



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Bachelorarbeit

René Götsch

Eine Methodik zur Bewertung der Usability von
Augmented-Reality-Anwendungen

Rene Götsch

Eine Methodik zur Bewertung der Usability von Augmented-
Reality-Anwendungen

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung

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

Betreuender Prüfer : Prof. Dr. Olaf Zukunft
Zweitgutachter : Prof. Dr. Philipp Jenke

Abgegeben am 15.03.2018

René Götsch

Thema der Arbeit/Ausarbeitung

Eine Methodik zur Bewertung der Usability von Augmented-Reality-Anwendungen

Stichworte

Augmented Reality, Usability, Usability-Evaluation, AR-Apps

Kurzzusammenfassung

Bei Augmented Reality handelt es sich noch um ein recht junges Anwendungsgebiet. Um die Benutzbarkeit dieser Anwendungen beurteilen zu können, wurde in dieser Arbeit eine Methodik entwickelt, anhand der diese Anwendungen bewertet werden können. Dazu wurden bestehende Methoden zur Bewertung der Benutzbarkeit von Software untersucht, gut funktionierende Methoden zu einer Methodik zusammengefasst und eine Liste mit Bewertungskriterien erstellt, anhand der AR-Anwendungen bewertet werden können.

Rene Götsch

Title of the paper

A methodology for evaluating the usability of augmented reality applications

Keywords

Augmented Reality, Usability, Usability-Evaluation, AR-Apps

Abstract

Augmented Reality is still quite a new application area. In order to assess the usability of these applications, a methodology was developed in this thesis to evaluate these applications. For this purpose, existing methods for evaluating the usability of software were examined, well working methods were combined into a methodology and a list of evaluation criteria was created, with which AR applications can be evaluated.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
1.1	Ziel der Arbeit.....	7
1.2	Aufbau der Arbeit.....	8
2	Usability	9
2.1	Definition.....	9
2.2	Methoden.....	9
2.2.1	Hallway-Testing	9
2.2.2	Formaler Usability-Test	9
2.2.3	Goals, Operators, Methods and Selection Rules (GOMS).....	10
2.2.4	A/B-Tests	10
2.2.5	Heuristiken	10
2.2.6	Cognitive Walkthrough	12
2.2.7	Pluralistic Walkthroughs	12
2.2.8	Feature inspections.....	12
2.2.9	Consistency inspection.....	12
2.2.10	Standards/Guideline inspection.....	13
2.2.11	Perspective-base Inspection	13
2.2.12	Think aloud protocol	13
2.2.13	Co-discovery.....	13
2.2.14	Question asking protocol	14
2.2.15	Performance measurement	14
2.2.16	Field observation.....	14

2.2.17	Laboratory observation.....	14
2.2.18	Fragebögen / Usability Befragung.....	15
2.2.19	Interview	15
2.3	Kategorien	15
3	Augmented Reality	19
3.1	Definition.....	19
3.2	Tracking	20
3.2.1	Mechanisches Tracking	20
3.2.2	Optisches Tracking	20
3.2.3	Inertiales Tracking	21
3.2.4	Laufzeitbasiertes Tracking.....	21
3.3	Ausgabegeräte	21
3.3.1	Head-Mounted-Displays	21
3.3.2	Handheld-Devices	22
3.3.1	Raum- und Umgebungsfixierte Displays	22
3.3.1	Bewegliche Displays	22
3.4	Interaktionstechniken	23
3.4.1	Marker basierte Eingaben	23
3.4.2	Selektion durch Blickrichtung.....	23
3.4.3	Sprachsteuerung	24
3.4.4	Navigation durch Bewegung	24
3.4.5	Tangible User Interface	24
3.5	Kategorien von AR-Apps	25
3.6	Einschränkungen von AR-Apps	26
4	Praxistest	28
4.1	Vorbereitung	28
4.1.1	Auswahl der Testgegenstände	28
4.1.2	Testmethodik	30
4.2	Stack It AR.....	33
4.2.1	Funktionalität	33
4.2.2	Cognitive Walkthrough	33
4.2.3	Heuristiken	34

4.2.4	Feature Inspection	36
4.2.5	Perspective-base Inspection	37
4.2.6	Nutzertests	37
4.3	Ikea-Place	38
4.3.1	Funktionalität	38
4.3.1	Cognitive Walkthrough	39
4.3.1	Heuristiken	40
4.3.2	Feature inspection	42
4.3.3	Perspective-base Inspection	44
4.3.4	Nutzertests	44
4.4	HoloStudio	45
4.4.1	Cognitive Walkthrough	46
4.4.1	Heuristiken	47
4.4.2	Feature Inspection	49
4.4.3	Perspective-base Inspection	53
4.4.4	Nutzertests	54
5	Methodik	56
5.1	Erkenntnisse aus den Tests	56
5.2	Festlegung einer Methodik	57
5.2.1	Generelle Vorgehensweise	57
5.2.2	Anpassungen für Spiele	62
5.2.3	Anpassungen für Einrichtungsanwendungen	62
5.2.4	Anpassungen für Modellierungsanwendungen	62
5.3	Test der Methodik	63
6	Fazit	68
6.1	Zusammenfassung	68
6.2	Ausblick	69
7	Anhang	70

1 Einleitung

In der Geschichte der Informatik gab es immer wieder neue Technologien, die es den Benutzern ermöglichen auf völlig neue Arten zu interagieren. Diese neuen Interaktionsmöglichkeiten bringen zwar viele Vorteile, haben aber auch den Nachteil, dass die bisherigen Methoden zur Benutzerinteraktion eventuell nicht mehr richtig angewendet werden können. In diesem Fall muss erst festgestellt werden, welche neuen Methoden gut funktionieren und welche nicht. Zu dieser Art von Technologie gehört auch Augmented Reality.

Augmented Reality ist dabei keine wirklich neue Technologie. Das erste Headmounted-Display wurde bereits 1963 von Ivan Sutherland entwickelt. Dieses gab die Möglichkeit zusätzliche Informationen in einer realen Umgebung einzublenden. Auch Milton hat schon 1994 die Augmented Reality als Teil der Mixed-Reality beschrieben. Allerdings ist die Entwicklung erst in den letzten Jahren, aufgrund von technischen Neuerungen, weit vorangeschritten. Es gibt immer mehr Anwendungsbereiche in denen die Anwendung dieser Technologie erprobt wird. Da es sich hierbei aber noch um eine relativ neue Entwicklung handelt, gibt es bisher wenig erprobte Vorgehensweisen, um die Benutzbarkeit dieser Anwendung für ihre jeweiligen Einsatzbereiche zu ermitteln.

Grundlage dieser Arbeit sind einige Augmented-Reality-Anwendungen, welche im Usability Labor auf ihre Benutzerfreundlichkeit untersucht werden sollen.

1.1 Ziel der Arbeit

Im Rahmen dieser Arbeit gilt es herauszufinden, wie der aktuelle Stand von Wissenschaft und Technik in Bezug auf die Bewertungsmethoden für die Benutzbarkeit von AR-Anwendungen ist. Diese Erkenntnisse sollen dann an einigen Beispielapplikationen im Usability-Labor ausprobiert werden und anhand der Ergebnisse eine Methodik entwickelt werden, nach der die Benutzbarkeit von Augmented-Reality-Anwendungen bewertet werden kann.

1.2 Aufbau der Arbeit

Zunächst wird im zweiten Kapitel erläutert, was unter dem Begriff Usability zu verstehen ist, welche Methoden es zur Bewertung der Usability von Software gibt und wie diese klassifiziert werden können.

Das dritte Kapitel stellt die Grundlagen von Augmented-Reality-Systemen vor. Dazu wird definiert was unter dem Begriff Augmented Reality zu verstehen ist, welche technischen Anforderungen es an diese Systeme gibt und welche Probleme diese mitbringen.

Im dem vierten Kapitel sollen dann die vorgestellten Methoden an einigen Beispielapplikationen erprobt werden und aus den Erkenntnissen dieser Tests soll im folgenden fünften Kapitel eine Methodik entwickelt werden, mit der die Usability von Augmented-Reality-Anwendung untersucht werden kann.

Abgeschlossen wird diese Arbeit dann durch ein persönliches Fazit mit einem Ausblick auf mögliche Erweiterungen zu der entwickelten Methodik.

2 Usability

In diesem Kapitel wird geklärt, was unter dem Begriff „Usability“ zu verstehen ist und welche Methoden sich bewährt haben, um die Benutzerfreundlichkeit von Anwendungen zu bewerten.

2.1 Definition

Der Begriff „Usability,“ ist unter anderem in dem Standard ISO 9241-11 definiert als: „Das Ausmaß, in dem ein Produkt durch bestimmte Nutzer in einem bestimmten Kontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen.“ (Rahn 2010)

Nach Richter et al 2016 gehört zur Usability wie einfach ein Programm erlernbar und benutzbar ist, damit der Benutzer seine Ziele effizient erreichen kann. (Richter et al 2016)

2.2 Methoden

Im Folgenden werden einige Methoden vorgestellt, welche zur Überprüfung der Usability verwendet werden können.

2.2.1 Hallway-Testing

Sehr informelle Art des Testens, bei der die nächstbeste Person nach seiner Meinung zur Usability der Anwendung oder zu einem Aspekt davon befragt wird, z.B. ein Kollege. Zu beachten ist dabei, dass dem Befragten genau erklärt wird, worum es geht und ihm nur eine einfache Aufgabe gegeben wird. Zudem sollten dem Befragten keine Hinweise gegeben werden und er sollte aufgefordert werden laut zu denken. (Moser 2012)

2.2.2 Formaler Usability-Test

Hierbei handelt es sich um eine besonders formale Variante der Nutzertests, bei der die Aufgaben und Beschreibungen schriftlich gestellt werden und es keine Kommunikation zwischen den Beobachtern und den Nutzern gibt. Es sollten fünf bis acht Teilnehmer für diese Testart rekrutiert werden. (Moser 2012)

2.2.3 Goals, Operators, Methods and Selection Rules (GOMS)

Bei diesem Modell steht die Zeit im Vordergrund, die der User zur Erledigung der Aufgaben benötigt. Es wird für jeden Schritt der nötig ist, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen, empirisch die dazugehörige Zeit ermittelt. Aus der Summe der Zeiten für die einzelnen Schritte wird die Zeit errechnet, die nötig ist um die gesamte Aufgabe zu bewältigen. Diese Methode eignet sich besonders zur Bewertung für zeitkritische Anwendungen. (Moser 2012)

2.2.4 A/B-Tests

Hier werden die Tester in zwei Gruppen aufgeteilt und es wird jeder Gruppe eine unterschiedliche Lösungsvariante der Anwendung zum Testen gegeben. Diese Methode eignet sich weniger um Probleme aufzudecken, als eher um zwei unterschiedliche Varianten zu vergleichen und festzustellen welches Interface einfacher zu bedienen ist. A/B-Tests werden häufig ergänzend zu anderen Evaluationsmethoden verwendet. (Moser 2012)

2.2.5 Heuristiken

Bei der heuristischen Evaluation (Nielsen et al 1990) wird die Anwendung von einen oder mehreren Prüfern evaluiert, wobei die Prüfer sowohl Experten als auch Neulinge mit der Anwendung sein können. Es wird untersucht, ob die Software einigen vorher bestimmten Regeln bzw. etablierten Usability Prinzipien entspricht, diese Regeln/Prinzipien werden Heuristiken genannt. Die am meisten verwendeten Heuristiken (Nielsen, 1995) sind folgende:

1. Sichtbarkeit des Systemzustandes

Das System sollte den Benutzer durch angemessene Rückmeldung immer darüber informieren, was gerade passiert.

2. Übereinstimmung zwischen System und der Realwelt

Das System sollte die Sprache des Anwenders sprechen, mit Worten, Phrasen und Konzepten, welche dem Benutzer vertraut sind. Es sollten weniger systemorientierte Meldungen, insbesondere keine Codes, verwendet werden. Zusätzlich sollte es den Konventionen der realen Welt entsprechen und die Informationen bzw. Meldungen in natürlicher und logischer Reihenfolge anzeigen.

3. Benutzerkontrolle und Freiheit

Der Benutzer macht häufig Fehler bei der Benutzung von Systemfunktionen und braucht daher einen klar gekennzeichneten „Notfall Ausgang“, um aus einem

ungewollten Systemstatus ohne umfangreichen Dialog herauszukommen. Es sollten rückgängig machen und wiederherstellen unterstützt werden.

4. Konsistenz und Standards

Der Benutzer sollte nicht unterschiedliche Dinge im System vorfinden, welche eigentlich dieselbe Sache beschreiben. Hierzu zählen Terminologien, Situationen oder Aktionen. Eine Anwendung sollte deshalb den Plattformkonventionen folgen und gleiche Sachverhalte einheitlich darstellen.

5. Fehlervermeidung

Das System sollte so designt sein, dass es Fehler vorbeugt. Dazu sollten fehleranfällige Konditionen vermieden oder zumindest geprüft und dem Benutzer eine entsprechende Bestätigungsoption angezeigt werden, bevor diese ausgeführt werden.

6. Erkennen ist besser als Erinnern

Objekte, Aktionen und Optionen sollten sichtbar sein, d.h. auf der Oberfläche verfügbar sein. Der Anwender sollte sich nicht an alte Dialoge in neuen erinnern müssen. Anweisungen zur Benutzung des Systems sollten immer sichtbar sein.

7. Flexibilität und Effizienz

Abkürzungen (z.B. Tastaturkürzel), welche von unerfahrenen Anwendern nicht gesehen und nicht gebraucht werden, können häufig die Geschwindigkeit der Benutzung für erfahrene Anwender erhöhen. Der Anwender sollte daher häufig genutzte Aktionen anpassen können.

8. Ästhetik und minimales Design

Dialoge sollten keine Informationen enthalten, welche unwichtig oder selten benötigt werden. Jede zusätzliche Information in einem Dialog steht im Wettbewerb mit den relevanten Informationen und vermindert ihre relative Sichtbarkeit.

9. Hilf den Anwender beim Erkennen, Diagnostizieren und Erholen von Fehlern

Fehlermeldungen sollten in einfacher Sprache erfolgen, welche genau beschreiben um was für einen Fehler es sich handelt und einen Vorschlag machen, wie dieser zu beheben ist. Es sollten keine Codes oder dem Anwender unverständliche Meldungen ausgegeben werden.

10. Hilfe und Dokumentation

Selbst wenn es besser wäre, wenn das System ohne Dokumentation verwendet werden kann, ist es eventuell notwendig Hilfe und Dokumentation zur Verfügung zu stellen. In diesem Fall sollten diese Informationen leicht zu finden sein, sich auf die

Aufgabe des Benutzers konzentrieren, eine Liste mit den genauen Schritten enthalten, die dafür ausgeführt werden müssen und nicht zu lang sein.

2.2.6 Cognitive Walkthrough

Ein oder mehrere Experten (z.B. Interface-Designer) bewerten das Interface, indem sie sich in die Rollen der Benutzer hineinversetzen, einige typische Aufgaben durchspielen und den Handlungsablauf zur Erreichung dieser Aufgaben Schritt für Schritt abarbeiten und die einzelnen Schritte bewerten. Zur Ausführung werden daher eine Beschreibung der Nutzer und deren Informationen über das System, eine Beschreibung der zu erledigenden Aufgabe und eine Liste mit den notwendigen Aktionen benötigt. Die einzelnen Schritte werden dann anhand der folgenden vier Kriterien bewertet:

1. Was ist der Effekt, den der Nutzer erreichen möchte?
2. Wie gut ist die richtige Aktion zu erkennen?
3. Wie gut ist die richtige Aktion beschrieben, verglichen mit dem Ziel?
4. Wie ist das Feedback, nachdem die Aktion gewählt wurde?

(Riemann et al 1995)

Mit dieser Methode können unpassende Bedienelemente, schlechte Bezeichnungen, ungenügendes Feedback und unnötige Schritte identifiziert werden. (Moser 2012)

2.2.7 Pluralistic Walkthroughs

Bei dieser Methode führt eine Gruppe, bestehend aus Experten und Benutzern, zunächst jeder alleine eine Reihe von Aufgaben in einem bestimmten Szenario aus. Danach wird ein Moderator ausgewählt, meist ein Experte, der die gefundenen Lösungen mit der Gruppe bespricht und auf diese Art Usability-Probleme herausarbeitet. Vorteil dieser Methode ist, dass sich diese für eine frühe Einbindung in die Entwicklung eignet und die Entwickler sich direkt mit den Nutzern austauschen können. (Moser 2012)

2.2.8 Feature inspections

Es wird eine Liste von Features bewertet, die benötigt werden, um einige typische Aufgaben zu erfüllen. Die Liste wird dabei auf lange Sequenzen, schwerfällige Schritte, Schritte die der Benutzer nicht natürlich probieren würde und Schritte die viel Vorwissen benötigen geprüft. (Nielsen 1995)

2.2.9 Consistency inspection

Die Designer von mehreren Projekten vergleichen, ob Ihre Interfaces auf dieselbe Art funktionieren. (Nielsen 1995)

Dabei wird eine Liste mit Attributen erstellt, auf welche die Anwendungen untersucht werden soll. Für diese Attribute wird ein Musterbeispiel festgelegt, welches als Bewertungsgrundlage dient. Dieses Musterbeispiel kann dabei z.B. eine Anwendung oder eine Guideline sein. (Wilson 2011)

2.2.10 Standards/Guideline inspection

Bei dieser Methode bewertet ein Experte die Anwendung auf Einhaltung von geltenden Standards. Diese Methode eignet sich vorrangig für Anwendungen, die schon recht weit in der Entwicklung vorangeschritten sind und ist besonders für Anwendungen wichtig, bei denen bestimmte Standards eingehalten werden müssen. (Nielsen, J., 1995)

2.2.11 Perspective-base Inspection

Bei dieser Methode konzentrieren sich Prüfer bei der Bewertung auf einen bestimmten Usability-Aspekt. Durch die Konzentration auf einen Aspekt soll die Fehlererkennungsrate erhöht werden. Usability Aspekte sind beispielsweise:

1. Novice use: Der Benutzer weiß nicht wie er das System benutzen muss, um sein Ziel zu erreichen.
2. Expert use: Der Benutzer kennt das System und möchte sein Ziel so schnell und einfach wie möglich erreichen.
3. Error Handling: Der Benutzer hat einen Fehler, der behoben werden muss.

(Zhang et al 1999)

2.2.12 Think aloud protocol

Die Tester erzählen laut was sie denken, während sie das Programm benutzen und ein Prüfer protokolliert die gefundenen Probleme. Vorteil dieser Methode ist, dass die Tester direkt und ohne fremde Beeinflussung ihre Gedanken vermitteln und die Vorgehensweise bei der Verwendung des Programms nachvollzogen werden kann. Diese Methode eignet sich gut als Ergänzung von anderen Methoden. (Mahrin et al 2009)

2.2.13 Co-discovery

Zwei Benutzer führen zusammen Aufgaben in der Anwendung aus, während ein Prüfer sie beobachtet. Dabei sollen die Nutzer sich gegenseitig erklären, was sie bei der Nutzung des Programms tun und denken. (Mahrin et al 2009)

Im Vergleich zum Think aloud protocol hat diese Methode den Vorteil, dass die Vermittlung der Gedanken der Benutzer auf eine viel natürlichere Weise erfolgt. Dies beruht auf der Tatsache, dass sich die Tester hier gegenseitig helfen, so wie sie es auch in der realen Welt machen würden, wenn sie zusammenarbeiten. Wie auch das Think aloud protocol eignet sich auch diese Methode gut als Ergänzung zu anderen Methoden. (Dumas et al 1999)

2.2.14 Question asking protocol

Der Tester benutzt das Programm ohne jegliche Anleitung und wird von einem Tutor unterstützt, der die Fragen des Testers beantwortet. Die Fragen, die sich über die Dauer des Tests ergeben, werden festgehalten und können zur Bewertung verwendet werden. (Takashi 1986)

2.2.15 Performance measurement

Bei dieser Methode werden während des Tests quantitative Daten der ausgeführten Aufgaben aufgenommen. (Mahrin et al 2009)

Da das Ziel dieser Methode ist vergleichbare Daten aufzunehmen, ist es wichtig, dass die Benutzer unabhängig und ohne Störungen die Tests durchführen können. Aus diesem Grund ist es auch wichtig, dass dieser Test in einem Labor durchgeführt wird. Diese Methode eignet sich gut um quantitative Daten zu erheben und lässt sich gut mit Interviews und Fragebögen verbinden, um sowohl quantitative als auch qualitative Daten erheben zu können. Dabei ist es wichtig ausreichend viele Tester (mindestens fünf) zu haben, um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten. (Gupta 2015)

2.2.16 Field observation

Hierbei handelt es sich um das Umfeld, in dem die Tests stattfinden. Hier geht der Prüfer zu den potenziellen Nutzern und beobachtet diese an ihrem Arbeitsplatz, um zu verstehen, wie diese mit der Anwendung arbeiten, welche Schritte sie ausführen um die Aufgaben zu bewältigen und wie ihre Meinung zu der Anwendung ist. (Mahrin et al 2009)

2.2.17 Laboratory observation

Wie schon bei der Field observation handelt es sich hierbei um die Umgebung in der die Tests stattfinden. Hier finden die Tests in einer kontrollierten Umgebung statt, die die reale Arbeitsumgebung der Anwendung imitiert. Die Prüfer haben dabei die vollständige Kontrolle über die Testumgebung, dies hat den Vorteil, dass z.B. Video- und Audioaufnahmen während des Tests zur Bewertung gemacht werden können. Außerdem haben Labortests den Vorteil, dass die Tester vor dem Test genau ausgewählt werden können, dadurch können diese so gewählt werden, dass sie die Zielgruppe gut repräsentieren. Die Tester prüfen die Anwendung anhand von vorgegebenen Aufgaben, wobei hier zwischen structured tasks und uncertain tasks unterschieden wird. Bei den structured tasks sind die Schritte genau definiert, welche der Tester auszuführen hat. Bei den uncertain tasks bekommen die Tester nur eine grobe Beschreibung der zu erledigenden Aufgabe und müssen die auszuführenden Schritte dafür selber wählen. (Alshamari 2008)

2.2.18 Fragebögen / Usability Befragung

Es werden Fragebögen an die Benutzer ausgeteilt, um die Usability zu beurteilen. In der Regel werden hierfür vollstandardisierte Fragebögen verwendet, welche Ratingskalas enthalten und somit gut quantifizierbar sind. Fragebögen werden meist gegen Ende der Entwicklung benutzt, um vergleichbare Daten zu erhalten und Statistiken aufzustellen. (Moser 2012)

2.2.19 Interview

Bei dieser Methode werden Informationen über die Anwendung eingeholt, indem die Prüfer den potenziellen Nutzer in einem Gespräch Fragen stellen. Diese Methode kann statt einem Fragebogen verwendet werden und hat den Vorteil, dass das Interview entsprechend an die Antworten angepasst werden kann, um auf bestimmtes Feedback genauer einzugehen. (Holzinger 2005)

Dabei wird bei der Art des Interviews zwischen unstrukturierten und strukturierten Interviews unterschieden.

Beidem unstrukturierten Interview konzentriert sich der Interviewer nicht auf einen bestimmten Teil der Anwendung und hat auch nur wenige Fragen vorbereitet. Stattdessen lässt der Interviewer den Nutzer möglichst frei über die Anwendung erzählen und stellt die Fragen interaktiv. Ziel dieses Interviews ist es so viele Informationen über das System zu sammeln wie es geht.

Bei dem strukturierten Interview wird dagegen versucht genaue Informationen über einen bestimmten Teil der Anwendung herauszubekommen. Dafür hat der Interviewer die Fragen genau vorbereitet und versucht das Interview in die vorgesehene Richtung zu lenken. (Usabilityhome)

2.3 Kategorien

In der Literatur gibt es unterschiedliche Ansätze, um bestehende Usability-Bewertungsmethoden in Kategorien einzuteilen.

Kostaras et al 2009 teilt die Methoden in die 3 Kategorien inspection methods, test methods und inquiry methods ein. (Kostaras et al 2009).

