



Moderner Physik- und Geographieunterricht  
mit der senseBox:

Der Einsatz einer Solarzelle

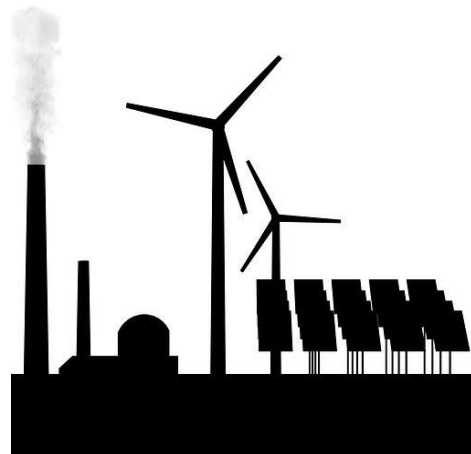


# Ein Unterrichtskonzept zum Einsatz einer durch Solarenergie betriebenen senseBox

Theorie, Praxisbeispiel und eine Einbindung in die Bildungsstandards

## Motivation

Das Umweltbewusstsein wächst tagtäglich und ist auch in den jüngeren Generationen durch Bewegungen wie *Fridays for Future* zum Gegenstand aktueller Betrachtungen geworden. Diese Motivation der Schülerinnen und Schüler sollte nun aufgegriffen und im Rahmen des Unterrichts unter Bezugnahme aktueller Entwicklungen zum Lerngegenstand werden. Ein Themenbereich, der im Zuge dessen behandelt werden sollte, sind die regenerativen Energien. Die Energieindustrie stellt



nämlich die größte Emissionsquelle dar und trägt somit entscheidend zur Verringerung der Luftqualität bei. Folglich ist eine nachhaltige und umweltschonende Stromproduktion zur Bewältigung des Klimawandels unerlässlich. Heute werden circa 40 Prozent des Bedarfs mit regenerativer Energieerzeugung abgedeckt, jedoch ist hier vor allem in sonnen- und windarmen Zeiten noch Luft nach oben (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2020).

Um langfristige Veränderungen zu bewirken und einen kleinen Teil zum Klimawandel beizutragen, sollte jede Person im eigenen Umfeld anfangen und auf nachhaltigere Alternativen umsteigen. So sollte den Lernenden bewusst gemacht werden, dass auch sie durch die Nutzung erneuerbarer Energien zur Wende beitragen können. Die Belastung der Luft mit Feinstaub und Stickstoffoxiden nimmt schließlich direkten Einfluss auf die Gesundheit der Menschen. Die kleinen Schmutzpartikel begünstigen Gefäßschäden und damit Krankheiten wie Schlaganfälle oder Herzinfarkte. Der Mathematiker und Epidemiologe Dr. Peter Morfeld hat diese häufig erwähnten Auswirkungen für konkrete Berechnungen genutzt und ist auf das Ergebnis gekommen, dass durchschnittlich jede Person in Deutschland im Jahr 2014 14,5 Stunden Lebenszeit, bedingt durch die schlechte Luftqualität, verloren hat. (Quarks 2020).



Nimmt man die senseBox:edu als Beispiel, so zeigt sich, dass der Mikrocontroller mit einem angeschlossenen Feinstaubsensor ungefähr 100 mA verbraucht (siehe Tabelle). Das klingt zwar auf dem ersten Blick nicht viel, allerdings zeigen Berechnungen, dass sich bei einer Versorgung von 330 mW und eingerechneten Netzteilverlusten eine jährliche CO2-Emmission von 2 kg pro Jahr ergibt. Statt die senseBox im mobilen Betrieb mittels Powerbanks zu betreiben, empfiehlt sich an dieser Stelle der Umstieg auf das umweltfreundlichere Solarset. Dies enthält neben einem Laderegler und einem Solarpanel zwei geschützte 18650 Li-Ion Akkus mit je 3500mAh sowie ein Schutzgehäuse mit Verschraubungen für den Außeneinsatz. So wird sichergestellt, dass die senseBox durchgehend mit der richtigen Stärke an Strom versorgt wird.

