

Auf einen Blick

1.–2. Stunde

Thema:	Gasgesetz nach Boyle-Mariotte
M 1	Experiment: Druckmessung mit Luftpumpe
Benötigt:	☐ Veränderte Luftpumpe mit Manometer ☐ Computer mit Tabellenkalkulation

3.–4. Stunde

Thema:	Alternatives Gasgesetz
M 2	Experiment zu einem alternativen Gasgesetz
Benötigt:	☐ Veränderte Luftpumpe mit Manometer ☐ Computer mit Tabellenkalkulation ☐ Briefwaage

5.–6. Stunde

Thema:	Gasgesetz nach Amontons
M 3	Experiment zum Gesetz nach Amontons
Benötigt:	☐ Beheizbares Wasserbad ☐ Thermometer ☐ Luftdicht verschließbares Gefäß (z. B. Fahrrad-Trinkflasche aus Aluminium) ☐ Computer mit Tabellenkalkulation

7.–8. Stunde

Thema:	Allgemeine Gasgleichung, reale und ideale Gase
M 4	Gasgleichung für ideale Gase
M 5	Eigenschaften idealer und realer Gase
Benötigt:	☐ Internetzugang ☐ Datensammlung aus Excel-Tabelle

9. Stunde

Thema: Van-der-Waals-Gleichung

M 6 Gasgesetz nach Van der Waals

10.–11. Stunde

Thema: Mathematische Kompetenzen und Grundzüge der Tabellenkalkulation

M 7 Tabellenkalkulation und direkt- und antiproportionale Abbildungen

Benötigt: ☐ Computer mit Tabellenkalkulation
☐ ggf. Bauklötze

Minimalplan

Die Unterrichtseinheit kann in unterschiedlicher Weise in die eigene Planung eingebunden werden:

1. Eine Möglichkeit liegt in der Begrenzung auf die drei angegebenen Experimente. Die einzelnen Materialien (**M 1** bis **M 4**) sind so konzipiert, dass sie isoliert verwendet werden können. Notwendige Voraussetzungen dazu werden jeweils angesprochen. Hier ergeben sich noch weitere Kürzungsmöglichkeiten. Die Experimente können ...
 - für alle 3 Experimente nacheinander,
 - durch unterschiedliche Gruppen gleichzeitig,
 - als Schüler- oder Demonstrationsexperiment durchgeführt werden.
2. **M 4** kann nur bis zur Herleitung der üblichen Gleichung eingesetzt werden.
3. Die Erweiterung auf reale Gase kann entfallen.
4. Wenn die mathematische Kompetenz ausreichend vorhanden ist, kann Material **M 7** entfallen.

Erklärung zu den Symbolen



Dieses Symbol markiert differenziertes Material. Wenn nicht anders ausgewiesen, befinden sich die Materialien auf mittlerem Niveau.



einfaches Niveau



mittleres Niveau



schwieriges Niveau

M 1



Gasgesetz nach Boyle-Mariotte

Experiment: Druckmessung mit einer Luftpumpe

Material:	Versuchsaufbau:
☐ Luftpumpe mit fest angeschlossenem Manometer ☐ Lineal oder Maßband (mind. 30 cm) ☐ Klebeband/Marker zum Markieren der Stablänge ☐ ggf. Tabellenkalkulationsprogramm zur Ergebniserfassung und -auswertung	1. Platziere die Pumpe so auf dem Boden oder dem Tisch, dass sie stabil steht und du das Manometer ablesen kannst. 2. Lege die „Gesamtlänge“ L_0 des Pumpenstabs fest, indem du die Länge des Stabs zwischen den Positionen „ganz drin“ und „ganz draußen“ misst. Markiere die beiden Positionen auf der Pumpe, um sie später wiederfinden zu können.