Inspection methods

Bei diesen Methoden prüfen Experten die Anwendung auf bestimmte Kriterien, daher ist diese Art der Evaluation auch meist weniger zeitintensiv wie die anderen. Zu den inspection methods gehören Heuristiken, cognitive walkthroughs, pluralistic walkthroughs, feature inspection, Guideline checklist und perspective based inspection. In der Regel werden 3-5 Experten zur Evaluation benötigt. (Holzinger 2005)

Testing methods

Bei diesen Methoden werden die (potenziellen) Benutzer der Software herangezogen, um das Produkt zu testen. Diese Methoden geben Aufschluss über die Zufriedenheit der Zielgruppe und sind zeitaufwendiger als die anderen Testarten (Rosenbaum 1989).

Zu dieser Kategorie gehören Co-discovery, Question asking protocol, think aloud protocol, performance measurement, Field Observation und Laboratory observation. Es ist eine recht hohe Anzahl an Befragten für diese Testart notwendig (mindestens 30), da die Antworten hier meist sehr subjektiv sind. (Holzinger 2005)

User reports

Zu dieser Kategorie gehören Fragebögen und Interviews. Diese Methoden dienen dazu, die Meinung der Benutzer zu der Anwendung zu erfragen und dienen nur als Ergänzung zu den testing methods. Sie sind also nicht als alleinstehende Methode zu verwenden. (Holzinger 2005)

Kategorie	Bewertungsmethode
Inspection methods	Heuristiken Cognitive Walkthroughs Pluralistic Walkthroughs Feature inspections Guideline inspection Perspective-base inspection Consistency inspection
Testing methods	co-discovery Question asking protocol Think aloud protocol Performance measurement Field observation Laboratory observation A/B-Tests Hallway-Testing Formaler Usability-Test GOMS
User reports	Interview Fragebögen

Tabelle 1: Übersicht der Evaluationsmethoden nach Kostara et al 2009

Moser hingegen unterscheidet Bewertungsmethoden zunächst nach ihren Zweck in Formative, Summative, Komperative und Kompetitive Evaluationen und dann noch nach der Art des Gutachtens in Nutzertests und Expertentests. (Moser 2012)

Formative Evaluation

Finden möglichst früh in der Entwicklung statt und haben den Zweck möglichst schnell viele Usability-Probleme aufzudecken, die verbessert werden können. Daher spielt die Reproduzierbarkeit und Repräsentativität bei diesen Methoden eine untergeordnete Rolle und es werden hauptsächlich qualitative Daten erhoben.

Summative Evaluation

Finden gegen Ende der Entwicklungsphase statt und haben den Zweck reproduzierbare und vergleichbare Daten zu erheben.

Komperative Evaluation

Es werden verschiedene Versionen desselben Produktes, unter möglichst gleichen Bedingungen miteinander verglichen.

Kompetitive Evaluation

Vergleich mit ähnlichen Produkten von Wettbewerbern, welche dieselben Standardaufgaben abdecken.

Nutzertests

Tests mit den realen Nutzern des Systems, mit möglichst realistischen Aufgaben und Bedingungen. Zu diesen Testarten gehören Hallway-Test, Usability Walkthrough, Usability Befragung, A/B-Test und Formale Usability-Tests.

Expertentests

Hier untersuchen Experten die Anwendung auf typische Probleme. Hierzu gehören Cognitive Walkthroughs, Heuristische Evaluation, GOMS.

Kategorie		Bewertungsmethode
Expertentest	Summativ	Heuristiken Feature inspections Guideline inspection
	Formativ	Cognitive Walkthroughs Pluralistic Walkthroughs Perspective-base inspection
	Komperativ	Consistency inspection
Nutzertest	Summativ	Fragebögen Interview GOMS Performance measurement
	Formativ	co-discovery Question asking protocol Think aloud protocol Field observation Laboratory observation Hallway-Testing Formaler Usability-Test
	Komperativ	A/B-Tests

Tabelle 2: Übersicht der Evaluationsmethoden nach der Einteilung von Moser

3 Augmented Reality

Dieses Kapitel stellt vor, was unter Augmented Reality zu verstehen ist und welche Besonderheiten es für diese Anwendungen zu berücksichtigen gibt.

3.1 Definition

Milgram beschreibt Augmented Reality als Teil der Mixed Reality. Dabei gibt es in der Mixed Reality die reale Umgebung und die virtuelle Umgebung, die sich gegenüberstehen. Zwischen den beiden Umgebungen gibt es die Augmented Reality und die Virtual Reality. Dabei stellt die Augmented Reality eine Erweiterung der realen Welt dar und die Virtual Reality eine Erweiterung der virtuellen Umgebung.

Demnach ist der Grundlegende Unterschied zwischen AR und VR die zugrundeliegende Umwelt. Bei der AR bewegt man sich also in einer realen Umgebung, welche um virtuelle Objekte erweitert wird und bei VR bewegt man sich in einer komplett virtuellen Umgebung. (Milgram et al 1994)

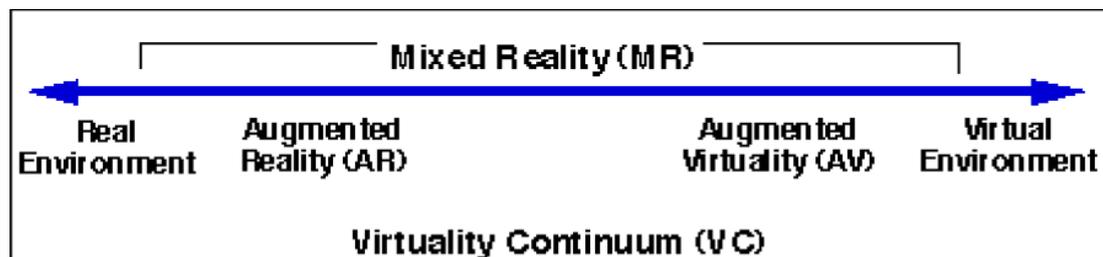


Abbildung 1: Virtuality Continuum (Milgram et al 1994)

Kostasas beschreibt Augmented Reality als die Kombination von realen Gegenständen mit virtuellen Gegenständen in einer realen Umgebung, bei der mit diesen Objekten interaktiv und in Echtzeit interagiert werden kann und die Abhängigkeit der Positionen zueinander erkannt wird. (Kostasas et al 2009)

3.2 Tracking

Um virtuelle Objekte korrekt in der realen Welt darstellen zu können, ist es notwendig die Position und Ausrichtung des Benutzers und der betrachteten Objekte im realen Raum zu ermitteln. Grundlegend wird bei dem Tracking zwischen Inside-Out-Tracking und Outside-In-Tracking unterschieden. Bei dem Inside-Out-Tracking ermittelt das zu trackende Objekt selber seine Position und bei dem Outside-In-Tracking wird die Position von dem System in der Umgebung ermittelt. Im Folgenden werden einige Verfahren vorgestellt, wie das Tracking umgesetzt werden kann. (Tönnis 2010)

3.2.1 Mechanisches Tracking

Bei diesem Verfahren werden mechanische Verbindungen genutzt, um die Position der Objekte zu verfolgen. (Tönnis 2010)

Ein Beispiel hierfür wäre, wenn die beobachteten Objekte an einem mechanischen Gelenkarm befestigt werden. Die Position und Ausrichtung der Objekte wird dann anhand der Winkel der Gelenke verfolgt. Dieses Verfahren ist sehr schnell und genau, schränkt die Mobilität des AR-Systems aber auch sehr ein. (Schwab 2013)

3.2.2 Optisches Tracking

Bei dieser Trackingart wird die Umgebung mittels Kamera aufgenommen und mithilfe von Bildverarbeitungsalgorithmen analysiert. Die Kamerabilder werden dann nach optischen Merkmalen durchsucht. Bei diesen Verfahren wird zwischen Tracking mit und ohne Markern unterschieden.

Tracking mit Markern

An den zu trackenden Objekten werden Marker angebracht, welche bei der Erfassung dieser Objekte helfen sollen. Die Marker sind spezielle Muster, die sich gut von der Umgebung unterscheiden lassen. Dabei wird zwischen aktiven und passiven Markern unterschieden. Passive Marker haben keine eigene Lichtquelle verbaut und sind somit auf die Lichtquellen der Umgebung angewiesen. Aktive Marker hingegen senden selbst Lichtsignale aus, benötigen dafür aber eine eigene Stromversorgung. Meist sind die Marker viereckig, mit weißem Hintergrund und schwarzen Rändern. Diese Form wird meist genutzt, da dieser Schwarz-Weiß Kontrast gut von den Bildverarbeitungsalgorithmen erkannt werden kann.

Tracking mit Markern

Hier geschieht das Tracking ohne die Hilfe von zusätzlichen Markern, welche das Tracking erleichtern. Diese Methoden sind daher auch aufwendiger und rechenintensiver als die Verfahren mit Markern. Zur Umsetzung dieser Trackingart gibt es zahlreiche Ansätze, wie z.B. das Feature-Tracking. Hierbei werden im vorneherein mehrere Feature-Punkte festgelegt, anhand der die beobachteten Objekte getrackt werden und die virtuellen

Objekte entsprechend zur Kamera ausgerichtet werden können. Neben den nötigen Rechenaufwand, ist bei diesen Verfahren auch die Abhängigkeit von dem Umgebungslicht zu beachten. (Schwab 2013)

3.2.3 Inertiales Tracking

Bei diesen Verfahren wird die Position anhand der Kräfte berechnet, welche auf das AR-System einwirken. Es gibt Inertiale Systeme für die Beschleunigungs- und Neigungsmessung, dabei erfolgt die Messung der Kräfte anhand von Sensoren wie Bewegungssensoren und Gyroskope. (Tönnis 2010)

3.2.4 Laufzeitbasiertes Tracking

Bei diesen Systemen werden die Laufzeit des Systems und Signale von einen oder mehreren Sendern verwendet, um daraus die Position zu ermitteln. Ein Beispiel für diese Trackingverfahren wäre GPS. Diese Verfahren sind relativ ungenau und eignen sich hauptsächlich für die Bestimmung der Position in Außenbereichen. (Tönnis 2010)

3.3 Ausgabegeräte

Die Anzeigegeräte für AR-Systeme können grundlegend in die Kategorien Video-See-Through, Optical-See-Through und projektionsbasiert eingeteilt werden. Bei den Video-See-Through-Geräten wird die Welt mit Hilfe einer Kamera aufgenommen und auf einem Display mit virtuellen Objekten erweitert. Bei den Optical-See-Through-Geräten kann die Welt hingegen weiterhin direkt mit den Augen wahrgenommen werden und die virtuellen Objekte werden auf einer transparenten Oberfläche vor dem Auge angezeigt. Bei projektionsbasierten Anzeigegeräten erfolgt die Darstellung der virtuellen Gegenstände nicht anhand eines Displays, stattdessen werden die Inhalte auf eine reale Oberfläche projiziert. Diese Geräte können somit keine räumlichen Strukturen schaffen, sondern sind begrenzt auf die Manipulation der Oberflächeneigenschaften. Im Folgenden werden Displays vorgestellt, welche diese Prinzipien umsetzen. (Dörner et al 2013)

3.3.1 Head-Mounted-Displays

Diese Systeme werden auf dem Kopf getragen und es sind Displays vor den Augen angebracht, welche die virtuellen Informationen darstellen. Dabei kann es sich sowohl um Optical-See-Through-Geräte handeln, falls die Displays transparent sind, als auch um Video-see-through-Geräte, sofern diese nicht transparent sind. (Azuma 1997)



Abbildung 2: HoloLens von Microsoft (Microsoft Store)

3.3.2 Handheld-Devices

Zu dieser Kategorie gehören alle Geräte die klein und leicht genug sind, um in der Hand gehalten werden zu können. Besonders Smartphones und Tablets eignen sich gut für AR-Anwendungen, da diese meist über eine Kamera, Sensoren und GPS verfügen und sich somit gut eignen, um als Video-see-through-Gerät verwendet zu werden. (Schwab 2013)

3.3.1 Raum- und Umgebungsfixierte Displays

Unter dieser Kategorie fallen alle Displays, die an einer festen Position wie z.B. an Wänden angebracht sind. Hierunter fallen sowohl Geräte, die in festen Umgebungen wie Räumen, als auch in sich ändernden Umgebungen angebracht sind, wie die Head-up-Displays in Fahrzeugen. (Tönnis 2010)

3.3.1 Bewegliche Displays

Zu dieser Kategorie gehören alle Displays, die nicht fest in der Umgebung angebracht sind, aber auch nicht nur in einer Hand gehalten werden können. Diese Displays werden auch als „Window-into-the-World-Displays“ bezeichnet, da diese Displays wie ein Fenster verwendet werden, durch das die Umgebung betrachtet wird. (Tönnis 2010)

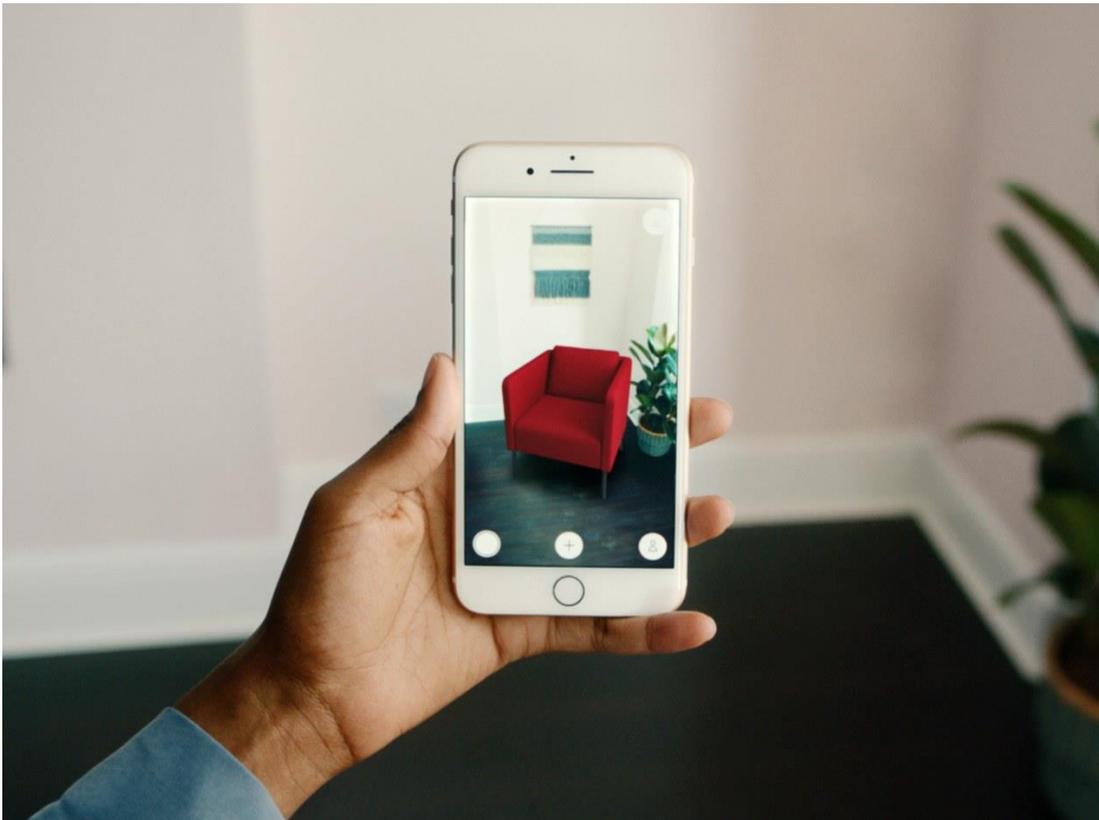


Abbildung 3: Smartphone mit AR-Anwendung von IKEA (Wired)

3.4 Interaktionstechniken

In dem folgenden Abschnitt werden spezielle Interaktionstechniken vorgestellt, die sich für die Nutzung von AR-Systemen ergeben.

3.4.1 Marker basierte Eingaben

Bei Marker basierten Trackingverfahren können die Marker auch als Eingabegerät verwendet werden. Es wäre z.B. möglich die Marker als Buttons zu benutzen oder für eine Gestensteuerung zu verwenden. Dabei können die Marker mit Icons versehen werden, die Hilfestellung bei der Bedienung geben. (Tönnis 2010)

3.4.2 Selektion durch Blickrichtung

Bei dieser Art der Interaktion wird die Ausrichtung des Kopfes oder die Blickrichtung der Augen genutzt um Gegenstände zu selektieren. Dabei ist die Interaktion anhand der Ausrichtung des Kopfes vorzuziehen, da diese im Vergleich zu der Blickrichtung einfacher zu nutzen ist. Zudem sollte eine visuelle Markierung und eine Haltezeit zur Auswahl genutzt

werden, um die Benutzung zu erleichtern und auf weitere Arten der Interaktion verzichten zu können. (Dörner et al 2013)

3.4.3 Sprachsteuerung

Die Sprachsteuerung bietet sich an, sofern der Benutzer die Hände nicht zur Benutzung frei hat. Es ist hierbei zu beachten, dass keine zu komplexen Befehle notwendig sind, ansonsten muss der Benutzer eventuell zu sehr über seine Aussagen nachdenken und vernachlässigt die visuelle Informationsaufnahme. (Tönnis 2010)

3.4.4 Navigation durch Bewegung

In der Regel ist der Benutzer für die Nutzung von AR-Systemen nicht an einen Ort gebunden, sondern kann sich frei durch die Welt bewegen. Hierbei sollte beachtet werden, dass dies schnell anstrengend für die Benutzer sein kann. Falls die Anwendung im freien benutzt werden soll, sollte eventuell auf eine physische Interaktion verzichtet werden und stattdessen ein Sprachbefehl oder Knopfdruck verwendet werden. (Dörner et al 2013)

Zudem sollte mit einbezogen werden aus welchem Grund die Bewegung stattfindet. Dabei wird zwischen Exploration, Suche und Manövrieren unterscheiden. Exploration dient zur generellen Beschaffung von Informationen über Orte und Objekte und hat kein spezielles Ziel. Hierbei ist es besonders wichtig den Benutzer Informationen über seine Position in der Welt mitzuteilen, da er sich ansonsten verlaufen könnte. Die Suche dagegen dient dazu ein Ziel zu finden. Hierbei könnte der Nutzer beispielweise durch ein Navigationssystem unterstützt werden. Bei dem Manövrieren geht es darum gezielte Bewegungen auszuführen. Hier gilt zu beachten, dass diese Bewegungen anstrengend sein können. Zudem sollte beachtet werden, dass das AR-System selbst durch die Bewegungen in Gefahr geraten könnte, dies ist besonders bei Head-Mounted-Displays ein Problem. (Tönnis 2010)

3.4.5 Tangible User Interface

Bei diesem Interface werden reale Gegenstände zur Interaktion genutzt. Dafür werden die realen Gegenstände derart mit den virtuellen verbunden, dass eine Änderung der Eigenschaften der realen Gegenstände eine Änderung der Eigenschaften der virtuellen Gegenstände zur Folge hat. Dabei wird zwischen direkten und indirekten Tangible User Interfaces unterschieden. Bei der direkten Form korrespondieren die Eigenschaften des realen Objektes direkt mit dem des virtuellen Objektes. Bei der indirekten Form können die Eigenschaften eines Objekts auf ein oder mehrere Eigenschaften oder auch auf ein oder mehrere Objekte abgebildet werden. (Dörner et al 2013)

3.5 Kategorien von AR-Apps

Die AR-Anwendungen können basierend auf ihrem Anwendungsgebiet in folgende Kategorien eingeordnet werden:

Training und Wartung

Bei diesen Anwendungen können Hinweise zur Ausführung von Arbeitsschritten eingeblendet werden, welche die Anwender bei der Bewältigung ihrer Aufgaben unterstützen. Dies bietet sich besonders bei komplexen Geräten an, die normalerweise nur von geschultem Personal gewartet werden können.

Fernsehübertragung

Hier können Zusatzinformationen im Bild eingeblendet werden. Ein Beispiel hierfür sind Sportübertragungen, bei denen virtuelle Hilfslinien in das Bild eingeblendet werden.

Militärische Applikationen

Die bekannteste Anwendung in diesem Bereich dürfte der Einsatz von Liniengrafiken in den Helmen von Kampfpiloten sein.

Lehre, (Aus-) Bildung und Museen

Besonders für diesen Bereich ermöglichen AR-Anwendungen völlig neue Möglichkeiten. Lehrstoff in Schulen bzw. Informationen zu Exponaten in Museen können mittels AR interaktiv vermittelt werden und erhöhen dadurch das Verständnis dafür.

(Innen-) Architektur und Städteplanung

Durch AR kann die Veränderung der Räume, Gebäude oder Stadtplanung in der realen Umgebung dargestellt werden.

Medizin

Hier können Anwendungen genutzt werden, um z.B. bei chirurgischen Eingriffen zu unterstützen, indem Informationen in das Sichtfeld des Chirurgen eingeblendet werden.

Information, Navigation und Tourismus

Diese Anwendungen stellen generelle Informationen, Navigationsanweisungen oder Beschreibungen für touristische Sehenswürdigkeiten zur Verfügung.

Archäologie und Geschichte

Diese Anwendungen ermöglichen es beispielweise zum Teil zerstörte Gebäude und Gegenstände durch Einsatz von AR in einen früheren Zustand oder in einer erweiterten Form darzustellen.

Spiele und Unterhaltung

Diese Anwendung gibt es vor allem für Spielekonsolen und auf Smartphones. Hier gibt es sowohl Marker basierte als auch nicht Marker basierte Spiele. Zudem gibt es noch den Bereich der pervasiven Spiele, also Spiele, welche reale Schauplätze in das Gameplay integrieren. (Dörner et al 2013)

Eine weitere Möglichkeit die AR-Anwendungen zu kategorisieren, wäre nach der technischen Umsetzung. So würden sich folgende Kategorien ergeben:

Markerbasierte AR

Diese Anwendungen nutzen Marker für das Tracking, wobei diese nicht nur für das Tracking verwendet werden können, sondern auch als Eingabemöglichkeit.

Ortsgebundene AR

Diese Anwendungen nutzen die zur Verfügung stehenden Geodaten, um die Position des Anwenders zu berechnen.

Bilderkennende AR

Diese nutzen Bildverarbeitung, um die Umgebung zu erkennen und die virtuellen Objekte korrekt darzustellen. (Trinler 2009)

3.6 Einschränkungen von AR-Apps

Aufgrund der vorgestellten technischen Voraussetzungen ergeben sich einige Besonderheiten für die Entwicklung von Smartphone- und HMD-Anwendungen. Allgemein gilt für AR-Anwendungen, dass die Verbindung von realen und virtuellen Elementen sinnvoll sein muss. Es muss also ein Grund geschaffen werden, warum die AR-Anwendung einer traditionellen Anwendung vorgezogen werden sollte. Zudem gibt es derzeit noch die Beschränkung, dass die AR-Anwendungen nur auf einzelne Benutzer beschränkt sind, es keine Positionen von virtuellen Gegenständen im realen Raum gespeichert werden können und Licht benötigt wird, damit die Anwendungen funktionieren, da diese zurzeit auf RGB-Kameras basieren.

Zudem muss bei Smartphone- und Tablet-Anwendungen beachtet werden, dass der Nutzer diese selber starten muss. Dies bedeutet für diese Art von Augmented-Reality-Anwendungen also, dass der Benutzer immer etwas Arbeit hat, um die Anwendung zu starten. Außerdem können diese nicht einfach kontextabhängig Nachrichten anzeigen, weil der Benutzer sich gerade in einem bestimmten Umfeld befindet. Im Gegensatz dazu kann eine Anwendung die auf einer AR-Brille läuft den Benutzer immer Nachrichten zu Dingen anzeigen, die sich gerade in seiner Nähe befinden. Außerdem muss bei Smartphone-Anwendungen mit einbezogen werden, dass der Anwender nicht beide Hände frei hat und das Gerät immer vor sein Gesicht halten muss, um die AR-Anwendung zu benutzen. Für diese Art von Anwendungen ist es also sinnvoller eine Anwendung zu gestalten, die

innerhalb von Räumen verwendet wird oder dazu gedacht ist an nur bestimmten Orten zu verwendet zu werden. Zudem gibt es für aktuelle AR-Frameworks die Beschränkung, dass diese eine planare Fläche benötigen. (Skarredghost 2017)

4 Praxistest

Nachdem nun die Grundlagen für Usability Bewertungsmethoden und AR-Anwendungen vorgestellt wurden, sollen in diesem Kapitel Tests durchgeführt werden, um zu prüfen welche Bewertungsmethoden gut für AR-Anwendungen funktionieren. Aus den Ergebnissen dieser Tests soll dann im fünften Kapitel eine Methodik zur Bewertung von AR-Anwendungen entwickelt werden.

