

EXPLORATION DIGITALER BILDERARCHIVE
MIT HILFE VON AUGMENTED REALITY
INFORMATION BROWSERN – KONZEPTION
UND EVALUATION

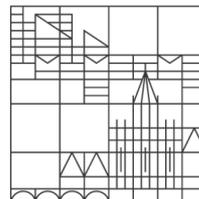
Bachelorarbeit

vorgelegt von

Daniel Schweitzer

an der

Universität
Konstanz



Mathematisch-Naturwissenschaftliche Sektion
Fachbereich Informatik und Informationswissenschaft

Gutachter:

(1) Prof. Dr. Harald Reiterer

(2) Prof. Dr. Michael Grossniklaus

Konstanz, 2016

KURZFASSUNG

Große digitale Bilderarchive können schnell unübersichtlich werden. Ohne spezielle Software, ist zudem die Unterstützung für kreative dynamische Prozesse beschränkt. Eine Möglichkeit große Datenmengen zu explorieren, wird durch Augmented Reality Information Browser geboten. Dabei handelt es sich um ein augmented-reality-fähiges Handheld, mit dem man den Datenraum egozentrisch betrachtet. Auf diese Weise können virtuelle Bilder fest im realen dreidimensionalen Raum positioniert werden, als wären sie physisch vorhanden. Als Lösungsversuch Bilderarchive besser handhaben zu können, wurde ein Augmented Reality Information Browser entwickelt, der in dieser Arbeit vorgestellt und anhand der durchgeführten Usabilitystudie evaluiert wird. Darüber hinaus werden mögliche sinnvolle Erweiterungen diskutiert.

ABSTRACT

Big digital picture archives can quickly become cumbersome to handle. Without special software, there isn't much support for creative dynamic processes. One way to explore big amounts of data is by using an augmented reality information browser. It is an augmented reality-enabled handheld, which allows to view the information space in an egocentric manner. Thus, virtual images can be positioned in real three-dimensional space, as if they were physically present. As an attempt to improve the handling of digital picture archives, an augmented reality information browser was developed, which will be presented and evaluated here by means of a usability study. Furthermore, potential reasonable enhancements will be discussed.

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
2	VERWANDTE ARBEITEN	4
2.1	Grundlagenforschung – Framework	4
2.2	Grundlagenforschung – Studien	6
2.3	Untersuchungen im Kontext der Mixed Reality	9
2.4	Zusammenfassung und Reflexion	11
3	KONZEPT	14
3.1	Persona	14
3.2	Szenario	15
3.3	Spezifizierung der Anforderungen	15
3.4	Prototyp	18
3.4.1	Umsetzung	18
3.4.2	Bildsortierung und -gruppierung	19
4	EVALUATION	28
4.1	Forschungsfragen	28
4.2	Studie	28
4.2.1	Studiendesign	28
4.2.2	Aufgabenstellung	30
4.2.3	Ablauf	30
4.2.4	Operationalisierung	32
4.3	Ergebnisse und Diskussion	33
4.3.1	Studienteilnehmer	33
4.3.2	Erhobene Daten (Fragebogen)	34
4.3.3	Erhobene Daten (Logging)	40
4.3.4	Diskussion	45
4.4	Zusammenfassung und Ausblick	48
	LITERATURVERZEICHNIS	49
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	51
	TABELLENVERZEICHNIS	53
	ANHANG	54

1

EINLEITUNG

Augmented Reality (oder auch *Erweiterte Realität*) ist eine Technologie, die die visuelle Realität computergestützt erweitert. Man findet hierzu verschiedene Definitionen. Häufig findet auch der, durch Paul Milgram et al. geprägte, Begriff *Mixed Reality* [10] Verwendung. *Mixed Reality* umschließt indes eine größere Bandbreite an Technologien: allgemein ist damit die Verschmelzung realer und virtueller Elemente gemeint.¹ In direktem Bezug auf *Augmented Reality*, wird die Definition Ronald Azumas [1] allerdings meist in der Literatur benutzt²; daher soll sie für diese Arbeit verwendet werden:

- (1) Kombination aus realem und virtuellem Inhalt
- (2) Interaktiv in Echtzeit
- (3) Im dreidimensionalen Raum registriert

Durch die Technologie *Augmented Reality*, wird es dem Nutzer ermöglicht, die reale Welt *augmentiert* mit virtuellen Objekten wahrzunehmen. Diese Objekte überlagern die reale Welt oder sind mit dieser verbunden. *Augmented Reality* ersetzt nicht die reale Welt, sondern ergänzt diese.[1] Beispiele aus dem Alltag sind zusätzliche Einblendungen bei Fußballübertragungen (Abstände, Abseitslinie etc., Abbildung 1) oder *Head-Up-Displays* (Anwendung in Flugzeugen und bald in Fahrzeugen³, Abbildung 2).



