

VR4energy

Entwicklung von VR-Anwendungen für Schülerlabore zur Energiewende

Projektlaufzeit: 01.05.2021 – 30.04.2022

Abschlussbericht über ein Bildungsprojekt
gefördert unter dem Aktenzeichen 37030/01-41
von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt

verfasst von

Marius Wohlfahrtstätter, M.Sc (Hochschule Düsseldorf)

Juli 2022

06/02		1. Projektkennblatt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt			
Az	37030/01-41	Referat	Fördersumme		124.951 €
Antragstitel		VR4energy – Entwicklung von VR-Anwendungen für Schülerlabore zur Energiewende			
Stichworte		Energiewende, Energieversorgung, Klimawandel, Sensibilisierung der Jugend, Bildungsangebote, außerschulische Lernorte, Experimente, Lehrmaterialien			
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
12 Monate	01.05.2021	30.04.2022			
Zwischenberichte	01.11.2021				
Bewilligungsempfänger	Hochschule Düsseldorf (HSD)			Tel 0211/4351-3578	
	ZIES - Zentrum für Innovative Energiesysteme			Projektleitung	
	Münsterstraße 156			Mario Adam	
	40476 Düsseldorf			Bearbeitende Personen	
			Marius Wohlfahrtstätter		
			Radojka Ille		
Kooperationspartner					
Zielsetzung und Anlass des Vorhabens					
<p>Das Hauptziel des Vorhabens ist die Entwicklung von Virtual Reality (VR)-Applikationen zur Nutzung im bestehenden Schülerlabor „Energiewende macht Schule“. Dieses wiederum verfolgt das Ziel, die junge Generation in eine umfangreiche und kritische Auseinandersetzung mit den Anforderungen und Bedingungen zum Gelingen der Energiewende zu bringen und den Klimaschutz nachhaltig zu stärken. Moderne Lernmethoden, wie interaktive VR-Anwendungen, steigern die Attraktivität der Schülerlabore und erzielen durch die eigenständige Auseinandersetzung der Schüler*innen mit den Inhalten einen nachhaltigen Lernerfolg. Hierdurch soll das Bewusstsein für Energiethemen sowie das Interesse zur Ergreifung eines späteren Berufes im Kontext der Energiewende geweckt werden.</p>					
Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden					
Das Projekt besteht aus vier Arbeitspaketen (AP):					
AP1 Ist-Analyse, Erstellung eines Lastenheftes und Vorkonzeptionierung:					
AP 2 Detaillierte Konzeption der ausgewählten VR-Applikationen:					
AP 3 Grafisches Design und Implementierung der fachlichen Inhalte der VR-Applikationen sowie Erstellung von Lehr- und Lernmaterialien:					
AP 4 Test, Evaluation und iterative Weiterentwicklung der VR-Applikationen sowie Ergebnistransfer:					
<small>Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • http://www.dbu.de</small>					

Ergebnisse und Diskussion

In AP 1 wurden zwei vorläufige Konzepte zum Thema „Energiesparen“ und „Auslegung und Installation einer Photovoltaik (PV)-Anlage“ am Beispiel eines Einfamilienhauses entwickelt. Gegenstand von AP 2 ist die weitere Detaillierung des gemeinsam mit dem Auftragnehmer Weltenmacher erarbeiteten Anwendungskonzeptes. In zwei gemeinsamen Treffen wurden die Rahmenbedingungen für die Entwicklung sowie die Konzeption der Spielmechanik erarbeitet. Basierend auf dem fertigen Konzept begann ab November 2021 die Programmierung der Anwendung in AP 3. Hierfür wurden in enger Absprache zwischen der HSD und der Firma Weltenmacher die in AP 2 entwickelten Konzepte grafisch umgesetzt und mit fachlichen Inhalten gefüllt. Durch einen sehr regen Austausch mit dem Auftragnehmer konnten die in der Vorhabenbeschreibung formulierten und geplanten Spezifikationen vollumfänglich in der Anwendung umgesetzt werden. Die entwickelte Anwendung besteht aus zwei getrennt spielbaren Levels. In Level 1 werden energetische Optimierungs- und Sanierungsmöglichkeiten in einem Einfamilienhaus ausfindig gemacht und entsprechend Geräte mit hohem Energieverbrauch ausgetauscht sowie Sanierungen vorgenommen. Dies geschieht im Rahmen eines zeitlichen begrenzten und mit Gamification-Elementen ausgestatteten Spiels, das nur im Zusammenspiel zwischen einer in der VR-Umgebung agierenden Person und einer weiteren Person, die wichtige Instruktionen gibt, erfolgreich abgeschlossen werden kann. Zum Abschluss des Spiels erfährt das Team in Form einer leicht verständlichen Ergebnisdarstellung, ob die durchgeführten Handlungen zu einer Verbesserung oder sogar Verschlechterung der Klimasituation führen.

In Level 2 wird eine Photovoltaikanlage aufgebaut zur Versorgung eines Einfamilienhauses, das bereits mit energieeffizienten Haushaltsgeräten und innovativer Wärmeversorgung durch eine elektrisch betriebene Inverter-Wärmepumpe ausgestattet ist. Hierzu werden ebenfalls in Teamarbeit die benötigten Bauteile sowie die Auslegung der PV-Anlage anhand des ermittelten durchschnittlichen jährlichen Stromverbrauchs des Hauses bestimmt.

Zusätzlich wurden in AP 3 die notwendigen Lehr- und Lernmaterialien seitens der HSD erstellt, welche den didaktischen Rahmen zur VR-Anwendung bilden und den Lernerfolg sicherstellen. Ein besonderer Fokus lag hier auf der Aktivierung der Schülerinnen und Schüler durch eine interaktive Kooperation zwischen dem/der Spieler*in in der VR-Umgebung (mit VR-Brille und Joysticks) und einem/einer zweiten Spieler*in am Handbuch. In AP 4 erfolgte eine Test- und Evaluationsphase. Die Anwendung wurde sowohl in den Schülerlaboren des ZIES (Zielgruppe der Anwendung: Schüler*innen), als auch in weiteren Nutzergruppen (angehende Lehrer*innen, fachkundiges Personal des ZIES) ausgiebig getestet. Hierfür wurde in Zusammenarbeit mit dem Fachbereich Sozialwissenschaften der HSD ein Fragebogen entwickelt, der sowohl den Lernerfolg im Hinblick auf die zu vermittelnden Fachkenntnisse als auch das Zusammenspiel der spielenden Personen berücksichtigt und die Erfahrungen während der Durchführung der Anwendung abfragt. Die Ergebnisse der Evaluation flossen im Rahmen einer Nachbeauftragung direkt in die Anwendung ein und sorgten für eine wichtige qualitative Verbesserung im Hinblick auf die Logik und Wissensvermittlung des Spiels *VR4energy*.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Mit Fertigstellung einer spielbaren Version der Anwendung wurde schon vor Projektende mit der Verbreitung der Anwendung begonnen. Hierzu wurden nach eingehender Recherche Firmen und Bildungseinrichtungen kontaktiert, welche im Bereich VR-Nutzung in der Nachhaltigkeitsbildung tätig sind. Ein potentieller Partner für eine engere Zusammenarbeit könnte die Züricher Hochschule für angewandte Wissenschaften (ZHAW) sein. Die ZHAW hat im Rahmen mehrerer Forschungsprojekte die VR-Anwendung namens *Virtual Energy Hero* (<https://www.zhaw.ch/de/engineering/institute-zentren/ine/nachhaltige-energiesysteme/virtual-reality/>) entwickelt, welche ebenfalls die Themen Energie & Nachhaltigkeit behandelt. In mehreren digitalen Treffen zwischen HSD und ZHAW wurden Erfahrungen ausgetauscht und konstruktives Feedback zur VR-Anwendung des jeweiligen Partners gegeben. Aktuell ist die Beantragung eines kooperativen Projektes angedacht.

Weiterhin hat die HSD einen Lehrerworkshop für angehende Lehrer über das zdi-Netzwerk durchgeführt. Hierbei wurde sowohl das allgemeine didaktische Konzept der Schülerlabore des ZIES, als auch die im Zuge des Projektes *VR4energy* entwickelte Anwendung vorgestellt. Interessierten Personen wurde die

Anwendung bei der 50-Jahres-Feier der Hochschule Düsseldorf im Mai 2022 im Rahmen von Laborführungen am ZIES demonstriert. Auch in Zukunft wird die Anwendung bei passenden Informationsveranstaltungen mit Beteiligung des ZIES gezeigt. Ein digitaler Workshop mit bestehenden Netzwerken rund um das Thema Schülerlabore ist für August/September 2022 geplant.

Die VR-Anwendung wird zudem auf der Homepage des Schülerlabors (<https://www.hs-duesseldorf.de/schuelerlabore/news>) beworben und sowohl das Spiel als auch die damit zusammenhängenden Lehrmaterialien können auf Anfrage von Dritten genutzt bzw. auf der genannten Homepage runtergeladen werden.

Fazit

Obwohl es zu Beginn des Projektes zu Verzögerungen im Beauftragungsprozess kam, konnte im weiteren Verlauf ein stimmiges und zielführendes Anwendungskonzept für die Erstellung der VR-Applikationen erarbeitet werden. Alle Projektziele konnten trotz der Verzögerung erreicht werden. Die in AP 2 entwickelten Konzepte wurden in AP 3 in enger Zusammenarbeit zwischen dem Bewilligungsempfänger und dem Auftragnehmer erfolgreich umgesetzt. Hierbei hat sich ein regelmäßiger und stetiger Austausch zwischen der HSD und dem Auftragnehmer der Fa. Weltenmacher, vor allem in der Programmierungsphase der Anwendung, als äußerst effektiv und zielführend erwiesen. Durch Ausgabe von Beta-Versionen auch schon im frühen Stadium der Programmierung konnten alle Wünsche des Bewilligungsempfängers berücksichtigt und umgesetzt werden. Regelmäßige Tests, sowohl mit der späteren Zielgruppe der Schüler*innen als auch durch fachkundige Personen sicherten im Projektverlauf die Qualität der Anwendung und sind bei Projektvorhaben dieser Art unverzichtbar. Die fertige Anwendung erfüllt sowohl in didaktischer als auch in fachlicher Hinsicht die im Antrag ausgeführten Eigenschaften und wird bereits erfolgreich in den Schülerlaboren des ZIES eingesetzt.

Inhaltsverzeichnis

1. Projektkennblatt	I
2. Kurzfassung	5
3. Arbeitspakete und durchgeführte Arbeiten.....	6
4. Anhang.....	15

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Interaktionsmöglichkeit "Baseballschläger" zur Beseitigung von Altgeräten mit hohem Energieverbrauch	9
Abbildung 2: Interaktionsmöglichkeit "Bestelleinheit"	10
Abbildung 3: Interaktionsmöglichkeit "Lupe" zur Identifizierung von Verbrauchern ..	10
Abbildung 4: Ergebnisdarstellung Level 1	10
Abbildung 5: Anbringung der PV-Module	11
Abbildung 6: Anbringung von Batteriespeicher & Wechselrichter	11
Abbildung 7: Ergebnisdarstellung Level 2	12

2. Kurzfassung

Die Nutzung von fossilen Energien und der damit verbundene CO₂-Ausstoß führt weltweit zu einer Veränderung des Klimas durch den anthropogenen Treibhauseffekt. Das Projekt „VR4energy – Entwicklung von VR-Anwendungen für Schülerlabore zur Energiewende“, gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt unter dem Az 37030/01-41, hat das Ziel, junge Menschen für das Thema Nachhaltigkeit zu sensibilisieren und eine kritische Auseinandersetzung mit den Anforderungen an eine erfolgreiche Energiewende zu fördern. Moderne und attraktive Lernmedien unterstützen die Auseinandersetzung und steigern den Lernerfolg.

Nach der detaillierten Entwicklung zweiter Konzepte gemeinsam mit dem Auftragnehmer wurden anschließend beide Konzepte grafisch umgesetzt und mit fachlichem Inhalt gefüllt. In Level 1 werden energetische Optimierungs- und Sanierungsmöglichkeiten in einem Einfamilienhaus ausfindig gemacht und entsprechend Geräte mit hohem Energieverbrauch ausgetauscht sowie Sanierungen vorgenommen. Dies geschieht im Rahmen eines zeitlichen begrenzten und mit Gamification-Elementen ausgestatteten Spiels, das nur im Zusammenspiel zwischen einer in der VR-Umgebung agierenden Person und einer weiteren Person, die wichtige Instruktionen gibt, erfolgreich abgeschlossen werden kann. Zum Abschluss des Spiels erfährt das Team in Form einer leicht verständlichen Ergebnisdarstellung, ob die durchgeführten Handlungen zu einer Verbesserung oder sogar Verschlechterung der Klimasituation führen. In Level 2 wird eine Photovoltaikanlage aufgebaut zur Versorgung eines Einfamilienhauses, das bereits mit energieeffizienten Haushaltsgeräten und innovativer Wärmeversorgung durch eine elektrisch betriebene Inverter-Wärmepumpe ausgestattet ist. Hierzu werden ebenfalls in Teamarbeit die benötigten Bauteile sowie die Auslegung der PV-Anlage anhand des ermittelten durchschnittlichen jährlichen Stromverbrauchs des Hauses bestimmt.

