

# Air Quality Explorer Set



Heft für Lehrkräfte und  
Bildungsinstitutionen mit  
Erklärungen, Projekten  
und Arbeitsblättern

Dieses Arbeitsheft wurde im Rahmen des Projekts iCodeMS entwickelt.

# <icode>MS

iCodeMS ist ein Projekt von:

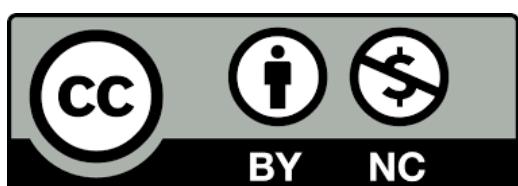


Kofinanziert von der  
Europäischen Union

Ministerium für Wirtschaft,  
Industrie, Klimaschutz und Energie  
des Landes Nordrhein-Westfalen



Das Material steht als Open Educational Ressource (OER) unter der CC BY-NC 4.0 Lizenz zur Verfügung und darf somit unter Namensnennung zu nicht kommerziellen Zwecken bearbeitet und geteilt werden.



Version 1.0 (November 2024)

Herausgeber: Reedu GmbH & Co. KG – home of senseBox  
Autor\*innen: Eduardo Candeias Schneider, Verena Witte

# Air Quality Explorer Set

## Arbeitsheft

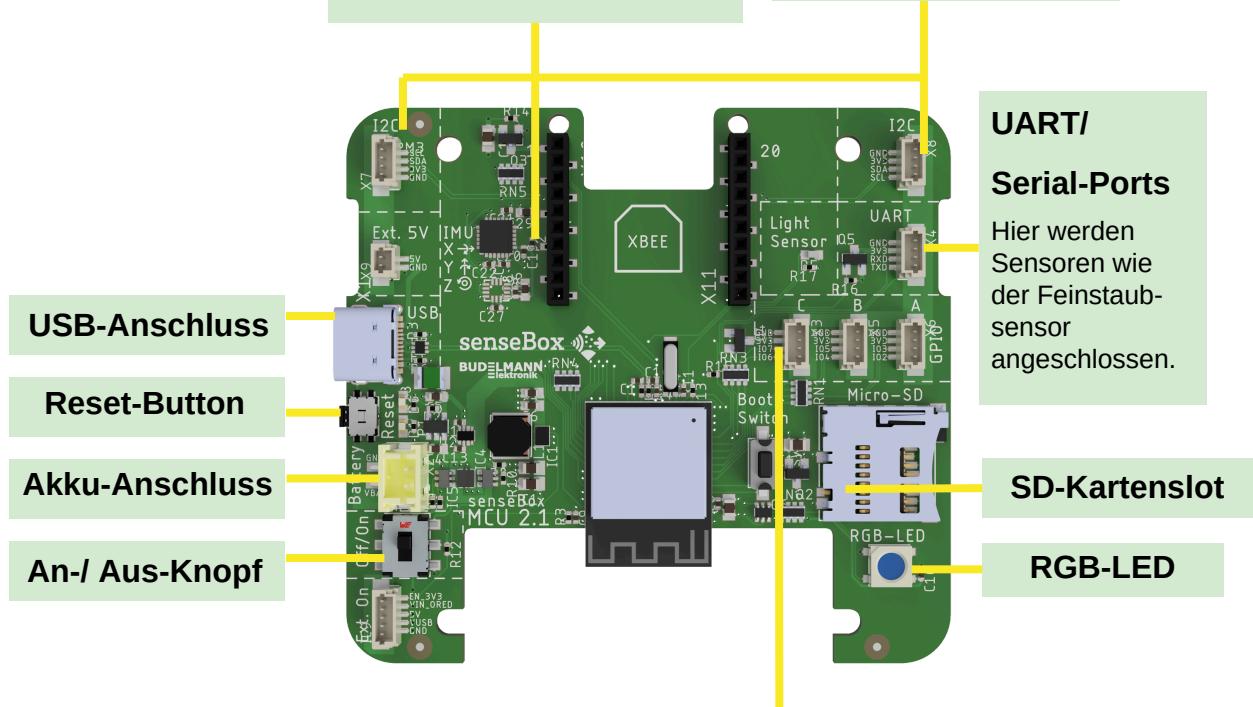
Ziel	Dieses Arbeitsheft begleitet den Einsatz der senseBox und dem "Air Quality Explorer Set" in der <b>Schule</b> und in anderen Bildungskontexten.
Inhalt	<p>Mit dem Air Quality Explorer Set kann die <b>Luftqualität</b> im Innenraum und im Freien untersucht werden. Es eignet sich beispielsweise für den Bau einer CO<sub>2</sub>-Ampel, um vor hohen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Klassenraum zu warnen und aus den Messreihen Lüftungsstrategien zu entwickeln. Zudem kannst du mithilfe des Feinstaubensors die Luftqualität verschiedener Stadtviertel in den Blick nehmen und Feinstaubquellen identifizieren.</p> <p>Im Arbeitsheft werden alle benötigten Informationen zur <b>Nutzung des Air Quality Explorer Sets</b> mit der senseBox vermittelt und an geeigneten Stellen auf weitere Materialien hingewiesen.</p> <p>Für den einfachen Einsatz im Unterricht gibt es <b>konkrete Unterrichtsentwürfe und Arbeitsblätter</b>, die dabei unterstützen, verschiedene Themenfelder durch <b>erforschendes Lernen</b> zu vermitteln.</p> <p>Dabei führt die grafische Benutzeroberfläche "Blockly für senseBox" Lernende an die <b>Programmierung</b> heran und erlaubt auch Nutzenden ohne Vorkenntnisse eine flexible Handhabung der senseBox.</p>
Material	<p>Zur Umsetzung der Unterrichtseinheiten werden folgende Materialien vorausgesetzt:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• senseBox:edu MCU S2 (Basisset), inklusive<ul style="list-style-type: none"><li>◦ Temperatur- und Luftfeuchtesensor</li><li>◦ Akku + Laderegler (oder andere Stromversorgung)</li><li>◦ OLED-Display</li></ul></li><li>• senseBox "Air Quality Explorer" Set</li><li>• Computer zur Erstellung und Übermittlung des Programmcodes</li></ul> <p>Die senseBox und einzelne Sets können hier erworben werden: <a href="https://sensebox.kaufen">https://sensebox.kaufen</a></p>

# Inhaltsverzeichnis

<b>SENSEBOX-GRUNDLAGEN</b>	
Aufbau und Anschlüsse der senseBox	1
Programmierung (mit “Blockly”)	2
<b>NEUE SENSOREN</b>	
<b>(Air Quality Explorer Set)</b>	
CO <sub>2</sub> - Einführung	3
CO <sub>2</sub> -Sensor (SCD30)	4
Feinstaub - Einführung	5
Feinstaub-Sensor (SPS30)	6
<b>PROJEKTE / LEHRKONZEPTE</b>	
Weltraummission (Feinstaub)	9
Umwelthelden (Feinstaub)	16
CO <sub>2</sub> -Ampel (CO <sub>2</sub> )	26
Fotosynthese (CO <sub>2</sub> )	35
Klimawandel (CO <sub>2</sub> )	43
<b>WEITERE MATERIALIEN UND</b>	
<b>PROJEKTIDEEN</b>	49
<b>QUELLENVERZEICHNIS</b>	51



# ① Aufbau der senseBox



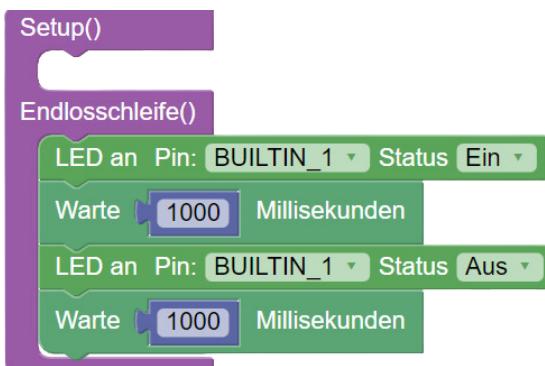
Deine senseBox sieht so aus?



-> Dann findest du hier das Arbeitsheft für dein Modell:  
<https://sensebox.de/de/material>



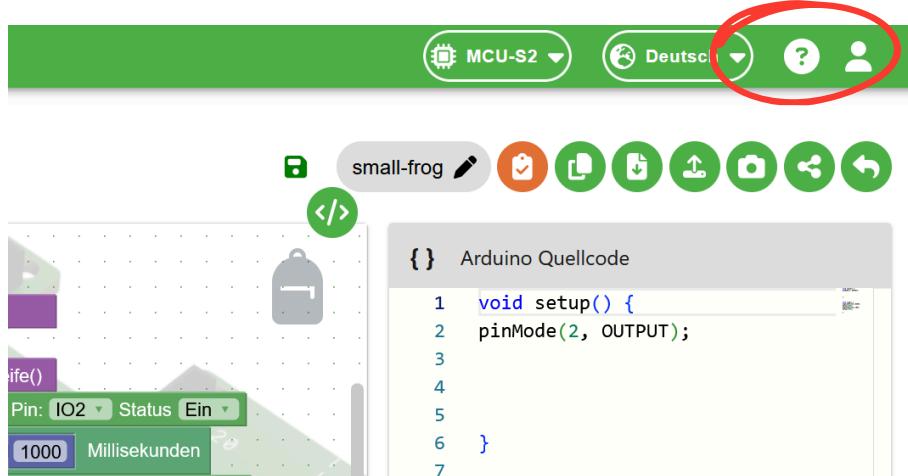
# 1 Programmieren ("Blockly")



Die grafische Oberfläche von "Blockly für senseBox" bietet einen **leichten Einstieg** in die Programmierung der senseBox, auch ohne Vorkenntnisse.

Wenn Du "Blockly" noch nicht kennst, hier unser **Tipp**, um schnell einzusteigen:

1. Klicke auf diesen Link, um zur **Programmieroberfläche** zu gelangen und so das Programm direkt anzuschauen: <https://blockly.sensebox.de/>
2. Starte über das **Fragezeichen** in der oberen rechten Ecke die **Tour**, um die einzelnen Elemente erklärt zu bekommen (siehe Screenshot unten).
3. Nutze die **Einstiegs-Dokumentation** oder das erste **Videotutorial** über den folgenden Link, um mit der Schritt-für-Schritt-Anleitung dein erstes Programm zu bauen und auf die senseBox zu übertragen:  
<https://docs.sensebox.de/docs/boards/mcus2/mcus2-erster-sketch>  
<https://sensebox.de/de/videos>



Noch **Fragen?**

- Viele weitere Fragen und Antworten finden sich in der **ausführlichen Dokumentation**: <https://docs.sensebox.de/>
- Für weitere Fragen finden sich hier Möglichkeiten, uns direkt zu **kontaktieren**:  
<https://sensebox.de/de/contact> - Wir helfen gerne weiter!



## 2 CO<sub>2</sub>

### Was genau ist eigentlich CO<sub>2</sub>?

Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) ist ein geruch- und farbloses Gas, das aus sehr stabilen Molekülen besteht. Anthropogenes Kohlendioxid entsteht unter anderem bei der Verbrennung fossiler Energieträger (Kohle, Erdöl, Erdgas) und macht den Großteil des vom Menschen zusätzlich verursachten Treibhauseffektes aus. (Umweltbundesamt 2022)

In den Medien ist CO<sub>2</sub> insbesondere aufgrund eben dieser Rolle als Treibhausgas vertreten. Hier wird eine systemische und globale Perspektive eingenommen. Gleichzeitig hat der CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Raumluft einen hohen Einfluss auf die Luftqualität in Innenräumen. Der CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Luft wird in Parts per Million (ppm), also ein Millionstel des Gesamtvolumens, berechnet.

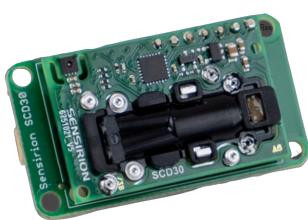
### Welche Auswirkungen hat eine hohe CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Raumluft?

Befindet sich eine Klasse in einem geschlossenen Raum, so steigt die CO<sub>2</sub>-Konzentration der Luft stetig an. Da es sich bei Kohlenstoffdioxid um ein Nebenprodukt des Atmungsprozesses handelt, kann dies nicht verhindert werden. Zudem ist zu bedenken, dass neben CO<sub>2</sub> auch Aerosole, die Kontakt zum Lungengewebe hatten, beim Ausatmen ausgestoßen und folglich im Raum verteilt werden (Umweltbundesamt 2008). Stammen diese von einer infizierten Person, so können sie eine Gefahr für Kontaktpersonen darstellen. Daraus lässt sich folgern, dass die Konzentration an CO<sub>2</sub> in der Luft ein Maß für die bereits verbrauchte bzw. mit Aerosolen belastete Luft liefert. Je höher der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft ist, desto höher ist somit die Wahrscheinlichkeit, mit Aerosolen anderer Personen in Kontakt zu kommen. Damit diese Wahrscheinlichkeit möglichst gering gehalten wird, empfiehlt das Umweltbundesamt eine ausreichende Durchlüftung der Räume (Umweltbundesamt 2020). Die CO<sub>2</sub>-Ampel liefert in diesem Zusammenhang geeignete Hinweise, zu welchen Zeitpunkten eine Öffnung der Fenster notwendig ist. Das Umweltbundesamt spricht ab einer Überschreitung einer CO<sub>2</sub>-Konzentration im Innenraum von 1000 ppm von einer mäßigen bis niedrigen Luftqualität. Diese verursacht neben dem wachsenden Infektionsrisikos zusätzlich einen Abfall der Konzentrations- und Leistungsfähigkeit, weshalb [...] auf eine ausreichende Durchlüftung der Klassenräume geachtet werden sollte (Umweltbundesamt 2008).



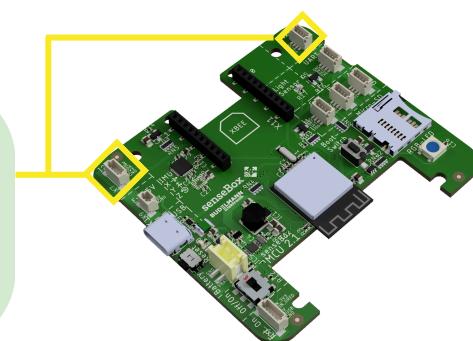
## ② CO<sub>2</sub>-Sensor (SCD30)

Mit dem CO<sub>2</sub>-Sensor kannst du die **CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Raumluft** messen. Der Messwert wird in Parts per Million (**ppm**) ausgegeben. Neben der CO<sub>2</sub>-Konzentration kann die **Temperatur und Luftfeuchtigkeit** gemessen werden. Die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Luft ist ein wichtiger Messwert für die Innenraumluftqualität. In Innenräumen sollte der **Grenzwert von 1500ppm** nicht über längere Zeit überschritten werden.



### ANSCHLUSS

Der CO<sub>2</sub>-Sensor wird an einen der **I2C/Wire-Ports** angeschlossen.



### PROGRAMMIERUNG

Nutze diesen Block, um den CO<sub>2</sub>-Sensor auszulesen. Im Dropdown-Menü kannst du auswählen, welches Umweltphänomen du erheben möchtest. Beim Messwert der Temperatur handelt es sich in diesem Fall um die Temperatur im Sensor, welche höher als die eigentliche Umgebungstemperatur ausfallen kann.

CO<sub>2</sub> Sensor (Sensirion SCD30)

Messwert: CO<sub>2</sub> in ppm ▾



# ② Feinstaub<sup>1</sup>

## Was genau ist eigentlich Feinstaub?

Feinstaub sind besonders kleine Teilchen des in der Luft befindlichen Schwebstaubs. Man bezeichnet diese auch als Particulate Matter (PM) und unterscheidet anhand der Durchmesser der Staubteilchen zwischen PM10 (kleiner als 10 µm), PM2.5 (kleiner als 2,5 µm) und PM1 (kleiner als 0,1µm). Je kleiner die Partikel sind, desto höher ist die Eindringungstiefe der Teilchen in den menschlichen Körper, wodurch gesundheitliche Gefährdungen begünstigt werden. Feinstaub wird unabhängig vom Durchmesser der Teilchen in µm/m³ angegeben.

