

# Das Gesetz der konstanten Massenverhältnisse

## Eine schülerzentrierte und handlungsorientierte Unterrichtskonzeption

Benjamin Thome, Dillingen/Saar

**Niveau:** Sek. I (G8 Klassenstufe 8 oder 9)

**Dauer:** 2 Unterrichtsstunden

**Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler<sup>1</sup> können ...

- das Gesetz der konstanten Massenverhältnisse formulieren und es auf Reaktionen anwenden.
- Vermutungen im selbst geplanten Experiment (Massenverhältnis Kupfer zu Schwefel in Kupfersulfid) überprüfen und sicherheits- und umweltrelevante Maßnahmen treffen.
- fachgerecht mit Chemikalien umgehen.
- Standpunkte gegenüber der Lehrkraft und den Mitschülern vertreten.
- gemeinsam Experimente planen und auswerten.
- den Weg des Erkenntnisgewinns zur Formulierung des Gesetzes der konstanten Massenverhältnisse angeben.

**Der Beitrag enthält Materialien für:**

- ✓ handlungsorientierten Unterricht
- ✓ Schülerversuche
- ✓ Hausaufgaben
- ✓ Binnendifferenzierung

### Hintergrundinformationen

Um die hier vorgestellte Doppelstunde zum Thema „das Gesetz der konstanten Massenverhältnisse“ erfolgreich durchzuführen, wurde im Vorfeld wie folgt vorgegangen: Zu **Beginn des Schuljahrs** wurden physikalische Trennmethode von den Gemischen zu den Reinstoffen behandelt und in diesem Rahmen die Stoffgruppen Metalle und Nichtmetalle eingeführt. In der Folge wurden (qualitative) chemische Reaktionen zwischen Metall und Nichtmetall zu chemischen Verbindungen am Beispiel der Synthesen von Zink-, Eisen-, Kupfer- und Silbersulfid behandelt. Anhand dieser Reaktionen wurden die Begriffe chemische Verbindung und Element eingeführt sowie die Begriffe Synthese, Analyse, Produkt und Edukt definiert. Im Anschluss wurde exemplarisch anhand der Synthese von Kupfersulfid auch eine energetische Betrachtung auf rein qualitativer Ebene durchgeführt. Nun liegt der Fokus auf der quantitativen Betrachtung der Reaktion von Kupfer mit Schwefel. Daher wurde in der **vorangegangenen Stunde** zunächst das Gesetz zur Erhaltung der Masse formuliert. Die **hier behandelte Stunde** zum „Gesetz der konstanten Massenverhältnisse“ stellt somit die zweite im Themenkomplex der quantitativen Synthese von Kupfersulfid dar und rundet zusammen mit der Folgestunde, in der durch Schülerreferate über L. Proust und A. Lavoisier der historische Hintergrund der beiden behandelten stöchiometrischen Gesetze beleuchtet werden soll, das große Themengebiet der Metallsulfidsynthesen ab. In den Folgestunden kann über die Reaktionen von Metallen mit Sauerstoff zum Oxidationsbegriff übergeleitet werden.

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

## Hinweise zur Didaktik und Methodik

Die Schüler sollten über folgende **inhaltliche Lernvoraussetzungen** verfügen: Sie können die Wortgleichung und das Reaktionsschema der Synthese von Metallsulfiden, insbesondere des Kupfersulfids, sowie der Analyse von Silbersulfid angeben und den entsprechenden Stoffen die Fachbegriffe Produkt bzw. Edukt zuordnen. Des Weiteren sind sie in der Lage, eine chemische Reaktion als Vorgang, bei dem (unter Energieumsatz) neue Stoffe entstehen, zu definieren. Die Schüler können ferner das Gesetz zur Erhaltung der Masse formulieren (Bei einer chemischen Reaktion entspricht die Summe der Massen der Edukte der Summe der Massen der Produkte.) und dieses zur Berechnung von Edukt bzw. Produktmassen einer chemischen Reaktion anwenden. Sie sind in der Lage, das experimentelle Vorgehen bei der Erarbeitung des Gesetzes zur Erhaltung der Masse zu skizzieren und eventuelle geringfügige Eduktrückstände durch räumliche Trennung der Edukte zu erklären. Weiterhin können sie die eventuelle Entstehung von schwefelhaltigen Gasen bei Sulfidsynthesen als Grund für das Arbeiten unter dem Abzug bzw. in geschlossenen Apparaturen angeben. Die Schüler können (aufgrund der vorbereitenden Hausaufgabe **M 1**) den Begriff Massenverhältnis definieren und das Massenverhältnis der Elemente in binären Verbindungen berechnen, sofern entsprechende Massen angegeben werden. Sie kennen Eisen und Eisensulfid als magnetisierbaren bzw. nicht magnetisierbaren Stoff. Die Fähigkeit der Schüler, Versuche (nach Anleitung) selbstständig in Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit durchführen und protokollieren zu können, ist als **methodische Lernvoraussetzung** zu nennen.

