

Dicke Luft im Klassenzimmer

Sarah und Mark unterhalten sich nach zwei Physik-Stunden.



**Boah,
bin ich müde. Ich habe das
Gefühl ich schlafe gleich ein.**

**Ja. Geht mir genauso. Dabei fand ich das
Thema eigentlich ganz interessant.**

**Ja schon. Aber ich konnte trotzdem
nicht zuhören, obwohl ich mich
wirklich bemüht habe.**

**Ich glaube es liegt an der schlechten
Luft.**



Ja klar. Für alles eine Ausrede, oder?

**Wir haben vor den beiden Physik-
Stunden für mind. 5 Minuten alle
Fenster geöffnet und gelüftet.**



**Das ist keine Ausrede.
Wenn wir zwei Stunden Unterricht haben und in
diesem Raum 30 Personen atmen und zudem die
Fenster während des Unterrichts geschlossen
sind, ist die Luft nach zwei Stunden zu schlecht
zum Lernen. Da bin ich mir sicher.**

In dieser Unterrichtseinheit wollen wir zwei Fragen beantworten.

Erstens: Wie hoch ist der aktuelle CO₂-Gehalt in deinem Klassenzimmer?

Zweitens: Auf welchen Wert steigt dieser nach einer Schulstunde an?

Um diese Fragen beantworten zu können, gehen wir schrittweise vor und zerlegen sie in mehrere Teilfragen:

1.) Wie kann man den CO₂-Gehalt der Luft bestimmen?

...Seiten: 1 – 18

2.) Wie hoch ist der aktuelle CO₂-Gehalt in deinem Klassenzimmer?

...Seiten: 19 - 20

3.) Auf welchen Wert steigt der CO₂-Gehalt nach einer Schulstunde an?

...Seiten: 21 – 23



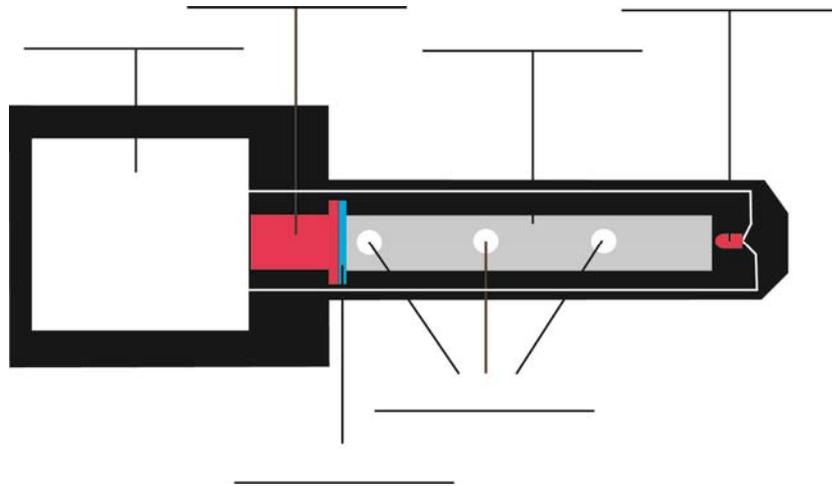
Wie sind CO₂-Gassensoren aufgebaut?



„Hallo,
ich bin Sarah und habe mich mit dem
Aufbau und der Funktionsweise von
CO₂-Gassensoren beschäftigt.
Mit diesen kann man die CO₂-
Konzentration im Klassenzimmer mes-
sen.“

Im ersten Teil dieses Arbeitshefts erkläre
ich dir, aus welchen Bauteilen ein CO₂-
Sensor aufgebaut ist.“

Aufbau eines CO₂-Gassensors:

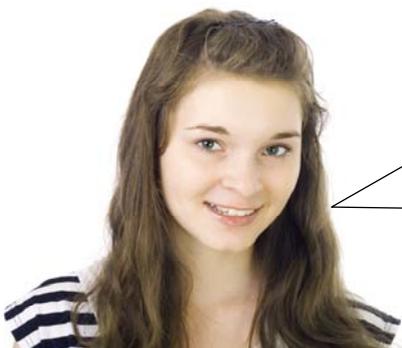


CO₂-Gassensoren bestehen hauptsächlich aus:

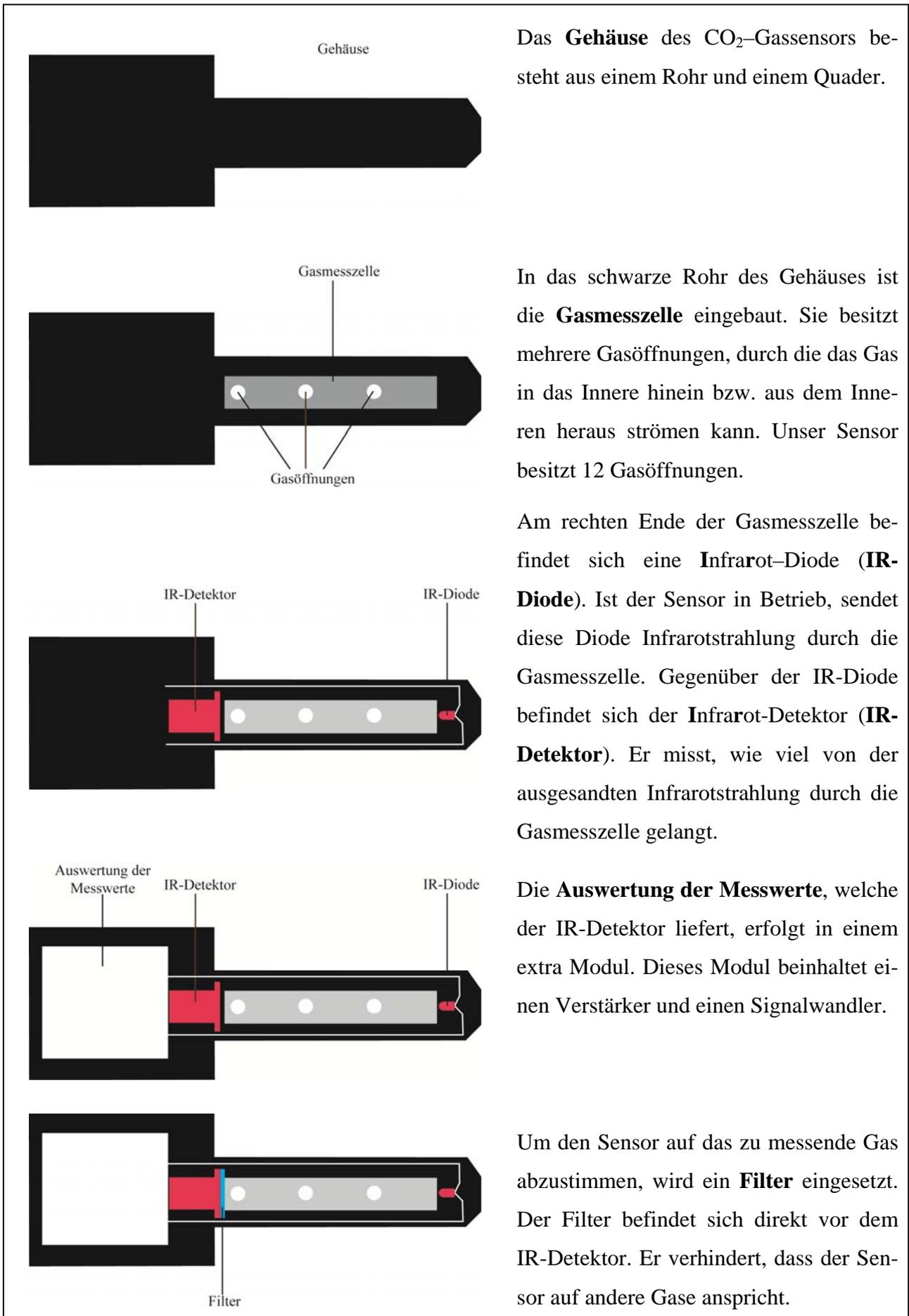
1. einem Gehäuse (im Bild schwarz dargestellt)
2. einer Gasmesszelle mit mehreren Öffnungen (im Bild grau dargestellt)
3. einer Infrarot-Diode (IR-Diode; im Bild rechts - rot dargestellt)
4. einem Infrarot-Detektor (IR-Detektor; im Bild links - rot dargestellt)
5. einer Messauswertung (im Bild weiß dargestellt) und
6. einem Licht-Filter (im Bild blau dargestellt).

1. Aufgabe

Ergänze die Beschriftung in der Zeichnung.

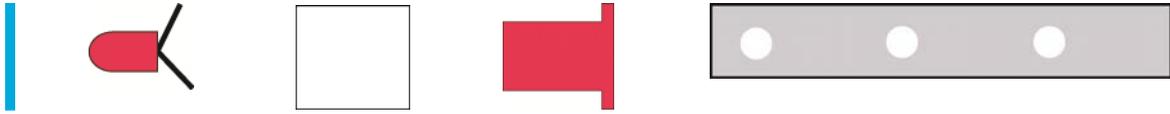


„Jetzt kennst du zwar die einzelnen Bauteile, weißt aber noch nicht welche Funktion sie im Einzelnen haben. Dies wird dir auf den folgenden Seiten erklärt.“