## Woher kommt der Feinstaub?

Feinstaub stammt entweder aus natürlichen Quellen (z.B. Sahara-Staub, Pilzsporen, Seesalz, Pollen) oder ist menschlichen Ursprungs. Dabei spielt vor allem die Verbrennung von Kohlenstoffverbindungen eine Rolle. Industrieprozesse stellen dabei die größte Quelle zur Produktion von Feinstaub dar, gefolgt vom Verkehr. Dieser bildet besonders in Ballungsgebieten einen erheblichen Faktor und trägt durch mehrere Prozesse zur Verschmutzung der Luft bei. Zum einen ist sicherlich bekannt, dass durch die Motoren Feinstaub in die Luft gelangt. Zum anderen muss aber auch bedacht werden, dass Staubpartikel zu einem großen Teil durch Bremsen- und Reifenabrieb entstehen. Während der Feinstaub aus den natürlichen Quellen nicht zu verhindern ist, können die Menschen sich jedoch bemühen, die eigene Produktion von Feinstaub zu reduzieren und mit einem bewussteren Verhalten der Luftverschmutzung entgegenzuwirken.

## Welche Auswirkungen hat eine hohe Feinstaubbelastung der Luft?

Feinstaub wird heute im Wesentlichen für die Auswirkungen von Luftverschmutzungen auf die Gesundheit verantwortlich gemacht. Zu diesen gehören unter anderem die Verstärkung von Allergiesymptomen, die Zunahme von asthmatischen Anfällen, Atemwegsbeschwerden und Lungenkrebs sowie ein gesteigertes Risiko von Mittelohrentzündungen bei Kindern und Beeinträchtigungen des Nervensystems. Das Ausmaß der Auswirkung von Partikeln auf die Atemwege hängt neben der chemischen Zusammensetzung auch von der Größe der Partikel ab: Je kleiner ein Partikel ist, desto tiefer kann es in die Lunge eindringen. Seit dem 1. Januar 2005 beträgt der einzuhaltende Tagesmittelwert für PM10 in der EU 50 µg/m³ bei 35 zugelassenen Überschreitungen im Kalenderjahr.

<sup>1</sup> Dieser Text ist in Zusammenarbeit mit der Hopp-Foundation entstanden



## ② Feinstaubsensor (SPS30)

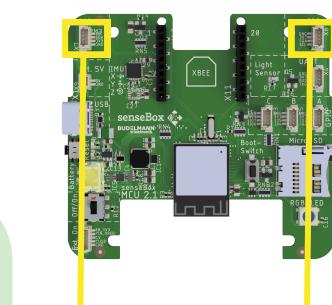
Mit dem Feinstaubsensor kannst du die Menge kleinstter Staubteilchen in der Luft in vier verschiedenen Partikelgrößen messen:

**PM1.0:** Gibt die Menge der Feinstaubpartikel <1 µm in µg/m<sup>3</sup> an

**PM2.5:** Gibt die Menge der Feinstaubpartikel <2,5 µm in µg/m<sup>3</sup> an

**PM4.0:** Gibt die Menge der Feinstaubpartikel <4,0 µm in µg/m<sup>3</sup> an

**PM10:** Gibt die Menge der Feinstaubpartikel <10 µm in µg/m<sup>3</sup> an



### ANSCHLUSS

Der Feinstaubsensor wird mit einem passenden QWIIC-Kabel an das spezielle Adapterboard und das Adapterboard dann an einen der **I2C/Wire-Port auf der senseBox** angeschlossen.

### PROGRAMMIERUNG

In den Dropdown Menüs des Sensorblocks kannst du den gewünschten Messwert und den Port, an dem der Sensor angeschlossen ist, auswählen.

Feinstaubsensor Sensirion SPS30

Messwert: PM1.0 in µg/m<sup>3</sup>



# ③ Projekte / Lehrkonzepte

Im Folgenden finden sich verschiedene Ideen für Projekte, die mit Schülerinnen und Schülern durchgeführt werden können. Mit enthalten sind jeweils eine Projektbeschreibung, Ideen zur Einbindung in den Unterricht, Lernziele und eine Einbindung in die Bildungsstandards passender Unterrichtsfächer. Anschließend folgen Arbeitsblätter, die so oder in abgeänderter Form im Unterricht verwendet werden können, und antizipierte Antworten zur schnellen und einfachen Korrektur oder auch zur Unterstützung der Lehrkraft.

Folgende **Grundkenntnisse** werden bei den Projekten **vorausgesetzt**:

- Die SuS verstehen die Oberfläche von "Blockly" sowie den Unterschied und die Idee von "Setup" und "Endlosschleife"
- Die SuS können ein Programm in "Blockly" kompilieren und auf die senseBox übertragen

Informationen zu diesen ersten Schritten finden sich in der online verfügbaren Dokumentation: <https://docs.sensebox.de/>



Klicke auf die jeweilige Kurzübersicht, um direkt zur Seite des Projekts zu springen

## Feinstaub

### Weltraummission: Ein lebenswerter Planet?

Jahrgangsstufe: 7-9

Fach (z.B.): Geographie

Dauer: 4 Unterrichtsstunden (je 45 min)

Themenbereiche: Feinstaubbelastung

der Luft, Umweltschutz

technische Kompetenzen (u.a.):

Daten messen und auswerten



S. 9-15

## Feinstaub

### Umwelthelden: NGOs gegen Falschinformationen

Jahrgangsstufe: 8-10

Fach (z.B.): Geographie, Biologie

Dauer: 4 Unterrichtsstunden (je 45 min)

Themenbereiche: Feinstaubbelastung

der Luft, Umweltschutz

technische Kompetenzen (u.a.): Daten speichern (SD) und veröffentlichen

(openSenseMap)



S. 16-25

**CO<sub>2</sub>**

## CO<sub>2</sub>-Ampel: Luftqualität in Innenräumen messen

**Jahrgangsstufe:** 7-9**Fach (z.B.):** Biologie, Chemie, Informatik**Dauer:** 4 Unterrichtsstunden (je 45 min)**Themenbereiche:** Raumluftqualität,

Aerosole / Infektionsschutz,

Lüftungsstrategien

**technische Kompetenzen (u.a.):**

Variablen und if-Anweisungen



S. 26-34

**CO<sub>2</sub>**

## Klimawandel: Treibhausgase sichtbar machen

**Jahrgangsstufe:** 8**Fach (z.B.):** Geographie**Dauer:** 3 Unterrichtsstunden (je 45 min)**Themenbereiche:** Klimawandel,

Treibhausgase, Treibhauseffekt,

Klimaschutz

**technische Kompetenzen (u.a.):** Modell entwickeln; eigenständige Projektarbeit

S. 43-48

*Klicke auf die jeweilige Kurzübersicht, um direkt zur Seite des Projekts zu springen***CO<sub>2</sub>**

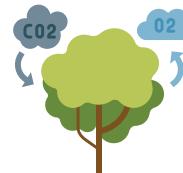
## Fotosyntheseleistung erfassen

**Jahrgangsstufe:** 7-9**Fach (z.B.):** Biologie**Dauer:** 4 Unterrichtsstunden (je 45 min)**Themenbereiche:** Fotosynthese,

Klimawandel

**technische Kompetenzen (u.a.):**

Diagramme und "phyphox"-App



S. 35-42



## Kurzinfo

### “Weltraummission: Ein lebenswerter Planet?”

#### Messung der Feinstaub-Belastung und anderer Faktoren<sup>2</sup>

Jahrgangsstufe: 7-9

Fach (z.B.): Geographie

Vorkenntnisse: keine

Dauer: 4 Unterrichtsstunden (je 45 min)

Themenbereiche: Feinstaubbelastung der Luft, Umweltschutz

Einbindung in die Bildungsstandards im Fach Geographie: Erfassung von Mensch-Umwelt-Beziehungen, Erfassung und Auswertung von geographisch relevanten Informationen aus dem Realraum, Aufstellung von Maßnahmen zum Schutz der Umwelt

Material: senseBox MCU S2, Feinstaubsensor SPS30 mit Anschlussboard, Temperatur- und Luftfeuchtesensor, 3x QWIIC-Kabel, OLED-Display, Powerbank, Computer mit Internetzugang



## Projektbeschreibung

Die Schülerinnen und Schüler lernen, wie sie die Feinstaubbelastung ihrer Stadt eigenständig messen können. Mithilfe der grafischen Programmieroberfläche „Blockly für senseBox“ können sie ohne Vorkenntnisse das dafür notwendige Messgerät bauen. Zudem lernen die Schülerinnen und Schüler, welche Faktoren die Feinstaubbelastung beeinflussen und inwieweit sie darauf aufbauend etwas zum Schutz der Umwelt beitragen können.

## Einbindung in den Unterricht

Der Geographieunterricht basiert auf der grundlegenden Beziehung zwischen Mensch und Umwelt. In Hinblick auf aktuelle Debatten gewinnt der Schutz der Umwelt immer mehr an Bedeutung. Somit rückt auch die Feinstaubbelastung der Städte in den Vordergrund, die sowohl einen anthropogenen als auch einen natürlichen Ursprung hat. Das Feinstaubprojekt lässt sich somit innerhalb einer Unterrichtsreihe zum Thema Umweltschutz einordnen und bietet eine Basis für die Motivation der Schülerinnen und Schüler, da die eigene Betroffenheit thematisiert wird. Sie erforschen schließlich die Auswirkungen, die menschliches Handeln auf die Gesundheit und die Umwelt haben kann.

## Lernziele

Die Schülerinnen und Schüler...

...können ein Messgerät zur Erfassung der Feinstaubbelastung der Luft bauen und programmieren

...können die Feinstaubwerte strukturiert dokumentieren und präsentieren

...können die Feinstaubbelastung an unterschiedlichen Orten erklären

...können Maßnahmen zur Reduktion der Feinstaubbelastung der Luft nennen

<sup>2</sup> Dieses Projekt ist in Zusammenarbeit mit der Hopp-Foundation entstanden und wurde für dieses Arbeitsheft leicht abgeändert.

## Weltraummission: Ein lebenswerter Planet?



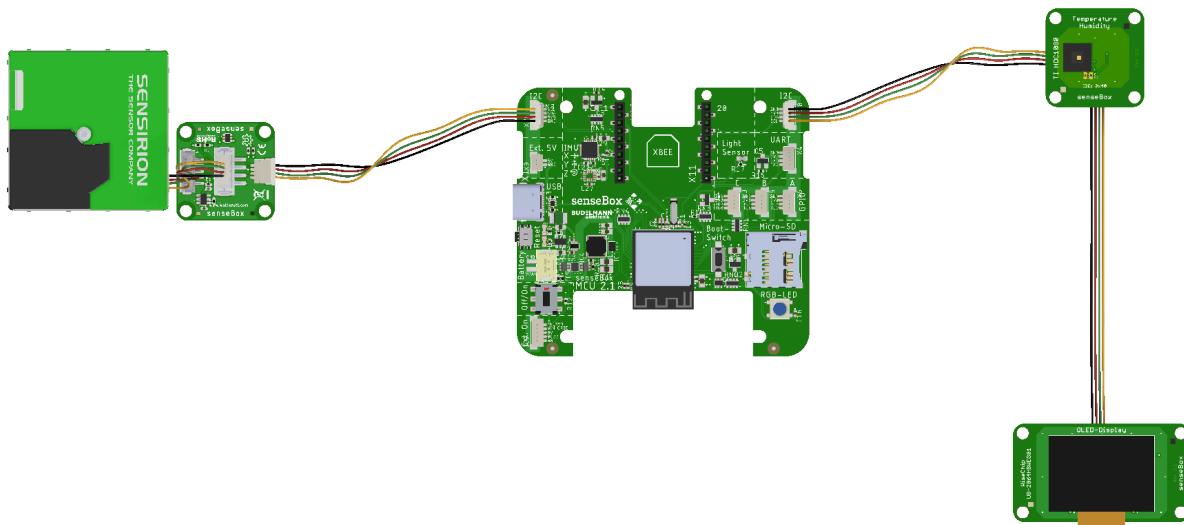
Stellt euch vor, ihr seid Raumforscher und landet auf dem mysteriösen Planeten Orbi X14. Eure Mission: Herauszufinden, ob der Planet für Menschen bewohnbar ist. Zum Glück habt ihr die senseBox dabei, ein Gerät, das Umweltdaten misst. Doch es gibt ein Problem: Niemand hatte vor dem Start Zeit, euch zu erklären, wie sie funktioniert. Jetzt müsst ihr es selbst herausfinden!

Entdeckt die senseBox, sammelt die wichtigen Daten und findet heraus, ob Orbi X14 ein neuer Lebensraum für die Menschheit sein kann. Insbesondere der Feinstaub mit Korngröße kleiner als 2,5 Mikrometer (bei der senseBox “PM2.5”) gilt als gesundheitsschädlich (vgl. BMUV 2022) und darf deshalb in der Messung nicht fehlen! Seid ihr bereit? Los geht's!

### Aufgabe 1: Bau der Messstation

Befolge folgende Schritte, um dein Messgerät zusammenzubauen:

1. Der Temperatur- und Luftfeuchtesensor wird mit einem QWIIC-Kabel an einen der I2C Ports angeschlossen.
2. Der Feinstaubsensor SPS30 wird mit Hilfe des Anschlussboards ebenfalls mit einem QWIIC-Kabel an einen der I2C Ports angeschlossen.
3. Um zusätzlich das OLED-Display ohne weitere passende Ports anzuschließen, wird es mit einem QWIIC-Kabel an den Temperatur- und Luftfeuchtesensor angeschlossen.



## Aufgabe 2: Programmierung der Messstation

Ziel dieser Aufgabe ist es, die senseBox als Messstation zu programmieren, die die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit und den Feinstaub (PM2,5 und PM10) misst. Die Werte sollen geordnet und mit der jeweiligen Beschriftung auf dem Display angezeigt und dauerhaft aktualisiert werden.

### Schritt 1: Ansteuern des Displays

Lasse dir den Text „Feinstaub“ auf dem Display deiner senseBox anzeigen. Schaue die dazu die Lernkarte **SB08** an und nutze folgende Blöcke:



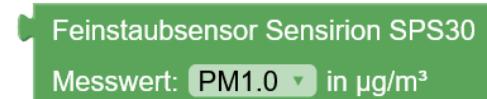
### Schritt 2: Auslesen der Sensoren

Da auf dem Display nicht ausschließlich ein Text, sondern auch der Messwert angezeigt werden soll, verwende anstatt des Textbausteines jetzt einen Block aus der Kategorie „Sensoren“.

Da einige Sensoren mehrere Umweltphänomene messen können, sind diese auch in einem Block zusammengefasst. Du kannst dann im Dropdown-Menü den jeweiligen Messwert auswählen.



Dieser Block gibt dir den Messwert für die Temperatur und die Luftfeuchte des dazugehörigen Sensors aus. Im Dropdown-Menü kannst du zwischen Temperatur in °C und Luftfeuchtigkeit in % wählen.



Dieser Block gibt dir den Messwert für den Feinstaubsensor aus. Du kannst im Dropdown-Menü zwischen PM1, PM2.5, PM4 und PM10 wählen.

*Lasse dir den Messwert eines Sensors auf dem Display deiner senseBox anzeigen.*

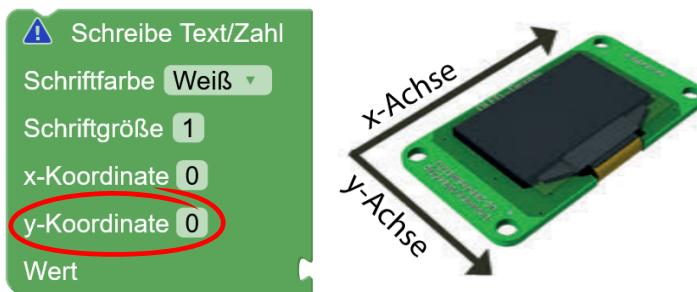
### Schritt 3: Darstellung der Werte auf dem Display

Du hast dir bis jetzt einerseits einen Text und andererseits den Messwert eines Sensors auf dem Display anzeigen lassen. Diese beiden Funktionen kannst du auch kombinieren, damit der/ die Nutzer\*in des Messgerätes weiß, welche Zahl sich welchem Umweltphänomen zuordnen lässt.

Dazu eignet sich der Block „Erstelle Text aus“, welcher ebenso an den „Schreibe Text/Zahl“ Block an der Stelle „Wert“ anzuknüpfen ist. Hier kannst du dann den Textbaustein und den jeweiligen Block des Sensors miteinander verbinden. Für jeden Messwert, den du erfassen möchtest, solltest du einen neuen „Schreibe Text/Zahl“ Block verwenden und den jeweiligen Sensor-Block wieder bei „Wert“ einfügen.



