

## 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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft bestimmen?**

...Seiten: 1 – 16

**2.) Wie hoch ist der aktuelle CO<sub>2</sub>-Gehalt in deinem Klassenzimmer?**

...Seiten: 17 - 18

**3.) Welche Werte hat der CO<sub>2</sub>-Gehalt vor und nach einer Stunde?**

...Seiten: 19 – 21



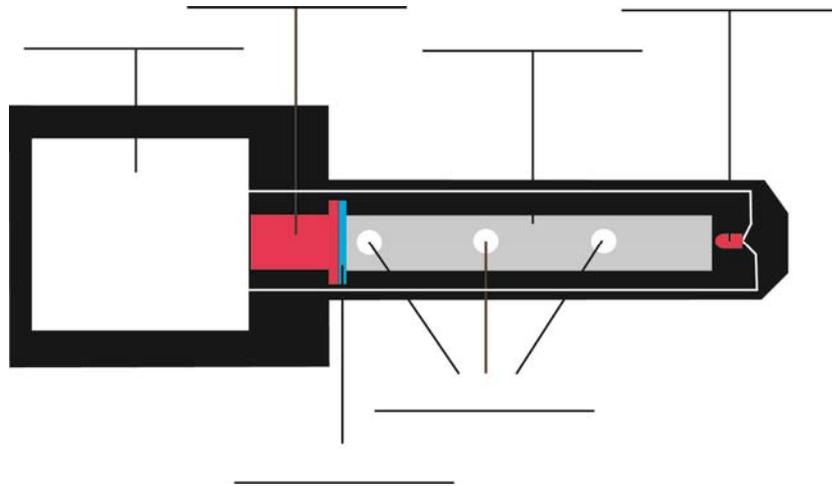
## Wie sind CO<sub>2</sub>-Gassensoren aufgebaut?



„Hallo,  
ich bin Sarah und habe mich mit dem  
Aufbau und der Funktionsweise von  
CO<sub>2</sub>-Gassensoren beschäftigt.  
Mit diesen kann man die CO<sub>2</sub>-  
Konzentration im Klassenzimmer mes-  
sen.“

Im ersten Teil dieses Arbeitshefts erkläre  
ich dir, aus welchen Bauteilen ein CO<sub>2</sub>-  
Sensor aufgebaut ist.“

## Aufbau eines CO<sub>2</sub>-Gassensors:

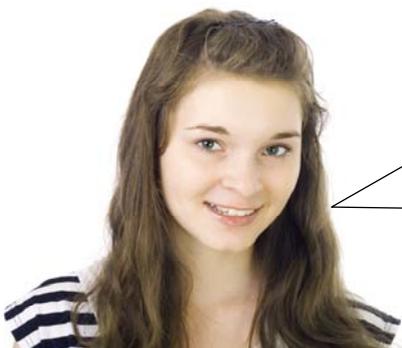


CO<sub>2</sub>-Gassensoren bestehen hauptsächlich aus:

