

Mysteris

im Chemieunterricht

Der Wasserstoffballon „Charlière“



Jacques Charles Luftschiff

Inhaltsverzeichnis

A ÜBERBLICK	2
B LERNAUFGABE	3
C BEZUG ZUM RAHMENLEHRPLAN	11
D ANHANG	13

A Überblick

Unterrichtsfach	Chemie
Jahrgangsstufe/n	8,9
Niveaustufe/n	E, F
Zeitraumen	bis zu einer Doppelstunde (ca. 60 - 90 min)
Thema	Reaktion von sauren Lösungen mit Metallen

Themenfeld(er)	Klare Verhältnisse – Quantitative Betrachtungen (3.7) Säuren und Laugen – echt ätzend (3.8)
----------------	--

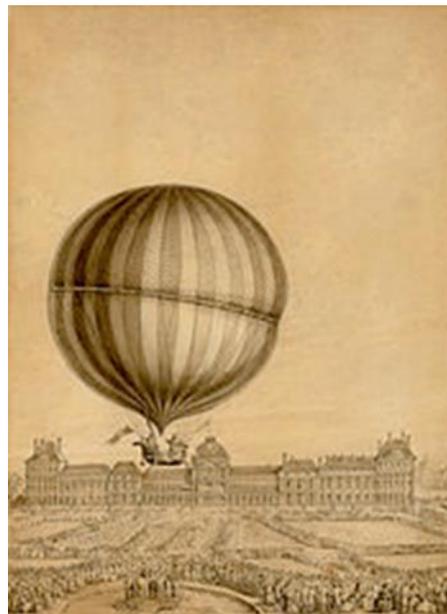
Kontext	Jungfernflug des ersten mit Wasserstoff gefüllten Gasballons 1783 in Paris
---------	---

Zusammenfassung	Die Schülerinnen und Schüler wenden am Kontext des Jungfernflugs des ersten mit Wasserstoff gefüllten Gasballons stöchiometrische Überlegungen zu einer chemischen Reaktion an. Dabei müssen sie anhand von Reaktionsgleichungen Abschätzungen bezüglich der eingesetzten Massen und Volumina durchführen. Die Lösung des Mysterys wird als Netz (ähnlich einer <i>concept map</i>) angeordnet und präsentiert.
-----------------	---

B Lernaufgabe

***„Obwohl der Dieb gefasst wurde, war nicht sicher,
ob der Jungfernflug stattfinden konnte.“***

1783 startete der erste mit Wasserstoff gefüllte Ballon in Paris.



Jacques Charles Luftschiff

Findet heraus, warum der Jungfernflug des Wasserstoffballons
„Charlière“ beinahe nicht stattfinden konnte.

Anleitung zum Advanced-Mystery

Ziel des Mysterys ist die Anwendung von naturwissenschaftlichen Fachbegriffen und Formeln bzw. Rechnungen sowie die vernetzte Darstellung zur Lösung des Mysterys in Form eines Kartennetzes.

Die Rechenwege können vorgegeben sein oder sie müssen selbst von den Schülerinnen und Schülern erarbeitet und auf den Kärtchen notiert werden, wodurch eine Differenzierung ermöglicht wird. Durch die Anzahl der verwendeten Kärtchen und den Verknüpfungsgrad dieser besteht für jede Schülergruppe ein individueller Lösungsweg unterschiedlichen Anspruchsniveaus.

Aufgabe: Löst das Mystery mithilfe der Kärtchen und präsentiert euren Lösungsweg schlüssig.

Herangehensweise:

1. Lest euch in eurer Gruppe die einzelnen Kärtchen durch.
2. Klärt Begriffe, die ihr nicht versteht.
3. Sortiert die Kärtchen in Form einer *Concept-Map* so, dass ihr zu einer Lösung des Mysterys gelangt. Die Nummern auf den Kärtchen geben dabei keine Reihenfolge vor.