Setup	Verbrauch (normal)	Peaks (z.B. bei Datenupload)
senseBox:home mit Feinstaubsensor	100mA	200-300mA
senseBox:home ohne Feinstaubsensor	30-35mA	140mA
senseBox:home ohne einen Sensor angeschlossen	30mA	keine Peaks
senseBox:home mit I2C aus	26-30mA	keine Peaks
senseBox:home mit UART(Serielle Ports) aus	26-30mA	keine Peaks
senseBox:home mit XB2 aus	26-30mA	keine Peaks
senseBox:home mit jedem Port aus (XB1,XB2,UART,I2C)	21mA	keine Peaks

Das senseBox Solar Set besteht aus folgenden Komponenten und wird vormontiert ausgeliefert:

- 1x Solarpanel - 12V mit 10W oder 20W
- 1x Kabel für Solarzelle - 150cm
- 1x programmierbarer Laderegler
- 2x geschützter 18650 Li-Ion Akku - je 3500mAh
- 1x IP66 Außengehäuse - 94 x 94 x 57 mm
- 2x Verschraubung - M16
- 1x JST PHR4 zu JST PHR4 Kabel - 500mm



Um die Schülerinnen und Schüler für diese Thematik zu sensibilisieren, kann im Rahmen des Physik- und Geographieunterrichts mithilfe einer durch eine Solarzelle betriebene senseBox ein Einblick in die Nutzung regenerativer Energien gegeben werden. Im Folgenden wird daher zunächst einmal eine Verbindung zu den Bildungsstandards in den Fächern Physik und Geographie hergestellt. Nach einer kurzen theoretischen Einführung folgt dann die praktische Anwendung. Letztere hat den Vorteil, dass die Lernenden einen Einblick in die Blackbox der digitalen Welt erhalten, ihr theoretisches Wissen festigen und nebenbei ihre Kompetenzen im algorithmischen und logischen Denken stärken. Durch die Verwendung der visuellen Programmieroberfläche ‚Blockly für senseBox‘ sind keinerlei Erfahrungen im Bereich der Programmierung notwendig.

Weiterführende und hilfreiche Informationen finden Sie zusätzlich frei verfügbar an den folgenden Stellen:

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, die BMU Klimaschutzperspektive sowie das unabhängige Institut für Umweltfragen haben im Rahmen des Forschungsvorhabens Solarsupport das Schulpaket Solarsupport entwickelt. Dabei sind umfangreiche Materialien für Schulen und Bildungseinrichtungen zum Thema Photovoltaik entstanden. Neben vorgefertigten Arbeitsblättern sind hier auch wichtige Infos zum notwendigen Hintergrundwissen vorhanden:

[https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/solar-support\\_sekundarstufe.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/solar-support_sekundarstufe.pdf)

Der Umwelt-Campus Birkenfeld der Hochschule Trier entwickelt in ihrer IoT-Werkstatt laufend neue Projekte, die aktuelle Themen ansprechen. Somit sind hier auch einige Informationen zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen zu finden und Möglichkeiten zur Optimierung des Energiebedarfs werden aufgezeigt:

<https://www.umwelt-campus.de/iot-werkstatt/tutorials/klimaschutz-iot-stromboerse-und-co2>

## Einbindung in die Bildungsstandards

### 1. Physik

Das Fach Physik zeichnet sich dadurch aus, dass es wesentliche Grundlagen zum Verstehen natürlicher Phänomene vermittelt und auf die Erklärung und Beurteilung technischer Systeme und Entwicklungen eingeht. Die senseBox kann in diesem Zusammenhang einen anwendungsbezogenen Fall darstellen und einen Einblick in den Aufbau technischer Systeme und ihrer Wirkungsweise geben, wie beispielsweise der Funktionsweise einer Solarzelle. Ein direkter Bezug zu den Bildungsstandards der Sek I kann im Bereich Fachwissen im Teilgebiet der Energie hergestellt werden. Mit der Einbindung der solarbetriebenen senseBox in den Physikunterricht werden dann folgende Basiskonzepte angesprochen:

- Nutzbare Energie kann aus erschöpfbaren und regenerativen Quellen gewonnen werden (z.B. fossile Brennstoffe, Wind- und Sonnenenergie, Kernenergie).
- Für den Transport und bei der Nutzung von Energie kann ein Wechsel der Energieform bzw. des Energieträgers stattfinden. Dabei kann nur ein Teil der eingesetzten Energie genutzt werden (z.B. Generator, Motor, Transformator, Wirkungsgrad, Entropie, Abwärme, Energieentwertung).