Weiterhin wurden mehrere, für ein erfolgreiches Lernerlebnis notwendigen Lehr- und Lernmaterialien seitens der HSD erstellt, welche den didaktischen Rahmen zur VR-Anwendung bilden. Ein besonderer Fokus liegt hier auf der Aktivierung der Schüler*innen durch eine interaktive Kooperation zwischen dem/der Spieler*in in der VR-Umgebung (mit VR-Brille und Joysticks) und einem/einer zweiten Spieler*in am Handbuch.

In der letzten Projektphase erfolgte eine Test- und Evaluationsphase. Die Anwendung wurde sowohl in den Schülerlaboren des ZIES als auch in weiteren Nutzergruppen ausgiebig getestet. Hierfür wurde in Zusammenarbeit mit dem Fachbereich Sozialwissenschaften der HSD eigens ein Fragebogen entwickelt. Die Ergebnisse der Evaluation flossen im Rahmen einer Nachbeauftragung direkt in die Anwendung ein.

3. Arbeitspakete und durchgeführte Arbeiten

Im Folgenden werden die Arbeitspakete (AP) gemäß Antragstellung und die jeweiligen Ergebnisse beschrieben.

AP 1 – Ist-Analyse, Erstellung eines Lastenheftes und Vorkonzeptionierung; Dauer: 1 Monat

Auf Basis einer detaillierten Recherche zu bestehenden VR-Anwendungen und der Ist-Analyse zu vorhandenen Bausteinen der angebotenen Schülerlaborkurse des ZIES werden in AP 1 die zu erfüllenden Merkmale erarbeitet, die die Bedürfnisse in den Kursen sowie die Anforderungen an die VR-Anwendungen berücksichtigen. Darauf aufbauend wird eine Vorauswahl möglicher VR-Konzepte erstellt und es erfolgt abschließend die Auswahl der zwei umzusetzenden VR-Konzepte für die Schülerlaborkurse des ZIES.

Durchgeführte Arbeiten aus AP 1:

Es wurde eine detaillierte Recherche vorhandener VR-Anwendungen im Kontext der Anforderungen an die Schülerlabor-Kurse durchgeführt. Es stellte sich heraus, dass insbesondere zum Thema „Energiesparen“ bisher nur wenige adäquate Experimente bzw. Kursbausteine mit hohen Handlungsanteilen im bisherigen Schülerlabor zur Verfügung stehen. Das Eintauchen in eine virtuelle Welt stellt daher ein vielversprechendes Medium dar, um speziell dieses Thema für Schüler*innen ansprechend zu vermitteln. Daneben wurde auch das Thema rund um die Konzeption einer Photovoltaik-Anlage als anwendungsnahes und besonders anschauliches Beispiel für die Umsetzung in eine VR-Applikation befunden. Daraus abgeleitet wurden zwei Konzepte zum Thema „Energiesparen“ und „Auslegung und Installation einer Photovoltaik-Anlage“ am Beispiel eines Einfamilienhauses entwickelt. Ersteres beinhaltet die Identifikation von energieintensiven Verbrauchern und deren sinnvoller Austausch bzw. daraus abgeleiteten Sanierungsmaßnahmen. In der zweitgenannten Anwendung wird ein Haus mit einer PV-Anlage ausgestattet. Hierbei müssen die notwendigen Bauteile vom Anwender identifiziert und korrekt eingebaut werden.

AP 2 – Detaillierte Konzeption der ausgewählten VR-Applikationen; Dauer: 2 Monate

In Absprache mit dem Auftragnehmer werden in AP 2 die Vorkonzepte besprochen und detailliert ausgearbeitet. Dies beinhaltet sowohl die Erstellung von User Stories als auch VR-seitige Machbarkeitsprüfungen durch den Auftragnehmer. Weiterhin beinhaltet das Arbeitspaket die fachliche und didaktische Ausgestaltung der geplanten Inhalte durch das ZIES in enger Zusammenarbeit mit dem Auftragnehmer.

Durchgeführte Arbeiten aus AP 2:

Für die Beauftragung der Firma Weltenmacher musste in Absprache mit der juristischen Abteilung der Hochschule Düsseldorf ein Vertrag über die Softwarelizenz für die Erstellung, Weiterentwicklung und Nutzung der geplanten Anwendung verfasst werden. Im Anschluss wurde von der Firma Weltenmacher ein Angebot mit den besprochenen Leistungen zugesandt, welches noch iterativ angepasst werden musste. Bei der Bearbeitung des darauffolgend gestellten Beschaffungsantrags kam es aufgrund corona- und ferienbedingtem Personalmangel in der Verwaltung zu Verzögerungen, welche die Einhaltung der Projektziele im Rahmen der Projektlaufzeit nicht gefährdet haben.

Im Kick-Off-Meeting des ZIES mit dem Auftragnehmer Weltenmacher am 03.09.2021 wurden auf Basis der Vorkonzeptionierung seitens der HSD und den Bedürfnissen der Schülerlaborkurse die Anforderungen an die VR-Anwendungen im Plenum diskutiert und folgende Punkte festgelegt:

- aufgrund begrenzter finanzieller Ressourcen und dem gemeinsamen Anspruch nach Projektende ein didaktisch und inhaltlich ausgereiftes Produkt anbieten zu können, wird eine kombinierte Anwendung entwickelt, welche beide Konzepte berücksichtigt
 - Konzept 1: Energieeinsparung in Gebäuden
 - Konzept 2: Energieversorgung von Gebäuden mit Erneuerbaren Energien mit Fokus auf Photovoltaik
- großer Fokus auf Gamification → Spieler legen ein Haus aus und versuchen so lange wie möglich mit einer festgelegten Energiemenge auszukommen
 - Gruppendynamik & Ranking
- es wird ein Handbuch erstellt, welches inhaltliche Informationen enthält und den Schüler*innen mit nach Hause gegeben wird → Multiplikatoreffekt
- Teil des didaktischen Konzeptes ist die Schaffung eines generellen Bewusstseins für das Thema „Energie“, dessen Bedeutung im Alltag sowie die nachhaltige Nutzung von Energie.

Der Auftragnehmer geht im Anschluss an das Meeting in die Konzeptionierungsphase. Auf Basis der Vorbesprechung während des Kick-Off-Meetings wird die User-Story ausgearbeitet und die Benutzerinteraktion sowie die Gamification-Elemente entwickelt. Das ZIES steuert seine technische Expertise zu den Energiethemen bei und ist für die Entwicklung des Handbuchs verantwortlich. Durch einen regelmäßigen Austausch beider Parteien wird eine erfolgreiche Umsetzung des Vorhabens sichergestellt.

Im zweiten Meeting der beiden Projektpartner am 07.10.2021 stellte die Firma Weltenmacher ihre entwickelten Ideen und Konzepte vor. In einem Online-Workshop wurde aus verschiedenen Storylines und Gestaltungsmöglichkeiten die Rahmenbedingungen für die zu entwickelnde VR-Anwendung erarbeitet. Die Ergebnisse sind nachfolgend stichpunktartig dargestellt:

- die Anwendung wird von zwei Personen in Kooperation durchgeführt
- der VR-User befindet sich in einem Wohnhaus und muss nach Anweisung der Personen außerhalb der VR-Anwendung die Räume inspizieren, ineffiziente Energieverbraucher identifizieren und die richtigen Bauteile anfordern
- die Person außerhalb der VR-Anwendung besitzt ein Tablet mit dem Handbuch zur VR-Anwendung, welches notwendige Hinweise enthält
- das Handbuch wird als PDF auf einem Tablet zur Verfügung gestellt; um den Multiplikatoreffekt sicherzustellen, gibt es für die Schüler*innen ein Giveaway mit einem QR-Code, über den das Handbuch als PDF-Dokument heruntergeladen werden kann
- die Person am Tablet gibt mithilfe des Handbuchs Anweisungen an den VR-Nutzer und dieser wiederum teilt seine Erkenntnisse aus dem virtuellen Raum mit
- anhand der mitgeteilten Erkenntnisse durch die Person in der virtuellen Welt füllt der Nutzer am Tablet einen Lückentext aus
- zentrales Element der Anwendung ist der sogenannte „Green Score“ in der virtuellen Welt, welcher den Erfolg oder Misserfolg der ausgeführten Handlungen widerspiegelt; zusätzlich kann durch Einfärbung des Sichtfeldes z.B. der Temperaturanstieg der Atmosphäre abgebildet werden
- für die Storyline gibt es verschiedene Ideen, welche einen spielerischen Charakter haben und die Anwendung noch attraktiver für Schüler*innen machen
 - umweltbewusste Schüler*in saniert auf eigene Faust das Haus der Eltern, während diese im Urlaub sind
 - Schüler*in schlüpft in die Rolle eines Klima-Superhelden, welcher alte Gebäude saniert, um die Erde zu retten

AP 3 – Grafisches Design und Implementierung der fachlichen Inhalte der VR-Applikationen sowie Erstellung von Lehr- und Lernmaterialien; Dauer: 6 Monate

Im Arbeitspaket 3 werden die grafischen Designs und alle visuellen Inhalte der VR-Applikationen entwickelt sowie die fachlichen Inhalte implementiert. In dieser Phase wird das gemeinsam entwickelte Konzept programmiertechnisch anhand der festgelegten Rahmenbedingungen umgesetzt. Um den Projekterfolg zu garantieren, verwendet die Firma Weltenmacher verschiedene Methoden und Vorgehensweisen, wie beispielsweise das agile Projektmanagement SCRUM. Bei der Entwicklung der Software steht der Anwender und seine Bedürfnisse im Mittelpunkt, sodass dieser eine optimale User Experience durchlebt und der didaktische Erfolg im Hinblick auf die Ziele des Projektes garantiert wird. Die Mitarbeiter des ZIES nehmen in dieser Phase an zweiwöchigen Überprüfungssitzungen teil, um sich durch konstruktives Feedback aktiv in den Entwicklungsprozess einzubringen.

Am Ende des AP 3 stehen zwei lauffähige Prototypen der VR-Anwendungen zur Verfügung, die bereits während der Entwicklungsphase durch fortlaufende Funktionalitätstests iterativ verbessert werden. Für die VR-Anwendungen werden durch das ZIES begleitende Lehr- und Lernmaterialien erstellt, welche die Schüler*innen mit nach Hause nehmen und so einen Multiplikatoreffekt bei Freunden und Familie erzeugen.

Durchgeführte Arbeiten aus AP 3:

Nach der endgültigen Festlegung des Konzeptes begann ab November 2021 die Entwicklung der Software seitens der Firma Weltenmacher. Die in AP 2 gemeinsam entwickelten Konzepte wurden, wie oben beschrieben, vollumfänglich umgesetzt. Während der Programmierungsphase wurden dem Bewilligungsempfänger HSD im zweiwöchigen Rhythmus Beta-Versionen mit dem aktuellen Stand zur Verfügung gestellt. So konnte schon in dieser Phase auf individuelle Kundenwünsche eingegangen, Programmierfehler und Unstimmigkeiten ausfindig gemacht und sich ergebende Optimierungspotenziale genutzt werden. Die Anwendung besteht aus zwei getrennt spielbaren Levels. Dabei werden in Level 1 in Teamarbeit beider Spieler*innen energetische Optimierungsmöglichkeiten in einem Einfamilienhaus ausfindig gemacht. Dies geschieht im Rahmen eines zeitlich begrenzten und mit Gamification-Elementen ausgestatteten Spiels. Die Person in der virtuellen Realität erkundet das Haus und entfernt durch interaktive Aktionen Geräte mit hohem Energieverbrauch und tauscht sie gegen effizientere Lösungen aus oder führt entsprechende energetische Sanierungen (wie Fassaden- oder Rohrdämmung) durch (s. Abbildungen 1-3). Die Person am Handbuch versorgt die Person in VR hierbei mit notwendigen Informationen (über verfügbare Energieverbraucher, wie z.B. Bestellnummern oder Funktionalitäten) und gibt allgemeine Handlungshinweise. Zum Abschluss des Spiels erfährt das Team in Form einer leicht verständlichen Ergebnisdarstellung, ob die durchgeführten Handlungen zu einer Verbesserung oder sogar Verschlechterung der Klimasituation geführt haben (s. Abbildung 4). Nach Level 1 tauschen die Spieler*innen Handbuch und VR-Brille.



