

# Die senseBox Instruction Placemat zur Förderung einer lernendenzentrierten Vermittlung von Physical Computing

Özkaya, I. T.; Witte, V.; Bartoschek, T.; Pesch, M.  
Universität Münster

DOI: 10.18420/ibis-02-01-05

## Zusammenfassung

Die wachsenden Anforderungen der sich stetig verändernden Welt verstärken den Ruf nach der Förderung logischer und algorithmischer Denkweisen im Bildungssektor. Die senseBox – ein Toolkit zum Bau und zur Programmierung einer Messstation – stellt eine Möglichkeit dar, um dieser Herausforderung zu begegnen. Beim Einsatz der senseBox im MINT-Unterricht kann Physical Computing auf unterschiedliche Weise vermittelt werden. Eine neuartige und in diesem Paper fokussierte Methode ist die Instruction Placemat. In einer ersten Pilotierung, die mithilfe qualitativer Beobachtungen und einer quantitativen Erhebung mit  $n = 53$  Schüler:innen evaluiert wurde, konnte der Vorteil der Placemat gegenüber einem vortragsgeleiteten Unterricht gezeigt werden.

## Einleitung

Die Veränderungen des 21. Jahrhunderts lassen sich in zahlreichen Bereichen des Alltags sowie in einer sich verändernden Berufslandschaft wiederfinden und werden vor allem durch die Prozesse der Ökonomisierung, Globalisierung und Digitalisierung gestärkt (Hofmann/ Schaegner, 2020). Letztere nimmt durch die Möglichkeiten der Automatisierung und künstlichen Intelligenz insbesondere Einfluss auf einen abnehmenden Wert des Faktenwissens und einer zunehmenden Bedeutung der Wissensanwendung zugunsten komplexer Problemstellungen (Fadel et al. 2017). Die Informatik stellt dabei einen Bereich dar, dessen frühzeitige Förderung bedingt durch die genannten Entwicklungen an Bedeutung gewinnt. Im Schuljahr 2022/ 2023 besuchten allerdings nur 24 Prozent der Schüler:innen der Sekundarstufe 1 einen verpflichtenden Informatikunterricht (Hellmig et al. 2023). Daher kann ein transdisziplinärer Ansatz, der die informatische Grundbildung in andere Fächer integriert und mit ihren Themenschwerpunkten kombiniert, eine Möglichkeit darstellen, um die Lernenden dennoch mit den notwendigen Kompetenzen des 21. Jahrhunderts auszustatten. Diesen Grundgedanken verfolgt die senseBox:edu: Ein Citizen Science Do-It-Yourself-Toolkit (DIY-Toolkit), mit dem Schüler:innen selbstständig im Bereich des Physical Computing forschen können (Bartoschek et al. 2018). Die

Implementierung in den Unterricht eröffnet die Möglichkeit, neue grundlegende Fähigkeiten und Fertigkeiten des 21. Jahrhunderts, wie z. B. das Programmieren, handlungsorientiert zu vermitteln und mit dem Themenbereich der Umweltbildung zu verknüpfen. Trotz des hohen Potenzials kann die Einarbeitung in das senseBox-Ökosystem (bestehend aus Hardware, Programmierumgebung und Datenplattform) für Lehrende sehr erklärungsintensiv sein. Schüler:innen müssen einige Aspekte beim ersten Zusammenbau und bei der Programmierung beachten, wodurch ein hoher Betreuungsaufwand für die Lehrkraft Zustandekommen kann. In diesem Paper wird dargestellt, inwiefern eine Instruction Placemat in Form und Funktion einer Tischunterlage dazu beitragen kann, den genannten Vermittlungsprozess zu vereinfachen. Bei der Placemat handelt es sich um ein didaktisches und vor allem in der Forschung selten berücksichtigtes Tool, das die Lernenden bei einem möglichst individuellen und eigenständigen Lernprozess unterstützen soll. Das Hauptziel der Untersuchung stellt die Evaluation der senseBox Instruction Placemat hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile gegenüber vortragsgeleitetem Unterricht dar. Damit sollen Potenziale zur Optimierung von Lernszenarien mit der senseBox eruiert werden. Im Folgenden werden somit die theoretischen Erkenntnisse zu Physical Computing sowie zur Instruction Placemat aufgezeigt, sodass beide Themenbereiche bei der Entwicklung der senseBox Placemat sowie ihrer Evaluation berücksichtigt werden können.

## Theoretische Grundlagen

### Physical Computing

Mit Blick auf die Herausforderung der transdisziplinären Verankerung informatischer Grundkenntnisse im Kontext der Schule, stellt Physical Computing eine Möglichkeit dar, dieser mit theoretischen und praktischen Herangehensweisen zu begegnen. Unter Physical Computing wird ein Prozess verstanden, bei dem Lernende ihre eigene Projektidee prototypisch verwirklichen und bauen, mit Sensorik arbeiten sowie den Programmcode zusammenstellen. Dadurch schaffen sie konkrete, greifbare Produkte aus der realen Welt, die ihrer eigenen Vorstellung entspringen (Grillenberger 2023). Dennoch wird in den deutschen Bildungsstandards der Sekundarstufe 1 das Wort Physical Computing nicht erwähnt. Auch Wörter wie 'Sensorik' oder 'Mikrocontroller' finden keine Berücksichtigung (Gesellschaft für Informatik 2008). Dieser Erkenntnis lässt sich die Situation in der Schweiz gegenüberstellen, da der dortige Lehrplan bereits 2016 „explizit den Einsatz von Sensoren, Aktoren und Robotern im Unterricht empfiehlt, um Informatik greifbar und weniger abstrakt zu machen“ (übersetzt aus Grillenberger 2023, S. 226; D-EDK 2016). Genau diese Praxis ist notwendig, denn der beim Physical Computing am häufigsten beobachtete Prozess ist das „Tüfteln“. Dies trägt beim Experimentieren mit Materialien insbesondere zum Erkenntnisgewinn und zur Problemlösefähigkeit bei (Doorley 2012). Charakteristisch für das Physical Computing ist unter anderem auch die Einnahme einer neuen Rolle. Lernende werden beim Entwerfen und Realisieren ihrer Projekte, selbst wenn sie angeleitet werden, zu Erfinder:innen, was wiederum

nach Grillenberger (2023) zur Kreativität, zum Wissenserwerb und zum kreativen Lernen beitragen kann (ebd.). Dieser Lernprozess kann mit Materialien, wie Instruction Placemats, unterstützt werden.

