

Stöchiometrie – von Bäckern, Bankern und Chemikern

Silke Schreiber, Neustadt (Wied)

Niveau: Sek. I/II

Dauer: etwa 8–10 Unterrichtsstunden

Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler¹ können ...

- den Bau von Atomen mithilfe eines geeigneten Atommodells (hier Teilchenmodell) beschreiben.
- Fragestellungen erkennen und entwickeln, die mithilfe chemischer Kenntnisse und Untersuchungen, insbesondere durch chemische Experimente, zu beantworten sind.
- in erhobenen oder recherchierten Daten Trends, Strukturen und Beziehungen finden, diese erklären und geeignete Schlussfolgerungen ziehen.
- geeignete Modelle nutzen (z. B. Atommodelle, Periodensystem der Elemente), um chemische Fragestellungen zu bearbeiten.
- themenbezogene und aussagekräftige Informationen auswählen.
- chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und/oder mithilfe von Modellen und Darstellungen beschreiben, veranschaulichen oder erklären.
- Zusammenhänge zwischen chemischen Sachverhalten und Alltagserscheinungen herstellen und dabei bewusst Fachsprache in Alltagssprache übersetzen und umgekehrt.
- den Verlauf und die Ergebnisse ihrer Arbeit situationsgerecht und adressatenbezogen dokumentieren und präsentieren.
- fachlich korrekt und folgerichtig argumentieren.
- ihre Standpunkte zu chemischen Sachverhalten vertreten und Einwände kritisch reflektieren.
- Anwendungsbereiche und Berufsfelder, in denen chemische Kenntnisse bedeutsam sind, darstellen.
- chemische Sachverhalte in Problemzusammenhänge einbinden, Lösungsstrategien entwickeln und diese anwenden.

Der Beitrag enthält Materialien für:

- ✓ Schülerversuche
- ✓ Lehrerversuche
- ✓ Hausaufgaben etc.

I/D

Hintergrundinformationen

Stöchiometrie gehört in der Schule zu den weniger beliebten Themen, da die Schüler im Chemieunterricht auch rechnen müssen und die Inhalte eher abstrakt sind. In den Lehrbüchern wird das Thema meist rudimentär behandelt und gute und motivierende Arbeitsmaterialien sind rar. Deswegen habe ich eine in sich geschlossene Unterrichtsreihe aufgebaut, in der sich die Schüler möglichst motivierend und anschaulich mit dem wichtigen Thema des chemischen Rechnens auseinandersetzen. Ohne Grundkenntnisse in der Stöchiometrie können wichtige Abläufe wie z. B. das Ansetzen von Lösungen im Labor nicht richtig durchgeführt werden.

¹ Im weiteren Verlauf wird aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit nur „Schüler“ verwendet. Schülerinnen sind genauso gemeint.

Leider (oder zum Glück?!) ist die Stöchiometrie auch als eigenes Thema in kaum einem Lehrplan verankert. Aber spätestens in der Oberstufe, wenn es an das Berechnen von pH-Werten geht, sollten die Schüler wissen, was eine Stoffmengenkonzentration ist und was sich hinter einem Mol verbirgt. Auch schon in der Mittelstufe, wenn es darum geht, Stoffe in einem bestimmten Verhältnis zur Reaktion zu bringen, fallen die Begriffe „Stoffmenge“ und „Teilchenzahl“. Die Schüler kommen somit in Kontakt mit der Stöchiometrie.

Um die Motivation der Schüler nicht zu zerstören, um die Hemmungen beim Herangehen an das Thema gering zu halten und die Erfolgserlebnisse zu fördern, habe ich bewusst relativ einfache Aufgaben eingearbeitet, die zum Einstieg in das Thema dienen. Meine Erfahrungen damit waren bisher durchweg positiv: Die Schüler haben sehr gut mitgearbeitet, es war keine Überforderung und die Schüler waren tatsächlich auch beim Thema „Stöchiometrie“ mit Spaß an der Arbeit.