**Vor der Stunde** sollten sowohl die Materialien zu den Arbeitsblättern M 2a, M 2b und M 2c ausgelegt werden als auch die Reagenzgläser zu M 3 wie folgt präpariert werden: Je nach zu überprüfendem Massenverhältnis zwischen Kupfer und Schwefel (siehe M 3) werden die entsprechenden Chemikalien (Schwefelpulver und ein Kupferblech der Länge ca. 1 cm) abgewogen und in die Reagenzgläser gegeben. Diese werden dann mithilfe eines Luftballons der entsprechenden Farbe (dabei gibt die Farbe die jeweilige Masse von Schwefel bzw. Kupfer an – siehe M 3) luftdicht verschlossen und mit einer Reagenzglasklammer fixiert.

Der **Einstieg in die Stunde** erfolgt über die Besprechung der vorbereitenden Hausaufgabe **M 1**. Hier sollen die Schüler zunächst in Aufgabe 1 den Begriff Massenverhältnis in binären Verbindungen am Beispiel von Kupfersulfid kennen lernen und in der Folge allgemein berechnen. In Aufgabe 2 wenden sie das Gesetz zur Erhaltung der Masse an und formulieren bereits die in der Stunde zu überprüfende Vermutung. Die **Konzeption der Versuchsreihe** zur Überprüfung der Vermutung geschieht nun **binnendifferenziert** nach Leistungsfähigkeit oder Lerntyp. **M 2a** ist für leistungsschwächere Schüler geeignet (gekennzeichnet mit ★), da hier die Grundidee vorgegeben wird: verschiedene vorgegebene Massen von Schwefel (0,25 g, 0,50 g und 1,00 g) sollen mit je gleicher Masse an Kupfer (1,00 g) reagieren; Chemikalien sind abgewogen, Laborgeräte vorgegeben und auf dem Arbeitsplatz ausgelegt. **M 2b** eignet sich für Schüler mittleren Leistungsniveaus (gekennzeichnet mit ★★): keine Vorgabe der Grundidee, Kupferbleche der Masse 1,0 g werden verwendet, Chemikalien und Laborgeräte (auch für anschließende Bestimmung der Masse des Produkts) sind angegeben und auf dem AB vorgegeben. **M 2c** ist für leistungsstarke Schüler gedacht (gekennzeichnet mit ★★★): keine Vorgabe, keine Chemikalien (bis auf Kupferblech und Schwefelpulver) oder Laborgeräte angegeben oder ausgelegt.

Nach der Besprechung des Erarbeiteten in den einzelnen Gruppen kann (falls notwendig) mithilfe von **M 3** das weitere Vorgehen im Unterrichtsgespräch koordiniert werden. Die vorbereiteten Reagenzgläser werden ausgeteilt und die Versuchsreihe kann in Partnerarbeit arbeitsteilig durchgeführt werden: jede Partnergruppe führt einen Versuch durch. Die einzelnen Ergebnisse sollen von den Schülern auf M 3 (kann auch auf Folie kopiert werden) festgehalten werden. Dabei kann es hilfreich sein, zwei Gruppen die Gesamtmasse ihres Reagenzglases vor und nach der Reaktion bestimmen zu lassen, um die eventuelle Schülerthese des „Verschwindens“ von Masse zu widerlegen.

Die Auswertung der ermittelten Massen an Kupfersulfid kann wiederum in Partnerarbeit oder im Plenum mithilfe von **M 5** geschehen. Die Schüler formulieren zunächst das Reakti-

## M 2a Stimmt die Vermutung? Konzipiert eine Versuchsreihe!



### Vermutung

Aufgrund des Gesetzes zur Erhaltung der Masse entstehen aus  $x$  Gramm Kupfer und  $y$  Gramm Schwefel  $(x+y)$  Gramm Kupfersulfid.