Abbildung 1: Interaktionsmöglichkeit "Baseballschläger" zur Beseitigung von Altgeräten mit hohem Energieverbrauch



Abbildung 2: Interaktionsmöglichkeit "Bestelleinheit"

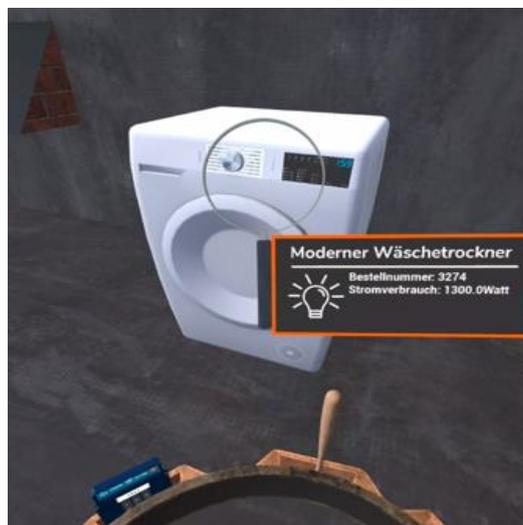


Abbildung 3: Interaktionsmöglichkeit "Lupe" zur Identifizierung von Verbrauchern

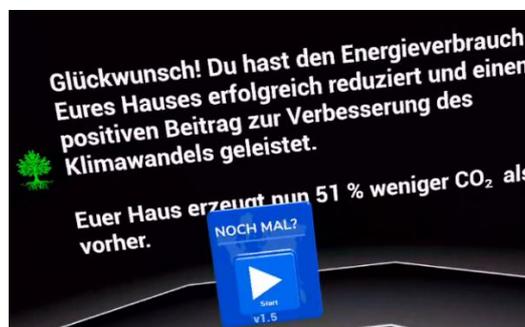


Abbildung 4: Ergebnisdarstellung Level 1

In Level 2 wird eine Photovoltaikanlage aufgebaut zur Versorgung eines Einfamilienhauses mit elektrischer Energie, das bereits mit energieeffizienten Haushaltsgeräten und innovativer Wärmeversorgung durch eine elektrisch betriebene Inverter-Wärmepumpe ausgestattet ist. Hierzu werden ebenfalls in Teamarbeit die benötigten Bauteile (PV-Module, Wechselrichter, Batterie) mithilfe des Handbuchs identifiziert und verbaut (s. Abbildung 5 & 6) sowie die Auslegung der PV-Anlage (Anzahl der Module) anhand des durchschnittlichen jährlichen Stromverbrauchs des Hauses bestimmt. Der VR-Spieler begeht das Haus und identifiziert mit der Lupe die jährlichen Energieverbräuche der elektrischen Geräte. Aus der Verbrauchsumme der einzelnen Geräte lässt sich die benötigte Anzahl an PV-Modulen von der Person am Handbuch ermitteln.

Level 2 hat kein Zeitlimit und hat den reinen Wissenstransfer bezüglich der benötigten technischen Hauptkomponenten einer Photovoltaikanlage und deren Erzeugungskapazitäten zum Ziel. Weiterhin bekommt der Nutzer, welcher vorher das Handbuch bedient hat, die Möglichkeit, die virtuelle Welt ebenfalls zu erkunden und elektrische Verbraucher ausfindig zu machen. Die Balance zwischen aktivem Erleben der virtuellen Welt und dem Arbeiten mit dem Handbuch wird so für beide Spieler*innen gewährleistet. Analog zu Level 1 wird nach Beendigung des Levels ein Ergebnisbildschirm eingeblendet (s. Abbildung 7). Neben einer Liste mit den durchschnittlichen jährlichen Energieverbräuchen der einzelnen elektrischen Verbraucher wird prozentual die durch die PV-Anlage produzierte Strommenge, bezogen auf den durchschnittlichen jährlichen Stromverbrauch des Hauses, angezeigt.



Abbildung 5: Anbringung der PV-Module

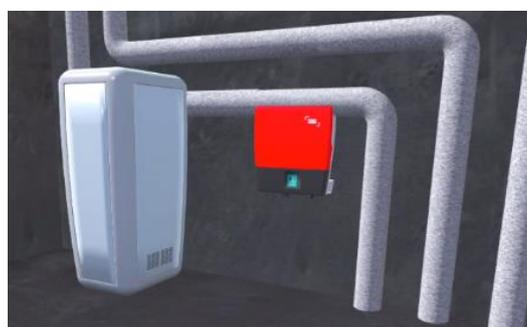


Abbildung 6: Anbringung von Batteriespeicher & Wechselrichter



Abbildung 7: Ergebnisdarstellung Level 2

Weiterhin wurden seitens des ZIES die Lehr- und Lernmaterialien erstellt und parallel zur Softwareentwicklung durch regelmäßige Evaluation iterativ weiterentwickelt. Das Handbuch ist fester Bestandteil des Spieleablaufs der VR-Anwendung. Es beinhaltet neben einer Einleitung in das Thema und einer kurzen Anleitung zum Spielverlauf alle notwendigen Informationen, die der Person in der virtuellen Realität im Verlauf des Spiels mitgeteilt werden. Aus Gründen der Nachhaltigkeit wird das Handbuch in digitaler Form auf einem Tablet genutzt und liegt als PDF vor. Um die Navigation durch das Dokument zu erleichtern, wurden verlinkte Schaltflächen integriert, die die Nutzer*innen zu den gewünschten Kapiteln springen lassen. Zudem wurde Wert auf eine, vor allem für die Zielgruppe Schüler*innen, optisch ansprechende grafische Gestaltung gelegt. Da das Handbuch auch den Charakter eines Nachschlagewerks mit Grundinformationen zu den fachlichen Inhalten der VR-Anwendung hat, wird im Anschluss an die Schülerlabore ein QR-Code an die Schüler*innen ausgegeben, in welchem das Handbuch als Datei hinterlegt ist und bei Bedarf auf jedes mobile Endgerät heruntergeladen werden kann. So wird der größtmögliche Wissenstransfer für interessierte Schüler*innen über die Durchführung der Anwendung hinaus ermöglicht. Das Handbuch steht auf der Seite der Schülerlabore (<https://www.hs-duesseldorf.de/schuelerlabore/news>) zum Download bereit.

Um die Effektivität der Anwendung und daraus resultierend den Lernerfolg größtmöglich zu steigern, wurde eine Präsentation erstellt, welche vor der Durchführung der VR-Anwendung gezeigt wird und über eine interaktive Diskussion den Einstieg in die virtuelle Realität und das Themenfeld der Anwendung erleichtert. Neben einer kurzen allgemeinen Erklärung der virtuellen Realität und dem Spielablauf werden die zu erreichenden Ziele der Anwendung in den Gesamtkontext der Energiewende und des Klimawandels gesetzt. Die Dringlichkeit und Notwendigkeit der Handlungen werden so nochmal verdeutlicht.

Im Zuge von AP 3 wurde über die Programmierung der Software und die Erstellung von Lehr- und Lernmaterialien hinaus die notwendige Hardware inklusive Zubehör für eine Gruppe von 30 Schüler*innen beschafft.

AP 4 – Test, Evaluation und iterative Weiterentwicklung der VR-Applikationen sowie Ergebnistransfer; Dauer: 3 Monate

Während des letzten Arbeitspakets wird die in AP3 entwickelte VR-Anwendung zur Weiterentwicklung, abschließenden Bewertung und Evaluation in den Schülerlaboren eingesetzt und getestet. Auf Basis dieser Tests wird die Anwendung bewertet und evaluiert und gegebenenfalls Verbesserungen vorgenommen.

Durchgeführte Arbeiten aus AP 4:

Um das Projekt mit größtmöglichem Erfolg abzuschließen und einen sowohl aus didaktischer, als auch spielerischer Sicht qualitativ hochwertigen Baustein für die Schülerlabore zu erhalten, wurden schon mit Auslieferung der ersten Beta-Version ausführliche Tests durchgeführt. Neben der späteren Zielgruppe der Schüler*innen fanden sowohl im Familien- und Bekanntenkreis des Mitarbeiter*innen-Teams als auch unter weiteren Mitarbeitenden des ZIES, Tests statt. Letztgenanntes war von besonderer Wichtigkeit, um möglichst viel fachliche Expertise einfließen zu lassen und fachliche Unstimmigkeiten frühzeitig zu korrigieren. In Zusammenarbeit mit dem Fachbereich Sozialwissenschaften der Hochschule Düsseldorf ist ein Evaluationsbogen entstanden, welcher im Anschluss an die Tests ausgefüllt wurde. Die fachkundige Auswertung der Evaluationsergebnisse durch Studierende des Fachbereichs Sozialwissenschaften unter Prof. Manuela Weidekamp-Maicher wurde direkt an den Auftragnehmer Weltenmacher kommuniziert und floss direkt in die Entwicklung der Software ein. Die schriftliche Evaluation hat rückblickend stark zur Verbesserung der Anwendung beigetragen. Der Evaluationsbogen wurde von 64 Schüler*innen und 9 Lehrer*innen ausgefüllt und anschließend ausgewertet. Die Rückmeldungen aus allen Nutzergruppen fielen durchweg positiv aus und bestärken das Bestreben, auch in Zukunft Projekte im Bereich VR/AR durchzuführen und Anwendungen zur Vermittlung von naturwissenschaftlichen Inhalten zusammen mit motivierten und fachkundigen Partnern zu entwickeln. Besonders hervorzuheben ist das positive Ergebnis bezüglich des Team-Konzeptes der Anwendung (1 Person in der VR & 1 Person am Handbuch). Der überwiegende Teil der befragten Personen hat sich während des Spiels wohl gefühlt und das Lernerlebnis positiv bewertet. Der Evaluationsbogen inklusive Auswertung hängt dem vorliegenden Abschlussbericht an.

Aktuell wird die Anwendung VR4energy bereits erfolgreich in den Schülerlaboren des ZIES angewandt und erfreut sich großer Beliebtheit. Die zeitgleiche Ansprache mehrerer Sinneskanäle (Sehen, Bewegung, Hören) und die vorübergehende Entkopplung von der Realität führt nachweislich zu einem gesteigerten Lernerfolg.

Ein zentraler Fokus des Projektes ist der Ergebnistransfer und die Dissemination sowohl der VR-Anwendung als auch der während der Projektlaufzeit gewonnenen Erkenntnisse. In diesem Kontext wurde während der Projektlaufzeit Kontakt zu verschiedenen Institutionen aufgenommen, um einen fachlichen Austausch zu gewährleisten und das bestehende, im Zuge der Etablierung der Schülerlabore entstandene Netzwerk rund um die Schülerlabore, zu erweitern. Um anderen Institutionen bei der Entwicklung von VR-Anwendungen eine Hilfestellung zu bieten, ist durch den Bewilligungsempfänger HSD ein Leitfaden erstellt worden, welcher grundlegende Informationen und Ratschläge zur Durchführung von Projekten im Bereich VR enthält und ebenfalls auf der Homepage der Schülerlabore zum Download zur Verfügung steht.

Über das Kontaktformular der Homepage der Schülerlabore (<https://www.hs-duesseldorf.de/schuelerlabore>) kann die Anwendung von Interessierten Nutzer*innen oder Institutionen angefragt werden. Dort stehen außerdem alle im Zuge des Projektes entwickelten Materialien wie Lehr- und Lernunterlagen, Leitfaden zur Durchführung von VR-Projekten sowie Flyer zum Download bereit (<https://www.hs-duesseldorf.de/schuelerlabore/news>).

Weiterhin hat das ZIES mit verschiedenen Institutionen erfolgreich Kontakt aufgenommen und Erfahrungen ausgetauscht. Zu nennen ist hier das Institut für Nachhaltige Entwicklung (INE) der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften (ZHAW), an dem ebenfalls eine VR-Anwendung namens Virtual Energy Hero zu den Themen Energie & Nachhaltigkeit entwickelt worden ist und aktuell auch noch weiterentwickelt wird. Der Kontakt ist sehr beständig und zum Zeitpunkt des Abschlussberichts wurden bereits drei digitale Treffen durchgeführt und Informationen, Erfahrungen und die entwickelten VR-Anwendungen untereinander ausgetauscht. Weiterhin ist der Kontakt zur Forschungsgruppe MIREVI (Mixed Reality and Visualization) des Fachbereichs Medien der Hochschule Düsseldorf zu nennen. Es wurden ebenfalls Informationen und Erfahrungen ausgetauscht und die entwickelten Anwendungen gegenseitig demonstriert. Der Kontakt ist sehr gut und beide Partner*innen können sich eine Zusammenarbeit für zukünftige Projekte im Bereich VR/AR gut vorstellen.

Über das Netzwerk zdi-Düsseldorf wurde in den Räumlichkeiten des ZIES ein Workshop für angehende Quereinsteiger-Lehrer*innen mit 15 Teilnehmenden durchgeführt. Es sind sowohl das allgemeine didaktische Konzept der Schülerlabore des ZIES, als auch die im Zuge des Projektes VR4energy entwickelte Anwendung demonstriert und diskutiert worden. An bestehende Netzwerke rund um das Schülerlabor werden Informationsmaterialien verschickt.

