

Masterarbeit

Evaluation einer Augmented Reality Biodiversitätsmission für Kinder



Mirjam West

MSc Umwelt & Natürliche Ressourcen

Abgabedatum: 12. Januar 2023

Bearbeitungszeitraum: HS21 bis HS22

1. Korrektorin: Petra Bättig (ZHAW IUNR)
2. Korrektorin: Annette Jenny (ZHAW IUNR)

Zusammenfassung

Die Erhaltung der Biodiversität ist eine unserer wichtigsten Zukunftsaufgaben. Je früher Kinder dafür sensibilisiert werden, umso selbstverständlicher wird für sie der nachhaltige Umgang mit unserer Umwelt. Um auch Kinder zu erreichen, welche nicht besonders umweltaffin sind, wurde ein innovativer, niederschwelliger Ansatz des Kommunizierens ausprobiert, bei welchem Unterhaltung und Wissensvermittlung in einer Augmented Reality Outdoor Mission (AROM) miteinander verbunden werden. Dieses Scientainment-Angebot soll Familien und Kinder zwischen 7 und 11 Jahren ansprechen und wird auf einem Smartphone oder einem Tablet in den Gärten des Campus Grüentals in Wädenswil gespielt. Rund eine Stunde haben die Spielenden Zeit, um durch das Lösen von verschiedenen Rätseln die verschwundenen Helden der Biodiversität zurückzubringen. Die AROM wurde nach einem User-Centered-Design-Ansatz entwickelt. Eine begleitende Evaluation wurde in zwei Phasen gegliedert. In einer ersten Phase wurden Prototypen der Mission durch qualitative, formative Studien mit drei Schulklassen und einer Familie bewertet und bis zur finalen Version weiterentwickelt. Diese iterativen User-Tests beinhalteten Befragungen und qualitative Beobachtungen. In einer anschliessenden, zweiten Phase wurden fünf weitere Schulklassen für eine Feldstudie mit der finalen Version der Mission eingeladen, um den Lerneffekt sowie die Lernmotivation zu untersuchen. Über 100 Kinder haben dabei die Mission in den Gärten gespielt und vor und nach dem Erlebnis einen Fragebogen ausgefüllt. Die Ergebnisse der User-Tests aus der ersten Phase trugen jeweils zur Verbesserung der Qualität der nachfolgenden Prototypen bei und resultierten schliesslich in einer finalen Version, welche für die Zielgruppe ein positives Benutzererlebnis bietet. Aus der zweiten Phase ging hervor, dass die AROM die Kinder in einen Lernzustand versetzen und sie motivieren konnte, sich aktiv Wissen anzueignen. Es wurde ein signifikanter Lerneffekt festgestellt. Zudem wurden Herausforderungen – wie kann die Anwendung gestaltet werden, damit das Naturerlebnis immer noch im Vordergrund steht? – und Weiterentwicklungsmöglichkeiten, wie zum Beispiel Personalisierung des Spiels, und Raum für weitere Forschung identifiziert. Schlussendlich bietet sich Augmented Reality für weitere Scientainmentprojekte an und so sind bereits Folgeprojekte in Planung.

Abstract

Preserving biodiversity is one of our most important tasks for the future. The earlier children are sensitized to its importance, the more natural it will be for them to treat the environment in a sustainable manner. In order to reach children who are not particularly environmentally aware, an innovative, low-threshold approach to communication was used, in which entertainment and knowledge transfer are combined in an Augmented Reality Outdoor Mission (AROM). This scientainment offer is intended to appeal to families and children between the ages of 7 and 11 and is played on a smartphone or tablet in the gardens of the university campus in Wädenswil. The players have one hour to solve various puzzles and bring back the missing heroes of biodiversity. The AROM was developed according to a user-centered design approach. An accompanying evaluation was divided into two phases. In the first phase, the prototypes were developed and evaluated through various qualitative formative studies with three school classes and one family. Furthermore, in a second phase, a field study was conducted with the final version of the mission to investigate the learning effect as well as the learning motivation. This involved over 100 children playing the mission in the gardens and completing a questionnaire before and after the experience. The results of the user tests each helped to improve the quality of subsequent prototypes and ultimately resulted in a final version that provided a positive user experience for the target audience. Furthermore, the AROM was able to motivate them to actively acquire knowledge. Also, a significant learning effect was found. In addition, challenges and opportunities for further development were identified. Conclusively, Augmented reality appears to be suitable for scientainment projects and follow-up projects are already being planned.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	II
Abstract (Englisch)	III
Inhaltsverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis.....	VI
1 Einleitung	1
1.1 «Auf der Spur der verschwundenen Helden»	1
1.2 Vision, Forschungsfrage & Ziele.....	5
1.2.1 Phase 1: Finalisierung der AROM	5
1.2.2 Phase 2: Evaluation der Wirkung	5
2 Theoretische Grundlagen	7
2.1 AROM-Entwicklung basierend auf User-Centered Design.....	7
2.2 Lernmotivation.....	7
2.3 Scientainment	8
2.4 Lernen mit Augmented Reality (Serious) Games.....	9
2.5 Usability und User Experience von AR-Anwendungen	11
3 Methodik.....	15
3.1 Literaturrecherche	15
3.2 Mixed-Methods-Forschungsdesign.....	15
3.3 Stichprobe	15
3.4 Datenerhebung	16
3.4.1 Phase 1: Evaluation Usability & User Experience.....	16
3.4.2 Phase 2: Evaluation Lerneffekt & -motivation	18
3.5 Datenauswertung	21
3.5.1 Datenanalyse Phase 1	21
3.5.2 Datenanalyse Phase 2	22
4 Ergebnisse	23
4.1 Phase 1: Usability & User Experience der AROM	23
4.1.1 User-Test 1 (3. Klasse)	23

4.1.2	User-Test 2 (4. Klasse)	27
4.1.3	User-Test 3 (2. Klasse)	31
4.1.4	Abschluss UCD-Prozess und Phase 1	35
4.2	Phase 2: Lerneffekt & -motivation.....	37
4.2.1	Allgemeines	37
4.2.2	Lerneffekt	38
4.2.3	Lernmotivation.....	41
4.2.4	Zusammenhang mit Umweltbewusstsein	43
5	Diskussion.....	47
5.1	Usability und User Experience der AROM.....	47
5.2	Lerneffekt und -motivation durch die AROM.....	50
5.3	Kritische Würdigung von Methoden und Umsetzung	52
5.4	Schlussfolgerung.....	54
6	Ausblick.....	56
7	Verzeichnisse	57
7.1	Literaturverzeichnis	57
7.2	Abbildungsverzeichnis.....	62
7.3	Tabellenverzeichnis.....	63
8	Anhang.....	65

Abkürzungsverzeichnis

AR	Augmented Reality
AROM	Augmented Reality Outdoor Mission
IMMS	Instructional Materials Motivation Survey
MAR	Mobile Augmented Reality
MS1	Minispiel 1
MS2	Minispiel 2
MS3	Minispiel 3
RIMMS	Reduzierter (reduced) Instructional Materials Motivation Survey
UCD	User Centered Design
UP	Usability Problem
UX	User Experience
ZHAW	Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

1 Einleitung

1.1 «Auf der Spur der verschwundenen Helden»

Die Gärten auf dem Campus Grüental in Wädenswil sind das Schaufenster der aktuellen Forschung im Bereich Nachhaltigkeit der ZHAW. Die abwechslungsreichen Grünräume dienen als Infrastruktur für «forschendes Lernen» für Studierende, für Schulklassen und die Öffentlichkeit. Ein neuer niederschwelliger Ansatz des Kommunizierens über Bildung, Forschung und Innovation ergänzt seit Sommer 2022 die bestehenden Angebote in den Gärten und soll Kinder zwischen 7 und 11 Jahren auf spielerische Art für die Biodiversitätskrise sensibilisieren.

Die Erhaltung der Biodiversität, beziehungsweise der biologischen Vielfalt, ist eine der wichtigsten Zukunftsaufgaben. Je früher Kinder dafür sensibilisiert werden, dass alle Lebewesen voneinander abhängig sind und wie die Vielfalt auch viele Bereiche ihres eigenen Lebens beeinflusst, umso selbstverständlicher wird für sie auch der schonende und nachhaltige Umgang mit den natürlichen Ressourcen.

Das Spiel «Auf der Spur der verschwundenen Helden» ist eine Augmented Reality Outdoor Mission (AROM), welche auf ein Tablet oder Smartphone heruntergeladen und in kleinen Gruppen in den Gärten auf dem Campus Grüental gespielt wird¹. Yara, der Schmetterling, illustriert in Abbildung 1, führt als virtueller Begleit-Avatar die Spielenden durch die Mission und unterstützt sie beim Lösen der Rätsel. Rund eine Stunde haben die Spielenden Zeit, die verschwundenen Helden der Biodiversität zurückzubringen. Dazu müssen drei Minispiele innerhalb von je 15 Minuten erfolgreich abgeschlossen werden, welche jeweils in einem Bereich der Gärten und einem konkreten Thema gewidmet sind.

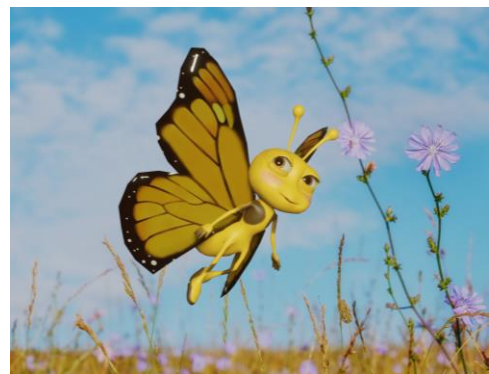


Abbildung 1: Yara, die Spielbegleiterin

Die Mission soll benutzerfreundlich sein und Spass machen. Mit der App und dem Einsatz von Augmented Reality (AR) sollen zudem die Gärten im Grüental für Familien und Schulklassen noch attraktiver gemacht werden. Sie sollen die Natur in den Gärten entdecken und motiviert werden, länger in den Gärten zu verweilen oder wiederkommen.

In Abbildung 2 ist die Storyline der Mission dargestellt. Zwischen den Minispielen wird in der App jeweils eine Karte eingeblendet und Yara zeigt den Weg zum nächsten Ort. Die thematisierten Bereiche, in denen die jeweiligen Rätsel gelöst werden, sind in Klammern

¹ Weitere Infos und Links zum Herunterladen: <https://www.zhaw.ch/de/lsvm/ueber-uns/offene-hochschule/gaerten-im-grueental/biodiversitaet-mission/>

angegeben. Wird das Spiel parallel von mehreren Gruppen gespielt, kann die Reihenfolge der Minispiele geändert werden. Letztere werden nachfolgend erläutert.



Abbildung 2: Storyline der AROM



Minispiel 1 (MS1): Regenwurm – Boden als Lebensraum für Pflanzen und Tiere (Erdreich)

Der Boden liefert die Grundlage für unsere Ernährung, dient als Filter für Trinkwasser, speichert Nährstoffe und ist Lebensraum für unzählige Lebewesen – darunter auch des Regenwurms. In gesundem Boden fühlt er sich wohl und gleichzeitig ist er für den Boden von grossem Nutzen. Zu intensiv betriebene Landwirtschaft hat jedoch zu verdichteten Böden geführt – kein gemütlicher Ort für einen Regenwurm. Ausserdem haben ihn Pflanzen- und Insektengifte dazu gebracht, sich tief in der Erde zu verstecken.

Mit Hinweisen aus dem Erdreich müssen verschiedene Bilder- und Text-Quizfragen beantwortet werden. Wie die Beispielfrage in Abbildung 3 zeigt, haben die Kinder jeweils vier Antwortmöglichkeiten zur Verfügung. Mit jeder richtigen Antwort gelangt man tiefer in den Boden rein und dem Regenwurm ein Stück näher. Die Fragen bestehen entweder aus reinen Bilderfragen oder aus einem Mix aus Bilder- und

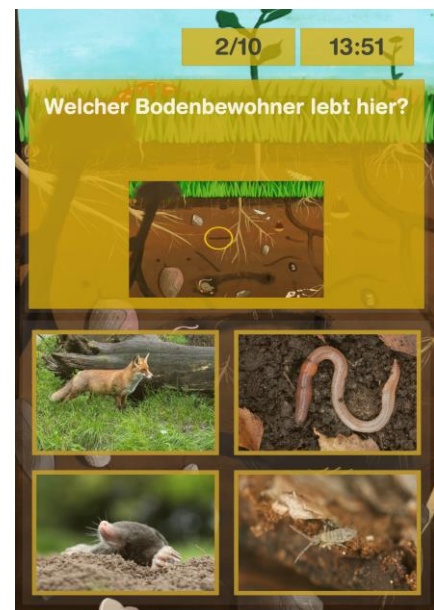


Abbildung 3: MS1 Quizfrage

Textfragen, je nachdem welchen Modus die Spielenden zu Beginn auswählen. Eine Beispielfrage lautet «Wie hilft der Regenwurm dem Boden, wenn es regnet?».



Minispiel 2 (MS2): Marienkäfer – Bedeutung von Gräser für uns Menschen (Gräserland)

Räuberische Insekten – sogenannte Nützlinge – spielen eine wichtige Rolle in der natürlichen Regulation von Schädlingen in landwirtschaftlichen Kulturen, wie dem Weizen. Der Marienkäfer ist einer der bekanntesten Nützlinge. Als Fressfeind der Blattläuse und Schildläuse ist er



Abbildung 4: Der virtuelle Weizen wurde im MS2 erfolgreich bis zum Reifestadium aufgezogen.

ein echter Glücksbringer für das Ökosystem der Agrarlandschaften. Sowohl Larven als auch erwachsene Käfer fressen in grossen Mengen Schädlinge. Pflanzen- und Insektengifte und neue Arten aus dem Ausland haben den Marienkäfer jedoch zum Verschwinden gebracht.

Um den Marienkäfer anzulocken, muss ein virtueller Samen gepflanzt und eine Weizenpflanze aufgezogen werden – ganz ohne Pflanzen- und Insektengifte. Dabei muss zum richtigen Zeitpunkt das Pflänzchen bewässert, Unkraut gejätet, gedüngt sowie ein Blühstreifen angelegt und Blattläuse abgewehrt werden. Mit jeder richtigen Tätigkeit kann auf dem Bildschirm beobachtet werden, wie die Pflanze wächst, bis am Schluss der reife Weizen, wie er in Abbildung 4 dargestellt ist, geerntet wird und der Marienkäfer angefliegen kommt.



Minispiel 3 (MS3) Biene – Lebensraum für Wildbienen (Staudenmischpflanzungen)

Wildbienen produzieren keinen Honig, sind aber für einen Grossteil der Bestäubung von Pflanzen verantwortlich und bewahren damit die Vielfalt des Lebens. Leider fehlt es ihnen – auf dem Land wie in den Städten – an einheimischen Wildblumen, um sich und ihre Nachkommen zu ernähren, und an Nistmöglichkeiten, um sich zu vermehren. So sind sie immer seltener anzutreffen.

Um der Biene ein schönes Zuhause zu ermöglichen, müssen virtuelle Blumen und Nistmöglichkeiten gesucht werden, welche im Garten versteckt und nur auf dem Bildschirm

sichtbar werden. Ein Beispiel ist in Abbildung 5 dargestellt. Bei jedem Gegenstand muss entschieden werden, ob er eingesammelt werden soll oder nicht. Es sind auch Gegenstände versteckt, an denen die Bienen keine Freude haben und nicht eingesammelt werden sollten, zum Beispiel Plastikflaschen. Werden innerhalb der 15 Minuten genügend Blumen und Nisthilfen gefunden, kommt die Biene angeflogen.



Abbildung 5: Ein virtuelles Stück Nistholz wurde in MS3 gefunden.

Das Spielfeld mit den thematisierten Gärten ist in Abbildung 6 ersichtlich. Die Karte wurde auch im Prototyp der App verwendet, um den Spielenden aufzuzeigen, wo sie die nächste Aufgabe erwartet.

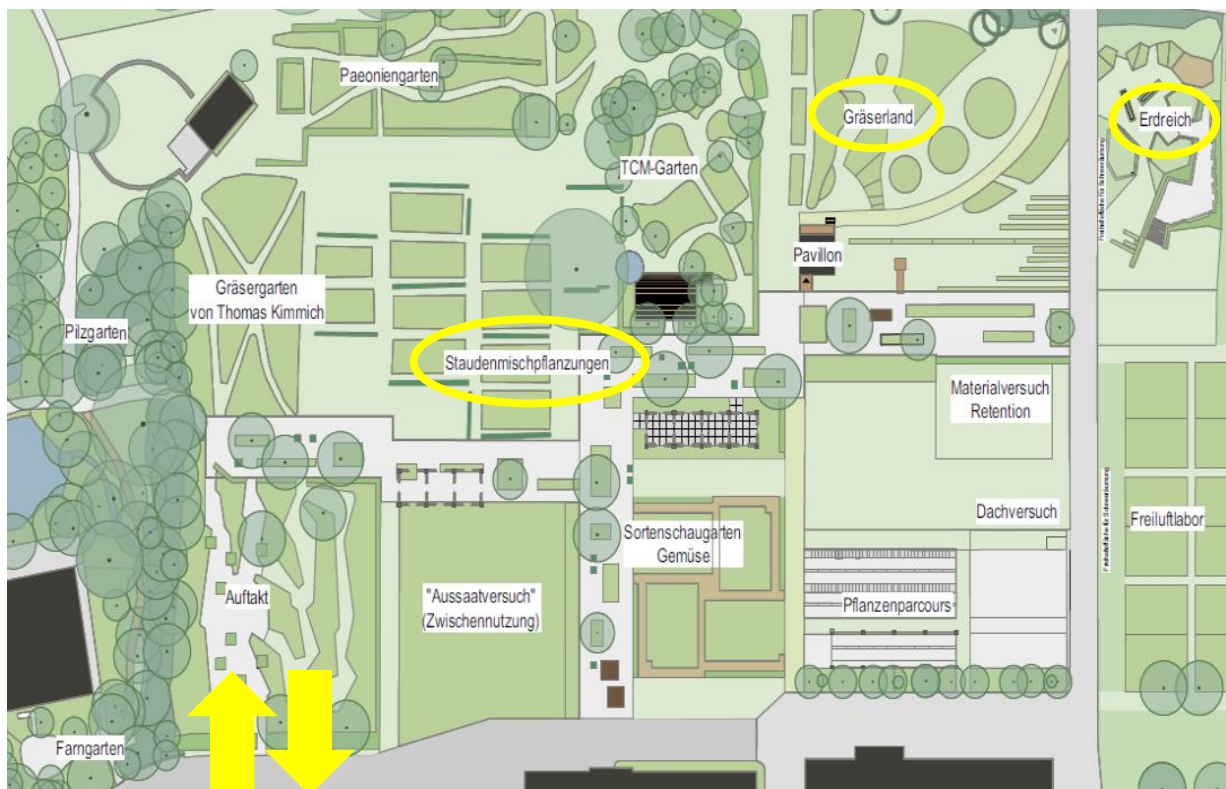


Abbildung 6: Thematisierte Gärten im Grüental (eingekreist)

Das Projekt wurde finanziert von der Gebert RUF Stiftung. Ein erster Prototyp der App wurde per Ende August 2021 in einem multidisziplinären Projekt vom IUNR zusammen mit dem IAS, INE (School of Engineering) und dem Startup Cymmersion entwickelt.

1.2 Vision, Forschungsfrage & Ziele

Mit der Entwicklung der AROM soll eine neue Zielgruppe angesprochen werden, die bis jetzt wenig in den Gärten anzutreffen ist: Kinder und Familien. Die AROM soll dabei besonders auch diejenigen ansprechen, welche eher wenig umweltaffin sind. In dieser Arbeit wird die Mission in zwei Phasen evaluiert und verbessert und es wird so insgesamt untersucht, ob die AROM einen Beitrag zu dieser Vision leisten kann. Übergreifend stellt sich die folgende Forschungsfrage:



Können Nachhaltigkeitsthemen durch Scientainment-Massnahmen, wie die AR Outdoor Mission, wirkungsorientiert kommuniziert werden?

In der ersten Phase wird der Prototyp der Mission optimiert und die Mission finalisiert. Anschliessend wird die Mission in der zweiten Phase auf ihre Wirkung evaluiert. In den beiden nachfolgenden Unterkapiteln werden die zu prüfenden Ziele erläutert.

1.2.1 Phase 1: Finalisierung der AROM

Der bestehende Prototyp soll in einem iterativen Prozess getestet und verbessert werden. Dabei soll untersucht werden, wie benutzerfreundlich die App für Kinder ist und ob sie positive Emotionen wecken kann. Damit sollen besonders relevante Aspekte in Bezug auf Usability und User Experience identifiziert werden. Diese Erkenntnisse fliessen wiederum laufend in die Entwicklung und Finalisierung des Spiels ein.

Konkret soll geprüft werden, ob die AROM folgende gesetzte Ziele erreicht:

- 1) Die App ist **zielgruppengerecht** entwickelt worden und spricht Kinder im Alter zwischen 7 und 11 Jahren an.
- 2) Das Spiel macht Spass und löst bei den Kindern positive Emotionen aus (**gute User Experience**).
- 3) Die App ist benutzerfreundlich (weist eine **gute Usability** auf).
- 4) Die AROM funktioniert sowohl im Schulklassen- als auch im Familiensetting.

1.2.2 Phase 2: Evaluation der Wirkung

Mit der finalen Version soll anschliessend untersucht werden, ob das Spiel die beabsichtigte Wirkung entfaltet, Inhalte der Biodiversität erfolgreich zu vermitteln, sowie bei den Kindern eine hohe Lernmotivation auszulösen. Letztere ist besonders relevant für die mögliche Einbettung der AROM in den Unterricht von Primarschulen.

Folgende zusätzliche Ziele sollen dazu geprüft werden:

- 5) Die AROM kann erfolgreich **Biodiversitätswissen vermitteln**. Dabei werden nachfolgende Lernziele verfolgt, welche auf den Lehrplan 21 (Bildungsdirektion des Kantons Zürich, 2017) abgestimmt sind:

MS1 (Regenwurm):

- Die Schüler:innen verstehen, dass die Entwicklung von Böden mehrere tausend Jahre dauert.
- Die Schüler:innen kennen die Bedeutung des Regenwurms für den Boden.

MS2 (Marienkäfer):

- Die Schüler:innen können erklären, was es braucht, bis ein in die Erde gestecktes Samenkorn zu einem essbaren Produkt heranwächst.
- Die Schüler:innen können die Bedeutung von Blühstreifen/Marienkäfer für den Weizen erklären.

MS3 (Biene):

- Die Schüler:innen verstehen, weshalb Wildbienen für uns Menschen wichtig sind.
- Die Schüler:innen kennen zwei mögliche Nisthilfen für Bienen.

- 6) Die AROM **motiviert Schüler:innen zum Lernen**. Die Motivation hält über das Spielen hinaus an.

- 7) Kinder möchten die AROM **weiterempfehlen**.

Da die AROM neue Zielgruppen ansprechen möchte, und insbesondere auch Kinder, welche nicht an Umweltthemen interessiert sind, soll vertiefend der Zusammenhang mit dem Umweltbewusstsein evaluiert werden.

Folgende Hypothesen werden dazu geprüft:

H1: Je grösser das Umweltbewusstsein, desto grösser der Lerneffekt.

H2: Je grösser das Umweltbewusstsein, desto höher die Lernmotivation.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 AROM-Entwicklung basierend auf User-Centered Design

Damit ein System benutzerfreundlich wird, sollten gemäss Gould & Lewis (1985) Benutzer:innen kontinuierlich in den Entwicklungsprozess eines Systems miteinbezogen und das Design auf Basis der Feedbacks angepasst werden. Dieses User-Centered Design (UCD) hat in der Dienstleistungs- und Produktentwicklung zunehmend an Bedeutung gewonnen. UCD senkt die Kosten und verbessert die Benutzerfreundlichkeit, da so früh wie möglich im Entwicklungsprozess auf die Bedürfnisse des Nutzers eingegangen wird (Dirin & Nieminen, 2015).

UCD wurde auch bei der Entwicklung, resp. Finalisierung, der AROM angewendet. Der Prozess ist iterativ und besteht aus vier Phasen, wie sie in Abbildung 7 dargestellt sind.

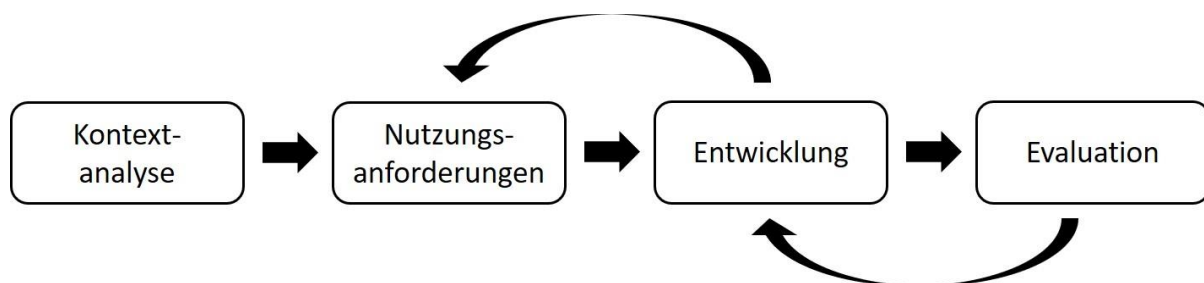


Abbildung 7: UCD für die Entwicklung eines interaktiven Systems (eigene Abbildung)

Die erste Phase beginnt mit einer Kontextanalyse. Für AROM wurde in einem interdisziplinären Team, bestehend aus Experten verschiedener Kompetenzbereiche (Engineering, Umweltwissenschaft, Pädagogik), Ziele und Rahmenbedingungen identifiziert und anschliessend ein Konzept für das Spiel erarbeitet. In der zweiten Phase wurden die Nutzungsanforderungen abgeleitet und die Storyline erstellt sowie die Spielinhalte skizziert und ein Drehbuch entworfen. Die dritte Phase setzte sich mit der Entwicklung der AR-Anwendung fort. In einem ersten Schritt wurden die Spielinhalte anhand eines einfachen, digitalen Prototyps (Powerpoint-Slides) mit drei Primarschulklassen getestet und das Drehbuch den jeweiligen Lehrpersonen zur Einholung einer Expertenmeinung vorgelegt. Das Feedback floss in die Entwicklung des fertigen, spielbaren Prototyps ein. In der vierten Phase wird im Rahmen dieser Masterthesis die App evaluiert und das Verfahren wiederholt, bis das AR-Spiel den Nutzungsanforderungen (siehe Kapitel 1.2.1) entspricht.

2.2 Lernmotivation

Gemäss Chan & Ahern (1999) lernen Menschen, die intrinsisch motiviert sind, nicht nur mehr, sondern haben auch eine positivere Erfahrung. Spiele erfüllen beide Kriterien für effektive

Lernumgebungen: Sie sind aktive Erfahrungen und haben die Fähigkeit, intrinsische Motivation zu erzeugen.