Das Projekt 1 auf Seite 7 liefert eine Idee für einen experimentellen Einsatz des senseBox Solarsets. Mit der Durchführung des Projekts bekommen die Lernenden ein Gefühl für die unterschiedlichen Faktoren, die den solaren Ertrag bedingen und können diese durch verschiedene Testungen eigenständig erarbeiten.

### 2. Geographie

Die Geographie zeichnet sich durch die Verbindung von human- und physiogeographischen Systemen aus und beschäftigt sich so mit den Auswirkungen, die Mensch-Umwelt Prozesse auf verschiedene Lebensbereiche haben. Der Klimawandel als anthropogen bedingtes Phänomen stellt daher einen wesentlichen Gegenstand der Betrachtungen dar und schafft Verknüpfungspunkte zum Kompetenzbereich Handlung. Dieser umfasst die Aufforderung der Lernenden, ihr Wissen anzuwenden und Handlungsweisen zu reflektieren. In diesem Zusammenhang kann in Hinblick auf eine nachhaltige und bewusste Lebensweise auf die Nutzung regenerativer Energien, wie beispielsweise der Solarenergie, eingegangen werden.

Konkret wird folgender Aspekt in den Bildungsstandards Geographie der Sek I angesprochen:

- Die Schülerinnen und Schüler kennen Umwelt- und sozialverträgliche Lebens- und Wirtschaftsweisen, Produkte sowie Lösungsansätze (z. B. Benutzung von ÖPNV, ökologischer Landbau, regenerative Energien).

Das Projekt 2 auf Seite 9 gibt einen Einblick, wie das senseBox Solarset für den Bau einer Wetterstation verwendet werden kann und somit eine nachhaltige und eigenständige Erfassung von Umweltphänomenen ermöglicht wird. Die erhobenen Messwerte können als Grundlage für eine Datenverarbeitung dienen, beispielsweise auf der openSenseMap oder in einem WebGIS. Mit Blick auf die digitale Kartographie sind an dieser Stelle ebenfalls praktische Anwendungen umsetzbar: Aus vorliegenden Katasterdaten könnte in einem GIS die Lage der Hausdächer ermittelt werden, um anschließend Berechnungen zum Solarpotential durchzuführen.

Dem Einsatz des senseBox und ihres kompatiblen Solarsets sind also keine Grenzen gesetzt. Sowohl der Physik- als auch der Erdkundeunterricht bieten einige Möglichkeiten. Die nachfolgenden theoretischen Grundlagen sollen Ihnen als Lehrkraft einen ersten Input geben und das Hintergrundwissen auffrischen. Die genannten Quellen eignen sich an dieser Stelle gut, um tiefer in die Thematik einzusteigen.

## Theoretische Grundlagen

### Allgemeine Informationen zur Solarenergie

Die Sonne ist eine unerschöpfliche Quelle und ermöglicht das Leben auf der Erde. Obwohl sie ca. 150 Millionen Kilometer von der Erde entfernt ist, stellt sie unter anderem eine Voraussetzung für das Pflanzenwachstum dar und steuert das Wetter. Die Kraft der Sonnenstrahlung kann ebenfalls genutzt werden, um sie mithilfe von Solarzellen direkt in elektrische Energie umzuwandeln. Dies stellt neben der Windkraft eine der nachhaltigsten Alternativen für die Produktion grünen Stroms dar.

### Funktionsweise einer Solarzelle

Das direkte Sonnenlicht ist nicht warm, sondern wird erst durch das Auftreffen auf eine Oberfläche in Wärme umgewandelt. Es besteht aus Photonen, die bei diesem Prozess die Atomverbindungen in Schwingungen versetzen oder die Elektronen der Atome anstoßen. Durch die daraus folgende Bewegung der Elektronen fließt Strom. Das Schwingen der Atomverbindungen erzeugt zusätzlich Wärme. Je dunkler eine Oberfläche ist, desto mehr Lichtenergie muss aufgewendet werden, um die Moleküle in Schwingungen zu versetzen. Dies ist der Grund dafür, weshalb Solaranlagen überwiegend dunkel sind und keine hellen Oberflächen haben, die große Teile des Lichts reflektieren.

