



HOCHSCHULE RUHR WEST
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Entwicklung von Lernszenarien im schulischen Kontext zur Teilhabe an Citizen Science Projekten

Bachelorarbeit

Studiengang Mensch-Technik-Interaktion
der Hochschule Ruhr West

Stefan Werntges

10001344

Erstprüferin:

Prof. Dr. Jan M. Pawlowski

Zweitprüfer:

Annika Nowak

Bottrop, Juli 2022

Kurzfassung

Die folgende Arbeit behandelt einen Lösungsansatz für ein häufig betiteltes Problem in der Citizen Science, dem fehlenden Wissen von Bürger:innen für eine effektive Beteiligung. Ein oft benannter Lösungsweg ist die gezielte Förderung der Beteiligten, um den Ansprüchen der Forschung gerecht zu werden. Um diese geht es auch in dieser Arbeit.

Die entstehenden Trainings sollen dabei speziell in den schulischen Kontext eingebunden werden und werden als Lernszenarien betitelt, welche sich jeweils mit ausgewählten Kompetenzen befassen. So entsteht eine Sammlung an Lernszenarien, welche es Lernenden ohne Vorerfahrung ermöglichen soll eigene Messstationen zu entwickeln und eigene Forschungsfragen zu bearbeiten.

Zu diesem Zweck wird ein Vorgehensmodell verwendet, welches mit dieser Arbeit weiter evaluiert wurde und dass die Designphase des Design Science Research Prozesses abbildet. Die Evaluation eines Teils der Lernszenarien wurde dabei gemeinsam mit 2 Gruppen von Lernenden, sowie 5 Lehrkräften durchgeführt. Die Evaluation mit Lernenden bestand dabei aus einer Selbsteinschätzung sowie der Bewertung der Lernszenarien. Mit den Lehrkräften fanden persönliche Interviews statt.

Die wichtigsten Ergebnisse bilden dabei die entstandenen Lernszenarien sowie die Evaluation derselben, sowie der Idee als Ganzen. Weiter lässt sich durch die Evaluation festhalten, dass Lernende durch die Erprobung von Inhalten ein Interesse für dieses entwickeln können.

Aus den Ergebnissen lässt sich dabei schlussfolgern, dass sowohl Schulen als auch Wissenschaft von der Entwicklung gemeinsamer Projekte profitieren können. Das verwendete Vorgehensmodell wurde dabei erneut bestätigt.

Abstract

The following work deals with an approach to solve a frequently cited problem in Citizen Science, the lack of knowledge of citizens for effective participation. A frequently named solution is the targeted promotion of the participants to meet the demands of research. This is also the topic of this work.

The resulting trainings are to be integrated into the school context and are titled as learning scenarios, each of which deals with selected competencies. Thus, a collection of learning scenarios is created, to enable learners without previous experience to develop their own measuring stations and to work on their own research questions.

For this, purpose, a procedure model is used, which was further evaluated with this work, which represents the design phase of the Design Science Research process. The evaluation of a part of the learning scenarios was conducted together with 2 groups of learners and 5 individual teachers. The evaluation with learners consisted of a self-assessment and an evaluation of the learning scenarios. With the teachers, personal interviews took place.

The most important results are the created learning scenarios as well as the evaluation of them and the idea. Furthermore, the evaluation shows that learners can develop an interest in the content by doing it.

From the results, it can be concluded that both schools and science can benefit from the development of joint projects. The process model used was once again confirmed.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	2
Abstract	3
Inhaltsverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	7
Abkürzungsverzeichnis	8
Vorwort	9
1 Einleitung.....	10
1.1 Problemdefinition.....	10
1.2 Zielsetzung und Forschungsfrage	10
1.2.1 Einbindung eines wissenschaftlichen Projektes in den Schulalltag.....	10
1.2.2 Training zum Selbstständigen forschen.....	11
1.2.3 Hypothese und Forschungsfragen.....	11
1.3 Eingrenzung der Thematik	11
1.4 Überblick	11
2 Citizen Science und notwendige Kompetenzen	13
2.1 Was ist Citizen Science?	13
2.1.1 Sichtweisen auf Citizen Science	13
2.1.2 Citizen Science in Information System Research	14
2.1.3 Vorteile	15
2.1.4 Motivation.....	15
2.1.5 Mehrwert für Bürger:innen.....	15
2.1.6 Beteiligung	16
2.2 Kompetenzen	16
2.2.1 Definition von Kompetenz.....	17
2.2.2 Anwendung von Kompetenzen.....	17
2.2.3 Verbesserung von Messdaten	18
2.2.4 Mögliche zu vermittelnden Kompetenzen	18
3 Technische Grundlagen.....	20
3.1 Gängige Lösungen	20
3.1.1 Hardwarelösungen	20
3.1.2 Softwarelösungen.....	23
3.1.3 Erweiterungsmöglichkeiten.....	25
3.2 Voraussetzungen für den Einsatz	26

3.2.1	Erlernbarkeit.....	27
3.2.2	Erweiterbarkeit	27
3.2.3	Verfügbarkeit.....	27
3.2.4	Kosteneffizienz.....	27
3.3	Eingrenzung.....	27
3.3.1	Optionen für den Einstieg.....	27
3.3.2	Übergangsniveau	28
3.3.3	Fortgeschrittenes Niveau.....	28
3.3.4	Zusammenfassung.....	28
4	Entwicklung von Lernszenarien.....	29
4.1	Design Science Research	29
4.2	Zielsetzung der Arbeit.....	29
4.3	Definition von Lernszenarien	30
4.3.1	Entwicklung von Forschungsfragen	32
4.3.2	Datenerhebung.....	32
4.3.3	Open Educational Ressource	33
4.4	Prüfung von Voraussetzungen	33
4.5	Anforderungen an Lernszenarien	34
4.5.1	Zugangsvoraussetzungen	34
4.5.2	Mehrwert für Schulen	35
4.6	Methodik.....	35
4.7	Entstandene Lernszenarien.....	35
4.7.1	Lernszenario 1: Das fachliche Beantworten von Fragen.....	36
4.7.2	Lernszenario 2: Richtig Fragen stellen	39
4.7.3	Lernszenario 3 und 4: Grundlagen Programmierung	40
4.7.4	Lernszenario 5: Sensorik und Datenspeicher	40
4.7.5	Lernszenario 6: Messtationen.....	41
4.7.6	Lernszenario 7: Stratosphärenballon	41
4.7.7	Lernszenario 8: Stratosphärenballon als Beobachter	41
4.7.8	Lernszenario 9: Auswertungen.....	41
4.7.9	Zusammenhänge	42
5	Durchführung von Lernszenarien	44
5.1	Vorbereitung.....	44
5.2	Herstellung des Kontaktes mit Schulen	44
5.3	Brainstorming.....	44
5.4	Zeitplanung	45
5.5	Didaktische Planung und Anpassung an den Unterricht	45
5.5.1	Ethische Überprüfung.....	46
5.5.2	Einverständnis der Eltern	46
5.6	Projektstart.....	46
6	Evaluation.....	47

6.1	Evaluationsmethoden	47
6.2	Durchführung	48
6.2.1	Lernszenario 1.....	48
6.2.2	Lernszenarios 4 & 5	49
6.3	Evaluierte Lernszenarien.....	49
6.3.1	Evaluation Lernszenario 1	49
6.3.2	Evaluation Lernszenario 4	57
6.3.3	Evaluation Lernszenario 5	59
6.4	Meinung der Lernenden	61
7	Diskussion	62
7.1	Ziele der Arbeit.....	63
7.2	Theoretischer Beitrag	63
7.3	Praktischer Beitrag	63
7.4	Limitation und Ansätze	63
7.4.1	Evaluationen	64
7.4.2	Technische Grundlagen	64
7.4.3	Stratosphärenflüge	64
7.4.4	Vorgehensmodell	65
8	Zusammenfassung.....	66
8.1	Ausblick.....	66
Anhang A: Interviews mit Lehrenden		68
Anhang B: Interviews mit Lernenden		72
Anhang C: Entstandene Lernszenarien.....		74
Anhang D: Vorlage für Lernszenarien		96
Anhang E: Liste der Editoren		97
Anhang F: Evaluationen		98
Anhang G: Evaluiertes Arbeitsmaterial		110
Literaturverzeichnis		131
Erklärung		137

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zusammenfassung der ISO 25012 (2022)	18
Abbildung 2: Vergleich der Oberflächen von Arduino (links) und MakeCode (rechts)	23
Abbildung 3: Abbildung des Design Science Research Prozesses nach VAISHANVI (2009, S. 5).....	30
Abbildung 4: Visualisierung des Vorgehensmodells nach Nowak (2022, S. 83).....	31
Abbildung 5: Überkategorie der Kompetenzen nach (Nowak, 2022, S. 99)	37
Abbildung 6: Übersicht der Zusammenhänge der Lernszenarien	43
Abbildung 7: Evaluation, ich weiß, was Wissenschaft ausmacht	54
Abbildung 8: Evaluation, ich weiß, was eine offene Frage ist	54
Abbildung 9: Evaluation, ich kann größere Zusammenhänge von Fragen verstehen...55	
Abbildung 10: Evaluation, ich weiß, wie ich verwendbare Daten (Antworten) erhalte ..55	
Abbildung 11: Evaluation, ich weiß, wie richtige von fehlerhaften und falschen Daten (Antworten) unterschieden werden.....	56
Abbildung 12: Evaluation, ich weiß, wie man wissenschaftliche Fragen beantwortet...56	
Abbildung 13: Evaluation, ich kann wissenschaftliche von nicht wissenschaftlichen Fragen unterscheiden.....	57

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich zwischen HAKLAY (2013) & SHIRK ET AL. (2012)	16
Tabelle 2: Integrierte Optionen zur Ein- und Ausgabe der vorgestellten Hardware	22
Tabelle 3: Verfügbare GPIO Möglichkeiten der vorgestellten Hardware	22
Tabelle 4: Kompatibilität von Hard- und Software	25
Tabelle 5: Beschreibung von Hard- und Softwarekombinationen zur Entwicklung von Messstationen.....	28
Tabelle 6: Beispiel für ein entstandenes Lernszenario (Lernszenario 1)	39
Tabelle 7: Anzahl der Lernenden nach Lernszenario.....	47
Tabelle 8: Gruppenzusammensetzung, Lernszenario 1	48
Tabelle 9: Zusammenfassung der Evaluation von Lernszenario 1	50
Tabelle 10: Evaluation von Lernszenario 1 nach Geschlecht (männlich)	50
Tabelle 11: Evaluation von Lernszenario 1 nach Geschlecht (weiblich).....	51
Tabelle 12: Evaluationsergebnisse von Lernszenario 1 in Klassenstufe 5	51
Tabelle 13: Evaluationsergebnisse von Lernszenario 1 in Klassenstufe 6	52
Tabelle 14: Evaluationsergebnisse von Lernszenario 1 in Klassenstufe 7	52
Tabelle 15: Einschätzung der Lernenden zu Lernszenario 1	53
Tabelle 16: Einschätzung der Schwierigkeit von Lernszenario 1 durch Lernende.....	53
Tabelle 17: Auswertung der Evaluation für Lernszenario 4.....	58
Tabelle 18: Auswertung der Evaluation für Lernszenario 5.....	60
Tabelle 19: Rahmeninformationen der befragten Lehrkräfte.....	68

Abkürzungsverzeichnis

CS Citizen Science

Lernende Schülerinnen und Schüler, speziell der Klassen 5–10

Vorwort

In dieser Arbeit wird die Fragestellung behandelt, inwieweit sich wissenschaftliche Kooperation mit dem Alltag an Schulen verbinden lässt. Ein Thema, welches mich schon seit einigen Jahren beschäftigt und in meiner Tätigkeit beim zdi-Netzwerk mint4u wiederzufinden ist.

Während die Entwicklung von Kursen für und mit Lehrkräften und Lernenden zu meinem Alltag gehört, habe ich vor dieser Arbeit noch nie Gedanken über den wissenschaftlichen Kontext und Mehrwert dieser Projekte Gedanken gemacht. Alle bisherigen Kooperationen dieser Art waren entsprechend Angebote zur reinen Berufs- und Studienorientierung.

Während der Bearbeitung hat sich meine Sichtweise auf bisherige Tätigkeiten sowie die Ziele meiner zukünftigen Projekte im Bereich der Bildung gewandelt. Durch vergangene, fortlaufende und zukünftige Kooperationen mit Schulen erhoffe ich auch weiter Einfluss auf die Zukunft von Jugendlichen und ihren beruflichen Werdegang nehmen zu können.

Dank gilt hierbei denjenigen, die mir meinen bisherigen Werdegang ermöglicht und mich begleitet haben: Katharina Schwermer, Insa Larson und Kerstin Dangel als ehemalige und aktuelle Koordinatorinnen, sowie Prof. Dr.-Ing. Uwe Handmann als wissenschaftlicher Leiter.

Weiter gilt mein Dank insbesondere den Betreuenden dieser Arbeit: Prof. Dr. Jan M. Pawlowski und Annika Nowak, welche mir nicht nur stets mit gutem Rat zur Seite standen, sondern auch weit mehr Geduld mit meinen fachlichen und persönlichen Fehlern hatten als ich selbst.

Um all denjenigen zu danken, die Einfluss auf mich, meine Tätigkeit für mint4u und damit auch auf diese Arbeit zu nennen, fehlt an dieser Stelle leider der Platz. Sollten ihr diese Zeilen jedoch jemals lesen, wisst ihr hoffentlich, dass ihr gemeint seid.

Stefan Werntges

Oberhausen, 26. Juni 2022

1 Einleitung

Citizen Science beschreibt ein Feld der Wissenschaft, in welchem Bürger:innen in Forschungsaufgaben eingebunden werden (Weinhardt et al., 2020), wobei diese jedoch zumeist nur als einfache Sensoren zur Beobachtung eingesetzt werden (Mäkipää et al., 2020).

1.1 Problemdefinition

Um Bürger:innen als Sensoren einsetzen und möglichst hochwertige Ergebnisse erzielen zu können, ist es hilfreich, ein Training zu organisieren (Weinhardt et al., 2020) und die Partnerschaft zwischen Bürger:innen und Wissenschaftler:innen zu fördern (Mäkipää et al., 2020).

Einen möglichen Lösungsansatz bietet dabei die Kooperation mit Schulen, um die notwendigen Voraussetzungen zur Beteiligung an Citizen Science zu schaffen (Nowak, 2022) und gleichzeitig ein mögliches Interesse an Wissenschaft (Weinhardt et al., 2020) zu fördern.

Schulungen sind dabei notwendig, um die Qualität der erhobenen Daten zu sichern und Bürger:innen auch in anderen Gebieten einsetzen zu können (Musto & Dahanayake, 2019).

1.2 Zielsetzung und Forschungsfrage

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung einer Methode, nach welcher Citizen Science an Schulen gefördert werden kann. Neben dem generellen Umgang mit wissenschaftlichen Arbeitsweisen sollen Lernende auch darin geschult werden, eigene Fragen zu stellen, Lösungswege zu erarbeiten und ein Fazit zu erzielen.

1.2.1 Einbindung eines wissenschaftlichen Projektes in den Schulalltag

Den ersten Schwerpunkt bildet dabei das von WEINHARDT ET AL. (2020) benannte Training von Bürger:innen. Dieses soll anhand eines Beispiels abgebildet und umgesetzt werden.

Als beispielhaftes Projekt für das Training wurde ein Messballon für den Stratosphärenflug gewählt. Dieser soll einen Kontrast zum Schulalltag darstellen und die Integration von Citizen Science in diesen abbilden.

1.2.2 Training zum Selbstständigen forschen

Weiter sollen die Lernenden dazu befähigt werden, selbstständig an wissenschaftlichen Aufgabenstellungen zu arbeiten, Forschungsfragen zu entwickeln und zu beantworten.

1.2.3 Hypothese und Forschungsfragen

Es ergibt sich folgende **Hypothese**: „Durch das Einbinden von Citizen Science Projekten in den Schulalltag erhalten Lernende Einblicke in die Forschung und entwickeln Interesse für diese“.

Auf diese soll mit den folgenden Forschungsfragen eingegangen werden:

Forschungsfrage 1: In welchem Rahmen lassen sich Citizen Science Projekte in den Schulalltag integrieren?

Forschungsfrage 2: Welchen Mehrwert kann Citizen Science an Schulen bieten?

Forschungsfrage 3: Wie ist die Akzeptanz und Motivation von Lernenden für aktive Forschung im Unterricht?

1.3 Eingrenzung der Thematik

Abschließend müssen folgende Thematiken eingegrenzt werden, bevor entsprechende Definitionen getroffen werden können:

Schwerpunkt der Arbeit ist die Information System Research sowie die technische Sichtweise auf das Projekt. Es soll eine Lösung in Hard- und Software entstehen, welche es Lernenden ermöglicht, die Daten zu sammeln, welche sie zur Beantwortung ihrer Fragestellungen benötigen.

Auch wenn dieses Dokument einige Aspekte im schulischen Kontext darlegt, sind pädagogische Aspekte nicht, oder nur am Rande Thema. Schwerpunkt sind die notwendigen Schritte zur Vermittlung der Aspekte in **1.2.1** und **1.2.2**.

1.4 Überblick

Zu diesem Zweck wird zunächst in Kapitel **2** auf die Definition der Citizen Science eingegangen, sowie auf Kompetenzen, welche später vermittelt werden sollen. Anschließend werden in Kapitel **3** technischen Grundlagen behandelt, welche die Vermittlung der Kompetenzen vereinfachen. Zudem wird hier diejenige Hardware eingegrenzt, welche für den Bau von Messtationen verwendet wird.

Kapitel **4** befasst sich daraufhin mit der möglichen Vermittlung von Kompetenzen durch Lernszenarien. Zu diesem Zweck entstehen am Ende des Kapitels Lernszenarien, welche Kompetenzen und technische Grundlagen vermitteln.

Diese Lernszenarien werden anschließend in Kapitel **5** durchgeführt und anschließend in Kapitel **6** evaluiert. Bevor es zu einer abschließenden Diskussion in Kapitel **7** kommt.

2 Citizen Science und notwendige Kompetenzen

In diesem Kapitel soll zunächst definiert werden, wobei es sich bei Citizen Science handelt und welche Kompetenzen notwendig sind, um an entsprechenden Projekten teilhaben zu können. Hierzu werden Kompetenzen herausgestellt, welche es Lernenden ermöglichen, eigene Projekte zu entwickeln und zu bearbeiten.

2.1 Was ist Citizen Science?

Citizen Science behandelt die Kooperation zwischen Bürger:innen und Wissenschaftler:innen auf einer gleichgestellten Ebene (Mäkipää et al., 2020). Beide Seiten sollen die Möglichkeit haben, einen Beitrag zu Forschungsfragen zu leisten. Bürger:innen werden hierbei oft als Sensoren und Datensammler eingesetzt (Mäkipää et al., 2020) und sind nicht das zu untersuchende Objekt, sondern Partner im wissenschaftlichen Kontext (Levy & Germonprez, 2017).

Eine einheitliche Definition des Begriffs Citizen Science gibt es bisher nicht (Mäkipää et al., 2020). Beispielsweise beschreiben LEVY UND GERMONPREZ (2017) diese als Partnerschaft zwischen Wissenschaftler:innen und Bürger:innen im Alltag. Feststellen lässt sich jedoch auch ohne feste Definition, dass nicht jede Art von bürgerlicher Beteiligung direkt als Citizen Science zu verstehen ist. So stellen HEIGL ET AL. (2019) fest, dass unter anderem Meinungsumfragen und das Sammeln von Daten über Teilnehmende kein Teil der Citizen Science sind.

2.1.1 Sichtweisen auf Citizen Science

Weiter halten LEVY UND GERMONPREZ (2017) verschiedene Perspektiven auf die Citizen Science fest. Zusammengefasst gibt es hier eine soziologische Perspektive, welche den Einfluss von Citizen Science auf die Gesellschaft betrachtet, eine natürlich wissenschaftliche Perspektive, welche den Einfluss von Bürger:innen auf die Citizen Science betrachtet, sowie eine Perspektive auf Richtlinien, welche ein Citizen Science Projekt nach europäischem Standard ausmachen. Wichtig für diese Sichtweisen sind hierbei insbesondere die 10 europäischen Richtlinien der ECSA (European Citizen Science Association) welche mit Wissenschaftler:innen und Bürger:innen in Kooperation entwickeln, von MARGARET GOLD (2015) zusammengetragen und von Katrin Vohland übersetzt wurden:

- 1 „Citizen Science Projekte binden Bürgerinnen und Bürger aktiv in wissenschaftliche Unternehmungen ein, die zu neuem Wissen und Verstehen führen.“ (Margaret Gold, 2015, S. 1)
- 2 „Citizen Science Projekte führen zu echten wissenschaftlichen Ergebnissen.“ (Margaret Gold, 2015, S. 1)

- 3 „Alle Teilnehmenden profitieren von der Teilnahme, sowohl die institutionell beschäftigten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler als auch die ehrenamtlich Beteiligten.“ (Margaret Gold, 2015, S. 1)
- 4 „Wenn sie möchten, können die Bürgerwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler sich an verschiedenen Phasen im wissenschaftlichen Prozess beteiligen.“ (Margaret Gold, 2015, S. 1)
- 5 „Bürgerwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler erhalten eine Rückmeldung (Feedback) vom Projekt.“ (Margaret Gold, 2015, S. 1)
- 6 „Citizen Science ist ein Forschungsansatz, der wie andere auch Limitationen und Vorannahmen hat, die berücksichtigt und kontrolliert werden müssen.“ (Margaret Gold, 2015, S. 1)
- 7 „Die Daten und Metadaten aus Citizen Science Projekten werden öffentlich zugänglich gemacht und die Ergebnisse soweit möglich in einem open-Access Format publiziert.“ (Margaret Gold, 2015, S. 1)
- 8 „Bürgerwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern wird Dank und Wertschätzung in den Projektergebnissen und -publikationen ausgesprochen.“ (Margaret Gold, 2015, S. 2)
- 9 „Die Evaluierung von Citizen Science Programmen erfolgt auf Grundlage der wissenschaftlichen Ergebnisse, der Qualität der Daten, des Mehrwerts für die Beteiligten sowie der breiteren gesellschaftlichen Wirkung.“ (Margaret Gold, 2015, S. 2)
- 10 „Die Projektverantwortlichen berücksichtigen bei sämtlichen Aktivitäten legale und ethische Aspekte, die Urheberrechte, Rechte des geistigen Eigentums, Datenprotokolle, Vertraulichkeit, Verantwortlichkeiten oder Auswirkungen auf die Umwelt betreffen.“ (Margaret Gold, 2015, S. 2)

Citizen Science zeichnet sich weiter auch durch eine gewisse Skalierbarkeit aus, von regionalen bis hin zu kontinentalen und globalen Projekten (Bonney et al., 2009). Anhand dieser können sowohl kleine Kommunen als auch große Verbände, wie die EU, vom Interesse an Forschung profitieren.

2.1.2 Citizen Science in Information System Research

Mit einem Schwerpunkt auf Information System Research lässt sich herausstellen, dass Projekte in Citizen Science keine optimalen Zusammensetzungen haben, da diese von Projekt zu Projekt variiert (Mäkipää et al., 2020). BONNEY ET AL. (2009, S. 979) beschreiben folgende Schritte der Umsetzung für möglichst erfolgreiche Citizen Science Projekte:

1. Erstellung einer Forschungsfrage
2. Zusammenstellung eines Teams von Wissenschaftler:innen, Lehrpersonal, technischem Personal sowie Personal für die Evaluation

3. Entwicklung, Testung und Verfeinerung von Protokollen, Formularen und Material zur Unterstützung beim Lernen
4. Rekrutierung von Beteiligten (Bürger:innen)
5. Training der Beteiligten
6. Akzeptieren, Editieren und Darstellung von Daten
7. Analyse und Interpretation von Daten
8. Verbreitung der Resultate
9. Messung des Ausgangs

Weiter schlagen WEINHARDT ET AL. (2020) vor, dass Wissenschaft, soweit möglich, an das Interesse und die Vorkenntnisse der Bürger:innen angepasst werden sollte, um somit mehr Bürger:innen zu motivieren und einzubinden.

2.1.3 Vorteile

Für die Wissenschaft hat dies den Vorteil, dass mehr Sensoren für die Gewinnung von Projektdaten verfügbar werden (Mäkipää et al., 2020). In einigen Projekten werden Bürger:innen auch mit der Auswertung von Daten betraut (Mäkipää et al., 2020) und unterstützen somit die Wissenschaftler:innen.

Bürger:innen fehlen jedoch oft die Voraussetzungen, um Daten wissenschaftlich auszuwerten. Daher müssen in den meisten Projekten zunächst einige Grundlagen erlernt werden. Nicht nur sollten Bürger:innen ein Interesse am Thema vorweisen, sondern auch an der Wissenschaft als Ganzes. Dies hilft, um die Schwächen und Grenzen ebenso zu verstehen, wie die Möglichkeiten und Erkenntnisse, welche die Wissenschaft bieten kann. (Weinhardt et al., 2020)

2.1.4 Motivation

Mit grundlegendem Verständnis haben Bürger:innen nicht nur die Chance sich an Projekten zu beteiligen, sondern können auch eigene Rückschlüsse auf Basis von Daten bilden, welche Sie selbst gesammelt haben. Auf diese Weise ist es möglich, politische und persönliche von wissenschaftlichen Meinungen zu trennen und zu unterscheiden. Dies kann weiter zu einem steigenden Vertrauen in die Wissenschaft führen. (Weinhardt et al., 2020)

Um Bürger:innen langfristig für ein Projekt einzubinden, müssen diese auch langfristig motiviert werden. Ein intrinsisches Interesse am Thema ist hierbei oft nicht ausreichend (Mäkipää et al., 2020). Hier sind kleine Wettbewerbe und Gamification mögliche Ansätze, um extrinsische Motivation zu bieten. (Anne Bowser et al., 2013; Mäkipää et al., 2020; Prestopnik & Crowston, 2011)

2.1.5 Mehrwert für Bürger:innen

Es entsteht ein Mehrwert für beide Seiten. Je nach Motivation und Beteiligung erhalten Bürger:innen Einblicke in die Forschungsarbeit, werden namentlich genannt oder erhal-

ten zumindest ein tiefergehendes Verständnis in den bearbeiteten Themen (Levy & Germonprez, 2017; Weinhardt et al., 2020).

2.1.6 Beteiligung

Nicht immer werden in Citizen Science Bürger:innen in allen Schritten des Projektes beteiligt. Auch hier gibt es keine einheitliche Feststellung, wieweit Bürger:innen beteiligt werden müssen oder sollten. HAKLAY (2013) hat zu diesem Zwecke Beteiligung in Level unterteilt.

Auf Level 4, dem höchsten Level der Beteiligung steht dabei die kollaborative Wissenschaft, welche Bürger:innen von der Problemdefinition, über das Sammeln, bis zum Auswerten der Daten einbindet. Vergleichsweise führt (Shirk et al., 2012) eine solche Partizipation lediglich bei Projekten auf, in welchem Bürger:innen in allen Punkten, inklusive der Finanzierung, beteiligt sind.

Auf Level 3 sind Bürger:innen lediglich an der Forschungsfrage und dem Sammeln von Daten beteiligt (Haklay, 2013), diese Kombination der Beteiligung wird bei (Shirk et al., 2012) nicht gelistet und spiegelt das Fehlen einer allgemeinen Definition wider.

Auf Level 2 unterstützen Bürger:innen bei der Interpretation nach HAKLAY (2013), was bedingt mit „Projekten“ von SHIRK ET AL. (2012) übereinkommt.

Erst auf Level 1, dem niedrigsten Level nach HAKLAY (2013) finden sich wieder eindeutige Gemeinsamkeiten. Hier wird angegeben, dass Bürger:innen freiwillig Rechenleistung zur Verfügung stellen oder als Sensoren agieren. Beides wird als Crowdsourcing bezeichnet, ein Begriff und im Falle der Rechenleistung auch eine Definition, die HEIGL ET AL. (2019) jedoch nicht als Teil der Citizen Science ansehen und ablehnen.

<i>Level nach Haklay</i>	<i>Beispiele nach Shirk</i>	
<i>Kollaborative Wissenschaft</i>	Kollegiale Projekte	Gemeinsam entwickelte Projekte
<i>Partizipative Wissenschaft</i>		
<i>Bürger:innen interpretieren</i>	Gemeinschaftliche Projekte	
<i>Bürger:innen als Sensoren</i>	Projekte mit Beitrag	
<i>Nicht bestimmt</i>	Auftragsarbeiten	

Tabelle 1: Vergleich zwischen HAKLAY (2013) & SHIRK ET AL. (2012)

2.2 Kompetenzen

Neben Anregungen zur Skalierbarkeit und einem möglichen Modell zur Entwicklung von Citizen Science Projekten geht es bei BONNEY ET AL. (2009) primär um die Wichtigkeit von Scientific Literacy als Kompetenz in Citizen Science.

2.2.1 Definition von Kompetenz

„Kompetenz“, die nachgewiesene Fähigkeit, Kenntnisse, Fertigkeiten sowie persönliche, soziale und methodische Fähigkeiten in Arbeits- oder Lernsituationen und für die berufliche und/oder persönliche Entwicklung zu nutzen. Im europäischen Qualifikationsrahmen wird Kompetenz im Sinne der Übernahme von Verantwortung und Selbstständigkeit beschrieben. (Europäische Kommission, 2008, S. 11)

Aus diesem direkten Zitat des europäischen Qualifikationsrahmens lassen sich verschiedene Merkmale einer Kompetenz ausmachen. Die wichtigsten Kompetenzen für Citizen Science bilden dabei die methodischen Fähigkeiten für naturwissenschaftliche Betrachtungen, welche auch als Scientific Literacy bezeichnet werden. (OECD, 2007a, 125)

Scientific Literacy ist, ebenso wie Citizen Science, kein eindeutig definierter Begriff. Im Allgemeinen wird dieser zumeist für einen naturwissenschaftlichen Hintergrund verwendet und im internationalen Vergleich (OECD, 2007b) in mehrere Kernkompetenzen aufgeteilt. Wichtigste Schwerpunkte sind hier das Erkennen von Fragestellungen, Erklären von Phänomenen und die Nutzung von Evidenzen.

2.2.2 Anwendung von Kompetenzen

Innerhalb von Schulen in Nordrhein-Westfalen wird dabei verstärkt auf Medienkompetenzen (Medienberatung NRW, 2018) gesetzt, welche einige Überschneidungen der Grundlagen, aber keine Deckungsgleichheit mit den Definitionen der EU aufweisen (Europäische Kommission, 2008; OECD, 2007b). Wichtig ist hier auch festzustellen, dass diese Kompetenzrahmen und Definitionen ergänzend verwendet werden können.

Diesen Ansatz verfolgt unter anderen NOWAK (2022) mit einer stetig wachsenden Sammlung an Kompetenzen, welche für das Projekt FabCitizen zusammengetragen wurde. In diesem Projekt liegt der Schwerpunkt auf der Vermittlung von Scientific Literacy im Rahmen der Sekundarstufe I (Klassenstufen 5-10). Analyse und Zusammenfassung verschiedener Autoren bieten hier einen umfangreichen Einblick in Kompetenzen, welche für die Scientific Literacy, innerhalb und außerhalb des schulischen Kontexts, von Bedeutung sind. (Nowak, 2022)

Die Notwendigkeit dieses Unterfangens stellen bereits MÄKIPÄÄ ET AL. (2020) heraus, in dem sie darauf verweisen, dass in Citizen Science Projekten kein professioneller Grad an Datenerfassung möglich ist, ohne dass Bürger:innen vorher eine Schulung erhalten haben. In diesem Zusammenhang stellen WEINHARDT ET AL. (2020) weiter fest, dass Bürger:innen nicht immer genau wissen, welche Daten wie erfasst werden müssen.

Um Citizen Science in allen Bereichen zu erleichtern und Bürger:innen die Teilhabe zu ermöglichen, wird von MÄKIPÄÄ ET AL. (2020) gefordert, dass eines der Ziele die Erhebung von besseren Daten sein muss. Hierdurch kann Citizen Science in verschiedenen

Bereichen, u. a. der Bildung, leichter eingesetzt werden. Dieses Anliegen wird bereits von WEINHARDT ET AL. (2020) vorgebracht.

2.2.3 Verbesserung von Messdaten

Um die Qualität von Messergebnissen zu verbessern, ist es notwendig, den Bürger:innen Chancen zu bieten, Scientific Literacy zu erlernen. Schwerpunkt ist hier die Data Literacy, welche als die Fähigkeit zum Sammeln, Verwalten, Evaluieren und Anwenden von Daten definiert werden kann (Schüller, 2020). Es spielen hierbei Ansätze, wie FabCitizen, innerhalb des ersten Bildungsweges ebenso eine Rolle wie die Schulung und Betreuung der Bürger:innen innerhalb eines Projektes (Weinhardt et al., 2020). Je besser die Scientific Literacy der Bürger:innen ausgebildet ist, umso leichter können dabei qualitative Daten entstehen (Musto & Dahanayake, 2019).

Merkmale, welche eine gute Datenqualität darstellen und daher zu den Kompetenzen der Citizen Science gezählt werden können, können dabei aus der ISO/IEC 25012 abgeleitet werden (Musto & Dahanayake, 2019). Neben der Forderung einer allgemeinen Verbesserung der Datenqualität (Levy & Germonprez, 2017) wird insbesondere die Genauigkeit der Daten (Mäkipää et al., 2020) beanstandet. Besonderes Augenmerk muss dabei auf den linken, sowie den mittleren Teil von **Abbildung 1** gerichtet werden, deren Inhalt sich abgewandelt auch als Kompetenzen im Rahmen von NOWAK (2022) wiederfinden.

Abbildung 1 zeigt eine Übersicht der Kompetenzen nach ISO 25012 (2022).

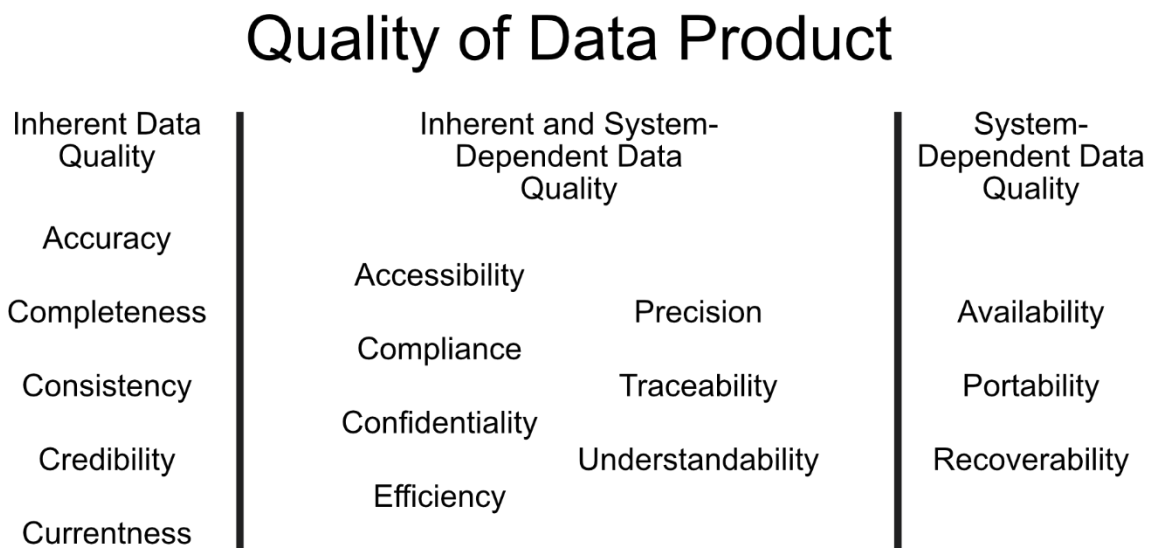


Abbildung 1: Zusammenfassung der ISO 25012 (2022)

2.2.4 Mögliche zu vermittelnden Kompetenzen

Zur Vermittlung von Kompetenzen hat NOWAK (2022) eine Übersicht entwickelt, welche Kompetenzen in welchen Themengebieten der Scientific Literacy und Citizen Science abgedeckt werden. Neben dieser Auflistung werden auch beispielhafte Inhalte gebo-

ten. Diese Liste ist dabei nicht endgültig, sondern wird stetig erweitert. Des Weiteren wird mit dem Kompetenzrahmen auch eine Abstufung geboten, welche Kenntnisstände in welchen Klassenstufen „zu erreichen“ sind. (Nowak, 2022)

2.2.4.1 Forschungsfragen

Beginnend mit der Entwicklung einer Forschungsfrage hat NOWAK (2022) 3 Kernkompetenzen herausgestellt, welche das Erkennen von wissenschaftlichen Problemen (Recognition of Scientific Issues), das Identifizieren und Erstellen wissenschaftlicher Fragestellungen (Identify & ask scientific questions) sowie die generelle Kompetenz der Fragestellung und Definition (Ask questions / define) abbilden.

Diese Art der Wissensvermittlung wird bereits von WEINHARDT ET AL. (2020) vorgeschlagen und soll bei der allgemeinen Verbesserung der Citizen Science helfen, so wie die Mündigkeit der Lernenden im wissenschaftlichen Kontext stärken (Weinhardt et al., 2020, S. 273).

2.2.4.2 Umgang mit erhobenen Daten

Weiter bildet (Nowak, 2022) diverse Kompetenzen ab, welche zur Erhebung, Verarbeitung und Auswertung von Daten beitragen. Während die Erhebung von Daten ein in der Citizen Science häufig auftretender Einsatzzweck für Bürger:innen ist (Mäkipää et al., 2020), stellen u. a. BONNEY ET AL. (2009) fest, dass bereits für diese Erhebung ein Training notwendig sein kann.