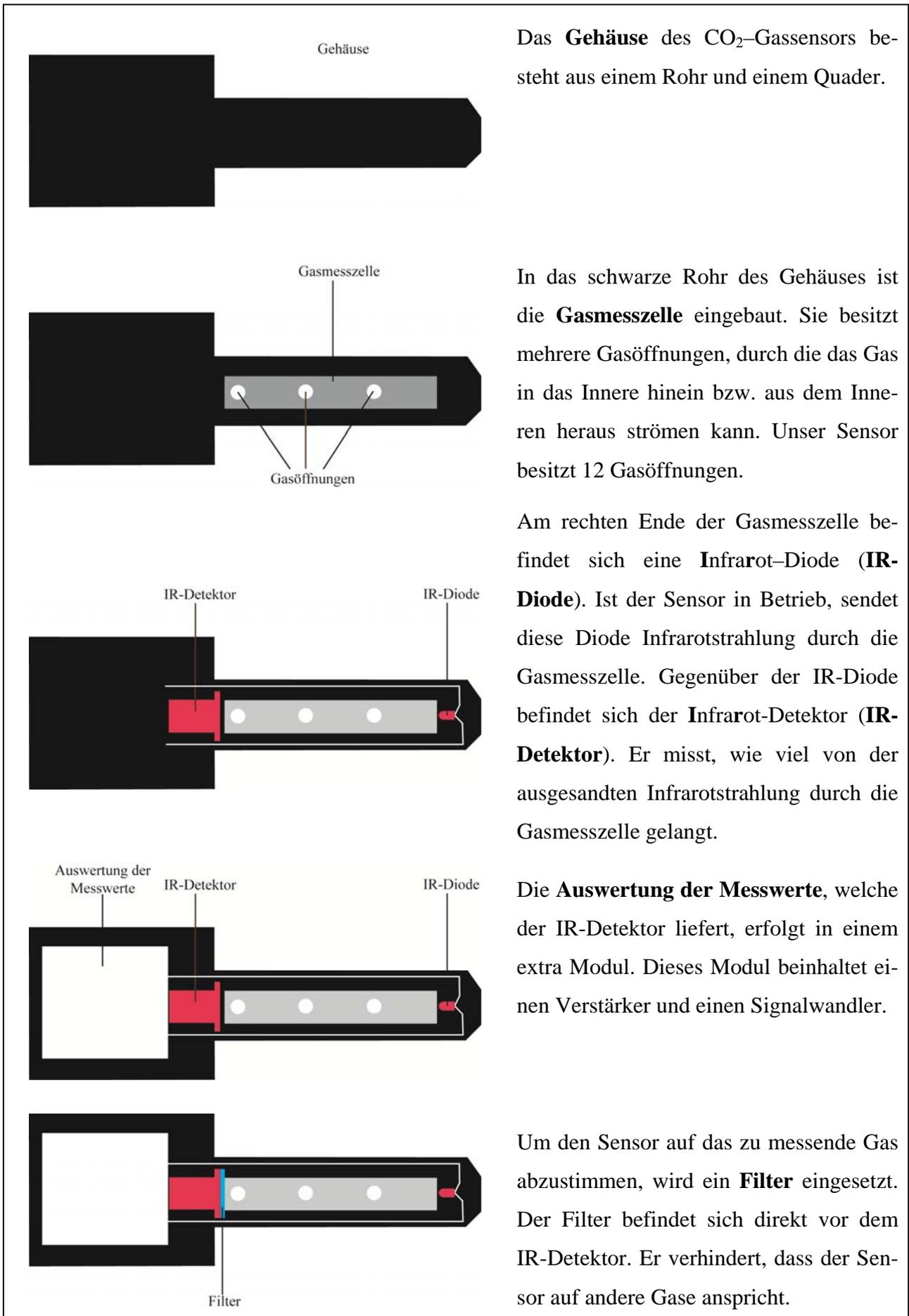
1. einem Gehäuse (im Bild schwarz dargestellt)
2. einer Gasmesszelle mit mehreren Öffnungen (im Bild grau dargestellt)
3. einer Infrarot-Diode (IR-Diode; im Bild rechts - rot dargestellt)
4. einem Infrarot-Detektor (IR-Detektor; im Bild links - rot dargestellt)
5. einer Messauswertung (im Bild weiß dargestellt)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

Notiere zu jedem Bauteil je einen Einfall, der dir dazu durch den Kopf geht.

