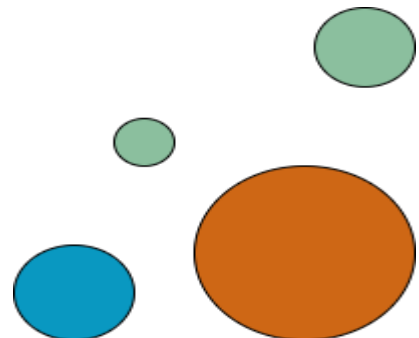


Unterrichtseinheit:

Sensebox





Umweltmonitoring

Herzlich willkommen in der Werk.Stadt!

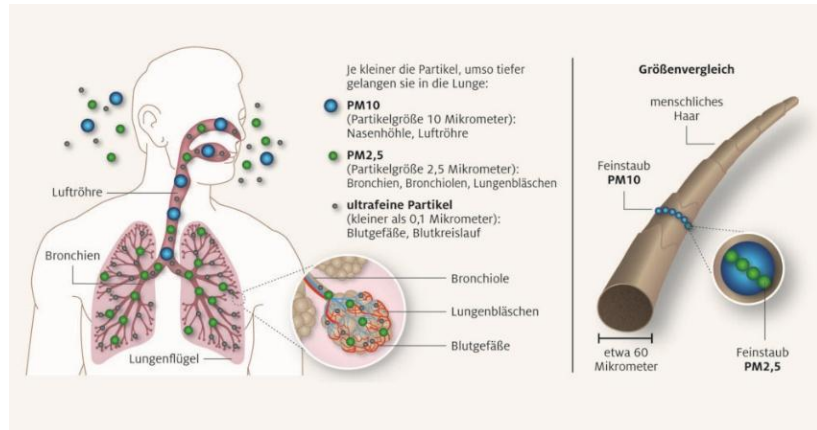
Wir sind das öffentliche Büro des Smart-City-Projekts in Hildesheim. Über Smart City wisst ihr natürlich alles – oder vielleicht doch nicht? Städte entwickeln sich ständig weiter, haben aber viele Probleme. Viele Menschen stehen morgens im Stau, und Busse kommen oft

verspätet oder sind überfüllt. Durch die vielen Autos ist die Luft voller Abgase, die ungesund sind und Menschen krankmachen können. Smart-City-Projekte setzen genau hier an. Sie überlegen, wie die Stadt von morgen besser funktioniert – mit weniger Staus, sauberer Luft und cleveren Ideen für den Alltag. Wir fragen uns auch: Wie kann unsere Stadt grüner werden und zu einem echten Lebensraum für alle? Parks, Bäume, Plätze zum Zusammensein und Radwege machen die Stadt schöner und gesünder. Moderne Technologien wie KI, Sensoren oder Apps können dabei helfen. Sie steuern den Verkehr, messen Luftqualität, sparen Energie und zeigen uns zum Beispiel freie Parkplätze oder verfügbare Busse und Fahrräder. So wird die Stadt nicht nur smarter, sondern auch lebenswerter für alle. Ein wichtiger Teil davon ist Umwelt-Monitoring. Mit modernen Sensoren und digitalen Messsystemen kann die Stadt genau beobachten, wie es um Luftqualität, Lärm, Temperatur oder Feinstaub steht. So wissen wir jederzeit, wo die Luft sauber ist, wo mehr Bäume oder Grünflächen nötig sind oder wo Straßen zu laut sind. Dieses Wissen hilft, gezielt Maßnahmen zu planen, zum Beispiel neue Fahrradwege, begrünte Plätze oder Verkehrslenkung, damit die Stadt nicht nur intelligenter, sondern auch gesünder und angenehmer für alle wird.

Aufgabe 1) Beschreibt wie ihr euch Hildesheim 2050 vorstellt.