Die wesentlichen Prozesse einer Solarzelle spielen sich in ihrem Halbleiter ab, der aus Silizium besteht. Er nutzt den photovoltaischen Effekt und sorgt dafür, dass nach dem zuvor beschriebenen Prinzip Gleichstrom entsteht, der direkt zum Betrieb elektrischer Geräte genutzt oder in Batterien gespeichert werden kann. Findet sogar eine Umwandlung in Wechselstrom statt, kann auch das öffentliche Stromnetz vom Solarstrom profitieren.

### Einflussfaktoren auf den solaren Ertrag

Die Frage, wie viel Strom eine Solaranlage liefert, ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Besonders entscheidend ist der Standort. Dabei sollten unterschiedliche Aspekte, wie die örtliche Verschattung, regionale klimatische Bedingungen und unterschiedliche Sonneneinstrahlungen berücksichtigt werden. Um die optimale Strahlung nutzen zu können, sollte zusätzlich die Neigung und Ausrichtung der Solaranlage bedacht werden. Damit die Sonnenstrahlen senkrecht auf das Modul fallen, empfiehlt sich im mitteleuropäischen Raum eine Neigung von 30 Grad. Mit einer Ausrichtung der Anlage nach Süden und einer Vermeidung einer hohen temporären oder dauerhaften Verschattung, können dann die höchsten Erträge erzielt werden.

## Projekt 1

### Der optimale Standort für Solaranlagen

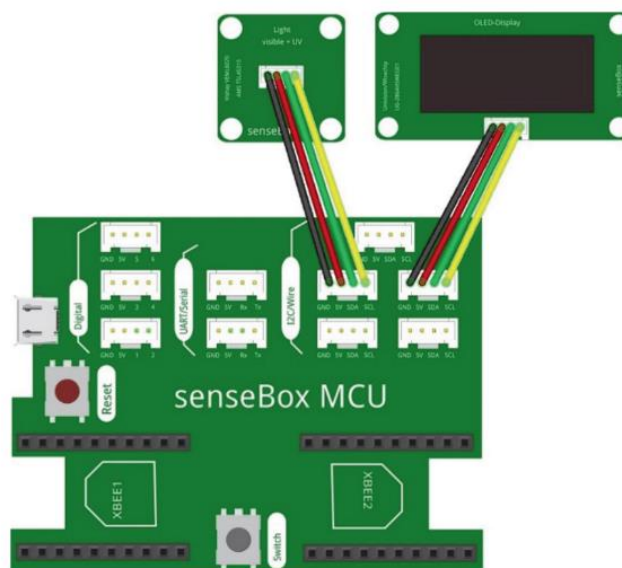
Die theoretischen Ausführungen haben gezeigt, dass ein guter Standort für die effektive Nutzung einer Solarzelle unerlässlich ist. Mithilfe der senseBox und dem dazugehörigen Sensor für Helligkeit und UV-Strahlung soll in diesem Projekt ein optimaler Standort für eine Solaranlage gefunden werden. Um die Suche zu vereinfachen, können dir neben den folgenden Komponenten ein Kompass und ein Stück Pappe helfen.

Für das Projekt benötigst du:

- 1x senseBox MCU
- 1x Sensor für Beleuchtungsstärke & UV-Strahlung (VEML6070)
- 1x OLED-Display
- 2x JST-JST-Kabel
- evtl. Powerbank