Beispiel: IR-Diode → (wie eine) Lampe

---

---

---

---

---

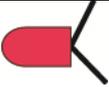
---

---

---

## 3. Aufgabe

Ordne den einzelnen Bauteilen die richtige Bezeichnung zu.

| Bauteile  | Bezeichnung |
|---|-------------|
|  |             |
|  |             |
|  |             |
|  |             |
|  |             |
|  |             |



„Hallo,  
mein Name ist Mark und ich habe mich ebenfalls mit dem Aufbau von CO<sub>2</sub>-Sensoren beschäftigt. Nachdem Sarah euch den Aufbau des Sensors mit Bildern erklärt hat, können wir uns jetzt die einzelnen, „realen“ Bauteile des CO<sub>2</sub>-Sensors genauer anschauen. Schau dir nun die einzelnen Bauteile in „echt“ an. Dazu findest du in dem Umschlag mehrere Fotos. Diese zeigen den Originalaufbau eines CO<sub>2</sub>-Gas-sensors.  
Nimm den Folienschreiber und markiere und beschrifte die IR-Diode, den IR-Detektor und die Gas-messzelle auf den Bildern.“

#### **4. Aufgabe**

Fasse in eigenen Worten zusammen, wie der Sensor aufgebaut ist.

---

---

---

---

---

---

---

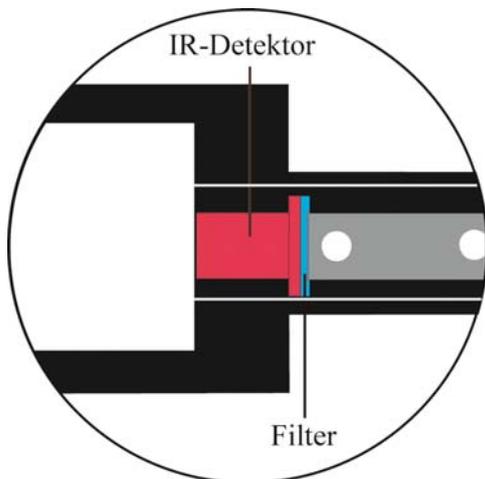
#### **5. Aufgabe**

Vergleiche deine Lösungen mit den Lösungen des Lösungsheftes. Falls nötig, korrigiere deine Lösung.

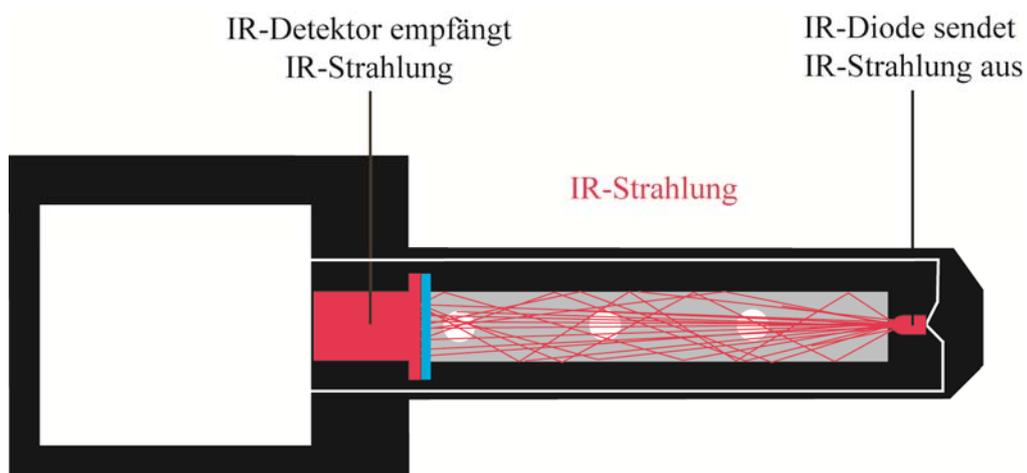
## Wie funktionieren CO<sub>2</sub>-Gassensoren?



„Im ersten Teil dieses Arbeitshefts hast du die einzelnen Bauteile und deren Funktion kennen gelernt. Im zweiten Teil zeige ich dir, wie der CO<sub>2</sub>-Sensor funktioniert. Bevor wir den Sensor zusammenbauen, schauen wir uns nochmals einige Bilder in der Vergrößerung an.“