### Arbeitsauftrag

Entwickle zusammen mit deiner Gruppe eine Reihe von Versuchen zur Überprüfung der gegebenen Vermutung. Dabei sollten jeweils verschiedene Schwefelmassen mit der gleichen Masse Kupfer reagieren. Verwende dazu die Materialien auf deinem Tisch. Du darfst bei Bedarf gerne auch andere Geräte verwenden.



Wenn du fertig bist, sprich Versuchsaufbau und -durchführung mit dem Lehrer ab!

**VORERST KEINEN VERSUCH SELBSTSTÄNDIG DURCHFÜHREN!**

Chemikalien	Geräte	
<input type="checkbox"/> Kupferbleche der Masse 1,00 g	<input type="checkbox"/> Reagenzgläser	<input type="checkbox"/> Becherglas
<input type="checkbox"/> Schwefelportionen  der Massen: 0,25 g; 0,50 g; 1,00 g	<input type="checkbox"/> Reagenzglasständer	<input type="checkbox"/> Petrischale
	<input type="checkbox"/> Bunsenbrenner	<input type="checkbox"/> auf die Reagenzgläser passende Luftballons (um das Austreten evtl. entstehender schwefelhaltiger Gase zu verhindern)
	<input type="checkbox"/> Reagenzglasklammer	
	<input type="checkbox"/> Waage	
	<input type="checkbox"/> Pinzette	
	<input type="checkbox"/> Tiegelzange	

Platz für Ideen:

## M 2b Stimmt die Vermutung? Konzipiert eine Versuchsreihe!

★★



### Vermutung

Aufgrund des Gesetzes zur Erhaltung der Masse entstehen aus x Gramm Kupfer und y Gramm Schwefel (x+y) Gramm Kupfersulfid.


### Arbeitsauftrag

Entwickle zusammen mit deiner Gruppe eine Reihe von Versuchen zur Überprüfung der gegebenen Vermutung. Verwende dazu die Chemikalien und Laborgeräte, die in der untenen Tabelle angegeben sind. Du darfst bei Bedarf gerne auch andere Geräte verwenden.



Wenn du fertig bist, sprich Versuchsaufbau und -durchführung mit dem Lehrer ab!

**VORERST KEINEN VERSUCH SELBSTSTÄNDIG DURCHFÜHREN!**

Chemikalien	Geräte	
<input type="checkbox"/> Kupferbleche der Masse 1,00 g	<input type="checkbox"/> Reagenzgläser	<input type="checkbox"/> Becherglas
<input type="checkbox"/> Schwefelpulver 	<input type="checkbox"/> Reagenzglasständer	<input type="checkbox"/> Petrischale
	<input type="checkbox"/> Bunsenbrenner	<input type="checkbox"/> auf die Reagenzgläser passende Luftballons (um das Austreten evtl. entstehender schwefelhaltiger Gase zu verhindern)
	<input type="checkbox"/> Reagenzglaslammer	
	<input type="checkbox"/> Waage	
	<input type="checkbox"/> Pinzette	
	<input type="checkbox"/> Tiegelzange	

Platz für Ideen:

## M 2c Stimmt die Vermutung? Konzipiert eine Versuchsreihe!

★★★




### Vermutung

Aufgrund des Gesetzes zur Erhaltung der Masse entstehen aus  $x$  Gramm Kupfer und  $y$  Gramm Schwefel  $(x+y)$  Gramm Kupfersulfid.

### Arbeitsauftrag

Entwickle zusammen mit deiner Gruppe eine Versuchsreihe zur Überprüfung der Vermutung.

Zur Verfügung stehen dir: Kupferblech, Schwefelpulver  sowie die Laborgeräte des Praktikums.



Wenn du fertig bist, sprich Versuchsaufbau und -durchführung mit dem Lehrer ab!  
**VORERST KEINEN VERSUCH SELBSTSTÄNDIG DURCHFÜHREN!**

Platz für Ideen:



## M 5 Zusammenfassung der Versuchsreihen

Trage deine im Versuch ermittelte und zuvor erwartete Masse an Kupfersulfid in die entsprechende Zeile der Tabelle ein.



