

# Das Mol – Chemiker zählen mit der Waage

Ein Beitrag von Kim Möhrke, Oldenburg

Mit Illustrationen von Julia Lenzmann, Stuttgart, und Dr. Wolfgang Zettlmeier, Barbing

**W**ie viele Reagenzgläser befinden sich im Karton? Wie viele Kupferatome stecken in Kupferoxid? Und worin unterscheiden sich rotes und schwarzes Kupferoxid voneinander?

Ausgehend von diesen Fragestellungen lernen Ihre Schüler Schritt für Schritt das Zählen mit der Waage und den Begriff Mol kennen und wenden das Gelernte an verschiedenen Beispielen an. Abschließend wird mit dem Hoffmannschen Zersetzungsapparat und dem Eudiometer die Verhältnisformel von Wasser hergeleitet.



Foto: Thinkstock/iStock

Ausgehend von der Masse eines Stoffes können Chemiker die darin enthaltene Anzahl der Atome bestimmen.

Mit vielen  
Übungsaufgaben!

## Das Wichtigste auf einen Blick

**Klasse:** 8/9

**Dauer:** 8 Stunden (Minimalplan: 2)

**Kompetenzen:** Die Schüler ...

- erläutern die Begriffe Mol, Stoffmenge  $n$  und molare Masse  $M$ .
- beschreiben die Zusammenhänge zwischen Stoffmenge  $n$ , Masse  $m$  und molarer Masse  $M$  und wenden sie in chemischen Rechenoperationen an.
- erkennen, dass bei chemischen Reaktionen Produkte immer in gleichen Massenverhältnissen entstehen.

**Versuche:**

- Wir gewinnen Kupfer aus Kupferoxid (LV)
- Wir stellen Kupfersulfid her (SV)
- Wir zerlegen Wasser (LV)
- Wir synthetisieren Wasser (LV)

**Übungsmaterial:**

- Wie viele Kupferatome stecken im Kupferoxid?
- Wie viel Erz benötigt man für ein Auto?
- Jetzt weiß ich's! – Das Mol

## Was Sie zum Thema wissen müssen

### Chemisches Rechnen im Unterricht

Das Thema **Rechnen im Chemieunterricht** gehört zu den eher unbeliebten Themen bei Schülerinnen und Schülern\*. Obwohl die Rechnungen an sich scheinbar leicht sind, haben die Lernenden oft große Probleme mit der Formalisierung durch **Formeln**. Dennoch ist es für den weiteren Chemieunterricht unabdingbar, da das Wissen über Massenverhältnisse und Atomzahlverhältnisse für Summenformeln und Strukturformeln unvermeidlich sind. Ohne Kenntnisse des **Molbegriffs** ist ein weiterführender Unterricht mit chemischen Reaktionsformeln nicht durchführbar.

### Was versteht man unter Mol?

Die Masse eines **Stoffes (m)** kann mit einer Waage gewogen werden. Die **molare Masse (M)** ist die Masse einer genau definierten Packung (Mol) an Atomen. 1 Mol enthält etwa  $6,022 \cdot 10^{23}$  Teilchen (**Avogadro-Konstante N**). Genau diese Anzahl an Atomen befindet sich in 12 g Kohlenstoff (Isotop C12). Die molare Masse trägt die Einheit g/mol. Ihr Zahlenwert ist identisch mit dem Zahlenwert der atomaren Masseneinheit ( $m_a$ ) mit der Einheit u. Die Anzahl von Atomen einer Stoffportion ist die **Stoffmenge (n)** mit der Einheit mol. Bei Raumtemperatur und Normaldruck nehmen 1 Mol Teilchen eines Gases ein Volumen von 24 Litern ein.

$$\text{Es gilt: } n = \frac{m}{M}$$

\* Im weiteren Verlauf wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit nur „Schüler“ verwendet.

## Vorschläge für Ihre Unterrichtsgestaltung

### Voraussetzungen der Lerngruppe


Ein erfolgreiches Gelingen der Einheit setzt die folgenden Kenntnisse der Schüler voraus:

- Unterscheidung **Element und Verbindung**
- **Oxidation** = Aufnahme von Sauerstoff, **Reduktion** = Abgabe von Sauerstoff
- **Daltons Atommodell**
- Aufstellen von **Wortgleichungen**

Besonders förderlich für das Verständnis des chemischen Rechnens ist die Kenntnis über Potenzzahlen. Leider wird diese normalerweise in der 9. Klasse und damit sehr spät im Mathematikunterricht behandelt. Daher sollten Sie, in Absprache mit der Mathematiklehrerin bzw. dem Mathematiklehrer, gegebenenfalls eine kurze Einführung geben.