I/D

Hinweise zur Didaktik und Methodik

Durchführung

Mit **M 1** wird das Problembewusstsein geschaffen, wie Chemiker möglichst effektiv eine chemische Reaktion durchführen, ohne dass Stoffe im Überschuss oder im Mangel vorhanden sind. Ein bildhafter Vergleich: Ein Bäcker wiegt seine Zutaten einfach ab – kann das ein Chemiker auch? Einem Bäcker liegt ein Rezept vor, nach dem er den Kuchen backt – ein Chemiker hat dafür eine Reaktionsgleichung, mit deren Hilfe er weiß, in welchem Verhältnis er die Stoffe zur Reaktion bringen muss. **M 2** schafft das Bewusstsein für die winzige Beschaffenheit der Atome und veranschaulicht die „Größe“ der Atome, die der Chemiker zur Reaktion bringen muss. Auch wenn das Verhältnis der Atome aus der Reaktionsgleichung bekannt ist. Mit **M 3** erarbeiten die Schüler den Trick, den sich Chemiker von Bankern abschauen, um ihre Atome zu „zählen“. Wirklich zählen können Chemiker die Atome nicht, dazu sind sie viel zu klein. Wenn jedoch die Masse eines einzelnen Atoms bekannt ist, kann man anhand der Masse einer Stoffportion auf die Anzahl der Atome schließen. Nach diesem Prinzip „zählen“ Geldzählmaschinen Münzen. Da die Masse der einzelnen Münzen bekannt ist, wird das Geld nach Münzsorten sortiert und dann gewogen. Auch in den großen Banken zählt heute keiner mehr... Damit die Schüler wissen, wie die Atommassen heutzutage bestimmt werden, wird noch kurz das Prinzip der Massenspektrometrie veranschaulicht. Um besser mit diesen in Stoffportionen vorkommenden unvorstellbar großen Zahlen an Atomen umgehen zu können, wurde die Einheit „Mol“ eingeführt. In **M 4** wird die Einheit „Mol“ genauer erklärt. Ebenso wird die Existenz der Masse eines einzelnen Atoms neben der Existenz der Masse eines ganzen Mols an Teilchen, die molare Masse, erläutert. Beide Werte sind im PSE ablesbar. Die Schüler beginnen in **M 4**, eine Formelsammlung aufzubauen, die sie dann im Laufe der weiteren Unterrichtsreihe immer weiter ergänzen. Zudem lernen die Schüler in **M 4** die Avogadro-Zahl kennen. Mithilfe von **M 5** wird mit Schätzaufgaben veranschaulicht, wie unvorstellbar groß die Zahl an Atomen ist, die sich hinter einem Mol verbirgt. In **M 6** geht es um das chemische Rechnen. Die Schüler sollen Teilchenzahlen in bestimmten Stoffportionen berechnen oder auch die abzuwiegende Masse an Elementen, wenn bestimmte Stoffmengen abgewogen werden sollen. Dabei ist es wichtig, zu beachten, dass es unter den Schülern unterschiedliche Rechentypen gibt: Die einen rechnen besser mithilfe von Formeln, die anderen hingegen mit dem Dreisatz. In den Erläuterungen und Lösungen werden beide Lösungswege aufgeführt. In **M 7** lernen die Schüler, wie man die molare Masse von Verbindungen berechnet, da man diese nicht direkt aus dem PSE ablesen kann. Da Chemiker nicht nur mit abwiegbaren Feststoffen, sondern auch mit Gasen arbeiten, erklärt **M 8**, dass ein Mol eines idealen Gases unter Normalbedingungen immer ein Volumen von einem Mol einnimmt (molares Volumen). In Beispielauf-

gaben sollen die Schüler dann die Stoffmenge verschiedener Volumina von Gasen bestimmen oder berechnen. Aus Gründen der didaktischen Reduktion wird davon ausgegangen, dass sich alle Gase wie ideale Gase verhalten. Die wahrscheinlich häufigste Konzentrationsangabe für Lösungen in der Chemie ist die Stoffmengenkonzentration c . In **M 9** lernen die Schüler diese kennen und rechnen einfache Beispiele dazu. Eine weitere wichtige Größe in der Chemie ist der Massenanteil w , der in **M 10** erklärt wird.

Literatur

Dickerson, Richard E.; Geis, I.: Chemie – eine lebendige und anschauliche Einführung. Wiley-VCH. Weinheim 1999. S. 17.

Dieses Buch zeigt auf anschauliche Weise, wie viel ein Mol ist.