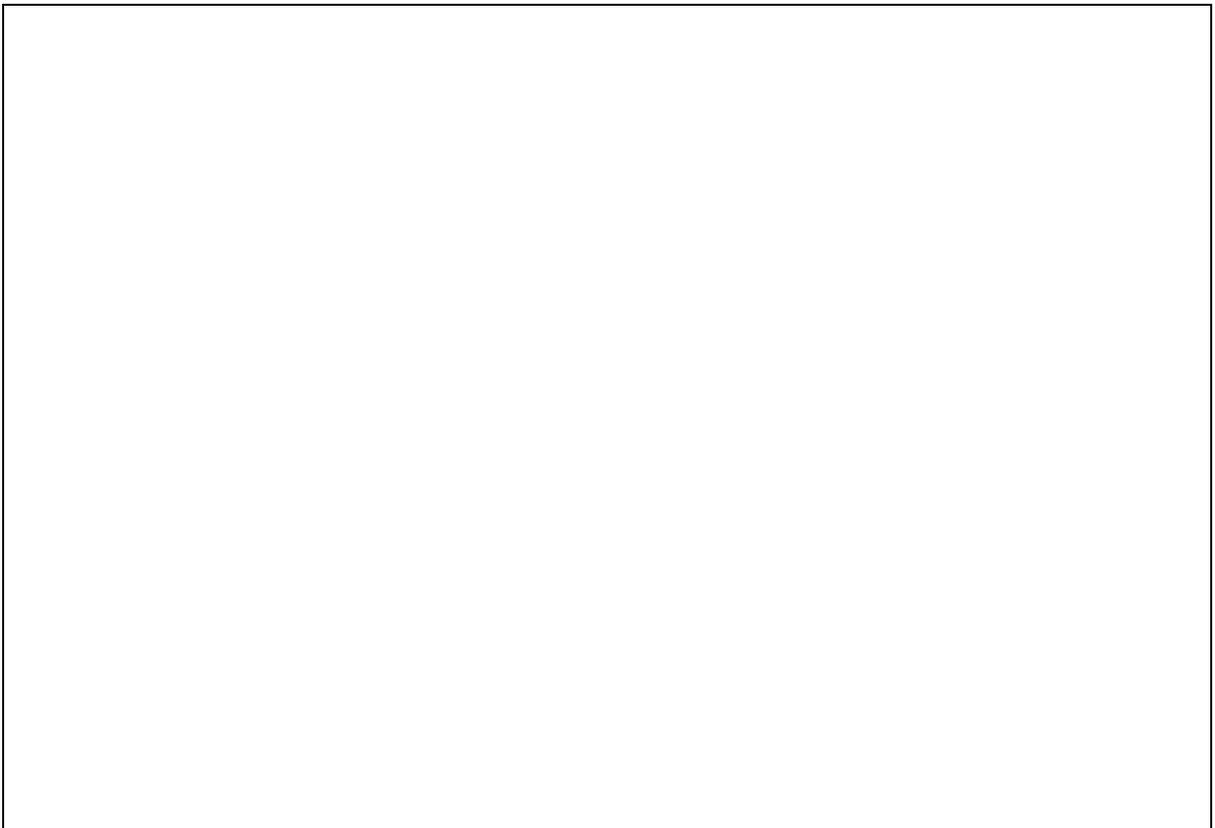
2. Aufgabe

Ordne den Bauteilen des Sensors je ein entsprechendes Bild aus dem Alltag zu.



3. Aufgabe

Erstelle einen „Merkzettel“, der den Aufbau und die Bauteile des CO₂-Gassensors zeigt. Benutze dazu keine erklärenden Worte, sondern nur Zeichnungen, Skizzen und Symbole.



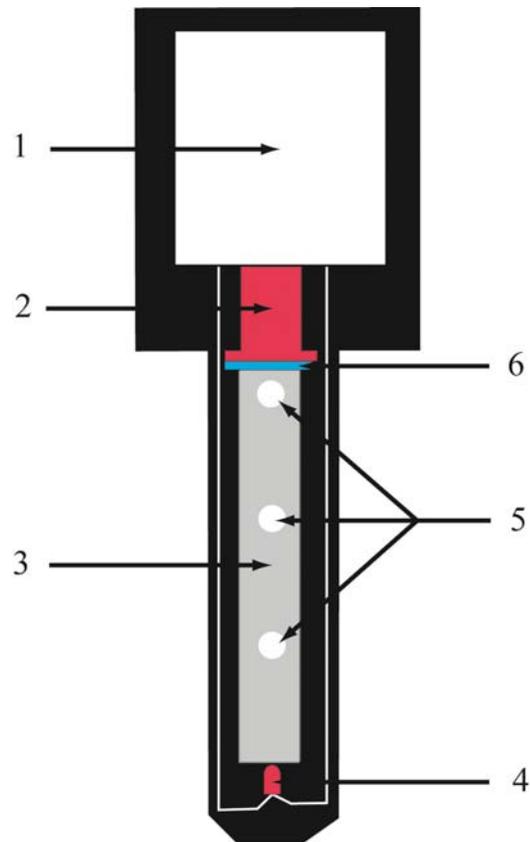
4. Aufgabe

Ordne den einzelnen Bauteilen die richtige Bezeichnung zu.

Bauteile	Bezeichnung
	
	
	
	
	
	

5. Aufgabe

Beschrifte die Zeichnung.



„Hallo,

mein Name ist Mark und ich habe mich ebenfalls mit dem Aufbau von CO₂-Sensoren beschäftigt. Nachdem Sarah euch den Aufbau des Sensors mit Bildern erklärt hat, können wir uns jetzt die einzelnen, „realen“ Bauteile des CO₂-Sensors genauer anschauen.

Schaue dir nun die einzelnen Bauteile in „echt“ an. Dazu findest du in dem Umschlag mehrere Fotos. Diese zeigen den Originalaufbau eines CO₂-Gassensors.

Nimm den Folienschreiber und markiere und beschrifte die IR-Diode, den IR-Detektor und die Gasmesszelle auf den Bildern.“

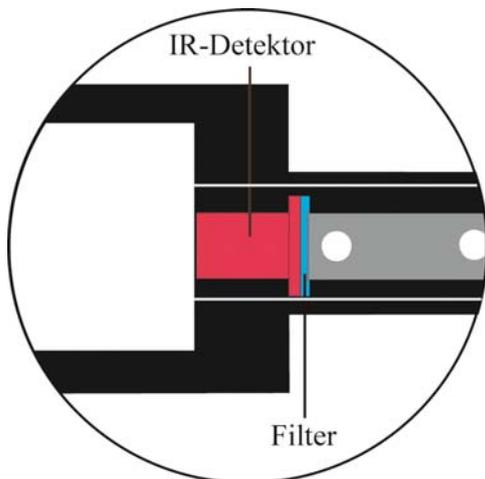
6. Aufgabe

Vergleiche deine Lösungen mit den Lösungen im Lösungsheft. Falls nötig, korrigiere deine Lösung.

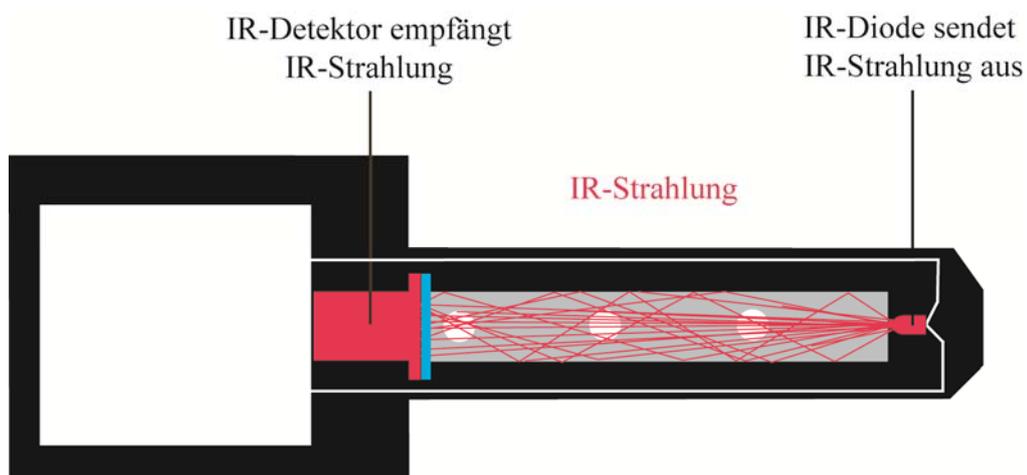
Wie funktionieren CO₂-Gassensoren?



