

I.D.20

Grundlagen: chemische Reaktionen

Reaktionsschemata und Reaktionsgleichungen aufstellen

Ein Beitrag von Dr. Detlef Eckebrecht

Mit Illustrationen von Wolfgang Zettlmeier



© RAABE 2020

© Detlef Eckebrecht

„Stelle die Reaktionsgleichung für die Reaktion auf, die im Experiment stattgefunden hat.“ Zu einer solchen Aufgabe melden sich manche Schülerinnen und Schüler sofort mit einem Lösungsvorschlag, während bei anderen die blanke Verzweiflung im Gesicht zu erkennen ist. Der Zugang zum Verständnis für Reaktionsgleichungen ist so heterogen wie bei kaum einem anderen Thema. Es ist jedoch eine zentrale Fähigkeit für die erfolgreiche Teilnahme am Chemieunterricht in allen Klassenstufen. Diese Unterrichtseinheit ist so konzipiert, dass sich die Schülerinnen und Schüler schrittweise die Voraussetzungen für das Verstehen von Reaktionsgleichungen erarbeiten. Dabei stehen die Anschauung und das eigene Handeln im Vordergrund. Hierbei kann ein Modell eine wichtige Hilfe sein.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe:	8–9
Dauer:	7 Unterrichtsstunden
Kompetenzen:	1. Beschreibung von chemischen Reaktionen in Reaktionsschemata und Reaktionsgleichungen, 2. Anwenden des Teilchenmodells zur Visualisierung von Vorgängen und Reaktionsgleichungen
Thematische Bereiche:	Chemische Symbolsprache, qualitative und quantitative Beschreibung chemischer Reaktionen
Medien:	Arbeitsblätter, Modelle, Bilder
Zusatzmaterialien:	Anleitung zur Herstellung eines Teilchenmodells



netzwerk
lernen

zur Vollversion

Hintergrundwissen

Um Verwirrung zu vermeiden, sollte die Verwendung von Benennungen für die verkürzte Beschreibung von chemischen Reaktionen fachlich und didaktisch geklärt sein. Dabei ist die DIN-Norm 32642 hilfreich. Sie trägt den Namen „Symbolische Beschreibung chemischer Reaktionen“. Die Erläuterung soll hier am einfachen Beispiel der Reaktion von Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasser erfolgen.

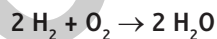
Wasserstoff und Sauerstoff reagieren zu Wasser.

Dies ist die Beschreibung eines Sachverhalts, die nur aus Wörtern besteht. Durch die Verwendung eines Pfeils als Symbol für „reagieren zu“ und die Verwendung von +-Zeichen wird daraus nach DIN 32642 ein **Reaktionsschema**:

Wasserstoff + Sauerstoff → Wasser

Das Reaktionsschema stellt eine qualitative Beschreibung der Reaktion dar, indem sie auf der linken Seite, also vor dem Pfeil, die Stoffnamen der Reaktanten (**Edukte**) durch Pluszeichen getrennt angibt und auf der rechten Seite ebenso die **Produkte** der chemischen Reaktion. Stöchiometrische Verhältnisse werden dabei nicht berücksichtigt. Diese Form der Beschreibung chemischer Reaktionen wird manchmal auch als **Wortgleichung** bezeichnet. Zur Verwendung des Wortteils „Gleichung“ siehe die Anmerkungen unten im Text.

Eine wesentlich detailreichere Darstellung der Reaktion stellt die **Reaktionsgleichung** dar:



Hierbei werden für die Elemente die einheitlich festgelegten Symbole verwendet (z. B. H für Wasserstoff) und für Verbindungen die Zusammensetzung als chemische Formeln (z. B. H_2O). Damit stellen Reaktionsgleichungen quantitative Beschreibungen von Reaktionen dar, die die Stöchiometrie der Reaktion berücksichtigen. Dies geschieht durch symbolische Angaben auf der Teilchenebene. Es beschreibt damit das vollständige Verschwinden der Ausgangsstoffe und die Entstehung einer entsprechenden Portion der Produkte mit gleicher Masse.