Hier kann die Herangehensweise von MUSTO UND DAHANAYAKE (2019) helfen, in welcher die Eingabe von Daten durch die Vorgabe einer Form vereinheitlicht wird. Dennoch ist es wichtig, dass in Citizen Science mehr Wert auf die Data Literacy gelegt wird, welche neben der Menge an Daten auch Ansprüche an andere Qualitäten festlegt (Musto & Dahanayake, 2019). Auch diese Ansprüche an die Datenqualität finden sich in der Kompetenzdarstellung von NOWAK (2022) wieder.

2.2.4.3 Medienkompetenzen

Abschließend stellt NOWAK (2022) in den Oberkategorien der Kompetenzen auch die Medienkompetenz heraus, welche den Umgang mit Medien und Kenntnisse der Informatik abdeckt (Nowak, 2022). Innerhalb dieser können technische Lösungen zur Datengewinnung entwickelt und somit Forschungsfragen beantwortet werden.

Anhand der Medienkompetenzen werden im folgenden Kapitel die Grundlagen erläutert, die zum Bau einer Messtation benötigt werden. Die Messtationen sind Grundlage für das Kernthema dieser Arbeit.

3 Technische Grundlagen

Während LEDERMAN (2009) für einige Kompetenzen bereits eine mögliche Staffelung vorschlägt, werden im Rahmen der Informatik in Klasse 5/6 lediglich Kompetenzbereiche benannt. Diese sollen von Lernende erarbeitet werden, ohne eine Wertung oder Staffelung vorzunehmen (Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2021).

Um zusätzlich Kompetenzen der Citizen Science (Nowak, 2022) zu schulen und auch die Qualität der gesammelten Daten (ISO 25012, 2022) zu verbessern, wird die Entwicklung von Messtationen vorgeschlagen (Nowak, 2022) und ihre Auswertung besprochen (Thoms et al., 2020).

Eine solche Messtation wird auch für den in 1.2 genannten Stratosphärenballon benötigt. Der Aufbau einer Messtation verbindet dabei die Kompetenzen der Citizen Science (Nowak, 2022) mit der Informatik (Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2021) und bietet somit eine weitere Abdeckung beider Kompetenzrahmen.

Im Folgenden werden gängige Lösungen beschrieben, mit welchen eine solche Messtation auf verschiedenen Niveaus realisiert werden kann, sowie die notwendigen Kenntnisebenen für diese.

3.1 Gängige Lösungen

Aufzuteilen sind diese Lösungen in 3 größere Abschnitte: Hardware, Software und Erweiterungen, welche abhängig voneinander gewählt werden können (Devine et al., 2018). Alle Lösungen werden dabei bereits in Schulen eingesetzt oder wurden für diese konzipiert. Ein Anspruch auf Vollständigkeit besteht hierbei explizit nicht.

3.1.1 Hardwarelösungen

Folgende Hardwarelösungen sind Beispiele für Geräte, die verwendet werden können. Abhängig von der Hardware können Software und Erweiterungen gewählt werden, die genauen Spezifikationen finden sich am Ende des Abschnitts in **Tabelle 2 & Tabelle 3**:

3.1.1.1 Arduino

Beim Arduino handelt es sich um eine Mikrocontroller-Unit (MCU) welche ohne eigenes Betriebssystem auskommt. Die Software läuft direkt auf dem Gerät und wird dort gespeichert. Der Arduino unterstützt dabei die am häufigsten verwendeten Erweiterungsmöglichkeiten, bietet jedoch keine integrierten Sensoren und lediglich eine einzelne LED als eingebaute Ausgabemöglichkeit. (siehe **3.1.3**). (Arduino.cc, 2022a)

Der gelistete Mikrocontroller ist hierbei der Arduino Uno R3. In der Familie der Arduino Mikrocontroller gibt es weitere MCUs, welche nicht einzeln aufgeführt werden, jedoch ähnliche Spezifikationen aufweisen.

3.1.1.2 Raspberry Pi

Auch beim Raspberry Pi handelt es sich um eine Hardwarefamilie, welche mehrere Controller beinhaltet. Anders als beim Arduino kann bei diesem jedoch mit einem gängigen Betriebssystem (Linux) gearbeitet werden. Wie der Arduino hat auch der Raspberry Pi keine Sensoren direkt verbaut, lediglich eine Standard-LED steht auf einigen Modellen zur Verfügung. (Raspberry Pi (Trading) Ltd, 2019)

Auch hier wird lediglich ein beispielhaftes Modell betrachtet, ohne die vollständige Produktfamilie aufzulisten.

3.1.1.3 Calliope Mini

Beim Calliope Mini handelt es sich um eine MCU, die speziell für den Einsatz in Schulen entwickelt wurde. Entsprechend sind diverse Sensoren bereits fest verbaut und auch eine Ausgabe über LEDs sowie Ton sind möglich. Zusätzlich werden verschiedene Erweiterungsmöglichkeiten angeboten. Wie beim Arduino kann kein eigenes Betriebssystem installiert werden. (Calliope.cc, 2022)

3.1.1.4 micro:bit

Beim micro:bit handelt es sich, so wie beim Calliope Mini auch, um eine MCU, welche für den Einsatz an Schulen entwickelt wurde. Der micro:bit hat dabei jedoch weniger verbaute Sensoren, um die Kosten zu reduzieren. Auch der micro:bit kommt ohne eigenes Betriebssystem aus. (microbit.org, 2022)

3.1.1.5 senseBox

Die senseBox ist der Arduino Familie sehr ähnlich, sie bietet keine integrierten Sensoren und nur eine LED zur Anzeige, welche fest verbaut ist. Auch wird hier kein Betriebssystem verwendet. Der primäre Unterschied ist der Aufbau der Hardware, welcher die Steckverbindungen vereinfacht. (Institute for Geoinformatics at the University of Münster, 2020)

3.1.1.6 Zusammenfassung

Generell lassen sich die hier genannten, sowie weitere Systeme in 3 Kategorien zusammenfassen.

Raspberry Pi, sowie weitere verfügbare Controller, welche ein vollwertiges Betriebssystem unterstützen, bilden dabei die erste Kategorie. Arduino, senseBox, sowie ein überwiegender Teil der am Markt verfügbaren Geräte unterstützen hingegen kein Betriebssystem und bilden die zweite Gruppe. Beide Gruppen haben gemein, dass sie keine spezielle Sensorik oder Ausgabemethoden haben.

Abschließend gibt es noch Geräte wie den Calliope Mini und micro:bit, welche kein Betriebssystem verwenden, jedoch eingebaute Sensorik und Ausgabe aufweisen.

In **Tabelle 2 & Tabelle 3** werden die spezifischen Eigenschaften aufgelistet, **Tabelle 2** stellt dabei eingebaute Sensorik und Ausgabeoptionen, sowie gängige Schnittstellen da. **Tabelle 3** geht auf die GPIO Merkmale und die oben genannten Kategorien der Hardware ein. Schnittstellen werden in **3.1.3** weiter erläutert.

	Sensoren	Ausgabe	Schnittstellen
Raspberry Pi	Nein	Nein (HDMI Ausgang)	6x I2C, 5x SPI, 6x UART, Kamera, Display, USB, Ethernet, SD-Karte, Bluetooth, Wi-Fi
Arduino	Nein	1x LED	I2C, SPI, UART
SenseBox	n/a	n/a	UART (Groove), I2C (Groove), SPI, BEE Sockets
Calliope Mini	Beschleunigung, Lagesensor, Magnetometer (Kompass) Mikrofon, 2x Taster, 4x Touch, Temperatur	5x5 LED-Matrix, RGB LED, Piezo Speaker	UART (Groove), SPI, I2C (Groove), 2x Motoranschluss, Bluetooth, Funkkommunikation
Micro:bit	Beschleunigung, Lagesensor, Magnetometer (Kompass) Mikrofon, 2x Taster, Touch, Temperatur	5x5 LED-Matrix, Piezo Speaker	SPI, UART, I2C, 3x Touch, Bluetooth, Funkkommunikation

Tabelle 2: Integrierte Optionen zur Ein- und Ausgabe der vorgestellten Hardware

	Erweiterbarkeit	Analoge Eingabe	PWM	Kategorie
Raspberry Pi	28 GPIO Pins	0	2	1
Arduino	20 GPIO Pins	6	6	2
SenseBox	n/a	n/a	n/a	2
Calliope Mini	11 GPIO Pins	4	4	3
Micro:bit	19 GPIO	6	3	3

Tabelle 3: Verfügbare GPIO Möglichkeiten der vorgestellten Hardware

3.1.2 Softwarelösungen

Bedingt durch die Auswahl der Hardware und die Ansprüche, welche an diese gestellt werden, kann eine Auswahl an möglichen Programmiersprachen getroffen werden. Diese unterscheiden sich durch ihren Aufbau und die notwendigen Vorkenntnisse. (Devine et al., 2018)

Hierbei wird im Folgenden insbesondere zwischen textuellen und blockbasierten Programmiersprachen unterschieden. Blockbasierte Sprachen bieten ein Drag-and-drop Prinzip, in welchem der Code zusammengezogen wird. Bei textuellen Sprachen wird der Code hingegen händisch geschrieben. (Devine et al., 2018)

Blockbasierte Sprachen werden zumeist eingesetzt, um die Logik von den Befehlen zu trennen, welche in textuellen Sprachen weit umfangreicher sind. Zudem werden auf diese Weise Fehler basierend auf der Rechtschreibung vermieden. Textuelle Sprachen bieten hingegen mehr Freiheiten und sind in Wirtschaft und Forschung weit stärker vertreten. (Ball et al., 2019)

```
1 int ledPin = 13;
2
3 void setup() {
4   pinMode(ledPin, OUTPUT);
5 }
6
7 void loop() {
8   digitalWrite(ledPin, HIGH);
9   delay(1000);
10  digitalWrite(ledPin, LOW);
11  delay(1000);
12 }
```

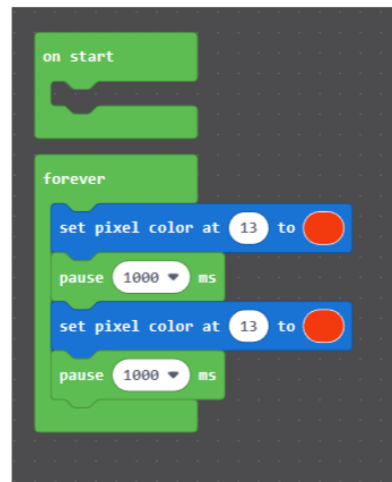


Abbildung 2: Vergleich der Oberflächen von Arduino (links) und MakeCode (rechts)

Im Folgenden findet sich eine Liste gängiger Programmiersprachen, welche in Verbindung mit den in 3.1.1 genannten Hardwarelösungen verwenden lässt. Es besteht kein Anspruch auf Vollständigkeit.

3.1.2.1 MakeCode

Bei MakeCode handelt es sich um eine der größten blockbasierten Programmiersprachen, welche eine große Anzahl an Geräten unterstützt. Die meisten MakeCode Umgebungen unterstützen zudem eine textuelle Ansicht in JavaScript und Python. (Microsoft MakeCode, 2022c)

Da es sich bei MakeCode um ein open source Projekt handelt (Microsoft Corporation, 2022), wird die Liste der unterstützten Geräte stetig erweitert. Neben Hardware für Sensoren unterstützt MakeCode auch die Entwicklung von Spielen (Microsoft MakeCode, 2022c) und ist leicht zu ergänzen.

3.1.2.2 Open Roberta

Bei Open Roberta handelt es sich ebenfalls um eine Blockprogrammiersprache, welche als open Source Projekt zugänglich ist (OpenRoberta, 2022a). Der eigene Editor heißt dabei Nepo. Auch hier werden diverse Geräte unterstützt, welche sich jedoch zum Teil von MakeCode unterscheiden (OpenRoberta, 2022b).

Ebenso kann Open Roberta um eigene Funktionen und Geräte ergänzt werden, hierzu wird jedoch ein lokaler Server benötigt (OpenRoberta, 2021).

3.1.2.3 Arduino IDE

Bei der Arduino Umgebung handelt es sich um die erste textuelle Programmierumgebung, welche speziell für Arduino entwickelt wurde. Inzwischen können jedoch auch viele weitere Geräte genutzt werden. Auch bei Arduino handelt es sich um ein open source Projekt. Dabei wird eine Form von C++ verwendet. Entsprechend kann der Arduino Editor leicht erweitert werden. (Arduino.cc, 2022b)

3.1.2.4 Weitere Programmiersprachen

Ebenfalls in diesem Abschnitt genannt werden die Programmiersprachen Python und JavaScript. Diese entsprechen dem Backend der Blockly Umgebung, welche für alle genannten und weitere blockbasierte Programmiersprachen verwendet wird (Google Developers, 2021).

Beide Sprachen können entsprechend verwendet werden, um Hardware zu programmieren, sofern eine Blockly Umgebung genutzt wird, welche diese unterstützt. Diese sind nicht explizit aufgeführt.

Bei der senseBox eigenen Umgebung handelt es sich ebenfalls um eine Blockly Integration (Institute for Geoinformatics at the University of Münster, 2022b).

3.1.2.5 Zusammenfassung

Die gelisteten Programmierumgebungen und die mit ihnen kompatible Hardware findet sich in **Tabelle 4**:

	MakeCode	open Roberta	Arduino
Arduino	Nur bestimmte Modelle	Verfügbar	Verfügbar
Raspberry Pi	Nur Spiele	Nein	Nein
Calliope Mini	Verfügbar	Verfügbar	Nein
Micro:bit	Verfügbar	Verfügbar	Verfügbar
senseBox	Nein	Verfügbar	Verfügbar
Mobile Version	Verfügbar	Verfügbar	Nicht offiziell
Offlineversion	Nach erstem Aufruf	Verfügbar	Verfügbar
Erweiterbar	Lokal	Nur mit lokaler Version	Lokal

Tabelle 4: Kompatibilität von Hard- und Software

Verweise zu den entsprechenden Editoren finden sich im **Anhang E: Liste der Editoren**

Die meisten Kombinationen von Hard- und Software sind eindeutig. Ausnahmen bilden dabei Geräte mit eigenem Betriebssystem, diese benötigen gesonderte Programmiersprachen und sind mit den gelisteten Sprachen zumeist nicht kompatibel. Eine Ausnahme bildet dabei MakeCode für Spiele (Microsoft MakeCode, 2022b), welche auch auf dem Raspberry Pi verwendet werden können.

Ebenfalls sind nur spezielle Modelle der Arduino Familie mit MakeCode kompatibel (Microsoft MakeCode, 2022f). MakeCode ist nach dem ersten Aufruf für alle bereits verwendeten Geräte offline verfügbar (Microsoft MakeCode, 2022g) und kann durch das Hochladen eigener Erweiterungen (auf dem eigenen Gerät) erweitert werden (Microsoft MakeCode, 2022a).

Im Gegensatz hierzu steht die Erweiterbarkeit von Open Roberta nur zur Verfügung, wenn ein lokaler Server verwendet wird, dieser ist auch für einen offline Einsatz erforderlich. (OpenRoberta, 2021)

Arduino bietet die Möglichkeit lokale Dateien direkt in der Entwicklungsumgebung zu laden (Arduino.cc, 2022c) und benötigt keinen Server oder erstmalige Verbindung zum Internet, um verwendet werden zu können. Jedoch gibt es keine offizielle Software für die mobile Entwicklung.

3.1.3 Erweiterungsmöglichkeiten

Abschließend müssen noch die in **Tabelle 2** gelisteten Erweiterungsstandards und ihr Nutzen für Projekte beleuchtet werden. Hierbei beschränkt sich die folgende Auswahl auf Standards, welche die in **3.1.1** genannte Hardware bietet und welche für die Ergänzung von Sensorik hilfreich ist.

3.1.3.1 I2C

Bei I2C (auch IIC, I²C) handelt es sich um die Abkürzung für Inter-Integrated Circuit. Dieses Bussystem verwendet zur Kommunikation 2 definierte Verbindungen, welche eine Schnittstelle Timing (Clock, SCL) und eine für Transfer (Data, SDA) bieten. I2C ist

dabei ein Multi-Master / Slave System und unterstützt eine endliche Zahl an Geräten auf einem Bus. Jedes Gerät hat dabei eine eigene Adresse, um mit anderen Geräten zu kommunizieren. (Liu et al., 2019)

3.1.3.2 SPI

Auch bei SPI (Serial Peripheral Interface) handelt es sich um eine Erweiterungsmöglichkeit. Anders als bei I2C werden bei SPI jedoch mindestens 4 Verbindungen benötigt. Die Datenverbindung ist dabei getrennt in 2 Richtungen (Master In Slave Out - MISO & Master Out Slave In - MOSI) zudem wird die Verbindung über eine spezielle Leitung (Chip Select, CS) aufgebaut. SPI hat einen größeren Datendurchsatz, bietet jedoch keine Möglichkeit für ein Multi-Mastersystem. (Leens, 2009)

3.1.3.3 UART

Bei UART (Universal Asynchronous Receiver and Transmitter) handelt es sich um ein Protokoll, welches 2 Geräte direkt verbindet. Jedes der beiden Geräte kann dabei unabhängig Daten Senden und Empfangen, ohne auf ein Timing Signal für andere Geräte Rücksicht nehmen zu müssen. Beide Geräte haben ihre eigene Datenleitung (Sender und Empfänger, TX und RX) und eine festgelegte Geschwindigkeit an Zeichen pro Sekunde (BAUD). (Nanda & Pattnaik, 2016)

3.1.3.4 Funk

Hardware mit Funkschnittstelle bietet die Möglichkeit einer direkten Kommunikation mit einem oder mehreren weiteren Einheiten derselben Hardware. So können verschiedene micro:bits oder Calliope Mini MCUs untereinander kommunizieren und Daten ohne Kabel austauschen. Ausschlaggebend ist hierbei der Prozessor der entsprechenden Einheit. (Nordic Semiconductor, 2022a, 2022b)

3.1.3.5 Lösungen

Für alle genannten Standards gibt es Implementationen. Die bekannteste ist dabei die USB-Schnittstelle des UART Standards. Die für Sensoren am häufigsten verwendeten Verbindungsstandards bedienen dabei den I2C Standard und sind entsprechend untereinander kompatibel. Beispiel hierfür ist der Groove Connector des Calliope Mini. (Zuo, 2022)

Ebenso verbreitet ist der Standardanschluss STEMMA QT / QWIIC, welcher die gleichen Anschlüsse, Stecker und Pinbelegung verwendet und auch Adapter auf den Groove Connector bietet. (Adafruit Learning System, 2019; sparkfun.com, 2022)

3.2 Voraussetzungen für den Einsatz

Die genannten Plattformen werden im Folgenden anhand wichtiger Eigenschaften aus 2.2 beleuchtet, um anschließend eine Eingrenzung für das Projekt des Stratosphärenballons treffen zu können.

3.2.1 Erlernbarkeit

Beginnend mit dem Anspruch des einfachen Erlernens bieten MakeCode (Devine et al., 2018) und Open Roberta (Jost et al., 2014) die niederschweligen Zugänge und finden im schulischen Kontext bereits vermehrt Anwendung (Ball et al., 2019; Jost et al., 2014). Open Roberta ist dabei besonders in Deutschland weitverbreitet (Jost et al., 2014).

Zudem raten DEVINE ET AL. (2018) auf die Verwendung von textuellen Programmiersprachen für den fortgeschrittenen Einsatz.

3.2.2 Erweiterbarkeit

Die Erweiterbarkeit, sowohl von Software als auch von Hardware spielt eine Rolle, sobald die fest verbauten Sensoren nicht mehr ausreichen. Diese hängt sowohl von den möglichen Hardwareschnittstellen (**Tabelle 2 & Tabelle 3**), als auch von der Möglichkeit zur Erweiterung der Software (**Tabelle 4**) ab.

3.2.3 Verfügbarkeit

Weiter ist es sinnvoll, dass Software auf diversen Geräten und ohne Internetverbindung verfügbar ist (Nowak, 2022), damit der Inhalt auch ohne Internetverbindung und mit anderen Geräten zur Verfügung steht. Eine Übersicht hierzu findet sich in **Tabelle 4**.

3.2.4 Kosteneffizienz

Abschließend sind Projektkosten ein entscheidender Faktor. Da Citizen Science den Bürger:innen zumeist keine finanzielle Entschädigung bieten (Weinhardt et al., 2020) ist Kostenneutralität ein erklärtes Ziel bei der Auswahl von Hard- und Software. Hierbei kann speziell auf die vorhandenen Geräte an Schulen eingegangen werden, welche zumeist zur Erfüllung des Kernlehrplans (Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2021) beschafft wurden.

3.3 Eingrenzung

Anhand der zuvor erklärten Voraussetzungen, werden folgende Hard- und Softwarelösungen weiter berücksichtigt:

3.3.1 Optionen für den Einstieg

Um den Einstieg zu erleichtern, wird zunächst auf Hardware zurückgegriffen, welche keine Erweiterung voraussetzt. Hierbei ist der Calliope Mini das Mittel der Wahl, da dieser mehr Optionen und leichter greifbare Hardware bietet. Zudem kann dieser für höhere Ansprüche leichter weiterverwendet werden.

Als Software können sowohl Open Roberta als auch MakeCode gewählt werden.

3.3.2 Übergangsniveau

Im Anschluss können die Schnittstellen des Calliope Mini, speziell die I2C Verbindung genutzt werden, um weitere Sensoren anzuschließen. Dies ist insbesondere mit dem MakeCode Editor leicht umsetzbar und erweitert die Funktionen des Calliope Mini um ein Vielfaches. Eine Erweiterung durch GPIO ist mit beiden vorher genannten Editoren möglich.

Weiter ist ein Übergang in der Hardware möglich, dieser ist dabei nur mit speziellen Geräten der Arduino Familie und in gewissen Kombinationen möglich, siehe **Tabelle 4**. Die am häufigsten vertretende Hardware ist dabei der Arduino Uno, welcher als Referenz für **Tabelle 2, Tabelle 3 & Tabelle 4** dient und nur von Open Roberta als Blockeditor unterstützt wird (OpenRoberta, 2022b). Andere Geräte der Familie sind hierbei auch mit MakeCode kompatibel (Microsoft MakeCode, 2022f).

3.3.3 Fortgeschrittenes Niveau

Um das Projekt einer Messstation für einen Stratosphärenballon umzusetzen, ist es das Ziel, die Hardware mit textuellen Programmiersprachen zu programmieren. Da diese am leichtesten zu erweitern sind und die größte Auswahl für Sensoren bieten. Durch den Wegfall nicht verwendeter Hardware verbessert sich zudem die Kosteneffizienz.

Zu diesem Zweck ist ein Umstieg auf Hard- und Software der Arduino Familie empfehlenswert und angestrebt.

3.3.4 Zusammenfassung

Die verwendete Hardware zum Erlernen der Entwicklung von Messstationen lässt sich ohne Probleme auf 2 Geräte reduzieren. Hierbei bildet der Calliope Mini den Einstieg und wird später durch MCUs aus der Arduino Familie ersetzt.

Für die Software können zunächst MakeCode oder Open Roberta verwendet werden, wobei, abhängig von der Wahl der fortgeschrittenen Hardware MakeCode zu bevorzugen ist. **Tabelle 5** fasst die beschriebenen Punkte noch einmal zusammen.

<i>Niveau</i>	<i>Hardware</i>	<i>Umgebung</i>	<i>Erweiterung</i>	<i>Ziel</i>
<i>Einstieg</i>	Calliope Mini	MakeCode / Open Roberta	Keine	Erlernen der Grundlagen
<i>Übergang</i>	Calliope Mini	MakeCode	I2C / GPIO	Umgang mit externen Sensoren
<i>Übergang</i>	Arduino	MakeCode / Open Roberta	I2C / GPIO	Erlernen von fortgeschrittener Hardware
<i>Fortgeschritten</i>	Arduino	Arduino	Keine / optional	Erlernen von textueller Programmierung

Tabelle 5: Beschreibung von Hard- und Softwarekombinationen zur Entwicklung von Messstationen

4 Entwicklung von Lernszenarien

Um Lernende und später Bürger:innen besser in die Citizen Science einbinden zu können, ist eine Schulung ratsam (Weinhardt et al., 2020). Ziel dieser Arbeit ist, Elemente zu entwickeln, welche im Unterricht eingebracht werden können. Diese „Lernszenarien“ stellen dabei ein Training für die in **2.2** genannten Kompetenzen dar.

Wichtigste Grundlage der Lernszenarien ist dabei die Arbeit von NOWAK (2022), welche sowohl eine Übersicht von Kompetenzen als auch einen Rahmen für die Lernszenarien selbst bietet.

Abgebildet wird dabei insbesondere die Designphase (Vaishanvi, 2009, S. 5) des Design Science Research Prozesses.

4.1 Design Science Research

Im Kern handelt es sich bei Design Science Research um eine Herangehensweise, welche die wissenschaftliche Arbeit in 3 Kernfelder aufteilt.

Begonnen wird dabei mit der Problemidentifikation, welche durch Experteninterviews und Literaturrecherche ein Problem herausstellt. Dieses wird in einer Vorevaluation mit einem möglichen Lösungsansatz, respektive einer Hypothese verbunden. (Vaishanvi, 2009)

Das Ergebnis dieser Vorevaluation ist die Feststellung: „Wenn eine Lösung auf ein Problem angewandt wird, werden sich einige beobachtete Aspekte in eine Richtung ändern, welche am Ende (der Einheit) hilft“ (Vaishanvi, 2009, S. 5).

Die Entwicklung einer solchen Lösung findet sich im zweiten Teil des Prozesses wieder, welcher sich der Entwicklung von Artefakten zur Lösung widmet (Vaishanvi, 2009). In diesen Schritt greift auch das Vorgehensmodell nach Nowak (2022), welches in diesem Kapitel weiter behandelt wird und sich mit der Entwicklung von Lösungen zur Förderung von Citizen Science beschäftigt.

In der folgenden Evaluationsphase werden Expertenbeobachtungen, Fallstudien und Laborexperimente genutzt, um die erwartete Verbesserung nachzuweisen. Tritt diese nicht ein, können die Problemstellung und Lösungsansätze neu evaluiert werden. (Vaishanvi, 2009)

Eine Übersicht über den Prozess findet sich in **Abbildung 3**.

4.2 Zielsetzung der Arbeit

Schwerpunkt dieser Arbeit ist es dabei nicht Evaluationsmethoden (Vaishanvi, 2009) zu entwickeln. Sondern für die Problemstellung, welche in **1.2.3** beschrieben wird, einen Lösungsansatz nach Vaishanvi (2009) zu entwickeln.

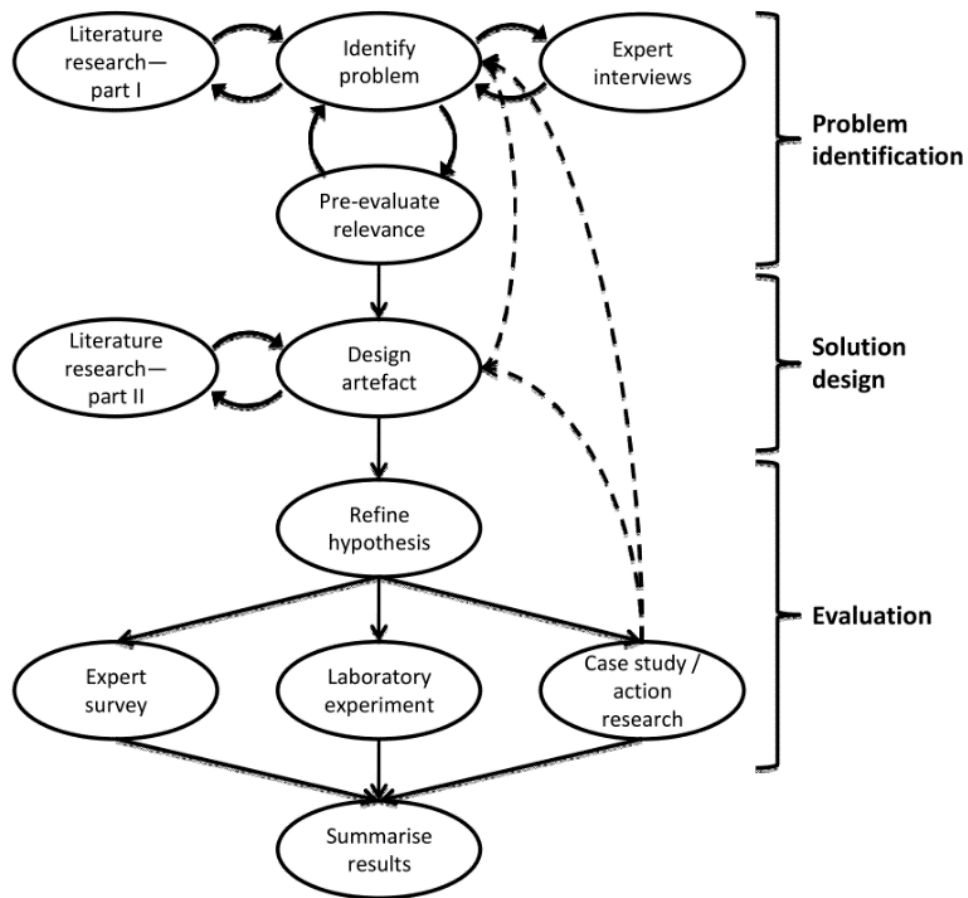


Abbildung 3: Abbildung des Design Science Research Prozesses nach VAISHANVI (2009, S. 5)

Erste Befragungen zur Machbarkeit mit Schulen (Venable et al., 2016) waren dabei positiv (**Anhang A: Interviews mit Lehrenden**) und werden in Kapitel 5 ausführlich behandelt.

In folgenden Abschnitt werden zunächst die in Kapitel 2 geschilderten Probleme bearbeitet und mögliche Lösungswege beschrieben. Hierbei wird der Ansatz von WEINHARDT ET AL. (2020) aufgegriffen, dass Bürger:innen spezielle Schulungen erhalten sollen.

4.3 Definition von Lernszenarien

Bei Lernszenarien handelt es sich zunächst um Aufgaben, welche es Lernenden in einem vorher definierten Rahmen ermöglichen, neue Kompetenzen zu erwerben. Schwerpunkt wird, wie in Abschnitt 2.2 beschrieben, auf dem schulischen Kontext liegen.

Wichtigste Grundlage für die Entwicklung von Lernszenarien in diesem Projekt ist die Methodik nach NOWAK (2022), welche in 5 Phasen aufgeteilt wird, diese werden in Abschnitt 5 bearbeitet und im Folgenden beschrieben:

In **Phase 1** wird ein Lernszenario geplant, zunächst wird dabei Kontakt mit Schulen hergestellt, um festzustellen, welche Themen und Fachbereiche für die Schule relevant sind. Anschließend werden Inhalte ausgewählt und an die Bedürfnisse der Bildungseinrichtung angepasst. Diese Phase umfasst zudem organisatorische Punkte wie das Einholen von Foto- und Filmfreigaben zur Dokumentation. (Nowak, 2022)

Anschließend wird in **Phase 2** eine zu beantwortende Forschungsfrage entwickelt und auf die zu erwerbenden Kompetenzen nach NOWAK (2022) abgestimmt. Zudem können erste Testdurchläufe mit Lehrenden und Lernenden stattfinden. (Nowak, 2022, S. 85–86)

Phase 3 ist die primäre Aktivitätsphase, in welcher Lernende ein permanentes Feedback zu den Themen erhalten, welche Sie bearbeiten. In dieser Phase wird nötige Infrastruktur entwickelt und bereitgestellt, Protokolle geschrieben und Daten gesammelt, ausgewertet und evaluiert, um die Forschungsfrage aus Phase 2 zu beantworten. Final werden Ergebnisse präsentiert. (Nowak, 2022)

In **Phase 4** geht es schließlich um die Ergebnisse der Lernenden. Hier sind persönliche Ergebnisse die Schwerpunkte. U. a. ein besseres wissenschaftliches Verständnis und die Evaluation des Prozesses des Lernens. (Nowak, 2022)

Abschließend wird in **Phase 5** ein Feedback zum Lernszenario eingeholt, um mögliche Verbesserungen zu evaluieren und durchführen zu können. (Nowak, 2022)

Zur besseren Übersicht hat Nowak (2022, S. 83) eine Visualisierung des Modells bereitgestellt, welche sich in **Abbildung 4** findet.

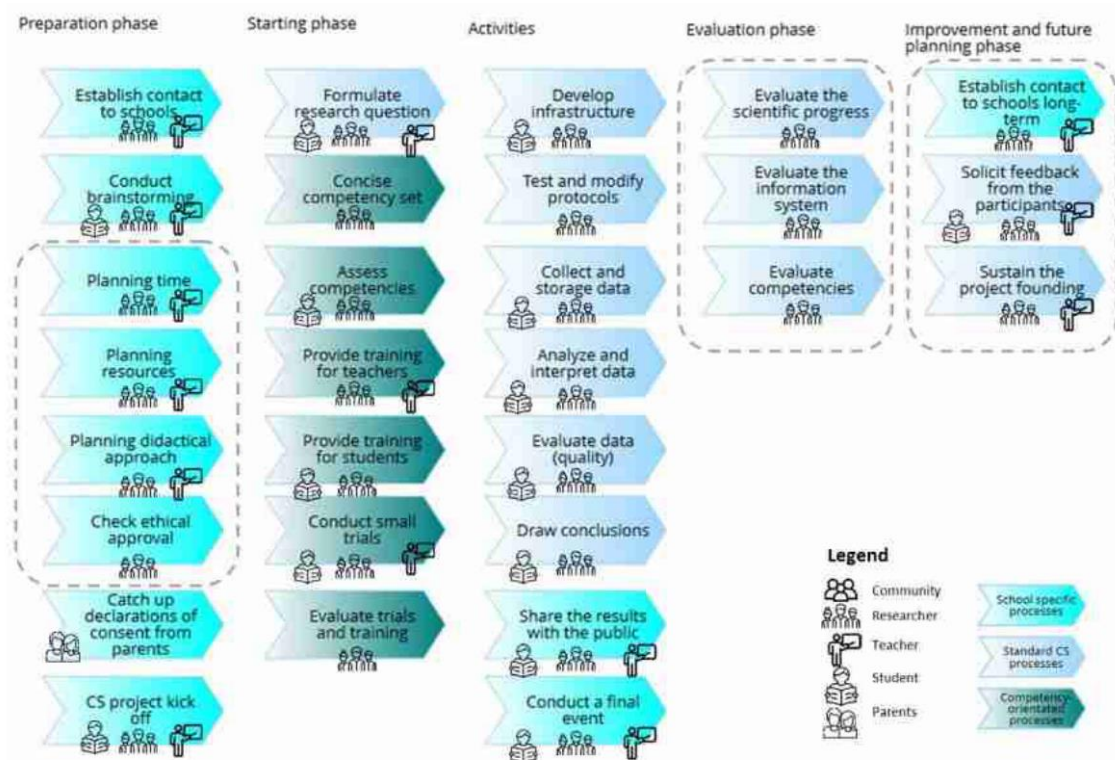


Abbildung 4: Visualisierung des Vorgehensmodells nach Nowak (2022, S. 83)

Zur Entwicklung von Lernszenarien auf unterschiedlichen Niveaus lässt sich neben der Methode von (Nowak, 2022) auch eine Einteilung nach LEDERMAN (2009) vornehmen. Diese Einteilung umfasst 4 Stufen, welche aufeinander aufbauen:

Stufe 1 hat dabei die niedrigste Schwelle und gibt den Lernenden Forschungsfrage, Methodik sowie mögliche Ergebnisse vor. Lernende sind lediglich Beobachter und arbeiten an ihrem Verständnis für Vorgehensweisen (Lederman, 2009). Diese einfache Form der Partizipation wird unter anderem auch von BONNEY ET AL. (2009) für die Vogelzählung benannt.

Stufe 2 des Modells gibt den Lernenden Problem und Lösungsweg vor, ein Fazit müssen diese anschließend eigenständig ziehen. (Lederman, 2009)

In Stufe 3 wird lediglich eine Fragestellung vorgegeben, Lösungsweg und Ergebnis bleiben offen. (Lederman, 2009)

Stufe 4 spiegelt die Entwicklung und Lösung eines wissenschaftlichen Problems vollständig wider. (Lederman, 2009)

4.3.1 Entwicklung von Forschungsfragen

Um Forschungsfragen entwickeln zu können, müssen Lernende zunächst einmal bestimmen können, wie eine solche überhaupt definiert ist (Nowak, 2022). Zur Vermittlung dieser Kompetenz ist es wichtig, verschiedene Fragestellungen kennenzulernen und von nicht wissenschaftlichen Fragen zu unterscheiden (OECD, 2007a). Nach LEDERMAN (2009) entsprechen diese ersten Lernszenarien der Stufe 1 und würden keine Kompetenzen voraussetzen.

Anhand des von NOWAK (2022) festgelegten Rahmen lässt sich anschließend daran arbeiten, dass Teilnehmende zunehmend komplexe Fragestellungen kennen und zu bearbeiten lernen.

4.3.2 Datenerhebung

Die Erhebung von Daten in Citizen Science Projekten wird oft durch beteiligte Bürger:innen vorgenommen (Mäkipää et al., 2020). Diese Option für die Erhebung steht im schulischen Kontext jedoch nicht zur Verfügung, da Lernende diese Daten zum Teil schnell benötigen (Nowak, 2022), zum anderen aber auch lernen müssen, wie diese Daten erhoben werden (Weinhardt et al., 2020). Durch das Erlernen der nötigen Kompetenzen zum Erheben von Daten können Lernende von Stufe 2 auf Stufe 3 nach LEDERMAN (2009) aufsteigen.