Fest geplant ist die Demonstration der Anwendung bei der 50-Jahres-Feier der Hochschule Düsseldorf im Mai 2022. Auch in Zukunft wird die Anwendung bei passenden Informationsveranstaltungen mit Beteiligung des ZIES gezeigt.

Auf der Homepage der Schülerlabore (www.hs-duesseldorf.de/schuelerlabore) finden sich unter dem Reiter *News* zusätzliche Informationen und Hinweise zur Anwendung *VR4energy* für Interessierte.

4. Anhang

Hochschule Düsseldorf
University of Applied Sciences

HSD

Zentrum für Innovative Energiesysteme
Centre of Innovative Energy Systems

ZIES

Fachbereich Sozial- & Kulturwissenschaften
Faculty of Social Sciences and Cultural Studies

SK



Auswertung VR-Brille

Persönliche Fragen

1. Wie alt bist Du?

Unter 16 Jahre: 43 SchülerInnen

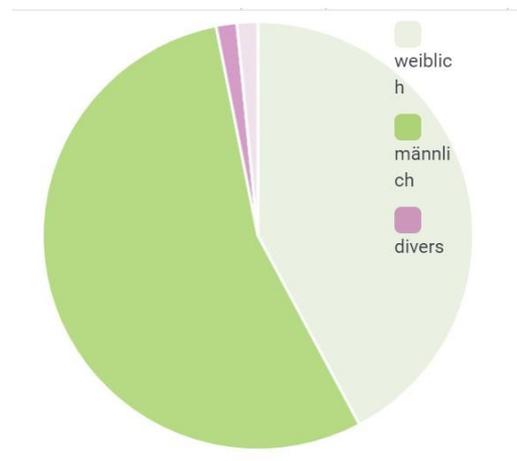
Über 16 Jahre: 21 SchülerInnen

Durch die erste Frage des Fragebogens soll dargestellt werden, in welcher Altersklasse die

Schüler*Innen waren, die an dem Projekt teilgenommen haben. Insgesamt haben 64 Schüler*Innen an dem Projekt „VR 4 Energy“ und dem dazugehörigen Auswertungsbogen teilgenommen. Davon waren 43 Schüler*Innen unter 16 Jahre alt, die restlichen 21 Schüler*Innen waren über 16 Jahre alt. Somit war ein Großteil der Schüler*Innen, die die Anwendung getestet haben, 15 Jahre alt oder jünger.

2. Welchem Geschlecht fühlst Du Dich zugehörig?

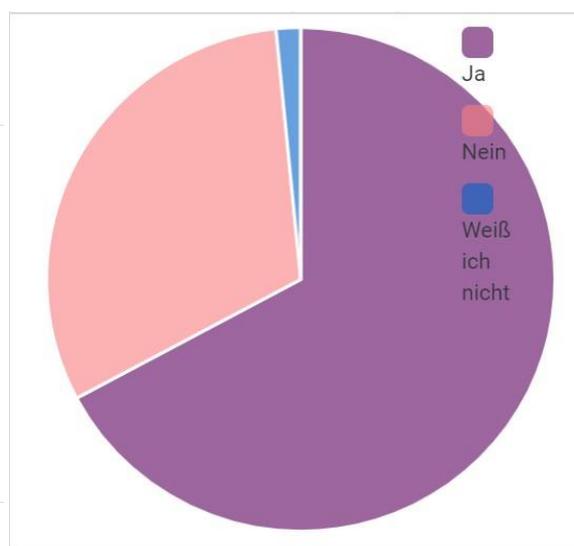
Welchem Geschlecht fühlst Du Dich zugehörig?		
Antwort	Anzahl	Brutto-Prozentsatz
weiblich (A1)	27	42.19%
männlich (A2)	35	54.69%
divers (A3)	1	1.56%
Kommentar Ansehen	0	0.00%
Keine Antwort	1	1.56%
Nicht gezeigt	0	0.00%
Gesamt(Brutto)	64	100.00%



Von 64 befragten Schüler*Innen haben 35 Schüler*Innen angegeben, sich dem männlichen Geschlecht zugehörig zu fühlen. 27 Schüler*Innen haben angegeben, dass sie sich dem weiblichen Geschlecht zuordnen. Jeweils ein*e Schüler*In hat keine Antwort gegeben oder sich dem diversen Geschlecht zugeordnet.

3. Hast Du vor diesem Projekt schon Erfahrungen mit einer Virtual Reality-Brille gemacht?

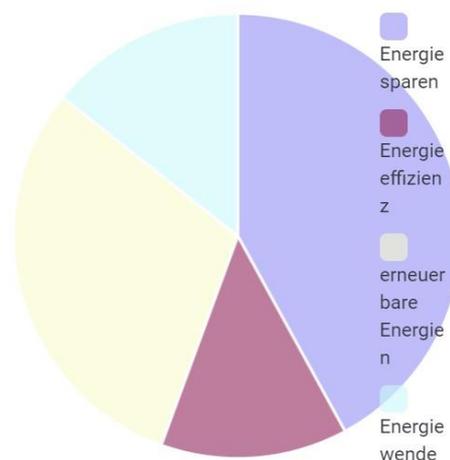
Hast Du vor diesem Projekt schon Erfahrungen mit einer VR-Brille gemacht?		
Antwort	Anzahl	Brutto-Prozentsatz
Ja (A1)	43	67.19%
Nein (A2)	20	31.25%
Weiß ich nicht (A3)	1	1.56%
Keine Antwort	0	0.00%
Nicht beendet oder nicht gezeigt	0	0.00%
Gesamt(Brutto)	64	100.00%



Um das schon bestehende Wissen über VR abschätze zu können, wurde in der dritten Frage nach eventuellen Vorerfahrungen mit einer VR-Brille gefragt. Etwa 67 Prozent der befragten Schüler*Innen haben angegeben, vor dem durchgeführten Projekt schon einmal Erfahrungen mit einer Virtual Reality-Brille gemacht zu haben. Die restlichen 21 Schüler (circa 33 Prozent) haben vor dem Projekt keine Erfahrungen mit einer Virtual Reality Brille gemacht oder angegeben, es nicht zu wissen. Somit haben mehr als die Hälfte der befragten Schüler*Innen vor dem Projekt schon Erfahrungen mit einer VR-Brille gemacht.

4. Ich wusste vor dem Projekt schon etwas über ...

Ich wusste vor dem Projekt schon etwas über...		
Antwort	Anzahl	Brutto-Prozentsatz
Energie sparen (SQ001)	53	82.81%
Energieeffizienz (SQ002)	17	26.56%
erneuerbare Energien (SQ003)	38	59.38%
Energiewende (SQ004)	18	28.12%
Gesamt(Brutto)	126	100.00%



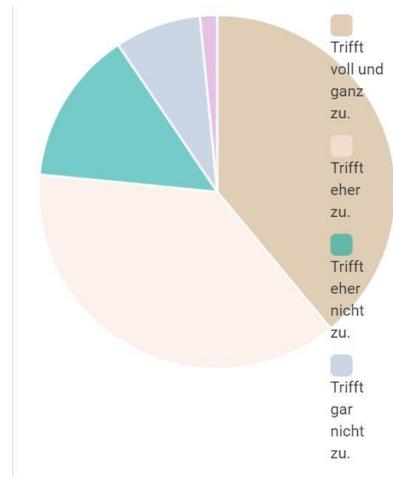
Mithilfe dieser Frage soll herausgefunden werden, ob die Schüler*Innen schon über ein Vorwissen von bestimmten Themenfeldern verfügen. Von 64 befragten Schüler*Innen haben 53 Schüler*Innen angegeben, vor dem Projekt schon etwas über Energie sparen gewusst zu haben, über erneuerbare Energien haben 38 Schüler*Innen schon etwas gewusst. Ein Wissen über die Energiewende und über die Energieeffizienz haben 18 und 17 Schüler*Innen angegeben. Somit scheint das Wissen über Energie sparen und erneuerbare Energien weiter verbreitet zu sein als das Wissen über die Energiewende oder Energieeffizienz.

Fragen zum Spiel

1. Es war gut, dass vorher erklärt wurde, wie das Spiel funktioniert.

Es war gut, dass vorher erklärt wurde, wie das Spiel funktioniert.

Antwort	Anzahl	Brutto-Prozentsatz
Trifft voll und ganz zu. (A1)	25	39.06%
Trifft eher zu. (A2)	24	37.50%
Trifft eher nicht zu. (A3)	9	14.06%
Trifft gar nicht zu. (A4)	5	7.81%
Keine Antwort	1	1.56%
Nicht gezeigt	0	0.00%
Gesamt(Brutto)	64	100.00%

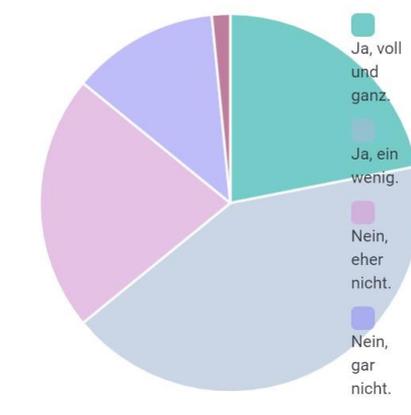


Etwa 76 Prozent (49 Schüler*Innen) haben angegeben, dass es gut war, dass vorher erklärt wurde, wie das Spiel funktioniert. Die restlichen 15 Schüler*Innen haben der Aussage nicht zugestimmt oder keine Antwort abgegeben. Eine ausführliche Erklärung und Darstellung der Funktionen sollte demnach in Verbindung mit einer solchen Anwendung zur Verfügung gestellt werden.

2. War die Spielanleitung gut verständlich?

War die Spielanleitung gut verständlich?

Antwort	Anzahl	Brutto-Prozentsatz
Ja, voll und ganz. (A1)	14	21.88%
Ja, ein wenig. (A2)	27	42.19%
Nein, eher nicht. (A3)	14	21.88%
Nein, gar nicht. (A4)	8	12.50%
Keine Antwort	1	1.56%
Nicht gezeigt	0	0.00%
Gesamt(Brutto)	64	100.00%



Über 60 Prozent der befragten Schüler*Innen haben angegeben, dass die Spielanleitung, die vor der

Anwendung vorgestellt wurde, verständlich war. Die restlichen 25 Schüler*Innen haben diese Aussage nicht bestätigt oder keine Antwort abgegeben. Bei zukünftigen Anwendungen sollte ein hoher Prozentsatz an positiven Rückmeldungen angestrebt werden, um einen reibungslosen und erfolgreichen Spielablauf in größeren Gruppen gewährleisten zu können.

3. Ich habe das Ziel des Spiels verstanden.

Ich habe das Ziel des Spiels verstanden.		
Antwort	Anzahl	Brutto-Prozentsatz
Trifft voll und ganz zu. (A1)	27	42.19%
Trifft eher zu. (A2)	13	20.31%
Trifft eher nicht zu. (A3)	16	25.00%
Trifft gar nicht zu. (A4)	7	10.94%
Keine Antwort	1	1.56%
Nicht gezeigt	0	0.00%
Gesamt(Brutto)	64	100.00%

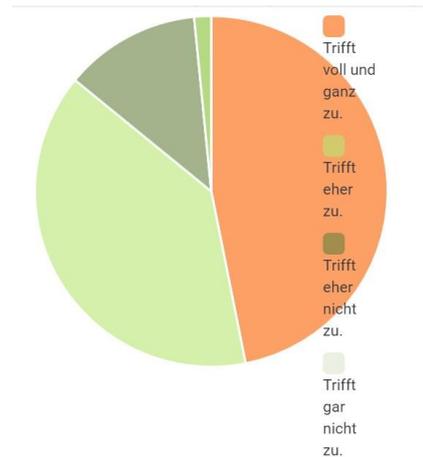


Etwa 40 der 64 befragten Schüler*Innen haben geantwortet, dass sie das Ziel des Spiels eher oder voll und ganz verstanden haben. Die verbleibenden 24 Schüler*Innen haben die Aussage dieser Frage nicht bestätigen können. Auch hier sollte eine möglichst hohe Anzahl an positiven Antworten angestrebt werden. So kann sichergestellt werden, dass die Teilnehmer*Innen der Anwendung das Ziel und den Sinn verstanden haben und somit nachhaltig etwas aus der Anwendung oder dem Projekt mitnehmen können.

4. Die Zeit zum Ausprobieren der Funktionen des Spiels war ausreichend.

Die Zeit zum Ausprobieren der Funktionen des Spiels war ausreichend.