Feinstaub

Feinstaub sind, wie der Name schon sagt, sehr feine kleine Partikel, die sich in der Luft befinden und vom menschlichen Auge kaum oder gar nicht gesehen werden können. Feinstaub entsteht bei Bränden, wenn Ruß in die Luft gelangt, aber auch beim Rauchen oder Kochen. Die moderne Welt produziert dabei immer mehr Feinstaub, da er außerdem in Abgasen von Autos, beim Abrieb von Bremsen und bei der Energieerzeugung mit Holz und Kohle entsteht. Dabei werden Feinstaubpartikel nach ihrer Größe unterschieden. Die größten Feinstaubteilchen sind dabei die PM10-Teilchen, worunter alle Teilchen fallen, die kleiner sind als 10 µm (Mikrometer). Die kleinsten



Teilchen sind Ultrafeinstaub (PM0,1). Wissenschaftler testen dabei seit Jahren die Menge an Feinstaub in der Luft, und glücklicherweise wird es jedes Jahr weniger. Doch die Forscher warnen, dass das eher ein Problem ist. Denn es sind die kleinen, leichten Feinstaubpartikel, die bei dieser Messung nicht ausreichend berücksichtigt werden, und die für den Körper besonders gefährlich sind. Während die großen PM10-Teilchen beim Einatmen in die Lunge transportiert werden und die Lunge reizen können, was zu Atemproblemen und Kurzatmigkeit führen kann, sind die kleinen Partikel so klein, dass sie durch die Lunge bis in die Bronchiolen oder die Lungenbläschen gelangen können. Gemeinsam mit dem Sauerstoff kommen die Partikel so in den Blutkreislauf und können die Adern verstopfen oder bis ins Herz transportiert werden. Herzinfarkte und Herz-Kreislauf-Erkrankungen können im schlimmsten Fall die Folge sein. Dabei sind, wie häufig, besonders Kinder eine Risikogruppe.

Schwebstaub: Partikel bis 70 µm (1 µm = 1 Millionstel Meter; ein Haar ist etwa 100 µm dick)

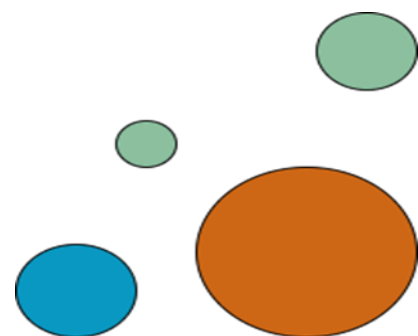
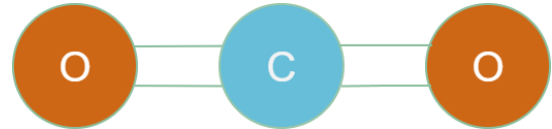
Feinstaub PM 10: kleiner als 10 µm, gelangt bis in den oberen Bereich der Lunge

Feinstaub PM 2,5: kleiner als 2,5 µm, dringt tief in die Atemwege zu den Bronchiolen

Ultrafeinstaub PM 0,1: kleiner als 0,1 µm, kann sogar bis in die Lungenbläschen gelangen

