



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*

# **Masterarbeit**

Armin Fallahdoust-Bouini

Eine interaktive Map für den Geographieunterricht  
der Hamburger Sekundarstufe II zur Vermittlung  
anthropogener Faktoren auf das Ökosystem durch  
CO<sub>2</sub>-Emissionen

# **Armin Fallahdoust-Bouini**

Eine interaktive Map für den Geographieunterricht  
der Hamburger Sekundarstufe II zur Vermittlung  
anthropogener Faktoren auf das Ökosystem durch  
CO<sub>2</sub>-Emissionen

Masterarbeit eingereicht im Rahmen Masterprüfung

im Studiengang Next Media  
am Department Informatik  
der Fakultät Technik und Informatik  
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer : Kai von Luck  
Zweitgutachter : Susanne Draheim

**Armin Fallahdoust-Bouini**

**Thema der Arbeit**

Eine interaktive Map für den Geographieunterricht der Hamburger Sekundarstufe II zur Vermittlung anthropogener Faktoren auf das Ökosystem durch CO<sub>2</sub>-Emissionen

**Stichworte**

IoT, Internet of Things, Web Development, Cloud-Computing, Klimawandel, Ökosystem, Digitalisierung, Bildung

**Kurzzusammenfassung**

Ziel dieser Arbeit ist die Konzeption und Entwicklung einer Anwendung, welche den Schulunterricht der Sekundarstufe II in Hamburg unterstützen soll. Dies macht es notwendig den Umgang mit neuen Medien und Technologien bei der Zielgruppe der Schülerinnen und Schüler zu untersuchen, genauso wie einen Einblick in den Lehrplan der Hamburger Schulen zu bekommen. Nach einer Analyse von verwandten Konzepten und fertigen Implementationen wird dann ein Konzept erstellt, welches die Grundlage für den in dieser Arbeit umgesetzten Prototypen bildet. Jener dient dann als Grundlage zur Evaluierung der technischen Umsetzbarkeit.

**Armin Fallahdoust-Bouini**

**Title of the paper**

An interactive map for geography lessons in Hamburg's upper secondary school for communicating anthropogenic factors on the ecosystem through CO<sub>2</sub> emissions

**Keywords**

IoT, Internet of Things, Web Development, Cloud-Computing, Climate Change, ecosystem, digitalisation, school

**Abstract**

The aim of this work is the conception and development of an application to support school education in Hamburg. This makes it necessary to investigate the handling of new media and technologies among the target group of the pupils as well as to get an insight into the curriculum of the schools in Hamburg. After an analysis of related concepts and finished implementations, a concept is then created, which forms the basis for the prototype implemented in this work. This then serves as a basis for evaluating the technical feasibility.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>8</b>
1.1	Motivation .....	8
1.2	Ziel der Arbeit .....	10
1.3	Aufbau der Arbeit .....	11
<b>2</b>	<b>Analyse .....</b>	<b>13</b>
2.1	Anforderungsanalyse.....	13
2.1.1	Bildungsplan Hamburger Sekundarstufe II – Geographie .....	14
2.2	Zielgruppenanalyse.....	19
2.2.1	JIM-Studie 2017.....	19
2.2.2	Sonderstudie - Schule Digital.....	22
2.2.3	Personas der Stakeholder.....	26
2.3	Verwandte Arbeiten .....	29
2.3.1	Evaluation und Gestaltung einer interaktiven Computerkartografie .....	30
2.3.2	Klimawandel und die Rolle der Softwareentwickler .....	34
2.3.3	Vermittlung des Klimawandels mittels Blended Learning und Multimedia ..	37
2.3.4	A Conversation Between Trees – Visualisierung von Klimadaten .....	39
2.3.5	Visualisierung des CO <sub>2</sub> -Fußabdrucks .....	44
2.4	Beispielanwendungen .....	51
2.4.1	Luftdaten.info.....	51
2.4.2	Earth .....	55
2.4.3	Smart Citizen Plattform .....	57

2.4.4	NASA Global Climate Change Website .....	61
2.4.5	Global Carbon Atlas .....	66
2.5	Notwendige Anforderungen .....	72
2.5.1	Visualisierung .....	72
2.5.2	Digital Storytelling – Information im Kontext.....	73
2.5.3	Multimedia .....	73
2.5.4	Cross-Plattform.....	75
2.5.5	Community und Kommunikation .....	75
2.6	Kriterienkatalog .....	76
<b>3</b>	<b>Konzeption.....</b>	<b>78</b>
3.1	Idee .....	78
3.2	Komponenten .....	79
3.2.1	Datenbestände .....	79
3.2.2	Sensorkit als Datenquelle .....	80
3.2.3	Cloud .....	81
3.2.4	Explorative Datenvisualisierung .....	81
3.2.5	Komponentendiagramm .....	83
3.2.6	Drei-Schichten-Architektur.....	84
<b>4</b>	<b>Umsetzung.....</b>	<b>86</b>
4.1	Technologien .....	86
4.1.1	Cloud-Plattform.....	86
4.1.2	Visualisierung .....	89
4.1.3	Sensorkit.....	89
4.2	Datenquellen .....	90
4.3	Implementationsarchitektur.....	93
4.4	Definition Scope.....	94
4.5	Implementierung.....	95
4.6	Fazit und Ausblick .....	104
<b>5</b>	<b>Fazit .....</b>	<b>105</b>
5.1	Zusammenfassung.....	105

5.2	Ausblick.....	107
<b>6</b>	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>110</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>112</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

Die aktuellen Konzepte aus der Didaktik und die in den Lehrplänen verankerten Methodiken sind nicht mehr kompatibel mit dem von Technologie getriebenen Alltag der Schülerinnen und Schüler (vgl. Diethelm & Brinda, 2014). Durch eine Reihe interdisziplinärer, wissenschaftlicher Arbeiten werden bereits verschiedene Themen angegangen, welche sich mit der Digitalisierung in der Bildung beschäftigen. Eine der größten Quellen hierfür ist die Gesellschaft für Informatik<sup>1</sup> (kurz: GI). Betrachtet man die Ausarbeitung der GI mit Fokus auf die Bildung, so beschäftigen sich deren Arbeiten zum Großteil mit vier speziellen Aspekten:

- Die Etablierung des Unterrichtsfachs „Informatik“ in Schulen (vgl. Gesellschaft für Informatik A, 2016)
- Die Vermittlung von Medienkompetenzen in Schulen (vgl. Gesellschaft für Informatik B, 2017)
- Die IT-Ausstattung in Schulen
- Die Aufwertung der Fachdidaktik durch IT (vgl. Gesellschaft für Informatik C, 2018)

---

<sup>1</sup> Siehe: <https://gi.de>

Diese Arbeit reiht sich somit in eine lange Tradition der digitalen Transformation der Bildung ein und soll dabei helfen einen Einstieg für die Integration von Informationstechnologien (kurz: IT) in den Schulunterricht zu finden, wobei der Fokus auf zwei wesentliche Punkte gerichtet ist, um IT im Schulunterricht zu etablieren.

Es soll dazu motiviert werden die IT-Kompetenz und die Sensibilisierung für neue Technologien innerhalb des Bildungsbereiches an Hamburger Schulen zu fördern. Hierfür soll ein Konzept entwickelt werden, welches von aktuellen Technologien Gebrauch macht, aber trotzdem noch dem Lehrplan entsprechend angewandt werden kann, um es so zu ermöglichen einen zeitgemäßen Unterricht zu gestalten.

Ebenso soll gezeigt werden, wie die neuen Medien und die neuen Technologien genutzt werden können, um den Schülerinnen und Schülern auch kritische und komplexe Themen mit direktem Bezug besser zu verdeutlichen, um so eine Aufwertung der Fachdidaktik mit der Anreicherung von neuen Technologien zu ermöglichen.

## **1.2 Ziel der Arbeit**

Ziel dieser Arbeit ist die Konzeption und Entwicklung einer Anwendung, welche den Schulunterricht der Sekundarstufe II in Hamburg unterstützen soll.

Um diese Anwendung als einen Mehrwert für den Unterricht zu gestalten, soll eine fundierte Analyse den Grundstein für die Konzeption der Anwendung legen. Es soll zum einen untersucht werden, wie die Zielgruppe sich im Umgang mit Medien verhält und zum anderen, welche Voraussetzungen der Lehrplan vorsieht. Ebenso sollen bereits vorhanden Konzepte und Plattformen untersucht werden, um so die Übertragbarkeit zu prüfen und Anregungen zu adaptieren. Es ergeben sich daraus weitere Anforderungen, die in dieser Arbeit nicht nur analysiert, sondern auch in Form eines ersten Prototypen implementiert werden sollen. Die Umsetzung des Prototyps soll dann zur Evaluation der technischen Machbarkeit herangezogen werden.

### 1.3 Aufbau der Arbeit

Um mit dem Konzept einen Mehrwert für den Unterricht zu erzeugen und um das Konzept sinnvoll gestalten zu können, wurden zunächst in einem Analyse-Kapitel mehrere Faktoren untersucht. Im Rahmen des Analyse-Kapitels (2) wurde anhand einer Anforderungsanalyse der Bildungsplan Hamburgs der Sekundarstufe II für den Geographieunterricht untersucht (2.1.1). Bei den vorgesehenen Nutzern der Anwendung handelt es sich um eine besondere Gruppe von Anwendern, weshalb in einer Zielgruppenanalyse mit Hilfe von Nutzerstudien die Personas<sup>2</sup> definiert wurden (2.2).

Zur Untersuchung des gesamten Themenfeldes wurden im Abschnitt 2.3 verwandte Arbeiten analysiert, welche sich alle im Bereich des digitalen Lernens und der Darstellung des Klimas beschäftigten. So wurden hier Erfahrungen aus bereits durchgeführten Studien oder konkreten Implementierungen für die Umsetzung des Konzepts im Rahmen dieser Arbeit genutzt. Gleiches gilt für das darauffolgende Abschnitt 2.4, indem Beispielanwendungen untersucht wurden.

Anschließend wurden alle aus dem vorherigen Kapitel gemachten Erfahrungen in dem darauffolgenden Abschnitt 2.5 zusammengefasst, um so die notwendigen Anforderungen der Anwendung herauszuarbeiten.

Das 3. Kapitel widmet sich der Konzeption. Hier wurde die Idee vorgestellt, anhand welcher es Lehrplankonform ermöglicht wird, Schülerinnen und Schülern der zweiten Sekundarstufe in Hamburg anthropogene Faktoren des Klimawandels zu vermitteln

---

<sup>2</sup> Als Persona wird ein Modell aus der Mensch-Computer-Interaktion beschrieben, bei welchem die Persona einen Prototypen für eine Gruppe von Nutzern mit konkreten Eigenschaften und Nutzungsverhalten darstellt.

(3.1). In dem Abschnitt 3.2 wurden dann die dafür notwendigen Komponenten beschrieben, um die Vorarbeit für die anschließende Umsetzung zu leisten. Hier wurden die notwendigen Anforderungen aus dem vorherigen Kapitel in technische Komponenten übersetzt und somit in einem ersten Schritt konkretisiert.

Im 4. Kapitel wurde die Umsetzung konkretisiert. Hierfür wurden die einzelnen technischen Komponenten auf eine Implementations-Ebene heruntergebrochen. Um eine konkrete Implementierung zu ermöglichen, wurden hierfür Architekturen entwickelt und Technologien und ihre Anwendungsfälle beschrieben. Ebenso wurde in dem Kapitel der Umfang der Umsetzung des Konzepts definiert, sodass im Rahmen dieser Arbeit ein erster Prototyp gebaut werden konnte, welcher zur Evaluation der technischen Umsetzbarkeit des Konzeptes herangezogen wurde.

Die Arbeit schließt mit einem Fazit ab, in dem das Ergebnis evaluiert wird. Daran anschließend erfolgt ein Ausblick auf die Weiterentwicklung und weitere interessante Fragestellungen.

## 2 Analyse

In diesem Kapitel werden die Grundlagen für die Gestaltung des Konzepts geschaffen. Hierfür sollen anhand einer Darstellung thematisch verwandter Arbeiten sowohl theoretische Grundlagen sowie auch konkrete Umsetzungen im Bereich des digitalen Lernens im Allgemeinen und dem Geographie-Sektor im speziellen, vorgestellt und evaluiert werden.

Außerdem wird eine Zielgruppenanalyse durchgeführt, in der Personas definiert werden. Personas dienen der steckbriefartigen Darstellung von Zielgruppen typischen Repräsentanten. Dort wird neben demographischen Eckdaten auch der Umgang mit Technologien innerhalb der Zielgruppe festgehalten und untersucht.

Ebenfalls wird in diesem Kapitel eine Anforderungsanalyse ausgearbeitet, aus der ein konkreter Anforderungskatalog entstehen soll. Hierfür wird neben der Ausarbeitung der notwendigen Funktionen auch der Lehrplan der Hamburger Schulen für den Geographie-Unterricht der Sekundarstufe II in Betracht gezogen. So kann dann in Form eines Kriterienkatalogs fundiertes Wissen in die spätere Konzeption der Anwendung mit eingebracht werden.

### 2.1 Anforderungsanalyse

Die Anforderungsanalyse soll dazu dienen, die konkreten Anforderungen an die Anwendung zu definieren und zu erläutern. Hierfür wird der Hamburger Bildungsplan

für den Geographieunterricht der Sekundarstufe II untersucht und die Zielgruppe konkreter definiert.

So wird sichergestellt, dass die Anwendung den Anforderungen der Zielgruppe gerecht wird.

Die Anforderungsanalyse soll anschließend in einem Kriterienkatalog münden. Dieser dient maßgeblich als Grundlage für die Konzeption des Prototyps. Des Weiteren ermöglicht es die Ergebnisse der Arbeit und der Anwendung vergleichbar gegenüber den Anforderungen zu stellen.

### **2.1.1 Bildungsplan Hamburger Sekundarstufe II – Geographie**

Die Anforderungen an den Geographieunterricht der Sekundarstufe II in Hamburg sind in einem Bildungsplan klar definiert und öffentlich zugänglich<sup>3</sup>. Der Bildungsplan erläutert die fachlichen Kompetenzen die vermittelt werden sollen und auch die didaktischen Grundsätze, an denen entlang der Unterricht gestaltet werden soll.

Um die Anwendung im Kontext des Schulunterrichts nützlich und mit einem tatsächlichen Mehrwert für den Praxisgebrauch zu gestalten, ist es unbedingt notwendig die Anforderungen des Bildungsplans in die Konzeption zu integrieren. Da es sich bei dieser Arbeit um ein Konzept einer Anwendung handelt, welche die anthropogen Faktoren auf das Ökosystem vermittelt, soll sie sich in den Bildungsplan des Geographieunterrichts einsortieren lassen. Daher werden im Folgenden die im Bildungsplan adressierten Punkte kurz zusammengefasst und erläutert, um die Anwendung in einen dieser Bereiche einordnen zu können.

---

<sup>3</sup> Siehe: <http://www.hamburg.de/bildungsplaene/4539524/start-gyo/>

---

Die zu vermittelnden fachlichen Kompetenzen werden in vier Kategorien unterteilt (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg - Behörde für Schule und Berufsbildung, 2009, S. 10–11):

1. Räumliche Orientierung
2. Raumanalyse
3. Raumbewertung
4. Raumverantwortung

### **Räumliche Orientierung**

„Dieser Kompetenzbereich umfasst Fähigkeiten, Fertigkeiten und die Bereitschaft, sich mittels differenzierten räumlich-topografischen Wissens auf lokaler, regionaler und globaler Ebene und mithilfe unterschiedlicher Ordnungsraster in unterschiedlichen Räumen zu orientieren, sie zu gliedern und reflektiert wahrzunehmen.“ (Freie und Hansestadt Hamburg - Behörde für Schule und Berufsbildung, 2009, S. 10)

Konkrete Anforderungen der Fachkompetenz „Räumliche Orientierung“ sind Fähigkeiten wie das Werten und Interagieren von topografischen, physischen, thematischen und anderen alltagsüblichen Karten, ebenso wie das selbständige Anfertigen kartographischer Darstellungen.

### **Raumanalyse**

„Dieser Kompetenzbereich umfasst Fähigkeiten, Fertigkeiten und die Bereitschaft, Räume unterschiedlicher Regionen, unterschiedlicher Ausstattung und räumlicher Dimensionen zu erkennen und deren Vielfalt von Bezügen, Wirkungsgefügen und

Prozessen zu beschreiben.“ (Freie und Hansestadt Hamburg - Behörde für Schule und Berufsbildung, 2009, S. 11)

Zu den Anforderungen dieses Kompetenzbereiches gehören das Darstellen von naturgeographischen Prozessen und das Erfassen und Beschreiben des Zusammenspiels von natürlichen und anthropogenen Faktoren bei der Nutzung und Gestaltung von Räumen. Außerdem sollen die Schülerinnen und Schüler in der Lage sein unter Einbeziehung aktueller Forschungsergebnisse die Folgen des Klimawandels für das Ökosystem verstehen.

### **Raubewertung**

„Dieser Kompetenzbereich umfasst Fähigkeiten, Fertigkeiten und die Bereitschaft, Raumstrukturen, Raumentwicklungen und geographische Probleme mehrperspektivisch zu erfassen und selbstständig zu bewerten.“ (Freie und Hansestadt Hamburg - Behörde für Schule und Berufsbildung, 2009, S. 11)

Hierbei sollen die Schülerinnen und Schüler lernen Funktionen von naturgeographischen Prozessen zu beschreiben (wie z.B. Plattentektonik, Vulkanismus, Erdbeben o.ä.) und die zunehmende Belastung von Geoökosystemen und die sich daraus ergebenden Folgen erkennen.

### **Raumverantwortung**

„Dieser Kompetenzbereich umfasst Fähigkeiten, Fertigkeiten und die Bereitschaft an der Gestaltung der gegenwärtigen und zukünftigen Lebenswirklichkeit verantwortungsbewusst teilzunehmen. Damit verbunden ist eine Bereitschaft zur Übernahme einer Mitverantwortung für die Bewahrung der Lebensgrundlagen

zukünftiger Generationen, die sich an dem Leitbild der Nachhaltigkeit orientiert.“  
(Freie und Hansestadt Hamburg - Behörde für Schule und Berufsbildung, 2009, S. 11)

Hier sollen Diskussionen über die Notwendigkeit von Klimaschutzmaßnahmen geführt werden, sowie mögliche ökologisch, sozial oder ökonomisch sinnvolle Maßnahmen zur Entwicklung und zum Schutz von Räumen erarbeitet werden.

Die didaktischen Grundsätze setzen sich zusammen aus (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg - Behörde für Schule und Berufsbildung, 2009, S. 11-12):

1. Wissenschaftspropädeutische Ausrichtung
2. Lebensweltbezug
3. Aktualität und exemplarisches Prinzip
4. Fähigkeiten im Umgang mit Medien

### **Wissenschaftspropädeutische Ausrichtung**

Dieser didaktische Grundsatz fordert eine geowissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen der Schülerinnen und Schüler. Dabei sollen mit fachspezifischen Methoden und anhand von Modellen und Theorien aus der Geographie bestimmte Phänomene bearbeitet werden (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg - Behörde für Schule und Berufsbildung, 2009, S. 11).

**Lebensweltbezug**

Der Unterricht soll zunehmend mit Bezug auf die Lebens- und Erfahrungswelten der Schülerinnen und Schüler gestaltet werden. Das bedeutet: „Er berücksichtigt die unterschiedlichen Zugangs- und Betrachtungsweisen von Schülerinnen und Schülern und Aspekte der unterschiedlichen ethnischen, kulturellen, sozialen und religiösen Herkunft.“ (Freie und Hansestadt Hamburg - Behörde für Schule und Berufsbildung, 2009, S. 11).

**Aktualität und exemplarisches Prinzip**

Um Schülerinnen und Schülern die Zusammenhänge zwischen natürlichen Bedingungen und anthropogenen Eingriffen zu vermitteln, werden Probleme dargestellt, welche aktuelle Kontroversen offenlegen sollen. Die Ursachen sollen erarbeitet werden und die Schülerinnen und Schüler zu eigenständigen Werturteilen leiten (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg - Behörde für Schule und Berufsbildung, 2009, S. 12).

**Fähigkeiten im Umgang mit Medien**

Die Geographie versteht sich als ein medienintensives Fach, in dem sich die Schülerinnen und Schüler mit einer Vielzahl an Medien vertraut machen. Der Bildungsplan spricht hier vom Arbeiten mit Datenbanken, der Analyse kartografischer Darstellungen und dem Umgang mit Computerkartografie. Dadurch soll nicht nur die Medienkompetenz gesteigert werden, sondern neben dem kritischen Umgang mit Medien auch die Fähigkeit der mediengestützten Präsentation gelehrt werden (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg - Behörde für Schule und Berufsbildung, 2009, S. 12).

## 2.2 Zielgruppenanalyse

In diesem Abschnitt sollen Personas definiert werden, welche neben demographischen Eckdaten auch Informationen zum Umgang mit Technologien und digitalen Medien liefern.

Hierzu werden vor allem zwei Studien genutzt, welche die gewünschten Informationen liefern. Zum einen die *JIM-Studie 2017*<sup>4</sup> des Medienpädagogischen Forschungsverbundes (kurz: mpfs) und zum anderen die *Sonderstudie Schule Digital*<sup>5</sup> der *Initiative D21*<sup>6</sup>. Diese beiden Studien beschäftigen sich vor allem mit dem Umgang und der Ausstattung von Technologien unter Jugendlichen und Schulen.

### 2.2.1 JIM-Studie 2017

Die *JIM-Studie* (Jugend, Information, Multimedia) wird seit 1998 jährlich vom Medienpädagogischen Forschungsverbund Südwest durchgeführt. Ziel ist es, das Medienverhalten von Jugendlichen zwischen zwölf und 19 Jahren abzubilden. Dafür wurden 1200 jugendliche telefonisch befragt (vgl. Mpfs, 2017).

Die Studie beinhaltet neben Fakten zur allgemeinen Nutzung von digitalen Medien auch Informationen zum Medienumgang und Ausstattung im schulischen Kontext. Zudem wurden auch allgemeine Interessen ermittelt, um so einen Einblick in das Informationsverhalten eines Jugendlichen zu erhalten. Es wurde für verschiedene Themenbereiche abgefragt, wie wichtig es für die Befragten sei, schnell neuste Trends

---

<sup>4</sup> Siehe: [https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2017/JIM\\_2017.pdf](https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2017/JIM_2017.pdf)

<sup>5</sup> Siehe: [https://initiated21.de/app/uploads/2017/01/d21\\_schule\\_digital2016.pdf](https://initiated21.de/app/uploads/2017/01/d21_schule_digital2016.pdf)

<sup>6</sup> Siehe: <http://initiated21.de/>

---

und Entwicklungen zu erhalten. Die Kategorie „Umwelt“ beispielsweise landete dabei auf dem fünften Platz mit 47% bei den Mädchen und 34% bei den Jungen, die es für sehr wichtig empfinden, schnell neue Informationen zum Thema Umwelt zu erhalten (s. Abbildung 1) (vgl. Zdf-multimedia et al., 2017, S. 63).