Antwort	Anzahl	Brutto-Prozentsatz
Trifft voll und ganz zu. (A1)	30	46.88%
Trifft eher zu. (A2)	25	39.06%
Trifft eher nicht zu. (A3)	8	12.50%
Trifft gar nicht zu. (A4)	0	0.00%
Keine Antwort	1	1.56%
Nicht gezeigt	0	0.00%
Gesamt(Brutto)	64	100.00%



Bevor die Anwendung aktiv gespielt wurde, ist ein gewisser Zeitraum zum Testen der Funktionen eingeplant worden. Über 85 Prozent der befragten Schüler fanden diese Zeit ausreichend, um die zuvor erklärten Funktionen das erste Mal austesten zu können. Die verbleibenden acht Schüler*Innen haben angegeben, dass die Zeit nicht ausgereicht hat. Eine Person hat keine Antwort abgegeben. Die Auswertung dieser Frage sollte mit in die weitere Planung einfließen, um die Anwendung für weitere Gruppen optimieren zu können.

5. Konnte Dein*e Mitspieler*in Dich während des Spiels gut unterstützen?

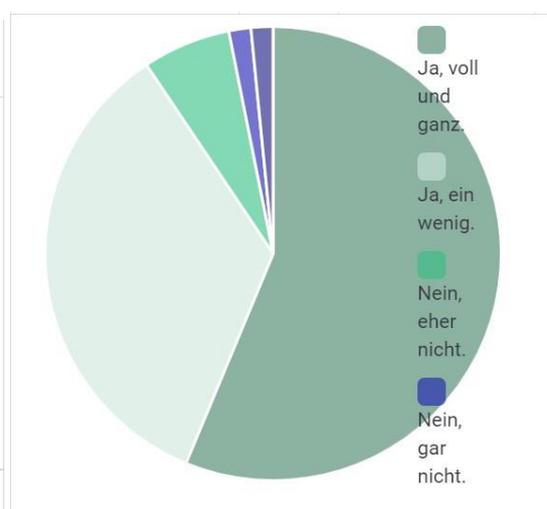
Konnte Dein*e Mitspieler*in Dich während des Spiels gut unterstützen?		
Antwort	Anzahl	Brutto-Prozentsatz
Ja, voll und ganz. (A1)	34	53.12%
Ja, ein wenig. (A2)	22	34.38%
Nein, eher nicht. (A3)	4	6.25%
Nein, gar nicht. (A4)	3	4.69%
Keine Antwort	1	1.56%
Nicht gezeigt	0	0.00%
Gesamt(Brutto)	64	100.00%



Die durchgeführte Anwendung wurde auf einer Partner*Innenarbeit aufgebaut. Insgesamt 56 Schüler*Innen haben angegeben, dass der/die Mitspieler*In sie während des Spiels gut unterstützen konnte. Die anderen 8 Schüler*Innen haben diese Aussage nicht bestätigt. Durch die notwendige Partner*Innenarbeit sollte auch hier eine möglichst hohe Anzahl an positiven Rückmeldungen angestrebt werden. Zudem sollte die Auswertung der Frage mit in die weitere Planung und gegebenenfalls Optimierung der Anwendung einfließen. Hier sollte eventuell erarbeitet werden, wie man die/den Partner*In auf die Anwendung und die Unterstützung vorbereiten kann.

6. Konntest Du das Spiel zusammen mit Deine*r Partner*in gut spielen?

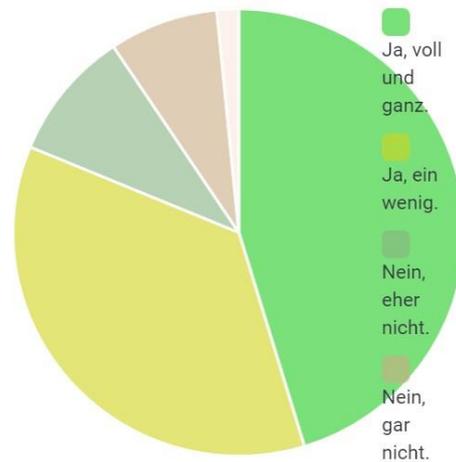
Konntest Du das Spiel zusammen mit Deine*r Partner*in gut spielen?		
Antwort	Anzahl	Brutto-Prozentsatz
Ja, voll und ganz. (A1)	36	56.25%
Ja, ein wenig. (A2)	22	34.38%
Nein, eher nicht. (A3)	4	6.25%
Nein, gar nicht. (A4)	1	1.56%
Keine Antwort	1	1.56%
Nicht gezeigt	0	0.00%
Gesamt(Brutto)	64	100.00%



Mit dieser Frage sollte das Gesamtkonzept der Anwendung hinterfragt werden. 58 Schüler*Innen haben angegeben, dass sie die Anwendung zusammen mit ihrer/ihrer Partner*In gut spielen konnten. Die restlichen sechs Schüler*Innen konnten haben diese Aussage nicht bestätigt. Somit hat der Großteil der Schüler*Innen das Konzept der Anwendung (Partner*Innenarbeit) und die Umsetzung positiv bewertet.

7. Hat es Dir gefallen, dass das Spiel als Partner*Innenarbeit stattgefunden hat?

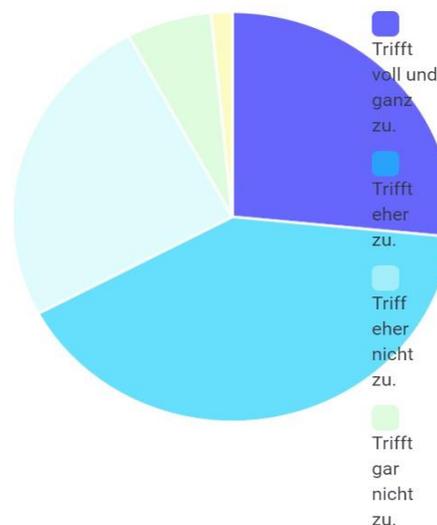
Hat es Dir gefallen, dass das Spiel in PartnerInnenarbeit stattgefunden hat?		
Antwort	Anzahl	Brutto-Prozentsatz
Ja, voll und ganz. (A1)	29	45.31%
Ja, ein wenig. (A2)	23	35.94%
Nein, eher nicht. (A3)	6	9.38%
Nein, gar nicht. (A4)	5	7.81%
Keine Antwort	1	1.56%
Nicht gezeigt	0	0.00%
Gesamt(Brutto)	64	100.00%



Die durchgeführte Anwendung wurde als Partner*Innenarbeit konzipiert und konnte auch nur als solche durchgeführt werden. Insgesamt 52 Schüler*Innen haben es positiv bewertet, dass das Spiel in einer Partner*Innenarbeit stattgefunden hat. Die restlichen 12 Schüler*Innen haben angegeben, dass ihnen dieses Konzept nicht gefallen hat.

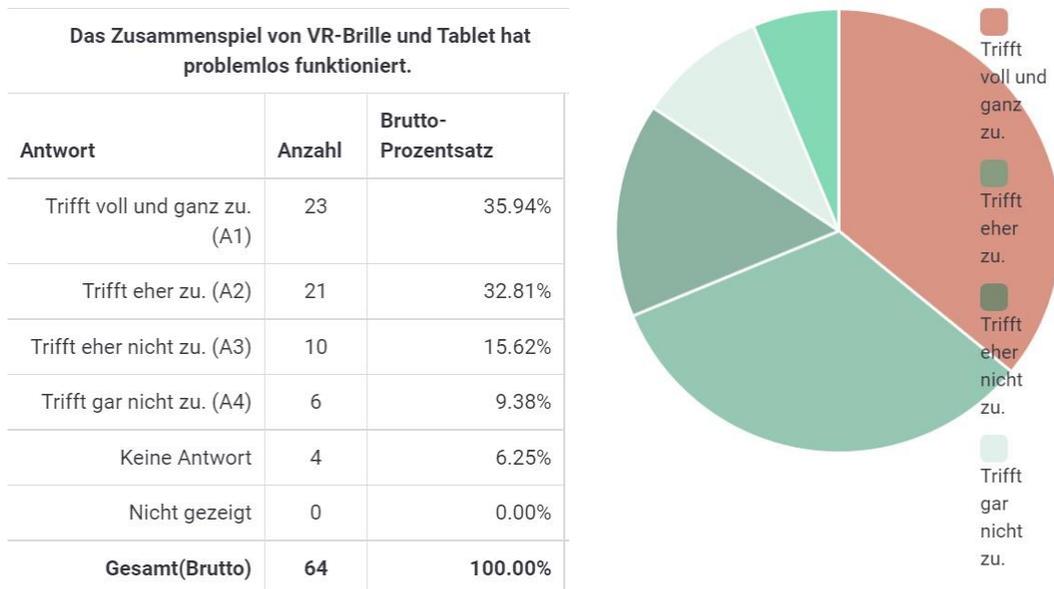
8. Die Darstellung in der virtuellen Welt war realitätsgetreu/realitätsnah.

Die Darstellung der virtuellen Welt war realitätsgetreu/realitätsnah.		
Antwort	Anzahl	Brutto-Prozentsatz
Trifft voll und ganz zu. (A1)	17	26.56%
Trifft eher zu. (A2)	26	40.62%
Trifft eher nicht zu. (A3)	16	25.00%
Trifft gar nicht zu. (A4)	4	6.25%
Keine Antwort	1	1.56%
Nicht gezeigt	0	0.00%
Gesamt(Brutto)	64	100.00%



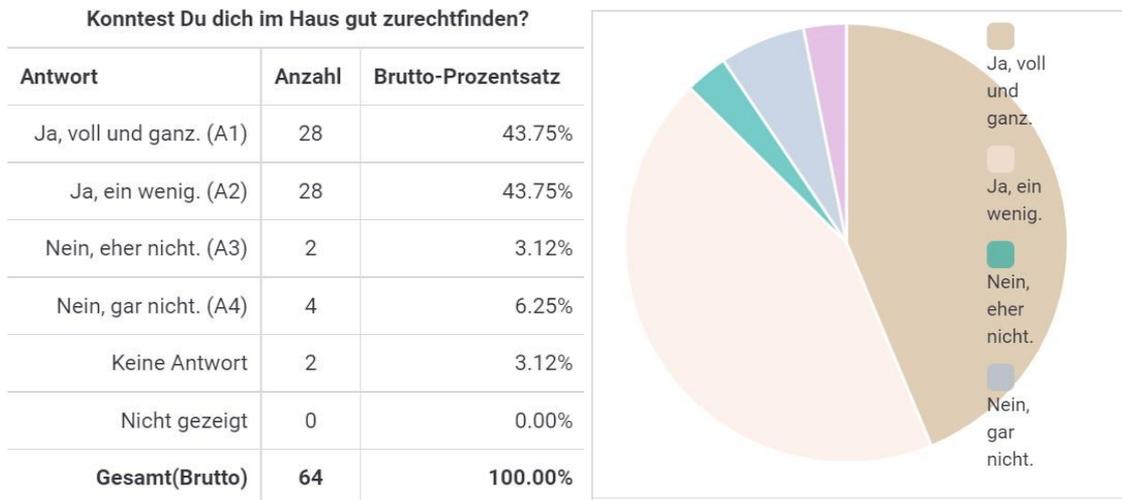
Zudem sollte herausgefunden werden, ob die Darstellung in der virtuellen Welt der Anwendung realitätsgetreu und/oder realitätsnah gewesen ist. Etwa 67 Prozent haben diese Aussage bestätigt. Die restlichen Schüler*Innen haben die Darstellung nicht als realitätsnah bewertet. Bei dieser Frage sollte eine hohe Anzahl an positiven Rückmeldungen angestrebt werden, um eventuell auch einen Bezug zum persönlichen Alltag herstellen zu können. So kann das zuvor erlangte Wissen übertragen und verinnerlicht werden.

9. Das Zusammenspiel von VR-Brille und Tablet hat problemlos funktioniert.



Die Partner*Innenarbeit war die Voraussetzung für die Durchführung der Anwendung. Dazu wurde der*die Partner*In mit einem Tablet/Handbuch ausgestattet, aus dem die passenden Informationen gewonnen werden konnten. Um die Anwendung erfolgreich spielen zu können, sollte das Zusammenspiel von der Anwendung (VR-Brille) und dem Tablet/Handbuch reibungslos funktionieren. 44 Schüler*Innen haben angegeben, dass das Zusammenspiel problemlos funktioniert hat. Die restlichen 20 Schüler*Innen haben dies nicht bestätigt. Da die Durchführung der Anwendung von einem problemlosen Zusammenspiel abhängt, sollte ein hoher Anteil an positiven Rückmeldung angestrebt werden. Gegebenenfalls sollten für weitere Gruppen Verbesserungen vorgenommen werden.