Kohlenstoffdioxid CO₂

Kohlendioxid (CO₂) ist ein farb- und geruchloses Gas, das aus Kohlenstoff und Sauerstoff besteht. Es kommt natürlicherweise in der Luft vor und entsteht zum Beispiel bei der Atmung von Menschen und Tieren. In der modernen Welt wird jedoch zusätzlich viel CO₂ vom Menschen produziert. Dies geschieht vor allem bei der Verbrennung fossiler Energieträger wie Kohle, Erdöl oder Erdgas. Dieses vom Menschen verursachte Kohlendioxid trägt maßgeblich zum sogenannten Treibhauseffekt bei, der das Klima auf der Erde beeinflusst. Neben dieser globalen Bedeutung spielt CO₂ auch eine wichtige Rolle in Innenräumen, zum Beispiel in Klassenräumen. Der CO₂-Gehalt der Luft wird in „Parts per Million“ (ppm) gemessen. Das bedeutet, wie viele CO₂-Teilchen sich unter einer Million Luftteilchen befinden. Befinden sich mehrere Menschen in einem geschlossenen Raum, steigt die CO₂-Konzentration in der Luft mit der Zeit an. Das liegt daran, dass beim Ausatmen ständig Kohlendioxid abgegeben wird. Gleichzeitig werden auch sogenannte Aerosole ausgestoßen. Das sind winzige Teilchen aus der Atemluft, die zuvor Kontakt mit den Atemwegen hatten. Wenn eine Person krank ist, können sich in diesen Aerosolen Krankheitserreger befinden, die sich im Raum verteilen. Die CO₂-Konzentration in der Luft kann daher als Hinweis darauf dienen, wie „verbraucht“ die Luft in einem Raum ist. Je höher der CO₂-Wert, desto mehr ausgeatmete Luft befindet sich im Raum und desto höher ist auch die Wahrscheinlichkeit, Aerosole anderer Personen einzuatmen. Ab einem Wert von etwa 1000 ppm spricht man von einer eher schlechten Luftqualität. Dies kann nicht nur das Risiko für die Übertragung von Krankheiten erhöhen, sondern auch die Konzentrations- und Leistungsfähigkeit verringern. Viele Menschen fühlen sich dann müde, unkonzentriert oder bekommen Kopfschmerzen. Um dies zu vermeiden, ist regelmäßiges Lüften besonders wichtig. Dabei helfen sogenannte CO₂-Ampeln. Sie zeigen an, wann die Luftqualität schlecht wird und Fenster geöffnet werden sollten. Durch frische Luft sinkt der CO₂-Gehalt wieder, und die Luft im Raum wird verbessert.



Vertiefung der Sauerstoff Kreislauf:

!! Hierfür wird Außerdem ein Set an VR Brillen aus dem Digital.Point benötigt !!

Der Weg des Sauerstoffs:

Sauerstoff ist wichtig für alle Körperzellen. Der Mensch kann ihn durch das Atmen über die Lungen aufnehmen. Die Lungen filtern den Sauerstoff (O_2) aus der Luft und geben ihn an das Blut ab, das dann vom Herzen durch den Körper gepumpt wird. Das sauerstoffreiche Blut fließt über die Lungenvene in den linken Vorhof des Herzens.

Achtung: Wir beschreiben immer die Sicht aus dem Körperinneren; in Darstellungen von oben ist die linke Herzhälfte rechts und die rechte Herzhälfte links.

Vom linken Vorhof gelangt das Blut durch die Herzklappen in die linke Herzkammer. Von dort pumpt das Herz das Blut in die Hauptschlagader (Aorta), sodass der Sauerstoff im ganzen Körper verteilt wird. Dort, wo der Sauerstoff benötigt wird, fließt das Blut in die kleinen Blutgefäße, die Kapillaren. In den Kapillaren diffundiert der Sauerstoff aus dem Blut in das Gewebe. Das nun sauerstoffarme Blut fließt über die Hohlvenen zurück zum Herzen, gelangt in den rechten Vorhof und von dort in die rechte Herzkammer. Von der rechten Herzkammer wird das Blut über die Lungenarterie wieder in die Lunge gepumpt, wo es erneut mit frischem Sauerstoff angereichert wird.