Der Begriff „Gleichung“ steht in der Mathematik für zwei Terme, die durch ein Gleichheitszeichen verbunden sind. Die Terme bestehen aus Zahlen und ggf. Variablen sowie deren Verknüpfung mit Symbolen. Das Gleichheitszeichen symbolisiert, dass die beiden Terme einer Gleichung gleich sind. Eine Gleichung mit wahrer Aussage ist z. B.

$$2 + 3 = 5$$

Die Eigenschaft „gleich sein“ muss bei chemischen Reaktionsgleichungen anders verstanden werden als bei mathematischen Gleichungen. Reaktanten und Produkte sind stofflich nicht gleich. Die beiden Seiten, die den Termen der mathematischen Gleichung entsprechen, werden durch einen Pfeil getrennt, der als „reagiert zu“ gelesen wird. Die Gleichheit wird verständlich, wenn man statt der Stoffebene die Teilchenebene betrachtet. Auf beiden Seiten der chemischen Reaktionsgleichung sind symbolisch gleich viele Teilchen der gleichen Elemente dargestellt. Neben den Elementensymbolen enthält sie zwei Typen von Zahlen mit unterschiedlicher Bedeutung und ggf. weitere Darstel-

lungen für Ladungen bzw. Aggregatzustände oder Klammern zur Kennzeichnung von Atomgruppen. Als tiefgestellter Index hinter Elementsymbolen geben sie an, wie viele Atome dieses Elements oder Gruppen von Atomen in einem Molekül oder Ion vorkommen. Als Koeffizient vor der Formel eines Moleküls oder Ions stehen sie für deren Anzahl in einem Formelumsatz, also bei vollständiger Reaktion von Teilchen. In der Regel werden die Koeffizienten so gewählt, dass ihre Summe den kleinstmöglichen Wert hat. Nach DIN 32642 spricht man dann von einer *Kardinalgleichung*. Der Begriff ist jedoch in der Schule unüblich, er wird in keinem Bundesland in den curricularen Vorgaben verlangt. Der Begriff Reaktionsgleichung reicht aus.

Hinweise zur Didaktik und Methodik

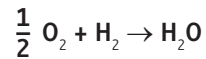
Bei der Behandlung des Themas „Reaktionsgleichungen aufstellen und interpretieren“ entwickelt sich das Verständnis in vielen Lerngruppen sehr heterogen. Während ein Teil der Schülerinnen und Schüler das Prinzip und die Vorgehensweise sehr schnell erfassen, fällt anderen der Übergang von der Stoffebene auf die Teilchenebene und die Anschauung auf der Teilchenebene sehr schwer. Deshalb erscheint es ratsam, nahe verwandte Themen nicht zu komplexen Themenbereichen zu verbinden.

Thematische Einbettung. Die Zusammensetzung von mehratomigen Teilchen kann auf zwei unterschiedlichen Wegen hergeleitet werden. Aus dem Atombau können die Schülerinnen und Schüler mithilfe der **Oktettregel** auf die Anzahl möglicher Bindungen schließen. So ergibt sich die Summenformel des Wassermoleküls aus der Zweiwertigkeit von Sauerstoffatomen und der Einwertigkeit von Wasserstoffatomen. Dabei wird unter Wertigkeit die Anzahl der Bindungsmöglichkeiten verstanden. Wenn man von der Reaktion der beiden Ausgangsstoffe miteinander ausgeht, führt das Gesetz der konstanten Massenverhältnisse in Verbindung mit der Atommasse oder relativen Atommasse zu ganzzahligen Indizes in der Summenformel. Für Gas kann man anstelle der konstanten Massenverhältnisse konstante Volumenverhältnisse annehmen (ideale Gase). In dieser Unterrichtseinheit wird der zweite Weg vorgeschlagen, weil er direkt von der Reaktion auf der Stoffebene zur Teilchenebene mit den Indizes führt, ohne das komplexe Thema Atombau, Periodensystem und chemische Bindung zu berühren.