4.1 Vorbereitung

4.1.1 Auswahl der Testgegenstände

Für die Tests stehen ein iOS-Gerät, ein Android-Gerät und eine Hololens zur Verfügung. Diese drei Geräte wurden ausgewählt, da sie eine große Auswahl an unterschiedlichen Anwendungen bieten und es mit unterschiedlichen Arten von Geräten getestet werden kann. Für jedes dieser Geräte soll eine Anwendung zum Test ausgewählt werden.

Es wurde die Anwendung „Stack It AR“ für Android gewählt, da diese Anwendung sehr simpel und übersichtlich ist und ohne viele Anleitungen auskommt. Die anderen für Android in Betracht gezogenen Anwendungen sind alle sehr viel umfangreicher und schwerer zu erlernen.

Es wurde die Anwendung „Ikea Place“ für iOS gewählt, da der Nutzen für jeden Anwender klar verständlich ist, nämlich die Einrichtung von Räumen. Magicplan bietet zwar ähnliche Funktionen, der Funktionsumfang ist aber im Vergleich zu IKEA Place sehr groß, ist recht kompliziert und die AR-Funktion beschränkt sich auf die (optionale) Vermessung des Raums.

Es wurde die Anwendung „HoloStudio“ für HoloLens gewählt, da dieses sehr schön die Möglichkeiten der HoloLens aufzeigt, einfach zu bedienen ist und Tutorial-Videos bietet, falls die Tester Probleme mit der Nutzung haben. Der RoomScanner bietet ähnliche Funktionen, befindet sich aber noch in der Entwicklung und ist derzeit nicht verfügbar. Es wurde hier kein Spiel gewählt, da bereits eine Anwendung dieser Kategorie für Android ausgewählt wurde.

Gerät	Kategorie	Anwendung	Beschreibung	Auswahl
iOS	Innenarchitektur	IKEA Place	Ermöglicht die Platzierung von virtuellen Möbeln in einer realen Umgebung	✓
iOS	Architektur	Magicplan	Erstellen von Grundrissen	
iOS	Information	AR MeasureKit	Ermöglicht die Vermessung von verschiedenen Dingen	
iOS	Unterhaltung	Holo	Erweiterung von Fotos, Videos oder realen Umgebungen mit virtuellen Modellen	
iOS	Bildung	SkyView	Zeigt Informationen zu Sterne, Sternbilder, Planeten und Satelliten an	
Android	Spiel	Stack It AR	Stapeln möglichst vieler Blöcke aufeinander	✓
Android	Innenarchitektur/Unterhaltung	Augment - 3D Augmented Reality	Darstellung von 3D Modellen in einer realen Umgebung	
Android	Bildung	Sky Map	Zeigt Informationen zu Sternbildern an	
Android	Information, Navigation und Tourismus	Wikitude World Browser	Zeigt alle Attraktionen, Restaurants und Geldautomaten in der Nähe an	
Android	Bildung	Anatomy 4D	Generierung von Modellen der Menschlichen Anatomie aus Bilder	
Hololens	Training und Wartung	Wheel Replacement Training	Training zum Austauschen von Autoreifen	
Hololens	Unterhaltung/Architektur	HoloStudio	Ermöglicht die Erstellung von 3D-Modellen durch verändern und zusammensetzen von vorgefertigten oder importierten Assets	✓
Hololens	Architektur	RoomScanner	Scannt Räume und stellt diese als 3D-Modell dar	
Hololens	Spiel	Fragments	Rätselspiel, bei dem es darum geht Verbrechen aufzuklären	
Hololens	Spiel	HoloLems	Eine Gruppe von virtuellen Charakteren muss über reale Hindernisse zu einem vorgegebenen Ausgang geführt werden	

Tabelle 3: Übersicht der angesehenen AR-Apps

4.1.2 Testmethodik

Wie bereits aus vorigen Studien hervorgeht, ist eine Kombination von unterschiedlichen Bewertungsmethoden am besten geeignet, um Fehler in der Anwendung aufzudecken. (Schaeffer 2014)

Aus diesem Grund werden für die Kategorien nach Moser Repräsentanten ausgesucht, an denen die Anwendungen erprobt werden. Durch diese Tests soll herausgestellt werden, was sich gut für die Bewertung eignet und aus diesen Ergebnissen soll dann im fünften Kapitel eine Methodik abgeleitet werden, die zur Bewertung der Usability von Augmented-Reality-Anwendungen verwendet werden kann.

Kategorie		Bewertungsmethode	Umgebung
Expertentest	Summativ	Heuristiken Feature inspections	Field Observation / Laboratory Observation
	Formativ	Cognitive Walkthroughs Perspective-base inspection	
Nutzertest	Summativ	Fragebögen Interview	
	Formativ	Think aloud protocol Co-Discovery	

Tabelle 4: Übersicht der ausgewählten Evaluations-Methoden

Es wurden immer zwei Bewertungsmethoden aus jeder Kategorie ausgewählt, um ähnliche Methodiken miteinander vergleichen zu können und zu prüfen welche besser funktioniert und ob sich diese eventuell ergänzen können.

Bei den Summativen Expertentests wurden Heuristiken ausgewählt, da diese Kriterien vorgeben, anhand derer Anwendungen bewertet werden können. Feature inspections wurden gewählt, da diese ebenfalls Kriterien vorgeben, anhand derer die Anwendungen bewertet werden.

Bei den Formativen Expertentests wurden die Cognitive Walkthroughs und die Perspective-base inspections gewählt, da es bei beiden Methoden darum geht sich beim Testen in eine bestimmte Rolle hineinzuversetzen.

Bei den Summativen Nutzertests wurden Fragebögen und Interviews gewählt, da bei beiden Methoden die Tester nach ihrer Meinung zu der Anwendung befragt werden.

Bei den Formativen Nutzertests wurden das Think aloud protocol und Co-Discovery gewählt, da bei diesen Methoden auf unterschiedliche Weise versucht wird das Verhalten der Tester zu protokollieren.

Eine vorige Arbeit liefert bereits eine Checkliste, welche für die Heuristiken und Fragebögen verwendet werden kann. Die Liste soll durch die Tests geprüft und erweitert werden und mit den anderen Testmethoden kombiniert werden, um die Anwendungen effizient bewerten zu können. Die einzelnen Punkte der Checkliste werden mithilfe einer Skala von 0 (schlecht) bis 5 (sehr gut) bewertet. (Guimarães 2014)

Für die Cognitive Walkthroughs werden ebenfalls Fragen zur Bewertung verwendet, allerdings sind die dort zu beantwortenden Fragen folgende:

- Wird der Benutzer versuchen den richtigen Effekt zu erzielen?
- Wird der Benutzer erkennen, dass die korrekte Aktion zur Verfügung steht?
- Wird der Benutzer eine Verbindung herstellen zwischen der korrekten Aktion und dem gewünschten Effekt
- Wenn die korrekte Aktion ausgeführt worden ist, wird der Benutzer den Fortschritt erkennen?

Bei der Feature-Inspection werden für die Programmfeatures Sequenzlisten erstellt und auf folgende Fragen geprüft:

- Gibt es lange Sequenzen?
- Gibt es schwerfällige Schritte?
- Gibt es Schritte die der Benutzer nicht natürlich probieren würde?
- Gibt es Schritte die viel Vorwissen benötigen?

Die Perspective-base-Inspection gibt keine konkreten Fragen vor. Stattdessen werden die Personas des Novice-Users und des Expert-Users verwendet, um Fehler aufzudecken.

In den Nutzertests bekommen die Tester einige Aufgaben gestellt, die sie lösen sollen. Danach sollen sie einen Fragebogen ausfüllen und anschließend wird ein kurzes Interview geführt, um sicherzustellen, dass alle ihre Kritik vom Fragebogen abgedeckt wurde. Alle in diesem Kapitel vorgestellten Tests fanden nicht in einem Labor statt, sondern in einer gewöhnlichen Benutzungsumgebung (z.B. ein Wohnzimmer).

Item	Heuristik
Variable Wirksamkeit	
Ist erkennbar was passiert, während aller Interaktionen?	Sichtbarkeit des Systemstatus
Ist es möglich einen Marker zu bestimmen, wenn die Kamera/Sensor mehr als einen Marker erkennt?	Benutzerkontrolle und –Freiheit
Wie einfach ist es möglich rückgängig machen und wiederherstellen auszuführen (also in einen vorherigen Zustand zurückzukehren)	Benutzerkontrolle und –Freiheit
Konnte das Ziel mit der Anwendung erreicht werden?	Zufriedenheit
Variable Zufriedenheit	
Ist die Anzahl der virtuellen Objekte in der Szene angemessen?	Ästhetik und minimales Design
Ist die Anzahl der Interaktionsmöglichkeiten zufriedenstellend? (Marker, Tastatur, Maus Controller, Touch)	Ästhetik und minimales Design
Ist die Benutzer-Hilfe zufriedenstellend? (Video, Text, Audio)	Hilfe und Dokumentation
Ist die Interaktions-Lösung zufriedenstellend?	Zufriedenheit
Ist die Bewegungsfreiheit während der Interaktion zufriedenstellend? (Muss man nicht die ganze Zeit in Richtung der Kamera sehen)	Zufriedenheit
Variable Effizienz	
Ist die Ladezeit von virtuellen Objekten in der Szene zufriedenstellend?	Sichtbarkeit des Systemstatus
Sind die virtuellen Objekte korrekt in die reale Welt eingebunden? (Position, Textur, Größe)	Übereinstimmung zwischen System und der realen Welt
Stimmt die Animation der virtuellen Objekte mit der realen Welt überein?	Übereinstimmung zwischen System und der realen Welt
Sind Aktionen / Feedback standardisiert? (z.B. eine Umrandung wird an der Außenseite der getrackten Objekte hinzugefügt)	Konsistenz und Standards
Gibt es eine Fehlererkennung? (z.B., wenn der Benutzer einen unerwarteten Marker zeigt, wird eine Fehlernachricht angezeigt)	Fehlervermeidung
Ist es einfach sich an die Funktionen der Anwendung zu erinnern? (z.B., ist es einfach sich an die Funktionen eines Markers zu erinnern?)	Erkennen statt Erinnern
Wie steil ist die Lernkurve für Anfänger?	Flexibilität und Effizienz der Benutzung
Können erfahrene Benutzer die Anwendung in optimierter Weise benutzen (z.B., können Vorstellungsvideos übersprungen werden?)	Flexibilität und Effizienz der Benutzung
Ist es einfach, den Marker in einer geeigneten Position und Orientierung zu halten, damit dieser von der Kamera erkannt werden kann?	Flexibilität und Effizienz der Benutzung
Wird dem Benutzer mitgeteilt, was zu tun ist, während der Interaktion?	Hilf den Anwender beim Erkennen, Diagnostizieren und Erholen von Fehlern
Gibt es spezielle Voraussetzungen? (Kamera, Marker, Telefon, GPS, Standort, Licht, Druck, Kalibrierung)	Umgebungskonfiguration
Ist das Tracking-System stabil?	Genauigkeit
Funktioniert das Tracking-System auch, wenn es mehr wie ein Objekt in der Szene erkennt, bzw. wird die Anwendung weiterhin korrekt ausgeführt?	Genauigkeit

Tabelle 5: Checkliste zur Bewertung von AR-Systemen (Guimarães 2014)

4.2 Stack It AR

4.2.1 Funktionalität

Hierbei handelt es sich um ein Spiel, bei dem es darum geht möglichst viele Blöcke aufeinander zu stapeln. Die Anwendung braucht dafür eine gut zu erkennende planare Fläche, auf der die Blöcke dargestellt werden. Die Blöcke fliegen dabei so lange über den Bildschirm, bis der Spieler den Block antippt. Wenn der Block abgelegt wird, wird derjenige Teil vom Block abgeschnitten, der sich nicht auf dem vorigen Block befindet. Auf diese Weise wird der Platz immer kleiner, auf den die Blöcke abgelegt werden können. Je mehr Blöcke aufeinandergestapelt werden, desto mehr Punkte erhält der Spieler.

4.2.2 Cognitive Walkthrough

Es folgen die Ergebnisse des Cognitive Walkthrough, wobei die Tätigkeiten „Spiel starten/durchführen“, „Optionen einstellen“ und „Highscores ansehen“ überprüft wurden:

Aktion	Wird der Benutzer versuchen den richtigen Effekt zu erzielen	Wird der Benutzer erkennen, dass die korrekte Aktion zur Verfügung steht?	Wird der Benutzer eine Verbindung herstellen zwischen der korrekten Aktion und dem gewünschten Effekt	Wenn die korrekte Aktion ausgeführt worden ist, Wird der Benutzer den Fortschritt erkennen?
Spiel durchführen	keine Befunde	- beim Spielstart gibt es keine Hinweise darauf, was zu tun ist - Startbutton ist ein doppelkreis/eventuell nicht klar erkennbar	- nicht klar ersichtlich, was für eine Oberfläche benötigt wird	keine Befunde
Optionen einstellen	keine Befunde	- es gibt kein separates Optionsmenü stattdessen gibt es nur Symbole im Hauptmenü für die einzelnen Einstellungen	keine Befunde	keine Befunde
Highscores aufrufen	keine Befunde	keine Befunde	keine Befunde	keine Befunde

Tabelle 6: Ergebnisse des Cognitive Walkthrough für Stack It AR

4.2.3 Heuristiken

Item	Bewertung (0 = schlecht bis 5 = Sehr gut)	Kommentar
Variable Wirksamkeit		
Ist erkennbar was passiert, während aller Interaktionen?	5	-
Wie einfach ist es möglich rückgängig machen und wiederherstellen auszuführen (also in einen vorherigen Zustand zurückzukehren)	3	Die Optionen sind nicht mehr verfügbar, nachdem ein Spiel gestartet wurde
Konnte das Ziel mit der Anwendung erreicht werden?	5	-
Variable Zufriedenheit		
Ist die Anzahl der virtuellen Objekte in der Szene angemessen?	5	Ist abhängig davon wie viele Objekte gestapelt werden können
Ist die Anzahl der Interaktionsmöglichkeiten zufriedenstellend? (Marker, Tastatur, Maus Controller, Touch)	5	Nur Touch verfügbar, ist aber ausreichend
Ist die Benutzer-Hilfe zufriedenstellend? (Video, Text, Audio)	1	Es gibt kaum Hilfestellungen in der Anwendung, diese ist aber sehr intuitiv
Ist die Interaktions-Lösung zufriedenstellend?	5	-
Ist die Bewegungsfreiheit während der Interaktion zufriedenstellend? (Muss man nicht die ganze Zeit in Richtung der Kamera sehen)	1	Man muss die Kamera immer auf eine Stelle halten und die Erkennung ist sehr von der Oberfläche abhängig

Tabelle 7: Ergebnisse des Cognitive Walkthrough in Kombination mit den Heuristiken für Stack It AR

Variable Effizienz		
Ist die Ladezeit von virtuellen Objekten in der Szene zufriedenstellend?	5	
Sind die virtuellen Objekte korrekt in die reale Welt eingebunden? (Position, Textur, Größe)	5	
Stimmt die Animation der virtuellen Objekte mit der realen Welt überein?	5	
Sind Aktionen / Feedback standardisiert? (z.B. eine Umrandung wird an der Außenseite der getrackten Objekte hinzugefügt)	5	
Gibt es eine Fehlererkennung? (z.B., wenn der Benutzer einen unerwarteten Marker zeigt, wird eine Fehlernachricht angezeigt)	5	Gibt eine Fehlermeldung, wenn die eigentliche Oberfläche überdeckt wird
Ist es einfach sich an die Funktionen der Anwendung zu erinnern? (z.B., ist es einfach sich an die Funktionen eines Markers zu erinnern?)	5	
Wie steil ist die Lernkurve für Anfänger?	5	
Können erfahrene Benutzer die Anwendung in optimierter Weise benutzen (z.B., können Vorstellungsvideos übersprungen werden?)	5	
Ist es einfach, den Marker in einer geeigneten Position und Orientierung zu halten, damit dieser von der Kamera erkannt werden kann?	1	Die Anwendung ist stark von der Oberfläche, die aufgenommen wird, abhängig und gibt kaum Hinweise darauf, wie diese aussehen sollte
Wird dem Benutzer mitgeteilt, was zu tun ist, während der Interaktion?	0	Es gibt keine Hinweise im eigentlichen Spiel was zu tun ist, allerdings ist es recht intuitiv auf den Block zu tippen
Gibt es spezielle Voraussetzungen? (Kamera, Marker, Telefon, GPS, Standort, Licht, Druck, Kalibrierung)	5	Kamera, Gut erkennbare Oberfläche
Ist das Tracking-System stabil?	2	Die Oberfläche musste manchmal neu gescannt werden, wenn die Kamera wegbewegt wurde
Funktioniert das Tracking-System auch, wenn es mehr wie ein Objekt in der Szene erkennt, bzw. wird die Anwendung weiterhin korrekt ausgeführt?	5	

Tabelle 8: Ergebnisse des Cognitive Walkthrough in Kombination mit den Heuristiken für Stack It AR

4.2.4 Feature Inspection

Ergebnisse der Feature Inspection:

Spiel starten/spielen	Highscores ansehen	Schatten de-/aktivieren	Ton an-/ausschalten	Programminfo anzeigen	Ergebnis-Screenshot speichern	Zum Hauptmenü zurückkehren (nach Spielende)
Hauptmenü	Hauptmenü	Hauptmenü	Hauptmenü	Hauptmenü	Spielergebnisbildschirm	Spielergebnisbildschirm
Play-Symbol drücken	Ranglistensymbol drücken	Sonne/Mond-Symbol drücken	Lautsprecher-Symbol drücken	Fragezeichen-Symbol drücken	Zettel-Symbol drücken	Bildschirm antippen (außer auf einem Symbol)
Kamera auf Oberfläche ausrichten						
Zielscheiben-Symbol drücken	2. Variante:					
Blöcke antippen	Spielergebnisbildschirm					
	Ranglistensymbol drücken					

Tabelle 9: Untersuchte Feature-Sequenzen von Stack It AR

Lange Sequenzen:	- Keine
Schwerfällige Schritte:	- Kamera auf Oberfläche ausrichten - Es gibt keinen Hinweis welche Oberfläche gebraucht wird und es kann lange dauern, bis eine geeignete Oberfläche akzeptiert wird.
Unnatürliche Schritte:	- Keine
Schritte mit viel Vorwissen:	- Kamera ausrichten (wissen über eine geeignete Oberfläche) - Ergebnis-Screenshot speichern (keine sonderlich geläufiges Symbol dafür)

Tabelle 10: Befunde der Feature Inspection von Stack It AR

4.2.5 Perspective-base Inspection

Ergebnisse der Perspective-base Inspection:

Novice User	Expert User
- Die Funktionen der Buttons sind nicht alle klar verständlich	- Keine Unterschiede/Shortcuts/usw. zu dem Novice User
- Schwer eine geeignete Oberfläche für die App zu finden	
- Keine Hinweise zur Oberfläche	
- Einige Symbole mit unklarer Funktion (z.B. die Kristalle)	

Tabelle 11: Befunde zu den Personas der Perspective-base-Inspection von Stack It AR

4.2.6 Nutzertests

In den Nutzertests wurden den Testern zunächst einige Aufgaben gegeben, welche diese in der Anwendung erledigen sollten und darüber hinaus wurden sie auch aufgefordert die Anwendung nach eigenen bemessen zu testen. Für die Tests wurde ein Zeitrahmen von mindestens 15 Minuten festgelegt. Die Aufgaben waren dabei folgende:

- Spiel starten/spielen (mindestens 1x keine Blöcke stapeln und 1x mehr als 10 Blöcke stapeln)
- Liste der Highscores ansehen
- Schatten an-/ausschalten
- Programminfo ansehen
- Ergebnis-Screenshot speichern

Nach diesen Tests haben die Tester einen Fragebogen ausgefüllt. Der Fragebogen basiert dabei auf die Liste der Heuristiken, welche für die Nutzertests angepasst wurde. Dabei wurde die Frage „Konnte das Ziel mit der Anwendung erreicht werden?“ durch „Ist die Anwendung gut spielbar“ ausgetauscht und einige Fragen, die nicht gut verständlich waren, wurden ebenfalls umgeschrieben oder erweitert. Fragen, die nicht auf die Anwendung zutreffen wurden gestrichen.

In den Tests wurden insbesondere die Festlegung der Oberfläche und die fehlende Hilfe bemängelt. Zudem wurde bemängelt, dass die Anwendung sehr unübersichtlich ist und die Mobilität auch recht eingeschränkt ist, da bei Bewegung der Fokus verloren wird und die Oberfläche neu getrackt werden muss. Die Anwendung wurde dementsprechend auch sehr schlecht von den Testern in der Gesamtzufriedenheit bewertet.

Anschließend wurde ein kurzes Interview mit den Teilnehmern durchgeführt. Das Interview hat sich darauf beschränkt zu prüfen, ob es noch Anmerkungen oder Kritik an der

Anwendung gab, die nicht durch den Fragebogen aufgegriffen wurde. Alle Anwender teilten dabei mit, dass der Fragebogen alle ihre gefundenen Fehler behandelt hat.

Der erste Test fand mit einem Studenten (Bachelor Ökotropologie) statt, er hat gute Kenntnisse mit ähnlichen Anwendungen und auch viel Erfahrung mit Testsituationen. Er testete erst die vorgegebenen Aufgaben und hat sich danach noch viel Zeit genommen, um die Anwendung weiter zu testen. Bei diesem Test wurde das Think-aloud-Protocol verwendet, um nachzuvollziehen wie der Tester bei den Tests vorgeht. Dabei hat der Tester sehr gut seine Denkprozesse verbalisiert.

Die nächsten beiden Tester waren eine Sozialpädagogin und ein Einzelhandelskaufmann. Beide Tester haben ein wenig Erfahrung mit ähnlichen Anwendungen, aber nicht viel Erfahrung mit Testsituationen. Die beiden haben den Test gemeinsam ausgeführt, damit die Co-Discovery Methode getestet werden kann. Die Tester haben gut zusammen gearbeitet und sich gegenseitig erklärt, was zu tun ist.

4.3 Ikea-Place

4.3.1 Funktionalität

Mit dieser Anwendung lassen sich unterschiedliche Räume mit Möbeln einrichten. Dabei kann aus einem vorgegebenen Katalog von Möbeln ausgewählt werden. Bereits benutzte Möbel können auf Wunsch zu den Favoriten hinzugefügt werden, damit diese schneller wiedergefunden werden können. Die Möbel lassen sich frei im Raum bewegen und horizontal rotieren. Zudem kann von dem eingerichteten Raum ein Screenshot erstellt werden.