Digitale Medien sind für die Jugendlichen auch im Schulkontext gang und gäbe. Im Durchschnitt verbringen sie insgesamt 97 Minuten pro Tag mit Schulaufgaben, 45 Minuten davon verbringen die Schülerinnen und Schüler am Computer oder im Internet, um die Aufgaben zu lösen. Auch innerhalb der Schule wird von IT-Geräten gebraucht gemacht. Mit 79% handelt es sich dabei am häufigsten um einen Standrechner, dagegen hatte nur jeder fünfte Schülerinnen und Schüler überhaupt schon einmal Kontakt mit Tablets in der Schule. Die Verwendung von Smartphones zeigt deutliche Unterschiede. Dort gaben 47% der Befragten an Smartphones auch im Unterricht zu nutzen. (vgl. Zdf-multimedia et al., 2017, S. 64ff)

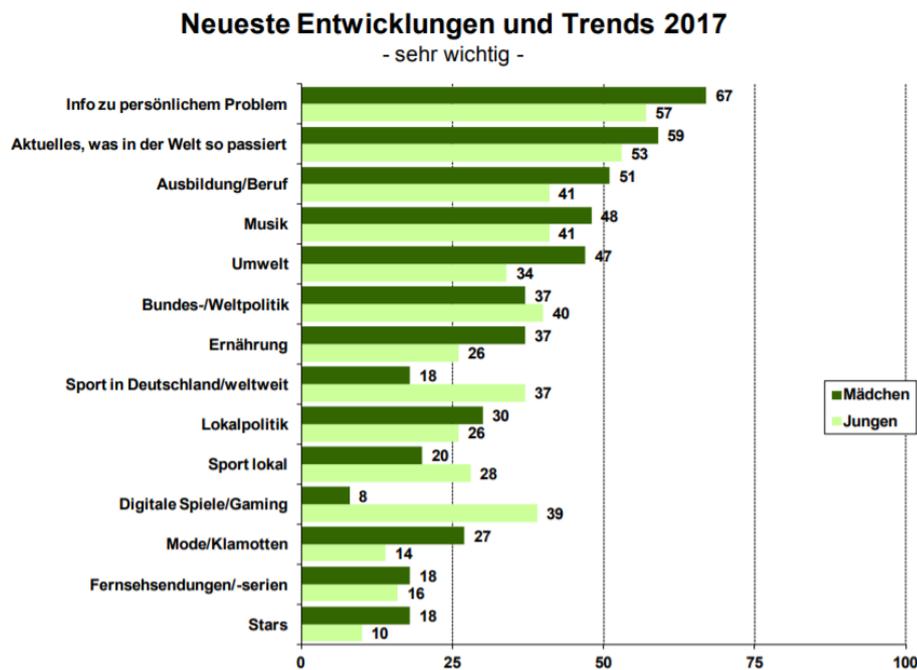


Abbildung 1: Umfrageergebnis nach Themeninteressen der Jugendlichen (Darstellung nach Zdf-multimedia et al., 2017, S. 63)

Insgesamt betrachtet gehen die Befragten überwiegend mit ihren Smartphones online und dort besuchen sie hauptsächlich Seiten, welche für mobile Endgeräte optimiert sind. Es handelt sich hierbei also weniger, um klassische Webseiten, als um mobile Plattformen, Apps und Kommunikationsmöglichkeiten.

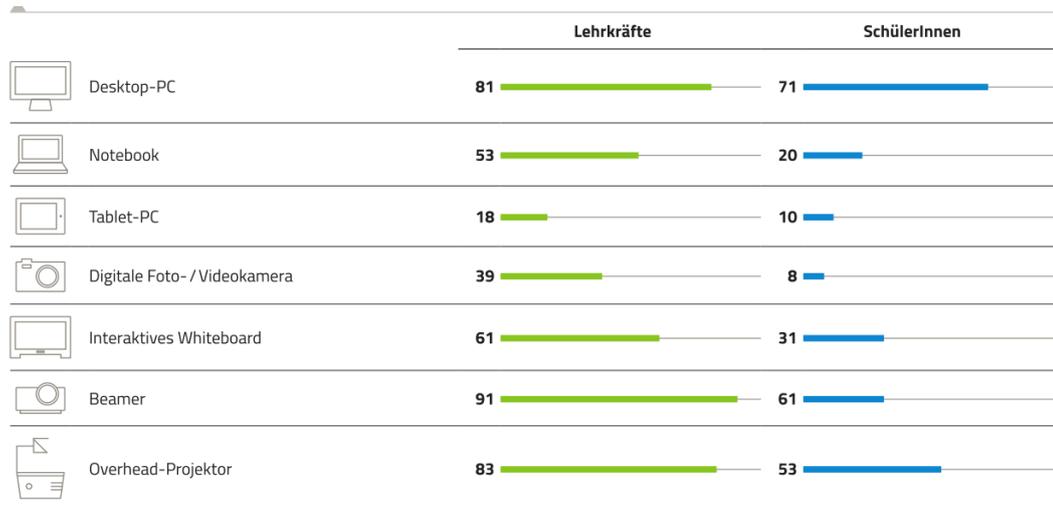
Diese Plattformen beinhalten sowohl journalistische Inhalte von Medienanbietern, als auch kommerzielle Angebote von Handel und Industrie (vgl. Zdf-multimedia et al., 2017, S. 63 ff).

Unter den Befragten gaben 85% an, als Informationsmedium Suchanfragen bei Google bzw. Suchmaschinen im Allgemeinen zu nutzen. Bei etwa zwei Drittel der Schülerinnen und Schüler werden YouTube-Videos herangezogen, um sich regelmäßig zu informieren. Nur halb so viele nutzen dagegen Wikipedia. Ganz

unabhängig vom Inhalt nutzen 88% der Jugendlichen YouTube mindestens mehrmals pro Woche, 63% sogar täglich. (vgl. Zdf-multimedia et al., 2017, S. 63).

### **2.2.2 Sonderstudie - Schule Digital**

Mit der Sonderstudie *Schule Digital* (vgl. Initiative D21, 2016) ist in Zusammenarbeit zwischen der Initiative D21 und mehreren namhaften Kooperationspartnern wie Fujitsu, Microsoft und dem Cornelsen Verlag eine Ausarbeitung entstanden, welche die Ausstattung und den Nutzen von digitalen Hilfsmitteln und Technologien unter Schülern und Schulen untersucht. Durchgeführt wurde die Studie durch Interviews mit 1425 Lehrkräften, 1116 Schülerinnen und Schüler ab 14 Jahren und 1123 Elternpaaren im August 2016. Im Hauptfokus der Studie lagen weiterführende Schulen und das Zusammenspiel zwischen Lehrwelt (durch die Lehrerinnen und Lehrer gestaltet), Lernwelt (durch die Eltern gestaltet) und Lebenswelt (durch die Schülerinnen und Schüler und die Gesellschaft gestaltet). (vgl. Initiative D21, 2016, S.6)



**FRAGE** Welche der folgenden elektronischen Geräte werden durch die Schule für den Unterricht zur Verfügung gestellt?

**BASIS** Lehrkräfte: n = 1.425, SchülerInnen: n = 1.116, Angaben in Prozent, kein Ausweis von »Weiß nicht / Keine Angabe«

**Abbildung 2: Für den Unterricht verfügbare Geräte (Darstellung nach Initiative D21, 2016, S.7)**

Um eine gute Bildungsinfrastruktur zu gewährleisten, gehört unter anderem auch eine durch die Schule zur Verfügung gestellte Ausstattung an elektronischen Geräten dazu. Zu den am häufigsten vorhandenen technischen Geräten gehören laut Lehrerschaft der Beamer (91%), ein Overhead-Projektor (83%) und Desktop-PCs (81%). Ein interaktives Whiteboard steht etwa 61% der Lehrkräfte im Unterricht zur Verfügung. Nur etwa die Hälfte gab an ein Notebook für den Unterricht einsetzen zu können (s. Abbildung 2).

Interessanterweise nehmen die Schülerinnen und Schüler die technische Ausstattung an ihren Schulen etwas anders wahr. Ihre Angaben unterscheiden sich bei fast allen Devices um acht Prozentpunkte. Die Autoren der Studie schließen daraus, dass ein Mangel an Nutzung der Geräte im Unterricht vorliegt, wodurch sich diese Diskrepanz der Wahrnehmung ergibt. (vgl. Initiative D21, 2016, S. 9)

Diese Diskrepanz in der Wahrnehmung zeigt sich beispielsweise auch bei der Nutzung von Tablet-PCs. 18% der Lehrkräfte gaben an, ein Tablet für den Unterricht zur Verfügung zu haben, während nur 10% der Schülerinnen und Schüler angeben Zugriff auf ein Tablet zu haben. Bei der Befragung, wie die Tablets im Unterricht genutzt werden, stellte sich heraus, dass sich die Tablets, ähnlich wie die Desktop-PCs zentral und gesammelt in einem Raum befinden. (vgl. Initiative D21, 2016, S. 10)

Insgesamt wird aus der Studie deutlich, dass die Nutzung von technischen Geräten im Unterricht für die Schülerinnen und Schüler zu selten ist. Aus ihrem privaten Umfeld sind sie es gewohnt Informationen mit technischen Hilfsmitteln und digitalen Medien zu erhalten, während sich der schulische Unterricht zum Großteil noch analog gestaltet (vgl. Initiative D21, 2016, S. 7 ff.). Als eine Hürden für die Nutzung von technischen Geräten und digitalen Medien geben die Lehrerinnen und Lehrer hauptsächlich den Datenschutz, die Geräteausstattung (Qualität und Quantität) und mangelnde IT/Digital-Kenntnisse als Gründe an (vgl. Initiative D21, 2016, S. 13).

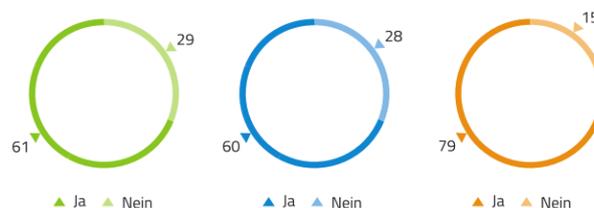


Abbildung 3: Wunsch nach Medienkonzept bei Lehrern, Schülern und Eltern (Darstellung nach Initiative D21, 2016, S. 26)

Alle Parteien (Lehrerinnen und Lehrer, Schüler/Schülerinnen, Eltern) gaben an, dass sie sich ein Medienkonzept für den Unterricht wünschen (vgl. Initiative D21, 2016, S. 25) würden, ebenso einig sind sie sich bei der Frage nach dem Einsatz von digitalen Medien in Schulen. In allen drei Gruppen sind ähnliche Ergebnisse zu sehen. 72% der

Lehrkräfte, 67% der Schülerinnen und Schüler, 71% der Eltern und somit über zwei Drittel der Befragten bejahen dies. (vgl. Initiative D21, 2016, S. 22)

Was die private Nutzung von Online-Angeboten für die Unterrichts vor- und Nachbereitung angeht, wird ähnlich wie in der *JIM-Studie* deutlich, dass YouTube und Wikipedia zusammen mit WhatsApp am stärksten von den Schülerinnen und Schülern genutzt werden (vgl. Initiative D21, 2016, S. 17). Rund 30% der Lehrerinnen und Lehrer nutzen Wikipedia und YouTube sogar im Unterricht. (vgl. Initiative D21, 2016, S. 26)

### 2.2.3 Personas der Stakeholder

Da es sich bei dieser Arbeit um die prototypische Umsetzung einer Anwendung im schulischen Kontext handelt, werden die Lehrerinnen und Lehrer und die Schülerinnen und Schüler als wesentliche Stakeholder betrachtet. Um den Rahmen der Arbeit etwas fokussierter zu gestalten, wurde sich dabei auf den Geographieunterricht in Hamburger Schulen der Sekundarstufe II beschränkt.

Die Stakeholder sind somit eindeutig Geographielehrer der Oberstufe und Schülerinnen und Schüler der Klassen 10 bis 12.

Da es essentiell ist die Zielgruppe so gut wie möglich zu kennen und einzugrenzen, sollen im Folgenden steckbriefartig Personas der beiden Gruppen erstellt werden. Für jede Zielgruppe soll eine möglichst repräsentative Persona erstellt werden, um damit die Anwendung schließlich zielgenauer und dem Nutzer entsprechend zu gestalten. Bei der Definition der Personas für die Schülerinnen und Schüler ist es sinnvoll zwischen männlich und weiblich zu unterscheiden, da es auch im schulischen Kontext Unterschiede zwischen verschiedenen Motivationen und Vorlieben gibt. Was den Umgang mit Technologien angeht hat die im vorherigen Kapitel untersuchte *JIM-Studien* ergeben, dass es zwischen den Geschlechtern keine wesentlichen Unterschiede in Kompetenz und Umgang bezüglich der Nutzung von Technologien gibt. (vgl. Zdf-multimedia et al., 2017, S. 30 ff.)

## Die Schüler



Abbildung 4: Steckbrief der Schüler-Persona „David“

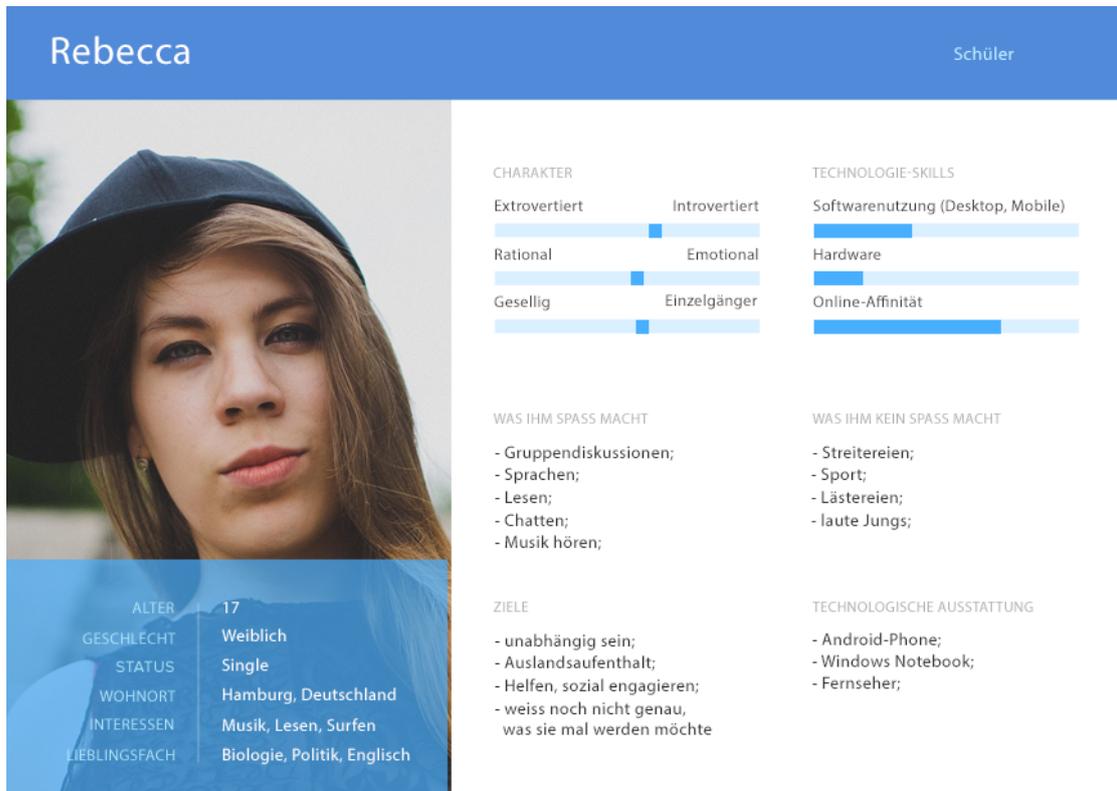


Abbildung 5: Steckbrief der Schülerin-Persona „Rebecca“

## Die Lehrer

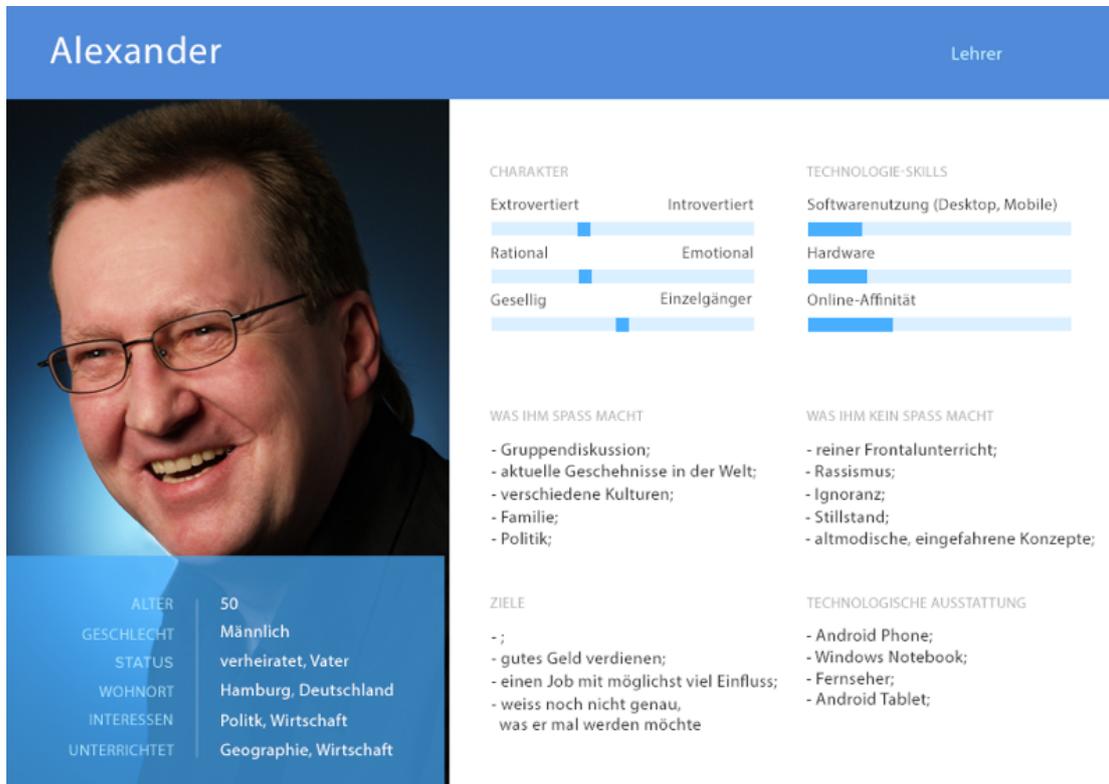


Abbildung 6: Steckbrief der Lehrer-Persona „Alexander“

## 2.3 Verwandte Arbeiten

In diesem Abschnitt werden zunächst Arbeiten vorgestellt, welche sich im Allgemeinen Themengebiet des digitalen Lernens befinden. Ebenso sollen aber auch spezifischere Arbeiten untersucht werden, die sich ganz konkret der Vermittlung des Ökosystems und dem Klimawandel mit Hilfe von digitalen Lernumgebungen oder Installationen widmen.

### **2.3.1 Evaluation und Gestaltung einer interaktiven Computerkartografie**

In dem *short paper* mit dem Titel *Evaluating the Usability of an Interactive Map Activity for Climate Change Education* wurden im Juni 2011 an der Michigan University mithilfe einer interaktiven Landkarte Usability-Tests durchgeführt, um Erkenntnisse über die Vermittlung von Klimawandel in Schulen zu erhalten. Dies ist Teil eines größeren Projekts, in dem ein komplexes Modellierungs-Tool entwickelt werden soll, welches die anthropogene Klimabeeinflussung für Schülerinnen und Schüler darstellen soll. (vgl. Peters & Songer, 2011)

Um zunächst einen Eindruck über die Anforderungen seitens der Schülerinnen und Schüler zu bekommen, entwickelten sie einen Prototypen, auf welchen erste Usability-Tests angewendet werden konnten. Dieser Prototyp sollte es Schülerinnen und Schülern ermöglichen Overlays auf die Karte der USA zu legen, um so die Verbreitung von verschiedenen Baumtypen darzustellen (s. Abbildung 7) (vgl. Peters & Songer, 2011)



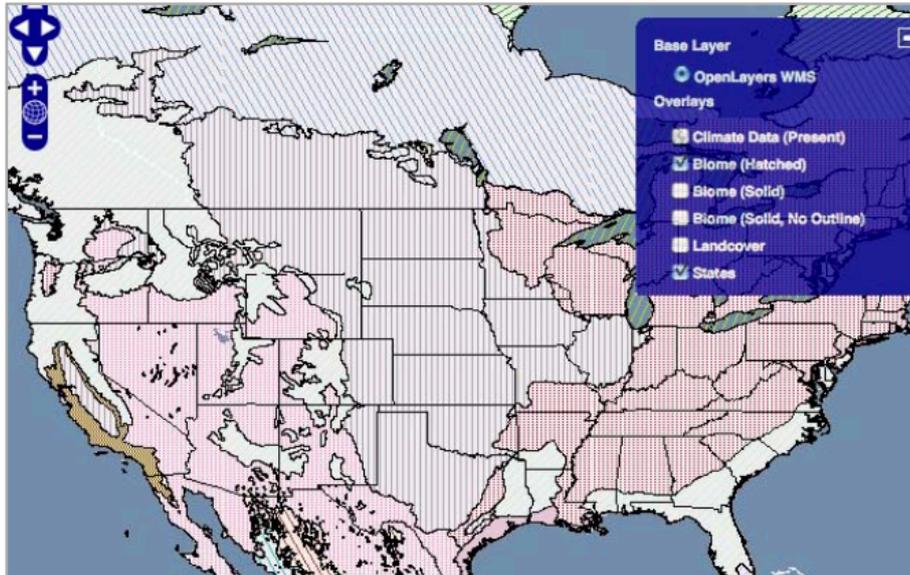


Abbildung 8: Vektorbasiertes Interface mit authentischen Daten

In Form einer formativen Usability-Testmethode wurde der Prototyp an 84 Schülerinnen und Schüler der „Middle School“ getestet. Zunächst wurde eine Online-Befragung durchgeführt, in der die Schülerinnen und Schüler beantworteten wie oft sie einen Computer nutzen und wofür. Anschließend wurde der Test in zwei Phasen geteilt. In der ersten Phase testeten die Probanden des Projekts die Oberfläche und bewerteten sie nach vorgegeben Kriterien wie Einfachheit der Navigation oder ähnlichen. In der zweiten Phase wurden den potentiellen Nutzern (hier die Schülerinnen und Schüler) Aufgaben gestellt, die es anhand der Anwendung zu lösen galt. (vgl. Peters & Songer, 2011)

Hierfür wurden drei Metriken definiert wofür Daten erhoben wurden:

- User Profiling: Eine Online-Umfrage vor und nach dem Bearbeiten der Aufgaben
- Successful task completion: Anzahl an fertiggestellten Aufgaben
- Error counts: Anzahl der Schüler, welche die Aufgabe nicht korrekt interpretierten und lösten

Eine dieser Aufgaben war beispielsweise die Fragestellung „Gibt es Nadelbäume in Oregon? Um diese Frage beantworten zu können, muss der Nutzer also in der Lage sein zunächst Oregon zu finden, die Zoomfunktion der Map zu nutzen und anschließend durch die Nutzung der Overlays die relevanten Informationen zu filtern. Das Resultat (s. Abbildung 9) zeigt, dass die Schülerinnen und Schüler deutliche Schwierigkeiten hatten die Map-Interfaces zu bedienen.

Question	Correct Response	Incorrect Response
1. Are there deciduous trees in Texas?	43%	57%
2. Are there pine forests in Arizona?	52%	48%
3. Can you find coniferous trees in Oregon?	64%	36%

Abbildung 9: Resultat der Aufgabenstellung (Darstellung nach Peters & Songer, 2011)

Bei weiteren Befragungen stimmten nur 26% der Schülerinnen und Schüler zu, dass die Informationen leicht zu finden waren. Obwohl die Schülerinnen und Schüler also die notwendigen Filter bereits zur Verfügung hatten, war es ihnen nicht möglich die Daten richtig zu interpretieren und die korrekten Antworten zu finden. (vgl. Peters & Songer, 2011)

Aus den Ergebnissen schlussfolgern die Autoren, dass es bei den Testnutzern ein Mangel an Erfahrung im Bereich der Computerkartografie zu geben scheint und zukünftige Anwendungen auf einfachen Gerüsten aufbauen müssen, um nicht nur die Usability von computerkartografischen Anwendungen zu verbessern, sondern auch einen Mehrwert bei der Vermittlung von Lerninhalten zu erzielen. (vgl. Peters & Songer, 2011)

### **2.3.2 Klimawandel und die Rolle der Softwareentwickler**

In dem Journal *Climate Change: A Grand Software Challenge* beschäftigte sich Steve Eastbrook von der University of Toronto mit der Rolle der Softwareentwickler in Zeiten des Klimawandels.