### Aufbau

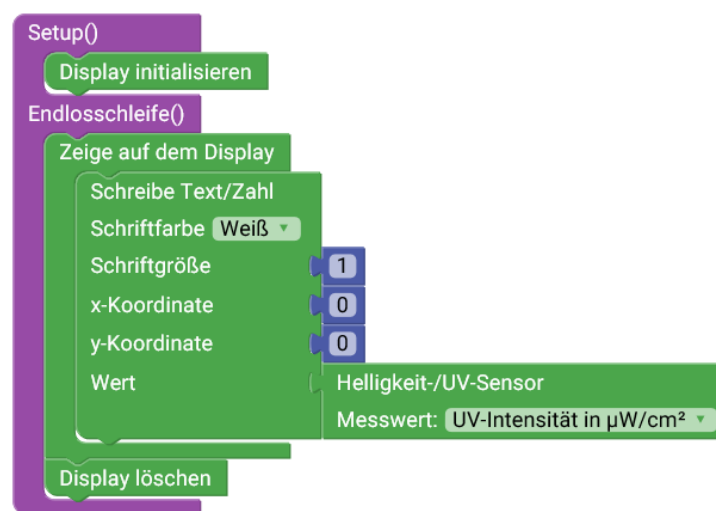
Das Display sowie den Lichtsensor schließt du mithilfe der JST-JST-Kabel an die I2C/ Wire Anschlüsse der senseBox MCU an. Das Display benötigst du in diesem Fall, damit dir die UV-Intensität angezeigt werden kann. Die folgende Abbildung zeigt dir, wie der Aufbau abschließend aussehen sollte:





## Programmierung

Da du das Display verwendest, ist es zunächst einmal wichtig, dies im `Setup()` zu initialisieren. In der Endlosschleife gibst du dann an, was auf dem Display angezeigt werden soll. Dazu verwendest du die Blöcke ‚Zeige auf dem Display‘ und ‚Schreibe Text/Zahl‘. Im ‚Schreibe Text/Zahl‘ Baustein ist bei ‚Wert‘ ein Feld frei. Hier benötigst du den Baustein für den Helligkeit-/ UV-Sensor aus der Kategorie ‚Sensoren‘. Da wir uns in diesem Projekt auf die UV-Intensität beschränken, wählst du diese als Messwert aus. Im Gegensatz zur Beleuchtungsstärke wird sie nämlich nicht von künstlichen Lichtquellen beeinflusst, sondern erfasst hauptsächlich die Strahlung der Sonne. Am Ende folgt noch der Block ‚Display löschen‘.



Jetzt bist du schon mit der Programmierung fertig und kannst die ersten Werte messen! Dabei wird dir vielleicht auffallen, dass auch an einem sonnigen Tag die UV-Strahlung im Klassenraum kaum messbar ist. Das liegt daran, dass die Fensterglasscheiben das UV-Licht fast vollständig filtern. Öffne daher das Fenster oder starte mit deiner Messung draußen und wähle Plätze aus, die potenziell für den Standort einer Solaranlage oder einer solarbetriebenen senseBox in Frage kommen.

Als Unterstützung kannst du den Kompass verwenden und den Lichtsensor auf einem Stück Pappe befestigen. Das hilft dir, die Himmelsrichtung und die Neigung besser zu bestimmen. Trage die gemessenen Werte des Sensors und die dazugehörigen Ortspunkte in eine Tabelle ein, um am Ende den Standort herauszufiltern, der die höchste Strahlungsstärke aufweist und somit die besten Bedingungen für eine Solaranlage darstellt.

## Projekt 2

### Die solarbetriebene Wetterstation

Ziel dieses Projektes ist es, eine kleine Umweltmessstation zu bauen, die die Luftfeuchtigkeit, den Luftdruck, die UV-Strahlung und die Temperatur deiner Umgebung messen kann. Um die Wetterstation nachhaltig und energieschonend zu betreiben, wird eine Solarzelle angeschlossen, die die senseBox mit Strom versorgt.

