



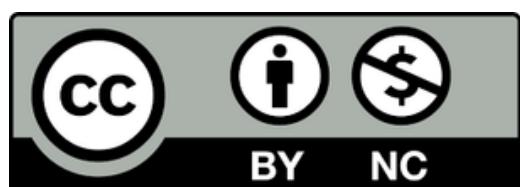
senseBox

Guide für den Bildungsbereich



Heft für Lehrkräfte und
Bildungsinstitutionen mit
allgemeinen (technischen)
Informationen und
didaktischen Überlegungen

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 1.1 (Oktober 2025)

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

Übersicht

Ziel	Diese Handreichung informiert über den Einsatz der senseBox in der Schule und in anderen Bildungskontexten. Sie soll Lehrkräften und Entscheider:innen beim didaktisch sinnvollen Einsatz der senseBox:edu und der senseBox:edu S2 in verschiedenen Lehrformaten unterstützen.
Inhalt	<p>Die Handreichung bietet zuerst allgemeine und technische Informationen zur senseBox, um einen Überblick darüber zu bieten, was die senseBox beinhaltet und wie sie genutzt werden kann.</p> <p>Anschließend wird die senseBox in einen Bildungskontext eingeordnet, um ihre Bildungspotenziale und fachlichen Verknüpfungen näher zu erläutern. Dafür werden grundlegende Ziele des Einsatzes der senseBox im Bildungsbereich angeschnitten, um sie dann im Kontext der Konzepte “Citizen Science” und “Physical Computing” zu betrachten. Darüber hinaus werden die Einsatzmöglichkeiten hinsichtlich der aktuell sehr relevanten und breit diskutierten Querschnittsaufgaben “Bildung in der digitalen Welt” und “Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)” dargelegt.</p> <p>Für den Einsatz der senseBox in der Schule werden dann Parallelen zu den Bildungsstandards beziehungsweise Lehrplänen gezogen. Zu den einzelnen Themen werden jeweils passende Projektideen vorgeschlagen oder verlinkt. Dadurch haben Lehrkräfte direkt konkrete Anhaltspunkte, wie und wo sie die senseBox in verschiedenen Unterrichtsfächern einsetzen können, ohne vom Lehrplan abweichen zu müssen.</p>

Inhaltsverzeichnis



SENSEBOX:EDU	1
1.1 Versionen der senseBox	2
1.2 Inhalte der senseBox:edu (S2)	3
1.3 Nutzung der senseBox:edu (S2)	7
BILDUNGSKONTEXT	11
2.1 Citizen Science	12
2.2 Physical Computing	13
2.3 Bildung in der digitalen Welt	14
2.4 Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)	21
EINSATZ IM UNTERRICHT	26
3.1 Geographie	27
3.2 Informatik	31
3.3 Technik / technische Bildung	35
3.4 Biologie	39
3.5 Chemie und Physik	41
3.6 Mathematik	45
3.7 Projektwoche, Jugend forscht, AG,...	48
ERSTE / NÄCHSTE SCHRITTE	49
QUELLENVERZEICHNIS	50

① senseBox:edu

Die senseBox:edu bzw. senseBox:edu S2 ist ein Elektronikbausatz für Schulen, Universitäten und Bildungseinrichtungen, bei dem das **Experimentieren und Programmieren unter Einsatz von Sensoren** im Vordergrund steht. Neben einer programmierbaren Open-Source-Mikrocontrollereinheit (MCU), die Arduino kompatibel ist, sind Sensoren, Bauteile zur Übertragung von Daten ins Internet und weiteres Zubehör im Lieferumfang enthalten. Mit der senseBox:edu können **Grundlagen der Informatik** an realen Problemstellungen aus dem gesamten **MINT-Bereich** erlernt sowie eigene Messgeräte für verschiedene Zwecke mit wenig Aufwand gebaut und programmiert werden. Sensoren für die Messung von verschiedenen **Umweltphänomenen** wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck, Beleuchtungsstärke, Lautstärke, Distanzen (per Ultraschall oder Infrarot) sowie Neigung und Ausrichtung, ermöglichen ein kreatives Arbeiten an einer Vielzahl von Fragestellungen. Die Daten können dann auf dem mitgelieferten Display angezeigt werden. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, gemessene Werte über ein WiFi-Modul auf eine Webplattform für offene Sensordaten, die **openSenseMap** (www.opensensemap.org), zu übertragen oder sie auf einer SD-Karte lokal zu speichern und dann weiterzuverarbeiten.



Abb. 1: senseBox:edu

1.1 Versionen der senseBox

Die senseBox ist aktuell in drei verschiedenen Versionen erhältlich, die sich in ihrem Anwendungszweck und der Zusammensetzung unterscheiden.



Die **senseBox:home** ermöglicht Bürger:innen, sich ihre eigenen Forschungsfragen zu stellen und die dafür nötigen Daten selbst zu sammeln bzw. sammeln zu lassen.



Die **senseBox:edu** wurde speziell für den Einsatz im Bildungsbereich (unter anderem der Schule) entwickelt. Es sind keine Vorkenntnisse im Bereich der Informatik notwendig und das einfache Stecksystem für die Sensoren sowie die grafische Programmierumgebung ermöglichen eine Verwendung ab einem Alter von 10 Jahren.



Die **senseBox:edu S2** ist die nächste Generation der senseBox:edu. Wie die Vorgängerversionen ist sie speziell für den Bildungsbereich konzipiert. Die S2 ist kompakter und bietet einen erweiterten Hardwareumfang, um noch mehr Vielfalt in Projekten und Experimenten zu ermöglichen.

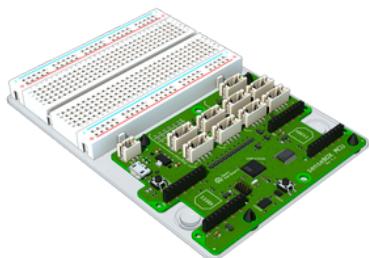
Durch die Bildungsperspektive dieser Handreichung wird der Fokus auf die senseBox:edu und senseBox:edu S2 gesetzt. Um einen Überblick über den Aufbau und den zusammenhängenden Komponenten zu bekommen, werden diese im Folgenden kurz aufgeführt.

1.2 Inhalt der senseBox:edu (S2)

Die senseBox:edu und die senseBox:edu S2 sind mit einer **Reihe an Sensoren** ausgestattet, die es ermöglichen, Umweltphänomene über einen längeren Zeitraum genau zu erfassen. Zur **Veranschaulichung und Auswertung** dieser besteht unter anderem die Möglichkeit, das vorhandene Display zu nutzen oder die Daten mithilfe des WiFi-Bees ins Internet auf die openSenseMap zu übertragen. Mittelpunkt ist dabei der Mikrocontroller (MCU).

1.2.1 Mikrocontroller (MCU)

Die senseBox-Mikro-Controller-Unit (MCU) ist der **Kern der senseBox**. Hier werden alle Sensoren, Aktoren und weiteres Zubehör angeschlossen, und der Programmcode zur Funktionsweise ausgeführt. Die MCU wurde speziell für die Bedürfnisse der senseBox entwickelt. Deshalb hat sie insbesondere drei Eigenschaften: sie ist schnell, energiesparend und hat einen großen Programmspeicher.



senseBox:edu

Der originale Mikrocontroller bietet Platz für zahlreiche Komponenten. Er ist auf einer Plexiglasscheibe angebracht, auf der sich auch ein Breadboard (half size) befindet, über das zahlreiche weitere Module verkabelt werden können.



senseBox:edu S2

Unser neuer Open Source Mikrocontroller mit ESP32 S2 Chip beinhaltet zusätzliche Sensoren, Anzeigeoptionen und Erweiterungsmöglichkeiten. Einige Komponenten wie ein WiFi-Modul, ein SD-Kartenslot und eine RGB-LED sind hier bereits auf dem Board integriert, wodurch die Nutzung noch einfacher und flexibler wird.

1.2.2 Sensoren

Folgende Sensoren ermöglichen die **Erfassung von Daten**. Die Tabelle zeigt an, inwieweit die Sensoren bereits in den beiden Sets enthalten sind.

Sensor	edu	edu S2
Temperatur- und Luftfeuchtigkeit (HDC1080)	✓	✓
Distanzsensor* (Ultraschall) (Time of Flight)	✓ (Ultraschall) ✓ (Time of Flight)	✓ (Time of Flight)
Luftdruck und Temperatur (BMP280)	✓	✓
Helligkeit & UV-Strahlung (TSL45315 & VEML6070)	✓	✓
Mikrofon	✓	—
ON BOARD Lage, Kompass, Beschleunigung	✓	✓
Feinstaub und CO2 (SPS30 & SCD30)	(Erweiterung)**	(Erweiterung)**
Bodenfeuchte und Temperatur (SMT50)	(Erweiterung)**	(Erweiterung)**
Wasserthermometer (5-10m)	(Erweiterung)**	(Erweiterung)**
Regensensor (Hydreon RG-15)	(Erweiterung)**	(Erweiterung)**

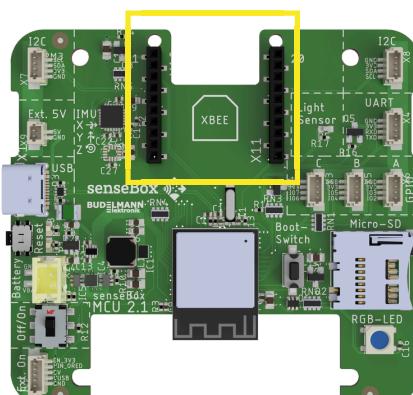
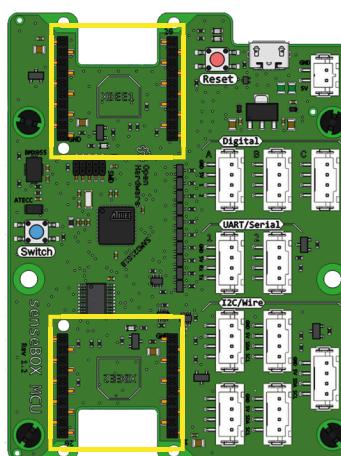
*Distanzsensor: Der neue ToF (Time of Flight) Sensor ermöglicht es, sehr präzise Distanzen zu messen. Zudem können nicht nur einfache Distanzen, sondern auch ein einfaches 8x8 Pixel Bild gemessen werden.

1.2.3 Verbindungsmodule

Um die gemessenen Daten deiner senseBox zu **speichern oder ins Internet zu übertragen**, bietet die senseBox:edu (S2) folgende Möglichkeiten. Teilweise sind diese bereits auf dem Board integriert, aber in der Regel werden passende Verbindungsmodule, sogenannte XBee's, aufgesteckt, um die jeweilige Verbindung möglich zu machen.

Übertragungsform	edu	edu S2
 WiFi (WLAN)	✓ (XBee)	✓ (onboard)
 Bluetooth	(Erweiterung)**	✓ (XBee)
 SD-Kartenslot	✓ (XBee)	✓ (onboard)
 LAN / Ethernet	(Erweiterung)**	(Erweiterung)**
 LoRa (868MHz)	(Erweiterung)**	(Erweiterung)**

XBee-Module können durch die Steckplätze direkt ohne Kabel angeschlossen werden. Auf den folgenden Abbildungen sind die Steckplätze der MCU und der MCU S2 farblich hervorgehoben. Auf der MCU S2 befindet sich nur ein Steckplatz, dafür ist das WiFi-Modul bereits auf dem Board integriert.



1.2.4 Weitere Komponenten

Neben den Sensoren und den verschiedenen Möglichkeiten zur Datenübertragung enthält die senseBox weiteres **Zubehör**. Dieses dient dazu, die verschiedenen Komponenten an den Mikrocontroller (MCU) anzuschließen, Werte und Aktionen in verschiedenen Formen auszugeben (Blinken einer Lampe, Ausgeben eines Werts auf einem Display, akustische Signale,...) und bei der Sammlung von Daten zu unterstützen. Das Zubehör umfasst folgende Komponenten:

Komponente	edu	edu S2
 OLED-Display	✓	✓
 Batteriehalterung & Akku	(Erweiterung)**	✓
 LED-Matrix	(Erweiterung)**	✓
 Mikro SD-Karte (16GB)	✓	✓
 Breadboard	✓	—
 LEDs, Widerstände, etc.	✓	—
 RGB-LED	✓ (separat)	✓ (onboard)
 verschiedene Verbindungskabel	✓	✓
 GPS Empfänger	(Erweiterung)**	(Erweiterung)**

**Erweiterung: Diese Module können zusätzlich erworben und mit diesem senseBox-Modul verwendet werden. Ein Link zum Shop ist jeweils hinterlegt.

1.3 Nutzung der senseBox:edu (S2)

Die senseBox kann auf vielfältige Weise verwendet werden. In diesem Kapitel stellen wir kurz vor, wie und mit welchen Programmiersprachen sie programmiert werden kann, und welche (externen) Tools sich besonders zur Anzeige und Auswertung der Daten eignen.

1.3.1 Programmierung (Blockly, Arduino, Circuit Python)

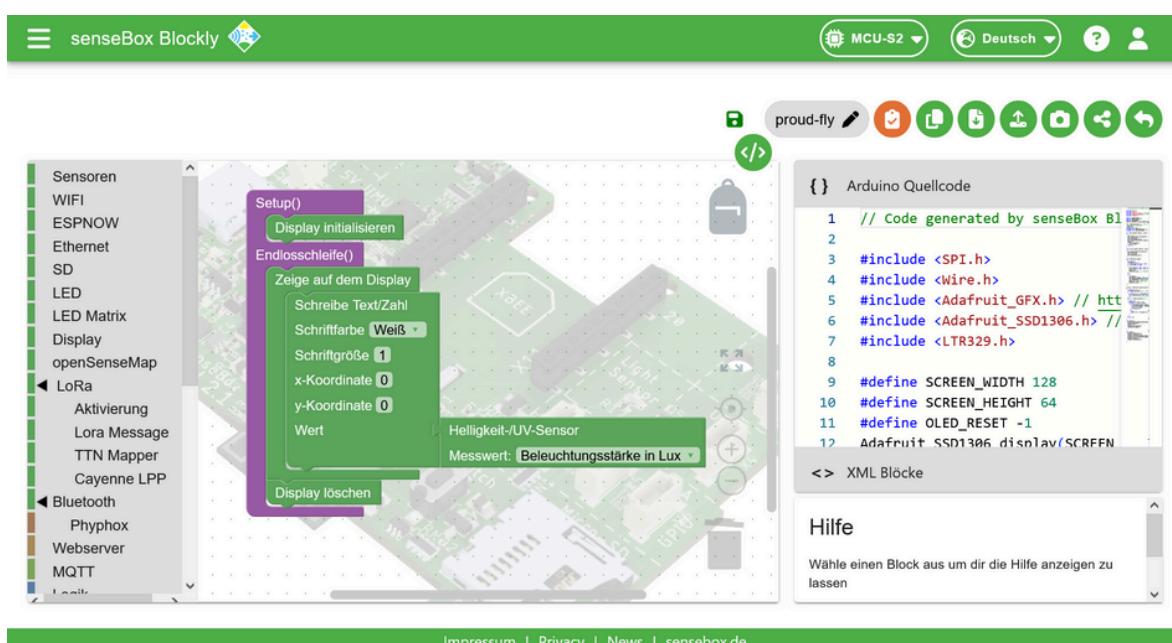
Die senseBox kann auf verschiedene Weise programmiert werden. Im Folgenden werden die aktuellen Möglichkeiten, die sich auf verschiedenen Komplexitätsstufen befinden, kurz erläutert.