Passe zuletzt die x- und y-Koordinaten der einzelnen „Schreibe Text/Zahl“ Blöcke an, damit der Text untereinander und nicht aufeinander ausgegeben wird. Dabei solltest du beachten, dass das Display 128x64 Pixel besitzt und der Ursprung (0/0) des Displaykoordinatensystems links oben liegt. Die Änderung solltest du also an der y-Koordinate vornehmen.



*Übertrage den Sketch auf deine senseBox und überprüfe, ob alle Werte wie gewünscht ausgegeben und dargestellt werden.*

### Aufgabe 3: Messung

Suche dir einen Ort, der den Planeten darstellen soll, und starte die Messung mit der senseBox. Stelle dafür die Stromversorgung z.B. mit einer Powerbank sicher. Fülle während der Messung die folgende Tabelle aus, indem du alle 5 Minuten die Werte auf deinem Display abliest. Die letzte Zeile gibt dir die Möglichkeit, besondere Ereignisse zu notieren, die zu diesem Zeitpunkt aufgetreten sind und die Messung beeinflussen könnten.

Zeit in Minuten	0	5	10	15	20	25	30
Feinstaub in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM2,5)							
Feinstaub in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM10)							
Luftfeuchtigkeit in %							
Bemerkungen							

Beschreibe charakteristische Merkmale deines Messortes:

---

---

---

---

Stelle Hypothesen auf, die die Feinstaubwerte deiner Messung begründen könnten:

---

---

---

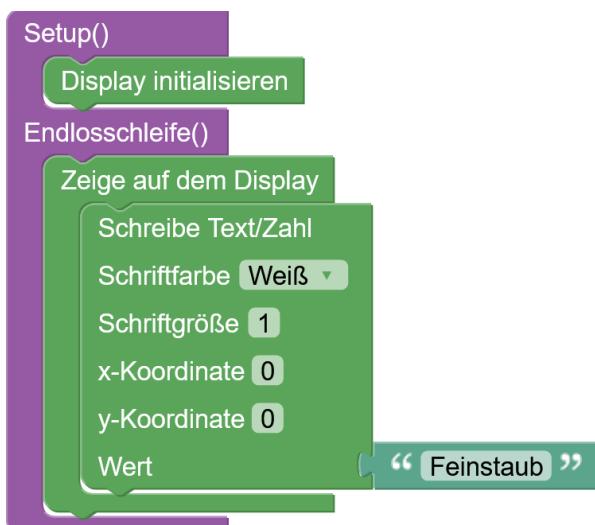
---



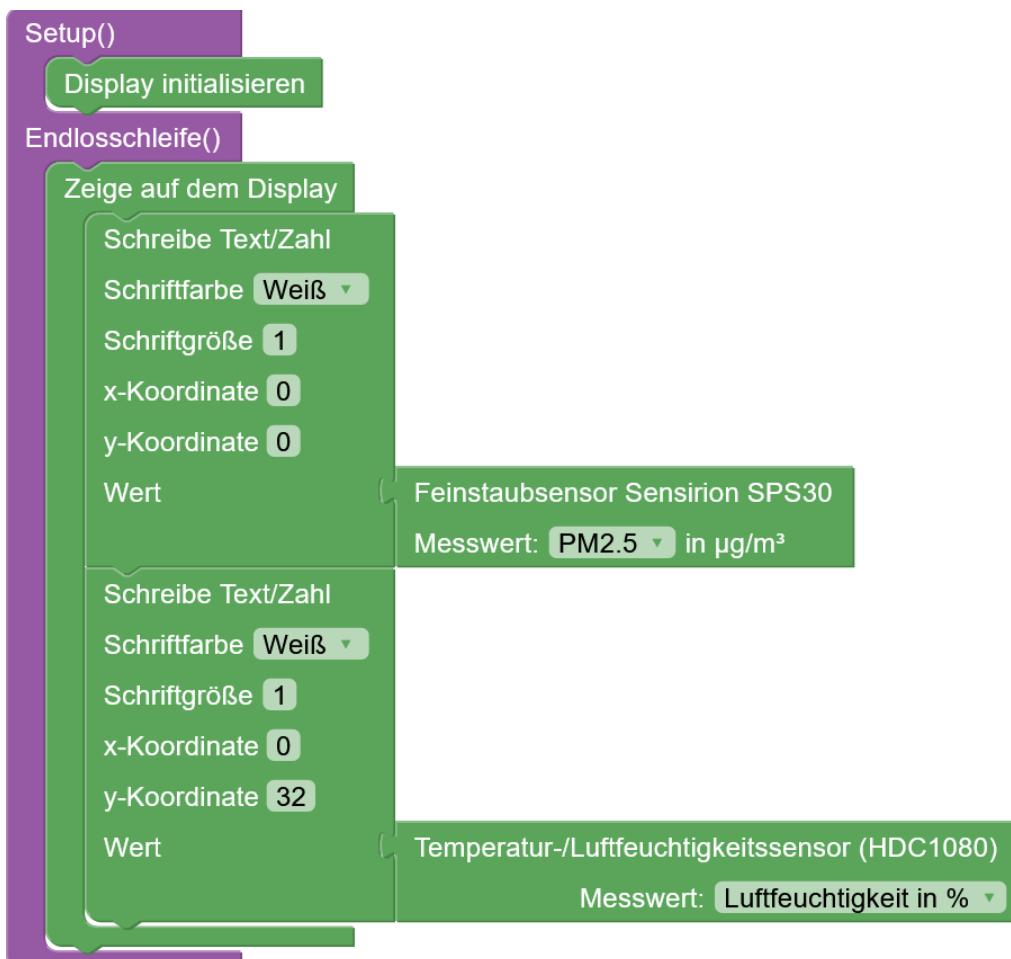
# Projekt "Weltraummission" - Antizipierte Antworten

## Aufgabe 2: Programmierung der Messstation

### Schritt 1: Ansteuern des Displays



### Schritt 2: Auslesen der Sensoren





### Schritt 3: Darstellung der Werte auf dem Display

```
Setup()
Display initialisieren
Endlosschleife()
Zeige auf dem Display
  Schreibe Text/Zahl
    Schriftfarbe Weiß
    Schriftgröße 1
    x-Koordinate 0
    y-Koordinate 0
    Wert
  + - Erstelle Text aus
    " Feinstaub: "
    Feinstaubsensor Sensirion SPS30
    Messwert: PM2.5 in µg/m³
  Schreibe Text/Zahl
    Schriftfarbe Weiß
    Schriftgröße 1
    x-Koordinate 0
    y-Koordinate 32
    Wert
  + - Erstelle Text aus
    " Luftfeuchtigkeit: "
    Temperatur-/Luftfeuchtigkeitssensor (HDC1080)
    Messwert: Luftfeuchtigkeit in %
```

### Aufgabe 3: Messung

Individuelle Antworten und Messungen der Schülerinnen und Schüler:

Bemerkungen bei den Messungen könnten z.B. sein:

- in diesem Zeitraum ist ein Laster oder eine große Gruppe Motorradfahrer\*innen auf dem Weg zu einem Treffen vorbeigefahren
- der Sensor wurde von einem heruntergefallenen Blatt verdeckt

Charakteristische Merkmale des Messortes könnten z.B. sein:

- umgeben von vielen Pflanzen
- neben einer Straße
- umgeben von vielen Menschen
- in der Nähe von großen Industriegebäuden

Eine Hypothese der SuS könnte z.B. sein:

- Die Feinstaubwerte wurden dadurch erhöht, dass der Messort direkt neben einer Straße lag und Autos Feinstaub erzeugen.

## Kurzinfo

### “Umwelthelden: NGOs im Kampf gegen Falschinformationen”

#### Speichern und Veröffentlichen von Feinstaubdaten

Jahrgangsstufe: 7-10

Fach (z.B.): Geographie, Biologie, Informatik

Vorkenntnisse: Projekt “Wir messen Feinstaub in deiner Stadt”

Dauer: 4 Unterrichtsstunden (je 45 min)

Themenbereiche: Lebensbedingungen von Menschen,

Material: senseBox MCU S2, Feinstaubsensor SPS30 mit Anschlussboard, Temperatur- und Luftfeuchtesensor, 2x QWIIC-Kabel, OLED-Display, SD-Karte, WLAN-Verbindung, Computer mit SD-Karten-Slot und ggf. passenden Adapter



## Projektbeschreibung

Die Schülerinnen und Schüler lernen am Beispiel der senseBox und der “openSenseMap”, wie sie Messdaten sinnvoll speichern und veröffentlichen können. Dabei werden sie zwei Herangehensweisen kennenlernen. Erstens können **Messwerte auf eine SD-Karte** in verschiedenen Formaten gespeichert werden. So können sie anschließend auf die openSenseMap hochgeladen oder anderweitig veröffentlicht oder direkt ausgewertet werden. Zweitens kann die senseBox über eine WLAN-Verbindung **Messdaten direkt an die openSenseMap** übermitteln, wo Daten dann angeschaut und ausgewertet werden können. Die openSenseMap ist eine Datenplattform für offene Daten jeglicher Art. Jede senseBox:home, aber auch viele andere IoT-Messgeräte, übertragen ihre Daten auf die Karte, wo sie betrachtet, analysiert und heruntergeladen werden können. Die Plattform und alle gesammelten Daten sind frei verfügbar.

## Einbindung in den Unterricht

Dieses Projekt baut quasi auf dem vorangehenden Projekt zu der Messung von Feinstaubwerten auf, da dort ebenfalls Feinstaub gemessen, diese Werte aber nicht übertragen oder gespeichert wurden. Je nach Unterrichtskonzeption ist es ratsam, zuerst das vorangehende Projekt (vielleicht verkürzt) durchzuführen und dieses Projekt daran anzuknüpfen und z.B. mehr einen Forschungsschwerpunkt zu setzen. Die Themen der Speicherung und Veröffentlichung von Daten könnten auch Grundlage dafür sein, anschließend einen Einblick in die Auswertung von Forschungsdaten zu geben, z.B. mit einem einfachen Einstieg in Tabellenkalkulationsprogramme wie Libre Office Calc. Im Informatik-Unterricht könnten zudem stärker die technischen Konzepte im Hintergrund betrachtet werden, z.B. WLAN mit SSL-Verschlüsselung, Dateiformate und Variablenarten. Für eine stärker inhaltliche Ausrichtung könnte das Projekt zum Beispiel in eine Reihe eingebunden werden, die sich mit Umwelt-Bedingungen für ein gesundes menschliches Leben auseinandersetzt, sei es auf der Erde oder auf anderen Planeten.



## Lernziele

Die Schülerinnen und Schüler...

...können ein Messgerät zur Erfassung der Feinstaubbelastung der Luft bauen und programmieren

...können das Programm so anpassen, dass die Messwerte strukturiert in einer Datei abgespeichert werden

...können das Programm so anpassen, dass eine Internetverbindung hergestellt wird und die Messwerte direkt an eine offene Datenplattform übermittelt werden

...können die Vor- und Nachteile verschiedener Speicheroptionen erklären

...können die Messwerte mit (inter)nationalen Messwerten und Empfehlungen vergleichen und einordnen

## Einbindung in die Bildungsstandards im Fach Geographie

- Erfassung von Mensch-Umwelt-Beziehungen
- Erfassung und Auswertung von geographisch relevanten Informationen aus dem Realraum
- Fähigkeit zu einem angemessenen Umgang mit Karten (Kartenkompetenz)
- Fähigkeit, Informationen zur Behandlung von geographischen/ geowissenschaftlichen Fragestellungen zu gewinnen
- Fähigkeit, ausgewählte Situationen/Sachverhalte im Raum unter Anwendung geographischer/geowissenschaftlicher Kenntnisse zu beurteilen

## Einbindung in die Bildungsstandards im Fach Biologie

- Kriteriengeleitet beobachten, kriterienstet vergleichen und ordnen (E2)
- Informationen erschließen (K1)
- Inhaltliche Aspekte
  - Der Mensch als Lebewesen - Gesundheitsbildung
  - Lebewesen in ihrer Umwelt

## Einbindung in die Bildungsstandards im Fach Informatik

- Daten mit Datentypen und in Datenstrukturen
- Interpretation von Daten im Kontext der repräsentierten Information
- algorithmische Grundbausteine
- prinzipielle Funktionsweisen und das Zusammenwirken wesentlicher Hardware-, Software- und Netzwerkkomponenten
- Modellieren und Implementieren

## Umwelthelden: NGOs im Kampf gegen Falschinformationen

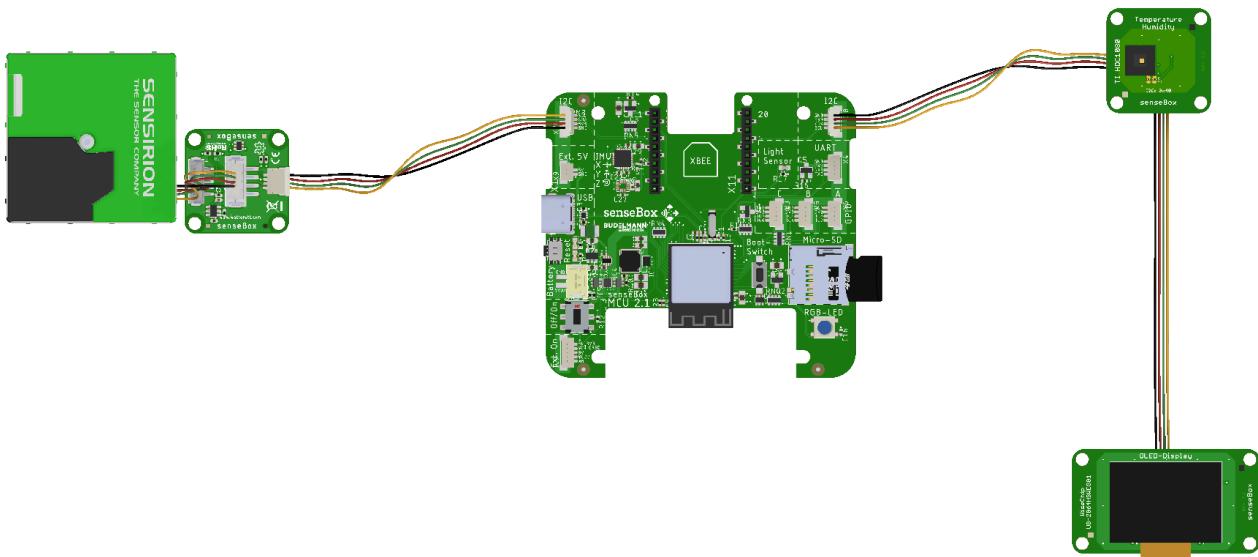


Wusstet ihr, dass einige Staaten und Konzerne gezielt versuchen, Umweltdaten zu verfälschen, um damit ihre Profite zu sichern? Ein bekanntes Beispiel dafür ist der Abgas-Skandal der Firma Volkswagen (VW). Der Konzern hat jahrelang mithilfe einer speziellen Software die Abgaswerte seiner Dieselfahrzeuge manipuliert, um strengere Umweltauflagen zu umgehen. In der Realität stießen die Autos viel mehr Schadstoffe aus, als offiziell angegeben wurde (vgl. NDR 2020).

Mit der senseBox könnt ihr selbst Umweltdaten in eurer Umgebung messen, speichern und veröffentlichen. Dadurch könnt ihr Teil eines weltweiten Netzwerks für offenen Datenaustausch werden. Helft mit, Daten zu sammeln und damit eine nachhaltige Entwicklung voranzubringen! Der Fokus liegt dabei auf Feinstaub, der insbesondere unsere Gesundheit belastet (vgl. BMUV 2022).