Die Klimatologie macht von einigen Software-Tools Gebrauch, die zum Großteil von Wissenschaftlern, welche keine ausgebildeten Softwareentwickler sind, erstellt wurden, weshalb laut Eastbrook diese Tools sich stark in ihrer Qualität unterscheiden. Während die Klimatologen sich darauf beschränken laufenden Code zu produzieren, werden grundlegende Notwendigkeiten für qualitativ hochwertigen Code vernachlässigt. Dabei bezieht er sich auf Merkmale wie eine einheitliche Architektur, Lesbarkeit oder Skalierbarkeit. (vgl. Easterbrook, 2010).

Der Klimawandel ist ein Thema, welches interdisziplinär angegangen werden muss. Um nur einige Beteiligte zu nennen:

- Wissenschaftler, die Tools brauchen um ein Verständnis für das Ökosystem zu entwickeln;
- Lehrer, die Anwendungen benötigen, um das Wissen zu vermitteln;
- Journalisten, die Zugang zu Informationen brauchen;
- Menschen, die dem Klimawandel entgegen wirken wollen;

- Ingenieure, welche neue Technologien entwickeln;

Die Verbindung zwischen diesen verschiedenen Stakeholdern bildet die Software, mit der die Thematik abgebildet und untersucht wird. (vgl. Easterbrook, 2010)

Eastbrook beschreibt drei wesentliche Punkte, bei denen es im Rahmen der Softwareentwicklung in Bezug zur Klimawandel-Thematik Recherchebedarf gibt. Diese haben sich aus der OOPSLA-Konferenz (Object-Oriented Programming, Systems, Languages & Applications) im Oktober 2009 und der ICSE (International Conference on Software Engineering) im Mai 2010 ergeben:

### **Computer-Supported Collaborative Science**

Der erste Rechercheanstoß befasst sich mit der Thematik des interdisziplinären Zusammenarbeitens in der Klimatologie und der damit einhergehenden Herausforderung der Software. Dazu gehört beispielsweise das Modellieren und Entwickeln von Erdsystemmodellen, wobei Les-, Wart- und Tragbarkeit eine große Herausforderung darstellen.

Ebenso bezieht sich Eastbrook auf die datengetriebene Wissenschaft, die von Metadaten lebt, welche den Forschern in einer Form zur Verfügung gestellt werden müssen, die verdeutlicht, woher die Daten kommen, wie sie verarbeitet wurden und welche Folgerungen aus ihnen geschlossen werden können.

Als letzte Anregung führt Eastbrook das Open-Data-Mindset auf, welches durch Communities und Social Networks umgesetzt werden muss, um Rechercheprozesse transparenter und aufgreifbarer zu machen.

### **Software for collective decision making**

Der zweite Rechercheanstoß befasst sich mit dem Feld der Informationen im Bereich der Klimatologie. Es sind Tools notwendig, um zum einen das allgemeine Verständnis der breiten Masse zu fördern und zum anderen eine Unterstützung beim Treffen von Entscheidungen zu bieten. Hierbei braucht es neue Formen von Qualitätskontrollen in Bezug auf Internetquellen, sowie schon bekannt aus Crowd-Sourcing-Techniken bei beispielsweise Wikipedia oder auch Peer-Reviewed Literatur. Die Herausforderung hierbei ist es diese Prozesse auf die Internetquellen und Online-Communities anzuwenden.

Als weiteren wichtigen Punkt führt Eastbrook außerdem die konkrete Vermittlung des Ökosystems an ein nicht spezialisiertes Publikum auf. Hierbei bezieht er sich auf Simulationen, Spiele und Lernsoftware. Gute Visualisierungen sind ein wichtiger Aspekt bei der Vermittlung des Klimawandels. Die momentanen Simulationen haben Wissenschaftler als Zielgruppe und nicht die breite Masse, während Anwendungen mit guten Visualisierungen sich selten auf die neusten wissenschaftlichen Erkenntnisse berufen. Eine Arbeit in diesem Bereich würde also eine wissenschaftliche Expertise mit guter Visualisierung und Informationsdesign vereinen und eine Anwendung mit sich bringen, die für eine Vielzahl von Usern nützlich ist.

### **Green-IT**

Als dritte Herausforderung an die Softwareentwicklung wurde die „Green-IT“ aufgeführt. Dies beinhaltet den verantwortungsbewussten Umgang mit allen notwendigen Ressourcen, die bei der Entwicklung einer Software und ihrer Wartung von Nöten sind, um so den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zu minimieren.

### **2.3.3 Vermittlung des Klimawandels mittels Blended Learning und Multimedia**

In ihrer Ausarbeitung *Teaching Climate Change through Blended Learning* beschreiben Teena Gomes und Shireen Panchoo von der University of Technology auf Mauritius eine Fallstudie, in der untersucht wurde, wie eine Vermittlung des Klimawandels mittels Blended Learning sich auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler auswirken kann. Um die Lernerfolge messbar zu machen, wurde zunächst evaluiert, wo Wissenslücken bei den Schülerinnen und Schülern bestanden. Es wurde festgestellt, dass die Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten hatten, das Konzept und die damit verbundenen Aspekte wie Treibhausgase und ihre Beziehung zur globalen Erderwärmung zu verstehen. Aufgrund dessen entwickelte das Team eine Lernsoftware, welche auf einen interdisziplinären Ansatz aufbaut. Die Anwendung bestand aus einem Netz von Verlinkungen, welche den Nutzer zu multimedialen Inhalten und einfachen Texten navigiert und bestimmte Unterthemen vermittelt. Jedes Mal nach Abschluss eines Unterthemas, gab es eine Zusammenfassung der angesprochenen Lerninhalte und dazugehörige kleine Aufgaben. Diese wurden in Form von Lückentexten, Multiple-Choice-Fragen oder ähnlichem gestellt. (vgl. Gomes, 2015)

Um einen Lernerfolg zu gewährleisten wurde dem Nutzer immer ein direktes Feedback gegeben, ob die Frage richtig oder falsch beantwortet wurde. Bei einer falschen Antwort hat der Schüler die Möglichkeit die Aufgabe bis zu dreimal zu wiederholen. Die Autoren berufen sich hierbei auf bereits durchgeführte Studien (Jeffrey, Milne, Suddaby, & Higgins, 2014a), die belegen, dass ein direktes Feedback zu besseren Lernergebnissen führt. Die Schülerinnen und Schüler erhielten eine Frist von einer Woche, um die Aufgaben zu bearbeiten. Anschließend gab es eine Unterrichtseinheit zu dem Thema, in der alles Gelernte besprochen werden sollte. Die

Schülerinnen und Schüler reagierten positiv und teilten mit ihren Mitschülern ihre Ergebnisse und Erkenntnisse. (vgl. Gomes, 2015)

Um nun die Software und das Konzept des Blended Learnings evaluieren zu können wurden zwei Fragebogen ausgehändigt und ausgewertet. Einer, welcher die Meinungen der Schülerinnen und Schüler über die Software und das Blended Learning erfasste (s. Abbildung 10) und ein weiterer, um den Erfolg bei der Vermittlung des Lerninhaltes zum Klimawandel zu messen. Die Resultate des zweiten Fragebogens wurden mit dem ersten Fragebogen verglichen, welcher vor der Blended Learning Einheit evaluiert wurde. Ebenso wurden die Ergebnisse aus den Übungsaufgaben ausgewertet. (vgl. Gomes, 2015)

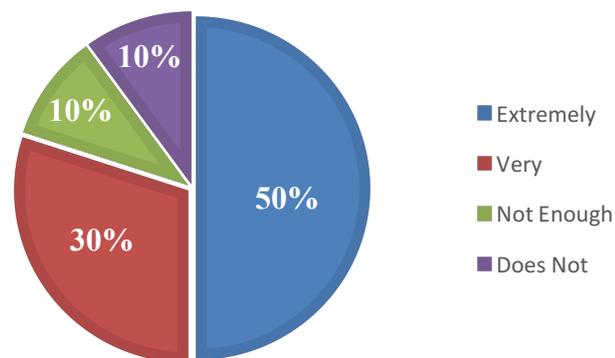


Abbildung 10: Blended Learning helps in the learning of the concept (Darstellung nach Gomes, 2015)

Die Umfragen lieferten durchweg positive Resultate: 80% stimmten der These zu, dass Blended Learning beim Vermitteln der Konzepte des Klimawandels hilft. Es war den Schülerinnen und Schülern trotz interaktiver Software wichtig auch eine Unterrichtseinheit von Angesicht zu Angesicht zu dieser Thematik zu führen, weil sie

es für die einfachste Form der Diskussionsführung halten und es zu schätzen wissen ein direktes Feedback der Lehrerinnen und des Lehrers zu erhalten. Ebenso wünschten sich die Schülerinnen und Schüler auch während der Blended Learning Einheit ebenfalls einen Weg, um Fragen stellen und synchron zur digitalen Lerneinheit Diskussionen führen zu können, eine Art Forum. (vgl. Gomes, 2015)

Ein Großteil der Schülerinnen und Schüler gab weiterhin an, dass sie immer in der Lage waren in ihrem eigenen Tempo zu lernen, was sie dazu motivierte über die Unterrichtseinheit hinaus Recherche zu betreiben.

Das Konzept brachte den Schülerinnen und Schülern die Klimawandel-Thematik näher, wodurch sie in der Lage waren einen Bezug zum Ökosystem und ihrer eigenen Umgebung aufzubauen. Die Aufgabenstellungen nach den jeweiligen Lerninhalten waren nicht trivial gewählt. Trotzdem waren die Schülerinnen und Schüler in der Lage diese richtig zu beantworten. (vgl. Gomes, 2015)

Die zu Beginn der Lerneinheit durchgeführte Evaluation zum Wissenstand der Schülerinnen und Schüler im Bereich der Klimawandelthematik wurde mit den Ergebnissen der Aufgaben verglichen. Die Schülerinnen und Schüler haben signifikant bessere Ergebnisse geliefert. Die Autoren weisen zum Schluss auf eine weitere Arbeit hin, welche mit einer größeren Anzahl an Teilnehmern arbeitet und dieselben Resultate aufwies (vgl. Reasons, 2005).

#### **2.3.4 A Conversation Between Trees – Visualisierung von Klimadaten**

Eine Herausforderung bei der Vermittlung des Klimawandels ist es, dass die Daten und Konzepte nicht einfach und unmittelbar zu verstehen sind. Während also Debatten über die Auswertung der Bedeutung wissenschaftlicher Daten läuft, besteht die Gefahr, dass die breite Öffentlichkeit entrechtet wird, da sie nicht in der Lage ist sich

mit den zugrunde liegenden Daten zu beschäftigen und diese zu verstehen. Daher distanzieren sie sich zunehmend von der Debatte.

Genau an dieser Stelle setzen die Autoren des Papers mit dem Projekt *A Conversation Between Trees: What Data Feels Like In The Forest* an.

A Conversation Between Trees (ACBT) ist eine künstlerisch gestaltete Anwendung, bei der eine Art Unterhaltung zwischen einem entfernten Baum im atlantischen Wald und einem lokalen Baum (in diesem Fall an jedem Ort in Großbritannien) in Form einer Live-Verbindung hergestellt werden soll. Um dies umzusetzen wurden drei Schlüsselemente, welche im Folgenden genauer erläutert werden, in einer Art Ausstellung arrangiert: Umgebungssensordaten; eine „climate machine“, welche CO<sub>2</sub> Daten auf Papier druckt und die Besucher selbst, welche durch Smartphones in Wäldern Livedaten visualisiert bekommen. (vgl. Jacobs et al., 2013)

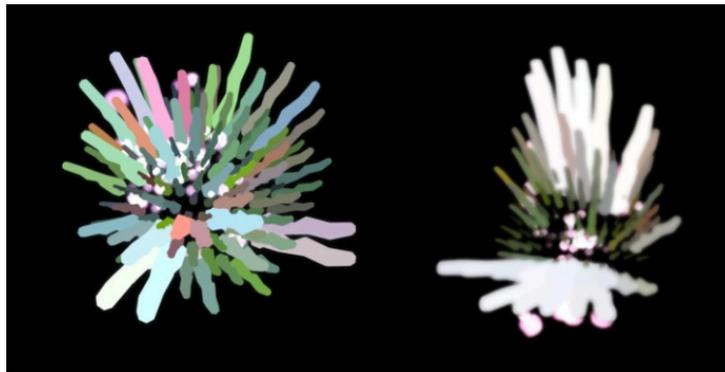


Abbildung 11: Mangobaum aus dem atlantischen Wald (links), Esche aus Großbritannien (rechts) (Darstellung nach Jacobs et al., 2013)

### Live-Umweltdaten

Um Umgebungssensordaten aus Bäumen zu generieren, entwickelte das Team einen Arduino-Sensor-Hub, welcher über USB mit einem Smartphone verbunden wurde. Dieses Kit wurde mit einem Gehäuse umgeben, welches robust und wasserdicht ist,

damit es an Bäumen montiert werden konnte. Einmal pro Minute fotografiert das Sensor-Kit den Baum und misst gleichzeitig die lokale Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Lautstärke und CO<sub>2</sub>-Werte der Umgebung. Diese Daten wurden anschließend über Mobilfunk (3G) an einen Server in Großbritannien übertragen, wo sie dann in eine animierte 3D-Visualisierung transformiert (s. Abbildung 11) wurden. Diese Visualisierungen sind dynamisch und basieren auf Licht- und Farbgehalt der von der Kamera aufgenommenen Bilder und der anderen Messwerte.

Jede Änderung in den Daten wird so in der Visualisierung animiert abgebildet. Die Veränderungen in der Umgebung des Baumes sollen so repräsentiert werden. Beispielsweise wird das Bild verschwommen und wässrig, wenn die Feuchtigkeit um den Baum herum zunimmt.

### **Climate Machine**

Ein weiteres Schlüsselement der Anwendung ist die „climate machine“, welche sich zwischen den beiden Visualisierungen befindet. Es brennt aufgezeichnete Daten in Form von kreisförmigen Graphen sowie Prognosen über das globale CO<sub>2</sub>-Level auf eine kreisförmige Scheibe aus Recyclingpapier. Es visualisiert jährliche Veränderungen des globalen CO<sub>2</sub>-Levels basierend auf einem frei verfügbaren Datensatz: Der Mauna Loa Datensatz. Dieser beinhaltet die monatlichen Durchschnittswerte über das globale CO<sub>2</sub>-Level beginnend von 1959. Gemessen werden die Werte vom *Mauna Loa Observatory*<sup>7</sup> in Hawaii.

---

<sup>7</sup> Siehe: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/obop/mlo/>



Abbildung 12: Zwei Visualisierungen und dazwischen die „climate machine“

### Das Publikum

Die dritte Komponente der Anwendung involviert das Publikum. Anhand eines Smartphones wird es ihnen ermöglicht, in Wäldern die Livedaten, welche mit den am nächsten gelegenen Sensoren gemessen wurden, anzuschauen. Die Anwendung auf dem Handy funktioniert so, dass alle zehn Sekunden ein Countdown gestartet wird. Nach Ablauf dieses Countdowns wird ein Foto geschossen (der Nutzer kann die Kamera selbstverständlich beliebig ausrichten). Dieses Foto wird dann mit dem selben Algorithmus, der für die Visualisierung genutzt wird, ausgewertet (s. Abbildung 13). Es werden dem User außerdem auch die Rohdaten am Rand des Bildschirms angezeigt.



Abbildung 13: Visualisierung der Messdaten auf dem Smartphone

Ziel dieser Arbeit war es zu untersuchen, wie eine Visualisierung, die auf eine emotionale Bindung der Nutzer zum Klima abzielt, sich auf das Publikum auswirkt und ob diese Art von Visualisierung Rohdaten in einer Form vermitteln kann, sodass die Klimasituation dem Nutzer besser verständlich wird.

Anhand von Interviews mit den Besuchern konnte belegt werden, dass viele tatsächlich eine emotionale Reaktion auf die Darstellung der wissenschaftlichen Daten erlebten. Das Publikum beschrieb die Emotionen mit Worten wie *gruselig*, *schockierend* oder *deprimierend*. Den Nutzern viel auf, dass die Visualisierung und die „climate machine“ ihnen dabei halfen Klimadaten besser zu verstehen und zu interpretieren, anders als sie es zuvor durch die Mainstream-Medien oder wissenschaftliche Quellen erfuhren. Ebenfalls gefiel es ihnen, dass sie keine soufflierten Meinungen und Verhaltensregeln präsentiert bekamen, sondern einfach die Rohdaten konsumieren und dabei frei interpretieren konnten.

### 2.3.5 Visualisierung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks

Die steigenden CO<sub>2</sub>-Emissionen sind ein grundlegender Treiber des Klimawandels. Um entgegen zu wirken muss zunächst einmal das Bewusstsein darüber geschaffen werden, wie groß der eigentliche CO<sub>2</sub>-Fußabdruck eines jeden ist und welche Faktoren maßgeblich dafür verantwortlich sind. Nur so kann eine Vermittlung zum breiten Publikum stattfinden und nur so kann auch entgegengewirkt werden. Dies ist auch das Ziel des Projekts „Green Multimedia“. CO<sub>2</sub>-Emissionen werden vorherrschend von drei verschiedenen Faktoren beeinflusst: dem Stromverbrauch, thermischen Faktoren und vom Transport bedingte Emissionen. (vgl. Doherty et al., 2010)

In diesem Projekt soll eine neuartige Technik zur Schätzung der verkehrsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen mithilfe eines einfachen, tragbaren Beschleunigungssensors (wie sie beispielsweise in Smartphones vorkommen) untersucht werden. (vgl. Doherty et al., 2010)

Es wurde untersucht wie die Bereitstellung der Schätzung von verkehrsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen, durch eine interaktive Website und eine Mobile-App eine Reihe von Nutzern dazu bringt sich ihrer Kohlenstoffdioxidemissionen bewusst zu werden. (vgl. Doherty et al., 2010)

Um den Effekt der Visualisierung von verkehrsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen zu messen, wurden von sechs Nutzern insgesamt 25 Millionen Daten vom Beschleunigungssensor und 12,5 Millionen Stromverbrauchsmesswerte erfasst. Von einer weiteren Gruppe bestehend aus 16 Nutzern wurden nur die Stromverbrauchsmesswerte (29,7 Millionen Datenpunkte) erhoben. (vgl. Doherty et al., 2010)

### **Messung Stromverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emission**

CO<sub>2</sub>-Emissionen basierend auf dem Stromverbrauch zu berechnen ist ein einfacher Prozess. In jedem Wohnhaus befindet sich ein Hauptsicherungskasten. Der Stromverbrauch eines Haushalts wird in Watt (Joule/Sekunde) gemessen. Abgerechnet wird der Strom dann in Kilowattstunden. Basierend auf der Menge an CO<sub>2</sub> die von den Dienstleistern freigesetzt wird, um den notwendigen Strom zu erzeugen und zu liefern, kann der Lieferant die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro kWh berechnen. (vgl. Doherty et al., 2010)

Für dieses Projekt verwendete das Projektteam das Datenerfassungssystem EpiSensor ZEM-30, welches an den Sicherungskasten angebaut wird und über ein lokales Zigbee-Netzwerk an einen Laptop die Informationen über den Stromverbrauch sendet. Dort werden sie in einer lokalen Datenbank gesichert und alle 10 Minuten auf einen Webserver hochgeladen. (vgl. Doherty et al., 2010)

Die kWh sind also zentral abgelegt und können mit einem entsprechenden CO<sub>2</sub>-Emissionswert korreliert werden. Eine Einheit entspricht dabei in Redel 0,5kg an CO<sub>2</sub>.

### **Messung Beschleunigungssensor und CO<sub>2</sub>-Emissionen**

Jeder Beschleunigungssensor misst anhand von drei Achsen (x,y,z). Von jeder Achse wird ein Wert ausgelesen, sodass insgesamt ein Bewegungsbereich über ein gegebenes Zeitfenster beschrieben wird. Nach einer Normalisierung der Daten und weiteren Berechnungen von Differenzen und Mittelwerten, ist es möglich zu erschließen, wann und wie lange der Nutzer gefahren ist, sodass eine Durchschnittsgeschwindigkeit berechnet werden kann. Nun sind also die gefahrenen Kilometer bekannt, genauso wie der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch eines jeweiligen Kraftfahrzeuges. Da ein direkter Zusammenhang zwischen der verbrauchten Litermenge und der CO<sub>2</sub>-

Emission besteht, kann diese nun kalkuliert werden. In der Regel liegt die produzierte CO<sub>2</sub>-Menge pro Liter Kraftstoff bei 2,2 kg. (vgl. Doherty et al., 2010)

### **Darstellungsformen für den User**

Um den Nutzern ihren CO<sub>2</sub>-Ausstoß und Stromverbrauch zu visualisieren wurden drei verschiedene Systeme angewandt. Im Folgenden werden diese kurz vorgestellt.

#### **Always-On In-Home Display**

Bei dieser Methode wurde ein Tablet in 22 Wohnungen platziert (s. Abbildung 14). Auf dem Tablet lief durchgehend eine Anwendung, welche dem Nutzer seinen Energieverbrauch anzeigte. Bei der Gestaltung wurden vier Aspekte ganz besonders beachtet, um eine möglichst effektive und nutzerfreundliche Tablet-Anwendung zu bauen, welche 24 Stunden, 7 Tage die Wochen laufen sollte:

- Simple Bedienung
- Dunkler Hintergrund
- Kein Hauptmenü
- Informationen im Kontext



Abbildung 14: In-Home-Display (Darstellung nach Doherty et al., 2010)

Im Gegensatz zu beispielsweise einer Website, die mit einem Webbrowser auf einem PC oder einer anderen Oberfläche angezeigt wird, ist das In-Home-Display weniger für eine intensive oder langwierige Interaktion mit dem Benutzer gedacht als für die Anzeige nützlicher Informationen - wie beispielsweise auch eine Uhr an der Wand. Daher sollte der Inhalt, welcher auf dem Bildschirm angezeigt wird, in den meisten Fällen die Bedürfnisse des Benutzers auf Anhieb befriedigen, indem es nur flüchtig betrachtet werden kann. Aus diesem Grund konnte und wurde auf eine Art „Main Menu“ verzichtet. Trotzdem wurden Möglichkeiten zur Interaktionen eingerichtet, diese sind aber optional und für das Hauptbedürfnis des Nutzers nicht von Belangen. (vgl. Doherty et al., 2010)

Das Hauptbedürfnis des Nutzers ist in diesem Fall den Stromverbrauch ablesen zu können. Reine Zahlen haben jedoch keine besonderen Auswirkungen, solange sie nicht in einen Kontext gebracht werden. Damit eine auf dem Bildschirm angezeigte Information (z.B. Stromverbrauch des aktuellen Tages in kWh) sinnvoll erscheint, muss diese mit mindestens einer anderen Information gleichen Typs angezeigt und in einen Zusammenhang gebracht werden. (vgl. Doherty et al., 2010)

Ein erster Schritt, um Bedeutung hinter die Messwerte zu bringen, ist es sie in gängige Maßeinheiten zu transformieren, wie beispielsweise die Umrechnung des Stromverbrauchs in Euro. Dies würde jedoch noch immer nicht ausreichen, wenn der Nutzer den Betrag nicht in einen Kontext bringen kann, wie es zum Beispiel der Fall wäre, wenn man den Wert des Vormonats oder den Wert des gesamten Wohnblockes oder ähnliches als Vergleichswert liefert. So werden die Messwerte aussagekräftiger, was von besonderer Wichtigkeit ist, möchte man direkten Einfluss auf das Verhalten des Nutzers nehmen. (vgl. Doherty et al., 2010)

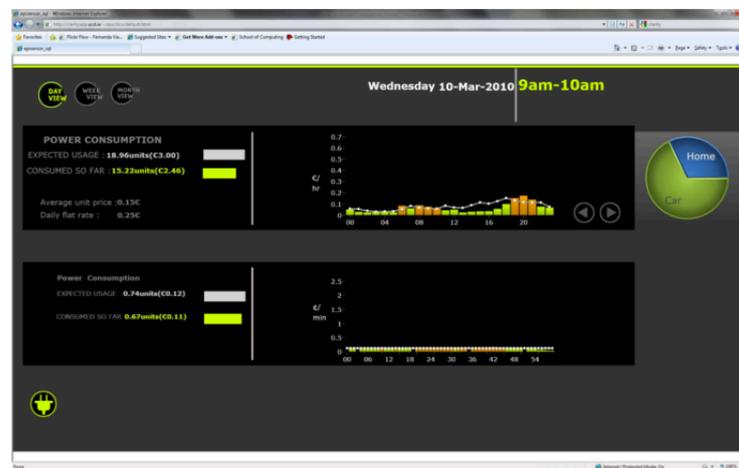


Abbildung 15: Darstellung des Stromverbrauches und der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Webanwendung (Darstellung nach Doherty et al., 2010)

## Web-Page

Für diejenigen, die zu Hause kein Tablet besitzen wäre ein Web-Zugriff über einen Desktop immer noch ein nützliches Mittel, um ihren Stromverbrauch zu überwachen. Bei einem ähnlichen Layout wie bei der Touchscreen-UI wurde die Webschnittstelle entwickelt und eingesetzt, um die ausführlichere Navigation via Computer zu nutzen. Wie in Abbildung 9 zu sehen ist, haben die Benutzer die Möglichkeit verschiedene Darstellungsformen ihres Stromverbrauchs zu sehen (stündlich, täglich, wöchentlich,

monatlich). Einzelne Elemente des Diagramms können angeklickt werden, um weitere Details für die ausgewählte Ansicht anzuzeigen. Wiederum erhält der Benutzer eine Rückmeldung über die Anzahl von Einheiten, die er verwendet (also einen ersten Indikator für emittiertes CO<sub>2</sub>), welche wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, in einen Kontext gebracht wurden. (vgl. Doherty et al., 2010)

Für diejenigen Nutzer, welche einen Beschleunigungssensor nutzen, wird ein Tortendiagramm zur Verfügung gestellt, welches die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Stromverbrauch in Relation zu den produzierten Emissionen durch das Fahren bringt (s. Abbildung 15).