© 2025 Google

Blockly für senseBox ist eine visuelle Programmieroberfläche, die eine einfache und schnelle Programmierung der senseBox ermöglicht. Blockly wurde ursprünglich von Google entwickelt und findet sich in vielen verschiedenen visuellen Programmieroberflächen wieder. Die Oberfläche wurde an die senseBox Sensoren und Bauteile angepasst, um den Einstieg noch einfacher zu gestalten. Die Programmierung erfolgt direkt im Browser, erfordert keine Registrierung und sendet keine Daten an Google. Per Drag & Drop lässt sich der Code zusammenstellen und anschließend auf das Board spielen, sodass ein einfacher und schneller Einstieg ohne Softwareinstallation gewährleistet ist. Aufgrund der grafischen Programmierung sind keine Vorkenntnisse in diesem Bereich nötig und somit ist ein Einsatz der senseBox außerhalb des Informatikunterrichtes gut möglich.

Abrufbar unter: <https://blockly.sensebox.de/>



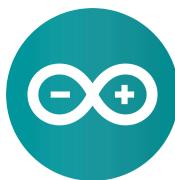
The screenshot shows the Blockly for senseBox interface. At the top, there's a green header bar with the title "senseBox Blockly" and a yellow logo. To the right of the title are icons for "MCU-S2", "Deutsch", a help symbol, and a user profile. Below the header is a toolbar with various icons for file operations, code snippets, and sharing. On the left, a sidebar lists sensor and network components: WiFi, ESPNOW, Ethernet, SD, LED, LED Matrix, Display, openSenseMap, LoRa, Activation, Lora Message, TTN Mapper, Cayenne LPP, Bluetooth, Phynox, Webserver, MQTT, and Sensors. The main workspace is a grid-based area where blocks are assembled. A purple block labeled "Setup()" contains sub-blocks like "Display initialisieren" and "Endlosschleife()". Another block labeled "Zeige auf dem Display" has settings for text, font, size, and coordinates. A "Helligkeit-UV-Sensor" block displays a value. To the right of the workspace is a panel titled "Arduino Quellcode" containing generated code:

```

1 // Code generated by senseBox B1
2
3 #include <SPI.h>
4 #include <Wire.h>
5 #include <Adafruit_GFX.h> // http://www.adafruit.com/datasheets/Adafruit_GFX.pdf
6 #include <Adafruit_SSD1306.h> // http://www.adafruit.com/datasheets/Adafruit_SSD1306.pdf
7 #include <LT329.h>
8
9 #define SCREEN_WIDTH 128
10 #define SCREEN_HEIGHT 64
11 #define OLED_RESET -1
12 Adafruit_SSD1306 display(SCREFFN
    
```

Below the code panel is a section titled "XML Blöcke". At the bottom of the interface is a "Hilfe" (Help) section with the text "Wähle einen Block aus um dir die Hilfe anzeigen zu lassen".

Abb. 2: Benutzeroberfläche von "Blockly für senseBox", die durch visuelle Programmierung einen einfachen Einstieg ermöglicht.



© 2025 Arduino

Im Gegensatz zu Blockly beruht **Arduino** auf einer textbasierten Programmierung und setzt grundlegende Kenntnisse in der Informatik voraus. Die Entwicklungsumgebung basiert auf "Processing" und soll auch technisch weniger Versierten den Zugang zur Programmierung und zu Mikrocontrollern erleichtern. Die Programmierung selbst erfolgt in einer C bzw. C++ ähnlichen Programmiersprache, wobei technische Details wie Header-Dateien vor den Anwender:innen weitgehend verborgen werden und umfangreiche Bibliotheken und Beispiele die Programmierung vereinfachen. Zudem kann Arduino direkt im Code Editor von Blockly für senseBox angezeigt und verwendet werden. Es bietet daher einen **einfachen Einstieg** über die visuelle Programmierumgebung hinaus.

Abrufbar unter: <https://www.arduino.cc/en/software/>

© Copyright 2025,
CircuitPython
contributors

CircuitPython ist eine Programmiersprache, die von Adafruit entwickelt wurde und ebenfalls das Experimentieren und Programmieren auf Mikrocontroller-Boards vereinfacht. Sie basiert auf der weit verbreiteten Programmiersprache Python und ist mit der **senseBox MCU S2** kompatibel. Sobald das Board eingerichtet ist, kann mit einem beliebigen Texteditor programmiert werden. CircuitPython ist eine großartige Möglichkeit, um schnell und einfach mit der Programmierung von Mikrocontrollern zu beginnen.

Abrufbar unter: <https://circuitpython.org/>

Durch die vollständige Kompatibilität der senseBox mit diesen Programmiersprachen kann der **Schwierigkeitsgrad dem Lernziel angepasst** werden, indem die Programmierung über Blockly, CircuitPython oder die Arduino IDE erfolgt. Weiterhin können so unterschiedliche Jahrgangsstufen und Fächer angesprochen sowie das individuelle Niveau der Schüler:innen berücksichtigt werden.

1.3.2 Auswertung (openSenseMap & Co.)

Daten, die mit der senseBox gesammelt wurden, können auf vielfältige Weise genutzt und ausgewertet werden. Besonders interessant mit Blick auf Citizen Science, Open Data und globale Perspektiven ist dabei die openSenseMap. Diese Plattform und einige weitere Möglichkeiten werden hier kurz vorgestellt. Die senseBox kann auch mehrere der Optionen gleichzeitig nutzen.



Messungen oder ähnliches kann die senseBox auf verschiedene Weisen **direkt anzeigen**, zum Beispiel auf dem OLED-Display oder durch ein Licht- oder Tonsignal.



Daten können direkt auf eine **SD-Karte** und somit auch ohne Internet-Verbindung gespeichert werden. Anschließend können sie an einem Computer angeschaut, weiterverarbeitet und visualisiert werden. Dafür eignen sich insbesondere Tabellenkalkulationsprogramme wie Libre Office Calc, Microsoft Office Excel und Google Sheets.



Die **openSenseMap** ist eine Web-Plattform für die offenen Daten der senseBox und anderer Geräte. Jede senseBox kann ihre Messdaten direkt auf diese Karte übertragen, wo sie betrachtet, analysiert und heruntergeladen werden können. Sie dient somit zur Übersicht der bereits erhobenen Daten und ermöglicht zudem deren Export und Einbindung in Geoinformationssysteme. Auf der openSenseMap sind zur Zeit über 14.000 senseBoxen registriert und über 11 Milliarden Messungen eingegangen (Stand: Dezember 2024). Dadurch wird Schüler:innen die Möglichkeit geboten, ihre selbst erfassten Messungen in Beziehung zu Daten anderer Regionen zu setzen und zu vergleichen.

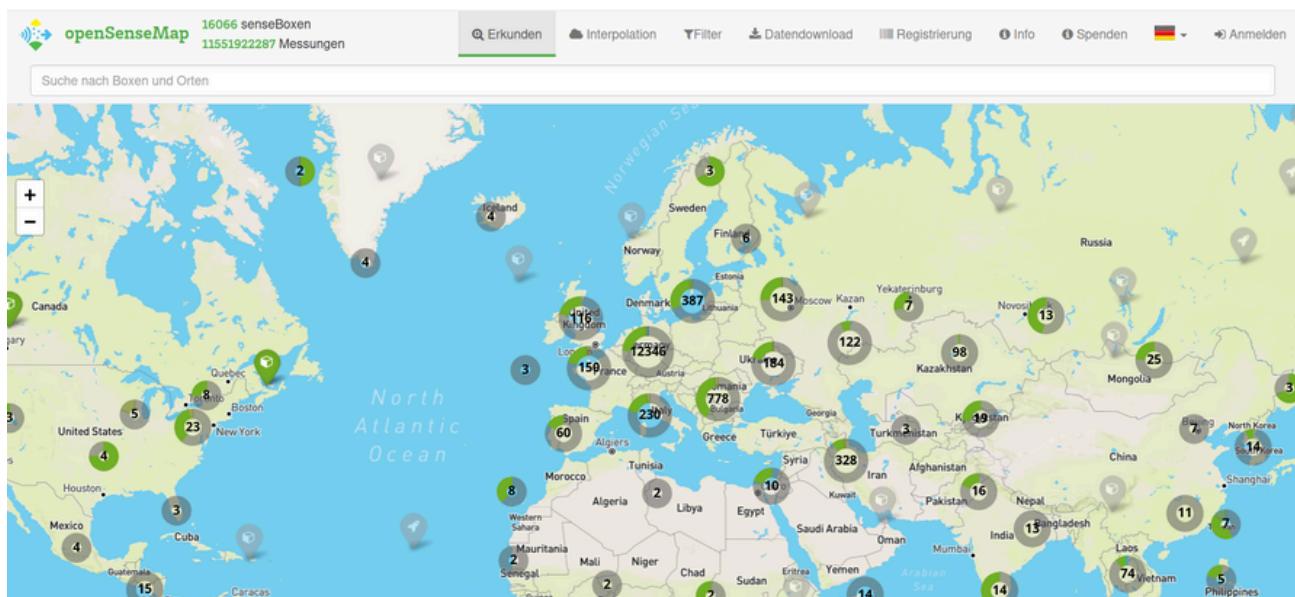


Abb. 3: Benutzeroberfläche von openSenseMap, Screenshot vom 22.10.2025



“The Things Network” ist ein offenes globales Netzwerk für ein energiesparendes “Internet der Dinge”. Mit dem LoRa-Bee kann die senseBox effizient Daten über den Funkstandard LoRa an das “The Things Network” verschicken. Anschließend kann es zum Beispiel mit der Plattform Tagolo verknüpft werden, auf der Messwerte gespeichert, ausgewertet und visualisiert werden können. Außerdem können Daten im Netzwerk an den **“TTN Mapper”** gesendet werden. Der TTN Mapper sammelt auf einer Karte Daten darüber, wie der tatsächliche Empfang im “The Things Network” an verschiedenen Orten ist.