Internet

<http://www3.hhu.de/biodidaktik/Atmung/start/struktur/ov/bsp/tierrei/ebene2a/verdau2.html>

Anschauliche Darstellung der Oberflächenvergrößerung von sehr kleinen Teilen (Beispiel Mikrozotten im Darm)

https://www.youtube.com/watch?v=G6jj_N-9P8E

Kurzer Film zum Ölfleckversuch

Bezugsquellen

<https://www.wielab.de/laborchemikalien/kreative-reagenzien/molmassen-set-teil-a>

Molmassen-Set zur Veranschaulichung eines „Mols“

I/D

Materialübersicht

⌚ V = Vorbereitungszeit Ab = Arbeitsblatt/Informationsblatt

⌚ D = Durchführungszeit

M 1	Ab	Von Bäckern und Chemikern	
M 2	Ab	Von Reiskörnern, Bakterien, Stecknadelköpfen und der Größe von Atomen	
		<input type="checkbox"/> Reiskörner	<input type="checkbox"/> Stecknadeln mit Eisenkopf
M 3	Ab	Von Bankern und Chemikern	
M 4	Ab	Vom Dutzend, vom Mol und von der molaren Masse	
M 5	Ab	Unvorstellbar viel: Wie viel ist ein Mol anschaulich?	
	⌚ V = 30 min	<input type="checkbox"/> verschiedene Laborchemikalien, z. B. Schwefel, Kohlenstoff, Zink, Aluminium, Eisen, Blei, Zinkoxid, Kochsalz, Calciumcarbonat, Eisen(III)-oxid, Kupfersulfat o. Ä.	<input type="checkbox"/> 10 klare, farblose Schraubdeckelbehälter aus Plastik oder Glas (50 ml)
	⌚ D = 5 min		<input type="checkbox"/> Waage <input type="checkbox"/> Spatel <input type="checkbox"/> Schutzbrille
M 6	Ab	Die Stoffmenge n und die Teilchenzahl N – Rechnen ohne Formeln – mit Logik und Dreisatz	
M 7	Ab	Woher kennt man die molare Masse von Molekülen?	
M 8	Ab	Wiegt man Gase ab? – Das Volumen V und das molare Volumen V_m idealer Gase	
M 9	Ab	Von konzentrierten und verdünnten Lösungen: die Stoffmengenkonzentration c in mol/l	
M 10	Ab	Von Prozentangaben auf Chemikalienbehältern: der Massenanteil w in %	

Die Erläuterungen und Lösungen finden Sie ab Seite 19.

I/D

M 1 Von Bäckern und Chemikern

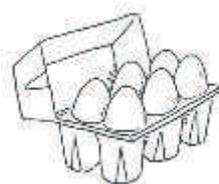
Wer einen Kuchen backt, braucht ein Rezept. Für 500 g Mehl braucht man 4 Eier und 150 g Butter. Zu viel Mehl lässt den Kuchen hart und bröckelig werden, zu viele Eier geben hingegen eher eine Art Pfannkuchen als einen fluffigen Kuchen und zu viel Butter lässt den Kuchen aus der Form fließen, weil er nicht fest wird ...



Woher weiß der Chemiker aber nun, wie viel er von welchem Stoff braucht, wenn er eine bestimmte Verbindung herstellen will? Gibt es so etwas wie ein „Rezeptbuch“ für Chemiker? In großen Firmen geht es zudem um ziemlich viel Geld, wenn man z. B. aus großen Mengen Eisen und großen Mengen Schwefel Eisensulfid herstellen will: Bei zu viel Eisen in der Reaktion bleibt am Ende Eisen übrig, das energie- und kostenaufwendig zurückgewonnen werden muss. Bei zu viel Schwefel verbrennt dieser zu Schwefeldioxid, sodass der Rohstoff nicht wiederverwendet werden kann. Diese Kosten will man vermeiden.



Dem „Rezept der Chemiker“ ist sozusagen die Reaktionsgleichung gleichzusetzen, die der Chemiker erst einmal aufstellen muss.



Im Vergleich hat es ein Bäcker einfacher: Bei ihm gibt es die direkte Angabe, wie viel Mehl, Zucker und Butter er abwägen, wie viele Eier er noch zufügen und wie viel Milch er abmessen muss.

Doch was macht der Chemiker mit diesen Angaben? Muss er 1 Löffel Eisen und 1 Löffel Schwefel zur Reaktion bringen? Oder 1 g Eisen und 1 g Schwefel? Oder 1 ml bzw. 1 cm³ Eisen und 1 ml bzw. 1 cm³ Schwefel?