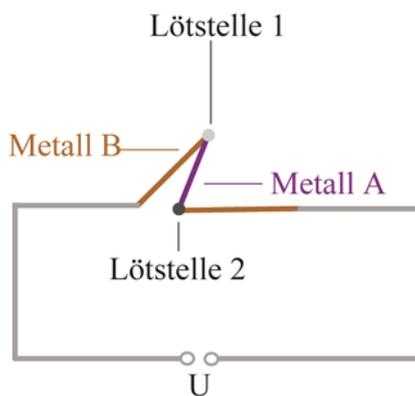
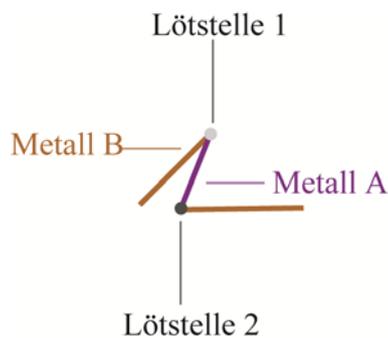
Entscheidende Bauteile des CO<sub>2</sub>-Gassensors sind der **IR-Detektor** und die **IR-Diode**. Der Detektor misst, wie viel von der ausgesandten IR-Strahlung durch die Gasmesszelle gelangt. Du kannst dir das wie im folgenden Bild gezeigt vorstellen. Die IR-Diode sendet IR-Strahlung aus. Befinden sich keine CO<sub>2</sub>-Moleküle in der Gasmesszelle, gelangt die IR-Strahlung ungehindert zum IR-Detektor.





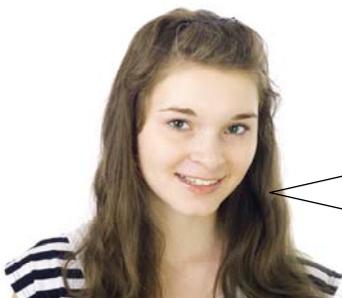
„Es existieren eine Vielzahl von IR-Detektoren, die auf verschiedenen Prinzipien basieren. Ein häufig verwendeter IR-Detektor verwendet Thermoelemente.

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.“

## 6. Aufgabe

Fasse die bisherigen Informationen und Erkenntnisse in eigenen Worten zusammen. Gehe dabei auf folgende Fragen ein:

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

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



„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

---

---

---

---

## 7. Aufgabe

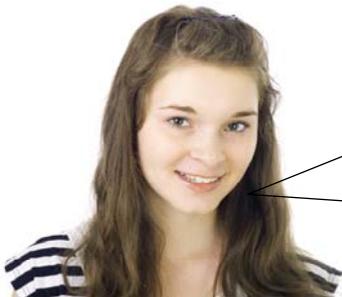
Fasse die Ergebnisse dieses Versuchs in einem Merksatz zusammen. (Tipp: Welche Rolle spielen dein Finger und das brennende Streichholz?)

