

## Chemische Formeln und Gleichungen

Um die Formel eines Stoffes aufstellen zu können, müssen mehrere Voraussetzungen erfüllt sein:

- a) es muss sich um eine **reine Substanz** handeln, mit bestimmten von der Stoffmenge unabhängigen charakteristischen Eigenschaften (Siede-, Schmelzpunkt etc.)
- b) in dieser Verbindung müssen die **Atomverhältnisse konstant** sein
- c) die **relativen Atommassen** aller in dieser Verbindung vorkommenden Elemente müssen bekannt sein
- d) es muss eine **qualitative Analyse** der Verbindung vorliegen; sie liefert die Kenntnis der in der Verbindung vorkommenden Elemente
- e) es muss eine **quantitative Analyse** vorliegen; sie liefert die Anteile der die Verbindung aufbauenden Elemente in Gewichtsprozent

Eine chemische Formel hat somit sowohl **qualitative** als auch **quantitative** Bedeutung:

H <sub>2</sub> O	- ein Molekül Wasser	<b>qualitativ</b>
	- ein Massenäquivalent Wasser (1 mol)	<b>quantitativ</b>

Darüberhinaus geben sie die Atomverhältnisse in **kleinsten ganzen Zahlen** und das **Massenverhältnis** in einer Verbindung wieder:

NH <sub>3</sub>	- Atomverhältnis	1 : 3
	- Massenverhältnis	14 : 3·1

**Substanzformel** (relativ, empirisch) → Formelmasse

gibt das **Verhältnis** der in einer Substanz vorhandenen Atomsorten (Elemente) an. Das Verhältnis wird in den kleinstmöglichen ganzen Zahlen angegeben.

## Summenformel

gibt die **Anzahl** der Atome der verschiedenen Elemente in einem Molekül an.

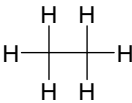
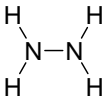
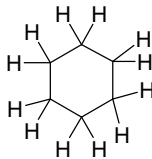
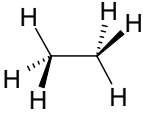
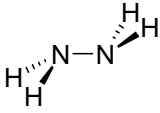
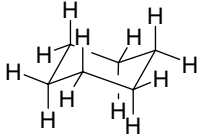
## Konstitutionsformel

gibt die Verbundenheit (nächste Nachbarn) der Atome in einem Molekül an, ohne jedoch eine Aussage über die räumliche Anordnung (Abstände, Winkel)

## Strukturformel

beschreibt die räumliche Anordnung der einzelnen Atome im molekularen Verband.

Beispiele:

	Ethan	Hydrazin	Cyclohexan
Substanzformel	CH <sub>3</sub>	NH <sub>2</sub>	CH <sub>2</sub>
Summenformel	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>
Konstitutionsformel			
Strukturformel			

**Substanzformel** oder **Summenformel** (absolut) → Molekulargewicht (Molmasse)

In der Substanzformel werden immer die kleinsten ganzen Zahlen angegeben. Durch einen Vergleich der Formelmasse mit der Molmasse, die mit Hilfe physikalischer Methoden (Gefrierpunktserniedrigung, osmotischer Druck etc.) bestimmt werden kann, zeigt sich häufig, dass die Molmasse ein ganzzahliges Vielfaches der aus der Substanzformel errechneten Formelmasse ist. Dann werden die Indizes der Substanzformel mit einem ganzzahligen Faktor multipliziert.

Bsp.: C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> (Ethan), N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (Hydrazin), CH<sub>3</sub>COOH (Essigsäure), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Wasserstoffperoxid), O<sub>2</sub> (Sauerstoff), O<sub>3</sub> (Ozon), N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Distickstoffpentaoxid), P<sub>4</sub>O<sub>10</sub> (Tetraphosphordekaoxid)

## Qualitative und quantitative Analyse

Bestimmung der Substanzformel aus der Elementaranalyse einer Verbindung.