Integriert in eure *Concept-Map* möglichst viele Zusatzkärtchen und stellt damit weitere Beziehungen zwischen den einzelnen Informationen her.

4. Klebt eure Lösung auf ein Plakat und bereitet euch auf eine Präsentation eures Ergebnisses vor.

<p style="text-align: right;">1</p> <p style="text-align: center;">Der Ballon hat einen Durchmesser von ca. vier Metern.</p>	<p style="text-align: right;">2</p> <p style="text-align: center;">Schwefelsäure verursacht schwere Verätzungen der Haut.</p>
<p style="text-align: right;">3</p> <p>Die Größengleichung zur Berechnung der Stoffmenge lautet:</p> $n = \frac{m}{M}$ <p>Diese lässt sich umformen nach:</p> <p>... der molare Masse $M = \frac{m}{n}$</p> <p>... der Masse $m = n \cdot M$</p>	<p style="text-align: right;">4</p> <p>Eisen reagiert mit Schwefelsäure unter heftiger Gasentwicklung</p> <p>Reaktionsgleichung:</p> $Fe + H_2SO_4 \rightarrow FeSO_4 + H_2 \uparrow$

<p style="text-align: right;">5</p> <p>Die Ermittler fanden am nahe gelegenen Bach einen Mann, der seine Beine im Wasser kühlte.</p>	<p style="text-align: right;">6</p> <p>Schwefelsäure ist eine in der chemischen Industrie verwendete Säure mit der unangenehmen Eigenschaft, Textilien und Papier zersetzen zu können.</p>
<p style="text-align: right;">7</p> <p>Der Dieb konnte überführt werden, weil er eine rostverschmierte, löchrige Hose trug.</p>	<p style="text-align: right;">8</p> <p>1 mol Wasserstoffmoleküle \approx 22,4 l Wasserstoffgas bei 0°C</p> <p>1 l Wasserstoffgas \approx 0,045 mol Wasserstoffmoleküle</p>
<p style="text-align: right;">9</p> <p>Die molare Masse M lässt sich aus der Atommasse m_a berechnen.</p> <p>Die Atommasse m_a wird in units (kurz: u) angegeben.</p>	<p style="text-align: right;">10</p> <p>Das Periodensystem der Elemente liefert wichtige Informationen über die chemischen Elemente, z. B. über die Atommasse m_a der Atome einzelner Elemente.</p>

<p style="text-align: right;">11</p> <p>Die Formel für Eisen(II)sulfat:</p> $FeSO_4$	<p style="text-align: right;">12</p> <p>Steckbrief Schwefelsäure</p> <p>Formel: H_2SO_4</p> <p>Dichte ρ: $1,84 \text{ g/cm}^3$</p> <p>Eigenschaften: farblos, zähflüssig, zieht Wasser aus der Luft an, zersetzt Papier, Holz und Baumwolle</p>
<p style="text-align: right;">13</p> <p>Eines der beiden schweren Fässer wurde aufgebrochen, das Eisenpulver lag verschüttet auf dem Boden.</p>	<p style="text-align: right;">14</p> <p>Steckbrief Eisen</p> <p>Symbol: Fe</p> <p>Dichte ρ: $7,86 \text{ g/cm}^3$</p> <p>Eigenschaften: hart, chemisch unbeständig (unedel), rostet an der feuchten Luft</p>
<p style="text-align: right;">15</p> <p>Für die Dichte eines Körpers gilt:</p> $Dichte = \frac{Masse}{Volumen}$ $\rho = \frac{m}{V}$	<p style="text-align: right;">16</p> <p>Bei einem der zehn leichteren Fässer, die gefunden wurden, war der Deckel verbogen und ein paar Tropfen einer öligen Flüssigkeit liefen seitlich herab.</p> <p>Die Aufschrift auf dem Etikett war verkohlt und kaum lesbar.</p>