4.3.1 Cognitive Walkthrough

Es folgen die Ergebnisse des Cognitive Walkthrough, wobei die Tätigkeiten „Möbel hinzufügen“, „verschieben“, „drehen“ und „löschen“ untersucht wurden:

Aktion	Wird der Benutzer versuchen den richtigen Effekt zu erzielen	Wird der Benutzer erkennen, dass die korrekte Aktion zur Verfügung steht?	Wird der Benutzer eine Verbindung herstellen zwischen der korrekten Aktion und dem gewünschten Effekt	Wenn die korrekte Aktion ausgeführt worden ist, Wird der Benutzer den Fortschritt erkennen?
Hinzufügen	Keine Befunde	Keine Befunde	Keine Befunde	Keine Befunde
verschieben	Keine Befunde	Keine Hinweis drauf, das verschoben werden kann, es funktioniert aber sehr intuitiv	Keine Befunde	Keine Befunde
drehen	Keine Befunde	2-Finger-Geste nötig, gibt keinen Hinweis darauf, funktioniert aber sehr intuitiv	keine Befunde	Keine Befunde
löschen	Keine Befunde	Keine Befunde	Keine Befunde	Keine Befunde

Tabelle 12: Ergebnisse des Cognitive Walkthrough für Stack It AR

4.3.1 Heuristiken

Item	Bewertung	Kommentar
Variable Wirksamkeit		
Ist erkennbar was passiert, während aller Interaktionen?	4	Manchmal wird plötzlich gefragt, ob man den Raum weiter bearbeiten will oder löschen, obwohl man gerade bei der Bearbeitung war und beim Scannen ist nicht ganz klar, was getan werden muss
Wie einfach ist es möglich rückgängig machen und wiederherstellen auszuführen (also in einen vorherigen Zustand zurückzukehren)	2	Nur durch löschen und neu platzieren
Konnte das Ziel mit der Anwendung erreicht werden?	3	Zum Teil stimmen die Größenverhältnisse nicht, so dass sich nicht auf die App verlassen werden kann, ob Möbel wirklich in einen Raum passen
Variable Zufriedenheit		
Ist die Anzahl der virtuellen Objekte in der Szene angemessen?	5	Die App fügt selber keine Objekte in die Szene ein (außer Menü-Buttons) und es können ausreichend eigene Objekte/Möbel eingefügt werden
Ist die Anzahl der Interaktionsmöglichkeiten zufriedenstellend? (Marker, Tastatur, Maus Controller, Touch)	5	Die Touchinteraktionen sind ausreichend
Ist die Benutzer-Hilfe zufriedenstellend? (Video, Text, Audio)	4	Der Raum-Scan könnte besser erklärt werden
Ist die Interaktions-Lösung zufriedenstellend?	4	Vertikales rotieren könnte hilfreich sein
Ist die Bewegungsfreiheit während der Interaktion zufriedenstellend? (Muss man nicht die ganze Zeit in Richtung der Kamera sehen)	5	Man kann sich frei im Raum bewegen

Tabelle 13: Ergebnisse des Cognitive Walkthrough in Kombination mit den Heuristiken für Stack It AR

Variable Effizienz		
Ist die Ladezeit von virtuellen Objekten in der Scene zufriedenstellend?	4	Das laden von Möbeln dauert zum Teil etwas lange
Sind die virtuellen Objekte korrekt in die reale Welt eingebunden? (Position, Textur, Größe)	3	Die Größendarstellung wirkte häufig falsch
Stimmt die Animation der virtuellen Objekte mit der realen Welt überein?	5	Wurde entsprechend der Animation geändert
Sind Aktionen / Feedback standardisiert? (z.B. eine Umrandung wird an der Außenseite der getrackten Objekte hinzugefügt)	5	Keine Probleme
Gibt es eine Fehlererkennung? (z.B., wenn der Benutzer einen unerwarteten Marker zeigt, wird eine Fehlernachricht angezeigt)	1	Die Anwendung hat manchmal nicht mehr reagiert oder Sachen falsch dargestellt (Neustart notwendig)
Ist es einfach sich an die Funktionen der Anwendung zu erinnern? (z.B., ist es einfach sich an die Funktionen eines Markers zu erinnern?)	5	Es ist einfach sich an die Funktionalitäten zu erinnern
Wie steil ist die Lernkurve für Anfänger?	5	Ist sehr einfach zu erlernen
Können erfahrene Benutzer die Anwendung in optimierter Weise benutzen (z.B., können Vorstellungsvideos übersprungen werden?)	4	Es scheint nicht möglich zu sein Räume zu speichern
Ist es einfach, den Marker in einer geeigneten Position und Orientierung zu halten, damit dieser von der Kamera erkannt werden kann?	-	Keine Marker
Wird dem Benutzer mitgeteilt, was zu tun ist, während der Interaktion?	4	Beim Scan ist nicht ganz eindeutig, was zu tun ist
Gibt es spezielle Voraussetzungen? (Kamera, Marker, Telefon, GPS, Standort, Licht, Druck, Kalibrierung)	4	Handy (Kamera) muss permanent gehalten werden
Ist das Tracking-System stabil?	5	Hat durchgehend funktioniert
Funktioniert das Tracking-System auch, wenn es mehr wie ein Objekt in der Szene erkennt, bzw. wird die Anwendung weiterhin korrekt ausgeführt?	5	Keine Probleme

Tabelle 14: Ergebnisse des Cognitive Walkthrough in Kombination mit den Heuristiken für Stack It AR

4.3.2 Feature inspection

Möbel einfügen	Platzierte Möbel bearbeiten	Möbel verschieben	Möbel drehen	Möbelstück favorisieren
Startbildschirm		Bearbeitungsmodus öffnen (Neue Möbel einfügen oder vorhandene bearbeiten)	Startbildschirm	Bearbeitungsmodus öffnen (Neue Möbel einfügen oder vorhandene bearbeiten)
Plus-Button drücken		Auf das Möbelstück tippen und halten und das Möbelstück dann an die gewünschte Position bewegen	Zwei Finger auf den Bildschirm halten und aufeinander zu oder voneinander weg bewegen	Favorisierungs-Button (Herzsymbol) drücken
Möbelstück aus dem Katalog auswählen				
Platz auswählen und Haken drücken oder auf das Möbelstück drücken				

Tabelle 15: Untersuchte Feature-Sequenzen von IKEA-Place

Favoriten ansehen	Möbelauswahl löschen	Screenshot machen und speichern	Sprache einstellen	Raum scannen
Startbildschirm	Bearbeitungsmodus öffnen (Neue Möbel einfügen oder vorhandene bearbeiten)	Startbildschirm	Startbildschirm	Startbildschirm
Plus-Button drücken	Mülleimer-Button anklicken	Screenshot-Button drücken (Kreis mit Umrandung)	Profil-Symbol anklicken	Profil-Symbol anklicken
Die Favoriten werden im Katalog unter "Favoriten" angezeigt		Upload-Button drücken	Land auswählen	Auf den Eintrag "Den Raum nochmal scannen" drücken
		Speichermethode wählen und speichern		Blaues Pfeil-Symbol klicken
				Den Anweisung folgen

Tabelle 16: Untersuchte Feature-Sequenzen von IKEA-Place

Lange Sequenzen:	- Keine
Schwerfällige Schritte:	- Manchmal reagiert die App nicht, ohne dass ein Grund dafür angezeigt wird. Dies ist passiert, nachdem ein Screenshot gemacht wurde und das Speichern per "X"-Button abgebrochen werden sollte und wenn der Raum manuell nochmal gescannt werden soll, in diesem Fall lag es daran, dass keine Möbel in die Szene eingefügt wurden. Es ist möglich alle Objekte in der Szene zu löschen, es konnte aber nicht genau nachvollzogen werden, wie der Dialog dafür geöffnet werden kann.
Schritte mit viel Vorwissen:	- Der Raumscann kann nur durchgeführt werden, wenn bereits Gegenstände platziert wurden, aber es gibt keine Informationen darüber.

Tabelle 17: Befunde der Feature Inspection von IKEA-Place

4.3.3 Perspective-base Inspection

Novice User	Expert User
Einige Buttons sind nicht auf Anhieb verständlich (Kreissymbol für Screenshots, Pfeilsymbol zum Bestätigen des Neu-Scans)	- Es können Favoriten gespeichert werden, um schnell bestimmte Möbel zu wiederzufinden
Es gibt Funktionen, bei denen nicht klar ist, wie diese aufgerufen werden. (Löschen aller Möbel, Speichern und Laden von Räumen)	
Der Raumscann kann nur durchgeführt werden, wenn bereits Gegenstände platziert wurden, aber es gibt keine Informationen darüber.	
Es kam vor, dass die App nicht mehr reagiert hat und nur ein Neustart geholfen hat. Ebenso kam es vor, dass die Möbel viel zu klein oder viel zu groß dargestellt wurden, auch hier half nur ein Neustart.	
Es kann zwar der Ton eingestellt werden, es ist aber trotzdem kein Ton in der Anwendung zu hören	

Tabelle 18: Befunde zu den Personas der Perspective-base-Inspection von IKEA-Place

4.3.4 Nutzertests

In den Nutzertests wurden den Testern zunächst einige Aufgaben gegeben, welche diese in der Anwendung erledigen sollten und darüber hinaus auch aufgefordert, die Anwendung nach eigenen Bemessen zu testen. Dafür wurde ein Zeitrahmen von mindestens 15 Minuten festgelegt. Die Aufgaben waren dabei folgende:

- Einen Raum mit mindestens 5 unterschiedlichen (virtuellen) Möbeln einrichten
- Einen der Gegenstände auf einen realen Gegenstand platzieren
- Möbel löschen, drehen, verschieben
- Anwendungseinstellungen ändern

Nach diesen Tests haben die Tester einen Fragebogen ausgefüllt. Der Fragebogen basiert dabei auf die Liste der Heuristiken, welche für die Nutzertests angepasst wurde. Dabei wurden einige Fragen, die nicht gut verständlich waren, umgeschrieben oder erweitert. Fragen, die nicht auf die Anwendung zutreffen, wurden gestrichen.

In den Tests wurde vor allem bemängelt, dass die Größenverhältnisse manchmal nicht richtig dargestellt wurden, die Anwendung nicht mehr reagiert hat, keine Zusatzinformationen (wie die Maße der Möbel) angezeigt werden, Buttons (z.B. Screenshot-Button) nicht funktionsgerecht aussehen, es keine Benutzerhilfe gibt, die manuelle Raumscannung nicht funktioniert und manchmal Möbel nach der Auswahl nicht

angezeigt werden. Positiv hervorgehoben wurde, dass die Anwendung sehr intuitiv ist, die Verbindung von realen und virtuellen Gegenständen gut funktioniert und insgesamt gut zu bedienen ist. Die Anwendung wurde von den Testern in der Gesamtzufriedenheit als gut bewertet.

Anschließend wurde ein kurzes Interview mit den Teilnehmern durchgeführt. Das Interview hat sich darauf beschränkt zu prüfen, ob es noch Anmerkungen oder Kritik an der Anwendung gab, die nicht durch den Fragebogen aufgegriffen wurde. Alle Anwender teilten dabei mit, dass der Fragebogen alle ihre gefundenen Fehler behandelt hat.

Der erste Test fand wieder mit dem Student (Bachelor Ökotrophologie) statt, er hat gute Kenntnisse mit ähnlichen Anwendungen und auch viel Erfahrung mit Testsituationen. Er testete erst die vorgegebenen Aufgaben und hat sich danach noch viel Zeit genommen, um die Anwendung weiter zu testen. Bei diesem Test wurde das Think-aloud-Protocol verwendet, um nachzuvollziehen, wie der Tester bei den Tests vorgeht. Dabei hat der Tester sehr gut seine Denkprozesse verbalisiert.

Die nächsten beiden Tester waren Einzelhandelskaufleute und haben etwas Erfahrung mit ähnlichen Anwendungen und wenig Erfahrung mit Testsituationen. Die beiden haben den Test gemeinsam ausgeführt, damit die Co-discovery Methode getestet werden kann. Die beiden Tester haben nicht gut zusammen gearbeitet und sich kaum gegenseitig erklärt, was sie tun. Dementsprechend schwer war es hier nachzuvollziehen, was genau diese in der Anwendung machen.

4.4 HoloStudio

Mit dieser Anwendung können vorgegebene oder importierte 3D-Modelle zusammengefügt und verändert werden. Dabei bietet das Programm eine große Palette an unterschiedlichen Werkzeugen. Es ist unter anderen möglich die Objekte zu kopieren, zusammen zu kleben, verschieben, rotieren, einfärben, löschen, usw. Das Ergebnis kann als Szene oder die einzelnen (zusammengesetzten) Objekte als Favoriten gespeichert oder veröffentlicht werden. Zudem lassen sich Screenshots, Stop-Motion-Videos oder aufgenommene-Videos erstellen.

4.4.1 Cognitive Walkthrough

Es folgen Ergebnisse des Cognitive Walkthrough, wobei Tätigkeiten „Objekte hinzufügen“, „zusammenkleben“, „einfärben“, „rotieren“ und „löschen“ durchgeführt wurden:

Aktion	Wird der Benutzer versuchen den richtigen Effekt zu erzielen	Wird der Benutzer erkennen, dass die korrekte Aktion zur Verfügung steht?	Wird der Benutzer eine Verbindung herstellen zwischen der korrekten Aktion und dem gewünschten Effekt	Wenn die korrekte Aktion ausgeführt worden ist, Wird der Benutzer den Fortschritt erkennen?
Hinzufügen	Evtl. etwas Einarbeitungszeit notwendig aufgrund der Menge an Werkzeugen, danach aber sehr intuitiv	Der Button für das hinzufügen ist nicht direkt in der Toolbox vorhanden, sondern in der Menüleiste	Keine Befunde	Keine Befunde
zusammenkleben		Keine Befunde	Keine Befunde	Keine Befunde
einfärben		Keine Befunde	keine Befunde	Keine Befunde
rotieren		Keine Befunde	Keine Befunde	Keine Befunde
löschen		Keine Befunde	Keine Befunde	Keine Befunde

Tabelle 19: Ergebnisse des Cognitive Walkthrough für Stack It AR

4.4.1 Heuristiken

Item	Bewertung	Kommentar
Variable Wirksamkeit		
Ist erkennbar was passiert, während aller Interaktionen?	5	Die Anwendung informiert immer gut über alles durch visuelles oder Audio Feedback
Wie einfach ist es möglich rückgängig machen und wiederherstellen auszuführen (also in einen vorherigen Zustand zurückzukehren)	5	Alle Änderungen können Rückgängig gemacht oder wiederhergestellt werden
Konnte das Ziel mit der Anwendung erreicht werden?	5	Ja, problemlos
Variable Zufriedenheit		
Ist die Anzahl der virtuellen Objekte in der Szene angemessen?	2	Wenn große Objekte eingefügt werden, ist schon nach 5-6 Objekten die Grenze erreicht.
Ist die Anzahl der Interaktionsmöglichkeiten zufriedenstellend? (Marker, Tastatur, Maus Controller, Touch)	5	Ja, Gesten und Sprache
Ist die Benutzer-Hilfe zufriedenstellend? (Video, Text, Audio)	5	Es werden alle Werkzeuge in Tutorial-Videos erklärt.
Ist die Interaktions-Lösung zufriedenstellend?	3	Die Sprechsteuerung funktioniert nicht für alle Werkzeuge gut. Bei manchen scheint diese sogar gar nicht zu funktionieren.
Ist die Bewegungsfreiheit während der Interaktion zufriedenstellend? (Muss man nicht die ganze Zeit in Richtung der Kamera sehen)	5	Es kann sich frei im Raum bewegt werden

Tabelle 20: Ergebnisse des Cognitive Walkthrough in Kombination mit den Heuristiken für Stack It AR

Variable Effizienz		
Ist die Ladezeit von virtuellen Objekten in der Scene zufriedenstellend?	5	Es wurde alles ohne Verzögerung geladen
Sind die virtuellen Objekte korrekt in die reale Welt eingebunden? (Position, Textur, Größe)	3	Die Objekte gehen häufig durch reale Objekte durch und reagieren nicht auf Veränderung der Umwelt
Stimmt die Animation der virtuellen Objekte mit der realen Welt überein?	3	Die Objekte reagieren nicht auf Änderungen der realen Gegenstände
Sind Aktionen / Feedback standardisiert? (z.B. eine Umrandung wird an der Außenseite der getrackten Objekte hinzugefügt)	5	Keine Probleme
Gibt es eine Fehlererkennung? (z.B., wenn der Benutzer einen unerwarteten Marker zeigt, wird eine Fehlernachricht angezeigt)	4	Ab und zu hat sich die Anwendung ohne erkenntlichen Grund geschlossen
Ist es einfach sich an die Funktionen der Anwendung zu erinnern? (z.B., ist es einfach sich an die Funktionen eines Markers zu erinnern?)	5	Alle Funktionen sind sehr einprägsam
Wie steil ist die Lernkurve für Anfänger?	5	Sehr leicht und es gibt für alle Werkzeuge Tutorial-Videos
Können erfahrene Benutzer die Anwendung in optimierter Weise benutzen (z.B., können Vorstellungsvideos übersprungen werden?)	5	Vorstellungsvideos werden nach einmaligen anschauen nicht mehr automatisch angezeigt und man kann Objekte als Favoriten speichern
Ist es einfach, den Marker in einer geeigneten Position und Orientierung zu halten, damit dieser von der Kamera erkannt werden kann?	-	Keine Marker
Wird dem Benutzer mitgeteilt, was zu tun ist, während der Interaktion?	5	Dem Benutzer wird immer ausreichend mitgeteilt, was zu tun ist
Gibt es spezielle Voraussetzungen? (Kamera, Marker, Telefon, GPS, Standort, Licht, Druck, Kalibrierung)	3	Die Hololens ist nach einiger Zeit sehr unangenehm zu tragen
Ist das Tracking-System stabil?	5	Keine Probleme
Funktioniert das Tracking-System auch, wenn es mehr wie ein Objekt in der Szene erkennt, bzw. wird die Anwendung weiterhin korrekt ausgeführt?	5	Keine Probleme

Tabelle 21: Ergebnisse des Cognitive Walkthrough in Kombination mit den Heuristiken für Stack It AR (Fortsetzung)

4.4.2 Feature Inspection

Home-Menü öffnen	Tutorials ansehen	Objekte platzieren	Objektgröße verändern	Objekte verschieben
Startbildschirm	Home-Menü	Startbildschirm	Startbildschirm	Startbildschirm
Home-Button (Haus-Symbol) drücken	Auf das Plus-Symbol drücken bei den Tutorials	Auf den Pieces-Button drücken (Symbol mit geometrischen Formen)	Resize Werkzeug aus der Toolbox auswählen	Movement Werkzeug aus der Toolbox auswählen
	Tutorial auswählen	Figur auswählen	Objekt auswählen und Fokus auf das Plus bzw. Minus Symbol zum Vergrößern oder Verkleinern	Objekt auswählen und per Fokus auf die gewünschte Stelle bewegen
		In Szene platzieren		
	Alternativ:			
	Im Tooltip der einzelnen Werkzeuge auf das Play-Symbol drücken			

Tabelle 22: Untersuchte Feature-Sequenzen von HoloStudio

Objekte rotieren	Höhe/Breite ändern	Objekt in eine Richtung verschieben	Screenshot machen	Toolbox verschieben
Startbildschirm	Startbildschirm	Startbildschirm	Startbildschirm	Startbildschirm
Rotieren Werkzeug aus der Toolbox auswählen	Resize Werkzeug aus der Toolbox auswählen	Nudge Werkzeug aus der Toolbox auswählen	Take Picture Werkzeug in der Toolbox auswählen	Griff der Toolbox auswählen und per Fokus verschieben
Objekt auswählen und per Fokus rotieren	An einer Seite des Objektes tappen und halten und die Hand zu einer Seite bewegen, um es in der Höhe oder Breite zu verändern	Eine Objektseite auswählen und tappen, um es in die gewünschte Richtung zu schieben oder tappen und halten, um es weiter zu verschieben	Bild machen und speichern	

Tabelle 23: Untersuchte Feature Sequenzen von HoloStudio (2)

Objekte kopieren	Objekte zusammenfügen	Gespiegeltes Objekt erzeugen	Zusammengefügte Objekte auseinandernehmen	Objekte einfärben
Startbildschirm	Startbildschirm	Startbildschirm	Startbildschirm	Startbildschirm
Copy Werkzeug aus der Toolbox auswählen	Glue Werkzeug aus der Toolbox auswählen	Mirror Werkzeug aus der Toolbox auswählen	Copy Werkzeug aus der Toolbox auswählen	Spray paint Werkzeug aus der Toolbox auswählen
Objekt auswählen und Kopie platzieren	Objekte auswählen und per tappen zusammenfügen	Objekt auswählen und Kopie platzieren	Objekte auswählen, tappen und halten und unglue auswählen	Farbe auswählen
				Objekte per tappen einfärben

Tabelle 24: Untersuchte Feature Sequenzen von HoloStudio (3)

Objekte löschen	Anchor setzen	Favoriten erstellen	Favoriten in Szene einfügen	Aktion abbrechen
Startbildschirm	Startbildschirm	Startbildschirm	Startbildschirm	Startbildschirm
Erase Werkzeug aus der Toolbox auswählen	Erase Werkzeug aus der Toolbox auswählen	Stern-Symbol in der Menüleiste drücken	Stern-Symbol in der Menüleiste drücken	Nach Ausgewählter Aktion "Cancel" per Sprachbefehl aufrufen
Zu löschende Objekte auswählen	Bodenfläche löschen	Objekt in die Favoriten-Leiste ziehen	Objekt aus der Favoriten-Leiste in die Szene ziehen	
	Anchor auswählen und verschieben			

Tabelle 25: Untersuchte Feature Sequenzen von HoloStudio (4)

Text in Szene einfügen	GIF/Stop-Motion-Video erstellen	Video aufzeichnen	Magnet verwenden	Oberfläche mappen
Startbildschirm	Startbildschirm	Startbildschirm	Startbildschirm	Startbildschirm
Auf den Pieces-Button drücken (Symbol mit geometrischen Formen)	Take Picture Werkzeug in der Toolbox auswählen	Take Picture Werkzeug in der Toolbox auswählen	Magnet Werkzeug auswählen aus der Toolbox auswählen	Spatial Mapping Werkzeug aus der Toolbox auswählen
Bei der Letters Kategorie auf die Tastatur drücken	Tappen und halten -> Stop-Motion auswählen	Tappen und halten -> „Record Video“ auswählen	Objekt auswählen	tappen um Scan zu beginnen
Text eingeben	Bild machen	tappen um Aufzeichnung zu starten	per tappen Objekt an anderen Objekt oder Oberfläche anhängen	
Text in Szene einfügen	Szene verändern			
	Die beiden vorigen Schritte wiederholen, bis das Video gespeichert werden kann			
	speichern			

Tabelle 26: Untersuchte Feature Sequenzen von HoloStudio (5)

Kreation speichern	Kreation laden	Aktion rückgängig machen	Aktion wiederherstellen	Glue touching
Startbildschirm	Startbildschirm	Startbildschirm	Startbildschirm	Startbildschirm
„Save creation“ in der Toolbox auswählen	Wolkensymbol in der Menüleiste auswählen	„Undo“ in der Toolbox auswählen	„Redo“ in der Toolbox auswählen	Glue Werkzeug aus der Toolbox auswählen
speichern	Zu ladende Kreation auswählen			Objekte auswählen
				Tappen und halten
				Glue touching auswählen

Tabelle 27: Untersuchte Feature Sequenzen von HoloStudio (6)

Glue everything	Sich berührende Objekte löschen	Sich berührende Objekte einfärben	Anchor verschieben	Anchor rotieren
Startbildschirm	Startbildschirm	Startbildschirm	Startbildschirm	Startbildschirm
per Sprachbefehl "glue everything" auswählen	Erase Werkzeug aus der Toolbox auswählen	Spray Paint Werkzeug aus der Toolbox auswählen	Movement Werkzeug aus der Toolbox auswählen	Rotate Werkzeug aus der Toolbox auswählen
	Objekte auswählen	Objekte auswählen	Anker-Symbol oder Center-Piece auswählen	Anker-Symbol oder Center-Piece auswählen
	Tappen und halten	Tappen und halten	per Fokus bewegen	per Fokus bewegen
	Erase touching auswählen	paint touching auswählen		

Tabelle 28: Untersuchte Feature Sequenzen von HoloStudio (7)