„Im ersten Teil dieses Arbeitshefts hast du die einzelnen Bauteile und deren Funktion kennen gelernt. Im zweiten Teil zeige ich dir, wie der CO₂-Sensor funktioniert. Bevor wir den Sensor zusammenbauen, schauen wir uns nochmals einige Bilder in der Vergrößerung an.“



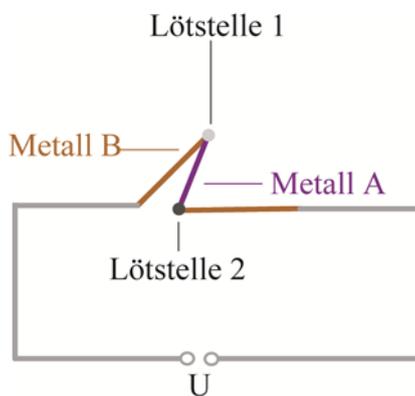
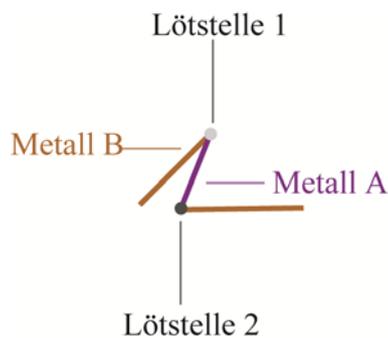
Entscheidende Bauteile des CO₂-Gassensors sind der **IR-Detektor** und die **IR-Diode**. Der Detektor misst, wie viel von der ausgesandten IR-Strahlung durch die Gasmesszelle gelangt. Du kannst dir das wie im folgenden Bild gezeigt vorstellen. Die IR-Diode sendet IR-Strahlung aus. Befinden sich keine CO₂-Moleküle in der Gasmesszelle, gelangt die IR-Strahlung ungehindert zum IR-Detektor.





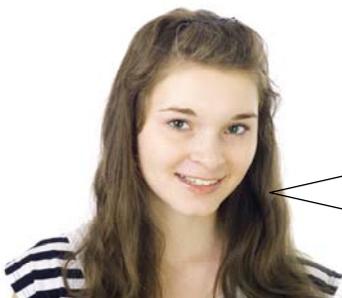
„Es existieren eine Vielzahl von IR-Detektoren, die auf verschiedenen Prinzipien basieren. Ein häufig verwendeter IR-Detektor verwendet Thermoelemente.

Der folgende Text und die folgenden Bilder beschreiben wie Thermoelemente aufgebaut sind und wie sie funktionieren.“



Thermoelemente bestehen aus zwei unterschiedlichen Metallen. Diese beiden Metalle werden an zwei Stellen miteinander verlötet. Entscheidend ist, dass nur eine Lötstelle der IR-Strahlung ausgesetzt wird. In unserem Beispiel wird Lötstelle 2 der IR-Strahlung ausgesetzt. Damit sie die IR-Strahlung besser absorbieren kann, wird sie geschwärzt. Die andere Lötstelle (Lötstelle 1) wird nicht bestrahlt.

Trifft die IR-Strahlung auf die Lötstelle 2, steigt deren Temperatur an. Im Vergleich zur Lötstelle 1 entsteht also ein Temperaturunterschied. Verbindet man nun die beiden freien Enden der Metalle miteinander, kann zwischen ihnen eine **temperaturabhängige Spannung U** gemessen werden. Diese Spannung steigt an, wenn der Temperaturunterschied zwischen den Lötstellen größer wird.



„Folgende zwei Dinge solltest du dir unbedingt merken:

- Erstens: Die Höhe der Spannung ist ein Anzeichen dafür, wie viel IR-Strahlung auf die bestrahlte Lötstelle trifft.
- Zweitens: Je größer der Temperaturunterschied zwischen den Lötstellen, desto höher ist die Spannung.“

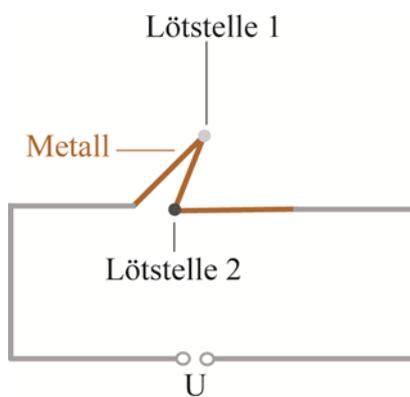
7. Aufgabe

Fasse die bisherigen Informationen und Erkenntnisse in einer beschrifteten **Zeichnung** zusammen. Gehe dabei auf folgende Fragen ein:

- a.) Wie ist ein Thermoelement aufgebaut?
- b.) Wie funktioniert ein Thermoelement?

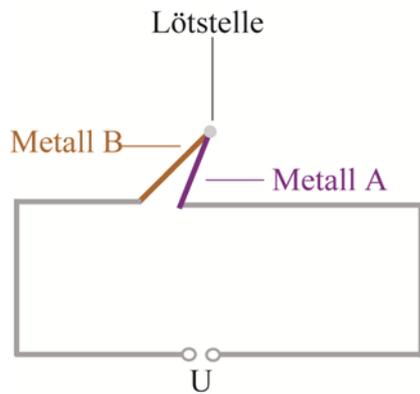
8. Aufgabe

Im folgenden Bild hat sich **ein** Fehler eingeschlichen. Kreise den Fehler farbig ein und zeichne neben das falsche Bild, ein fehlerfreies Bild.