Abbildung 1: Digitale/Virtuelle Elemente werden vom TV-Sender über den realen Videostream gelegt. Diese informieren die Zuschauer über Dinge, die mit bloßem Auge nur schwer oder gar nicht zu erkennen sind.

¹ Alle Technologieformen *zwischen* voller Realität und voller Virtualität sind teil des *Reality-Virtuality Continuums* [10].

² https://de.wikipedia.org/wiki/Erweiterte_Realit%C3%A4t#Definition_und_Abgrenzung

³ Bspw. <http://continental-head-up-display.com/de/>



Abbildung 2: Ein Prototypensystem, welches sich bei Continental in Entwicklung befindet. Navigationsanweisungen werden zusätzlich mit Augmented Reality auf der Straße angezeigt. Anzeigeelemente in der Windschutzscheibe, lassen digitale Information so erscheinen, als würden sie auf die Straße projiziert werden.

Augmented-Reality-Systeme lassen sich auf unterschiedliche Weise, d. h. durch verschiedene Gerätetypen und Formfaktoren, realisieren. Eine Variante wird durch den *Augmented Reality Information Browser (AR Information Browser)* gestellt. Ein AR Information Browser ist eine spezielle Form eines Augmented-Reality-Systems, welches es dem Nutzer ermöglicht, virtuelle Datensätze, als Erweiterung der Realität, mit einem Handheld zu explorieren. Billingham et al.[3] beschreiben einen AR Information Browser wie folgt:

AUGMENTED REALITY INFORMATION BROWSER „AR information browsers are one of the representative types of AR applications where AR displays are considered as a window into an information space⁴, and the main task of the user is to manipulate this window to browse the information.“[3]

Die meisten aktuellen Mobilgeräte für Privatanwender, besitzen eine Kamera auf der Rückseite. Die Anwendung kann diese Kamera nutzen, um realen Inhalt darzustellen (z. B. als Videostream auf dem eigenen Display). Die digitalen Informationen oder Erweiterungen werden dann in respektive auf diesen gelegt. Darüber hinaus muss die Anwendung die Inhalte in Echtzeit berechnen und sich im dreidimensionalen Raum, mithilfe diverser interner Sensoren, orientieren können. Eine Anwendung, die einem Mobilgerät die Fähigkeiten eines AR Information Browsers verleiht, ist beispielsweise auf Abbildung 3 dargestellt. Ein AR Information Browser kann durch ein Smartphone, ein Tablet oder andere ähnlich handliche Geräte realisiert sein. Wie

⁴ „An information space is a type of information design in which representations of information objects are situated in a principled space. In a principled space location and direction have meaning, so that mapping and navigation become possible.“ – <http://www.ai.mit.edu/projects/infoarch/jair/jair-help.html>

Rädle et al. in der Studie *Bigger is not always better*[13] zeigten, scheint der Formfaktor *Tablet* eine gute Wahl für egozentrisch zu bedienende Anwendungen zu sein. In der Studie wurde nur zweidimensionale egozentrische Navigation betrachtet; diese war allerdings der Grund, die (im Bachelorprojekt) erstellte Anwendung von Anfang an für den Tabletformfaktor zu konzipieren.