Lange Sequenzen:	- Keine
Schwerfällige Schritte:	- Stop-Motion-Videos aufzeichnen ist recht anstrengend, da nach jedem Screenshot die Szene per Hand umgestellt werden muss, die Kamera richtig positioniert werden muss und der neue Screenshot aufgenommen werden muss. Es sind zwar alle Tools per Sprachbefehl auswählbar, diese Funktioniert aber bei einigen schlecht bis gar nicht.
Unnatürliche Schritte:	- Die Bodenfläche wird erst gesetzt, wenn extra eine neue Kreation erstellt wird und nicht direkt bei starten der Anwendung. Seiten vergrößern durch tappen und halten scheint nicht auf Anhieb klar.
Schritte mit viel Vorwissen:	- Unterwerkzeuge wie Glue touching, das weitere Verschieben, Seiten erhöhen sind schwer zu finden, wenn man diese nicht aus Tutorials oder durch voriges benutzen kennt. Einige Werkzeuge stehen nur per Sprachbefehl zur Verfügung (Canceln und Glue everything)

Tabelle 29: Befunde der Feature inspection von HoloStudio

4.4.3 Perspective-base Inspection

Novice User	Expert User
Tutorial-Videos stehen für alle Werkzeuge zur Verfügung	Es können Favoriten gespeichert werden, um schnell bestimmte Objekte wiederzufinden.
Die Werkzeuge sind alle sehr intuitiv gekennzeichnet	Sprachbefehle stehen für alle Werkzeuge zur Verfügung, funktionieren aber nicht immer
Einige Tools stehen nur per Sprachbefehl zur Verfügung	
Sub-Tools wie glue touching, die nur per tap and hold von anderen Tools zur Verfügung stehen, unter Umständen schwer zu finden	
Bodenfläche wird erst gesetzt, wenn eine neue Kreation erstellt wird, statt direkt mit Anwendungsstart	

Tabelle 30: Befunde zu den Personas der Perspective-base-Inspection von HoloStudio

4.4.4 Nutzertests

In den Nutzertests wurden den Testern zunächst einige Aufgaben gegeben, welche diese in der Anwendung erledigen sollten und darüber hinaus auch aufgefordert die Anwendung nach eigenen Bemessungen zu testen. Dafür wurde ein Zeitrahmen von mindestens 30 Minuten festgelegt. Die Aufgaben waren dabei folgende:

- Tutorials ansehen
- Objekte platzieren
- Objekte vergrößern/verkleinern (einzelne, zusammengesetzte und mehrere auf einmal)
- Objekte verschieben
- Objekte rotieren
- Höhe/Breite von Objekten verändern
- Objekt anheben/senken
- Screenshot machen
- Toolbox verschieben
- Objekte kopieren
- Objekte zusammenfügen
- Gespiegeltes Objekt erzeugen
- Zusammengefügtes Objekt auseinandernehmen
- Sprachsteuerung verwenden
- Gestensteuerung verwenden
- Objekte einfärben
- Objekte löschen
- Anchor setzen/löschen
- Virtuelle Objekte mit realen Objekten kombinieren
- Favoriten erstellen
- Objekte aus dem Katalog raussuchen (prüfen, wie gut man bestimmte Objekte finden kann)
- Aktion abbrechen
- Text in Scene einfügen
- GIF/Video erstellen
- Magnet verwenden

Nach diesen Tests haben die Tester einen Fragebogen ausgefüllt. Der Fragebogen basiert auf die Liste der Heuristiken, welche für die Nutzertests angepasst wurde. Dabei wurde nur die Frage „Konnte das Ziel mit der Anwendung erreicht werden?“ durch „Konnten Sie alle Szenen, die Sie erstellen wollten, mit der Anwendung umsetzen?“ ausgetauscht werden und einige Fragen, die nicht gut verständlich waren, wurden ebenfalls umgeschrieben oder erweitert. Fragen, die nicht auf die Anwendung zutreffen wurden gestrichen.

In den Tests wurde bemängelt, dass trotz Tutorial-Videos nicht klar war, wie einige Funktionen zu benutzen sind bzw. die Tutorial-Videos mehrfach angesehen werden mussten, die Tutorial-Videos nicht vor- oder zurückgespult werden können, die Funktion von einigen Buttons nicht klar ist, einige Interaktionen/Gesten schwierig sind, die Sprachsteuerung schlecht funktioniert, es keine Interaktion zwischen realen und virtuellen Objekten gibt, die angezeigten Informationen nicht ausreichend waren und deshalb immer wieder die Tutorial-Videos angesehen werden mussten, es keine andere Hilfe als die Tutorial-Videos gibt, das fokussieren manchmal schwierig ist und dass das Headset nach längerer Benutzung unangenehm zu tragen ist und sogar Kopfschmerzen verursacht. Positiv hervorgehoben wurde, dass die Anwendung sehr intuitiv ist, alle Funktionen durch Tutorial-Videos erklärt werden, die Funktionen bei wiederholter Nutzung gut zu erkennen sind und insgesamt gut zu bedienen ist. Die Anwendung wurde von den Testern in der Gesamtzufriedenheit als gut bewertet.

Anschließend wurde ein kurzes Interview mit den Teilnehmern durchgeführt. Das Interview hat sich darauf beschränkt zu prüfen, ob es noch Anmerkungen oder Kritik an der Anwendung gab, die nicht durch den Fragebogen aufgegriffen wurde. Alle Anwender teilten dabei mit, dass der Fragebogen alle ihre gefundenen Fehler behandelt hat. Zudem sind die Aufgaben hier besonders gut bei den Nutzern angekommen, da diese sehr praktisch orientiert waren.

Auch hier wurde der erste Test wieder mit dem Student (Bachelor Ökotoxikologie) durchgeführt, er hat gute Kenntnisse mit ähnlichen Anwendungen und auch viel Erfahrung mit Testsituationen. Er testete erst die vorgegebenen Aufgaben und hat sich danach noch viel Zeit genommen, um die Anwendung zu testen. Bei diesem Test wurde das Think-aloud-Protocol verwendet, um nachzuvollziehen, wie der Tester bei den Tests vorgeht. Dabei hat der Tester sehr gut seine Denkprozesse verbalisiert.

Der zweite Test fand mit einem Techniker statt. Der Tester hat etwas Erfahrung mit ähnlichen Anwendungen und ebenfalls etwas Erfahrung mit Testsituationen. Bei diesem Test wurde ebenfalls das Think-aloud-Protocol verwendet. Dieser Tester musste etwas häufiger daran erinnert werden zu erzählen, was er gerade tut. Aber auch hier konnte gut nachvollzogen werden, was er in der Anwendung macht. Er war sehr begeistert von der HoloLens und fand nicht viel zu bemängeln an der Anwendung.

5 Methodik

In diesem Kapitel wird eine Methodik aus dem vorangegangenen Tests abgeleitet, ebenfalls getestet und die Ergebnisse davon präsentiert.

5.1 Erkenntnisse aus den Tests

Aus den Tests für die Expertentests hat sich ergeben, dass die Checkliste bzw. Heuristiken sich gut eignen, um die Anwendungen zu untersuchen. Aus der Feature inspection ist die genaue Festlegung der untersuchten Features und der notwendigen Schritte sehr sinnvoll und sollte mit den Heuristiken kombiniert werden. Bei dem Cognitive Walkthrough steht vor allem das Hineinversetzen in eine andere Perspektive im Vordergrund, wobei die Personas der Perspective-base-Inspection noch etwas genauer sind und daher mit der Feature-Liste und den Heuristiken verbunden werden sollten. Der Cognitive Walkthrough und die Feature inspection geben zudem noch einige Fragen vor, auf welche die Anwendung untersucht werden soll. Diese Fragen sollten mit den Heuristiken verbunden werden.

Aus den Nutzertests hat sich ergeben, dass es sinnvoll ist Personas für die Tester zu erstellen und Testern mehr Hilfe in den Tests zu geben, die nicht sehr erfahren mit ähnlichen Anwendungen und Testsituationen sind. Die Fragebögen haben gut funktioniert und es musste nur die Frage zu dem Ziel der Anwendung an die entsprechende Anwendung angepasst werden, einige Fragen etwas umgestellt werden und einige Fragen gestrichen werden, die nicht zu der Anwendung passten. Es empfiehlt sich auch einen Zeitrahmen für die Tests zu setzen, damit die Tester nicht nur die gestellten Aufgaben so schnell wie möglich abarbeiten und schon nach fünf Minuten aufhören. Die Aufgaben sollten etwas komplexere praktische Aufgaben in der Anwendung darstellen. Wenn die Aufgaben nur das Testen der einzelnen Funktionen umfasst, werden häufig einfach nur diese einzelnen Funktionen getestet, aber nicht wie gut man komplexe Aufgaben mit unterschiedlichen Tools oder Lösungsverfahren erledigen kann. Bei dem Co-Discovery kann es vorkommen, dass nur einer der Tester das Gerät richtig testet und der andere nur zusieht. Außerdem kann es passieren, dass die Tester nicht genügend kommunizieren. Hier ist es unter Umständen notwendig, dass der Prüfer eingreift, um sicherzustellen, dass beide Tester ausreichend testen und genügend kommunizieren. Das Think aloud protocol hat besser funktioniert, hier haben alle Tester sehr gut mitgeteilt, was sie gerade machen möchten und was sie denken. Das Interview eignete sich gut zum sicherzustellen, dass alle Kritik an

der Anwendung vom Fragebogen aufgegriffen wurde und um auf einzelne Punkte/Schwierigkeiten weiter einzugehen, die sich im Laufe des Tests ergeben haben.

5.2 Festlegung einer Methodik

In diesem Abschnitt wird eine generelle Vorgehensweise festgelegt und es wird beschrieben, welche Anpassungen für ähnliche Anwendungen, wie die getesteten, getätigt werden können.

5.2.1 Generelle Vorgehensweise

Für die Expertentests wird die folgende Vorgehensweise empfohlen:

- Es sollten Listen für die Features des Programms und der notwendigen Schritte, um diese Features auszuführen, erstellt werden.
- Dann sollten Personas erstellt werden, welche die zukünftigen Nutzer des Systems abbilden.
- Dann können Experten in der Rolle der Personas die Anwendung mithilfe der erstellten Feature-listen prüfen und anhand der Heuristiken bewerten.

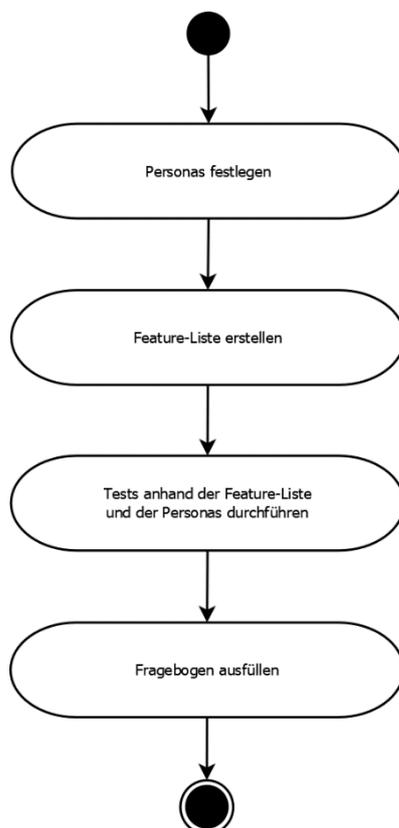


Abbildung 4: Aktivitätsdiagramm für die Expertentests

Für die Nutzertests ist folgendes zu tun:

- Zunächst sollten Personas erstellt werden. Dabei sollten die Personas mindestens Informationen zu der Erfahrung mit ähnlichen Anwendungen und zu der Erfahrung mit Testsituationen enthalten.
- Dann sollte ein Zeitrahmen festgelegt werden, wie lange der Test mindestens gehen soll. Der Rahmen sollte entsprechend des Umfangs der Anwendung gewählt werden, ein Zeitrahmen von 30 bis 90 Minuten ist dabei sinnvoll. Damit kann sichergestellt werden, dass die Anwendung ausreichend getestet wird, der Test aber nicht ewig dauert.
- Für die Aufgaben sollten komplexere Tätigkeiten gewählt werden, wie sie auch in der Praxis vorkommen würden. Hierfür kann die vorher erstellte Feature-Liste zur Hilfe genommen werden und Aufgaben erstellt werden, welche möglichst viele Features abdecken. Mindestens sollte darauf geachtet werden, dass die Aufgaben Features umfassen, welche auf die Interaktion von virtuellen Objekten mit realen Objekten basieren. Auf diese Weise muss jeder Tester die für sich beste Lösungsvariante finden und es können eventuell viele unterschiedliche Ansätze beobachtet werden.
- Da es sich bei Head-Mounted-Displays um völlig neue Geräte mit eigener Steuerungsweise (siehe HoloLens) handelt, mit denen die meisten Tester noch keinen Kontakt hatten, sollte den Testern vor Beginn des Tests die Steuerung genau erklärt werden. Bei Smartphones und Tablets dagegen, kann eine genauere Erklärung der Steuerung entfallen, da die meisten Leute mit der Steuerung vertraut sind. Zudem ist es häufig notwendig zu erklären, was Augmented Reality ist und was für Anwendungen getestet werden.
- Falls die Anwendungen eine Möglichkeit bieten die AR-Funktionen auszuschalten oder zu umgehen, sollte ebenfalls darauf geachtet werden, dass alle AR-Funktionen ausreichend getestet werden.
- Bei Head-Mounted-Displays kann der Prüfer nicht mit auf das Display schauen, um zu sehen, was der Tester gerade macht. Daher ist es hier besonders wichtig, dass die Tester genau erzählen, was sie gerade machen. Dies ist wichtig, damit nachvollzogen werden kann, was der Tester macht und auch damit bei Problemen Hilfestellung gegeben werden kann. Es sollten hier unbedingt alle Schwierigkeiten notiert werden, um später im Interview darauf eingehen zu können.
- Nach den Tests sollte ein Fragebogen ausgeteilt werden. Falls keine quantitativen Zahlen benötigt werden, sollte eventuell auf eine Punktbewertung verzichtet werden, da sich alle Tester sehr stark auf diese fixiert haben und den Kommentar zur Bewertung nur wenig beachtet haben.
- Zum Schluss sollte noch ein Interview geführt werden. In dem Interview kann auf einzelne Punkte eingegangen werden, bei denen die Tester während des Testens Probleme hatten und sichergestellt werden, dass alle Kritik vom Fragebogen aufgegriffen wurde.

- Da besonders bei Head-Mounted-Displays neue Steuerkonzepte notwendig sind, sollte, falls der Tester Probleme bei der Benutzung der Anwendung hatte, in dem Interview vor allem darauf eingegangen werden, ob der Tester Probleme mit der Anwendung selbst hatte oder ob die Probleme eher die Hardware selber betreffen. Ebenso kann im Interview auf Punkte eingegangen werden, die der Tester vielleicht nicht in den Fragebogen aufgenommen hat, weil er vollkommen von der Hardware begeistert ist und sich deswegen nicht um Fehler der Anwendung gekümmert hat.

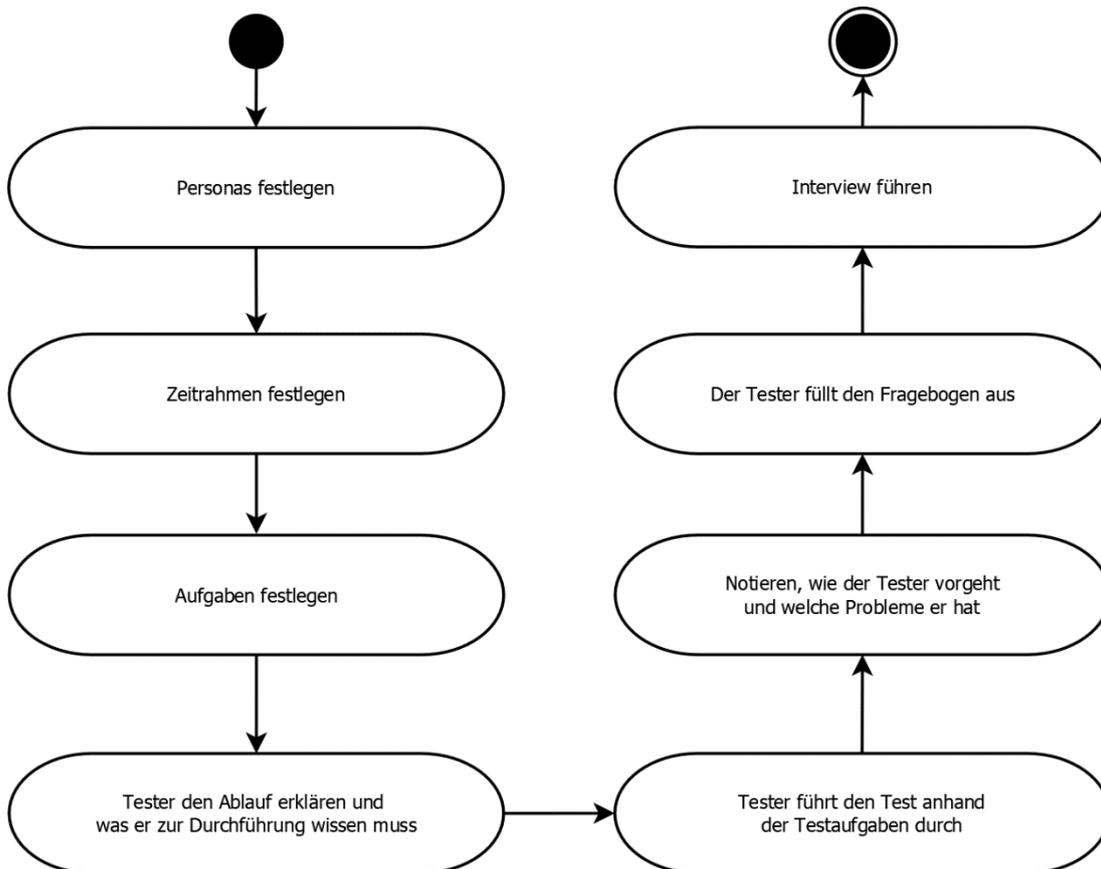


Abbildung 5: Aktivitätsdiagramm für die Nutzertests

Für den Fragenbogen, bei den Nutzertests und für die Heuristiken, bei den Expertentests, kann folgende Liste verwendet werden:

Nr.	Frage	Bewertung (0 = Schlecht bis 5 = sehr gut)	Antwort
Variable Wirksamkeit			
1	Ist während aller Interaktionen erkennbar was passiert? In welchen Situationen hat Ihnen entsprechendes Feedback gefehlt?		
2	Wie einfach ist es möglich Fehler rückgängig zu machen und rückgängig gemachte Schritte wiederherstellen?		
3	Konnte das Ziel mit der Anwendung erreicht werden?		

Tabelle 31: Generelle Checkliste (Variable Wirksamkeit)

Variable Zufriedenheit			
4	Werden zu viele Objekte von der Anwendung in die Szene eingefügt?		
5	Können ausreichend viele virtuelle Objekte selber in die Szene eingefügt werden?		
6	Ist die Anzahl der Eingabemöglichkeiten zufriedenstellend? (Marker, Tastatur, Maus Controller, Touch) Welche Eingabemöglichkeiten vermissen Sie?		
7	Ist die Anzahl der Interaktionsmöglichkeiten mit Objekten ausreichend? (z.B. bewegen, rotieren, usw.) Welche Interaktionsmöglichkeiten vermissen Sie?		
8	Sind alle zur Verfügung stehenden Interaktionsmöglichkeiten zufriedenstellend umgesetzt? Bei welchen Interaktionen kam es zu Problemen?		
9	Ist die Benutzer-Hilfe zufriedenstellend? Falls nicht, welche hätten Sie sich gewünscht? (Video, Text, Audio)		
10	Ist die Bewegungsfreiheit während der Interaktion zufriedenstellend?		
11	Waren die angezeigten Informationen ausreichend? Welche Informationen haben Ihnen gefehlt?		

Tabelle 32: Generelle Checkliste (Variable Zufriedenheit)

Variable Effizienz		
12	Ist die Ladezeit von virtuellen Objekten in der Szene zufriedenstellend?	
13	Sind die virtuellen Objekte korrekt in die reale Welt eingebunden? (Position, Textur, Größe)	
14	Werden die virtuellen Objekte nach der Veränderung ihrer Eigenschaften noch korrekt in der realen Welt dargestellt? (z.B. durch Animationen, rotieren, bewegen, usw.)	
15	Welche Aktionen / Feedback haben Sie vermisst, die Sie normalerweise in dieser Anwendung erwartet hätten, die aber nicht zur Verfügung standen?	
16	Wurde für alle Fehler eine entsprechende Warnmeldung angezeigt?	
17	Ist es einfach sich an die Funktionen der Anwendung zu erinnern?	
18	Ist die Anwendung einfach für Anfänger zu erlernen?	
19	Gibt es Funktionen, die Sie in der Anwendung vermissen, um die Anwendung bei wiederholter Verwendung effizienter benutzen zu können. (z.B. können Vorstellungsvideos übersprungen werden?)	
20	Wie einfach ist es, eine geeignete Position zu finden, damit die Oberfläche von der Kamera erkannt werden kann?	
21	Wird dem Benutzer ausreichend mitgeteilt, was während der Interaktion zu tun ist?	
22	Hat die Anwendung spezielle Anforderungen, welche die Benutzung erschweren? (Kamera, Marker, Telefon, GPS, Standort, Licht, Druck, Kalibrierung)	
23	Ist das Tracking-System stabil?	
24	Gibt es Situationen in denen das Trackingsystem nicht mehr richtig funktioniert.	
25	Gibt es Funktionen, Buttons, etc., die einen anderen Effekt hervorrufen, als erwartet?	
26	Ist immer erkennbar, welcher Button genutzt werden muss, um den gewünschten Effekt zu erzielen bzw. um das Ziel zu erreichen?	
27	Ist bei Benutzung der korrekten Aktion (in Abhängigkeit vom gewünschten Ziel) der Fortschritt zu erkennen gewesen?	
28	Gibt es lange Sequenzen von Eingaben zur Erreichung eines Ziels?	
29	Gibt es Schritte, welche schwer auszuführen waren?	
30	Gibt es Schritte, die ein Benutzer nicht natürlich ausprobieren würde? (z.B. Funktionen, die irgendwo in den Einstellungen versteckt sind)	
31	Gibt es Schritte, die viel Vorwissen benötigen? (z.B. Funktionen die deaktiviert sind, bis bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind)	

Tabelle 33: Generelle Checkliste (Variable Effizienz)

Gesamtzufriedenheit			
32	Wie hat Ihnen die Anwendung insgesamt gefallen? (Bezogen auf die Benutzbarkeit)		

Tabelle 34: Generelle Checkliste (Gesamtzufriedenheit)

5.2.2 Anpassungen für Spiele

Es musste nur die Frage „Konnte das Ziel mit der Anwendung erreicht werden?“ durch „Ist die Anwendung gut spielbar“ ausgetauscht werden. Bei komplexeren Spielen macht es unter Umständen Sinn nur bestimmte Bereiche des Spiels zu testen und dementsprechend Fragen zu stellen, die zu diesen Teilbereichen passen oder Fragen zu bestimmten Spielmechaniken zu stellen. Es sollte auch darauf geachtet werden, ob den Nutzern ausreichend mitgeteilt wird, wie das Spielprinzip funktioniert und was zu tun ist.

Zudem wurden bei allen drei getesteten Anwendungen die Fragen entfernt, welche sich auf Marker bezogen haben.

5.2.3 Anpassungen für Einrichtungsanwendungen

Es kann die Frage „Konnte das Ziel mit der Anwendung erreicht werden?“ durch „Konnten die Räume wie gewünscht eingerichtet werden“ ausgetauscht werden. Es sollte außerdem darauf geachtet werden, ob die Darstellung der Möbel realistisch ist und somit eine geeignete Vorschau für den Kauf der Möbel darstellt und ob genügend Informationen (wie Maße) darüber zur Verfügung stehen. Ebenso sollte darauf geachtet werden, ob genügend Objekte platziert werden können und auch Objekte miteinander verbunden werden können, dies ist wichtig, damit die Nutzer die Räume ausreichend einrichten können und die App eine geeignete Vorschau darstellt.

