, also 1:1 an. Der Index 1 wird nicht geschrieben, da das Elementsymbol schon für die 1 steht.
11. Mehrere Fehler: 2. Buchstabe im Symbol wird klein geschrieben; Index wird tief gestellt.
12. siehe Nr. 8.