Die Erkenntnis, welche Daten zur Beantwortung einer spezifischen Frage relevant sind, ist eine weitere notwendige Kompetenz (Nowak, 2022). Hierbei lässt sich zwischen dem generellen sammeln von Daten, dem Entdecken möglicher Daten sowie der Generierung weiterer Daten als Kompetenz unterscheiden. Auch helfen diese Kompetenzen dem von MÄKIPÄÄ ET AL. (2020) erläuterten Problem entgegenzuwirken, dass Bürger:innen ohne Vorkenntnisse zum Teil keine präzisen Daten liefern.

Neben der Gewinnung von Daten ist es zudem wichtig auch die Kompetenz der Validierung zu erlernen, um Fehler im späteren Fazit ausschließen zu können (Weinhardt et al., 2020). Zu diesem Zweck benötigen Lernende entsprechend weitere Kompetenzen (Nowak, 2022).

Abschließend sind noch die Medienkompetenzen zu erwähnen (Nowak, 2022), welche die Entwicklung einer Messtation zur Datenerhebung ermöglichen.

4.3.3 Open Educational Resource

Eine Möglichkeit, um Lernszenarien zu generieren, ist die Verwendung von Open Educational Resources (OER) welche im Rahmen der Lernszenarien verwendet werden können (Nowak, 2022). Hierbei handelt es sich um Materialien, welche frei zugänglich sind und zumeist schon für den Schulkontext aufbereitet wurden. In diesem Fall muss lediglich ein Übertrag auf die Ansprüche der Lernszenarien geschehen (Nowak, 2022).

OERs bieten dabei verschiedene Vorteile, insbesondere im schulischen Kontext. So bieten verschiedene Materialien unterschiedliche Betrachtungswinkel, können Inhalte auf diverse Arten vermitteln und den Schulalltag somit bereichern. (Richter & Ehlers, 2011)

Ähnliche Vorteile bieten OER zudem für Citizen Science im Allgemeinen, da zu verschiedenen Themen, welche von Bürger:innen bearbeitet werden, auch unterschiedliche Ansichten und Lehrmethoden zur Verfügung stehen. (Wehn et al., 2020)

4.4 Prüfung von Voraussetzungen

Um die Voraussetzungen zu ermitteln, wurden zunächst die gängigen Zeitformen an Schulen geprüft. Schwerpunkt war dabei das Land NRW, in welchem es neben den gängigen 45 Minuten Stunden auch alternativ ein Modell mit 67,5 Minuten pro Einheit gibt. (**Anhang A: Interviews mit Lehrenden**)

Die Verwendung dieser Langstunden erschwert zum Teil die von NOWAK (2022) beschriebenen Projektoptionen, da Lernszenarien, welche für Schulen geplant werden, mit variierenden Zeiten zurechtkommen müssen. Da jedoch keine festen Zeiten vorgegeben sind, kann dieses Problem ignoriert oder mit optionalen Lerneinheiten umgangen werden.

Weiterhin hat eine Befragung von Lehrkräften (**Anhang A: Interviews mit Lehrenden**) ergeben, dass folgende 5 Einsatzmöglichkeiten an Schulen sinnvoll eingesetzt werden können:

1. Ganztägige Lernszenarien an externen Standorten oder in Schulen (Ganztägig im Rahmen der Schulzeit).
2. Projektwochen an internen und externen Standorten (3 bis 4 ganztägige Veranstaltungen an aufeinander folgenden Tagen, zumeist vor Ferien).

3. Angebote als AG (Arbeitsgemeinschaft) nach dem regulären Unterricht (bis zu 2 Stunden täglich über einen definierten Zeitraum).
4. Einbindung in den regulären Unterricht (Ergänzende oder vorbereitende Angebote sowie die Verbindung mit Unterrichtsinhalten, um mehrere Einheiten belegen zu können).

Des Weiteren wurde eine schulexterne Vermittlung vorgeschlagen, welche allerdings nicht Teil des Projektes ist und bereits in der Arbeit von NOWAK (2022) beschrieben wurde.

4.5 Anforderungen an Lernszenarien

Auf Basis dieser Voraussetzungen der Schulen lässt sich festhalten, dass Lernszenarien für diverse zeitliche Optionen abgestimmt werden müssen, was noch einmal die Arbeit von NOWAK (2022) bestätigt. Um unterschiedliche Vorkenntnisse der Lernenden auszugleichen, ist es zudem sinnvoll, verschiedene Lernszenarien anzubieten, welche gezielt notwendige Kompetenzen schulen. Die Befragung von Lehrkräften (**Anhang A: Interviews mit Lehrenden**) hat dabei ergeben, dass Lehrende sich eine Einbindung der Kompetenzen in den Unterricht wünschen, welche jedoch nicht zu sehr vom Lehrplan abweicht.

Daher entsteht im Folgenden nicht ein einzelnes Lernszenario zur Entwicklung eines Stratosphärenballons, sondern eine Sammlung von Lernszenarien, welche in kleinen Schritten zu diesem führt und verschiedene zeitliche Optionen abdeckt (Nowak, 2022). Zudem bietet diese Verteilung einen kleinschrittigen Übergang von Stufe 1 zu Stufe 4 nach LEDERMAN (2009) und bietet somit ein geringeres Risiko, die Lernenden zu überfordern.

4.5.1 Zugangsvoraussetzungen

Lernende an Schulen, speziell der Klassenstufen 5 & 6 (Alter ~10-12 Jahre) haben in den wenigsten Fällen bereits Kontakt mit wissenschaftlichen Arbeitsweisen gehabt. Im Kernlehrplan (Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2021) für Klasse 5 & 6 wird zwar Informatik vorgeschrieben, jedoch sind die Inhalte zumeist einfach gehalten, um Lernende nicht zu überfordern. Gerade explorative Ansätze werden dabei vorwiegend im MINT Bereich genutzt. Auch hier sind diese jedoch nicht in allen Feldern anzutreffen (**Anhang A: Interviews mit Lehrenden**).

Für die Kompetenzen bedeutet dies, dass Lernszenarien der Stufe 1 bis 2 (Lederman, 2009) in diesen Klassen priorisiert werden sollten. Auch ist eine Trennung zwischen Medienkompetenzen und Scientific Literacy ratsam, um Lernende nicht zu überfordern (**Anhang A: Interviews mit Lehrenden**).

Für die Medienkompetenzen und das Erfassen von Daten bietet sich entsprechend Hardware auf Einstiegsniveau (siehe 3.3) an, da diese einen geringeren Aufwand und weniger notwendige Vorkenntnisse voraussetzen.

Höheren Klassenstufen kann in der Scientific Literacy ein steigendes Niveau geboten werden, um den schulischen Ansprüchen nachzukommen. Für die Medienkompetenzen ist dies nur bedingt der Fall, da Lernende der Klassenstufe 7 nur wenig, bis kein Informatikunterricht hatten. Somit fehlen diesen zum Teil Kompetenzen im Umgang mit programmierbarer Hardware. (**Anhang A: Interviews mit Lehrenden**)

4.5.2 Mehrwert für Schulen

Für Schulen ist die Möglichkeit zum Lernen an externen Standorten relevant (**Anhang A: Interviews mit Lehrenden**). Diese wird durch die Kooperation zwischen Wissenschaft und Schule möglich, insbesondere wenn es sich beim wissenschaftlichen Partner um Labore oder Hochschulen handelt.

Weiter wird das Training von Bürger:innen nach WEINHARDT ET AL. (2020) dazu verwendet, dass der Schulunterricht um weitere Sichtweisen und Lehrmethoden erweitert werden kann. Dies führt zu einer Verbesserung wie in **4.3.3** beschrieben, auch wenn die verwendeten Ressourcen nicht zwangsweise OER Elemente sind.

Zusätzlich verbessert eine Bildung im Bereich Citizen Science / Information Research auch die Möglichkeiten von Schulen, eigene Forschungsprojekte zu entwickeln und kann das Interesse von Lernenden an Wissenschaft im Allgemeinen beeinflussen. (**Anhang A: Interviews mit Lehrenden**)

4.6 Methodik

Der Ansatz der Wissensvermittlung beruht dabei auf **Anhang A: Interviews mit Lehrenden**. Hier gaben alle Lehrkräfte an, dass ein explorativer Ansatz für Lernende von Vorteil wäre. Die entstandenen Lernszenarien geben daher lediglich beispielhafte Aufgaben vor und lassen die Lösungswege zunächst offen, sofern möglich.

Primär die Vermittlung technischer Grundlagen (**4.7.3**) hat dabei eine stärkere Führung, bietet jedoch auch Ansätze zum Experimentieren.

4.7 Entstandene Lernszenarien

Unter den in **4.5** definierten Anforderungen und dem gewünschten Mehrwert sind folgende Lernszenarien hervorgegangen. Eine Zusammenfassung nach NOWAK (2022) findet sich im **Anhang C: Entstandene Lernszenarien** sowie eine übersetzte Version der Vorlage in **Anhang D: Vorlage für Lernszenarien**.

Die entstandenen Lernszenarien besitzen dabei 2 englisch eingetragene Felder, um im internationalen Kontext leichter erkannt zu werden. Diese sind zum einen die Identifikationsnummer sowie die Themen des Lehrplans, welche als Oberkategorien nach NOWAK (2022) bestimmt werden.

Im Folgenden werden die Lernszenarien benannt und im Kontext des Kernprojektes „Stratosphärenballon“ begründet. Zudem ist eine Kurzbeschreibung des Inhalts beige-

fügt und die angestrebten Ziele definiert. Eine genaue Erläuterung und ein Verweis zum Lehrmaterial findet sich in **Anhang C: Entstandene Lernszenarien**.

Zur Erläuterung des Prozesses wird die Entwicklung von **Lernszenario 1** detailliert aufgeschlüsselt und anhand der Vorlage nach Nowak (2022) (**Anhang D: Vorlage für Lernszenarien**) beschrieben.

4.7.1 Lernszenario 1: Das fachliche Beantworten von Fragen

Grund für dieses erste Lernszenario ist die Feststellung in **4.5.1**, dass gerade in den unteren Klassenstufen wichtige Kompetenzen zur Scientific Literacy fehlen.

Um Lernenden einen altersgerechten Einstieg zu ermöglichen, werden in diesem Lernszenario daher Fragen gestellt, die durch Beobachtung und ohne notwendige Hardware zu beantworten sind. Hierzu werden einige Fragen gestellt, welche die Lernenden bearbeiten und auswerten können. Beispiele sollen hier die Anzahl der Stifte in den Mappen, die Altersverteilung und andere schnell zu erfassende Punkte sein.

Ziel des Lernszenarios ist es, dass die Lernenden im Anschluss eine Unterscheidung anstellen können. Zwischen Fragen, welche anhand von Daten beantwortet werden können und Fragen, bei denen dies nicht funktioniert (OECD, 2007a).

Anhand dieser Grundkompetenz können später Fragen generiert werden, welche mit einem Stratosphärenballon beantwortet werden können.

Um das Lernszenario später nutzen zu können, erhält dieses zunächst eine einzigartige ID, anhand welcher es später zugeordnet werden kann. Die ID dieses Lernszenarios ist dabei: DE_STRATO_01_QUESTIONS_BASIC. DE für die angewandte Sprache, STRATO für einen Verweis zur Zugehörigkeit des Stratosphärenprojektes gefolgt von der Lernszenario-Nummer und einem groben Inhalt.

Anschließend wird der Anzeigename angegeben. Dieser entspricht dem Titel des Lernszenarios „Das fachliche Beantworten von Fragen“.

Im dritten Element werden Inhalt und Beschreibung eingefügt. Dieser soll in erster Linie das Interesse wecken und die Kompetenzen, welche vermittelt werden, grob widerspiegeln.

Das Item „Quellen“ gibt an, ob es sich beim Material um OERs (**4.3.3**), Eigenentwicklungen oder andere Materialien handelt. Daraufhin wird im Item „Kontext“ beschrieben, wer die Zielgruppe des Lernszenarios ist.

Nun folgt das Element „Themen des Lehrplans“. Dieses ist ein erster Anhaltspunkt für Lehrkräfte, die bestimmte Themen des Lehrplans abdecken wollen. Zu diesem Zweck gibt es eine Sammlung an beispielhaften Inhalten (Nowak, 2022).

Die folgenden Kompetenzen stammen zunächst aus einer Übersicht, welche in **Abbildung 5** (Nowak, 2022, S. 99) zu finden ist. Eine detaillierte Aufschlüsselung findet sich im nächsten Element, welches keinen eigenen Titel hat. Hier werden die genauen

Kompetenzen (Nowak, 2022) aufgelistet und um ggf. nicht abgedeckte Kompetenzen in einem Extra Element erweitert.

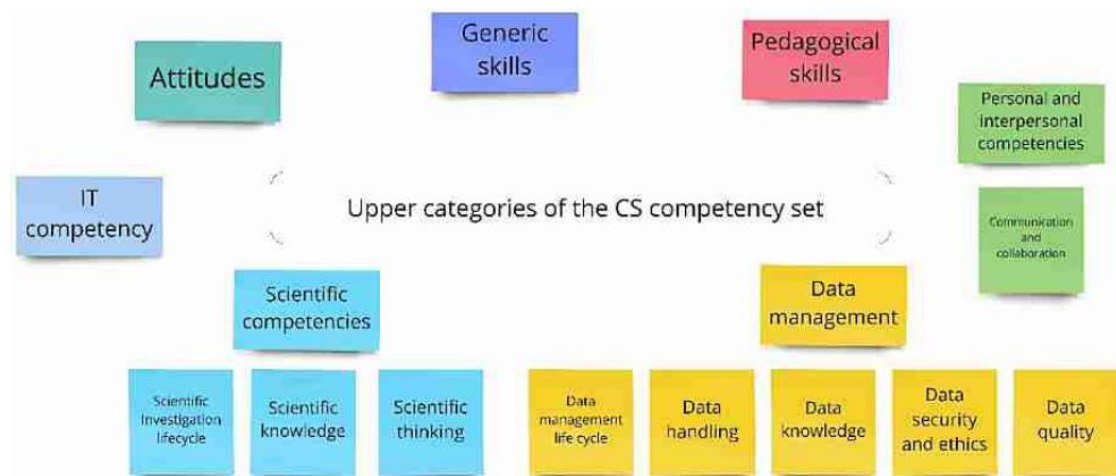


Abbildung 5: Überkategorie der Kompetenzen nach (Nowak, 2022, S. 99)

Für Lernszenario 1 sind etwa die „Scientific competencies“ entscheidend, da diese für das Thema unerlässlich sind. Da jedoch der „Scientific investigation lifecycle“ hier nicht berücksichtigt wird, werden die genauen Kompetenzen angegeben. Um wissenschaftliche Fragen zu beantworten, ist zudem ein gewisses Maß an „Data Handling“ sowie „Data knowledge“ von Bedeutung.

Die genauen Kompetenzen, welches **Lernszenario 1** fördern soll, finden sich in **Tabelle 6**.

Sobald alle Kompetenzen gewählt sind, wird ein pädagogisches Konzept gewählt. Nach Wunsch der Lehrkräfte entstehen alle Lernszenarien (**Anhang A: Interviews mit Lehrenden**) als „geführtes exploratives Lernen“, um den Lernenden möglichst viele Freiräume zum eigenen Ausprobieren zu gewähren.

Auf Basis der Kompetenzen und des pädagogischen Konzepts entstehen daraufhin Lerneinheiten, welche kurz beschrieben werden. Für dieses Lernszenario ist es so unter anderem wichtig, dass Lernende zunächst erfahren, was eine Forschungsfrage ist, bevor damit begonnen wird, diese zu beantworten.

Nachdem alle Lernaktivitäten beschrieben sind, folgt eine Aufzählung der beteiligten Rollen, welche neben den Lernenden zumeist auch Lehrende abdeckt und in einigen Fällen auch weitere Beteiligte benötigt oder zulässt.

Dann werden noch die verwendeten Arbeitsmaterialien, wie Webseiten, Hard- oder Software oder andere Dinge benannt, welche für das Lernszenario notwendig sind. Bevor Final ein Verweis eingebracht wird, wo die Inhalte zu finden sind.

Alle in dieser Arbeit entstandenen Materialien liegen dabei entweder auf der FabCitizen Webseite, oder sind verlinkte OER Materialien.

Lernszenario ID	DE_STRATO_01_QUESTIONS_BASICS
Lernszenario Titel	Das fachliche Beantworten von Fragen
Inhalt und Beschreibung des Lernszenarios	<p>In diesem Lernszenario sollen Lernende erste Einblicke in die wissenschaftliche Arbeitsweise erhalten. Hierzu erhalten Sie vorformulierte Fragen (LA3) und sollen diese anhand eigener Beobachtungen beantworten.</p> <p>Ziel ist es, den Lernenden ein Verständnis für wissenschaftliche Fragen zu vermitteln. Sowie für den Umgang mit Daten, um diese zu beantworten.</p>
Quellen	Eigenentwicklung
Kontext - Klassenstufe der Schüler	Klassenstufe 5 – 10
Themen des Lehrplans	<p>Beobachten und Wahrnehmen von Phänomenen</p> <p>Durchführung von Untersuchungen und Experimenten</p> <p>Erkenntnisgewinnung</p> <p>Beobachten und Messdaten ordnen sowie in Bezug auf die Fragestellung auswerten</p>
Kompetenzen	<p>Scientific competencies</p> <ul style="list-style-type: none"> - Scientific thinking - Scientific knowledge <p>Data management</p> <ul style="list-style-type: none"> - Data knowledge - Data handling
	<p>Think scientifically</p> <p>Use scientific evidence</p> <p>Teaching methods</p> <p>Understanding of the scientific process</p> <p>Interest in world and science</p> <p>Data interpretation</p> <p>Data Collection</p> <p>Identify scientific questions</p> <p>Awareness of science</p>

Pädagogisches Konzept	Geführtes exploratives Lernen
Lernaktivitäten	Es sind 7 aufeinander aufbauende Lernaktivitäten vorgesehen, davon 2 optional.
LA1: Was ist eine Forschungsfrage?	Zunächst wird den Lernenden erklärt, wie eine Frage formuliert werden muss, um als Forschungsfrage gewertet werden zu können.
LA2: Wie kann man diese beantworten?	Anschließend wird darauf eingegangen, wie Forschungsfragen beantwortet werden können. Hierzu werden beispielhaft Fragen gestellt und Ideen gesammelt.
LA3: Durchführung eigener Beobachtungen	Anschließend werden eigene Beobachtungen, z. B. wer wie viele Stifte dabei hat, wer am größten ist usw. angestellt und erfasst.
LA4: Auswertung	Die Beobachtungen werden nun gesammelt und gemeinsam aufbereitet. Hier kann auch auf die Korrektheit eingegangen werden, sowie auf Unterschiede nach Alter.
LA5: (optional) Vergleich mit externen Daten	Die entstandenen Datensätze können mit weiteren Datensätzen ergänzt werden, z. B. der Durchschnittsgröße im entsprechenden Alter.
LA6: (optional) Visualisierung der Ergebnisse	Einzelne Datensätze werden zum besseren Verständnis visualisiert
LA7: Evaluation	Ist verständlich, was eine Forschungsfrage ausmacht? Gibt es Unklarheiten und / oder Anmerkungen?
Rollen	Lernende Lehrende
Werkzeuge und Dienste	Optional: Quellen für Vergleichsdaten
Arbeitsmaterial	FabCitizen Webseite

Tabelle 6: Beispiel für ein entstandenes Lernszenario (Lernszenario 1)

4.7.2 Lernszenario 2: Richtig Fragen stellen

Aufbauend auf **Lernszenario 1** sollen Lernende anschließend eigene Fragestellungen entwickeln. Auch diese Kompetenz (Nowak, 2022) ist für den Schulalltag wichtig (**Anhang A: Interviews mit Lehrenden**).

Um Lernenden die Möglichkeit zu geben, das Stellen von Fragen zu erlernen, wird in diesem Szenario eine Messmethodik vorgegeben, während Fragestellung und Ergebnis offenbleiben. Dies entspricht keiner Stufe nach LEDERMAN (2009).

Auch in diesem Lernszenario geht es primär um die Kompetenzen zum Entwickeln von wissenschaftlichen Fragestellungen. Sekundäres Ziel ist es jedoch, dass Lernende auch den Umgang mit gesammelten Daten besser verstehen und neue Rückschlüsse aus vorgegebenen Daten zu gewinnen lernen.

Für das Stratosphärenprojekt eröffnet dies eine Möglichkeit einer weiteren Evaluation der gesammelten Daten und lässt Lernende auch im Nachhinein noch eventuelle, neue, Rückschlüsse ziehen.

4.7.3 Lernszenario 3 und 4: Grundlagen Programmierung

Diese beiden Lernszenarien befassen sich mit der in **3.2** beschriebenen Technik und wie diese auf einfachem Niveau programmiert werden kann.

In Bezug auf **3.2.1** werden hier die fehlenden Grundlagen vermittelt, um im späteren Verlauf eigene Messtationen aufbauen zu können. Die Verteilung der Lernszenarien basiert dabei auf der unterschiedlichen Hardware.

Anders als die **Szenarien 1 & 2** wird in diesen Szenarien primär das Gewinnen von Daten und die Nutzbarmachung derselben geschult. Generell erfüllen diese Lernszenarien auch einen Anspruch vom MINISTERIUM FÜR SCHULE UND BILDUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (2021) und können somit problemlos als Teil des Unterrichts verwendet werden.

Für das zentrale Projekt des Stratosphärenballons bilden diese Lernszenarien die Grundlage zum Bau eigener Sensoren anhand des Calliope Mini (Lernszenario 3) respektive des Arduinos (Lernszenario 4), wie diese in **3.1.1** beschrieben wurden.

4.7.4 Lernszenario 5: Sensorik und Datenspeicher

Dieses Lernszenario verbindet Kompetenzen der Datenerfassung (Nowak, 2022, S. 115–119) mit den in **Lernszenario 3 und 4** gewonnen Grundkenntnissen der Programmierung.

Lernenden wird hier eine Forschungsfrage gestellt. Methodik und Messstationen sollen daraufhin eigenständig entwickelt werden, um diese zu beantworten. Dies entspricht einer Aufgabe der Stufe 3 (Lederman, 2009). Zusätzliche Kompetenzen der Datenspeicherung und Programmierung (Nowak, 2022) in Verbindung mit den in **3.3** genannten Möglichkeiten der Speicherung von Daten durch Erweiterungen sollen auf diese Weise erlernt werden.

Sensorik und Datenspeicher sind für den Flug in die Stratosphäre notwendig, um Daten zu erheben und für die Auswertung bereitzustellen, anders als in vorangegangenen Lernszenarien sollen diese dabei nicht direkt abgerufen und verarbeitet werden.

4.7.5 Lernszenario 6: Messtationen

Aufbauend auf **Lernszenario 5** wird in eine Messtation entwickelt, welche über einen längeren Zeitraum Daten erheben soll.

Dieses Lernszenario ist konzipiert als Vertiefung in die Themen der Sensorik und bietet eine Möglichkeit neben dem Grundverständnis aus **Lernszenario 5** auch einen tieferen praktischen Einblick zu gewinnen. Hierzu wird nach NOWAK (2022) ein Szenario der Option 3 angeboten, welches über einen längeren Zeitraum betrieben werden kann.

Abweichend von Option 3 (Nowak, 2022) wird der Aufbau der Messtation jedoch schneller vonstattengehen und die Messungen über einen verlängerten Zeitraum stattfinden.

Für den Stratosphärenballon bietet dieses Szenario, neben einem besseren Verständnis für die Ergebnisse aus **Lernszenario 5**, die Möglichkeit eines kontrollierten Tests des technischen Standes nach **3.3** und dem Verständnis der Lernenden für diesen. **Lernszenario 9** lässt sich ebenfalls mit diesem Lernszenario durchführen.

4.7.6 Lernszenario 7: Stratosphärenballon

Dieses Lernszenario ist der Höhepunkt der vorangegangenen Lernszenarien. Die Grundlagen, wie Fragen gestellt und beantwortet werden, sowie die Entwicklung und das Testen einer Messtation werden hier vereint und überprüft.

Neben Wiederholung und Vertiefung der bereits gewonnenen Kompetenzen, werden in diesem Lernszenario die Besonderheiten einer Messtation in der Stratosphäre besprochen. Fragestellungen werden entwickelt (**Lernszenarien 1 & 2**) und Methodiken entwickelt, um diese zu beantworten (**Lernszenario 5**). Anschließend entsteht eine Messtation (**Lernszenario 6**), welche diese Daten speichern soll. Zusätzlich zur Anwendung der Inhalte der bisherigen Lernszenarien, werden die notwendigen Zusatzkompetenzen vermittelt, um einen erfolgreichen Stratosphärenflug durchzuführen.

4.7.7 Lernszenario 8: Stratosphärenballon als Beobachter

Ergänzend zu **Lernszenario 7** ist es vorgesehen, Lernenden ohne notwendige Kompetenzen als Beobachter der Stufe 1 (Lederman, 2009) einzusetzen, damit diese erste Erfahrungen mit den zu erlernenden Kompetenzen erwerben können.

Dieses Lernszenario soll in erster Linie die Neugier auf Wissenschaft (Weinhardt et al., 2020) weiterer Lernender wecken.

4.7.8 Lernszenario 9: Auswertungen

Final, nach der erfolgreichen Durchführung von **Lernszenario 7** oder optional **Lernszenario 6** geht es um die Evaluation der Ergebnisse und Daten sowie Auswertung und Präsentation derselben (Nowak, 2022).

Eine Trennung findet statt, da die notwendigen Lernszenarien keine festen Laufzeiten haben. Dies kann bei durchgehend geplanten Lernszenarien zu Konflikten mit der Zeitplanung führen (**Anhang A: Interviews mit Lehrenden**).

4.7.9 Zusammenhänge

Die Lernszenarien 1 und 2 bieten einen Einstieg in die Scientific Literacy und verzichten dabei auf technische Ansprüche, um nicht von Kernthemen abzulenken. Dies entspricht der, von Lehrenden gewünschten Trennung von Kompetenzen (**4.5.1**). Dabei baut Lernszenario 2 auf den Inhalten von Lernszenario 1 auf.

Die Lernszenarien 3 und 4 behandeln hingegen die Medienkompetenzen und bilden, unabhängig voneinander, eine Grundlage mit einem der in **3.3** genannten Mikrocontroller.

Weiter baut Lernszenario 5 auf den Kompetenzen auf, welche in einem der technischen Lernszenarien (3 & 4) vermittelt werden. Es verbindet diese mit den ersten Kompetenzen aus Lernszenario 2, funktioniert jedoch auch unabhängig von diesem.

Lernszenario 6 ist das erste Szenario, welches die Kompetenzen der Scientific Literacy mit den Medienkompetenzen stärker verbindet. Hierzu werden Sensoren verwendet (Lernszenario 5), um vorgegebene Fragen zu beantworten (Lernszenario 2).

Im Anschluss ergänzt Lernszenario 7 das vorangegangene Lernszenario (6) um die Aspekte der Stratosphärenforschung. Bei diesem Lernszenario ist die Kooperation mit Experten vonseiten der Lehrenden gewünscht (**Anhang A: Interviews mit Lehrenden**) und dringend empfohlen (**7.4.3**).

Lernszenario 8 ist wiederum losgelöst von technischen Aspekten und soll Beobachtern ermöglichen, an Forschung beteiligt zu werden. Die Kenntnisse der Lernszenarien 1 und 2 sind hier von Vorteil, für die reine Beobachtung jedoch nicht notwendig. Das Lernszenario zielt auch auf die Entwicklung eigener Fragen ab, hierfür werden die Inhalte der Lernszenarien 1 und 2 hingegen benötigt.

Das Finale Lernszenario 9 befasst sich mit der Auswertung der Ergebnisse der Lernszenarien 6 und 7. Dieses benötigt zwar die vorangegangenen Kompetenzen, ist zeitlich jedoch von diesen freigestellt, um eine größere Flexibilität zu gewährleisten.

Die Zusammenhänge sind noch einmal in **Abbildung 6** zusammengefasst.

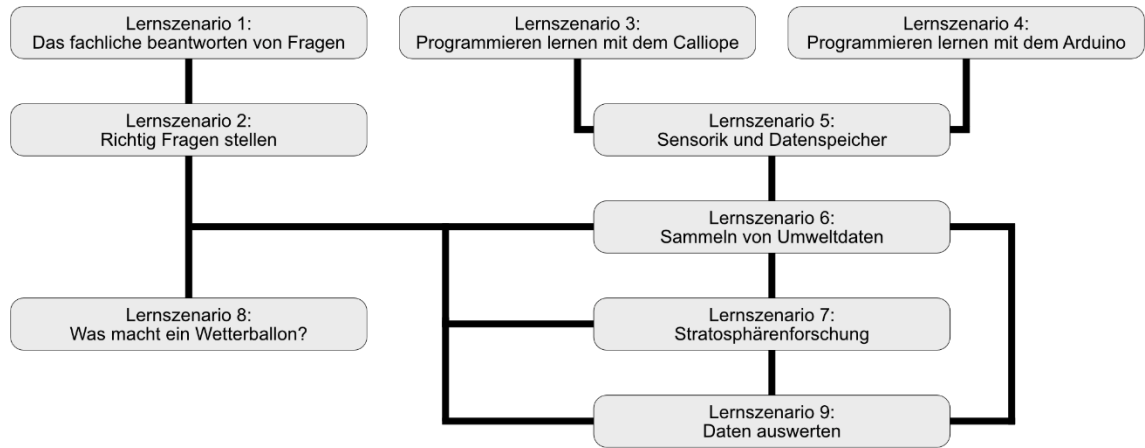


Abbildung 6: Übersicht der Zusammenhänge der Lernszenarien

5 Durchführung von Lernszenarien

Grundlage für die Durchführung der Lernszenarien ist die Methodik nach NOWAK (2022), welche bereits im **Abschnitt 4.3** beschrieben wurde. Weiter werden die Inhalte aus **Abschnitt 4.5** im Folgenden mit dieser Methodik in Einklang gebracht.

5.1 Vorbereitung

In der ersten Phase werden alle Vorbereitungen getroffen, welche für die spätere Durchführung notwendig sind. Abweichend vom eigentlichen Modell wurde der Inhalt der Lernszenarien jedoch vorher festgelegt. Da bereits in **Abschnitt 4.2** die Zielsetzung des Projektes definiert wurde, kann auf diesem Wege geprüft werden, wie gut sich die Ausbildung für konkrete Citizen Science Projekte (Weinhardt et al., 2020) mit dem regulären Unterricht verbinden lässt.

5.2 Herstellung des Kontaktes mit Schulen

Um Kontakt mit Schulen herzustellen, wurde auf die Kooperationsschulen der Hochschule Ruhr West zurückgegriffen. Einige dieser Schulen pflegen regelmäßigen Kontakt und ergänzen ihren Lehrplan auf diese Weise durch externe Sichtweisen (Richter & Ehlers, 2011).

Schlussendlich wurde für die erste Durchführung der Lernszenarien ein Gymnasium gewählt, zu welchem bereits ein regelmäßiger Kontakt besteht.

5.3 Brainstorming

Durch den bereits engen Kontakt mit der Schule ist ein Brainstorming mit Lehrenden (**Anhang A: Interviews mit Lehrenden**) und Lernenden (**Anhang B: Interviews mit Lernenden**) simpel. Obwohl die Themen bereits festgelegt wurden, wurde das allgemeine Interesse beider Seiten noch einmal evaluiert.

Die Umfragen (**Anhang A: Interviews mit Lehrenden & Anhang B: Interviews mit Lernenden**) haben dabei ergeben, dass Lehrende und Lernende Interesse am Projekt des Stratosphärenballons aufweisen. Der überwiegende Teil der Lernenden (86 %) zeigte dabei Interesse am Projekt. Das größte Interesse (86 %) lag dabei beim Programmieren, während das Interesse an Wissenschaft nicht ganz so ausgeprägt war (79 %). An der Entwicklung von Hardware war lediglich die Hälfte (50 %) der Lernenden interessiert. An der Befragung haben 14 Lernende teilgenommen.

Für die Lehrenden war es zudem wichtig, dass ein Experiment mit einem Stratosphärenballon von Experten moderiert werden sollte, um die notwendigen Kompetenzen

bestmöglich zu vermitteln. Die Lehrenden gaben dabei durchgehend Interesse an Forschung, Hardware und Programmierung an.

5.4 Zeitplanung

Bei der Zeitplanung bestätigen sich die von NOWAK (2022) benannten Schwierigkeiten. Durch Gespräche stellte sich heraus, dass einzelne Lernszenarien direkt in den Unterricht eingebracht werden können, während andere vonseiten der Schule aus bevorzugt als zusätzliche Zeitslots wahrgenommen werden. (**Anhang A: Interviews mit Lehrenden**):

- **Lernszenario 1:** Einbindung in den MINT Unterricht der Klassen 5 / 6 / 7.
- **Lernszenario 2:** Möglichkeit eines Projekttages mit einer beliebigen Klasse
- **Lernszenario 3 & 4:** Einbindung in Informatik Klasse 5 / 6, MINT Klasse 7 oder Informatik ab Klasse 8.
- **Lernszenario 5:** zu Komplex für Klassen 5 / 6, empfohlen für Informatik Klasse 8 / 9 als Projekttag.
- **Lernszenario 6:** Projekttag oder Projektwoche für Klasse 8 / 9, alternativ als AG.
- **Lernszenario 7:** Empfehlung als AG / Projektwoche für die Klassen 8 / 9.
- **Lernszenario 8:** Ergänzend zu Lernszenario 7 als Projektwoche / Tagesworkshop.
- **Lernszenario 9:** Klasse 7 / 8 / 9 als Tagesworkshop.

Die Zeitslots begrenzen sich dabei auf eine Arbeitszeit von:

- Eingebunden: 67,5 Minuten
- Tagesworkshop: max. 6h
- Projektwoche: max. 24h (4 x 6h)
- AG: offen, max. 2h / Woche

Projektwochen entfallen dabei für die Evaluation, da diese nicht in den Evaluationszeitraum dieser Arbeit fallen. Für die Lernszenarien 4 & 5 wurde eine AG eingerichtet, um Evaluationszeiträume zu gewinnen. In dieser AG sind 6 Termine zu je 2h Stunden eingeplant. Lernszenario 4 ist dabei mit 4 Terminen, Lernszenario 5 mit weiteren 2 Terminen geplant.

Lernszenario 1 soll dabei unterrichtsbegleitend in einem fünften Jahrgang stattfinden, während für Lernszenario 6 ein Projekttag angestrebt wird.

5.5 Didaktische Planung und Anpassung an den Unterricht

Die didaktische Planung bezeichnet hier in erster Linie eine Zuordnung von Kompetenzen, welche bereits im **Abschnitt 4.7** und **Anhang C: Entstandene Lernszenarien** dargelegt wird.

Die ursprüngliche Planung sah die Anpassung des Lernszenarios 1 an den Biologieunterricht der Klasse 5 vor. Zu diesem Zweck gab es die Überlegung, die gestellten Fragen an das aktuelle Thema (Der menschliche Körper) anzupassen. Aufgrund von äußeren Umständen wurden diese Anpassungen jedoch nicht konkretisiert. Die Durchführung (6.2) weicht daher grundlegend von den Zeitplanung (5.4) ab.

5.5.1 Ethische Überprüfung

Eine ethische Überprüfung der Evaluation fand nicht statt. Alle Themen finden sich in abgewandelter Form bereits im Lehrplan.

5.5.2 Einverständnis der Eltern

Um an einem Citizen Science Projekt teilzuhaben und für eine spätere Evaluation wird ein Einverständnis der Eltern benötigt (Nowak, 2022). Dies betrifft jedoch nur Inhalte, welche außerhalb des Lehrplans stattfinden (**Anhang A: Interviews mit Lehrenden**) und schränkt daher nicht diejenigen Lernszenarien ein, welche in den Unterricht integriert werden können.

Dennoch ist es ratsam, die Eltern über entsprechende Vorhaben in Kenntnis zu setzen, um für Dokumentation und Evaluation auch die Namen der Teilnehmenden erheben zu dürfen. Besonders für Lernszenarien im Unterricht darf dieser jedoch nicht verpflichtend sein. Zum Unterricht gehört dabei auch der AG betrieb.

Angesichts dessen sind alle Interviews anonym geführt worden. Listen der Teilnehmenden sind dabei auf Klassenstufe und Geschlecht begrenzt.

5.6 Projektstart

Nachdem alle vorherigen Punkte geklärt wurden, wurden Lernende für die Evaluation der Lernszenarien akquiriert. Für die Evaluation der Lernszenarien 4 & 5 hat sich dabei eine Gruppe aus 8 Lernenden zusammengefunden (6 männlich / 2 weiblich, davon 3 Klasse 5, 2 Klasse 6 und 3 Klasse 7). Teilgenommen haben final lediglich 3 Lernende (3 männlich, 3 Klasse 7), die anderen Lernenden haben aufgrund einer terminlichen Änderung nicht teilnehmen können.

Die vorab geplante Gruppe zum Evaluieren des Lernszenario 1 bestand dabei aus einer vollständigen Klasse 5, ohne konkrete Angabe der Verteilung und wurde aufgrund äußerer Umstände durch eine gemischte Gruppe aus 11 Lernenden im Rahmen eines Nachmittagsangebotes ersetzt (6 männlich / 5 weiblich, davon 6 Klasse 5, 2 Klasse 6 und 3 Klasse 7).

6 Evaluation

Evaluiert wurde ein Teil der entstandenen Lernszenarien in Bezug auf Inhalt und Umfang. Gemäß dem Design Science Research Ansatz (4.1) und dem Modell nach NOWAK (2022).