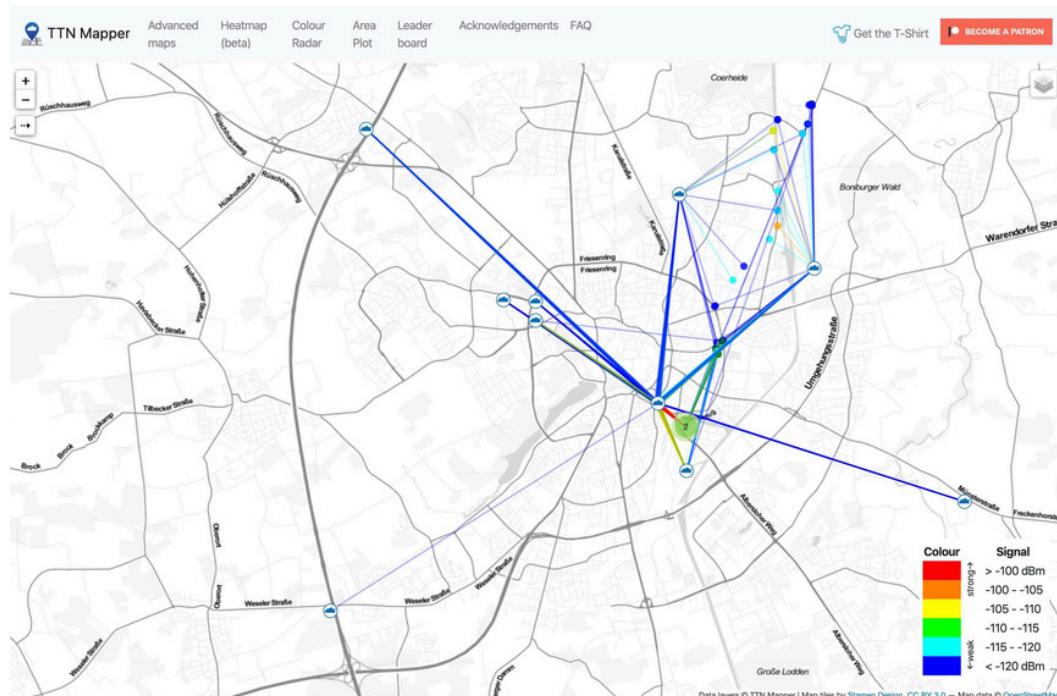


Abb. 4: TTN Mapper, Beispiel-Experiment von 2020

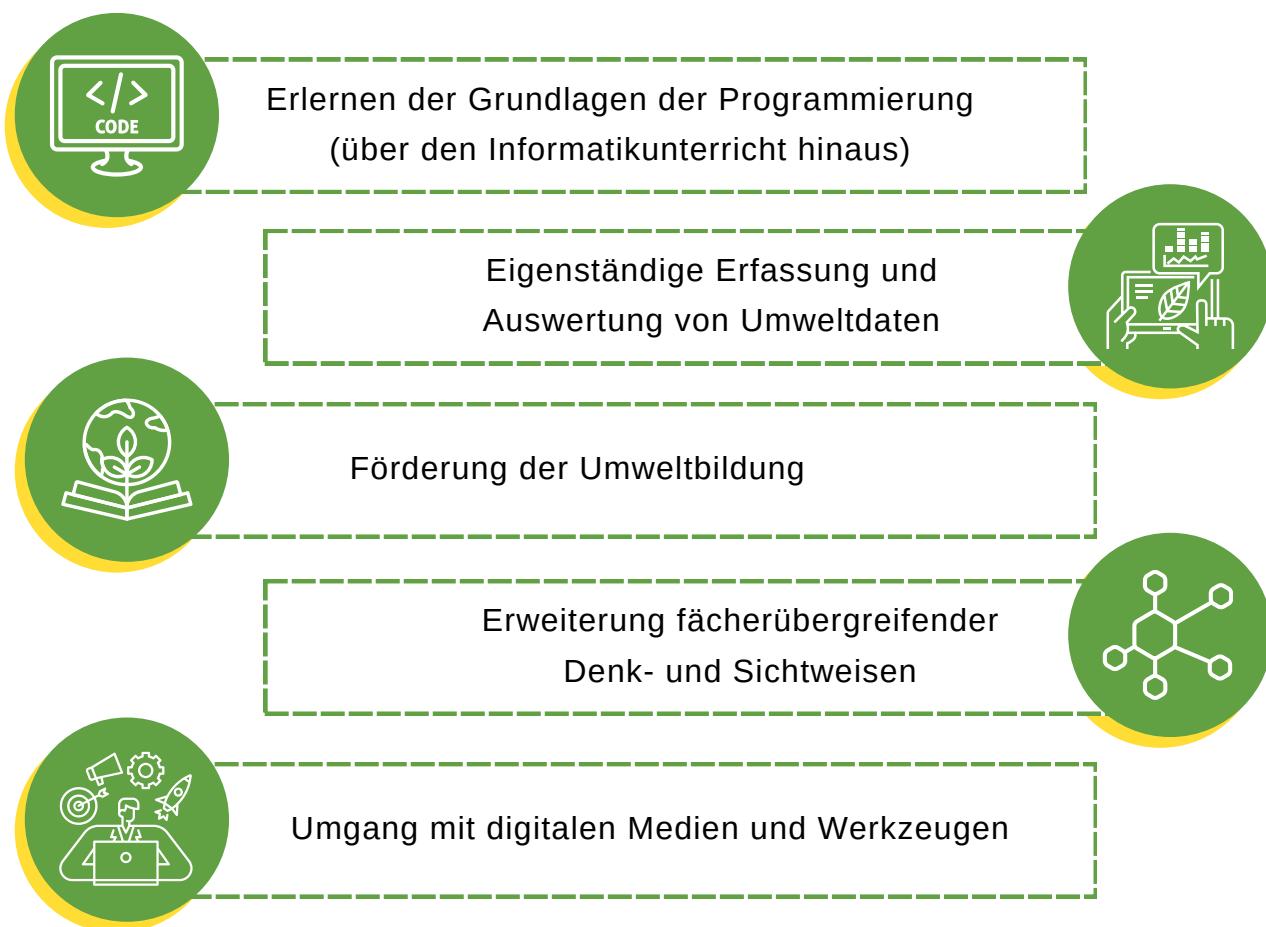


© 2025 RWTH
Aachen University

Phyphox steht für **physical phone** experiments und ist eine kostenlose und werbefreie App, die von der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen entwickelt wird. Mithilfe des Bluetooth-Bees kann die senseBox Daten per Bluetooth direkt in die phyphox-App (z.B. auf ein Smartphone) übertragen. Dort können die Daten gesammelt, gespeichert und visualisiert werden.

② Bildungskontext

Die senseBox:edu dient als grundlegendes und flexibles Lernsetup für den MINT-Unterricht und verfolgt das **Ziel**, das Interesse und die Kompetenzen der Schüler:innen im **MINT-Bereich** zu stärken. Praktische Erfahrungen in Workshops mit Schüler:innen und Lehrkräften zeigen, dass die Datenerhebung mit selbstgebauten Sensorstationen einen besonders zugänglichen Weg bei der Arbeit mit **Geoinformationen** und **Umweltdaten** bietet. Folglich bildet die senseBox eine gute Grundlage, um die Schüler:innen zu motivieren, selbstständig Umweltphänomene zu messen und zu teilen und dadurch verschiedene ihrer Kompetenzen zu fördern. Dazu zählen:



Unter dieser Zielsetzung und bezüglich der Themenbereiche und Funktionsweise der senseBox ergeben sich verschiedene Verknüpfungen, von denen einige wichtige in diesem Kapitel kurz erläutert werden.

2.1 Citizen Science

Beim Konzept “Citizen Science” (“Bürgerwissenschaft”) geht es darum, dass Bürger:innen auf unterschiedliche Weisen zur Wissensbeschaffung und zum Erkenntnisgewinn beitragen (vgl. Leibniz-Gemeinschaft 2024). Die Idee ist nicht neu, hat aber durch die Digitalisierung eine neue Tragweite erhalten und ihre Möglichkeiten erweitert.



Abb. 5: Karte, die im Citizen Science Projekt entstanden ist (Quelle: Roffler, 2024)

Beispiel: In einem Projekt der Universität Zürich sind über 150.000 Beiträge von Bürger:innen für den Schutz von Gewässern eingegangen. Im Zusammenspiel mit KI und Satellitenbildern konnte dadurch die Wildheit von Flüssen kartiert und besonders schutzbedürftige Bereiche ausgemacht werden (vgl. Roffler 2024).

Die senseBox versteht sich unter anderem als ein **Citizen Science Toolkit**. Mit ihr können Messungen zu den unterschiedlichsten Fragestellungen vorgenommen und Citizen Science Projekte vom lokalen bis zum globalen Maßstab umgesetzt werden. Die von der senseBox erfassten Daten erhöhen die Messdichte von verschiedenen Umweltfaktoren und können zu genaueren Aussagen in Bezug auf das Klima, die Umweltbelastungen oder den Verkehr beitragen. Durch den Einsatz in der Schule wird die Messdichte erhöht und jede:r Verwender:in profitiert von den bereits erfassten Daten anderer senseBoxen. Somit wird den Schüler:innen die Möglichkeit geboten, Teil eines **globalen Netzwerkes** zu werden und mithilfe des umfassenden Datenpools aussagekräftige Antworten auf ihre im Unterricht erarbeiteten **Forschungsfragen** zu finden. Der Vorteil liegt dabei in der stetigen Aktualität der Daten sowie im Anreiz seitens der Schüler:innen, selbst etwas zur Wissenschaft beitragen zu können.

Eine besondere Rolle nimmt dabei die schon in Kapitel 1.3.2 angesprochene **openSenseMap** ein, die eine offene Plattform für Umweltdaten bietet und sehr gut zusammen mit der senseBox funktioniert.

Hinweis: Als dauerhafte Wetterstation auf dem Schulgelände, die regelmäßig Daten an die openSenseMap sendet, eignet sich aufgrund der Wetterbeständigkeit vorzugsweise die senseBox:home.

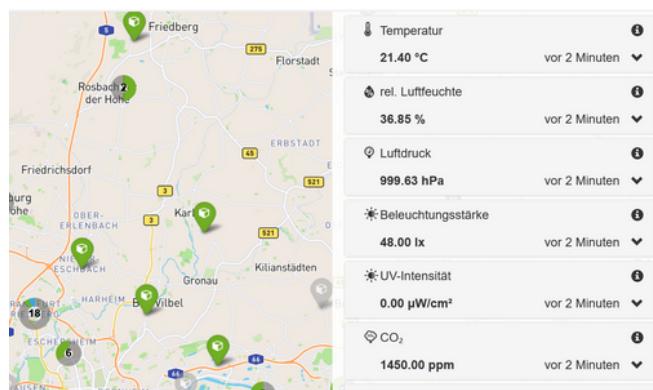
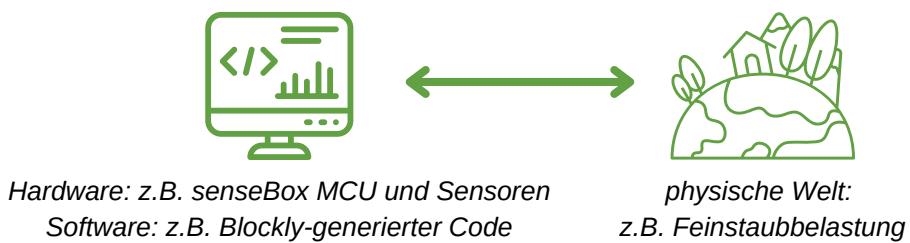


Abb. 6: openSenseMap, Screenshot vom 01.01.2025

Durch die Anlehnung an das Konzept der Citizen Science bekommen die Schüler:innen einen Einblick in aktuelle digitale Konzepte und können sich als ein Teil einer Community erleben, die weltweit Daten erhebt.

2.2 Physical Computing

Unter Physical Computing wird die Entwicklung von Systemen aus **Soft- und Hardware** verstanden, die mit der **physischen Welt** interagieren, beispielsweise Lärmampeln oder Roboter. Projekte, die sich mit der Beziehung zwischen dem Menschen und der digitalen Welt befassen, ermöglichen somit ein Stück weit das Öffnen der ‚Black Boxen‘ unserer digitalen Welt.



Die senseBox enthält, im Gegensatz zu üblichen Messgeräten, den Schüler:innen ihre Funktionsweisen und die darin eingesetzten Sensoren nicht vor, sondern bietet durch die Form als **Do-it-yourself Werkzeugkasten** die Möglichkeit, das Messgerät nach den eigenen Vorstellungen zu gestalten und zu bauen. Dadurch können sich die Schüler:innen auf bestimmte Bereiche fokussieren und nur die für sich relevanten Informationen erfassen. Durch das Physical Computing können somit Kompetenzen in verschiedenen Bereichen erlangt und auf andere Kontexte übertragen sowie verschiedenen Fächern miteinander verbunden werden. Die senseBox:edu verfolgt schließlich das Ziel, den gesamten MINT-Kontext abzudecken und den Schüler:innen in diesem Bereich bei der Entwicklung von Kompetenzen zu unterstützen.

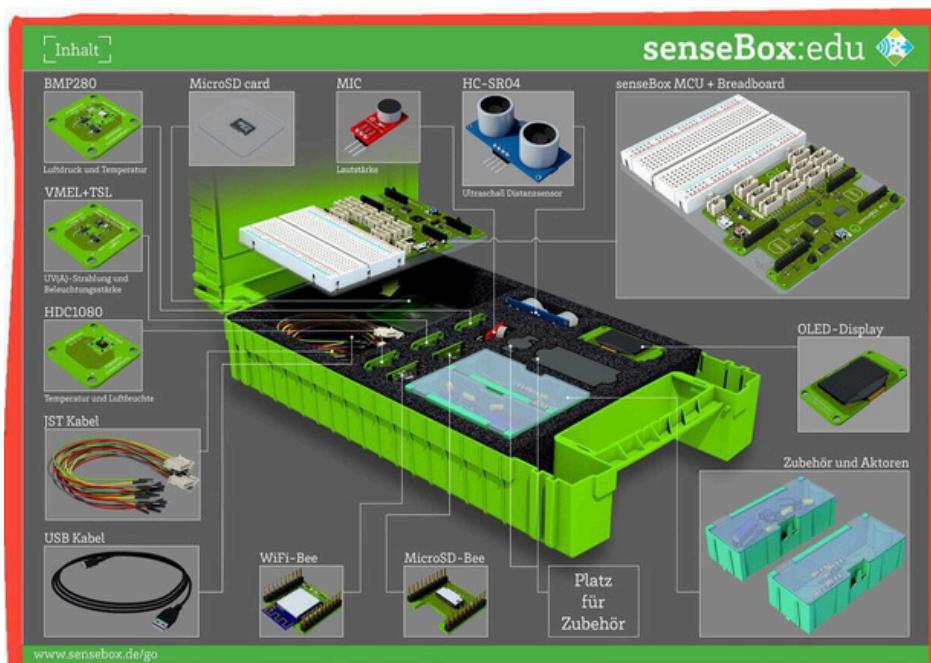


Abb. 7: Die senseBox:edu hält als offener Werkzeugkasten viele Optionen zum Lernen und Experimentieren bereit

2.3 Bildung in der digitalen Welt

Digitalisierung stellt in der heutigen Gesellschaft eine unausweichliche und viel diskutierte Thematik dar. Daher ist es zwingend notwendig, dass sich Kinder und Jugendliche bereits in der Schule damit auseinandersetzen und ihnen die Möglichkeit geboten wird, aktiv am digitalen Wandel teilzuhaben.

Die senseBox kann dabei einen wertvollen Beitrag leisten. Auf welche Weise sie unterstützen kann, wird hier kurz aus medienpädagogischer Perspektive anhand des Frankfurt-Dreiecks und aus politischer Perspektive anhand der Strategie der Kultusministerkonferenz beleuchtet.

2.3.1 Medienpädagogische Perspektive (Frankfurt-Dreieck)

Damit Schüler:innen eine nachhaltige und fundierte Bildung in einer digital vernetzten Welt erfahren können, sollte eine umfassende Medienkompetenz und eine informative Grundbildung bereits in der Schule gefördert werden. So können Kinder und Jugendliche dabei unterstützt werden, einen kreativen, sicheren und verantwortungsvollen Umgang mit digitalen Medien und dem digitalen Wandel zu erlernen.

Dafür sollten die Erscheinungsformen der Digitalisierung in der Schule unter **verschiedenen Perspektiven** betrachtet werden (vgl. *Gesellschaft für Informatik e.V.*, 2016: 2). Im März 2016 wurde von der Gesellschaft für Informatik das **Dagstuhl-Dreieck** für eine Veranschaulichung der Perspektiven entwickelt. Hier geht es darum, dass Erscheinungsformen der digital vernetzten Welt unter technologischen, gesellschaftlich-kulturellen und anwendungsbezogenen Aspekten, die sich gegenseitig beeinflussen, betrachtet werden müssen (*ebd.*: 2f).

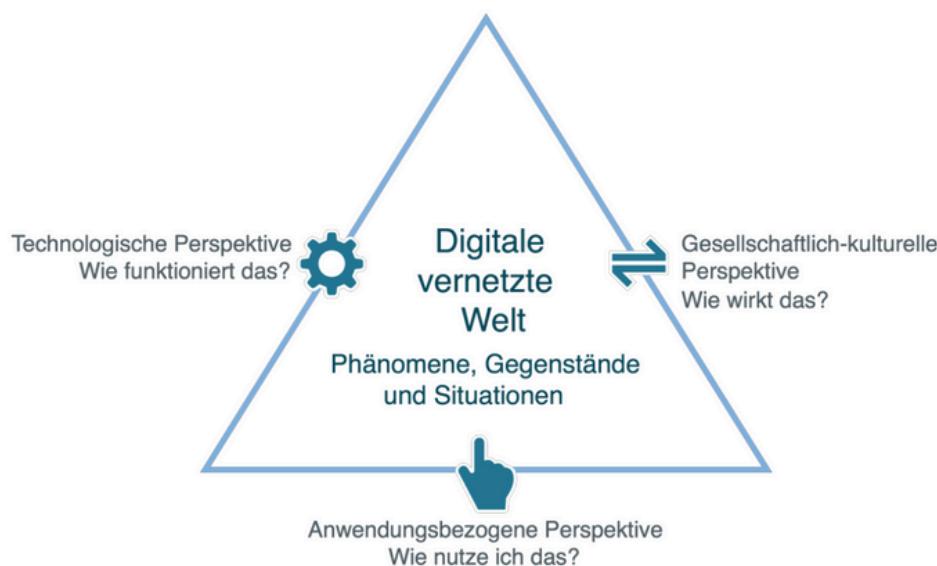


Abb. 8: Das Dagstuhl-Dreieck (Quelle: *Gesellschaft für Informatik e.V.* 2016)

Das Modell stieß auf breite Zustimmung und erntete gleichzeitig einige Kritik und Überarbeitungsvorschläge (vgl. Weich 2019). Einige Jahre später wurde auf Basis dessen das **Frankfurt-Dreieck als Weiterentwicklung** von Informatiker:innen, Medienpädagog:innen und Medienwissenschaftler:innen konzipiert. Eine wichtige Änderung ist dabei die Einbindung des Aspekts, dass sich Technologien und Gesellschaft in einer stetigen Wechselwirkung beeinflussen und nicht Technologie einseitig auf die Gesellschaft wirkt (vgl. ebd.).