### 1. Aufbau

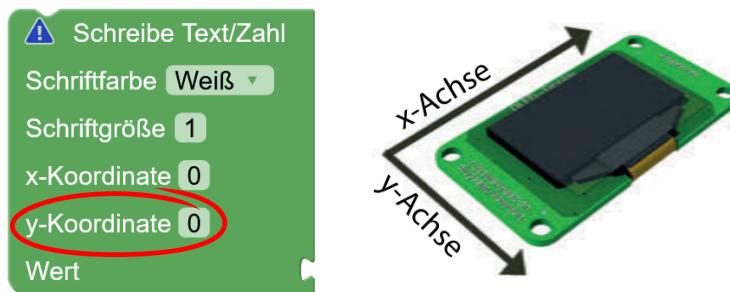
Der Temperatur- und Luftfeuchtesensor wird mit einem QWIIC-Kabel an einen der I2C Ports angeschlossen. Der Feinstaubsensor SPS30 wird mit Hilfe des Anschlussboards ebenfalls mit einem QWIIC-Kabel an einen der I2C Ports angeschlossen. Um zusätzlich das OLED-Display ohne weitere passende Ports anzuschließen, wird es mit einem QWIIC-Kabel an den Temperatur- und Luftfeuchtesensor angeschlossen. Stecke schließlich die leere SD-Karte in den entsprechenden Slot auf der senseBox.



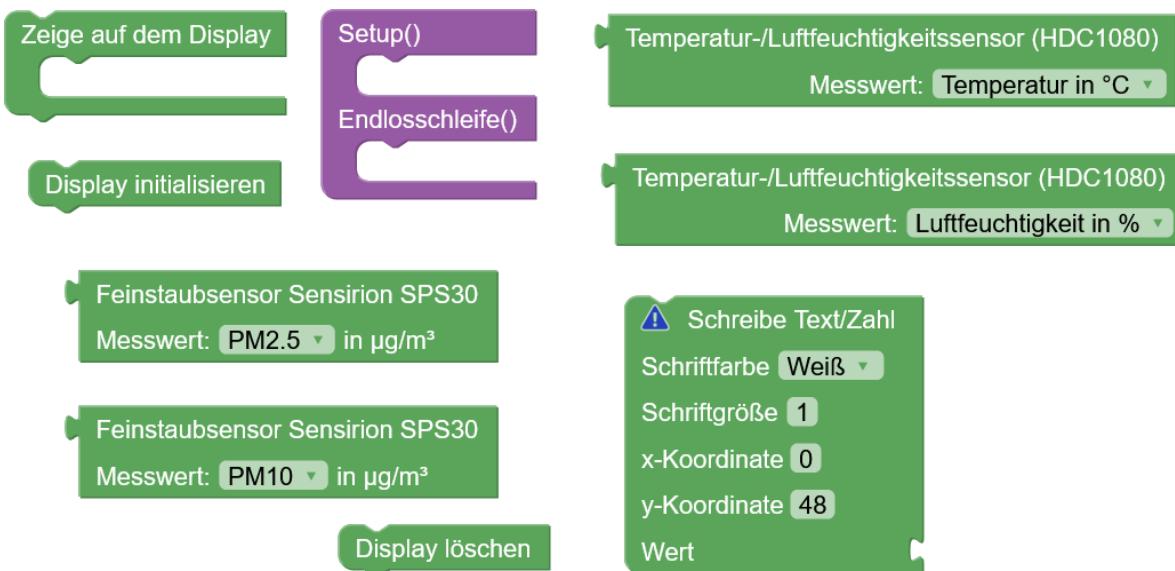
## 2. Messgerät mit direkter Anzeige auf dem Display

**Aufgabe:** Programmiere deine senseBox so, dass sie die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit und die Feinstaubwerte für PM 2.5 und PM 10 misst, und alle Werte auf dem OLED-Display ausgibt. Gehe dabei am besten wie folgt vor:

- Öffne [blockly.sensebox.de](http://blockly.sensebox.de)
- Initialise das Display im 'Setup'
- Lasse dir nun die Messwerte für den Feinstaub (PM 2.5) auf dem Display anzeigen: Nutze die Blöcke "Zeige auf dem Display" und "Schreibe Text/Zahl"
- Wenn das problemlos funktioniert, lasse dir alle 4 Messwerte auf dem Display anzeigen. Wie müssen dafür die x- und y-Koordinate definiert werden, damit die 4 Messwerte untereinander stehen und auf das Display passen? Denk daran, dass die 0 beim Koordinatensystem in der Informatik nicht unten links, sondern oben links beginnt, und das Display eine Auflösung von 128 x 64 hat.



Folgende Blöcke benötigst du (einige mehrfach):



### 3. Werte auf der SD-Karte speichern

**Aufgabe:** Erweitere dein Programm so, dass alle Werte in einer Datei auf der SD-Karte gespeichert werden.

- Öffne dein Programm auf [blockly.sensebox.de](http://blockly.sensebox.de)
- Erstelle im 'Setup' eine txt-Datei auf der SD-Karte.
- Öffne in einem passenden Intervall (z.B. 10000 Millisekunden) die Datei auf der SD-Karte und schreibe die Messwerte als Daten auf die SD-Karte, jeweils in eine Zeile.
- Für das Programm benötigst du also zusätzlich folgende Blöcke:



- Teste anschließend, ob es funktioniert hat, indem du die SD-Karte am Computer ausliest. Denke dabei daran, die senseBox immer auszuschalten, bevor du die SD-Karte rein oder raus steckst.

### 4. Werte strukturiert speichern

**Aufgabe:** Die Schwierigkeit ist jetzt, dass das Programm zwar die Werte speichert, diese aber nicht direkt einem Sensor und einem Zeitpunkt zuzuordnen sind. Erweitere dein Programm so, dass die Werte geordnet in einer csv-Datei abgespeichert werden. Die Daten sollen in folgendem Format gespeichert werden (inklusive Kommas):

Phänomen,Messwert,vergangene Zeit in Millisekunden

z.B.: Temperatur,21,210

-> So kann es anschließend gut von Programmen ausgelesen werden. Gehe zur Umsetzung folgendermaßen vor:

- Öffne dein Programm auf [blockly.sensebox.de](http://blockly.sensebox.de)
- Ändere das Dateiformat der erstellten Datei von "txt" auf "csv"
- Lasse vor jedem Messwert den Namen und das Komma einfügen. Besonders hilfreich ist dabei der Block "Erstelle Text aus".
- Im selben Block kannst du dann auch das andere Komma und die vergangene Zeit anhängen lassen, sodass jeweils ein Messwert komplett in einer Zeile ist.



## 5. Werte messen und vergleichen

**Aufgabe:** Deine senseBox ist jetzt bereit für einen Testlauf mit konkreten Daten. *Messe den Feinstaubgehalt, die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit in der Luft und vergleiche sie mit anderen Messungen und Empfehlungen: Ist dieser Ort mit Blick auf die Datenlage lebenswert? Gehe wie folgt vor:*

- Suche dir einen Raum, eine Ecke oder einen Ort draußen in der Umgebung. Stelle die senseBox auf und lass sie für **10 Minuten Daten messen**. Achte darauf, dass die **SD-Karte** wieder korrekt im Slot steckt und die **Stromversorgung** sichergestellt ist. Beobachte über das Display, ob die senseBox richtig läuft und notiere dabei Eigenschaften des Ortes.
- Lies die **Daten auf der SD-Karte** an einem Computer aus. Was fällt dir auf?
- Öffne <https://opensensemap.org> und **vergleiche** deine Messwerte mit anderen Werten in deiner Region und in einem anderen Ort mit vielen Messwerten deiner Wahl. Nutze dafür auch die “**Interpolation**”, z.B. für das Phänomen “PM2.5”. Was fällt dir auf?



- Vergleiche deine Messwerte und die Messwerte in dem von dir gewählten Ort auf der openSenseMap mit den **Empfehlungen der WHO** (siehe Tabelle unten): Wie gut schneiden sie ab?

**Neue WHO Leitlinien (Jahresmittel-Werte)**

Luftschadstoff	WHO 2005	WHO 2021	EU-Grenzwert
Stickstoffdioxid	40 µg/m³	10 µg/m³	40 µg/m³
PM 2,5	10 µg/m³	5 µg/m³	25 µg/m³
PM 10	20 µg/m³	15 µg/m³	40 µg/m³

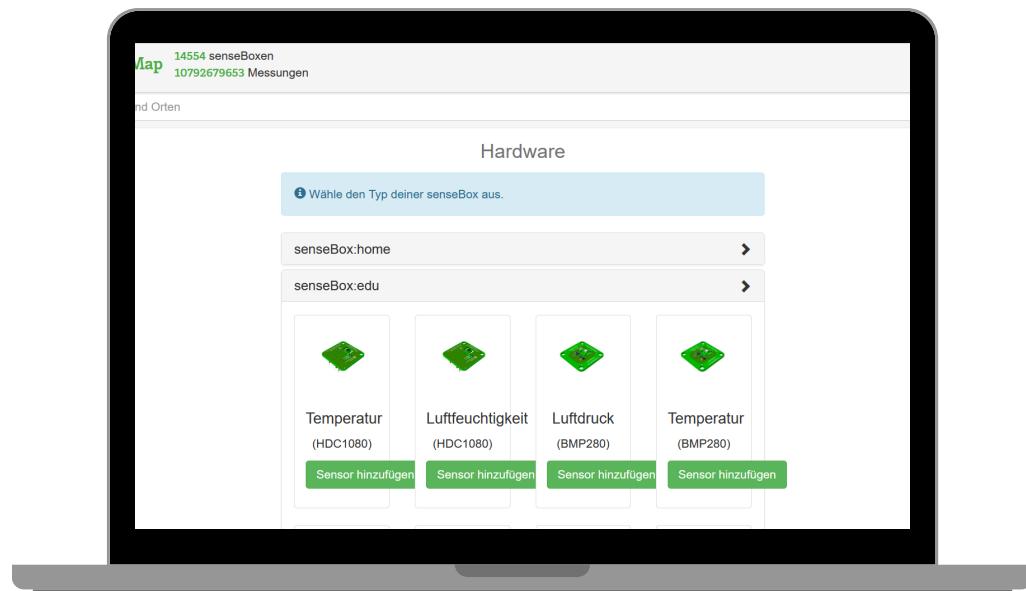
Quelle: Baars 2021

## 6. Direkter Upload der Messungen

Über eine WLAN-Verbindung können wir die Daten direkt an die openSenseMap senden und damit zur offenen Datensammlung beitragen!

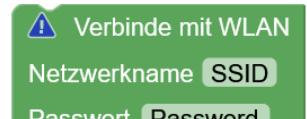
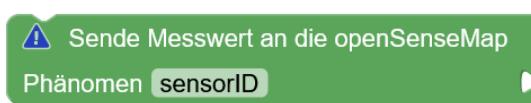
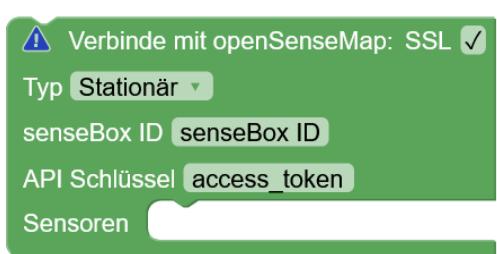
**Aufgabe:** Registriere deine senseBox auf <https://www.opensensemap.org/register>. Erstelle einen Account. Registriere dann deine senseBox als neue Messtation. Wähle als Modell die senseBox:edu und füge folgende Sensoren hinzu:

- Temperatur (Sensor HDC1080)
- Luftfeuchtigkeit (Sensor HDC1080)
- Feinstaub PM25 (Sensor SPS30)
- Feinstaub PM10 (Sensor SPS30)



Schreibe dein Programm so um, dass es sich über WLAN mit dem Internet verbindet und die Daten direkt überträgt statt auf der SD-Karte speichert:

- Lösche die Blöcke, die die csv-Datei erstellen und Daten darauf schreiben.
- Stelle mit dem Block “Verbinde mit WLAN” im “Setup” eine Internetverbindung her.
- Lasse in einem Intervall von 10000 Millisekunden mit “Verbinde mit openSenseMap” und “Sende Messwert an die openSenseMap” alle 4 Messungen, die auch auf dem Display angezeigt werden, an die openSenseMap senden. Die benötigte senseBox ID, den API-Schlüssel und die jeweilige sensorID findest du in deinem Profil auf der openSenseMap.





## Projekt "Umwelthelden" - Antizipierte Antworten

### 2. Messgerät mit direkter Anzeige auf dem Display

The Scratch script consists of the following blocks:

- Setup()
  - Display initialisieren
- Endlosschleife()
  - Zeige auf dem Display
    - Schreibe Text/Zahl
      - Schriftfarbe Weiß
      - Schriftgröße 1
      - x-Koordinate 0
      - y-Koordinate 0
      - Wert Temperatur-/Luftfeuchtigkeitssensor (HDC1080)
        - Messwert: Temperatur in °C
    - Schreibe Text/Zahl
      - Schriftfarbe Weiß
      - Schriftgröße 1
      - x-Koordinate 0
      - y-Koordinate 16
      - Wert Temperatur-/Luftfeuchtigkeitssensor (HDC1080)
        - Messwert: Luftfeuchtigkeit in %
    - Schreibe Text/Zahl
      - Schriftfarbe Weiß
      - Schriftgröße 1
      - x-Koordinate 0
      - y-Koordinate 32
      - Wert Feinstaubsensor Sensirion SPS30
        - Messwert: PM2.5 in µg/m³
    - Schreibe Text/Zahl
      - Schriftfarbe Weiß
      - Schriftgröße 1
      - x-Koordinate 0
      - y-Koordinate 48
      - Wert Feinstaubsensor Sensirion SPS30
        - Messwert: PM10 in µg/m³
  - Display löschen



Code mit Beschriftung abrufbar unter:  
<https://www.snsbx.de/aqe-pw>

**Tipp:** Mit Rechtsklick auf einen Block hast du die Option "Block zusammenfalten". Auf diesem Weg kannst du das Programm übersichtlich halten, wenn mehr Blöcke hinzukommen.

Hier der Code auf der linken Seite zusammengefaltet:

The simplified Scratch script consists of the following blocks:

- Setup()
- Display initialisieren
- Endlosschleife()
  - Zeige auf dem Display Schre...
    - Display löschen



### 3. Werte auf der SD-Karte speichern

Hinweis: Bei den antizipierten Antworten bei Aufgabe 3, 4 und 6 ist der Block "Zeige auf dem Display" für mehr Übersichtlichkeit und Platz "zusammengefaltet"

```

Setup()
Display initialisieren
Erstelle Datei auf SD-Karte Daten Data . txt
Endlosschleife()
Zeige auf dem Display Schre...
Interval: Interval 10000 ms
Öffne eine Datei auf der SD-Karte Data . txt
Schreibe Daten auf SD-Karte Temperatur-/Luftfeuchtigkeitssensor (HDC1080) Zeilenumbruch ✓
Messwert: Temperatur in °C
Schreibe Daten auf SD-Karte Temperatur-/Luftfeuchtigkeitssensor (HDC1080) Zeileumbruch ✓
Messwert: Luftfeuchtigkeit in %
Schreibe Daten auf SD-Karte Feinstaubsensor Sensirion SPS30 Zeileumbruch ✓
Messwert: PM2.5 in µg/m³
Schreibe Daten auf SD-Karte Feinstaubsensor Sensirion SPS30 Zeileumbruch ✓
Messwert: PM10 in µg/m³
Display löschen

```

Code abrufbar unter:  
<https://www.snsbx.de/aqe-daten-a3>

### 4. Werte strukturiert speichern

```

Setup()
Display initialisieren
Erstelle Datei auf SD-Karte Daten Data . csv
Endlosschleife()
Zeige auf dem Display Schre...
Interval: Interval 10000 ms
Öffne eine Datei auf der SD-Karte Data . csv
Schreibe Daten auf SD-Karte + - Erstelle Text aus "Temperatur," Temperatur-/Luftfeuchtigkeitssensor (HDC1080) Zeileumbruch ✓
Messwert: Temperatur in °C
Schreibe Daten auf SD-Karte + - Erstelle Text aus "Luftfeuchtigkeit," Temperatur-/Luftfeuchtigkeitssensor (HDC1080) Zeileumbruch ✓
Messwert: Luftfeuchtigkeit in %
Schreibe Daten auf SD-Karte + - Erstelle Text aus "Feinstaub2.5," Feinstaubsensor Sensirion SPS30 Zeileumbruch ✓
Messwert: PM2.5 in µg/m³
Schreibe Daten auf SD-Karte + - Erstelle Text aus "Feinstaub10," Feinstaubsensor Sensirion SPS30 Zeileumbruch ✓
Messwert: PM10 in µg/m³
Display löschen

```

Code abrufbar unter:  
<https://www.snsbx.de/aqe-daten-a4>



## 5. Werte messen und vergleichen

je nach gewählten Orten können die Antworten auf diese Aufgabe ganz unterschiedlich sein.  
Beobachtungen können unter anderem sein:

- die Feinstaubbelastung entspricht nicht / sehr knapp / ganz klar den neuen Richtlinien der WHO und ist damit mit Blick auf Feinstaub lebenswert / kritisch.
- in Ballungsgebieten mit hohem Verkehr sind Feinstaubwerte oft höher
- die openSenseMap bietet aktuell leider zu wenige kontinuierliche Datensätze, um viele Erkenntnisse daraus ziehen zu können
- in bestimmten Ländern / Regionen ist die Feinstaubbelastung deutlich höher
- ...