5.2.4 Anpassungen für Modellierungsanwendungen

Es kann die Frage „Konnte das Ziel mit der Anwendung erreicht werden?“ durch „Konnten Sie alle Szenen, die Sie erstellen wollten, mit der Anwendung umsetzen? Welche Aufgaben konnten nicht mit der Anwendung umgesetzt werden?“ ausgetauscht werden. Zu Beginn haben sich die Aufgaben stark an die Funktionalitäten der Anwendung orientiert. Dies wurde für den letzten Test durch komplexere Aufgaben ausgetauscht, die gewöhnliche Tätigkeiten widerspiegeln sollen, die mit der Anwendung gelöst werden. Diese Aufgaben sind sehr gut bei dem Tester angekommen, weil dieser sich dadurch einen eigenen Lösungsweg suchen musste und nicht nur einzelne Funktionalitäten testet. Bei diesen Anwendungen sollte besonders darauf geachtet werden, ob alle notwendigen Funktionalitäten zum Bearbeiten der Objekte zur Verfügung stehen und wie gut diese umgesetzt sind.

5.3 Test der Methodik

Die Methodik soll in einem finalen Test überprüft werden. Dazu wurde die Anwendung HoloStudio ausgewählt. Die Analyse der Features ergibt die gleiche Liste, wie die Features aus Kapitel 4.4.2 (siehe Tabelle 22 – 28) und die gleichen Personas, wie aus Kapitel 4.4.3 (siehe Tabelle 30). Im Folgenden stehen die Heuristiken, welche mithilfe der Personas und Feature-Listen beantwortet wurden.

Item	Bewertung	Kommentar
Variable Wirksamkeit		
Ist erkennbar was passiert, während aller Interaktionen?	5	Die Anwendung informiert immer gut über alles durch visuelles oder Audio Feedback
Wie einfach ist es möglich rückgängig machen und wiederherstellen auszuführen (also in einen vorherigen Zustand zurückzukehren)	5	Alle Änderungen können Rückgängig gemacht oder wiederhergestellt werden
Konnten Sie alle Szenen, die Sie erstellen wollten, mit der Anwendung umsetzen? Welche Aufgaben konnten nicht mit der Anwendung umgesetzt werden?	5	Ja, problemlos

Tabelle 35: Heuristiken zur Bewertung von HoloStudio (Variable Wirksamkeit)

Variable Zufriedenheit		
Werden zu viele Objekte von der Anwendung in die Szene eingefügt?	5	Es wird nur die Toolbox von der Anwendung selber eingefügt.
Können ausreichend viele virtuelle Objekte selber in die Szene eingefügt werden?	2	Wenn große Objekte eingefügt werden, ist schon nach 5-6 Objekten die Grenze erreicht.
Ist die Anzahl der Interaktionsmöglichkeiten zufriedenstellend? (Marker, Tastatur, Maus Controller, Touch)	5	Ja, Gesten und Sprache
Sind alle zur Verfügung stehenden Interaktionsmöglichkeiten zufriedenstellend umgesetzt? Bei welchen Interaktionen kam es zu Problemen?	3	Die Sprachsteuerung funktioniert bei einigen Werkzeugen schlecht bis gar nicht.
Ist die Benutzer-Hilfe zufriedenstellend? Falls nicht, welche hätten Sie sich gewünscht? (Video, Text, Audio)	5	Es werden alle Werkzeuge in Tutorial-Videos erklärt.
Ist die Bewegungsfreiheit während der Interaktion zufriedenstellend?	5	Es kann sich frei im Raum bewegt werden
Waren die angezeigten Informationen ausreichend? Welche Informationen haben Ihnen gefehlt?	3	Nicht alle Werkzeuge lassen sich instinktiv aus den Buttons ableiten.

Tabelle 36: Heuristiken zur Bewertung von HoloStudio (Variable Zufriedenheit)

Variable Effizienz		
Ist die Ladezeit von virtuellen Objekten in der Scene zufriedenstellend?	5	Es wurde alles ohne Verzögerung geladen
Sind die virtuellen Objekte korrekt in die reale Welt eingebunden? (Position, Textur, Größe)	3	Die Objekte gehen häufig durch reale Objekte durch und reagieren nicht auf Veränderung der Umwelt
Werden die virtuellen Objekte nach der Veränderung ihrer Eigenschaften noch korrekt in der realen Welt dargestellt? (z.B. durch Animationen, rotieren, bewegen, usw.)	5	Die Objekte reagieren nicht auf Änderungen der realen Gegenstände
Welche Aktionen / Feedback haben Sie vermisst, die Sie normalerweise in dieser Anwendung erwartet hätten, die aber nicht zur Verfügung standen?	5	Die Objekte reagieren nicht auf Änderungen der realen Gegenstände.
Wurde für alle Fehler eine entsprechende Warnmeldung angezeigt?	4	Ab und zu hat sich die Anwendung ohne erkenntlichen Grund geschlossen
Ist es einfach sich an die Funktionen der Anwendung zu erinnern?	5	Alle Funktionen sind sehr einprägsam
Ist die Anwendung einfach für Anfänger zu erlernen?	5	Sehr leicht und es gibt für alle Werkzeuge Tutorial-Videos
Gibt es Funktionen, die Sie in der Anwendung vermissen, um die Anwendung bei wiederholter Verwendung effizienter benutzen zu können. (z.B. können Vorstellungsvideos übersprungen werden?)	5	keine
Wie einfach ist es, eine geeignete Position zu finden, damit die Oberfläche von der Kamera erkannt werden kann?	5	Sehr einfach, es gab keinerlei Probleme bei der Erkennung der Umwelt
Wird dem Benutzer ausreichend mitgeteilt, was während der Interaktion zu tun ist?	5	Dem Benutzer wird immer ausreichend mitgeteilt, was zu tun ist
Hat die Anwendung spezielle Anforderungen, welche die Benutzung erschweren? (Kamera, Marker, Telefon, GPS, Standort, Licht, Druck, Kalibrierung)	3	Die Hololens ist nach einiger Zeit sehr unangenehm zu tragen

Tabelle 37: Heuristiken zur Bewertung von HoloStudio (Variable Effizienz)

Ist das Tracking-System stabil?	5	Keine Probleme
Gibt es Situationen in denen das Trackingsystem nicht mehr richtig funktioniert.	5	Keine Probleme
Ist immer erkennbar, welcher Button genutzt werden muss, um den gewünschten Effekt zu erzielen bzw. um das Ziel zu erreichen?	3	Manche Buttons sind nicht sehr intuitiv
Ist bei Benutzung der korrekten Aktion (in Abhängigkeit vom gewünschten Ziel) der Fortschritt zu erkennen gewesen?	5	Es gibt immer sehr gutes Feedback
Gibt es lange Sequenzen von Eingaben zur Erreichung eines Ziels?	5	Keine
Gibt es Schritte, welche schwer auszuführen waren?	3	Einige Funktionen wie Glue-touch sind recht fummelig auszuführen
Gibt es Schritte, die ein Benutzer nicht natürlich ausprobieren würde? (z.B. Funktionen, die irgendwo in den Einstellungen versteckt sind)	3	Es gibt einige Subfunktionen (wie Glue-touch), auf die man nicht auf Anhieb kommen würde.

Tabelle 38: Heuristiken zur Bewertung von HoloStudio (Fortsetzung Variable Effizienz)

Gesamtzufriedenheit		
Wie hat Ihnen die Anwendung insgesamt gefallen? (Bezogen auf die Benutzbarkeit)	5	Die Anwendung ist gut zu bedienen, die Funktionen sind bei wiederholter Benutzung sehr einprägsam und es ist möglich die Objekte als Favoriten speichern, um sie später wieder zu verwenden.

Tabelle 39: Heuristiken zur Bewertung von HoloStudio (Gesamtzufriedenheit)

Der Nutzertest fand mit einem Studenten (Bachelor Medieninformatik) in einem Testlabor statt. Der Tester hat sehr viel Erfahrung mit ähnlichen Anwendungen und ist sehr erfahren mit Testsituationen. In dem Test wurden ihm folgende Aufgaben gestellt:

- Baue ein Objekt, welches aus mindestens 3 Objekten zusammengesetzt ist, dabei soll jedes Teil unterschiedlich gefärbt sein.
- Kopiere das Objekt und stelle es um 180° gedreht gegenüber von dem ersten Objekt ohne jedes Teil des ersten Objektes einzeln zu kopieren und bewegen und das kopierte Objekt einheitlich in einer Farbe deiner Wahl.

-
- Baue ein anderes zusammengesetztes Objekt und stelle es so auf, dass es auf die beiden anderen Objekte blickt.
 - Wiederhole den 2. Schritt für das neue Objekt
 - Bewege alle Objekte gemeinsam auf unterschiedliche Oberflächen in dem Raum.
 - Lösche eines der Objekte
 - Vergrößere das Objekt, von dem es noch eine Kopie gibt und verkleinere dessen Kopie
 - Vergrößere nur die Höhe des Objekts ohne Kopie.
 - Sichere die Szene oder die einzelnen Objekte
 - Erstelle eine neue Szene mit nur einem der drei Objekte aus der vorigen Szene
 - Ersetze ein Teil an dem importierten Objekt durch ein anderes noch nicht verwendetes
 - Benenne das Objekt, füge den Namen über das Objekt in die Szene ein und mache einen Screenshot davon

Für die Aufgaben bekam er als Zeitvorgabe mindestens 30 Minuten vorgegeben. Eine maximale Zeit zum Testen wurde nicht vorgegeben. Da der Tester viel Erfahrung mit ähnlichen Anwendungen und Testsituationen hatte, wurde nur wenig Hilfestellung während des Tests gegeben. Der Tester hatte zum Teil Schwierigkeiten die notwendigen Funktionen zu finden, um seine Aufgaben zu lösen. Zudem hatte er besonders zu Beginn Probleme mit der Steuerung der HoloLens. Er hat bemängelt, dass es keine richtige Interaktion der Anwendung mit realen Objekten gibt und hat angemerkt, dass nicht alle Funktionen sehr intuitiv sind und immer erst die ganzen Tutorial-Videos angesehen werden müssen und es keine andere Hilfestellung als diese gibt. Im Anschluss daran wurde ein Interview mit ihm geführt. In dem Interview wurde auf einige Punkte eingegangen, bei denen er Schwierigkeiten während des Testens hatte. Hier ist besonders aufgefallen, dass ihm das Headset nach längerer Verwendung Kopfschmerzen bereitet hat, da es unbequem zu tragen war. Außerdem hat er angemerkt, dass der Fragebogen all seine Kritik aufgegriffen hat und er die Aufgaben sehr gut fand.

6 Fazit

Im Folgenden werden die Ergebnisse dieser Arbeit zusammengefasst und ein Ausblick für weitere Arbeiten mit der erarbeiteten Methodik wird gegeben.

6.1 Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Methodik entwickelt, mit der die Benutzbarkeit von Augmented-Reality-Anwendungen bewertet werden kann. Hierfür wurden zunächst bestehende Bewertungsmethoden angesehen und kategorisiert. Dann wurden Repräsentanten für die Kategorien ausgewählt und in einigen Tests erprobt. Aus diesen Tests wurde dann eine Methodik abgeleitet, die für die Bewertung der Benutzbarkeit von Augmented-Reality-Anwendungen verwendet werden kann und ebenfalls in einem Test erprobt. In den Tests wurden drei Anwendungen erprobt und festgestellt, dass nur geringe Anpassungen der generellen Methodik an die einzelnen Anwendungen notwendig sind.

Zusätzlich zur Methodik wurde auch ein Fragebogen ausgearbeitet, der ebenfalls für die Beurteilung von AR-Anwendungen verwendet werden kann. Grundlage dieses Fragebogens war eine Checkliste von Guimarães 2014. Diese Checkliste wurde aufgrund der durchgeführten Tests angepasst und erweitert.

Die Methodik wird dabei in Expertentests und Nutzertests eingeteilt. Bei den Expertentests sollten Personas für potenzielle Nutzergruppen erstellt werden, die Features der Anwendung genau analysiert werden und anschließend die Anwendung anhand des erwähnten Fragebogens bewertet werden. Für die Nutzertests sollten Personas für die Tester erstellt werden, um festzulegen wieviel Hilfestellung den Testern gegeben werden soll. Vor den Tests muss den Testern eventuell die Steuerung des Geräts genauer erklärt werden, sofern dieses eine spezielle Eingabe benötigt. Dies kann bei neuartigen Geräten, wie der HoloLens, nötig sein, mit denen die Anwender unter Umständen bisher keine Erfahrung hatten. Während des Tests sollten die Tester ihre Gedanken und Abläufe genau mitteilen, so dass der Prüfer immer nachvollziehen kann, wie die Vorgehensweise zur Lösung der Aufgaben ist. Nach den Tests sollten die Benutzer ebenfalls den Fragebogen ausfüllen und anschließend kann ein Interview geführt werden, um auf gefundene Probleme genauer einzugehen. Besonders zu beachten ist bei den Nutzertests, dass die Benutzung von Head-Mounted-Displays noch etwas unkomfortabel ist und die Tester deswegen vielleicht die Anwendung schlechter bewerten.

6.2 Ausblick

Für die Erstellung der Methodik wurden nur einige der vorgestellten Methoden als Repräsentanten ausgewählt und getestet. In zukünftigen Arbeiten könnten noch weitere Bewertungsmethoden überprüft werden und in die Methodik mit eingebaut werden. Es könnten weitere Anwendungen mit der Methodik geprüft werden, um festzustellen welche Anpassungen für diese notwendig sind. Es könnten außerdem noch weitere Personas für die Expertentests erstellt werden oder die Profile der Tester für die Nutzertests könnten weiter verfeinert werden und genauere Vorgehensweisen für den Umgang mit den Testern festgelegt werden. So sind beispielweise Profile für besonders begeisterte oder ablehnende Tester denkbar oder das Vorgehen für Tester mit besonders viel oder wenig Erfahrung mit AR. Es könnte auch das bisherige Verfahren noch mit weiteren Testern überprüft und falls notwendig erweitert werden. Die bisherigen Tests fanden alle mit relativ ähnlichen Nutzern im Alter von 20 bis 35 statt.

7 Anhang

1 Fragebögen	71
1.1 Ikea Place, Test 1	72
1.2 Ikea Place, Test 2	76
1.3 Ikea Place, Test 3	80
1.4 Stack-It-AR, Test 1	84
1.5 Stack-It-AR, Test 2	88
1.6 Stack-It-AR, Test 3	92
1.7 HoloStudio, Test 1	96
1.8 HoloStudio, Test 2	100
1.9 HoloStudio, Test 3	105

1 Fragebögen

1.1 Ikea Place, Test 1

IKEA-Place

Nr.	Frage	Bewertung*	Kommentar
Variable Wirksamkeit			
1	Ist erkennbar was passiert, während aller Interaktionen?	5	Ja
2	Wie einfach ist es möglich rückgängig machen und wiederherstellen auszuführen (also in einen vorherigen Zustand zurückzukehren)	5	Es Problemlos
3	Konnte das Ziel mit der Anwendung erreicht werden?	5	Ja
Variable Zufriedenheit			
4	Ist die Anzahl der virtuellen Objekte in der Szene angemessen?	5	Hier wird werden keine virtuellen Objekte von der Vorgabe. Die Anzahl der virtuellen Objekte steht einem frei zur Auswahl
5	Ist die Anzahl der Interaktionsmöglichkeiten zufriedenstellend? (Marker, Tastatur, Maus Controller, Touch)	5	Ja
6	Ist die Benutzer-Hilfe zufriedenstellend? (Video, Text, Audio)	5	Es werden keine "Hilfen" angeboten, dieses ist aber auch nicht nötig gewesen, da alles →
7	Ist die Interaktions-Lösung zufriedenstellend?	5	Ja
8	Ist die Bewegungsfreiheit während der Interaktion zufriedenstellend? (Muss man nicht die ganze Zeit in Richtung der Kamera sehen)	5	Man kann die Kamera an jeden beliebigen Punkt binden und die Objekte bleiben zum einen →
9	Waren die angezeigten Informationen ausreichend?	5	Ja
10	Können virtuelle und reale Objekte in zufriedenstellender Art zueinander ausgerichtet werden?	4	Dieses war sehr gut möglich. Allenfalls einen "Bug" der die virtuellen Objekte viel zu klein →
Variable Effizienz			
11	Ist die Ladezeit von virtuellen Objekten in der Szene zufriedenstellend?	4	Der Katalog zeigte oftmals die Objekte erst an, wenn man einmal auf diesen geklickt hat →
12	Sind die virtuellen Objekte korrekt in die reale Welt eingebunden? (Position, Textur, Größe)	4	Siehe Nr. 10
13	Stimmt die Animation der virtuellen Objekte mit der realen Welt überein?	5	Die Objekte haben liefen sich problemlos verschieben, drehen etc.
14	Sind Aktionen / Feedback standardisiert? (z.B. eine Umrandung wird an der Außenseite der getrackten Objekte hinzugefügt)	5	Beim Bestätigen des Objektes bekommt man eine kleine Vibration sobald das ausgewählte Objekt auf -
15	Gibt es eine Fehlererkennung? (z.B., wenn der Benutzer einen unerwarteten Marker zeigt, wird eine Fehlermeldung angezeigt)	3	Es gibt keine Fehlererkennung und es erfolgt auch keine Fehlermeldung als der im Punkt 10.
16	Ist es einfach sich an die Funktionen der Anwendung zu erinnern? (z.B., ist es einfach sich an die Funktionen eines Markers zu erinnern?)	5	Ja, war es.
17	Wie steil ist die Lernkurve für Anfänger?	5	Die Lernkurve ist relativ konstant geblieben, da die Funktionen verständlich waren.
18	Können erfahrene Benutzer die Anwendung in optimierter Weise benutzen (z.B., können Vorstellungsvideos übersprungen werden?)	4	Durch das Tippen auf das ausgewählte Objekt, fand auch eine Bestätigung statt. Diese Funktion übernimmt sonst der Ratte mit d. 11-11 m

- ⑥ intuitiv klar gewesen ist. Nachtrag: Bei Raumszenen wurden Hilfsstellungen gegeben, die jedoch nicht zum abschließen der Funktion „Raumszenen“ geführt hatten. Ebenso waren die Texte teilweise ~~objektiver~~ ~~genauer~~ gewesen.
- ⑧ nachdem zuvor festgelegt wurde, dass der Standpunkt, andererseits kann man das Objekt mit der Kamerabewegung mitfahren.
- ⑩ darstellte wurde beseitigt.
- ⑪ sonst hat man nur eine weiße Oberfläche gehabt.
- ⑬ dem Boden „aufsetzt“.
- ⑮ angeschaut „Be“ vor-kam. Das Problem lies sich intuitiv mit einem Neustart der App regeln.

Nr.	Frage	Bewertung*	Kommentar
19	Ist es einfach, die Kamera in einer geeigneten Position und Orientierung zu halten, damit der Raum erkannt wird?	3	Anfang benötigt die App keine Raumscannung die Objekte zu platzieren, es lagte das „normale“ Kamerabild →
20	Wird dem Benutzer mitgeteilt, was zu tun ist, während der Interaktion?	5	Nur bis der Raumscannung
21	Gibt es spezielle Voraussetzungen? (Kamera, Marker, Telefon, GPS, Standort, Licht, Druck, Kalibrierung)	5	Kamera, Licht
22	Ist das Tracking-System stabil?	3	Es kam vor, dass die Objekte nach der Auswahl nicht angezeigt wurde oder nach der Bestätigung
23	Funktioniert das Tracking-System auch, wenn es mehr wie ein Objekt in der Szene erkennt, bzw. wird die Anwendung weiterhin korrekt ausgeführt?	5	Wenn alles okay geht wird siehe Nr 22, dann funktioniert es problemlos
24	Gibt es Funktionen, Buttons, etc. die einen anderen Effekt hervorrufen, als erwartet?	4	Das Informations symbol wird als Hand Handfläche für dargestellt. →
25	Ist immer erkennbar, welcher Button genutzt werden muss, um den gewünschten Effekt zu erzielen bzw. um das Ziel zu erreichen?	4	Der Button für den Screenshot sieht „nicht Funktion.“ gerecht aus Nr 25: Ja
26	Ist bei Benutzung der korrekten Aktion (in Abhängigkeit vom gewünschten Ziel) der Fortschritt zu erkennen gewesen?	5	Ja
27	Gibt es lange Sequenzen von Eingaben zur Erreichung des Ziels?	4	Manche dauert es ein wenig bis der Katalog geladen wird siehe Nr. 11.
28	Gibt es schwerfällige Schritte?	1	Die Raumscannung hat nicht funktioniert wird scheinbar aber auch nicht explizit gebraucht
29	Gibt es Schritte, die ein Benutzer nicht natürlich ausprobieren würde?	5	Nein
30	Gibt es Schritte, die viel Vorwissen benötigen?	5	Nein. Für die Raumscannung wird eine Hilfestellung gegeben

* Bewertung: 0 = Schlecht bis 5 = sehr gut

Sonstige Anmerkungen:

Gesamtbewertung: Die App ist leicht zu bedienen und aufgetretene Fehler können mit einem Neustart behoben werden. Lediglich die Raumscannung ist schwer bis gar nicht durchführbar gewesen

(19) Nachdem jedoch der Super-inkulturs-Bug versucht wurde mit den Funktion „Raum neu ~~aktivieren~~“ zu beheben, wurde erachtet, dass die Funktion & trotz Hilfestellung nicht durchführbar war. Diesen Vorgang abzubrechen ~~war~~ war offensichtlich nicht möglich und wurde aus irgendwelchen Umständen nach einer gewissen Zeit selbst von der App beendet.

(22) verschwunden waren.