Die **drei Betrachtungsweisen**, die nach diesem Modell eine Bildung für und über den digitalen Wandel aufgreifen muss, werden bezeichnet als technologisch-mediale Perspektive, gesellschaftlich-kulturelle Perspektive und Interaktionsperspektive (vgl. Brinda et al. 2020: 159).



Abb. 9: Das Frankfurt-Dreieck (Quelle: Brinda et al. 2020: 160)

Technologisch-mediale Perspektive

Bei dieser Betrachtungsweise geht es kurz gefasst darum, Strukturen und Funktionsweisen des Betrachtungsgegenstands zu verstehen, zu hinterfragen und zu bewerten (vgl. Brinda et al. 2020: 160ff). Zum einen ist es dabei wichtig, Phänomene der digitalen Welt informatisch zu betrachten, zum Beispiel die Funktionsweise von Netzwerken und Verschlüsselung. Grundlage hierfür sind theoretische und praktische Grundlagen der **Informatik**. Zum anderen ist es wichtig, den Einfluss von Entwickler:innen und Auftraggeber:innen mit einzubeziehen. Denn sie bestimmen aufgrund expliziter Interessen oder unbewusst aufgrund kultureller Konventionen die Funktionsweise eines Phänomens. Beispiele hierfür sind die Auswahl von Trainingsdaten für KI oder normative Algorithmen ohne Legitimierung von Entwickler:innen. Es geht also auch um eine **mediale Betrachtung** der Phänomene, um solche kulturellen Einschreibungen von Strukturen zu analysieren, zu reflektieren und mit(zu)gestalten (vgl. ebd.).

Die **senseBox** kann Schüler:innen dabei helfen, **Grundlagen der Informatik** auf praxisnahe und motivierende Weise zu erlernen. So kommen sie insbesondere mit Sensorik, Algorithmen, Elektronik und Datenübertragung in Berührung und experimentieren damit. Ein wesentlicher Vorteil der senseBox ist dabei, dass ihre **Funktionsweise flexibel und offen** ist. Die Lernenden können selbst entscheiden, welche Module sie wie verwenden und wie sie diese programmieren. Zudem finden sie bei weiterem Interesse auch Dokumentationen, technische Details und der Programmcode frei verfügbar online zum analysieren, reflektieren und mitmachen (**Open Source**). So können sie zum Beispiel über GitHub den Code von "Blockly für senseBox" oder der senseBox-Website ansehen und ihr eigenes Projekt dort konkret im Code einreichen. Damit werden sie selbst zu Gestaltenden und können die zugrundeliegende persönliche und kulturelle Prägung ihrer Entscheidungen reflektieren. Gewonnene Erkenntnisse können sie dann weiter erforschen und auf andere Phänomene übertragen. In diesen Reflexionsphasen ist es insbesondere bei einer jüngeren Lerngruppe wichtig, dass die Lehrkraft Impulse und Unterstützung zur Verfügung stellt. Dabei helfen wiederum die passend zur senseBox entwickelten **Materialien**, die ebenfalls offen (**Open Educational Resources**) zur Verfügung gestellt werden.



Unterrichtsmaterial:
<https://sensebox.de/de/material>



Dokumentation:
<https://docs.sensebox.de/>



Gesellschaftlich-kulturelle Perspektive

Bei dieser Perspektive geht es zusammengefasst um die "**Wechselwirkungen zwischen Individuen, Gesellschaft und digitalen Systemen** vor dem Hintergrund der Medialisierung und des digitalen Wandels" (Brinda et al 2020: 163). Das ist unter anderem relevant, weil sich aus der Digitalisierung zahlreiche neue Möglichkeiten und Herausforderungen in verschiedenen Bereichen ergeben, die eine Wirkung auf Gesellschaft und Individuen haben und gleichzeitig aktiv von Gesellschaft und Individuen gestaltet werden sollten. Normen und Regeln in Bezug auf den digitalen Wandel sollten analysiert, reflektiert und gestaltet werden. Beispielsweise geht es hier um Fragen der Netzneutralität, Machtstrukturen, Persönlichkeitsrechte, gesellschaftliche Teilhabe, Eigentum von Daten und Autonomie von technischen Systemen. Diese Themen müssen auch aus einer ethischen Perspektive betrachtet und analysiert werden (vgl. ebd.: 163 f.).

Die gesellschaftlich-kulturelle Perspektive kann von einem Werkzeug wie der senseBox alleine nicht erbracht werden, aber als Werkzeug kann sie **zahlreiche Gesprächsanlässe und Impulse** geben, mit der Lehrkräfte einfacher diese Perspektive in den Unterricht einbauen können. Zum Beispiel kann die offene Gestaltung des senseBox-Ökosystems (Open Source Software, Open Educational Resources, Open Data Plattform) einen Anlass geben, mit den Schüler:innen über Machtstrukturen, Offenheit, Netzneutralität und Partizipation in der digitalen Welt ins Gespräch zu kommen. Zudem bietet die senseBox viele Anlässe, um über das Zusammenspiel von Technologie und Umwelt zu diskutieren, z.B. im Kontext von "Smart City" darüber, welchen Beitrag eine "intelligente" Straßenbeleuchtung zum Umweltschutz und zur Gesellschaft leisten kann. Eine weitere Option ist ein Projekt, bei dem die Schüler:innen die senseBox mit GPS-Tracker z.B. am Rucksack befestigen und eine Weile lang verwenden. Die Daten können dann von ihnen ausgewertet und Bezüge zu den Datensammlungspraktiken von Unternehmen gezogen werden.



Interaktionsperspektive

"Im Fokus der Interaktionsperspektive stehen die **Menschen**, zentral sind die Fragen, wie sie vor dem Hintergrund der technologisch-medialen und gesellschaftlich-kulturellen Voraussetzungen welche digitalen Medien und Systeme warum und wozu nutzen, inwiefern sie am digitalen Wandel teilhaben und ihn mitgestalten (können) sowie wie sie sich als handlungsfähige Subjekte konstituieren (vgl. auch Medienaneignung). Dabei sind die Aspekte **Nutzung, Handlung und Subjektivierung** zentral" (Brinda et al. 2020: 164).

Ein Gesprächsanlass im Rahmen der senseBox wäre zum Beispiel ein Vergleich der verschiedenen Methoden zur Datenübertragung: Wie und warum nutzen Schüler:innen WLAN, LoRa, Bluetooth, etc.? Inwiefern können Schüler:innen entscheiden, welche Medien und Systeme sie nutzen und wie sie diese mitgestalten? Hier liegt es insbesondere an den Lehrkräften, die Perspektive in verschiedenen Kontexten aufzugreifen. Wenn zum Beispiel viele Schüler:innen die Funktion "AirDrop" von Apple nutzen, könnte dabei darauf eingegangen werden, auf welche Weise "AirDrop" Bluetooth und WiFi kombiniert und welche Alternativen sie sehen. Zudem bietet sich eine kritische Reflexion darüber an, wie und warum die senseBox im jeweiligen Kontext genutzt wird oder wurde, welche Alternativen es gibt und welche ökonomischen, gesellschaftlichen und politischen Interessen bei den verschiedenen Werkzeugen und Systemen eine Rolle spielen.

2.3.2 Politische Perspektive (Kultusministerkonferenz)

Die Kultusministerkonferenz (KMK) hat im Jahr 2016 eine Strategie zur „Bildung in der digitalen Welt“ als Handlungskonzept für die zukünftige Bildung in Deutschland erarbeitet. Darin hat die KMK “Kompetenzen in der digitalen Welt” verabschiedet, um den Schulalltag an die gesellschaftlich bedeutsame digitale Bildung anzupassen und somit Voraussetzungen für die soziale Teilhabe und einen erfolgreichen Bildungs- und Berufsweg zu legen. Die senseBox lässt sich dabei vor allem in **Abschnitt 5 ,Problemlösen und Handeln‘** einordnen. In Anlehnung an den Strategieplan stellen folgende Punkte konkrete Einsatzmöglichkeiten dar:



Werkzeuge

5.2 Werkzeuge bedarfsgerecht einsetzen

- 5.2.1 Eine Vielzahl von digitalen Werkzeugen kennen und kreativ anwenden
- 5.2.2 Anforderungen an digitale Werkzeuge formulieren
- 5.2.3 Passende Werkzeuge zur Lösung identifizieren
- 5.2.4 Digitale Umgebungen und Werkzeuge zum persönlichen Gebrauch anpassen

(KMK 2016: 8)



Mithilfe der senseBox können Schüler:innen die grundlegenden **Funktionsweisen von Programmen und Computern** kennenlernen. Sie erhalten sowohl einen Einblick in die Hardware als auch in die Software von digitalen Werkzeugen. Zudem können sie die senseBox einsetzen, um Lösungen für eigene Forschungsfragen in allen MINT-Fächern zu entwickeln und zu beantworten. Der Aufbau der senseBox kann frei je nach gewünschtem Ergebnis gestaltet werden. Dadurch erweitern die Schüler:innen ihren Horizont an digitalen Werkzeugen und lernen ihren Mehrwert in der praktischen Anwendung kennen.



Algorithmen

5.5 Algorithmen erkennen und formulieren

5.5.1 *Funktionsweisen und grundlegende Prinzipien der digitalen Welt kennen und verstehen*

5.5.2 *Algorithmische Strukturen in genutzten digitalen Tools erkennen und formulieren*

5.5.3. *Eine strukturierte, algorithmische Sequenz zur Lösung eines Problems planen und verwenden*

(KMK 2016: 8)

Durch die Arbeit mit der senseBox erhalten die Schüler:innen einen Eindruck, wie oft **Algorithmen** ihnen im Alltag begegnen. Beispielsweise können mit der senseBox Bewegungsmelder, Einparkhilfen aus Autos oder intelligente Lichtsteuerungen gebaut werden, durch welche die Einfachheit der verwendeten Algorithmen deutlich wird und die Schüler:innen dazu befähigt, die Funktionsweise solcher "Alltagshelfer" explizit nachzuvollziehen und gegebenenfalls zu hinterfragen.

Mit der senseBox können **Probleme und Fragestellungen** aus allen MINT-Fächern bearbeitet werden. Dazu wird zuerst ein Problem identifiziert und eine geeignete Forschungsfrage formuliert. Anschließend wird ein Messgerät gebaut und programmiert, um die jeweilige Forschungsfrage zu beantworten. Abschließend werden die gemessenen Daten und das Messgerät evaluiert und überprüft, ob die Forschungsfrage beantwortet werden kann oder ob eine erneute Messkampagne mit einem eventuell überarbeiteten Messgerät durchgeführt werden muss.



Mit der senseBox können **Probleme und Fragestellungen** aus allen MINT-Fächern bearbeitet werden. Dazu wird zuerst ein Problem identifiziert und eine geeignete Forschungsfrage formuliert. Anschließend wird ein Messgerät gebaut und programmiert, um die jeweilige Forschungsfrage zu beantworten. Abschließend werden die gemessenen Daten und das Messgerät evaluiert und überprüft, ob die Forschungsfrage beantwortet werden kann oder ob eine erneute Messkampagne mit einem eventuell überarbeiteten Messgerät durchgeführt werden muss.

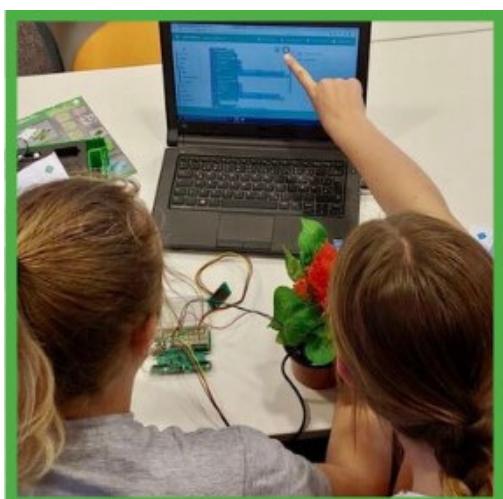


Kreativität und Kooperation

Die Strategie wurde 2021 durch eine Empfehlung zum "Lehren und Lernen in der digitalen Welt" ergänzt. Darin werden **Potenziale der Digitalität für die Lernenden** dargestellt und Maßnahmen priorisiert. Insbesondere bei den ersten beiden priorisierten Maßnahmen kann die senseBox eine wichtige Rolle spielen:

- *"Es empfiehlt sich, Motivation und Lernfreude steigernde Elemente gezielt aufzugreifen, indem insbesondere digitale Medien und Werkzeuge, die der Individualität und Kreativität der Lernenden gerecht werden, zum Einsatz kommen."*
- *"Digitale Möglichkeiten, die ein tieferes Verständnis bzw. erweiterte Funktionen der Lerngegenstände ermöglichen, wie beispielsweise Simulationen, dynamische Modellierungen oder kollaboratives Problemlösen unter Einbindung verschiedener Expertisen und gegebenenfalls Lernorte, werden zielbezogen und intensiv in Lehr-Lern-Prozesse einbezogen."*

(KMK 2021: 12)



Die senseBox kann der **Individualität und Kreativität** der Lernenden gerecht werden, indem sie nicht einen Einsatzzweck vorgibt, sondern einen offenen und programmierbaren Baukasten darstellt, mit dem die Schüler:innen zahlreiche Forschungsfragen und Projekte bearbeiten können. In Kleingruppenarbeit unterstützt sie **kollaboratives Problemlösen** und bindet andere Lernorte zum Beispiel dadurch ein, dass Schüler:innen Feinstaubmessungen an verschiedenen Orten in ihrer Stadt durchführen und diese dann auswerten. Die breite Dokumentation, Offenheit und die sichtbaren Hardware-Komponenten unterstützen währenddessen bei einem tieferen Verständnis der Lerngegenstände.