## Die Instruction Placemat

Die Arbeit mit Instruction Placemats findet in aktuellen wissenschaftlichen Untersuchungen wenig Berücksichtigung, jedoch ist diese Methode sprachlich paronym zur Placemat-Methode. Daher muss hier zunächst eine deutliche Abgrenzung erfolgen: Während die Placemat-Methode eher eine kooperative Arbeitsform darstellt, in der ein Austausch von Informationen zwischen den Schüler:innen stattfindet, ist die Instruction Placemat eine Informationsquelle sowie Scaffoldingmaßnahme in Form und Funktion einer beidseitig bedruckten (somit wendbaren) Tischunterlage, die das selbständige Lernen unterstützen soll (Beaugrand et al. 2017; Willner-Giwerc et al. 2021).

Willner-Giwerc et al. (2021) entwickelten bereits eine eigene Instruction-Placemat und analysierten in einer empirischen Studie den Einfluss der Placemat beim Arbeiten mit LEGO®-Robotik-Bausätzen. In der Studie wurde ein Vergleich des Arbeitsverhaltens der Schüler:innen zu verschiedenen Robotikaufgaben mit und ohne Instruction Placemat durchgeführt (ebd.). Die Studie basiert auf Videobeobachtungen und zeigt, dass Lernende mit Hilfe der Placemat eine höhere Lösungsvielfalt aufweisen. Die Gruppe, der keine Instruction Placemat zur Verfügung gestellt wurde, wies diese Lösungsvielfalt nur in einem geringeren Maße auf (ebd.). Laut der Cognitive Flexibility Theory hat eine zunehmende Variation in den Lösungen einen positiven Einfluss auf das Lernen (Cheng/ Koszalka 2016). Indem die Lernenden unterschiedliche Lösungswege kennenlernen und angehen, bauen sie sich ein methodisches Repertoire auf, mit dem sie in der Lage sind, Inhalte aus verschiedenen Perspektiven zu betrachten und zu erforschen. Das hierdurch geschaffene „flexible thinking“ trägt zur kognitiven Auseinandersetzung mit dem Unterrichtsgegenstand bei und ermöglicht ein tiefergehendes Lernen (ebd.).

Neben den Disparitäten hinsichtlich der Lösungen, konnte Willner-Giwerc et al. (2021) ebenfalls zeigen, dass die Instruction Placemat zur Differenzierung beiträgt. Leistungsschwächere Schüler:innen nutzten Hilfestellungen und Tipps, die auf der Instruction Placemat zur Verfügung gestellt wurden. Leistungsstärkeren Schüler:innen stand wiederum das Angebot zur Verfügung, gänzlich auf die Instruction Placemat zu verzichten oder nur wenige Hilfestellungen zu nutzen. Die Differenzierung wurde unter anderem dadurch ermöglicht, dass auf der Rückseite weitere Impulse und Tipps zu finden waren. Willner-Giwerc et al. (2021) gaben keine Arbeits- und Programmierschritte vor. Stattdessen bauten sie Impulsfragen in die Instruction Placemats ein, die die Schüler:innen in eine bestimmte Richtung lenken sollten. Des Weiteren enthielt die Instruction Placemat unscharfe Abbildungen, sodass die Lernenden die Bauanleitung lediglich als Orientierung ansahen. Dies hat den Vorteil, dass der Arbeitsauftrag geöffnet wird und die Lernenden zum entdeckenden Lernen animiert werden, wodurch sie wiederum „selbständig, explorativ und aktiv den Problemlöseprozess“ (Rinschede/ Siegmund 2020, S. 219) bewältigen. Die durch die Instruction Placemat ermöglichte Form des Lernens beruht auf der Lerntheorie

des Konstruktivismus und trägt somit auch zum autonomen und aktiven Lernen bei (Reinmann 2013).

Besonders häufig griffen die Schüler:innen bei der Programmierung der Robotik-Bausätze auf die Instruction Placemat zurück (Willner-Giwerc et al. 2021). Dennoch kam es vor, dass die Lehrkraft bei Fragen angesprochen wurde. In dieser Hinsicht wies die Instruction Placemat einen Vorteil auf, da die Lehrkraft direkt auf entsprechende Bereiche der Placemat zeigen konnte, die diese Frage hätten beantworten können (ebd.). Somit erfolgt einerseits eine Verringerung des Redeanteils und andererseits ermöglicht dies eine Entlastung der Lehrkraft (ebd.). Trotz der Erfolge von Willner-Giwerc et al. (2021) stellt Grillenberger (2023) fest, dass das Physical Computing in der Schule auf kleine, stark angeleitete Aktivitäten begrenzt ist. Hierbei greifen einige der Lehrkräfte auf die darbietende Aktionsform zurück (Siegmond/ Rinschede 2020). Die Lehrkraft hält den Schüler:innen folglich einen Vortrag und macht den Arbeitsauftrag anschließend exemplarisch vor (ebd.). Die Lehrkraft fungiert somit als Informationsquelle des Unterrichts, während die Lernenden das Ziel verfolgen, den Erklärungen der Lehrkraft zu folgen. Durch diese Abhängigkeit erfolgt jedoch ein rezeptiver Lernvorgang, der selbständiges und erforschendes Lernen nur begrenzt oder gar nicht zulässt (ebd.). Ein weiteres potenzielles Risiko ist das variable Lerntempo und Niveau der Lernenden sowie zunehmende Konzentrationschwierigkeiten, auf welche die Lehrkraft Rücksicht nehmen muss. Die genannten Faktoren sprechen in ihrer Gesamtheit für einen Einsatz von Instruction Placemats bei Aktivitäten im Rahmen des Physical Computing.

## Entwicklung der senseBox Instruction Placemat

### Grundlage: Das senseBox-Ökosystem

Wie vorab beschrieben, ermöglicht Physical Computing eine transdisziplinäre Vermittlung von zukunftsweisenden Kompetenzen, wie Kreativität und algorithmisches Denken. Ein Tool, das aufgrund der Kombination aus haptischer und digitaler Handhabung ebenfalls zur Teildisziplin des Physical Computing zählt und die genannten Kompetenzen anspricht, ist die senseBox. Das senseBox-Ökosystem gliedert sich in drei grundlegende Bereiche: Die Hardware bildet einen Bausatz bestehend aus einem Arduino kompatiblen Mikrocontroller, verschiedenen Sensoren (z.B. Temperatur, Luftfeuchtigkeit, CO<sub>2</sub>), Datenübertragungsmodulen (WiFi, LoRa, Bluetooth, Ethernet) und weiterem Zubehör (siehe Abb. 1).