---

---

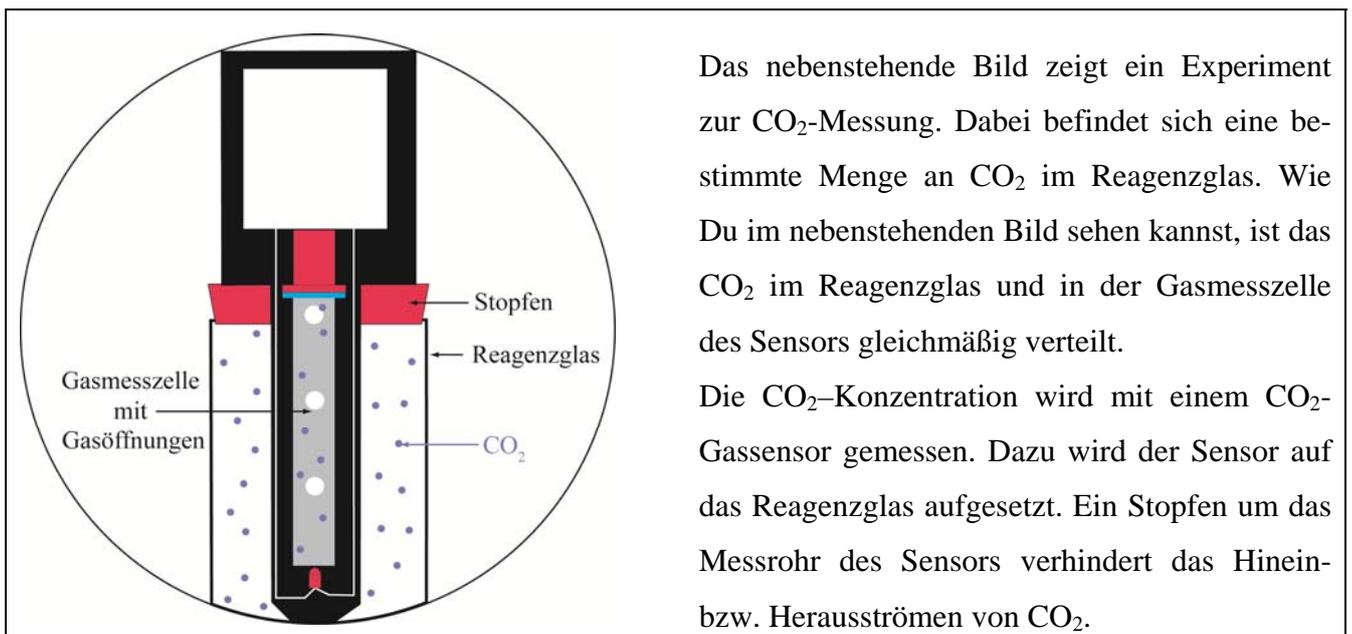
---

---



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

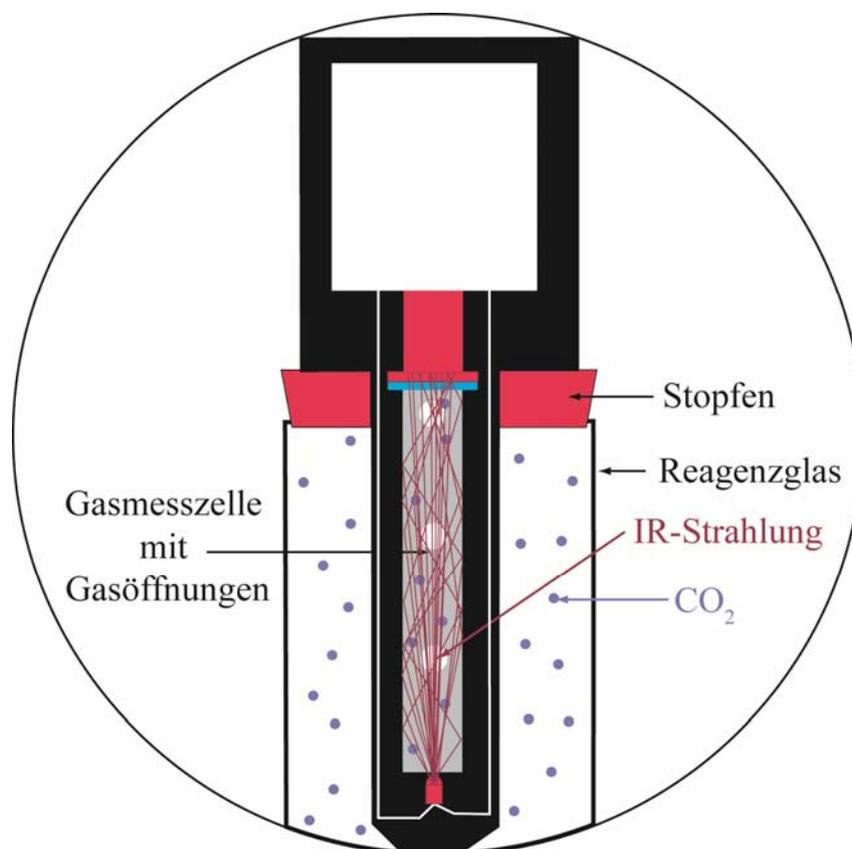
Auf den vorherigen Seiten hast du erfahren, dass Thermoelemente eine temperaturabhängige Spannung  $U$  erzeugen. Im Folgenden schauen wir uns an, wie CO<sub>2</sub>-Gassensoren dieses Prinzip für die Messung der CO<sub>2</sub>-Konzentration nutzen.“



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

**Befindet sich kein CO<sub>2</sub>** in der Gasmesszelle, gelangt die ausgesandte **IR-Strahlung vollständig** zum IR-Detektor.