## 6. Direkter Upload der Messungen

The screenshot shows the software interface for the Air Quality Explorer Set. It consists of two main sections: 'Setup()' and 'Endlosschleife()'.  
**Setup()**: Contains blocks for connecting to WLAN ('Verbinde mit WLAN') and initializing the display ('Display initialisieren').  
**Endlosschleife()**: Contains a 'Zeige auf dem Display Schre...' block with an interval of 10000 ms. This loop includes a 'Verbinde mit openSenseMap: SSL' block and four 'Sensoren' blocks. Each 'Sensoren' block has a 'Sende Messwert an die openSenseMap' block attached:

- Phänomen: sensorID, Type: Feinstaubsensor Sensirion SPS30, Value: PM2.5 in µg/m³
- Phänomen: sensorID, Type: Feinstaubsensor Sensirion SPS30, Value: PM10 in µg/m³
- Phänomen: sensorID, Type: Temperatur-/Luftfeuchtigkeitssensor (HDC1080), Value: Temperatur in °C
- Phänomen: sensorID, Type: Temperatur-/Luftfeuchtigkeitssensor (HDC1080), Value: Luftfeuchtigkeit in %

A note on the right side of the interface says: 'Code abrufbar unter: <https://www.snsbx.de/aqe-daten-a6>' with a copy icon.

Ergänzt werden müssen

- im Block "Verbinde mit WLAN" die entsprechenden Verbindungsdaten
- im Block "Verbinde mit openSenseMap" die senseBox ID und der API Schlüssel, die sich bei der jeweils registrierten senseBox auf openSenseMap im Dashboard einsehen lassen
- in den Blöcken "Sende Messwert an die openSenseMap" die sensor ID des jeweiligen Phänomens, die sich ebenfalls auf der openSenseMap finden lassen

## Kurzinfo

### CO<sub>2</sub>-Ampel: Luftqualität in Innenräumen messen



Jahrgangsstufe: 5-9

Fach (z.B.): Physik, Chemie, Informatik

Vorkenntnisse: Basiskenntnisse senseBox

Dauer: 4 Unterrichtsstunden (je 45 min)

Themenbereiche: Raumluftqualität, Aerosole / Infektionsschutz, Lüftungsstrategien

Material: senseBox MCU S2, OLED-Display, CO<sub>2</sub>-Sensor (Sensirion), 2x QWIIC-Kabel,

Powerbank / Akku, Computer mit Internetzugang;

für alltäglichen Einsatz zusätzlich: Gehäuse, USB-Kabel, USB Steckernetzteil

### Projektbeschreibung

Die Schülerinnen und Schüler lernen, wie sie den CO<sub>2</sub>-Gehalt in Innenräumen als Indikator für die Luftqualität eigenständig messen und über Display und LED anzeigen lassen können. Mithilfe der grafischen Programmieroberfläche „Blockly für senseBox“ können sie ohne Vorkenntnisse das dafür notwendige Messgerät bauen. Soll die Ampel tatsächlich im Alltag eingesetzt werden, werden ein passendes Gehäuse und ein ausreichend langes Kabel zur Stromversorgung benötigt. Für diesen Zweck ist alternativ auch ein spezielles senseBox-Bundle hier erwerbbar: <https://www.snsbx.de/co2-ampel>

### Einbindung in den Unterricht

Das Konzept der CO<sub>2</sub>-Ampel kann aus verschiedenen fachlichen Perspektiven betrachtet und deshalb in verschiedenen Fächern in den Unterricht eingebaut werden. Von der nachhaltigen Lüftungsstrategie im Fach Physik bis zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Konzentration der Luft im Fach Chemie oder Mathematik, kann die aktuelle Thematik Teil des Unterrichtsgeschehens werden. Die Arbeit mit digitalen Werkzeugen, wie der senseBox, fördert viele der sogenannten 21st Century Skills – das Verständnis von Informatiksystemen, dem Internet of Things oder dem Programmieren. Zudem rückt im Schulalltag die Verbindung der vermittelten Inhalte [zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler] immer wieder in den Vordergrund. Wird die CO<sub>2</sub>-Ampel in Zusammenarbeit mit den Schülerinnen und Schülern konzipiert und werden die theoretischen Hintergründe fächerübergreifend behandelt, so bekommen die Lernenden das Gefühl, selbst etwas zum Infektionsschutz [bzw. zur Luftqualität] beitragen zu können. Zudem werden mit dem Do-It-Yourself-Bausatz verschiedene – vor allem digitale – Kompetenzen angesprochen und es besteht eine Verbindung zwischen der erlernten Theorie und der Umsetzung in der Praxis.

In der zu dem Projekt gehörigen Lehrhandreichung finden sich noch mehr Informationen zur Einbindung in verschiedene Fachunterrichte:

[https://sensebox.de/docs/CO2-Ampel\\_Lehrhandreichung.pdf](https://sensebox.de/docs/CO2-Ampel_Lehrhandreichung.pdf)

## Lernziele

Die Schülerinnen und Schüler...

...können ein Messgerät zur Erfassung des CO<sub>2</sub>-Gehalts in der Innenraumluft bauen und programmieren

...können das Programm so anpassen, dass je nach Messwerten die LED-Lampe in einer anderen Farbe leuchtet und nutzen dafür die in der Softwareentwicklung zentralen Konzepte "if-Anweisung" und "Variable"

...können erklären, welche Faktoren den CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Luft beeinflussen

...können mit Hilfe des Messgeräts forschend eine (zumindest augenscheinlich) ideale Lüftungsstrategie für den Raum ermitteln und diese mit Empfehlungen abgleichen

## Einbindung in die Bildungsstandards im Fach Biologie

- Kriteriengeleitet beobachten, kriterienstet vergleichen und ordnen (E2)
- Sachverhalte und Informationen kriteriengeleitet beurteilen (B1)
- Erkenntnisprozess reflektieren (E5)
- Inhaltliche Aspekte
  - Der Mensch als Lebewesen
  - Lebewesen in ihrer Umwelt (Kohlenstoffkreislauf)

## Einbindung in die Bildungsstandards im Fach Chemie

- Die makroskopische Ebene (S1)
- Erkenntnisse mithilfe von Experimenten gewinnen (E1)
- Sachverhalte und Informationen kriteriengeleitet bewerten (B1)
- ggf. Aufbau und Eigenschaften von Stoffen und Teilchen

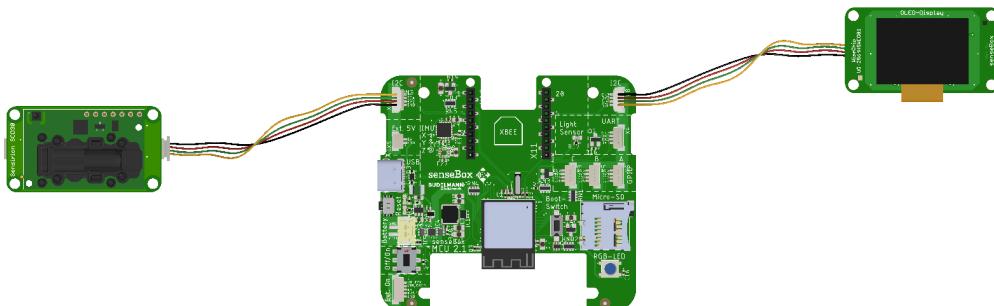
## Einbindung in die Bildungsstandards im Fach Informatik

- algorithmische Grundbausteine (Variablen, if-Anweisungen, Schleifen)
- prinzipielle Funktionsweisen und das Zusammenwirken wesentlicher Hardware-, Software- und Netzwerkkomponenten
- Modellieren und Implementieren

## 1. Aufbau

Befolge folgende Schritte, um dein Messgerät zusammenzubauen:

1. Verbinde das OLED-Display mit einem QWIIC-Kabel mit einem der I2C/Wire Steckplätze.
2. Verbinde den CO<sub>2</sub>-Sensor (SCD30 Sensirion) ebenso mit einem der I2C/Wire Anschlüsse.



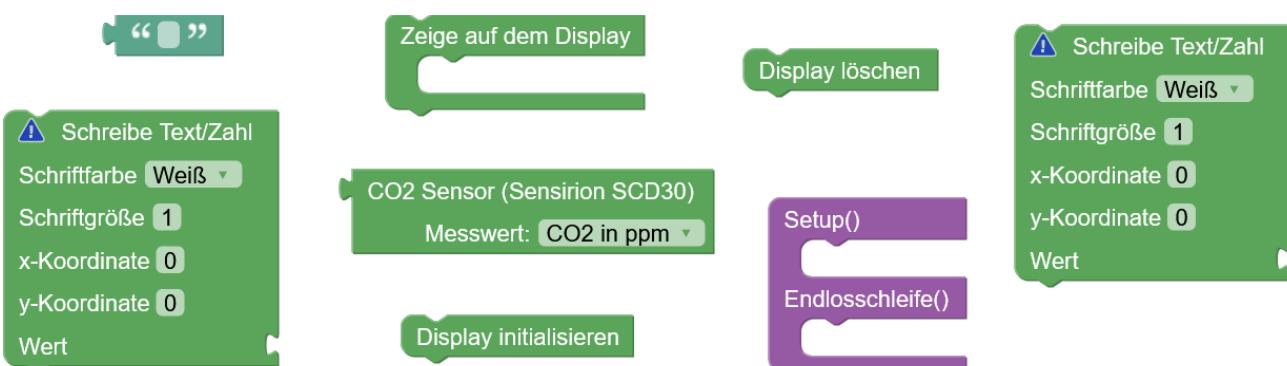
## 2. Programmierung

**Aufgabe 1:** Erstelle mit "Blockly für senseBox" ein Programm, mit dem dauerhaft der CO<sub>2</sub>-Gehalt in ppm auf dem Display ausgegeben wird.

Gehe dafür wie folgt vor:

1. Öffne [blockly.sensebox.de](http://blockly.sensebox.de)
2. Initialise das Display im 'Setup'
3. Lasse nun den CO<sub>2</sub>-Messwert auf dem Display anzeigen: Nutze die Blöcke "Zeige auf dem Display" und "Schreibe Text/Zahl"
4. Um die Einheit immer zu berücksichtigen, lasse dir "ppm" als Text auf dem Display **unter** der jeweiligen Zahl anzeigen. Wie müssen dafür die x- und y-Koordinate definiert werden? Denk daran, dass die 0 beim Koordinatensystem in der Informatik nicht unten links, sondern oben links beginnt.

Folgende Blöcke benötigst du in deinem Programmcode:



Kombiniere die abgebildeten Blöcke zu einem Programmcode. Kompiliere ihn und übertrage ihn auf deine senseBox.

**Aufgabe 2:** Erweitere dein Programm so, dass die LED der CO<sub>2</sub>-Ampel in einer Farbe leuchtet. Nutze dafür folgende Blöcke:



Nutze dann "If-Anweisungen" (siehe Infokasten) in deinem Programm, damit die Ampel je nach Überschreitung eines Grenzwertes in einer bestimmten Farbe leuchtet. So kann sie anzeigen, wann im Raum gelüftet werden sollte. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Grenzwerte der Kohlenstoffdioxid-Konzentration im Innenraum:

> 2000 ppm	Inakzeptabel: Lüften zwingend notwendig
< 2000 ppm	Auffällig: Lüften empfohlen
< 1000 ppm	Unbedenklich: Lüften nicht notwendig

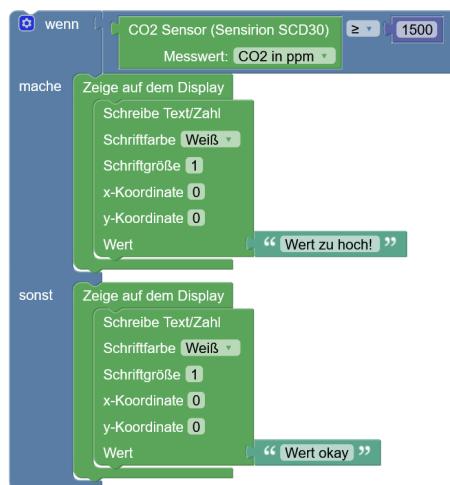
angelehnt an: BMK 2024

#### INFO: IF-ANWEISUNGEN

“Wenn die CO<sub>2</sub>-Konzentration hoch ist (> 1500 ppm), dann soll eine Warnung auf dem Display ausgegeben werden.”

Dies ist ein Beispiel für eine If- (englisch für “wenn”) Bedingung. Es wird zu Beginn eine Bedingung aufgestellt (**wenn...**) und nur wenn diese Bedingung erfüllt wird, folgt die Anweisung (**dann mache...**). Sollte die Bedingung nicht erfüllt werden, so wird die Anweisung übersprungen und es gibt eine Alternative, die ausgeführt wird (**sonst mache...**).

**Beispiel:** Die Programmierung der oben aufgestellten Bedingung könnte zum Beispiel so aussehen:



Mit dem „Logischen Vergleich“ kannst du zwei Werte vergleichen und somit einen Grenzwert o.ä. in deine Bedingung einfließen lassen:





**Aufgabe 3:** Finde heraus, welche **Faktoren** die Messung der CO<sub>2</sub>-Ampel beeinflussen, um sie möglichst genau nutzen zu können.

- a. Stelle Hypothesen auf, wie du die **Werte verändern** könntest, z.B. durch eine Änderung der Position des Sensors. Durch welche Änderungen wird die CO<sub>2</sub>-Messung höher, durch welche geringer? Teste deine Hypothesen dann mit der senseBox. Achte dabei darauf, immer nur ein Faktor zu verändern und die Veränderungen länger zu beobachten, um tatsächliche Unterschiede feststellen zu können.
- b. Wie kannst du den Sensor **positionieren**, sodass er die Raumluft am besten wiedergibt? Begründe.



**Aufgabe 4:** Ermittle die **ideale Lüftungsstrategie** in diesem Raum. Achte dabei darauf, dass du die senseBox und insbesondere den angeschlossenen CO<sub>2</sub>-Sensor gut positionierst (siehe Aufgabe 3).

- a. Messe, wie lange es im Alltag in diesem Raum dauert, bis der CO<sub>2</sub>-Gehalt von **500ppm auf 1000ppm** ansteigt und wie lange es von **1000ppm auf 1500ppm** dauert. Ist der Anstieg linear?
- b. Messe, wie lange es im Alltag in diesem Raum dauert, bis der CO<sub>2</sub>-Gehalt **durch Stoßlüften von 1000ppm auf 500ppm** sinkt.
- c. Messe, wie lange es im Alltag in diesem Raum dauert, bis der CO<sub>2</sub>-Gehalt **durch Lüftung mit gekipptem Fenster von 1000ppm auf 500ppm** sinkt.
- d. Begründe abschließend, wie oft und auf welche Weise **in diesem Raum in der Regel** gelüftet werden sollte. Beziehe dabei deine Erkenntnisse aus der Aufgabe 3 ein, was den CO<sub>2</sub>-Gehalt beeinflusst.
- e. Vergleiche deine Ergebnisse mit den offiziellen Empfehlungen des Umweltbundesamtes. Lese wenn du in einem **Klassenraum** bist dafür die Abschnitte "Wie funktioniert richtiges Lüften im Schulalltag?" und "Was nützen CO<sub>2</sub>-Ampeln und wie setze ich sie richtig ein?" auf der Seite <https://www.umweltbundesamt.de/richtig-lueften-in-schulen>

**Knifflige Bonusaufgabe:** Aktuell ist diese CO<sub>2</sub>-Ampel sehr anfällig für kleinste Änderungen, z.B. wenn jemand daran vorbeiläuft. Schreibe dein Programm so um, dass es nicht mehr ständig aktualisiert wird, sondern immer **minütlich Mittelwerte** ausgibt. Es gibt (wie fast immer bei Programmierung) verschiedene Möglichkeiten, das zu lösen. Generell sind folgende Blöcke zusätzlich wichtig:



So kannst du vorgehen:

- Berechne die Summe der CO<sub>2</sub>-Werte innerhalb einer Minute, um dann den Durchschnitt zu berechnen. Setze dafür eine Variable "co2Sum" auf 0 und lasse dann mit dem "Wiederhole [6] mal"-Block alle 10s den CO<sub>2</sub>-Wert der Summe hinzufügen
- Teile dann die Summe durch [6] und speichere diese als neue Variable für den Durchschnitt.
- Tausche jetzt in deinen anderen Blöcken die Variable für den CO<sub>2</sub>-Wert gegen die Variable für den CO<sub>2</sub>-Durchschnitt aus, damit das Programm jetzt nur noch diesen berücksichtigt.
- Lasse im Setup auf dem Display einen Wartebildschirm anzeigen, da der erste Wert erst nach ca. 1 Minute ausgegeben wird

### INFO: VARIABLEN

Bei der Programmierung des Verkehrszählers musst du immer wieder auf gewisse Werte zurückgreifen. Damit dies unkompliziert machbar ist, bietet die Informatik mit dem Konzept der Variablen eine hilfreiche Lösung. Sie sind eine Art Kiste, die mit einem Namen versehen ist, in dieser Kiste kannst du nun verschiedene Dinge hinterlegen, zum Beispiel Zahlen oder auch Texte und diese später erneut abrufen.