10. Konntest Du Dich im Haus gut zurechtfinden?

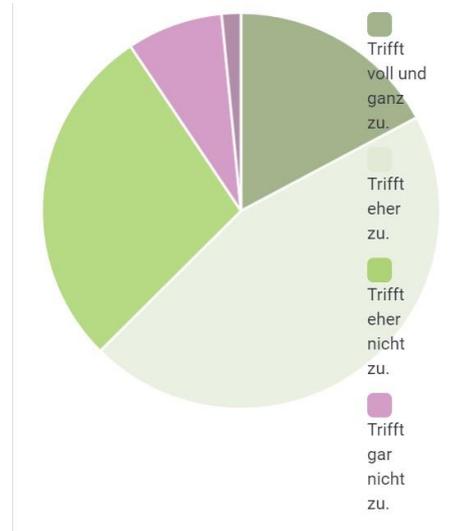


Die Anwendung ist rund um ein Wohnhaus aufgebaut. Um die Anwendung erfolgreich spielen zu können ist es daher von Vorteil, wenn man sich in dem virtuellen Wohnhaus gut zurecht findet. Über

87 Prozent haben angegeben, dass sie sich gut zurecht finden. Auch in weiteren Durchläufen der Anwendung sollte ein so hoher Anteil positiver Rückmeldungen angestrebt werden. So kann im Nachhinein davon ausgegangen werden, dass die Schüler*Innen die Anwendung erfolgreich spielen konnten.

11. Die Erkenntnisse aus dem Spiel lassen sich in den Alltag übertragen.

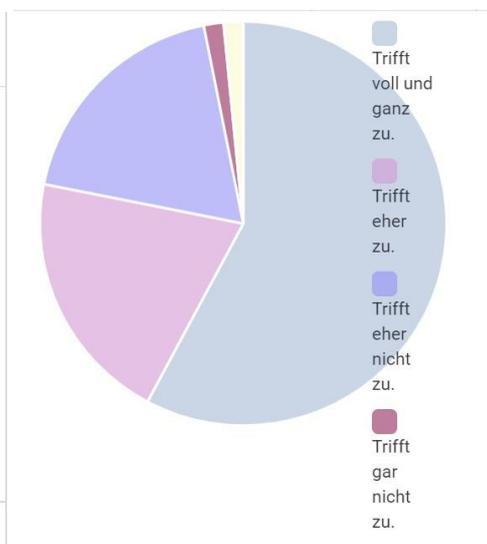
Die Erkenntnisse aus dem Spiel lassen sich in den Alltag übertragen.		
Antwort	Anzahl	Brutto-Prozentsatz
Trifft voll und ganz zu. (A1)	11	17.19%
Trifft eher zu. (A2)	29	45.31%
Trifft eher nicht zu. (A3)	18	28.12%
Trifft gar nicht zu. (A4)	5	7.81%
Keine Antwort	1	1.56%
Nicht gezeigt	0	0.00%
Gesamt(Brutto)	64	100.00%



Das Gesamtkonzept der Anwendung ist realitätsnah gestaltet, daher sollten sich die Inhalte der Anwendung auch auf den Alltag übertragen lassen. 40 von 64 befragten Schüler*Innen haben angegeben, dass sich die Erkenntnisse aus dem Spiel in den Alltag übertragen lassen. Hier sollte die positive Rückmeldung noch etwas gesteigert werden, da gerade die durchgeführte Anwendung durch einen Bezug zum Alltag nachhaltig in Erinnerung bleiben kann.

12. Das Arbeiten mit der VR-Brille an dem Thema „Erneuerbare Energien, Energie sparen und Energieeffizienz“ hat mir gut gefallen.

Das Arbeiten mit der VR-Brille an dem Thema "Erneuerbare Energien..." hat mir gut gefallen.		
Antwort	Anzahl	Brutto-Prozentsatz
Trifft voll und ganz zu. (A1)	37	57.81%
Trifft eher zu. (A2)	13	20.31%
Trifft eher nicht zu. (A3)	12	18.75%
Trifft gar nicht zu. (A4)	1	1.56%
Keine Antwort	1	1.56%
Nicht gezeigt	0	0.00%
Gesamt(Brutto)	64	100.00%



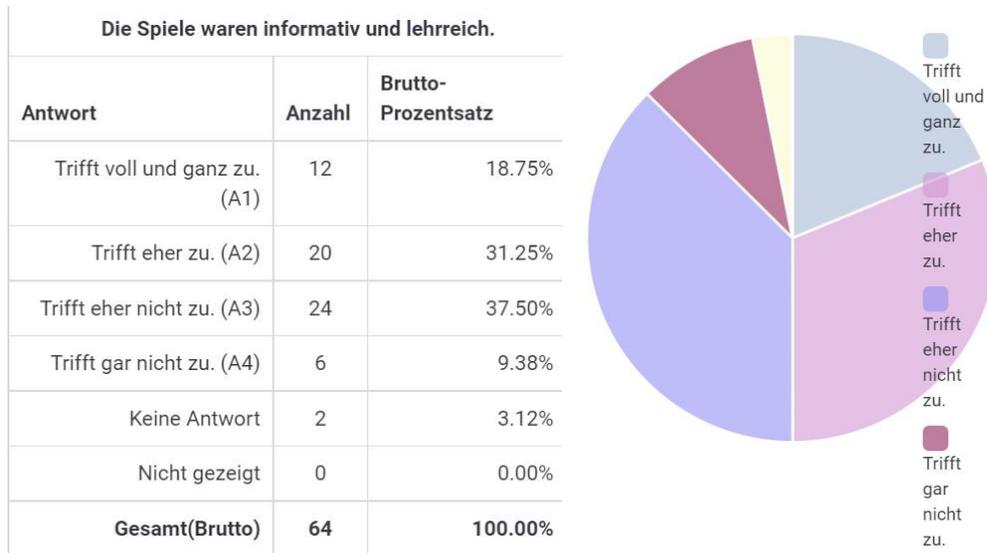
Über drei Viertel der Schüler*Innen haben angegeben, dass ihnen das Arbeiten mit der VR-Brille an dem Thema „Erneuerbare Energien, Energie sparen und Energieeffizienz“ gut gefallen hat. Durch weitere Angebote und Anwendungen ist es eventuell noch möglich, die restlichen 21 Prozent der Schüler*Innen abzuholen und von der Thematik zu überzeugen. Zusätzlich ist es notwendig, dass die entsprechende Anwendung in ein passendes Programm eingebettet wird, damit die Thematik ausreichend behandelt werden kann.

13. Die gesamte Spielzeit war....



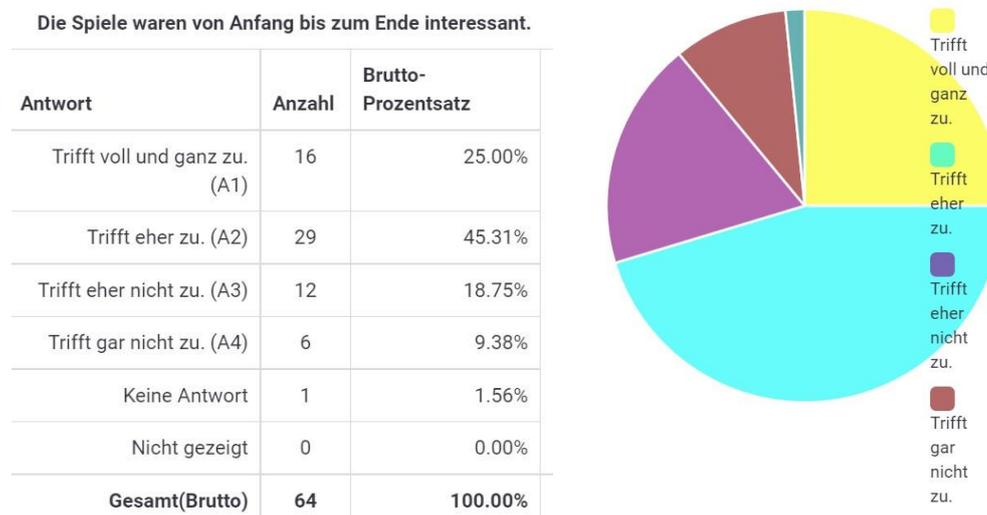
Die Anwendung wurde in ein Tagesprogramm integriert, demnach wurde die Spielzeit der Anwendung begrenzt. Die Spielzeit wurde von 41 von 64 befragten Schüler*Innen als ausreichend bewertet. Zwölf Schüler*Innen haben angegeben, dass die Spielzeit zu lang war und die restlichen Schüler*Innen haben die Spielzeit als zu kurz empfunden. Eine Schüler*In hat keine Antwort abgegeben. Da ein Großteil der Schüler*Innen die Spielzeit als ausreichend bewertet hat, kann die verwendete Spielzeit für weitere Anwendungen empfohlen werden.

14. Die Spiele waren informativ und lehrreich.



Fast 50 Prozent der Schüler*Innen haben angegeben, dass die Spiele informativ und lehrreich waren. Die restlichen 32 Schüler*Innen haben dies nicht bestätigt. In einem nächsten Schritt könnte man hier nach den genauen Gründen fragen. So könnte herausgefunden werden, wie die Schüler*Innen ihre Bewertung begründen. Auch hier sollte eine möglichst hohe Anzahl an positiven Rückmeldungen angestrebt werden, da die Anwendung die Inhalte und das Wissen vertiefen sollen.

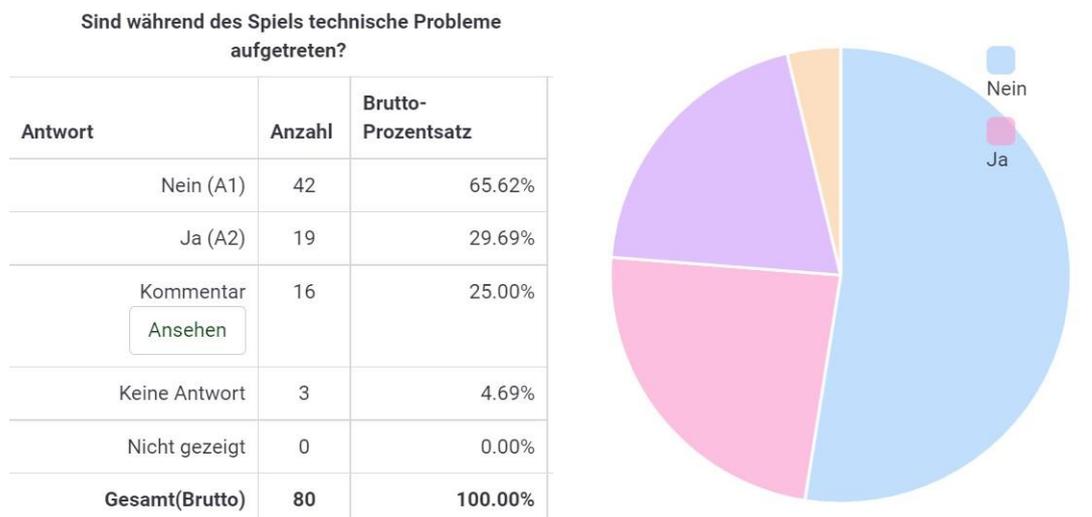
15. Die Spiele waren von Anfang bis zum Ende interessant.



Während der durchgeführten Anwendung sollten zahlreiche Aufgaben erfüllt werden. Aus diesem Grund ist es wichtig zu erfragen, ob die Anwendung vom Anfang bis zum Ende interessant war oder ob nach einer gewissen Zeit der Anreiz, die Aufgaben erfüllen zu wollen, weniger geworden ist. 45 Schüler*Innen haben bestätigt, dass die Spiele vom Anfang bis zum Ende interessant gewesen sind.

Die restlichen 19 Schüler*Innen haben dieser Formulierung nicht zugestimmt. Für weitere Anwendungen sollten ausreichende Anreize gesetzt werden, die die Anwendung vom Anfang bis zum Ende interessant machen.

16. Sind während des Spiels technische Probleme aufgetreten oder kam es zu Unterbrechungen?



Wenn ja, welcher Art?