Um die Motivation von Schüler:innen im Unterricht zu verstehen, entwickelte der amerikanische Professor John Keller die ARCS-Motivationstheorie. Er schlägt ein systematisiertes Motivationsmodell vor, welches auf der Motivationstheorie und anderen verwandten Theorien basiert, um die Lernmotivation von Schüler:innen zu untersuchen und zu fördern (Keller, 1987, 2012). Das Modell basiert auf vier motivationsfördernden Ansatzpunkten im Lernprozess: Aufmerksamkeit (*Attention*), Relevanz (*Relevance*), Erfolgserwartung/Vertrauen (*Confidence*) und Zufriedenheit (*Satisfaction*) (Keller, 2012). Das Modell ist in Abbildung 8 dargestellt.

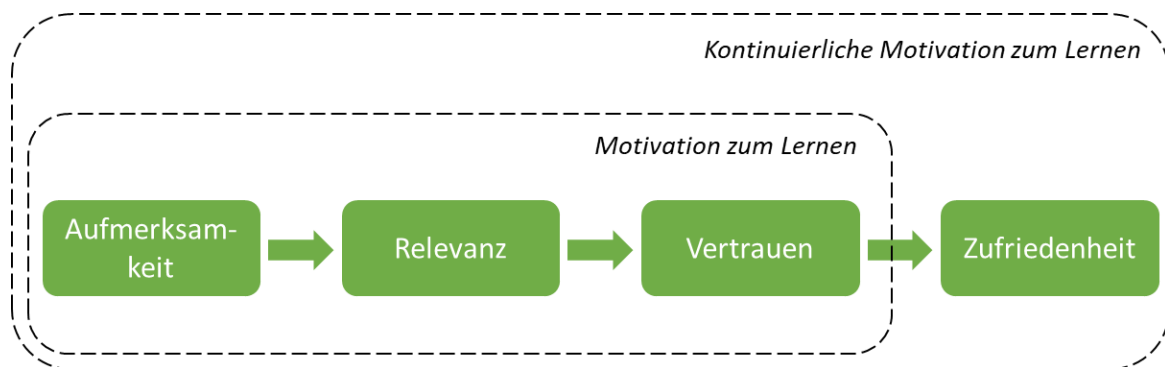


Abbildung 8: ARCS-Modell (eigene Darstellung nach Loorbach et al., 2015)

Damit Menschen motiviert sind zu lernen, müssen gemäss Keller (2010) folgende Bedingungen erfüllt sein: a) Die Neugierde und das Interesse muss angeregt werden, b) das Lernmaterial hängt mit persönlichen Zielen oder Motiven zusammen und c) es ist nicht zu wenig oder zu viel Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten vorhanden. Werden diese drei Motivationsziele (Aufmerksamkeit, Relevanz und Vertrauen) erreicht, sind Schüler:innen zum Lernen motiviert (Keller, 2010). Um diese Motivation aufrecht zu erhalten, werden zusätzlich Gefühle der Zufriedenheit mit dem Prozess oder den Ergebnissen der Lernerfahrung benötigt (Keller, 2010).

2.3 Scientainment

Gemäss der Gebert RUF Stiftung ist Scientainment als Verbindung von «Science» und «Entertainment» ein niederschwelliger Ansatz des Kommunizierens über Bildung, Forschung und Innovation, bei dem Unterhaltung und Wissensvermittlung miteinander verbunden werden. Sachliche Inhalte werden dabei zielgruppengerecht aufbereitet, um Menschen zu erreichen (Gebert RUF Stiftung, n.d.).

Ein niederschwelliger Ansatz des Kommunizierens in den Gärten der ZHAW in Wädenswil ist das Gräserland, das als sogenanntes narratives Environment die grundlegende Bedeutung der Gräser für unsere Gesellschaft thematisiert und damit auf erzählerische und aktive Weise

das Erleben und Lernen ermöglichen möchte. Eine Studie dazu hat gezeigt, dass solche narrativen Environments positive Emotionen wecken, welche wiederum zu einer nachhaltigen Lernerfahrung führen und das Interesse an dem Thema noch lange nach dem Besuch steigern (Bättig-Frey et al., 2018).

Ein weiteres Scintainment-Konzept zur spielerischen Umweltsensibilisierung und Vermittlung von Handlungskompetenzen für ein umweltfreundliches Verhalten ist das Projekt «Ökobeichtstuhl» der ZHAW. Dieses Projekt, welches Gamification-Aspekte beinhaltet und auf humorvolle und unerwartete Art einen Zugang zu komplexen Nachhaltigkeitsthemen schafft, konnte bei den teilnehmenden Jugendlichen und jungen Erwachsenen eine Bewusstseinsveränderung und die Absicht, das eigene Verhalten anzupassen, hervorrufen (Jaisli et al., 2019).

Der Vorläufer der AROM ist das Spiel «Zombie-Attacke im Grüental». Diese Mission, welche sich als App auf ein Smartphone oder Tablet laden lässt, kann ebenfalls in den Gärten des Campus Grüentals gespielt werden. Ziel des Spiels ist es, Jugendliche und Familien, welche kein Interesse an Nachhaltigkeitsthemen haben, für das Thema Nachhaltige Ernährung zu sensibilisieren und zu motivieren, sich vertieft mit diesen Inhalten zu beschäftigen (ZHAW Life Sciences und Facility Management, 2019).

Digitale Technologien haben das Potenzial, Wissenschaft und Innovation der Bevölkerung zugänglicher zu machen, indem sie neue Formen der Kommunikation bieten und gleichzeitig positive kognitive, soziale und emotionale Auswirkungen haben können (Tsivitanidou & Ioannou, 2020). Es gibt jedoch erst wenige empirische Erkenntnisse für Lernergebnisse aus digitalen Scintainment-Projekten für Kinder unter 12 Jahren (Tsivitanidou & Ioannou, 2020).

2.4 Lernen mit Augmented Reality (Serious) Games

Immersive Medien wie Serious Games, virtuelle Welten und Augmented Reality (AR) ermöglichen ein Eintauchen in ein Thema, wie es mit traditionellen Lehrmethoden bisher nicht möglich war (Bronack, 2011). AR ist eine Technologie, bei der ein computergeneriertes Bild die Sicht eines Benutzers auf die reale Welt überlagert und so eine zusammengesetzte Sicht ermöglicht. Eine erhöhte Immersion, die virtuellen Informationen sowie Interaktionen mit Gleichaltrigen können zu einem tiefen Verständnis der realen Welt und damit auch zu einer verbesserten Aufnahme der vermittelten Inhalte führen (Dalgarno & Lee, 2010; Mortara et al., 2015; Sheikh et al., 2021; Squire & Jan, 2007).

Smartphones oder Tablets nutzen derzeit verschiedene Technologien wie Bilderkennung und Sensoren zur Standortbestimmung und Orientierung. Dies macht sie kompatibel mit AR, welche in diesem Kontext zu «Mobile Augmented Reality» (MAR) wird. MAR ist definiert als AR, die mit mobilen Geräten wie Smartphones oder Tablets generiert und dargestellt wird und

ein breites Spektrum von Anwendungen ermöglicht (López-Faican & Jaen, 2020). Ein bekanntes Beispiel ist das Videospiel Pokémon Go, welches in Abbildung 9 dargestellt ist und sich im Sommer 2016 viral verbreitet hat.

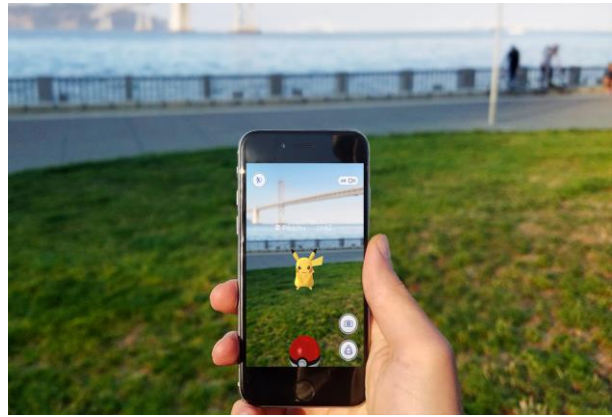


Abbildung 9: MAR-Spiel Pokémon Go
(Quelle: digitaltrends.com)

Obwohl virtuelle Welten in Form von AR hilfreich sein können in der Wissensvermittlung, so sind sie erst wirklich effektiv, wenn sie Nutzende in einen aktiven Lernzustand ver-

setzen können. Dadurch motivieren sie, sich aktiv Wissen anzueignen, anstatt nur passiv Informationen zu erhalten (Mortara et al., 2015). Umgekehrt zeigt sich ein solches Engagement in Computerspielen, die Erfahrungen bieten, welche die Spielenden für lange Zeit motivieren. Aus diesem Grund erfreuen sich Spiele mit Lerninhalten – sogenannte Serious Games – heute immer grösserer Beliebtheit (Mortara et al., 2015). Serious Games können definiert werden als jede Form von interaktiver, computergestützter Spielesoftware, die mit der Absicht entwickelt wurde, mehr als nur Unterhaltung zu bieten und Veränderungen in der realen Welt zu ermöglichen (Ritterfeld et al., 2009). Sie zielen darauf ab, den Unterhaltungswert von Spielen zu nutzen, um die Motivation der Lernenden zu beeinflussen (Charsky, 2010). Studien zeigen, dass das Lernen mit Serious Games zu einer grösseren Lernmotivation und effektiver zur Wissenssteigerung beitragen kann als Lernen mit herkömmlichen Methoden (Kiili, 2005; Sitzmann, 2011).

Serious Games für Kinder liegend stark im Trend (Schaffhauser, 2019). Dieses Wachstum wird unter anderem getrieben von Innovationen bei AR-Anwendungen und neusten Erkenntnissen u.a. in Verhaltenswissenschaften, kognitivem Lernen und pädagogischer Psychologie. Studien zeigen, dass AR im Bildungsbereich immer häufiger eingesetzt wird und dass diese Technologie sowohl für Lehrpersonen als auch für Schüler:innen eine grössere Motivation und Beteiligung an den zu vermittelnden Inhalten erzeugt (Bacca et al., 2014; Cheng, 2017; Lu & Liu, 2015; Yoon et al., 2012).

Bressler and Bodzin (2013) haben in einem «Science Mystery Game» das Serious Game Konzept mit AR kombiniert. Ihre Studie dazu weist auf ein grosses Potenzial für MAR-Wissenschaftsspiele hin, um das Interesse von Schüler:innen an der Wissenschaft zu steigern. Aktuelle AR-Anwendungen im Bildungskontext können vor allem MINT-Fächern (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik) zugeordnet werden (Law & Heintz, 2021). Rossano et al. (2020) haben beispielsweise bei der Evaluation ihrer AR-Anwendung zum Erlernen der Festkörpergeometrie ein hohes Engagement sowie einen Lerneffekt bei Primarschüler:innen feststellen können. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen Chiang et al. (2014). In ihrer Studie

haben sie eine MAR-App mit naturwissenschaftlichen Lerninhalten untersucht und kommen zum Schluss, dass Lernleistung und Motivation von Schüler:innen verbessert werden, da mit MAR reale Kontexte mit digitalen Lernressourcen am richtigen Ort und zur richtigen Zeit verknüpft werden können (Chiang et al., 2014). Wrzesien & Alcañiz Raya (2010) konnten in ihrer Studie mit einem virtuellen Serious Game keinen signifikanten Unterschied beim Lerneffekt nachweisen. Jedoch konnten sie beobachten, dass die Schüler:innen, welche das virtuelle Spiel verwendet hatten, mehr Spass am Unterricht hatten und engagierter waren als die Schüler:innen mit traditionellen Lernmethoden (Wrzesien & Alcañiz Raya, 2010).

Mögliche Nachteile bei spielbasierten Technologielösungen sind unvorhersehbare, technische Probleme, der Mangel an Kommunikation zwischen Schüler:innen sowie ein unerfülltes Versprechen, mehr als Unterhaltung zu bieten (Fauville et al., 2014). Ein weiteres Risiko ist, dass technische Anwendungen in der Natur das Naturerlebnis schmälern können, da sie stark die Aufmerksamkeit auf sich ziehen können (Alakärppä et al., 2017; Morrison et al., 2009).

Angesichts der zunehmenden Bemühungen, zu erforschen, wie (M)AR-Anwendungen das Lernen unterstützen können (vgl. Lu & Liu, 2015, oder Chiang et al., 2014), könnte diese Studie zu einem besseren Verständnis der Wirkung eines MAR-Serious Games in der Umweltbildung beitragen.

2.5 Usability und User Experience von AR-Anwendungen

Cheng (2017) hat in seiner Studie die Wirkung eines AR-Buchs auf die Motivation von Schüler:innen untersucht. Er hat hervorgehoben, dass Faktoren der User Experience in zukünftige Studien miteinbezogen werden sollen, um die Wirkung von AR-Lernerfahrungen zu erforschen.

Es gibt viele verschiedene Definitionen von User Experience (UX). Dirin & Laine (2018) bezeichnen sie als eine der wichtigsten Qualitätsfaktoren interaktiver Produkte und Dienstleistungen und definieren sie als die Emotionen, die bei Nutzenden während der Verwendung einer Dienstleistung, eines Produkts oder einer Anwendung auftreten. AR-Interfaces unterscheiden sich erheblich von herkömmlichen Interfaces, und es ist deshalb wichtig, die Reaktionen von Kindern auf die Nutzung dieser Technologie zu verstehen (Sheikh et al., 2021). Da es immer mehr MAR-Anwendungen gibt, spielen die Faktoren der UX – insbesondere das emotionale Engagement – eine grosse Rolle, ob eine neue MAR-Anwendung positiv wahrgenommen wird. López-Faican & Jaen (2020) haben in einer Studie die UX eines MAR-Games für Primarschulkinder untersucht, mit Fokus auf zwei verschiedene Spielmodi (kollaborativ und kompetitiv). Die Ergebnisse zeigen, dass beide Spielmodi für Kinder intrinsisch befriedigend sind und positive Emotionen wie Enthusiasmus, Spass und Neugier auslösen, welche die Kinder wiederum motivieren, sich noch mehr zu beteiligen (López-Faican & Jaen, 2020). Dirin & Laine (2018) haben in ihrer Studie Best Practices definiert, mit denen

es MAR-Anwendungen gelingen soll, positive Emotionen bei den Benutzenden zu wecken. Sie sind in Tabelle 1 beschrieben und sollen bei der Finalisierung der AROM berücksichtigt werden.

Tabelle 1: Best Practices für eine gute UX nach Dirin & Laine (2018)

Best Practice	Beschreibung
Räumliche Korrespondenz	Die Abmessungen und die Lage des MAR-Objekts sollten mit dem beabsichtigten Ziel in der realen Welt übereinstimmen.
Toleranz gegenüber Bewegungen	MAR-Objekte sollten tolerant gegenüber Kamerabewegungen sein.
Ausreichender Detailgrad der Objekte	Die Details der MAR-Objekte sollten ausreichend hoch sein (innerhalb der Grenzen der Zielhardware), damit sie erkennbar und ansprechend sind.
Hoher Bekanntheitsgrad der Objekte	Indem MAR-Objekte einem realen Objekt ähneln, wird der Bekanntheitsgrad erhöht.
Natürliche Interaktionen	Ermöglichung der Interaktion von Nutzenden mit MAR-Inhalten durch verschiedene natürliche Methoden (z. B. Sprache, Berührung, Gesten), wodurch der Realitätsgrad erhöht wird.
Personalisiertes Erlebnis	Wird das MAR-Erlebnis für jeden Nutzenden personalisiert, erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass er:sie sich emotional engagiert.
Ansprechender Avatar	Es wird empfohlen, einen Avatar in MAR-Anwendungen einzubinden, um die Interaktion mit der Anwendung natürlicher zu gestalten. Darüber hinaus sollte der Avatar emotionsfördernde Eigenschaften haben, wie z. B. ein ansprechendes Aussehen und eine Körpersprache, die signalisiert, wie sich der Avatar fühlt.

Darüber hinaus sind Ansätze und Methoden für die Gestaltung spezifischer Erfahrungen noch rar und es gibt Bedarf für weitere Forschung (Dirin & Laine, 2018; Irshad & Rambli, 2015; Olsson et al., 2013).

Ein wichtiger Bestandteil einer positiven UX ist die Benutzerfreundlichkeit, oder Usability (Dirin & Laine, 2018). Auch für die Usability gibt es verschiedene Definitionen. Die ISO 9241-11, welche die Usability als "das Ausmass, in dem ein Produkt von bestimmten Nutzenden verwendet werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend in einem bestimmten Nutzungskontext zu erreichen" definiert, hat sich jedoch zur häufigsten verwendeten Referenz entwickelt (Diah et al., 2010). Kurz gesagt: Usability bezieht sich darauf, wie gut die Zielgruppe die Funktionen eines Systems nutzen kann, um eine bestimmte Aufgabe zu erfüllen. Gute Usability wird normalerweise gar nicht explizit wahrgenommen, schlechte hingegen schon. Gemäss dieser ISO-Norm ist es notwendig, die Ziele der Applikation und den Nutzungskontext zu spezifizieren, um die Benutzerfreundlichkeit zu messen. Abbildung 10 zeigt alle Komponente, welche relevant sind für die Evaluation der Usability im AR-Kontext.

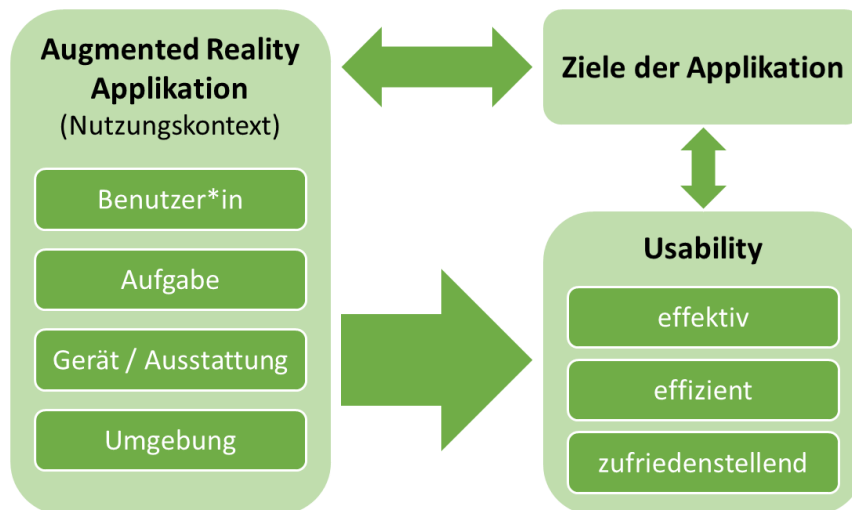


Abbildung 10: Usability-Framework für AR-Applikationen
(eigene Darstellung nach de Paiva Guimarães & Martins, 2014)

Der Nutzungskontext der AROM ist Kapitel 1.1 beschrieben. Er umfasst die Charakterisierung des Benutzenden (Kinder im Alter von 7 bis 11 Jahren in Begleitung ihrer Eltern oder Lehrpersonen), die zu lösenden Aufgaben (z.B. das Finden von virtuellen Gegenständen), die benötigte Ausrüstung (AR-kompatibles Smartphone oder Tablet mit GPS-Empfang) und schlussendlich die Angaben zur physischen Umgebung, in welcher die App angewendet werden kann (draussen in den Gärten des Campus Grüentals).

Die Ziele der App beziehen sich auf den Zweck der Anwendung. Im Fall der AROM sind das hauptsächlich die Lernziele (siehe Kapitel 1.2.2) sowie dass die App Spass macht.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Usability zu messen, wobei es an AR-spezifischen Methoden mangelt (Law & Heintz, 2021). Häufig angewendet werden heuristische Evaluationen mit Checklisten (z.B. de Paiva Guimarães & Martins, 2014), Usability-Tests im Labor

oder Feldtests mit Befragungen, Beobachtungen oder Interviews (López-Faican & Jaen, 2020; Oppermann et al., 2016).

Es wurden zwar vereinzelte systematische Ansätze entwickelt, deren Anwendung in der Praxis konnte jedoch nur in wenigen Fällen beobachtet werden. User/Human-Centered Design war die am häufigsten genannte Methode, welche für die Entwicklung von AR-Anwendung und deren Usability und UX-Evaluationen genutzt wird (Law & Heintz, 2021).

Um das Design von AR-Anwendungen zu verbessern, sind zudem Erkenntnisse aus Usability-Problemen (UP) von entscheidender Bedeutung. Law & Heintz (2021) empfehlen UPs systematisch zu dokumentieren, damit andere Forschende und Praktiker:innen die UPs analysieren und Änderungsempfehlungen ableiten können.

Schlussendlich sollte ein MAR-Spiel einfach und zuverlässig zu bedienen sein, dem Nutzenden einen Mehrwert bringen und zudem Spass machen. Es konnten nur vereinzelte Studien zu diesem Thema gefunden werden (Chang et al., 2018; Dirin & Laine, 2018; Irshad & Rambli, 2015; López-Faican & Jaen, 2020; Sheikh et al., 2021; Tuli & Mantri, 2020) – davon betrachten wenige Kinder als Zielgruppe oder können im Umweltbildungs- bzw. Scientainment-Bereich angesiedelt werden. Auch Law & Heintz (2021) schlussfolgern in ihrer systematischen Literaturrecherche, dass noch weitere Forschungsbemühungen im Bereich der AR-spezifischer Usability/UX notwendig sind.

3 Methodik

3.1 Literaturrecherche

Zu Beginn der Arbeit wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, um den Stand der Forschung des Themengebiets zusammenzufassen und passende Methoden für die Evaluation zu identifizieren. Dafür wurde hauptsächlich die Suchmaschine Google Scholar verwendet.

3.2 Mixed-Methods-Forschungsdesign

Da die Usability auch Teil der UX ist, wird nachfolgend nur von UX gesprochen, wenn nicht spezifisch Usability gemeint ist. Um die UX des AROM-Prototyps zu verbessern, wurde dieser von der Zielgruppe getestet. Die Erkenntnisse flossen in die Optimierung und Finalisierung der App ein. Beim UCD-Ansatz, wie in Kapitel 2.1 beschrieben, handelt es sich um einen iterativen Prozess. Generell gilt: Je mehr Iterationen bei den Usability-Tests, desto besser das Produkt (Diah et al., 2010). Es wurden drei Iterationen durchgeführt. Anschliessend wurde die AROM finalisiert und nochmals von einer Familie getestet, bevor sie bezüglich Lernmotivation und Lerneffekt evaluiert wurde.

Diese Mixed-Methods-Studie beinhaltet zwei Phasen der Erhebungen, wie in Abbildung 11 dargestellt. UX-Tests, wie sie in Phase 1 durchgeführt wurden, bestehen in der Regel mehrheitlich aus qualitativen Erhebungen. Für die Evaluation in Phase 2 wurden vor allem quantitative Erhebungen durchgeführt.

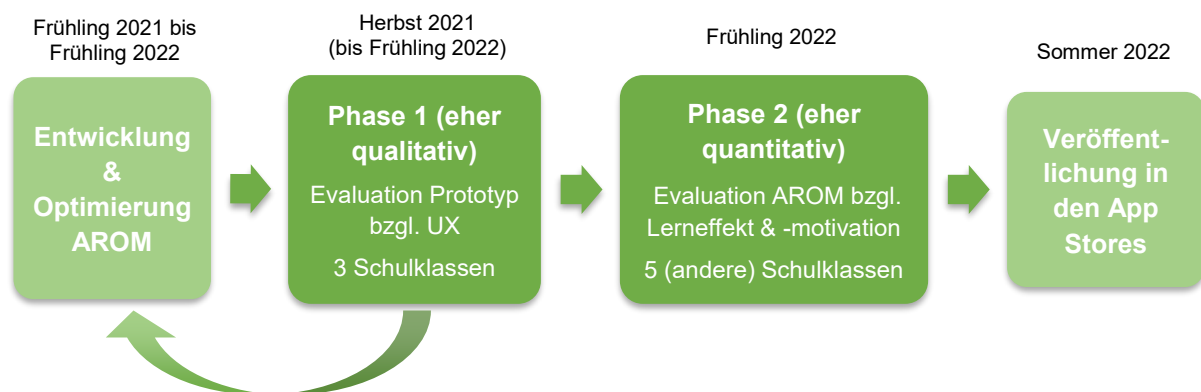


Abbildung 11: Ablauf Studie AROM

3.3 Stichprobe

Phase 1: Die Zielgruppe der AROM sind primär Kinder im Alter von 7 bis 11 Jahren. Um möglichst viele Testpersonen zu akquirieren und da sich das Angebot nebst Familien auch an Schulklassen richtet, wurden für die Evaluationen der Prototypen drei Schulklassen eingeladen. Damit sollte neben der App selbst auch das Schulklassen-Setting getestet werden. Der erste User-Test wurde mit einer 3. Klasse durchgeführt, der zweite mit einer 4. Klasse und der

ditte mit einer 2. Klasse aus Wädenswil. Die Klassengrösse belief sich jeweils auf rund 20 Schüler:innen. Total haben **63 Schüler:innen** die verschiedenen Prototypen der AROM getestet.

Die finale Version der App wurde zudem im April 2022 von einer Familie (drei Kindern und zwei Erwachsenen) getestet.

Phase 2: Für die zweite Phase wurden 36 neue Lehrpersonen angeschrieben. Davon haben sich fünf Lehrpersonen mit ihren 3. Klassen (total **107 Schüler:innen**) aus Männedorf, Horgen und Richterswil bereit erklärt, an der Evaluation teilzunehmen. Die fünf Klassen wurden jeweils von zwei Lehrpersonen begleitet. Zwei Klassen aus Richterswil haben die Gärten gleichzeitig besucht, die anderen Klassen kamen an separaten Tagen.

3.4 Datenerhebung

Die Datenerhebung fand in zwei Phasen zwischen September 2021 und Juni 2022 statt. Eine komplette Testrunde in den Gärten inkl. Pause dauerte rund 2.5 Stunden. Die Schulklassen wurden für das Spiel halbiert und die Kinder in Dreier-, resp. Vierergruppen eingeteilt. Während eine Hälfte die AROM durchspielte, beschäftigte sich die andere mit einer Lehrperson in den Gärten. Dafür wurde für die Lehrpersonen ein Programm mit ergänzenden Aktivitäten erarbeitet und als Inspiration abgegeben². Anschliessend wurde gewechselt. Jede Gruppe wurde jeweils von einer erwachsenen Person (einem Programmierer oder einer Lehrperson und/oder einer Forscherin) begleitet.