### Mobile Web-App



Abbildung 16: Mobile Web-App (Darstellung nach Doherty et al., 2010)

Die mobile Webseite (s. Abbildung 16) ermöglicht den Benutzern Zugriff auf ihren CO<sub>2</sub>-Verbrauch über den Webbrowser ihres Mobiltelefons. Jedem Benutzer wurde eine eindeutige URL zugewiesen, die er im Browser des Telefons für den einfachen

Zugriff während des Tests mit einem Lesezeichen versehen sollte. Diese Seite zeigt dem Nutzer seine durch Stromverbrauch und Autofahren erzeugten CO<sub>2</sub>-Emissionswerte an. (vgl. Doherty et al., 2010)

Um zu evaluieren, wieviel Einfluss die visualisierten Informationen wirklich auf das Verhalten der Nutzer haben, wurden zwei Bereiche untersucht: Das Fahrverhalten und der Stromkonsum.

Zunächst wurden die Fahraktivitäten der letzten 2 Wochen im Vergleich zu den ersten 2 Wochen während der 6-wöchigen Testphase betrachtet.

Es wurde festgestellt, dass während dieser Zeiträume die gemessene Fahrzeit deutlich geringer geworden ist. Ein Grund dafür könnte sein, dass die Diagramme in der Web- und mobilen Anwendungen zeigen, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Autoverkehr in Relation zu dem Stromverbrauch zu Hause sehr hoch sind. Die Autoren sind jedoch der Meinung, dass der Test über einen längeren Zeitraum durchgeführt werden sollte, um eine endgültige Aussage treffen zu können. (vgl. Doherty et al., 2010)

Bezüglich des Stromverbrauches konnte ebenfalls eine Einsparung gemessen werden. In den letzten zwei Wochen der Testphase sparten die Nutzer im Vergleich zu den ersten zwei Wochen im Schnitt 0,656 kg pro Tag an CO<sub>2</sub> Emissionen ein. Dies entspricht einer Einsparung von 8,37% pro Tag. Bei der Testgruppe, welche ausschließlich ihren Stromverbrauch gemessen hat und keinen vergleichbaren Wert über die verkehrsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen bekam, wurde lediglich eine Einsparung von 0,077 kg pro Tag gemessen (1,35%). Die Autoren schließen daraus, dass die Schätzung der verkehrsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen maßgeblich dazu beigetragen haben, dass die Nutzer insgesamt ihren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck minimieren konnten. (vgl. Doherty et al., 2010)

Insgesamt hat die Veranschaulichung der Messwerte eine Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bei den Nutzern bewirkt. Die Autoren verweisen zum Ende auf weitere Studien, welche die gleichen Resultate bei längeren Versuchsperioden aufwiesen. (vgl. Doherty et al., 2010)

## 2.4 Beispielanwendungen

In diesem Unterkapitel werden Konzepte und bereits umgesetzte Anwendungen vorgestellt, um diese Anwendungen genauer zu betrachten und einen Einblick in genutzte Technologien und Methoden zu bekommen, welche für die spätere Umsetzung des Most Viable Product<sup>8</sup> (kurz: MVP) wichtig sein könnten.

Aus dem vorherigen Abschnitt wurde deutlich, dass multimediale Inhalte und anschauliche Visualisierungen für die Vermittlung des Ökosystems und des Klimawandels unabdingbar sind. Daher werden hier vor allem Anwendungen vorgestellt, die eine solche Methodik anwenden.

### 2.4.1 Luftdaten.info

*Luftdaten.info* ist ein Projekt aus der Open Knowledge Foundation (kurz: OK), einer Stiftung die es sich zum Ziel gesetzt hat möglichst viele Umweltdaten öffentlich verfügbar zu machen. Diese Stiftung beruft sich auf 26 regionale Gruppen (sogenannte OK Labs) in Deutschland. Die Idee für Luftdaten.info stammt aus dem OK Lab Stuttgart. Im Rahmen des *Citizen Science Projekts* sollen in Stuttgart und Umgebung

---

<sup>8</sup> Siehe: <https://www.forbes.com/sites/quora/2018/02/27/what-is-a-minimum-viable-product-and-why-do-companies-need-them/s>

möglichst viele optische Feinstaubsensoren installiert und die Messdaten visualisiert werden (s. Abbildung 17).

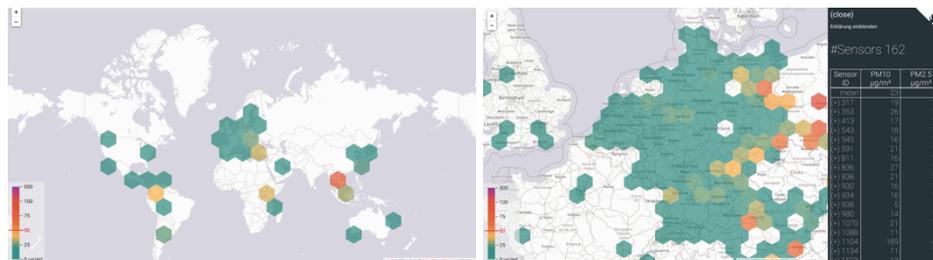


Abbildung 17: Die Map herausgezoomt (links); reingezoomt mit Datenansicht Hamburg (rechts)

## Das Konzept

Hierbei handelt es sich um ein Crowdsourced-Projekt, bei dem die Beteiligung der Bürger absolut notwendig ist. Die Idee ist es, möglichst viele Sensorkits unter den Teilnehmern zu verteilen und dadurch ein Netzwerk aus Messdaten aufzubauen, um diese dann in einer Karte abbilden zu können und somit Maßnahmen für eine bessere Luftqualität mit offenen Daten zu unterfüttern.

## Hardware

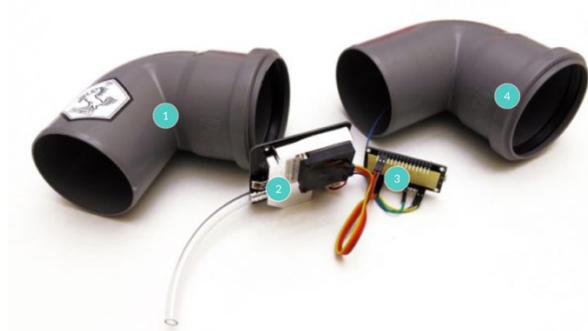


Abbildung 18: Die Hardware

Die Hardware besteht aus (s. Abbildung 18):

- 1 - Gehäuse für den Wetterschutz der Sensoren
- 2 - SDS011 Feinstaubsensor; für die Messung von PM10 und PM2,5 Partikel
- 3 - NodeMCU ESP8266; Mikrocontroller mit integriertem WLAN-Chip
- 4 - Steckernetzteil USB; für die Stromversorgung

### **Fachliche Umsetzung**

Anders als bei ähnlichen Projekten, bietet [luftdaten.info](http://luftdaten.info) kein fertiges Sensorkit zum käuflichen Erwerb an. Der Bau und die Installation des Sensors werden durch den Nutzer getätigt.

Die Projektwebseite führt den Nutzer durch die einzelnen Schritte, beginnend mit einer Einkaufsliste für das Sensorkit, über die Zusammenstellung bis zur Installation<sup>9</sup>. Im letzten Schritt wird der Nutzer gebeten sich per Mail anzumelden, um die Eckdaten wie Geräte-ID oder Standort des Geräts an die Betreiber weiterzugeben. So wird das Sensorkit dann ins System eingebunden. Anschließend kann sich der Nutzer auf [luftdaten.org](http://luftdaten.org) einloggen und seine Messdaten abrufen. (vgl. OK Labs Stuttgart, n.d.)

Das Zentrum der Anwendung ist die Karte der Sensoren<sup>10</sup>. Dort finden die Nutzer alle verfügbaren Sensoren und die dazugehörigen Messdaten. Die Sensorknoten werden in Form von Oktagons angezeigt, die je nach Feinstaubdichte eingefärbt sind (s. Abbildung 17). (vgl. OK Labs Stuttgart, n.d.)

---

<sup>9</sup> Siehe: <http://luftdaten.info/feinstaubsensor-bauen/>

<sup>10</sup> Siehe: <http://deutschland.maps.luftdaten.info>

Luftdaten.info zeigt die Sensordaten jedoch nicht nur in der Karte an. Zum einen bieten sie alle verfügbaren Sensordaten als CSV-Export an<sup>11</sup> und zum anderen werden die Daten genutzt, um in sozialen Netzwerken auf extreme Feinstaubbelastungen aufmerksam zu machen. In Form von Hashtags wie „#Feinstaub-Alarm“, werden nach Überschreitung eines Schwellwerts Tweets (Twitter-Nachrichten) rausgesendet (s. Abbildung 19). (vgl. OK Labs Stuttgart, n.d.)



Abbildung 19: Tweet mit Hashtag Feinstaub - <https://twitter.com/luftdaten>

### Technische Umsetzung

luftdaten.info ist ein Opensource-Projekt, weshalb die implementierten technischen Komponenten auf Github<sup>12</sup> zu finden sind.

Die Map basiert auf Openstreetmap<sup>13</sup>, einer lizenzfreien Weltkarte auf der seit 2004 weltweite Daten gesammelt werden und somit auch die Rechte an diesen behält. Um die Karte auf die für das Projekt notwendigen Darstellungen zu übertragen, wurden vor allem zwei Frameworks genutzt. Zum einen Leaflet<sup>14</sup>, eine open-source JavaScript

---

<sup>11</sup> Siehe: <http://archive.luftdaten.info>

<sup>12</sup> Siehe: <https://github.com/opendata-stuttgart/>.

<sup>13</sup> Siehe: <http://openstreetmap.org/>

<sup>14</sup> Siehe: <http://leafletjs.com/>

Library, die es ermöglicht interaktive Maps zu erstellen und zum anderen D3js<sup>15</sup>, ein Framework, das es erlaubt HTML und CSS datenbasiert zu manipulieren.

Die von den Nutzern zusammengestellte Messstation sendet ihre Daten an einen REST-API-Endpunkt<sup>16</sup>, wo die Datensätze auch wieder abgerufen werden können. Die REST-API wurde per Django-Rest-Framework<sup>17</sup> erstellt. Die opensource Natur des Projektes ermöglicht es auch, die API auf einen eigenen Server zu installieren, um die Messdaten dann dorthin zu verschicken. Eine ausführliche Erklärung über die API-Endpoints der Anwendung und Codebeispiele sind auf dem Github-Profil des Projekts unter „Wiki“ zu finden.

### 2.4.2 Earth

Earth<sup>18</sup> ist eine Webapplikation, die eine Visualisierung des Globusses zur Verfügung stellt und anhand von zahlreichen auswählbaren Layern dem Nutzer Wetterdaten anzeigt.

Hierbei handelt es sich ebenfalls um ein Opensource-Projekt, dessen Quellcode auf dem Github-Account des Entwicklers Cameron Beccario zu finden ist<sup>19</sup>. Als

---

<sup>15</sup> Siehe: <https://d3js.org/>

<sup>16</sup> Siehe: <http://api.luftdaten.info/>

<sup>17</sup> Siehe: <http://www.django-rest-framework.org/>

<sup>18</sup> Siehe: <https://earth.nullschool.net>

<sup>19</sup> Siehe: <https://github.com/cambecc/earth>

Inspiration für das Projekt diente Beccario „wind map“<sup>20</sup>, woraus sich zunächst eine interaktive Wind Map von Tokyo ergab<sup>21</sup>.

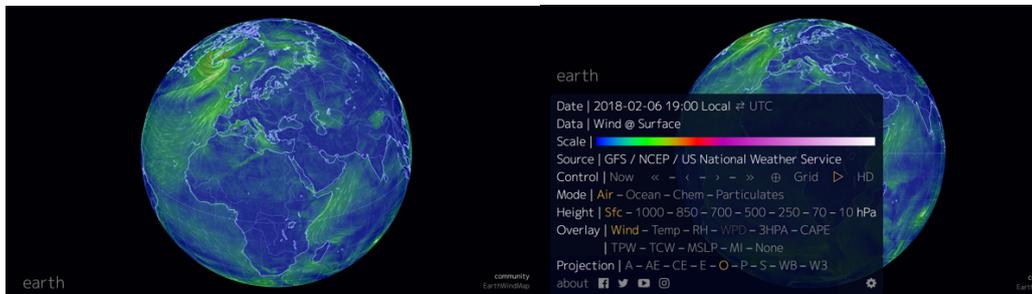


Abbildung 20: Globusansicht mit aktivem Wind-Layer (links), Layerauswahl (rechts)

Die fachliche Umsetzung der Anwendung „Earth“ ist sehr einfach gehalten, das Zentrum bildet dabei die Darstellung der Weltkugel. Des Weiteren hat der Nutzer die Möglichkeit verschiedene Layer auf die Karte zu legen. Es kann zwischen den vier Modi „Air“, „Ocean“, „Chem“ und „Particulates“ unterschieden werden, welche wiederum eigene Overlays bieten. *Air* bietet beispielsweise die Abbildung von Windströmen und Temperaturen an, während *Particulates* zwischen verschiedenen Formen von Partikeln unterscheidet (z.B. PM2.5 oder PM10).

Die technische Umsetzung des Globus basiert, wie auch im Projekt luftdaten.info, auf D3.js und unterscheidet sich ansonsten kaum von üblichen Webanwendungen. Neben den künstlerisch gestalteten Ansichten sind bei diesem Projekt vor allem auch die genutzten Quellen interessant.

<sup>20</sup> Siehe: <http://hint.fm/wind/>

<sup>21</sup> Siehe: <https://air.nullschool.net/>

### 2.4.3 Smart Citizen Plattform

#### Die Idee

Mit smartcitizen.me<sup>22</sup> wurde ein weiteres Projekt ins Leben gerufen, welches komplett auf Opensource und Opendata setzt. Entstanden ist die Idee im Fablab Barcelona<sup>23</sup> und wird durch Crowdfunding finanziert<sup>24</sup>.

Smartcitizen.me bietet ein fertiges Smart Citizen Kit (SCK) an, welches nur noch mit ein paar wenigen Handgriffen zusammengesteckt werden muss.<sup>25</sup>

Smartcitizen.me beschränkt sich allerdings nicht auf das Sensorkit, sondern versteht sich als eine Art Community-Plattform: „*Community platform for researchers, schools, citizen science, communities, cities and developers*“.

Smart Citizen wird in großen Universitäten, wie das University College of London oder die Universität von Glasgow eingesetzt, um Experimente zu Design, Informatik, Technologie und anderen Disziplinen zu erstellen. Sie verwenden die Smart Citizen Plattform als Werkzeug für die Datenerfassung und -analyse oder für soziale Experimente, indem Sie Implementierungen durchführen. Auch in Schulklassen können Daten ein sehr gutes Bildungswerkzeug sein. Die Smart Citizen Hardware- und Softwaretools, werden genutzt, um Informatik und Umweltschutz in Klassenzimmern zu unterrichten und offene Diskussionen über die Umweltqualität in

---

<sup>22</sup> Siehe: <https://smartcitizen.me/>

<sup>23</sup> Siehe: <http://www.fablabbcn.org/>

<sup>24</sup> Siehe: <https://www.kickstarter.com/projects/acrobotic/the-smart-citizen-kit-crowdsourced-environmental-m?ref=card>

<sup>25</sup> <https://vimeo.com/145620646>

Schulen zu führen. Ebenfalls wird so eine Diskussion über die Verwendung von Sensoren und Daten im Bildungssektor angestoßen (vgl. Kirkwood, 2015).

### Fachliche Umsetzung

Das Sensorkit der Smart Citizen Plattform misst mehrere Arten von Umweltdaten wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Licht, Geräuschpegel oder CO<sub>2</sub>-Werte und übersetzt diese auf eine Karte<sup>26</sup> (s. Abbildung 21).

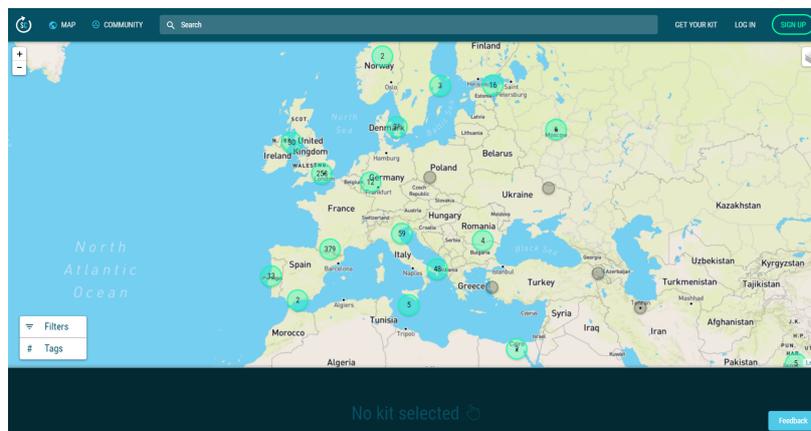


Abbildung 21: Die Karte mit allen SCKs<sup>27</sup>

Die Karte, welche ebenfalls auf OpenStreetMap basiert, ist relativ komplex gestaltet. Der Nutzer kann jedes existierende SCK anklicken und eine Vielzahl von Informationen zu erhalten. Diese bestehen unter anderem aus den Sensordaten, Informationen zu den Userprofilen, letzte Aktualisierungen oder auch Online- und

<sup>26</sup> Siehe: <https://smartcitizen.me/kits/>

<sup>27</sup> Siehe: <https://smartcitizen.me/kits/>

Offlinestatus des Sensorkits. Hier wird auch der Community-Gedanke der Plattform gut erkennbar. Neben den genannten Informationen (s. Abbildung 22) wird den Nutzern ebenfalls ermöglicht sich mit Hilfe einer Kommentarfunktion untereinander auszutauschen. (s. Abbildung 23).

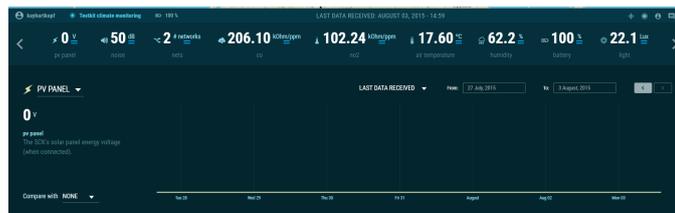


Abbildung 22: Werte des SCKs eines Users

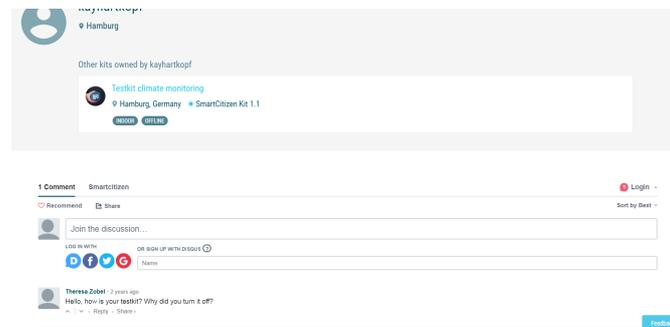


Abbildung 23: Diskussionsforum unter der Sensordatenanzeige<sup>28</sup>

Neben der Webplattform bietet smartcitizen.me auch eine Android App an, in der die SCKs auf der Map zu sehen sind<sup>29</sup>.

<sup>28</sup> Siehe: <https://smartcitizen.me/kits/>

<sup>29</sup> <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fablabbcn.smartcitizen&hl=en>

## Technische Umsetzung

Die Weltkarte, welche als Übersicht aller verfügbaren Sensorkits dient, basiert auf Openstreetmap und wurde mit der JavaScript-Library Leaflet implementiert.

Die Firmware des Sensorkits ist auf dem Github-Account des Fablab Barcelonas zu finden<sup>30</sup>, ebenso wie eine ausführliche Dokumentation der API<sup>31</sup> <sup>32</sup> mit Beispielcode. Eine detaillierte Dokumentation der gesamten Anwendung wird ebenfalls angeboten<sup>33</sup>.

## Hardware

Das Herzstück des SCKs bildet der ATMEGA32U4. Ein Mikrocontroller auf Arduino basierend, sowie ein RN-131 802.11 b/g WiFi-Chip.

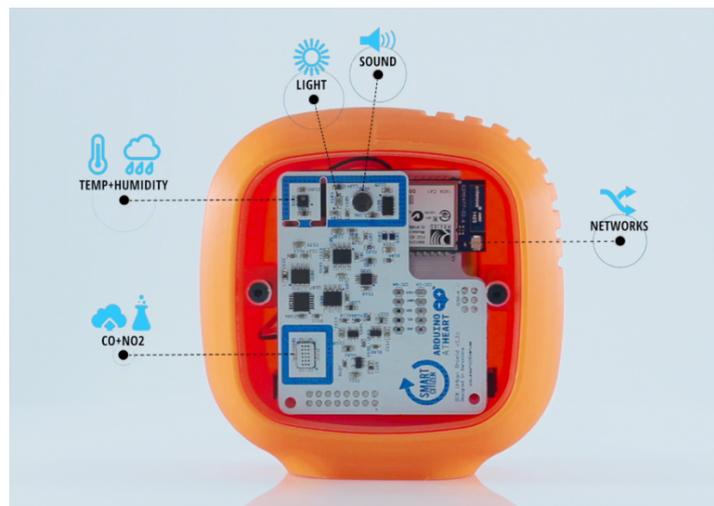


Abbildung 24: Das Smartcitizen-Kit (SCK)

---

<sup>30</sup> Siehe: <https://github.com/fablabbcn/smartcitizen-kit>

<sup>31</sup> Siehe: [api.smartcitizen.me](http://api.smartcitizen.me)

<sup>32</sup> Siehe: <http://developer.smartcitizen.me>

<sup>33</sup> Siehe: <https://docs.smartcitizen.me>

Die Sensorik besteht aus:

- Lichtsensor - BH1730FVC
- Temperatur- und Luftfeuchtigkeitssensor - DHT22
- Geräuschpegelsensor - POM-3044P-R
- CO-Sensor - MICS-5525
- NO2-Sensor MICS-2710

#### **2.4.4 NASA Global Climate Change Website**

Auf der NASA Global Climate Change Website<sup>34</sup> bietet die NASA eine Plattform für zahlreiche Daten und Fakten rund um den Klimawandel. Neben einigen Visualisierungen der „Vitaldaten“ des Planeten (s. Abbildung 25), bietet die NASA auf ihrer Plattform ebenfalls wissenschaftliche Ausarbeitungen, Lösungen und multimediale Inhalte, die für die Aufklärung und Bildung über den Klimawandel vorgeschlagen werden, an.