Tool-Probleme:

- Ipad klein geworden
- Knöpfe zu weit entfernt
- Wenn man den Baseballschläger öfter auswählt bevor man ihn weggeworfen hat ist er viel kleiner
- Baseballschläger nahm Toolstatus nicht an (blieb klein), Positionswechsel macht Keypad kaputt, Teleportationsindikator funktioniert nicht immer

Fortbewegung:

- Man konnte sich oftmals sehr schlecht fortbewegen
- Man konnte nur auf einer Stelle stehen bleiben (blauer Kreis), fände es toll wenn man durchs Haus laufen kann und nicht nur einer Stelle

Sonstiges:

- Man wurde rausgeschmissen
- Wir haben die Spielraum einmal verlassen
- Wir sind aus dem Spielbereich rausgetreten und brauchte Hilfe es neu einzustellen
- Level 2 hat nicht funktioniert
- Man konnte Level 2 nicht spielen, da man keine Nummern eingeben konnte - Bin oft rausgeflogen
- Wurde einmal aus dem Spiel geworfen und musste neu starten, Utensilien waren manchmal nicht greifbar
- Ich war aus Versehen im nächsten Level und konnte nicht mehr zurück
- Man war auf einmal nicht mehr in der Dimension
- Akku leer

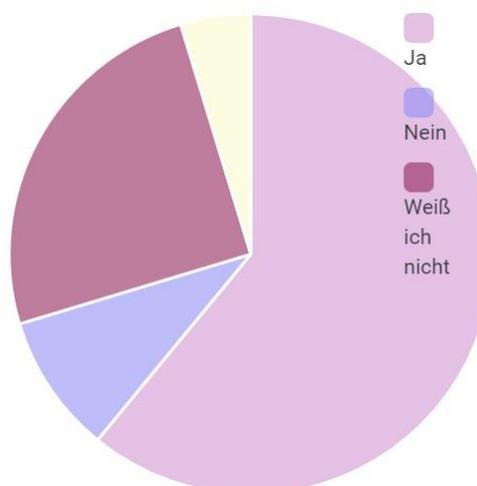
Für die Umsetzung von weiteren Anwendungen mit VR-Brillen sollte miteinbezogen werden, ob und inwiefern technische Probleme oder Unterbrechungen während der Durchführung vorgekommen sind. Fast 66 Prozent (42 Schüler*Innen) haben angegeben, dass es während des Spiels nicht zu Unterbrechungen gekommen ist. Drei Schüler*Innen haben bei dieser Frage keine Antwort abgegeben. Die restlichen 19 Schüler*Innen haben angegeben, dass technische Probleme oder

Unterbrechungen aufgetreten sind, davon haben 16 Schüler*Innen ihre Angabe begründet. Einige Schüler*Innen haben Probleme bei der Anwendung der verschiedenen Tools im Spiel selbst angegeben. Zudem wurden mehrfach Probleme bei der Fortbewegung in der virtuellen Welt beschrieben. Außerdem wurden allgemeine technische Probleme genannt, wie beispielsweise leere Akkus oder dass die Schüler*Innen aus der Anwendung geschmissen wurden.

17. Ich würde das Spiel auch für andere Schüler*Innen empfehlen.

Ich würde das Spiel auch für andere Schüler*Innen empfehlen.

Antwort	Anzahl	Brutto-Prozentsatz
Ja (A1)	39	60.94%
Nein (A2)	6	9.38%
Weiß ich nicht (A3)	16	25.00%
Keine Antwort	3	4.69%
Nicht beendet oder nicht gezeigt	0	0.00%
Gesamt(Brutto)	64	100.00%

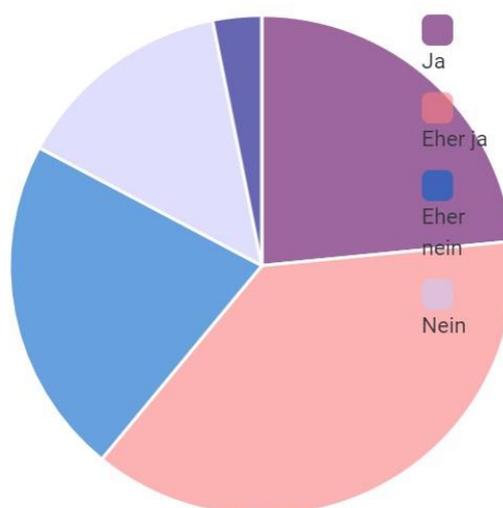


Über 60 Prozent der befragten Schüler*Innen würden das von ihnen durchgeführte Spiel auch für andere Schüler*Innen empfehlen. Sechs Schüler*Innen würden das Spiel nicht weiterempfehlen, drei Schüler*Innen haben zu dieser Frage keine Antwort abgegeben. Die restlichen 16 Schüler*Innen haben angegeben, dass sie das Spiel weder weiterempfehlen noch nicht weiterempfehlen können. Hier könnte in einem weiteren Schritt herausgefunden werden, ob die Antwortverteilung gegebenenfalls mit der Thematik des Spiels zusammenhängt oder ob ein anderer Grund vorliegt.

18. Durch das Spiel habe ich das Thema noch einmal verinnerlicht und/oder besser verstanden.

Durch das Spiel habe ich das Thema noch einmal verinnerlicht und/oder besser verstanden.

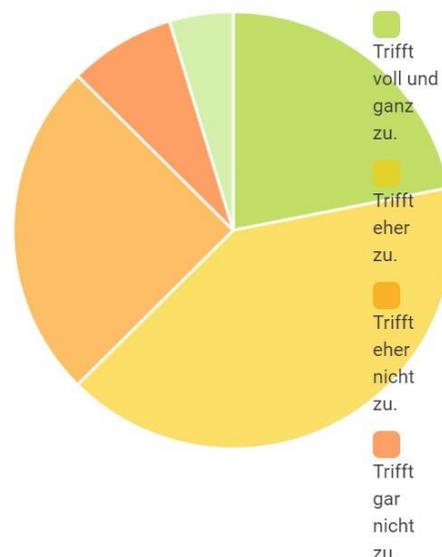
Antwort	Anzahl	Brutto-Prozentsatz
Ja (A1)	15	23.44%
Eher ja (A2)	24	37.50%
Eher nein (A3)	14	21.88%
Nein (A4)	9	14.06%
Keine Antwort	2	3.12%
Nicht gezeigt	0	0.00%
Gesamt(Brutto)	64	100.00%



Mithilfe der Anwendung sollten bestimmte Inhalte des Programms noch einmal verinnerlicht werden und/oder dabei helfen, das Thema besser verstehen zu können. 39 Schüler*Innen haben angegeben, dass dieses Ziel erreicht wurde. Des Weiteren haben 25 Schüler*Innen angegeben, dass sie das Thema durch das Spiel nicht noch einmal verinnerlichen konnten. Um dieses Ziel bei allen Schüler*Innen erreichen zu können, sollte die Anwendung in ein thematisch passendes Programm integriert werden.

19. Durch das Spiel bleiben mir die Inhalte besser in Erinnerung.

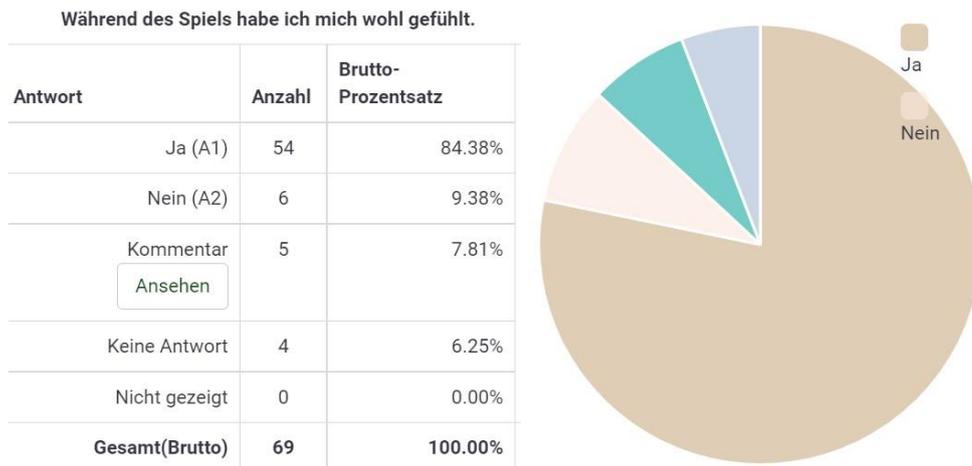
Durch das Spiel bleiben mir die Inhalte besser in Erinnerung.		
Antwort	Anzahl	Brutto-Prozentsatz
Trifft voll und ganz zu. (A1)	14	21.88%
Trifft eher zu. (A2)	26	40.62%
Trifft eher nicht zu. (A3)	16	25.00%
Trifft gar nicht zu. (A4)	5	7.81%
Keine Antwort	3	4.69%
Nicht gezeigt	0	0.00%
Gesamt(Brutto)	64	100.00%



Außerdem soll die Anwendung die Schüler*Innen dabei unterstützen, die Inhalte besser in Erinnerung behalten zu können. Über 61 Prozent der befragten Schüler*Innen haben dies bestätigt und angegeben, dass ihnen die Inhalte durch das Spiel besser in Erinnerung geblieben sind. 24 Schüler*Innen haben angegeben, dass dies nicht auf das Spiel zutrifft und ihnen die Inhalte durch die Anwendung nicht besser in Erinnerung bleiben. Um diese Unterstützung gewährleisten zu können, sollte die Anwendung immer genau auf die Thematik abgestimmt werden, so können die Inhalte noch einmal verbildlicht werden.

Abschlussfragen

1. Während des Spiels habe ich mich wohl gefühlt.



Wenn nein, wieso?

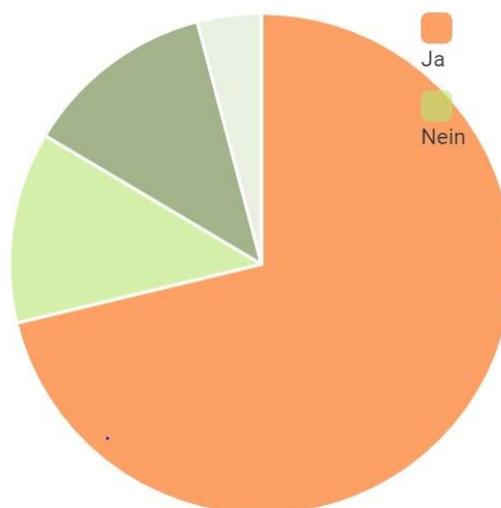
- Augenschmerzen
- Ich habe aus Versehen Leute geschlagen
- Mir war übel
- Grafik, Design
- Kein Snapturn

Bei der Nutzung von VR-Brillen und/oder während des Aufenthalts in der virtuellen Welt kann es vorkommen, dass man sich nicht ganz wohl fühlt. Über 80 Prozent der befragten Schüler*Innen haben jedoch angegeben, dass sie sich während des Spiels wohl gefühlt haben. Von 64 Schüler*Innen haben sechs angegeben, dass sie sich nicht wohl gefühlt haben, vier Schüler*Innen haben keine Antwort abgegeben. Fünf der sechs Schüler*Innen, die angegeben haben, sich nicht wohl gefühlt zu haben, haben diese Antwort auch begründet. Zu diesen Gründen zählten unter anderem Augenschmerzen, Übelkeit und die Grafik/das Design.

2. Ich hätte Interesse, nochmal ein anderes Thema mit der VR-Brille zu bearbeiten.

Ich hätte Interesse, nochmal ein anderes Thema mit der VR-Brille zu bearbeiten.

Antwort	Anzahl	Brutto-Prozentsatz
Ja (A1)	52	81.25%
Nein (A2)	9	14.06%
Kommentar Ansehen	9	14.06%
Keine Antwort	3	4.69%
Nicht gezeigt	0	0.00%
Gesamt(Brutto)	73	100.00%

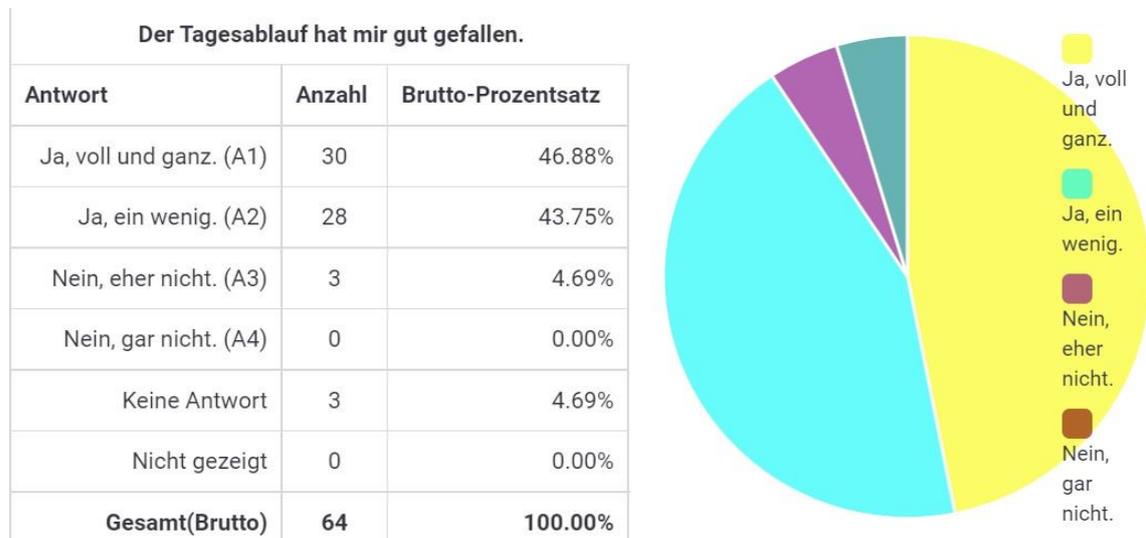


Wenn ja, welches?