Didaktische Strukturierung. Die symbolische, stark verkürzte Darstellung von chemischen Reaktionen wird im Übergang von der qualitativen Form des Reaktionsschemas hin zur quantitativen Beschreibung als Reaktionsgleichung schrittweise mit der Lerngruppe entwickelt. Durch die Einbeziehung der Angabe der Verhältnisse der Atomanzahlen wird die Grundlagen für spätere stöchiometrische Berechnungen geschaffen. Die Wertigkeit, also die Anzahl der Bindungsmöglichkeiten, wird nicht hergeleitet, sondern an erforderlicher Stelle genannt. Sollte mit der Lerngruppe vorher der Atombau behandelt worden sein, kann die Angabe zur Sicherung der Voraussetzungen für die Erstellung der Reaktionsgleichungen beitragen.





Da das Aufstellen und der Umgang mit Reaktionsgleichungen im Vordergrund stehen, ist die Unterrichtseinheit nicht an die Besprechung spezieller Stoffgruppen gekoppelt. Soll eine Stoffgruppe (z. B. Alkalimetalle oder Halogene) oder ein Reaktionstyp (z. B. Oxidation/Reduktion) im Zentrum stehen, können die einzelnen Materialien entsprechend angepasst werden oder zum Üben dienen.

Gelegentlich findet man in Reaktionsgleichungen Brüche als Koeffizienten wie z. B. bei $\frac{1}{2} \text{O}_2$.



Dies führt jedoch bei manchen Lernern zu Irritationen, da es sich einerseits um ein Sauerstoffatom handelt, das andererseits aber nicht als Atom vorliegt, sondern als die Hälfte eines Moleküls in die Reaktion eingeht. Deshalb wird hier vorgeschlagen, auf diese Variante bei zweiatomigen Gasen zu verzichten. Für die Koeffizienten gilt dann einheitlich, dass sie ganzzahlig sind. Der Koeffizient 1 wird nicht geschrieben, sondern weggelassen.

Erklärung zu Differenzierungssymbolen

	Finden Sie dieses Symbol in den Lehrerhinweisen, so findet Differenzierung statt. Es gibt drei Niveaustufen, wobei nicht jede Niveaustufe extra ausgewiesen wird.	
		
grundlegendes Niveau	mittleres Niveau	erweitertes Niveau

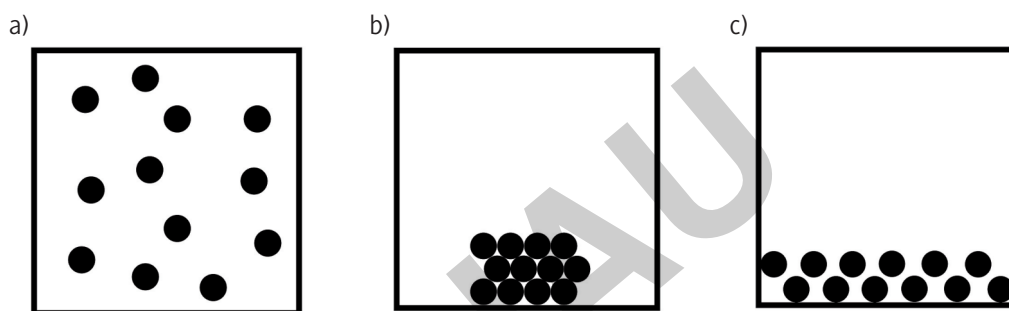
Kleinste Teilchen im Modell

M 1

Die kleinsten Teilchen von Stoffen (Atome, Moleküle und Ionen) sind so klein, dass man sie nicht sehen kann. Die Verwendung eines Teilchenmodells kann helfen, sich Zustände von Stoffen und Vorgänge auf der Ebene der kleinsten Teilchen vorzustellen.