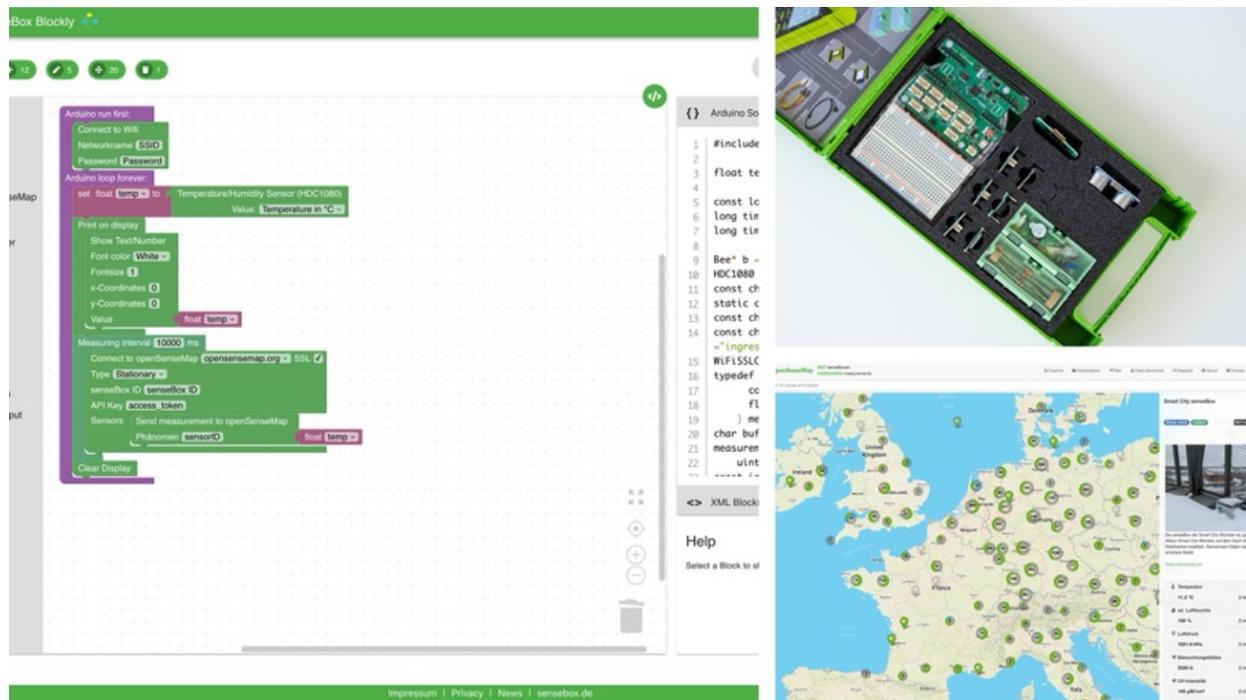


Abbildung 1: Das senseBox-Ökosystem: Blockly für senseBox, senseBox:edu, openSenseMap

Mithilfe eines einfachen Stecksystems können individuelle Messgeräte gebaut werden, beispielsweise eine kleine Wetterstation oder eine CO<sub>2</sub>-Ampel. Im nächsten Schritt werden die Messgeräte programmiert. Dafür steht die webbasierte, grafische Oberfläche ‚Blockly für senseBox‘ zur Verfügung ([blockly.sensebox.de](http://blockly.sensebox.de)). Sie ermöglicht einen unkomplizierten Einstieg in die Welt der Programmierung, da die Blöcke wie Puzzleteile per Drag-and-drop zu einem Programmcode zusammengefügt werden können. Vorgefertigte Schablonen, ähnlich zum Prinzip von Linn (1985), reduzieren dabei die Komplexität logischer Verknüpfungen und Operationen und vermeiden Syntaxfehler. Ein integrierter Code Editor ermöglicht zudem textbasierte Programmierung und Anpassung des Codes der Blöcke für Fortgeschrittene. Der programmierte Bausatz kann nun mithilfe der angeschlossenen Sensorik (Umwelt-)daten erheben und diese mithilfe der verfügbaren SD-, WiFi- oder Bluetooth-Bees speichern oder versenden. Zur Sammlung der erhobenen Daten steht die IoT-Umweltdatenplattform openSenseMap zur Verfügung ([openSenseMap.org](http://openSenseMap.org)). Im Sinne des Citizen Science Ansatzes können Lernende auf die offene Datenplattform zugreifen, selbst Daten erheben und hochladen, sowie mit vorhandenen Daten arbeiten oder sich bestehende Datensätze herunterladen. Insbesondere in Zeiten von Big Data und mit Blick auf die Förderung der Datenkompetenz von Lernenden, stellt diese Software eine bedeutende Ergänzung des senseBox-Ökosystems dar (Pfeil et al. 2015).

Neben den genannten Aspekten der Konzeption und Programmierung der Hardware, wird der Schwerpunkt beim Arbeiten mit der senseBox zudem auf die Projektplanung und -durchführung gelegt. Indem Lernende ihre Projekte eigenständig planen, bauen und programmieren, schaffen sie konkrete, greifbare Produkte aus der realen Welt, die ihrer eigenen Vorstellung

entspringen. Beim Physical Computing mit der senseBox gelingt es somit, neben der Vermittlung informatischer Fähigkeiten unter anderem auch die Struktur des Lernens und des Unterrichts zu verändern. Um darauf reagieren zu können, sind geeignete Lehr- und Lernmaterialien notwendig. Zur senseBox existieren bereits zahlreiche Anleitungen und Projektbeispiele als Open Educational Resources oder auch als integrierte Tutorials in die Programmieroberfläche<sup>1</sup>, jedoch bedarf es bei ihrer Nutzung im Unterrichtsgeschehen teilweise einer intensiven Betreuung durch die Lehrperson. Neue Entwicklungen weisen jedoch auf eine Instruction Placemat als Alternative zugunsten eines autonomen Lernprozesses der Lernenden und somit einer Unterstützung der Lehrkraft bei der Arbeit mit digitalen Medien hin (Willner-Giwerc et al. 2021).

### Die senseBox Instruction Placemat

Neben der Studie von Willner-Giwerc et al. (2021) finden sich in der englisch- und deutschsprachigen Literatur nahezu keine vergleichbaren Ansätze zum Thema 'Instruction Placemats'. Trotz dieser Forschungslücke bietet es sich aufgrund der vielversprechenden Ergebnisse und der Notwendigkeit zur zeitgemäßen Gestaltung des Unterrichts an, eine eigene Instruction Placemat mit Bezug zur senseBox zu entwickeln und zu evaluieren.