### Aufbau der Unterrichtseinheit

Der Einstieg in die Unterrichtseinheit erfolgt mithilfe des Zeitungsartikels von **Arbeitsblatt M 1**, der beschreibt, wie bei einem schweren Autounfall Kupferrohre vollständig zum schwarzen Pulver Kupferoxid verbrennen. An dieser Stelle werden die Begriffe Oxidation und Reduktion (als Aufnahme bzw. Abgabe von Sauerstoff) wiederholt. Es wird die Wortgleichung der Verbrennungsreaktion und die Problemfrage der Stunde formuliert: „Wie kann man das reine Kupfer aus dem Kupferoxid zurückgewinnen?“ Entsprechend der Vorschläge der Schüler wird im folgenden **Lehrerversuch** Kupfer aus Kupferoxid mithilfe des Reduktionsmittels Wasserstoff gewonnen. Die Massen von Edukt und Produkt werden notiert. Die Schüler füllen anschließend das **Versuchsprotokoll M 2** aus. Die Lernenden erfahren, dass Chemiker, auch ohne die Reaktion durchzuführen, bestimmen können, wie viel Gramm Kupfer aus einer bestimmten Masse Kupferoxid durch Reduktion gewonnen werden kann.

In der zweiten Doppelstunde wird das chemische Rechnen mithilfe von **Farbfolie M 3** eingeführt: Ausgehend von dem Problem, wie viele Reagenzgläser sich in einem chemischen Labor befinden, wird die Methode des Zählens mit der Waage eingeführt. Danach werden die zu zählenden Objekte von der Kichererbse über das Reiskorn immer kleiner, bis schlussendlich die atomare Größenordnung erreicht wird. Auf **Arbeitsblatt M 4** werden Schritt für Schritt das chemische Rechnen und der Molbegriff eingeführt und anhand des Beispiels der Reduktion von Kupferoxid zu Kupfer angewandt. Das Vorgehen aus Arbeitsblatt M 4 kann anschließend mit rotem statt schwarzem Kupferoxid wiederholt werden. Dies könnten die Schüler auch als Hausaufgabe lösen. Mithilfe von **Arbeitsblatt M 5** wenden die Schüler das eben Gelernte praktisch an. Hilfesuchenden Schülern stehen bei der Bearbeitung **Tippkarten zu M 5** () zur Verfügung.

In den Stunden 5 und 6 lernen die Schüler in **Schülerversuch M 6** (Reaktion von Kupfer mit Schwefel) einen weiteren Versuch kennen, bei dessen Auswertung das chemische Rechnen angewandt wird. Hierbei wird auch das Atomzahlverhältnis des entstandenen Produkts berechnet. Falls noch nicht geschehen, kann in diesem Zusammenhang der Begriff Summenformel eingeführt werden. Im anschließenden **Lehrerversuch** wird Wasser mithilfe des Hofmannschen Zersetzungsapparats gespalten. Die Schüler werten den Versuch mithilfe von **Versuchsprotokoll M 7** aus und berechnen die Summenformel sowie die Anzahl der Wassermoleküle in einem Liter Wasser.


In Stunde 7 wird schließlich im **Lehrerversuch** Wasser mithilfe eines Eudiometers synthetisiert. Der Versuch wird mit verschiedenen Gasverhältnissen durchgeführt. Der Versuch verdeutlicht, dass Wasserstoff und Sauerstoff stets im Verhältnis 2:1 miteinander reagieren. Die Beobachtungen und Ergebnisse fassen die Schüler auf **Versuchsprotokoll M 8** zusammen.

Der **Selbst-Test M 9** dient als **Lernerfolgskontrolle** zum Abschluss der Unterrichtseinheit.

[Üben](#)

### Angebote zur Differenzierung

Vielen Schülern wird das Thema chemisches Rechnen schwerfallen und sie abschrecken. Daher sollten Sie für eine angenehme Lernatmosphäre sorgen und **Lerntandems** bilden, in welchem ein stärkerer Schüler einen schwächeren unterstützt.