Abbildung 3: Ein AR Information Browser Prototyp. Digitale Elemente werden über das reale Kamerabild gelegt, um bspw. einen dreidimensionalen interaktiven Stadtführer zu schaffen. Dabei zeigen die digitalen Labels auf Gebäude und Sehenswürdigkeiten im realen Kamerabild.[8]

Ein AR Information Browser könnte sich besonders dazu eignen große Datenmengen zu explorieren. In dieser Arbeit wird eine bestimmte Datenart betrachtet, Bilderarchive. Große Bilderarchive können problematisch zu handhaben sein. Die Interaktionsmöglichkeiten mit den Dateisystemen moderner Betriebssysteme sind begrenzt. Man verschiebt Bilder von Ordner A nach Ordner B, ohne eine Beziehung zwischen den Bildern herstellen zu können oder erweiterte Möglichkeiten zum Vergleich und folglich auch zur Aussortierung zu besitzen. Die Möglichkeiten der realen Welt, wie z. B. das Anfassen und Vergleichen zweier Bilder, werden dort vernachlässigt. Physische Objekte können auf andere Arten sortiert und organisiert werden, als es mit gängigen Betriebssystemen und deren Interaktionsparadigmen möglich ist. Kreative dynamische Prozesse werden nur bedingt unterstützt. Diesen Defiziten soll die erstellte Anwendung entgegenstehen. Der Zweck der Anwendung ist die egozentrische, dreidimensionale Navigation, in digitalen Bilderarchiven und deren Sortierung/Gruppierung. Es wurde hierzu eine Usabilitystudie durchgeführt. Gegenstand dieser Arbeit ist zunächst die Darstellung sowohl von Arbeiten, die relevant für die Entwicklung der Anwendung waren, als auch von Arbeiten, die sich mit Augmented Reality oder Mixed Reality in verwandten Kontexten beschäftigen. Dann wird die Anwendung selbst im Kontext der Studie vorgestellt. Nach der Präsentation der Studie, werden deren Ergebnisse analysiert und interpretiert.

2

VERWANDTE ARBEITEN

In diesem Kapitel werden verwandte Arbeiten vorgestellt, die wichtige Aspekte des Interaktionsparadigmas analysieren oder aus anderen Gründen relevant sind. Der erste Teil dieses Abschnitts befasst sich mit Arbeiten, die Grundlagenaspekte erforschen. Der zweite Teil zeigt Arbeiten, die spezifischer auf Augmented Reality oder AR Information Browser eingehen.

Zunächst muss der Begriff *Peephole* oder *Dynamic Peephole* kurz erläutert werden, da dieser zentraler Bestandteil einiger verwandter Arbeiten ist.

(DYNAMIC) PEEPHOLE Ein Peephole ist ein Gerät, mit welchem man in digitale Datensätze blicken kann. Das Peephole bleibt statisch, während man den digitalen Inhalt *dahinter* bewegt (*Scrolling*).[9] Das *Dynamic Peephole* ist ein Peephole, mit welchem, durch Bewegen des Gerätes selbst, interagiert werden kann. Der digitale Inhalt bleibt statisch, während man das Peephole dynamisch bewegt. Eine geeignete Metapher ist die Vorstellung eines beweglichen Fensters. Man blickt durch das Fenster in den Datenraum; durch Bewegen des Fensters selbst, kann man navigieren und den Blickpunkt verändern. Fitzmaurice zeigte bereits 1993, mit seinem Prototypen *Chameleon*, ein erstes Dynamic Peephole[5]; er gilt als Pionier der Dynamic-Peepphole-Navigation. Jedes Smartphone ist also zunächst ein statisches Peephole und kann durch entsprechende Anwendungen zu einem dynamischen werden. Eine Unterform des Peeppholes ist nun der AR Information Browser. Dieser ist ein Dynamic Peephole mit dem Zusatz, dass digitale AR-Informationen, als Overlay auf dem Kamerabild des Peeppholes, angezeigt werden. Wie der Name selbst ausdrückt, wird echter Inhalt (z. B. der Videostream des Kamerabildes des Gerätes) mit digitalen/virtuellen Objekten erweitert oder augmentiert.

2.1 GRUNDLAGENFORSCHUNG – FRAMEWORK

In diesem ersten Teil des Kapitels, folgen nun Grundlagenstudien. Zunächst soll allerdings ein Framework betrachtet werden, welches im Zentrum der Konzeption der Anwendung steht.

Reality-based Interaction

Themes of Reality

„The goal is to make computer interaction more like interaction with the real, non-digital world.“ Im Framework *Reality-based Interaction (RBI)* von Jacob, Girouard et al. [7] werden vier Bereiche oder Eckpfeiler, die *Themes of Reality* (Abbildung 4), beschrieben, anhand derer moderne *post-WIMP (Windows, Icons, Menues, Pointing)* Interaktionsmöglichkeiten erstellt und klassifiziert werden sollen.