Der Grundgedanke der senseBox Instruction Placemat (SIP) basiert auf dem Konstruktivismus und dient den Schüler:innen als Unterstützungsangebot beim eigenständigen Zusammenbau und der Programmierung der senseBox. Die SIP besitzt eine Vorder- und Rückseite (siehe Abb. 2 & 3). Auf der Vorderseite der SIP ist die Aufgabenstellung, Bau- und Programmieranleitung sowie ein Bereich zum Testen zu finden. Jede SIP besitzt eine eigene Aufgabenstellung und bezieht sich dementsprechend auf ein Projekt. Die SIP wurde exemplarisch für den Zusammenbau und die Programmierung einer Umweltmessstation entwickelt, was insbesondere für den Einstieg ein niedrigschwelliges Projekt darstellt. Instruction Placemats zu anderen senseBox-Projekten verfolgen einen ähnlichen Aufbau und unterscheiden sich lediglich in den einzelnen Schritten und Hinweise zur Programmierung. In der Mitte der SIP befindet sich die Bauanleitung der Hardware mit entsprechenden Platzhaltern (grafische Repräsentationen der senseBox Bauteile), sodass die Lernenden ohne Vorerfahrung eigenständig die Hardware auf der SIP ablegen können und gemäß Abbildung die Sensorik an den Mikrocontroller anschließen können. Um ein Hin- und Herblättern zwischen der Vorder- und Rückseite zu vermeiden, befinden sich die Bauanleitung und Platzhalter sowohl auf der Vorder- als auch auf der Rückseite der Placemat (siehe Abb. 2).

Oben links auf der SIP ist die Programmieranleitung gegeben, die sich entlang des (im westlichen Kulturkreis gegebenen) Leseflusses von links nach rechts auf der Fläche fortsetzt. Sie besteht aus einzelnen Schritten, die neben schriftlichen Erklärungen und Hinweisen unter anderem auch graphische Abbildungen, z. B. von Codeblöcken, zur Unterstützung enthält. Jeder Schritt stellt einen Programmiergedanken dar, wie z. B. das Initialisieren eines Displays, das Messen eines Sensorwertes oder das Einstellen einer Variable. Die Schritte der Anleitung

---

<sup>1</sup> OER: <https://sensebox.de/de/material>; Tutorials: <https://blockly.sensebox.de/tutorial>

orientieren sich somit am Prinzip der Elementarisierung: Eine Reduktion der Komplexität erfolgt durch Weglassen von zusätzlichem, überforderndem Material und das Einhalten einer einfachen, verständlichen Sprache (Kretschmner/ Stary 1998). Die Anleitung zeigt den Lernenden, welche Befehle sie für ihren Programmcode benötigen, jedoch wird ihnen nicht vorgegeben, wo sie diese Befehle in der Weboberfläche von Blockly für die senseBox finden können. Dadurch wird bezweckt, dass die Schüler:innen selbstständig die einzelnen Rubriken der Programmieroberfläche erforschen und kennenlernen. Um eine Differenzierung des Lernprozesses herzustellen, enthält jede SIP eine Rückseite. Zum einen sind hier Hilfestellungen, zum anderen aber auch zusätzliche Aufgaben zu finden. Diese Scaffoldingmaßnahmen sind nur dann zu sehen, wenn sich die Lernenden bewusst dazu entscheiden, die SIP umzudrehen und die Hilfestellungen in Anspruch zu nehmen. (Willner-Giwerc et al. 2021; Belland 2013). Zusätzlich wird hiermit die Lehrkraft entlastet, die bei Fragen auf die Tipps hinweisen und die Lernenden bei der Ausprägung ihrer Problemlösekompetenz unterstützen kann.

Neben den genannten Ähnlichkeiten zur Robotik Instruction Placemat, weist die SIP auch deutliche Disparitäten und Neuerungen auf. So enthält letztere auf der vorderen rechten Seite Informationen zu den Sensoren. Die Informationen beziehen sich unter anderem auf die Funktionsweise und den Messbereich der Sensoren. Hiermit erhalten die Schüler:innen einen Einblick in die Hardware der senseBox und ihre Funktionsweise. Eine weitere Ergänzung ist die Zusatzaufgabe, die sich an besonders gute und schnelle Schüler:innen richtet. Diese Aufgabe ist auf der Rückseite zu finden und bietet den Lernenden die Möglichkeit, ihr bereits programmiertes Projekt zu erweitern und zu verbessern. Als Inspiration dient ihnen ein vorgeschlagener Programmcode, der ebenfalls auf der Rückseite platziert ist. Auf Grundlage dessen können alle Schüler:innen in ihrem persönlichen Tempo mit der senseBox arbeiten (Rinschede/ Siegmund 2020).

Die SIP weist jedoch nicht nur unterstützende, sondern auch interaktive Merkmale auf. Dies wird beispielsweise durch den Bereich 'Testen', der auf der Vorderseite der Instruction Placemat zu finden ist, erzielt. Hier sollen Lernende ihr zusammengebautes und programmiertes Projekt direkt ausprobieren. Dazu wird ihnen bei der Umweltmessstation eine Tabelle zur Verfügung gestellt, sodass die SIP neben ihrer Funktion als Informationsquelle und Unterstützungsmöglichkeit ebenfalls eine Arbeitsoberfläche bietet. Durch die Kombination aus Aufgabenstellungen, Informationen sowie Aufbau- und Programmieranleitungen werden alle Informationen gebündelt dargestellt und es ist neben der SIP kein zusätzliches Medium notwendig.



### Schritt 1:

1. Zum Programmieren: [blockly.sensebox.de](https://blockly.sensebox.de)

2. Im „Setup“ werden unsere Grundvoraussetzungen eingestellt.



3. Das Display muss vom Mikrocontroller erkannt werden. Es muss im Setup initialisiert werden! Verbinde den „Display initialisieren“-Block mit dem lilä „Setup“-Block.



### Aufgabe 1

**Erhebe die Luftqualität mit der senseBox.**

a) Verbinde das OLED Display und die Sensoren mit dem Mikrocontroller.  
b) Erstelle ein Programm, sodass die Messwerte des Temperatur- und CO<sub>2</sub>-Sensors auf dem Display angezeigt werden.