- Verkehrsverhalten
- Selbst kaufen
- Alles Mögliche
- Fußball und Football
- POV Shooter
- Irgendwas
- Architektur
- Jedes Thema das man verbildlichen kann
- Alles Mögliche
- Keine Ahnung
- Detaillierter Besuch eines Kraftwerkes
- Kraftwerke

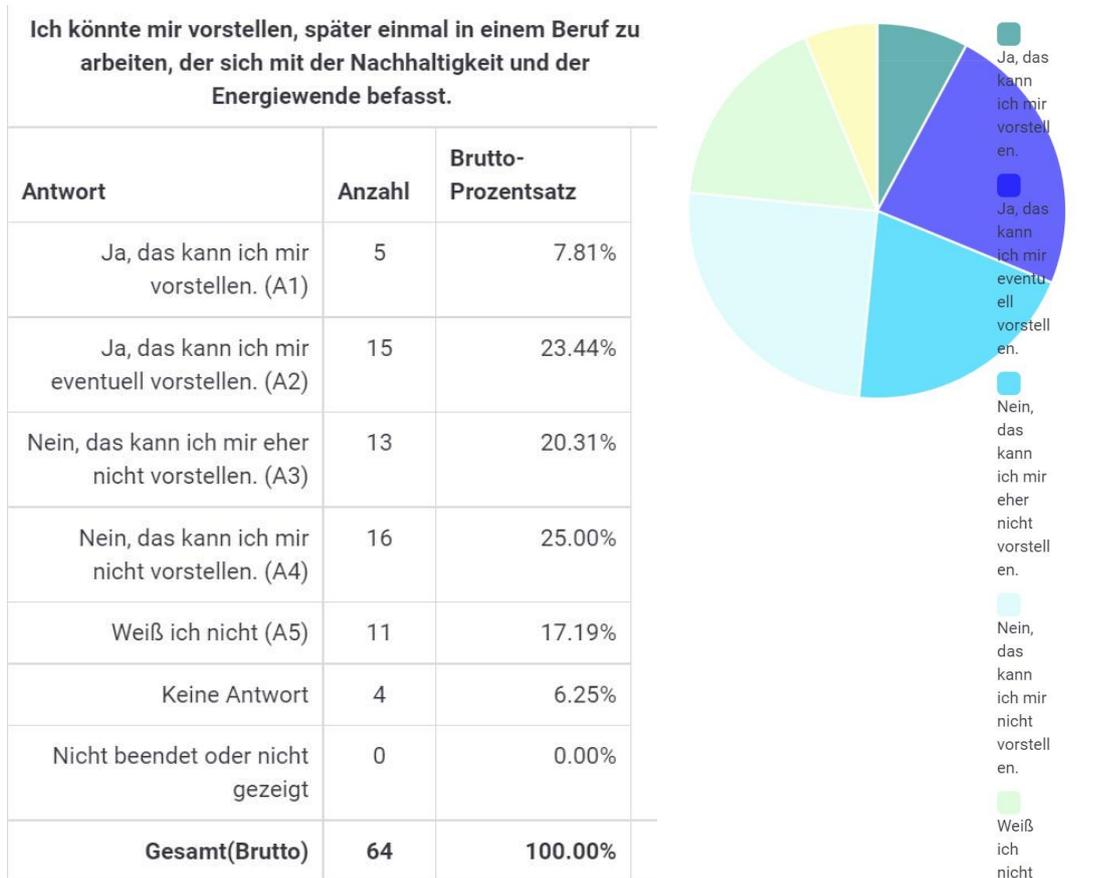
Mithilfe der VR-Brillen lassen sich zahlreiche Themen umsetzen und bearbeiten. Einige Themenfelder sind derzeit noch nicht ausgearbeitet. Aus diesem Grund wurden die Schüler*Innen gefragt, ob es Interesse gibt, ein weiteres Thema mit der VR-Brille zu bearbeiten. Hier kann parallel herausgefunden werden, ob die Verwendung von VR-Brillen allgemein positiv in Erinnerung geblieben ist. 52 von 64 Schüler*Innen haben angegeben, dass sie Interesse daran hätten, auch ein anderes Thema mit einer VR-Brille zu bearbeiten. Von diesen 81 Prozent haben neun Schüler*Innen auch Themenvorschläge abgegeben. Darunter fielen unter anderem Architektur, der Besuch eines Kraftwerkes oder Verkehrsverhalten.

3. Der Tagesablauf hat mir gut gefallen.



Die Anwendung der VR-Brille war nur einer der Programmpunkte des Projektes. Aus diesem Grund sollte auch der Tagesablauf mit in die Befragung einfließen. Über 90 Prozent der befragten Schüler*Innen haben angegeben, dass Ihnen der Tagesablauf gut gefallen hat. Jeweils drei Schüler*Innen haben keine Antwort angegeben oder angegeben, dass ihnen der Tagesablauf eher nicht gefallen hat.

4. Ich könnte mir vorstellen, später einmal in einem Beruf zu arbeiten, der sich mit der Nachhaltigkeit und der Energiewende befasst.



In Zusammenhang mit dem durchgeführten Projekt und dem dazugehörigem Thema und dem Inhalt der Anwendung ist es besonders interessant, ob sich die befragten Schüler*Innen vorstellen können, in einem Beruf zu arbeiten, der sich mit Nachhaltigkeit und der Energiewende befasst. Fünf Schüler*Innen haben angegeben, dass sie sich dies vorstellen können und 15 Schüler*Innen haben geantwortet, dass sie sich dies eventuell vorstellen können. Insgesamt 29 Schüler*innen haben angegeben, dass sie sich eher nicht oder gar nicht vorstellen können, später in einem Beruf zu arbeiten, der sich mit Nachhaltigkeit und der Energiewende befasst. Weitere 15 Schüler*Innen haben keine Antwort abgegeben oder geantwortet, dass sie dies noch nicht wissen. In einem weiteren Schritt könnte im Zuge des Projektes über die Vielfalt und die Entwicklung des Arbeitsmarktes in diesem Bereich aufgeklärt werden.

5. Das hat mir im virtuellen Raum gut gefallen:

- das Design und die Grafik

- die Bedienung
- Struktur
- Realistisch
- Alles, besonders die Experimente
- Baseballschläger
- Ja, alles könnte lebendiger werden
- Die Bewegungen
- Es war groß
- Nichts
- Die Ausstattung
- Die Qualität
- Die Atmosphäre
- Wie realistisch alles war
- Das man Dinge zerstören konnte
- Es war klar und nicht verschwommen
- Der Garten
- Das große Haus
- Baseballschläger
- Es war ein neues Erlebnis
- Sachen umzusetzen
- Das Haus und die Darstellung
- Kaputtmachen
- Das man fliegen konnte
- Das einfache Kaufen von neuen Gegenständen
- Man konnte sich gut bewegen, es hat alles funktioniert wie es sollte
- Die vielen verschiedenen Funktionen, wie: Lupe, schlagen, auswählen, tippen
- Die natürlichere Auseinandersetzung mit dem Spielraum
- Das Haus war übersichtlich
- Das Design
- Es war abwechslungsreich und interessant
- Sondereffekte
- „neue“ Lernart
- Man konnte sich gut orientieren (realitätsgetreu)
- Das wir entscheiden konnten was ausgetauscht wird und womit
- Ego-Perspektive
- Die einfache Bedienung
- Das Spiel in der Ego-Perspektive

Am Ende des Fragebogens wurden noch einige offene Fragen gestellt. Hier bekamen die

Schüler*Innen die Möglichkeit, ihre bisherigen Antworten zu ergänzen oder ihre persönliche Meinung abzugeben. Einige Schüler*Innen haben angegeben, dass ihnen das Design, die Graphik und die einfache Bedienung im virtuellen Raum gut gefallen haben. Außerdem wurden die verschiedenen Funktionen, das Spiel in der Ego-Perspektive und die Gestaltung des Spiels (Haus) positiv bewerte

6. Das könnte beim nächsten Mal besser gemacht werden:

- Grafik und Möbel
- Die Grafik, die Teleportation
- Grafik
- Die Größe der Lupe am Gürtel
- Bugs fixen
- Auch mal draußen ausprobieren
- Vielleicht mehr Farbe und Musik
- Die Grafik realistischer machen
- Realer gestalten und mehr Menschen im Spiel
- Muss nichts besser sein
- Alles top
- Länger VR
- War alles gut
- Laut der ganzen Klasse das Spiel erklären
- Es könnte besser erklärt werden
- Den Kreis vergrößern
- Besser erklären
- Besser laufen
- Nichts, alles war gut
- Fortbewegung
- Die Erklärung
- Die Game-Lobby, Grafik und Design
- Grafik, Snap-Team, GUI
- Snapturn
- Das man auf das Dach gehen konnte
- Es könnte deutlicher gemacht werden, wo was ist
- Noch mehr den virtuellen Raum gestalten, also auch mit mehr Objekten (auch Deko), damit die wichtigen besser versteckt sind
- Die fehlenden Gegenstände hinzufügen
- Keine Brille ungeladen
- Level 2
- Deutlich und wiederholt erklären
- Erklärung

- Erklärung vorher
- Mehr Gegenstandsauswahl
- Sollte verbessert werden, damit Level 2 funktioniert
- Mehr Auswahl von Sachen, die man austauschen kann
- Bessere Qualität
- Öfter erklären
- Ein bisschen bessere Qualität

Außerdem wurde den Schüler*Innen die Frage gestellt, was aus ihrer Sicht aus bei der nächsten Durchführung der Anwendung besser gemacht werden kann. Als Antwort auf diese Frage wurde mehrmals angegeben, dass das Spiel und die Funktionen besser und wiederholt erklärt werden sollen. Zudem wurde der Wunsch geäußert, dass man in der Anwendung auch andere Menschen trifft, dass man mehr Geräte austauschen kann und dass die Anwendung realer gestaltet wird (mehr Menschen und mehr Objekte im Haus).

7. Was ist dir von dem Spiel besonders in Erinnerung geblieben?

- Die Teleportation
- Das Dach
- Der Baseballschläger
- Dass man neue Sachen kaufen konnte
- Das Dach, der steile Weg nach unten war echt real, wenn man ein paar Schritte gemacht hat
- Die Bestellcodes
- Das ich das Gefühl hatte (fast) betrunken zu sein
- Das Bad
- Der Teich mit den Schmetterlingen
- Der Keller
- Umsetzung
- Entspannend
- Es gab verschiedene Etagen
- Das es verschiedene Räume gab
- Das ganze Spiel
- Dass Zerschlagen von Objekten
- Die simple jedoch kreative Idee
- Das schöne Schlafzimmer und die Nummer der neuen Spülmaschine (4559) - Die Erneuerung von Geräten
- Wie viele Dinge in einem Haushalt viel Energie verbrauchen
- Das man auf die Produkte achten sollte, die man kauft
- Die verschiedenen Arten von einer Sache

- Lupe
- Energiesparende Geräte sind sehr teuer
- Viele Bugs
- Die Steuerung
 - Das räumliche Bild

Für die abschließende Auswertung des Projektes ist es zudem interessant, was den Schüler*Innen bezüglich der Anwendung am meisten in Erinnerung geblieben ist. Hier wurden größtenteils die grafische Umsetzung (beispielsweise das Dach, das Badezimmer, die verschiedenen Etagen, das räumliche Bild) und die Funktionen genannt (das zerschlagen von Objekten). Vereinzelt wurde auch angegeben, dass energiesparende Geräte sehr teuer sind, dass viele Dinge in einem Haushalt viel Energie verbrauchen und dass man auf die Produkte achten sollte, die man kauft. Hier sollte noch weiter ausgearbeitet werden, was genau den Schüler*Innen in Erinnerung bleiben soll und wie man dies dann umsetzen kann.

Das möchte ich noch los werden:

- Man sollte das Spiel ein bisschen einfacher machen
- Mehr Funktionen, schneller voran bewegen
- Toll, das Spiel man ausprobieren zu haben
- Realistischer gestalten, ich konnte die Lupe nicht nehmen
- Im Großen und Ganzen hat mir die Brille sehr gefallen
- Es war cool
- Hat mir super viel Spaß gemacht
- Der Keller war komisch
- Bitte snapturn
- Spiel mit der VR Brille war sehr abwechslungsreich
- War eine sehr schöne Erfahrung
- Ich fands super
- Lupe
- Sehr übersichtlich und gut gestaltet
- Es sollte ein zweites Haus geben
- Brille war sehr cool, würde gerne nochmal damit arbeiten
- Bei der Anwendung wird einem ein bisschen übel

In der letzten Frage des Fragebogens wurde den Schüler*Innen die Möglichkeit gegeben, etwas loszuwerden. Ein Großteil der Schüler*Innen hat hier nochmal ein positives Feedback abgegeben. Außerdem wurden noch einige Verbesserungsvorschläge beschrieben.