17	18
<p>Zwei kleine Fässer wurden gefunden, gefüllt mit einem grauen Pulver und ziemlich schwer.</p>	<p>Alte französische Volumenangaben:</p> <p>$1 \text{ litron} = 0,793 \text{ Liter}$ $1 \text{ quart} = 4 \text{ litron}$ $1 \text{ boisseau} = 4 \text{ quart}$ $1 \text{ setier} = 12 \text{ boisseau}$</p>
19	20
<p>Für chemische Reaktionen gilt das Gesetz von der Erhaltung der Masse:</p> <p>$m(\text{Edukte}) = m(\text{Reaktionsprodukte})$</p>	<p>Für das Volumen einer Kugel gilt:</p> $V_{\text{Kugel}} = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3$
21	22
<p>Einige molare Massen:</p> $M(\text{Fe}) \approx 56 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ $M(\text{S}) = 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ $M(\text{O}) = 16 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ $M(\text{H}) = 1 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$	<p>Das Volumen von einem Liter entspricht dem Volumen von einem Kubikdezimeter. Bei der Umrechnung in Kubikzentimeter muss mit der Zahl 1000 multipliziert werden.</p> $1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3$

<p style="text-align: right;">23</p> <p>Jedes der gefundenen Fässer hatte ein Volumen von einem französischen „<i>boisseau</i>“.</p> <p>In solchen Fässern verkauften Händler damals häufig ihre Waren.</p>	<p style="text-align: right;">24</p> <p>Steckbrief Wasserstoff</p> <p>Formel: H_2</p> <p>Dichte ρ: 0,0899 g/l</p> <p>Eigenschaften: farblos, geruchlos, brennbar</p> <p>Molekülbau: Wasserstoff besteht aus zweiatomigen Molekülen</p>
<p style="text-align: right;">25</p> <p>Das „<i>boisseau</i>“ ist ein altes französisches Maß, das für Getreide, Salz und viele andere Waren verwendet wurde.</p>	

Möglicher Erwartungshorizont:

1. Klärung der Umstände

Ein Dieb hat eines der beiden Fässer mit Eisenpulver aufgebrochen, die für die Erzeugung von Wasserstoff durch die Reaktion mit Schwefelsäure für den ersten Flug des Wasserstoffballons bereitgestellt waren. Eines der Fässer mit Schwefelsäure wurde leicht beschädigt.

Indizien, die den Täter überführen, sind die mit Rost behaftete und durch Kontakt mit Schwefelsäure bereits löchrigen Hose sowie die offensichtlichen Verätzungen an den Beinen, die der Dieb versuchte mit Wasser aus dem Bach zu kühlen.

2. Berechnung des Volumens eines Fasses

$$1 \text{ boisseau} = 4 \text{ quart} = 16 \text{ litron} = 12,69 \text{ l}$$

3. Berechnung der Masse Eisen bzw. Schwefelsäure in dem Fass

$$m(\text{Fe}) = 7,86 \frac{\text{kg}}{\text{l}} \cdot 12,69 \text{ l} = 99,7 \text{ kg}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,84 \frac{\text{kg}}{\text{l}} \cdot 12,69 \text{ l} = 23,3 \text{ kg}$$

4. Berechnung der umgesetzten Stoffmenge zur Bildung des gebildeten Wasserstoffgases

Aus der Reaktionsgleichung (4) ergibt sich, dass 1 mol Eisen (56 g) mit 1 mol Schwefelsäure (98 g) zu 1 mol Wasserstoff (2 g) reagiert. Daraus ergibt sich:

$$\begin{aligned} 1 \text{ Fass Eisen} &= 99,7 \text{ kg Eisen} = 1,78 \cdot 10^3 \text{ mol} \\ 3,56 \text{ kg Wasserstoff} &= 1,78 \cdot 10^3 \text{ mol} \end{aligned}$$

Hinweis: Ein Fass mit Eisenpulver war intakt, die Schwefelsäure lag im Überschuss vor:

$$10 \text{ Fässer Schwefelsäure} = 10 \cdot 23,3 \text{ kg Schwefelsäure} = 2,38 \cdot 10^3 \text{ mol}$$