Aufgaben

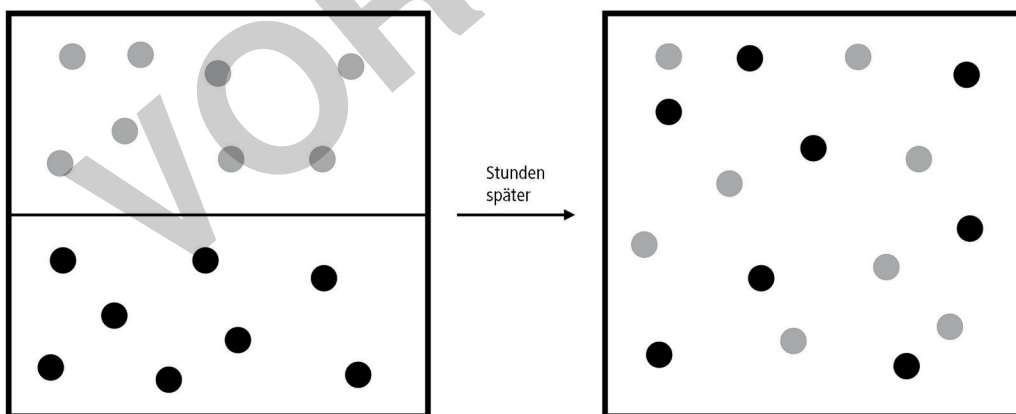
1. **Ordne** den drei folgenden Modelldarstellungen begründet die Zustände fest, flüssig bzw. gasförmig zu.



Aggregatzustand:

Begründung:

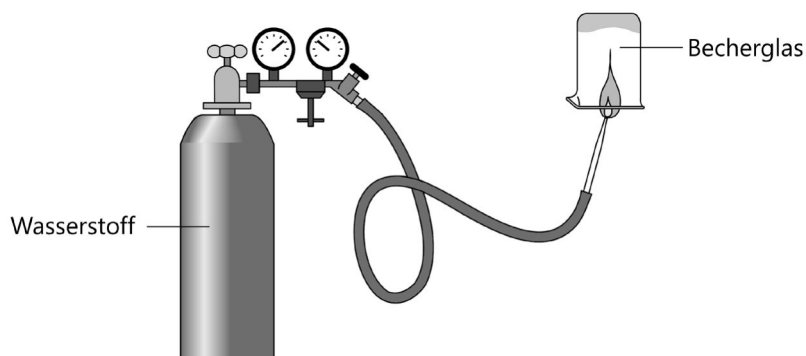
2. **Beschreibe** den in der folgenden Abbildung dargestellten Vorgang.



Von der Beobachtung zum Reaktionsschema

M 2

Es wird ein Versuch vorgeführt. **Erstelle** dazu ein Protokoll, indem du die folgenden Aufgaben **bearbeitest**.



© Wolfgang Zettlmeier

Aufgaben

1. **Beschreibe** die Durchführung des Versuchs und deine Beobachtungen

2. **Deute** deine Beobachtungen.