9. Aufgabe

Im folgenden Bild hat sich **ein** Fehler eingeschlichen. Kreise den Fehler farbig ein und zeichne neben das falsche Bild, ein fehlerfreies Bild.



„Nimm den IR-Detektor aus der Schachtel und teste im folgenden Experiment, wie die Thermospannung von der Temperatur abhängt.“

Teste die Abhängigkeit der Thermospannung von der Temperatur

Material

- Einen IR-Detektor
- Zwei Kabel
- Zwei Krokodilklemmen
- Ein Voltmeter
- Streichhölzer



Versuchsaufbau

- Schließe den IR-Detektor an das Voltmeter an. Nutze dazu die braunen Anschlüsse des IR-Detektors, zwei Krokodilklemmen und zwei Kabel. (Tipp 1)
- Stelle dieses Voltmeter auf den Bereich mV-. (Tipp 1)

Versuchsdurchführung

- Dein **Finger** dient als **IR-Quelle**. Gehe mit deinem **Finger** in die Nähe des IR-Detektors und beobachte das Voltmeter, das die Höhe der Thermospannung anzeigt.

Vermutungen

Beobachtungen

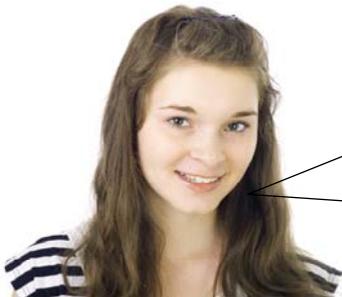
Versuchsdurchführung

- Zünde ein Streichholz an und gehe mit der Flamme in die Nähe des IR-Detektors.
ACHTUNG: Berühre den IR-Detektor nicht.
- Beobachte das Voltmeter, das die Höhe der Thermospannung anzeigt.

Beobachtungen

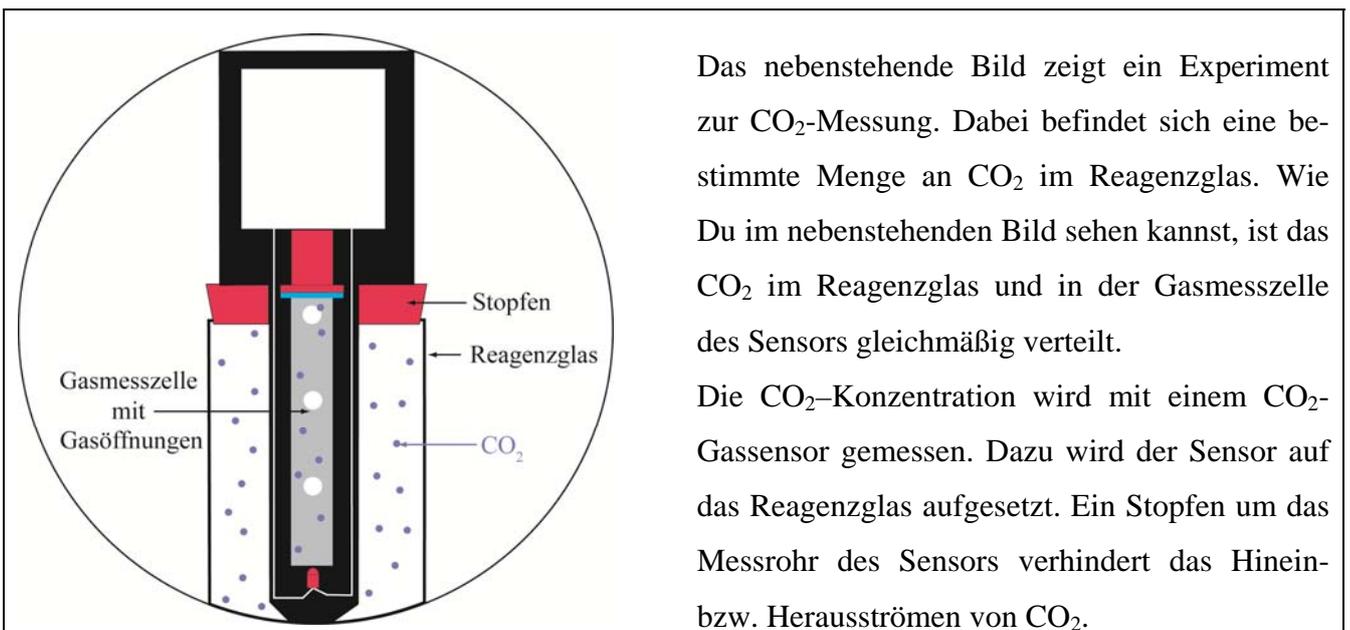
10. Aufgabe

Fasse die Ergebnisse dieses Versuchs in einem Merksatz zusammen. (Tipp: Welche Rolle spielen dein Finger und das brennende Streichholz?)