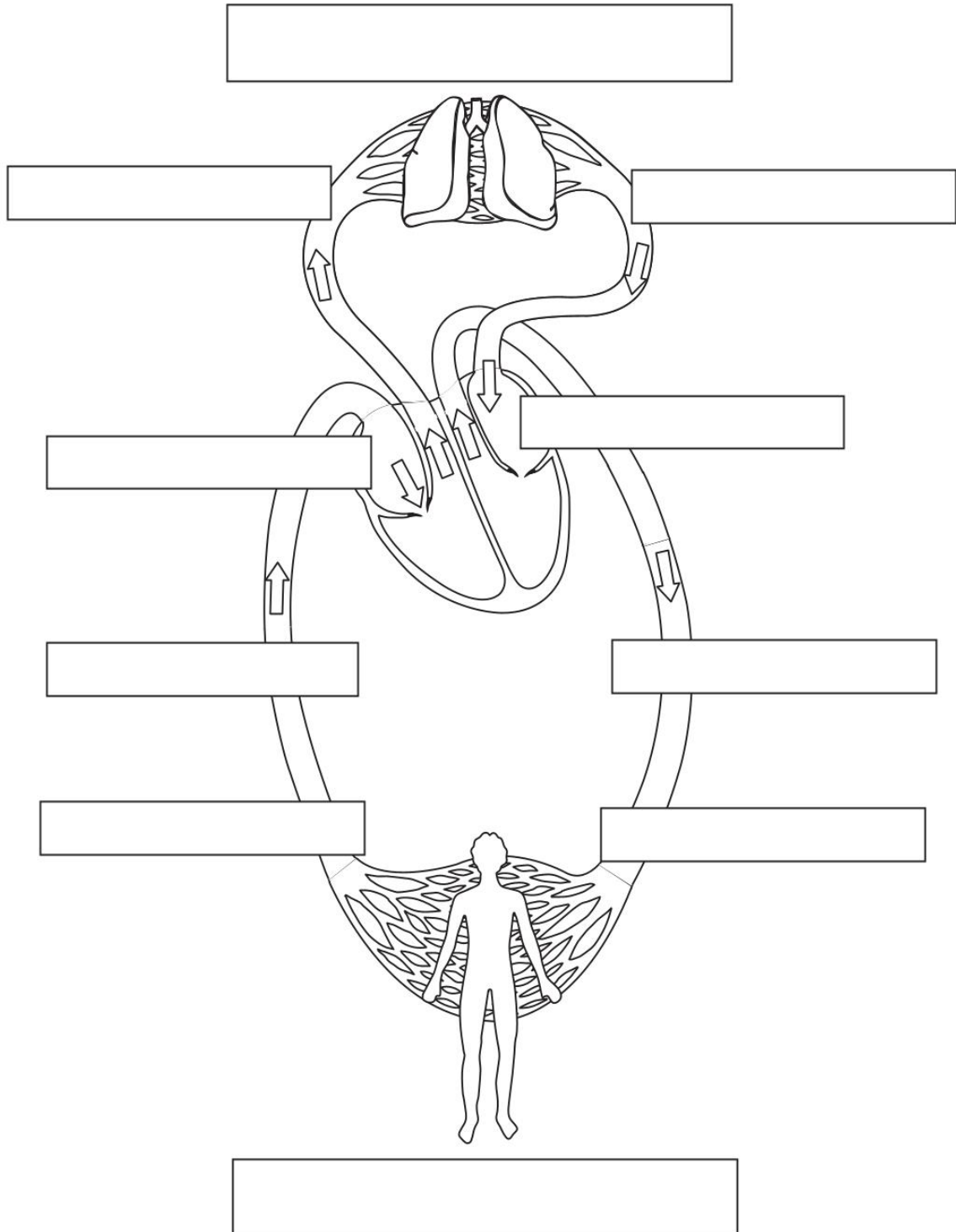
VR: In der Lunge, Herz - Abschnitt, Das Menschliche Herz

Aufgabe: Bitte fülle die Darstellung des Sauerstoffkreislaufs aus. (AB)

1. Setze folgende Begriffe ein:

Lungenkreislauf – Körperkreislauf – Sauerstoffreiches Blut – Sauerstoffarmes Blut – Rechte Herzhälfte – Linke Herzhälfte – Körperarterien – Körpervenen – Lungenvenen – Lungenarterien