Für das Projekt benötigst du folgende Komponenten:

- 1x senseBox MCU
- 4x JST-JST-Kabel
- 1x OLED-Display
- 1x Temperatur- und Luftfeuchtigkeitssensor (HDC1080)
- 1x Luftdruck- und Temperatursensor (BMP280)
- 1x Lichtsensor (VEML6070)
- 1x Solarset

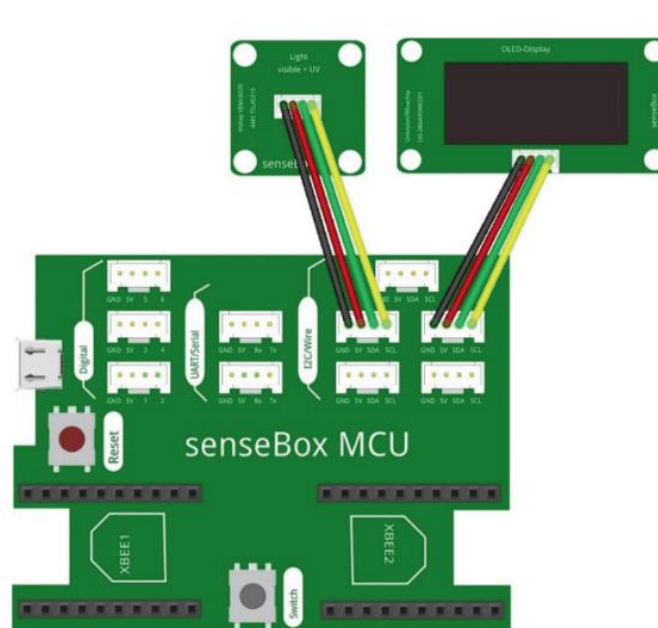
### Aufbau

Die drei genannten Sensoren sind in der Lage, vier unterschiedliche Umweltphänomene zu messen, da wir den HDC1080-Sensor sowohl für die Erfassung der Temperatur als auch für die Ermittlung der Luftfeuchte verwenden können.

Du schließt die Sensoren mithilfe der JST-JST-Kabel an die I2C/Wire Anschlüsse der senseBox MCU an. Welchen Sensor du an welchem der fünf Steckplätze platzierst, spielt dabei keine Rolle. Zudem kannst du selbst entscheiden, welche Sensoren du wählst und welche Umweltphänomene du folglich erfassen möchtest. Das Display schließt du ebenso wie die Sensoren mit einem JST-JST-Kabel an einen der I2C/Wire Anschlüsse der senseBox MCU an.

Die Solarzelle wird mittels eines USB-Kabels mit der senseBox verbunden. Diese schließt du allerdings erst an, wenn du den Sketch kompiliert und auf die senseBox übertragen hast, da dafür der gleiche Anschluss benötigt wird und die Stromversorgung mittels Solarenergie erst anschließend von Bedeutung ist.

Die folgende Abbildung zeigt dir, wie der Aufbau mit einem Sensor und dem Display aussehen sollte.