Die **Lernszenarien 1,4 und 5** wurden evaluiert, um ein möglichst breites Spektrum an Kompetenzen abzudecken. Die Aufschlüsselung der Lernenden findet sich in **Tabelle 12**. Dabei ist anzumerken, dass **Lernszenario 4 und 5** aufeinander aufbauen und mit denselben Lernenden evaluiert wurden.

<i>Lernszenario</i>	<i>1</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Lernende (gesamt)</i>	11	3	3
- <i>männlich</i>	7	3	3
- <i>weiblich</i>	4	0	0

Tabelle 7: Anzahl der Lernenden nach Lernszenario

Weitere Lernszenarien wurden im Rahmen dieser Arbeit aus zeitlichen Gründen nicht evaluiert.

6.1 Evaluationsmethoden

Die Evaluation der Lernszenarien basiert dabei auf einem Vergleich der Selbsteinschätzung der Lernende. Zu diesem Zweck haben alle Lernende vor Beginn des Lernszenarios einen Fragebogen mit 8 Elementen sowie Angaben zu Geschlecht und Klassenstufe ausgefüllt.

Das erste Element stellt einen Indikator dar, welcher ein Grundinteresse am Thema überprüft, hierbei handelt es sich um eine Ordinalskala von „1 – trifft gar nicht zu“ bis „6 – trifft voll zu“.

Das folgende Element evaluiert die subjektive Selbsteinschätzung des Themas als Ganzes und verwendet dieselbe Ordinalskala wie Element 1.

Die weiteren 6 Elemente basieren auf dem mEKBA-L2E (Faber, 2010), welcher eine Selbsteinschätzung der Erzählkompetenz abbildet. Die Elemente sind dabei angepasst worden, um die Inhalte des Lernszenarios zu repräsentieren.

Jedes Element skaliert von „1 – trifft gar nicht zu“ bis „6 – trifft voll zu“. Je 2 Elemente werden zu einer Kategorie zusammengefasst, was zu einer Mittelung von Veränderungen führt. Auf diese Weise können starke Veränderungen in einzelnen Bereichen zu einer zu überprüfenden Kompetenz zusammengefasst werden. Alle Elemente sind durch Ordinalskalen repräsentiert.

Im Anschluss an das Lernszenario wurde der Teil zur Selbsteinschätzung wiederholt. Die Ergebnisse sind dabei jeweils in Tabellen zusammengefasst.

Zusätzlich zur Selbsteinschätzung wurde am Ende die Meinung der Lernenden zum Lernszenario eingeholt. Hierzu wurde ein Auszug aus dem Inventar zur Evaluation von Blended Learning (Peter et al., 2015a, 2015b) angewendet.

Dieses bietet eine Sammlung an Fragen auf Ordinalskalen, um das Lernszenario aus Sicht der Lernenden einzuschätzen. Ein Teil der Fragen skaliert dabei von „1 – trifft gar nicht zu“ bis „7 – trifft voll zu“. Während ein anderer Teil den Wert „4 – genau richtig“ angibt und niedrigere Werte als „zu leicht“ sowie höhere Werte als „zu schwer“ erachtet.

Weiter wurden im Anschluss an die Lernszenarien 4 & 5 Gespräche mit den Lernenden geführt, welche die Meinung noch einmal konkretisieren (6.4).

6.2 Durchführung

Zunächst wurden die Lernszenarien durchgeführt. Aufgrund von zeitlichen Vorgaben konnten dabei nicht alle Lernszenarien evaluiert werden. Deswegen wurden ausschließlich die **Lernszenarien 1, 4 & 5** evaluiert. Diese repräsentieren einen Teil der Scientific Literacy (**Lernszenario 1**) einen Teil der Medienkompetenzen (**Lernszenario 4**) und ein aufbauendes Lernszenario, welches Data Literacy mit abdeckt (**Lernszenario 5**).

6.2.1 Lernszenario 1

Lernszenario 1 wurde am 23. Mai 2022 evaluiert. Geplant war die Durchführung mit einer vollständigen 5. Klasse im Rahmen des Biologieunterrichts. Abweichend von diesem Plan wurde, aufgrund von äußeren Umständen, die Durchführung final mit einer gemischten Gruppe aus 11 Lernenden vorgenommen.

Die Zusammensetzung war dabei wie folgt:

<i>Klasse</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>Total</i>
<i>Anzahl (gesamt)</i>	5	3	3	11
<i>- männlich</i>	4	0	3	7
<i>- weiblich</i>	1	3	0	4

Tabelle 8: Gruppenzusammensetzung, Lernszenario 1

Nicht angegebene Geschlechter und Klassenstufen sind dabei in der Tabelle nicht vertreten.

Für die Durchführung wurden 90 Minuten angesetzt. Evaluation (6.3.1) und Pausen sind in diesem Zeitraum nicht eingerechnet und nahmen zusätzliche Zeit in Anspruch.

6.2.2 Lernszenarios 4 & 5

Lernszenario 4 wurde am 06. Mai 2022 begonnen. Für die Durchführung hatten sich zunächst 9 Lernende gemeldet. Diese geplante Gruppe reichte dabei von Klassenstufen 5 bis 7. Final hat sich durch eine Stundenplanänderung jedoch ergeben, dass lediglich 3 Lernende teilnahmen.

Pro Woche wurde ein Thema geplant:

06.05.2022 – digitale Ausgabe

13.05.2022 – digitale Eingabe

20.05.2022 – analoge Ausgabe (Entfallen durch Sturmwarnung)

27.05.2022 – analoge Eingabe (Entfallen wegen Brückentag)

03.06.2022 – Aufzeichnen von Daten

10.06.2022 – Speichern von Daten

Durch den Ausfall von 2 Terminen wurden die Inhalte der entfallenen Termine auf den 03.06.2022 komprimiert und die Inhalte der letzten beiden Termine am 10.06.2022 in verkürzter Form bearbeitet.

Auf Wunsch der Lernenden wurden dabei die letzten beiden Termine zeitlich überzogen. Hierdurch ergaben sich 300 (geplant 360) Minuten für Lernszenario 4 und 120 (geplant 180) Minuten für Lernszenario 5. Evaluation (**6.3.2 & 6.3.3**) und Pausenzeiten sind dabei nicht eingerechnet.

6.3 Evaluierete Lernszenarien

Nach der Durchführung der Lernszenarien haben die Lernenden an einer Evaluation teilgenommen.

6.3.1 Evaluation Lernszenario 1

Lernszenario 1 stellt eine wichtige Grundlage der Scientific Literacy dar, einen ersten Einblick in das korrekte Beantworten und Identifizieren von wissenschaftlichen Fragestellungen.

Verglichen werden die Elemente ab dem zweiten (**Anhang F: Evaluationen**). Die Angaben von „1 – trifft gar nicht zu“ bis „6 – trifft voll zu“ wurden zu folgenden Elementen gemacht und deren Veränderung zwischen vorher und nachher in Bezug auf das Lernszenario verglichen.

Die Verteilung nach Geschlecht und Klasse findet sich in **Tabelle 8: Gruppenzusammensetzung, Lernszenario 1**.

Kompetenz	Vorher	Nachher	Veränderung
Ich weiß, was Wissenschaft ausmacht	4,4	4,6	0,2
Grundlagen	4,3	4,7	0,4
Ich weiß, was eine offene Frage ist	4	4,9	0,9
Ich kann größere Zusammenhänge von Fragen verstehen	4,6	4,5	- 0,1
Umgang mit Daten	4,2	4,5	0,3
Ich weiß, wie ich verwendbare Daten (Antworten) erhalte	4,4	4,7	0,3
Ich weiß, wie richtige von fehlerhaften und falschen Daten (Antworten) unterschieden werden	3,9	4,3	0,4
Wissenschaft	3,6	4,4	0,8
Ich weiß, wie man wissenschaftliche Fragen beantwortet	3,7	4,6	0,9
Ich kann wissenschaftliche von nicht wissenschaftlichen Fragen unterscheiden	3,4	4,2	0,8

Tabelle 9: Zusammenfassung der Evaluation von Lernszenario 1

Während die meisten Elemente einen geringfügigen Zuwachs erfahren, sind insbesondere Verbesserungen in der wissenschaftlichen Selbsteinschätzung zu erkennen.

Abweichend hiervon ist die Selbsteinschätzung im Bereich „Verständnis größerer Zusammenhänge von Fragen“ um -0,1 geschrumpft.

Dieser Rückgang ist dabei im Vergleich zwischen den beiden angegebenen Geschlechtern deutlich erkennbar (Vergleich: **Tabelle 10** und **Tabelle 11**).

Während das Element bei männlichen Lernenden um einen Wert von 0,3 zurückgegangen ist, blieb dieses bei den weiblichen Lernenden im Mittel gleich. Ähnlich ist der Unterschied auch beim Vergleich der wissenschaftlichen Kompetenzen, welcher bei +0,5 (männlich) respektive +1,5 (weiblich) liegt.

Kompetenz (männlich)	Vorher	Nachher	Veränderung
Ich weiß, was Wissenschaft ausmacht	4,7	4,9	0,2
Grundlagen	4,4	4,7	0,3
Ich weiß, was eine offene Frage ist	4,1	5	0,9
Ich kann größere Zusammenhänge von Fragen verstehen	4,7	4,4	- 0,3
Umgang mit Daten	4,4	4,7	0,3
Ich weiß, wie ich verwendbare Daten (Antworten) erhalte	4,7	4,9	0,2
Ich weiß, wie richtige von fehlerhaften und falschen Daten (Antworten) unterschieden werden	4,1	4,4	0,3
Wissenschaft	4	4,5	0,5
Ich weiß, wie man wissenschaftliche Fragen beantwortet	4	4,7	0,7
Ich kann wissenschaftliche von nicht wissenschaftlichen Fragen unterscheiden	4	4,2	0,2

Tabelle 10: Evaluation von Lernszenario 1 nach Geschlecht (männlich)

Kompetenz (weiblich)	Vorher	Nachher	Veränderung
Ich weiß, was Wissenschaft ausmacht	3,8	4,3	0,5
Grundlagen	4,2	4,7	0,5
Ich weiß, was eine offene Frage ist	3,8	4,8	1,0
Ich kann größere Zusammenhänge von Fragen verstehen	4,5	4,5	-
Umgang mit Daten	3,7	4,3	0,6
Ich weiß, wie ich verwendbare Daten (Antworten) erhalte	3,8	4,5	0,7
Ich weiß, wie richtige von fehlerhaften und falschen Daten (Antworten) unterschieden werden	3,5	4	0,5
Wissenschaft	2,8	4,3	1,5
Ich weiß, wie man wissenschaftliche Fragen beantwortet	3,2	4,5	1,3
Ich kann wissenschaftliche von nicht wissenschaftlichen Fragen unterscheiden	2,2	4	1,8

Tabelle 11: Evaluation von Lernszenario 1 nach Geschlecht (weiblich)

Noch stärkere Unterschiede finden sich dabei innerhalb der Klassen. Wobei festzuhalten ist, dass 100 % der Lernenden aus Klasse 6 weiblich sind und diese 75 % aller weiblichen Lernenden darstellen.

Klasse 5 & 7 schätzen sich dabei im Mittel um 0.5 Punkte besser ein, was wissenschaftliche Kompetenzen angeht. Bei Klasse 6 liegt dieser Wert bei einem Zugewinn von +2.

Der Unterschied hierbei lässt sich mit der schwächeren Selbsteinschätzung im Bereich Wissenschaft der Klasse 6 in der Vorbefragung erklären. Dieser wurde zunächst mit 2,5 angegeben, was deutlich unter den vorherigen Angaben der Klassen 5 (3,7) und 7 (4,3) lag.

Kompetenz (Klasse 5)	Vorher	Nachher	Veränderung
Ich weiß, was Wissenschaft ausmacht	4,4	4,8	0,4
Grundlagen	4,2	4,6	0,4
Ich weiß, was eine offene Frage ist	3,6	4,8	1,2
Ich kann größere Zusammenhänge von Fragen verstehen	4,8	4,4	- 0,4
Umgang mit Daten	4,5	4,6	0,1
Ich weiß, wie ich verwendbare Daten (Antworten) erhalte	4,8	4,8	-
Ich weiß, wie richtige von fehlerhaften und falschen Daten (Antworten) unterschieden werden	4,2	4,4	0,2
Wissenschaft	3,7	4,2	0,5
Ich weiß, wie man wissenschaftliche Fragen beantwortet	3,8	4,6	0,8
Ich kann wissenschaftliche von nicht wissenschaftlichen Fragen unterscheiden	3,6	3,8	0,2

Tabelle 12: Evaluationsergebnisse von Lernszenario 1 in Klassenstufe 5

Kompetenz (Klasse 6)	Vorher	Nachher	Veränderung
Ich weiß, was Wissenschaft ausmacht	3,7	4,3	0,6
Grundlagen	4,35	4,7	0,4
Ich weiß, was eine offene Frage ist	4	4,7	0,7
Ich kann größere Zusammenhänge von Fragen verstehen	4,7	4,7	-
Umgang mit Daten	3,15	4,15	1,0
Ich weiß, wie ich verwendbare Daten (Antworten) erhalte	3	4,3	1,3
Ich weiß, wie richtige von fehlerhaften und falschen Daten (Antworten) unterschieden werden	3,3	4	0,7
Wissenschaft	2,5	4,5	2,0
Ich weiß, wie man wissenschaftliche Fragen beantwortet	3	4,7	1,7
Ich kann wissenschaftliche von nicht wissenschaftlichen Fragen unterscheiden	2	4,3	2,3

Tabelle 13: Evaluationsergebnisse von Lernszenario 1 in Klassenstufe 6

Kompetenz (Klasse 7)	Vorher	Nachher	Veränderung
Ich weiß, was Wissenschaft ausmacht	5	4,7	- 0,3
Grundlagen	4,5	4,8	0,3
Ich weiß, was eine offene Frage ist	4,7	5,3	0,6
Ich kann größere Zusammenhänge von Fragen verstehen	4,3	4,3	-
Umgang mit Daten	4,5	4,65	0,2
Ich weiß, wie ich verwendbare Daten (Antworten) erhalte	5	5	-
Ich weiß, wie richtige von fehlerhaften und falschen Daten (Antworten) unterschieden werden	4	4,3	0,3
Wissenschaft	4,3	4,7	0,4
Ich weiß, wie man wissenschaftliche Fragen beantwortet	4,3	4,7	0,4
Ich kann wissenschaftliche von nicht wissenschaftlichen Fragen unterscheiden	4,3	4,7	0,4

Tabelle 14: Evaluationsergebnisse von Lernszenario 1 in Klassenstufe 7

Final schätzten die Lernenden das Lernszenario positiv ein.

Bei einer Skalierung von „1 – trifft gar nicht zu“ bis „7 – trifft voll zu“ liegt die durchschnittliche Bewertung der Elemente wie in **Tabelle 15** dargelegt. Der Wert der Elemente 3 und 4 ist dabei mit den Werten 6 respektive 5,7 noch zu verbessern.

<i>Frage</i>	<i>Der Inhalt des Kurses ist nachvollziehbar</i>	<i>Der Inhalt des Kurses ist gut organisiert</i>	<i>Der Inhalt des Kurses regt zum Nachdenken über das Thema an</i>	<i>Der Inhalt des Kurses motiviert mich dazu, mich weiter mit dem Thema zu beschäftigen</i>	<i>Ich habe viel ge- lernt</i>
<i>Total</i>	6,7	6,4	6	5,7	6,3
<i>Klasse 5</i>	6,6	5,8	6,2	5,6	6,4
<i>Klasse 6</i>	6,7	7	6	6,3	6,7
<i>Klasse 7</i>	7	6,7	5,7	5,3	5,7
<i>männlich</i>	6,7	6	5,9	5,6	6
<i>weiblich</i>	6,8	7	6,3	6	6,8

Tabelle 15: Einschätzung der Lernenden zu Lernszenario 1

Für die folgenden Elemente gilt ein Durchschnitt von „4 – genau richtig“ als erstrebenswert. Hierbei sind Abweichungen vom optimalen Zustand, insbesondere im Tempo des Lernszenarios nach unten (zu einfach) zu erkennen.

Diese Abweichungen erklären sich primär durch die Lernenden der Klasse 7, welche die Veranstaltung zu einfach (-0,9 zum Durchschnitt) nicht umfangreich genug (-0,4 vom Durchschnitt), sowie zu langsam (-1,2 vom Durchschnitt) empfanden.

Entsprechend ändert sich auch der Durchschnitt der männlichen Lernenden, da Klasse 7 43 % der männlichen Lernenden ausmacht. Alle Zahlen finden sich in **Tabelle 16**.

Lediglich auf die anderen Klassen beschränkt, wird der Umfang als etwas zu wenig (-0,2), die allgemeinen Anforderungen jedoch als etwas zu hoch eingeschätzt (+0,2). Diese Abweichungen liegen im tolerierbaren Rahmen (Peter et al., 2015a, 2015b) und erfordern daher keine weiteren Maßnahmen.

Die vollständige Übersicht der Daten, sowie weitere Auswertungen, finden sich in **Anhang F: Evaluationen**.

<i>Frage</i>	<i>Der Kurs war für mich</i>	<i>Der Um- fang des Inhalts war</i>	<i>Das Tem- po war</i>	<i>Allgemein waren die Anforderungen</i>
<i>Total</i>	3,6	3,7	3,5	3,9
<i>Klasse 5</i>	4	3,8	4	4,2
<i>Klasse 6</i>	4	4	4	4
<i>Klasse 7</i>	2,7	3,3	2,3	3,3
<i>männlich</i>	3,4	3,6	3,3	3,9
<i>weiblich</i>	4	4	4	4

Tabelle 16: Einschätzung der Schwierigkeit von Lernszenario 1 durch Lernende

Um ein Zwischenfazit zu ziehen, soll an dieser Stelle die Veränderung in Richtung Verbesserung (Vaishanvi, 2009) betrachtet werden. Die folgenden Diagramme entspre-

chen dabei den Angaben der Lernenden und sind nach Frage und Klassenstufe verteilt.

Blau ist dabei die vorherige Selbsteinschätzung, rot die Selbsteinschätzung nach dem Lernszenario. Der grüne Bereich bildet die Veränderung grafisch ab.

In den meisten Bereichen ist hier eine Verbesserung zu sehen. Ausnahme ist insbesondere das Element „Ich kann größere Zusammenhänge von Fragen verstehen“ (**Abbildung 9**), welches eine Verschlechterung zeigt. Hier bedarf es weiterer Evaluation zur Begründung.

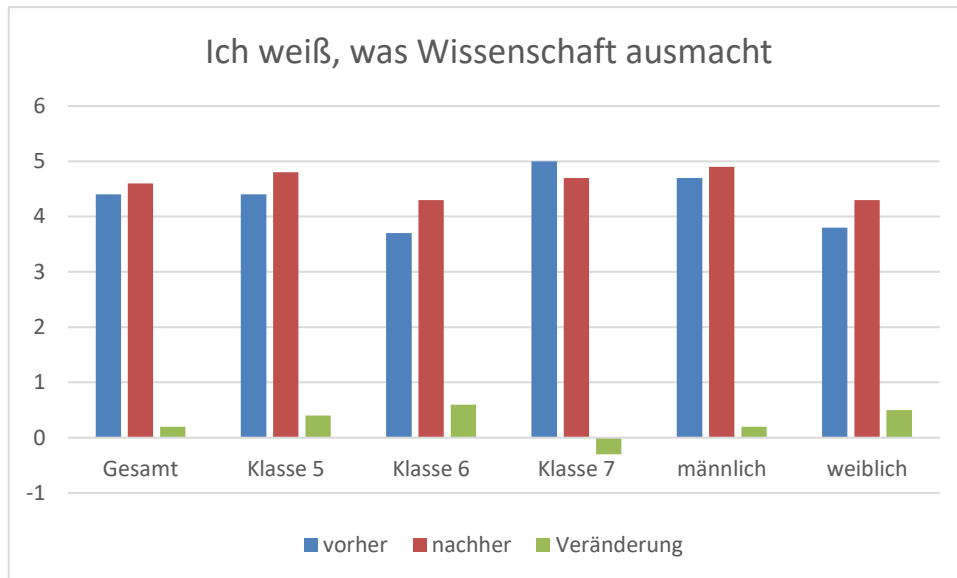


Abbildung 7: Evaluation, ich weiß, was Wissenschaft ausmacht

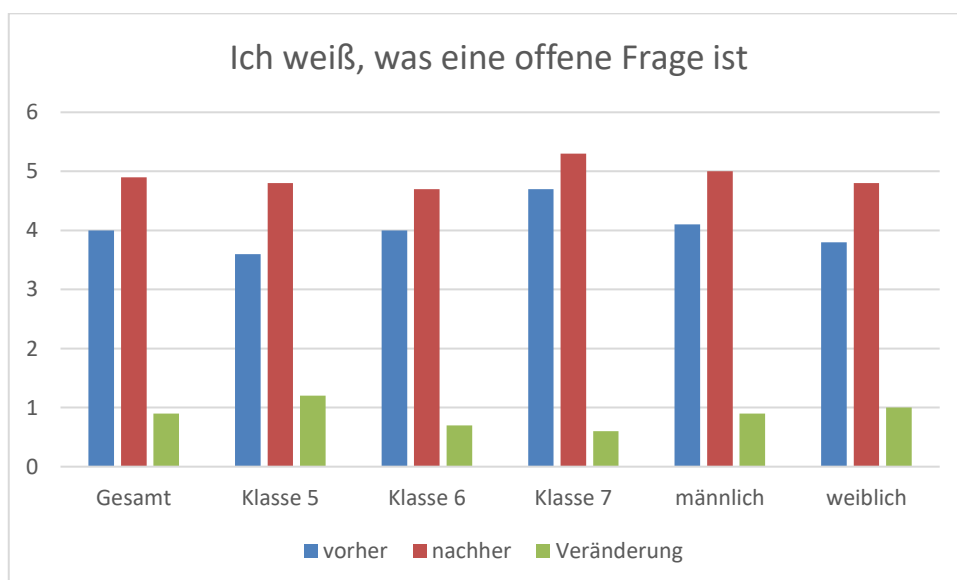


Abbildung 8: Evaluation, ich weiß, was eine offene Frage ist

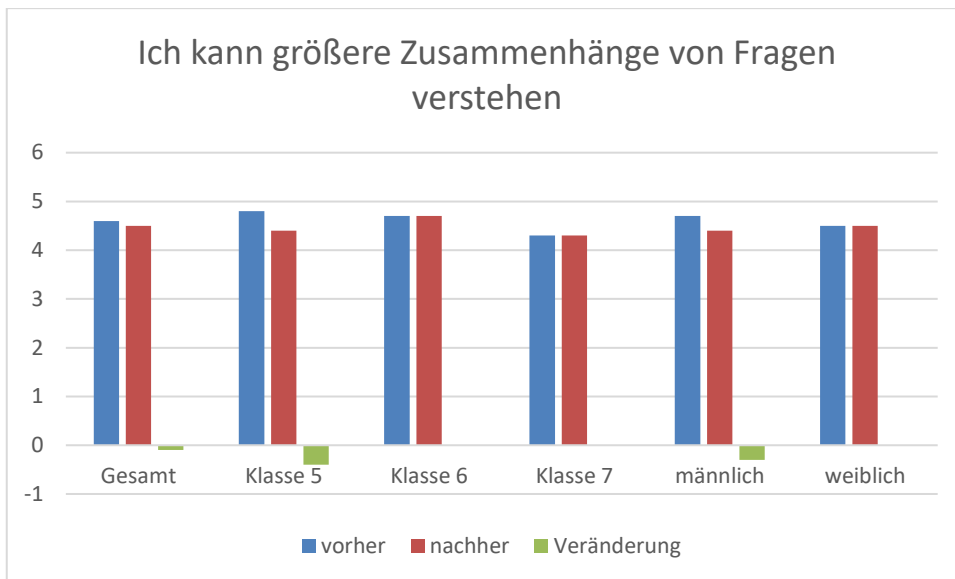


Abbildung 9: Evaluation, ich kann größere Zusammenhänge von Fragen verstehen

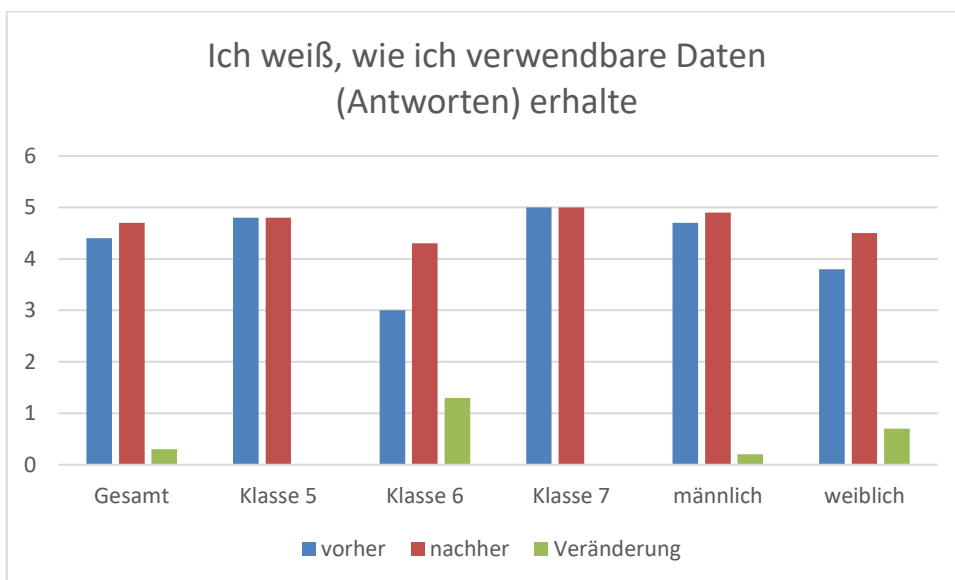


Abbildung 10: Evaluation, ich weiß, wie ich verwendbare Daten (Antworten) erhalte

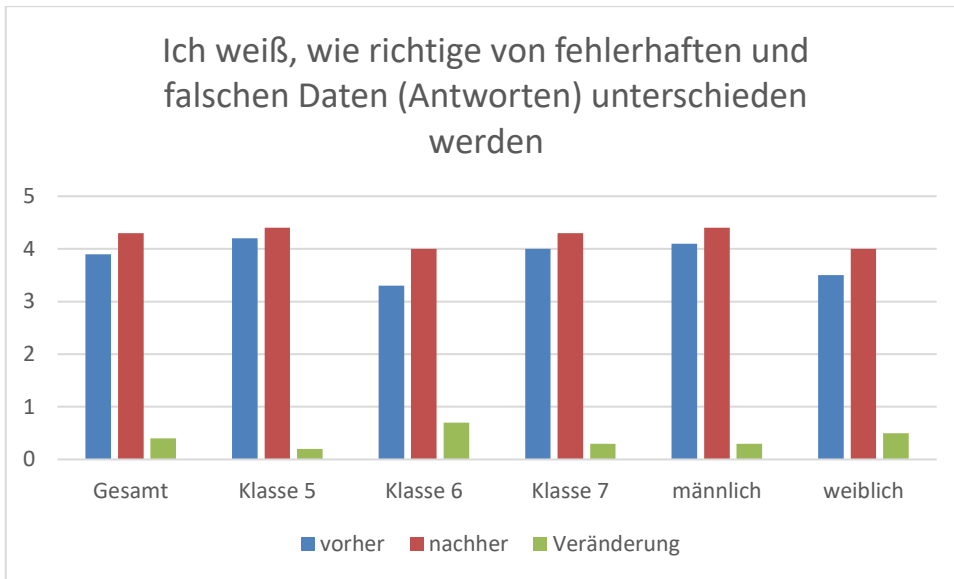


Abbildung 11: Evaluation, ich weiß, wie richtige von fehlerhaften und falschen Daten (Antworten) unterschieden werden

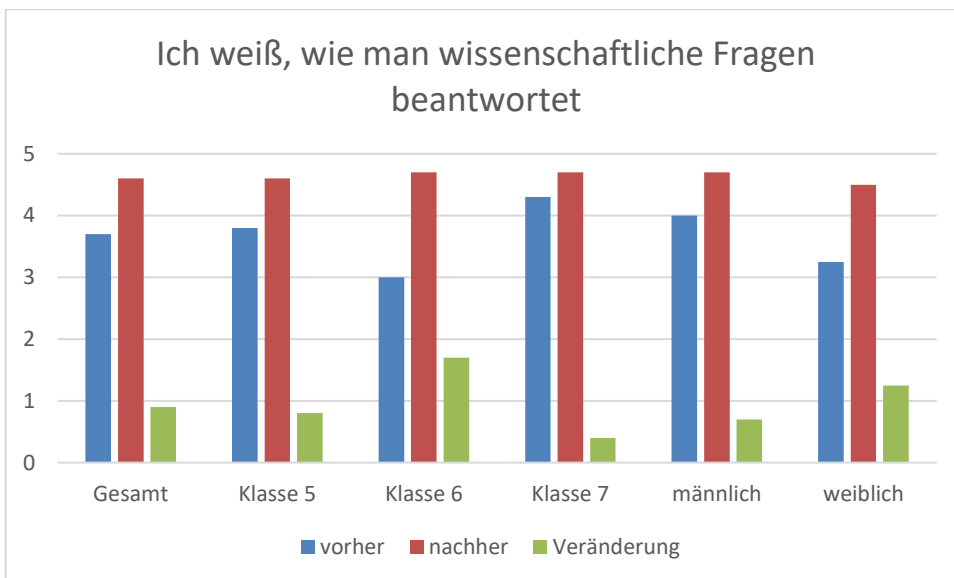


Abbildung 12: Evaluation, ich weiß, wie man wissenschaftliche Fragen beantwortet

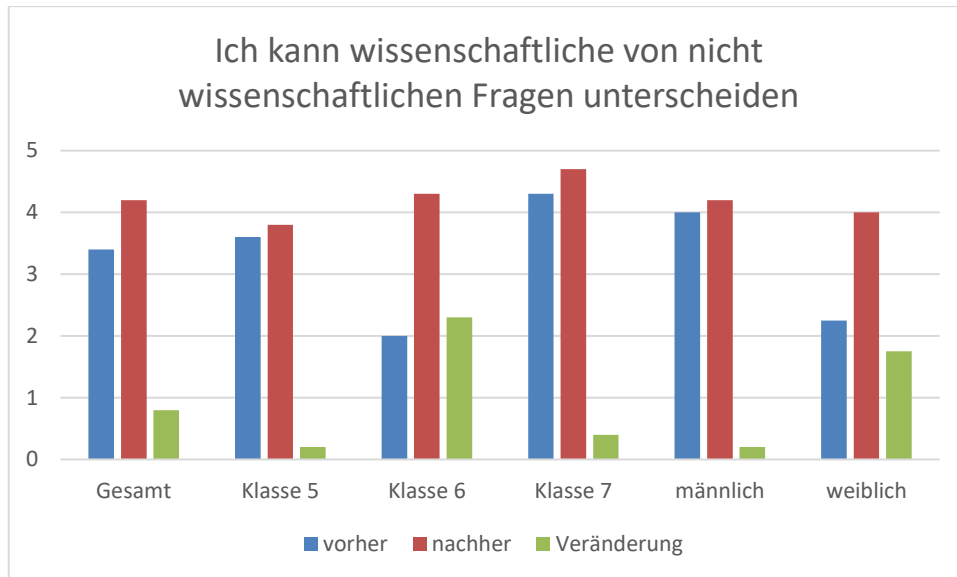


Abbildung 13: Evaluation, ich kann wissenschaftliche von nicht wissenschaftlichen Fragen unterscheiden

6.3.2 Evaluation Lernszenario 4

Lernszenario 4 bildet die Grundlagen der Programmierung mit dem Arduino ab. Die 3 Lernenden, welche sich für die Evaluation des Lernszenarios gefunden haben, sind dabei alle männlich und Schüler der Klasse 7.

Der Teil zur Selbsteinschätzung basiert auf einem Wertungssystem von „1 – trifft gar nicht zu“ bis „6 – trifft voll zu“:

In der Vorabbefragung gaben dabei alle 3 Lernenden an, dass Sie Interesse an der Programmierung haben (trifft zu: 1; trifft voll zu: 2) wobei der überwiegende Teil (2) angab, nicht programmieren zu können. Lediglich ein Lernender gab bei der Frage nach Vorkenntnissen eine 4 – trifft eher zu, an. Mittelwert: 2

Bei den konkreten Kompetenzen geben 2 der Lernenden an, dass sie gestellte Aufgaben eher nicht selbstständig aufteilen können, während der letzte angibt, dass diese Kompetenz voll auf ihn zutrifft. Mittelwert: 4

Beim Verständnis für Code nach einer Erklärung geben 2 der Lernenden ein „trifft eher zu“ und ein Lernender ein „trifft nicht zu“ an. Mittelwert: 3,3

Die Selbsteinschätzung zum Verständnis für Schleifen ist dabei die erste Frage zum Thema programmieren und wird von 2 Lernenden mit „trifft voll zu“ und vom dritten mit „trifft zu“ angegeben. Mittelwert: 5,6

Für Bedingungen sind die Angaben dabei ähnlich positiv in der Selbsteinschätzung, 2 Lernende geben „trifft zu“, ein Lernender „trifft voll zu“ an. Mittelwert: 5,3

Final wurden noch 2 Fragen zum Thema Mikrocontroller gestellt. Zu wissen, was ein Mikrocontroller ist und wie dieser verwendet wird, wird von 2 Lernenden mit einem „trifft eher nicht zu“ und von einem Lernenden mit „trifft voll zu“ benannt. Mittelwert: 4

Ihr Wissen, wie Mikrocontroller mit zusätzlicher Hardware erweitert werden können, trifft bei einem Lernenden voll zu, die anderen beiden gaben „trifft gar nicht zu“ respektive „trifft nicht zu“ an. Mittelwert: 3

Interessant in der abschließenden Evaluation ist insbesondere die Frage zur Selbsteinschätzung der Programmierkenntnisse, diese hat ihren Mittelwert von 2 (1: 2 Lernende; 4: 1 Lernender) kaum verändert und wird mit 2,3 nicht merklich verbessert. Dabei haben sich die Einzelantworten jedoch in der Aufteilung verschoben. 2 Lernende geben nun einen Wert von 2 der dritte einen Wert von 3 an. In einer Nachbesprechung ergab sich, dass während die beiden Lernenden, welche zunächst einen Wert von 1 angaben, sich nach dem Lernszenario mehr zutrauten, während der dritte Lernende sich erst durch das Lernszenario bewusst wurde, wie umfangreich Programmierung sein kann.

Weiter hat ein Lernende⁴ die Frage „Ich weiß, was ein Mikrocontroller ist und wie man diesen verwendet“ im Fragebogen ausgelassen. In der Nachbesprechung gab er diesen Wert mit einem „trifft eher zu“ (4) an. Was den Wert auf 5 (statt 5,5) verändert. Dieser wurde in **Tabelle 17** jedoch nicht übernommen.

Abgesehen von diesen Anomalien, wurden alle Punkte besser eingeschätzt und das Lernszenario hat inhaltlich seinen Zweck erfüllt. Die folgende **Auswertung der Evaluation für Lernszenario 4** stellt eine tabellarische Zusammenfassung dar. Weitere tabellarische Auswertungen und Rohdaten findet sich in **Anhang F: Evaluationen**.

Kompetenz	Vorher	Nachher	Veränderung
Ich kann Programmieren	2	2,3	0,3
Grundlagen	3,7	4,3	0,6
Ich kann eine große Aufgabe in kleinere Aufgaben aufteilen	4	4,3	0,3
Ich verstehe den Code, der mir erklärt wird	3,3	4,3	1,0
Programmierung	5,5	5,9	0,4
Ich weiß, was eine Schleife ist	5,7	6	0,3
Ich weiß, was eine Bedingung ist	5,3	5,7	0,4
Mikrocontroller	3,5	5,1	1,6
Ich weiß, was ein Mikrocontroller ist und wie man diesen verwendet	4	5,5	1,5
Ich weiß, wie man einen Mikrocontroller mit zusätzlicher Hardware erweitert	3	4,7	1,7

Tabelle 17: Auswertung der Evaluation für Lernszenario 4

Nach der Evaluation der Kompetenzen wurden die Lernenden anschließend gebeten, das Lernszenario zu bewerten. Die Skalierung geht dabei von 1 bis 7 und verändert sich teilweise zwischen den Elementen.

Die ersten Fragen skalieren dabei von 1 – trifft gar nicht zu, bis 7 – trifft voll zu und behandeln die Punkte „Der Inhalt ist nachvollziehbar“, bei dem alle Lernenden trifft voll zu Angaben (Mittelwert: 7), der Kurs ist gut organisiert (6: 1 Lernender, 7: 2 Lernende,

Mittelwert: 6,7) und „der Inhalt des Kurses regt zum Nachdenken über das Thema an“ (6: 2 Lernende, 7: 1 Lernender, Mittelwert: 6,3).

Weiter wird behandelt, ob das Lernszenario eine Motivation zur Weiterbeschäftigung mit dem Thema ist, worauf 1 Lernender mit 6 – trifft zu, die anderen Lernenden mit 7 – trifft voll zu antworteten. Dieselbe Verteilung der Antworten liegt bei „Ich habe viel gelernt“ vor. Mittelwert: 6.7

Die folgenden Fragen skalieren jeweils zwischen 2 extremen, wobei der Mittelwert eine für den Kurs optimale Antwort darstellt. Entsprechend sind Mittelwerte nahe „4 – genau richtig“ optimal und Wertungen von 4 werden nicht explizit genannt.