### Zeit zum Testen!

1. Dokumentiere über einen Zeitraum von 10 Minuten die CO<sub>2</sub>-Konzentration.

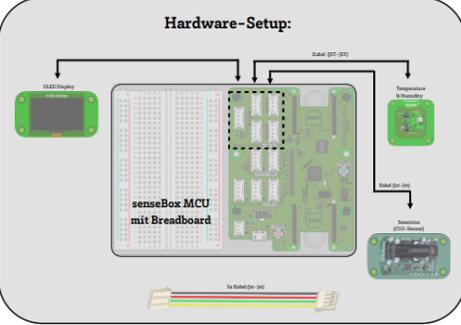
Uhrzeit	Temperatur	CO <sub>2</sub> -Konzentration

2. Vergleiche die CO<sub>2</sub>-Konzentration zwischen Klassenraum und Außenluft. Bringe dazu den Sensor in Nähe des Fensters.

3. Erweitere dein Hardware-Setup und deinen Programmcode um weitere Messwerte, z. B. Luftfeuchtigkeit.

Uhrzeit		

### Hardware-Setup:



### Schritt 2:

1. Etwas soll auf dem Display angezeigt werden! Verbinde den „Zeige auf dem Display“-Block mit der Endlosschleife.



2. Was soll angezeigt werden? Messwerte!



### Schritt 3:

Die Sensoren sollen ihre Messwerte übertragen. Suche dazu die richtigen Messwerte aus und verbinde sie mit dem Hauptblock. Teste anschließend den Programmcode.



### Info: CO<sub>2</sub>-Sensor

Der CO<sub>2</sub>-Sensor besitzt einen Messbereich zwischen 400-10 000 ppm. Der CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Luft wird in parts per million (Anzahl der Teile pro Million Teile = ppm) angegeben. Die Genauigkeit beträgt ± 30 ppm (+ 3%).

Abbildung 2a: Vorderseite der senseBox Instruction Placemat



### Tipp:

Es gibt zwei verschiedene Optionen für die Programmierung.

**Option 1:**



**Option 2:**



Achtung: Die x- und y- Koordinate muss sich je Messwert unterscheiden, sonst liegen die beiden Messwerte aufeinander. Das Display hat eine Auflösung von 128x64 Pixeln. Das heißt 128 Pixel in horizontaler Richtung (x-Achse, Breite) und 64 Pixel in vertikaler Richtung (y-Achse, Höhe)

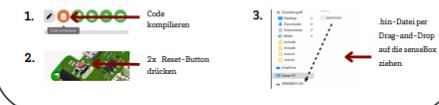


### Übertragung des Codes

1. Code kompilieren

2. 2x Reset-Button drücken

3. Bin-Datei per Drag-and-Drop auf die senseBox ziehen

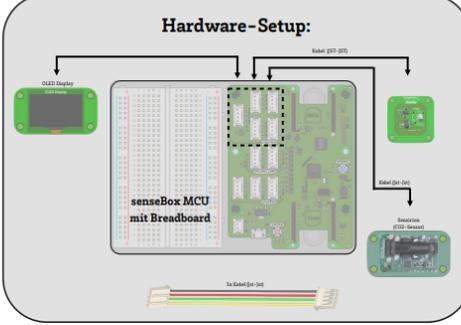


### Für Profis:

Baue und programmiere eine CO<sub>2</sub>-Ampel.

Stelle die RGB-LED so ein, dass sie rot leuchtet, wenn die CO<sub>2</sub>-Konzentration mehr als 2000 ppm entspricht (siehe Anleitung: RGB-LED).

### Hardware-Setup:



### Fehlerbehebung:

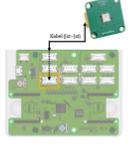
- Kontrolliere, ob du den Mikrocontroller zurückgesetzt hast (2x Reset drücken).
- Stecken deine Kabel exakt wie in den Abbildungen?
- Sind deine Befehlsblöcke wirklich wie kleine „Puzzlesteine“ verbunden?
- Unterscheiden sich x- und y-Koordinate (siehe Tipp 1)?
- Hast du alle Blöcke gelöscht, die nicht mit deinem Hauptblock verbunden sind?

Noch Probleme? Wende dich an eine Lehrperson!

### Anschluss und Programmierung: RGB-LED

Schließe die RGB-LED mit einem JST-JST Kabel an einen der Digital/ Analog-Ports an. Achte darauf, den Anschluss 'Input' der RGB-LED zu verwenden.

Berücksichtige den gewählten Port zudem in deinem Programmcode.



**Hinweis:** Die Zahlen findest du in der Kategorie „Mathematik“. Die Farben findest du in der Kategorie „LED“



Abbildung 2b: Rückseite der senseBox Instruction Placemat

# Evaluation der senseBox Instruction Placemat

## Konzept & Vorgehen

Um den Einsatz der entwickelten SIP in der Schulpraxis zu evaluieren, wurde ein Vergleich zwischen Unterricht mit Instruction Placemat und Unterricht mit darbietender Aktionsform hergestellt. Die Stichprobe bilden  $n = 53$  Schüler:innen der neunten und zehnten Jahrgangsstufe einer Real- und Sekundarschule. Die Schüler:innen durchlaufen ein Tutorial, welches die Grundkenntnisse (z.B. Übertragung des Programmcodes) der senseBox vermittelt. Anschließend folgen zwei Einheiten, in denen die Lernenden zum einen eine Umweltmessstation und zum anderen einen Verkehrszähler mit der senseBox zusammenbauen und programmieren. Dabei unterscheidet sich der didaktische Rahmen bei den beiden Projekten und zielt auf den Vergleich des Unterrichts zwischen mit und ohne Instruction Placemat ab. Die Unterschiede werden in einer teilstrukturierten Beobachtung konstatiert, die von zwei unabhängigen Personen durchgeführt werden. In einer anschließenden qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring und Fenzl (2014) werden schließlich die Unterschiede zwischen den beiden Unterrichtsformen herausgearbeitet. Neben einer Beobachtung erfolgt zudem auch ein quantitatives Vorgehen mittels eines Fragebogens. Den Fragebogen erhalten die Teilnehmenden am Ende der dreistündigen Evaluation. Durch die Befragung kann ergänzend zur Beobachtung ein Einblick in die Motivation, das Verständnis und die Selbstwirksamkeit der Lernenden zu den zwei unterschiedlichen Szenarien gewonnen werden.