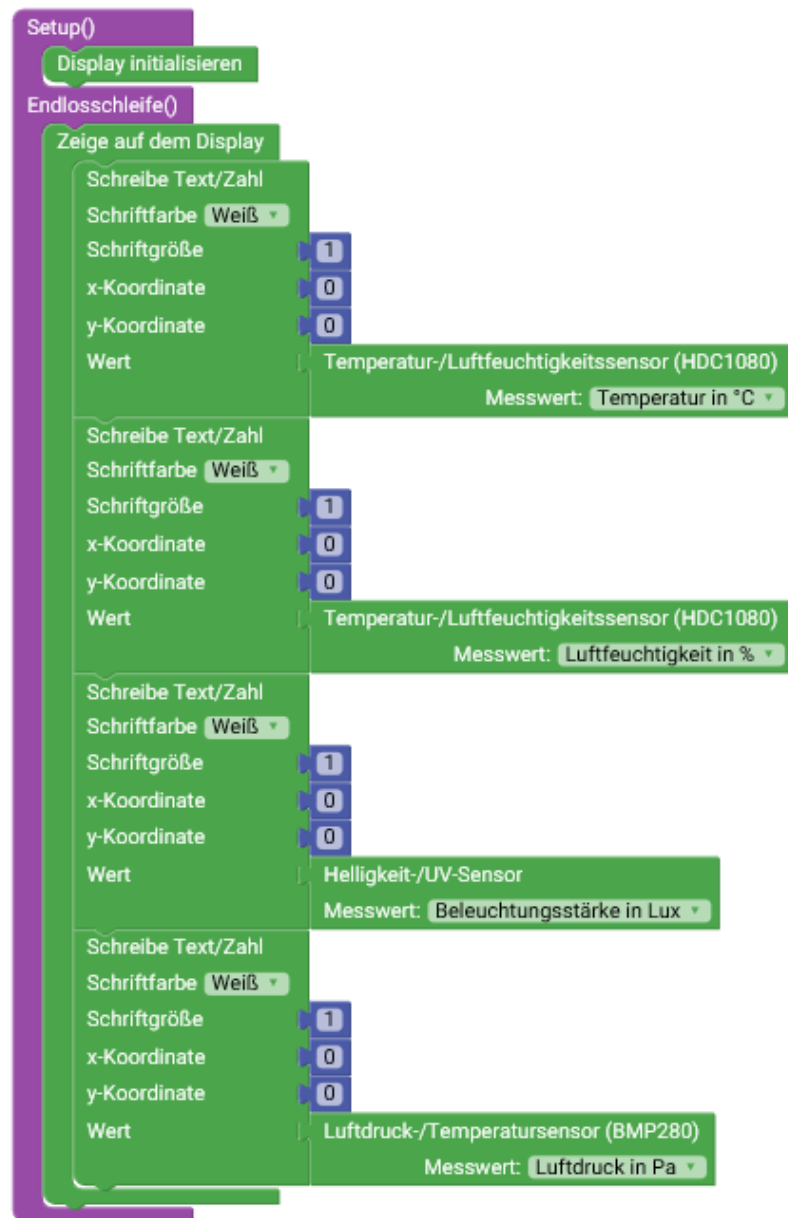


## Programmierung

### Schritt 1: Werte auf dem Display anzeigen lassen

Damit dir die Messwerte des Sensors auf dem Display angezeigt werden, ist es wichtig, den Block ‚Display initialisieren‘ in das Setup() zu ziehen sowie den Block ‚Zeige auf dem Display‘ in der Endlosschleife() zu verwenden.

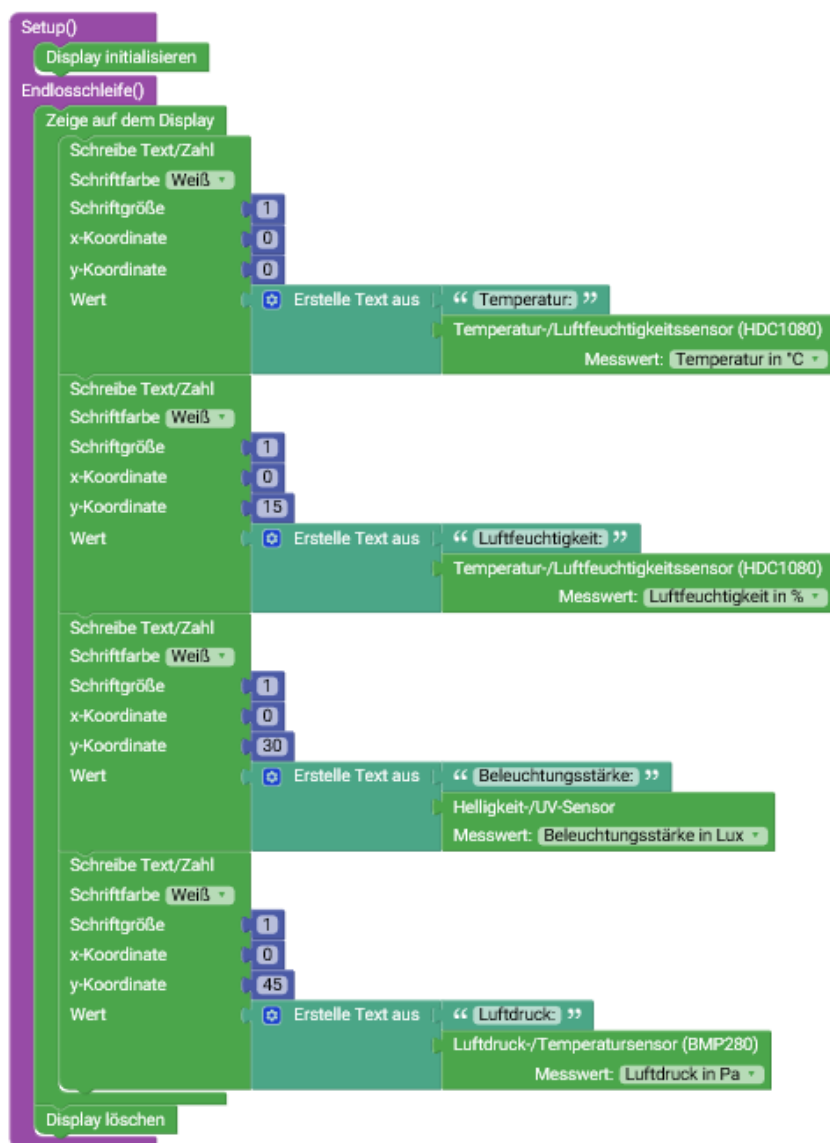
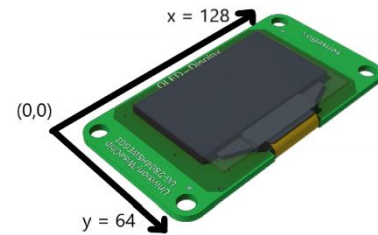
Unter der Kategorie ‚Display‘ findest du ebenfalls den Block ‚Schreibe Text/ Zahl‘. Diesen benötigst du für jede Messkategorie, die du erheben möchtest, einmal. Bei ‚Wert‘ platzierst du dann den jeweiligen Sensor und wählst jeweils den Messwert aus (Luftfeuchtigkeit in %, Luftdruck in Pa, Temperatur in °C oder Beleuchtungsstärke in Lux). Nun werden dir auf dem Display die sich stetig aktualisierenden Messwerte angezeigt.