5. Berechnung des gebildeten Gasvolumens und Vergleich mit dem benötigten Volumen zur Befüllung des Wasserstoffballons

$$V(\text{Wasserstoff gebildet}) = 1,78 \cdot 10^3 \text{ mol H}_2 \cdot 22,4 \frac{\text{l}}{\text{mol}} = 39,9 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} V(\text{Wasserstoff benötigt}) &= \frac{4}{3} \pi \cdot 8 \text{ m}^3 \\ &\approx 33,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

6. Beantwortung der Frage, warum der Jungfernflug des Wasserstoffballons „Charlière“ beinahe nicht stattfinden konnte.

Alternative Lösungswege sind denkbar.

C Bezug zum Rahmenlehrplan

Das Mystery lässt sich sinnvoll zur Sicherung erworbenen Wissens zu quantitativen Betrachtungen einsetzen.

Lernvoraussetzungen	<p>Notwendig sind Vorkenntnisse der Lerngruppe zur Stoffmenge, dem Molbegriff, zu den Beziehungen zwischen der Masse einer Stoffportion, der molaren Masse und der Stoffmenge und zu einfachen stöchiometrischen Überlegungen anhand von Reaktionsgleichungen. Hilfreich sind Kenntnisse zur Entnahme von Informationen aus dem Periodensystem (Elementsymbol, Atommasse).</p> <p>Der Dichtebegriff sollte ebenso behandelt worden sein, wie die Berechnung von Volumina von Körpern (Kugel).</p> <p>Sind Volumenberechnungen von Körpern im Mathematikunterricht nicht behandelt worden, kann der Rechenweg zur Volumenberechnung des Ballonvolumens von der Lehrperson vorgegeben werden.</p> <p>Für leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler können die drei Kärtchen mit dem „Umweg“ über das alte französische Maß „boisseau“ weggelassen werden - es wird das Volumen eines Fasses (12,7 Liter) angegeben.</p>
---------------------	--

Kompetenzen	Standards (Die Schülerinnen und Schüler können ...)
Mit Fachwissen umgehen	<p>Basiskonzept: Konzept der chemischen Reaktion (2.1.3)</p> <ul style="list-style-type: none"> – chemische Reaktionen anhand von Wortgleichungen beschreiben und Reaktionsgleichungen für chemische Reaktionen formulieren und fachsprachlich verbalisieren – stöchiometrische Berechnungen durchführen
Erkenntnisse gewinnen	<p>Beobachten, Vergleichen, Ordnen (2.2.1)</p> <ul style="list-style-type: none"> – mit geeigneten Kriterien ordnen und vergleichen <p>Elemente der Mathematik anwenden (2.2.4)</p> <ul style="list-style-type: none"> – Verhältnisgleichungen umformen und Größen berechnen – vorgegebene Verfahren der Mathematik beim Umgang mit Gleichungen, chemischen Formeln, Reaktionsgleichungen, Diagrammen und Tabellen anwenden
Kommunizieren	<p>Informationen erschließen – Textrezeption (mündlich und schriftlich) (2.3.1)</p> <ul style="list-style-type: none"> – themenbezogen zu einem naturwissenschaftlichen Sachverhalt in verschiedenen Quellen recherchieren <p>Informationen weitergeben – Textproduktion (mündlich und schriftlich) (2.3.2)</p> <ul style="list-style-type: none"> – naturwissenschaftliche Sachverhalte mit geeigneten bildlichen, sprachlichen, symbolischen oder mathematischen Darstellungsformen veranschaulichen <p>Argumentieren – Interaktion (2.3.3)</p>

	<ul style="list-style-type: none"> – zu einer Aussage eine passende Begründung formulieren, in der die stützenden Daten oder Fakten erläutert werden – Hypothesen fachgerecht und folgerichtig mit Daten, Fakten oder Analogien begründen bzw. widerlegen
Bewerten	<p>Handlungen reflektieren (2.4.2)</p> <ul style="list-style-type: none"> – Schlussfolgerungen mit Verweis auf Daten oder auf der Grundlage von naturwissenschaftlichen Informationen ziehen