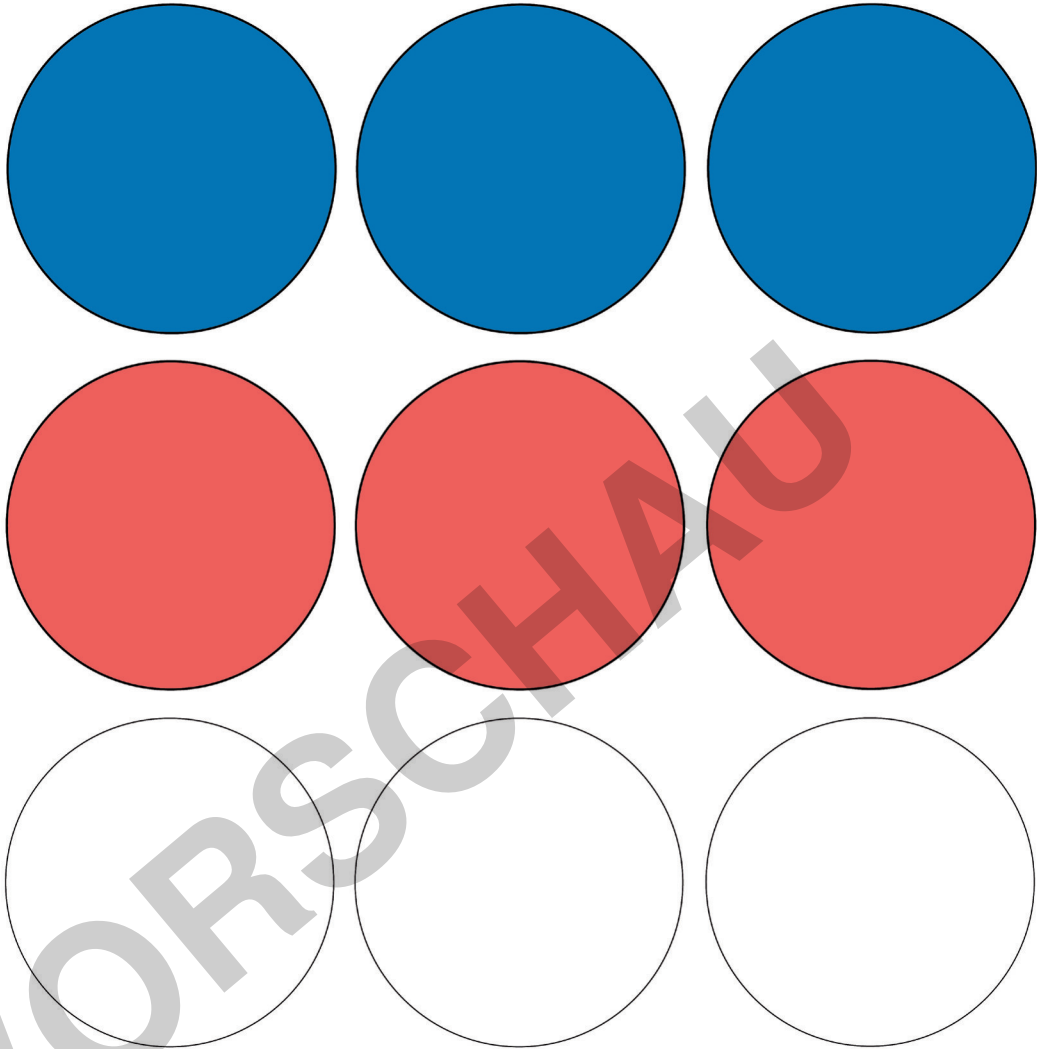
3. Chemische Reaktionen können in Kurzformen als sogenanntes Reaktionsschema beschrieben werden. Dazu notiert man links die Namen der Ausgangsstoffe (Edukte) mit jeweils einem + zwischen den Bezeichnungen und rechts in gleicher Weise die Namen der Produkte. Zwischen Edukten und Produkten zeichnet man einen Pfeil mit der Spitze in Richtung der Produkte. Der Pfeil wird gelesen als „reagiert zu“. **Formuliere** das Reaktionsschema für den gezeigten Versuch.

M 5

Ein Teilchenmodell herstellen



Es soll ein Modell aus Pappscheiben hergestellt werden, mit dem Atome und Moleküle sowie Reaktionsgleichungen auf Teilchenebene dargestellt werden können.



© RAABE 2020

Aufgabe

1. **Schneide** die Kreise aus, **beklebe** sie mit Folie und **bringe** auf der Rückseite einen Magneten an.