1.2 Ikea Place, Test 2

IKEA-Place

Nr.	Item	Bewertung*	Kommentar
Variable Wirksamkeit			
1	Ist während aller Interaktionen erkennbar was passiert? (Feedback)	5	Lief stabil
2	Wie einfach ist es möglich Fehler rückgängig zu machen und rückgängig gemachte Schritte wiederherstellen?	4	Ging nicht
3	Konnte das Ziel mit der Anwendung erreicht werden?	5	Hat geklappt
Variable Zufriedenheit			
4	Ist die Anzahl der virtuellen Objekte in der Szene angemessen?	3	nicht immer der Größe entsprechend
5	Ist die Anzahl der Eingabemöglichkeiten zufriedenstellend? (Marker, Tastatur, Maus Controller, Touch)	5	angenehm zu bedienen
6	Ist die Anzahl der Interaktionsmöglichkeiten mit virtuellen Objekten ausreichend? (z.B. bewegen, rotieren, usw.)	5	ging reibungslos
7	Sind alle zur Verfügung stehenden Interaktionsmöglichkeiten mit virtuellen Objekten zufriedenstellend umgesetzt?	5	hat alles geklappt
8	Ist die Benutzer-Hilfe zufriedenstellend? Falls nicht, welche hätten Sie sich gewünscht? (Video, Text, Audio)	1	Gab keine

Nr.	Item	Bewertung*	Kommentar
9	Ist die Bewegungsfreiheit während der Interaktion zufriedenstellend?	5	hat gut geklappt
10	Waren die angezeigten Informationen ausreichend?	5	auf den ersten Blick ja
Variable Effizienz			
11	Ist die Ladezeit von virtuellen Objekten in der Szene zufriedenstellend?	5	Echtzeit
12	Sind die virtuellen Objekte korrekt in die reale Welt eingebunden? (Position, Textur, Größe)	3	teilweise ja
13	Werden die virtuellen Objekte nach der Veränderung ihrer Eigenschaften noch korrekt in der realen Welt dargestellt? (z.B. durch Animationen, rotieren, bewegen, usw.)	3	teilweise
14	Gibt es Aktionen / Feedback, welche Sie normalerweise in dieser Anwendung erwartet hätten, die aber nicht zur Verfügung standen?	5	nein
15	Gibt es eine Fehlererkennung? (wird bei Fehlern eine entsprechende Warnung angezeigt)	5	nein
16	Ist es einfach sich an die Funktionen der Anwendung zu erinnern?	5	ja

Nr.	Item	Bewertung*	Kommentar
17	Wie steil ist die Lernkurve für Anfänger?	5	Sehr steil
18	Gibt es Funktionen, die Sie in der Anwendung vermissen, um die Anwendung bei wiederholter Verwendung effizienter benutzen zu können. (z.B., können Vorstellungsvideos übersprungen werden?)	5	nein
19	Ist es einfach, eine geeigneten Position zu finden, damit die Oberfläche von der Kamera erkannt werden kann?	5	ja
20	Wird dem Benutzer ausreichend mitgeteilt, was während der Interaktion zu tun ist?	3	teilweise
21	Gibt es spezielle Voraussetzungen, welche die Benutzung der Anwendung erschweren? (Kamera, Marker, Telefon, GPS, Standort, Licht, Druck, Kalibrierung)	5	nein
22	Ist das Tracking-System stabil?	3	teilweise
23	Funktioniert das Tracking-System auch, wenn es mehr wie ein Objekt in der Szene erkennt, bzw. wird die Anwendung weiterhin korrekt ausgeführt?	5	ja
24	Gibt es Funktionen, Buttons, etc. die einen anderen Effekt hervorrufen, als erwartet?	5	nein

Nr.	Item	Bewertung*	Kommentar
25	Ist immer erkennbar, welcher Button genutzt werden muss, um den gewünschten Effekt zu erzielen bzw. um das Ziel zu erreichen?	5	ja
26	Ist bei Benutzung der korrekten Aktion (in Abhängigkeit vom gewünschten Ziel) der Fortschritt zu erkennen gewesen?	5	ja
27	Gibt es lange Sequenzen von Eingaben zur Erreichung eines Ziels?	5	nein
28	Gibt es schwerfällige Schritte?	5	nein
29	Gibt es Schritte, die ein Benutzer nicht natürlich ausprobieren würde? (z.B. Funktionen die irgendwo in den Einstellungen versteckt sind)	5	keine Ahnung
30	Gibt es Schritte, die viel Vorwissen benötigen? (z.B. Funktionen die deaktiviert sind, bis bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind)	5	nein
Gesamtzufriedenheit			
31	Wie hat Ihnen die Anwendung insgesamt gefallen? (Bezogen auf die Benutzbarkeit)	5	sehr gut

* Bewertung: 0 = Schlecht bis 5 = sehr gut

1.3 Ikea Place, Test 3

IKEA-Place

Nr.	Item	Bewertung*	Kommentar
Variable Wirksamkeit			
1	Ist während aller Interaktionen erkennbar was passiert? (Feedback)	4	war alles ok.
2	Wie einfach ist es möglich Fehler rückgängig zu machen und rückgängig gemachte Schritte wiederherstellen?	3	teil 1 ging und teil 2 ging nicht
3	Konnte das Ziel mit der Anwendung erreicht werden?	5	Ja hat geklappt
Variable Zufriedenheit			
4	Ist die Anzahl der virtuellen Objekte in der Szene angemessen?	4	fand ich ausreichend
5	Ist die Anzahl der Eingabemöglichkeiten zufriedenstellend? (Marker, Tastatur, Maus Controller, Touch)	2	Touch war gut
6	Ist die Anzahl der Interaktionsmöglichkeiten mit virtuellen Objekten ausreichend? (z.B. bewegen, rotieren, usw.)	2	ist ausreichend
7	Sind alle zur Verfügung stehenden Interaktionsmöglichkeiten mit virtuellen Objekten zufriedenstellend umgesetzt?	3	Ja war ok.
8	Ist die Benutzer-Hilfe zufriedenstellend? Falls nicht, welche hätten Sie sich gewünscht? (Video, Text, Audio)	1	ich habe keine Benutzerhilfe gefunden

Nr.	Item	Bewertung*	Kommentar
9	Ist die Bewegungsfreiheit während der Interaktion zufriedenstellend?	5	hat gut funktioniert
10	Waren die angezeigten Informationen ausreichend?	4	Etwas mehr wäre schön
Variable Effizienz			
11	Ist die Ladezeit von virtuellen Objekten in der Szene zufriedenstellend?	5	Ja ist zufriedenstellend
12	Sind die virtuellen Objekte korrekt in die reale Welt eingebunden? (Position, Textur, Größe)	4	etwas zu groß
13	Werden die virtuellen Objekte nach der Veränderung ihrer Eigenschaften noch korrekt in der realen Welt dargestellt? (z.B. durch Animationen, rotieren, bewegen, usw.)	3	teilweise
14	Gibt es Aktionen / Feedback, welche Sie normalerweise in dieser Anwendung erwartet hätten, die aber nicht zur Verfügung standen?	1	mehr Informationen wie was funktioniert musste man selber heraus finden
15	Gibt es eine Fehlererkennung? (wird bei Fehlern eine entsprechende Warnung angezeigt)	1	nein
16	Ist es einfach sich an die Funktionen der Anwendung zu erinnern?	2	wenn man es öfters nutzen würde dann ja

Nr.	Item	Bewertung*	Kommentar
17	Wie steil ist die Lernkurve für Anfänger?	5	sehr steil
18	Gibt es Funktionen, die Sie in der Anwendung vermissen, um die Anwendung bei wiederholter Verwendung effizienter benutzen zu können. (z.B., können Vorstellungsvideos übersprungen werden?)	2	man kann gelöschte Sachen nicht wieder herstellen
19	Ist es einfach, eine geeigneten Position zu finden, damit die Oberfläche von der Kamera erkannt werden kann?	3	ja so
20	Wird dem Benutzer ausreichend mitgeteilt, was während der Interaktion zu tun ist?	1	nein
21	Gibt es spezielle Voraussetzungen, welche die Benutzung der Anwendung erschweren? (Kamera, Marker, Telefon, GPS, Standort, Licht, Druck, Kalibrierung)	4	nicht festgestellt
22	Ist das Tracking-System stabil?	3	teilweise
23	Funktioniert das Tracking-System auch, wenn es mehr wie ein Objekt in der Szene erkennt, bzw. wird die Anwendung weiterhin korrekt ausgeführt?	5	ja
24	Gibt es Funktionen, Buttons, etc. die einen anderen Effekt hervorrufen, als erwartet?	4	nein

Nr.	Item	Bewertung*	Kommentar
25	Ist immer erkennbar, welcher Button genutzt werden muss, um den gewünschten Effekt zu erzielen bzw. um das Ziel zu erreichen?	3	teilweise
26	Ist bei Benutzung der korrekten Aktion (in Abhängigkeit vom gewünschten Ziel) der Fortschritt zu erkennen gewesen?	5	ja
27	Gibt es lange Sequenzen von Eingaben zur Erreichung eines Ziels?	5	nein
28	Gibt es schwerfällige Schritte?	5	nein
29	Gibt es Schritte, die ein Benutzer nicht natürlich ausprobieren würde? (z.B. Funktionen die irgendwo in den Einstellungen versteckt sind)	4	nicht gefunden
30	Gibt es Schritte, die viel Vorwissen benötigen? (z.B. Funktionen die deaktiviert sind, bis bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind)	4	nein
Gesamtzufriedenheit			
31	Wie hat Ihnen die Anwendung insgesamt gefallen? (Bezogen auf die Benutzbarkeit)	4	ganz okay

* Bewertung: 0 = Schlecht bis 5 = sehr gut

Sonstige Anmerkungen:

1.4 Stack-It-AR, Test 1

Stack-It-AR			
Nr.	Item	Bewertung*	Kommentar
Variable Wirksamkeit			
1	Ist erkennbar was passiert, während aller Interaktionen?	3	- Am Anfang war es unverständlich, wie washeraus stattgefunden hat - Manche Symbole passen nicht ^{optisch zu} den bezeichneten Funktionen kein "Fokus" →
X 2	Wie einfach ist es möglich, "rückgängig" machen und wiederherstellen" auszuführen (also in einen vorherigen Zustand zurückzukehren)		
3	Konnte das Ziel mit der Anwendung erreicht werden?	3	Man Nachdem das Spiel seinen "Fokus" gefunden hat, war es recht gut spielbar →
Variable Zufriedenheit			
4	Ist die Anzahl der virtuellen Objekte in der Szene angemessen?		siehe Nr 3
5	Ist die Anzahl der Interaktionsmöglichkeiten zufriedenstellend? (Marker, Tastatur, Maus Controller, Touch)	5	Ja
6	Ist die Benutzer-Hilfe zufriedenstellend? (Video, Text, Audio)	1	Keine vorhanden
7	Ist die Interaktions-Lösung zufriedenstellend?	5	Ausgehend von Spielprinzip ist die Interaktionumfang zufriedenstellend
8	Ist die Bewegungsfreiheit während der Interaktion zufriedenstellend? (Muss man nicht die ganze Zeit in Richtung der Kamera sehen)	2	Man musste schon öfters "aufstehen" mit dem Gerät in die "Höhe" gehen, da man sonst →
9	Waren die angezeigten Informationen ausreichend?	5	Ja
10	Gab es Momente in denen das Interface das Gameplay gestört hat (z.B. durch störende Buttons oder unnötige Informationen)	5	Nein
Variable Effizienz			
11	Ist die Ladezeit von virtuellen Objekten in der Szene zufriedenstellend?	5	Ja
12	Sind die virtuellen Objekte korrekt in die reale Welt eingebunden? (Position, Textur, Größe)	3	siehe Nr 8 Größenverhältnis
13	Stimmt die Animation der virtuellen Objekte mit der realen Welt überein?	5	Ja
14	Sind Aktionen / Feedback standardisiert? (z.B. eine Umrandung wird an der Außenseite der getrackten Objekte hinzugefügt)	5	Eine perfekte "Überlappung" wird mit einem Marker-Icon unterkört, eine nicht perfekte "..." mit einem Bruchton → gut gemacht
15	Gibt es eine Fehlererkennung? (z.B., wenn der Benutzer einen unerwarteten Marker zeigt, wird eine Fehlermeldung angezeigt)	5	Ja
16	Ist es einfach sich an die Funktionen der Anwendung zu erinnern? (z.B., ist es einfach sich an die Funktionen eines Markers zu erinnern?)	5	Ja

① z.B. Screenshot-Symbol

③ = Wenn man allerdings den Fokus verliert, ~~das~~ so kann es passieren, dass ^{sich} die Darstellung dahingehend verändert, dass man es nicht mehr spielen kann.

⑧ das Verhältnis und den Überblick zu den „Kacheln“ nicht mehr hat.

Nr.	Item	Bewertung*	Kommentar
17	Wie steil ist die Lernkurve für Anfänger?		Sobald man einmal herausgefunden hat, wie das Spiel in seinen Grundzügen funktioniert, ist es ein „Selbstläufer“
X 18	Können erfahrene Benutzer die Anwendung in optimierter Weise benutzen (z.B., können Vorstellungsvideos übersprungen werden?)		
19	Ist es einfach, den eine geeigneten Position zu finden, damit die Oberfläche von der Kamera erkannt werden kann?	2	Große Schwierigkeiten damit gehabt.
20	Wird dem Benutzer mitgeteilt, was zu tun ist, während der Interaktion?	2	Nicht wirklich. Nur die Positionierung für den Kamera Winkel, der nicht wirklich gut funktioniert siehe Nr 19
21	Gibt es spezielle Voraussetzungen? (Kamera, Marker, Telefon, GPS, Standort, Licht, Druck, Kalibrierung)	3	Kamera, Gut erkennbare Oberfläche Licht ist aber, schlecht erkennbar, was die ->
22	Ist das Tracking-System stabil?	4	Überwiegend ja - jedoch kann es auch vor, dass die Darstellung nach einem Fokus verliert ->
23	Funktioniert das Tracking-System auch, wenn es mehr wie ein Objekt in der Szene erkennt, bzw. wird die Anwendung weiterhin korrekt ausgeführt?	4	Ja + Siehe Probleme Nr 22
24	Gibt es Funktionen, Buttons, etc. die einen anderen Effekt hervorrufen, als erwartet?	4	Unklar - Unklar ist, welche Funktion die „Diamanten“ haben
25	Ist immer erkennbar, welcher Button genutzt werden muss, um den gewünschten Effekt zu erzielen bzw. um das Ziel zu erreichen?	4	Das Symbol  welche den „Schatten“ einblenden/ausblenden soll. war nicht sofort ersichtlich
26	Ist bei Benutzung der korrekten Aktion (in abhängigkeit vom gewünschten Ziel) der Fortschritt zu erkennen gewesen?	5	Ja
27	Gibt es lange Sequenzen von Eingaben zur Erreichung des Ziels?	4	Mitunter leichter Delay bei
28	Gibt es schwerfällige Schritte?	1	Fokus zu finden
29	Gibt es Schritte, die ein Benutzer nicht natürlich ausprobieren würde?	5	Nein
30	Gibt es Schritte, die viel Vorwissen benötigen?	5	Nein

* Bewertung: 0 = Schlecht bis 5 = sehr gut

Sonstige Anmerkungen:

Zu 6: Die alleinige Symbolik ~~ist~~, wie an den idealen Fokus herankommen soll recht in der Hinsicht nicht aus, da ~~aber~~ man trotz der angegebenen Vorgehensweise nicht zum gewünschten Ergebnis kommt.

Gesamtbewertung: Das größte Problem ist die Fokussuche um das Spiel überhaupt zum laufen zu bekommen. Hat man diesen Schritt bewältigt -> ~~ist das Spiel akzeptiert zu spielen sofern ein~~

(21) App darunter verschlt. ~~ist~~ Gute Bedienung

(22) anders dargestellt wurde und das spielen unspielbar machte

(25) Bzw ändert der Batto dies Bezüglich gemacht.

und sich ~~zu~~ mit den „Höhenanpassung“ vertraut gemacht, ist das Spiel recht problemlos zu spielen.

1.5 Stack-It-AR, Test 2

Stack-It-AR

Nr.	Item	Bewertung*	Kommentar
Variable Wirksamkeit			
1	Ist während aller Interaktionen erkennbar was passiert? (Feedback)	2	Es sieht ziemlich unübersichtlich aus
2	Wie einfach ist es möglich Fehler rückgängig zu machen und rückgängig gemachte Schritte wiederherstellen?	3	Ist relativ einfach
3	Ist die Anwendung gut spielbar?	1	Nein, es ist viel zu unübersichtlich und unstrukturiert
Variable Zufriedenheit			
4	Ist die Anzahl der virtuellen Objekte in der Szene angemessen?	3	Ist okay
5	Ist die Anzahl der Eingabemöglichkeiten zufriedenstellend? (Marker, Tastatur, Maus Controller, Touch)	3	Ist zufriedenstellend
6	Ist die Anzahl der Interaktionsmöglichkeiten mit virtuellen Objekten ausreichend? (z.B. bewegen, rotieren, usw.)	2	Ist ein etwas verwirrend
7	Sind alle zur Verfügung stehenden Interaktionsmöglichkeiten mit virtuellen Objekten zufriedenstellend umgesetzt?	3	Ist okay
8	Ist die Benutzer-Hilfe zufriedenstellend? Falls nicht, welche hätten Sie sich gewünscht? (Video, Text, Audio)	2	Könnte etwas einfacher gestaltet sein

Nr.	Item	Bewertung*	Kommentar
9	Ist die Bewegungsfreiheit während der Interaktion zufriedenstellend?	4	ist gut
10	Waren die angezeigten Informationen ausreichend?	2	Nein, könnten mehr Informationen sein
11	Gab es Momente in denen das Interface das Gameplay gestört hat? (z.B. durch störende Buttons oder unnötige Informationen)	4-5	Nein, gab es nicht
Variable Effizienz			
12	Ist die Ladezeit von virtuellen Objekten in der Szene zufriedenstellend?	3	geht besser
13	Sind die virtuellen Objekte korrekt in die reale Welt eingebunden? (Position, Textur, Größe)	2	Nein, es sah ziemlich komisch aus
14	Werden die virtuellen Objekte nach der Veränderung ihrer Eigenschaften noch korrekt in der realen Welt dargestellt? (z.B. durch Animationen, rotieren, bewegen, usw.)	2	Geht so
15	Gibt es Aktionen / Feedback, welche Sie normalerweise in dieser Anwendung erwartet hätten, die aber nicht zur Verfügung standen?	5	Nein
16	Gibt es eine Fehlererkennung? (wird bei Fehlern eine entsprechende Warnung angezeigt)	3	Es gab keine Fehlererkennung

Nr.	Item	Bewertung*	Kommentar
17	Ist es einfach sich an die Funktionen der Anwendung zu erinnern?	5	Ja, es ist einfach
18	Wie steil ist die Lernkurve für Anfänger?	3	Geht so
19	Gibt es Funktionen, die Sie in der Anwendung vermissen, um die Anwendung bei wiederholter Verwendung effizienter benutzen zu können. (z.B., können Vorstellungsvideos übersprungen werden?)	4	Nein, es war soweit alles gut
20	Ist es einfach, eine geeigneten Position zu finden, damit die Oberfläche von der Kamera erkannt werden kann?	2	Nein, das hat sich relativ schwierig dargestellt
21	Wird dem Benutzer ausreichend mitgeteilt, was während der Interaktion zu tun ist?	1	Nein, leider überhaupt nicht
22	Gibt es spezielle Voraussetzungen, welche die Benutzung der Anwendung erschweren? (Kamera, Marker, Telefon, GPS, Standort, Licht, Druck, Kalibrierung)	4	Nein, gibt es nicht
23	Ist das Tracking-System stabil?	3	Geht so
24	Funktioniert das Tracking-System auch, wenn es mehr wie ein Objekt in der Szene erkennt, bzw. wird die Anwendung weiterhin korrekt ausgeführt?	4	Ja funktioniert noch
25	Gibt es Funktionen, Buttons, etc. die einen anderen Effekt hervorrufen, als erwartet?	3	Ich glaube nicht

Nr.	Item	Bewertung*	Kommentar
26	Ist immer erkennbar, welcher Button genutzt werden muss, um den gewünschten Effekt zu erzielen bzw. um das Ziel zu erreichen?	5	Ja ist erkennbar
27	Ist bei Benutzung der korrekten Aktion (in Abhängigkeit vom gewünschten Ziel) der Fortschritt zu erkennen gewesen?	4	Ja, war zu erkennen
28	Gibt es lange Sequenzen von Eingaben zur Erreichung eines Ziels?	3	teilweise
29	Gibt es schwerfällige Schritte?	5	Nein, gab es nicht
30	Gibt es Schritte, die ein Benutzer nicht natürlich ausprobieren würde? (z.B. Funktionen, die irgendwo in den Einstellungen versteckt sind)	4	ich denke nicht
31	Gibt es Schritte, die viel Vorwissen benötigen? (z.B. Funktionen die deaktiviert sind, bis bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind)	4	Nein gibt es soweit nicht
Gesamtzufriedenheit			
32	Wie hat Ihnen die Anwendung insgesamt gefallen? (Bezogen auf die Benutzbarkeit)	3	Nachdem ich die App verstanden habe, hat sie mir gefallen. Leider war das AR System ziemlich unübersichtlich.

* Bewertung: 0 = Schlecht bis 5 = sehr gut

1.6 Stack-It-AR, Test 3

Stack-It-AR

Nr.	Item	Bewertung*	Kommentar
Variable Wirksamkeit			
1	Ist während aller Interaktionen erkennbar was passiert? (Feedback)	2	es geht
2	Wie einfach ist es möglich Fehler rückgängig zu machen und rückgängig gemachte Schritte wiederherstellen?	1	Keine Möglichkeit Fehler zu rückgängig zu machen
3	Ist die Anwendung gut spielbar?	2	man muss sich durch probieren
Variable Zufriedenheit			
4	Ist die Anzahl der virtuellen Objekte in der Szene angemessen?	2	ist OK
5	Ist die Anzahl der Eingabemöglichkeiten zufriedenstellend? (Marker, Tastatur, Maus Controller, Touch)	3	OK
6	Ist die Anzahl der Interaktionsmöglichkeiten mit virtuellen Objekten ausreichend? (z.B. bewegen, rotieren, usw.)	2	ist ausbaufähig
7	Sind alle zur Verfügung stehenden Interaktionsmöglichkeiten mit virtuellen Objekten zufriedenstellend umgesetzt?	2	ist ausbaufähig
8	Ist die Benutzer-Hilfe zufriedenstellend? Falls nicht, welche hätten Sie sich gewünscht? (Video, Text, Audio)	2	Sprache ändern zu können

Nr.	Item	Bewertung*	Kommentar
9	Ist die Bewegungsfreiheit während der Interaktion zufriedenstellend?	2	ist ok
10	Waren die angezeigten Informationen ausreichend?	1	mehr Infos wäre gut
11	Gab es Momente in denen das Interface das Gameplay gestört hat? (z.B. durch störende Buttons oder unnötige Informationen)	4	nein
Variable Effizienz			
12	Ist die Ladezeit von virtuellen Objekten in der Szene zufriedenstellend?	3	war ok
13	Sind die virtuellen Objekte korrekt in die reale Welt eingebunden? (Position, Textur, Größe)	1	es waren nur Käste zu sehen
14	Werden die virtuellen Objekte nach der Veränderung ihrer Eigenschaften noch korrekt in der realen Welt dargestellt? (z.B. durch Animationen, rotieren, bewegen, usw.)	1	nein
15	Gibt es Aktionen / Feedback, welche Sie normalerweise in dieser Anwendung erwartet hätten, die aber nicht zur Verfügung standen?	1	habe nix gefordert
16	Gibt es eine Fehlererkennung? (wird bei Fehlern eine entsprechende Warnung angezeigt)	1	mir ist nix aufgefallen

Nr.	Item	Bewertung*	Kommentar
17	Ist es einfach sich an die Funktionen der Anwendung zu erinnern?	2	es geht
18	Wie steil ist die Lernkurve für Anfänger?	3	ist schnell zu begreifen
19	Gibt es Funktionen, die Sie in der Anwendung vermissen, um die Anwendung bei wiederholter Verwendung effizienter benutzen zu können. (z.B., können Vorstellungsvideos übersprungen werden?)	1	War nicht vorhanden
20	Ist es einfach, eine geeigneten Position zu finden, damit die Oberfläche von der Kamera erkannt werden kann?	2	man muss sich drehen und bewegen
21	Wird dem Benutzer ausreichend mitgeteilt, was während der Interaktion zu tun ist?	1	es gibt kaum Hinweise
22	Gibt es spezielle Voraussetzungen, welche die Benutzung der Anwendung erschweren? (Kamera, Marker, Telefon, GPS, Standort, Licht, Druck, Kalibrierung)	2	es muss eine glatte Oberfläche sein
23	Ist das Tracking-System stabil?	3	ist stabil
24	Funktioniert das Tracking-System auch, wenn es mehr wie ein Objekt in der Szene erkennt, bzw. wird die Anwendung weiterhin korrekt ausgeführt?	3	ist und bleibt stabil
25	Gibt es Funktionen, Buttons, etc. die einen anderen Effekt hervorrufen, als erwartet?	2	Ja gibt es habe wir nicht benutzt

Nr.	Item	Bewertung*	Kommentar
26	Ist immer erkennbar, welcher Button genutzt werden muss, um den gewünschten Effekt zu erzielen bzw. um das Ziel zu erreichen?	2	nein muss man ausprobieren
27	Ist bei Benutzung der korrekten Aktion (in Abhängigkeit vom gewünschten Ziel) der Fortschritt zu erkennen gewesen?	4	Ja
28	Gibt es lange Sequenzen von Eingaben zur Erreichung eines Ziels?	3	nein hab nicht drauf geachtet
29	Gibt es schwerfällige Schritte?	3	nein
30	Gibt es Schritte, die ein Benutzer nicht natürlich ausprobieren würde? (z.B. Funktionen, die irgendwo in den Einstellungen versteckt sind)	3	nein
31	Gibt es Schritte, die viel Vorwissen benötigen? (z.B. Funktionen die deaktiviert sind, bis bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind)	3	nein
Gesamtzufriedenheit			
32	Wie hat Ihnen die Anwendung insgesamt gefallen? (Bezogen auf die Benutzbarkeit)	1	mir hat es nicht gefallen Schrittweilig kann möglichkeiten

* Bewertung: 0 = Schlecht bis 5 = sehr gut

Sonstige Anmerkungen:

1.7 HoloStudio, Test 1

HoloStudio			
Nr.	Frage	Bewertung*	Kommentar
Variable Wirksamkeit			
1	Ist erkennbar was passiert, während aller Interaktionen?	5	Grundsätzlich kann man sich durch die Tool schon vorher überlegen wie die Funktionen funktionieren. Hilfreich sind zudem die Tutorials zu jeder Interaktion
X 2	Wie einfach ist es möglich rückgängig machen und wiederherstellen auszuführen (also in einen vorherigen Zustand zurückzukehren)	4	Ja
3	Konnte das Ziel mit der Anwendung erreicht werden?	5	Ja
Variable Zufriedenheit			
4	Ist die Anzahl der virtuellen Objekte in der Szene angemessen?	4	Man kann nur eine bestimmte Anzahl von Objekten generieren. Was ich auch in Ordnung finde
5	Ist die Anzahl der Interaktionsmöglichkeiten zufriedenstellend? (Marker, Tastatur, Maus Controller, Touch)	5	Ja
6	Ist die Benutzer-Hilfe zufriedenstellend? (Video, Text, Audio)	5	Sehr hilfreich Tutorials. Schade ist nur, dass man nicht Zurück oder Forward kann.
X 7	Ist die Interaktions-Lösung zufriedenstellend?	4	
8	Ist die Bewegungsfreiheit während der Interaktion zufriedenstellend? (Muss man nicht die ganze Zeit in Richtung der Kamera sehen)	5	Man kann nicht Objekt betonen, da man immer in Richtung der Kamera sehen muss, um es zu betonen, das ist ein Problem
9	Waren die angezeigten Informationen ausreichend?	5	Bei jedem Objekt verfügte über eine Beschriftung Button
10	Gibt es ausreichend Möglichkeiten, um die virtuellen Objekte zu verändern (rotieren, verschieben, vergrößern, usw.)	5	Es gibt eine große Auswahlmöglichkeit Objekte zu verändern.
Variable Effizienz			
11	Ist die Ladezeit von virtuellen Objekten in der Scene zufriedenstellend?	5	Die Objekte werden schnell und reibungslos geladen
12	Sind die virtuellen Objekte korrekt in die reale Welt eingebunden? (Position, Textur, Größe)	5	Ja
X 13	Stimmt die Animation der virtuellen Objekte mit der realen Welt überein?		
14	Sind Aktionen / Feedback standardisiert? (z.B. eine Umrandung wird an der Außenseite der getrackten Objekte hinzugefügt)		Die Objekte, welche man ausgewählt werden
15	Gibt es eine Fehlererkennung? (z.B., wenn der Benutzer einen unerwarteten Marker zeigt, wird eine Fehlermeldung angezeigt)	/	Es gibt keine "Fehler" und somit auch keine Fehlererkennung
16	Ist es einfach sich an die Funktionen der Anwendung zu erinnern? (z.B., ist es einfach sich an die Funktionen eines Markers zu erinnern?)	5	Ja
17	Wie steil ist die Lernkurve für Anfänger?	3	Wenn man trotz Tutorial nicht weiterkommt oder eine Funktion "unbewusst" passiert, dann ist es schwierig
X 18	Können erfahrene Benutzer die Anwendung in optimierter Weise benutzen (z.B., können Vorstellungsvideos übersprungen werden?)		