2.4 Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)

Wie genau eine Bildung für nachhaltige Entwicklung aussieht, ist Gegenstand zahlreicher politischer und bildungswissenschaftlicher Debatten. Im Folgenden konzentrieren wir uns auf die Zusammenfassung / Ausarbeitung von Rieckmann zur Zielsetzung einer BNE im internationalen Diskurs. Übergeordnetes Ziel einer BNE ist es danach, "Menschen zu befähigen, sich an den gesellschaftlichen Lern-, Verständigungs- und Gestaltungsprozessen für eine nachhaltige Entwicklung zu beteiligen" (Rieckmann 2021: 12). Zur Erreichung dessen wird eine **Ausbildung von Schlüsselkompetenzen** und eine Auseinandersetzung mit nachhaltigkeitsrelevanten Werten angestrebt. Ein emanzipatorisches Verständnis von BNE bedeutet dementsprechend nicht die Anerziehung von "nachhaltigem" Verhalten, sondern eine Eröffnung von der Möglichkeit, im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung handeln zu können (vgl. ebd.). BNE beschränkt sich dementsprechend zudem ausdrücklich nicht darauf, nachhaltigkeitsrelevantes Wissen zu vermitteln.

Die **senseBox** ist erst einmal nur eine Art Werkzeugkasten. Inwieweit mit ihr Projekte und Lehreinheiten im Sinne einer BNE umgesetzt werden, hängt wie mit allen Tools und Medien stark von der Konzeption und Einbettung ab. In ihrer Gestaltung bietet die senseBox allerdings **zahlreiche Potenziale**, sie gewinnbringend für eine BNE einzusetzen. Im Folgenden werden Ideen aufgezeigt, wie mit der senseBox die Schlüsselkompetenzen für eine nachhaltige Entwicklung nach Rieckmann 2021 gestärkt werden können. (Die genaue Bedeutung der einzelnen Kompetenzen lässt sich in der Veröffentlichung auf Seite 15 nachlesen.) Anschließend folgen Überlegungen zu der Auseinandersetzung mit nachhaltigkeitsrelevanten Werten und schließlich ein Beispiel, wie so ein Lehrkonzept in der Praxis aussehen kann.

Kompetenz zum vernetzten Denken

Durch ihr offenes Design (Open Source) kann die senseBox dabei unterstützen, komplexe (technische) Zusammenhänge begreifbar zu machen. Die "Black Box" der digitalen Welt wird ein Stück weit geöffnet, indem die Schüler:innen ihr Messgerät selbst zusammensetzen und programmieren. Anschließend können komplexe Zusammenhänge von Technik, Umwelt und Gesellschaft analysiert und reflektiert werden, indem die Schüler:innen Messungen in der realen Welt durchführen und die Daten und Implikationen auswerten.

Kompetenz zum vorausschauenden Denken

Indem am Anfang eines senseBox-Projektes Hypothesen formuliert und Risiken antizipiert werden, kann das kurzfristige Abschätzen von möglichen Zukünften geschult werden. Gleichzeitig können viele senseBox-Projekte Anlass bieten, über langfristigere Zukunftsvisionen zu sprechen. Zum Beispiel kann am Ende eines IoT- oder Smart-City-Projektes konzeptioniert werden, wie denn eine ideale Welt mit (oder ohne) IoT aussehen sollte.

Normative Kompetenz

Zur Stärkung der normativen Kompetenz bietet die senseBox weniger Potenziale, hier ist die Lehrkraft besonders gefragt. Die Schüler:innen können durch entsprechende Aufgaben dazu angeregt werden, über Werte und Normen zu reflektieren, die hinter ihrem senseBox-Projekt stehen. Diese können sie dann mit Nachhaltigkeitswerten (z.B. intergenerationaler Gerechtigkeit) in Verbindung setzen und kontrastieren. Widersprüche und Unsicherheiten müssen dabei ausgehandelt und teilweise ausgehalten werden.

Strategische Kompetenz

Die Schüler:innen können gemeinsam Maßnahmen (oder ein kleines Forschungsprojekt) entwickeln und umsetzen, die Nachhaltigkeit lokal und darüber hinaus stärken können. So können sie zum Beispiel einen Feinstaubmesser auf dem Schulparkplatz anbringen und eine Weile die Feinstaubbelastung durch Autos (insbesondere sogenannte "Elterntaxis") messen. Die Erkenntnisse können sie dann nutzen, um zusammen mit der Schule Maßnahmen zu entwickeln, die die Feinstaubbelastung reduzieren, z.B. durch eine fahrradfreundlichere Schule.

Kooperationskompetenz

Durch eine Arbeit mit der senseBox in Gruppen können Perspektiven ausgetauscht und Einzelheiten des Projekts kooperativ ausgehandelt werden. Für einen erweiterten Perspektivwechsel und Gelegenheiten für gemeinsame Konfliktlösung sind Gruppen abseits der üblichen Peer-Groups ("Cliques") zu bevorzugen.

Kompetenz zum kritischen Denken

In Projekten mit der senseBox sollten Kritik und Reflexion nicht zu kurz kommen. Inwiefern tragen die Projekte in ihrer Ausführung oder in einer hypothetischen Weiterentwicklung tatsächlich zu einer nachhaltigen Entwicklung bei? Hierbei gilt es unter anderem Aspekte wie Suffizienz, Effizienz und Konsistenz, und die verschiedenen Dimensionen der Nachhaltigkeit zu berücksichtigen. Auch die senseBox selbst sollte in ihrer Herstellung, Nutzung und Wirkung kritisch hinterfragt werden.



Selbstkompetenz

Die senseBox kann entsprechende Anlässe für die Schüler:innen bieten, ihre eigene Rolle in der (lokalen) Gemeinschaft zu reflektieren, indem sie Auswirkungen ihrer Projekte näher betrachten. Mit entsprechenden Impulsen der Lehrkraft können sie sich dabei mit ihren Gefühlen und Wünschen bezüglich der Projekte und einer nachhaltigen Entwicklung auseinandersetzen.

Integrierte Problemlösekompetenz

Die mit der senseBox gesammelten Daten können eine Grundlage dafür geben, die Komplexität einer Problemstellung zu begreifen und daraus Lösungskonzepte zu entwickeln. Alternativ kann das senseBox-Projekt selbst ein Ansatz zur gerechten, passfähigen und inklusiven Lösung eines komplexen Nachhaltigkeitsproblems sein.

Da Kompetenzen und Wertorientierung nicht vermittelt, sondern nur die Entwicklung unterstützt werden können, benötigt BNE eine transformative, handlungsorientierte Pädagogik (*Rieckmann 2021: 17*). Sie zeichnet sich durch folgende didaktische Prinzipien aus:

- Lernendenzentrierung und Zugänglichkeit
- Handlungs- und Reflexionsorientierung
- Transformatives und transgressives Lernen
- Partizipationsorientierung
- Entdeckendes Lernen
- Vernetzendes Lernen
- Visionsorientierung
- Verbindung von sozialem, selbstbezogenem und methodenorientiertem mit sachbezogenem Lernen. (*ebd.*)

Wie eingangs erwähnt, kann die senseBox bei einer BNE unterstützen, solange diese entsprechend im Lehrkonzept eingebunden ist. Unsere Arbeitshefte mit konkreten Unterrichtsentwürfen versuchen BNE bereits ein Stück weit zu integrieren. Die oben stehenden Ausführungen zu den Kompetenzen sollen Anregungen zur weiteren Integration von BNE geben.

Wie kann der Einsatz der senseBox im Sinne einer BNE in der Praxis aussehen? Hier ein konkreteres Beispiel für den Verlauf einer Unterrichtsreihe:

Idee / Phase / Kompetenz	Fiktives Beispiel
Die Schüler:innen werden (zur Stärkung der Selbstkompetenz) dazu angehalten, ihre eigenen Wünsche und Gefühle bezüglich einer nachhaltigen Entwicklung zu reflektieren und ihre eigene Rolle wahrzunehmen.	Hierbei stellen sie zum Beispiel fest, dass ihnen eine globale Gerechtigkeit für Menschen und Tiere besonders wichtig ist und sie gleichzeitig nicht das Gefühl haben, viel verändern zu können (Stichwort Selbstwirksamkeit).
In einer Phase der kreativen Ideenfindung finden sie sich in Gruppen (abseits der üblichen Peer-Groups) zusammen und handeln die Ausgestaltung und die Ziele des Projekts gemeinsam aus. Hierdurch kann die Kooperationskompetenz gestärkt werden.	Die Schüler:innen finden sich in diversen Gruppen zusammen und entwerfen ihre grundlegende Projektidee mit der senseBox. Eine Gruppe würde gerne die Fahrradinfrastruktur in der Stadt verbessern, eine andere die Luftqualität in der Schule.
Die Schüler:innen planen das Projekt konkret. Sie entscheiden sich (zur Stärkung der strategischen Kompetenz) für eine Umsetzung, entwerfen Hypothesen und antizipieren Konsequenzen für eine nachhaltige Entwicklung. Sie arbeiten somit handlungszentriert .	Die Gruppe mit dem Thema Fahrradinfrastruktur entscheidet zum Beispiel, ein passendes Gehäuse für die senseBox zu bauen, dieses am Fahrrad zu befestigen und dann für einen Monat beim Radfahren Daten zu sammeln. Mit Daten zur Feinstaubbelastung wollen sie dann zum Beispiel eine Kampagne entwerfen , die auf Risiken auf Gesundheit und Umwelt aufmerksam macht und die lokalen politischen Vertreter:innen zum Handeln bewegen soll.
Die Schüler:innen nutzen die erhobenen Daten und ergänzen diese durch Recherche, um komplexe Problemstellungen zu begreifen und Lösungen zu entwickeln (Integrierte Problemlösekompetenz). Dadurch erfahren sie sich idealerweise als selbstwirksam.	Die Fahrrad-Gruppe hat zum Beispiel konkrete Orte in der Stadt identifiziert, an denen es eine besonders hohe Feinstaubbelastung und Unfallgefahr auf den Fahrradwegen gibt. Sie recherchieren verschiedene Aspekte zu Mobilität und Straßen (z.B. wie Flächen effizient genutzt werden können) und entwerfen Lösungen für die betroffenen Orte.

Idee / Phase / Kompetenz	Fiktives Beispiel
<p>Bei der Lösungsfindung schauen sie kritisch auf ihren Prozess und ihre Ergebnisse. Zudem reflektieren sie die Rolle der senseBox kritisch. Damit können sie ihre Kompetenz zum kritischen Denken fördern.</p>	<p>So erkennen die Schüler:innen zum Beispiel Schwächen in ihrem Datensatz und erklären, warum dieser trotzdem valide Aussagen zulässt. Zudem schauen sie zum Beispiel kritisch auf den ökologischen Fußabdruck der senseBox und wägen diesen mit den Chancen des Tools ab.</p>
<p>Die Schüler:innen begreifen die Komplexität und die Vernetzung unterschiedlicher Faktoren einer nachhaltigen Entwicklung und stärken damit ihre Kompetenz zum vernetzten Denken. Sie entwickeln ihre Lösungen weiter.</p>	<p>Durch die Recherche und in der Besprechung mit der Bürgermeisterin erkennen die Schüler:innen z.B. ökonomische oder soziale Faktoren wie die Auto-Abhängigkeit von Pendlern, die einem zusätzlichen Fahrradstreifen weniger Akzeptanz geben. Die Schüler:innen entwickeln Lösungen, wie eine Park & Ride Station am Rande der Innenstadt, um verschiedene Faktoren zusammenzudenken.</p>
<p>Nach Abschluss ihres Projekts reflektieren die Schüler:innen Werte und Normen, die ihrem Projekt zugrunde liegen (normative Kompetenz). Sie entwerfen auf Basis dessen eine eigene Zukunftsvision (Kompetenz zum vorausschauenden Denken).</p>	<p>Die Lernenden erkennen zum Beispiel, dass ihrem Fahrradprojekt ein evidenzbasierter / datenbasierter Ansatz zugrunde liegt und sie in der Diskussion ökologische Grenzen und ein bestimmtes Konzept von Freiheit in den Vordergrund gestellt haben. Sie überlegen, wie die Stadt der Zukunft aussehen und in welchem Maße sie "smart" datenbasiert und digital arbeiten sollte ("Smart City").</p>

③ Einsatz im Unterricht

Wie im vorangehenden Kapitel gezeigt wurde, bietet die senseBox eine gute Unterstützung bei der Förderung von Kompetenzen, die für eine digitale und nachhaltige Welt erforderlich sind. Sie kann solche Kompetenzen mit der Sachkompetenz verknüpfen und stellt somit ein Medium dar, dass auf modernste Art und Weise die Schüler:innen dazu befähigt, eigenständig Ergebnisse zu Forschungsfragen zu erfassen und auszuwerten. Die Verwendung der senseBox im Unterricht erweist sich **vor allem in den MINT-Fächern** als sinnvoll und sorgt für eine größere Motivation seitens der Schüler:innen, sich mit verschiedenen Thematiken auseinanderzusetzen. Im folgenden wird ein konkreter Bezug zu den **Bildungsstandards** verschiedener Fächer hergestellt und konkrete Projekte vorgestellt, damit der Nutzen der senseBox leichter verortet werden kann. Die Fächer Geographie, Informatik und Technik bieten besonders viele Anknüpfungspunkte, was unter anderem damit zusammenhängt, dass die senseBox am Institut für Geoinformatik an der Uni Münster entwickelt wurde. Diese drei Fächer rücken daher besonders in den Fokus. Folgende Fächer und Lernsituationen werden in diesem Heft behandelt:



Geographie



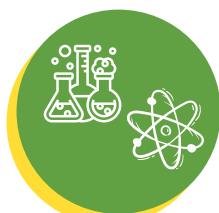
Informatik



Technik



Biologie



Chemie & Physik



Mathematik



Projektwoche



Jugend forscht



AG



3.1 Geographie

Die Deutsche Gesellschaft für Geographie hat in den Bildungsstandards im Fach Geographie für den mittleren Schulabschluss Lernziele und Kompetenzen festgelegt, zu dessen Unterstützung der Umsetzung die senseBox:edu hinzugezogen werden kann. Die sechs Kompetenzbereiche Fachwissen (F), Räumliche Orientierung (O), Erkenntnisgewinnung/Methoden (M), Kommunikation (K), Beurteilung/ Bewertung (B) sowie Handlung (H) sind zentraler Gegenstand des Unterrichts und fördern gemeinsam die geographische Gesamtkompetenz (DGfG 2020). Vor allem im Bereich des **Fachwissens** und der **Erkenntnisgewinnung/ Methoden** erscheint ein Einsatz der senseBox in Anlehnung an die Bildungsstandards als gerechtfertigt und bietet gute Möglichkeiten, den Unterricht modern und digital zu gestalten. Der Schwerpunkt liegt dabei vor allem auf der Erfassung physiogeographischer Merkmale und weniger auf humangeographischen Aspekten.