3.4.1 Phase 1: Evaluation Usability & User Experience

Für die Evaluation der UX wurde ein Methodenmix aus Befragungen und Beobachtungen angewandt, wie er auch in der Literatur am häufigsten eingesetzt und als zielführend erachtet wird (vgl. Diah et al., 2010; Dirin & Laine, 2018; López-Faican & Jaen, 2020; Santos et al., 2014; Sheikh et al., 2021).

Alle Schüler:innen füllten nach einem Spieldurchgang in den Gärten einen **Fragebogen** auf Papier aus. Grundsätzlich bieten von Experten entworfene Fragebögen, welche auf ihre Validität und Reliabilität geprüft wurden, das beste Mass für das interessierende Konstrukt. Die Erstellung eines Fragebogens speziell für einen Prototyp reicht jedoch aus, um mögliche Verbesserungen an diesem Prototyp zu ermitteln (Santos et al., 2014). Somit wurden die Fragebögen spezifisch für den jeweiligen Prototyp und die Zielgruppe (2., 3. oder 4. Klasse) entwickelt. Die Spielenden wurden gefragt, wie und weshalb ihnen die einzelnen Aspekte der

² Das «Programm für die andere Halbkategorie» kann auf der Projektwebsite heruntergeladen werden: <https://www.zhaw.ch/de/lsvm/ueber-uns/offene-hochschule/gaerten-im-grueental/biodiversitaet-mission/>

AROM (nicht) gefallen haben, wie einfach oder schwierig die Bedienung war, ob sie das Spiel weiterempfehlen würden und wie wir es noch verbessern könnten. Für die Bewertungen wurden Likert-Skalen verwendet, welche mit Smileys ergänzt wurden, um die Skalen für die Kinder deutlicher zu machen. Dazu konnte bei jeder Frage die Begründung in einem Kommentarfeld ergänzt werden. Zusätzlich wurden einige Wissensfragen zu den Spielinhalten gestellt, um einen groben Eindruck zu erhalten, ob die Lernziele erreicht wurden. Die Fragebögen befinden sich im Anhang 1 (1.1 bis 1.3). Die Kinder der zweiten Klasse wurden nach einem Spieldurchgang jeweils in Form eines **Gruppen-Interviews** durch den Fragebogen geführt, wie es auch in einer anderen Fallstudie, bei welcher eine AR-Anwendung mit kleinen Kindern getestet wurde, gehandhabt wurde (Oppermann et al., 2016). Ein zusätzliches **Leitfaden-Interview** wurde mit den Kindern der Familie durchgeführt, welche am Schluss der Phase 1 die finale Version der AROM getestet hatte.

Zusätzlich zu den Fragebögen wurden qualitative, teilnehmende **Beobachtungen** durchgeführt. Diese Methode des Beobachtens hat sich in vielen Studien als eine der besten Techniken erwiesen, die bei UX-Tests eingesetzt wird (Diah et al., 2010). Beim ersten User-Testing wurde die Beobachtung nicht vorstrukturiert, um offener zu sein für das, was während des Spiels passiert und relevant erscheint (Bachmann, 2009). Dabei wurden – je nach Anzahl involvierter Forscher:innen pro Testrunde – zwei bis vier Gruppen von jeweils drei Schüler:innen während eines Spieldurchgangs begleitet und Feldnotizen angefertigt. Dies entspricht ungefähr der Anzahl empfohlener Testuser bei qualitativen Usability-Experimenten gemäss Nielsen (2012). Die Feldnotizen wurden anschliessend zu einem Beobachtungsprotokoll ausformuliert. Für den zweiten und dritten User-Test wurde das Beobachtungsprotokoll leicht vorstrukturiert, basierend auf den Ergebnissen der ersten Runde. Das verwendete Beobachtungsprotokoll befindet sich im Anhang 1.4. Die zu beobachtenden Kategorien – Emotionen, körperliche Bewegung, Zusammenspiel, respektive soziale Interaktion, Zufriedenheit und Verwendung des Geräts – decken sich mit denjenigen von López-Faicán & Jaen (2020), welche ebenfalls mittels Beobachtungen die UX eines AR-Spiels mit Primarschulkinder getestet haben. Mit dem Beobachten des Verhaltens der Spielenden soll somit ermittelt werden, ob die AROM ein gutes Benutzererlebnis (gute **UX**) bietet und Spass macht.

Die **Usability** der AROM wurde folgendermassen bewertet: Um zu erfahren, wie effektiv die Mission ist, wurde beobachtet, ob die Spielenden mindestens zwei der drei Helden finden und die Mission ohne Hilfe von aussen abschliessen konnten. Um die Effizienz zu bestimmen, wurde die Zeit gemessen, wie lange die Nutzer:innen benötigen, die AROM durchzuspielen (als Zeitlimit wurden 60 Minuten festgelegt). Ob die AROM zufriedenstellend ist, wurde anhand der Bewertungen im Fragebogen (wurde die Mission positiv bewertet?) und den Antworten auf die Wissensfragen (konnten sich die Spielenden die wichtigsten Inhalte merken?) ermittelt.

3.4.2 Phase 2: Evaluation Lerneffekt & -motivation

Anhand von Feldstudien in den Gärten wurde evaluiert, was für eine Wirkung die AROM – als Angebot für Schulklassen – auf die Lernmotivation der Spielenden hat und ob die Mission zu einem Lerneffekt bei den Schüler:innen führt. Dazu wurde ein Ein-Gruppen-Prä-Post-Design angewandt. Mit 107 Drittklässler:innen aus der Region wurde eine schriftliche **Vor- und Nachbefragungen** auf Papier durchgeführt. Die Schüler:innen in der Prä- und Postmessung sind somit die gleichen (die Zeit ist der untersuchte Faktor und gleichzeitig die Messwiederholung). Der Prä-Fragebogen mit Fragen zu Umwelteinstellungen und Wissensfragen wurde der Lehrperson geschickt und von den Schüler:innen zwei Wochen vor dem Spieldurchgang im Klassenzimmer ausgefüllt. Die zweite Befragung, in welcher die Fragen aus dem ersten Fragebogen wiederholt und zusätzliche Fragen zur UX und Lernmotivation ergänzt waren, fand direkt im Anschluss an die Spielrunde in den Gärten statt.

Gemäss Platt (2016) sollten Fragebögen für Kinder zwischen 7 und 10 Jahren wenige und klare Antwortmöglichkeiten aufweisen. Visuelle Anhaltspunkte wie Smileys können verwendet, sollten aber vollständig beschriftet werden (Platt, 2016). Somit wurde für viele Fragen in den beiden Fragebögen eine 4-Punkte-Likert-Skala mit Smileys verwendet, wie sie in Abbildung 12 dargestellt ist.

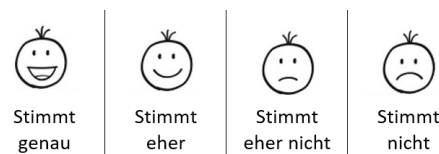


Abbildung 12: Likert-Skala mit Smileys

Vor den Befragungen wurde im April 2022 ein Pretest mit einer 3. Klasse durchgeführt. Die Fragen waren verständlich und auch Kinder mit Deutsch als Zweitsprache konnten die Fragen gut beantworten. Es gab wenige Begriffsunklarheiten. Das Beantworten aller Fragen dauerte zwischen 10 und 20 Minuten. Die finalen Fragebögen befinden sich im Anhang 1 (1.5 und 1.6). Nachfolgend werden die einzelnen Teile der Befragung erläutert.

Teil 1: Umwelteinstellung (prä und post)

Im ersten Teil des Fragebogens wurde das Interesse sowie die Einstellungen der Kinder zu Umweltthemen abgefragt. Einleitend wurde die Frage gestellt „Weisst du, was «Biodiversität» bedeutet?“ und vier Antwortmöglichkeiten gegeben. Die Frage wurde übersetzt aus dem Englischen (*Have you ever heard the term "biodiversity"?*) und stammt aus dem Euro-barometer (European Commission, 2010), bei welchem Jugendliche und Erwachsene ab 15 Jahren zum Thema Biodiversität befragt wurden.

Anschliessend wurden verschiedene Aussagen aufgelistet, denen die Kinder mit der 4-stufigen Likert-Skala (siehe Abbildung 12) zustimmen konnten. Gemessen werden sollten die

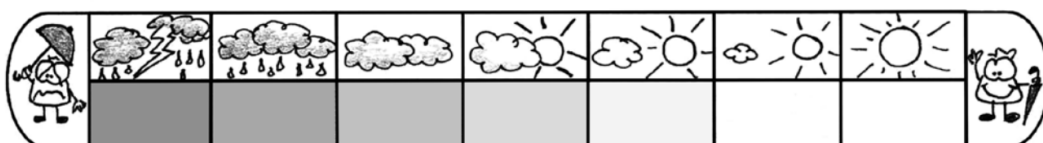
verschiedenen Facetten von Umweltbewusstsein, welche Einstellungen zur Zukunft, das Umweltverhalten sowie Interesse an der Natur beinhalten. Die jeweiligen Testkonstrukte und die originalen Items aus bestehenden Fragebögen inklusive Quellen sowie die angepassten verwendeten Items für diese Befragung sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Tabelle 2: Fragebogen-Items zu Umwelteinstellung

Konstrukt	Autoren, Jahr	Items Original	Items verwendet
Einstellungen zur Zukunft	in Anlehnung an Schreiner et al. (2004)	<ul style="list-style-type: none"> <i>Environmental problems make the future of the world look bleak and hopeless</i> <i>We can still find solutions to our environmental problems</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Wenn ich erwachsen bin, wird unsere Welt nicht mehr so schön sein, wie heute. Wir können immer noch Lösungen für die Umweltprobleme finden.
Selbstwirksamkeit	in Anlehnung an Schreiner et al. (2004)	<ul style="list-style-type: none"> <i>I think each of us can make a significant contribution to environmental protection</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Ich glaube, dass jeder von uns die Umwelt schützen kann.
Umweltverhalten	Robin et al., (2015)	<ul style="list-style-type: none"> <i>Wenn jemand Abfall auf den Boden fallen lässt, mache ich sie oder ihn darauf aufmerksam.</i> <i>Ich lösche das Licht, wenn ich das Zimmer verlasse.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Wenn jemand Abfall auf den Boden fallen lässt, mache ich sie oder ihn darauf aufmerksam. Ich lösche das Licht, wenn ich das Zimmer verlasse.
Interesse an der Natur	in Anlehnung an Pasch & Möller (2015)	<ul style="list-style-type: none"> <i>Wenn ich ehrlich bin, ist mir die Pflanzenwelt eher gleichgültig.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Wenn ich ehrlich bin, ist mir die Tier- und Pflanzenwelt eher egal.
Interesse an der Natur	Robin et al., (2015)	<ul style="list-style-type: none"> <i>Ich beobachte auf meinem Schulweg, wie sich die Pflanzen über die Jahreszeiten verändern.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Ich beobachte auf meinem Schulweg, wie sich die Pflanzen über die Jahreszeiten verändern.
Naturverbundenheit	Brämer (1998)	Siehe „Frage 4“ unten	Gleich wie Original

Frage 4: Welches Kästchen beschreibt am besten, wie du dich in der Natur fühlst?

sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	mittelmäßig	eher gut	gut	sehr gut
---------------	----------	---------------	-------------	----------	-----	----------



Teil 2: Lerneffekt (prä und post)

In dieser Studie wurde der Lerneffekt anhand eines Prä-Post-Tests mit 10 Wissensfragen bewertet. Die Multiplechoice-Fragen (mit jeweils vier Antwortmöglichkeiten, inklusive «weiss nicht») bauen auf den Inhalten und Lernzielen der AROM auf. Für jedes Lernziel aus Kapitel 1.2.2 wurde jeweils eine entsprechende Frage im Wissensquiz gestellt. Vier Fragen sind dem Thema Biodiversität allgemein gewidmet. Drei dieser Fragen sind in leicht angepasster Form von dem Biodiversitätsquiz vom WWF übernommen worden (WWF Schweiz, 2010). Alle Fragen sind im Fragebogen im Anhang 1.5, resp. 1.6, ersichtlich. Da der Test aus 10 Fragen bestand, konnten maximal 10 Punkte erreicht werden.

Teil 3: Lernmotivation (nur post)

Einige AR-bezogene Lernstudien (Chiang et al., 2014; Lu & Liu, 2015) haben die Lernmotivation mit dem «Instructional Materials Motivation Survey» (IMMS) nach Keller (2009) unter Berücksichtigung des ARCS-Modells (Keller, 1987) gemessen. Der IMMS ist ein 36 Items umfassendes Mass für die Reaktionen von Schüler:innen auf Unterrichtsmaterialien, basierend auf dem ARCS-Modell, wie es in Kapitel 2.2 erläutert wurde. In einer Studie von Loorbach et al. (2015) wurde dieses Instrument in einem Unterrichtssetting und in Einbezug von Smartphones validiert. Die Ergebnisse zeigen, dass der IMMS auf 12 Items reduziert werden kann (Loorbach et al., 2015). Dieser reduzierte IMMS (RIMMS) misst die vier Teilkonstrukte Aufmerksamkeit, Relevanz, Vertrauen und Zufriedenheit gut und wird deshalb dem ursprünglichen, ausführlicheren IMMS vorgezogen (Loorbach et al., 2015).

Für diesen Fragebogen wurde der RIMMS aus dem Englischen übersetzt und aufgrund der jungen Zielgruppe teilweise stark vereinfacht. In Tabelle 3 sind die Teilkonstrukte sowie die zugehörigen Original- und die verwendeten Items aufgelistet. Auch hier konnten die Kinder die Aussagen anhand der 4-stufigen Likert-Skala mit Smileys bewerten (siehe Abbildung 12).

Tabelle 3: RIMMS Original- sowie verwendete Items

Konstrukt	<i>Original-Item</i> (Loorbach et al., 2015; Wang et al., 2020)	Verwendete Items
Aufmerksamkeit	<ul style="list-style-type: none"> • <i>The quality of the system helped to hold my attention.</i> • <i>The way the information is arranged in the system helped keep my attention.</i> • <i>The variety of passages, exercises, illustrations, etc., helped keep my attention on the user instructions</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Ich war während dem Spielen ganz aufmerksam. • Die Mission war so gut aufgebaut, dass ich dran blieb bis am Schluss. • Durch die verschiedenen Rätsel und kurzen Spielen wurde es nicht langweilig.

Relevanz	<ul style="list-style-type: none"> • <i>It is clear to me how the content is related to things I already know</i> • <i>The content and style of the system convey the impression that being able to work with the system is worth it.</i> • <i>The content of the system will be useful for me.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • In der Mission ging es um Dinge, die ich bereits weiss. • Es hat sich für mich gelohnt, das Spiel zu spielen. • Ich habe etwas gelernt.
Vertrauen	<ul style="list-style-type: none"> • <i>As I worked with the system, I was confident that I could learn how to work well with it.</i> • <i>After working with the system for a while, I was confident that I would be able to complete exercises with the system.</i> • <i>The good organization of the content helped me be confident that I would learn to work with the system.)</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Ich habe schnell verstanden, wie die Mission funktioniert. • Nach kurzem Spielen war ich sicher, dass ich die einzelnen Spiele schaffen würde • Die Erklärungen von Yara haben geholfen, dass ich die Aufgaben verstanden habe.
Zufriedenheit	<ul style="list-style-type: none"> • <i>I enjoyed working with the system so much that I was stimulated to keep on working.</i> • <i>I really enjoyed working with the system.</i> • <i>It was a pleasure to work with such a well-designed system.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Mission hat mir so Spass gemacht, dass ich gerne noch weitergespielt hätte. • Die Mission hat mir richtig Spass gemacht. • Es war eine Freude, ein so gut gemachtes Spiel zu spielen.

Ergänzend wurden zudem drei Fragen zu UX gestellt (ebenfalls mit Likert-Skala). Zudem wurden auf allen Fragebögen nach dem Spieldurchgang **beobachtete Informationen** zur Dauer eines Spieldurchgangs (Effizienz), Anzahl gefundenen Helden und benötigte Hilfe (Effektivität) sowie einer Bewertung der Gruppendynamik (4-stufige Skala) notiert.

3.5 Datenauswertung

3.5.1 Datenanalyse Phase 1

Die Fragebögen, Feldnotizen und Beobachtungsprotokolle wurden für jeden User-Test in jeweils einem Excel-File zusammengefügt (siehe Anhang 2.1). Die Antworten aus den Fragebögen mit Likert-Skala wurden numerisch codiert und deskriptiv analysiert. Die Antworten auf die offenen Fragen sowie die Informationen aus den Beobachtungen wurden inhaltsanalytisch ausgewertet. Dabei wurden besonders auffällige Themen – insbesondere

UPs – identifiziert. Die Implikationen für die Programmierung wurden nach jeder Test- und Auswertungsrunde weitergeleitet und im möglichen Rahmen umgesetzt.

3.5.2 Datenanalyse Phase 2

Vor der Durchführung der Analyse wurden die Daten aus den Prä-Post-Fragebögen vom Papier in ein Excel-File übertragen und anschliessend bereinigt. Die bereinigten Daten sowie das zugehörige Codebuch befinden sich im Anhang 2.3, resp. 2.4.

Nach Bereinigung wurden die Daten von 101 Befragten mit IBM SPSS Statistics 28 ausgewertet, welche sowohl an der Vor- als auch an der Nachbefragung teilgenommen hatten. Davon haben 99 Probanden beide Fragebögen komplett ausgefüllt. Es wurden deskriptive und verschiedene inferenzstatistische Methoden angewandt.

Bezüglich des Lerneffekts wurde in jedem Fragebogen (Prä- und Posttest) die Summe der richtigen Antworten der 10 Wissensfragen berechnet und als Gesamtpunktzahl von 0 bis 10 Punkten dargestellt. Die Differenz aus dem Prä- und Posttest wurde verwendet, um den Lerneffekt der Schüler:innen zu vergleichen. Zudem wurde anhand eines Wilcoxon-Tests, welcher für Stichprobe mit ordinalem Skalenniveau geeignet ist, festgestellt, ob es einen statistisch signifikanten Unterschied in den Mittelwerten der Punkte im Wissenstest gab.

Um die Hypothesen zu testen und Zusammenhänge zwischen zwei Variablen (zum Beispiel Umweltbewusstsein und Lernmotivation) zu beschreiben, wurde jeweils die Rangkorrelationsanalyse nach Spearman angewandt. Diese berechnet den Zusammenhang zweier mindestens ordinalskalierter Variablen. Der Korrelationskoeffizient nimmt dabei Werte zwischen -1 und +1 an. Bei einem positiven Korrelationskoeffizienten, also einer positiven Korrelation, steigt eine Variable, wenn die andere auch steigt.

4 Ergebnisse

4.1 Phase 1: Usability & User Experience der AROM

Anhand der UCD-Methode wurden drei Iterationen mit Schulklassen durchgeführt, wie in Abbildung 13 illustriert. Nach jedem User-Test wurden die Änderungen, soweit zeitlich möglich, implementiert. In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die einzelnen Iterationen sowie deren Implikationen beschrieben. Nach Abschluss des UCD-Prozesses resultiert die finale Version der AROM, welche vor Beginn der Phase 2 noch von einer Familie getestet wurde.

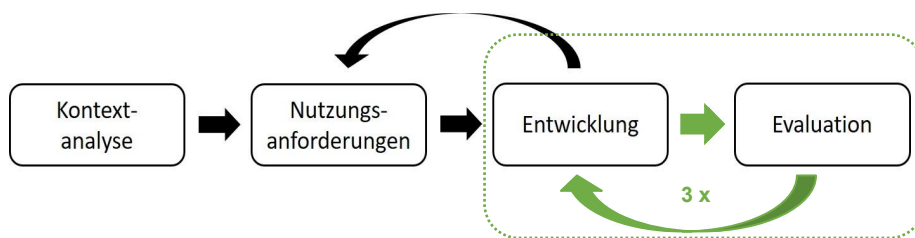


Abbildung 13: Iterative Testphase gem. der UCD-Methode (eigene Darstellung)

4.1.1 User-Test 1 (3. Klasse)

Der erste User-Test fand am 9. September 2021 mit einer 3. Klasse aus Wädenswil, bestehend aus 22 Schüler:innen (10 Mädchen, 12 Jungen), statt. Die Kinder waren zwischen 8 und 9 Jahre alt. Für die Testrunde wurden sie in sechs geschlechtergetrennte Gruppen à drei bis vier Schüler:innen eingeteilt. In Abbildung 14 wird eine der Mädchengruppen beim Spielen gezeigt.



Abbildung 14: Mädchengruppe bei User-Test 1

Im Durchschnitt brauchten die Gruppen 44 Minuten für einen ganzen Spieldurchgang, wobei die Mädchengruppen etwas länger Zeit benötigten als die Jungengruppen. Wie in Abbildung 15 ersichtlich, schaffte es die schnellste Gruppe in 35 Minuten. Die Gruppe, die am längsten hatte, brauchte 60 Minuten. Somit konnten alle das Spiel **effizient** durchspielen.

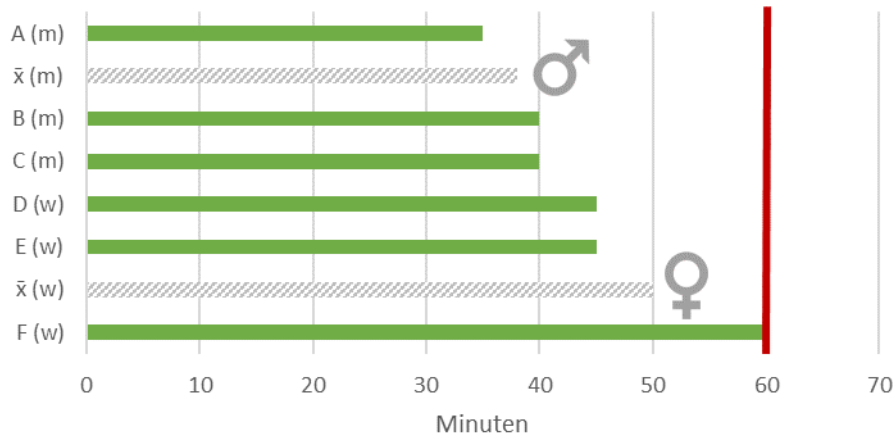


Abbildung 15: Spielzeit pro Mädchen- resp. Jungen-Gruppe mit jeweiligen Mittelwerten \bar{x} bei User-Test 1

Alle Gruppen haben mindestens zwei der drei Helden gefunden, benötigten jedoch Hilfe einer erwachsenen Begleitperson. AROM war somit nicht selbsterklärend bzw. **nicht effektiv**.

Die Kinder haben die AROM im Fragebogen insgesamt sehr positiv bewertet. Dennoch konnten einzelne Kritikpunkte identifiziert werden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 zusammengefasst. Die einzelnen Teilbereiche wurden auf einer Skala von 1 (gar nicht gefallen respektive sehr schwierig bei der Kategorie «Bedienung») bis 5 (sehr gut gefallen respektive sehr einfach bei der Kategorie «Bedienung») bewertet. Die Ergebnisse sind ergänzt durch die gewonnenen Erkenntnisse aus den Beobachtungen (👁️).

Tabelle 4: Auswertung Fragebogen und Beobachtungsprotokolle User-Test 1, N = 22

(Teil-) Kategorie	Bewertung ($\bar{x} \pm s$)	Auswertung Kommentare & Beobachtungen
Regenwurm-Minispiel (MS1)	4.9 ± 0.34	<ul style="list-style-type: none"> 👉 Interessantes Quiz (4x), Spass gemacht (4x) 👁️ Gruppendynamik sehr entscheidend ob kollaboratives Spiel oder nicht (entweder wird fast nur geraten oder gemeinsam nach Hinweisen gesucht)
Marienkäfer-Minispiel (MS2)	4.5 ± 0.99	<ul style="list-style-type: none"> 👉 Blattläuse fangen hat Spass gemacht (8x) 👉 zu laut (4x), könnte mehr Läuse haben (3x) 👁️ Kinder wirkten irritiert durch laute Geräusche der Läuse, hielten sich manchmal die Ohren zu
Bienen-Minispiel (MS3)	4.9 ± 0.46	<ul style="list-style-type: none"> 👉 Sachen suchen hat Spass gemacht (8x) 👉 Spiel war schwierig (2x) 👁️ Schwierigkeiten zu Beginn (unzureichende Erklärung)
Yara (Schmetterling)	4.5 ± 1.08	<ul style="list-style-type: none"> 👉 hilfreich (4x), nett (4x) 👉 redet zu viel (3x) 👁️ Geschlechterspezifische Unterschiede: Jungen wirkten gelangweilt, wenn Yara lange spricht. Mädchen hörten ihr jedoch aufmerksam zu.

Grüntal Gärten	5.0 ± 0.00	<ul style="list-style-type: none"> ☺ schön (8x), «bester Garten ever» (Probandin 2) 👁 Kinder wirken fröhlich, bewegen sich schnell und viel zwischen den verschiedenen Bereichen in den Gärten
Bedienung	4.0 ± 0.74	<ul style="list-style-type: none"> ☹ Kartenlesen zu schwierig (5x) 👁 Kartenlesen funktioniert schlecht
Spiel gesamthaft	5.0 ± 0.21	<ul style="list-style-type: none"> ☺ die meisten Kinder würden es weiterempfehlen, «nichts zu verbessern» (8x) 👁 Kinder sind fröhlich und sehr engagiert und wechseln Tablet untereinander ab 👁 Dreiergruppe ist ideal (Vierergruppen zu gross, jemand ist meistens etwas abseits)

Die Auswertung der Wissensfragen hat folgendes Bild ergeben: 90% der Spielenden konnten neben dem Regenwurm mindestens einen weiteren Bodenbewohner aufzählen. 80% der Spielenden wussten, wieso Marienkäfer beim Weizenfeld wichtig sind. 71% der Spielenden konnten mindestens etwas aufzählen, was die Biene zum Leben braucht. Zusammen mit der positiven Bewertung wird darauf geschlossen, dass die Mission **zufriedenstellend** verwendet werden konnte.

Dies wurde auch bestätigt durch die Antworten der Kinder auf die Frage, ob sie das Spiel weiterempfehlen würden. Wie in Abbildung 16 dargestellt, würden 19 von den 22 Schüler:innen die AROM weiterempfehlen. Zwei Kinder gaben an, sie vielleicht weiterzuempfehlen und einmal wurde keine Antwort abgegeben. Die Kinder haben sich ausserdem sehr gerne in den Gärten aufgehalten und positive Bewertungen und Kommentare dazu geäussert. «Es war so schön» waren sich alle einig.

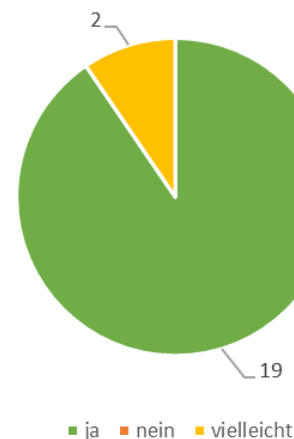


Abbildung 16: Absicht Weiterempfehlung der AROM (N = 21)

Obwohl dies der erste getestete Prototyp der AROM war, konnten bei den Kindern sehr **viele positive Emotionen** während dem Spielen beobachtet werden (lachen, freudige Ausrufe, engagiert, begeistert).