1 Lernender gab an, dass der Kurs zu leicht (1) war. Mittelwert: 3

Ebenso gab ein Lernender an, dass das Tempo eher zu langsam (3) war. Mittelwert 3,7

Alle Lernenden fanden die Anforderungen und den Umfang des Inhalts genau richtig. Mittelwert: 4

Abschließend hat sich im Gespräch herausgestellt, dass einer der Lernenden bereits vorab Erfahrungen mit dem Arduino hatte, weswegen dieser den Kurs als zu leicht / langsam empfunden hat. Derselbe Lernende ist auch derjenige, welcher im Nachhinein seine Einschätzung zum Thema „Ich kann programmieren“ nach unten korrigiert hat. Auf die Gespräche wird im Abschnitt **Meinung der** noch einmal genauer eingegangen.

Die positiven Veränderungen (**Tabelle 17**) bestätigen dabei, dass das Lernszenario einen positiven Einfluss auf die geforderten Kompetenzen hat.

6.3.3 Evaluation Lernszenario 5

Aufbauend auf Lernszenario 4 wurde anschließend **Lernszenario 5** evaluiert. Hierzu wurden dieselben Lernenden wie zur Evaluation von Lernszenario 4 akquiriert.

Entsprechend den Ergebnissen der Endevaluation von Lernszenario 4 gab es bei einer angepassten Vorevaluation kaum Änderungen. Minimale Abweichungen der bekannten Elemente sind, nach späterer Besprechung, auf die Tagesform der Lernenden zurückzuführen.

Die Grundlagen Elemente „Ich verstehe den Code, der mir erklärt wird“ und „ich kann große Aufgaben in kleinere Aufgaben aufteilen“ wurden dabei mit den Mittelwerten 4,3 respektive 4,7 eingeschätzt.

Im Thema Mikrocontroller wurden die Fragen „Ich weiß, was ein Mikrocontroller ist und wie man diesen verwendet“ und „Ich weiß, wie man einen Mikrocontroller mit zusätzlicher Hardware erweitert“ mit den Mittelwerten 5,7 respektive 4,3 angegeben.

Der dritte Block zur Programmierung wurde dabei durch einen Block zum Thema Messdaten ersetzt. Das Element „Ich weiß, wie Messdaten erhoben werden“ wurde von einem Lernenden mit „trifft zu“ und von zwei Lernenden mit „trifft eher zu“ angegeben. Mittelwert: 4,3

Weiteres Element in diesem Block ist „Ich verstehe, wie Messdaten gespeichert werden können“ welches von den Lernenden mit den Werten „trifft zu“, „trifft eher zu“ und „trifft eher nicht zu“ angegeben wurde. Mittelwert: 4

Nach der Durchführung des Lernszenarios, in gekürzter Form, haben sich diese Angaben folgendermaßen geändert:

Eine leichte Verbesserung im Mittel bei der Kompetenz des Aufteilens von Aufgaben (+0,4 im Mittelwert) und beim Verständnis, wie man Mikrocontroller erweitern kann (+0,4 im Mittelwert). Im Gespräch hat sich dabei ergeben, dass die Lernenden ihr Verständnis an dieser Stelle deutlich besser einschätzen, sich aber nicht über den Umfang der Möglichkeiten klar waren. Hierauf wird im Abschnitt **Meinung der** weiter eingegangen.

Der Schwerpunkt der Evaluation, der Umgang mit Messdaten, hat sich dabei ebenfalls leicht verbessert. Während es beim Erheben von Messdaten keine Verbesserung gab, wurde das Speichern mit einem Mittelwert von 4,7 (+0,7) angegeben.

Kompetenz	Vorher	Nachher	Veränderung
Ich kann Programmieren	2,3	3,3	1,0
Grundlagen	4,5	4,7	0,2
Ich verstehe den Code, der mir erklärt wird	4,7	4,7	-
Ich kann eine große Aufgabe in kleinere Aufgaben aufteilen	4,3	4,7	0,4
Mikrocontroller	5	5,2	0,2
Ich weiß, was ein Mikrocontroller ist und wie man diesen verwendet	5,7	5,7	-
Ich weiß, wie man einen Mikrocontroller mit zusätzlicher Hardware erweitert	4,3	4,7	0,4
Messdaten speichern	4,2	4,5	0,3
Ich weiß, wie Messdaten erhoben werden	4,3	4,3	-
Ich verstehe, wie Messdaten gespeichert werden können	4	4,7	0,7

Tabelle 18: Auswertung der Evaluation für Lernszenario 5

Die Bewertung des Lernszenarios durch die Lernenden viel dabei wie folgt aus (Skalierung 1-7)

Der Inhalt des Kurses ist nachvollziehbar: Mittelwert 6,7

Der Inhalt des Kurses ist gut organisiert: Mittelwert 6,3

Der Inhalt des Kurses regt zum Nachdenken über das Thema an: 6,3

Der Inhalt des Kurses motiviert mich dazu, mich weiter mit dem Thema zu beschäftigen: Mittelwert 6,7

Ich habe viel gelernt: Mittelwert 6,7

Bei den weiteren Einschätzungen gab ein Lernender an, dass der Kurs etwas zu schwer und die Anforderungen etwas zu hoch waren. Mittelwert 4,3

Tempo und Umfang sind im Mittel „genau richtig“. Dabei empfanden alle Lernenden den Umfang genau richtig, während ein Lernender das Tempo als etwas zu schnell und ein anderer das Tempo als etwas zu langsam (3 respektive 5) angaben.

Durch die positiven Veränderungen (**Tabelle 18**), kann das Lernszenario daher als erfolgreich bewertet werden.

6.4 Meinung der Lernenden

Die Lernenden, welche an den Lernszenarien 4 und 5 teilgenommen haben, befanden diese insgesamt als gut und würden gerne weitere und mehr Inhalte bearbeiten, welche an ein größeres Ziel verfolgen.

Lernszenario 4 hat dabei in einer Diskussion besser abgeschnitten als Lernszenario 5, was aber, nach Aussage der Lernenden, vorrangig am geringeren Zeitumfang von Lernszenario 5 lag. Diese wurde aufgrund äußerer Gründe (siehe 6.2) verkürzt. Weiter gab einer der Lernenden an, am entsprechenden Tag „nicht auf der Höhe“ gewesen zu sein, weswegen er nicht ganz mitkam. Ob diese Empfindungen in die Bewertung eingeflossen sind, konnte nicht festgestellt werden.

Neben diesen Schilderungen zum persönlichen Empfinden der Lernenden ergab sich auch, dass diese viele Aspekte der Lernszenarien unterschätzt haben. Insbesondere die Möglichkeiten der Erweiterung von Mikrocontrollern über „andere Schnittstellen“ als die GPIO Pins hat die Einschätzung des Verständnisses im Punkt „Ich weiß, wie man einen Mikrocontroller mit zusätzlicher Hardware erweitern kann“ beeinflusst.

Die Lernenden gaben hier an, dass sie sich vorher recht sicher waren, die meisten Geräte anschließen zu können und durch die „Vielen Möglichkeiten und Protokolle“ sich eine „komplett Neue Welt an Möglichkeiten“ ergeben hätte.

Diesen Einfluss hatte auch der Umfang an Möglichkeiten zur Programmierung im Lernszenario 4 auf das Element „Ich kann programmieren“, welches von einem Lernenden nach dem Lernszenario als niedriger eingeschätzt wurde. Der entsprechende Lernende war sich dabei nicht über den möglichen Umfang im Klaren. Dieser Umfang könnte, aus Sicht der Lernenden, auch abschreckend wirken.

Allgemein haben jedoch alle 3 Lernenden angegeben, nicht nur etwas gelernt, sondern auch Spaß am Thema gefunden zu haben. Außerdem wurde der Wunsch geäußert, eine solche AG, auch mit anderen Themen und mehr Teilnehmenden in Zukunft weiter besuchen zu können.

Die Lernenden merkten weiter an, dass die Gruppengröße aus ihrer Sicht zum Erfolg der Lernszenarien beigetragen hat. Insbesondere die individuellere Betreuung in Kleingruppen war hier Thema. Zusätzlich wurde ein Vergleich zu Lernszenario 1 aufgestellt, in welchem auch die Mischung der Klassenstufen „gebremst“ hat.

7 Diskussion

Beginnend lässt sich mit der Zusammenfassung der Evaluationen, welche grundlegend positiv ausfällt, jedoch an einigen Stellen Verbesserungspotenzial bietet. So sind die Fortschritte, aus Sicht der Lernenden, an einigen Stellen nicht so groß, wie gewünscht. Die Auswertung der Fragebögen hingegen zeigt die erwarteten Verbesserungen.

Andere Punkte fallen dabei größer aus, als von den Lernenden erwartet. So können Lernszenarien, wie am Beispiel von Lernszenario 4 und 5 zu erkennen, auch einen abschreckenden Effekt haben, sofern der Umfang zu groß wird. Aus diesem Grund sollten Lernszenarien ggf. gestreckt und nicht weiter komprimiert werden. Die Einbindung der Lernszenarien muss daher noch einmal nach benötigten Zeiten geprüft werden (Siehe **5.4**).

Während Lernszenarien mit kleinen Gruppen gut funktionieren, können größere Gruppen, wie in Lernszenario 1, durchaus unterschiedliche Ergebnisse aufweisen. Hier kann jedoch aufgrund fehlender Vergleichswerte kein Rückschluss gezogen werden, ob dies primär an der Größe oder Zusammensetzung der Gruppe, den Zeiten der Lernszenarien, Inhalten oder anderen Faktoren liegt. Für diese Feststellungen sind weitere Evaluationen und Methoden notwendig, welche nicht Teil dieser Arbeit sind.

Die Einbindung von Lernszenarien in den regulären Unterricht konnte aufgrund von äußeren Einflüssen nicht geprüft werden, dennoch sind Lernende und Lehrende mit den Ergebnissen der Erweiterung des regulären Unterrichts auf freiwilliger Basis (AGs) zufrieden.

Zusammenfassend lässt sich daher feststellen, dass Lernende ein Interesse an Wissenschaft entwickeln können, wenn man ihnen Einblicke in diese gewährt. Die zur Beteiligung notwendigen Kompetenzen können dabei spielerisch durch kleine Lernszenarien erworben werden. Dies führt auch zu einer einfacheren Beteiligung an Citizen Science Projekten und bietet die Chance, das u. a. von WEINHARDT ET AL. (2020) benannte Training bereits in der Schule einzubinden.

Durch spezifische Lernszenarien können dabei Meinungsbildung (Weinhardt et al., 2020), Datenqualitäten (Musto & Dahanayake, 2019) und Ansprüche an die Scientific Literacy (Mäkipää et al., 2020) gezielt gefördert werden. Gleichzeitig wird dabei das Interesse der heranwachsenden Bürger:innen an wissenschaftlichen Themen geweckt respektive gestärkt. (Weinhardt et al., 2020).

Final wird die Einbindung von Lernszenarien und Citizen Science Projekte in den schulischen Kontext daher von allen Beteiligten als Erfolg angesehen und eine weitere Partnerschaft (**8.1**) angestrebt.

7.1 Ziele der Arbeit

Die Einbindung von wissenschaftlichen Projekten (1.2.1) in den Schulalltag ist möglich und erstrebenswert. Dies lässt sich aus der Meinung der Lernenden (6.4) ablesen und wird von wissenschaftlichem Standpunkt von Weinhardt et al. (2020) und Musto und Dahanayake (2019) hinterlegt.

Auch das Training zum selbstständigen Forschen (1.2.2) konnte mit den Lernszenarien grundlegend abgedeckt werden. Obwohl lediglich ein einzelnes Citizen Science Projekt besprochen wurde, geben die Beteiligten nach allen Lernszenarien ein besseres Verständnis für Themenschwerpunkte an (6.3).

7.2 Theoretischer Beitrag

Das Vorgehensmodell nach Nowak (2022), auf dem ein großer Teil dieser Arbeit basiert, bietet eine solide Grundlage für die Entwicklung von Lernszenarien.

Neben dem im Modell selbst beschriebenen Vorgehen, beleuchtet diese Arbeit in erster Linie den Prozess des Einbindens von Lernszenarien in den schulischen Kontext, welche vonseiten der wissenschaftlichen Kooperationspartner vorgegeben werden (5.1).

Diese Abweichung vom ursprünglichen Modell erlaubt die gezielte Förderung von Kompetenzen, um Lernende an spezifische wissenschaftliche Themen heranzuführen. Auf diesem Wege lassen sich Lernende, welche ein Interesse am Thema haben (Weinhardt et al., 2020) relativ schnell zu Partnern ausbilden.

Weiter ist aufgefallen, dass Projekte auch eine rechtliche Komponente beinhalten können, welche zu beachten ist. Diese minimale Ergänzung im Vorgehensmodell (Nowak, 2022) muss jedoch zunächst weiter evaluiert werden (7.4.4).

Abschließen lassen sich die theoretischen Beiträge mit dem Anpassen des Modells nach LEDERMAN (2009) als Grundlage zum Einteilen von Lernszenarien nach Niveau und Können. Auch dieser Teil bedarf zunächst weiterer Evaluation (7.4.4).

7.3 Praktischer Beitrag

Wichtigster praktischer Beitrag ist dabei die Konzipierung, Entwicklung, Durchführung und Evaluation von zusammenhängenden Lernszenarien (4.7). Hierbei kommen sowohl OER Inhalte als auch eigene Entwicklungen zum Einsatz (**Anhang C: Entstandene Lernszenarien**).

7.4 Limitation und Ansätze

Beginnend mit der allgemeinen Betrachtung ist anzumerken, dass der Schwerpunkt des Themas „Lernszenarien für den schulischen Kontext“ vom Standpunkt der Citizen

Science und Design Science Research für den Umfang und die gewünschten Ergebnisse abgedeckt ist. Diese Arbeit sollte entsprechend, gerade im schulischen Kontext, kritisch betrachtet werden.

7.4.1 Evaluationen

Unter anderem liegt dies an der Evaluation, welche für einen ersten Feldversuch akzeptabel ist. Die Evaluationen weiterer Lernszenarien ist dabei eine Priorität, um den tatsächlichen Nutzen und die Akzeptanz von Lernszenarien im schulischen Kontext zu prüfen.

Insbesondere die fehlende Diversität innerhalb der Gruppen und Klassenstufen ist ein Punkt, welcher weitere Evaluationen in Zukunft unerlässlich macht. Dasselbe gilt für die Evaluation mit Referenzgruppen, sowie unterschiedlichen Gruppengrößen, um diese Einflüsse besser in die Planung einbinden zu können.

Final müssen weitere Evaluationen auch unterschiedliche Schulen und Schulformen abdecken. An dieser Stelle können im Zeitrahmen dieser Arbeit jedoch keine weiteren Evaluationen durchgeführt werden.

7.4.2 Technische Grundlagen

Auch die technischen Grundlagen lassen Platz zur Diskussion. Neben den in Abschnitt 3 genannten Hard- und Softwarelösungen gibt es weitere große und bekannte Möglichkeiten, inklusive Simulatoren, welche außer Acht gelassen wurden.

Dies liegt in erster Linie an der Verwendung derselben und ist damit begründet, dass diese Systeme zumeist textbasierten Code generieren oder auf einer der genannten Techniken (Blockly / MakeCode) basieren. Entsprechend entstehen durch die Nutzung keine Vorteile.

Simulatoren können für den Grundlagenteil nützlich sein. Jedoch für spätere Lernszenarien können diese nicht verwendet werden, da der Anschluss von Hardware nicht ermöglicht wird.

Weiter wird im Grundlagenteil und den damit verbundenen Erweiterungen nicht auf die Schwierigkeit eingegangen, Blockly Programme mit, beispielsweise I2C, zu erweitern. Da dies möglich ist, liegt hier jedoch kein Versäumnis vor. Stattdessen entsteht eine Möglichkeit zur Erweiterung und für zukünftige Projekte.

7.4.3 Stratosphärenflüge

Deutlich erheblichere Schwierigkeiten stellt hingegen das finale Lernszenario dar. Während der technische Aufbau und das didaktische Konzept kaum von denen der anderen Lernszenarien abweichen, ist insbesondere der Inhalt zum Thema Stratosphäre umfangreich.

Neben den Voraussetzungen an die Technik, welche leicht zu ermitteln sind, sind primär rechtliche Bestimmungen und Flugverhalten schwer zu bestimmen und von vielen Faktoren abhängig.

Die Empfehlung ist daher, ein solches Lernszenario stets mit Experten auf diesem Gebiet durchzuführen, welche den Ort der Landung berechnen und den Ballon aufspüren und auflösen können. Demzufolge wurde auch kein Arbeitsmaterial zu den Lernszenarien 7 und 8 veröffentlicht.

7.4.4 Vorgehensmodell

Abschließend lässt sich festhalten, dass diese Arbeit auf dem Vorgehensmodell nach (NOWAK, 2022) basiert und dieses weiter erproben sollte. Dabei ist aufgefallen, dass ein Punkt zum Thema der rechtlichen Voraussetzungen in diesem Modell fehlt. Hierbei ist jedoch fragwürdig, in wie vielen Lernszenarien ein solcher Arbeitsschritt gerechtfertigt wäre.

Insbesondere bei einzelnen, kleinen, Lernszenarien sind rechtliche nicht zwangsläufig von Bedarf. Aus diesem Grund muss eine Rechtfertigung dieser Ergänzung zunächst weiter evaluiert werden.

Auch hat sich im Umfang der Lernszenarien als schwieriger Punkt erwiesen. Ein geschätzter Umfang könnte in der Vorlage der Lernszenarien von Nutzen sein. Abhängig von Lernszenarien muss jedoch zunächst die Relevanz dieser beiden Vorschläge evaluiert werden.

Abschließend gilt es auch die Kombination aus Niveaus (Lederman, 2009) mit dem eingesetzten Vorgehensmodell (Nowak, 2022) und den daraus resultierenden Mehrwert noch einmal zu evaluieren.

8 Zusammenfassung

Zusammenfassen sollen hier zunächst noch einmal die Forschungsfragen beantwortet werden.

Forschungsfrage 1: In welchem Rahmen lassen sich Citizen Science Projekte in den Schulalltag integrieren?

Im schulischen Kontext bieten sich genügend Möglichkeiten, um Citizen Science Projekte einzustreuen. Je nach Umfang dieser Projekte müssen diese jedoch auf mehrere Tage oder Wochen verteilt werden. Neben der Einbindung in den Unterricht ist auch eine Einbindung als AG möglich (siehe **5.4**).

Forschungsfrage 2: Welchen Mehrwert kann Citizen Science an Schulen bieten?

Neben der Abwechslung vom Alltag bieten Citizen Science Projekte eine vielversprechende Möglichkeit für Lernende und Lehrende, sich an Wissenschaft zu beteiligen und ein Interesse sowie Verständnis für deren Grenzen zu entwickeln (siehe **2.1.3, 4.5.2, Anhang B: Interviews mit Lernenden**).

Forschungsfrage 3: Wie ist die Akzeptanz und Motivation von Lernenden für aktive Forschung im Unterricht?

Akzeptanz und Motivation sind stark vom Thema und Lernenden abhängig. Generell lässt sich jedoch festhalten, dass Lernende ein Interesse an Abwechslung im Schulalltag haben und das Interesse an Wissenschaft gegeben ist (siehe **Evaluation**).

Dennoch muss festgehalten werden, dass eine weitere Evaluation notwendig ist, um die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Schulen und Themen zu gewährleisten (siehe **Diskussion**).

Diese Ergebnisse bestätigen die Grundidee der **Hypothese**. Eine vollständige Bestätigung bedarf jedoch weiterer Evaluation.

8.1 Ausblick

Um einen langfristigen Effekt zu erzielen und weitere Evaluationen durchzuführen, wird es eine weitere Kooperation und damit eine Fortsetzung der AG geben. Diese soll zunächst weitere Lernszenarien des Stratosphärenprojektes evaluieren und final mit einem externen Partner auch einen Stratosphärenflug durchführen. Zu diesem Zweck werden die entstandenen Lernszenarien auch weiter, anhand der Evaluationen, verbessert.

Gemeinsam mit diesem Partner sollen auch die Lernszenarien zum Thema Stratosphäre (Lernszenarien 7 und 8) mit nutzbarem Arbeitsmaterial ausgestattet werden.

Weiter werden zusätzliche Evaluationen angestrebt, um die in (7.4.1) benannten Aspekte zu beleuchten. Zu diesem Zweck werden Evaluationen mit anderen Schulen und auch im offenen Bereich angestrebt.

Zudem ist ein Projekt geplant, um gängige Sensoren in blockbasierte Programmiersprachen einbinden zu können und auf diesem Wege zukünftige Citizen Science Projekte mit I2C fähigen Mikrocontrollern zu erleichtern.

Anhang A: Interviews mit Lehrenden

Es wurden Interviews mit 5 Lehrkräften geführt.

Von diesen waren 4 Lehrkräfte voll ausgebildet, eine Lehrkraft befand sich zum Zeitpunkt des Interviews im Referendariat. Weiter waren 3 Lehrkräfte am selben Gymnasium angestellt, welches auch Partner bei der Evaluation war. Je eine Lehrkraft war an einem anderen Gymnasium, respektive an einer Gesamtschule angestellt. Es waren 3 männliche und 2 weibliche Lehrkräfte vertreten.

	<i>Geschlecht</i>	<i>Fach der Befragung</i>	<i>Schulform</i>	<i>Klassenstufen</i>	<i>Anmerkung</i>
<i>Lehrkraft 1</i>	Männlich	JIA / Informatik	Gymnasium	5-Q2	Gymnasium 2
<i>Lehrkraft 2</i>	Weiblich	MINT / Biologie	Gymnasium	5-9	
<i>Lehrkraft 3</i>	Männlich	Informatik	Gymnasium	5-Q2	
<i>Lehrkraft 4</i>	Weiblich	MINT	Gymnasium	5-7	Referendariat
<i>Lehrkraft 5</i>	Männlich	Informatik / Technik	Gesamtschule	7-Q2	

Tabelle 19: Rahmeninformationen der befragten Lehrkräfte

Für die Befragung relevante Fächer und die unterrichteten Klassenstufen finden sich in **Tabelle 19**.

Vor der Befragung wurde zunächst das Thema und Anliegen kurz erklärt. Anschließend folgten Interviews. Dabei wurde kein standardisierter Fragebogen verwendet. Stattdessen kam es zu Gesprächen, basierend auf folgenden offenen Leitfragen:

1. Wie können externe Inhalte in den Schulalltag eingebunden werden?
2. Welchen Mehrwert könnte ein solcher Inhalt bieten?
3. Welche Rahmenbedingungen würden Sie sich für externe Inhalte zum Thema Wissenschaft wünschen?
4. Wie stellen Sie sich ein kooperatives Forschungsprojekt zwischen Schule und Wissenschaft vor?

Ein Konsens zur **Frage 1** war dabei, dass sich Inhalte am leichtesten als Tagesveranstaltungen einbinden lassen. Während ein überwiegender Teil (60 %) dabei externe Standorte bevorzugen würden, gab je eine Lehrkraft an, dass die Inhalte bevorzugt in der Schule behandelt werden sollten, respektive, dass es keinen Unterschied macht.

4 der Lehrkräfte kamen dabei, auf den Betreuungsaufwand zu sprechen, welcher, im Konsens, für externe Projekte weitaus höher ist. So müssen für externe Projekte mindestens 2 Betreuungskräfte vorhanden sein, welche für den entsprechenden Zeitraum freigestellt werden können. Weiter müssen An- und Abreise organisiert und den Schü-

lerinnen und Schülern (SuS), sowie deren Erziehungsberechtigten kommuniziert werden. Dieses Problem war auch die Begründung, warum eine Lehrkraft angab, die Projekte lieber an Schulen zu sehen.

Weiter gaben alle 5 Lehrkräfte an, dass auch Projektwochen ein guter Zeitraum für externe Inhalte darstellen. Die Bedenken waren dabei die gleichen wie für Tagesprojekte.

4 Lehrkräfte gaben weiter an, dass sie sich vorstellen können, dass Inhalte auch im Unterricht eingesetzt werden kann, sofern sich dieser an der Dauer des Unterrichts orientiert und nicht zu sehr von Themen des Lehrplans abweicht.

Weiter gaben alle Lehrkräfte an, dass sich bestimmte Inhalte auch als AG im Nachmittagsbereich anbieten würden, 80 % würden eine solche AG selbst anbieten wollen, sofern es sich mit der Arbeitszeit vereinbaren lässt, 40 % gaben weiter an, eine solche AG bereits durchgeführt zu haben.

Ebenfalls im Konsens wurde angegeben, dass der zeitliche Umfang nicht zu groß sein darf, da SuS sonst das Interesse verlieren würden. Ein zu hoher Zeitaufwand würde weiter auch das Vorankommen im Lehrplan beeinträchtigen. Hierbei sind Lernszenarien, welche nur eine Stunde in Anspruch nehmen, bei allen Lehrkräften akzeptabel. Externe Materialien als Ersatz einer Unterrichtsreihe zu bestimmten Themen können sich 3 Lehrkräfte vorstellen, von denen eine dies bereits erprobt hat. Inhalte in mehreren Schulstunden, die vom Thema abweichen sind, dabei schwer zu rechtfertigen und müssten gut begründet werden, geben 4 Lehrkräfte weiter an.

Frage 2 beginnt mit einem klaren Konsens, der größte Mehrwert den eine solche Kooperation (aus Sicht der Schule) bieten kann, ist die Berufs- und Studienorientierung (BSO). Durch Inhalte aus der Forschung können SuS für diese begeistert werden, wird dabei einstimmig angegeben. Die Vermittlung anderer Sichtweisen auf Themen geben schließlich 3 der Lehrkräfte an.

Externe Inhalte müssen SuS interessante Themen bieten (4 Angaben) und sollten dabei fachspezifisch sein (3 Angaben). Damit ist gemeint, dass Inhalte den Lehrplan ergänzen oder abrunden sollen. Das Kennenlernen von Hochschulstandorten und Laboren ist wünschenswert (4 Angaben) und auch der Kontakt mit Expertinnen und Experten stand hoch im Kurs (3 Angaben).

„Bestenfalls erhalten die Schüler(:innen) nicht nur einen Einblick in die wissenschaftliche Arbeit, sondern können diese auch ausprobieren.“ Wurde hier genannt. Insgesamt 4 Lehrkräfte gaben eine Aussage in diese Richtung ab.

Ebenfalls als Mehrwert wird gesehen, dass SuS auch Themengebiete kennenlernen, die ihren Alltag beeinflussen (2 Angaben) und zum Nachdenken über Probleme anregen (4 Angaben). Weiter wurde scherzhaft eingeworfen, dass Lehrpersonal entlastet würde (3 Angaben).

Final gab es noch einen Konsens, dass externe Projekte eine willkommene Abwechslung zum Schulalltag darstellen und (4 Angaben) im besten Fall interdisziplinär gearbeitet werden sollte.

Die Rahmenbedingungen, welche in **Frage 3** Thema waren, beginnen mit dem spannenden (4 Angaben) und inhaltlich verständlichen (5 Angaben) vermitteln der Inhalte. Auch auf diese Frage kam erneut die Antwort im Konsens, dass Inhalte sich am Lehrplan orientieren sollten. Eine Ergänzung des Lehrplans wurde erneut vorgeschlagen (4 Angaben).

Ebenfalls kamen erneut Vorschläge für eine AG (4 Erwähnungen) oder Projekttag (3 Erwähnungen) auf. Inhalte müssen das Interesse der SuS wecken (4 Erwähnungen) und sollten im besten Falle auch Lehrkräfte (4 Angaben) und Eltern (2 Angaben) motivieren. Dabei dürfen die Voraussetzungen nicht zu hoch sein (4 Angaben). „Bestenfalls deckt ein Lernszenario dabei nur eine Art von Kompetenzen ab“, wurde von einer Lehrkraft erwähnt, welche bereits vor dem Interview Interesse am Projekt zeigte.

Abschließend erwähnten 2 Lehrkräfte, dass die Angebote günstig oder im besten Falle kostenlos sein sollten. Auf gezielte Nachfrage bei den anderen Lehrkräften entstand aus dieser Aussage ein Konsens. Weiter dürfen externe Standorte nicht zu weit von der Schule entfernt sein (4 Angaben) und sollten gut mit dem öffentlichen Nahverkehr zu erreichen sein (4 Angaben).

Abschließend wurde mit **Frage 4** auf die Wünsche der Lehrkräfte eingegangen. Neben bereits genannten Themen wurde hier zum einen ein Wunsch nach wissenschaftlicher Arbeitsweise geäußert (3 Angaben), andererseits waren auch Medienkompetenzen erwünscht (3 Angaben).

Neu hinzugekommen ist auch der Wunsch nach flexibler Planung (4 Angaben), um die Inhalte so legen zu können, dass der Unterrichtsausfall weniger ins Gewicht fällt und eine spontane Planung (2 Angaben), um auch auf Krankheitsfälle eingehen zu können.

Nach den Interviews wurde noch einmal genauer auf das Projekt des Stratosphärenballons eingegangen. Alle Lehrkräfte gaben hierbei an, sowohl an Informatik als auch an Stratosphärenforschung interessiert zu sein und können sich ein solches Projekt mit SuS vorstellen.

Jedoch haben 3 der Lehrkräfte angegeben, dass ein solches Projekt nicht Teil des regulären Unterrichts sein kann, da es zu Zeitintensiv (3 Angaben) und Umfangreich (2 Angaben) ist, oder weil schlichtweg zu viele Themen abgedeckt werden, die Fachfremd sind (1 Angabe). Obwohl 2 der befragten Lehrkräfte einen geführten Ansatz zur Vermittlung der Kompetenzen bevorzugen würden, dass ein explorativer Teil in externen Materialien wünschenswert wäre, da dieses Vorgehen im regulären Unterricht zu kurz komme (3 Angaben).

Wichtig war dabei, dass bei einem solchen Projekt Experten anwesend sind (4 Angaben), welche sich insbesondere um die rechtlichen Angelegenheiten (3 Angaben), sowie technische Aspekte beim Start (1 Angabe) kümmern.

Anhang B: Interviews mit Lernenden

Am Interview haben 14 Schülerinnen und Schüler eines Gymnasiums in Oberhausen teilgenommen, welche sich wie folgt verteilen, die tabellarischen Daten wurden anonym erhoben:

Klasse	5	6	7	8	Total
Anzahl	6	3	4	1	14
- männlich	5	0	4	1	10
- weiblich	1	3	0	0	4

Interesse an Wissenschaft, Programmierung und Hardwareentwicklung nach Alter:

Klasse	5	6	7	8	Männlich	Weiblich	Total
Wissenschaft	67 %	100 %	75 %	100 %	80 %	75 %	79 %
Programmierung	100 %	33 %	100 %	100 %	100 %	50 %	86 %
Hardwareentwicklung	50 %	33 %	75 %	0 %	43 %	25 %	50 %

Nicht vertretene Geschlechter und Klassenstufen werden nicht angegeben.

Während die Hälfte (50 %) Schülerinnen und Schüler (SuS) angaben, sich keine konkrete wissenschaftliche Arbeit vorstellen zu können, sank dieser Anteil mit steigender Klasse (33 %, 25 %, 0 % für die Klassen 6, 7 und 8).

Die Verteilung bei der Hardwareentwicklung liegt anders, da die SuS der Klasse 5 bereits Erfahrungen mit dem Calliope und die SuS der Klasse 7 mit dem Arduino gesammelt haben. Die SuS der Klasse 6 gaben an, vom Calliope gehört, aber an diesem kein echtes Interesse zu haben. Der Schüler der Klasse 8 kennt beide Systeme und gab an, schlicht kein Interesse am Thema zu haben.

Die Ergebnisse zum Interesse an Programmierung ist dabei von vorneherein als skeptisch anzusehen, da Besprechungstermin als Projektbesprechung zum Thema Programmierung von der Schule beworben wurde.

In einer offenen Diskussion ergab sich anschließend, dass 86 % der SuS sich vorstellen könnten, an einem längerfristigen Citizen Science Projekt teilzunehmen. 72 % haben sich zudem für eine AG im Rahmen von Citizen Science Projekten an der Schule gemeldet, in welcher ein Teil der Lernszenarien evaluiert werden soll. Mit 9 von 10 Lernenden konnte ein gemeinsamer Termin gefunden werden.

Das Thema „Sammeln und Speichern von Daten“ war dabei für die SuS besonders interessant, da dies in vielen Bereichen (Angaben von Fußball bis Spieleentwicklung) nützlich sein kann.

Das anfangs geringe Interesse an Hardwareentwicklung hat sich zudem innerhalb der Diskussion verbessert, nachdem die SuS verschiedene Möglichkeiten vorgestellt bekommen haben und die Überlegung eines größeren Projektes (Stratosphärenballons) im Raum stand.

Weiter hat sich herausgestellt, dass das Interesse an Forschung breit aufgestellt ist. „Wissenschaftler“ als Beruf wurde dabei, ohne Konkretisierung, häufig genannt. Konkrete Beispiele für wissenschaftliches Interesse waren insbesondere: „Meeresbiologie“, „Architektur“, „IT-Sicherheit“, „Künstliche Intelligenz“ und „Quantencomputer“.

Anhang C: Entstandene Lernszenarien

Die folgenden Lernszenarien sind im Verlauf der Arbeit entstanden. Die evaluierten Materialien finden sich in

Standardabweichung und Median:

Kompetenz (Median)	Vorher	Nachher	Veränderung
Ich kann Programmieren	2	3,0	1,0
Grundlagen	4,5	5	0,5
Ich verstehe den Code, der mir erklärt wird	5	5	-
Ich kann eine große Aufgabe in kleinere Aufgaben aufteilen	4	5	1,0
Mikrocontroller	5	5,5	0,5
Ich weiß, was ein Mikrocontroller ist und wie man diesen verwendet	6	6	-
Ich weiß, wie man einen Mikrocontroller mit zusätzlicher Hardware erweitert	4	5	1,0
Messdaten speichern	4	4,5	0,5
Ich weiß, wie Messdaten erhoben werden	4	4	-
Ich verstehe, wie Messdaten gespeichert werden können	4	5	1,0

Kompetenz (Abweichungen)	Vorher	Nachher	Veränderung
Ich kann Programmieren	0,5	0,5	-
Grundlagen	0,5	0,5	-
Ich verstehe den Code, der mir erklärt wird	0,5	0,5	-
Ich kann eine große Aufgabe in kleinere Aufgaben aufteilen	0,5	0,5	-
Mikrocontroller	0,5	0,5	-
Ich weiß, was ein Mikrocontroller ist und wie man diesen verwendet	0,5	0,5	-
Ich weiß, wie man einen Mikrocontroller mit zusätzlicher Hardware erweitert	0,5	0,5	-
Messdaten speichern	0,65	0,5	- 0,2
Ich weiß, wie Messdaten erhoben werden	0,5	0,5	-
Ich verstehe, wie Messdaten gespeichert werden können	0,8	0,5	- 0,3

Anhang G: Evaluiertes Arbeitsmaterial. Verweise auf die jeweils aktuellen Materialien finden sich in den jeweiligen Beschreibungen.