**Befindet sich CO<sub>2</sub>** in der Gasmesszelle wird ein **Teil der IR-Strahlung** von den CO<sub>2</sub>-Molekülen **absorbiert**. Dadurch kommt weniger IR-Strahlung beim IR-Detektor an.



## Merke

- Je größer die  $\text{CO}_2$ -Konzentration in der Gasmesszelle ist, desto weniger IR-Strahlung kommt zum IR-Detektor.
- Je kleiner die  $\text{CO}_2$ -Konzentration in der Gasmesszelle ist, desto mehr IR-Strahlung kommt zum IR-Detektor.

## 8. Aufgabe

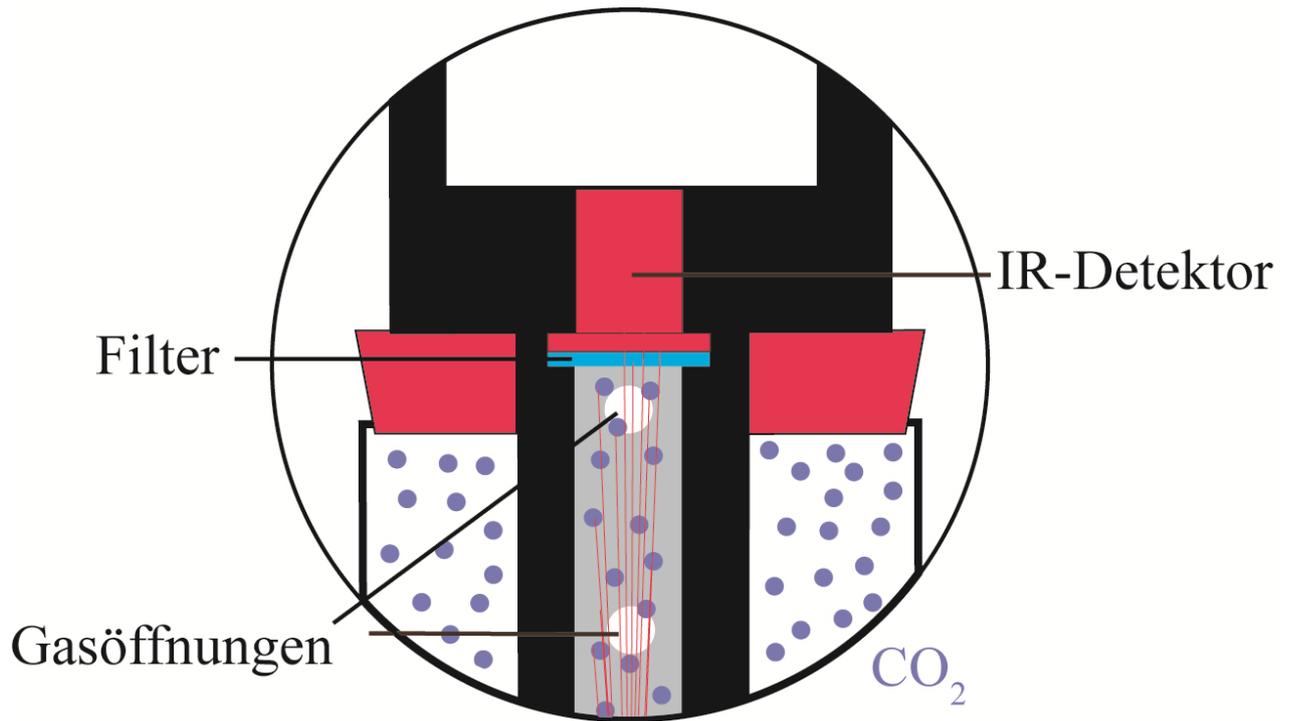
Maria und Markus haben sich gemeinsamen den folgenden Merkttext einfallen lassen. Leider waren sie sich an manchen Stellen unsicher. Die betroffenen Stellen haben sie unterstrichen.