## Ergebnisse und Diskussion

Im Allgemeinen konnten deutliche Disparitäten zwischen dem Unterricht mit und ohne Placemat sowohl qualitativ als auch quantitativ konstatiert werden. Diese Disparitäten zeigten sich einerseits im Arbeitsverhalten, der Selbstwirksamkeit, Motivation sowie der verbalen Kommunikation der Lernenden und andererseits im Redeanteil und Arbeitspensum der Lehrkraft. In einigen Fällen wirkten sich diese Unterschiede im Positiven auf die Phasen mit SIP aus. Dies wird insbesondere dann deutlich, wenn im Folgenden ein genauerer Blick auf verschiedene Teilbereiche gelegt wird.

## Entlastung der Lehrkraft

Die SIP führt zur Entlastung der Lehrkräfte, indem weniger persönliche Unterstützung erfolgen muss. Die Forschungsergebnisse haben hinsichtlich des Arbeitspensums und des Redeanteils der Lehrkraft eindeutige Erkenntnis erbracht. In den Beobachtungen wird an mehreren Stellen deutlich, dass die Phasen ohne SIP erklärungsintensiv sind. Die Ergebnisse der Beobachtung aus den Phasen mit SIP zeigen wiederum ein anderes Bild. Aus allen Beobachtungsbögen ist zu entnehmen, dass der Redeanteil der Lehrkraft gering ist, da die Instruction Placemat den Bereich der Vermittlung und individuellen Unterstützung übernimmt. Anhand mehrerer Beispiele konnte konstatiert werden, dass die Lernenden auf der Instruction Placemat nach Lösungen suchen. Des Weiteren war der Austausch der Schüler:innen untereinander und somit

auch eine gegenseitige Unterstützung in den Phasen mit SIP größer. Hiermit wird die Lehrkraft deutlich entlastet, da sie den Lernenden einerseits weniger erklären und andererseits weniger individuell unterstützen muss. Selbst in Situationen, in denen persönliche Unterstützung von der Lehrkraft verlangt wurde, konnte beobachtet werden, dass die Lehrkraft auf die Tipps der SIP hingewiesen hat. Dies stellt eine effiziente Art der Unterstützung dar und trägt andererseits zum selbständigen Problemlösen bei.

Erfolgt ein Einblick in die quantitativen Daten, so wird dieser Eindruck bestätigt. Es konnten signifikante Unterschiede in den Phasen mit und ohne Placemat festgestellt werden. Demnach wurden der Lehrkraft in den Phasen mit Placemat signifikant weniger Fragen gestellt. Verglichen mit der Arbeit von Willner-Giwerc et al. (2021), die ebenfalls eine Instruction Placemat entwickelten, unterstützt diese Erkenntnis somit auch ihre Beobachtungen, was den Redeanteil und die Entlastung der Lehrkraft betreffen (siehe Abb. 3).

werden. Demnach wurden der Lehrkraft in den Phasen mit Placemat signifikant weniger Fragen gestellt. Verglichen mit der Arbeit von Willner-Giwerc et al. (2021), die ebenfalls eine Instruction Placemat entwickelten, unterstützt diese Erkenntnis somit auch ihre Beobachtungen, was den Redeanteil und die Entlastung der Lehrkraft betreffen (siehe Abb. 3).

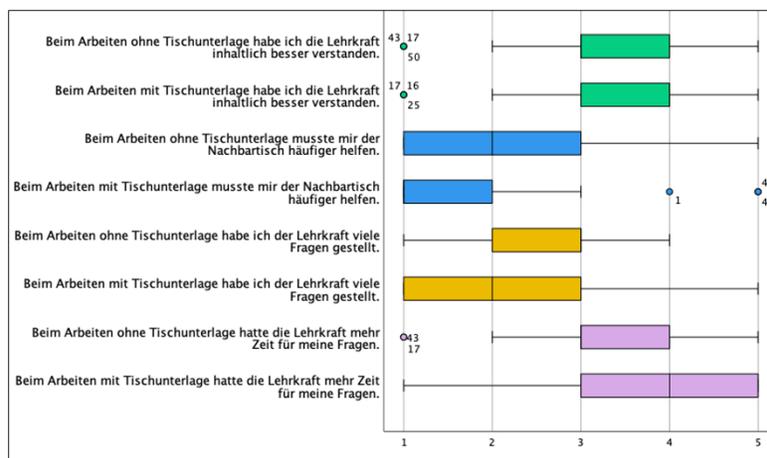


Abbildung 3: Boxplots zu den einzelnen Items zum Einfluss der Lehrkraft

### Förderung diverser Lösungsvorschläge

In der Studie von Willner-Giwerc et al. (2021) trug die Instruction Placemat zu diverseren Lösungsvorschlägen bei. Sowohl in der Beobachtung als auch in der Befragung konnte dieses Merkmal nicht in einem aussagekräftigen Ausmaß identifiziert werden. Es wurde anhand der Beobachtung aber deutlich, dass die Schüler:innen ohne Instruction Placemat nicht außerhalb des Instruktionsraums gearbeitet haben. Die Lernenden folgten den Anweisungen der Lehrkraft, was wiederum dazu führte, dass wenig Raum für flexiblere Ergebnisse geschaffen wurde. Vermuten lässt sich, dass die Schüler:innen das vorgestellte Lehrbeispiel als einzigen Lösungsweg interpretiert haben, was wiederum der These von Blikstein (2015) entspricht. Hinzu kommt,

dass ihnen wenige Möglichkeiten geschaffen wurden, um sich untereinander auszutauschen: Hiermit wird eine Grundvoraussetzung blockiert, mit der die Lernenden eigene Ideen kreieren können. Nun könnte die Annahme getroffen werden, dass die Schüler:innen mit SIP deutlich freier arbeiten konnten und sich dementsprechend unterschiedliche Lösungen gebildet hätten. Doch auch dieser Gedanke trifft auf die Einheiten mit SIP nicht überwiegend zu. Zwar konnte mehrfach in den Beobachtungen festgestellt werden, dass die Lernenden selbständiger arbeiten, indem sie sich miteinander austauschen und eigenständig die Probleme lösen, allerdings enthält die Placemat einige Anweisungen und Orientierungshilfen, mit denen es den Schüler:innen ermöglicht wird, ihre Projekte zu realisieren. Dies bedeutet nicht, dass jeder einzelne Schritt auf der SIP vorhanden ist und dass es sich um eine Schritt-für-Schritt-Anleitung handelt. Dennoch werden die Schüler:innen in eine gewisse Richtung gelenkt, die möglicherweise auch Raum für alternative Lösungsvorschläge verhindert.