Aufgaben

1. **Überlege**, was genau das Manometer misst.
Begründe, wieso der Druck im Innern der Pumpe in Wahrheit um den Luftdruck im Raum (ca. 1 bar) größer ist, als das Manometer anzeigt.
2. Die zweite Messgröße bei diesem Experiment ist das Pumpenvolumen V_0 , dessen Messung aber schwierig ist. Deutlich einfacher ist es, das relative Volumen $V_{rel} = \frac{V}{V_0}$ zu bestimmen, d. h. den Anteil des luftgefüllten Volumens in der Pumpe an ihrem Gesamtvolumen. Nimm als Beispiel die Situation, in der das Volumen V der zusammengedrückten Luft nur noch 40 % des gesamten Pumpenvolumens V_0 beträgt, d. h. $V_{rel} = 0,4$. **Begründe**, dass dann der relative Anteil des Stabs, der sich noch außerhalb der Pumpe befindet, gerade 40 % der gesamten Stablänge ausmacht und so gerade den Wert V_{rel} wiedergibt.
3. Führe nun einige Messungen durch, indem du den Stab zunächst komplett bis zum Anschlag aus der Pumpe ziehst, sodass das Manometer den Wert null anzeigt. Drücke den Stab dann ein Stück weit in den Zylinder. **Miss** die Länge des Stabes außerhalb des Zylinders und **lies** den Messwert auf dem Manometer **ab**. **Übertrage** die Werte unterschiedlicher Messungen in eine Tabelle und **fertige** eine Grafik **an**. **Achte** auf eine sinnvolle Achsenbeschriftung.
4. Fertige eine zweite Abbildung **an**. **Wähle** die Auftragung deiner Messwerte auf den Achsen nun so, dass sich eine Ursprungsgerade ergibt. **Ermittle** die Steigung K_1 und **gib** die Gleichung für die Gerade **an**.

Tipp

Rechnet anschließend alle auftretenden Konstanten zusammen und stellt die Gleichung so um, dass auf der linken Seite nur Variablen und auf der rechten Seite nur die Konstante steht. Überlegt, was diese Gleichung bedeutet.




Merke: Allgemeine Gasgleichung

Die spezielle Gasgleichung kann in die allgemeine Gasgleichung umgeschrieben werden. Sie ist für alle Gase gültig und lautet:

$$p = n \cdot k \cdot T$$

k heißt Boltzmann-Konstante. Sie hat den Wert $k = 1,380649 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$.

Aufgabe 1

Berechne einen experimentellen Wert für die spezifische Gaskonstante:

- a) In den Experimenten hast du jeweils die Steigung berechnet. Diese gibt an, wie sich der Druck im Verhältnis zur Dichte (M 2) bzw. zur Temperatur (M 3) verhält. Da die andere Größe jeweils konstant war, kannst du damit zwei Werte für R_s berechnen.

Leite die Gleichungen **her**, mit denen du R_s jeweils aus den Zusammenhängen in M 2 und M 3 berechnen kannst.

- b) **Setze** deine Werte aus M 2 und M 3 in die zugehörigen Formeln **ein** und **berechne** so zwei Werte für R_s .

- c) **Berechne** den Mittelwert der Werte und **vergleiche** dein Ergebnis mit dem Literaturwert.

$R_s = 287,058 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ **Achte** auf die Einheiten! Rechne die Einheiten deines Ergebnisses ggf. in SI-Einheiten um.

Aufgabe 2

In der unten stehenden Tabelle sind Messwerte für einige Gase bei Normalbedingungen, d. h. bei einem Druck von $p = 1013,2 \text{ mbar}$ und einer Temperatur von $T = 273,15 \text{ K}$, aufgelistet. **Berechne** für jedes Gas die spezifische Gaskonstante in SI-Einheiten und **ergänze** den Wert in der Tabelle. **Ergänze** außerdem die Einheit der Konstante in der Kopfzeile.

Gas	$\rho [\text{kg} / \text{m}^3]$	$R_s [\quad]$
Luft	1,29	
Stickstoff (N_2)	1,25	
Sauerstoff (O_2)	1,43	
Kohlenstoffdioxid (CO_2)	1,98	

Aufgabe 3

Erkläre, wieso die Boltzmann-Konstante für alle Gase gültig ist.