Je nachdem, was du in einer Variable speichern möchtest, musst du den richtigen Datentyp auswählen:

**Zeichen (char):** Für einzelne Textzeichen



**Text (string):** Für ganze Wörter oder Sätze

**Zahl (int):** Für Zahlen von -32768 bis +32768



**Große Zahl (long):** Für Zahlen von -214748364 bis +2147483648

**Dezimalzahl (float):** Für Kommazahlen (z.B. 25,3)

**Zustand (boolean):** wahr oder falsch

Variablen können ihren Wert im Laufe des Programmes verändern, sodass du zum Beispiel der Variable „Anzahl“ nach jedem vorbeifahrenden Auto um eins wachsen lässt.



# Projekt "CO2-Ampel" - Antizipierte Antworten

## Lösung Aufgabe 1:

```

Setup()
  Display initialisieren
Endlosschleife()
  Display löschen
  Zeige auf dem Display
    Schreibe Text/Zahl
      Schriftfarbe Weiß
      Schriftgröße 2
      x-Koordinate 0
      y-Koordinate 0
      Wert
    CO2 Sensor (Sensirion SCD30)
      Messwert: CO2 in ppm
  Schreibe Text/Zahl
    Schriftfarbe Weiß
    Schriftgröße 2
    x-Koordinate 0
    y-Koordinate 16
    Wert
      “ ppm ”

```

## Lösung Aufgabe 2:

```

Setup()
  Display initialisieren
  RGB LED (WS2818) initialisieren
    Port: on Board
    Helligkeit 30
    Anzahl 1
    Warte 2000 Millisekunden
Endlosschleife()
  Intervall: Interval 1000 ms
    Schreibe int co2 CO2 Sensor (Sensirion SCD30)
      Messwert: CO2 in ppm
    Display löschen
    Zeige auf dem Display
      Schreibe Text/Zahl
        Schriftfarbe Weiß
        Schriftgröße 4
        x-Koordinate 0
        y-Koordinate 16
        Wert
          int co2
      Schreibe Text/Zahl
        Schriftfarbe Weiß
        Schriftgröße 2
        x-Koordinate 0
        y-Koordinate 45
        Wert
          “ ppm ”
  wenn int co2 ≥ 1500
    mache Setze RGB-LED (WS2818) an
      Port: on Board
      Position 0
      Farbe Red
    sonst wenn int co2 ≥ 1000
      mache Setze RGB-LED (WS2818) an
        Port: on Board
        Position 0
        Farbe Yellow
    sonst
      Setze RGB-LED (WS2818) an
        Port: on Board
        Position 0
        Farbe Green

```



Code abrufbar unter:  
<https://www.snsbx.de/aqe-ampel>

### Aufgabe 3:

a) Mögliche Antworten können sein:

- CO<sub>2</sub>-Gehalt wird höher z.B. durch
  - Nähe zu Menschen
  - Höhe
  - Anzahl der Personen im Raum
  - Anhauchen
  - Abdecken, z.B. durch Hände oder Decke
- CO<sub>2</sub>-Gehalt wird niedriger z.B. durch
  - Nähe zu Pflanzen / Begrünung im Raum & in der Umgebung (Fotosynthese)
  - Größe des Raums
  - offene Fenster

b) Antworten hängen vom Raum ab, indem die Messungen durchgeführt werden. Generell werden Erkenntnisse zur Position des Sensors erwartet wie

- sollte nicht direkt neben Personen stehen
- sollte ungefähr auf Atemhöhe der Personen stehen
- sollte nicht direkt bei einer Klimaanlage oder neben einem geöffneten Fenster stehen
- ...

### Aufgabe 4:

Mögliche Antworten der Lernenden sind sehr abhängig vom Raum, in dem gemessen wird. Klar sollte werden, dass das Lüften in der Kippstellung generell wenig effizient ist und insbesondere bei vielen Menschen im Raum regelmäßig gelüftet werden sollte.



## Lösung Bonusaufgabe (eine von mehreren Möglichkeiten):

The Scratch script consists of the following blocks:

- Setup()**:
  - Display initialisieren
  - RGB LED (WS2818) initialisieren
    - Port: on Board
    - Helligkeit 30
    - Anzahl 1
  - Warte 2000 Millisekunden
  - Zeige auf dem Display
    - Schreibe Text/Zahl
    - Schriftfarbe Weiß
    - Schriftgröße 2
    - x-Koordinate 0
    - y-Koordinate 0
    - Wert “Wait 1 min for first value...”
- Endlosschleife()**:
  - Schreibe int co2Sum 0
  - Wiederhole [6 mal]
    - mache Schreibe int co2Sum + int co2Sum [ CO2 Sensor (Sensirion SCD30)   
 Messwert: CO2 in ppm ]
    - Warte 60000 + 6 Millisekunden
  - Schreibe int co2Average + int co2Sum + 6
  - Display löschen
  - Zeige auf dem Display
    - Schreibe Text/Zahl
    - Schriftfarbe Weiß
    - Schriftgröße 4
    - x-Koordinate 0
    - y-Koordinate 16
    - Wert int co2Average
    - Schreibe Text/Zahl
    - Schriftfarbe Weiß
    - Schriftgröße 2
    - x-Koordinate 0
    - y-Koordinate 45
    - Wert “ppm”
- Wenn int co2Average ≥ 1500 Dann**:
  - mache Setze RGB-LED (WS2818) an
    - Port: on Board
    - Position 0
    - Farbe Red
- Sonst Wenn int co2Average ≥ 1000 Dann**:
  - mache Setze RGB-LED (WS2818) an
    - Port: on Board
    - Position 0
    - Farbe Yellow
- Sonst**:
  - Setze RGB-LED (WS2818) an
    - Port: on Board
    - Position 0
    - Farbe Green

Code abrufbar unter:  
<https://www.snsbx.de/aqe-ampel-bonus>

## Kurzinfo

### Fotosyntheseleistung erfassen

Jahrgangsstufe: 7-9

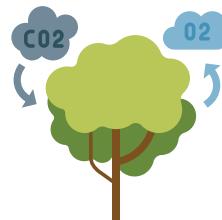
Fach (z.B.): Biologie

Vorkenntnisse: idealerweise Basiskenntnisse senseBox

Dauer: 4 Unterrichtsstunden (je 45 min)

Themenbereiche: Fotosynthese, Klimawandel

Material: senseBox MCU S2, CO<sub>2</sub>-Sensor (Sensirion), OLED-Display, 2x QWIIC-Kabel, Akku / Powerbank, Computer mit Internetzugang; Pflanze, verschließbares Gefäß; bluetooth-fähiges mobiles Endgerät (z.B. Smartphone)



### Projektbeschreibung

Die Schülerinnen und Schüler lernen, wie sie den CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Luft mit der senseBox eigenständig messen und damit den Effekt der Fotosynthese teilweise sichtbar machen können. Dafür schließen sie eine gesunde eingepflanzte Pflanze in einem luftdichten Gefäß mit dem CO<sub>2</sub>-Sensor der senseBox ein. Der CO<sub>2</sub>-Gehalt wird direkt auf dem Display oder in der phyphox-App als Graph ausgegeben, wodurch die Entwicklung besonders anschaulich wird. Mithilfe der grafischen Programmoberfläche „Blockly für senseBox“ können sie ohne Vorkenntnisse das dafür notwendige Messgerät bauen. Am Ende schlägt das Projekt einen inhaltlichen Bogen zu der Rolle von Pflanzen beim Klimawandel.

### Einbindung in den Unterricht

Das Projekt eignet sich am besten für den Biologie-Unterricht bzw. einem fachübergreifenden Unterricht in Biologie und Technik. Nach einer theoretischen Einführung in das Thema Fotosynthese kann das Verständnis mit diesem praktischen Experiment gestärkt werden.

Die Programmierung nimmt in diesem Projekt eine untergeordnete Rolle ein und beschränkt sich in der einfachsten Form auf das simple Programm in Aufgabe 2. In der Aufgabe 3 wird mit der phyphox-App ein alternativer und besserer Weg zur Messung und Darstellung vorgeschlagen. Diese wird empfohlen, da die App neben der deutlich besseren Durchführung dieses Experiments Schüler:innen dazu anregen kann, selbst Experimente mit dem Smartphone als Messgerät durchzuführen. Hierfür bietet phyphox verschiedene Möglichkeiten an und ist dabei als Universitätsprojekt vollkommen kosten- und werbefrei. Trotzdem ist sie für das Projekt nicht zwingend notwendig, je nach Unterrichtskonzeption kann die Aufgabe 3 also auch weggelassen oder zur Binnendifferenzierung eingesetzt werden. Schließlich gibt die Aufgabe 5 die Möglichkeit, direkt einen Bogen von der Fotosynthese zum Thema Klimawandel zu spannen und dabei die Rolle von Bäumen differenziert zu beleuchten.

Weitere Informationen zur App und Links zum Download finden sich unter:

<https://phyphox.org/>

## Lernziele

Die Schülerinnen und Schüler...

...können ein Messgerät zur Erfassung der CO<sub>2</sub>-Entwicklung in einem geschlossenen Gefäß bauen und programmieren

...können die Messwerte über Bluetooth (mit Hilfe der App phyphox) an ein mobiles Endgerät übertragen und so auswerten

...können die gemessene CO<sub>2</sub>-Entwicklung inhaltlich mit der Fotosynthese in Verbindung bringen

...verstehen die Funktion der Fotosynthese im Ökosystem und ihren Einfluss auf den Klimawandel

## Einbindung in die Bildungsstandards im Fach Biologie

- Kriteriengeleitet beobachten, kriterienstet vergleichen und ordnen (E2)
- Sachverhalte und Informationen kriteriengleitet beurteilen (B1)
- Inhaltliche Aspekte
  - Der Mensch als Lebewesen
  - Lebewesen in ihrer Umwelt (Kohlenstoffkreislauf)

## Fotosynthese: Pflanzen als Klimaretter?



Pflanzen wandeln CO<sub>2</sub> durch Fotosynthese in Sauerstoff um. Funktioniert das in der Praxis wirklich so? Wie stark ist dieser Effekt? Mit der senseBox könnt ihr es selbst messen. Dafür braucht ihr zusätzlich zur senseBox nur eine gesunde Pflanze und ein luftdichtes Gefäß. Dabei lassen wir uns von den Daten direkt ein Diagramm zeichnen, damit wir die CO<sub>2</sub>-Entwicklung besser sehen können. Los geht's!

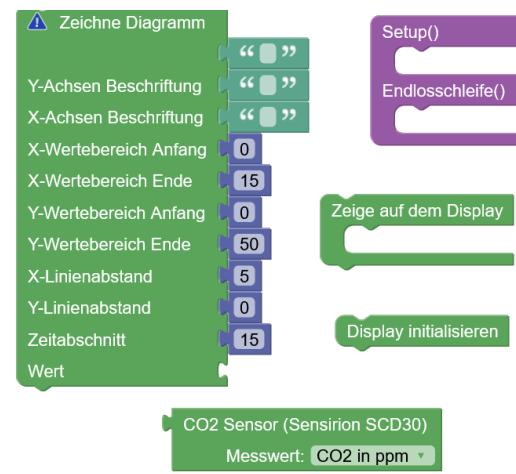
### Aufgabe 1: Aufbau

Der CO<sub>2</sub>-Sensor und das OLED-Display werden jeweils mit einem QWIIC-Kabel an einen der I2C Ports angeschlossen. Verbinde das Bluetooth-Bee ("BLE-Bee") mit dem XBee-Steckplatz. Installiere die kostenlose und werbefreie phyphox-App der RWT Hochschule Aachen (<https://phyphox.org/de>) auf einem Bluetooth-fähigen Smartphone oder Tablet.

### Aufgabe 2: CO<sub>2</sub>-Werte messen und als Diagramm anzeigen lassen

Programmiere deine senseBox so, dass sie die CO<sub>2</sub>-Werte misst und als Diagramm auf dem OLED-Display ausgibt. Gehe dabei am besten wie folgt vor:

- Öffne [blockly.sensebox.de](http://blockly.sensebox.de)
- Initialise das Display im 'Setup'
- Lasse dir nun in der Endlosschleife ein Diagramm zeichnen. Nutze die Blöcke "Zeige auf dem Display" und "Zeichne Diagramm"
- Dabei ist es wichtig, dass du die Lücken des letzten Blocks sinnvoll ausfüllst. Überlege dir also, welche CO<sub>2</sub>-Konzentration in dem Gefäß realistisch ist und inwieweit sich diese verändern kann. Während diese Werte der y-Achse zugeordnet werden, gibt die x-Achse einen Überblick über die vergangene Zeit (t) in Sekunden. Auch hier solltest du darüber nachdenken, welche Intervalle sinnvoll sind, um Veränderungen zu sehen. Bedenke zudem den sehr begrenzten Platz auf dem Display. Als 'Wert' verwendest du den passenden Block zum CO<sub>2</sub>-Sensor (Sensirion SCD30). Du musst nicht direkt die perfekten Werte kennen - probiere unterschiedliche aus und entscheide dich dann!

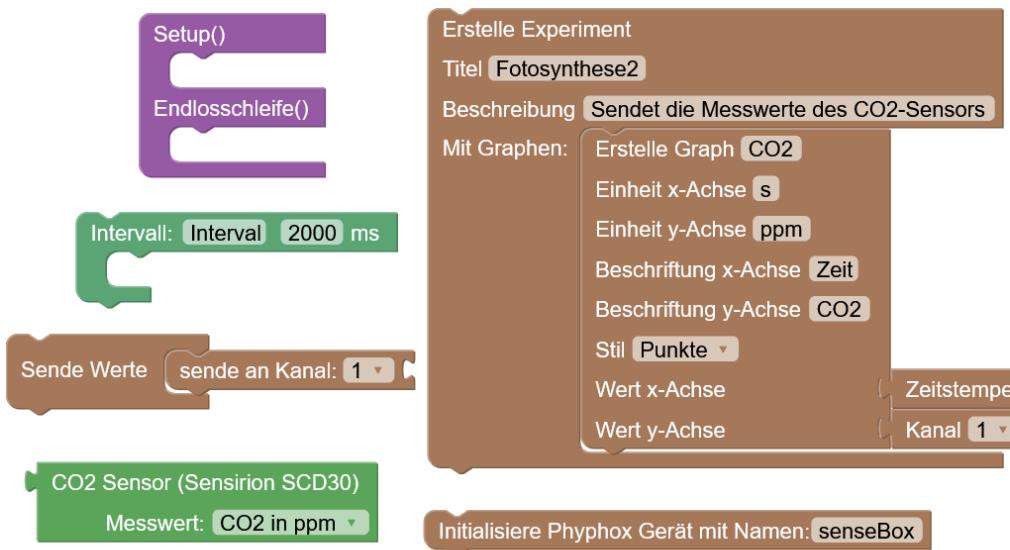


### Aufgabe 3: CO<sub>2</sub>-Werte mit der phyphox-App messen

Wahrscheinlich ist dir bei den Tests bereits aufgefallen, dass das Display der senseBox für diese Messung nicht ideal ist. Durch die geringe Größe ist nur wenig Platz für Beschriftungen, Werte lassen sich nur ungenau ablesen und nicht exportieren. Um das zu lösen, nutzen wir die phyphox-App!