Streiche bitte die falsche Antwortalternative der unterstrichenen Stellen durch.

- Eine hohe  $\text{CO}_2$ -Konzentration in der Gasmesszelle führt dazu, dass mehr/weniger IR-Strahlung beim IR-Detektor ankommt.
- Dadurch werden die Thermoelemente des IR-Detektors weniger stark/stärker bestrahlt.
- Das hat zur Folge, dass die Temperaturdifferenz zwischen bestrahlten und unbestrahlten Lötstellen geringer/größer ist.
- Eine geringere Temperaturdifferenz führt zu einer kleineren/höheren Thermospannung.



„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  $\text{CO}_2$ -Molekülen absorbiert wird. Schau dir das Bild genau an und markiere eine Stelle, an der die Absorption der IR-Strahlung von einem  $\text{CO}_2$ -Molekül deutlich wird. Beschrifte deine Markierung.“



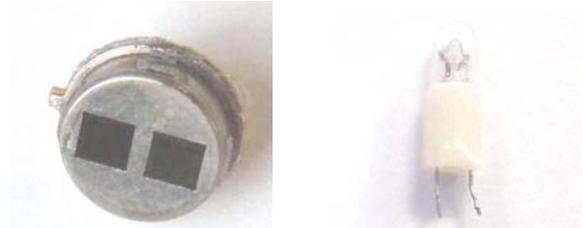
„Ergänze das vorherige Experiment um eine IR-Lampe. Diese dient als IR-Quelle.“

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 Spannungsquellen
- 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 **CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Gehalt in unserem Klassenzimmer: Wie hoch ist er wirklich?

### Material

- CO<sub>2</sub>-Gassensor
- LabQuest
- 10 Liter Gefrierbeutel
- Maßband
- Taschenrechner



### Versuchsdurchführung

#### Teil 1

- Achte darauf, dass alle Fenster geschlossen sind.
- Messe die CO<sub>2</sub>-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 <sub>2</sub> in ppm |
|--------|-----------|------------------------|
|        | 0         |                        |
|        | 60        |                        |
|        | 120       |                        |

## Versuchsdurchführung

### Teil 2

- Messe die CO<sub>2</sub>-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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> in ppm |
|--------|-----------|------------------------|
|        | 60        |                        |
|        | 80        |                        |
|        | 100       |                        |
|        | 120       |                        |
|        | 140       |                        |
|        | 160       |                        |
|        | 180       |                        |

## Ergebnis

Um wie viel steigt die CO<sub>2</sub>-Konzentration in den 120 s in der Tüte an? (Tipp 12)

---

---

Um wie viel steigt die CO<sub>2</sub>-Konzentration pro Sekunde in der Tüte an? (Tipp 13)

---

---

Auf welchen Wert würde die CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Konzentration nach 45 min in deinem Klassenzimmer? (Tipp 15)

---

---

Um wie viel steigt die CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Konzentrationen auf den Körper

Liegt der CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Konzentration von 8 % kann innerhalb von 30 – 60 min zum Tod führen.

### Zusammenfassung



**Impressum:**

Bianca Watzka, M.A.  
[watzka@ph-ludwigsburg.de](mailto:watzka@ph-ludwigsburg.de)

Pädagogische Hochschule Ludwigsburg  
Reuteallee 46

71634 Ludwigsburg

Prof. Dr. Raimund Girwitz  
[girwitz@lmu.de](mailto:girwitz@lmu.de)

Ludwig-Maximilians-Universität München  
LS Didaktik der Physik  
Theresienstraße 37

80333 München

**Weitere Informationen:**

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

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