Schwächeren Schülern, die Unterstützung bei den Übungsaufgaben auf Arbeitsblatt M 5 benötigen, stehen **Tippkarten** () zur Verfügung.

### So vermeiden Sie Messungenauigkeiten

Herkömmliche Waagen weisen oft ein gewisses Maß an **Messungenauigkeiten** auf. Dies kann zur Verfälschung der Ergebnisse führen. Daher ist es empfehlenswert, die verwendeten Chemikalien vor dem Versuch in den Exsikkator zu stellen. Sie sollten außerdem alle quantitativen Experimente vorher testen.

## Diese Kompetenzen trainieren Ihre Schüler

### Die Schüler ...

- erklären an Alltagsbeispielen, wie man mithilfe einer Waage zählen kann.
- erläutern die Begriffe Mol, Stoffmenge  $n$  und molare Masse  $M$ .
- beschreiben die Zusammenhänge zwischen Stoffmenge  $n$ , Masse  $m$  und molarer Masse  $M$  und wenden sie in chemischen Rechenoperationen an.
- erkennen, dass bei chemischen Reaktionen Produkte immer in gleichen Massenverhältnissen entstehen.
- lesen Versuchsanleitungen, führen Versuche selbstständig durch und protokollieren ihre Beobachtungen und Ergebnisse.

## Medientipps

### Literatur

**Fach, Martin:** In kleinen Portionen zur Stöchiometrie. In: Unterricht Chemie 24 (2013), 134, S. 26–29

Die Zeitschrift liefert zusätzliche mögliche Aufgaben zum chemischen Rechnen für besonders eifrige Schüler oder zur Vorbereitung von Klassenarbeiten.

**Hörnig, J.; Habelitz-Tkocz, W.:** Chemisches Rechnen – unbeliebt, aber unverzichtbar. In: Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule, 64 (2015), S. 23–28.

Dieser Artikel beschreibt mögliche Stolpersteine bei der Einführung des chemischen Rechnens und zeigt Möglichkeiten auf, diese zu überwinden bzw. zu umgehen.

### Film

**Das Mol**, DVD ca. 19 min., 2006, FWU-Nr. 4655188

Im Film wird anschaulich das Mol als Einheit der Stoffmenge  $n$  vorgestellt.

### Internetadressen

[www.youtube.com/watch?v=k0yXRRNJDvo](http://www.youtube.com/watch?v=k0yXRRNJDvo), Film „Mol / Molare Masse“

Dieser Film veranschaulicht auf schülernahe Weise die Begriffe Mol, molare Masse und Avogadro-Konstante.