2. Male die Gefäße mit sauerstoffreichem Blut rot, die mit sauerstoffarmem Blut blau aus.



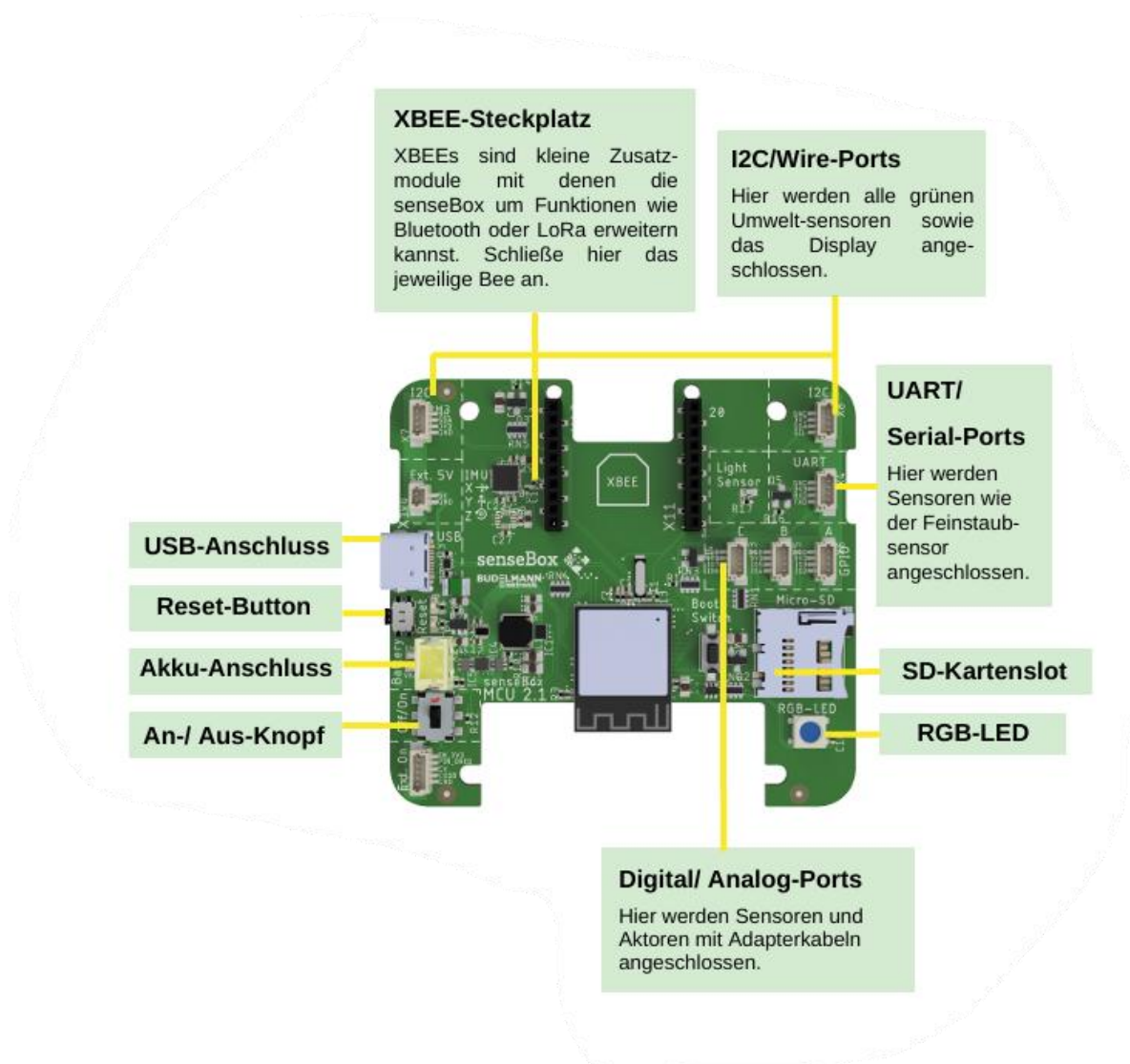
Lösung siehe Seite 10.

Die Sense Box

Die senseBox ist ein modulares System aus Mikrocontroller und verschiedenen Sensoren, mit dem Umwelt- und Messdaten erfasst werden können. Sie gehört zu den sogenannten offenen Hardware-Plattformen und kann flexibel für unterschiedliche Projekte eingesetzt werden. Mit einer senseBox lassen sich beispielsweise Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck, Feinstaub oder Licht messen. Die gesammelten Daten können gespeichert, ausgewertet oder über das Internet veröffentlicht werden. Dadurch eignet sich die senseBox besonders für Anwendungen im Bereich Umweltmessung, Smart City oder Internet of Things (IoT).

Durch ihre einfache Erweiterbarkeit können je nach Projekt verschiedene Sensoren und Bauteile kombiniert werden. So entstehen individuelle Messstationen, die an unterschiedliche Fragestellungen angepasst sind.