Usability-Probleme (UP)

Die Beobachtungen sowie das schriftliche Feedback der Schüler:innen in den Fragebögen offenbarten jedoch auch einige UPs. Die grössten Kritikpunkte der Schüler:innen erhielten das Marienkäfer-Spiel sowie Yara. Wie in Abbildung 17 ersichtlich, fielen die Bewertungen für beide im Grossen und Ganzen aber positiv aus.

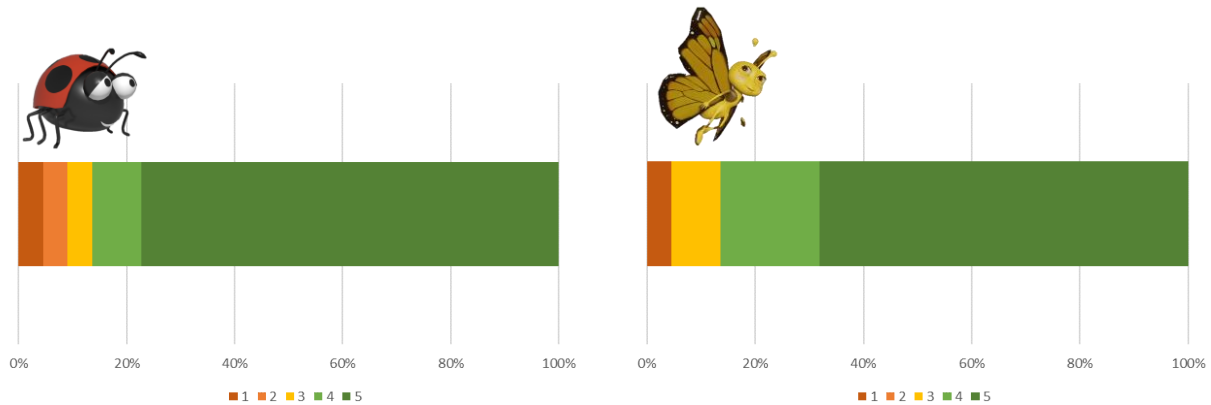


Abbildung 17: Bewertung von MS2 (links) und Schmetterling Yara (rechts) auf einer Skala von 1 (gar nicht gefallen) bis 5 (sehr gut gefallen), N = 22

Um die UX zu verbessern, wurden die UP analysiert und Korrekturvorschläge abgeleitet, welche an die Programmierer zur Umsetzung bis zum nächsten User-Test weitergeleitet wurden. Die UPs und die entsprechenden Korrekturen sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Tabelle 5: Iteration 1: Identifizierte UPs und veranlasste Korrekturen

UP	KORREKTUR
Einige Gruppen hatten beim Quiz im MS1 nur geraten ohne die Umgebung zu betrachten .	<ul style="list-style-type: none"> mehr Hinweise, dass Infos im Erdreich zu finden sind Zeitabzug bei falsch beantworteten Fragen
Lautstärke beim Läusebefall im MS2 war nicht ausbalanciert mit restlichem Audio und hat Kinder irritiert. Es gab zu wenige Läuse.	<ul style="list-style-type: none"> Audio leiser mehr und langsamere Läuse
Vielen Spielenden war beim MS3 die Aufgabenstellung unklar .	<i>Vorläufig keine Korrektur. Weitere Erfahrungswerte sammeln.</i>
Navigation war problematisch: Das Kartenlesen war zu schwierig und die einzelnen Bereiche in den Gärten konnten nur mit Hilfe gefunden werden.	<ul style="list-style-type: none"> Yara soll den Weg auf der Karte langsam «ablaufen»
Yaras lange Einführungen haben einige der Kinder gelangweilt und insbesondere die Jungen wurden ungeduldig.	<i>Vorläufig keine Korrektur. Weitere Erfahrungswerte sammeln.</i>

Fazit

Das Spiel hat den Kindern offensichtlich und trotz einigen Schwachheiten (UP) Spass gemacht. Dies wurde auch in den Fragebögen bestätigt, in welchen sowohl das gesamte Spiel sowie auch die einzelnen Teilaspekte der AROM als sehr positiv bewertet wurden. Es konnten jedoch geschlechterspezifische Unterschiede identifiziert werden. So waren Mädchen generell sehr viel aufmerksamer, störten sich nicht an Yaras Einführungen und nahmen sich mehr Zeit die Rätsel zu lösen. Obwohl die Usability noch verbessert werden kann, bietet die AROM Drittklässler:innen, respektive Kinder im Alter von 8 bis 9 Jahren, gesamthaft gesehen ein sehr gutes Benutzererlebnis.

4.1.2 User-Test 2 (4. Klasse)

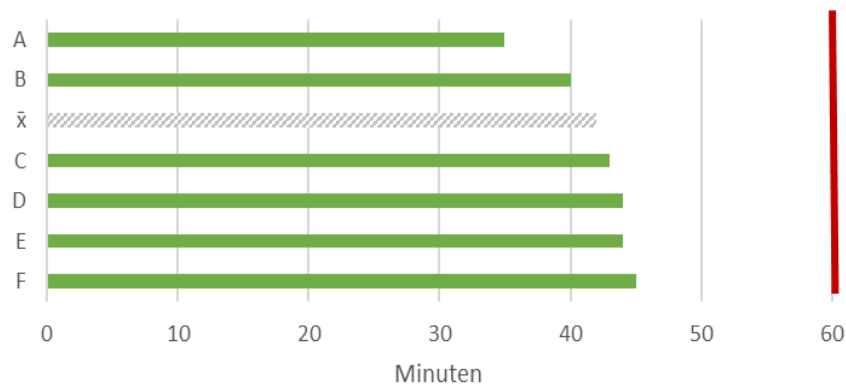
Der zweite User-Test fand am 27. Oktober 2021 mit einer 4. Klasse aus Wädenswil, bestehend aus 19 Schüler:innen (7 Mädchen, 12 Jungen), statt. Die Kinder waren zwischen 9 und 10 Jahren alt.



Abbildung 18: links: Gruppe beim Spielen von AROM, rechts: Schüler am Ausfüllen des Fragebogens (ZHAW)

Im Durchschnitt brauchten die geschlechtergemischten Gruppen (bis auf eine Viererausschliesslich Dreiergruppen) 42 Minuten für einen ganzen Spieldurchgang. Wie in Abbildung 19 ersichtlich, schaffte es eine Gruppe in 35 Minuten, alle anderen brauchten zwischen 40 und 45 Minuten. Damit lagen alle Gruppen unter den maximal 60 Minuten und konnten das Spiel **effizient** abschliessen.

Alle Gruppen konnten mindestens zwei der drei Helden finden, jedoch brauchten alle zu einem Zeitpunkt Hilfe einer erwachsenen Begleitperson und konnten das Spiel somit alleine **nicht effektiv** durchspielen.

Abbildung 19: Spielzeit pro Gruppe und Mittelwert \bar{x} bei User-Test 2

Die Erkenntnisse aus den Fragebögen sowie den Beobachtungen sind in Tabelle 6 zusammengefasst. Die einzelnen Teilbereiche wurden auf einer Skala von 1 (gar nicht gefallen respektive sehr schwierig bei der Kategorie «Bedienung») bis 5 (sehr gut gefallen respektive sehr einfach) bewertet. Auch von dieser Klasse wurde die Mission gesamthaft sehr positiv bewertet.

Tabelle 6: Auswertung Fragebogen und Beobachtungsprotokolle User-Test 2, N = 19

(Teil-) Kategorie	Bewertung ($\bar{x} \pm s$)	Auswertung Kommentare & Beobachtungen
Regenwurm-Minispiel	4.7 ± 0.46	<ul style="list-style-type: none"> 👉 Interessante Fragen (5x), «cool» (4x) 👉 etwas schwierig (2x) 👁️ für viele Gruppen unklar, dass sie die Treppe ins Erdreich hinuntersteigen müssen 👁️ Gruppendynamik entscheidend ob kollaboratives Spiel oder nicht (entweder wird fast nur geraten oder gemeinsam nach Hinweisen gesucht)
Marienkäfer-Minispiel	4.7 ± 0.57	<ul style="list-style-type: none"> 👉 Blattläuse fangen hat Spass gemacht (7x) 👉 Blattläuse machen komische Geräusche (4x)
Bienen-Minispiel	4.3 ± 0.86	<ul style="list-style-type: none"> 👉 Sachen suchen hat Spass gemacht, ähnlich wie Pokémon Go (5x) 👉 Spiel war schwierig / zu Beginn unklar (5x) 👁️ Schwierigkeiten zu Beginn des Spiels, anschliessend euphorisch und sehr viel Bewegung
Yara (Schmetterling)	3.9 ± 0.80	<ul style="list-style-type: none"> 👉 Süss, lustige Stimme (4x) 👉 redet zu viel (10x) 👁️ Vor allem die Jungen wirken gelangweilt, wenn Yara lange spricht
Grüental Gärten	4.8 ± 0.38	<ul style="list-style-type: none"> 👉 sehr schön (8x) 👁️ Kinder bewegen sich schnell zwischen den verschiedenen Orten im Garten (erhalten die Gelegenheit sich auszutoben)

Bedienung	4.1 ± 0.82	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Orientierung schwierig (4x), es braucht mehr Erklärungen (2x) ☞ Grosse Unterschiede beim Kartenlesen (klappt bei den meisten Kindern noch nicht gut)
Spiel gesamthaft	4.7 ± 0.45	<ul style="list-style-type: none"> ☞ sehr gut gefallen, die meisten Kinder würden es weiterempfehlen ☞ Kinder sind mehrheitlich fröhlich und engagiert während dem Spiel und wechseln das Tablet innerhalb der Gruppe ab

Bei den inhaltlichen Fragen haben die Kinder ebenfalls grösstenteils korrekte Antworten gegeben. 74% der Spielenden konnten sich nebst dem Regenwurm einen weiteren Bodenbewohner merken. Nur 11% der Spielenden wussten jedoch, wie lange es geht, bis ein Boden entsteht, auf dem beispielsweise Weizen wachsen kann. Alle Spielenden wussten, wieso der Marienkäfer beim Weizenfeld wichtig ist. 95% der Spielenden konnten korrekte Massnahmen aufzählen um einen Weizen aufzuziehen (im Durchschnitt 2.7 von 4 möglichen Massnahmen). 79% der Kinder wussten, wieso Blumen für die Bienen wichtig sind und konnten ausserdem mindestens einen Ort benennen, wo Bienen ein Zuhause finden.

Die AROM konnte somit von dieser Klasse **zufriedenstellend** verwendet werden.

Wie in Abbildung 20 ersichtlich, würden die meisten Kinder AROM definitiv weiterempfehlen, sechs Kinder vielleicht und ein Kind nicht. Die Kinder haben sich ausserdem sehr gerne in den Gärten aufgehalten.

Bei den Kindern der zweiten Testrunde konnten zudem während dem Spiel immer wieder **positive Emotionen** beobachtet werden (fröhlich, engagiert, positive Kommentare).

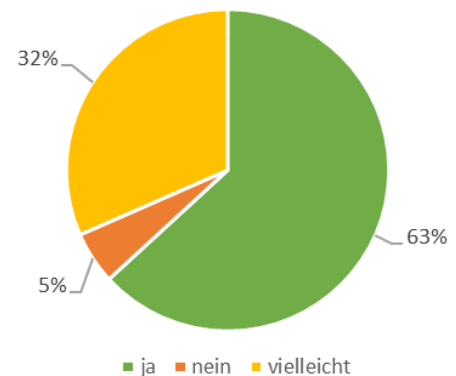


Abbildung 20: Absicht Weiterempfehlung (N = 19)

Usability-Probleme (UP)

Auch in der zweiten Iteration ergaben sich aus den Beobachtungen sowie dem schriftlichen Feedback der Schüler:innen einige UPs. Die Beobachtungen haben gezeigt, dass diese Klasse generell noch gelangweilter war von Yaras Einführungen als die vorhergehende, etwas jüngere Testklasse. Beim Bienenspiel war weiterhin zu Beginn unklar, was die Aufgabe ist. Diese Erkenntnisse wurden nur teilweise durch die schriftlichen Bewertungen für das MS3 und Yara bestätigt, welche in Abbildung 21 einander gegenübergestellt sind.

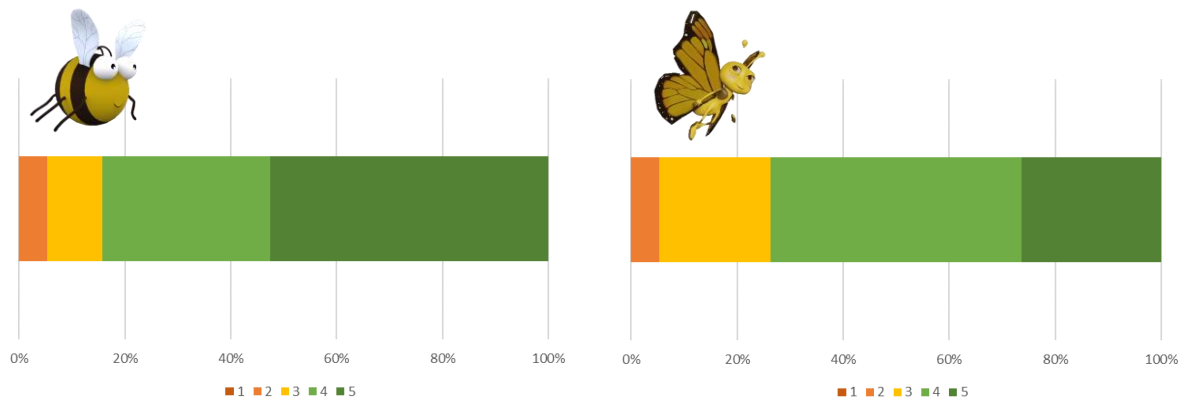


Abbildung 21: Bewertung von MS3 (links) und Schmetterling Yara (rechts) auf einer Skala von 1 (gar nicht gefallen) bis 5 (sehr gut gefallen), N = 19

Um die UX zu verbessern, wurden die UPs analysiert und Korrekturvorschläge abgeleitet, welche an die Programmierer zur Umsetzung weitergeleitet wurden. Die UPs und die entsprechenden Korrekturen sind in Tabelle 7 zusammengefasst. Da die dritte Testrunde nur weniger als eine Woche später stattfand, konnten die aufwändigeren Korrekturen in kursiv nicht zeitnah genug umgesetzt werden.

Tabelle 7: Iteration 2: Identifizierte UPs und veranlasste Korrekturen

UP	KORREKTUR
Physischer Eingang zum Erdreich wurde teilweise übersehen und Quiz von MS1 nicht am korrekten Ort gestartet.	<ul style="list-style-type: none"> QR-Code im Erdreich ergänzen, welcher gescannt werden muss um Quiz zu starten
Läusebefall in MS2 wurde zwar besser bewertet, es gab jedoch immer noch einige irritierte Kinder, insbesondere durch den Sound .	<ul style="list-style-type: none"> Spielerlebnis verbessern durch kleine Optimierungen (Sound, Spezialeffekte, einfachere Bedienung)
MS3 wurde als zu schwierig empfunden. Zudem war die Aufgabenstellung unklar .	<ul style="list-style-type: none"> Zusätzliche Buttons «Zum Garten hinzufügen» oder «wegwerfen» einbauen, um Spielfluss zu verbessern <i>Tutorial einbauen</i>
Navigation immer noch problematisch: Kinder konnten sich schlecht mithilfe der Karte orientieren	<ul style="list-style-type: none"> <i>Plan durch vereinfachte, illustrierte 2D-Karte ersetzen</i>
Yaras lange Einführungen haben viele Kinder gelangweilt.	<ul style="list-style-type: none"> <i>Einleitungen von Yara durch Quizfragen und Animationen auflockern</i> <i>Yara ausdrucksstärker machen (mehr Animationen und Lippenbewegungen)</i>

Fazit

Die Kinder hatten grundsätzlich Spass an der AROM. Jedoch zeigten diese älteren Kinder etwas weniger Ausdruck und Begeisterung als die jüngere Zielgruppe aus dem ersten User-Test. Dies spiegelte sich auch in den obwohl grundsätzlich sehr positiven, aber doch etwas kritischeren Bewertungen im Fragebogen. Einige Schwachpunkte konnten identifiziert respektive bestätigt werden, wie das Optimierungspotential von Yara oder die Notwendigkeit eines Tutorials für MS3. Die Testrunde hat insgesamt ergeben, dass die AROM eine gute UX bietet für Kinder von 9 bis 10 Jahren.

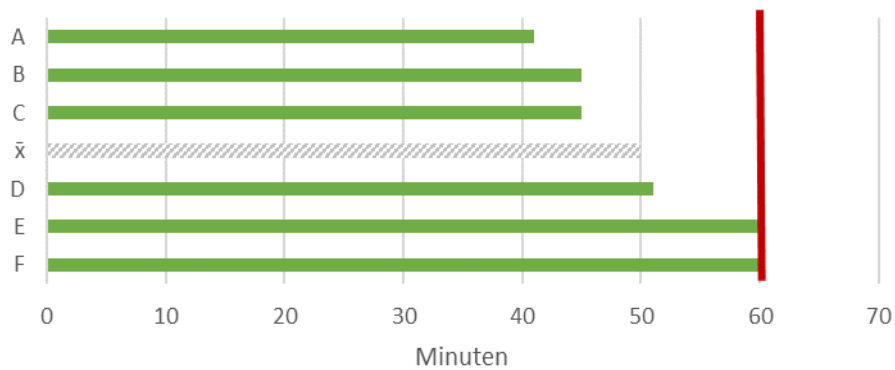
4.1.3 User-Test 3 (2. Klasse)

Der dritte User-Test fand am 2. November 2021 mit einer 2. Klasse aus Wädenswil, bestehend aus 22 Schüler:innen (14 Mädchen, 8 Jungen), statt. Die Kinder waren zwischen 7 und 8 Jahren alt. Während einer Testrunde mit der Hälfte der Klasse regnete es, wie Abbildung 22 zeigt.



Abbildung 22: Gruppe beim User-Test 3 im Regen

Im Durchschnitt brauchten die sechs geschlechtergemischten Dreier- und Vierer-Gruppen 50 Minuten für einen ganzen Spieldurchgang. Die schnellste Gruppe schaffte es in 45 Minuten. Die Gruppe, die am längsten hatte, brauchte 60 Minuten. Auch die jüngste Testklasse konnte das Spiel somit **effizient** durchspielen.

Abbildung 23: Spielzeit pro Gruppe und Mittelwert \bar{x} bei User-Test 3

Alle Gruppen fanden mindestens zwei der drei Helden. Jedoch brauchten auch diese Gruppen sporadisch Hilfe einer erwachsenen Begleitperson und konnten das Spiel nicht alleine, also **nicht effektiv**, durchspielen.

Nach einem Spieldurchgang wurden die Gruppen interviewt anhand des Fragebogens (im Anhang 1.3). Die Feedbacks der einzelnen Schüler:innen einer Gruppe wurden konsolidiert erfasst und spiegeln eine grundsätzlich hohe Zufriedenheit. Die Ergebnisse der Gruppeninterviews sind in Tabelle 8 zusammengefasst und ergänzt durch die gewonnenen Eindrücke aus den Beobachtungen. Die einzelnen Teilbereiche wurden auf einer Skala von 1 (gar nicht gefallen respektive sehr schwierig bei der Kategorie «Bedienung») bis 5 (sehr gut gefallen respektive sehr einfach bei der Kategorie «Bedienung») bewertet.

Tabelle 8: Auswertung Fragebogen und Beobachtungsprotokolle User-Test 3, N = 22

(Teil-) Kategorie	Bewertung ($\bar{x} \pm s$)	Auswertung Anmerkungen & Beobachtungen
Regenwurm-Minispiel	4.1 ± 0.89	<ul style="list-style-type: none"> ☞ tolle Rätsel (3x), «schön in der Natur zu lernen» (1x) ☞ langweilig, «zu sehr wie Schule» (2x) ☞ Schwierigkeiten, das Erdreich zu finden (unklar, ob Treppe hinuntergegangen werden muss) ☞ Gruppendynamik sehr entscheidend ob kollaboratives Spiel oder nicht (entweder wird fast nur geraten oder gemeinsam nach Hinweisen gesucht)
Marienkäfer-Minispiel	4.3 ± 0.37	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Blattläuse fangen hat Spass gemacht (5x) ☞ Läuseattacken engagieren die Kinder, können aber zu schwierig sein, wenn Abstand nicht eingehalten. Zudem war unklar, dass Läuse am Weizen nicht mehr entfernt werden können.
Bienen-Minispiel	4.6 ± 0.40	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Sachen suchen hat Spass gemacht (5x) ☞ Spiel war schwierig (2x) ☞ Zu Beginn unklar, was zu tun ist ☞ oft lange Spielzeit und nicht erfolgreich (Biene wurde nicht gefunden)

Yara (Schmetterling)	4.5 ± 0.50	<ul style="list-style-type: none"> 👉 süss, schön, nett (4x) 👉 langweilig (1x) 👁️ einige Kinder wurden ungeduldig, wenn Yara lange sprach
Grüental Gärten	4.5 ± 0.47	<ul style="list-style-type: none"> 👉 sehr schön (2x)
Bedienung	4.1 ± 0.73	<ul style="list-style-type: none"> 👉 Kartenlesen schwierig (1x), Regen hat gestört (1x) 👁️ Kartenlesen funktionierte nicht, Kinder brauchten Hilfe, die korrekten Orte zu finden
Spiel gesamthaft	4.8 ± 0.38	<ul style="list-style-type: none"> 👉 cooles Spiel, alle würden es weiterempfehlen, möchten noch mehr Minispiele 👁️ Kinder sind grundsätzlich fröhlich und begeistert (trotz Regen) und Tablet wird abgewechselt

Alle Gruppen, bis auf eine, konnten nach dem Spiel mindestens etwas aufzählen, was sie neu gelernt hatten (zum Beispiel «Marienkäfer mag Blumen neben Weizen») und würden die AROM definitiv weiterempfehlen. Die App konnte somit **zufriedenstellend** verwendet werden.

Obwohl die meisten Blumen verblüht waren und es geregnet hat, hatten die Kinder die Gärten offensichtlich genossen. Zudem konnten viele **positive Emotionen** bei den spielenden Kindern beobachtet werden (lachen, freudige Ausrufe, fröhlich, begeistert, euphorisch).

Usability-Probleme (UP)

Wie in Tabelle 8 ersichtlich, erhielt von dieser Testgruppe – abgesehen von der Bedienung – das Regenwurmspiel die schlechteste Bewertung. In Abbildung 24 sind die Bewertungen zusammengefasst pro Gruppe dargestellt. In Gruppe F, welche das Spiel am tiefsten bewertet hat, gingen die Meinungen stark auseinander.

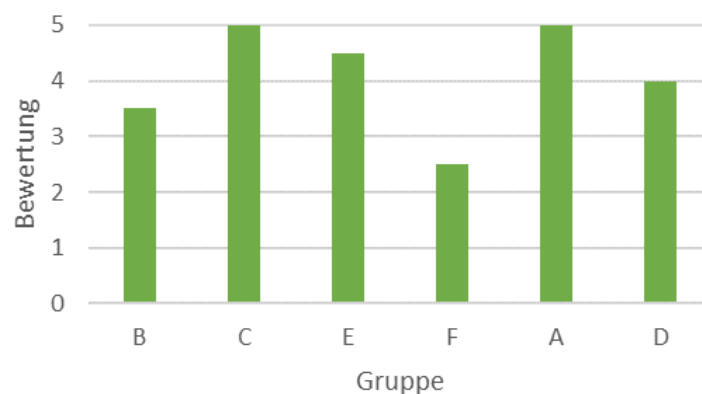


Abbildung 24: Bewertung des MS1 auf einer Skala von 1 (gar nicht gefallen) bis 5 (sehr gut gefallen) pro Gruppe bei User-Test 3

Die Gruppendynamik war nicht entscheidend, ob das Regenwurmspiel im Anschluss von den Kindern positiv bewertet wurde oder nicht. Einige Gruppen (C, E und F) hatten gut zusammengearbeitet und sichtbar Spass die Hinweise in der Umgebung zu suchen und über die

korrekten Antworten zu diskutieren. Trotzdem gingen die Meinungen bei Gruppe F beim Interview auseinander und die Bewertung fiel im Durchschnitt tief aus. Hatten die Gruppen nicht gut zusammengearbeitet und wurde nur geraten, anstatt nach Hinweisen zu suchen (Gruppen A, B und D), wurde das Spiel anschliessend trotzdem positiv bewertet und die Kinder gaben an, dass sie die Rätsel «toll» und «lustig» fanden. Als Kritikpunkte wurden genannt, dass es **langweilig** war und zu sehr wie Schule (Gruppe B) und dass die **Fragen schwierig** waren (Gruppe E).

Diese jüngste Zielgruppe hat besser angesprochen auf Yara als die letzten, älteren Testgruppen. Auch gingen die Meinungen nicht so stark auseinander. Dass Yara «süss» und «nett» ist, war den Kindern stärker in Erinnerung geblieben, als dass sie lange spricht. Aus den Beobachtungen ging heraus, dass trotzdem einige Kinder gelangweilt wirkten während Yaras Einführungen.

Um die UX zu verbessern, wurden die UPs analysiert und Korrekturvorschläge abgeleitet, welche an die Programmierer zur Umsetzung weitergeleitet wurden. Die UPs und entsprechenden Korrekturen sind in Tabelle 9 zusammengefasst.

Tabelle 9: Iteration 3: Identifizierte UPs und veranlasste Korrekturen

UP	KORREKTUR
Immer noch Schwierigkeiten Eingang zum Erdreich zu finden . MS1 wurde von einigen Kindern als zu schwierig und langweilig empfunden.	<ul style="list-style-type: none"> • Zusätzlicher Hinweis durch Yara, dass Treppe hinunter gegangen werden muss • Kleinere Anpassungen um Spielerlebnis zu verbessern
Funktionsweise beim Läusebefall in MS2 manchmal nicht klar .	<ul style="list-style-type: none"> • Hinweis von Yara einfügen, dass bereits angedockte Läuse nicht entfernt werden können
Aufgabenstellung in MS3 war unklar und Spiel insgesamt immer noch zu schwierig .	<ul style="list-style-type: none"> • Schwierigkeitsgrad reduzieren indem eine Hilfefunktion eingeschaltet werden kann (Objekte leuchten) • interaktives Tutorial einbauen
Navigation immer noch problematisch: Kinder konnten sich schlecht mithilfe der Karte orientieren	<ul style="list-style-type: none"> • Plan durch vereinfachte, von Hand illustrierte 2D-Karte ersetzen
Yaras lange Einführungen haben einige Kinder gelangweilt.	<ul style="list-style-type: none"> • Einleitungen von Yara durch Quizfragen und Animationen auflockern • Yara ausdrucksstärker machen (mehr Animationen und Lippenbewegungen)

Fazit

Auch die jüngste Zielgruppe hatte sehr viel Spass an der AROM. Dass die Kinder Mühe hatten, den Weg zwischen den Minispielen zu finden, schien sie nicht zu stören, solange sie Hilfe von einer Erwachsenen Person erhielten. Die positive Haltung spiegelte sich auch in den Gruppeninterviews. Obwohl es noch einige Schwachpunkte zu beseitigen gibt, ist AROM zielgruppengerecht entwickelt worden und geeignet für Kinder ab 7 Jahren.