---

<sup>34</sup> Siehe: <https://climate.nasa.gov>

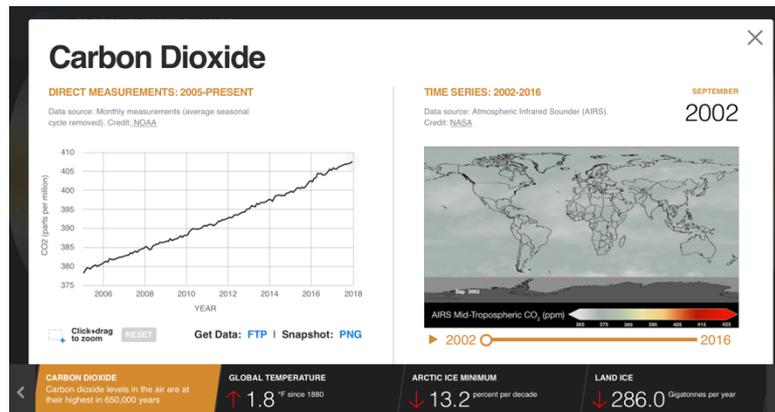


Abbildung 25: Visualisierung der Vitaldaten am Beispiel „Carbon Dioxide“<sup>35</sup>

Die NASA bietet dort auch konkrete Vorschläge und Konzepte für den schulischen Einsatz<sup>36</sup> von Materialien und Tools. Eines von ihnen ist beispielsweise „NASA’s Climate Kids“<sup>37</sup>. Dort werden anhand von multimedialen Inhalten, Artikeln und Spielen grundlegende Fragen über den Klimawandel und das Ökosystem im Allgemeinen geklärt und essentielle Konzepte, wie beispielsweise der Treibhauseffekt, erläutert (s. Abbildung 26).

<sup>35</sup> Siehe: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/>

<sup>36</sup> Siehe: <https://climate.nasa.gov/resources/education/>

<sup>37</sup> Siehe: <https://climatekids.nasa.gov>

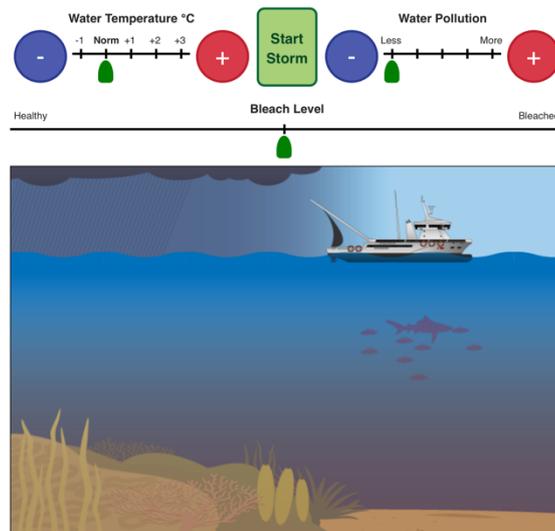


Abbildung 26: „Coral Bleaching“; Ein Spiel, welches den Kindern die Versäuerung der Meere vermittelt<sup>38</sup>

Um den Nutzern ein weiteres Tool an die Hand zu geben, mit dem grundlegende Merkmale des Klimawandels veranschaulicht werden können, wurde im Rahmen der NASA Global Climate Change Website eine Anwendung entwickelt, die historische und aktuelle Klimadaten visualisiert und dem Nutzer eine Art *Zeitreise* durch die Vitaldaten des Planeten bietet. Die sogenannte „NASA Climate Time Machine“<sup>39</sup>.

<sup>38</sup> Siehe: <https://climatekids.nasa.gov/coral-bleaching/>

<sup>39</sup> Siehe: <https://climate.nasa.gov/interactives/climate-time-machine>



Abbildung 27: Startseite der NASA Climate Time Machine<sup>39</sup>

Ausgangspunkt der Anwendung ist die in Abbildung 21 zu sehende Startseite, auf welche der Nutzer sich zwischen vier Themen oder Ansichten entscheiden kann. Dabei handelt es sich um vier Kernthemen des Klimawandels: *Polare Eiskappen*, *Meeresspiegel*, *CO<sub>2</sub>*, *Temperatur*.

Die Visualisierungen sind so gewählt, dass sie möglichst effektiv den kritischen Zustand der Sachlage vermitteln. Ein gutes Beispiel dafür ist die „Sea Level“ – Ansicht (s. Abbildung 28).



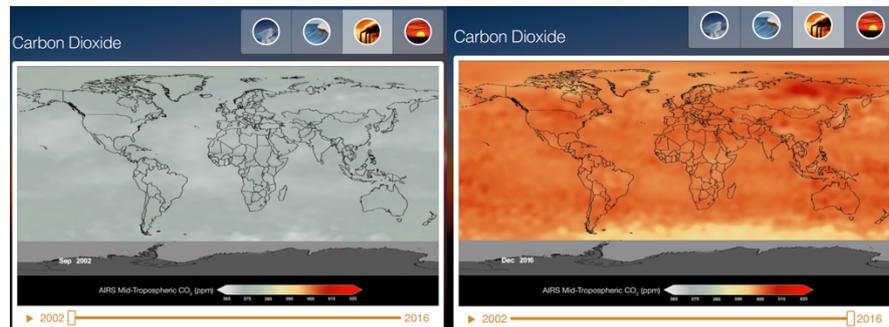
Abbildung 28: Nordeuropas Küstenstädte bei einem Meeresspiegelanstieg um 4 Meter<sup>40</sup>

Dort hat der Nutzer die Möglichkeit bestimmte Bereiche der Weltkarte auszuwählen, um die Folgen für Küstenstädte bei einem Meeresspiegelanstieg von 0 bis 6 Metern zu sehen. Die in der Visualisierung rot markierten Bereiche stellen diejenigen Bereiche dar, die überflutet sein würden.

Ein weiteres Beispiel für die effektive Vermittlung der Auswirkungen des Klimawandels durch die Climate Time Machine ist die CO<sub>2</sub>-Level-Ansicht.

---

<sup>40</sup> Siehe: <https://climate.nasa.gov/interactives/climate-time-machine>

Abbildung 29: CO<sub>2</sub> Visualisierung 2002<sup>41</sup>Abbildung 24: CO<sub>2</sub> Visualisierung 2016<sup>41</sup>

Spielt man die Simulation ab, so wird durch die Einfärbung der Weltkarte das CO<sub>2</sub>-Level repräsentiert. Vergleicht man Abbildung 23 und 24 ist der Zuwachs des CO<sub>2</sub>-Levels deutlich durch die Einfärbung zu erkennen.

#### 2.4.5 Global Carbon Atlas

Der Global Carbon Atlas<sup>42</sup> bietet dem Nutzer eine Reihe von Möglichkeiten Kohlendioxid-Emissionen zu visualisieren und im Zeitverlauf zwischen Ländern und Regionen zu vergleichen. Die Website ist grob in drei Hauptkategorien unterteilt, die für Benutzer mit unterschiedlichen Intentionen bestimmt sind. Alle Kategorien basieren auf aktuellen Datensätzen und Modellen, konzipiert von Wissenschaftlern und Forschungseinrichtungen<sup>43</sup>. Es folgt eine kurze Erläuterung der drei Hauptkategorien:

---

<sup>41</sup> <https://climate.nasa.gov/interactives/climate-time-machine>

<sup>42</sup> Siehe: <http://globalcarbonatlas.org>

<sup>43</sup> Siehe: <http://globalcarbonatlas.org/en/content/project-contributors>

**Outreach**

Outreach<sup>44</sup> bietet visuelle Momentaufnahmen von Kohlendioxid-Emissionen und ihre Beziehung zur menschlichen Entwicklung in der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft.

**Emissionen**

Die Kategorie „Emissionen“<sup>45</sup> bietet mehrere Möglichkeiten CO<sub>2</sub>-Daten visualisiert zu erkunden. Informationen sind auf globaler Ebene mittels Tools verfügbar, die einen Vergleich im Zeitverlauf ermöglichen.

**Research**

Research<sup>46</sup> bietet Tools zur Erstellung benutzerdefinierter globaler und regionaler Karten und Zeitreihen von Kohlenstoffflüssen aus Forschungsmodellen und Datensätzen.

Die für diese Arbeit am relevanteste Kategorie ist „Outreach“, da sie Bezug zu pädagogischen Konzepten nimmt und den Klimawandel in einen Kontext bringt, sodass sie für Lehrende und Lernende effektiv einsetzbar ist. Daher wird im Folgenden ausschließlich diese Kategorie vorgestellt.

---

<sup>44</sup> Siehe: <http://globalcarbonatlas.org/en/outreach>

<sup>45</sup> Siehe: <http://globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions>

<sup>46</sup> Siehe: <http://globalcarbonatlas.org/en/flux-maps>



Abbildung 30: Startseite - Carbon Story <sup>47</sup>

Zu Beginn der Anwendung hat der Nutzer die Möglichkeit zwischen drei Eintrittspunkten (Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft) zu wählen (s. Abbildung 30).

„Enter the past“ führt den User durch eine Zeitreise begonnen von 800.000 v. Chr. über die industrielle Revolution bis in das 21. Jahrhundert.

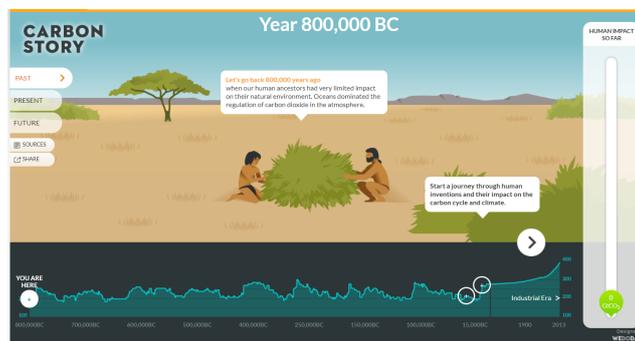


Abbildung 31: Screen - Enter the past <sup>47</sup>

Der Screen beinhaltet vier essentielle Elemente (s. Abbildung 31), welcher die Visualisierung vervollständigt. Im oberen Bereich der „Carbon Story“ befindet sich

<sup>47</sup> Siehe Anwendung: <http://globalcarbonatlas.org/en/outreach>

eine einem Zeichentrick ähnliche Darstellung, welche stets das im unteren Teil des Screens durch die Timeline ausgewählte Jahr oder Zeitalter repräsentiert. In ihr befinden sich Erklärungen zu dem derzeitigen Stand des Ökosystems und dem Stand der menschlichen Entwicklung in Form von Textblöcken oder Sprechblasen, um kontextsensitiven Inhalt zu vermitteln.

Anhand der Pfeiltasten am Rande der Timeline hat der User die Möglichkeit zum nächsten Element zu springen. Am rechten Rand der Anwendung befindet sich ein Balken, welcher den anthropogenen Faktor in Bezug der CO<sub>2</sub>-Emissionen darstellt. Umso größer der menschliche Einfluss ist, umso voller ist der Balken (s. Abbildung 32). Auch die Timeline selber zeigt die produzierten CO<sub>2</sub>-Emissionen, nämlich in Relation zur Zeit, an. Dies führt dazu, dass dem Nutzer relativ schnell der Anstieg im Laufe der industriellen Revolution präsentiert wird.

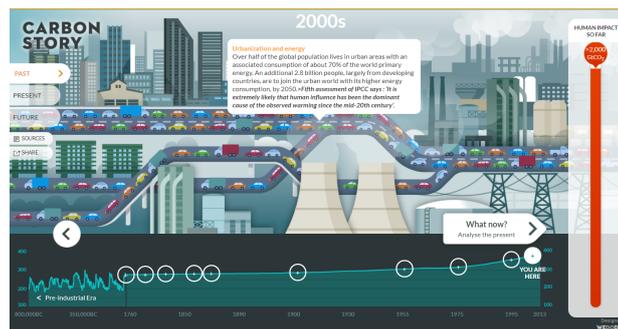


Abbildung 32: Visualisierung des 21. Jahrhunderts<sup>48</sup>

Um die anthropogenen Faktoren noch deutlicher zu vermitteln und die Herkunft der Emissionen in einen Kontext zu bringen, bietet Global Carbon Atlas das zweite Storytelling „Enter the present“ an (s. Abbildung 33).

<sup>48</sup> Siehe Anwendung: <http://globalcarbonatlas.org/en/outreach>

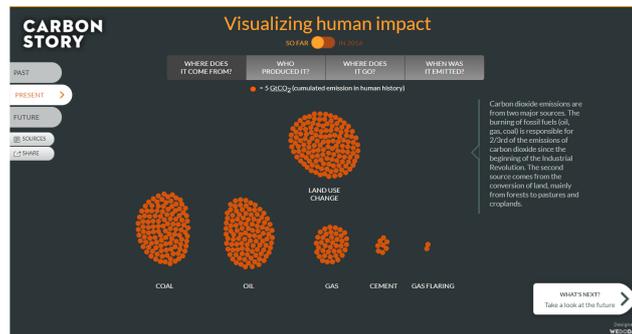


Abbildung 33: Carbon Story - Present<sup>49</sup>

Dort hat der Nutzer die Möglichkeit zu betrachten, woher die Emissionen stammen, wer sie produziert, wovon sie absorbiert werden und wann sie entstanden sind. Als Darstellungsform wurden partikelartige Punkte verwendet, die sich zu einer Menge clustern, um so eine Relation zwischen den verschiedenen Elementen zu schaffen.

Die letzte Kategorie der Anwendung ist „Enter the future“. Wie der Name schon sagt macht dieses Szenario es dem Nutzer möglich potentielle Folgen für die Zukunft einzusehen. Dabei wird dem User freigestellt, welches Szenario visualisiert werden soll. In Form eines Reglers auf der rechten Seite des Screens kann der Nutzer das Level des Temperaturanstiegs selber wählen und sich beim Klick auf „Go and see the consequences“ anschauen, welche Auswirkungen dieser auf den Planeten und das Leben haben würde (s. Abbildung 34).

<sup>49</sup> Siehe Anwendung: <http://globalcarbonatlas.org/en/outreach>

Abbildung 34: Screen - Enter the future<sup>50</sup>

Dort kann zusätzlich auch die CO<sub>2</sub>-Konzentration eingestellt werden. Der Screen arbeitet ähnlich wie bei „Enter the past“ mit Sprachboxen und Textelementen, um dem Nutzer Erklärungen zu dem gezeigten Zustand zu geben. Mit dem Unterschied, dass es sich hierbei um ein fiktives Szenario handelt, das auf Prognosen basiert, während bei „Enter the past“ Daten und Fakten zur Hilfe genommen werden.

Abbildung 35: Screen - Go and see the consequences<sup>50</sup>

<sup>50</sup> Siehe Anwendung: <http://globalcarbonatlas.org/en/outreach>

## 2.5 Notwendige Anforderungen

### 2.5.1 Visualisierung

Die Klimatologie an sich ist eine datengetriebene Wissenschaft. Die Forschungen und Arbeiten in diesem Bereich sind geprägt von Datenauswertungen und Analysen. Das Thema selber (unser Klima) betrifft jedoch jeden. In den letzten Jahren ist vor allem die Thematik des Klimawandels aufgekommen, was es nun unabdingbar macht die vorhandenen Daten und das Wissen daraus an die breite Masse zu vermitteln. Es werden politische Diskussionen gehalten und Entscheidungen getroffen, basierend auf wissenschaftlichen Daten die für die breite Masse bisher unverständlich sind (vgl. Jacobs et al., 2013, S. 129).

Geht es also um eine Anwendung, die Schülerinnen und Schülern unter anderem die Auswirkungen des Klimawandels vermitteln soll, so spielt es eine zentrale Rolle eine geeignete Visualisierung zu verwenden. Es liegt in der Verantwortung der Entwickler valide Daten weiter zu geben und diese verständlich darzustellen, um so einen Grundstein für das allgemeine Wissen über das Ökosystem zu legen sind (vgl. Jacobs et al., 2013, S. 129; Steve M. Easterbrook & Timothy C. Johns, 2009, S. 102 ).

Unabhängig von der Argumentation der verständlichen Vermittlung, ist es auch im Bildungsplan der Hamburger Sekundarstufe II für den Geographieunterricht (Freie und Hansestadt Hamburg - Behörde für Schule und Berufsbildung, 2009) vorgesehen computerkartografische Fähigkeiten zu lehren (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg - Behörde für Schule und Berufsbildung, 2009, p. 12), um mögliche Mängel auch im Bereich der Medienkompetenz zu beheben (vgl. Peters & Songer, 2011, p. 199).

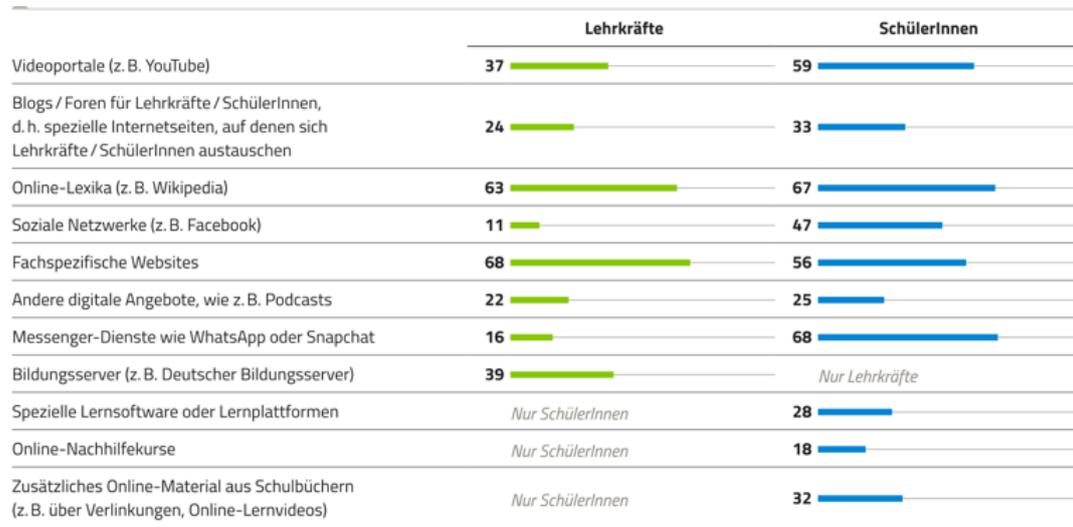
### **2.5.2 Digital Storytelling – Information im Kontext**

Für eine Information, die den Schülerinnen und Schülern eine Botschaft vermitteln soll, reicht eine Visualisierung alleine jedoch nicht aus. Um nützlich und aussagekräftig zu sein muss es entweder mindestens eine andere Information gleichen Typs zum Vergleich geben oder sie muss durch weitere multimediale Inhalte und Artikel erläutert werden, sodass die Information in einen bekannten Kontext gebracht wird (s. Abschnitt 2.3.5).

Um diesen Punkt klarer zu machen bietet sich das Beispiel des Stromverbrauches an. Eine Zahl, die den Stromverbrauch in kWh anzeigt, ist zunächst wenig aussagekräftig. Man könnte es im ersten Schritt beispielsweise in Euro umrechnen, was allerdings immernoch nichts über die Höhe der Zahl aussagt. Vergleicht man die Zahl jedoch beispielsweise mit dem Wert der letzten Woche, dem letzten Monat oder mit dem Durchschnittswert des Verbrauches in Europa, so wird die Kennzahl aussagekräftiger. So kann dann eine grafische Darstellung der zeitlichen Trends oder ein zeitbasierter Vergleich der monatlichen Messwerte die angezeigten Informationen so verdichten, dass sie reichhaltigere und kontextuelle Informationen rund um den Hauptmesswert liefern und dazu beitragen, dass die angezeigten Informationen und deren Bedeutung dem Nutzer sinnvoll erscheinen. (vgl. Doherty et al., 2010, p. 444)

### **2.5.3 Multimedia**

Multimediale Inhalte sind Teil des Alltags geworden. Sowohl Schülerinnen und Schüler als auch Lehrerinnen und Lehrer machen Gebrauch von Online-Anwendungen für die Vor- und Nachbereitung von Unterrichtsinhalten (s. Abbildung 36). Beide Parteien nutzen auch im Unterrichtskontext vor allem die Online-Angebote, die sie auch aus dem Alltag kennen.



**Abbildung 36: Nutzung von Online-Angeboten für die Unterrichtsvor- und nachbereitung (Darstellung nach Initiative D21, 2016, S. 17)**

Die Schülerinnen und Schüler nutzen am häufigsten Messengerdienste zur Kommunikation. Auch Online-Lexika (67%), wie Wikipedia und Video-Portale (59%), wie YouTube werden in diesem Rahmen genutzt. Im privaten Umfeld nutzen 88% der Jugendlichen YouTube mindestens mehrmals pro Woche, 63% sogar täglich (vgl. Mpfs, 2017, p. 43).

Die Lehrerinnen und Lehrer berufen sich im Gegensatz eher auf fachspezifische Webseiten aber greifen ebenfalls, wie die Schülerinnen und Schüler auch, auf Online-Lexika zu (vgl. Initiative D21, 2016, S. 17).

#### **2.5.4 Cross-Platform**

Die Welt der Schülerinnen und Schüler ist geprägt von digitalen Medien und technischen Devices, was eine Diskrepanz zu den Ausstattungen der Lehrwelt darstellt. Während nahezu jeder Schüler und Schülerin ein Smartphone besitzt und zuhause Computer nutzt, gibt es in Schulen zu wenige oder veraltete Technik. Der Overhead-Projektor gehört immer noch zu einem der am häufigsten genutzten Geräten im Unterricht (s. Abschnitt 2.2.2).

Die private Lernumgebung der Schülerinnen und Schüler sieht da anders aus. Für die Erledigung von Hausaufgaben verwenden die Schülerinnen und Schüler zu 45% einen PC oder der ein Notebook, gleich gefolgt vom Smartphone mit 39% (vgl. Initiative D21, 2016, S. 12 ff).

Für die Gestaltung der Anwendung ist es also empfehlenswert, sie so zu entwickeln, dass sie dezentral auf sämtlichen Devices zugänglich ist. Hier würde sich eine Webanwendung mit responsiver Gestaltung eignen.

#### **2.5.5 Community und Kommunikation**

Trotz der fortschreitenden Digitalisierung und der Dominanz von technologischen Devices im Alltag der Schülerinnen und Schüler, ist eine klassische Unterrichtseinheit mit Kontakt zur Lehrerin und Lehrer für die Schülerinnen und Schüler wichtig. In der Studie *Teaching Climate Change through Blended Learning* (s. Abschnitt 2.3.3), bei der Schülerinnen und Schüler mittels Blended Learning Klimawandel vermittelt bekommen haben und in regelmäßigen Abständen Unterrichtseinheiten absolvierten, bestätigten die Teilnehmer die Annahme, dass ein Austausch mit Anderen innerhalb des Lernkreises (ob Schülerinnen und Schüler oder Lehrerinnen und Lehrer) essentiell zum Verständnis der Problematik beitrug (vgl. Gomes, 2015, p. 3). Daher ist es

wichtig die Anwendung als eine Art Hilfsmittel (wie beispielsweise einen Atlas) für den Unterricht zu gestalten und nicht als eine Anwendung, die den Unterricht ersetzt.

## 2.6 Kriterienkatalog

Aus den vorangegangenen Kapiteln sind nun einige grobe Anforderungen entstanden, die tabellarisch in Form eines Kriterienkataloges festgehalten wurden (s. Abbildung 37).