Verbinde deine phyphox-App mit der senseBox und lasse sie die CO<sub>2</sub>-Daten über Bluetooth an dein Smartphone oder Tablet senden. Gehe dafür am besten wie folgt vor:

- Öffne *blockly.sensebox.de* (erstelle ein neues Programm)
- Initialisiere dort im *Setup()* zuerst Phyphox Gerät und benenne dies individuell. Wenn mehrere Messgeräte in einem Raum verwendet werden, kannst du über den Namen dein Messgerät wiederfinden.
- Mit dem Block „Erstelle Experiment“ kannst du die Darstellung deiner Messwerte konfigurieren. Über den Kanal kannst du die Messwerte des CO<sub>2</sub>-Gehalts übermitteln, welche auf der y-Achse dargestellt werden sollen. Auf der x-Achse soll die Zeit in Sekunden abgebildet werden, weshalb hier der Block ‘Zeitstempel’ einzufügen ist.
- In der Endlosschleife bindest du nun den CO<sub>2</sub>-Sensor als Wert für den ersten Kanal ein. Über den Block ‘Intervall’ kannst du einstellen, wie oft die Messwerte von der senseBox an die phyphox-App gesendet werden sollen. Damit ist der Programmcode fertig!



### Verbindung mit der phyphox-App

Öffne die phyphox-App, klicke auf das + und wähle „Neues Experiment für Bluetooth-Gerät“ aus. Es wird nun eine Liste von verfügbaren Messgeräten angezeigt. Klicke auf dein Messgerät, um die Verbindung herzustellen. Zum Einstellen des Messzeitraums für das Experiment klicke auf die drei Punkte und öffne den Punkt „Zeitautomatik“.

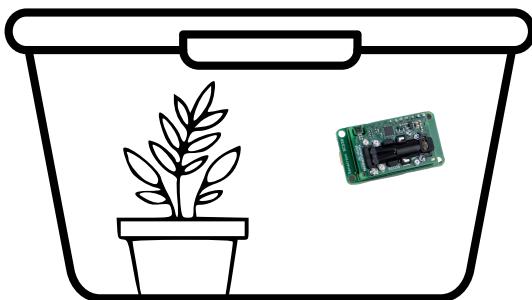
Starte das Experiment mit einem Klick auf den „Start“ Button. Die Messwerte der senseBox werden nun von der App aufgezeichnet. Nachdem das Experiment beendet wurde, kannst du über die drei Punkte ‘Zustand speichern’ auswählen und es benennen.

### Aufgabe 4: Fotosynthese messen

Jetzt wo unsere Messgerät bereit ist, können wir mit der Messung anfangen!

Miss über einen Zeitraum von ca. 30 Minuten die Veränderung des CO<sub>2</sub>-Gehalts in der Umgebungsluft der Pflanze. Achte dabei darauf, dass die Messwerte nicht von außen beeinflusst werden. Gehe dafür am besten so vor:

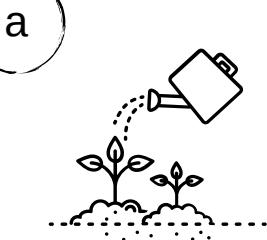
- Da die Veränderung des CO<sub>2</sub>-Gehalts der Umgebungsluft einer Pflanze erfasst werden soll, platziere eine eingepflanzte Pflanze in ein lichtdurchlässiges Gefäß und lege den CO<sub>2</sub>-Sensor hinzu, während der Rest deiner senseBox außerhalb des Gefäßes bleibt.
- Verschließe das Gefäß anschließend, sodass kein Luftaustausch stattfinden kann.
- Achte darauf, dass die Umgebungstemperatur moderat ist und viel Sonnenlicht bei der Pflanze ankommt.



- Lasse über die phyphox-App (bzw. über das Display) 30 Minuten lang Werte messen und anzeigen und notiere dir die Ergebnisse.
  - Was fällt dir auf?
- .....  
.....  
.....  
.....

### Aufgabe 5: Einfluss von Pflanzen auf das Klima

Wie das Experiment (hoffentlich) gezeigt hat, können Pflanzen der Umgebungsluft tatsächlich CO<sub>2</sub> entziehen. Sie wandeln CO<sub>2</sub> durch Fotosynthese in Sauerstoff um. Dabei ist CO<sub>2</sub> eines der sogenannten Treibhausgase, die den Klimawandel vorantreiben. Pflanzen sind also in dem Sinne "Klimahelden", dass sie den CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Luft kompensieren. Perfekt! Also müssen wir nur genug Bäume pflanzen und können dann als Menschen wieder beliebig viel CO<sub>2</sub> ausstoßen, z.B. durch Auto fahren oder Fleischproduktion? Ganz so einfach ist es leider nicht...



a

Lese den Artikel "PR-Mogelpackung: Bäume pflanzen fürs Klima" des NDR und schaue das eingebettete Video an: <https://www.ndr.de/fernsehen/sendungen/panorama/archiv/2021/PR-Mogelpackung-Baeume-pflanzen-fuers-Klima,baeume292.html>  
Gebe in eigenen Worten wieder, was die Probleme bei der Bekämpfung des Klimawandels durch Aufforstung sind.



b

Wo hast du in deinem Alltag schon ähnliche Werbekampagnen gesehen? Hat sich deine Perspektive darauf verändert und warum?



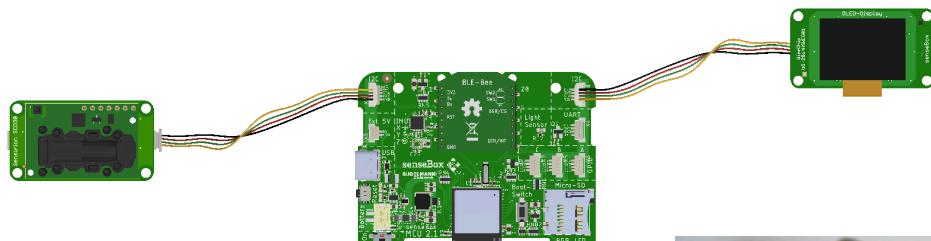
c

Nehmt in einer Kleingruppe Firmen, die CO<sub>2</sub>-Kompensationen anbieten, genauer unter die Lupe. Recherchiert dafür mehr Informationen darüber, wie effektive Aufforstungsprojekte aussehen und was dabei laut Expertinnen und Experten beachtet werden sollte. Schaut euch dann ein Projekt eurer Wahl an, das Bäume pflanzt. Positioniert euch dazu, inwiefern dieses Projekt die Empfehlungen umsetzt. Handelt es sich um eine effektive Maßnahme oder eher um "Greenwashing"?



# Projekt "Fotosynthese" – Antizipierte Antworten

## Aufgabe 1: Aufbau



Quelle: <https://phyphox.org/>

## Aufgabe 2:

```

Setup()
  Display initialisieren
Endlosschleife()
  Zeige auf dem Display
    Zeichne Diagramm
      "CO2-Konzentr."
      "CO2"
      "t"
      X-Achsen Beschriftung
      Y-Achsen Beschriftung
      X-Wertebereich Anfang
      X-Wertebereich Ende
      Y-Wertebereich Anfang
      Y-Wertebereich Ende
      X-Linienabstand
      Y-Linienabstand
      Zeitabschnitt
      Wert
      CO2 Sensor (Sensirion SCD30)
      Messwert: CO2 in ppm

```

Code abrufbar unter:  
<https://www.snsbx.de/aqe-foto-a2>

## Aufgabe 3:

```

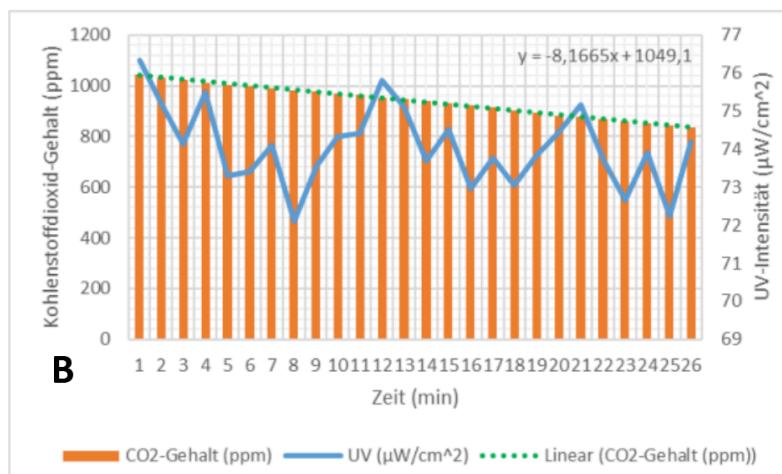
Setup()
  Initialisiere Phyphox Gerät mit Namen: senseBox
  Erstelle Experiment
  Titel Fotosynthese2
  Beschreibung Sendet die Messwerte des CO2-Sensors
  Mit Graphen:
    Erstelle Graph CO2
    Einheit x-Achse s
    Einheit y-Achse ppm
    Beschriftung x-Achse Zeit
    Beschriftung y-Achse CO2
    Stil Punkte
    Wert x-Achse
    Wert y-Achse
    Zeitstempel
    Kanal 1
Endlosschleife()
  Intervall: Interval 2000 ms
  Sende Werte
    sende an Kanal: 1
    CO2 Sensor (Sensirion SCD30)
    Messwert: CO2 in ppm

```

Code abrufbar unter:  
<https://www.snsbx.de/aqe-foto-a3>

## Aufgabe 4: Fotosynthese messen

Durch die Umwandlung von Kohlenstoffdioxid in Sauerstoff sollte der CO<sub>2</sub>-Gehalt abnehmen und gleichzeitig auch die Fotosyntheseleistung, sobald der Schwellwert an CO<sub>2</sub> unter ein Minimum fällt. Letzteres ist im Messzeitraum nicht unbedingt beobachtbar.



Als Anschauungsbeispiel:  
Messergebnisse aus der Bachelorarbeit von Anna Kirst (2024) unter Betreuung von Dr. Stefan Hempel vom NatLab

<https://www.bcp.fu-berlin.de/natlab/index.html> (letzter Zugriff: 02.12.2024)

## Aufgabe 5: Einfluss von Pflanzen auf das Klima

a) Mögliche Antworten können sein:

- Aufforstung wird durch Marketingkampagnen als Alternative zum CO<sub>2</sub>-Sparen verkauft, obwohl es rein rechnerisch nur ein Zusatz sein kann (gesamte Lebensdauer von 8 ausgewachsenen Birken gleichen nur ca. 1 Jahr den Ausstoß eines Menschen aus)
- Bei Bäumen wird ein bestimmtes Potenzial zur Berechnung angenommen, oft erreichen sie dieses aber nicht, z.B. durch
  - Krankheiten, Schädlinge
  - Wirbelstürme, Zyklone
  - Waldbrände
- Für einen intakten Wald braucht es ein gesamtes Ökosystem, einzelne Bäume reichen nicht, und Monokulturen sind besonders anfällig, z.B. für Schädlinge -> "Renaturierung" statt reines Pflanzen von Bäumen

b) Individuelle Antworten der SuS. Antizipiert wird die Erkenntnis, dass es viele Initiativen für das Pflanzen von Bäumen gibt und zahlreiche Unternehmen mit dem Pflanzen von Bäumen werben.

c) Individuelle Kampagnen und Positionen der SuS.

- Ideen für Kampagnen
  - Sticker / Flyer drucken und verteilen
  - Poster erstellen und in der Schule aufhängen
  - Kurzvideo erstellen und auf sozialen Medien teilen
  - Offenen Brief an Unternehmen schreiben (nur nach weiterer Recherche)
  - ...



## Kurzinfo

### Klimawandel: Treibhausgase sichtbar machen



Jahrgangsstufe: 8

Fach (z.B.): Geographie

Vorkenntnisse: Basiskenntnisse senseBox

Dauer: 3 Unterrichtsstunden (je 45 min)

Themenbereiche: Klimawandel, Treibhausgase, Treibhauseffekt, Klimaschutz, ...

Material: senseBox S2, CO<sub>2</sub>-Sensor (Sensirion), Bluetooth-Bee, Akku, Computer mit Internetzugang, mobiles Endgerät mit der App "Phyphox"; durchsichtige gummiert abgedichtete Kunststoffkiste, Grünpflanzen, Mineralwasser, Gläser

### Projektbeschreibung

Die Schülerinnen und Schüler lernen anhand von Modellen, wie klimafreundlich unterschiedliche Orte innerhalb einer Stadt sind. Dafür bauen sie charakteristische Merkmale in einem Modell mit CO<sub>2</sub>-Quellen und CO<sub>2</sub>-Senken nach und messen an diesem die CO<sub>2</sub>-Entwicklung. Mithilfe der grafischen Programmieroberfläche „Blockly für senseBox“ können sie ohne viele Vorkenntnisse das dafür notwendige Messgerät bauen. Anschließend werten sie die Daten aus.

### Einbindung in den Unterricht

Das vorliegende Projekt kann sehr gut in eine Unterrichtsreihe zum Thema Klimawandel eingebunden werden. Dafür kann vorab auf den theoretischen Aspekt der Treibhausgase und des Treibhauseffekts eingegangen werden, und dieser dann anschließend mit Hilfe dieses Projekts für die Schülerinnen und Schüler (SuS) praktisch erlebbar gemacht werden. Die Reihe kann dann schließlich dadurch abgerundet werden, dass die gewonnenen Kenntnisse weiterverwendet werden. Wie können wir lokal einen Beitrag zum Klimaschutz leisten? Was sind globale Perspektiven? Durch solch eine Reihe können SuS einen umfassenden Blick über den Klimawandel gewinnen. Ein exemplarischer Unterrichtsverlauf für die Unterrichtseinheit findet sich hier:

[https://sensebox.de/docs/Klimawandel\\_Lehrkonzept\\_Masterarbeit.pdf](https://sensebox.de/docs/Klimawandel_Lehrkonzept_Masterarbeit.pdf)

Gleichzeitig ist wie bei den anderen senseBox-Projekten auch eine Einbettung in anderen Fächern bzw. eine interdisziplinäre Umsetzung des Projekts denkbar, die neben fachlichen Kompetenzen bezüglich Treibhausgasen auch Technik- und Problemlösekompetenzen geschult werden.

Die folgenden Arbeitsblätter unterstützen die SuS vor allem bei der Projektplanung und Projektdurchführung. Sie enthalten keine kleinschrittigen Programmieranweisungen wie bei anderen Projekten und werden deshalb idealerweise in Verknüpfung mit weiterer Unterstützung oder weiteren Materialien verwendet, z.B. die senseBox-Lernkarten, die hier zu finden sind: <https://sensebox.de/de/lernkarten-s2>



## Lernziele

Die Schülerinnen und Schüler...

...können aus vorhandenen Materialien (insb. Mineralwasser und Pflanzen als CO<sub>2</sub>-Quellen bzw. -Senken) ein Modell eines Ortes in ihrer Stadt planen und erstellen

...können ein Messgerät zur Erfassung des CO<sub>2</sub>-Gehalts bauen und programmieren

...können mit Unterstützung durch die Arbeitsblätter ihr eigenes Projekt planen und durchführen

...können die erhobenen Daten über die Phyphox-App oder ein Tabellenkalkulationsprogramm auswerten und mögliche Gründe für die Entwicklung der Daten ableiten

## Einbindung in die Bildungsstandards im Fach Geographie

- Erfassung von Mensch-Umwelt-Beziehungen
- Erfassung und Auswertung von geographisch relevanten Informationen aus dem Realraum
- Fähigkeit, Informationen zur Behandlung von geographischen/ geowissenschaftlichen Fragestellungen zu gewinnen
- Fähigkeit, ausgewählte Situationen/Sachverhalte im Raum unter Anwendung geographischer/geowissenschaftlicher Kenntnisse zu beurteilen

## Einbindung in die Bildungsstandards im Fach Biologie

- Kriteriengeleitet beobachten, kriterienstet vergleichen und ordnen (E2)
- Sachverhalte und Informationen kriteriengeleitet beurteilen (B1)
- Erkenntnisprozess reflektieren (E5)
- Inhaltliche Aspekte
  - Lebewesen in ihrer Umwelt (Naturschutz, Klimawandel)

## Forschungsauftrag – Projektarbeit

Nutzt den Experimentierkasten, um euren Standort modellhaft nachzubilden sowie die sense-Box als Toolkit, um eine Messstation zur CO2-Datenerhebung zu konstruieren. Dabei ist es wichtig, folgende Forschungsfrage im Auge zu behalten:

**Wie klimafreundlich ist der Standort ..... in eurer Stadt?**

Bei der Gestaltung und Programmierung des Modells und des Messgeräts sind euch keine Grenzen gesetzt. Seid also kreativ und plant euer Vorgehen nach euren Interessen und Stärken. Bei der Planung steht euch dieses Arbeitsblatt unterstützend zur Verfügung.