Der Mikrocontroller:



Messen von Feinstaub:

Um den Feinstaub in der Luft zu Messen benötigt die Sensebox einen Feinstaubsensor, den SPS30. Angeschlossen an die Sensebox kann er Teilchen Messen die kleiner als 1 Mikrometer sind. Größere Sensoren die in der Wissenschaft benutzt werden können aber auch Ultra feinstaub Partikel messen. Der SPS30 unterteilt in 4 unterschiedliche Feinstaub-Kategorien:

PM1.0: Gibt die Menge der Feinstaubpartikel $<1 \mu\text{m}$ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an

PM2.5: Gibt die Menge der Feinstaubpartikel $<2,5 \mu\text{m}$ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an

PM4.0: Gibt die Menge der Feinstaubpartikel $<4,0 \mu\text{m}$ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an

PM10: Gibt die Menge der Feinstaubpartikel $<10 \mu\text{m}$ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an

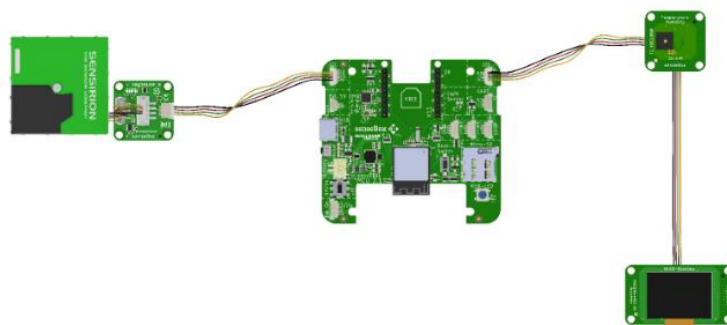


1. Bau der Messstation

Befolge folgende Schritte, um dein Messgerät zusammenzubauen:

Der Temperatur- und Luftfeuchtesensor wird mit einem QWIIC-Kabel an einen der I2C Ports angeschlossen.

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

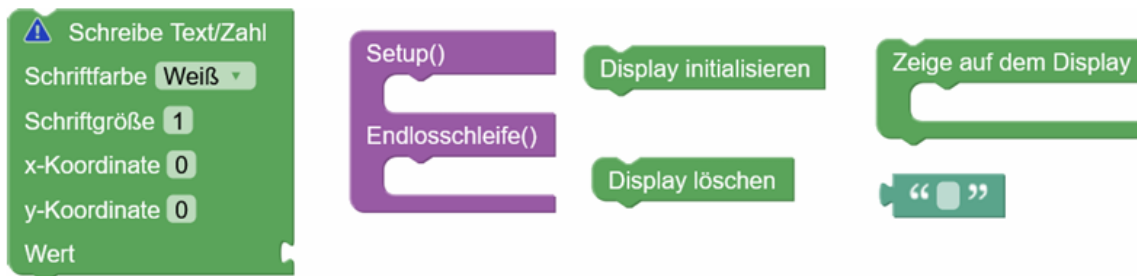


2. Programmierung der Messstation

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.

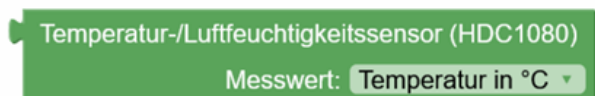
Schritt 1) Ansteuern des Displays

Lasse dir den Text ‚Feinstaub‘ auf dem Display deiner senseBox anzeigen.



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.

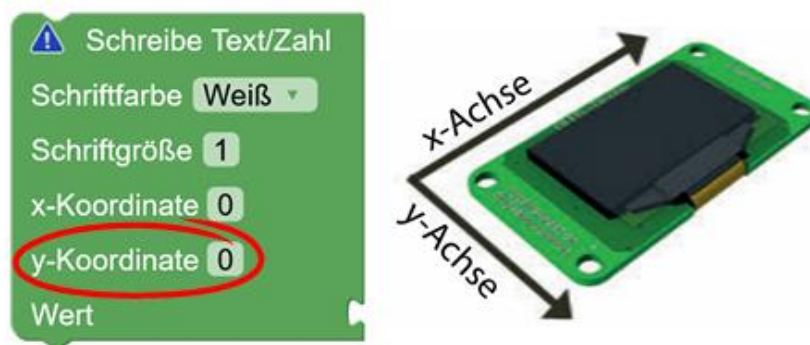
Lasse dir den Messwert eines Sensors auf dem Display deiner senseBox anzeigen.