4.1.4 Abschluss UCD-Prozess und Phase 1

Im Verlauf der drei Iterationen wurde die AROM laufend verbessert. Zudem wurden einige grössere UPs identifiziert. In Tabelle 10 sind diese zusammengefasst und mit konkreten Massnahmen ergänzt, wie die Mission adaptiert wurde.

Tabelle 10: Die grössten UP der AROM mit den entsprechenden Adaptionen

UP	Adaption
Aufmerksamkeit: Die langen Einführungen von Yara haben die Kinder gelangweilt.	Yaras Einführungen wurden gekürzt und durch Quizfragen unterbrochen, bei welchen die Kinder selbst aktiv werden müssen. Zudem erhielt Yara noch mehr Animationen , um lebendiger zu wirken.
Verständlichkeit: Beim Bienenspiel war vielen Kindern nicht klar, was die Aufgabe ist.	Zu Beginn des Bienenspiels wurde ein interaktives Tutorial eingefügt, bei welchem Yara Schritt für Schritt anleitet, was die Aufgabe ist.
Navigation: Das Navigieren zwischen den verschiedenen Gärten war zu schwierig.	Die Karte wurde neu von Hand illustriert und auf die wichtigsten Landschaftsmerkmale reduziert . Zudem wurde der Abstand und das Tempo, in dem Yara den Spieler:innen voranfliegt, angepasst. Die finale Karte ist in Abbildung 25 dargestellt. ³
Navigation: Bei schlechtem GPS-Empfang wird der aktuelle Standort auf der Karte falsch angezeigt.	Hinweis wird eingeblendet, dass GPS zu ungenau ist. Zusätzlicher Button wurde eingefügt, mit dem manuell bestätigt werden kann, dass man sich bereits am richtigen Ort befindet.

³ Eine AR-Navigation, bei der Yara im Kameramodus den Weg zeigt, musste nach vorangehenden Tests in den Gärten verworfen werden, da die GPS-Genauigkeit unzureichend ist.

Fehlende Personalisierung: Die Mission ist für alle Spielenden die gleiche und kann nicht personalisiert werden.

Am Schluss des Spiels wurde ein **Fotomodus** ergänzt, bei welchem die Kinder mit Yara und den Helden ein Foto, resp. Selfie machen können. Dabei können die Helden selber ausgewählt und platziert werden.

Software-Stabilität: Bugs

Viele zusätzliche Tests vor Ort und Überarbeitungen des Codes führten zu einer **stabileren Software**.



Abbildung 25: Illustrierte Karte der Gärten mit reduzierten Informationen

Diese angepasste Version wurde am 13. April 2022 von einer Familie (zwei Erwachsene und drei Kinder im Alter von 6, 10 und 11 Jahren) getestet. Das anschliessende Gruppeninterview mit den beiden älteren und der Zielgruppe entsprechenden Kindern ist sehr positiv ausgefallen. Gemäss Kind 1 ist die AROM ein «sehr cooles Spiel» und «macht total Spass». Die Kinder haben alle Helden innerhalb von 40 Minuten und ohne Hilfe der Erwachsenen gefunden. Sie konnten sich gut mithilfe der vereinfachten Karte orientieren. Die Kinder haben Yara aufmerksam zugehört, schienen nie gelangweilt und wirkten sehr fröhlich und engagiert. Die Eltern haben den Kindern beim Spielen teilweise über die Schultern geschaut, waren jedoch nicht stark involviert. Sie fanden die Mission eine gute Idee, um die Kinder zu motivieren rauszugehen und etwas zu lernen. Der Fotomodus am Schluss war sehr gut angekommen. Auch das sechsjährige Kind war bereits interessiert an der Mission und konnte teilweise mitspielen. Das Interview hat ergeben, dass die Kinder sehr gerne in der Gruppe gespielt

hatten. So mache es mehr Spass und man könne sich gegenseitig helfen. Das komplette transkribierte Interview befindet sich im Anhang 2.2.

Die UX konnte somit über die drei Iterationen gesteigert werden. Die UPs wurden alle erfolgreich behoben und die Kinder wollten die Mission am liebsten nochmals spielen.

Obwohl die Mission auch sehr gut mit jüngeren und älteren Kindern funktioniert, wurden durch die User-Tests als ideale Zielgruppe für AROM Kinder im Alter von 8 bis 9 Jahren identifiziert. Aus diesem Grund und um die Ergebnisse besser vergleichen zu können, wurden für die Evaluation in Phase 2 nur Drittklässler:innen eingeladen.

4.2 Phase 2: Lerneffekt & -motivation

Die finale Version der AROM wurde in einer zweiten Phase im Frühling 2022 mit neuen Schulklassen in den Gärten evaluiert. Die Resultate der Vor- und Nachbefragungen zur Wirkung der AROM werden in den nachfolgenden Unterkapiteln ausgeführt.

4.2.1 Allgemeines

Total wurden 203 Fragebögen ausgefüllt (Vor- und Nachbefragungen zusammen) und es haben 35 Gruppen (Gruppengrösse im Durchschnitt drei Kinder) die Mission in den Gärten gespielt. 101 Kinder haben sowohl an der Vor- als auch an der Nachbefragung teilgenommen. Für die meisten nachfolgenden Analysen wurde schlussendlich mit einem bereinigten und kompletten Datensatz von je 99 Teilnehmenden gerechnet.

Die Spielzeit betrug im Durchschnitt 46 Minuten ($SD = 4.78$). 97% der Spielenden haben erfolgreich den Regenwurm gefunden und 84% die Biene. Das Marienkäferspiel wurde von allen Kindern erfolgreich absolviert (beliebige Anzahl Versuche, nur bei Abbruch des Spiels erscheint der Marienkäfer nicht). Im Schnitt benötigten die Kinder ein- bis zweimal Hilfe von einer Begleitperson im Verlauf des Spiels.

Wie in Abbildung 26 ersichtlich, hatten die meisten Kinder angegeben, dass sie sich draussen in der Natur sehr wohl fühlen. Die Unterschiede zwischen der Vor- und der Nachbefragung sind nicht signifikant.

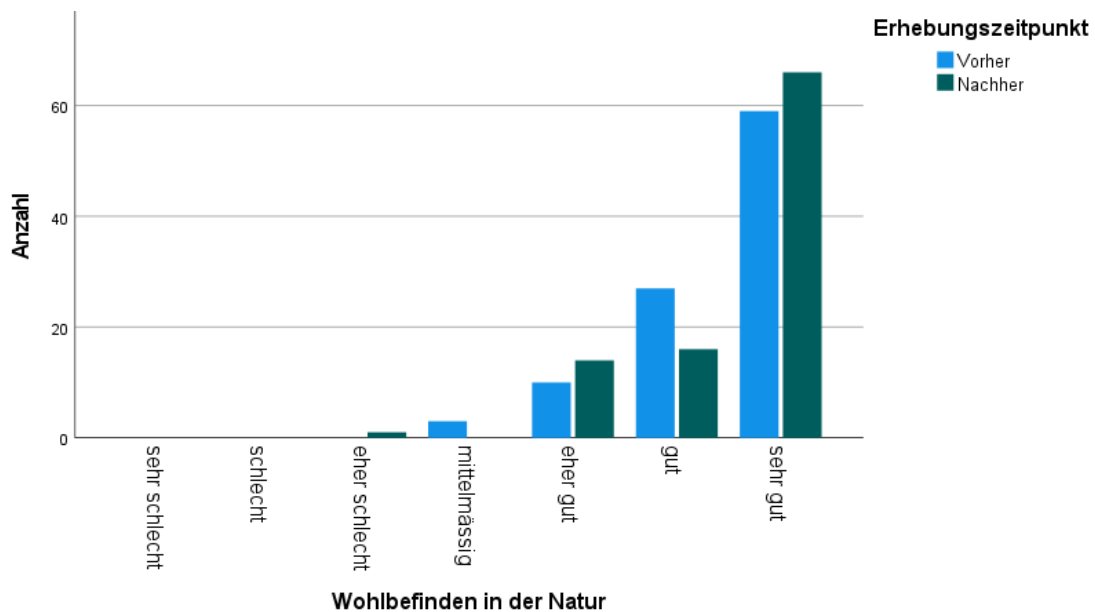


Abbildung 26: Empfundenes Wohlbefinden in der Natur vor und nach einem Spieldurchgang (N = 99)

4.2.2 Lerneffekt

Nur 5% der Schüler:innen haben in der Vorbefragung angegeben, dass sie wüssten, was Biodiversität bedeutet, wie in Abbildung 27 dargestellt ist.

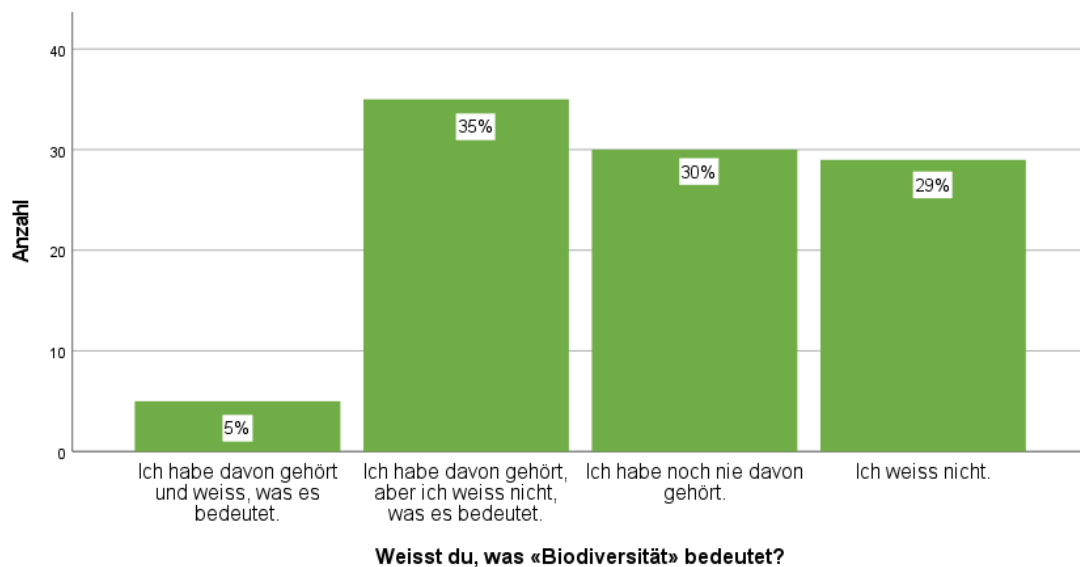


Abbildung 27: Was bedeutet Biodiversität? (N = 99)

Die Ergebnisse des Wissenstests in der Vorbefragung zeigen jedoch, dass auch die Schüler:innen, welche angegeben haben, nicht zu wissen, was Biodiversität bedeutet, im Durchschnitt immer noch mehr als die Hälfte der Punkte erzielten (siehe Abbildung 28). Abbildung 28 zeigt zudem, dass die erzielten Punkte der Schüler:innen, welche angegeben hatten zu wissen, was Biodiversität bedeutet, eine grosse Spannweite aufweist.

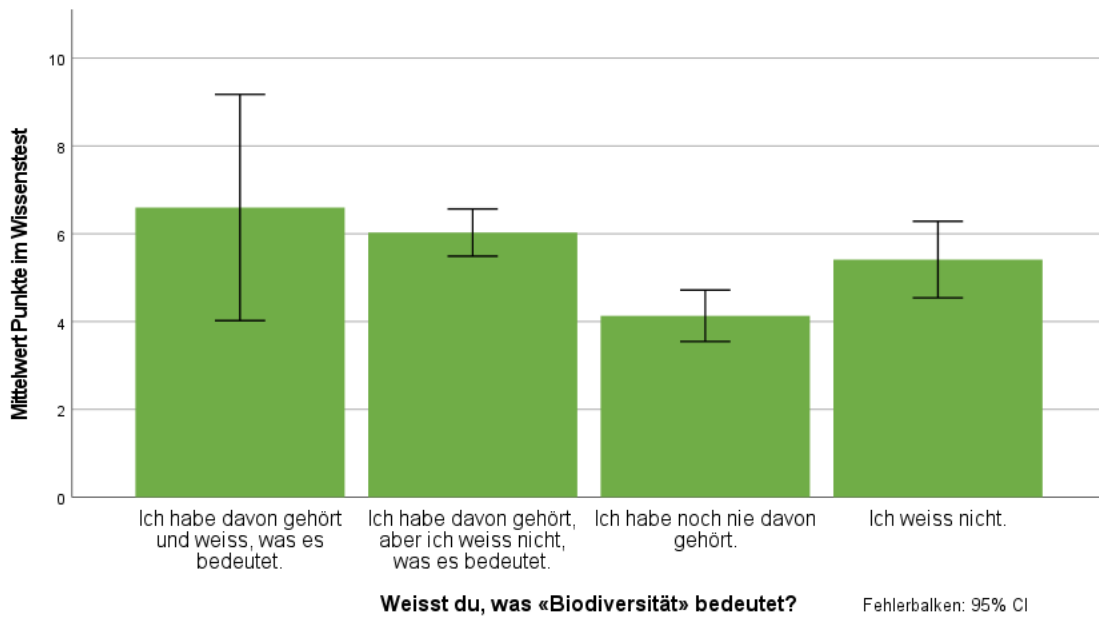


Abbildung 28: Mittelwert erzielte Punkte im Prä-Wissenstest nach Einschätzung Biodiversitätswissen gruppiert (N = 99)

In Tabelle 11 wurden die einzelnen Fragen des Wissenstests analysiert. Bis auf eine Frage wurden alle nach einem Spieldurchgang häufiger korrekt beantwortet.

Tabelle 11: Performance im Prä- und Post-Wissenstest (N = 101)

Thema	Frage	Anz. korrekte Antworten VOR	in %	Anz. korrekte Antworten NACH	In %	Veränderung
Biodiversität allgemein	1	38	37.6%	58	57.4%	+ 19.8%
	2	22	21.8%	17	16.8%	- 5%
	3	58	57.4%	74	73.3%	+ 15.9%
	4	68	67.3%	78	77.2%	+ 9.9%
MS1	5	50	49.5%	79	78.2%	+ 28.7%
	6	15	14.6%	21	20.8%	+ 6.2%
MS2	7	66	65.3%	81	80.2%	+ 14.9%
	8	28	27.7%	66	65.3%	+ 37.6%
MS3	9	48	47.5%	94	93.1%	+ 45.6%
	10	88	87.1%	96	95.0%	+ 7.9%

Alle Fragen zu den Lerninhalten der Minispiele wurden nach einem Spieldurchgang erfolgreicher beantwortet. Abgesehen von Frage 6 («Wie lange dauert es, bis ein Boden entsteht, auf dem zum Beispiel Weizen gut wachsen kann?») wurden diese zudem nach einem Spieldurchgang von mehr als 60% der Schüler:innen korrekt beantwortet. Die Information zur Frage 6 wurde im MS1 nur in einem Hinweis bei einer Quizfrage, bei welchem das Alter von Böden geschätzt werden musste, angegeben. Die allgemeinen Biodiversitätsfragen wurden in der Mission oft nur indirekt thematisiert. Bei Frage 2, welche als einzige nach einem Spieldurchgang etwas schlechter beantwortet wurde, musste beispielsweise der Satz «Lebensraum nennt man einen Ort...» vervollständigt werden. Die korrekte Antwort wäre «...wo Tiere und Pflanzen zu Hause sind», jedoch wurde häufiger «...wo es immer lebendig ist» ausgewählt. Ein besonders grosser Punktezuwachs hat bei Frage 9 («Welche Aussage zu Wildbienen stimmt?») stattgefunden. Vor dem Spieldurchgang hatten rund die Hälfte der Schüler:innen angekreuzt, dass Wildbienen Honig produzierten. Die korrekte Antwort, dass sie Pflanzen bestäuben, wurde durch die neue interaktive Einführung von Yara vermittelt, bei welcher Spieler:innen eine Quizfrage beantworten mussten, um weiterzukommen. Generell wurden alle Fragen besser beantwortet, bei welchen die Inhalte direkt und **interaktiv** vermittelt wurden.

Die Anzahl erreichten Punkte im Wissenstest sind nach einem Spieldurchgang signifikant höher ($M = 7.19$) als davor ($M = 5.30$; asymptotischer Wilcoxon-Test: $z = -7.24$, $p < .001$, $n = 98$). Die Effektstärke liegt bei $r = .73$ und entspricht nach Cohen (1992) einem starken Effekt.

Es hat somit ein nachweislicher Lerneffekt stattgefunden.

Um zu evaluieren, ob es einen Unterschied gab bei denjenigen, welche bereits beim Vortest ein gutes Resultat erzielt hatten, wurden die Teilnehmenden in zwei Gruppen eingeteilt. Erzielten die Teilnehmenden mehr als die Hälfte der Punkte (> 5) im Vortest, wurden sie in die Gruppe der «hohes Vorwissen» zugeordnet. Mit weniger Punkten fielen sie in die Kategorie «tiefes Vorwissen».

Abbildung 29 zeigt die Ergebnisse der Wissenstests, gruppiert nach dem Vorwissen der Schüler:innen (basiert auf Ergebnissen der Vorbefragung). Die AROM hat einen signifikanten Effekt auf den Lerneffekt sowohl bei den leistungsschwachen als auch den leistungsstarken Teilnehmenden. In Tabelle 12 sind die dazugehörigen Mittelwerte und Standardabweichungen aufgelistet.

Tabelle 12: Mittelwerte und SD der Ergebnisse im Wissenstest, gruppiert nach Vorwissen (N = 99)

Punkte im Wissenstest	Vorwissen	Erhebungszeitpunkt					
		Vorher			Nachher		
		Anzahl	Mittelwert	Standardabweichung	Anzahl	Mittelwert	Standardabweichung
	gering	49	3,67	1,25	49	6,18	2,18
	gross	50	6,90	1,05	50	8,20	1,00

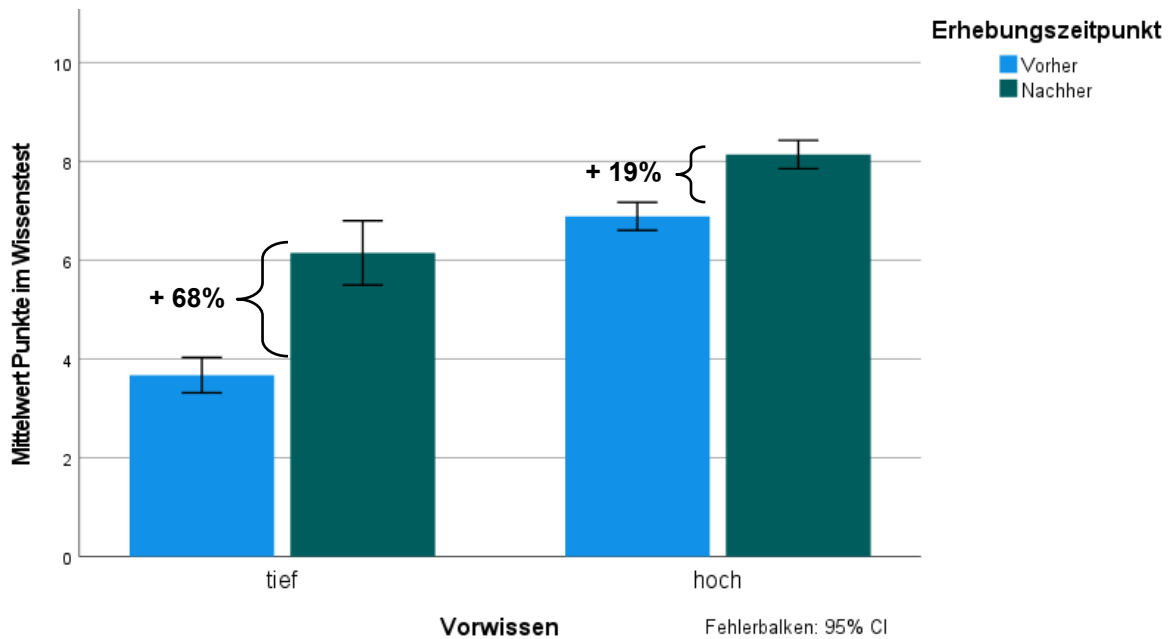


Abbildung 29: Performance Wissenstest, gruppiert nach Vorwissen (N = 99)

Die Performance der Schüler:innen mit geringem Vorwissen ist nach einem Spieldurchgang signifikant höher ($M = 6.18$) als davor ($M = 3.67$; asymptotischer Wilcoxon-Test: $z = -5.38$, $p < .001$, $n = 49$). Die Effektstärke liegt bei $r = .77$ und entspricht nach Cohen (1992) einem starken Effekt.

Die Performance der Schüler:innen mit hohem Vorwissen ist nach einem Spieldurchgang ebenfalls signifikant höher ($M = 8.20$) als davor ($M = 6.90$; asymptotischer Wilcoxon-Test: $z = -4.98$, $p < .001$, $n = 49$). Die Effektstärke liegt bei $r = .71$ und entspricht nach Cohen (1992) ebenfalls einem starken Effekt.

Für weiterführende Analysen wurde der Lerneffekt folgendermassen berechnet:

$$\text{Lerneffekt} = \text{Erzielte Punkte im Wissenstest nach einem Spieldurchgang} \\ - \text{Erzielte Punkte im Wissenstest vor dem Spieldurchgang}$$

Der Lerneffekt, bzw. der Punktezuwachs zwischen den beiden Wissenstest, beträgt im Durchschnitt 1.90 ($SD = 1.70$).

4.2.3 Lernmotivation

Alle 12 Items aus dem RIMMS-Fragebogen wurden zum Mittelwertindex «Lernmotivation» zusammengefasst. Cronbachs Alpha von .86 deutet darauf hin, dass die Antworten der Befragten konsistent waren und der RIMMS-Fragebogen ein hohes Mass an Zuverlässigkeit aufweist. Der Mittelwert für die Lernmotivation beträgt 1.44 ($SD = .43$), auf einer Skala von 1 (hohe Lernmotivation) bis 4 (tiefe Lernmotivation). In Abbildung 30 ist die Verteilung der Lernmotivation illustriert. Es ist ersichtlich, dass die AROM bei den meisten Spielenden eine **sehr hohe Lernmotivation ausgelöst** hat.

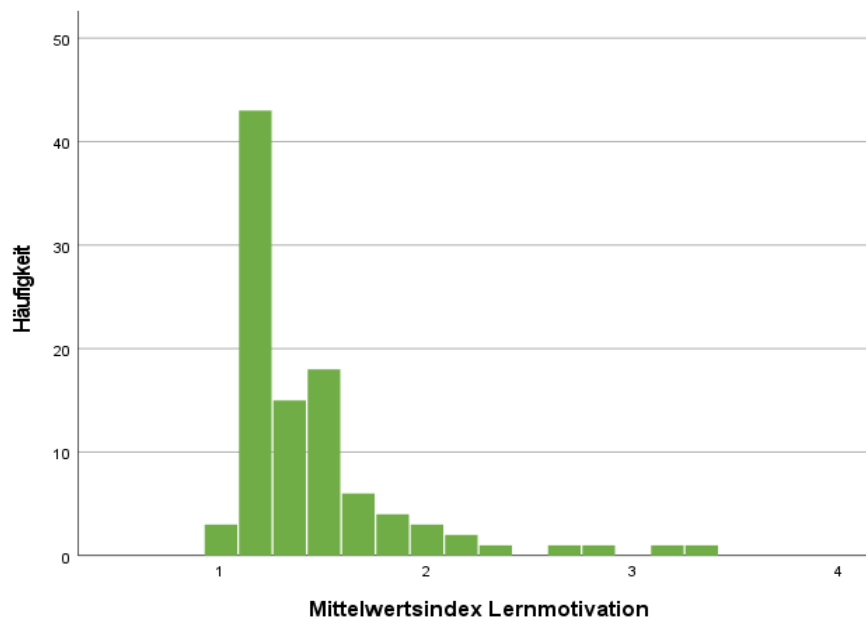


Abbildung 30: Histogramm Lernmotivation (N = 99)

Zusätzlich wurde der Mittelwertindex für das Teilkonstrukt «Zufriedenheit» berechnet, da dieses für Ziel 6 (siehe Kapitel 1.2.2) besonders relevant ist. Die Skala für die Zufriedenheit ist reliabel. Der Wert von Cronbachs Alpha für die drei Items, die die Zufriedenheit messen, liegt bei .89. Der Mittelwert dieses Teilkonstrukts beträgt 1.32 ($SD = .58$), auf einer Skala von 1 (hohe Zufriedenheit) bis 4 (tiefe Zufriedenheit). Dieser hohe Durchschnittswert deutet darauf hin, dass die **Mission den Spielenden grossen Spass gemacht hat**.

Dies wird auch bestätigt in den rund 40 freiwilligen Rückmeldung zur Mission (im Anhang 2.5). Diese waren durchwegs positiv und reichten von «Es war sooooo toll» über «Ich wollte am liebsten noch weiterspielen» hin zu «Das Spiel ist voll cool und der riesige Garten wunderbar».

Diese positive Resonanz der Mission spiegelt sich auch in der Angabe von **über 90% der Teilnehmenden, dass sie die Mission weiterempfehlen würden** (siehe Abbildung 31). Niemand hat angegeben, die Mission nicht weiterempfehlen zu wollen.

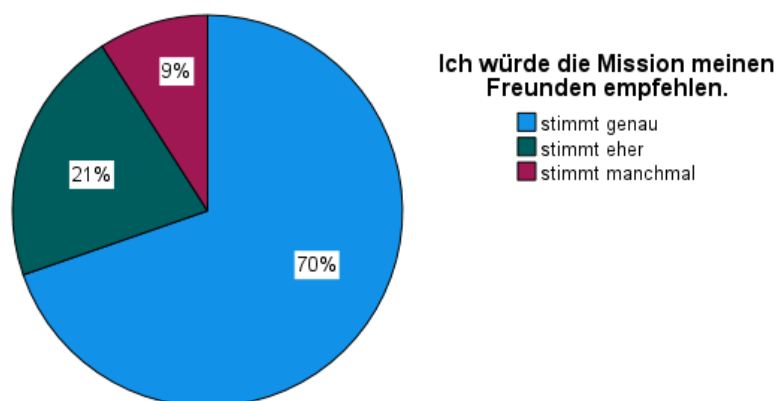


Abbildung 31: Weiterempfehlung der Mission (N = 99)

Ein Korrelationstest hat gezeigt, dass es keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der Zufriedenheit und dem Lerneffekt gibt, $r_s = .001$, $p = 0.990$, $n = 98$.