Lernszenario ID	DE_STRATO_01_QUESTIONS_BASICS
Lernszenario Titel	Das fachliche Beantworten von Fragen
Inhalt und Beschreibung des Lernszenarios	<p>In diesem Lernszenario sollen Lernende erste Einblicke in die wissenschaftliche Arbeitsweise erhalten. Hierzu erhalten Sie vorformulierte Fragen (LA3) und sollen diese anhand eigener Beobachtungen beantworten.</p> <p>Ziel ist es, den Lernenden ein Verständnis für wissenschaftliche Fragen zu vermitteln. Sowie für den Umgang mit Daten, um diese zu beantworten.</p>
Quellen	Eigenentwicklung
Kontext - Klassenstufe der Schüler	Klassenstufe 5 – 10
Themen des Lehrplans	<p>Beobachten und Wahrnehmen von Phänomenen</p> <p>Durchführung von Untersuchungen und Experimenten</p> <p>Erkenntnisgewinnung</p> <p>Beobachten und Messdaten ordnen sowie in Bezug auf die Fragestellung auswerten</p>
Kompetenzen	<p>Scientific competencies</p> <ul style="list-style-type: none"> - Scientific thinking - Scientific knowledge <p>Data management</p> <ul style="list-style-type: none"> - Data knowledge - Data handling
	<p>Think scientifically</p> <p>Use scientific evidence</p> <p>Teaching methods</p> <p>Understanding of the scientific process</p> <p>Interest in world and science</p> <p>Data interpretation</p> <p>Data Collection</p> <p>Identify scientific questions</p> <p>Awareness of science</p>

Pädagogisches Konzept	Geführtes exploratives Lernen
Lernaktivitäten	Es sind 7 aufeinander aufbauende Lernaktivitäten vorgesehen, davon 2 optional.
LA1: Was ist eine Forschungsfrage?	Zunächst wird den Lernenden erklärt, wie eine Frage formuliert werden muss, um als Forschungsfrage gewertet werden zu können.
LA2: Wie kann man diese beantworten?	Anschließend wird darauf eingegangen, wie Forschungsfragen beantwortet werden können. Hierzu werden beispielhaft Fragen gestellt und Ideen gesammelt.
LA3: Durchführung eigener Beobachtungen	Anschließend werden eigene Beobachtungen, z.B. wer wie viele Stifte dabei hat, wer am größten ist usw. angestellt und erfasst.
LA4: Auswertung	Die Beobachtungen werden nun gesammelt und gemeinsam aufbereitet. Hier kann auch auf die Korrektheit eingegangen werden, sowie auf Unterschiede nach Alter.
LA5: (optional) Vergleich mit externen Daten	Die entstandenen Datensätze können mit weiteren Datensätzen ergänzt werden, z.B. der Durchschnittsgröße im entsprechenden Alter.
LA6: (optional) Visualisierung der Ergebnisse	Einzelne Datensätze werden zum besseren Verständnis visualisiert
LA7: Evaluation	Ist verständlich, was eine Forschungsfrage ausmacht? Gibt es Unklarheiten und / oder Anmerkungen?
Rollen	Lernende Lehrende
Werkzeuge und Dienste	Optional: Quellen für Vergleichsdaten
Arbeitsmaterial	FabCitizen Webseite

Lernszenario ID	DE_STRATO_02_QUESTIONS_ASKING
Lernszenario Titel	Wissenschaftliche Fragen stellen
Inhalt und Beschreibung des Lernszenarios	In diesem Lernszenario geht es um das Formulieren wissenschaftlicher Fragestellungen und wie diese so gestaltet werden können, dass sie eine Hypothese bestätigen oder widerlegen

Quellen	Eigenentwicklung
Kontext - Klassenstufe der Schüler	Klassenstufe 5-10
Themen des Lehrplans	<p>Erkennen von Problemen und Formulierung von Fragestellungen</p> <p>Beobachten und Wahrnehmen von Phänomenen</p> <p>Aufstellen von Vermutungen und Hypothesen zu Fragestellungen</p> <p>Durchführung von Untersuchungen und Experimenten</p> <p>Erkenntnisgewinnung</p> <p>Beobachten und Messdaten ordnen sowie in Bezug auf die Fragestellung auswerten</p> <p>Auswertung der Hypothesen</p>
Kompetenzen	<p>Scientific competencies</p> <p>Data management</p> <ul style="list-style-type: none"> - Data knowledge - Data handling - Data quality <p>Communication and collaboration</p>
	<p>Think scientifically</p> <p>Use scientific evidence</p> <p>Teaching methods</p> <p>Understanding of the scientific process</p> <p>Interest in world and science</p> <p>Generate Questions</p> <p>Awareness of science</p> <p>Data interpretation</p> <p>Scientific investigation Questions</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ask questions / define - Identifying and ask scientific questions - Recogniton of scientific issues

Pädagogisches Konzept	Geführtes exploratives lernen
Lernaktivitäten	Es sind 4 aufeinander aufbauende Lernaktivitäten vorgesehen.
LA1: Was macht eine Hypothese aus?	Zunächst wird mit den Lernenden besprochen, was eine gute Hypothese ausmacht. Hierbei werden sollten verschiedene Hypothesen und die damit verbundenen Fragen besprochen werden.
LA2: Fragen und Antworten	Im Anschluss wird darauf eingegangen, wie Fragen formuliert werden können, damit diese möglichst alle Aspekte einer Hypothese beleuchten.
LA3: Fragen stellen	Im Anschluss wird den Lernenden eine Hypothese vorgestellt, welche leicht geprüft werden kann. Die Fragen sollen dabei von den Lernenden selbst entwickelt werden. Es können Hinweise gestreut werden, was geprüft werden muss.
LA4: Die Hypothese prüfen	Sobald die notwendigen Fragen entwickelt wurden, können die Lernenden ihre Hypothese eigenständig prüfen. Die Ergebnisse werden anschließend untereinander vorgestellt.
Rollen	Lernende Lehrende
Werkzeuge und Dienste	Arbeitsblätter, Auswahl an prüfbaren Hypothesen
Arbeitsmaterial	FabCitizen Webseite

Lernszenario ID	DE_STRATO_03_PROGRAMMING_CALLIOPE
Lernszenario Titel	Programmieren lernen mit dem Calliope
Inhalt und Beschreibung des Lernszenarios	Dieses Lernszenario lehrt die Grundlagen der Programmierung und legt den Grundbaustein zur Entwicklung eigener Sensorhardware für einen Stratosphärenballon.
Quellen	Infosphere – RWTH Aachen
Kontext - Klassenstufe der Schüler	Klassenstufe 5 – 10
Themen des Lehrplans	Wiedergabe und Erklärung von Fachwissen

	<p>Übertragung und Vernetzung von Fachwissen</p> <p>Abwägung und Entscheidung von Handlungsoptionen</p> <p>Modellieren & Implementieren</p> <p>Verarbeiten von Daten</p> <p>Auseinandersetzung mit Algorithmen</p> <p>Verständnis systematischer Abläufe und der Arbeitsweise von Informatiksystemen</p> <p>Formale Sprache</p>
Kompetenzen	IT-competency
	<p>Critical thinking</p> <p>Data manipulation</p> <p>Decision making</p> <p>Using tools</p>
Neue Kompetenzen	Grundlagen der Mikrocontroller Technik
Pädagogisches Konzept	Geführtes exploratives Lernen
Lernaktivitäten	Es sind 5 aufeinanderfolgende Lernaktivitäten vorgesehen
LA1: Was ist Calliope	Den Lernenden wird das System „Calliope Mini“ sowie die zugehörige Programmierplattform vorgestellt.
LA2: Erste Schritte in die Programmierung	<p>Nach der Vorstellung bearbeiten die Lernenden gemeinsam eine erste Aufgabe, um ein Gefühl für Hard- und Software zu erhalten.</p> <p>Ziel ist die Verwendung von Sensorik und Aktorik mit dem Calliope Mini, sowie ein einfaches Verständnis für dessen eventbasierte Programmiersprache.</p>
LA3: Programmieren mit Vorgaben	Lernende wählen sich eine oder mehrere Aufgaben aus einem Katalog. Diese sind mit Beispielen und Lösungshilfen versehen und bieten Einblicke in verschiedene Komponenten und Funktionen des Calliope Mini.
LA4: Freies Experimentieren	<p>Sobald die Lernenden sich dazu in der Lage fühlen, beginnen Sie eigene kleine Experimente zu entwickeln und zu bearbeiten. Auch hier sollten die Lösungshilfen aus der vorherigen Lernaktivität zur Verfügung stehen.</p> <p>Eine generelle Vertiefung sowie das Sammeln und Inter-</p>

	pretieren von Daten steht dabei im Mittelpunkt.
LA5: Präsentation der Ergebnisse	Im Anschluss vergleichen und präsentieren die Lernenden ihre Beobachtungen und ziehen einfache Schlussfolgerungen, z.B. über Helligkeit und Temperatur an verschiedenen Stellen im Raum.
Rollen	Lernende Lehrende Optional: Zusätzliches Personal zur Betreuung.
Werkzeuge und Dienste	Tablet oder Rechner „Calliope Mini“ Hardware Online Programmierumgebung (MakeCode oder Open Roberta)
Arbeitsmaterial	https://schuelerlabor.informatik.rwth-aachen.de/en/node/520

Lernszenario ID	DE_STRATO_04_ PROGRAMMING_ARDUINO
Lernszenario Titel	Programmieren lernen mit dem Arduino
Inhalt und Beschreibung des Lernszenarios	In diesem Lernszenario erhalten Lernende einen ersten Einblick in die Programmierung mit dem Arduino. Hierbei werden LEDs angesteuert und erste Sensorwerte ausgelesen.
Quellen	Eigenentwicklung
Kontext - Klassenstufe der Schüler	Klassenstufe 5 – 10
Themen des Lehrplans	<p>Wiedergabe und Erklärung von Fachwissen</p> <p>Übertragung und Vernetzung von Fachwissen</p> <p>Abwägung und Entscheidung von Handlungsoptionen</p> <p>Modellieren & Implementieren</p> <p>Verarbeiten von Daten</p> <p>Auseinandersetzung mit Algorithmen</p> <p>Verständnis systematischer Abläufe und der Arbeitsweise von Informatiksystemen</p> <p>Formale Sprache</p>

Kompetenzen	IT-competency
	<p>Critical thinking</p> <p>Data manipulation</p> <p>Decision making</p> <p>Using tools</p>
Neue Kompetenzen	Grundlagen der Mikrocontroller Technik
Pädagogisches Konzept	Geführtes exploratives Lernen
Lernaktivitäten	Es sind 6 aufeinanderfolgende Lernaktivitäten vorgesehen
LA1: Was ist Arduino?	Zunächst erhalten Lernende eine Übersicht darüber, worum es sich beim Arduino handelt und wie dieser funktioniert. Außerdem wird in diesem Schritt die Entwicklungsumgebung vorgestellt.
LA2: Erste Schritte in der Programmierung	Anschließend wird gemeinsam ein erstes Programm geschrieben, um Lernenden zu zeigen, wie die Hardware funktioniert.
LA3: Einfache Hardware aufbauen	Sobald die ersten Zeilen Code entwickelt sind, muss die Arduino Hardware um Aktoren und Sensoren erweitert werden. Dieser Schritt beschreibt, wie eine solche Erweiterung vonstattengeht. Zu diesem Zwecke wird hier eine Ampel mit einem einfachen Taster und einem Potenziometer aufgebaut.
LA4: Programmieren mit Vorgaben	<p>Nach dem Aufbau wird die Ampel so programmiert, dass diese beim Tastendruck die einmal durchschaltet.</p> <p>Weiter kann eine einzelne LED so gesteuert werden, dass diese ihre Helligkeit anhand des Potenziometers ändert.</p> <p>Auf diesem Wege erhalten Lernende Einblicke in alle relevanten Grundlagen: Aktoren, Sensoren, digitale sowie analoge Ein- und Ausgabe.</p>
LA5: Freies Experimentieren	Im freien Experimentieren können Lernende eigene Experimente mit dem Arduino und der verfügbaren Hardware durchführen.
LA6: Präsentation	Final stellen die Lernenden ihre eigenen Projekte einander vor.
Rollen	Lernende

	Lehrende
Werkzeuge und Dienste	<p>Entwicklungsumgebung nach Wahl:</p> <p>Open Roberta / Arduino IDE alternativ MakeCode, sollte ein anderer Mikrocontroller verwendet werden.</p> <p>Mikrocontroller nach Wahl, empfohlen: Arduino Uno</p>
Arbeitsmaterial	FabCitizen Webseite

Lernszenario ID	DE_STRATO_05_PROGRAMMING_SENSORS
Lernszenario Titel	Sensorik und Datenspeicher
Inhalt und Beschreibung des Lernszenarios	Dieses Lernszenario behandelt die Erweiterung des Arduinos um I2C Geräte mittels textueller Programmierung. Schwerpunkt liegt dabei auf der Kommunikation mit Sensoren und dem Speichern von Daten mittels I2C Hardware.
Quellen	Eigenentwicklung
Kontext - Klassenstufe der Schüler	Klassenstufe 7 – 13
Themen des Lehrplans	<p>Wiedergabe und Erklärung von Fachwissen</p> <p>Übertragung und Vernetzung von Fachwissen</p> <p>Abwägung und Entscheidung von Handlungsoptionen</p> <p>Modellieren & Implementieren</p> <p>Verarbeiten von Daten</p> <p>Auseinandersetzung mit Algorithmen</p> <p>Durchführung von Untersuchungen und Experimenten</p> <p>Information & Daten</p> <ul style="list-style-type: none"> · Speicherung von Daten · Verarbeitung von Daten · Übertragung von Daten mithilfe von Informationssystemen <p>Formale Sprache</p> <p>Erkenntnisgewinnung</p> <p>Kritische Auswertung der Daten, Untersuchungsmetho-</p>

	den und Informationen
Kompetenzen	<p>IT competency</p> <p>Data management</p> <ul style="list-style-type: none"> - Data handling - Data knowledge - Data quality
	<p>Data cleaning</p> <p>Data transformation</p> <ul style="list-style-type: none"> - Data Representation and Transformation (into information) <p>Data Evaluation</p> <p>Critical Thinking</p> <p>Data Access</p> <p>Data Collection</p> <p>Data Gathering</p> <p>Data Management</p> <ul style="list-style-type: none"> - techniques for managing big data <p>Data Quality</p> <ul style="list-style-type: none"> - evaluate the quality of data <p>Data Storage</p>
	<p>Verwendung von Erweiterungsstandards (I2C)</p> <p>Verwendung von Open Source Ressourcen</p>
Pädagogisches Konzept	Exploratives Lernen
Lernaktivitäten	Es sind 7 aufeinander aufbauende Lernaktivitäten vorgesehen, davon ist eine optional.
LA1: Präsentation der Fragestellung	Zu Beginn wird den Lernenden eine Fragestellung vorgestellt, welche es im Laufe des Lernszenarios zu beantworten gilt. Diese muss mit vorhandenen Sensoren lösbar sein und sollte sich am Alltag der Lernenden orientieren.
LA2: Sammeln von Lösungsansätzen	<p>Anschließend haben die Lernenden Zeit, sich über Möglichkeiten Gedanken zu machen, wie diese Fragestellung beantwortet werden kann.</p> <p>Diese Lösungsansätze sollen dabei besprochen und dis-</p>

	kutiert werden.
LA3: Vorstellung I2C	Nachdem sich die Lernenden auf einen Lösungsansatz geeinigt haben, wird ihnen der I2C Standard sowie die Sensoren vorgestellt, welche zum Gewinnen von Daten genutzt werden sollen.
LA4: Verwendung von I2C Sensoren	Anschließend werden die Sensoren angeschlossen und getestet, die Lernenden sollen dabei in erster Linie Daten vergleichen und überprüfen, ob diese realistisch sind.
LA5: (Optional) was ist Open Source?	An dieser Stelle kann den Lernenden das Konzept sowie Vor- und Nachteile von Open-Source-Projekten vorgestellt werden.
LA6: Speichern von Daten mit openLog	Nachdem die Sensoren lauffähig sind, erhalten die Lernenden eine Möglichkeit, um Daten zu speichern. In diesem Szenario handelt es sich dabei um openLog, angesteuert via I2C. Nachdem die Sensoren mit dem Speicher verbunden sind, kann über einen vorher festgelegten Messzeitraum gemessen werden.
LA7: Auswertung der Daten	Nachdem alle Messungen durchgeführt sind, werden die Daten ausgewertet und Ergebnisse erstellt. Diese werden im Anschluss präsentiert
Rollen	Lernende Lehrende
Werkzeuge und Dienste	Arduino Uno I2C fähige Sensoren I2C fähiger openLog Speicher Arduino IDE
Arbeitsmaterial	FabCitizen Webseite

Lernszenario ID	DE_STRATO_06_PROGRAMMING_STATION
Lernszenario Titel	Sammeln von Umweltdaten
Inhalt und Beschreibung des Lernszenarios	Ziel ist es, gemeinsam mit den Lernenden eine Messstation zu entwickeln und zu bauen. Mit dieser können Umwelteinflüsse im Alltag gemessen werden. Hierzu wird gemeinsam an Fragestellungen gearbeitet, welche durch Zuhilfenahme von Sensoren beantwortet

	werden.
Quellen	Eigenentwicklung
Kontext - Klassenstufe der Schüler	Klassenstufen 7-13, 5-13 abhängig von Vorkenntnissen Entwicklung der Sensorik eines Stratosphärenballons.
Themen des Lehrplans	<p>Wiedergabe und Erklärung von Fachwissen</p> <p>Übertragung und Vernetzung von Fachwissen</p> <p>Abwägung und Entscheidung von Handlungsoptionen</p> <p>Bewertungskriterien und Handlungsoptionen benennen</p> <p>Erkennen von Problemen und Formulierung von Fragestellungen</p> <p>Modellieren & Implementieren</p> <p>Verarbeiten von Daten</p> <p>Auseinandersetzung mit Algorithmen</p> <p>Beobachten und Messdaten ordnen sowie in Bezug auf die Fragestellung auswerten</p> <p>Durchführung von Untersuchungen und Experimenten</p> <p>Information & Daten</p> <ul style="list-style-type: none"> · Speicherung von Daten · Verarbeitung von Daten · Übertragung von Daten mithilfe von Informationssystemen <p>Formale Sprache</p> <p>Erkenntnisgewinnung</p> <p>Kritische Auswertung der Daten, Untersuchungsmethoden und Informationen</p> <p>Arbeiten mit einfachen modellhaften Darstellungen</p> <p>Auswahl von Daten und Informationen, Prüfung auf Relevanz und Reliabilität</p> <p>Durchführung von Untersuchungen und Experimenten</p> <p>Aufstellen von Vermutungen & Hypothesen zu (physikalischen / chemischen) Fragestellungen</p>
Kompetenzen	IT competency

	<p>Scientific competencies</p> <p>Data management</p> <ul style="list-style-type: none"> - Data handling - Data knowledge - Data quality - Data management life cycle
	<p>Data transformation</p> <p>Data evaluation</p> <p>Scientific investigation question</p> <p>Critical thinking</p> <p>Data access</p> <p>Data application</p> <p>Data gathering</p> <p>Data management</p> <ul style="list-style-type: none"> - techniques for managing big data - Data organization <p>Data processing</p> <p>Data quality</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evaluate the quality of data <p>Data storage</p> <p>Generate Questions</p> <p>Identify problems</p> <p>Think scientifically</p>
Pädagogisches Konzept	Geführtes forschungsbasiertes Lernen anhand von Problemstellungen
Lernaktivitäten	Es sind 13 Lernaktivitäten vorgesehen, davon 2 optional
LA1: Projektplanung und Ideensammlung	In der ersten Lernaktivität wird zunächst geklärt, welche Ansprüche die Lernenden an das Projekt stellen und welche Ideen diese haben. In einer gemeinsamen Diskussion werden umsetzbare Ideen besprochen, bevor in die nächste Aktivität gewechselt wird.
LA2: Definition von Projektfragen und Lösungs-	In dieser Aktivität werden aus den Ideen wissenschaftliche Fragen entwickelt. Zusätzlich wird recherchiert, welche Daten zur Beantwortung notwendig sind und welche

wegen	<p>zusätzlichen Daten erfasst werden können, um weitere potenzielle Fragen zu beantworten.</p> <p>Neben dem wissenschaftlichen Aspekt muss bereits hier auf die Projektdauer und dessen Umfeld eingegangen werden, da jeder weitere Sensor Strom benötigt und Stationen ggf. Batteriebetrieben werden.</p>
LA3: Messungenauigkeiten bestimmen	<p>Nachdem die Rahmenbedingungen festgelegt wurden, erhalten die Lernenden die notwendigen Sensoren. Um Messungenauigkeiten im späteren Verlauf besser ausschließen zu können, werden die verwendeten Sensoren zunächst kontrolliert.</p> <p>Hierzu müssen die Lernenden Verfahren entwickeln, um die Sensoren in tolerierbare Fehlerbereiche zu bekommen. Dies kann durch Software geschehen, oder durch die Verwendung präziserer Sensoren.</p>
LA4: Entwicklung eines Prototyps	<p>Nachdem die Sensorwerte ausreichend präzise eingestellt wurden, kann der erste Prototyp entstehen. Dazu werden alle notwendigen Bauteile zusammengebaut und einzeln ausgewertet.</p> <p>Schritt für Schritt können Hard- und Software dann um weitere Bauteile ergänzt werden, bis der Prototyp alle gewünschten Anforderungen erfüllt.</p>
LA5: Erprobung des Prototyps	<p>Im Anschluss kann der Prototyp unter kontrollierten Bedingungen getestet werden. Je nach Anwendungsort ist hier bereits eine wetterfeste Hülle von Vorteil.</p>
LA6: (optional) Erstellung eines Gehäuses	<p>Das Gehäuse kann auf die Hardware angepasst werden, alternativ ist auch ein vorgefertigtes Gehäuse verwendbar.</p>
LA7: Zwischenevaluation	<p>Neben der Zuverlässigkeit des Prototyps wird noch einmal überprüft, ob alle Fragen im späteren Verlauf beantwortet werden können.</p>
LA8: Überarbeitung	<p>Sofern notwendig, werden Anpassungen an Hard- und Software vorgenommen.</p>
LA9: Fertigstellung	<p>Sobald alle Ansprüche erfüllt sind, kann die Messstation angebracht werden.</p>
LA10: Zwischenbesprechung	<p>Im Anschluss beginnt eine Messphase über einen in LA1 besprochenen Zeitraum. Diese Zeit bietet sich an, um weitere Thesen und erwartete Outcomes zu diskutieren. Hierbei können die bisher gewonnenen Daten eingebun-</p>

	den werden.
LA11: Auswertung der Endergebnisse	Nach Abschluss der Messphase werden die Ergebnisse, gesammelten Daten ausgewertet und Ergebnisse und Erwartungen verglichen. Die zu Beginn definierten Fragen werden beantwortet und ein Fazit gezogen.
LA12: Nachbesprechung	Final wird das Fazit besprochen. Konnten alle Fragen beantwortet werden, welche Schwierigkeiten traten auf etc. ?
LA13: (optional) Präsentation	Die Ergebnisse können aufbereitet und präsentiert werden.
Rollen	Lernende Lehrende Optional: - Zusätzliches unterstützendes Personal - Lernende als Beobachter - Lernende mit weiteren Dateninterpretationen
Werkzeuge und Dienste	Computer Arduino, optional mit Funktechnik Gerät zum Speichern von Daten Sensorik Arduino IDE oder andere Programmierumgebung Optional: TinkerCAD
Arbeitsmaterial	FabCitizen Webseite

Lernszenario ID	DE_STRATO_07_MAIN
Lernszenario Titel	Stratosphärenforschung
Inhalt und Beschreibung des Lernszenarios	Dieses Lernszenario führt die Lernenden durch alle Schritte zur Entwicklung und Tests eines Stratosphärenballons. Dabei gehen die Schritte von der vorherigen Recherche über die Entwicklung von Fragestellungen bis hin zum Bau der Messhardware, welche beim anschlie-

	ßenden Flug Daten sammelt. Die Auswertung ist explizit nicht Teil des Lernszenarios und findet sich im letzten Lernszenario dieser Reihe.
Quellen	Eigenentwicklung
Kontext - Klassenstufe der Schüler	Klassenstufen 7 – 13
Themen des Lehrplans	<p>Wiedergabe und Erklärung von Fachwissen</p> <p>Übertragung und Vernetzung von Fachwissen</p> <p>Abwägung und Entscheidung von Handlungsoptionen</p> <p>Bewertungskriterien und Handlungsoptionen benennen</p> <p>Erkennen von Problemen und Formulierung von Fragestellungen</p> <p>Modellieren & Implementieren</p> <p>Verarbeiten von Daten</p> <p>Auseinandersetzung mit Algorithmen</p> <p>Beobachten und Messdaten ordnen sowie in Bezug auf die Fragestellung auswerten</p> <p>Durchführung von Untersuchungen und Experimenten</p> <p>Information & Daten</p> <ul style="list-style-type: none"> · Speicherung von Daten · Verarbeitung von Daten · Übertragung von Daten mithilfe von Informationssystemen <p>Formale Sprache</p> <p>Erkenntnisgewinnung</p> <p>Kritische Auswertung der Daten, Untersuchungsmethoden und Informationen</p> <p>Arbeiten mit einfachen modellhaften Darstellungen</p> <p>Auswahl von Daten und Informationen, Prüfung auf Relevanz und Reliabilität</p> <p>Durchführung von Untersuchungen und Experimenten</p> <p>Aufstellen von Vermutungen & Hypothesen zu (physikalischen / chemischen) Fragestellungen</p>

<p>Kompetenzen</p>	<p>IT competency</p> <p>Data management</p> <ul style="list-style-type: none"> - Data handling - Data knowledge - Data quality - Data management life cycle <p>Scientific competencies</p> <p>Personal and Interpersonal competencies</p> <p>Generic skills</p>
	<p>Data transformation</p> <p>Data evaluation</p> <p>Scientific investigation question</p> <p>Critical thinking</p> <p>Data access</p> <p>Data application</p> <p>Data gathering</p> <p>Data management</p> <ul style="list-style-type: none"> - techniques for managing big data - Data organization <p>Data processing</p> <p>Data quality</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evaluate the quality of data <p>Data storage</p> <p>Generate Questions</p> <p>Identify problems</p> <p>Think scientifically</p> <p>Interest in world & science</p>
<p>Neue Kompetenzen</p>	<p>Grundlagen der Stratosphärenforschung</p> <p>Physische Absicherung von Messtationen</p> <p>Grundlagen der Sicherheit</p> <p>Grundlagen der Aerodynamik</p>
<p>Pädagogisches Konzept</p>	<p>Geführtes exploratives Lernen</p>

Lernaktivitäten	
LA1: Expertengespräche / Vorstellung	Zunächst sollen die Expert:innen vorgestellt werden. Diese stellen das Projekt und diverse Rahmenbedingungen vor, in denen sich der Rest des Lernszenarios bewegen wird.
LA2: Definition von Fragestellungen	Anschließend wird, in Anlehnung an LZ2 , damit begonnen, Hypothesen auszustellen und Fragen zu entwickeln, welche diese beweisen oder widerlegen können.
LA3: Bestimmen von Messdaten	Aus den Ergebnissen der vorherigen Diskussion, welche Hypothesen überprüft werden sollen, wird anschließend bestimmt, welche Messdaten gesammelt werden müssen. In Anlehnung an LZ5 und LZ6 werden Sensoren und Messintervalle festgelegt.
LA4: Aufbau der Messstation	Nachdem die Sensorik und ihre Messintervalle bestimmt sind, wird eine entsprechende Messtation aufgebaut und programmiert. Diese muss dabei die Rahmenbedingungen aus LA1 erfüllen.
LA5: Flugbahnberechnung	Nachdem alle Vorbereitungen getroffen worden sind, wird gemeinsam mit Experten auf die Details des Stratosphärenflugs eingegangen. In diesem Teil wird unter anderem eine Flugbahn und Dauer vorausberechnet. Auch haben die Lernenden noch einmal die Chance, sich mit weiteren kritischen Themen des Stratosphärenflugs zu befassen.
LA6: Start des Ballons	Der finale Höhepunkt des Lernszenarios und des Projektes ist der Start des Stratosphärenballons. Hier werden Checklisten durchgegangen, die Messtation am Ballon befestigt und die Startvorbereitungen von Experten überwacht. Nach dem Start ist dieses Lernszenario beendet. Sobald die Daten nach der Landung (durch Experten) geborgen und übermittelt wurden, kann mit LZ9 fortgefahren werden.
Rollen	Lernende Lehrende Experten Beobachtende
Werkzeuge und Dienste	Stratosphärenballon Mikrocontroller (Arduino)

	<p>Sensorik (Nach Bedarf)</p> <p>Datenspeicher</p> <p>Optionale Ergänzungen</p> <p>Diese Liste benötigt weitere Evaluation durch Experten</p>
Arbeitsmaterial	In Bearbeitung / nicht veröffentlicht

Lernszenario ID	DE_STRATO_08_VISITOR
Lernszenario Titel	Was macht ein Wetterballon?
Inhalt und Beschreibung des Lernszenarios	In diesem Lernszenario haben die Lernenden die Möglichkeit, anhand von vorgegebenen Messdaten eigene Fragestellungen zu entwickeln. Diese kann nach einem erfolgreichen Stratosphärenflug beantwortet werden.
Quellen	Eigenentwicklung
Kontext - Klassenstufe der Schüler	Klassenstufen 5 – 10
Themen des Lehrplans	<p>Beobachtung und Wahrnehmung von Phänomenen</p> <p>Erkennen von Problemen und Formulierung von Fragestellungen</p> <p>Aufstellen von Vermutungen & Hypothesen zu Fragestellungen</p> <p>Beobachten und Messdaten ordnen sowie in Bezug auf die Fragestellung auswerten</p>
Kompetenzen	<p>Scientific competencies</p> <p>Personal and interpersonal competencies</p>
	<p>Scientific Investigation Questions</p> <p>Critical thinking</p> <p>Generate Questions</p> <p>Think scientifically</p> <p>Understanding of scientific process</p> <p>Interest in world & science</p> <p>Awareness of science</p>
Pädagogisches Konzept	Begleitetes exploratives Lernen

Lernaktivitäten	Es sind 4 aufeinander aufbauende Lernaktivitäten vorgesehen.
LA1: Vorstellung des Projektes	Zunächst wird den Lernenden eine Übersicht über das Stratosphärenprojekt gegeben. Diese beinhaltet Daten, welche erfasst werden, geplante Höhe und andere Randinformationen, welche den Flug betreffen.
LA2: Entwicklung eigener Forschungsfragen	Folgend wird nun auf mögliche Fragestellungen eingegangen, bevor die bereits gestellten Fragen vorgestellt werden.
LA3: Vorhandene Daten für Lösungswege nutzen	Anschließend wird gemeinsam geprüft, welche der Fragen mit welchen Daten beantwortet werden kann. Hierbei kann es zur Exklusion von Fragen kommen, für welche die nötigen Daten nicht gemessen werden.
LA4: Auswertung	Nach der Durchführung des Flugs werden die Daten ausgewertet, um Forschungsfragen zu beantworten.
Rollen	Lernende Lehrende
Werkzeuge und Dienste	/
Arbeitsmaterial	FabCitizen Webseite

Lernszenario ID	DE_STRATO_09_CONCLUSION
Lernszenario Titel	Daten Auswerten
Inhalt und Beschreibung des Lernszenarios	Nachdem der Stratosphärenflug erfolgreich stattgefunden hat und die Daten gesammelt werden konnten, ist es abschließend Zeit für eine Auswertung des Projektes. Das Lernszenario arbeitet mit den Ergebnissen von Lernszenario 7 dieser Reihe, kann jedoch auch mit Lernszenario 6 oder einem anderen Lernszenario durchgeführt werden, welches entsprechende Daten generiert.
Quellen	Eigenentwicklung
Kontext - Klassenstufe der Schüler	Klassenstufen 7 - 13
Themen des Lehrplans	Übertragung und Vernetzung von Fachwissen

	<p>Durchführung von Untersuchungen und Experimenten</p> <p>Beobachten und Messdaten ordnen sowie in Bezug auf die Fragestellung auswerten</p> <p>Dokumentation von Experimenten in Form von Protokollen, Skizzen, Diagrammen und Tabellen</p> <p>Präsentation der Überlegungen, Sachverhalte und Arbeitsergebnisse</p> <p>Fakten- und Situationsanalyse</p> <p>Stellungnahme & Reflexion</p> <p>Argumentieren</p> <p>Kommunizieren und Kooperieren</p> <p>Dokumentieren des Arbeitsprozesses und der Ergebnisse</p> <p>Erkenntnisgewinnung</p> <p>Kritische Auswertung der Daten, Untersuchungsmethoden und Informationen</p> <p>Auswahl von Daten und Informationen, Prüfung auf Relevanz und Reliabilität</p> <p>Auswertung der Hypothesen</p> <p>Veranschaulichung von Daten mit sprachlichem, mathematischen und bildlichen Gestaltungsmitteln</p>
<p>Kompetenzen</p>	<p>Scientific competencies</p> <p>Data management</p> <ul style="list-style-type: none"> - Data handling - Data knowledge - Data quality
	<p>Data Interpretation</p> <p>Data Transformation</p> <p>Data Evaluation</p> <p>Communicating with data</p> <p>Critical thinking</p> <p>Data Evaluation</p> <p>Data Interpretation</p> <p>Data Quality</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluate the quality of data <p>Data Visualization</p> <p>Apply scientific knowledge</p> <p>Read & interpret data</p>
Pädagogisches Konzept	Geführtes exploratives Lernen
Lernaktivitäten	Es sind 5 aufeinander aufbauende Lernaktivitäten geplant.
LA1: Übersicht verschaffen	Beginnend mit dem Erhalt der Daten ist es zunächst wichtig, dass die Lernenden eine Übersicht erhalten und prüfen können, ob alle Daten wie geplant vorhanden sind und keine Fehler enthalten.
LA2: Fragen beantworten	Sind die Daten überprüft, können die vorher festgelegten Fragen ausgewertet werden.
LA3: Hypothesen prüfen	Im Anschluss kann bestimmt werden, ob einzelne Hypothesen eindeutig bestätigt oder widerlegt werden können. Falls die Ergebnisse nicht eindeutig sind, sollte geprüft werden, ob weitere Daten Aufschluss bieten.
LA4: Auswertung	Sind alle Hypothesen bearbeitet, geht es an die weitere Auswertung der Daten, hier geht es darum zu prüfen, ob weitere mögliche Interpretationen der Daten zusätzliche Rückschlüsse und neue Ansätze bieten.
LA5: Präsentation	Abschließend sollen die Ergebnisse präsentiert werden, zu diesem Zweck werden Poster erstellt. Der Rahmen der Präsentation kann dabei variieren.
Rollen	Lernende Lehrende
Werkzeuge und Dienste	Gesammelte Daten Tabellenkalkulationsprogramm
Arbeitsmaterial	FabCitizen Webseite

Anhang D: Vorlage für Lernszenarien

Lernszenario ID	
Lernszenario Titel	
Inhalt und Beschreibung des Lernszenarios	
Quellen	
Kontext - Klassenstufe der Schüler	
Themen des Lehrplans	
Kompetenzen	Übergeordnete Kompetenzen (Nowak, 2022, S. 99)
	Aus der Liste der Kompetenzen (Nowak, 2022, S. 115–119)
Neue Kompetenzen	(Optional)
Pädagogisches Konzept	
Lernaktivitäten	
LA1: Name der Aktivität	
LAn: Name der Aktivität	
Rollen	
Werkzeuge und Dienste	
Arbeitsmaterial	

Anhang E: Liste der Editoren

MakeCode:

Arduino: nicht alle gängigen Modelle vertreten. (Microsoft MakeCode, 2022f)

Raspberry Pi: nur Spieleentwicklung. (Microsoft MakeCode, 2022b)

Calliope Mini: (Microsoft MakeCode, 2022d)

Micro:bit (Microsoft MakeCode, 2022e)

Blockly:

Open Roberta: Auswahl der Hardware im Editor. (OpenRoberta, 2022b)

senseBox: (Institute for Geoinformatics at the University of Münster, 2022c)

Arduino:

Entwicklungsumgebung und Arduino MCUs: (Arduino.cc, 2022c)

Micro:bit: (Adafruit Industries, 2017)

SenseBox: (Institute for Geoinformatics at the University of Münster, 2022a)

Anhang F: Evaluationen

Die Tabellen sind zur Lesbarkeit geteilt worden.