Diese Anforderungen bilden jedoch nur eine erste Grundlage für die Konzeption und reichen als Hilfe für eine technische Umsetzung der Anwendung noch nicht aus. Um den Kriterienkatalog ins Detail zu erarbeiten und auszuformulieren, müssen notwendige technische Entscheidungen getroffen werden, welche auf dem fertigen Konzept der Anwendung aufbauen und auch erst dann nach bestem Wissen getroffen werden können.

Um die Konzeption zu beginnen ist die Ausformulierung der Learnings aus den vorherigen Kapiteln jedoch notwendig.

Kriterienkatalog			
Anforderung	Intention	Release	Zielgruppe
<b>1. Visualisierung</b>	Verständliche Repräsentation der Klimadaten (siehe Kapitel 2.2)	MVP	Schüler
<b>1.1 Kartografie</b>	Zur Einhaltung des Bildungsplanes (Bildungsplan S.12 - Fähigkeiten im Umgang mit Medien)	MVP	Lehrer
<b>2. Multimedialer Inhalt</b>	a) Unterstützung bei der Vermittlung der anthropogenen Faktoren auf das Klima (siehe Kapitel 2.1.3) b) Einhaltung des Bildungsplanes (S.12 - Aktualität und exemplarisches Prinzip)	1.0	Schüler
<b>2.1 Kontextualisierung</b>	Verständliche Vermittlung der Daten, durch Vergleichswerte oder multimedialer Inhalte (siehe Kapitel 2.1.5)	1.0	Schüler
<b>3. Cross-Plattform</b>	Für eine gute Usability, bei der dezentralen Nutzung und dem Einsatz im Unterricht (siehe Kapitel 2.3.1 und 2.3.2)	1.0	Schüler
<b>4. Befragung</b>	zur Ermittlung des Wissensstandes und Meinung vor und nach der Nutzung der Anwendung (siehe Kapitel 2.1.3)	1.0	Lehrer
<b>5. Community</b>	zur Diskussion und Austausch bei Fragen und Ideen innerhalb des Lehrnkreises (siehe Kapitel 2.1.3)	1.0	Schüler
<b>6. Hands-On Teil (Sensorkit)</b>	a) Lokale Anwendung zur Veranschaulichung der Dringlichkeit des Klimaproblems (siehe Kapitel 2.1.5) b) Emotionale Bindung zum Thema (siehe Kapitel 2.1.4)	MVP	Lehrer/Schüler

Abbildung 37: Erste Version des Kriterienkatalogs

In der Spalte „Anforderung“ werden die notwendigen Features festgehalten und in der Spalte „Intention“ wird ihre Notwendigkeit gerechtfertigt. Die Spalte „Release“ soll eine erste Einordnung für die kommende Implementierung geben. Um den Rahmen der Arbeit nicht zu überschreiten ist es wichtig diejenigen Anforderung herauszuarbeiten, welche zunächst nur für eine prototypische Anwendung notwendig sind. In der letzten Spalte „Zielgruppe“ wird festgehalten, auf welche Benutzergruppe sich die Anforderung in erster Linie bezieht.

## 3 Konzeption

Aufbauend auf die aus dem Analyse-Kapitel (siehe Kapitel 2) herausgearbeiteten Anforderung an die Anwendung, soll nun ein Konzept entwickelt werden, welches alle notwendigen Features enthält, um die Erwartungen der in Abschnitts 2.2 definierten Stakeholder zu erfüllen. Der Entwicklungsrahmen, die Definition eines Prototyps und die konkrete technische Umsetzungen werden dann im darauf folgenden Abschnitt definiert.

### 3.1 Idee

Die Analyse hat ergeben, dass es sich bei der Anwendung um eine Webapplikation handeln sollte, welche in erster Linie der Vermittlung von anthropogen Faktoren auf die Umwelt vermitteln und im Schulkontext des Geographieunterrichts an Hamburger Oberstufen Anwendung finden soll.

Das Zentrum der Applikation soll eine interaktive Weltkarte darstellen. Auf der Karte sollen CO<sub>2</sub>-Emissions-Daten abgebildet werden, welche mit multimedialen Inhalten angereichert werden soll. Es soll dem Nutzer außerdem ermöglicht werden zwischen historischen und Echtzeitdaten zu wählen.

Die Anwendung soll allerdings nicht nur bestimmte Inhalte vermitteln, sondern den Nutzern auch einen Bezug zur direkten Umwelt verdeutlichen. Hierfür soll ein Sensorkit als Teil der Anwendung zum Tragen kommen, bei dem die Schülerinnen

und Schüler eigenständig Messwerte erheben können, um sie dann auf der interaktiven Karte abzubilden.

Da der Rahmen dieser Arbeit begrenzt ist, müssen Entwicklungskosten und Umfang möglichst klein gehalten werden. Um dies zu gewährleisten, soll die gesamte Anwendung auf einer Cloud-Plattform laufen. So werden Server-Maintenance und Wartungsarbeiten auf den Cloud-Anbieter übertragen und bilden keinen Roadblocker für die Umsetzung durch eventuelle Serverkosten oder ähnlichem. Ebenso wird der Entwicklungsumfang durch den Dienst einer Cloud-Plattform verringert, da durch bereits vorhandene Komponenten, die „out-of-the-box“ genutzt werden können, einige Entwicklungsarbeiten abgenommen werden.

## **3.2 Komponenten**

Für die Umsetzung der oben beschriebenen Idee sind im Wesentlichen vier Komponenten notwendig, die im Folgenden beschrieben werden.

### **3.2.1 Datenbestände**

Um den Nutzern die Möglichkeit zu bieten historische Klimadaten zu sehen, ist es notwendig eine Schnittstelle zu implementieren, welche entsprechende Datensätze aggregiert. Hierfür kommen alle Ressourcen in Frage, welche Klimadaten veröffentlichen und entweder zum Download zur Verfügung stellen oder im besten Fall eine API anbieten. Zudem müssen die Datenquellen möglichst lückenlos sein.

Diese Rohdaten müssen dann aufbereitet, vervollständigt oder reduziert werden, damit ein Überblick über die relevanten Daten möglich wird.

Ebenso sind Quellen für multimediale Inhalte in einer Art von Lehrvideos notwendig, welche die Thematik vertiefen und den Nutzern die angezeigten Daten veranschaulichen und erklären.

Um bestimmte orts- und zeitabhängige Daten zu erläutern, muss auch bei den multimedialen Inhalten und Internetquellen eine Verbindung zum zeitlichen und örtlichen Kontext geschaffen werden.

### **3.2.2 Sensorkit als Datenquelle**

Anhand des Sensorkits soll den Nutzern ermöglicht werden, CO<sub>2</sub>-Werte in der Luft zu messen und in der Karte anzuzeigen. Das Sensorkit soll ein fertiges Device sein, welches den Schülerinnen und Schülern „schlüsselfertig“ bereitgestellt wird, so dass sie dieses nur noch anzuschalten brauchen.

Die genauen technischen Bauteile und die Zusammensetzung sollen im nächsten Abschnitt definiert werden, in dem die technische Umsetzung aufgezeigt wird. Weitere wichtige Eigenschaften die das Sensorkit erfüllen muss sind:

- Wasserdicht
- Stabile Internetverbindung/konstante Messwerte
- Solide Batterielaufzeit

### **3.2.3 Cloud**

Die Anwendung soll auf einer Cloud-Plattform laufen, welche gewisse Mindestanforderungen erfüllen sollte, um bei der Umsetzung und Nutzung der Anwendung einen Mehrwert zu bieten.

Die Cloudplattform soll die zentrale Stelle für alle Datenbestände sein, sprich die Sensordaten, welche vom Nutzer generiert werden, die historischen Klima- und Umwelt-Daten aus den Quellen und die zugehörigen multimedialen Inhalte sowie die Nutzerinformationen, wie Logins. Die Cloudplattform soll also in der Lage sein die Datenbanken zu hosten.

Da im Rahmen dieser Arbeit keine Ressourcen für eigene Server zur Verfügung stehen, muss die Cloud-Plattform auch die Möglichkeit bieten, die Webapp selbst zu hosten.

Weitere Funktionalitäten, wie Web-Komponenten für IoT-Devices (lang: Internet of Things) oder Weiterverarbeitung von Datenströmen sind ebenfalls sehr hilfreich, können aber auch manuell implementiert werden.

### **3.2.4 Explorative Datenvisualisierung**

Für die interaktive Weltkarte ist es wichtig zu klären, wann welche Informationen in welcher Form angezeigt werden sollen und welchen Interaktionsspielraum die Benutzergruppe der Schülerinnen und Schüler erhalten soll.

Um die anthropogenen Faktoren vermitteln zu können, ist es zunächst wichtig aufzuzeigen wie stark sich die Umweltverhältnisse verschlechtert haben. Um dies zu verdeutlichen wird sich zunächst auf die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen fokussiert.

Dafür sollen die Schülerinnen und Schüler zunächst die Möglichkeit haben zwischen Vergangenheit und Gegenwart auszuwählen.

### **Vergangenheits-Ansicht**

Die Vergangenheits-Ansicht soll eine Weltkarte zeigen, welche durch den Nutzer manipulierbar ist, indem ein Regler zur Verfügung gestellt wird, durch den ein Zeitpunkt ausgewählt werden kann. So können die Schülerinnen und Schüler sehen, zu welchem Zeitpunkt in welcher Region die CO<sub>2</sub>-Emissionen angestiegen sind, indem beispielsweise die Karte entsprechend eingefärbt wird.

Je nach ausgewähltem Zeitraum soll den Schülerinnen und Schülern anhand von medialen Inhalten die Entwicklung erläutert werden, wie zum Beispiel die Auswirkungen der industriellen Revolution durch die Erfindung der Lokomotive, des Autos oder ähnliches.

### **Gegenwarts-Ansicht**

In der Gegenwarts-Ansicht sollen nur aktuelle Messdaten angezeigt werden, die in einen Kontext gebracht werden sollen, welcher für den Nutzer prägnant ist. Indem Fall würde sich ein Vergleichswert aus der Vergangenheit anbieten, um einen möglichen Anstieg aufzuzeigen.

Ebenso sollen in dieser Ansicht die Werte des aktiven Sensorkits angezeigt werden. Um diese Messwerte ebenfalls in einen Kontext zu bringen, sollen diese Werte auf vielfacher Weise verglichen werden. Einmal historisch, um sie beispielsweise mit den Werten des Vortags zu vergleichen und mit einem Wert aus der Region. Der Vergleichswert würde dann beispielsweise lauten „...das sind etwa 2% der

Gesamtemissionen von Hamburg“ und mit der Emission eines anderen Gegenstandes, wie zum Beispiel eines Autos (bspw.: „...das entspricht einer Autofahrt von 2 Stunden“) verglichen werden.

### 3.2.5 Komponentendiagramm

Für eine erste Dokumentation der Komponenten und ihrer Abhängigkeiten untereinander wurde ein Komponentendiagramm erstellt (s. Abbildung 38). Die in dem Diagramm angegebenen Komponenten beinhalten die im vorherigen Abschnitt beschriebenen Datenbestände: das Sensorkit, die Cloud-Plattform und die Datenvisualisierung. Um die Abbildung zu verdeutlichen ist es sinnvoll sie von oben nach unten zu erläutern.

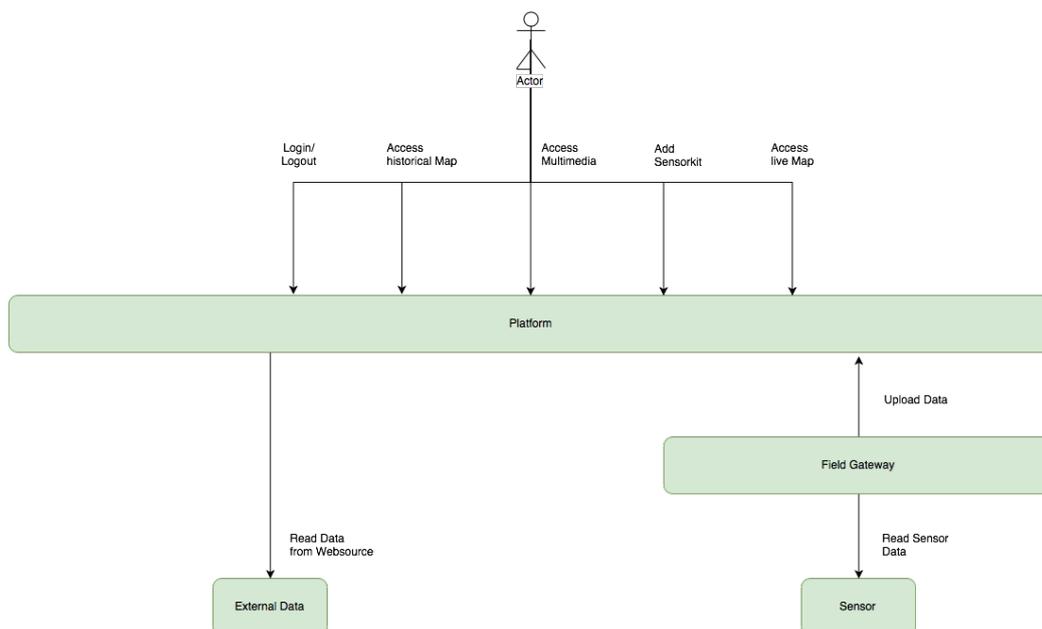


Abbildung 38: Komponentendiagramm der Anwendung

Zunächst ist der Nutzer abgebildet. Dieser hat durch verschiedene Entry-Points die Möglichkeit mit der Anwendung, welche in der „Plattform“-Komponente beschrieben wird, zu interagieren.

Als „Plattform“ wird hier die Cloud-Komponente abgebildet, welche neben den Datenbeständen auch die gesamte Web-App und damit auch die Visualisierung der Anwendung hostet.

Das „Field Gateway“ beschreibt einen Teil des Sensorkits, welcher den Mini-Computer darstellt an welchem die Sensoren integriert werden. Zusammen bilden sie die Sensorkit-Komponente.

Eine weitere Komponente, „External Data“ liefert die Quellen für die Vergangenheitsansicht der Anwendung und stellt sie der Plattform zur Verfügung, wo sie dann in der Datenbank hinterlegt werden.

### **3.2.6 Drei-Schichten-Architektur**

Die Komponenten bestehen aus drei Schichten, die untereinander kommunizieren und sich daher auf eine Drei-Schichten-Architektur abbilden lassen (siehe Abbildung 39).

Eine Drei-Schichten-Architektur (Three-Tier-Architecture) teilt eine Anwendung in eine Präsentationsschicht (Presentation Tier), eine Anwendungsschicht (Application Tier) und eine Datenschicht (Data Tier).

Die Präsentationsschicht beschreibt denjenigen Teil der Anwendung, welcher für den Nutzer sichtbar ist und verwaltet somit die Darstellung und Dialogführung in Abhängigkeit zur Plattform und den Devices der Nutzer. Hier befindet sich die Visualisierungskomponente der Anwendung, in der die Oberfläche dem Nutzer unter

anderem die interaktive Karte zur Verfügung stellt. Diese Architekturschicht befindet sich innerhalb der Cloud.

Die Anwendungsschicht bildet die Anwendungslogik. Der Kern der Anwendung wird losgelöst von Speicherung und Präsentation und verwaltet die Berechnungen und Operationen der Anwendung. Hier werden sämtliche Methoden zu Berechnungen und Algorithmen implementiert. Diese Backend-Schicht der Anwendung wird durch das Deployment in die Cloud, ebenfalls in der Cloud betrieben.

Die letzte Schicht, die Datenschicht, versorgt die Anwendung mit den notwendigen Daten und ist daher für das Speichern und Laden von Daten verantwortlich.

Hier werden außerdem alle Methoden verankert die Daten direkt aus einer Datenquelle lesen. Dieser Teil der Anwendung befindet sich ebenfalls innerhalb der Cloud in Form von verschiedenen Datenbanktypen (SQL, No SQL).

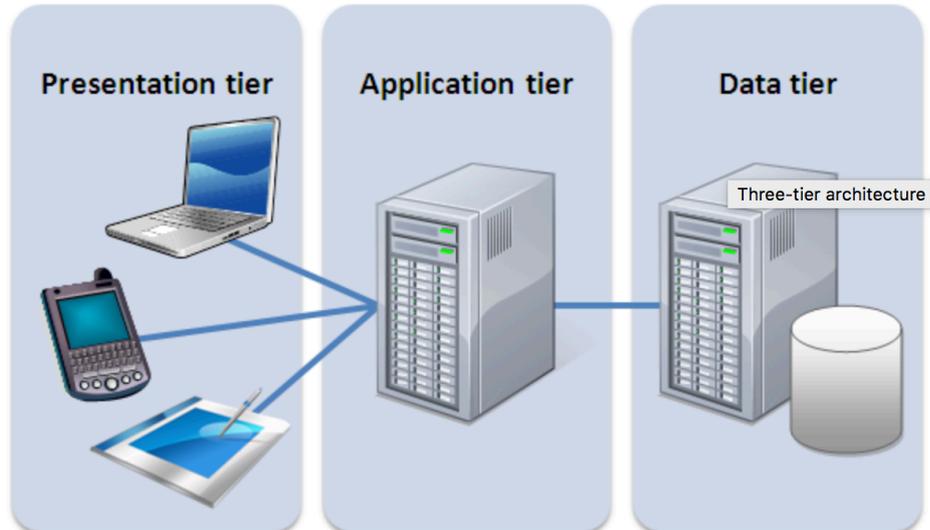


Abbildung 39: Drei-Schichten-Architektur

## 4 Umsetzung

Im folgenden Kapitel wird die Umsetzung der Anwendung beschrieben. Dazu gehören neben der Gestaltung der Implementationsarchitektur auch die Auswahl der Technologien und Hardware die notwendig sind, um die zuvor beschriebenen Komponenten umzusetzen.

Ebenso wird in diesem Abschnitt der Umfang des Prototyps definiert, um den Aufwand der Implementierung im Rahmen dieser Arbeit zu halten. Im letzten Teil des Kapitels wird dann die Implementierung festgehalten.

### 4.1 Technologien

#### 4.1.1 Cloud-Plattform

Als Cloud-Plattform soll Microsoft Azure genutzt werden, da die Cloud-Computing-Lösung von Microsoft alle für die Umsetzung der Anwendung notwendigen Komponenten sofort einsetzbar anbietet. Im Folgenden werden alle für die Umsetzung relevanten Services erläutert.

### **IoT Hub**<sup>51</sup>

Das Azure IoT-Hub ist ein Dienst der Plattform, welcher eine bidirektionale Kommunikation zwischen IoT-Endgeräten und dem Lösungs-Back-End zur Verfügung stellt. Für die Anwendung würde dies also eine Möglichkeit bieten Device-to-Cloud Nachrichten vom Sensorkit zu verschicken und andersherum über Cloud-to-Device Nachrichten das Sensorkit zu erreichen.

### **Azure Cosmos DB**<sup>52</sup>

Mit der Azure Cosmos DB bietet Microsoft einen Datenbankdienst, der unterschiedliche Datenbankmodelle unterstützt. Hierfür werden verschiedene gängige APIs für den Zugriff auf die Daten bereitgestellt. Auch die für die Anwendung notwendigen Datenbankmodelle SQL<sup>53</sup> und Mongo<sup>54</sup> werden unterstützt. Für die Anwendung sind diese deshalb relevant, da sie zur Hinterlegung der Nutzerdaten und der Messdaten, welche in Dokumentenform abgelegt werden, verwendet werden sollen.

---

<sup>51</sup> Siehe: <https://docs.microsoft.com/de-de/azure/iot-hub/iot-hub-what-is-iot-hub>

<sup>52</sup> Siehe: <https://docs.microsoft.com/de-de/azure/cosmos-db/>

<sup>53</sup> Siehe: <https://docs.microsoft.com/de-de/azure/cosmos-db/sql-api-introduction>

<sup>54</sup> Siehe: <https://docs.microsoft.com/de-de/azure/cosmos-db/mongodb-introduction>

**Stream Analytics**<sup>55</sup>

Die Azure Stream Analytics Komponente ist ein Verarbeitungsmodul, welches auf Ereignisse reagiert und große Datenmengen untersuchen kann, die beispielsweise von den Devices gesendet werden und diese je nach Bedarf weiterverarbeitet.

Um Datenströme zu untersuchen werden Aufträge erstellt, welche anhand von Skripten in SQL-ähnlicher Syntax implementiert werden. So können eingegangene Daten sortiert, gefiltert oder auch aggregiert werden.

**App Service**<sup>56</sup>

Der Azure App-Service ermöglicht es Web-Apps, mobile Apps und API-Apps zu erstellen und auf der Plattform zu hosten.

Ein weiteres Feature des Azure App Service sind WebJobs<sup>57</sup>. Dies sind Programme oder Skripte, die auf der Azure Plattform ausgeführt werden können. Mit ihnen kann für die Anwendung ein Skript geschrieben werden, welches aus Webressourcen die für die Vergangenheitsansicht relevanten historischen Klimadaten in regelmäßigen Abständen herunterlädt.

---

<sup>55</sup> Siehe: <https://docs.microsoft.com/de-de/azure/stream-analytics/stream-analytics-introduction>

<sup>56</sup> Siehe: <https://docs.microsoft.com/de-de/azure/app-service/>

<sup>57</sup> Siehe: <https://docs.microsoft.com/de-de/azure/app-service/web-sites-create-web-jobs>

### 4.1.2 Visualisierung

Um die Datenvisualisierung der Anwendung umzusetzen wird als Grundlage eine Map benötigt. Hierfür soll OpenStreetMap (OSM)<sup>58</sup> genutzt werden. OSM bildet das OpenSource-Pendant zu Google Maps und bietet ebenfalls eine API für Entwickler an.

Die Map in dieser Anwendung soll individuell gestaltet werden (Icons o.ä.). OSM bietet diese Möglichkeiten, in dem es sich mit verschiedenen JavaScript-Libraries erweitern lässt. Eine von ihnen ist Leaflet<sup>59</sup>. Mit Leaflet lässt sich die OpenStreetMap frei und interaktiv gestalten.

### 4.1.3 Sensorkit

#### Hardware

Im Folgenden sollen die Hardware-Bestandteile des Sensorkits beschrieben und definiert werden. Da das Sensorkit portabel sein soll um die CO<sub>2</sub>-Daten aus der Umwelt zu messen, muss es über einen eigenen Mini-Computer verfügen. Hierfür wird ein Raspberry Pi 3 Model B dienen, welcher neben der Rechenleistung auch einen notwendigen Wifi-Chip mitbringt. Dieser Mini-Computer muss auch über eine portable Stromquelle verfügen, weshalb das Sensorkit mit Akkus ausgestattet wird.

Das Sensorkit soll die CO<sub>2</sub>-Werte in der Luft messen und diese Werte zusammen mit dem derzeitigen Standort des Kits an die Anwendung senden. Zur Messung der CO<sub>2</sub>-

---

<sup>58</sup> Siehe: <https://www.openstreetmap.org/>

<sup>59</sup> Siehe: <http://leafletjs.com/>

Werte wird der MH-Z19 Infrarot Sensor benutzt<sup>60</sup>. Um den Standort des Kits ausfindig zu machen, wird der Raspberry Pi mit dem ThinkMatic NEO 6M GPS-Modul<sup>61</sup> ausgestattet werden. Der CO<sub>2</sub>-Sensor ist im CSTI der HAW Hamburg<sup>62</sup> bereits erfolgreich im Einsatz, wodurch das Know-How und die Kompetenz sich in unmittelbarer Nähe befindet. Eine erneute Recherche nach einem CO<sub>2</sub>-Sensor ist also nicht notwendig.

### Software

Auf dem Raspberry Pi wird neben dem Betriebssystem Raspbian Jessie Lite<sup>63</sup> die Anwendung Node-RED<sup>64</sup> betrieben. Node-RED ist ein Entwicklertool um Hardware-Geräte, APIs und Online-Dienste anhand eines browserbasierten Editors miteinander zu verbinden. Im Rahmen dieser Arbeit dient Node-RED dazu die Sensordaten vom Raspberry-Pi in Form eines JSON-Datenobjekts an das Azure IoT-Hub zu senden.