Wie ersichtlich im Streudiagramm in Abbildung 32, gibt es auch keine signifikante Korrelation zwischen der Lernmotivation und dem Lerneffekt ($r_s = -.080$, $p = .433$, $n = 98$). Eine hohe Lernmotivation hat somit nicht zwingendermassen zu einem hohen Lerneffekt geführt. Die wenigen Probanden mit tiefer Lernmotivation wiesen jedoch einen eher tieferen Lerneffekt aus.

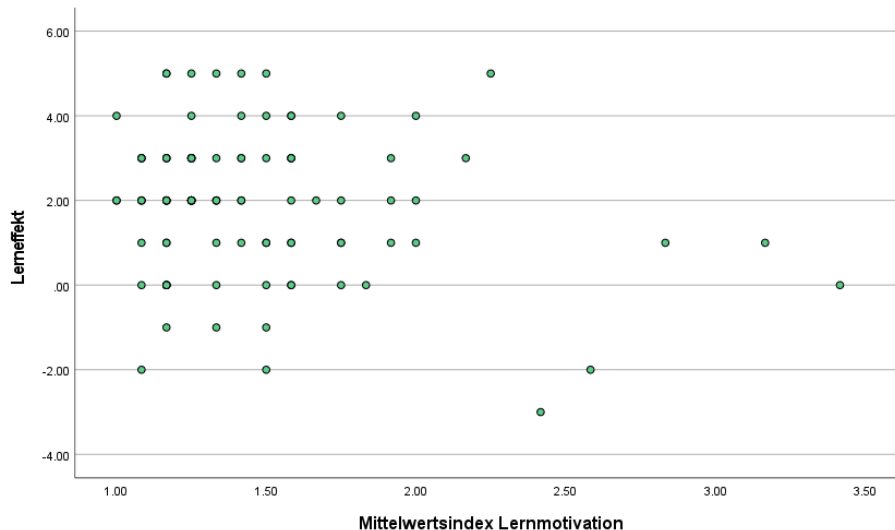


Abbildung 32: Streudiagramm zur Lernmotivation und dem Lerneffekt der Probanden (N = 99)

Ein mittelstarker, positiver Zusammenhang wurde zwischen der Einschätzung der Schüler:innen, wie einfach die App zu bedienen ist, und der Lernmotivation gefunden, $r_s = .330$, $p < .001$, $n = 99$.

4.2.4 Zusammenhang mit Umweltbewusstsein

Die Struktur der Daten zu Umwelteinstellungen (erster Teil der Vor- und Nachbefragung) wurde mittels einer explorativen Faktoranalyse geprüft. Das Kaiser-Meyer-Olkin-Kriterium ($KMO = .61$) weist darauf hin, dass sich die sechs Variablen für eine Faktoranalyse eignen. Es wurde eine Hauptkomponentenanalyse mit Varimax-Rotation durchgeführt, welche in Tabelle 13 dargestellt ist. Alle Variablen sind jeweils klar einem Faktor zuordbar. Es wurde eine Zwei-Faktor-Lösung gewählt, welche 47.2% der Varianz erklärt. Damit liegen zwei Faktoren vor, bei welchen jeweils nur Variablen mit Faktorladungen $>.40$ berücksichtigt wurden: «Umweltbewusstsein» und «Zukunftseinstellung». Der Index Umweltbewusstsein beschreibt wie umweltfreundlich sich die Kinder verhalten (selbsteingeschätzt) und beinhaltet auch das Interesse an der Natur, wohingegen die Zukunftseinstellung aussagt, wie optimistisch die Kinder der Zukunft entgegenschauen und wie selbstwirksam sie sich erachten.

Tabelle 13: Rotierte Komponentenmatrix

	Komponente	
	1	2
Die Tier- und Pflanzenwelt ist mir nicht egal.	.745	.076
Ich lösche das Licht, wenn ich das Zimmer verlasse.	.693	-.139
Ich beobachte auf meinem Schulweg, wie sich die Pflanzen über die Jahreszeiten verändern.	.579	.045
Wenn jemand Abfall auf den Boden fallen lässt, mache ich sie oder ihn darauf aufmerksam.	.521	.260
Wir können immer noch Lösungen für die Umweltprobleme finden.	.010	.763
Ich glaube, dass jeder von uns die Umwelt schützen kann.	.073	.718

Da in dieser Arbeit vor allem das Umweltbewusstsein von Interesse ist, wurde nur dieser Mittelwertindex berechnet und für weitere Analysen verwendet.

Die Mittelwerte des Index Umweltbewusstsein unterscheiden sich nicht signifikant zwischen der Vor- ($M = 1.77$, $SD = .56$, $N = 99$) und Nachbefragung ($M = 1.68$, $SD = .52$, $N = 99$). Für die weiteren Analysen wurde nur der berechnete Mittelwertindex aus der Vorbefragung verwendet. Auf einer Skala von 1 (sehr umweltbewusst) bis 4 (nicht umweltbewusst), ist das selbst wahrgenommene Umweltbewusstsein eher hoch. Die Reliabilität dieses Indexes ist mit Cronbachs Alpha von .501 mangelhaft.

Das **Umweltbewusstsein** (vor dem Spiel) **korreliert leicht mit dem Lerneffekt** ($r_s = .281$, $p = .003$, $n = 98$). Die erste Hypothese – je grösser das Umweltbewusstsein, desto grösser der Lerneffekt – wird damit bestätigt. Eine vertiefte Analyse hat gezeigt, dass dieser Effekt nur bei den leistungsschwachen Schüler:innen, respektive denjenigen mit einem tiefen Vorwissen, signifikant ist (auf einem 0.01 Niveau).

Ein Korrelationstest mit allen einzelnen Items zu Umwelt- und Zukunftseinstellungen zeigt ausserdem, dass es vor allem mit den Items zum Umweltverhalten einen signifikanten Zusammenhang gibt, wie in Tabelle 14 ersichtlich ist. Das bedeutet, je grösser das empfundene Umweltverhalten, desto grösser der Lerneffekt. Eine sehr schwache negative Korrelation konnte zwischen der Einstellung «Ich glaube, dass jeder von uns die Umwelt schützen kann» und dem Lerneffekt festgestellt werden.

Tabelle 14: Spearman-Korrelation zwischen Lerneffekt und einzelnen Items zu Umwelteinstellungen

		Lerneffekt
Die Tier- und Pflanzenwelt ist mir nicht egal.	Korrelationskoeffizient	.091
	Sig. (1-seitig)	.187
	N	98
Ich lösche das Licht, wenn ich das Zimmer verlasse.	Korrelationskoeffizient	.293**
	Sig. (1-seitig)	.002
	N	98
Ich beobachte auf meinem Schulweg, wie sich die Pflanzen über die Jahreszeiten verändern.	Korrelationskoeffizient	.157
	Sig. (1-seitig)	.061
	N	98
Wenn jemand Abfall auf den Boden fallen lässt, mache ich sie oder ihn darauf aufmerksam.	Korrelationskoeffizient	.189*
	Sig. (1-seitig)	.031
	N	98
Wir können immer noch Lösungen für die Umweltprobleme finden.	Korrelationskoeffizient	-.074
	Sig. (1-seitig)	.236
	N	98
Ich glaube, dass jeder von uns die Umwelt schützen kann.	Korrelationskoeffizient	-.180*
	Sig. (1-seitig)	.038
	N	98

*. Die Korrelation ist auf dem 0.05 Niveau signifikant (einseitig) / **. Die Korrelation ist auf dem 0.01 Niveau signifikant (einseitig)

Um die zweite Hypothese, je grösser das Umweltbewusstsein, desto grösser die Lernmotivation, zu prüfen, wurde der Zusammenhang zwischen dem Umweltbewusstsein (vor einem Spieldurchgang) und der Lernmotivation berechnet. Die Ergebnisse zeigen, dass das Umweltbewusstsein signifikant mit der Lernmotivation korreliert, $r_s = .254$, $p = .006$, $n = 99$. Dabei handelt es sich nach Cohen (1992) um einen eher schwachen Effekt. Die Hypothese wird somit bestätigt und es gibt einen **schwachen, positiven Zusammenhang zwischen dem Umweltbewusstsein und der Lernmotivation**.

Ein Korrelationstest mit allen einzelnen Items zu Umwelt- und Zukunftseinstellung zeigt einen leichten Zusammenhang zwischen allen Items und der Lernmotivation, ausgenommen «Ich lösche das Licht, wenn ich das Zimmer verlasse». Die Testergebnisse sind in Tabelle 15 aufgeführt.

Tabelle 15: Spearman-Korrelation zwischen Lernmotivation und einzelnen Items zu Umwelteinstellungen

		Mittelwertindex Lernmotivation
Die Tier- und Pflanzenwelt ist mir nicht egal.	Korrelationskoeffizient	.217*
	Sig. (1-seitig)	.015
	N	99
Ich lösche das Licht, wenn ich das Zimmer verlasse.	Korrelationskoeffizient	-.102
	Sig. (1-seitig)	.158
	N	99

Ich beobachte auf meinem Schulweg, wie sich die Pflanzen über die Jahreszeiten verändern.	Korrelationskoeffizient	.266**
	Sig. (1-seitig)	.004
	N	99
Wenn jemand Abfall auf den Boden fallen lässt, mache ich sie oder ihn darauf aufmerksam.	Korrelationskoeffizient	.214*
	Sig. (1-seitig)	.017
	N	99
Wir können immer noch Lösungen für die Umweltprobleme finden.	Korrelationskoeffizient	.253**
	Sig. (1-seitig)	.006
	N	99
Ich glaube, dass jeder von uns die Umwelt schützen kann.	Korrelationskoeffizient	.199*
	Sig. (1-seitig)	.024
	N	99

*. Die Korrelation ist auf dem 0.05 Niveau signifikant (einseitig) / **. Die Korrelation ist auf dem 0.01 Niveau signifikant (einseitig)

5 Diskussion

Mit der AROM wurde versucht, Unterhaltung und Wissensvermittlung in einem Serious Game und mit Einbezug von AR-Technologie zu kombinieren. Der Entwicklungsprozess dieses Scientainment-Angebots sowie der Lernerfolg und die Lernmotivation wurde in dieser Arbeit untersucht und nachfolgend diskutiert.

5.1 Usability und User Experience der AROM

In ihrer systematischen Literaturrecherche haben Law & Heintz (2021) 49 wissenschaftliche Studien analysiert, welche AR-Anwendungen aus der UX-Perspektive thematisierten. Dabei hatten die meisten Studien zwischen 30 und 40 Teilnehmende. Die 63 Probanden aus der ersten Phase (respektive total 170 Kinder der gesamten Studie) ermöglichten einen vertieften Einblick in die UX-Thematik. Da jeweils gesamte Klassen aus verschiedenen Stufen eingeladen wurden, konnte auch ein breites Spektrum der Zielgruppe abgedeckt werden – von jüngeren bis älteren, leistungsschwachen bis -starken und desinteressierten bis sehr engagierten Kindern.

Die User-Tests in Phase 1 haben gezeigt, dass die App **zielgruppengerecht** entwickelt worden ist und Kinder im Alter zwischen 7 und 11 Jahren anspricht (**Ziel 1**). Als ideale Zielgruppe wurden Kinder in der dritten Klasse (ca. 9 Jahre alt) identifiziert. Kinder aller getesteten Altersstufen hatten jedoch **Spas beim Spielen** in den Gärten, sogar als es dabei geregnet hatte (**Ziel 2**). Dies wurde zum einen deutlich aus den Fragebögen, in denen die Kinder das Spiel gesamthaft im Durchschnitt mit 4.8 von maximal 5 Punkten bewertet hatten. Zum andern konnten durch die Begleitung der Spielenden viele **positive Emotionen** beobachtet werden. Die meisten Kinder wirkten fröhlich, engagiert und interessiert. Dieses Resultat steht im Einklang mit anderen Studien, welche AR-Spiele für Kinder evaluiert haben, und von überwältigend positivem Feedback berichten (vgl. Oppermann et al., 2016).

Die identifizierten Best Practices für eine **gute UX** von Dirin & Laine (2018) (siehe Tabelle 1 in Kapitel 2.5) wurden auch bei der Finalisierung der AROM als relevant erachtet und ihre Berücksichtigung hat zu dem positiven Echo des Spiels beigetragen. Nachfolgend werden die wichtigsten diskutiert. Die Objekte beim Bienenspiel und der Weizen in MS2 wurden so realistisch wie möglich und in einem einheitlichen Stil kreiert. Die Spielenden erkannten jeweils schnell um was es sich handelt. Besonders die Empfehlung von Dirin & Laine (2018) bezüglich eines ansprechenden Avatars kann unterstrichen werden. Yara war in der AROM ein sehr wichtiges Element und hat insbesondere bei Mädchen positive Emotionen geweckt. Die Optimierung der Körpersprache von Yara sowie die interaktivere Gestaltung hat den Avatar noch ansprechender gemacht. Eine weitere mögliche Verbesserung könnte die Kombination mit der Best Practice «personalisiertes Erlebnis» bringen, indem zu Beginn zwischen

verschiedenen Avataren ausgewählt werden könnte. Personalisierung kann bei Serious Games sowohl Motivation und Akzeptanz als auch Nutzeridentifikation fördern (Streicher & Smeddinck, 2016). Dies gilt insbesondere für heterogene Nutzergruppen wie im Fall der AROM, da diese von massgeschneiderten Erlebnissen profitieren könnten.

Als Definition einer guten Usability wurde zu Beginn festgelegt, dass die Kinder die AROM effizient (unter 60 Minuten), effektiv (als Gruppe und ohne Hilfe von aussen) und zufriedenstellend verwenden können. Alle Spielenden konnten die Mission in weniger als 60 Minuten und zufriedenstellend abschliessen. Dies wurde auch bestätigt in Phase 2. Es zeigte sich jedoch, dass die Kinder auf Hilfe von einer erwachsenen Person angewiesen waren, hauptsächlich bei der Navigation zwischen den Minispielen in den Gärten sowohl bei der Aufgabenstellung bei MS3. Unklarheit bezüglich eines AR-Mechanismus ist auch ein häufig genanntes UP in der Literatur (Law & Heintz, 2021) und konnte in diesem Fall behoben werden durch ein interaktives Tutorial. Das Navigations-UP wurde teilweise noch verschlimmert durch GPS-Ungenauigkeit. Da während der Testphase jede Gruppe begleitet wurde und die Kinder somit die benötigte Hilfestellung erhielten, wurde die UX jedoch nicht stark bis gar nicht beeinflusst. Das **Ziel 3**, eine **gute Usability**, ist somit **unter Vorbehalt** erreicht worden.

Die Überarbeitung der Karte hat zu einer Verbesserung der Usability geführt, jedoch brauchten auch die meisten Gruppen in Phase 2 noch Hilfe zu einem gewissen Zeitpunkt. Da die AROM für Schulklassen und Familien entwickelt wurde, kann davon ausgegangen werden, dass auch unter realen Bedingungen eine erwachsene Person die Kinder beim Spiel begleiten wird und Hilfestellung leisten kann. Das Problem mit der GPS-Ungenauigkeit bleibt jedoch eine Herausforderung bei standortbasierten MAR-Anwendungen und wurde auch in anderen Studien genannt (Fauville et al., 2014; Paterson et al., 2010).

Standortbasierte Spiele haben aber den Vorteil, dass sie den Nutzenden ein besseres Verständnis und mehr Wissen über deren Umgebung vermitteln, sowohl durch Audio- als auch visuelle Medien (Paterson et al., 2010). Dies scheint besonders in MS1 gelungen zu sein, bei dem die Kinder aufgefordert werden, sich in der Umgebung umzuschauen, um die Quizfragen zu beantworten. Es wurden jedoch auch Gruppen beobachtet, welche die Umwelt wenig betrachteten. Diese Beobachtungen decken sich mit den Ergebnissen anderer Studien (Alakärppä et al., 2017; Morrison et al., 2009), die darauf hinweisen, dass Kinder möglicherweise zu begeistert von der Anwendung sind und sich deshalb nicht auf die Natur in ihrer Umgebung konzentrieren können. In der AROM wirkt die Navigation diesem Phänomen etwas entgegen, indem die Kinder sich zwischen den Minispielen physisch an verschiedene Orte in den Gärten bewegen müssen. So wurden die Gärten in den Fragebögen auch sehr positiv bewertet und die schöne Umgebung von den Kindern gelobt. Für eine Weiterentwicklung wäre zu überlegen, wie bei allen Minispielen noch mehr mit der Umgebung interagiert werden könnte, um das Naturerlebnis nicht zu schmälern.

Bei der Entwicklung sowie der Auswertung der Mission war kein besonderer Fokus auf **Geschlechterunterschiede** gelegt worden. Mit den vielfältigen Aufgaben und Spielelementen wurde versucht eine möglichst breite Zielgruppe anzusprechen. Trotzdem wurden einige Geschlechterunterschiede beobachtet, wie sie auch in der Literatur zu Serious Games diskutiert werden. So zeigten sich die Jungengruppen schneller gelangweilt von Yara und ihren Einführungen, wobei die Mädchengruppen konzentrierter waren und sich positiver über Yara geäußert hatten («Ich fand die Stimme süß und sie sah sehr süß aus», Probandin 27). In einer umfassenden Literaturstudie zu inklusivem Gamedesign wurde festgestellt, dass Mädchen in der Regel Spiele schätzen, welche soziale Interaktionen beinhalten und auf einer reichhaltigen Geschichte und einem ausgefeiltem Spielcharakter aufbauen, wobei Jungen Kampfspiele bevorzugen (Mozelius et al., 2022). Das Kampfspiel-Element der AROM, das Läusejagen, hatte zu Beginn noch einige UPs und es können daher nicht eindeutige Schlussfolgerungen zu diesbezüglichen Geschlechterunterschiede gezogen werden. Bei der zweiten Testrunde im Oktober 2021 war das Läusejagen jedoch tendenziell besser bei den männlichen Spielenden angekommen. Die Hälfte der Jungen (6 von 12) hat sich spezifisch dazu mit einem positiven Kommentar im Fragebogen geäußert («Ich fand es cool, dass wir die Läuse töten mussten», Proband 24). Zudem wurde beobachtet, dass die Jungengruppen die Mission in kürzerer Zeit durchgespielt hatten als Mädchen (siehe Abbildung 15 in Kapitel 4.1.1). Das deckt sich mit den Ergebnissen der breit angelegten Studie von Leonhardt & Overå (2021) über die Unterschiede von Gaming bei Jungen und Mädchen. Diese zeigten, dass 45% der Jungen, aber nur 32% der Mädchen im Alter von 11 Jahren pro Tag im Durchschnitt eine Stunde oder länger spielen und die Jungen somit generell mehr Erfahrung haben mit Videospielen. Zukünftige Projekte bzw. Weiterentwicklungen der Mission könnten die Geschlechterunterschiede bereits zu Beginn beim Gamedesign berücksichtigen.

Bei geschlechtergemischten Gruppen war das Spiel jeweils ausgewogener. Drei Spielende bilden zusammen die **ideale Gruppengröße**. Werden Vierergruppen gebildet, ist oft eine Person etwas abseits und weniger involviert. Das Spielen in Gruppen macht die AROM ein **kollaboratives Spiel**. López-Faican & Jaen (2020) haben in ihrer Evaluation einer Multiplayer-AR-Anwendung festgestellt, dass ein kollaborativer Spielmodi bei Kindern positive Emotionen auslöst und soziale Interaktionen sowie das Interesse erhöht. Dieses Ergebnis konnte in dieser Evaluation bestätigt werden. Besonders bei MS1 zeigte sich bei den Beobachtungen, wie sich das Interesse am Erdreich erhöht hatte und sich die Spielenden aktiv umgeschaut hatten, je kollaborativer die Gruppe zusammengearbeitet hat. Interagierten die Kinder dagegen wenig miteinander, wurde die Umgebung nicht beachtet und nur geraten.

Das Testen in verschiedenen Settings hat gezeigt, dass die AROM **sowohl für Schulklassen als auch Familien geeignet** ist (**Ziel 4**). Bis zu sechs Gruppen können die Mission gleichzeitig in den Gärten spielen ohne sich gegenseitig zu stören. Das ermöglicht eine effiziente

Abwicklung für Schulklassen. Möchte eine Klasse nicht so viele Tablets mitbringen, haben sie auch die Möglichkeit, sich in Halbklassen aufzuteilen und nacheinander zu spielen. Das bereitgestellte alternative Programm für die nicht-spielende Kinder wurde von den Lehrpersonen gut aufgenommen.

5.2 Lerneffekt und -motivation durch die AROM

Der emotionale Aspekt des Lernens steht im Zusammenhang mit der Motivation von Schüler:innen (Lu & Liu, 2015). Mit der AROM wurde beabsichtigt, ein niederschwelliges Lernangebot zu entwickeln, welches einen Lernerfolg sowie eine positive Motivation auslöst und somit von Schulklassen in den Unterricht eingebettet werden kann. Die Zahl der teilnehmenden Kinder an dieser Studie ist vergleichsweise gross (vgl. Chiang et al., 2014; López-Faican & Jaen, 2020; Lu & Liu, 2015; Oppermann et al., 2016) und zeigt, dass gute Anstrengungen unternommen wurden, um eine umfassende Datenmenge zu sammeln, die sich aus quantitativen Daten aus den Fragebögen und qualitativen Daten aus Beobachtungen zusammensetzt.

Die Ergebnisse zeigen, dass die AROM **erfolgreich Biodiversitätswissen vermitteln** kann (**Ziel 5**). Im Durchschnitt wurden die Wissensfragen zu den Minispielen unmittelbar nach dem Spielen von 70% der Teilnehmenden korrekt beantwortet (zwei Wochen vor dem Spieldurchgang von 49% der Schüler:innen). Dies bestätigt die Erkenntnisse von anderen Serious Game Studien (z.B. Sitzmann, 2011), bei welchen eine effektive Wissenssteigerung beobachtet wurde. Nicht alle Lernziele wurden jedoch gleichermassen erfüllt. Die Anzahl korrekte Antworten auf die Fragen zu den Minispielen reicht von +6.2% (Frage zur zeitlichen Entwicklung des Bodens) bis +45.6% (Frage zu Wildbienen) im Vergleich zur Vorbefragung. Es wird vermutet, dass die Inhalte, welche in der AROM interaktiv und animiert vermittelt wurden, zu einem grösseren Lernerfolg führten. Dies würde sich auch mit den Erkenntnissen von (Sheikh et al., 2021) decken. Alternative Gründe für diese Schwankungen im Lernerfolg könnten andere Aspekte im Gamedesign oder der AR-Technologie, bereits vorhandenes Vorwissen oder eine zwischenzeitliche Thematisierung im Unterricht sein. Da fünf verschiedene Klassen an der Evaluation teilgenommen hatten, ist die Wahrscheinlichkeit von Letzterem eher gering. Weiterführende Forschung könnte hier Aufschluss geben.

In der Studie von Lu & Liu (2015), welche eine AR-Anwendung zum Thema Meeresbiologie evaluierten, zeigte sich, dass die Anwendung keine signifikanten Auswirkungen auf leistungsstarke Schüler:innen hat, jedoch den Lerneffekt von Leistungsschwachen effektiv verbessert. Die Erkenntnisse dieser Masterarbeit unterscheiden sich von diesen Resultaten. Tatsächlich konnte ein **signifikanter Lernerfolg sowohl bei leistungsschwachen als auch bei leistungsstarken Schüler:innen** festgestellt werden. Bei Lu & Liu (2015) erreichten die leistungsschwachen Schüler:innen nach der Verwendung der AR-Anwendung ein vergleich-

bares Leistungsniveau wie leistungsstarke Schüler:innen. Bei der AROM erzielten die leistungsschwachen Teilnehmenden nach einem Spieldurchgang im Durchschnitt einen Punktezuwachs im Wissenstest von +68% ($M = 6.16$), erreichten jedoch nicht das Niveau der Leistungsstarken ($M = 8.20$). Diese Resultate stimmen mit der konstruktivistischen Auffassung überein, dass Lernen ein individueller Aufbauprozess ist und Wissen nur erworben werden kann, wenn es in die bereits vorhandenen Wissensstrukturen implementiert wird (Fischer et al., 2010).

Bei den leistungsschwachen Schüler:innen konnte zudem eine schwache, positive Korrelation zwischen deren Umweltbewusstsein und dem Lerneffekt festgestellt werden. Bei den Leistungsstarken wurde keine solche Korrelation gefunden. Wurden alle einzelnen Variablen zur Umwelt- und Zukunftseinstellung gegen den Lerneffekt geprüft, wurden einige schwache Korrelationen gefunden (siehe Tabelle 14). Es ist möglich, dass es sich hier um einen rein zufälligen Effekt, also um Scheinkorrelationen, handelt. Weiterführende Forschung könnte hier Aufschluss geben.

Dasselbe wurde zwischen dem Umweltbewusstsein und der Lernmotivation festgestellt. Eine schwache Korrelation wurde zwischen den beiden Mittelwertindizes gefunden und ebenfalls zwischen den einzelnen Items zur Umwelt- und Zukunftseinstellung und der Lernmotivation (siehe Tabelle 15). Ein eindeutiger Zusammenhang kann jedoch nicht identifiziert werden. Auch Kinder, welche nicht sehr umweltbewusst sind, waren trotzdem lernmotiviert und hatten Spass an der AROM.

Die AROM hat bei den Probanden eine **hohe Lernmotivation** ausgelöst (**Ziel 6**). Der hohe Durchschnittswert deutet auf einen höheren Grad an Motivation gegenüber Biodiversitätsthemen. Mahmoudi et al. (2017) schreiben in ihrer Studie, dass der Einsatz von AR nicht nur die Motivation und Aufmerksamkeit, sondern auch die Konzentration und Zufriedenheit erhöht und damit schülerzentriertes und kollaboratives Lernen fördern kann. Die Resultate dieser Masterarbeit unterstützen diese Aussage. Die innovative Art von Wissensvermittlung wurde von den Schülern als unterhaltsam empfunden, hielt ihre Aufmerksamkeit aufrecht und erhöhte die Lernbereitschaft. Da die Inhalte der AROM auf die Lernziele des LP21 abgestimmt sind, lässt sie sich gut in den Unterricht integrieren.