Lernszenario 1:

Vorher:

Zeitstempel	Ich bin in Klasse:	Mein Geschlecht	Ich interessiere mich für Wissenschaft	Ich weiß, was Wissenschaft ausmacht
23.05.2022 13:17:59	5	männlich	5	4
23.05.2022 13:18:03	5	männlich	5	5
23.05.2022 13:18:17	7	männlich	6	5
23.05.2022 13:18:19	5	weiblich	4	4
23.05.2022 13:18:24	7	männlich	6	5
23.05.2022 13:18:31	6	weiblich	5	5
23.05.2022 13:18:55	6	weiblich	4	3
23.05.2022 13:19:02	7	männlich	6	5
23.05.2022 13:19:18	5	männlich	6	5
23.05.2022 13:19:24	6	weiblich	4	3
23.05.2022 13:19:37	5	männlich	6	4

Ich weiß, was eine offene Frage ist	Ich kann größere Zusammenhänge von Fragen verstehen	Ich weiß, wie ich verwendbare Daten (Antworten) erhalte	Ich weiß, wie richtige von fehlerhaften und falschen Daten (Antworten) unterschieden werden	Ich weiß, wie man wissenschaftliche Fragen beantwortet	Ich kann wissenschaftliche von nicht wissenschaftlichen Fragen unterscheiden
4	5	5	6	4	4
3	4	5	4	4	4
5	5	5	4	4	5
3	4	6	4	4	3
5	4	5	5	5	4
5	5	3	4	5	3
4	5	3	3	2	1

Anhang F: Evaluationen

4	4	5	3	4	4
4	6	4	4	3	3
3	4	3	3	2	2
4	5	4	3	4	4

Nachher:

Zeitstempel	Ich bin in Klasse:	Mein Geschlecht	Ich interessiere mich für Wissenschaft	Ich weiß, was Wissenschaft ausmacht
23.05.2022 14:49:31	5	männlich	5	5
23.05.2022 14:49:54	5	männlich	6	5
23.05.2022 14:49:57	7	männlich	6	5
23.05.2022 14:50:00	7	männlich	6	4
23.05.2022 14:50:01	7	männlich	6	5
23.05.2022 14:50:12	5	weiblich	5	4
23.05.2022 14:50:17	5	männlich	6	5
23.05.2022 14:50:41	6	weiblich	5	4
23.05.2022 13:50:53	5	männlich	4	5
23.05.2022 13:51:02	6	weiblich	5	4
23.05.2022 13:51:08	6	weiblich	5	5

Ich weiß, was eine offene Frage ist	Ich kann größere Zusammenhänge von Fragen verstehen	Ich weiß, wie ich verwendbare Daten (Antworten) erhalte	Ich weiß, wie richtige von fehlerhaften und falschen Daten (Antworten) unterschieden werden	Ich weiß, wie man wissenschaftliche Fragen beantwortet	Ich kann wissenschaftliche von nicht wissenschaftlichen Fragen unterscheiden
5	4	5	5	5	4
5	5	4	5	4	4
5	4	5	5	5	4
6	5	5	4	5	5
5	4	5	4	4	5
5	4	5	4	4	3
5	5	5	4	5	4

Anhang F: Evaluationen

5	4	5	4	5	5
4	4	5	4	5	4
4	5	4	4	4	4
5	5	4	4	5	4

Der Inhalt des Kurses ist nachvollziehbar	Der Inhalt des Kurses ist gut organisiert	Der Inhalt des Kurses regt zum Nachdenken über das Thema an	Der Inhalt des Kurses motiviert mich dazu, mich weiter mit dem Thema zu beschäftigen	Ich habe viel gelernt
7	5	6	7	6
6	6	5	5	6
7	7	5	4	5
7	7	6	6	6
7	6	6	6	6
7	7	7	5	7
7	5	6	6	7
7	7	5	6	6
6	6	7	5	6
7	7	7	7	7
6	7	6	6	7

Der Kurs war für mich	Der Umfang des Inhalts war	Das Tempo war	Allgemein waren die Anforderungen
4	3	3	4
4	5	5	5
2	3	2	3
3	3	2	3
3	4	3	4
4	4	4	4
4	3	4	4
4	4	4	4
4	4	4	4
4	4	4	4
4	4	4	4

Median und Standardabweichung:

Allgemein:

Kompetenz (Median)	Vorher	Nachher	Veränderung	
Ich weiß, was Wissenschaft ausmacht	5	5	-	-
Grundlagen	4,5	4,5	-	-
Ich weiß, was eine offene Frage ist	4	5		1,0
Ich kann größere Zusammenhänge von Fragen verstehen	5	4	-	1,0
Umgang mit Daten	4,5	4,5	-	-
Ich weiß, wie ich verwendbare Daten (Antworten) erhalte	5	5		-
Ich weiß, wie richtige von fehlerhaften und falschen Daten (Antworten) unterschieden werden	4	4		-
Wissenschaft	4	4,5		0,5
Ich weiß, wie man wissenschaftliche Fragen beantwortet	4	5		1,0
Ich kann wissenschaftliche von nicht wissenschaftlichen Fragen unterscheiden	4	4		-

Kompetenz (Abweichung)	Vorher	Nachher	Veränderung	
Ich weiß, was Wissenschaft ausmacht	0,8	0,5	-	0,3
Grundlagen	0,7	0,5	-	0,2
Ich weiß, was eine offene Frage ist	0,8	0,5	-	0,3
Ich kann größere Zusammenhänge von Fragen verstehen	0,6	0,5	-	0,1
Umgang mit Daten	0,95	0,4	-	0,6
Ich weiß, wie ich verwendbare Daten (Antworten) erhalte	1	0,4	-	0,6
Ich weiß, wie richtige von fehlerhaften und falschen Daten (Antworten) unterschieden werden	0,9	0,4	-	0,5
Wissenschaft	1,05	0,55	-	0,5
Ich weiß, wie man wissenschaftliche Fragen beantwortet	1	0,5	-	0,5
Ich kann wissenschaftliche von nicht wissenschaftlichen Fragen unterscheiden	1,1	0,6	-	0,5

Männlich:

Kompetenz (Median, männlich)	Vorher	Nachher	Veränderung	
Ich weiß, was Wissenschaft ausmacht	5	5	-	-
Grundlagen	4,5	4,5	-	-
Ich weiß, was eine offene Frage ist	4	5		1,0
Ich kann größere Zusammenhänge von Fragen verstehen	5	4	-	1,0
Umgang mit Daten	4,5	4,5	-	-
Ich weiß, wie ich verwendbare Daten (Antworten) erhalte	5	5		-
Ich weiß, wie richtige von fehlerhaften und falschen Daten (Antworten) unterschieden werden	4	4		-

Wissenschaft	4	4,5	0,5
Ich weiß, wie man wissenschaftliche Fragen beantwortet	4	5	1,0
Ich kann wissenschaftliche von nicht wissenschaftlichen Fragen unterscheiden	4	4	-
Kompetenz (Abweichung, männlich)	Vorher	Nachher	Veränderung
Ich weiß, was Wissenschaft ausmacht	0,5	0,3	- 0,2
Grundlagen	0,65	0,5	- 0,2
Ich weiß, was eine offene Frage ist	0,6	0,5	- 0,1
Ich kann größere Zusammenhänge von Fragen verstehen	0,7	0,5	- 0,2
Umgang mit Daten	0,75	0,4	- 0,4
Ich weiß, wie ich verwendbare Daten (Antworten) erhalte	0,5	0,3	- 0,2
Ich weiß, wie richtige von fehlerhaften und falschen Daten (Antworten) unterschieden werden	1	0,5	- 0,5
Wissenschaft	0,5	0,5	-
Ich weiß, wie man wissenschaftliche Fragen beantwortet	0,5	0,5	-
Ich kann wissenschaftliche von nicht wissenschaftlichen Fragen unterscheiden	0,5	0,5	-

Weiblich:

Kompetenz (Median, weiblich)	Vorher	Nachher	Veränderung
Ich weiß, was Wissenschaft ausmacht	3,5	4,0	0,5
Grundlagen	4	4,75	0,8
Ich weiß, was eine offene Frage ist	3,5	5	1,5
Ich kann größere Zusammenhänge von Fragen verstehen	4,5	4,5	-
Umgang mit Daten	3,25	4,25	1,0
Ich weiß, wie ich verwendbare Daten (Antworten) erhalte	3	4,5	1,5
Ich weiß, wie richtige von fehlerhaften und falschen Daten (Antworten) unterschieden werden	3,5	4	0,5
Wissenschaft	2,75	4,25	1,5
Ich weiß, wie man wissenschaftliche Fragen beantwortet	3	4,5	1,5
Ich kann wissenschaftliche von nicht wissenschaftlichen Fragen unterscheiden	2,5	4	1,5
Kompetenz (Abweichung, weiblich)	Vorher	Nachher	Veränderung
Ich weiß, was Wissenschaft ausmacht	0,8	0,4	- 0,4
Grundlagen	0,65	0,5	- 0,2
Ich weiß, was eine offene Frage ist	0,8	0,5	- 0,3
Ich kann größere Zusammenhänge von Fragen	0,5	0,5	-

verstehen

Umgang mit Daten	0,9	0,25	-	0,7
Ich weiß, wie ich verwendbare Daten (Antworten) erhalte	1,3	0	-	1,3
Ich weiß, wie richtige von fehlerhaften und falschen Daten (Antworten) unterschieden werden	0,5	0,5		-
Wissenschaft	1,05	0,55	-	0,5
Ich weiß, wie man wissenschaftliche Fragen beantwortet	1,3	0,7	-	0,6
Ich kann wissenschaftliche von nicht wissenschaftlichen Fragen unterscheiden	0,8	0,4	-	0,4

Klasse 5:

Kompetenz (Median, Klasse 5)	Vorher	Nachher	Veränderung	
Ich weiß, was Wissenschaft ausmacht	4	5,0		1,0
Grundlagen	4,5	4,5		-
Ich weiß, was eine offene Frage ist	4	5		1,0
Ich kann größere Zusammenhänge von Fragen verstehen	5	4	-	1,0
Umgang mit Daten	4,5	4,5		-
Ich weiß, wie ich verwendbare Daten (Antworten) erhalte	5	5		-
Ich weiß, wie richtige von fehlerhaften und falschen Daten (Antworten) unterschieden werden	4	4		-
Wissenschaft	4	4,5		0,5
Ich weiß, wie man wissenschaftliche Fragen beantwortet	4	5		1,0
Ich kann wissenschaftliche von nicht wissenschaftlichen Fragen unterscheiden	4	4		-

Kompetenz (Abweichung, Klasse 5)	Vorher	Nachher	Veränderung	
Ich weiß, was Wissenschaft ausmacht	0,5	0,4	-	0,1
Grundlagen	0,6	0,45	-	0,2
Ich weiß, was eine offene Frage ist	0,5	0,4	-	0,1
Ich kann größere Zusammenhänge von Fragen verstehen	0,7	0,5	-	0,2
Umgang mit Daten	0,85	0,45	-	0,4
Ich weiß, wie ich verwendbare Daten (Antworten) erhalte	0,7	0,4	-	0,3
Ich weiß, wie richtige von fehlerhaften und falschen Daten (Antworten) unterschieden werden	1	0,5	-	0,5
Wissenschaft	0,45	0,45		-
Ich weiß, wie man wissenschaftliche Fragen beantwortet	0,4	0,5		0,1
Ich kann wissenschaftliche von nicht wissenschaftlichen Fragen unterscheiden	0,5	0,4	-	0,1

Klasse 6:

Kompetenz (Median, Klasse 6)	Vorher	Nachher
Ich weiß, was Wissenschaft ausmacht	3	3
Grundlagen	4,5	4,5
Ich weiß, was eine offene Frage ist	4	4
Ich kann größere Zusammenhänge von Fragen verstehen	5	5
Umgang mit Daten	3	3
Ich weiß, wie ich verwendbare Daten (Antworten) erhalte	3	3
Ich weiß, wie richtige von fehlerhaften und falschen Daten (Antworten) unterschieden werden	3	3
Wissenschaft	2	2
Ich weiß, wie man wissenschaftliche Fragen beantwortet	2	2
Ich kann wissenschaftliche von nicht wissenschaftlichen Fragen unterscheiden	2	2

Kompetenz (Abweichung, Klasse 6)	Vorher	Nachher
Ich weiß, was Wissenschaft ausmacht	0,8	0,8
Grundlagen	0,65	0,65
Ich weiß, was eine offene Frage ist	0,8	0,8
Ich kann größere Zusammenhänge von Fragen verstehen	0,5	0,5
Umgang mit Daten	0,25	0,25
Ich weiß, wie ich verwendbare Daten (Antworten) erhalte	0	0
Ich weiß, wie richtige von fehlerhaften und falschen Daten (Antworten) unterschieden werden	0,5	0,5
Wissenschaft	1,1	1,1
Ich weiß, wie man wissenschaftliche Fragen beantwortet	1,4	1,4
Ich kann wissenschaftliche von nicht wissenschaftlichen Fragen unterscheiden	0,8	0,8

Klasse 7:

Kompetenz (Median, Klasse 7)	Vorher	Nachher	Veränderung
Ich weiß, was Wissenschaft ausmacht	5	5,0	-
Grundlagen	4,5	4,5	-
Ich weiß, was eine offene Frage ist	5	5	-
Ich kann größere Zusammenhänge von Fragen verstehen	4	4	-
Umgang mit Daten	4,5	4,5	-
Ich weiß, wie ich verwendbare Daten (Antworten) erhalte	5	5	-
Ich weiß, wie richtige von fehlerhaften und falschen Daten (Antworten) unterschieden werden	4	4	-
Wissenschaft	4	5	1,0
Ich weiß, wie man wissenschaftliche Fragen beantwortet	4	5	1,0
Ich kann wissenschaftliche von nicht wissenschaftlichen Fragen unterscheiden	4	5	1,0

Kompetenz (Abweichung, Klasse 7)	Vorher	Nachher	Veränderung	
Ich weiß, was Wissenschaft ausmacht	0	0,5	0,5	
Grundlagen	0,5	0,5	-	
Ich weiß, was eine offene Frage ist	0,5	0,5	-	
Ich kann größere Zusammenhänge von Fragen verstehen	0,5	0,5	-	
Umgang mit Daten	0,4	0,25	-	0,2
Ich weiß, wie ich verwendbare Daten (Antworten) erhalte	0	0	-	
Ich weiß, wie richtige von fehlerhaften und falschen Daten (Antworten) unterschieden werden	0,8	0,5	-	0,3
Wissenschaft	0,5	0,5	-	
Ich weiß, wie man wissenschaftliche Fragen beantwortet	0,5	0,5	-	
Ich kann wissenschaftliche von nicht wissenschaftlichen Fragen unterscheiden	0,5	0,5	-	

Lernszenario 4:

Vorher:

Zeitstempel	Ich bin in Klasse:	Mein Geschlecht	Ich interessiere mich für Programmierung	Ich kann programmieren
06.05.2022 13:31:39	7	Männlich	5	1
06.05.2022 13:31:50	7	Männlich	6	4
06.05.2022 13:31:56	7	Männlich	6	1

Ich kann eine große Aufgabe in kleinere Aufgaben aufteilen	Ich verstehe den Code, der mir erklärt wird	Ich weiß, was eine Schleife ist	Ich weiß, was eine Bedingung ist	Ich weiß, was ein Mikrocontroller ist und wie man diesen verwendet
3	2	5	5	3
3	4	6	5	6
6	4	6	6	3

Nachher:

Zeitstempel	Ich bin in Klasse:	Mein Geschlecht	Ich interessiere mich für Programmierung	Ich kann programmieren
03.06.2022 14:55:02	7	Männlich	6	3
03.06.2022 14:55:38	7	Männlich	5	2
03.06.2022 14:56:02	7	Männlich	6	2

Ich kann eine große Aufga-	Ich verstehe den	Ich weiß, was eine	Ich weiß, was eine	Ich weiß, was ein Mikrocontroller ist	Ich weiß, wie man einen Mikrocontrol-
----------------------------	------------------	--------------------	--------------------	---------------------------------------	---------------------------------------

Anhang F: Evaluationen

be in kleinere Aufgaben aufteilen	Code, der mir erklärt wird	Schleife ist	Bedingung ist	und wie man diesen verwendet	ler mit zusätzlicher Hardware erweitert
3	4	6	5	6	6
4	4	6	6	5	5
6	5	6	6	4 (Nachtrag)	3

Der Inhalt des Kurses ist nachvollziehbar	Der Inhalt des Kurses ist gut organisiert	Der Inhalt des Kurses regt zum Nachdenken über das Thema an	Der Inhalt des Kurses motiviert mich dazu, mich weiter mit dem Thema zu beschäftigen	Ich habe viel gelernt
7	7	7	7	7
7	6	6	7	7
7	7	6	6	6

Der Kurs war für mich	Der Umfang des Inhalts war	Das Tempo war	Allgemein waren die Anforderungen
4	4	4	4
4	4	4	4
1	4	3	4

Standardabweichung und Median:

Kompetenz (Median)	Vorher	Nachher	Veränderung
Ich kann Programmieren	1	2,0	1,0
Grundlagen	3,5	4	0,5
Ich kann eine große Aufgabe in kleinere Aufgaben aufteilen	3	4	1,0
Ich verstehe den Code, der mir erklärt wird	4	4	-
Programmierung	5,5	6	0,5
Ich weiß, was eine Schleife ist	6	6	-
Ich weiß, was eine Bedingung ist	5	6	1,0
Mikrocontroller	2,5	5,25	2,8
Ich weiß, was ein Mikrocontroller ist und wie man diesen verwendet	3	5,5	2,5
Ich weiß, wie man einen Mikrocontroller mit zusätzlicher Hardware erweitert	2	5	3,0

Kompetenz (Abweichung)	Vorher	Nachher	Veränderung
Ich kann Programmieren	1,4	0,5	- 0,9
Grundlagen	1,15	0,85	- 0,3
Ich kann eine große Aufgabe in kleinere Aufgaben aufteilen	1,4	1,2	- 0,2
Ich verstehe den Code, der mir erklärt wird	0,9	0,5	- 0,4
Programmierung	0,5	0,25	- 0,3

Anhang F: Evaluationen

Ich weiß, was eine Schleife ist	0,5	0	-	0,5
Ich weiß, was eine Bedingung ist	0,5	0,5		-
Mikrocontroller	1,8	0,85	-	1,0
Ich weiß, was ein Mikrocontroller ist und wie man diesen verwendet	1,4	0,5	-	0,9
Ich weiß, wie man einen Mikrocontroller mit zusätzlicher Hardware erweitert	2,2	1,2	-	1,0

Lernszenario 5:

Vorher:

Zeitstempel	Ich bin in Klasse:	Mein Geschlecht	Ich interessiere mich für Programmierung	Ich kann programmieren
10.06.2022 13:11:58		7 Männlich	6	3
10.06.2022 13:11:59		7 Männlich	5	2
10.06.2022 13:12:21		7 Männlich	6	2

Ich verstehe den Code, der mir erklärt wird	Ich kann eine große Aufgabe in kleinere Aufgaben aufteilen	Ich weiß, was ein Mikrocontroller ist und wie man diesen verwendet	Ich weiß, wie man einen Mikrocontroller mit zusätzlicher Hardware erweitert	Ich weiß, wie Messdaten erhoben werden	Ich verstehe, wie Messdaten gespeichert werden können
5	4	6	5	5	5
4	4	6	4	4	4
5	5	5	4	4	3

Nachher:

Zeitstempel	Ich bin in Klasse:	Mein Geschlecht	Ich interessiere mich für Programmierung	Ich kann programmieren	
10.06.2022 15:28:47		7 Männlich	6	4	
10.06.2022 15:27:58		7 Männlich	5	3	
10.06.2022 15:27:03		7 Männlich	6	3	
Ich verstehe den Code, der mir erklärt wird	Ich kann eine große Aufgabe in kleinere Aufgaben aufteilen	Ich weiß, was ein Mikrocontroller ist und wie man diesen verwendet	Ich weiß, wie man einen Mikrocontroller mit zusätzlicher Hardware erweitert	Ich weiß, wie Messdaten erhoben werden	Ich verstehe, wie Messdaten gespeichert werden können
5	4	6	5	5	5
4	4	6	4	4	4
5	5	5	4	4	3

Der Inhalt des Kurses ist nachvollziehbar	Der Inhalt des Kurses ist gut organisiert	Der Inhalt des Kurses regt zum Nachdenken über das Thema an	Der Inhalt des Kurses motiviert mich dazu, mich weiter mit dem Thema zu beschäftigen	Ich habe viel gelernt
7	7	6	7	7
7	6	6	7	7
6	6	7	6	6

Der Kurs war für mich	Der Umfang des Inhalts war	Das Tempo war	Allgemein waren die Anforderungen
4	4	3	4
4	4	4	4
5	4	5	5

Standardabweichung und Median:

Kompetenz (Median)	Vorher	Nachher	Veränderung
Ich kann Programmieren	2	3,0	1,0
Grundlagen	4,5	5	0,5
Ich verstehe den Code, der mir erklärt wird	5	5	-
Ich kann eine große Aufgabe in kleinere Aufgaben aufteilen	4	5	1,0
Mikrocontroller	5	5,5	0,5
Ich weiß, was ein Mikrocontroller ist und wie man diesen verwendet	6	6	-
Ich weiß, wie man einen Mikrocontroller mit zusätzlicher Hardware erweitert	4	5	1,0
Messdaten speichern	4	4,5	0,5
Ich weiß, wie Messdaten erhoben werden	4	4	-
Ich verstehe, wie Messdaten gespeichert werden können	4	5	1,0
Kompetenz (Abweichungen)	Vorher	Nachher	Veränderung
Ich kann Programmieren	0,5	0,5	-
Grundlagen	0,5	0,5	-
Ich verstehe den Code, der mir erklärt wird	0,5	0,5	-
Ich kann eine große Aufgabe in kleinere Aufgaben aufteilen	0,5	0,5	-
Mikrocontroller	0,5	0,5	-
Ich weiß, was ein Mikrocontroller ist und wie	0,5	0,5	-

man diesen verwendet

Ich weiß, wie man einen Mikrocontroller mit zusätzlicher Hardware erweitert	0,5	0,5	-	-
Messdaten speichern	0,65	0,5	-	0,2
Ich weiß, wie Messdaten erhoben werden	0,5	0,5	-	-
Ich verstehe, wie Messdaten gespeichert werden können	0,8	0,5	-	0,3

Anhang G: Evaluiertes Arbeitsmaterial

Folgende Arbeitsmaterialien wurden evaluiert:

Lernszenario 1:



Wissenschaftlich Fragen beantworten 1: Einleitung

Wissenschaftliche Fragen behandeln Probleme. Seien es komplizierte Sachverhalte, Theorien, welche bewiesen oder widerlegt werden können, oder ob eine Herangehensweise sinnvoll ist. Egal, worauf eine Frage abzielt, es gibt immer auch einen Weg diese zu beantworten.

Aber was macht eine gute Frage aus? Und ist dies schon eine gute Frage?

In der Wissenschaft gibt es bestimmte Vorgaben hierfür. So muss eine gute Frage zum einen **präzise** sein, andererseits muss sie **ergebnisoffen** gestellt werden und sollte nicht mit Ja oder Nein zu beantwortet sein.

„Welche Farbe hat der Himmel über der Schule gerade?“ ist dabei eine einfache Frage. Das Ergebnis ist offen und die Frage präzise. „Ist der Himmel blau?“, ist nicht nur unpräzise, denn irgendwo und irgendwann ist er das bestimmt. Die Frage lässt auch kein Ergebnis offen, sondern erwartet ein Ja oder Nein als Antwort.

Weiter möchte eine Frage in der Wissenschaft immer etwas beweisen. Hierfür wird zunächst eine Behauptung aufgestellt, die sogenannte **Hypothese**. Eine solche Hypothese als Beispiel wäre: „Heute brauchen wir keinen Regenschirm!“

Eine Frage, deren Antwort unsere Hypothese stärkt oder widerlegt, wäre zwar der blaue Himmel aus unserer vorherigen Frage, aber hier seid ihr gefragt:

→ Warum ist die Frage „Ist der Himmel blau?“ nicht hilfreich bei unserer Hypothese?

→ Welche anderen wissenschaftlichen Fragen fallen euch für diese Hypothese ein?



This document is distributed in 2021 by Hochschule Ruhr West within the FabCitizen Project Consortium under an Attribution-ShareAlike Creative Commons license (CC BY-SA 4.0). This license allows you to remix, tweak, and build upon this work, as long as you credit the Hochschule Ruhr West / FabCitizen Project Consortium and license your new creations under the identical terms.



Wissenschaftliche Fragen beantworten 2 - Beobachtungen

In der Wissenschaft werden meistens Experimente durchgeführt, Leute befragt oder Dinge ausgemessen. Obwohl dabei jeweils eine andere **Methode** benutzt wird, spricht man am Ende doch von Beobachtungen.

Dabei gibt es einerseits die direkte Beobachtung, bei der wir ein Verhalten direkt sehen. Andererseits gibt es noch die indirekten Beobachtungen, bei der wir nur das Ergebnis kennen.

→ Welche direkte Beobachtung können wir derzeit zum Verhalten der Klasse anstellen?

→ Welche indirekte Beobachtung kann die nächste Klasse anhand des Raumzustandes anstellen?

Hier kommt ein Wort ins Spiel, das ihr vielleicht schon einmal gehört, habt: **Laborversuche**. Laborversuche beschreiben den Umstand, dass bestimmte Beobachtungen verfälscht sein können, wenn diese unter „optimalen“ Bedingungen stattfinden.

So kann eine gebastelte Schwalbe im Klassenraum anders fliegen als auf dem Schulhof. Vom Wind davongetragen oder durch Regen zerstört, lässt sich das Verhalten direkt beobachten. Eine gängige Hypothese ist hier jedoch: „Schwalben auf dem Schulhof bringen Ärger, wenn niemand vorher Bescheid sagt.“

Abschließend ist es noch wichtig, dass die Beobachtungen aufgeschrieben werden sollten. Dies nennt man eine **vermittelte Beobachtung** und sorgt dafür, dass ihr das Ergebnis nicht unbewusst verfälscht, weil ihr euch nicht mehr genau erinnert.



This document is distributed in 2021 by Hochschule Ruhr West within the FabCitizen Project Consortium under an Attribution–ShareAlike Creative Commons license (CC BY-SA 4.0). This license allows you to remix, tweak, and build upon this work, as long as you credit the Hochschule Ruhr West / FabCitizen Project Consortium and license your new creations under the identical terms.



Wissenschaftliche Fragen beantworten 3: Eine Hypothese

Jetzt ist es Zeit, eine Hypothese und Fragen zu stellen.

Hypothese: Die Klasse hat ausreichend Stifte, um eine Linie von einer Wand zur anderen zu legen.

Diese Hypothese ist simpel und auf verschiedene Arten leicht zu prüfen. Um einen wissenschaftlichen Ansatz zu verfolgen, können wir Sie jedoch in einige Fragen unterteilen:

- Wie viele Stifte hat die Klasse?
- Welche Länge hat ein durchschnittlicher Stift?
- Wie weit ist es von einer Wand zur anderen?

Mit diesen 3 Fragen können wir uns ausrechnen, ob die Hypothese stimmt oder nicht. Dabei reicht es aus, wenn jeder seine eigenen Stifte zählt und ausmisst. Auf diese Weise können wir die Arbeit aufteilen und gemeinsam zu einem Ergebnis kommen.

- ➔ Zähle nach, wie viele Stifte du hast und miss aus, wie lang diese ungefähr sind. Die Messung eines mittelgroßen Stifts sollte hier reichen.

Sobald alle mit Zählen und Messen fertig sind, können wir die Ergebnisse zusammenrechnen und mit der Länge des Raums vergleichen. Wir haben also eine erste Hypothese bewiesen oder widerlegt.

Hier sind noch ein paar Beispielfragen, an denen ihr euch versuchen könnt. Denkt dran, eure Beobachtungen aufzuschreiben. Versucht dabei auch die Fragen wissenschaftlich zu formulieren. Natürlich könnt ihr auch eigene Themen untersuchen.

- Wer ist am größten, wer am kleinsten und wie ist der Durchschnitt?
- Wie verhält es sich mit dem Alter? Oder der Lieblingsfarbe?
- Wer hat die meisten Stifte? Wer den schwersten Rucksack?
- Was ist eure Liebessportart? Was euer Lieblingsspiel?

- ➔ Habt Spaß bei den direkten und indirekten Beobachtungen



This document is distributed in 2021 by Hochschule Ruhr West within the FabCitizen Project Consortium under an Attribution-ShareAlike Creative Commons license (CC BY-SA 4.0). This license allows you to remix, tweak, and build upon this work, as long as you credit the Hochschule Ruhr West / FabCitizen Project Consortium and license your new creations under the identical terms.



Wissenschaftliche Fragen beantworten 4: Auswertung

Es ist euch sicher schon aufgefallen, dass einige Fragen leichter zu vergleichen sind als andere. So können wir bei Größe und Alter eindeutig festlegen, dass jemand, der 3 Zentimeter größer ist, nun einmal 3 Zentimeter größer ist.

Bei der Frage nach der Lieblingsfarbe können wir eine solche klare Unterscheidung nicht machen. Trotzdem handelt es sich um eine Beobachtung, die wissenschaftlich korrekt ist. Dieses Problem tritt häufig auf und ist eigentlich kein Problem.

Wir müssen uns zunächst 2 Fragen stellen:

- 1.) Können wir unsere Beobachtung bewerten?
- 2.) Wenn ja, haben diese Werte feste Abstände?

Wenn beide Fragen mit Ja beantwortet werden, haben wir ein sogenanntes **Intervall**. Dieses ermöglicht uns zum Beispiel alle Größen zwischen der kleinsten und der größten in Schritten von je 1 Zentimeter aufzuschreiben und nur dort etwas einzutragen, wo auch jemand diese Größe hat.

Haben wir feste Werte, aber keine festen Abstände zwischen diesen, haben wir ein **ordinales** Ergebnis. Beispielhaft hierfür wäre die Frage, wie es euch heute geht. Gut ist besser als schlecht, aber wir können nicht sagen, wie viel besser es wirklich ist.

Gibt es keine Wertung in einer Frage, wie beim Lieblingssport, dann haben wir ein **nominales** Ergebnis. Wir können also sagen, wie oft welche Antwort genannt wurde, aber nicht, welcher Sport besser oder schlechter ist. Hierfür müssten wir neue Hypothesen und Fragen entwickeln

→ Wie schätzt ihr die Fragen ein, die ihr beantwortet habt?



[This document is distributed in 2021 by Hochschule Ruhr West within the FabCITIZEN Project Consortium under an Attribution-ShareAlike Creative Commons license (CC BY-SA 4.0). This license allows you to remix, tweak, and build upon this work, as long as you credit the Hochschule Ruhr West / FabCITIZEN Project Consortium and license your new creations under the identical terms.

Lernszenario 4:



Arduino 1: Übersicht

Der Arduino bietet eine einfache Möglichkeit, um mit Hardware zu experimentieren und diese zu entwickeln. Hierzu verfügt der Arduino über einen USB-Anschluss, um Daten zu übertragen, sowie einen Mikrocontroller, um diese Daten zu verarbeiten.

→ Was ist ein Mikrocontroller?



Durch diesen Mikrocontroller ist es möglich, Anschlüsse auf dem Arduino ein- oder auszuschalten, welche dann andere Bauteile wie LEDs mit Strom versorgen. Hierzu gibt es 20 sogenannte GPIO (General Purpose Input / Output, also Ein- und Ausgabe) Pins, auf die in späteren Arbeitsblättern weiter eingegangen wird.

Für den Anfang reichen die digitalen Pins 0 bis 13, diese sind auf dem Arduino nummeriert.

→ Welche Spannung stellt der Arduino für Bauteile zur Verfügung?

→ Warum sind die Pins mit 0 bis 13 und nicht mit 1 bis 14 nummeriert?



This document is distributed in 2021 by Hochschule Ruhr West within the FabCITIZEN Project Consortium under an Attribution-ShareAlike Creative Commons license (CC BY-SA 4.0). This license allows you to remix, tweak, and build up on this work, as long as you credit the Hochschule Ruhr West / FabCITIZEN Project Consortium and license your new creations under the identical terms.



Arduino 2: LEDs

LED steht für „Light Emitting Diode“, also eine Diode, die leuchtet. LEDs sind die Nachfahren der Glühbirnen und werden gerne für Ampeln oder zur Beleuchtung eingesetzt. Neben ihrem geringeren Stromverbrauch haben Sie auch den Vorteil, dass Sie es Sie in verschiedenen Größen gibt, auch passend für Arduinos.



LEDs haben auch den Vorteil, dass nur ein kleiner Teil der Energie in Wärme umgewandelt wird, wodurch Sie fast überall eingesetzt werden können.

Einen Nachteil, den LEDs jedoch aufweisen ist, dass die Richtung, in welche der Strom fließt, für sie wichtig ist. Strom fließt immer von der höheren Spannung zur niedrigeren. LEDs lassen den Strom nur durch und leuchten, wenn das längere Bein an die höhere Spannung, den sogenannten Pluspol, angeschlossen ist.

→ Wo werden LEDs am Arduino angeschlossen?

→ Wie erzeugt eine LED Licht?



[This document is distributed in 2021 by Hochschule Ruhr West within the FabCITIZEN Project Consortium under an Attribution–ShareAlike Creative Commons license (CC BY-SA 4.0). This license allows you to remix, tweak, and build upon this work, as long as you credit the Hochschule Ruhr West / FabCITIZEN Project Consortium and license your new creations under the identical terms.



Arduino 3: Programmierung

Der Arduino verfügt über eine eigene Programmierumgebung, die auch Arduino heißt. In dieser wird in der Sprache C++ programmiert, wobei wir hauptsächlich vorgefertigte Befehle verwenden.

Beim Erstellen eines neuen Projektes (hier „Sketch“ genannt) entstehen zwei sogenannte „Funktionen“, in denen wir unseren Code schreiben.

Die erste Funktion trägt den Namen „setup“ und wird immer dann genau einmal ausgeführt, wenn der Arduino startet.

Anschließend wird die zweite Funktion in einer Endlosschleife durchgeführt, bis der Strom getrennt oder ein neuer Sketch geladen wird.

```
1 void setup() {  
2   // put your setup code here, to run once:  
3  
4 }  
5  
6 void loop() {  
7   // put your main code here, to run repeatedly:  
8  
9 }  
10
```

Unseren Code tragen wir in beiden Fällen zwischen die geschweiften Klammern { } ein.

→ Wofür brauchen wir den Setup?

→ Warum läuft loop in einer Endlosschleife?



[This document is distributed in 2021 by Hochschule Ruhr West within the FabCitizen Project Consortium under an Attribution–ShareAlike Creative Commons license (CC BY-SA 4.0). This license allows you to remix, tweak, and build upon this work, as long as you credit the Hochschule Ruhr West / FabCitizen Project Consortium and license your new creations under the identical terms.



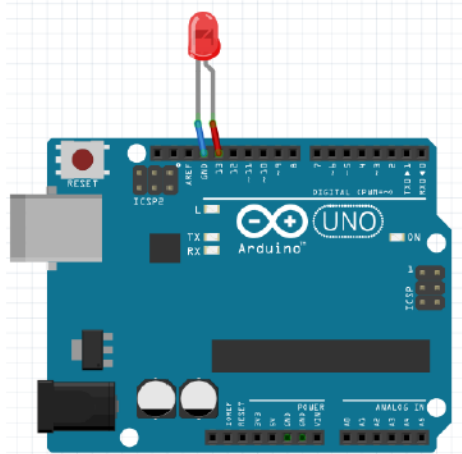
Arduino 4: Blinkende Lichter

Zeit für ein erstes Projekt. Auf der rechten Seite ist ein kleines Bild, wie eine LED direkt an den Arduino angeschlossen werden kann.

WICHTIG: Dieser Aufbau funktioniert nur mit Pin 13!

Das einfachste, was wir mit nur einer LED programmieren können, ist ein blinkendes Licht.

Aufbau: Das lange Bein der LED kommt in Pin 13, das kurze Bein in GND daneben.



Programmierung: Für die erste Programmierung brauchen wir die folgenden Befehle:

```
pinMode(13, OUTPUT);  
digitalWrite(13, HIGH);  
delay(1000);
```

Das Semikolon ; sagt dem Arduino dabei, wo ein Befehl aufhört und der nächste anfängt.

Der Aufbau ist dabei immer gleich, erst kommt der eigentliche Befehl, danach in Klammern alle Informationen, die zum Ausführen benötigt werden und ein ; um den Befehl zu beenden.

pinMode bestimmt, ob ein Anschluss eine Eingabe oder Ausgabe ist.
digitalWrite schreibt den Zustand des Anschlusses auf Strom oder kein Strom.
delay pausiert das Ausführen des nächsten Befehls um einige Millisekunden.

- Welche Befehle brauchen wir wie oft, um die LED zum Blinken zu bekommen und wie müssen diese vermutlich abgeändert werden?



This document is distributed in 2021 by Hochschule Ruhr West within the FabCitizen Project Consortium under an Attribution–ShareAlike Creative Commons license (CC BY-SA 4.0). This license allows you to remix, tweak, and build upon this work, as long as you credit the Hochschule Ruhr West / FabCitizen Project Consortium and license your new creations under the identical terms.



Arduino 5: Hardware aufbauen

Die wenigsten Bauteile können direkt auf den Arduino gesteckt werden. Große Unternehmen fertigen daher Platinen an, um ihre Hardware zu fertigen. Da wir allerdings mit unseren Schaltungen experimentieren wollen, verwenden wir die sogenannten „Breadboards“.

Diese (in Deutschland auch Steckbretter genannt) sind für den experimentellen Einsatz von Hardware gedacht. Hier können wir, wie auch beim Arduino, LEDs und andere Bauteile anschließen und verbinden.

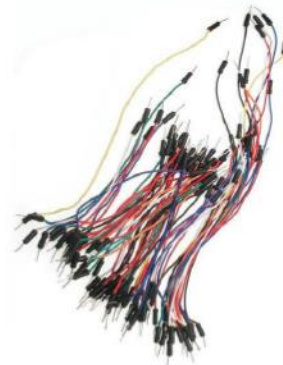
→ Wie sind die Linien beim Breadboard verbunden?



→ Wofür sind die blaue und rote Linie gedacht?

Um den Arduino zu verbinden, werden zudem noch Leitungen benötigt. Diese sind einfache Drähte, welche den Strom leiten, egal welche Farbe sie haben.

→ Wie viele Leitungen werden mindestens gebraucht, um eine LED auf einem Steckbrett zu verwenden?



→ Wie kann man mehrere LEDs mit nur einem Pin ansteuern?



[This document is distributed in 2021 by Hochschule Ruhr West within the FabCitizen Project Consortium under an Attribution–ShareAlike Creative Commons license (CC BY-SA 4.0). This license allows you to remix, tweak, and build upon this work, as long as you credit the Hochschule Ruhr West / FabCitizen Project Consortium and license your new creations under the identical terms.



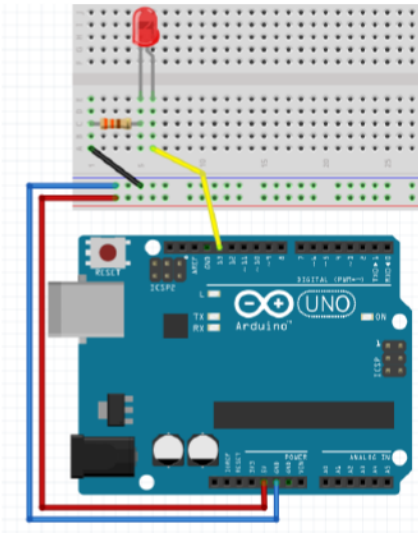
Arduino 6: Pins und Widerstände

Nur selten lässt sich ein Projekt mit bloß einem Pin umsetzen. Dies ist aber kein Problem, da der Arduino über genug Pins verfügt.

Pin 13 unterscheidet sich dabei leicht von den anderen Pins. Einerseits ist eine kleine LED auf dem Arduino selbst direkt mit Pin 13 verbunden. Andererseits ist auf Pin 13 ein Widerstand fest verbaut.

Widerstände sind beim Arduino wichtig für LEDs. Ohne Widerstand werden die LEDs heiß und gehen schnell kaputt.

Aufbau: Für jede LED brauchen wir einen Widerstand. Wir verbinden ein Kabel vom Pin am Arduino, zur LED. Von der LED wird jetzt ein Widerstand auf eine andere Reihe des Steckbretts verbunden. Anschließend verbinden wir das zweite Bein des Widerstands mit der blauen Linie des Steckbretts. Dies können wir mit beliebig vielen Pins und LEDs machen. Zum Schluss verbinden wir noch die blaue Linie des Steckbrettes mit einem Kabel mit einem GND Anschluss des Arduinos.



Widerstände haben immer einen festen Wert, der durch einen Farbcode bestimmt werden kann.

→ Welchen Wert haben die verwendeten Widerstände?

Ringfarbe	1. Ring	2. Ring	3. Ring (Multiplikator)	4. Ring (Toleranz)
schwarz	0	0	-	-
braun	1	1	× 10	1 %
rot	2	2	× 100	2 %
orange	3	3	× 1000	-
gelb	4	4	× 10000	-
grün	5	5	× 100000	0,5 %
blau	6	6	× 1000000	0,25 %
violett	7	7	× 10000000	0,1 %
grau	8	8	-	-
weiß	9	9	-	-
gold	-	-	× 0,1	5 %
silber	-	-	× 0,01	10 %



This document is distributed in 2021 by Hochschule Ruhr West within the FabCITIZEN Project Consortium under an Attribution-ShareAlike Creative Commons license (CC BY-SA 4.0). This license allows you to remix, tweak, and build upon this work, as long as you credit the Hochschule Ruhr West / FabCITIZEN Project Consortium and license your new creations under the identical terms.