### **Stärkung der Selbstwirksamkeit**

Die SIP weist positive Effekte auf die Selbstwirksamkeit und das Verständnis der Schüler:innen im Umgang mit der senseBox auf. Es lässt sich annehmen, dass die Schüler:innen mit SIP selbständiger gearbeitet haben. Selbständiges Arbeiten bedeutet jedoch nicht zwangsläufig, dass es selbstwirksam ist. Indikatoren für positive Selbstwirksamkeit können Ehrgeiz und Beharrlichkeit sein. Dies prägt sich insbesondere dann aus, wenn die Lernenden etwas selbständig und ohne Hilfestellung meistern möchten. Dieses Verhalten konnte ebenfalls in den Phasen mit SIP und weniger in den Phasen ohne SIP festgestellt werden. In den Beobachtungen konnte zudem häufiger ein moderates Verständnis in Einheiten mit SIP gemessen werden. Fraglich ist jedoch, ob sich das Verständnis objektiv beobachten lässt. Ein gutes Verständnis wurde in den Beobachtungen beispielsweise dann impliziert, wenn weniger Fragen gestellt wurden, der Fachwortschatz korrekt genutzt wurde und wenn aktiv mitgearbeitet wurde. Diese Tendenzen konnten im Fragebogen vertieft und ausgeweitet werden, wo die Schüler:innen die Möglichkeit hatten, ein persönliches Feedback über ihr erworbenes Wissen zu geben. Hierbei konnten die bereits festgestellten Tendenzen in deutlicher Hinsicht bestätigt werden. Zudem wurde gezeigt, dass die Schüler:innen eine Lösung der Aufgaben mit Instruction Placemat gegenüber ohne Instruction Placemat weniger kompliziert empfunden haben (siehe Abb. 4). Im Umkehrschluss lässt sich dadurch also ebenfalls ein besseres Verständnis mit Instruction Placemat ableiten (Kumar/ Jagacinski 2011).

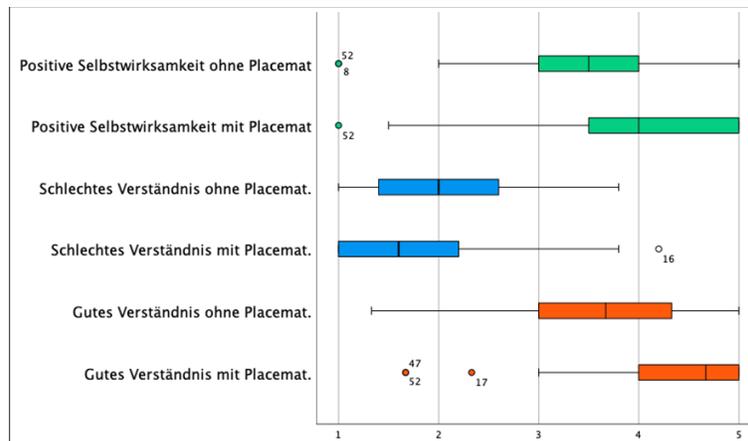


Abbildung 4: Boxplots zu den einzelnen Konstrukten mit und ohne Placemat

## Förderung der Differenzierung

In den Unterrichtsstunden ohne SIP konnte in fast allen Beobachtungen festgestellt werden, dass der Unterricht bei offenen Fragen stagniert. Während einigen Schüler:innen geholfen wird, müssen die restlichen Lernenden zwangsläufig warten, bis die Lehrkraft wieder vor dem Plenum steht. Dies schafft Raum für Konzentrationsschwierigkeiten und Unterrichtsstörungen. Verglichen mit den Unterrichtsstunden mit Instruction Placemat, lassen sich deutliche Disparitäten erkennen. Bezugnehmend zur didaktischen Perspektive der Differenzierung liegt eine Differenzierung nach Zeit vor. Indem die Schüler:innen in ihrem eigenen personalisierten Tempo arbeiten können, wird gewährleistet, dass vor allem schwächere Schüler:innen nicht überfordert werden. Andererseits können leistungsstärkere Lernende bereits kognitiv herausfordernde Aufgaben erledigen, ohne auf die anderen Lernenden warten zu müssen. Während der Beobachtung zeigte sich jedoch insbesondere in den Phasen mit SIP, dass leistungsstärkere Schüler:innen nicht ausgelastet waren. Obwohl die SIP eine Sprinteraufgabe enthielt, die für leistungsstärkere und schnelle Schüler:innen konzipiert war, hat diese scheinbar nicht ausgereicht. Neben der Sprinteraufgabe enthielt die SIP auch einen Bereich mit Tipps zur Fehlerbehebung. Diesen sollten die Schüler:innen bei Bedarf nutzen. Den Beobachtungen zufolge wurde diese Form der Unterstützung von einigen der Lernenden genutzt, dennoch gab es auch hier Schüler:innen, die dies nicht beachteten und stattdessen die Lehrkraft um Hilfe baten. Daraus lässt sich schließen, dass zwar Differenzierung angeboten wurde, diese jedoch nicht von allen Lernenden angenommen bzw. wahrgenommen wurde.

Eine weitere Form der Differenzierung, die in Unterrichtsstunden mit Instruction Placemat identifiziert werden konnte, ist die kollaborative Differenzierung. Indem die Schüler:innen selbstständig arbeiten konnten und ihnen Freiraum gegeben wurde, wurde Raum für fachlichen Austausch und gegenseitige Unterstützung unter den Schüler:innen geschaffen. Dies konnte in den Unterrichtsphasen ohne SIP deutlich weniger beobachtet werden, da aufgrund des vortragsgeleiteten Unterrichts Gespräche unterbunden wurden. Anhand der genannten Beispiele wird deutlich, dass Differenzierung in den Phasen mit SIP häufiger und in größerer Variation

stattgefunden hat. Es konnten demnach zwischen der Arbeit mit und ohne SIP einige Disparitäten konstatiert werden.

