

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_2O	- ein Molekül Wasser	qualitativ
	- ein Massenäquivalent Wasser (1 mol)	quantitativ

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

NH_3	- 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.

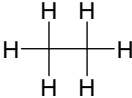
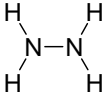
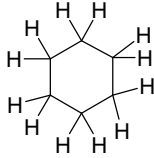
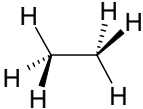
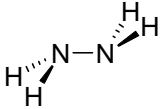
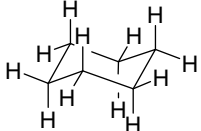
Konstitutionsformel

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 ₃	NH ₂	CH ₂
Summenformel	C ₂ H ₆	N ₂ H ₄	C ₆ H ₁₂
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.: C₂H₆ (Ethan), N₂H₄ (Hydrazin), CH₃COOH (Essigsäure), H₂O₂ (Wasserstoffperoxid),
O₂ (Sauerstoff), O₃ (Ozon), N₂O₅ (Distickstoffpentaoxid), P₄O₁₀ (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 N₂O₅.

weitere Beispiele für Substanzformeln:

NaCl, CuSO₄, CH₃ (Ethan), NH₂ (Hydrazin), CH₂O (Essigsäure, Glucose etc.),

H₂O₂(Wasserstoffperoxid), P₂O₅ (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:

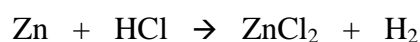
- a) die Formeln der Edukte und der Produkte müssen bekannt sein
- b) die Atome der an dieser Reaktion beteiligten Verbindungen bleiben erhalten
- c) die Masse der an dieser Reaktion beteiligten Elemente bleibt erhalten
- d) das Gesetz der konstanten und multiplen Proportionen muss eingehalten werden

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

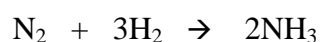
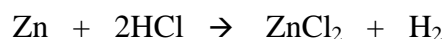
- einzelne Reaktionsschritte und Zwischenprodukte
- die Wirkung von Katalysatoren
- Einfluss des Lösungsmittels auf den Reaktionsverlauf
- Druck und Temperatur, bei denen eine Reaktion abläuft
- die Gleichgewichtslage

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:



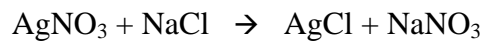
2. Durch Faktoren (stöchiometrische Koeffizienten, Äquivalenzzahlen) vor den Formeln wird die Zahl der Atome auf beiden Seiten ausgeglichen.



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).

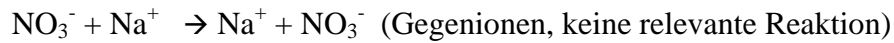
Es gibt mehrere Gleichungstypen:

1. Substanzgleichung:

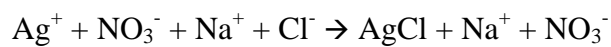


Weißer käsiger Niederschlag von AgCl.

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.

Übungsaufgaben

Rechenansatz:
$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{n_1 \cdot M_1}{n_2 \cdot M_2}$$

1. Wie viel g Natriumcarbonat (Na_2CO_3) müssen mit überschüssiger Perchlorsäure (HClO_4) umgesetzt werden, damit man 100g Natriumperchlorat (NaClO_4) erhält?
2. Wie viel Prozent Chlorid enthält ein unbekannter Stoff, wenn 10g von diesem Stoff in Wasser gelöst und hieraus mit Silbernitrat 7g Silberchlorid gefällt werden?
3. Berechnen Sie den Gewichtsverlust beim Glühen von 0,5362g Dinatriumhydrogenphosphat Dodekahydrat ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$). Dabei entsteht Natriumdiphosphat ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) und Wasser.
4. Wie viel Rückstand erhält man beim Glühen von 1,5g „Phosphorsalz“ $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$? Dabei entstehen Natriummetaphosphat NaPO_3 , NH_3 und H_2O .
5. Bei einer Verbindung, die nur aus Stickstoff und Sauerstoff besteht, werden bei der Analyse 46,6% Stickstoff gefunden. 3g dieser Verbindung werden mit Sauerstoff zur Reaktion gebracht, wobei ein Gas mit Stickstoff in der Oxidationsstufe +IV entsteht. Geben Sie die Formel des Edukts an und berechnen Sie die Masse Sauerstoff, die zur vollständigen Umsetzung benötigt wird.
6. Tetraammindihydroxoplatin(IV)-chlorid ($[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4(\text{OH})_2]\text{Cl}_2$) wird in einem Ofen bei 1000°C zersetzt.
Berechnen Sie, wie viel g Platin aus 4g Komplex erhalten werden.
7. Wie viel g Calciumoxid entstehen beim Glühen von 2g Calciumcarbonat?
8. Wie viel g Ammoniak sind zur Bildung von 10g Tetraamminplatin(II)-chlorid ($[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$) aus Platin(II)-chlorid (PtCl_2) nötig?
9. Phosgen (COCl_2) wird durch Einleiten in Natriumhydroxid zu Natriumcarbonat und Natriumchlorid umgesetzt.
 - a) Wie viel g Natriumhydroxid sind zur Umsetzung von 49,5g Phosgen nötig?
 - b) Wie viel g Wasser entstehen bei dieser Reaktion?

10. Bei der Reaktion von Natriumtrihydroxostannat(II) ($Na[Sn(OH)_3]$) mit Bismut(III)-chlorid wird elementares Bismut und Natriumhexahydroxostannat(IV) ($Na_2[Sn(OH)_6]$) gebildet.

a) Wie viel g Natriumhydroxid sind zur Umsetzung von 3g Natriumtrihydroxostannat(II) nötig?

b) Wie viel g Natriumtrihydroxostannat(II) werden zur Bildung von 10 g Bismut benötigt?

11. Die Analyse einer unbekanntten Verbindung liefert 19,87% Eisen(III), 51,27% Sulfat und 28,85% Wasser. Wie viele Mole Kristallwasser sind in einer Formeleinheit enthalten?

12. Wie viel g Kristallwasser sind in 48g Karnallit [$KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$] enthalten?

13.

Element	Gew. %	Atommasse	Gew. % / Atommasse	Atomverhältnis
H	0,995			
Cl	35,323			
O	63,682			

14.

Element	Gew. %	Atommasse	Gew. % / Atommasse	Atomverhältnis
K	24,74			
Mn	34,76			
O	40,50			

15.

Element	Gew. %	Atommasse	Gew. % / Atommasse	Atomverhältnis
Ba	69,59			
C	6,08			
O	24,33			