„Wie entsteht am Thermoelement des IR-Detektors ein Temperaturunterschied?“

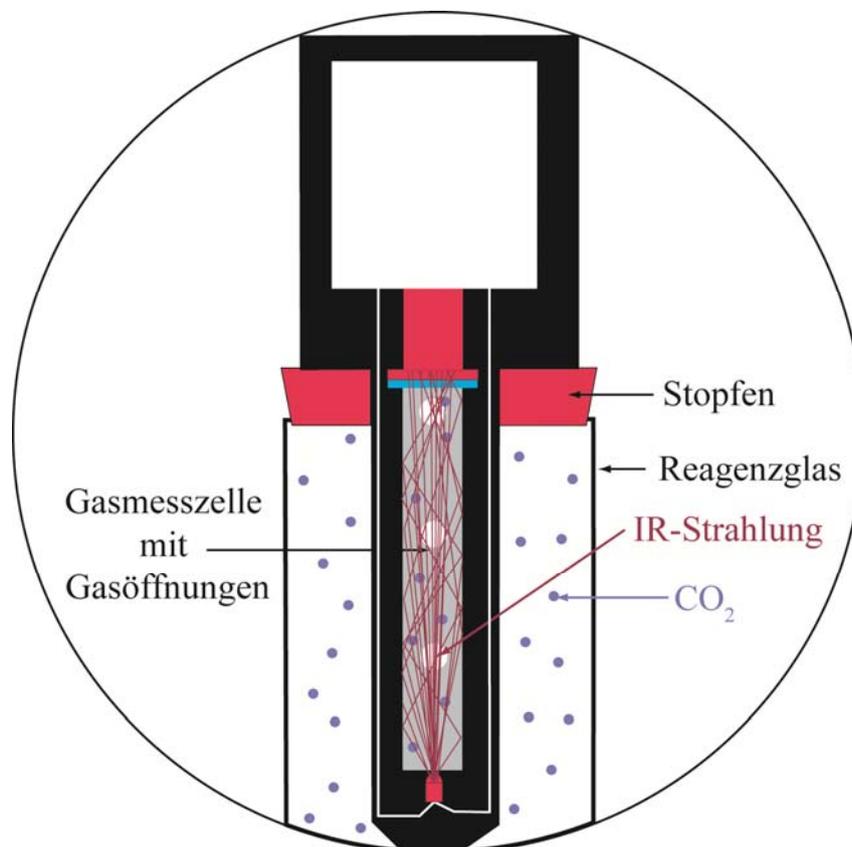
Auf den vorherigen Seiten hast du erfahren, dass Thermoelemente eine temperaturabhängige Spannung U erzeugen. Im Folgenden schauen wir uns an, wie CO₂-Gassensoren dieses Prinzip für die Messung der CO₂-Konzentration nutzen.“



Der IR-Detektor misst wie viel der ausgesandten IR-Strahlung durch die Gasmesszelle kommt.

Befindet sich kein CO₂ in der Gasmesszelle, gelangt die ausgesandte **IR-Strahlung vollständig** zum IR-Detektor.

Befindet sich CO₂ in der Gasmesszelle wird ein **Teil der IR-Strahlung** von den CO₂-Molekülen **absorbiert**. Dadurch kommt weniger IR-Strahlung beim IR-Detektor an.



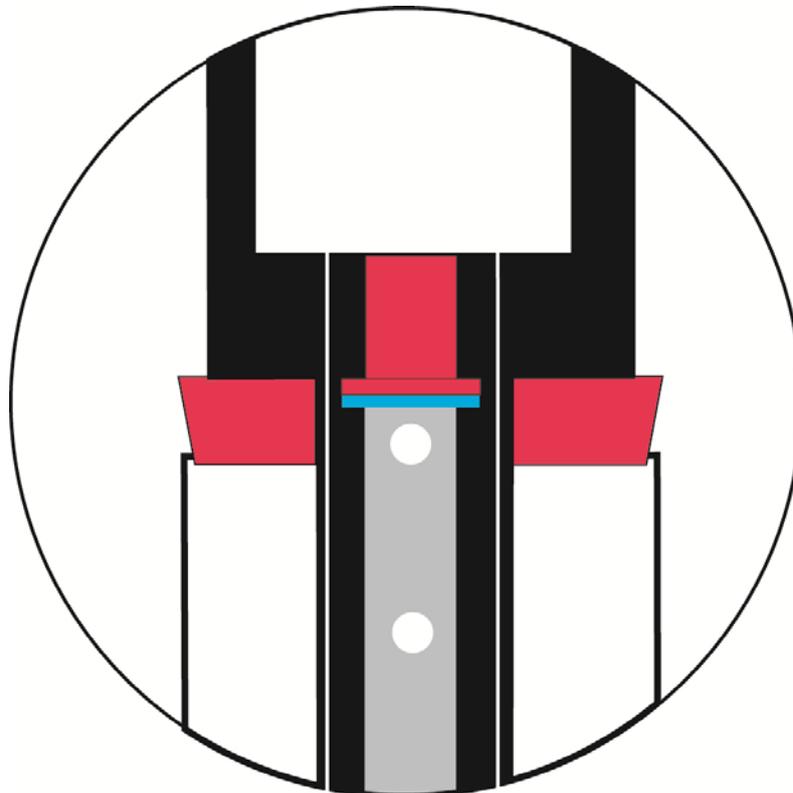
Merke

- Je größer die CO_2 -Konzentration in der Gasmesszelle ist, desto weniger IR-Strahlung kommt zum IR-Detektor.
- Je kleiner die CO_2 -Konzentration in der Gasmesszelle ist, desto mehr IR-Strahlung kommt zum IR-Detektor.