Die Teilnehmenden gaben an, dass sie die Mission sehr genossen hatten und wiesen eine **sehr hohe Zufriedenheit** aus. Gemäss der Motivationstheorie von Keller (2010) führt diese Zufriedenheit dazu, dass die Motivation zum Lernen aufrechterhalten wird. Ziel 6 wurde somit vollständig erreicht: Die AROM motiviert zum Lernen und die Motivation hält über das Spielen hinaus an.

90% der teilnehmenden Kinder würden die **AROM weiterempfehlen** (**Ziel 7**). Diese positive Haltung spiegelte sich auch in den Kommentaren. Fast die Hälfte der Probanden hat im

Fragebogen am Schluss eine freiwillige Rückmeldung hinterlassen. Diese waren durchwegs positiv – bis auf den einen Hinweis, dass die Navigation schwierig war – und zeigten, wie sehr die Kinder die Mission schätzten. In Abbildung 33 sind die Kommentare als Wordcloud zusammengefasst (lange Kommentare wurden teilweise gekürzt). Die Liste mit den unveränderten Rückmeldungen ist in Anhang 2.5 zu finden.



Abbildung 33: Wordcloud mit den freiwilligen Rückmeldungen der Probanden (n = 40)

Es zeigte sich, dass die identifizierten UPs in Phase 1 mehrheitlich erfolgreich behoben wurden. Das Tutorial in MS3 hat die Aufgabenstellung für die meisten Kinder verständlich gemacht. Die Navigation war für die Kinder einfacher mit der 2D-Karte, jedoch brauchten die meisten noch Hilfe, um an die richtigen Orte zu gelangen. Alle Spielenden konnten die Mission unter 60 Minuten erfolgreich abschließen. Der Fotomodus am Schluss war auf grosse Begeisterung gestossen und zeigt, wie Personalisierung zur Attraktivität einer Anwendung beitragen kann. Dies bestätigt das identifizierte Potential in Phase 1, mit Personalisierung die UX noch weiter zu verbessern. Die Resultate in Phase 2 haben zudem eine positive Korrelation zwischen der Bedienung der App sowie der Lernmotivation identifiziert. Dies deutet auf einen **Zusammenhang zwischen Usability und der Lernmotivation** hin. Es wird somit die Aufforderung von Law & Heintz (2021) geteilt, dass es noch mehr Studien benötigt, welche die Beziehung zwischen Lerneffekt / -motivation und Usability/UX von AR-Anwendungen analysieren, um zum Wachstum dieses aufstrebenden Forschungsgebiets beizutragen.

5.3 Kritische Würdigung von Methoden und Umsetzung

Grundsätzlich war das Vorhaben sehr ambitioniert. Es war anspruchsvoll, den verschiedenen thematischen Schwerpunkten in den zwei Phasen und dem Mixed Methods Design gerecht zu werden. Bei beiden Phasen gäbe es Potential, die Daten noch vertiefter zu analysieren. Rückblickend wurden verschiedene Stärken und Schwächen der Methodik und Umsetzung dieser Masterarbeit identifiziert, welche nachfolgend diskutiert werden.

Diah et al. (2010) schreiben in ihrer Studie, dass die Usability einer Anwendung am besten iterativ und mit repräsentativen Teilnehmenden getestet wird. Das kann bestätigt werden. Die UCD-Methode erwies sich als sehr nützlich in dieser Evaluation. Das iterative Testen mit der Zielgruppe deckten verschiedene UPs auf und die umgesetzten Änderungsempfehlungen führten zu einer verbesserten Version, welche veröffentlicht werden konnte. Da jedoch das Zeitfenster für die User-Tests begrenzt war (HS 21), waren die **Abstände zwischen den User-Tests** für grössere Änderungen, wie dem Tutorial in MS3, zu klein. Für zukünftige Entwicklungen wäre es empfehlenswert, grössere Abstände einzuplanen, respektive die nächste User-Tests erst nach Abschluss des Vorhergehenden zu planen.

Der Methodenmix zur Evaluation der UX hat sich ebenfalls bewährt. Law & Heintz (2021) haben in ihrer Literaturrecherche festgestellt, dass die meisten Evaluationen von AR-Anwendungen auf Fragebögen basieren, welche nur unzureichend die Identifikation von UPs erlauben. Diese Erfahrung wurde auch in dieser Arbeit gemacht. So haben beispielsweise in der ersten Testrunde nur zwei Probanden im Fragebogen angegeben, dass das MS3 schwierig sei. Erst die Beobachtungen haben gezeigt, dass die Aufgabenstellung vielen Kindern nicht klar war. Die ergänzenden **qualitativen Beobachtungen**, wie sie auch von Diah et al. (2010) empfohlen werden, waren somit ein essenzieller Teil dieser Evaluation.

Die Beobachtungen dienten ebenfalls dazu, die Ergebnisse der **Fragebögen** zu validieren. Besonders Kinder tendieren dazu, in Fragebögen die Antworten so zu wählen, wie sie glauben, dass sie erwünscht sind (Platt, 2016). Die positiven Bewertungen spiegelten sich jedoch auch in den qualitativen Beobachtungen. Was die Antworten jedoch möglicherweise beeinflusst hat, ist die Tatsache, dass die Kinder aus Platz- und Zeitgründen meistens in den Gruppen die Fragebögen ausgefüllt hatten. Obwohl sie gebeten wurden, die Antworten nicht zu besprechen, gab es doch teilweise einen Austausch während dem Ausfüllen.

Da Usability/UX-Forschung zu AR-Anwendungen noch rar ist, gibt es wenig etablierte Methoden. Die **Indikatoren für die Usability** wurden somit nach eigenem Ermessen gewählt. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass zum Beispiel der Indikator für die Effektivität möglicherweise nicht passend gewählt wurden. Zudem wird der Vergleich mit der Literatur erschwert.

In Phase 2 wurde ein **Ein-Gruppen-Prä-Post-Design** gewählt. Mögliche Probleme, welche die interne Validität gefährdeten, sind unter anderem Alternativerklärungen oder Attrition (Ausfall von Probanden). Da der Abstand zwischen Prä- und Post-Test nur zwei Wochen war und die Evaluation im Schulklassensetting stattfand, ist letztere zu vernachlässigen. Diesen zeitlichen Abstand festzulegen, war ebenfalls ein Kompromiss. Einerseits wurde angestrebt, den Abstand genügend gross zu halten, um einer Verzerrung im Wissenstest in der Nachbefragung vorzubeugen. Dazu wurde auch bewusst ein anderes Setting gewählt (der Prä-Test wurde im Klassenzimmer mit der Lehrperson ausgefüllt). Je grösser jedoch dieser

Zeitabstand ist, desto schwieriger ist der Ausschluss von Alternativerklärungen. Die Ergebnisse zum Lerneffekt sind deshalb mit Unsicherheit behaftet. Um Rückschlüsse über kausale Wirksamkeiten treffen zu können, hätte ein Zwei-Gruppen-Prä-Post-Design angewandt werden müssen.

Ein Schwachpunkt dieser Arbeit sind zudem die Skalen. Da es keine bestehende und validierte, kurze **Skala für das Umweltbewusstsein** von Kindern gibt, wurden aus verschiedenen validierten Fragebögen einzelne Fragen herausgesucht. Damit wurde versucht, die verschiedenen Dimensionen von Umweltverhalten- und Umweltbewusstsein abzudecken. Die Ergebnisse haben jedoch gezeigt, dass die Items zusammengefasst eine schlechte, interne Konsistenz aufweisen (ungenügendes Cronbachs Alpha). Es wird eine Studie benötigt, welche eine verlässliche Skala erarbeitet.

Die **Skala der Lernmotivation** wurde vom Englischen ins Deutsche übersetzt und in eine zielgruppengerechte Sprache ausformuliert. Dies hat die Reliabilität beeinträchtigt. Die Fragebögen wurden zwar vorab getestet, die Fragen zur Lernmotivation konnten jedoch nicht sinnvoll beantwortet werden ohne die Mission gespielt zu haben. Aus Zeitgründen war es nicht möglich, einen Pretest inkl. Spieldurchgang vor Ort durchzuführen. Die Ergebnisse zeigten eine gute interne Konsistenz für die Lernmotivation. Cronbachs Alpha war jedoch für die einzelnen Teilkonstrukte Aufmerksamkeit, Relevanz und Vertrauen ungenügend. Immerhin war die interne Konsistenz hoch für das Teilkonstrukt Zufriedenheit, welches für diese Arbeit sehr relevant war.

Schlussendlich wurden für viele der gesetzten Ziele zu Beginn keine **Indikatoren** gesetzt. Wird das Projekt weiterentwickelt, ist die Einführung von Indikatoren empfehlenswert, um Projektergebnisse zu vergleichen und die Wirkung zu messen.

5.4 Schlussfolgerung

Mit der AROM wurde ein neues und innovatives Scientainment-Angebot erschaffen, welches ein Nachhaltigkeitsthema wirkungsorientiert kommunizieren kann. Beinahe alle zu Beginn gesetzten Ziele (siehe Kapitel 1.2) wurden erreicht.

Die begleitende Evaluation in der letzten Entwicklungsphase hat gezeigt, wie wichtig User-Tests sind, um Probleme rund um die Benutzerfreundlichkeit und die UX aufzudecken, zu beheben und damit die Qualität der resultierenden Anwendung zu verbessern. Zudem wurden auch Potentiale aufgedeckt, wie die Mission noch weiter verbessert werden könnte.

Mit AR können Informationen zugänglich und ein Thema greifbar gemacht werden. Die AROM konnte die Kinder in einen Lernzustand versetzen und sie motivieren, sich aktiv Wissen anzueignen. Dies gelang auch bei Kindern, welche weniger umweltaffin sind oder kein Vorwissen zum Thema hatten. Bei dieser interaktiven und spielerischen Form von Wissensvermittlung

nehmen die Schüler:innen Informationen nicht nur passiv auf, sondern können aktiv neues Wissen aufbauen, indem sie die Informationen im Spiel aufnehmen, in der Gruppe diskutieren und das neue Wissen anschliessend zur Erfüllung der Aufgaben anwenden.

Allerdings besteht die Gefahr, dass das Spiel selbst im Mittelpunkt steht – nicht die Umgebung. Eine der wichtigsten Herausforderungen bei der Gestaltung ist es daher, die Nutzenden nicht vom Naturerlebnis abzulenken und den Kindern zu helfen, sich auf das Lernen durch das Erleben der Natur zu konzentrieren. Richtig eingesetzt, bietet AR für Scientainment-Projekte grosses Potential, den Zauber, das Rätselhafte und die Entdeckerfreude fassbar zu machen.

6 Ausblick

Die Erkenntnisse aus diesem Projekt sind bereits in die Erstellung einiger Finanzierungsanträge für Folgeprojekte geflossen (SNF Agora, DIZH). Des Weiteren sollen Folgeprojekte bei der Gebert Rüt Stiftung beantragt werden. Zum einen könnte die AROM als Lehrangebot noch verfeinert und mit ergänzendem Material von Lehrpersonen fest in den Unterricht eingebaut werden. Zum anderen bieten sich Folgeprojekte zu anderen Nachhaltigkeitsthemen an, welche auf niederschwellige Art einer (neuen) Zielgruppe nähergebracht werden sollen, wie zum Beispiel Zukunftsvisionen.

Da der zeitliche Rahmen dieser Arbeit die Studie von langfristigen Wirkungen nicht erlaubte, könnten diese in zukünftigen neuen Projekten sowohl in Hinsicht der UX als auch des Lerneffekts analysiert werden.

Ausserdem würde es sich anbieten, auf Basis der AROM ähnliche Missionen für andere Orte, wie zum Beispiel einen Zoo oder ein Museum zu entwickeln. Dabei könnte die Grundstruktur der App beibehalten und die Minispiele angepasst werden. Diese könnten je nach Bedarf in ihrer Funktionsweise übernommen werden, zum Beispiel könnte in einer Zoo-Mission ein Tier – anstatt eine Weizenpflanze – grossgezogen werden. Die Möglichkeiten sind vielfältig.

Parallel soll zudem in einem nächsten Schritt eine wissenschaftliche Publikation auf Basis dieser Masterarbeit verfasst und veröffentlicht werden, um damit einen Beitrag zu diesem wachsenden Forschungsgebiet zu leisten und anderen Interessierten eine Hilfestellung für ähnliche Projekte zu bieten.

7 Verzeichnisse

7.1 Literaturverzeichnis

- Alakärppä, I., Jaakkola, E., Väyrynen, J., & Häkkinen, J. (2017). Using nature elements in mobile AR for education with children. *Proceedings of the 19th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, MobileHCI 2017*.
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk. (2014). Augmented reality trends in education: A systematic review of research and applications. *Educational Technology and Society, 17*(4), 133–149.
- Bachmann, G. (2009). Teilnehmende Beobachtung. In S. Kühl, P. Strodtholz, & A. Taffertshofer (Eds.), *Handbuch Methoden der Organisationsforschung* (pp. 248–271). Springer VS.
- Bättig-Frey, P., Jäger, M. U., & Treichler Bratschi, R. (2018). Combining Art with Science to Go Beyond Scientific Facts in a Narrative Environment. *Journal of Museum Education, 43*(4), 316–324.
- Bildungsdirektion des Kantons Zürich. (2017). *Lehrplan Volksschule Zürich*.
<https://zh.lehrplan.ch/>
- Brämer, R. (1998). *Wo und wie Kinder "Natur erleben" zu alltäglichen Naturkontakten Natur subjektiv Studien zur Natur-Beziehung in der Hyperzivilisation*.
<http://www.prosoz.de/de/kundencenter/support-download/prosoz-institut-fuer-sozialforschung.html>
- Bressler, D. M., & Bodzin, A. M. (2013). A mixed methods assessment of students' flow experiences during a mobile augmented reality science game. *Journal of Computer Assisted Learning, 29*(6), 505–517.
- Bronack, S. C. (2011). The role of immersive media in online education. *Journal of Continuing Higher Education, 59*(2), 113–117.
- Chang, A., Arenas, J. J., Paz, F., & Diaz, J. (2018). Augmented Reality and Usability Best Practices: A Systematic Literature Mapping for Educational Videogames. *2018 IEEE Sciences and Humanities International Research Conference (SHIRCON)*, 1–5.
- Chan, T. S., & Ahern, T. C. (1999). Targeting motivation – adapting flow theory to instructional design. *Journal of Educational Computing Research, 21*(2), 151–163.
- Charsky, D. (2010). From Edutainment to Serious Games: A Change in the Use of Game Characteristics. *Games and Culture, 5*(2), 177–198.

- Cheng, K.-H. (2017). Reading an augmented reality book: An exploration of learners' cognitive load, motivation, and attitudes. *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(4).
- Chiang, T. H. C., Yang, S. J. H., & Hwang, G.-J. (2014). An Augmented Reality-based Mobile Learning System to Improve Students' Learning Achievements and Motivations in Natural Science Inquiry Activities. *Journal of Educational Technology & Society*, 17(4), 106.
- Dalgarno, B., & Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10–32.
- de Paiva Guimarães, M., & Martins, V. F. (2014). A checklist to evaluate augmented reality applications. *Proceedings - 2014 16th Symposium on Virtual and Augmented Reality, SVR 2014*, 45–52.
- Diah, N. M., Ismail, M., Ahmad, S., & Dahari, M. K. M. (2010). Usability testing for educational computer game using observation method. *Proceedings - 2010 International Conference on Information Retrieval and Knowledge Management: Exploring the Invisible World, CAMP'10*, 157–161.
- Dirin, A., & Laine, T. H. (2018). User experience in mobile augmented reality: Emotions, challenges, opportunities and best practices. *Computers*, 7(2).
- Dirin, A., & Nieminen, M. (2015). mLUX: Usability and user experience development framework for M-learning. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 9(3), 37–51.
- European Commission. (2010). *Attitudes of Europeans towards the issue of biodiversity*.
- Fauville, G., Lantz-Andersson, A., & Säljö, R. (2014). ICT tools in environmental education: Reviewing two newcomers to schools. *Environmental Education Research*, 20(2), 248–283.
- Fischer, F., Mandl, H., & Todorova, A. (2010). Lehren und Lernen mit neuen Medien. In R. Tippelt & B. Schmidt (Eds.), *Handbuch Bildungsforschung* (pp. 753–771). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Gebert RUF Stiftung. (n.d.). *Scientainment*. Retrieved September 9, 2022, from <https://www.grstiftung.ch/de/handlungsfelder/scientainment.html>
- Gould, J. D., & Lewis, C. (1985). Designing for Usability: Key Principles and What Designers Think. *Communications of the ACM*, 28(3), 300–311.

- Irshad, S., & Rambli, D. R. B. A. (2015). User experience of mobile augmented reality: A review of studies. *Proceedings - 2014 3rd International Conference on User Science and Engineering: Experience. Engineer. Engage, i-USEr 2014*, 125–130.
- Jaisli, I., Bättig-Frey, P., Eymann, L., Mariani, E., & Stucki, M. (2019). Scientainment for Sustainability: The eco-confessional as a new approach for life cycle thinking. *Sustainability (Switzerland)*, 11(20).
- Keller, J. M. (1987). Development and Use of the ARCS Model of Instructional Design. *Journal of Instructional Development*, 10(3), 2–10.
- Keller, J. M. (2009). *Motivational design for learning and performance: The ARCS model approach*. Springer Science & Business Media.
- Keller, J. M. (2010). Motivational design for learning and performance: The ARCS model approach. In *Motivational Design for Learning and Performance: The ARCS Model Approach*. Springer US.
- Keller, J. M. (2012). ARCS Model of Motivation. In N. M. Seel (Ed.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (pp. 304–305). Springer.
- Kiili, K. (2005). Digital game-based learning: Towards an experiential gaming model. *Internet and Higher Education*, 8(1), 13–24.
- Law, E. L. C., & Heintz, M. (2021). Augmented reality applications for K-12 education: A systematic review from the usability and user experience perspective. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 30.
- Leonhardt, M., & Overå, S. (2021). Are There Differences in Video Gaming and Use of Social Media among Boys and Girls? - A Mixed Methods Approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health Article Public Health*, 18, 6085.
- Loorbach, N., Peters, O., Karreman, J., & Steehouder, M. (2015). Validation of the Instructional Materials Motivation Survey (IMMS) in a self-directed instructional setting aimed at working with technology. *British Journal of Educational Technology*, 46(1), 204–218.
- López-Faicán, L., & Jaen, J. (2020). EmoFindAR: Evaluation of a mobile multiplayer augmented reality game for primary school children. *Computers and Education*, 149.
- Lu, S. J., & Liu, Y. C. (2015). Integrating augmented reality technology to enhance children's learning in marine education. *Environmental Education Research*, 21(4), 525–541.
- Mahmoudi, M. T., Mojtahedi, S., & Shams, S. (2017). AR-based value-added visualization of infographic for enhancing learning performance. *Computer Applications in Engineering Education*, 25(6), 1038–1052.

- Morrison, A., Oulasvirta, A., Peltonen, P., Lemmelä, S., Jacucci, G., Reitmayr, G., Näsänen, J., & Juustil, A. (2009). Like Bees Around the Hive: A Comparative Study of a Mobile Augmented Reality Map. *Proceedings of the 27th International Conference on Human Factors in Computing Systems: April 4-9, 2009, Boston, MA, USA*.
- Mortara, M., Catalano, C. E., Bellotti, F., Fiucci, G., Mortara, M., Catalano, C. E., Bellotti, F., Fiucci, G., & Houry-panchetti, M. (2015). Learning cultural heritage by serious games. *Journal of Cultural Heritage, 15*(3), 10.
- Mozelius, P., Humble, N., Sällvin, L., Öberg, L. M., Pechuel, R., & Fernández-Manjón, B. (2022). How to get the girls Gaming: A Literature Study on Inclusive Design. *Proceedings to the 6th European Conference on Game Based Learning (ECGBL 2022)*.
- Nielsen, J. (2012). *How Many Test Users in a Usability Study?*
<https://www.nngroup.com/articles/how-many-test-users/>
- Olsson, T., Väänänen-Vainio-Mattila, K., & Saari, T. (2013). Reflections on experience-driven design: A case study on designing for playful experiences. *Proceedings of the 6 International Conference on Designing Pleasurable Products and Interfaces, 263*.
- Oppermann, L., Blum, L., & Shekow, M. (2016). Playing on AREEF -evaluation of an underwater augmented reality game for kids. *Proceedings of the 18th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, MobileHCI 2016, 330–340*.
- Pasch, N., & Möller, A. (2015). *Be(e) educated: Der Einfluss einer Unterrichtsintervention zur Honigbiene auf Facetten einer naturschützender Bereitschaft, Umweltkompetenz und Umwelteinstellung von Schülerinnen und Schülern-Projektskizze*.
- Paterson, N., Naliuka, K., Jensen, S., Carrigy, T., Haahr, M., & Conway, F. (2010). Design, Implementation and Evaluation of Audio for a Location Aware Augmented Reality Game. *Fun and Games 2010: Proceedings of the 3rd International Conference on Fun and Games: September 15-17, 2010, Leuven, Belgium*.
- Platt, L. (2016). *Method Guide: Conducting qualitative and quantitative research with children of different ages*. www.globalkidsonline.net/platt
- Ritterfeld, U., Cody, M., & Vorderer, P. A. (2009). *Serious games: Mechanisms and effects*. Routledge.
- Robin, D. N., Frischknecht-Tobler, U., Gugerli-Dolder, B., Buccheri, G., & Eugster, A. (2015). *Umweltbildung Plus in der Schule. Pilotphase Oktober 2012 – Dezember 2014. Lernbericht und wissenschaftliche Perspektiven*. Pädagogische Hochschule St. Gallen.

- Rossano, V., Lanzilotti, R., Cazzolla, A., & Roselli, T. (2020). Augmented Reality to Support Geometry Learning. *IEEE Access*, 8, 107772–107780.
- Santos, M. E. C., Chen, A., Taketomi, T., Yamamoto, G., Miyazaki, J., & Kato, H. (2014). Augmented reality learning experiences: Survey of prototype design and evaluation. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 7(1), 38–56.
- Schaffhauser, D. (2019). *AI and Mixed Reality Drive Educational Gaming into “Boom Phase.”* Campus Technology. <https://campustechnology.com/articles/2019/09/16/ai-and-mixed-reality-drive-educational-gaming-into-boom-phase.aspx>
- Schreiner, Camilla., Sjøberg, Svein., Relevance of Science Education (research project), & Universitetet i Oslo. Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling. (2004). *Sowing the seeds of ROSE : background, rationale, questionnaire development and data collection for ROSE (The Relevance of Science Education) : a comparative study of students’ views of science and science education.* University of Oslo, Faculty of Education, Department of Teacher Education and School Development.
- Sheikh, S., Heyat, M. B. bin, AlShorman, O., Masadeh, M., & Alkahatni, F. (2021, May 16). A Review of Usability Evaluation Techniques for Augmented Reality Systems in Education. *2021 Innovation and New Trends in Engineering, Technology and Science Education Conference, IETSEC 2021.*
- Sitzmann, T. (2011). A meta-analytic examination of the instructional effectiveness of computer-based simulation games. *Personnel Psychology*, 64(2), 489–528.
- Squire, K. D., & Jan, M. (2007). Mad city mystery: Developing scientific argumentation skills with a place-based augmented reality game on handheld computers. *Journal of Science Education and Technology*, 16(1), 5–29.
- Streicher, A., & Smeddinck, J. D. (2016). Personalized and Adaptive Serious Games. In R. Dörner, S. Göbel, M. Kickmeier-Rust, M. Masuch, & K. Zweig (Eds.), *Entertainment, Computing and Serious Games* (pp. 332–377). Springer International Publishing.
- Tsivitanidou, O. E., & Ioannou, A. (2020). Citizen Science, K-12 science education and use of technology: A synthesis of empirical research. *Journal of Science Communication*, 19(4), 1–22.
- Tuli, N., & Mantri, A. (2020). Usability principles for augmented reality based kindergarten applications. *Procedia Computer Science*, 172, 679–687.
- Wang, S., Christensen, C., Xu, Y., Cui, W., Tong, R., & Shear, L. (2020). Measuring Chinese Middle School Students’ Motivation Using the Reduced Instructional Materials Motivation Survey (RIMMS): A Validation Study in the Adaptive Learning Setting. *Frontiers in Psychology*, 11.

Wrzesien, M., & Alcañiz Raya, M. (2010). Learning in serious virtual worlds: Evaluation of learning effectiveness and appeal to students in the E-Junior project. *Computers and Education*, 55(1), 178–187.

WWF Schweiz. (2010). *Biodiversität - Dossier für Lehrpersonen*. www.wwf.ch/schule

Yoon, S. A., Elinich, K., Wang, J., & van Schooneveld, J. G. (2012). Augmented reality in the science museum: Lessons learned in scaffolding for conceptual and cognitive learning. *IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age, CELDA 2012, Celda*, 205–212.