### Versuchsreihe 1 $m(\text{Kupfer}) = 0,60 \text{ g}$

Gruppe	m(Schwefel)	m(Kupfersulfid) – erwartet	m(Kupfersulfid) – ermittelt
Blau	0,15 g		
Rot	0,30 g		
Gelb	0,60 g		

### Versuchsreihe 2 $m(\text{Kupfer}) = 1,00 \text{ g}$

Gruppe	m(Schwefel)	m(Kupfersulfid) – erwartet	m(Kupfersulfid) – ermittelt
Orange	0,25 g		
Pink	0,50 g		
Grün	1,00 g		

### Versuchsreihe 3 $m(\text{Kupfer}) = 4,00 \text{ g}$

(Daten einer früheren Versuchsreihe zum Vergleich)

Gruppe	m(Schwefel)	m(Kupfersulfid) – erwartet	m(Kupfersulfid) – ermittelt
–	0,50 g	4,50 g	2,51 g
–	1,00 g	5,00 g	5,08 g
–	2,00 g	6,00 g	5,11 g
–	3,00 g	7,00 g	5,03 g
–	16,00 g	20,00 g	4,95 g

## Erläuterungen und Lösungen

### Lösungen (M 1)

zu 1.: a)  $88 \text{ g} : 22 \text{ g} = 4$  (bzw. 4:1), b)  $64 \text{ g} : 32 \text{ g} = 2$  (bzw. 2:1)

zu 2.: a) Eisen + Schwefel  $\rightarrow$  Eisensulfid

1,75 g    1,00 g            2,75 g

b)  $77,5 \text{ g} - 10,0 \text{ g} = 67,5 \text{ g}$

c)  $x \text{ g} + y \text{ g} = (x+y) \text{ g}$

### Lösungen (M 4)

zu 1.: a) 10 g Schwefel  $\Rightarrow$  2 · 10 g Zink = 20 g Zink, b) 1 g Zink  $\Rightarrow$  0,5 g Schwefel  $\Rightarrow$  1,5 g Zinksulfid, c) 3:4

zu 2.1.:

- In dieser Formulierung ist die Rede von vorliegenden Stoffen vor und nach der Reaktion im Gegensatz zu Edukten und Produkten.
- Da es je nach dem Verhältnis der eingesetzten Massen der Edukte zu Rückständen eines Stoffes kommen kann, entspricht die Produktmasse nicht immer der Summe dieser Eduktmassen. Die Summe der Massen der Stoffe vor der Reaktion entspricht aber immer der Summe der Massen nach der Reaktion (Produkt + Rückstand eines Edukts).

zu 2.2.:

a) Silber + Schwefel  $\rightarrow$  Silbersulfid

b) Da das Massenverhältnis 6,75:1 beträgt, müssen – um 77,50 g zu synthetisieren – 67,50 g Silber und 10 g Schwefel verwendet werden:  $77,5 \text{ g} = x (6,75 + 1)$ ,  $x = 10$ .

c) Wenn 2,20 g Schwefel entstehen, so müssen  $6,75 \cdot 2,20 \text{ g} = 14,85 \text{ g}$  Silber vorliegen, weil die Masse an Silber die 6,75-fache Masse von Schwefel beträgt. Damit waren  $2,20 \text{ g} + 14,85 \text{ g} = 17,05 \text{ g}$  Silbersulfid übrig.

zu 3.: Die vorliegenden Daten lassen auf ein Massenverhältnis von Kupfer zu Schwefel in Kupfersulfid von 2:1 schließen.

Im Unterricht wurde dagegen ein Massenverhältnis von 4:1 ermittelt.

Der Unterschied könnte mit den hohen Temperaturen bei der Durchführung dieser Versuchsreihe zu erklären sein.

### Erläuterungen (M 5)

Versuchsreihe 3 der Folie lässt sich entweder zur Erarbeitung des konstanten Massenverhältnisses verwenden – sollten die Schülerexperimente wenig brauchbare Werte liefern. Außerdem kann man die Versuchsreihe als Lernerfolgskontrolle einsetzen, indem man die Schüler begründen lässt, dass hier das Gesetz der konstanten Massenverhältnisse (am Beispiel von Kupfersulfid) erfüllt wird.