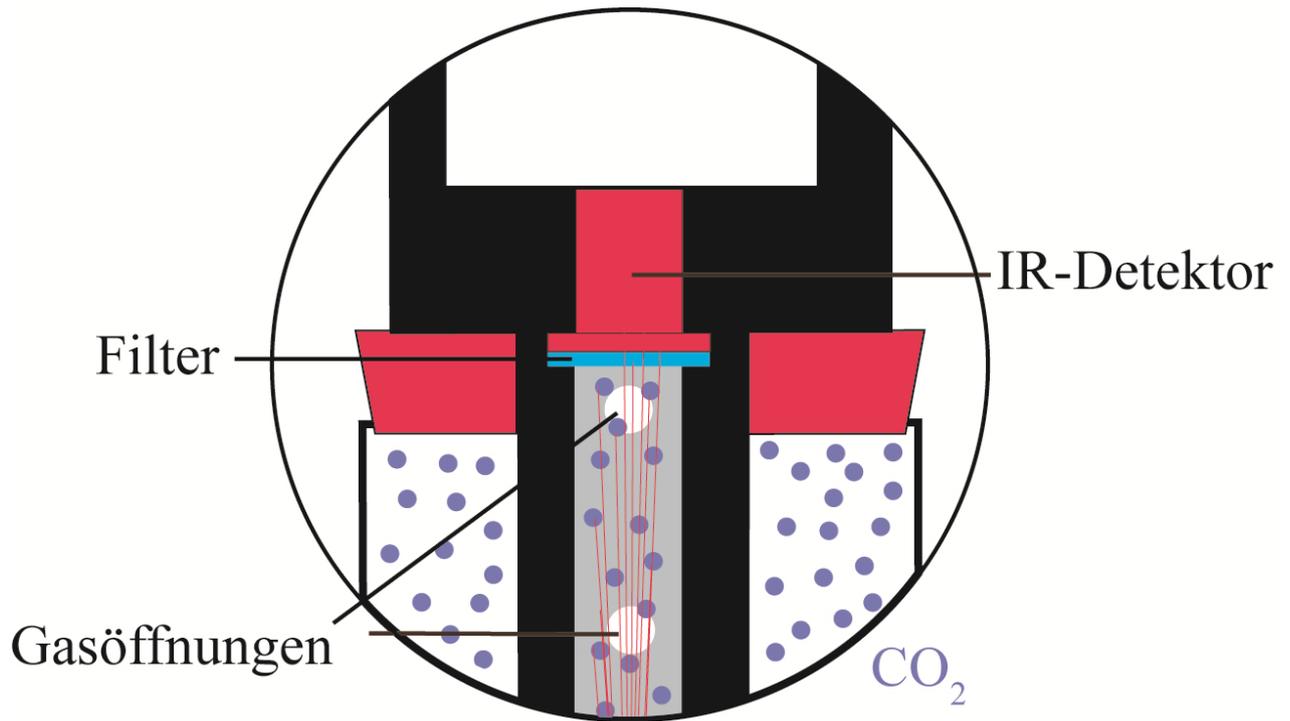
11. Aufgabe

Das folgende Bild ist unvollständig. Es soll die Funktionsweise eines CO_2 -Gassensors bei sehr hoher CO_2 -Konzentration verdeutlichen.

Ergänze die fehlenden CO_2 -Moleküle und die IR-Strahlung. Stelle auch die Absorption der IR-Strahlung dar.



„Das folgende Bild zeigt eine Vergrößerung des IR-Detektors und der einfallenden IR-Strahlung. Es verdeutlicht, dass nicht die gesamte IR-Strahlung beim IR-Detektor ankommt, sondern ein Teil der IR-Strahlung von den CO_2 -Molekülen absorbiert wird. Schau dir das Bild genau an und markiere eine Stelle, an der die Absorption der IR-Strahlung von einem CO_2 -Molekül deutlich wird. Beschrifte deine Markierung.“



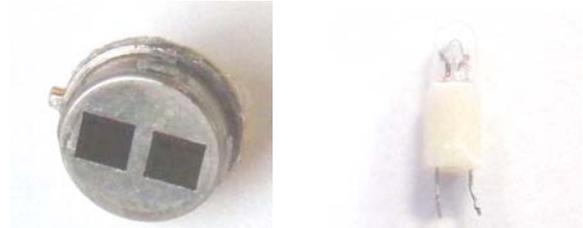
„Ergänze das vorherige Experiment um eine IR-Lampe. Diese dient als IR-Quelle.“

Teste mit Hilfe dieser IR-Lampe die Abhängigkeit der Thermospannung von der Stärke der auftreffenden IR-Strahlung.“

Teste die Abhängigkeit der Thermospannung von der Stärke der auftreffenden IR-Strahlung

Material

- Ein IR-Detektor
- Eine IR-Lampe
- Sechs Kabel
- Vier Krokodilklemmen
- Zwei Voltmeter
- Eine Spannungsquelle
- Ein Papierstreifen



Versuchsaufbau

- Schließe den IR-Detektor an ein Voltmeter an. Nutze dazu die braunen Anschlüsse des IR-Detektors, zwei Krokodilklemmen und zwei Kabel. (Tipp 1)
- Stelle das Voltmeter, welches an den IR-Detektor angeschlossen ist, auf mV-. (Tipp 1)
- Die **IR-Lampe** dient als **IR-Quelle**. Schließe die IR-Lampe an eine Spannungsquelle an. Stelle eine Spannung von **4 Volt** ein. Schließe zur Kontrolle der Spannung, welche an der IR-Lampe anliegt, ein Voltmeter an. (Tipp 4)

Versuchsdurchführung Teil 1

- Bringe die IR-Lampe vor den IR-Detektor und beobachte das Voltmeter, das die Thermospannung anzeigt.

Beobachtungen

Versuchsdurchführung Teil 2

- Verändere den Abstand zwischen IR-Lampe und IR-Detektor. Beobachte das Voltmeter, das die Thermospannung anzeigt und notiere deine Beobachtungen.

Beobachtungen

Versuchsdurchführung Teil 3

- Halte den Abstand zwischen der IR-Lampe und dem IR-Detektor konstant.
- Verändere die Helligkeit der IR-Lampe, indem du die Spannung an der IR-Lampe verkleinerst und vergrößerst. **ACHTUNG:** Es dürfen **nicht mehr als 6 Volt** an der IR-Lampe anliegen.
- Beobachte das Voltmeter, das die Thermospannung anzeigt, und notiere deine Beobachtungen.