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 dem Messgerät 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.

3. Messung

Als nächstes sucht ihr euch mit eurer Gruppe einen Ort an dem ihr den Feinstaub Messen wollt. Wir würden Vorschlagen, dass ihr den Schulhof, das Klassenzimmer oder unterschiedlich stark befahrene Straßen in der Nähe raussucht. Am Digital.Point ist die B1 natürlich spannend. Aber denkt daran eine Powerbank mit zu nehmen.

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM _{2,5})							
Feinstaub in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM ₁₀)							
Luftfeuchtigkeit in%							
Bemerkungen							

Beschreibe charakteristische Merkmale deines Messortes:

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

Messen von Co2

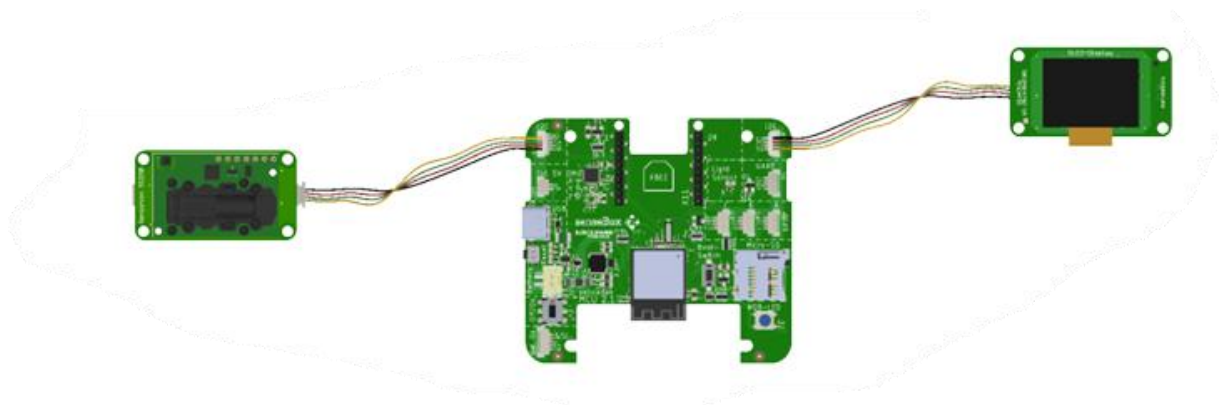
Mit dem CO₂-Sensor SCD30 kann die CO₂-Konzentration in der Raumluft gemessen werden. Der Messwert wird in Parts per Million (ppm) ausgegeben. Neben der CO₂-Konzentration kann die Temperatur und Luftfeuchtigkeit gemessen werden. Die CO₂-Konzentration in der Luft ist ein wichtiger Messwert für die Innenraumluftqualität. In Innenräumen sollte der Grenzwert von 1500ppm nicht über längere Zeit überschritten werden.



Bau der Messstation

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 CO₂-Sensor (SCD30 Sensirion) ebenso mit einem der I2C/Wire Anschlüsse.