### 1. Planung des Modells

Zeichnet sich der Standort überwiegend durch CO2-Senken oder CO2-Quellen aus?

---

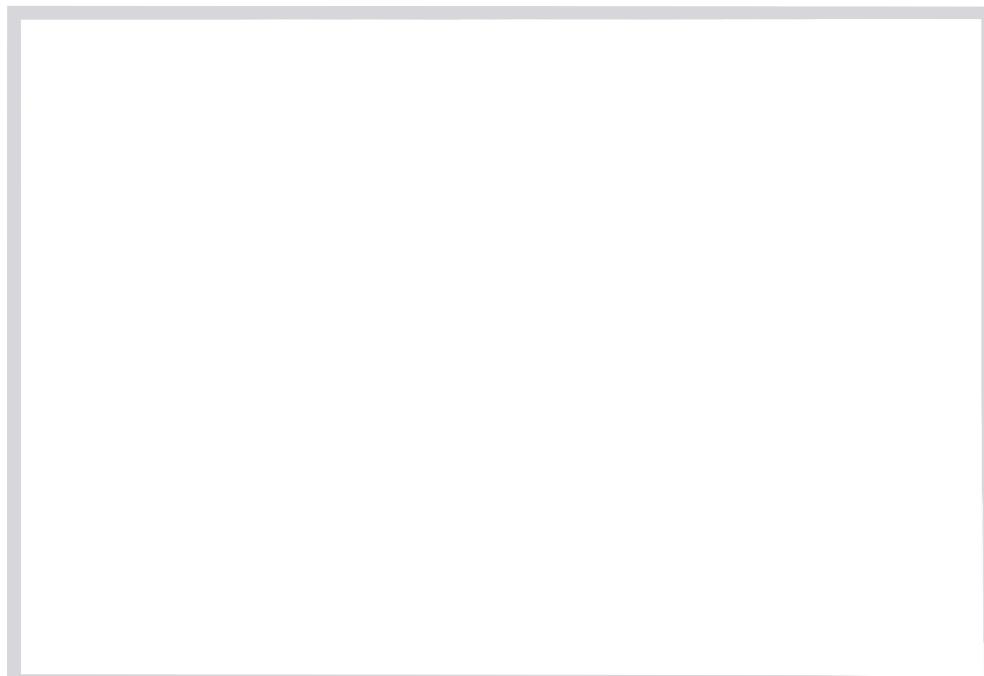
---

Wie wollt ihr diese modellhaft nachbilden? Werft dazu einen Blick in den Experimentierkasten!

---

---

Fertigt eine beschriftete Skizze des geplanten Modells an:

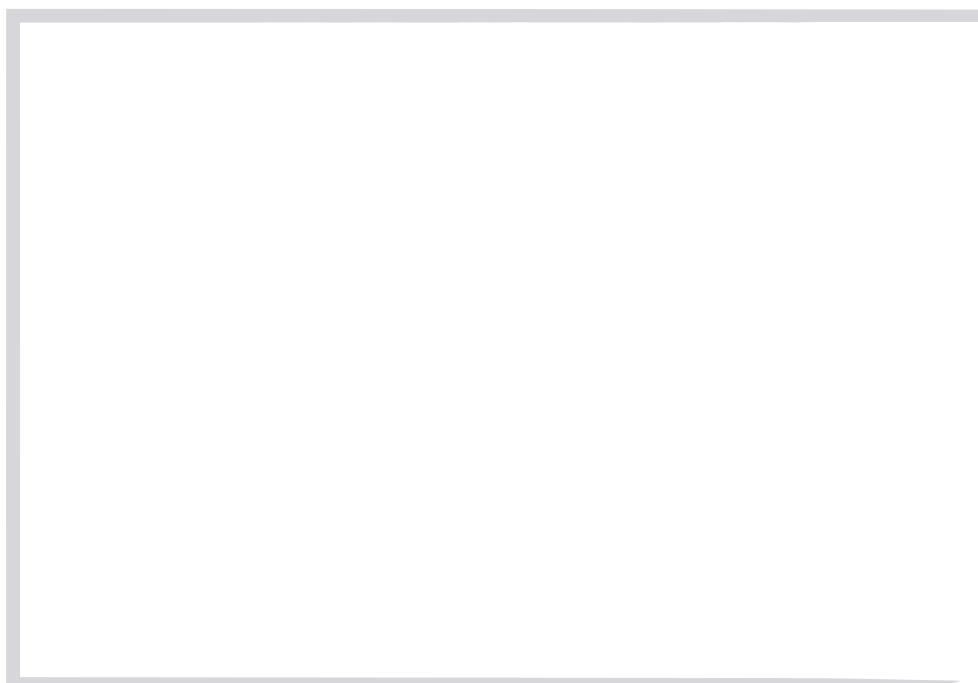


## 2. Bau der Messstation

Welche Komponenten benötigt ihr für den Bau der Messtation?

.....  
.....

Wie soll die Messstation aussehen? Fertigt eine Skizze an!



## 3. Programmierung der Messstation:

Was ist das Ziel eurer Programmierung?

.....  
.....

Wie wollt ihr die erhobenen Daten abspeichern?

.....  
.....  
.....

## Checkliste für den Bau des Modells und des Messgeräts

Ihr habt das Modell nun gebaut und wollt mit der Datenerhebung starten? Dann überprüft anhand der Checkliste, ob ihr alle wichtigen Faktoren bedacht habt!

- Das Modell ist gründlich abgedichtet, sodass kein CO<sub>2</sub> entweichen kann.
- Ihr habt alle für euren Standort notwendigen CO<sub>2</sub>-Senken und CO<sub>2</sub>-Quellen in das Modell integriert.
- Ihr habt sichergestellt, dass die senseBox dauerhaft mit Strom versorgt wird.
- Ihr habt euch eine Möglichkeit überlegt, um die erhobenen Daten zu speichern.
- Ihr habt getestet, ob euer Messgerät funktioniert.

Alle Punkte sind abgehakt?  
Dann könnt ihr jetzt mit der Datenerhebung starten!

## Projektarbeit: Auswertung der Daten

Visualisiert in eurer Expertengruppe die erhobenen Daten mit der senseBox, sodass ihr diese den Gruppenmitgliedern der Lerngruppe vorstellen könnt. Überlegt euch zudem in Bezug auf euren Standort, wie bestimmte Auffälligkeiten im Datensatz zu erklären sind.

### Tipps zur Datenauswertung

Ihr habt die Daten auf der SD-Karte gespeichert? Dann schaut euch bei Bedarf die Tipps auf dem Arbeitsblatt 4A an!

Ihr habt die Daten in die Phygbox-App übertragen? Dann schaut euch bei Bedarf die Tipps auf dem Arbeitsblatt 4B an!

**AB 3A**

## Projektarbeit: Auswertung der Daten

### Tipps zur Datenauswertung (SD-Karte):

1. Öffnet die TXT-Datei auf der SD-Karte, kopiert die Daten und fügt sie in die erste Spalte einer Tabelle in Excel ein.
2. Nun stehen vermutlich die Zeit und der Messwert in derselben Spalte. Um dies zu ändern, klickt auf den Button 'Strg' sowie anschließend auf 'Textkonvertierungs-Assistenten verwenden'. Hier könnt ihr nun einstellen, welches Zeichen (je nach Programmierung) als Trennung erkannt werden soll.
3. Die tabellarische Darstellungsform könnt ihr übernehmen oder in einen anderen Typ umwandeln.
4. Notiert mögliche Gründe für den Verlauf der erhobenen Daten zur CO2-Konzentration.

**AB 3B**

## Projektarbeit: Auswertung der Daten

### Tipps zur Datenauswertung (Phyphox):

1. Startet ihr euer Experiment mit dem 'Start'-Button, werden die Messwerte der senseBox kontinuierlich aufgezeichnet. Achtet darauf, dass sich das Tablet nicht ausschaltet.
2. Habt ihr das Experiment gestoppt, wählt mit einem Klick auf die drei Punkte 'Zustand speichern' aus und benennt eure Datenreihe.
3. Nun könnt ihr die erhobenen Daten interpretieren. Dabei können euch die Werkzeuge unterstützen, indem ihr beispielsweise eine Ausgleichsgerade anzeigen lässt oder unter 'Punkte wählen' die Entwicklung zwischen zwei Zeitpunkten genauer betrachtet.
4. Notiert mögliche Gründe für den Verlauf der erhobenen Daten zur CO2-Konzentration.



# ④ Weitere Materialien

## Allgemeines

-  Ausführliche Dokumentation:  
<https://docs.sensebox.de>
-  Lernkarten und weitere Materialien für den Einsatz im Unterricht:  
<https://sensebox.de/de/material>
-  Weitere Projektbeispiele mit Anleitungen und fertigen  
Programmcodes: <https://sensebox.de/de/projects>
-  Videotutorials:  
<https://sensebox.de/de/videos>
-  Weitere Sensoren, Ersatzteile und Boxen im senseBox-Shop:  
<https://sensebox.kaufen>





## Weitere Projektideen



### Erweiterungen für die CO2-Ampel:

Durch die Nutzung mehrerer CO2-Messtationen kann beispielweise nach einer Anbindung ans Internet (mit einem WiFi-Bee oder LoRa-Bee) die CO2-Konzentration aller Räume einer Schule auf einer Webseite oder einem Dashboard visualisiert werden oder die Situation in allen Schulen der Stadt. Dies könnte wiederum Rückschlüsse und Verbesserungen des Lüftungsverhaltens ermöglichen, ganz im Sinne der „Smart City“ und des „Citizen Science“ Ansatzes.



### Mathematische Auswertung:

Die Daten könnten im Mathematikunterricht (als Teil eines interdisziplinären Projekts) ausgewertet werden. Anhand der realen Umweltdaten können der Lerngruppe statistische Kompetenzen und Fachbegriffe wie Regression näher gebracht werden.



### Luftverschmutzung sichtbar machen:

Die Lerngruppe könnte in einem Projekt ihre erworbenen Kenntnisse über Luftverschmutzung der Bevölkerung in ihrer Stadt näher bringen, indem sie z.B. im Rahmen einer Aktion eine senseBox-Messstation in der Innenstadt aufbaut und Passant:innen über Feinstaub informiert und mit ihnen diskutiert.



### Experimente mit Gärprozessen:

Mit Hilfe des CO2-Sensors kann auch der Gärprozess erlebbar gemacht werden. Das kann in Fächern wie Chemie oder Ernährungswissenschaft für Experimente und eine anschließende Auswertung verwendet werden. Eine Projektbeschreibung mit Umsetzungsideen findet sich hier:  
<https://sensebox.de/projects/de/2020-11-13-gaerprozesse>



### Eigene Projekte:

Die Lernenden können sich in Kleingruppen eigene Projekte überlegen und diese durchführen. So kann die Kreativität der Lerngruppe gefordert und gefördert werden. Gegebenenfalls kann das auch als Wettbewerb gestaltet oder sogar in größere Wettbewerbe wie „Jugend forscht“ eingebunden werden:  
<https://www.jugend-forscht.de/>



# 5 Quellenverzeichnis

## Bildquellen

Mond / Projekt Weltraummission (S. 10): Foto von RDNE Stock project.

<https://www.pexels.com/de-de/foto/landschaft-wuste-mond-unfruchtbar-8474434/>

(Letzter Zugriff: 09.10.2024)

Computer / Projekt Umwelthelden (S. 18): Foto von Jakub Zerdzicki.

<https://www.pexels.com/photo/hand-on-tablet-displaying-stock-quotes-euro-cash-currency-27459645/>

(Letzter Zugriff: 09.10.2024)

Pflanzen / Fotosynthese (S. 37): Foto von Helena Lopes:

<https://www.pexels.com/de-de/foto/person-garten-pflanze-boden-27176068/>

(Letzter Zugriff: 09.10.2024)

## Inhaltliche Quellen

Baars, Christian (2021, 22. September). *WHO verschärft Empfehlungen massiv.* <https://www.tagesschau.de/investigativ/ndr/who-luftverschmutzung-111.html>

(Letzter Zugriff: 09.10.2024)

BMK - Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2024). *Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft – Kohlenstoffdioxid als Lüftungsparameter.* [https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:e791f304-7dcf-4783-bc5a-af25daa8afb3/Richtwert\\_CO2\\_UA.pdf](https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:e791f304-7dcf-4783-bc5a-af25daa8afb3/Richtwert_CO2_UA.pdf) (Letzter Zugriff: 10.11.2024)

BMUV - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2022, 04. November). Feinstaub. <https://www.bmuv.de/themen/gesundheit/luftreinhaltung/feinstaub> (Letzter Zugriff: 12.10.2024)

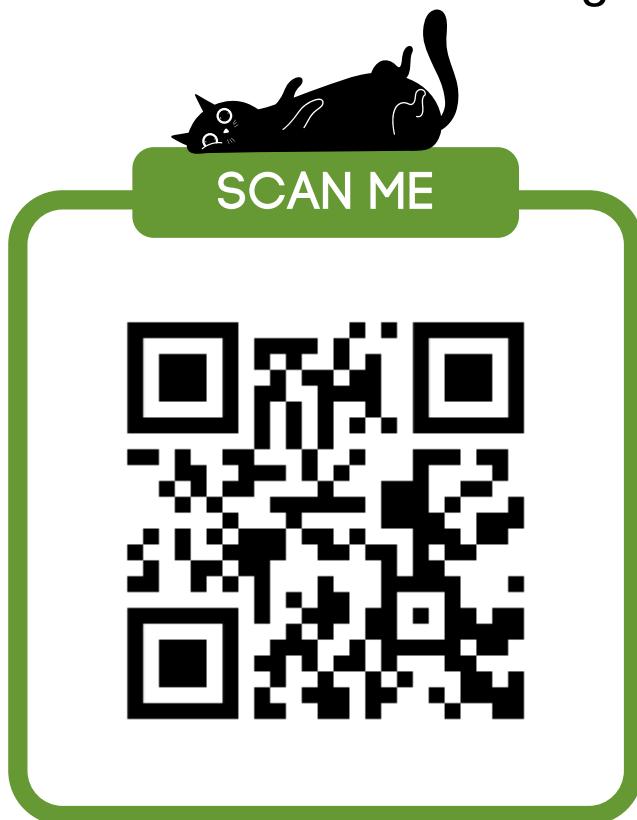
Fehringer, Désirée Marie & Zengerling, Zita (2021, 11. November). *PR-Mogelpackung: Bäume pflanzen fürs Klima.* <https://www.ndr.de/fernsehen/sendungen/panorama/archiv/2021/PR-Mogelpackung-Baeume-pflanzen-fuers-Klima,baeume292.html> (Letzter Zugriff: 16.10.2024)

NDR (2020, 20. Juli). *Die VW-Abgas-Affäre: Eine Chronologie.* [https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/braunschweig\\_harz\\_goettingen/Die-VW-Abgas-Affaere-eine-Chronologie,volkswagen892.html](https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/braunschweig_harz_goettingen/Die-VW-Abgas-Affaere-eine-Chronologie,volkswagen892.html) (Letzter Zugriff: 12.10.2024)

Umweltbundesamt (2022, 14. November). *Die Treibhausgase.* <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase> (Letzter Zugriff: 09.10.2024)

# Deine Meinung hilft uns weiter!

Wir haben nur 4 Fragen an Dich. Einfach den QR-Code scannen oder den Link unten anklicken, um uns ein kurzes Feedback zu geben.



[www.snsbx.de/eval-aqe](http://www.snsbx.de/eval-aqe)



## Vielen Dank!