Aufgaben

1. **Stelle** die Reaktionsgleichung für die Reaktion von Eisen mit Schwefel auf.
2. **Erläutere**, warum diese Reaktionsgleichung mit dem „Rezept der Chemiker“ gleichzusetzen ist.
3. **Fülle** die Lücken im folgenden Text aus:



Die Reaktionsgleichung gibt also an, in welchem _____ die Stoffe zur Reaktion gebracht werden müssen. Im Falle der Eisensulfid-Synthese ist das _____ von Eisen zu Schwefel gleich ___ : ___.

4. Um welches Verhältnis geht es bei der Reaktion von Eisen und Schwefel: um das Verhältnis der Massen von Eisen und Schwefel (also 1 g Eisen auf 1 g Schwefel), um das der Volumina (also 1 ml oder 1 cm³ Eisen auf 1 ml oder 1 cm³ Schwefel) oder um ein ganz anderes Verhältnis?

I/D

M 3 Von Bankern und Chemikern

Der Chemiker hat keine Chance, die Atome, die er zur Reaktion bringen will, abzuzählen – dazu sind sie viel zu klein und viel zu viele. Auch einzeln entnehmen könnte er sie nicht – keine Pinzette der Welt wäre dazu klein genug. Chemiker müssen einen Trick anwenden, damit sie die Atome „abzählen“ können. Im Vergleich nutzen Bankangestellte einen sehr ähnlichen Trick, damit sie Geld nicht langwierig zählen müssen:

Wie Banker Münzen zählen

Früher wurden die Münzen in der Bank noch einzeln abgezählt – die Geldstücke waren verschieden groß und schwer und mussten daher einzeln gezählt werden. Seitdem Münzen genormt sind und alle 1-Cent-, 5-Cent-, 1-Euro-Stücke usw. gleich groß und schwer sind, werden die Münzen zeitsparend mit der Waage gewogen und die Summe aus der Masse wird berechnet. Wenn du mit deinem Sparschwein voller Münzen in eine Bank kommst, wird heute das Geld nicht mehr per Hand nachgezählt. Das Geld, also alle 1-Cent-, 2-Cent-, 5-Cent-, 10-Cent-Stücke usw., wird in einer Geldzählmaschine nach Größe sortiert. Dann werden die einzelnen Münzsorten gewogen.

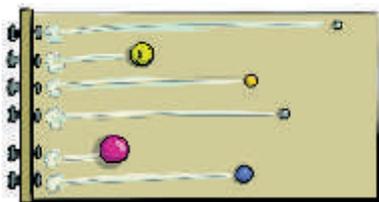


I/D

Wie Chemiker Atome zählen

Die _____ und die Massenspektrometrie:

Chemiker haben sich den Trick zum Zählen der Atome von den Bankern abgeschaut: Da sie die Atome nicht einzeln abzählen können, zählen sie die Atome mit der Waage. So wie der Banker weiß, welche Masse eine einzelne Münze hat, wissen Chemiker, was ein einzelnes Atom wiegt: Die _____ im Periodensystem der Elemente (PSE) gibt Auskunft darüber. Die Masse eines Atoms wird durch die Anzahl der _____ und _____ im _____ des Atoms bestimmt – die _____ in der _____ sind nahezu masselos. Ein _____ bzw. ein _____ wiegt jeweils _____.



Durch massenspektrometrische Untersuchungen kann die Masse eines jeden chemischen Elements experimentell bestimmt werden. **Massenspektrometrie** kann man sich folgendermaßen anschaulich vorstellen: Auf einem Tisch werden verschiedene Kugeln (z. B. Glasmurmeln bzw. Metallkugeln unterschiedlicher Größe und unterschiedlichen Gewichts oder Tischtennisbälle, Flummis usw.) immer mit dem gleichen Impuls beschleunigt (weggeschossen) – ähnlich wie wenn man beim Flipperautomaten die Metallkugeln ins Spiel schießt. Je nach Größe und Gewicht fliegen die Bälle unterschiedlich weit: Die schwersten fliegen _____ weit, die leichtesten dagegen _____ weit.

Aufgaben

1. **Erkläre** an einem einfachen Beispiel kurz, wie Münzen mithilfe einer Waage gezählt werden können.
2. **Fülle** die Lücken im Text aus.