	Bezüge zu den Basiscurricula
Sprachbildung	Textbausteine für das Beschreiben einer <i>concept-map</i> (Lernprodukt) entwickeln
Medienbildung	-

	Übergreifende Themen
	Physik <i>Dichte als physikalische Größe (Thermisches Verhalten von Körpern 3.1)</i>
	Mathematik <i>Volumen - Größen und Einheiten nutzen (Größen und Messen 3.2 - Größenvorstellungen und Messen)</i>
	Geschichte <i>Technisch-industrielle Revolution (Zeitalter der Revolution ca. 1750 – ca. 1900 – Orientierung in der Zeit – Basismodul 3.1) – Erfindung der Mobilität (Erfindungen, die die Welt veränderten – Wahlpflichtfach 3.7)</i>

Inklusive Aspekte der Lernumgebung:

	Gemäß den Standards der iMINT-Akademie
Zugänge	<p>Die Methode „Mystery“</p> <ul style="list-style-type: none"> • enthält problemorientierte Zugänge mit gesellschaftlichem Bezug. • bietet der Lerngruppe individuelle Lernansätze, die die Selbstständigkeit beim Lernen fördern. • enthält vielseitige Zugänge, die unterschiedliche Lerntypen ansprechen.
Sprache	<p>Die Kärtchen enthalten neben leicht verständlichen Texten auch Skizzen, Reaktionsgleichungen und Formeln, die unterschiedlichen sprachlichen Ebenen entsprechen.</p> <p>Die Methode bietet Sprechansätze für die gemeinsame, kompetenzorientierte Auseinandersetzung mit Fachkenntnissen und Fachmethoden zu quantitativen Betrachtungen chemischer Sachverhalte.</p> <p>Sprachlich kann das Mystery jederzeit durch das OER-Format an die Lerngruppe angepasst werden.</p>

Aufgabenstellungen	Das Mystery beinhaltet Maßnahmen der Binnendifferenzierung. Je mehr Kärtchen für die Beantwortung verwendet werden, desto komplexer wird die Antwort. Die Fragestellung ist so gewählt, dass das Mystery sowohl qualitativ ohne Mathematisierung gelöst werden kann als auch durch exakte Angabe der benötigten Menge an Eisen bzw. der Angabe des freigesetzten Volumens an Wasserstoff. Die berechneten Angaben werden in Beziehung gesetzt zu den Angaben auf den Kärtchen.
Methoden	Die Methode „Mystery“ schafft Raum für aktiv-entdeckendes, individualisiertes Lernen. Sie fördert das kooperative Lernen, in dem die Lernenden gemeinsam an der Aufklärung eines Rätsels arbeiten und sich gegenseitig unterstützen.
Experimente	Die Wasserstoffentwicklung bei der Reaktion von Schwefelsäure mit Eisen kann in Demonstrationsexperiment gezeigt werden.
IT	Das Material wird im OER-Format veröffentlicht
Diagnose	Das Material enthält einen von mehreren möglichen Lösungswegen. Eine qualitative Lerngruppendiagnose erscheint möglich.

D Anhang

Material für den Einsatz dieser Lernumgebung

Anzahl	Name des Materials
25	Kärtchen
1	Deckblatt mit Aufgabenstellung (Mystery)

Bildnachweis

Bildtitel	Seite	Bildquelle
Jacques Charles Luftschiff	1, 3	Von Antoine François Sergent-Marceau - United States Library of Congress LC-DIG-ppmsca-02284 (digital file from original drawing), uncompressed archival TIFF version (52 MiB), color level (pick white point, adjust black & white levels), and converted to JPEG (quality level 88) with the GIMP 2.6.1, Gemeinfrei, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=228583 No known restriction on publication