~~16) ...~~ ⁸ Aufgrund dessen, dass die „Brille“ Kabellos ist
kann man sich sehr gut bewegen und interagieren.

17) aus den Fehlern zu lernen. ~~...~~

Nr.	Frage	Bewertung*	Kommentar
X 19	Ist es einfach, den Marker in einer geeigneten Position und Orientierung zu halten, damit dieser von der Kamera erkannt werden kann?	5	
20	Wird dem Benutzer mitgeteilt, was zu tun ist, während der Interaktion?	4	Die Tutorials klären dies bezüglich auf.
X 21	Gibt es spezielle Voraussetzungen? (Kamera, Marker, Telefon, GPS, Standort, Licht, Druck, Kalibrierung)		
22	Ist das Tracking-System stabil?	5	Ja
23	Funktioniert das Tracking-System auch, wenn es mehr wie ein Objekt in der Szene erkennt, bzw. wird die Anwendung weiterhin korrekt ausgeführt?	5	Ja
24	Gibt es Funktionen, Buttons, etc. die einen anderen Effekt hervorrufen, als erwartet?	5 Antwort 5 Nein	Selbst wenn die Buttons von der Symbolik her andere Funktionen erwarten lassen würden
25	Ist immer erkennbar, welcher Button genutzt werden muss, um den gewünschten Effekt zu erzielen bzw. um das Ziel zu erreichen?	5	ist stets ein Overlay dabei, ^{welches} was die Funktion bruchst.
26	Ist bei Benutzung der korrekten Aktion (in Abhängigkeit vom gewünschten Ziel) der Fortschritt zu erkennen gewesen?	5	Ja
27	Gibt es lange Sequenzen von Eingaben zur Erreichung des Ziels?	5	Nein
28	Gibt es schwerfällige Schritte?	3	Trotz Tutorial waren einige Ausführung nicht oder nur schwer machbar oder wenn diese Ausführung zu ->
29	Gibt es Schritte, die ein Benutzer nicht natürlich ausprobieren würde?	/	Nein
30	Gibt es Schritte, die viel Vorwissen benötigen?	/	Nein

* Bewertung: 0 = Schlecht bis 5 = sehr gut

Sonstige Anmerkungen:

Gesamtbewertung: Relativ umfangreiche Funktion, die zum Teil ihre Probleme in der Funktionsausübung hat. Aber mit mehr Übung gehen die

Abläufe schneller von Hand, was als Anfänger sehr langsam ist. Wie 11.

Nr.
24
25

mal geklappt haben, schlecht zu rezentrieren. Zudem war es oftmals schwierig den Fokus auf ein bestimmtes Objekt zu bekommen. Hier wurde an das dahinter liegende oder das unmittelbar fokussiert. Auch die Aktionsausführung mittel Finger-geste hat nicht immer funktioniert. Das selbe Problem war mit der Sprachsteuerung gegeben, welche manche Aktionen nicht ausführen wollte z.B. "select".

1.8 HoloStudio, Test 2

HoloStudio			
Nr.	Item	Bewertung (0 = schlecht bis 5 = sehr gut)	Kommentar (Bitte die Bewertung möglichst ausführlich begründen) <i>Fehler / Probleme</i>
Variable Wirksamkeit			
1	Ist während aller Interaktionen erkennbar was passiert? (Feedback)	5	
2	Wie einfach ist es möglich Fehler rückgängig zu machen und rückgängig gemachte Schritte wiederherstellen?	5	
3	Konnte das Ziel mit der Anwendung erreicht werden?	5	
Variable Zufriedenheit			
4	Werden zu viele Objekte von der Anwendung in die Szene eingefügt?	5	
5	Können ausreichend viele virtuelle Objekte selber in die Szene eingefügt werden?	5	
6	Ist die Anzahl der Eingabemöglichkeiten zufriedenstellend? (Marker, Tastatur, Maus Controller, Touch)	4	empfindlichkeit
7	Ist die Anzahl der Interaktionsmöglichkeiten mit virtuellen Objekten ausreichend? (z.B. bewegen, rotieren, usw.)	5	

Nr.	Item	Bewertung (0 = schlecht bis 5 = sehr gut)	Kommentar (Bitte die Bewertung möglichst ausführlich begründen)
8	Sind alle zur Verfügung stehenden Interaktionsmöglichkeiten mit virtuellen Objekten zufriedenstellend umgesetzt?	5	
9	Ist die Benutzer-Hilfe zufriedenstellend? Falls nicht, welche hätten Sie sich gewünscht? (Video, Text, Audio)	5	
10	Ist die Bewegungsfreiheit während der Interaktion zufriedenstellend?	5	
11	Waren die angezeigten Informationen ausreichend?	5	
Variable Effizienz			
12	Ist die Ladezeit von virtuellen Objekten in der Szene zufriedenstellend?	5	
13	Sind die virtuellen Objekte korrekt in die reale Welt eingebunden? (Position, Textur, Größe)	5	
14	Werden die virtuellen Objekte nach der Veränderung ihrer Eigenschaften noch korrekt realen Welt dargestellt? (z.B. durch Animationen, rotieren, bewegen, usw.)	5	

Nr.	Item	Bewertung (0 = schlecht bis 5 = sehr gut)	Kommentar (Bitte die Bewertung möglichst ausführlich begründen)
15	Gibt es Aktionen / Feedback, welche Sie normalerweise in dieser Anwendung erwartet hätten, die aber nicht zur Verfügung standen?	5	
16	Gibt es eine Fehlererkennung? (wird bei Fehlern eine entsprechende Warnung angezeigt)	5	
17	Ist es einfach sich an die Funktionen der Anwendung zu erinnern?	5	
18	Wie steil ist die Lernkurve für Anfänger?	5	
19	Gibt es Funktionen, die Sie in der Anwendung vermissen, um die Anwendung bei wiederholter Verwendung effizienter benutzen zu können. (z.B., können Vorstellungsvideos übersprungen werden?)	5	
20	Ist es einfach, eine geeigneten Position zu finden, damit die Oberfläche von der Kamera erkannt werden kann?	5	
21	Wird dem Benutzer ausreichend mitgeteilt, was während der Interaktion zu tun ist?	5	

Nr.	Item	Bewertung (0 = schlecht bis 5 = sehr gut)	Kommentar (Bitte die Bewertung möglichst ausführlich begründen)
22	Gibt es spezielle Voraussetzungen, welche die Benutzung der Anwendung erschweren? (Kamera, Marker, Telefon, GPS, Standort, Licht, Druck, Kalibrierung)	5	
23	Ist das Tracking-System stabil?	5	
24	Funktioniert das Tracking-System auch, wenn es mehr wie ein Objekt in der Szene erkennt, bzw. wird die Anwendung weiterhin korrekt ausgeführt?	5	
25	Gibt es Funktionen, Buttons, etc. die einen anderen Effekt hervorrufen, als erwartet?	5	
26	Ist immer erkennbar, welcher Button genutzt werden muss, um den gewünschten Effekt zu erzielen bzw. um das Ziel zu erreichen?	5	
27	Ist bei Benutzung der korrekten Aktion (in Abhängigkeit vom gewünschten Ziel) der Fortschritt zu erkennen gewesen?	5	
28	Gibt es lange Sequenzen von Eingaben zur Erreichung eines Ziels?	5	

Nr.	Item	Bewertung (0 = schlecht bis 5 = sehr gut)	Kommentar (Bitte die Bewertung möglichst ausführlich begründen)
29	Gibt es schwerfällige Schritte?	5	
30	Gibt es Schritte, die ein Benutzer nicht natürlich ausprobieren würde? (z.B. Funktionen, die irgendwo in den Einstellungen versteckt sind)	5	
31	Gibt es Schritte, die viel Vorwissen benötigen? (z.B. Funktionen die deaktiviert sind, bis bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind)	5	
Gesamtzufriedenheit			
32	Wie hat Ihnen die Anwendung insgesamt gefallen? (Bezogen auf die Benutzbarkeit)	5	

* Bewertung: 0 = Schlecht bis 5 = sehr gut

1.9 HoloStudio, Test 3

HoloStudio

Nr.	Item	Bewertung (0 = schlecht bis 5 = sehr gut)	Kommentar (Bitte die Bewertung begründen)
Variable Wirksamkeit			
1	Ist während aller Interaktionen erkennbar was passiert? (Feedback)	3	Teilweise einige Sachen kommen etwas später
2	Wie einfach ist es möglich Fehler rückgängig zu machen und rückgängig gemachte Schritte wiederherstellen?	4	ziemlich gut doch einige details sind schwer
3	Konnten Sie alle Szenen, die Sie erstellen wollten, mit der Anwendung umsetzen.	3	Es ging es war aber nicht einfach
Variable Zufriedenheit			
4	Werden zu viele Objekte von der Anwendung in die Szene eingefügt?	5	Nein stört gar da wird nix eingefügt
5	Können ausreichend viele virtuelle Objekte selber in die Szene eingefügt werden?	5	Ja das ist sehr gut machbar
6	Ist die Anzahl der Eingabemöglichkeiten zufriedenstellend? (Marker, Tastatur, Maus Controller, Touch)	2	nicht so man merkt immer wieder das man bestimmte positionen halten muss was mühsam ist
7	Ist die Anzahl der Interaktionsmöglichkeiten mit den realen und virtuellen Objekten ausreichend? (z.B. bewegen, rotieren, usw.)	2	das Mapping funktioniert nur um Objekte zu unterscheiden doch wurde keine Interaktion mit dem Objekt hergestellt

Nr.	Item	Bewertung (0 = schlecht bis 5 = sehr gut)	Kommentar (Bitte die Bewertung begründen)
8	Sind alle zur Verfügung stehenden Interaktionsmöglichkeiten zufriedenstellend umgesetzt?	3	Einige Interaktionen sind sehr zufriedenstellend, andere wiederum sehr mühsam
9	Ist die Benutzer-Hilfe zufriedenstellend? Falls nicht, welche hätten Sie sich gewünscht? (Video, Text, Audio)	4	Die Tutorials waren eine sehr gute Hilfe es fehlten aber einige hilfestellungen
10	Ist die Bewegungsfreiheit während der Interaktion zufriedenstellend?	4	vom Prinzip her ja doch kann das auch die gröÙe oder den ort position des Objekts beeinflussen
11	Waren die angezeigten Informationen ausreichend?	3	Nicht ganz, man ^{es} musste immer wieder nach hilfe geschaut werden
Variable Effizienz			
12	Ist die Ladezeit von virtuellen Objekten in der Szene zufriedenstellend?	5	Ja die ladeseit ist sehr schnell
13	Sind die virtuellen Objekte korrekt in die reale Welt eingebunden? (Position, Textur, Größe)	3	Position nicht immer, textur und Größe sind es aber,
14	Werden die virtuellen Objekte nach der Veränderung ihrer Eigenschaften noch korrekt realen Welt dargestellt? (z.B. durch Animationen, rotieren, bewegen, usw.)	5	Ja das werden sie

Nr.	Item	Bewertung (0 = schlecht bis 5 = sehr gut)	Kommentar (Bitte die Bewertung begründen)
15	Gibt es Aktionen / Feedback, welche Sie normalerweise in dieser Anwendung erwartet hätten, die aber nicht zur Verfügung standen?	5	
16	Wird bei Fehlern eine entsprechende Warnung angezeigt?	0	Ne keine Warnung mit bekommen
17	Ist es einfach sich an die Funktionen der Anwendung zu erinnern?	3	Bei offteren offteren Benutzung der Funktionen wird es einfach.
18	Wie einfach ist die Anwendung erlernbar für Anfänger?	4	Ich denke in innerhalb von ein paar Stunden
19	Gibt es Funktionen, die Sie in der Anwendung vermissen, um die Anwendung bei wiederholter Verwendung effizienter benutzen zu können. (z.B., können Vorstellungsvideos übersprungen werden?)	5	
20	Wie einfach ist es eine geeigneten Position zu finden, damit die Oberfläche von der Kamera erkannt werden kann?	5	Erkannt wird die Position schnell
21	Wird dem Benutzer ausreichend mitgeteilt, was während der Interaktion zu tun ist?	4	Nur wenn der Benutzer Hilfe sucht

Nr.	Item	Bewertung (0 = schlecht bis 5 = sehr gut)	Kommentar (Bitte die Bewertung begründen)
22	Gibt es spezielle Voraussetzungen, welche die Benutzung der Anwendung erschweren? (Kamera, Marker, Telefon, GPS, Standort, Licht, Druck, Kalibrierung)	2	Kopfschmerzen durch den Druck. und Das Fenster wird immer wieder schwarz wenn man aus dem Fokus geht
23	Ist das Tracking-System stabil?	5	Ja das scheint sehr stabil zu sein
24	Gibt es Situationen, in denen das Trackingsystem nicht mehr funktioniert?	5	Hatte ich jetzt so nicht gehabt
25	Gibt es Funktionen, Buttons, etc. die einen anderen Effekt hervorrufen, als erwartet?	4	Bei erster benutzung stellt man sich unter einigen Buttons was anderes vor.
26	Ist immer erkennbar, welcher Button genutzt werden muss, um den gewünschten Effekt zu erzielen bzw. um das Ziel zu erreichen?	1	Das finde ich ehr nicht man muss viele Tutorials anschauen um es zu verstehen was jeder "Button" genau macht
27	Ist bei Benutzung der korrekten Aktion (in abhängigkeit vom gewünschten Ziel) der Fortschritt zu erkennen gewesen?	5	Ja der Fortschritt ist zu erkennen
28	Gibt es lange Sequenzen von Eingaben zur Erreichung eines Ziels?	5	Ja at einige Male

Nr.	Item	Bewertung (0 = schlecht bis 5 = sehr gut)	Kommentar (Bitte die Bewertung begründen)
29	Gibt es Schritte, die Ihnen besonders schwer gefallen sind?	4	Es gab Schritte die schwer waren z.B. die genaue Verbindung von zwei Objekten in Form und Größe
30	Gibt es Schritte, die ein Benutzer nicht natürlich ausprobieren würde? (z.B. Funktionen, die irgendwo in den Einstellungen versteckt sind)	5	ne
31	Gibt es Schritte, die viel Vorwissen benötigen? (z.B. Funktionen die deaktiviert sind, bis bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind)	4	Ja einige kleinere Sachen
Gesamtzufriedenheit			
32	Wie hat Ihnen die Anwendung insgesamt gefallen? (Bezogen auf die Benutzbarkeit)	3	Ich finde die Anwendung interessant, habe aber nicht das Gefühl die Anwendung macht sich so leichter als real.

Sonstige Anmerkungen:

Literaturverzeichnis

- Alshamari et al 2008** Alshamari, M. und Mayhew, P. (2008), Task Design: Ist Impact on Usability Testing, Retrieved September 24, 2017 from <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=4545676>
- Azuma 1997** Azuma, Ronald T.: A Survey of Augmented Reality; Retrieved November 07, 2017 from <http://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>
- Dörner et al 2013** Dörner, R.; Broll, W.; Grimm, P.; Jung, B.; Virtual und Augmented Reality (VR/AR); Retrieved November 12, 2017 from <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-642-28903-3.pdf>
- Dumas et al 1999** Dumas, j. und Redish, C.: A Practical Guide to Usability Testing; Retrieved Oktober 15, 2017 from <http://www.jedbrubaker.com/wp-content/uploads/2013/03/Dumas-99.pdf>
- Guimarães 2014** Guimarães, Marcelo de Paiva; Martins , Valéria Farinazzo; A Checklist to evaluate Augmented Reality Applications; Retrieved Dezember 16, 2017 from <http://ieeexplore.ieee.org/document/6913071/>
- Gupta, 2015** Gupta, S.: A Comparative study of Usability Evaluation Methods; Retrieved Oktober 15, 2017 from <http://www.ijcttjournal.org/2015/Volume22/number-3/IJCTT-V22P121.pdf>
- Holzinger 2005** Holzinger, A. (2005), Usability Engineering Methods for Software Developers, Retrieved September 24, 2017 from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1039541>
- Kostaras et al 2009** Kostaras, N. N. und Xenos, M. N. (2009), Assessing the Usability of Augmented Reality Systems, Retrieved September 17, 2017, from https://www.researchgate.net/publication/258514735_Assessing_the_Usability_of_Augmented_Reality_Systems

- Mahrin et al 2009** Mahrin, M. N. und Strooper, P. und Carrington D. (2009), Selecting Usability Evaluation for Software Process Descriptions, Retrieved September 22, 2017, from <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=5358871>
- Microsoft Store** Retrieved November 19, 2017 from <https://img-prod-cms-rt-microsoft-com.akamaized.net>
- Milgram et al 1994** Milgram, P.; Kishino, F.: A Taxonomy of Mixed Reality visual Displays, Toronto, Retrieved September 28, 2017 <http://ai2-s2-pdfs.s3.amazonaws.com/65fa/e52bed190ed695649e8874ebcb52ec3b0f60.pdf>,
- Moser 2012** Moser, C.: User Experience Design; Retrieved Oktober 15, 2017 from <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-642-13363-3.pdf>
- Nielsen 1995** Nielsen, j. (1995). 10 Usability Heuristics for User Interface Design. Retrieved September 17, 2017, from <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>
- Nielsen 1995** Nielsen, J. (1995), Usability Inspection Methods, Retrieved September 22, 2017 from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=223730>
- Nielsen et al 1990** Nielsen, j. und R. Molich (1990) Heuristic Evaluation of user interfaces. Retrieved September 17, 2017 from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=97281>
- Richter et al** Richter, M. und Flückinger M. D.: Usability und UX kompakt; Retrieved Oktober 22, 2017 from <http://www.springer.com/de/book/9783662498279>
- Rahn 2010** Rahn, J.: Usability und User Experience; Retrieved Februar 25, 2018 from <http://www.mathematik.uni-ulm.de>
- Riemann et al 1995** Riemann, J. und Franzke, M. und Redmiles, D. (1995), Usability Evaluation with the Cognitive Walkthrough, Retrieved Oktober 15, 2017 from <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=223735>

- Rosenbaum 1989** Rosenbaum, S. (1989), Usability Evaluations Versus Usability Testing: When and Why?, Retrieved September 22, 2017, from <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=44533>
- Schaeffer 2014** Schaeffer, Satu Elisa, Usability Evaluation for Augmented Reality, Retrieved Dezember 16, 2017 from <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/136421/HY-C-2014-1.pdf;sequence=1>
- Schwab 2013** Schwab, Fabian: Konzeption und Realisierung einer Markererkennungseingine für Augmented Reality Applications auf mobilen Geräten; Retrieved November 07, 2017 from http://dbis.eprints.uni-ulm.de/1039/1/BA_Schwab_2013.pdf
- Skarredghost 2017** Skarredghost: 10 rules to keep in mind when developing your ARKit/ARCore AR application; Retrieved Oktober 16, 2017 from <https://skarredghost.com/2017/09/01/10-rules-to-take-in-mind-when-developing-your-arkit-arcore-ar-application/>
- Sutherland 1963** Sutherland I.: A man-machine graphical communication system, In IFIPS Spring Joint Computer Conference, Detroit, 1963, Retrieved September 28, 2017 from <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=810742>
- Takashi et al 1986** Takashi, K. (1986), What “question-asking protocols” can say about the user interface, Retrieved September 22, 2017, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020737386800803>
- Tönnis 2010** Tönnis, M.; Augmented Reality: Einblicke in die Erweiterte Realität; Retrieved November 12, 2017 from <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-642-14179-9.pdf>
- Trinler 2009** Trinler, Fabian; Augmented Reality Einsatzmöglichkeiten, Chancen und Herausforderungen; Retrieved Februar 10, 2018 from https://portal.hs-weingarten.de/c/document_library/get_file?uuid=d1248057-2782-4a0d-8344-a7376c7ea288&groupId=26000
- Usabilityhome** Interviews; Retrieved Oktober 15, 2017 from <http://www.usabilityhome.com/FramedLi.htm?Interview.htm>

- Wilson, 2011** Wilson, C.: Designing the User Experience at Autodesk; Method 13 of 100: Consistency Inspection; Retrieved Oktober 15, 2017 from <http://dux.typepad.com/dux/2011/05/method-13-of-100-consistency-inspection.html>
- Wired** Retrieved November 19, 2017 from <https://media.wired.com/photos>
- Zhang et al 1999** Zhang, Z. und Basili, V. und Shneiderman, B. (1999), Perspective-base Usability Inspection: An Empirical Validation of Efficacy, Retrieved September 22, 2017, from <https://link.springer.com/content/pdf/10.1023%2FA%3A1009803214692.pdf>

Versicherung über Selbstständigkeit

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

Hamburg, den _____