## Die Einheit im Überblick

⌚ V = Vorbereitung

FO = Folie


AB = Arbeitsblatt

⌚ D = Durchführung

SV = Schülerversuch






LEK = Lernerfolgskontrolle





LV = Lehrerversuch

 = Zusatzmaterial auf CD

VP = Versuchsprotokoll

TK = Tippkarten

Stunden 1–2: Einstieg ins Thema	
<b>M 1 (AB)</b>	<b>Schwerer Unfall! – Kupfer verbrennt zu schwarzem Pulver</b>
<b>LV</b>	<b>Wir gewinnen Kupfer aus Kupferoxid</b>
⌚ V: 10 min ⌚ D: 15 min	<input type="checkbox"/> 1 Schutzbrille <input type="checkbox"/> 2 g schwarzes Kupferoxid  <input type="checkbox"/> 1 Gasflasche mit Wasserstoff  <input type="checkbox"/> 1 Spatel <input type="checkbox"/> 1 Reaktionsrohr mit 2 durchbohrten Stopfen <input type="checkbox"/> 1 Porzellanschiffchen <input type="checkbox"/> 2 Stative <input type="checkbox"/> 2 Doppelmuffen <input type="checkbox"/> 1 Verbindungsstück <input type="checkbox"/> 1 gebogenes Glasrohr mit Eisenwolle <input type="checkbox"/> 1 Gasschlauch <input type="checkbox"/> 1 Waage
<b>M 2 (VP)</b>	<b>Versuchsprotokoll: Wir gewinnen Kupfer aus Kupferoxid</b>
Stunden 3–4: Einführung ins chemische Rechnen	
<b>M 3 (FO/AB)</b>	<b>Chaos im Labor</b>
<b>M 4 (AB)</b>	<b>Wie viele Kupferatome stecken im Kupferoxid?</b>
<b>M 5 (AB)</b>	<b>Wie viel Erz benötigt man für ein Auto?</b>
 (TK)	<b>Tippkarten zu M 5</b>
Stunden 5–6: Atomzahlverhältnisse	
<b>M 6 (SV)</b>	<b>Kupfer reagiert mit Schwefel</b>
⌚ V: 5 min ⌚ D: 10 min Exemplar(e) pro Gruppe	<input type="checkbox"/> 1 Schutzbrille pro Schüler <input type="checkbox"/> Schwefelpulver  <input type="checkbox"/> ca. 2 g Kupferblech <input type="checkbox"/> 1 Spatel <input type="checkbox"/> 1 Reagenzglas <input type="checkbox"/> 1 Waage <input type="checkbox"/> 1 Reagenzlashalter <input type="checkbox"/> 1 Luftballon <input type="checkbox"/> 1 feuerfeste Unterlage <input type="checkbox"/> 1 Gasbrenner
<b>LV</b>	<b>Wir zerlegen Wasser</b>
⌚ V: 10 min ⌚ D: 10 min	<input type="checkbox"/> 1 Schutzbrille <input type="checkbox"/> verdünnte Schwefelsäure  <input type="checkbox"/> 1 Hofmannscher Zersetzungsapparat <input type="checkbox"/> 1 Trichter
<b>M 7 (VP/AB)</b>	<b>Versuchsprotokoll: Wir zerlegen Wasser</b>

Stunde 7: Die Summenformel von Wasser	
<b>LV</b>	<b>Wir synthetisieren Wasser</b>
⌚ V: 10 min	<input type="checkbox"/> 1 Schutzbrille
⌚ D: 10 min	<input type="checkbox"/> 1 PVC-Schlauch (60 cm lang, Durchmesser ca. 2 cm)
	<input type="checkbox"/> 1 Gasflasche mit Wasserstoff  
	<input type="checkbox"/> 1 Gasflasche mit Sauerstoff  
	<input type="checkbox"/> Stativmaterial
	<input type="checkbox"/> 1 Gummistopfen
	<input type="checkbox"/> 1 Wanne mit Wasser
	<input type="checkbox"/> 1 Stabfeuerzeug
	<input type="checkbox"/> 1 wasserfester Stift
<b>M 8 (VP(AB))</b>	<b>Versuchsprotokoll: Wir synthetisieren Wasser</b>

Stunde 8: Lernerfolgskontrolle	
<b>M 9 (LEK)</b>	<b>Jetzt weiß ich's! – Das Mol</b>

Die Gefährdungsbeurteilungen zu den Versuchen finden Sie auf CD 20 .

## Minimalplan

Bei Zeitmangel kann das Basiswissen dieser Einheit in einer Doppelstunde vermittelt werden. In diesem Fall erfolgt der Einstieg in die Einheit mithilfe von **Farbfolie M 3**. Das chemische Rechnen wird dann mithilfe von **Arbeitsblatt M 4** eingeführt und das Wissen mithilfe von **Arbeitsblatt M 5** gesichert.

VORSCHAU



# Schwerer Unfall! – Kupfer verbrennt zu schwarzem Pulver

M 1

Es ereignete sich ein schwerer Unfall mit verheerenden Folgen. Dabei reagierte Kupfer zu einem schwarzen Pulver. Wie konnte das passieren?

## Aufgabe 1

Lest euch den folgenden Zeitungsartikel durch.

### Schwerer Unfall nahe Bremen: Bus kollidiert mit LKW

Kristoff Kramer

#### Bremen

Trümmer. Chaos. Als die Einsatzkräfte am frühen Mittwochmorgen auf der A7 in Höhe Oyten in Richtung Hamburg eintreffen, ist es für den 23-jährigen Busfahrer bereits zu spät. Er erliegt noch am Unfallort seinen Verletzungen.