Beobachtungen

Versuchsdurchführung Teil 4

- Halte den Abstand zwischen der IR-Lampe und dem IR-Detektor konstant.
- Der **Papierstreifen** steht für ein **CO₂-Molekül**, das die IR-Strahlung absorbiert. Nimm den Papierstreifen und halte ihn zwischen IR-Lampe und IR-Detektor. Achte darauf, dass du den IR-Detektor nicht berührst. (Tipp 5)
- Beobachte das Voltmeter, das die Thermospannung anzeigt, einmal wenn du den Papierstreifen zwischen die IR-Lampe und den IR-Detektor hältst und einmal, wenn du den Papierstreifen wieder wegnimmst.

Beobachtungen



„Fasse die Ergebnisse dieser Versuche in **einem** Merksatz zusammen.“

Merksatz:

Der CO₂-Gehalt in unserem Klassenzimmer: Wie hoch ist er wirklich?

Material

- CO₂-Gassensor
- LabQuest
- 10 Liter Gefrierbeutel
- Maßband
- Taschenrechner



Versuchsdurchführung

Teil 1

- Achte darauf, dass alle Fenster geschlossen sind.
- Messe die CO₂-Konzentration an deinem Platz. Stelle dazu das Stativmaterial auf die Mitte des Tisches und befestige den Sensor. (Tipp 6)
- SchlieÙe den Sensor an das LabQuest an. (Tipp 7)
- Setze dich mit deiner Gruppe an einen Tisch um den Sensor herum und atme in Richtung des Sensors.
- Starte die Messung und notiere deine Beobachtungen. (Tipp 8)

Beobachtungen zu Teil 1

Teil 1	Zeit in s	CO ₂ in ppm
	0	
	60	
	120	

Versuchsdurchführung

Teil 2

- Messe die CO₂-Konzentration an einem geöffneten Fenster. Stelle dazu das Stativmaterial auf die Mitte des Tisches und befestige den Sensor.
- Schließe den Sensor an das LabQuest an.
- Setze dich an diesen Tisch und atme in Richtung des Sensors.
- Starte die Messung.
- Vergleiche die neuen Messwerte mit den vorherigen Messwerten. Was kannst du feststellen?

Beobachtungen Teil 2

Teil 2	Zeit in s	CO ₂ in ppm
	0	
	60	
	120	

Versuchsdurchführung

Teil 3

Wie groß ist das Luftvolumen deines Klassenzimmers? (Tipp 9)

- Wandle das Ergebnis in Liter um. (Tipp 10)

Volumen = 1

- Schließe den Sensor an das LabQuest an.
- Lege beides, das LabQuest und den angeschlossenen Sensor, in die Tüte.
- Bestimme eine Person aus der Gruppe. Starte die Messung und warte ca. 60 s. Nach diesen 60s atmet die ausgewählte Person 120s normal in die Tüte ein und aus. (Tipp 11)

Beobachtungen Teil 3

Teil 3	Zeit in s	CO ₂ in ppm
	60	
	80	
	100	
	120	
	140	
	160	
	180	

Ergebnis

Um wie viel steigt die CO₂-Konzentration in den 120 s in der Tüte an? (Tipp 12)

Um wie viel steigt die CO₂-Konzentration pro Sekunde in der Tüte an? (Tipp 13)

Auf welchen Wert würde die CO₂-Konzentration in der Tüte ansteigen, wenn man das Experiment erst nach 45 min abbrechen würde? (Tipp 14)

Dein Klassenzimmer hat natürlich ein größeres Volumen als die Tüte. Wie hoch wäre die CO₂-Konzentration nach 45 min in deinem Klassenzimmer? (Tipp 15)

Um wie viel steigt die CO₂-Konzentration in deinem Klassenzimmer in 45min an, wenn sich die ganze Klasse darin befindet? (Tipp 16)



„Wie du siehst, kommt in einer Schulstunde ganz schön was zusammen. Vielleicht hast du während des Experiments auch schon einige **Auswirkungen** wahrgenommen. Zu dieser Thematik habe ich in einem medizinischen Buch, weitere Informationen gefunden. Einen Ausschnitt davon, findest du auf der folgenden Seite.“

Auswirkungen von CO₂-Konzentrationen auf den Körper

Liegt der CO₂-Wert bei **10 000 ppm** (das sind gerade mal 1 % des Luftvolumens) wird man leicht schläfrig und müde. Das kennst Du sicher aus dem Unterricht.

Liegt der CO₂-Wert zwischen **10 000 und 30 000 ppm** (1 % und 3 % des Luftvolumens) vermindert sich unser Hörvermögen, die Herzfrequenz und der Blutdruck steigen an und man hat das Gefühl, betäubt zu sein.

Bei Werten zwischen **30 000 und 50 000 ppm** (3 % und 5 % des Luftvolumens) reagiert der Körper mit Kopfschmerzen, Schwindelgefühlen, Kurzatmigkeit und Verwirrungsständen.

Ab Werten zwischen **50 000 und 80 000 ppm** (5 % und 8 % des Luftvolumens) wird's richtig gefährlich. Der Körper reagiert dann mit Ohnmacht, Zittern und Schweißausbrüchen.

Eine CO₂-Konzentration von 8 % kann innerhalb von 30 – 60 min zum Tod führen.

Zusammenfassung



Impressum:

Bianca Watzka, M.A.
watzka@ph-ludwigsburg.de

Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Reuteallee 46

71634 Ludwigsburg

Prof. Dr. Raimund Girwicz
girwicz@physik.uni-muenchen.de

Ludwig-Maximilians-Universität München
Lehrstuhl für Didaktik der Physik
Theresienstr. 37

80333 München

Weitere Informationen:

<http://www.ph-ludwigsburg.de/mnwkolleg>

<http://www.didaktikonline.physik.uni-muenchen.de>

Dieses Arbeitsheft sowie einzelne Teile desselben sind urheberrechtlich geschützt. Eine Weitergabe, Vervielfältigung oder Veröffentlichung ist ohne schriftliche Zustimmung der Autoren nicht zulässig.