Standards für den Kompetenzbereich Fachwissen

F4 „Fähigkeit, Mensch-Umwelt-Beziehungen in Räumen unterschiedlicher Art und Größe zu analysieren“

S18 „Auswirkungen der Nutzung und Gestaltung von Räumen (z. B. Rodung, Gewässerbelastung, Bodenerosion, Naturrisiken, Klimawandel, Wassermangel, Bodenversalzung) erläutern“ (DGfG 2020, S. 15)

Umweltpheomene, die abhängig von der Nutzung und Gestaltung von Räumen sind, können mithilfe der senseBox gemessen werden und zu einer besseren Nachvollziehbarkeit der direkten Auswirkungen vor Ort führen. Wird beispielsweise ein verhältnismäßig hohes Verkehrsaufkommen beobachtet (durch die Erfassung der Anzahl der Fahrzeuge mithilfe des Ultraschall-Entfernungssensors), so ist womöglich eine erhöhte Verschmutzung der Luft festzustellen. Ebenso lassen sich Phänomene wie eine erhöhte Temperatur- oder Luftfeuchtigkeit messen, deren Werte die Schüler:innen im Nachhinein auf ihren Zusammenhang zur Nutzung und Gestaltung des Raumes überprüfen können.

F5 „Fähigkeit, individuelle Räume unterschiedlicher Art und Größe unter bestimmten Fragestellungen zu analysieren“

S24 „Räume unter ausgewählten Gesichtspunkten (z. B. die Bevölkerungspolitik in Indien und China; das Klima Deutschlands, Russlands und der USA; die Naturausstattung von Arktis und Antarktis) vergleichen“ (DGfG 2020: 15f)

Besonders im Bezug zum Klimawandel können mit der senseBox Umweltphänomene (z.B. Temperatur, Feinstaubbelastung) gemessen und in Verbindung zur Gestaltung und Lage des Raumes gebracht werden. Dabei kann überprüft werden, ob es Unterschiede zwischen der Feinstaubbelastung der Innenstadt mit viel Verkehr und einem verkehrsberuhigten Bereich auf dem Land gibt. Des Weiteren können maritime und kontinentale Gebiete hinsichtlich ihrer Luftfeuchte und Temperatur untersucht werden. Zum Vergleich eignet sich besonders gut die openSenseMap, auf welcher bereits weltweit Daten zu Umweltphänomenen erfasst und gespeichert wurden.

Standards für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung / Methoden

zentrale Kompetenzen: „Fähigkeit, geographisch/geowissenschaftlich relevante Informationen im Realraum sowie aus Medien gewinnen und auswerten sowie Schritte zur Erkenntnisgewinnung in der Geographie beschreiben zu können“ (DGfG 2020: 9)

Mithilfe der senseBox können Daten zu Umweltphänomenen eigenständig ortsbezogen erhoben und ausgewertet werden. Zudem kann durch die openSenseMap ein Vergleich der Daten aus unterschiedlichen Regionen (Stadt - Land; National - International) durchgeführt werden.

„Die Kenntnis von Informationsquellen, -formen und -strategien (M1), die Fähigkeit der Informationsgewinnung (M2) und die Fähigkeit der Informationsauswertung (M3)“ können mithilfe der senseBox erlernt und trainiert werden. Die Einbindung und Auswertung der Daten mithilfe des Mediums ‚Karte‘ (openSenseMap) stellt eine Verbindung zum Kompetenzbereich ‚Räumliche Orientierung‘ dar.

M2 Fähigkeit, Informationen zur Behandlung von geographischen/ geowissenschaftlichen Fragestellungen zu gewinnen

S5 “problem-, sach- und zielgemäß Informationen im Gelände (z. B. Beobachten, Kartieren, Messen, Zählen, Probennahme, Befragen) oder durch einfache Versuche und klassische Experimente gewinnen.” (DGfG 2020: 20)

Die senseBox stellt dabei ein Medium dar, mit dem die Schüler:innen auf technisch gestützter Weise Daten erheben können und das herkömmliche Zählen und Messen durch ihre Sensoren übernommen wird.

M3 Fähigkeit, Informationen zur Behandlung geographischer/ geowissenschaftlicher Fragestellungen auszuwerten

S6 “geographisch relevante Informationen aus analogen, digitalen und hybriden Informationsquellen sowie aus eigener Informationsgewinnung strukturieren und bedeutsame Einsichten herausarbeiten,”

S8 “die gewonnenen Informationen in andere Formen der Darstellung (z.B. Zahlen in Karten oder Diagramme, Fotos, Texte, Links u.v. m. in multimediale geographische Darstellungsformen) umwandeln.” (DGfG 2020: 21)

Die mithilfe der senseBox gewonnenen Daten können aus der openSenseMap exportiert und in andere Geoinformationssysteme eingebunden sowie in Tabellen oder Diagrammen dargestellt werden. Eine anschließende Auswertung der Daten in Bezug zu einer geographischen Fragestellung kann somit visuell und digital unterstützt werden und bietet vielfältige Möglichkeiten.

Projektideen



“Dem **Klimawandel** auf der Spur: Die Erhebung und Auswertung eigener Daten an modellhaften Nachbildungen verschiedener Standorte”



- Durch den Bau eines Modells und die Messung mithilfe der senseBox können Schüler:innen ihre Methodenkompetenz auf Grundlage ihrer Sachkompetenz zum anthropogenen Klimawandel stärken
- Ein gesamtes Lehrkonzept inklusive Arbeitsblättern und Unterrichtsverlauf findet sich unter: www.snsbx.de/m-klimawandel



“IoT Messtation”

- Ziel dieses Projektes ist es, eine senseBox Umweltstation aufzubauen. Am Ende wird die Messung diverser Umweltphänomene wie Temperatur, Luftfeuchte, Helligkeit und Luftdruck, sowie die Veröffentlichung der Daten auf der openSenseMap möglich sein!
- Eine Anleitung für den Aufbau und die Programmierung dieses Projekts findet sich unter: www.snsbx.de/p-iotmessstation
- Eine Variante ist die mobile Messstation, die zusätzlich GPS-Daten misst: www.snsbx.de/p-mobilemessstation



“Weltraummission: Ein lebenswerter Planet?” - **Messung der Feinstaubbelastung** und anderer Faktoren



- Die Schüler:innen lernen, wie sie mit einer selbst gebauten senseBox-Messstation die Feinstaubbelastung ihrer Stadt eigenständig messen können. Zudem lernen die Schüler:innen, welche Faktoren die Feinstaubbelastung beeinflussen und inwieweit sie darauf aufbauend etwas zum Schutz der Umwelt beitragen können.
- Ein Lehrkonzept inklusive Arbeitsblättern findet sich auf Seite 9 im Air Quality Explorer Arbeitsheft unter: www.snsbx.de/m-airquality



“Umwelthelden: NGOs im Kampf gegen Falschinformationen” - **Speichern und Veröffentlichen von Feinstaubdaten**



- Die Schüler:innen lernen am Beispiel der senseBox und der “openSenseMap”, wie sie Messdaten sinnvoll speichern, veröffentlichen und vergleichen können.
- Das Projekt kann aufbauend auf dem Projekt “Weltraummission” oder alleinstehend verwendet werden.
- Ein Lehrkonzept inklusive Arbeitsblättern findet sich auf Seite 16 im Air Quality Explorer Arbeitsheft unter: www.snsbx.de/m-airquality



3.2 Informatik

Die Gesellschaft für Informatik hat in den Bildungsstandards Grundsätze und Standards für den Informatikunterricht in der Schule festgelegt, die den Schüler:innen bis zum Ende der Sekundarstufe 1 gelehrt werden sollen. Diese Standards gehen dabei von einem verpflichtenden Informatik-Unterricht mit 6 Wochenstunden aus. Die Standards für die Sekundarstufe 1 wurden 2025 erneuert und dabei aktuelle Entwicklungen, zum Beispiel im Bereich Künstliche Intelligenz, berücksichtigt (vgl. GI 2025: 2f).

Die Bildungsstandards lassen sich in Prozess- und Inhaltsbereiche unterteilen. Letztere umfassen die fünf Gebiete Information und Daten (ID), Algorithmen (AL), Sprachen und Automaten (SA), Informatiksysteme (IS) sowie Informatik, Mensch und Gesellschaft (IMG) (vgl. ebd.: 5). Besonders in den Bereichen der **Algorithmen** und der **Informatiksysteme** kann die senseBox zur Unterstützung der Lehre eingesetzt werden.

Standards für den Inhaltsbereich Algorithmen

Jahrgangsstufen 5 bis 6

Die Schülerinnen und Schüler ...

- AL-1 beschreiben Algorithmen, die in einer altersangemessenen Form dargestellt sind.
- AL-2 modellieren Algorithmen unter Verwendung algorithmischer Grundbausteine.
- AL-3 implementieren Algorithmen in einer visuellen Programmiersprache.
- AL-4 testen, ob ein Programm eine gegebene Aufgabenstellung löst, und beheben Fehler.

(GI 2025: 17)

Durch die Arbeit mit der senseBox kann ein erstes Gefühl für Algorithmen entwickelt sowie ihr Einsatz im alltäglichen Leben deutlich gemacht werden. Die visuelle Programmieroberfläche ‚Blockly‘ unterstützt dabei das Verständnis für Handlungsvorschriften in Verbindung mit Informatiksystemen. Zu Beginn der Arbeit mit der senseBox könnte somit zuerst ein Algorithmus in Blockly gelesen und interpretiert werden, bevor die Schüler:innen diesen eigenständig implementieren. Testen können die Schüler:innen den Algorithmus dann direkt an Problemstellungen in der realen Welt (Physical Computing), z.B. durch die Überschreitung eines Grenzwerts bei der Luftfeuchtigkeit.

Jahrgangsstufen 7 bis 10

Die Schülerinnen und Schüler ...

- AL-5 vollziehen gegebene Algorithmen nach und analysieren sie, u. a. hinsichtlich Funktion oder Aufwand.
- AL-6 analysieren Problemstellungen, zerlegen diese in Teilprobleme und modellieren Algorithmen zu deren Lösung.
- AL-7 implementieren Algorithmen in einer visuellen oder textbasierten Programmiersprache.
- AL-8 testen ihre Programme systematisch, finden Ursachen von Fehlern und beheben diese.
- AL-9 beschreiben an Beispielen Ansätze der Künstlichen Intelligenz zur Lösung von Problemen.

(GI 2025: 17)

Diese Aspekte gehen über die Beschreibung vorgegebener Algorithmen hinaus und betonen das Analysieren und eigenständige Arbeiten mit ihnen. Besonders in Bezug auf das Entwerfen, Implementieren und Beurteilen von Algorithmen kann die senseBox eingesetzt werden, denn sie bietet die Möglichkeit, zuvor erstellte Algorithmen direkt anhand realer Situationen zu überprüfen. Den Schüler:innen werden die Ergebnisse somit direkt vors Auge geführt und mögliche Fehler können in einem zweiten Schritt behoben werden. Zudem können sich verschiedene Gruppen auf die Erhebung unterschiedlicher Daten beziehen und anschließend gegenseitig die Programmcodes beurteilen und erweitern. Die senseBox bietet in diesem Bereich den Vorteil, dass die Schüler:innen orientiert an Fragen aus allen MINT-Fächern lösungsorientiert und anwendungsbezogen arbeiten und mit der Erstellung eines Programmcodes Ergebnisse erzielen können.

Haben sie das Prinzip eines Algorithmus und seine vielfältigen Einsatzbereiche verinnerlicht, so kann die senseBox auch textbasiert mit Arduino oder CircuitPython programmiert und damit die nächste Komplexitätsstufe in Angriff genommen werden.

Projektideen



Pong (Spiel)

- Die Schüler:innen lernen, wie sie den Spiele-Klassiker "Pong" selbst programmieren und mit der senseBox spielen können. Auf Basis des Protokolls "ESP-Now" können zwei senseBoxen miteinander kommunizieren und damit zwei Lernende gegeneinander spielen
- Eine Anleitung für den Aufbau und die Programmierung dieses Projekts findet sich unter: www.snsbx.de/p-pong
- Eine reine Anleitung für die Verwendung von zwei senseBoxen mit ESP-Now findet sich unter: www.snsbx.de/p-espnw



RoboEyes - Anzeige von animierten Augen auf dem Display

- Ziel dieses Projekts ist es, Augen auf dem Display anzeigen zu lassen und der senseBox damit etwas Persönlichkeit zu geben. Die Augen sollen dabei mit der Blickrichtung dem Finger folgen, was wir mithilfe des ToF-Distanzsensors umsetzen. Die Augen können auch blinzeln, lachen, ihre Form und ihre Stimmung verändern.
- Die Programmierung erfolgt **textbasiert mit Arduino**.
- Eine Anleitung für den Aufbau und die Programmierung dieses Projekts findet sich unter: www.snsbx.de/p-roboeyes



Heimserver mit der senseBox

- Lernende können ohne viel Aufwand die senseBox in ein lokales WLAN integrieren. Das bedeutet, dass jeder, der mit diesem WLAN verbunden ist, die Sensorwerte über einen Link auf seinem Smartphone oder Laptop aufrufen kann.
- Eine Anleitung für den Aufbau und die Programmierung dieses Projekts findet sich unter: www.snsbx.de/p-webserver





LoRaWAN, The Things Network und Cayenne Payload

- Bei diesem Projekt werden Umweltphänomene der Umgebung mithilfe der senseBox gemessen, die Daten per LoRa versendet und dann im "The Things Network" abgerufen (sowie an die openSenseMap weitergeleitet). Lernende können so den Standard LoRaWan und das The Things Network kennenlernen.
- Eine Anleitung für den Aufbau und die Programmierung dieses Projekts findet sich unter: www.snsbx.de/p-loracayenne





3.3 Technik / Technische Bildung

Die Bildungsstandards für das Fach Technik wurden vom Verein Deutscher Ingenieure verfasst und dienen zur Orientierung für Lehrkräfte, die **ein an technischer Bildung orientiertes Fach** unterrichten, unter anderem Natur und Technik, Wirtschaft und Technik oder auch Arbeit und Technik (vgl. VDI 2004). Da Technik einen bedeutenden Bestandteil des Lebens und der Kultur darstellt sowie einen hohen Stellenwert für die wirtschaftliche und kulturelle Entwicklung Deutschlands und Europas ist, ist es von großer Bedeutung, die Schüler:innen während ihrer Schullaufbahn mit dieser Thematik zu konfrontieren. Das Ziel des Faches besteht in der Vermittlung technischer Kompetenzen, die den Schüler:innen die notwendigen Kenntnisse, Fertigkeiten, Fähigkeiten und Einstellungen für die Bewältigung technischer Alltagsprobleme verleihen sollen. Um dieses Ziel zu erreichen, beruft sich das Fach Technik auf sechs Handlungsfelder: Arbeit und Produktion, Bauen und Wohnen, Transport und Verkehr, Versorgung und Entsorgung, Information und Kommunikation sowie Haushalt und Freizeit (vgl. ebd.). Die senseBox eignet sich besonders für den Einsatz in den Bereichen **Transport und Verkehr** sowie **Information und Kommunikation**.