## 4.2 Datenquellen

Neben den Daten, die vom Sensorkit gemessen werden, sind auch historische CO<sub>2</sub>-Daten notwendig. Als potentielle Ressource kommt folgende Quelle in Frage:

---

<sup>60</sup> Siehe: <https://www.amazon.de/ZkeeShop-MH-Z19-Module-Infrared-Monitor/dp/B071W5V8PD>

<sup>61</sup> Siehe: <https://www.amazon.de/ThingMatic-NEO-6M-V2-baugleich-kompakte-Antenne/dp/B07BZJ2PJ9>

<sup>62</sup> Siehe: <https://csti.haw-hamburg.de>

<sup>63</sup> Siehe: <https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian/>

<sup>64</sup> Siehe: <https://nodered.org>

## World Bank Open Data

Die World Bank<sup>65</sup> ist eine Hilfsorganisation welche Hilfsprojekte für Entwicklungsländer unterstützt und auch darauf aus ist Aufklärung über die allgemeine Weltentwicklung zu leisten. Um letzteres zu tun, entwickelte die Organisation die sogenannte World Bank Open Data<sup>66</sup>. Dafür aggregieren sie Daten aus allen möglichen Quellen, bilden sie ab und bieten sie auf ihrer Plattform zum Download zur Verfügung. Diese Daten sind von verschiedener Natur und reichen von Umsatzzahlen über Bruttoinlandsprodukte bis hin zu Klimadaten. Die Plattform bietet die Möglichkeit nach Keywords zu suchen, um die gewünschten Daten zu erhalten.

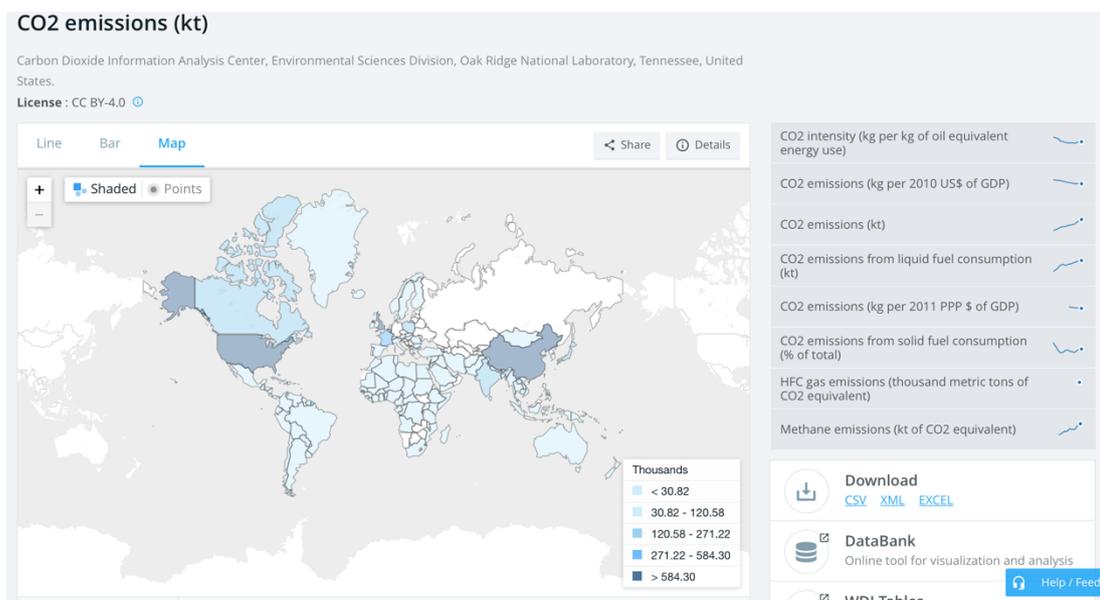


Abbildung 40: Suchtreffer für „CO<sub>2</sub>-Emissionen“ auf der World Bank Open Data-Plattform<sup>67</sup>

<sup>65</sup> Siehe: <http://www.worldbank.org>

<sup>66</sup> Siehe: <https://data.worldbank.org>

<sup>67</sup> Siehe: <https://data.worldbank.org>

Sucht man also nach „CO<sub>2</sub> Emissionen“ werden die Anzahl der CO<sub>2</sub>-Emissionen von 1960-2014, nach Ländern sortiert, dargestellt und als CSV-Export angeboten (s. Abbildung 40). Der CSV-Export liefert die Metadaten für die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Länder für das jeweilige Jahr in Tonnen pro Einwohner (s. Abbildung 41).

Data Source, "World Development Indicators",  
Last Updated Date, "2018-06-28",

Country Name,"Country Code","Indicator Name","Indicator Code","1960","1961","1962","1963","1964","1965","1966","1967","1968","1969","1970","1971","1972","1973","1974","1975","1976","1977","1978","1979","1980","1981","1982","1983","1984","1985","1986","1987","1988","1989","1990","1991","1992","1993","1994","1995","1996","1997","1998","1999","2000","2001","2002","2003","2004","2005","2006","2007","2008","2009","2010","2011","2012","2013","2014"
Aruba,"ABW","CO2 emissions (metric tons per capita)","EN.ATM.CO2E.PC","0.0460598969515529","0.0536043035470314","0.0737647910285059","0.0742326845713751","0.0862924517957971","0.101467397111853","0.107636955493275","0.1097471603786658","0.079038085040726","0.201289076264294","0.192534734618004","0.20100360893017","0.19152841091012","0.246412785252077","0.1549115","1.25819492789557","1.3741860651163","1.43995596379167","1.18168114415975","1.11174195966673","1.1609904273455","1.3330546458863","1.3837463001816","1.4673356693901","7.4673356693901","7.18245663566904","6.91205338948512","6.73605484574634","6.49420 Arab World,"ARB","CO2 emissions (metric tons per capita)","EN.ATM.CO2E.PC","0.643689011230035","0.685150884303753","0.760854506665656","0.874941189074894","0.99907655175868","1.16570538554791","1.2726506720981","1.33140439 United Arab Emirates,"ARE","CO2 emissions (metric tons per capita)","EN.ATM.CO2E.PC","0.118757691560334","0.10883673994341","0.163018351234085","0.175222592102958","0.132354958167604","0.146326864500339","0.159950399112668","Argentina,"ARG","CO2 emissions (metric tons per capita)","EN.ATM.CO2E.PC","2.36747303164667","2.44261589837139","2.52239210450438","2.31635633230104","2.5383793031286","2.641714340418192","2.79265379931697","2.8581622969236 Armenia,"ARM","CO2 emissions (metric tons per capita)","EN.ATM.CO2E.PC","0.0091190221001522","0.0187299012376956","0.0170031163274349","0.0175042031130384","0.0215752840324071","0.0198412713749331","0.019533658391838 Bangladesh,"BGD","CO2 emissions (metric tons per capita)","EN.ATM.CO2E.PC","0.0519149459291894","0.0663027432122477","0.0666923614734157","0.068294130348751","0.0763046428385125","0.077525791787 Bulgaria,"BGR","CO2 emissions (metric tons per capita)","EN.ATM.CO2E.PC","3.83390112126359","3.26992007420763","3.83589181806542","4.25978092742827","5.26298791553398","5.64565194179349","5.90534671471388","6.63836916107937 Bahrain,"BHR","CO2 emissions (metric tons per capita)","EN.ATM.CO2E.PC","3.54447844262346","10.5492810940236","9.19164394954489","6.7106882274616","8.74207570795081","6.5541185230495","3.38439357597247","5.12466911145907 Bahamas,"The BHS","CO2 emissions (metric tons per capita)","EN.ATM.CO2E.PC","3.7497626177781","4.74668875247594","5.99643219940041","5.5581114086681","8.11833580457449","9.39961015037057","7.46528253692798","11.173350858 Bosnia and Herzegovina,"BIH","CO2 emissions (metric tons per capita)","EN.ATM.CO2E.PC","3.5509526193198","3.08304356238835","0.8181254834689288","0.892014 Belarus,"BLR","CO2 emissions (metric tons per capita)","EN.ATM.CO2E.PC","8.55693157791699","7.49767018263502","7.49767018263502","5.96122489488699","5.96122489488699","5.921 Belize,"BLZ","CO2 emissions (metric tons per capita)","EN.ATM.CO2E.PC","0.477971845672576","0.38721054432658","0.715446069169473","0.622369314324508","0.818296480998166","0.794775751039964","0.7377779534181","1.0738206793 Bermuda,"BMU","CO2 emissions (metric tons per capita)","EN.ATM.CO2E.PC","3.5513787387387","3.86848351648352","3.38371244635193","3.151928721174","4.12443762781186","3.5864870259481","3.95460784313725","4.0901153861538","

Abbildung 41: Ausschnitt aus dem Datei-Export der World Bank Open Data Plattform

Die erhobenen Daten stammen aus Quellen, welche sich auf Umweltdaten spezialisiert haben. Dazu gehören Organisationen wie das Carbon Dioxide Information Analysis Center<sup>68</sup> oder die Environmental Sciences Division<sup>69</sup>, welche beides Organisationen sind, mit der Aufgabe die US-Regierung mit Klimadaten zu versorgen.

<sup>68</sup> Siehe: <http://cdiac.ess-dive.lbl.gov>

<sup>69</sup> Siehe: <https://www.ornl.gov/division/esd>

### 4.3 Implementationsarchitektur

Da die notwendigen Technologien und Hardware definiert wurden, kann eine Architektur dargestellt werden, welche die einzelnen Komponenten genauer beschreibt und ihnen, die im vorherigen Abschnitt beschriebenen Technologien, zuweist (s. Abbildung 42).

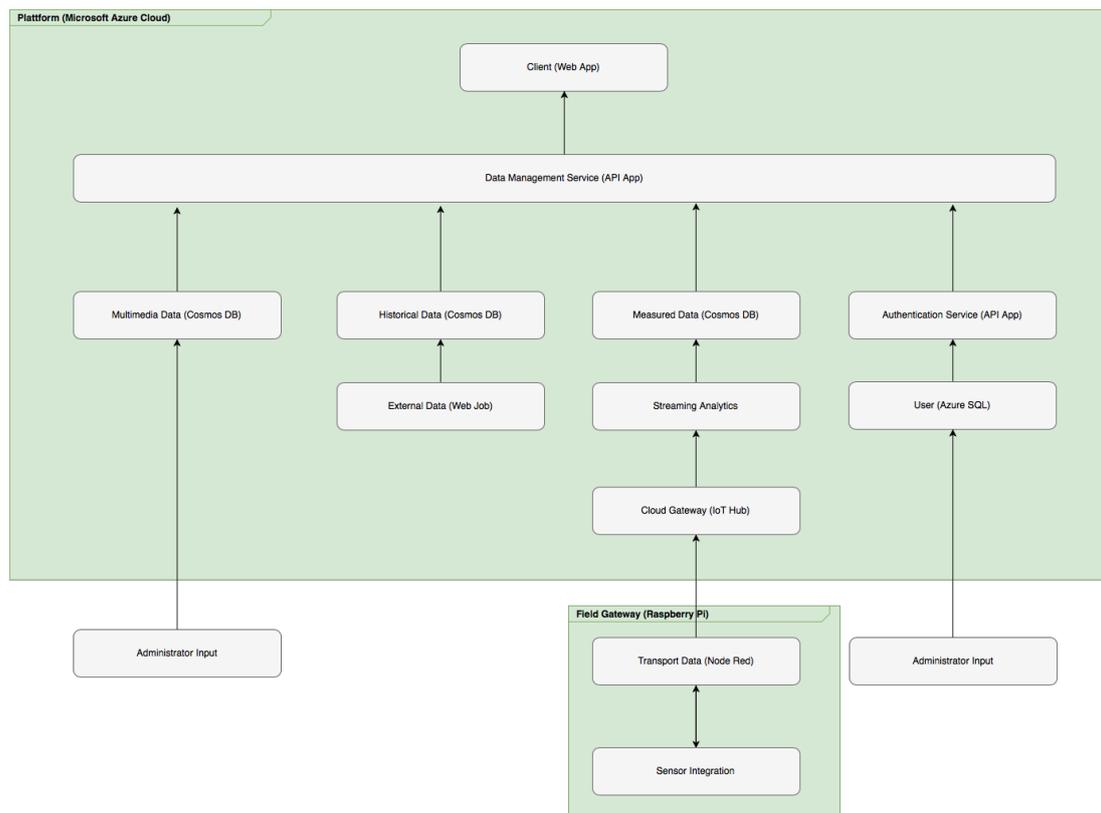


Abbildung 42: Implementationsarchitektur

## 4.4 Definition Scope

Im Rahmen dieser Arbeit soll ein Prototyp umgesetzt werden, welcher die grundlegende Realisierbarkeit der Anwendung darstellen soll und somit die Basis-Funktionalitäten enthält. Um dies zu gewährleisten soll ein MVP entwickelt werden, welcher die Funktionalität vom Sensorkit, bis hin zur Web-App, umsetzt.

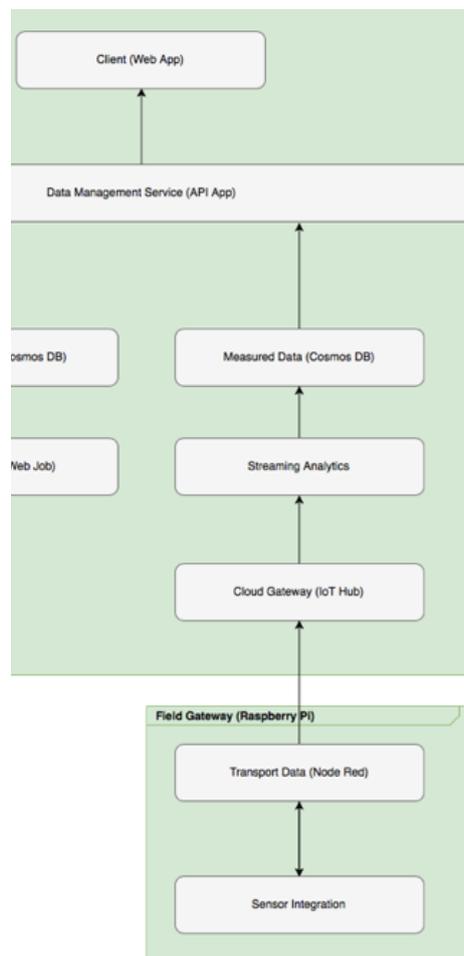


Abbildung 43: Für den Prototypen umzusetzender Teil der Implementationsarchitektur

In Abschnitt 2.6 wurden alle Anforderungen an die Anwendung tabellarisch zusammengefasst und nach Priorität kategorisiert. Alle als „MVP“ kategorisierten Anforderungen sind solche, welche unabdingbar für die erfolgreiche Umsetzung dieses Konzepts sind. Auf genau diese Funktionalitäten soll der Prototyp nun beschränkt werden.

Dazu gehört eine Reihe von Funktionalitäten, die im Folgenden Implementierungskapitel erläutert werden.

## **4.5 Implementierung**

Die Implementierung des im Abschnitt 4.4 definierten Scopes, welcher den Prototypen darstellen soll, lässt sich grob in drei Teilbereiche aufteilen: Die Realisierung der Karte, die Umsetzung des Sensorkits und das Provisionieren und Konfigurieren der Azure-Plattform.

### **Umsetzung der interaktiven Map - Frontend**

Für die Realisierung der interaktiven Weltkarte wurden zunächst Mockups erstellt, um der Implementierung ein grobes Design zu Grunde zu legen (s. Abbildung 44). Der Technologie-Stack für die Entwicklung der Karte entspricht den in Abschnitt 4.1.2 beschriebenen Komponenten. Es wurde also die OpenStreetMap-API zur Darstellung der Karte genutzt und Leaflet zur Gestaltung und Umsetzung der Marker und Layer.

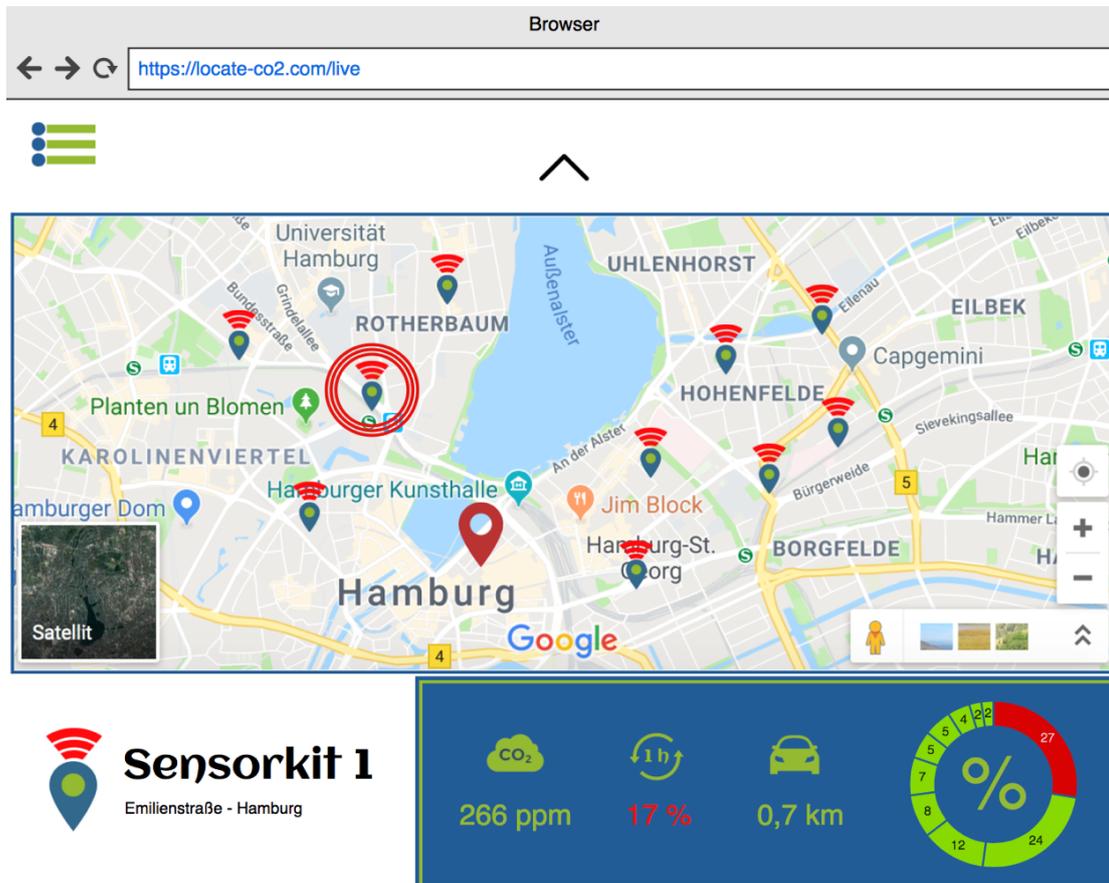


Abbildung 44: Die Live-Daten-Ansicht der Anwendung mit allen aktiven Sensorkits

Bei der gesamten Anwendung handelt es sich um eine MEAN-Stack Applikation<sup>70</sup>: eine AngularJS<sup>71</sup> Applikation, welche mit NodeJS<sup>72</sup> serverseitig unterstützt wird. „MEAN“ steht für MongoDB, in diesem Fall die Azure Cosmos DB (s. Abschnitt

<sup>70</sup> Siehe: <http://mean.io>

<sup>71</sup> Siehe: <https://angularjs.org>

<sup>72</sup> Siehe: <https://nodejs.org/en/>

4.1.1), ExpressJS<sup>73</sup>, AngularJS und NodeJS. ExpressJS ist ein Framework, welches die serverseitige Implementierung mit NodeJS handlicher gestalten soll.

Die wichtigste Funktionalität des Prototyps ist die Anzeige der Sensorkits und der Sensordaten beim Klick auf den entsprechenden Marker. Um dies zu realisieren wurde zunächst ein Dataservice implementiert, welcher alle Sensoren aus der Datenbank mit ihren zugehörigen Informationen (Sensorwert, Latitude, Longitude) lädt.

```
public getSensors() {  
    return this._http.get("/api/sensor").pipe(  
        map(result => this.result = result.json().data));  
}
```

Die API-Anbindung zur CosmosDB von Azure ist in diesem Fall „/api/sensor“. Dank des Angular-Frameworks ist es nun möglich, von dieser Funktion in einer anderen Komponente Gebrauch zu machen, indem man den Dataservice einfach importiert.

```
import { DataService } from './data.service';
```

Nun kann in der Komponente, welche die Karte initialisiert und implementiert, die Funktion „getSensors()“ genutzt werden, um die Sensordaten in die Karte zu laden.

```
sensor: Array<any>;  
map: Map;  
constructor(private _dataService: DataService) {  
    this._dataService.getSensors()  
        .subscribe(  

```

---

<sup>73</sup> Siehe: <http://expressjs.com/de/>

```
res => {  
    this.sensor = res;  
    this.showSensors();  
}  
);  
}
```

Mit der Funktion „showSensors()“ können nun alle Sensoren mit ihren Markern angezeigt und die entsprechenden Parameter und Funktionalitäten konfiguriert werden.

```
showSensors() {  
    ...  
});  
this.sensor.forEach(function( val ){  
    const marker = new L.Marker([val.lat, val.lng], {icon: Icon})  
    .bindPopup(val.deviceid + '<br>CO2 : ' + val.value + ' ppm').addTo(self.map);  
  
    (function(markerShadow, valShadow){  
        markerShadow.on('click', function(e){  
  
            const htmlContent =  
                `<h1 _ngcontent-c0 class="sensorId id">SENSORINFO - ${valShadow.deviceid}</h1>  
                <p _ngcontent-c0 class="sensorData value">Co2 - ${valShadow.value} ppm  
                </p>  
                <p _ngcontent-c0 class="sensorData lat">lat - ${valShadow.lat}  
                </p>  
                <p _ngcontent-c0 class="sensorData lng">lng - ${valShadow.lng}  
                </p>`;
```

```
    $('.sensorinfo').html();  
    $('.sensorinfo').html(htmlContent);  
  });  
})(marker, val);  
...  
});  
}  
}
```

### Umsetzung des Sensorkits – Field Gateway

Die Hardware-Komponenten des Sensorkits bestehen, wie in Abschnitt 4.1.3 beschrieben, aus einem Raspberry Pi 3 B, einem CO<sub>2</sub>-Sensor und einem GPS-Modul. Neben der Messung der CO<sub>2</sub>-Daten ist die Kommunikation mit der Azure-Plattform eine der wichtigsten Grundfunktionalitäten des Sensorkits.



Abbildung 45: MH-Z19 verbunden mit dem Raspberry Pi 3

Umgesetzt wurde diese Kommunikation mit Hilfe von Node-RED (siehe Abschnitt 4.1.3). Es wurde ein sogenannter Flow implementiert (s. Abbildung 46), welcher die Sensordaten in Form einer JSON-Datei an das Azure IoT-Hub sendet (siehe 4.1.1). Die JSON-Datei enthält die relevanten Informationen des Sensorkits (GPS-Koordinaten und Sensorwert):

```
{
  "deviceId": "sensorkit3",
  "key": "5t4pFpw95CfzSmLH33cLKhgr02tgG3vIWAZEQUKncpc=",
  "protocol": "mqtt",
  "data": {
    "lat": "48.137154",
    "lng": "11.576124",
    "value": "500"
  }
}
```

Um diese Informationen an das IoT-Hub zu senden wurde ein Node-RED-Plugin<sup>74</sup> installiert, welches es ermöglicht, einen Azure IoT-Hub Knoten in Abhängigkeit von Device-ID und Connectionstring zu konfigurieren (s. Abbildung 47). Beides sind

---

<sup>74</sup> Siehe: <https://flows.nodered.org/node/Node-RED-contrib-azure-iot-hub>

Keys, die für die eindeutige Kommunikation zwischen Device und Cloud notwendig



sind.