Tipp

Überlege dir als Erstes, wie du k mithilfe der eben gefundenen Gleichung ausrechnen könntest. Unterscheiden sich die Größen, von denen k abhängt, wenn du ein anderes Gas als Luft verwendest?



M 7

Tabellenkalkulation und direkt- und antiproportionale Abbildungen



Vollziehe die Schritte in den Punkten 1. und 2. nach und arbeite parallel mit. Zögere bei Unklarheiten nicht, deine Lehrkraft um Hilfe zu bitten. Ab Punkt 3 findest du Aufgaben, die du eigenständig bearbeiten kannst.

1. Eingaben und Berechnungen

Ein Excel-Arbeitsblatt ist in einzelne Felder aufgeteilt, die wie beim Schachspiel mit Buchstaben und Zahlen gekennzeichnet sind. Mausklick auf das Feld öffnet dieses für Eintragungen. Diese erscheinen zunächst in der Eingabezeile und werden dann in das gewählte Feld übertragen. Soll im Feld eine Rechnung durchgeführt werden, so ist zunächst mit dem Gleichheitszeichen „=“ zu beginnen. „= M7*K8“ erzeugt im gewählten Feld das Produkt der Zahlen, die sich in den Felder M7 und K8 befinden.

2. Bearbeitung von Tabellen

Bei einer Tabelle mit 2 Spalten soll eine dritte Spalte berechnet werden. Die Berechnung erfolgt zunächst für das erste Feld dieser Tabellenspalte M7:

Die Rechnung „=(K7+2*L7)*F\$4“ addiert zum Wert im Feld K7 das 2-Fache des Werts aus dem Feld L7. Diese Summe wird mit dem Wert aus F4 multipliziert. Mit der Eingabetaste erscheint das Ergebnis der Berechnung im Feld M7. Der Berechnungsvorgang wird per Mausklick im Eingabefeld beendet.

Mit gedrückter Maustaste markiert man nun die restlichen Felder der drei Spalten, für die diese Berechnung erfolgen soll. Unter dem Steuerungsfeld „Bearbeiten“ findet man „Ausfüllen“ und wählt „Nach unten“ aus. Mausklick auf das Feld M7 zeigt die Rechenvorschrift „=(K8+2*L8)*F\$4“. Das \$-Zeichen bei F4 sorgt dafür, dass im Unterschied zu den übrigen Feldern stets die Zeile 4 in der Spalte F für die Berechnung verwendet wird.

3. Grafik bei direktproportionaler Abbildung

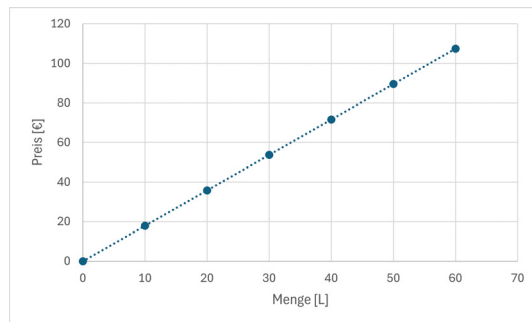
Die nebenstehende Abbildung zeigt eine typische Anzeige bei einer Tanksäule: Der Gesamtpreis des getankten Treibstoffs in Euro und die Menge in Litern. Während des Tankvorgangs werden laufend Zahlen dargestellt, die sich verändern. Wie die jeweiligen Zahlen zusammenhängen, wollen wir nun mithilfe des Tabellenkalkulationsprogramms grafisch darstellen.

	E	F	G	H	I	J	K
1							
2							
3							
4		10					
5							
6							
7				5	2		90
8				4	6		160
9				3	9		210
10				2	8		180
11				2	1		40
12							
13							

© RAABE



© Speedy/iStock/Getty Images Plus



© RAABE