Nach Angaben der Polizei war der Fahrer eines unbesetzten Reisebusses gegen 5:45 Uhr durch das Verwenden seines Mobiltelefons abgelenkt und bemerkte zu spät, dass er in den Gegenverkehr raste. Der Bus prallte frontal in einen entgegenkommenden LKW. Dieser brannte vollkommen aus. Die 42-jährige LKW-Fahrerin wurde schwer verletzt in ein Krankenhaus gebracht. Der LKW hatte etwa 20 t Kupferrohre geladen. Allein der Schaden durch den Verlust des Kupfers liegt laut Expertenschätzung bei rund 100.000 €. Nach

dem Zusammenstoß blieb nur noch ein schwarzes Pulver zurück. Dieses wurde von der Polizei sichergestellt und untersucht. Die Fahrbahn musste stundenlang komplett gesperrt werden.



Foto: Thinkstock/iStock

## Aufgabe 2

Bei dem Unfall verbrannte Kupfer zu einem schwarzen Pulver. Erstellt die Wortgleichung.

\_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_ → \_\_\_\_\_

## Aufgabe 3

Entwickelt einen Versuch, durch den das Kupfer wiedergewonnen werden könnte.

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



### Wusstest du schon, ...

... dass das Telefonieren mit Freisprecheinrichtung im Auto zwar gesetzlich erlaubt ist, das Plaudern die Reaktionsgeschwindigkeit des Fahrers jedoch beträchtlich reduziert? Telefonieren mit Freisprecheinrichtung ist vergleichbar wie das Verhalten mit einem Blutalkoholwert von 0,4 Promille. Das Schreiben einer Nachricht während der Fahrt bewirkt einen Effekt wie ein Blutalkoholwert von 1 Promille.

## M 2 Versuchsprotokoll: Wir gewinnen Kupfer aus Kupferoxid

Protokoll von: \_\_\_\_\_ Klasse: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

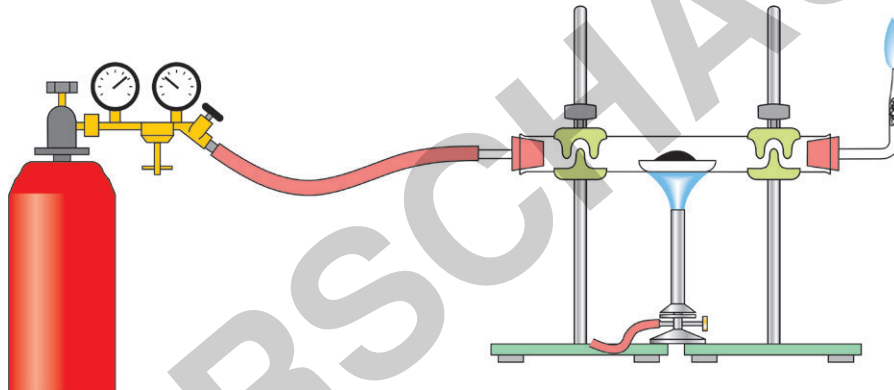


### Materialien und Chemikalien

<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	_____
<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	_____
<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	_____
<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	_____



### Versuchsskizze



### Versuchsdurchführung

Der Lehrer gibt \_\_\_\_\_ in das Reaktionsrohr. Er leitet  
\_\_\_\_\_ in das Reaktionsrohr und \_\_\_\_\_ das Gas.



### Beobachtungen

---



---



**Ergebnis:** Fülle die Lücken im Text.



Das Kupferoxid wird durch \_\_\_\_\_ zu Kupfer \_\_\_\_\_.  
Die charakteristische Farbe von Kupfer ist \_\_\_\_\_. Das zusätzlich  
entstehende \_\_\_\_\_ ist \_\_\_\_\_ und schlägt sich auf  
der Innenseite des Reaktionsrohrs nieder.



## Chaos im Labor

M 3

So ein Chaos! Nach einem Einbruch im Labor bekommt Professor Erlenglas eine Aufgabe, die sonst keiner erledigen möchte: Er soll überprüfen, wie viele Reagenzgläser sich noch im Labor befinden.

### Aufgabe 1

Schau dir den folgenden Comic an.



Illustration: Julia Lenzmann

### Aufgabe 2

Auch andere Objekte lassen sich mit der Waage zählen. Bestimme die Menge an Reiskörnern (1 kg) oder Kichererbsen (500 g) in einer Packung.

**Tipp** 50 Kichererbsen wiegen 18 g und 190 Reiskörner 3 g.