## Fazit

In Anbetracht der genannten Aspekte lässt sich hinsichtlich der Evaluation der senseBox Instruction Placemat festhalten, dass die Placemat die Lernenden in einem hohen Maß zum selbstständigen Arbeiten animiert. Im Vergleich zum vortragsgeleiteten Unterricht ohne SIP, weist das Pendant mit SIP deutlich mehr Vorteile auf. Hierbei stellen die Differenzierung, das Verständnis und die Selbstwirksamkeit einige der Vorteile dar. Zwar weist die SIP noch einige Schwächen auf, wie das halboffene Format, jedoch ist jede Unterrichtsstunde von Individualität geprägt, weshalb die SIP von Klasse zu Klasse und von Unterrichtsthema zu Unterrichtsthema angepasst werden muss. Erst so wird garantiert, dass sie in all ihren Zügen zum Vorteil der Schüler:innen agiert. In den Beobachtungen wurde jedoch deutlich, dass die Instruction Placemat die Schüler:innen in eine gewisse Richtung gelenkt hat und so keine alternativen Lösungsvorschläge beobachtet werden konnten. Eine weitere Öffnung des Unterrichts sowie eine weniger strukturierte Instruction Placemat hätten dies eventuell ermöglicht, jedoch hätte dies zu einer Überforderung bei leistungsschwächeren Schüler:innen führen können. Die eruierten Schwächen der entwickelten SIP sollten in nachfolgenden Erprobungen näher betrachtet werden. Zudem bedarf es einer produktunabhängigen Evaluation von Instruction Placemats, die ihre Effektivität im Bereich des Physical Computing im Allgemeinen bewerten.

## Literatur

Bartoschek, T., Wirwahn, J. & Pesch, M. (2018). Sensebox und opensenseMap - Umweltmonitoring für Jedermann. In: Fretag, Ul., Fuchs-Kittowski, F., Hosenfeld, F., Abecker, A. & Reineke, A. (Hrsg.), Umweltinformationssysteme 2018 - Umweltbeobachtung: Nah und Fern. Nürnberg: CEUR-WS.org.

Beaugrand, A., Latteck, Ä.-D., Mertin, M. & Rolf, A. (2017). Lehr- und Lernmethoden im dualen Studium Wissenstransfer zwischen Theorie und Praxis. 1. Auflage, W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart.

Belland, B. R. (2013). Scaffolding: Definition, Current Debates, and Future Directions. In Handbook of Research on Educational Communications and Technology (S. 505–518). Springer New York. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5\\_39](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_39).

Blikstein, P. (2015). Digital fabrication and ‚making‘ in education the democratization of invention. In: FabLabs: Of Machines, Makers and Inventors, No. September, (S.203-221).

Cheng, J. & Koszalka, T., A. (2016) Cognitive Flexibility Theory and its Application to Learning Resources. Syracuse University, RIDLR project (concept paper). Zuletzt online am 24. März 2023 unter: <http://ridlr.syr.edu/publications/>.

Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz [D-EDK]. (2016). Lehrplan für die Volksschule – Broschüre Medien und Informatik. Zuletzt online am 06. Juni 2023 [https://v-ef.lehrplan.ch/container/V\\_EF\\_DE\\_Modul\\_MI.pdf](https://v-ef.lehrplan.ch/container/V_EF_DE_Modul_MI.pdf).

Doorley, R. (2012). What is tinkering? Zuletzt online am 06. Juni 2023 unter: <https://tinkerlab.com/what-is-tinkering/>.

Fadel, C., Bialik, M. & Trilling, B. (2017): Die vier Dimensionen der Bildung. Was Schülerinnen und Schüler im 21. Jahrhundert lernen müssen. Hamburg.

Gesellschaft für Informatik (GI) e.V. (2008). Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule. Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I. Bonn, Berlin.

Grillenberger, M. (2023). Why and How to Teach Physical Computing: Research and Practice in Computer Science Education at Secondary Schools. In: Keane, Z & Fluck, A. E. [Hrsg.] (2023). Teaching Coding in K-12 Schools. Research and Application. Springer, Cham, Schweiz, (S.225-245).

Hellmig, L., Schieckoff, B., Schwarz, R., Süßenbach, F. (2023). Informatik-Monitor 2023/24. Zur Situation des Informatik-Unterrichts in Deutschland. Berlin.

Hofmann, J. & Schaegner, A. (2020): Digital und demokratisch – was zeitgemäße schulische Bildung leisten kann. In: Friedrichsen, M. & Wersig, W.(Hrsg.) (2020): Digitale Kompetenz Herausforderungen für Wissenschaft, Wirtschaft, Gesellschaft und Politik. Wiesbaden, (S. 161-171).

Kretschmer, H. & Stary, J. (1998), Schulpraktikum. Eine Orientierungshilfe zum Lernen und Lehren (Studium Kompakt), Cornelsen, Scriptor-Verlag, Berlin.

Kumar, S. & Jagacinski, C., M. (2011). Confronting Task Difficulty in Ego Involvement: Change in Performance Goals. In: Journal of Educational Psychology 2011, Vol. 103, No. 3, (S.664–682).

Linn, M., C. (1985). The Cognitive Consequences of Programming Instruction in Classrooms. In: Educational researcher, 1985, Vol.14 (5), (S.14-29).

Mayring, P. & Fenzl, T. (2014). Qualitative Inhaltsanalyse. In: Bauer, N. & Blasius, J. [Hrsg.] (2014). Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Springer Fachmedien Wiesbaden 2014. (S.543-559).

Pfeil, M., Bartoscheck, T. & Wirwahn, J. A. (2015) OPENSENSEMAP - A citizen Science Platform for Publishing and Exploring Sensor Data as Open Data.

Reinmann, G. (2013). Didaktisches Handeln. Die Beziehung zwischen Lerntheorien und Didaktischem Design. In: Ebner, M. [Hrsg.]; Schön, S. [Hrsg.]: L3T. Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien. 2. Auflage. 2013, [12] S. RN: urn:nbn:de:0111-opus-83381 - DOI: 10.25656/01:8338.

Rinschede, G. & Siegmund, A. (2020). Geographiedidaktik. Grundriss Allgemeine Geographie. 4. Auflage. Ferdinand Schöningh Verlag, Paderborn.

Willner-Giwerc, S., Danahy, E. & Rogers, C. (2021). Placemat Instructions for Open-Ended Robotics Challenges. In: Lepuschitz, W., Merdan, M., Koppensteiner, G., Balogh, R. & Obdrzalek, D. (2021) Robotics in Education, (S.234-244).

## Lizenz



Dieser Artikel steht unter der Lizenz CC BY NC 4.0 zur Verfügung.

## Kontakt

Ilhan Talha Özkaya  
Verena Witte  
Dr. Thomas Bartoschek  
Mario Pesch

Universität Münster

E-Mail: [ilhanoezkaya@outlook.de](mailto:ilhanoezkaya@outlook.de); {[verena.witte](mailto:verena.witte@uni-muenster.de) | [bartoschek](mailto:bartoschek@uni-muenster.de) | [mario.pesch](mailto:mario.pesch@uni-muenster.de)}@uni-muenster.de