Arduino 7: Variable und Kommentare

Jetzt, da wir mehrere Pins mit LEDs verbunden haben, wäre es von Vorteil, wenn wir alle Wartezeiten auf einmal schalten könnten.

Hierzu nutzen wir Variablen, wie Sie rechts beispielhaft gezeigt werden. Hier wird „int“ verwendet, um ganze Zahlen speichern zu können.

```
int LED1 = 13;
int LED2 = 12;
int etwasAnderes = 0;
```

Variablen legen wir an, indem wir erst den Datentyp (int) dann einen beliebigen Namen angibt. Abschließend kommt ein = und der Wert, den die Variable zunächst haben soll.

Am besten definieren wir Variablen vor dem setup() Befehl, dann können wir diese immer benutzen. Variablen, die innerhalb von { } Klammern angelegt werden, können nur innerhalb dieser Klammern genutzt werden.

Um Variablen im Programm zu überschreiben, wird dem Namen ein neuer Wert zugewiesen. Dieses Mal ohne den Variablentyp. Außerdem können wir an allen Stellen, wo eine Zahl erlaubt ist, auch eine `etwasAnderes = 0;` Variable einsetzen.

→ Wofür können wir Variablen sinnvoll nutzen?

Abschließend können wir Kommentare einbauen, mit diesen können wir Hinweise im Code platzieren, ohne dass diese als Fehler gelten. Kommentare werden wie folgt verwendet:

```
/* Mehrzeiliger Kommentar
 * Bis die untere Zeile kommt
 */
```

```
//Einzeiliger Kommentar
```



This document is distributed in 2021 by Hochschule Ruhr West within the FabCITIZEN Project Consortium under an Attribution-ShareAlike Creative Commons license (CC BY-SA 4.0). This license allows you to remix, tweak, and build upon this work, as long as you credit the Hochschule Ruhr West / FabCITIZEN Project Consortium and license your new creations under the identical terms.



Arduino 8: Bedingungen und Schleifen

Bisher haben wir nur Programme verwendet, welche von oben nach unten abgearbeitet wurden. Für die Steuerung von Licht ist dies auch meistens ausreichend. Da bei 5 oder mehr LEDs jedoch der Code sehr schnell sehr groß wird, wollen wir uns eine Möglichkeit anschauen, wie wir beliebig viele LEDs mit weit weniger Code steuern können.

Der Code rechts zeigt, wie 5 LEDs nacheinander ein- und ausgeschaltet werden können, ohne jedes Mal den Code zu kopieren.

→ Warum wird die Variable i hier 2-mal erstellt?

```
void loop() {  
  int i = 9;  
  while(i < 14){  
    digitalWrite(i,HIGH);  
  
    if( i == 9){  
      digitalWrite(13,LOW);  
    }  
    else{  
      digitalWrite(i-1,LOW);  
    }  
  
    i++;  
  
    delay(500);  
  }  
}
```

Hier eine kleine Erklärung der Steuerelemente:

if (etwas) {dann} in den runden Klammern wird etwas auf seine Wahrheit überprüft. Wenn es wahr ist, wird der Quelltext in den geschweiften Klammern ausgeführt.

else {Code} kann nur nach einer if-Bedingung verwendet werden, und wird aufgerufen, wenn die Abfrage im if-Teil falsch ist. if-Bedingungen lassen sich unendlich verschachteln, werden aber schnell unübersichtlich.

while (etwas) {Code} solange das Argument wahr ist, wird die Schleife wiederholt. Ist das Argument von vornherein falsch, wird die Schleife nicht aufgerufen. Wird in der Schleife an den Variablen des Arguments nichts geändert, wird die somit Schleife endlos wiederholt.

For (Aufruf vor Schleife ; solange ; nach jedem Durchgang) {Code} Die for Schleife ist eine Sonderform von while. Es werden drei Werte in das Argument geschrieben, welche mit einem Semikolon getrennt werden.

Das erste Argument wird ein einziges Mal vor der Schleife aufgerufen. Das Zweite stellt die Abfrage dar, wie bei einer while-Schleife. Das dritte Argument gibt an, was nach jedem Schleifendurchlauf geschehen soll.



This document is distributed in 2021 by Hochschule Ruhr West within the FabCitizen Project Consortium under an Attribution-ShareAlike Creative Commons license (CC BY-SA 4.0). This license allows you to remix, tweak, and build upon this work, as long as you credit the Hochschule Ruhr West / FabCitizen Project Consortium and license your new creations under the identical terms.



Arduino 9: Digitale Eingabe

Bisher haben wir eine digitale Ausgabe behandelt, jetzt möchten wir hingegen die digitale Eingabe ausprobieren. Zu diesem Zweck nutzen wir einen Taster. Ähnlich wie die LEDs werden auch Taster auf einem Steckbrett platziert. Im Gegensatz zu LEDs sind diese aber nicht gepolt und auch nicht als Ausgabe des Arduinos geeignet.

Es gibt zwei Möglichkeiten, Taster zu verwenden: Die einfachste Möglichkeit ist es, sie auf der einen Seite dauerhaft mit Strom zu versorgen und die andere Seite mit einem Arduino-Pin zu verbinden. Wie auf dem Aufbau rechts zu sehen.

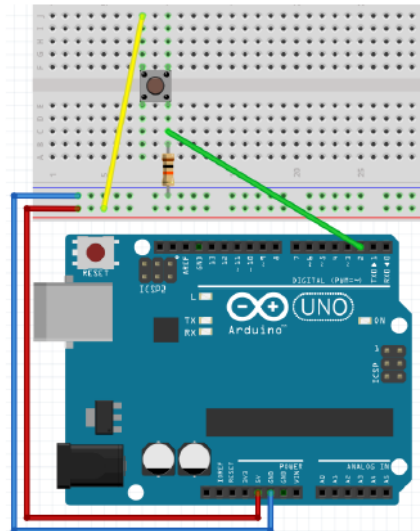
Der Widerstand sorgt dafür, dass der Taster nicht zufällig auslöst, sondern nur wenn er betätigt wird.

Während eine LED mit HIGH oder LOW geschaltet wird, kann von einem Taster einer der beiden Werte gelesen und in eine Variable geschrieben werden. Dies geschieht mit dem Befehl:

```
int Taster = digitalRead(2);
```

→ Warum hat digitalRead nur einen Wert?

→ Warum reagiert der Taster im Code nicht sofort?



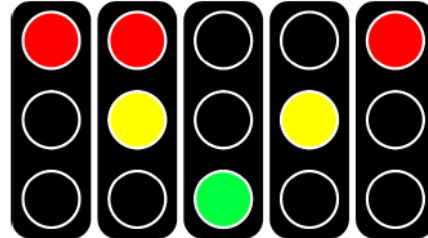
This document is distributed in 2021 by Hochschule Ruhr West within the FabCitizen Project Consortium under an Attribution–ShareAlike Creative Commons license (CC BY-SA 4.0). This license allows you to remix, tweak, and build upon this work, as long as you credit the Hochschule Ruhr West / FabCitizen Project Consortium and license your new creations under the identical terms.



Arduino 10: Ampelsteuerung

Jetzt, wo wir alle Befehle zumindest schon einmal gesehen haben, wird es Zeit für ein kleines Projekt zum selbst versuchen, wir wollen eine kleine Ampel bauen.

Aufgabe: Baue eine Ampel auf dem Steckbrett auf. Vergiss dabei nicht die Fußgängerampel.



Programmiere den Arduino anschließend, dass die Ampel der Autos auf Grün steht und durch Betätigung des Tasters einmal alle nötigen Phasen durchgeht.

→ Welche Phasen sind für eine Fußgängerampel nötig?

→ Welche Pausenzeiten würdest du für die Phasen verwenden?



This document is distributed in 2021 by Hochschule Ruhr West within the FabCitizen Project Consortium under an Attribution-ShareAlike Creative Commons license (CC BY-SA 4.0). This license allows you to remix, tweak, and build upon this work, as long as you credit the Hochschule Ruhr West / FabCitizen Project Consortium and license your new creations under the identical terms.



Arduino 11: Analoge Ausgabe

Bisher haben wir eine LED an- oder ausgeschaltet. Um etwas anzuzeigen ist dies auch vollkommen ausreichend. Oft wird neben an und aus aber noch etwas dazwischen benötigt. Wer möchte nachts im Bett schon die Uhrzeit vom Display in voller Helligkeit ablesen?

Der Arduino Uno hat 8 digitale Pins, welche auch zur analogen Ausgabe verwendet werden können. Diese sind mit einem ~ Zeichen markiert.

Analog bedeutet, dass wir neben festen Werten auch Zwischenwerte bestimmen können. Anders als beim digitalen Schreiben wird beim analogWrite Befehl nicht HIGH oder LOW, sondern ein Wert zwischen 0 und 255 bestimmt. Hier entspricht 0 LOW und 255 HIGH.

```
analogWrite(11, 128);
```

Der Quellcode oben ist ein Beispiel, welches ihr ausprobieren könnt. Wenn ihr es verstanden habt, habt ihr auch die Helligkeitswerte verstanden.

→ Wie verhält sich die Helligkeit bei sehr hohen und sehr niedrigen Werten?

→ Was bewirkt der Quellcode im Beispiel?

```
int ledPin = 11;

void setup()
{
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
}

void loop()
{
  for( int i = 0; i < 25; i++)
  {
    analogWrite(ledPin, i*10);
  }

  for( int i = 25; i > 0; i--)
  {
    analogWrite(ledPin, i*10);
  }
}
```



[This document is distributed in 2021 by Hochschule Ruhr West within the FabCitizen Project Consortium under an Attribution-ShareAlike Creative Commons license (CC BY-SA 4.0). This license allows you to remix, tweak, and build upon this work, as long as you credit the Hochschule Ruhr West / FabCitizen Project Consortium and license your new creations under the identical terms.



Arduino 12: Analoge Eingabe

Wie bei der digitalen Ausgabe gibt es auch eine analoge Eingabe. Anders als für die analoge Ausgabe sind für die analoge Eingabe jedoch extra Pins vorgesehen. Diese sind unterhalb der Spannungsversorgung des Arduinos und mit A0 bis A5 bezeichnet.

Die Pins geben dabei einen Wert zwischen 0 („keine Spannung“) und 1023 („Spannung 5 Volt“) zurück. Dieser Wert kann mit einem `analogRead` Befehl ausgelesen werden.

```
int Wert = analogRead(A0);
```

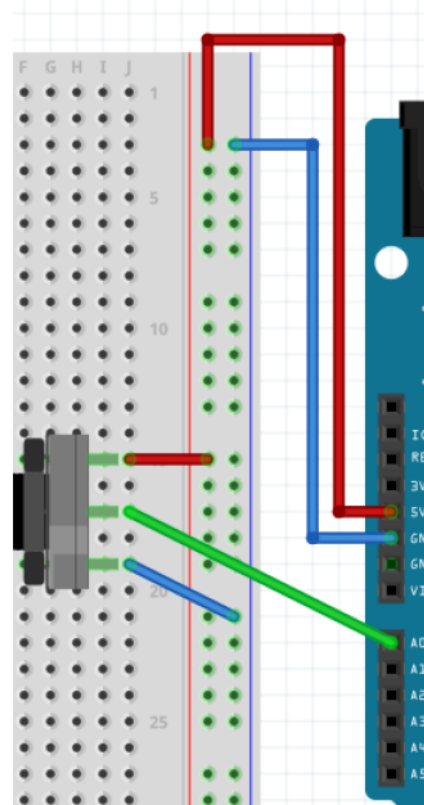
Das A vor der Zahl gibt dabei an, dass ein analoger Pin gelesen werden soll.

Der einfachste Weg, um einen Wert zu erhalten, ist ein Potenziometer dieses Bauteil mit 3 Anschlüssen ist ein einstellbarer Widerstand, welches zwischen den beiden äußeren Beinen immer den gleichen Wert besitzt. Das mittlere Bein ist allerdings etwas Besonderes. An diesem Bein liegt eine Spannung an, die durch den Regler verstellt werden kann.

Auch hier haben wir einen Beispielcode zum Testen:

```
void setup() {
  pinMode(11, OUTPUT);
}

void loop() {
  int Wert = analogRead(A0);
  analogWrite(11, Wert / 4);
}
```



→ Was bewirkt das Programm?



[This document is distributed in 2021 by Hochschule Ruhr West within the FabCITIZEN Project Consortium under an Attribution-ShareAlike Creative Commons license (CC BY-SA 4.0). This license allows you to remix, tweak, and build upon this work, as long as you credit the Hochschule Ruhr West / FabCITIZEN Project Consortium and license your new creations under the identical terms.

Lernszenario 5:



Sensorik und Datenspeicher 1: Einleitung

In dieser Reihe beschäftigen wir uns mit Sensoren und wie wir die Daten auswerten können, die wir mit ihnen gewinnen. Wichtig beim Gewinnen von Daten ist dabei einerseits das **Messintervall**, also die Zeit, die zwischen 2 Messungen des Sensors liegt. Andererseits ist auch der **Messzeitraum** wichtig. Dieser gibt an, wie lange eine **Messreihe** dauert.

Wir wollen nicht Tage oder Wochenlang den Rechner laufen lassen müssen, nur um die Temperatur ablesen zu können. Darum werden wir uns neben den Sensoren auch mit einer Möglichkeit beschäftigen, diese Daten direkt mit dem Arduino zu speichern.

Neben dem Arduino benötigen wir dazu unseren Sensor und ein Gerät, welches das Speichern für uns übernimmt. Als Sensor verwenden wir einen **BME280**. Dabei handelt es sich um einen Sensor, der neben der Temperatur auch Luftdruck und Luftfeuchtigkeit messen kann. Zum Speichern nutzen wir einen **openLog**. Letzterer übernimmt dabei das Schreiben auf eine SD-Karte, welche wir dann am Computer auslesen können.

- Welcher Messzeitraum und welches Messintervall sind für eine Temperaturmessung sinnvoll?

Um uns den Aufbau zu vereinfachen, wollen wir Sensor und Speicher über einen Standard ansprechen. Dazu verwenden wir **I2C**. Dieser Standard erlaubt es uns, eine große Anzahl an Geräten mit wenigen Anschlüssen am Arduino zu betreiben. Tatsächlich brauchen wir nur 4 Kabel (2 für Daten, 2 für Strom), um bis zu 127 Geräte miteinander verbinden zu können.

- Wie funktioniert die Kommunikation mit 2 Kabeln?



[This document is distributed in 2021 by Hochschule Ruhr West within the FabCitizen Project Consortium under an Attribution–ShareAlike Creative Commons license (CC BY-SA 4.0). This license allows you to remix, tweak, and build upon this work, as long as you credit the Hochschule Ruhr West / FabCitizen Project Consortium and license your new creations under the identical terms.]



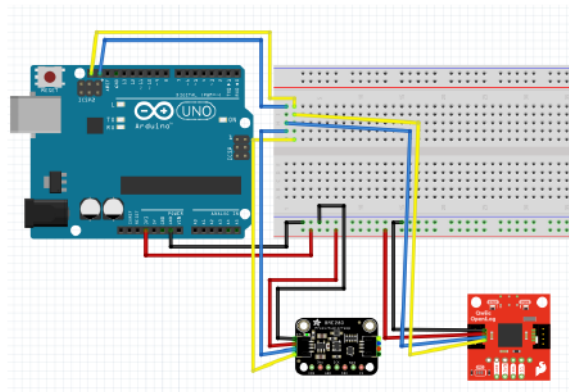
Sensorik und Datenspeicher 2: I2C anschließen

Zunächst möchten wir uns einmal anschauen, wie wir Geräte mit I2C am Arduino verbinden. I2C benötigt dabei nur 2 Verbindungen und Strom.

Die Verbindungen heißen sind SCL und SDA, was für System Clock (also den Taktgeber) und System Data (also die übertragenden Daten) steht. Jedes Gerät hat dabei eine Adresse, welche als hexadezimal Wert, also Zahlen von 0 bis 15 pro Stelle angegeben werden. 10 – 15 entsprechen dabei den Buchstaben A bis F. Die Adresse startet dabei mit 0x, um anzuzeigen, dass es hexadezimal ist.

→ Welche Adressen haben unsere beiden Bauteile?

Wichtig ist, dass 2 Bauteile nicht dieselbe Adresse haben dürfen, da diese Adressen verwendet werden, um Bauteile zu unterscheiden. Der Arduino wählt standardmäßig die Adresse 0x00. Diese kann aber später in der Software geändert werden. Die Verbindung für SDA befindet sich über dem AREF Pin, darüber befindet sich noch die Verbindung für SCL.



Das Schaubild links zeigt einen beispielhaften Aufbau. Sensor und Speicher sind dabei beide an 3,3V und Ground angeschlossen. Außerdem sind beide an SCL und SDA des Arduinos verbunden.

Die Buchsen sind dabei ein Verbindungsstandard der Stemma QT oder qwiic genannt wird, je nach Hersteller. Beide sind identisch und statt jedes Kabel

am Arduino anzubringen, können diese auch hintereinander verkabelt werden.



[This document is distributed in 2021 by Hochschule Ruhr West within the FabCitizen Project Consortium under an Attribution–ShareAlike Creative Commons license (CC BY-SA 4.0). This license allows you to remix, tweak, and build upon this work, as long as you credit the Hochschule Ruhr West / FabCitizen Project Consortium and license your new creations under the identical terms.



Sensorik und Datenspeicher 3: I2C programmieren

Nachdem wir alles aufgebaut haben, ist es Zeit, die Hardware zu testen.

Hierzu ist es zunächst wichtig, dass wir in der Arduino Software die Bibliothek „Wire.h“ laden. Diese erlaubt die Kommunikation zwischen Arduino und I2C Geräten. Zudem gibt es für jedes Bauteil weitere Bibliotheken, um die Kommunikation über I2C zu vereinfachen.

```
1 #include <Wire.h> //I2C
2 #include "SparkFun_Qwiic_OpenLog_Arduino_Library.h" //openLog
3 #include <Adafruit_Sensor.h> //Bibliothek für Sensoren von Adafruit
4 #include <Adafruit_BME280.h> //Temperatur Sensor
5
```

Haben wir diese Bibliotheken eingebunden, benötigen wir anschließend passende Variablen. Sowohl openLog als auch der Sensor BME280 stellen dabei Variablen bereit, welche wir später brauchen:

```
5
6 OpenLog myLog;
7 Adafruit_BME280 bme;
8
9 int pause = 5000; //Zeit zwischen 2 Messungen, in Millisekunden
10 float SeaLevel = 1013.25; //Luftdruck auf Nautisch Null
11
12 float temperatur = 0; // in °C
13 float druck = 0; // in hPA
14 float feuchtigkeit = 0; // in %
15 float hoch = 0; // in m
16 int anzahl = 0;
17
```

Anschließend starten wir die Kommunikation mit unseren Geräten.

```
18 void setup() {
19   Wire.begin(); //I2C starten
20   myLog.begin(); //Log starten
21   bme.begin(); //Sensor starten
22 }
23
```

Hierbei ist es wichtig, dass jedes Gerät einzeln gestartet werden muss, damit es später richtig funktioniert.

Abschließend wollen wir die Daten des Sensors auf die SD-Karte schreiben. Hierzu verwenden wir folgenden Code:



This document is distributed in 2021 by Hochschule Ruhr West within the FabCitizen Project Consortium under an Attribution-ShareAlike Creative Commons license (CC BY-SA 4.0). This license allows you to remix, tweak, and build upon this work, as long as you credit the Hochschule Ruhr West / FabCitizen Project Consortium and license your new creations under the identical terms.



```
24 void loop() {
25   //Eingabe
26   temperatur = bme.readTemperature();
27   druck = bme.readPressure() / 100.0F; //Vorgabe zur Berechnung
28   hoch = bme.readAltitude(SeaLevel);
29   feuchtigkeit = bme.readHumidity();
30
31   //Verarbeitung
32   myLog.print(millis()/1000);
33   myLog.print(";");
34   myLog.print(temperatur);
35   myLog.print(";");
36   myLog.print(feuchtigkeit);
37   myLog.print(";");
38   myLog.print(druck);
39   myLog.print(";");
40   myLog.print(hoch);
41   myLog.println(";");
42
43   //Ausgabe
44   myLog.syncFile();
45   anzahl++;
46
47   delay(pause);
48
49 }
```

Zunächst speichern wir die Sensordaten in unsere Variablen. Anschließend schreiben wir mit `myLog.print()` etwas in die aktuelle Zeile des Logs. Die Verwendung von `;` als Trennlinie zwischen den einzelnen Werten hilft uns dabei bei der späteren Auswertung.

Sobald wir alle Werte gespeichert haben, wird die letzte Angabe mit `myLog.println()` gemacht. Das `ln` steht dabei für line und sorgt dafür, dass der nächste `print` Befehl eine neue Zeile anfängt.

Abschließend wird die Datei im Log aktualisiert. Dafür wird der `syncFile()` Befehl verwendet. Erst durch diesen wird der Inhalt auf die Karte geschrieben. Nach einer Pause wird dann eine neue Messung durchgeführt.



This document is distributed in 2021 by Hochschule Ruhr West within the FabCitizen Project Consortium under an Attribution-ShareAlike Creative Commons license (CC BY-SA 4.0). This license allows you to remix, tweak, and build upon this work, as long as you credit the Hochschule Ruhr West / FabCitizen Project Consortium and license your new creations under the identical terms.



Sensorik und Datenspeicher 4: Auswertung

Die ersten Messungen gehen schnell. Jedoch stellt sich die Frage, ob die gemessenen Werte auch richtig sind. Bevor wir also zur eigentlichen Auswertung kommen, machen wir uns Gedanken:

- Wie können wir prüfen, ob gemessene Werte richtig sind?

Die Daten auszulesen, ist hierbei der einfachere Schritt. Alles, was wir tun müssen ist, den Arduino vom Strom zu trennen, die SD-Karte aus unserem Log zu nehmen und an den Computer anzuschließen.

Auf der Karte findet sich nun eine Datei mit Nummer. Hierbei handelt es sich um eine Textdatei, wo genau das drinsteht, was wir geschrieben haben. Um uns die Auswertung jedoch zu vereinfachen, machen wir einen Rechtsklick auf die Datei und benennen Sie um. Alles was hinter dem Punkt steht (.txt) ändern wir jetzt in „.csv“. Hierdurch wird aus der Textdatei eine comma separated values Datei, also eine Datei, die Werte durch Kommas oder wie bei uns durch Semikolons „;“ trennt.

- Wie würdest du die gewonnenen Daten interpretieren? Sind diese eventuell falsch?

- Wie würdest du den Code verändern, um die Listen leichter verständlich zu machen? Probiere es aus.



[This document is distributed in 2021 by Hochschule Ruhr West within the FabCITIZEN Project Consortium under an Attribution-ShareAlike Creative Commons license (CC BY-SA 4.0). This license allows you to remix, tweak, and build upon this work, as long as you credit the Hochschule Ruhr West / FabCITIZEN Project Consortium and license your new creations under the identical terms.

Literaturverzeichnis

Literaturverzeichnis

Adafruit Industries. (2017). *Use Micro:bit with Arduino*. <https://learn.adafruit.com/use-micro-bit-with-arduino>

Adafruit Learning System. (2019). *Adafruit STEMMA & STEMMA QT*.
<https://learn.adafruit.com/introducing-adafruit-stemma-qt/what-is-stemma-qt>

Anne Bowser, Derek Hansen, Yurong He, Boston, C., Matthew Reid, Logan Gunnell & Jennifer Preece (2013). Using gamification to inspire new citizen science volunteers. In L. E. Nacke (Hrsg.), *Proceedings of the First International Conference on Gameful Design, Research, and Applications* (S. 12–25). ACM.
<https://doi.org/10.1145/2583008>

Arduino.cc. (2022a). *Arduino UNO R3 datasheet*.
<https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf>

Arduino.cc. (2022b). *GitHub - arduino/Arduino: open-source electronics platform*.
<https://github.com/arduino/Arduino>

Arduino.cc. (2022c). *Software*. <https://www.arduino.cc/en/software>

Ball, T., Chatra, A., Halleux, P. de, Hodges, S., Moskal, M. & Russell, J. (2019). Micro-soft MakeCode: embedded programming for education, in blocks and TypeScript. In E. Baniassad (Hrsg.), *Proceedings of the 2019 ACM SIGPLAN Symposium on SPLASH-E - SPLASH-E 2019* (S. 7–12). ACM Press.
<https://doi.org/10.1145/3358711.3361630>

Bonney, R., Cooper, C. B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K. V. & Shirk, J. (2009). Citizen Science: A Developing Tool for Expanding Science Knowledge and Scientific Literacy. *BioScience*, 59(11), 977–984.
<https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9>

Calliope.cc. (2022). *Calliope Mini Datasheet*.
https://calliope.cc/media/pages/dateien/pdf/89eafc2620-1598628147/en_starter_box_rev2_2809.pdf

Devine, J., Finney, J., Halleux, P. de, Moskal, M., Ball, T. & Hodges, S. (2018). MakeCode and CODAL: intuitive and efficient embedded systems programming for education. In Z. Zhang & C. Dubach (Hrsg.), *Proceedings of the 19th ACM SIGPLAN/SIGBED International Conference on Languages, Compilers, and Tools for Embedded Systems* (S. 19–30). ACM.
<https://doi.org/10.1145/3211332.3211335>

Europäische Kommission. (2008). *Der Europäische Qualifikationsrahmen für lebenslanges Lernen (EQR)*. *Allgemeine & berufliche Bildung*. Amt für amtliche Veröf-

- fentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.
<https://www.fibaa.org/fileadmin/redakteur/pdf/ZERT/EQF.pdf>
- Faber, G. (2010). *mEKBA-L2E - Skalen zur Selbsteinschätzung mündlicher Erzählkompetenz und Ängstlichkeit vor Erzählsituationen im Englischunterricht*. Leibniz Institut für Psychologie (ZPID). <https://www.testarchiv.eu/de/test/9006293>
<https://doi.org/10.23668/PSYCHARCHIVES.4678>
- Google Developers. (2021). *Blockly*. <https://developers.google.com/blockly>
- Haklay, M. (2013). Citizen Science and Volunteered Geographic Information: Overview and Typology of Participation. In D. Sui & D. Z. Sui (Hrsg.), *Crowdsourcing geographic knowledge: Volunteered geographic information (VGI) in theory and practice* (1. Aufl., S. 105–122). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4587-2_7
- Heigl, F., Kieslinger, B., Paul, K. T., Uhlik, J. & Dörler, D. (2019). Opinion: Toward an international definition of citizen science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(17), 8089–8092.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1903393116>
- Institute for Geoinformatics at the University of Münster. (2020). *senseBox MCU*.
<https://sensebox.github.io/books-v2/edu/en/komponenten/sensebox-mcu.html>
- Institute for Geoinformatics at the University of Münster. (2022a). *sensBox - Arbeiten mit der Arduino IDE*. <https://docs.sensebox.de/category/arduino/>
- Institute for Geoinformatics at the University of Münster. (2022b). *senseBox Editoren*.
<https://sensebox.de/de/editoren.html>
- Institute for Geoinformatics at the University of Münster. (2022c). *senseBox online Editor*. <https://blockly.sensebox.de/ardublockly/?board=sensebox-mcu&lang=de#>
- ISO 25012. (2022). *ISO 25012*. <https://iso25000.com/index.php/en/iso-25000-standards/iso-25012>
- Jost, B., Ketterl, M., Budde, R. & Leimbach, T. (2014). Graphical Programming Environments for Educational Robots: Open Roberta - Yet Another One? In *2014 IEEE International Symposium on Multimedia* (S. 381–386). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/ISM.2014.24>
- Lederman, J. S. (2009). Teaching Scientific Inquiry: Exploration, Directed, Guided, and Opened-Ended Levels. *National Geographic Science*(07/09).
http://www.ngspscience.com/profdev/Monographs/SCL22-0439A_SCI_AM_Lederman_lores.pdf (Best Practices in Science Education).
- Leens, F. (2009). An introduction to I 2 C and SPI protocols. *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, 12(1), 8–13.
<https://doi.org/10.1109/MIM.2009.4762946>

- Levy, M. & Germonprez, M. (2017). The Potential for Citizen Science in Information Systems Research. *Communications of the Association for Information Systems*, 40, 22–39. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.04002>
- Liu, C., Meng, Q., Liao, T., Bao, X. & Xu, C. (2019). A Flexible Hardware Architecture for Slave Device of I2C Bus. In *2019 International Conference on Electronic Engineering and Informatics (EEI)* (S. 309–313). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EEI48997.2019.00074>
- Mäkipää, J.-P., Dang, D., Mäenpää, T. & Pasanen, T. (2020). Citizen Science in Information Systems Research: Evidence From a Systematic Literature Review. In T. Bui (Hrsg.), *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences, Proceedings of the 53rd Hawaii International Conference on System Sciences*. Hawaii International Conference on System Sciences. <https://doi.org/10.24251/HICSS.2020.569>
- Margaret Gold. (2015). *10 Principles of Citizen Science*. Berlin. European Citizen Science Association. https://ecsa.citizen-science.net/wp-content/uploads/2021/07/ECSA_Ten_principles_of_CS_German.pdf <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/XPR2N>
- Medienberatung NRW. (2018). *Medienkompetenzrahmen NRW*. https://www.schulministerium.nrw/sites/default/files/documents/Medienkompetenzrahmen_NRW.pdf
- microbit.org. (2022). *micro:bit Hardware*. <https://tech.microbit.org/hardware/>
- Microsoft Corporation. (2022). *GitHub - microsoft/pxt: Microsoft MakeCode (PXT - Programming eXperience Toolkit)*. <https://github.com/microsoft/pxt>
- Microsoft MakeCode. (2022a). *Building your own extension*. <https://makecode.com/extensions/getting-started>
- Microsoft MakeCode. (2022b). *Microsoft MakeCode Arcade*. <https://arcade.makecode.com/>
- Microsoft MakeCode. (2022c). *Microsoft MakeCode Computer Science Education*. <https://www.microsoft.com/en-us/makecode>
- Microsoft MakeCode. (2022d). *Microsoft MakeCode for Calliope mini*. <https://makecode.calliope.cc/>
- Microsoft MakeCode. (2022e). *Microsoft MakeCode for micro:bit*. <https://makecode.microbit.org/>
- Microsoft MakeCode. (2022f). *Microsoft MakeCode Maker - Blocks / Javascript editor*. <https://maker.makecode.com/>
- Microsoft MakeCode. (2022g). *Microsoft MakeCode offline verwenden*. <https://makecode.microbit.org/offline>

- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2021). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in Nordrhein-Westfalen*. Düsseldorf.
https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/256/si_kl5u6_if_klp_2021_07_01.pdf
- Musto, J. & Dahanayake, A. (2019). Integrating data quality requirements to citizen science application design. In R. Chbeir, Y. Manolopoulos, S. Ilarri & A. Papadopoulos (Hrsg.), *Proceedings of the 11th International Conference on Management of Digital EcoSystems* (S. 166–173). ACM.
<https://doi.org/10.1145/3297662.3365797>
- Nanda, U. & Pattnaik, S. K. (2016). Universal Asynchronous Receiver and Transmitter (UART). In *2016 3rd International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS)* (S. 1–5). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/ICACCS.2016.7586376>
- Nordic Semiconductor. (2022a). *51822 Documentation*.
https://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fstruct_nrf51%2Fstruct%2Fnr51822.html
- Nordic Semiconductor. (2022b). *52833 Documentation*.
https://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fstruct_nrf52%2Fstruct%2Fnr52833.html
- Nowak, A. (2022). *Development of a method for citizen science projects in the educational information systems context* [Masterthesis]. Hochschule Ruhr West, Bottrop.
- OECD. (2007a). *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy*. OECD.
<https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264026407-en.pdf?expires=1640132942&id=id&accname=oid021944&checksum=C4D7A61C39097B6D99B6ED8ACCFA1460> <https://doi.org/10.1787/9789264066182-ja>
- OECD. (2007b). *PISA 2006 - Schulleistungen im internationalen Vergleich: Naturwissenschaftliche Kompetenzen für die Welt von morgen*. W. Bertelsmann Verlag.
<https://www.oecd.org/pisa/39728657.pdf>
- OpenRoberta. (2021). *Lokale Installation | Open Roberta*. Fraunhofer IAIS.
<https://www.open-roberta.org/lokale-installation/>
- OpenRoberta. (2022a). *GitHub - OpenRoberta/openroberta-lab*. Fraunhofer IAIS.
<https://github.com/OpenRoberta/openroberta-lab>
- OpenRoberta. (2022b). *Open Roberta Lab*. Fraunhofer IAIS. <https://lab.open-roberta.org/>
- Peter, J., Leichner, N., Mayer, A.-K. & Krampen, G. (2015a). *IEBL - Inventar zur Evaluation von Blended Learning*. Open Test Archive. Leibniz Institut für Psychologie

- (ZPID). <https://www.testarchiv.eu/de/test/9006865>
<https://doi.org/10.23668/PSYCHARCHIVES.4590>
- Peter, J., Leichner, N., Mayer, A.-K. & Krampen, G. (2015b). *IEBL - Inventar zur Evaluation von Blended Learning*. Open Test Archive. Leibniz Institut für Psychologie (ZPID). <https://www.testarchiv.eu/de/test/9006865>
<https://doi.org/10.23668/PSYCHARCHIVES.4590>
- Prestopnik, N. R. & Crowston, K. (2011). Gaming for (Citizen) Science: Exploring Motivation and Data Quality in the Context of Crowdsourced Science through the Design and Evaluation of a Social-Computational System. In *2011 IEEE Seventh International Conference on e-Science Workshops* (S. 28–33). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/eScienceW.2011.14>
- Raspberry Pi (Trading) Ltd. (2019). *raspberrypi-4-datasheet*.
<https://datasheets.raspberrypi.com/rpi4/raspberrypi-4-datasheet.pdf>
- Richter, T. & Ehlers, U.-D. (2011). Barriers and Motivators for Using OER in Schools. *eLearning Papers*(03/23).
https://www.karlsruhe.dhbw.de/fileadmin/user_upload/citavi_upload/files/5bde7a80-9d2f-4f63-a7f9-55d8a73a83b6.pdf
- Schüller, K. (2020). *Future Skills: a Framework for Data Literacy* (Working Paper Nr. 53). Hochschulforum Digitalisierung.
https://hochschulforumdigitalisierung.de/sites/default/files/dateien/HFD_AP_Nr_53_Data_Literacy_Framework.pdf
- Shirk, J. L., Ballard, H. L., Wilderman, C. C., Phillips, T., Wiggins, A., Jordan, R., McCallie, E., Minarchek, M., Lewenstein, B. V., Krasny, M. E. & Bonney, R. (2012). Public Participation in Scientific Research: a Framework for Deliberate Design. *Ecology and Society*, 17(2). <https://doi.org/10.5751/ES-04705-170229>
- sparkfun.com. (2022). *Qwiic Connect System - SparkFun Electronics*.
<https://www.sparkfun.com/qwiic>
- Thoms, L.-J., Hoyer, C. & Girwidz, Raimund. (2020). Mit digitalen Medien experimentelle Kompetenzen fördern und komplexe Datenauswertungen schulen. In S. Becker, J. Meßinger-Koppelt & C. Thyssen (Hrsg.), *Digitale Basiskompetenzen: Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften* (1. Aufl., S. 111–114). Joachim Herz Stiftung.
https://www.researchgate.net/profile/Lars-Jochen-Thoms/publication/344166182_Mit_digitalen_Medien_experimentelle_Kompetenzen_fordern_und_komplexe_Datenauswertungen_schulen/links/5f57a8a6299bf13a31abfab1/Mit-digitalen-Medien-experimentelle-Kompetenzen-foerdern-und-komplexe-Datenauswertungen-schulen.pdf
- Vaishanvi, V. (2009). Outline of a Design Science Research Process. In ACM (Hrsg.), *ACM Other conferences, Proceedings of the 4th International Conference on*

Design Science Research in Information Systems and Technology. ACM.
<https://doi.org/10.1145/1555619>

Venable, J., Pries-Heje, J. & Baskerville, R. (2016). FEDS: a Framework for Evaluation in Design Science Research. *European Journal of Information Systems*(25), 77–89. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1057/ejis.2014.36.pdf>

Wehn, U., Göbel, Claudia, Bowser, A., Hepburn, L. & Haklay, M. (2020). *Global Citizen Science perspectives on Open Science*. Unesco.
https://en.unesco.org/sites/default/files/csgp_csos_cop_short_paper_on_open_science_may_2020.pdf

Weinhardt, C., Kloker, S., Hinz, O. & van der Aalst, W. M. P. (2020). Citizen Science in Information Systems Research. *Business & Information Systems Engineering*, 62(4), 273–277. <https://doi.org/10.1007/s12599-020-00663-y>

Zuo, B. (2022). *Grove System - Seeed Wiki*.
https://wiki.seeedstudio.com/Grove_System/

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbständig angefertigt habe. Es wurden nur die in der Arbeit ausdrücklich benannten Quellen und Hilfsmittel benutzt. Wörtlich oder sinngemäß übernommenes Gedankengut habe ich als solches kenntlich gemacht. Die vorgelegte Arbeit hat weder in der gegenwärtigen noch in einer anderen Fassung schon einem anderen Fachbereich der Hochschule Ruhr West oder einer anderen wissenschaftlichen Hochschule vorgelegen.

Oberhausen, 09.07.2022

Ort, Datum



Unterschrift