Abbildung 46: Node-RED Flow - Device-to-Cloud

Als Kommunikationsprotokoll für die Device-to-Cloud Verbindung wurde das für IoT-Zwecke gängige MQTT-Protokoll<sup>75</sup> verwendet, welches sehr schlank und ereignisgetrieben funktioniert und somit keine unnötig komplexe Verbindung zwischen Client und Server herstellt.

The screenshot shows the 'Edit azureiothub node' configuration window. At the top, there are three buttons: 'Delete', 'Cancel', and 'Done'. Below this is a section titled 'node properties' with a dropdown arrow. Under 'node properties', there are three fields: 'Name' with the value 'Azure IoT Hub', 'Protocol' with a dropdown menu showing 'mqtt', and 'Connection String' with the value 'HostName=iiothubmvp.azure-devices.net;DeviceI'.

Abbildung 47: Azure IoT-Hub Plugin in Node-RED

<sup>75</sup> Siehe: <http://mqtt.org/>

## Das Azure-Setup – Backend und Deployment

In der Azure Cloud wurde eine Ressource angelegt, welche mehrere Komponenten enthalten. Dazu gehört das IoT-Hub, welches die Sensordaten über Node-RED erhält und der Stream Analytics Job, welcher die JSON-Datei auswertet, um die Daten dann in die Cosmos-DB zu schreiben. Der gesamte Code des Projekts (Backend und Frontend) wird dann auf Azure deployed, in dem, die letzte Komponente, die Web-App, angelegt und mit dem Code-Repository verbunden wird, sodass die Anwendung letztendlich über die URL <https://mapmvp.azurewebsites.net><sup>76</sup> zu erreichen ist.

Die genauen Funktionen der einzelnen Komponenten und ihre Notwendigkeit wurden bereits in Abschnitt 4.1.1 erläutert, weshalb im Folgenden die konkrete Umsetzung beschrieben wird.

<input type="checkbox"/>	NAME ↑↓	TYPE ↑↓	LOCATION ↑↓
<input type="checkbox"/>	 datastream	Stream Analytics job	North Europe
<input type="checkbox"/>	 iothubmvp	IoT Hub	North Europe
<input type="checkbox"/>	 mapMVP	App Service	Central US
<input type="checkbox"/>	 mvpdata	Azure Cosmos DB account	North Europe
<input type="checkbox"/>	 streamanalyticslogs	Log Analytics	West Europe

Abbildung 48: Die Cloud-Komponenten in Azure

Sobald durch den Raspberry Pi Daten per Node-RED an das Azure IoT Hub (hier: IoThubmvp) gesendet wurden, wird ein Event ausgelöst. Der Stream Analytics Job, welcher kontinuierlich läuft (hier: datastream) horcht auf diesen Trigger und

---

<sup>76</sup> Stand: 24.07.2018

verarbeitet dann die im IoT-Hub angekommenen Daten weiter und schreibt sie in die Cosmos DB (hier: mvpdata). Der Stream Analytics Job kann in einer Art SQL-Syntax geschrieben werden.

```
SELECT
    lat, lng, value, IoT
Hub.ConnectionDeviceId AS deviceId
INTO
    mvpdata
FROM
    IoThubmvp
```

```
{
  "deviceId": "sensorkit3",
  "key": "5t4pFpw95CfzSmLH33cLKhgr02tgG3vIWAZEQUKncpc=",
  "protocol": "mqtt",
  "data": {
    "lat": "48.137154",
    "lng": "11.576124",
    "value": "500"
  }
}
```

So werden aus der empfangenen JSON-Datei die Werte (SELECT) lat,lng,value und die DeviceID in (INTO) die Cosmos DB geschrieben aus (FROM) dem IoT-Hub. Die Daten sind nun also dem Frontend zur Verfügung gestellt und können wie in dem Abschnitt „Umsetzung der interaktiven Map – Frontend“ beschrieben, abgerufen und angezeigt werden.

## 4.6 Fazit und Ausblick

Als nächsten Schritt sollte die komplette Funktionalität des Konzepts umgesetzt werden. Dies bedeutet vor allem die Implementierung der historischen Ansicht der CO<sub>2</sub>-Werte. Hier gilt es noch einen technischen Durchstich zu schaffen, durch welchen es ermöglicht aus der in Abschnitt 4.2 beschriebenen Datenquelle die CSV-Dateien in regelmäßigen Abständen herunterzuladen, aus ihr die relevanten Daten zu aggregieren und diese entsprechend Darzustellen.

Ist dies geschafft, so ist es unbedingt notwendig die Anwendung mit Schülerinnen und Schülern und Lehrerinnen und Lehrer zu testen, indem man ihnen Zugang zur Plattform verschafft und anschließend Umfragen durchführt. In welcher Form dies gut durchzuführen ist, wurde in Abschnitt 2.3.1 erläutert. Dort wurde eine interaktive Computerkartografie entwickelt und anhand von kleinen Iterationen in der Anwendung evaluiert. Ebenso wurde in der Arbeit in Abschnitt 2.3.3 eine Evaluation durchgeführt. Dort ging es darum, die erfolgreiche Vermittlung der Lehrinhalte durch von Blended Learning zu testen. Dafür wurden beispielsweise vor der Nutzung der Anwendung und danach Wissenstest durchgeführt.

## 5 Fazit

### 5.1 Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Konzept entworfen, anhand dessen es Lernplankonform ermöglicht wird Schülerinnen und Schülern der zweiten Sekundarstufe in Hamburg anthropogene Faktoren des Klimawandels zu vermitteln.

Es wurde zunächst untersucht, welche inhaltlichen Voraussetzungen eine Anwendung im Allgemeinen erfüllen muss, um im Schulunterricht des Fachs Geographie Verwendung zu finden. Dafür wurde zunächst der entsprechende Lehrplan untersucht. Hierbei stellte sich heraus, dass neben der Vermittlung des menschlichen Einwirkens auf das Klima auch die Fähigkeiten im Umgang mit Medien gefestigt werden sollen (s. Abschnitt 2.1.1). Damit wurde der Kontext der Anwendung, das „was“ geklärt. Um jedoch die Repräsentation dieser Anwendung zielgruppengerecht zu entwickeln, wurde auch das „wie“ untersucht.

Hierfür wurden insbesondere zwei Studien, *JIM-Studie 2017* (s. Abschnitt 2.2.1) und *Schule Digital* (s. Abschnitt 2.2.2), herangezogen, welche den Umgang von Schülerinnen und Schülern und von Teenagern im Allgemeinen untersuchen und darauf aufbauend repräsentative Personas entwickelt, die bei der Umsetzung des Prototyps herangezogen wurden. Ebenfalls wurden verwandte Arbeiten untersucht, welche bereits umgesetzte Anwendungen evaluieren oder Projekte im Konzeptions-Stadium untersuchten. So konnte aus bereits gemachten Erfahrungen gelernt werden

(s. Abschnitt 2.3), weshalb im darauffolgenden Abschnitt ebenfalls verwandte Beispielanwendungen (s. Abschnitt 2.4) analysiert wurden.

Die Untersuchungen haben ergeben, dass eine Webanwendung in Form einer interaktiven Karte dafür am besten geeignet ist, alleine aber nicht reichen würde. Um einen kontextuellen Bezug zu der Thematik des Klimawandels und vor allem zu dem anthropogenen Teil des Problems zu erhalten, ist es wichtig den Schülerinnen und Schülern einen praktischen Teil mitzugeben. Es wurde also ein Prototyp entwickelt, mit dem es Schülerinnen und Schülern ermöglicht wird durch einen Sensorkit CO<sub>2</sub>-Emissionen zu messen. Die Schülerinnen und Schüler können diesen beliebig platzieren und in der interaktiven Karte der Anwendung dann die Werte ablesen. Die Applikation soll den Schülerinnen und Schülern also sowohl Informationen zu CO<sub>2</sub>-Emissionen liefern, als auch kartografische und mediale Fähigkeiten vermitteln.

Bei der Applikation handelt es sich um eine Cloud-Anwendung, welche mit der Microsoft Azure Cloud umgesetzt wurde, welche alle wichtigen Komponenten für die Webanwendung „out-of-the-box“ liefert. Die Webanwendung selber wurde mit einem MEAN-Stack (MongoDB, ExpressJS, AngularJS, NodeJS) mit Javascript realisiert.

Bei dem Sensorkit handelt es sich um einen Raspberry Pi, welcher mit einem CO<sub>2</sub>-Sensor verbunden wurde. Die Geo-Position des Raspberry Pis sollte durch ein GPS-Modul erfolgen, dies wurde für diesen Prototypen jedoch nicht umgesetzt, stattdessen wurde die GEO-Position manuell eingetragen. Die Auswahl der Sensorik wurde in dieser Arbeit durch kurze Recherche getroffen und stellt daher nicht den Anspruch darauf, die beste Wahl getroffen zu haben. Der Fokus bei der Umsetzung des Prototyps lag auf der technischen Machbarkeit und konkreten Implementierung der Lösung. Zieht man nun den in Abschnitt 2.6 entwickelten Kriterienkatalog dafür heran, so wird deutlich, dass alle für den MVP relevanten Kriterien mit der Umsetzung des Prototyps erfüllt wurden.

## 5.2 Ausblick

Diese Arbeit kann als ein Baustein betrachtet werden, welcher dabei unterstützen soll die Vermittlung von kritischen, gesellschaftlichen Problemen in Kombination mit Informationstechnologien in Schulen zu vermitteln, um so auch eine Vermittlung von Digitalkompetenz auf fachdidaktischer Ebene zu ermöglichen.

In der groben Betrachtung leistet diese Arbeit dabei einen Beitrag für zwei große Themen. Zum einen wird die Sensibilisierung für die IT in Schulen thematisiert. Durch die Untersuchung der Studien über die Nutzung von neuen Medien bei Schülerinnen und Schülern und Teenagern im Allgemeinen, hat sich herauskristalisiert, dass neue Technologien schon lange Einzug in den Alltag der Schülerinnen und Schüler gefunden haben. Der Bildungsapparat jedoch tut sich schwer dort mitzuhalten. Zu viele Bereiche werden noch analog abgedeckt. Beispielsweise hat die Studie ergeben, dass der Overhead-Projektor mit 83% noch mit am häufigsten in den Klassenzimmern vorhanden ist, Notebooks und Tablets nur mit 20% und 10% (vgl. Initiative D21, 2016, S. 7). Wie aus der Studie *Schule Digital* (s. Abschnitt 2.2.2) hervorgegangen ist, liegen die Probleme an verschiedenen Stellen, vor Allem aber bei der Ausbildung der Lehrkräfte in den IT-Bereichen, was zu einer Art Hürde bei der Einführung in den Schulklassen führt. Das kleinste Problem ist der Wille, was erfreulich ist, jedoch in der Umsetzung noch Mängel aufzeigt (vgl. Diethelm & Brinda, 2014, S. 2). Durch die Digitalisierung werden die Wissensräume verändert. Die Schülerinnen und Schüler sind stets online und haben sofortigen Zugriff auf fundiertes Wissen. Dadurch werden die Lehrerinnen und Lehrer nicht mehr zu dem alleinigen Wissensverwalter, sondern tragen in Zukunft andere Verantwortungen, wie beispielsweise die jungen Menschen zu digital kompetenten Menschen zu entwickeln (vgl. Schiefner-rohs, n.d.). Als ein Modell zur Umsetzung dessen wird das Blended Learning gesehen (s. Abschnitt 2.3.3), welches zur erfolgreichen Umsetzung jedoch einiges an konzeptioneller Arbeit

voraussetzt. Die neu aufwachsende Generation von Lehrerinnen und Lehrern, welche ebenfalls mit Smartphones o. ä. aufwachsen und dadurch bereits eine Digitalkompetenz mitbringen, könnten dabei ein entscheidender Schritt sein. Lehrerinnen und Lehrer, welche bereits eine Digitalkompetenz mitbringen, sind besser in der Lage sich in neue Technologien einzuarbeiten und somit den Unterricht nachhaltig, innovativ und zeitgemäß zu gestalten, was auch die Schülerinnen und Schüler besser auf die Zukunft vorbereiten würde, in welcher der Umgang mit neuen Medien und Technologien unabdingbar ist.

Das zweite Thema, welches mit dieser Arbeit angegangen wurde, ist die Sensibilisierung für kritische gesellschaftliche Probleme, in diesem Fall das Umweltverhalten, im Rahmen des Schulunterrichts durch neue Technologien. IoT ermöglicht es den Schülerinnen und Schülern einen direkten Bezug zur Umwelt herzustellen. Die Veränderung des Klimas und die anthropogenen Faktoren sind sehr abstrakt und können beispielsweise durch Sensorik und einer entsprechenden Darstellung konkreter und greifbarer werden. Durch die einfache Darstellung von Umweltdaten, wie in diesem Fall der CO<sub>2</sub>-Emissionen, kann den Schülerinnen und Schülern gezeigt werden, welchen direkten Einfluss sie auf die Umwelt haben, wodurch ihr Empathievermögen gestärkt und ein Bewusstsein diesbezüglich entwickelt wird. Zu dieser Thematik wurden im Abschnitt 2.3 drei Arbeiten untersucht (s. Abschnitte 2.3.3, 2.3.4, 2.3.5). Alle drei Arbeiten untersuchten unter anderem den Effekt auf den Nutzer, bei einer Visualisierung von Umweltdaten. Alle Probanden gaben an, dass die direkte Konfrontation und Repräsentation durch die Anwendungen und Installationen, emotionalen Einfluss auf sie und ihr Verhalten bezüglich der Umwelt hatten. Dies betrifft beispielsweise das Konsumverhalten in Bezug auf den Stromverbrauch oder auch nur die Aufklärung und das Bewusstsein über die Thematik. Fragen wie: „Welchen Einfluss hat es auf die Umwelt, wenn ich mit dem

---

Auto zur Arbeit fahre?“, „Was verändert sich, wenn ich häufiger mit dem Fahrrad komme oder Fahrgemeinschaften bilde?“ können sehr gut mit Hilfe von neuen Technologien beantwortet und den Schülerinnen und Schülern nähergebracht werden, da durch IoT hier eine Abstraktionsebene gebrochen werden kann.

Es kann also nicht nur ein Schritt in die Richtung zur digitalen Kompetenz der Schülerinnen und Schüler, sondern auch relevant für die Vermittlung von Lehrinhalten sein. Es gilt die digitale Welt und den täglichen Lernalltag in Schulen zusammenzuführen, dafür bedarf es jedoch neuer Konzepte, welche die alten Formen der Didaktik zeitgemäßer machen und sich vom klassischen Frontal-Unterricht in diesem Sinne entfernen (vgl. Jeffrey et al., 2014b).

Ob das in dieser Arbeit entwickelte Konzept, mit seiner Lehrplankonformität und dem Hands-On IT-Teil die IT-Kompetenz und die Didaktik bei der Sensibilisierung von IT wirklich unterstützt oder dabei hilft den im Lehrplan verankerten Inhalt besser zu vermitteln, kann hier nicht final getroffen werden. Dafür müssen in Zukunft Tests und Studien (bspw. Feldstudien/Feldtests) durchgeführt werden, welche die Situation vor und nach der Nutzung dieser Anwendung analysieren und beschreiben.

## 6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Umfrageergebnis nach Themeninteressen der Jugendlichen (Darstellung nach Zdf-multimedia et al., 2017, S. 63)	21
Abbildung 2: Für den Unterricht verfügbare Geräte (Darstellung nach Initiative D21, 2016, S.7)	23
Abbildung 3: Wunsch nach Medienkonzept bei Lehrern, Schülern und Eltern (Darstellung nach Initiative D21, 2016, S. 26)	24
Abbildung 4: Steckbrief der Schüler-Persona „David“	27
Abbildung 5: Steckbrief der Schülerin-Persona „Rebecca“	28
Abbildung 6: Steckbrief der Lehrer-Persona „Alexander“	29
Abbildung 7: Map Interface für den Usability-Test	31
Abbildung 8: Vektorbasiertes Interface mit authentischen Daten	32
Abbildung 9: Resultat der Aufgabenstellung (Darstellung nach Peters & Songer, 2011)	33
Abbildung 10: Blended Learning helps in the learning of the concept (Darstellung nach Gomes, 2015)	38
Abbildung 11: Mangobaum aus dem atlantischen Wald (links), Esche aus Großbritannien (rechts) (Darstellung nach Jacobs et al., 2013)	40
Abbildung 12: Zwei Visualisierungen und dazwischen die „climate machine“	42
Abbildung 13: Visualisierung der Messdaten auf dem Smartphone	43
Abbildung 14: In-Home-Display (Darstellung nach Doherty et al., 2010)	47
Abbildung 15: Darstellung des Stromverbrauches und der CO <sub>2</sub> -Emissionen in der Webanwendung (Darstellung nach Doherty et al., 2010)	48
Abbildung 16: Mobile Web-App (Darstellung nach Doherty et al., 2010)	49
Abbildung 17: Die Map herausgezoomt (links); reingezoomt mit Datenansicht Hamburg (rechts)	52

---

Abbildung 18: Die Hardware	52
Abbildung 19: Tweet mit Hashtag Feinstaub - <a href="https://twitter.com/luftdaten">https://twitter.com/luftdaten</a>	54
Abbildung 20: Globusansicht mit aktivem Wind-Layer (links), Layerauswahl (rechts)	56
Abbildung 21: Die Karte mit allen SCKs	58
Abbildung 22: Werte des SCKs eines Users	59
Abbildung 23: Diskussionsforum unter der Sensordatenanzeige	59
Abbildung 24: Das Smartcitizen-Kit (SCK)	60
Abbildung 25: Visualisierung der Vitaldaten am Beispiel „Carbon Dioxide“	62
Abbildung 26: „Coral Bleaching“; Ein Spiel, welches den Kindern die Versäuerung der Meere vermittelt	63
Abbildung 27: Startseite der NASA Climate Time Machine <sup>39</sup>	64
Abbildung 28: Nordeuropas Küstenstädte bei einem Meeresspiegelanstieg um 4 Meter	65
Abbildung 29: CO <sub>2</sub> Visualisierung 2002    Abbildung 24: CO <sub>2</sub> Visualisierung 2016 <sup>41</sup>	66
Abbildung 30: Startseite - Carbon Story	68
Abbildung 31: Screen - Enter the past <sup>45</sup>	68
Abbildung 32: Visualisierung des 21. Jahrhunderts	69
Abbildung 33: Carbon Story - Present	70
Abbildung 34: Screen - Enter the future	71
Abbildung 35: Screen - Go and see the consequences <sup>48</sup>	71
Abbildung 36: Nutzung von Online-Angeboten für die Unterrichtsvor- und nachbereitung (Darstellung nach Initiative D21, 2016, S. 17)	74
Abbildung 37: Erste Version des Kriterienkatalogs	76
Abbildung 38: Komponentendiagramm der Anwendung	83
Abbildung 39: Drei-Schichten-Architektur	85
Abbildung 40: Suchtreffer für „CO <sub>2</sub> -Emissionen“ auf der World Bank Open Data-Plattform	91
Abbildung 41: Ausschnitt aus dem Datei-Export der World Bank Open Data Plattform	92
Abbildung 42: Implementationsarchitektur	93
Abbildung 43: Für den Prototypen umzusetzender Teil der Implementationsarchitektur	94
Abbildung 44: Die Live-Daten-Ansicht der Anwendung mit allen aktiven Sensorkits	96

---

Abbildung 45: MH-Z19 verbunden mit dem Raspberry Pi 3	99
Abbildung 46: Node-RED Flow - Device-to-Cloud	101
Abbildung 47: Azure IoT-Hub Plugin in Node-RED	101
Abbildung 48: Die Cloud-Komponenten in Azure	102

## 7 Literaturverzeichnis

- Diethelm, I., & Brinda, T. (2014). Geschichte und Grundsätzliches, (1987), 1–11.
- Doherty, A. R., Qiu, Z., Foley, C., Lee, H., Gurrin, C., & Smeaton, A. F. (2010). Green multimedia: informing people of their carbon footprint through two simple sensors. *Proceedings of the International Conference on Multimedia*, 441–450. <https://doi.org/10.1145/1873951.1874015>
- Easterbrook, S. (2010). Climate Change: A Grand Software Challenge, 99–104. Retrieved from <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=1882383&dl=ACM&coll=DL>
- Freie und Hansestadt Hamburg - Behörde für Schule und Berufsbildung. (2009). Bildungsplan gymnasiale Oberstufe. Geographie. Retrieved from <https://www.hamburg.de/contentblob/1475200/c6e04a8f55b30e56329b505863914c8f/data/geographie-gyo.pdf>
- Gesellschaft für Informatik A. (2016). Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe II veröffentlicht. Retrieved July 17, 2018, from <https://gi.de/meldung/bildungsstandards-informatik-fuer-die-sekundarstufe-ii-veroeffentlicht/>
- Gesellschaft für Informatik B. (2017). Der Weg zur digitalen Schule. Retrieved July 17, 2018, from <https://gi.de/themen/beitrag/der-weg-zur-digitalen-schule/>
- Gesellschaft für Informatik C. (2018). Bildung für nachhaltige Entwicklung in einer digitalen Welt. Retrieved July 17, 2018, from <https://gi.de/meldung/bildung-fuer-nachhaltige-entwicklung-in-einer-digitalen-welt/>
- Gomes, T. (2015). Teaching Climate Change Through Blended Learning, 1–5.
- Initiative D21. (2016). Sonderstudie - Schule Digital. Retrieved April 1, 2018, from <http://initiated21.de/publikationen/sonderstudie-schule-digital/>

- Jacobs, R., Benford, S., Selby, M., Golembewski, M., Price, D., & Giannachi, G. (2013). A Conversation Between Trees : What Data Feels Like In The Forest. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '13*, 129–138. <https://doi.org/10.1145/2470654.2470673>
- Jeffrey, L. M., Milne, J., Suddaby, G., & Higgins, A. (2014a). Blended Learning : How Teachers Balance the Blend of Online and Classroom Components. *Journal of Information Technology Education*, 13, 121–140.
- Jeffrey, L. M., Milne, J., Suddaby, G., & Higgins, A. (2014b). Blended Learning: How Teachers Balance the Blend of Online and Classroom Components. *Journal of Information Technology Education: Research*, 13. Retrieved from <http://www.jite.org/documents/Vol13/JITEv13ResearchP121-140Jeffrey0460.pdf>
- Kirkwood, C. (2015). SmartSchools Workshop at TEN Centre. Retrieved May 8, 2017, from <http://futureeverything.org/news/smartschools-workshop-ten-centre/>
- Mpfs. (2017). JIM-Studie 2017. Retrieved May 10, 2017, from <https://www.mpfs.de/studien/jim-studie/2017/>
- OK Labs Stuttgart. (n.d.). Luftdaten.info. Retrieved March 12, 2018, from <https://luftdaten.info/>
- Peters, V. L., & Songer, N. B. (2011). Evaluating the Usability of an Interactive Map Activity for Climate Change Education. *Evaluation*, 197–200. <https://doi.org/10.1145/1999030.1999060>
- Reasons, S. (2005). Questioning the hybrid model: Student outcomes in different course formats. ... *Learning Networks*, 9(1), 83–94. Retrieved from [http://webshares.northseattle.edu/elearning/blended\\_learning/v9n1\\_reasons\[1\].pdf](http://webshares.northseattle.edu/elearning/blended_learning/v9n1_reasons[1].pdf)
- Schiefner-rohs, M. (n.d.). Ende der Kreidezeit.
- Zdf-multimedia, P. A. R. D., Media, M.-, Sabine, F., Plankenhorn, T., Tathgeb, T., Feierabend, S., ... Rathgeb, T. (2017). JIM 2017 Jugend , Information , ( Multi- ) Media. *Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest*, 1–68. Retrieved from [https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/KIM/2016/KIM\\_2016\\_Web-PDF.pdf](https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/KIM/2016/KIM_2016_Web-PDF.pdf)

## Versicherung über Selbstständigkeit

*Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.*

*Hamburg, den* \_\_\_\_\_