Arbeit und Produktion



Bauen und Wohnen



Transport und Verkehr



Versorgung und
Entsorgung



Information und
Kommunikation



Haushalt und Freizeit

Handlungsfeld „Transport und Verkehr“

„Neben den vielgestaltigen technischen und ökonomischen Möglichkeiten, Bedingungen und Erscheinungen des Handlungsfeldes müssen gleichzeitig die teilweise beeinträchtigenden ökologischen Begleit- und Folgeerscheinungen wie Verkehrslärm, Emissionen und der vermehrte Bedarf an Verkehrs wegen aufgezeigt werden.“ (vgl. VDI 2004: 11)

Die senseBox kann als Unterstützung zur Vermittlung dieser Kenntnisse hinzugezogen werden, indem zum einen Verkehrszählungen mithilfe des Entfernungssensors durchgeführt und zum anderen Feinstaubwerte an Straßen, die unterschiedlich viel befahren werden, gemessen werden. Diese Daten eignen sich folglich für eine Überprüfung von Hypothesen, die zu den ökologischen Begleit- und Folgeerscheinungen seitens der Schüler:innen aufgestellt wurden.

Handlungsfeld „Information und Kommunikation“

„Dem Technikunterricht fällt die Aufgabe zu, dem Schüler die technische Realisierung der Generierung, der Verknüpfung, Übertragung, Speicherung und Vervielfältigung von Informationen und den Einsatz der Informationstechnik bei der Steuer- und Regeltechnik altersgemäß zu vermitteln.“ (vgl. VDI 2004: 15)

Die senseBox stellt ein Citizen Science Toolkit dar und dient daher als ein Beispiel für die weltweite Sammlung, Speicherung und Verarbeitung von Daten und Informationen. Während die senseBox für die Schüler:innen eine Möglichkeit der Datenbeschaffung darstellt, ermöglicht die openSenseMap (siehe Kapitel 1.3.2) den Austausch von Daten mit anderen forschenden Bürger:innen und Schüler:innen.

„Die Schüler können Systeme der Informations- und Kommunikationstechnik entwerfen, anwenden und warten, Fehler suchen, eingrenzen und beseitigen“ (VDI 2004: 15)

Da die Kommunikation häufig auf einer technischen Basis beruht und sie sowohl Licht- als auch Tonsignale umfasst, kann die senseBox unter anderem zum Bau eines Kommunikationssystems verwendet werden. Mit den enthaltenden LEDs können Lichtsignale nachgestellt werden, wie sie beispielsweise in der Schifffahrt verwendet werden oder Tonsignale, die an das Morsealphabet angelehnt sind. Unter Hinzunahme des Entfernungssensors ist es zudem möglich, Töne in Abhängigkeit vom Abstand zu einem Gegenstand abzuspielen. Dieses Prinzip ist den Schüler:innen häufig aus Einparkhilfen von Autos bekannt. Durch Technik unterstützte Kommunikation kann somit anwendungsbezogen getestet und von den Schüler:innen eigenständig durchgeführt werden.

Projektideen



Einparkhilfe mit Entfernungsmesser

- Hierbei lernen die Schüler:innen die Funktionsweise einer Einparkhilfe durch eigene Experimente kennen. Ihren Sensor können sie dann z.B. mit einem selbst entwickelten Modellauto kombinieren und testen.
- Eine Anleitung für den Aufbau und die Programmierung dieses Projekts findet sich unter: www.snsbx.de/p-einparkhilfe.



Füllstandssensor für Mülleimer



- Ziel dieses Projekts ist es, einen Füllstandssensor für Mülleimer zu bauen. Ganz im Sinne einer „Smart City“ kann so digital und von Weitem festgestellt werden, ob ein Mülleimer geleert werden muss. Dafür wird ein Entfernungssensor in einem passenden gebauten am Deckel eines Mülleimers platziert.
- Eine Anleitung für den Aufbau und die Programmierung dieses Projekts findet sich unter: www.snsbx.de/p-fuellstand.



Verkehrszähler

- Bei diesem Projekt können die Schüler:innen einen Verkehrszähler bauen, der über den Entfernungssensor zählt, wenn Autos vorbeifahren. Um den Zähler draußen an einer Straße einzusetzen, können sie passend dazu kreativ ein Gehäuse aus passenden Materialien entwerfen, z.B. durch 3D-Druck. Dabei können sie dann über ökologische Begleit- und Folgeerscheinungen von Technik reflektieren.
- Eine Placemat, mit der sich Schüler:innen selbstständig den Aufbau und die Programmierung des Projekts erschließen können, findet sich unter: www.snsbx.de/m-placemats-s2.



Feinstaub und Lärm im Verkehr messen

- Ähnlich oder zusätzlich zur Verkehrszählung können die Schüler:innen Feinstaub und Lärm im Verkehr messen. Dabei könnten sie zum Beispiel Messungen an einer Straße und einer Schiene vergleichen und kritisch die Folgen für Menschen und Umwelt reflektieren. Für einen erweiterten Umgang mit Informationstechnik und Daten kann auch die openSenseMap (siehe Kapitel 1.3.2) verwendet werden.
- Für dieses spezifische Projekt gibt es keine genaue Anleitung. Als Struktur kann die Placemat "Bau einer Umweltmessstation" verwendet und die Sensoren ausgetauscht werden. Die Placemat findet sich unter: www.snsbx.de/m-placemats-s2. Allgemeine Informationen und Lehrkonzepte zum Feinstaubsensor für andere Fächer finden sich im Arbeitsheft zum Air Quality Explorer Set unter: www.snsbx.de/m-airquality.
- Ein Schallpegelmesser für die senseBox, mit dem der Lärm gemessen werden könnte, ist aktuell in der Prototypen-Phase: <https://sensebox.kaufen/product/lautstarkesensor>.



3.4 Biologie

Die Kultusministerkonferenz hat 2004 Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss im Fach Biologie beschlossen, die 2024 das letzte Mal aktualisiert wurden. Darin werden die Sachkompetenz (S), Erkenntnisgewinnungskompetenz (E), Kommunikationskompetenz (K) und Bewertungskompetenz (B) operationalisiert (vgl. KMK 2024a: 7ff). Vor allem zur Stärkung der **Erkenntnisgewinnungskompetenz** scheint ein Einsatz der senseBox sinnvoll, indem sie handlungsorientiert den Prozess des wissenschaftlichen und erforschenden Arbeitens unterstützt (siehe unten).

Konkrete Kompetenzbereiche

- E 1: Arbeitstechniken anwenden
- E 2: Kriteriengeleitet beobachten, kriteriengestützt [sic!] vergleichen und ordnen
- E 3: Hypothesengeleitet experimentieren
- E 4: Erklärend und voraussagend modellieren
- K 2: Informationen aufbereiten (KMK 2024a: 9f)

Die senseBox kann im gesamten Prozess der Erkenntnisgewinnung unterstützen und stellt damit eine Ergänzung zu anderen Instrumenten wie dem Mikroskop dar. Die Schüler:innen müssen mit dem technischen Gerät sachgerecht umgehen und können damit Hypothesen (z.B. zur CO₂-Entwicklung in einem geschlossenen Gefäß mit Pflanze) selbstständig kriteriengeleitet überprüfen. Sie können (an außerschulischen Lernorten) experimentieren und die Daten aus den Beobachtungen mithilfe digitaler Tools wie die phyphox-App (siehe Kapitel 1.3.2), openSenseMap oder einem Tabellenkalkulationsprogramm wie Libre Office Calc aufbereiten und interpretieren.

Inhaltsbereiche

Mit Blick auf die verbindlichen Inhaltsaspekte kann die senseBox vor allem gut bei dem Thema “Fotosynthese” und dem Überthema “Lebewesen in ihrer Umwelt” (Klimawandel, Ökosysteme, ...) eingesetzt werden. Der Fokus liegt dabei auf abiotischen Faktoren wie Licht, Luftdruck und Feinstaub, die von der senseBox gemessen und ihre Auswirkungen auf Lebewesen erforscht und diskutiert werden können.

Projektideen



“Bioökonomie / Digital Farming”

- Das Projekt zielt darauf ab, verschiedene abiotische (unbelebte) Faktoren zu messen, die das Pflanzenwachstum beeinflussen, z.B. Bodenfeuchte und Licht. Bei der Überschreitung von Grenzwerten warnt die senseBox.
- Eine Anleitung für den Aufbau und die Programmierung dieses Projekts findet sich unter: www.snsbx.de/p-biooekonomie



CO2-Ampel: Luftqualität in Innenräumen messen



- Hier können die Schüler:innen selbst eine CO2-Ampel zu bauen. Diese können sie dann (in der Schulzeit) nutzen und somit ein optimales Lüftungsverhalten praktisch erlernen, was insbesondere bei hohem Infektionsrisiko eine wichtige Rolle spielt
- ein Lehrkonzept inklusive Arbeitsblättern findet sich auf Seite 26 im Air Quality Explorer Arbeitsheft unter: www.snsbx.de/m-airquality



Fotosynthese



- Bei diesem Projekt schließen Schüler:innen eine gesunde eingepflanzte Pflanze zusammen mit dem CO2-Sensor der senseBox in ein luftdichtes Gefäß ein. Durch Messen und Auswerten der CO2-Werte können sie Fotosynthese experimentell erlebbar machen.
- Ein Lehrkonzept inklusive Arbeitsblättern findet sich auf Seite 35 im Air Quality Explorer Arbeitsheft unter: www.snsbx.de/m-airquality



Projekte zur Bewässerung mit dem “Gardening Set”



- In der bald erscheinenden Erweiterung “Gardening Set” findet sich eine Wasserpumpe und ein Bodenfeuchte und -temperatursensor, mit denen sich verschiedene Projekte umsetzen lassen. Im passenden Arbeitsheft dazu, was wieder als OER kostenlos veröffentlicht werden wird, finden sich Projektideen für verschiedene Unterrichte.
- Das Arbeitsheft wird hier abzurufen sein: www.snsbx.de/material



3.5 Chemie & Physik

Wie für das Fach Biologie hat die Kultusministerkonferenz Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss im Fach Chemie und Physik beschlossen, die 2024 das letzte Mal aktualisiert wurden. Darin werden ebenfalls die Sachkompetenz (S), Erkenntnisgewinnungskompetenz (E), Kommunikationskompetenz (K) und Bewertungskompetenz (B) operationalisiert (vgl. KMK 2024b: 7 ff. & vgl. KMK 2024c: 7 ff.). Auch hier bietet sich ein Einsatz der senseBox vor allem zur Stärkung der **Erkenntnisgewinnungskompetenz** an, indem sie handlungsorientiert den Prozess des wissenschaftlichen und erforschenden Arbeitens unterstützt (siehe unten). Die senseBox kann zur Problemlösung vielfältiger Fragen in allen MINT-Fächern zum Einsatz kommen. Da sie als Messgerät unterschiedlicher Umweltphänomene dient, kann sie im Rahmen des Chemie- und Physikunterrichts beispielsweise verwendet werden, um (Wasser-)Temperaturen, Helligkeit oder den UVA-Anteil der UV-Strahlung zu messen. Hierbei muss die Messgenauigkeit der verschiedenen Sensoren berücksichtigt werden, die in der Dokumentation der Sensoren nachgelesen werden kann.

Relevante inhaltliche Aspekte

Bildungsstandards Chemie

- “Sicherheitsmaßnahmen beim Experimentieren”
- “Einfluss äußerer Bedingungen auf Aggregatzustände” (KMK 2024b: 15)

Bildungsstandards Physik

- “Energieformen: Bewegungsenergie, Lageenergie, elektrische Energie, thermische Energie, Strahlungsenergie”
- “physikalische Größen: elektrische Energie, elektrische Ladung, elektrische Leistung, elektrische Spannung, elektrische Stromstärke, elektrischer Widerstand”
- “physikalische Größen: Geschwindigkeit, Kraft, Masse, Ort, Strecke, Zeit”
- “Geschwindigkeit (quantitativ) und Geschwindigkeitsänderungen”
- “Licht und Wärmestrahlung: Grenzen der Wahrnehmung durch Lebewesen und Erfassung durch Sensoren”
- “Klimaphysik, insbesondere Strahlungshaushalt der Erde (Rückstrahlvermögen, mögliche Kippelemente, natürlicher und anthropogener Treibhauseffekt)” (KMK 2024c: 15)

Ein inhaltlicher Einsatz der senseBox im Fach **Chemie** ohne interdisziplinäre Komponente bietet sich nur bei wenigen Themen an. Ein konkretes Beispiel ist ein Experiment mit Aggregatzuständen, für das weiter unten bei den Projektideen eine konkrete Beschreibung verlinkt ist.

In **Physik** lässt sich die senseBox bei verschiedenen Themen einsetzen. So kann zum Beispiel das Breadboard der senseBox:edu für eine praktische Vermittlung von elektrischen Stromkreisen oder der eingebaute Beschleunigungssensor für weitere Experimente verwendet werden. Beim Thema Elektrizitätslehre werden Begriffe wie Strom, Spannung, Widerstand sowie Energie/Leistung klar unterschieden (z. B. „Die Lampe verbraucht Energie“, nicht „Strom“). Technische Daten für genauere Berechnungen und Interpretationen lassen sich in der Dokumentation der senseBox bei den jeweiligen Komponenten einsehen: <https://docs.sensebox.de/>

Konkrete Kompetenzbereiche

Bildungsstandards Chemie

- “E1: Erkenntnisse mithilfe von Experimenten gewinnen”
- “E3: Erkenntnisprozesse reflektieren” (KMK 2024b: 11)

Bildungsstandards Physik

- “S2: Verfahren und Experimente zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen”
- “E2: Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen”
- “E3: Ergebnisse interpretieren und Erkenntnisprozesse reflektieren” (KMK 2024c: 9f)

Die senseBox eignet sich gut für die Erkenntnisgewinnung durch Experimente, mitsamt Aufbau, Programmierung, Durchführung und Auswertung. Die Schüler:innen müssen mit dem technischen Gerät sachgerecht umgehen und können damit Hypothesen (z.B. zu Wurfbewegungen) selbstständig kriteriengeleitet überprüfen. Insbesondere im physikalischen Bereich eignet sich dabei besonders gut die phyphox-App (siehe Kapitel 1.3.2) zur Speicherung und Auswertung verschiedener Messdaten.