## Schritt 2: Werte sinnvoll darstellen

Dir fällt wahrscheinlich auf, dass auf dem Display zwar Zahlen zu finden sind, du diese jedoch nicht den Phänomenen zuordnen kannst und sie sich womöglich noch überschneiden. Das liegt an den Einstellungen des Displays, denn im Moment werden alle Zahlen in der Koordinate (0,0) ohne weiteren Text angezeigt. Unter der Kategorie ‚Text‘ findest du den Block ‚Erstelle Text aus‘, welchen du verwenden kannst, um eine kombinierte Zeile aus einem frei wählbaren Text und dem Messwert zu erstellen.

Des Weiteren bietet es sich an, die x- und y-Koordinaten anzupassen, damit Überschneidungen vermieden werden. Dabei stellst du dir am besten ein Koordinatensystem auf dem Display vor, dass den Nullpunkt oben links in der Ecke hat. Der maximale Wert nach rechts auf der x-Achse liegt bei 128 Pixel und nach unten auf der y-Achse bei 64 Pixel. Du kannst für die Werte der y-Koordinate also passende Abstände wählen, um die Zeilen untereinander anzeigen zu lassen. Die folgende Abbildung liefert ein Beispiel für eine sinnvolle Darstellung der Messwerte auf dem Display.



Damit hast du das Projekt abgeschlossen und deine eigene umweltschonende Wetterstation gebaut!



## Literatur

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020): Informationsportal erneuerbare Energien. Online unter: <https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Technologien/Solarenergie-Photovoltaik/solarenergie-photovoltaik.html>

Unabhängiges Institut für Umweltfragen e.V. (2009): Schulpaket Solarsupport. Online unter: [https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/solar-support\\_sekundarstufe.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/solar-support_sekundarstufe.pdf)

Umweltbundesamt (2020): Solarenergie. Online unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/solarenergie#photovoltaik>

Hochschule Trier (o.J.): Sektorkopplung als Schlüssel. Online unter: <https://www.umwelt-campus.de/iot-werkstatt/tutorials/klimaschutz-iot-stromboerse-und-co2>

Quarks (2020): Was man wissen muss, um die Gesundheitsgefahren von Stickstoffdioxid und Feinstaub realistisch einordnen zu können. Online unter: <https://www.quarks.de/gesundheit/medizin/darum-sind-vorzeitige-todesfaelle-durch-schlechte-luft-unsinn/>

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 (Dezember 2021)

Herausgeber: Reedu GmbH & Co. KG – home of senseBox

Autorin: Verena Witte