Na 32,4 % · S 22,5 % · O 45,1 %

Element	Gew. %	Atommasse	Gew. % / Atommasse	Atomverhältnis
Na	32,4	23	1,4	$1,4 : 0,7 = 2$
S	22,5	32	0,7	$0,7 : 0,7 = 1$
O	45,1	16	2,8	$2,8 : 0,7 = 4$

- Gewichtsprozent bedeutet: g Element in 100 g Substanz
- Gewichtsprozent / Atommasse bedeutet: mol Element in 100 g Substanz
- Atomverhältnis bedeutet: mol Element pro mol Schwefel
- die Atommassen von **H**, **C**, **O**, **N** und **S** werden als bekannt vorausgesetzt
- die Formelmasse (g/mol) ist die Summe der Atommassen einer Verbindung

Nicht immer jedoch geben die Atomverhältnisse einer analytischen Verbindung das Verhältnis kleinster ganzer Zahlen wieder, wie folgendes Beispiel zeigt:

Element	Gew. %	Atommasse	Gew. % / Atommasse	Atomverhältnis
N	25,9	14	1,85	$1,85 : 1,85 = 1$
O	74,1	16	4,63	$4,63 : 1,85 = 2,5$

Das Atomverhältnis  $N : O = 1 : 2,5$  ergibt die Formel  $NO_{2,5}$ . Da in einer chemischen Formel aber nur ganze Zahlen angegeben werden, und um das Verhältnis kleinster ganzer Zahlen zu erreichen, multipliziert man mit dem Faktor 2 und erhält so die Formel  $N_2O_5$ .

weitere Beispiele für Substanzformeln:

NaCl, CuSO<sub>4</sub>, CH<sub>3</sub> (Ethan), NH<sub>2</sub> (Hydrazin), CH<sub>2</sub>O (Essigsäure, Glucose etc.),

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>(Wasserstoffperoxid), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Diphosphorpentaoxid)

## Chemische Gleichungen

Die chemische Gleichung beschreibt eine Reaktion in international vereinbarter Kurzschrift mit Hilfe von Formeln. Zur Formulierung einer chemischen Gleichung müssen bestimmte Voraussetzungen eingehalten werden:

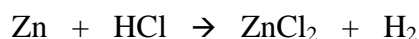
- a) die Formeln der Edukte und der Produkte müssen bekannt sein
- b) die Atome der an dieser Reaktion beteiligten Verbindungen bleiben erhalten
- c) die Masse der an dieser Reaktion beteiligten Elemente bleibt erhalten
- d) das Gesetz der konstanten und multiplen Proportionen muss eingehalten werden

Die chemische Gleichung ist nicht vergleichbar mit einer mathematischen Gleichung. Es lassen sich mit ihr keine Ergebnisse (z.B. Formeln der Produkte) errechnen. Darüberhinaus macht sie auch keine Aussage über:

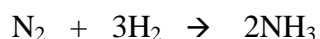
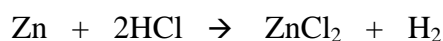
- einzelne Reaktionsschritte und Zwischenprodukte
- die Wirkung von Katalysatoren
- Einfluss des Lösungsmittels auf den Reaktionsverlauf
- Druck und Temperatur, bei denen eine Reaktion abläuft
- die Gleichgewichtslage

Das Aufstellen chemischer Gleichungen erfolgt in mehreren Schritten:

1. Die Formeln der Edukte (Ausgangsstoffe) werden links, die der Produkte (Endstoffe) rechts vom Reaktionspfeil geschrieben; die Formeln auf jeder Seite werden durch „+“ getrennt:



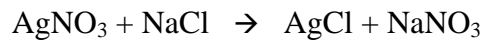
2. Durch Faktoren (stöchiometrische Koeffizienten, Äquivalenzzahlen) vor den Formeln wird die Zahl der Atome auf beiden Seiten ausgeglichen.



3. Die Gleichung wird auf ihre Richtigkeit überprüft, d.h. die Summe der Atome und die Summe der Ladungen muss auf beiden Seiten gleich sein (weitere Beispiele nach Wahl).

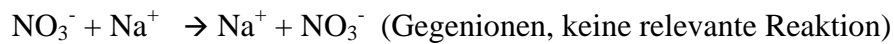
Es gibt mehrere Gleichungstypen:

**1. Substanzgleichung:**

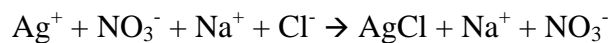


Weißer käsiger Niederschlag von AgCl.

**2. Ionenteilgleichung:**



**3. Ionengleichung:**



Die Wahl der Gleichungstypen hängt von der erstrebten Aussage ab: Soll man z.B. für eine Reaktion die Masse einzusetzender Stoffe berechnen, braucht man die Stoffgleichung; will man ein Reaktionsgleichgewicht näher untersuchen, ist meist die Ionenteilgleichung nützlicher.