Projektideen



Analyse von **Wurfbewegungen** unter variablen Bedingungen

- Hier können die Schüler:innen mithilfe der phyphox-App und des Beschleunigungssensors der senseBox Wurfbewegungen analysieren. Dabei können physikalische Phänomene wie Kraft, Trägheit und Beschleunigung besser begreifbar gemacht werden.
- Eine Anleitung für den Aufbau und die Programmierung dieses Projekts findet sich unter: www.snsbx.de/p-wurfbewegung bzw. ab S. 16 unter www.snsbx.de/m-bluetoothbee



Gefrier- und Siedekurven für Wasser

- In diesem Projekt lernen Schüler:innen, Gefrier- und Siedekurven für Wasser zu erstellen und diese bezüglich der Übergänge der Aggregatzustände zu interpretieren. Die senseBox misst die Werte mit einem Wassertemperatursensor und sendet die Daten via Bluetooth an die phyphox-App, wo sie dann besser ausgewertet werden können.
- Eine Anleitung für den Aufbau und die Programmierung dieses Projekts findet sich ab S. 10 unter www.snsbx.de/m-bluetoothbee



Optimierung von **Lüftungsstrategien**

- Ziel des Projekts ist die Optimierung von Lüftungsstrategien über die eigenständige Messung der CO₂-Konzentration im Raum. Schüler:innen können verschiedene Strategien testen und ihre Auswirkungen anhand der gewonnenen Daten und theoretischer Kenntnisse bewerten.
- Eine Anleitung für den Aufbau und die Programmierung dieses Projekts findet sich unter www.snsbx.de/p-lueftung.





“QOOOL Sensing” - Quantensensorik

- QOOOL Sensing ist ein vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt gefördertes Projekt. Es fokussiert sich auf Quantensensorik in der digitalen Bildung. Ziel des Projekts ist ein NV-Magnetometer für die Bildung, das QOOOL Sensing Magneto heißen wird. Es gibt bereits einen funktionsfähigen Prototypen, der später erscheinen wird.
- Auf dem Weg dorthin wurde QOOOL Sensing Fluoro entwickelt. Fluoro ist kein Sensor, sondern ein Demonstrator zum Thema Fluoreszenz. *Fluoreszenz als die Anregung von Elektronen und deren Lichtemission dient dabei als didaktischer Anker für das spätere Messprinzip.* Ein Prototyp wurde erfolgreich getestet – darauf aufbauend wurde nun eine finale Version erstellt. Die Ansteuerung ist bereits in Blockly integriert, und Fluoro wird aktuell darauf vorbereitet, als zusätzlicher Baustein in das senseBox-Ökosystem aufgenommen zu werden.
- Ergänzende Projektanleitungen und Lehrkonzepte werden derzeit erprobt und schrittweise ergänzt. Sie sind, wie viele weitere Informationen zum Projekt, zu den Hintergründen und zum aktuellen Entwicklungsstand, auf der Website zu finden: <https://qooool-sensing.org/de>



3.6 Mathematik

Für das Fach Mathematik gibt es aktuell nur wenige Konzepte für den Einsatz der senseBox. Hier lohnt sich insbesondere ein **multidisziplinärer bzw. interdisziplinärer** Ansatz: In Mathematik können z.B. **Modellierungen** eines realen Problems erstellt werden, während in einem Fach wie Geographie dann reale Daten mit der senseBox gesammelt werden. In Mathematik können die gewonnenen **Daten** danach wiederum **mit passenden Tabellen, Diagramme und Graphen ausgewertet** werden. Statt die Schüler:innen mit vorgegebenen Daten arbeiten zu lassen, können sie so Daten und Themen verwenden, die sie eigenständig erhoben haben beziehungsweise sie direkt betreffen. Dadurch erscheinen ihnen die Zusammenhänge und die Sinnhaftigkeit der Aufgaben als verständlicher, was meist zu einer Steigerung der Motivation führt. Anschließend können sie die ausgewerteten Daten z.B. in Geographie wieder auf die reale Situation rückbeziehen und Erkenntnisse reflektieren.

Die Kultusministerkonferenz hat 2004 Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss im Fach Mathematik beschlossen, die 2022 das letzte Mal aktualisiert wurden. Darin werden prozessbezogene und inhaltsbezogene Kompetenzen unterschieden (vgl. KMK 2022: 7), aus denen im Folgenden Verbindungen zur senseBox hervorgehoben werden.

Prozessbezogene Kompetenzen

- “Mathematisch argumentieren
- Mathematisch kommunizieren
- **Probleme mathematisch lösen**
- **Mathematisch modellieren**
- Mathematisch darstellen
- Mit mathematischen Objekten umgehen
- **Mit Medien mathematisch arbeiten” (KMK 2022: 7)**

Die senseBox, die sich sehr gut für projektbasiertes Arbeiten eignet, könnte gut bei der Entwicklung der Kompetenz “Probleme mathematisch lösen” unterstützen. Schüler:innen können Problemstellungen mathematisch bearbeiten oder komplexe reale Situationen mathematisch modellieren, und diese anhand realer Daten der senseBox auf ihre Plausibilität überprüfen. So können sie Zusammenhänge herstellen und reflektieren (Aufgabenbereich II-III).

Zudem kann die senseBox ein guter Anlass zur mathematischen Nutzung von digitalen Medien sein, z.B. durch die Auswertung der erhobenen Daten mithilfe eines Tabellenkalkulations-programms.

Inhaltsbezogene Kompetenzen

- **“Zahl und Operation**
- **Größen und Messen**
- Leitidee Strukturen und funktionaler Zusammenhang
- Leitidee Raum und Form
- **Daten und Zufall” (KMK 2022: 7)**

Die senseBox kann dabei unterstützen, verschiedene mathematische Operationen zu verdeutlichen, indem diese in Algorithmen abgebildet werden. Zudem werden bei der Programmierung und den verschiedenen Sensoren zahlreiche Einheiten inklusive Zusammenhängen und Umrechnungen relevant.

Die wohl relevanteste inhaltliche Verknüpfung ist zur Leitidee Daten. Die Schüler:innen können systematisch Daten als statistische Erhebung sammeln, sie in Tabellen organisieren und mit digitalen Tools auswerten, Kenngrößen wie das arithmetische Mittel berechnen und interpretieren, und die Ergebnisse schließlich in geeigneter Form (z. B. Diagrammen) aufbereiten. Zudem könnten auch Zufallsexperimente mithilfe der senseBox und einer entsprechenden Programmierung durchgeführt werden.

Projektideen



Kopfrechentrainer

- Ziel dieses Projektes ist es, mithilfe der senseBox ein Gerät zu bauen, mit dem Schüler:innen ihre Fähigkeiten im Kopfrechnen trainieren können. Dabei werden auf dem Display beliebige Aufgaben (Addition, Subtraktion, Division & Multiplikation) vorgegeben und kurze Zeit später auch die passende Lösung dazu angezeigt.
- Eine Anleitung für den Aufbau und die Programmierung dieses Projekts findet sich unter: www.snsbx.de/p-kopfrechentrainer





Abstände für ein Metronom berechnen

- Bei diesem Projekt werden simple Mathematik und Musik kombiniert, indem ein Metronom entwickelt wird. Dafür müssen für jede Geschwindigkeit die entsprechenden Abstände berechnet werden.
- Eine Anleitung für den Aufbau und die Programmierung dieses Projekts findet sich unter: www.snsbx.de/p-metronom



"Von Wurzeln und Variablen" - Berechnete Bewässerung

- Dieses ausführlichere Lehrkonzept hat zum Ziel, anhand der Bodenfeuchte datenbasiert zu berechnen, wie viel Wasser eine Topfpflanze in einem bestimmten Moment benötigt. Die Berechnung kann anschließend mit der realen Pflanze getestet und reflektiert werden.
- Das Lehrkonzept erscheint bald in einem Arbeitsheft zum neuen "Gardening Set". Nach der Veröffentlichung wird das Arbeitsheft hier kostenlos abrufbar sein: www.snsbx.de/material





3.7 Projektwoche, Jugend forscht, AG, ...

Neben der Integration der senseBox in einzelne Unterrichtsstunden und -fächern empfiehlt es sich außerdem, fächerübergreifende Projektwochen und AGs durchzuführen, in denen die senseBox zum Einsatz kommt. Dabei kann es sich um Umweltwochen handeln, bei denen eine eigene Wetterstation für die Schule gebaut sowie aktuelle Daten zu den Umweltphänomenen an unterschiedlichen Standorten erfasst werden. Außerdem besteht die Möglichkeit, technisch interessierten Schüler:innen einen Einblick in die Welt des Physical Computings und Citizen Sciences zu gewähren und somit die neuen digitalen Möglichkeiten zu nutzen. Da ein Einsatz der senseBox mehrere Arbeitsvorgänge umfasst (Aufbau, Programmierung, Messung, Auswertung der Daten), wird in längeren Projekten den Schüler:innen die Möglichkeit geboten, sich mit dem Gebiet zu befassen, für das sie am meisten Interesse zeigen oder in dem eine Förderung aus Sicht der Lehrkraft sinnvoll wäre. Ein Beispiel eines ausführlicheren Projekts, das interdisziplinär umgesetzt werden könnte, ist das in Kapitel 2.4 beschriebene Projekt mit der "senseBox:bike".

Bei Bedarf unterstützt re:edu gerne bei der Umsetzung solcher Workshops, AGs, Projektwochen oder ähnlichem. Mit jahrelanger Erfahrung stellen wir gerne ein individuelles Angebot zusammen und übernehmen die Organisation und Leitung der Veranstaltungen. Die Hardware (senseBoxen) kann dabei in den meisten Fällen leihweise zur Verfügung gestellt werden, muss also nicht extra für einen Termin erworben werden. Weitere Informationen finden Sie unter: <https://reedu.de/workshops>

④ Erste / Nächste Schritte

Möchtet ihr die senseBox in eurer Schule oder Bildungseinrichtung nutzen?

Ja

Nein

Vielleicht

Möchtet ihr die senseBox eigenständig kaufen und nutzen?

Ja

Nein

Gerne bieten wir Workshops an, bei denen die senseBox mitgebracht wird und ausprobiert werden kann:
<https://reedu.de/workshops>

Ja

Hier könnt ihr die senseBox und passende Sensoren erwerben: <https://sensebox.kaufen/>.

Ihr wollt euch die Handhabung der senseBox eigenständig beibringen?

Ja

Hier findet sich eine Schritt-für-Schritt-Anleitung zum Loslegen:
<https://sensebox.de/go>

Ihr möchtet die Inhalte vertiefen?

Nein

Die Dokumentation, Lehrkonzepte und Projektbeschreibungen sind alle auf unserer Website offen zugänglich:
<https://sensebox.de>

Ihr habt offene Fragen?

Nein

Viel Spaß beim Einsatz der senseBox im Unterricht!

5 Quellenverzeichnis

Brinda, Torsten; Brüggen, Niels; Diethelm, Ira; Knaus, Thomas; Kommer, Sven; Kopf, Christine; Missomelius, Petra; Leschke, Rainer; Tilemann, Friederike; Weich, Andreas (2020): *Frankfurt-Dreieck zur Bildung in der digital vernetzten Welt. Ein interdisziplinäres Modell* - In: Knaus, Thomas [Hrsg.]; Merz, Olga [Hrsg.]: *Schnittstellen und Interfaces. Digitaler Wandel in Bildungseinrichtungen*. München: kopaed 2020, S. 157-167. DOI: 10.25656/01:22117

DGfG - Deutsche Gesellschaft für Geographie e.V. (2020): *Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss*. <https://geographiedidaktik.org/download/bildungsstandards-fuer-das-fach-geographie-fuer-den-mittleren-schulabschluss-mit-aufgabenbeispielen-10-aulage-2020/?wpdmdl=815&refresh=66ccbb81907ee1724693377>

GI - Gesellschaft für Informatik e.V. (2016): *Dagstuhl-Erklärung: Bildung in der digitalen vernetzten Welt*. <https://dagstuhl.gi.de/dagstuhl-erklaerung> (Zugriff: 13.08.2025)

GI - Gesellschaft für Informatik e. V. (2025): *Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I – Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e.V.*, doi: 10.18420/rec2025_052

KMK - Kultusministerkonferenz (2022). *Bildungsstandards für das Fach Mathematik Erster Schulabschluss (ESA) und Mittlerer Schulabschluss (MSA)*. (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 15.10.2004 und vom 04.12.2003, i.d.F. vom 23.06.2022). https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2022/2022_06_23-Bista-ESA-MSA-Mathe.pdf

KMK - Kultusministerkonferenz (2021). *Lehren und Lernen in der digitalen Welt*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf

KMK - Kultusministerkonferenz (2016). *Strategie Bildung in der digitalen Welt*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2016/2016_12_08-Bildung-in-der-digitalen-Welt.pdf

KMK - Kultusministerkonferenz (2024a). *Weiterentwickelte Bildungsstandards in den Naturwissenschaften für das Fach Biologie (MSA)*. (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004, i.d.F. vom 13.06.2024). https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2024/2024_06_13-WeBiS_Biologie_MSA.pdf

KMK - Kultusministerkonferenz (2024b). *Weiterentwickelte Bildungsstandards in den Naturwissenschaften für das Fach Chemie (MSA)*. (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004, i.d.F. vom 13.06.2024). https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2024/2024_06_13-WeBiS_Chemie_MSA.pdf

KMK - Kultusministerkonferenz (2024c). *Weiterentwickelte Bildungsstandards in den Naturwissenschaften für das Fach Physik (MSA)*. (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004, i.d.F. vom 13.06.2024). https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2024/2024_06_13-WeBiS_Physik_MSA.pdf

Leibniz-Gemeinschaft (2024): *Citizen Science*, [online] <https://www.leibniz-gemeinschaft.de/forschung/citizen-science> (Zugriff: 13.08.2025).

Rieckmann, Marco (2021): *Bildung für nachhaltige Entwicklung: Ziele, didaktische Prinzipien und Methoden*. merz | medien + erziehung, 65(4), 12-19. <https://doi.org/10.21240/merz/2021.4.7>

Roffler, Ursina (2024, 25. Juli). A success story: With over 150,000 contributions, citizen scientists help protecting wild rivers. <https://www.citizenscience.uzh.ch/en/news/blog/wildriver.html>

VDI - Verein Deutscher Ingenieure e.V. (2004). *Bildungsstandards im Fach Technik für den mittleren Schulabschluss*. Düsseldorf. <https://www.sn.schule.de/~nw/tc/files/bildungsstandards-technik>

Weich, Andreas (2019). *Das „Frankfurt-Dreieck“. Ein interdisziplinäres Modell zu Bildung und Digitalisierung*. doi: 10.21243/mi-02-19-05

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-guide



Vielen Dank!