ZHAW Life Sciences und Facility Management. (2019). *Zombie-Attacke im Grüental*. <https://www.zhaw.ch/de/lisfm/ueber-uns/offene-hochschule/gaerten-im-grueental/science-mission/>

7.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Yara, die Spielbegleiterin	1
Abbildung 2: Storyline der AROM	2
Abbildung 3: MS1 Quizfrage.....	2
Abbildung 4: Der virtuelle Weizen wurde im MS2 erfolgreich bis zum Reifestadium aufgezogen.	3
Abbildung 5: Ein virtuelles Stück Nistholz wurde in MS3 gefunden.....	4
Abbildung 6: Thematisierte Gärten im Grüental (eingekreist).....	4
Abbildung 7: UCD für die Entwicklung eines interaktiven Systems (eigene Abbildung).....	7
Abbildung 8: ARCS-Modell (eigene Darstellung nach Loorbach et al., 2015)	8
Abbildung 9: MAR-Spiel Pokémon Go (Quelle: digitaltrends.com).....	10
Abbildung 10: Usability-Framework für AR-Applikationen (eigene Darstellung nach de Paiva Guimarães & Martins, 2014).....	13
Abbildung 11: Ablauf Studie AROM.....	15
Abbildung 12: Likert-Skala mit Smileys.....	18
Abbildung 13: Iterative Testphase gem. der UCD-Methode (eigene Darstellung)	23
Abbildung 14: Mädchengruppe bei User-Test 1.....	23
Abbildung 15: Spielzeit pro Mädchen- resp. Jungen-Gruppe mit jeweiligen Mittelwerten x bei User-Test 1	24

Abbildung 16: Absicht Weiterempfehlung der AROM (N = 21).....	25
Abbildung 17: Bewertung von MS2 (links) und Schmetterling Yara (rechts) auf einer Skala von 1 (gar nicht gefallen) bis 5 (sehr gut gefallen), N = 22	26
Abbildung 18: links: Gruppe beim Spielen von AROM, rechts: Schüler am Ausfüllen des Fragebogens (ZHAW)	27
Abbildung 19: Spielzeit pro Gruppe und Mittelwert x bei User-Test 2	28
Abbildung 20: Absicht Weiterempfehlung (N = 19)	29
Abbildung 21: Bewertung von MS3 (links) und Schmetterling Yara (rechts) auf einer Skala von 1 (gar nicht gefallen) bis 5 (sehr gut gefallen), N = 19	30
Abbildung 22: Gruppe beim User-Test 3 im Regen	31
Abbildung 23: Spielzeit pro Gruppe und Mittelwert x bei User-Test 3	32
Abbildung 24: Bewertung des MS1 auf einer Skala von 1 (gar nicht gefallen) bis 5 (sehr gut gefallen) pro Gruppe bei User-Test 3	33
Abbildung 25: Illustrierte Karte der Gärten mit reduzierten Informationen	36
Abbildung 26: Empfundenes Wohlbefinden in der Natur vor und nach einem Spieldurchgang (N = 99).....	38
Abbildung 27: Was bedeutet Biodiversität? (N = 99).....	38
Abbildung 28: Mittelwert erzielte Punkte im Prä-Wissenstest nach Einschätzung Biodiversitätswissen gruppiert (N = 99)	39
Abbildung 29: Performance Wissenstest, gruppiert nach Vorwissen (N = 99).....	41
Abbildung 30: Histogramm Lernmotivation (N = 99)	42
Abbildung 31: Weiterempfehlung der Mission (N = 99).....	42
Abbildung 32: Streudiagramm zur Lernmotivation und dem Lerneffekt der Probanden (N = 99)	43
Abbildung 33: Wordcloud mit den freiwilligen Rückmeldungen der Probanden (n = 40)	52

7.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Best Practices für eine gute UX nach Dirin & Laine (2018)	12
Tabelle 2: Fragebogen-Items zu Umwelteinstellung	19
Tabelle 3: RIMMS Original- sowie verwendete Items	20

Tabelle 5: Auswertung Fragebogen und Beobachtungsprotokolle User-Test 1, N = 22	24
Tabelle 6: Iteration 1: Identifizierte UPs und veranlasste Korrekturen.....	26
Tabelle 7: Auswertung Fragebogen und Beobachtungsprotokolle User-Test 2, N = 19	28
Tabelle 8: Iteration 2: Identifizierte UPs und veranlasste Korrekturen.....	30
Tabelle 9: Auswertung Fragebogen und Beobachtungsprotokolle User-Test 3, N = 22	32
Tabelle 10: Iteration 3: Identifizierte UPs und veranlasste Korrekturen.....	34
Tabelle 11: Die grössten UP der AROM mit den entsprechenden Adaptionen	35
Tabelle 12: Performance im Prä- und Post-Wissenstest (N = 101).....	39
Tabelle 13: Mittelwerte und SD der Ergebnisse im Wissenstest, gruppiert nach Vorwissen (N = 99).....	40
Tabelle 14: Rotierte Komponentenmatrix.....	44
Tabelle 15: Spearman-Korrelation zwischen Lerneffekt und einzelnen Items zu Umwelteinstellungen	45
Tabelle 16: Spearman-Korrelation zwischen Lernmotivation und einzelnen Items zu Umwelteinstellungen	45

8 Anhang

Anhangsverzeichnis

Anhang 1	66
Anhang 1.1: Fragebogen User-Test 1 (Phase 1)	66
Anhang 1.2: Fragebogen User-Test 2 (Phase 1)	68
Anhang 1.3: Fragebogen User-Test 3 (Phase 1)	70
Anhang 1.4: Beobachtungsprotokoll Phase 1	72
Anhang 1.5: Fragebogen Prä (Phase 2)	73
Anhang 1.6: Fragebogen Post (Phase 2)	76
Anhang 2	80
Anhang 2.1: Daten Phase 1	80
Anhang 2.2: Transkribiertes Interview	81
Anhang 2.3: Codebuch Phase 2	83
Anhang 2.4: Daten Phase 2	84
Anhang 2.5: Kommentare aus Fragebögen Phase 2	85

Anhang 1

Anhang 1.1: Fragebogen User-Test 1 (Phase 1)

Fragebogen ist zusätzlich in guter Qualität als separates PDF hochgeladen („1_1_Fragebogen_User-Test 1.pdf“)

ZHAW AR Outdoor Mission – User-Testing 9.9.21 Fragebogen





Dein Alter: Jahre

Kreuze immer den passenden Smiley an.

1. Wie hat dir das Spiel gesamthaft gefallen?

gar nicht
 mittel
 sehr gut

2. Wie haben dir die einzelnen Teile des Spiels gefallen?

		Warum?
<p><i>Regenwurm-Quiz</i></p> 	<input type="radio"/> gar nicht <input type="radio"/> mittel <input type="radio"/> sehr gut	
<p><i>Marienkäfer-Spiel</i></p> 	<input type="radio"/> gar nicht <input type="radio"/> mittel <input type="radio"/> sehr gut	
<p><i>Bienen-Spiel</i></p> 	<input type="radio"/> gar nicht <input type="radio"/> mittel <input type="radio"/> sehr gut	
<p><i>Yara</i></p> 	<input type="radio"/> gar nicht <input type="radio"/> mittel <input type="radio"/> sehr gut	
<p><i>Grüental Gärten</i></p>	<input type="radio"/> gar nicht <input type="radio"/> mittel <input type="radio"/> sehr gut	

3. Wie einfach war die Bedienung des Spiels auf dem Tablet?



Kommentar:

4. Bitte beantworte die folgenden Fragen.

Welche Tiere leben nebst dem Regenwurm noch im Boden?

Weshalb sind Marienkäfer beim Weizenfeld wichtig?

Was brauchen die Bienen zum Leben?

5. Würdest du dieses Spiel einer Freundin oder einem Freund empfehlen?

- Ja Nein Vielleicht

6. Wie könnten wir das Spiel noch verbessern, damit es mehr Spass macht?

Vielen Dank für deine Mithilfe! 😊

Anhang 1.2: Fragebogen User-Test 2 (Phase 1)

Fragebogen ist zusätzlich in guter Qualität als separates PDF hochgeladen („1_2_Fragebogen_User-Test 2.pdf“)

Spieldauer:

AROM – User-Testing 27.10. Fragebogen

Gruppe: A B

Ich bin Jahre alt. Ich bin ein Mädchen Junge

Kreuze immer den passenden Smiley an.

1. Wie hat dir das Spiel gesamthaft gefallen?

gar nicht

mittel

sehr gut

2. Wie haben dir die einzelnen Teile des Spiels gefallen?

	Warum?	
Regenwurm-Quiz 	 gar nicht mittel sehr gut	
Marienkäfer-Spiel 	 gar nicht mittel sehr gut	
Bienen-Spiel 	 gar nicht mittel sehr gut	
Yara 	 gar nicht mittel sehr gut	
Grüental Gärten	 gar nicht mittel sehr gut	

3. Wie einfach war die Bedienung des Spiels auf dem Tablet?

Kommentar:

4. Bitte beantworte die folgenden Fragen.

Welche Tiere leben nebst dem Regenwurm noch im Boden?

Wie lange dauert es, bis ein Boden entsteht, auf dem zum Beispiel Weizen gut wachsen kann?

 2 Wochen 1 Jahr 1000 Jahre

Weshalb sind Marienkäfer beim Weizenfeld wichtig?

Was muss man alles tun, damit aus einem Weizensamen eine Pflanze wird, die man ernten kann?

Weshalb sind Blumen ganz wichtig für Bienen?

Nenne zwei mögliche Orte, wo Bienen ein Zuhause finden.

5. Würdest du dieses Spiel einer Freundin oder einem Freund empfehlen? Ja Nein Vielleicht**6. Wie könnten wir das Spiel noch verbessern, damit es mehr Spass macht?**

Vielen Dank für deine Mithilfe! 😊

Anhang 1.3: Fragebogen User-Test 3 (Phase 1)

Fragebogen ist zusätzlich in guter Qualität als separates PDF hochgeladen („1_3_Fragebogen_User-Test 3.pdf“)

Spieldauer:

AROM – User-Testing 02.11. Fragebogen

Gruppe: A B

Fragebogen wird vorgelesen und pro Gruppe ausgefüllt.

Wir sind Jahre alt. Mädchen Jungs

1. Wie hat euch das Spiel gesamthaft gefallen?

gar nicht

mittel

sehr gut

2. Wie haben euch die einzelnen Teile des Spiels gefallen?

	Warum?	
Regenwurm-Quiz 	 gar nicht mittel sehr gut	
Marienkäfer-Spiel 	 gar nicht mittel sehr gut	
Bienen-Spiel 	 gar nicht mittel sehr gut	
Yara 	 gar nicht mittel sehr gut	
Grüental Gärten	 gar nicht mittel sehr gut	

3. Wie einfach war die Bedienung des Spiels auf dem Tablet?



Kommentar:

4. Was habt ihr Neues gelernt?

5. Würdet ihr dieses Spiel einer Freundin oder einem Freund empfehlen?

- Ja Nein Vielleicht

Werdet ihr Zuhause davon erzählen? Wenn ja, was?

6. Wie könnten wir das Spiel noch verbessern, damit es mehr Spass macht?

7. Weitere Kommentare / Ergänzungen

Anhang 1.4: Beobachtungsprotokoll Phase 1

Beobachtungsprotokoll ist zusätzlich in guter Qualität als separates PDF hochgeladen („1_4_Beobachtungsprotokoll.pdf“)

Beobachtungsprotokoll AROM

Emotionen: gelangweilt, neutral / mässig beeindruckt, fröhlich, euphorisch...


Bewegung: (fast) keine / wenig / mittel viel / sehr viel Bewegung...


Zusammenspiel: kein Zusammenspiel, wenig / viel Interaktion, kollaboratives Spiel...


Zufriedenheit: keine / negative / positive Kommentare bzw. Ausdrücke...

Tablet: bei einem Kind, von 2 / 3 Kindern geteilt, gleichmässig zwischen allen geteilt

Anzahl Mädchen: Anzahl Jungen: Gruppe: A / B








Generell / zwischen Minispielen:

Anhang 1.5: Fragebogen Prä (Phase 2)

Fragebogen ist zusätzlich in guter Qualität als separates PDF hochgeladen („1_5_Phase 2 Fragebogen_prä.pdf“)

Fragebogen I

Vielen Dank fürs Ausfüllen des Fragebogens. Das ist eine grosse Hilfe.



Erster Buchstabe von deinem Vornamen	
Erster Buchstabe von deinem Nachnamen	

In welchem Monat hast du Geburtstag? Kreuze an.

Januar

Februar

März

April

Mai

Juni

Juli

August

September

Oktober

November





Dezember





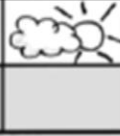



Ich bin Jahre alt.

Weisst du, was «Biodiversität» bedeutet? Kreuze eine Antwort an.

- Ich habe davon gehört und weiss, was es bedeutet.
- Ich habe davon gehört, aber ich weiss nicht, was es bedeutet.
- Ich habe noch nie davon gehört.
- Ich weiss nicht.

Wie fest stimmst du diesen Aussagen zu?

	 Stimmt genau	 Stimmt eher	 Stimmt manchmal	 Stimmt nicht
Wenn ich erwachsen bin, wird unsere Welt nicht mehr so schön sein, wie heute.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wir können immer noch Lösungen für die Umweltprobleme finden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich glaube, dass jeder von uns die Umwelt schützen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn jemand Abfall auf den Boden fallen lässt, mache ich sie oder ihn darauf aufmerksam.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich lösche das Licht, wenn ich das Zimmer verlasse.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich beobachte auf meinem Schulweg, wie sich die Pflanzen über die Jahreszeiten verändern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn ich ehrlich bin, ist mir die Tier- und Pflanzenwelt eher egal.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Welches Kästchen beschreibt am besten, wie du dich in der Natur fühlst?							
sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	mittel-mässig	eher gut	gut	sehr gut	
							

Jetzt kommen ein paar Wissensfragen. Bitte kreuze bei jeder Frage eine Antwort an.

- Biodiversität ist...
 - ...für uns Menschen sehr wichtig. Viele Dinge wie Kleider, Essen oder Medikamente kommen aus der Natur.
 - ...für uns Menschen nur wichtig, wenn wir gerne in der Natur sind. Für alle anderen ist sie nicht wichtig.
 - ...für uns Menschen nicht so wichtig. Nur die Tiere und Pflanzen brauchen Biodiversität.
 - weiss nicht
- Lebensraum nennt man einen Ort...
 - ...wo Tiere Ferien machen.
 - ...wo Tiere und Pflanzen zu Hause sind.
 - ...wo es immer lebendig ist.
 - weiss nicht
- In einem Lebensraum...
 - ...brauchen Tiere die Pflanzen und umgekehrt.
 - ...brauchen Tiere die Pflanzen, aber die Pflanzen brauchen die Tiere nicht.
 - ...braucht niemand den anderen.
 - weiss nicht
- Welche dieser Tiere sind besonders wichtig, damit wir genügend Essen haben?
 - Bienen, weil sie die Blüten bestäuben und so zum Beispiel eine Frucht entsteht
 - Regenwürmer, da sie den Boden auflockern und so Pflanzen besser wachsen können
 - beide sind wichtig
 - weiss nicht
- Wie hilft der Regenwurm dem Boden, wenn es regnet?
 - Das Wasser kann schnell in den Boden laufen, wegen seinen gegrabenen Gängen.
 - Er trinkt ganz viel Regenwasser.
 - Er frisst schwimmende Insekten, die dem Boden schaden.
 - weiss nicht
- Wie lange dauert es, bis ein Boden entsteht, auf dem zum Beispiel Weizen gut wachsen kann?
 - 2 Wochen
 - 1 Jahr
 - 1000 Jahre
 - weiss nicht




7. Was frisst ein Marienkäfer hauptsächlich?
- Pollen
 - Läuse
 - Gras
 - weiss nicht
8. Was braucht es, damit aus einem Samenkorn ein Weizen entsteht und der Umwelt dabei möglichst wenig geschadet wird?
- Wasser, Unkraut jäten, Dünger, Blumen für Nützlinge (Insekten)
 - Wasser, chemische Pflanzenschutzmittel, Unkraut jäten, Dünger
 - nur Wasser und Sonne
 - weiss nicht
9. Welche Aussage zu Wildbienen stimmt?
- Sie machen Honig.
 - Sie bestäuben Pflanzen.
 - Sie bestäuben Pflanzen und machen Honig.
 - weiss nicht
10. Wo finden Bienen ein Zuhause?
- In totem Holz oder in einem Bienenhotel
 - In Plastikflaschen
 - Nur in Blumen
 - weiss nicht

Fertig!

Super, du hast es geschafft. Vielen Dank fürs Mitmachen!



Bei diesen Aussagen geht es um die Mission, welche du gerade gespielt hast. Wie fest stimmst du diesen Aussagen zu?

	 Stimmt genau	 Stimmt eher	 Stimmt manchmal	 Stimmt nicht
Die App war einfach zu bedienen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alle haben sich in meiner Gruppe an der Lösung der Rätsel beteiligt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich würde die Mission meinen Freunden empfehlen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich war während dem Spielen ganz aufmerksam	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Mission war so gut aufgebaut, dass ich dran blieb bis am Schluss.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Durch die verschiedenen Rätsel und kurzen Spielen wurde es nicht langweilig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In der Mission ging es um Dinge, die ich bereits weiss.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es hat sich für mich gelohnt, das Spiel zu spielen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe etwas gelernt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe schnell verstanden, wie die Mission funktioniert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nach kurzem Spielen war ich sicher, dass ich die einzelnen Spiele schaffen würde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Erklärungen von Yara haben geholfen, dass ich die Aufgaben verstanden habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Mission hat mir so Spass gemacht, dass ich gerne noch weitergespielt hätte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Mission hat mir richtig Spass gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es war toll, ein so gut gemachtes Spiel zu spielen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hast du uns sonst noch etwas zu sagen zur Mission? (freiwillig)

Jetzt kommen noch ein paar Wissensfragen. Bitte kreuze bei jeder Frage eine Antwort an.

1. Biodiversität ist...
 - ...für uns Menschen sehr wichtig. Viele Dinge wie Kleider, Essen oder Medikamente kommen aus der Natur.
 - ...für uns Menschen nur wichtig, wenn wir gerne in der Natur sind. Für alle anderen ist sie nicht wichtig.
 - ...für uns Menschen nicht so wichtig. Nur die Tiere und Pflanzen brauchen Biodiversität.
 - weiss nicht
2. Lebensraum nennt man einen Ort...
 - ...wo Tiere Ferien machen.
 - ...wo Tiere und Pflanzen zu Hause sind.
 - ...wo es immer lebendig ist.
 - weiss nicht
3. In einem Lebensraum...
 - ...brauchen Tiere die Pflanzen und umgekehrt.
 - ...brauchen Tiere die Pflanzen, aber die Pflanzen brauchen die Tiere nicht.
 - ...braucht niemand den anderen.
 - weiss nicht
4. Welche dieser Tiere sind besonders wichtig, damit wir genügend Essen haben?
 - Bienen, weil sie die Blüten bestäuben und so zum Beispiel eine Frucht entsteht
 - Regenwürmer, da sie den Boden auflockern und so Pflanzen besser wachsen können
 - beide sind wichtig
 - weiss nicht
5. Wie hilft der Regenwurm dem Boden, wenn es regnet?
 - Das Wasser kann schnell ablaufen, wegen seinen gegrabenen Gängen.
 - Er trinkt ganz viel Regenwasser.
 - Er frisst schwimmende Insekten, die dem Boden schaden.
 - weiss nicht
6. Wie lange dauert es, bis ein Boden entsteht, auf dem zum Beispiel Weizen gut wachsen kann?
 - 2 Wochen
 - 1 Jahr
 - 1000 Jahre
 - weiss nicht
7. Was frisst ein Marienkäfer hauptsächlich?
 - Pollen
 - Läuse
 - Gras
 - weiss nicht
8. Was braucht es, damit aus einem Samenkorn ein Weizen entsteht und der Umwelt dabei möglichst wenig geschadet wird?
 - Wasser, Unkraut jäten, Dünger, Blumen für Nützlinge (Insekten)
 - Wasser, chemische Pflanzenschutzmittel, Unkraut jäten, Dünger
 - nur Wasser und Sonne
 - weiss nicht

9. Welche Aussage zu Wildbienen stimmt?

- Sie machen Honig.
- Sie bestäuben Pflanzen.
- Sie bestäuben Pflanzen und machen Honig.
- weiss nicht

10. Wo finden Bienen ein Zuhause?

- In totem Holz oder in einem Bienenhotel
- In Plastikflaschen
- Nur in Blumen
- weiss nicht

Fertig!

Super, du hast es geschafft. Vielen Dank fürs Mitmachen!



Anhang 2

Anhang 2.1: Daten Phase 1

Die Daten (inkl. Auswertungen) sind als Excel-Files separat hochgeladen:

- „2_1_Daten_User-Test 1.xlsx“
- „2_1_Daten_User-Test 2.xlsx“
- „2_1_Daten_User-Test 3.xlsx“

Anhang 2.2: Transkribiertes Interview

Interview ist zusätzlich als separates PDF hochgeladen („2_2_Interview User-Test Familie.pdf“)

Hallo zäme! Ihr habt gerade die Biodiversitätsmission gespielt. Ich möchte gerne wissen, wie ihr es gefunden habt und euch ein paar Fragen dazu stellen. Eure Angaben brauchen wir anonym und ich tippe gleich auf dem Laptop mit, was ihr gesagt habt. Ist das in Ordnung?

Interviewdatum: 13.04.2022

Ort: Wädenswil

1. Demografische Angaben: Alter, Geschlecht und Klasse erfassen.

Geschlecht (der Reihe nach von links nach rechts): m,m,m

Jahrgang (der Reihe nach von links nach rechts): 2015, 2011, 2012

Klasse (der Reihe nach von links nach rechts): 2. Kindergarten, 4., 4.

→ Die anschliessenden Fragen (ausser der ersten) wurden nur von den beiden 4. Klässlern beantwortet

2. Wie hat euch die Mission gefallen?

Sehr gut gefallen, „Sehr cooles Spiel, macht total Spass!“

3. Was hat euch am besten gefallen? Wieso?

- Marienkäferspiel: Weizen pflanzen, Blattläuse wegmachen, sich die Schritte überlegen, die es braucht um den Weizen grosszuziehen
- Bienenspiel hat auch Spass gemacht
- Am schwierigsten war das Regenwurmspiel → es brauchte viel Konzentration, aber war auch cool, Hinweise suchen hat Spass gemacht

4. Was hat euch am wenigsten gut gefallen? Wieso?

Nichts, hat alles gut gefallen

5. Wie einfach habt ihr die Bedienung der App gefunden?

- Einfach zu bedienen, haben immer gewusst, was zu tun ist
- nur die Spiegelung (durch direkte Sonneneinstrahlung) hat manchmal gestört

6. Konntet ihr euch auf der Karte zurechtfinden?

- GPS auf iPad war sehr ungenau, aber konntet uns trotzdem gut zurechtfinden
- Schmetterling fliegt zu schnell weg, sollte nicht so weit weg fliegen

7. Habt ihr etwas Neues gelernt? Wenn ja, was genau? Nachhacken!

- Alte Böden haben mehr Steine
- Marienkäfer frisst 150 Blattläuse

8. Würdet ihr die Mission euren Freunden empfehlen?

Ja!

9. Habt ihr noch weitere Kommentare zum Spiel?

- Yara war gut, aber lieber echter Schmetterling, oder Vogel
- Toll, dass es draussen war!
- War cool in Gruppe (zu zweit oder zu dritt) zu spielen, hätten es nicht alleine spielen wollen → so konnte man sich gegenseitig helfen und es hat mehr Spass gemacht
- gleichaltrige Gruppen wären besser (Kindergärtler hat etwas genervt)
- War cool mit dem Tablet und Tablet-Hülle mit Griff war mega praktisch
- Bei Erdreich: noch spezifischere Hinweise (z.B. „finde die Bilder an der Wand“)
- Beim Bienenspiel: Bezeichnungen von Gegenständen von Anfang an einblenden
- Möchten es gleich nochmals spielen!

Kommentare & Beobachtungen der Forscherin (Mirjam West):

1 Tablet für 3 Kinder + 2 Erwachsene

Die beiden Eltern haben immer mal wieder den Kindern beim Spielen über die Schulter geschaut, waren aber nicht sehr involviert. Fanden es jedoch eine gute Idee Kinder zum rausgehen und etwas lernen zu motivieren. 6-jähriges Kind war interessiert am Spiel und hat auch Teile davon mitgespielt, war jedoch noch zu jung für die ganze Mission. Die zwei 4.-Klass-Kinder haben alle Orte auf der Karte schlussendlich alleine gefunden. Beim Bienenspiel hatten sie Schwierigkeiten beim Tutorial (haben sich nicht gründlich genug umgesehen und die Blume lange nicht gefunden).

Die Kinder haben Yara aufmerksam zugehört (wirkten nicht gelangweilt), sehr gut zusammengearbeitet, immer mal wieder gelacht (z.B. als sie den Wurm gefunden haben), das Tablet abgewechselt und haben alle Helden innerhalb ca. 40min gefunden. Sie wirkten fröhlich und engagiert.

Anhang 2.3: Codebuch Phase 2

Das komplette Codebuch für die Evaluation in Phase 2 ist als PDF separat hochgeladen:
„2_3_Codebuch Phase 2.pdf“

Auszug:

v_16	Die App war einfach zu bedienen.
0	keine Angabe
1	stimmt genau
2	stimmt eher
3	stimmt manchmal
4	stimmt nicht
v_17	Alle haben sich in meiner Gruppe an der Lösung der Rätsel beteiligt.
0	keine Angabe
1	stimmt genau
2	stimmt eher
3	stimmt manchmal
4	stimmt nicht
v_18	Ich würde die Mission meinen Freunden empfehlen.
0	keine Angabe
1	stimmt genau
2	stimmt eher
3	stimmt manchmal
4	stimmt nicht
v_19a	Ich war während dem Spielen ganz aufmerksam.
0	keine Angabe
1	stimmt genau
2	stimmt eher
3	stimmt manchmal
4	stimmt nicht
v_19b	Die Mission war so gut aufgebaut, dass ich dran blieb bis am Schluss.
0	keine Angabe
1	stimmt genau
2	stimmt eher
3	stimmt manchmal
4	stimmt nicht
v_19c	Durch die verschiedenen Rätsel und kurzen Spielen wurde es nicht langweilig.
0	keine Angabe
1	stimmt genau
2	stimmt eher
3	stimmt manchmal
4	stimmt nicht
v_20a	In der Mission ging es um Dinge, die ich bereits weiss.
0	keine Angabe
1	stimmt genau
2	stimmt eher
3	stimmt manchmal
4	stimmt nicht

Anhang 2.5: Kommentare aus Fragebögen Phase 2

Freiwillige Kommentare

- (1) Alles war cool.
- (2) Alles war gut.
- (3) Alles war gut
- (4) Danke das ihr dieses Spiel erfunden habt, es war cool.
- (5) Danke das ihr habt mir viel geholfen
- (6) Danke es war so toll! :)
- (7) Danke für das Spiel. Es war mega toll! Ich hoffe, ich könnte es mehrmals spielen. <3
- (8) Danke das wir kommen durften. :)
- (9) Das Spiel ist voll cool und der riesen Garten ist wunderbar
- (10) Die Mission soll länger sein.
- (11) Ea hat sehr Spass gemacht.
- (12) Es hat viel Spass gemacht. Ich würde es gerne nochmal spielen.
- (13) Es war cool!
- (14) Es war cool.
- (15) Es war mega cool, vorallem weil die einten Sachen suchen musste
- (16) Es war mega cool.
- (17) Es war mega cool.
- (18) Es war sehr cool aber manchmal wo mann die Karte hatte ist es fast nicht gegangen (iPad)
- (19) Es war sehr cool und mir hat es Spass gemacht.
- (20) Es war sehr sehr cool.
- (21) Es war sehr toll
- (22) Es war sehr toll und die Figuren waren süß.
- (23) Es war sehr toll und ich würde es gerne noch mal spielen
- (24) Es war sehr toll!
- (25) Es war soooooo toll!
- (26) Es war spannend
- (27) Ich fand das Spiel sehr cool und spannend.
- (28) Ich fand die Mission mega cool und es hat mega viel Spass gemacht. Danke.
- (29) Ich fand die Mission super cool!
- (30) Ich fand es mega cool
- (31) Ich fand es richtig cool
- (32) Ich fand es spannend und cool.
- (33) Ich finde die Missionen so so cool!
- (34) Ich habe sehr viel gelernt über Regenwurm, Marienkäfer und Biene
- (35) Ich kann die Mission weiterempfehlen.
- (36) Ich wollte am liebsten noch weiterspielen
- (37) Ich würde das Spiel ein wenig länger machen
- (38) Mehr Aufgaben und schwierige Sachen, nicht nur Plastik[flasche] (beim Bienenspiel)
- (39) Mir hat es gefallen der Regenwurm zu finden.