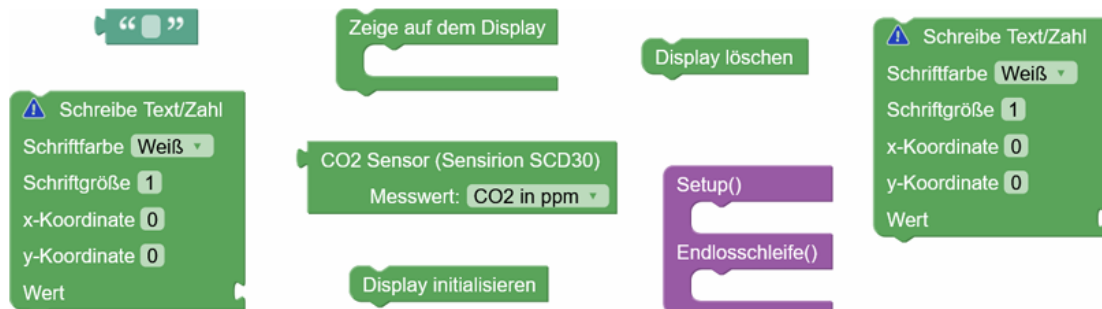
Programmierung der Messstation

Schritt 1: Erstelle mit “Blockly für senseBox” ein Programm, mit dem dauerhaft der CO₂ Gehalt in ppm auf dem Display ausgegeben wird.

Gehe dafür wie folgt vor:

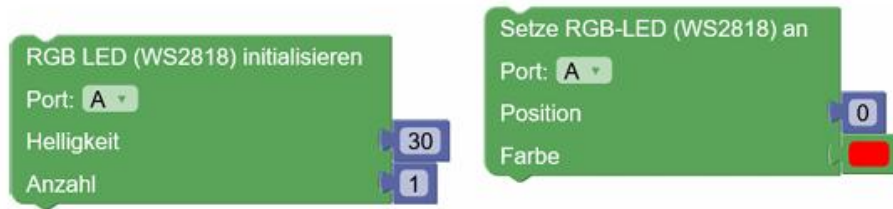
1. Öffne blockly.sensebox.de
2. Initialise das Display im ‘Setup’
3. Lasse nun den CO₂-Messwert auf dem Display anzeigen: Nutze die Blöcke “Zeige auf dem Display” und “Schreibe Text/Zahl”
4. Um die Einheit immer zu berücksichtigen, lasse dir “ppm” als Text auf dem Display unter der jeweiligen Zahl anzeigen. 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.

Schritt 2. Erweitere dein Programm so, dass die LED der CO₂-Ampel in einer Farbe leuchtet. Nutze dafür folgende Blöcke:



Nutze dann "If-Anweisungen" (siehe Infokasten unten) 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

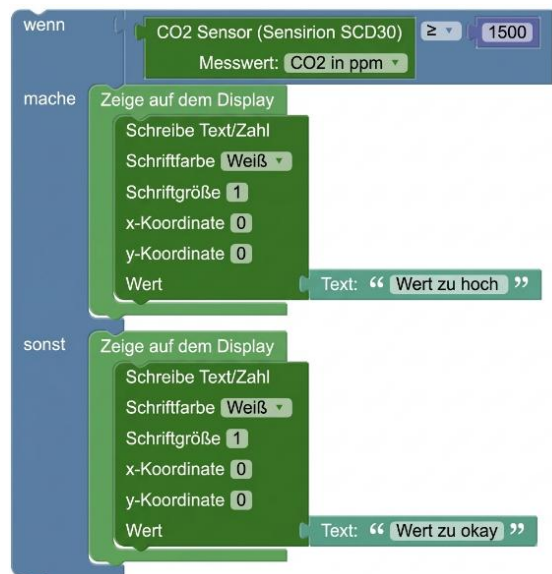
angelehnt an: BMK 2024

INFO: IF-ANWEISUNGEN

"Wenn die CO₂-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:



Schritt 3: Finde heraus, welche Faktoren die Messung der CO₂-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 CO₂ 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.

Schritt 4: Ermittle die ideale Lüftungsstrategie in diesem Raum. Achte dabei darauf, dass du die senseBox und insbesondere den angeschlossenen CO₂ Sensor gut positionierst (siehe Schritt 3).

- a) Messe, wie lange es im Alltag in diesem Raum dauert, bis der CO₂-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 CO₂-Gehalt durch Stoßlüften von 1000ppm auf 500ppm sinkt.
- c) Messe, wie lange es im Alltag in diesem Raum dauert, bis der CO₂-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 CO₂-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 CO₂-Ampeln und wie setze ich sie richtig ein?" auf der Seite <https://www.umweltbundesamt.de/richtig-lueften-in-schulen>