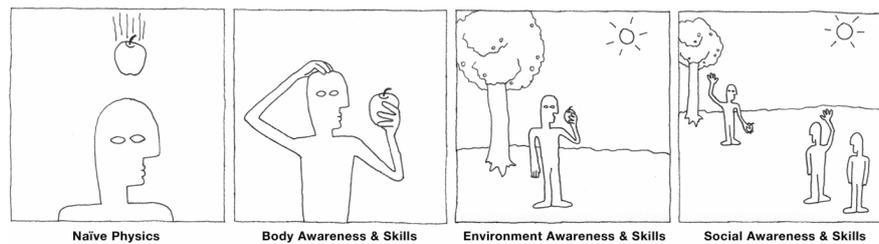


Abbildung 4: Grundlagediagramm der Reality-based Interaction, die Themes of Reality.[7]

NAÏVE PHYSICS Menschen besitzen ein grundlegendes Verständnis über die physische Welt und deren Funktionsweisen. Ihnen ist bewusst, dass sie ein Blatt Papier nach oben schieben müssen, um Inhalt, der sich weiter unten befindet, besser zu sehen und können dieses Konzept auf touch-basierte Interaktion übertragen. Daher fühlen sich Panning und Scrolling auf Smartphones und Tablets intuitiv an.

BODY AWARENESS AND SKILLS Menschen sind sich ihrer Körper bewusst und wissen sie, unabhängig von ihrer Umgebung, einzusetzen. Beispiele aus dem Alltag sind Videospielsysteme: Nintendos *Wii*¹ nutzte, als erster prominenter Vertreter der Spieleindustrie, Bewegungssteuerung erfolgreich² als Hauptmerkmal. HTC gehört im Moment, mit dem Virtual-Reality-System *Vive*³, zu den Vorreitern des neu-aufkommenden Virtual-Reality-Trends. Während das Trackingsystem der Wii die Bewegungen des Controllers verfolgt, ortet HTCs System die Controller und die Brille. Mit HTCs System kann die Illusion hervorgerufen werden, dass sich der Nutzer tatsächlich in der virtuellen Realität befindet.

ENVIRONMENT AWARENESS AND SKILLS Menschen sind sich nicht nur ihrer Körper bewusst, sondern auch, dass sich diese in einer physischen Umwelt befinden und sie sich in dieser Umwelt bewegen und interagieren können. Diesen Aspekt machen sich Augmented-Reality-Anwendungen zunutze, indem die Umgebung des Nutzers aktiv mit eingebunden werden kann. Ein aktuelles Beispiel⁴ hierzu wurde auf der Google I/O 2016⁵ gezeigt. Mit Hilfe des *Project Tango Tablets* (mehr hierzu in Abschnitt 3.4), konnte eine virtuelle Küche eingerichtet werden, die fest im physischen Raum verankert war.

SOCIAL AWARENESS AND SKILLS Menschen sind sich darüber hinaus auch der Präsenz anderer in ihrem Umfeld bewusst und kommunizieren mit ihnen. Durch den Bereich *Blended Interaction* entstehen immer mehr Interaktions- und Kollaborationsmöglichkeiten, die aus einer Mischung aus digitalen und realen Elementen bestehen. Für die erfolgreiche Zusammenarbeit ist es u. a. wichtig, dass die Nutzer stets miteinander kommunizieren können, sei es implizit durch passive Gestik, Mimik und Laute oder explizit durch bestimmte Gesten und verbale Äußerungen.

¹ <https://www.nintendo.de/Wii/Wii-94559.html>

² https://www.nintendo.co.jp/ir/en/sales/hard_soft/index.html, <https://de.wikipedia.org/wiki/Wii>

³ <https://www.htcvive.com/de/>

⁴ <http://www.mobilegeeks.de/artikel/project-tango/>

⁵ <https://events.google.com/io2016/>

Tradeoffs

Es ist essenziell, dass eine geeignete Balance zwischen den RBI-Pfeilern und den rein digitalen computergestützten Konzepten gefunden wird, sodass ein kohärentes Bedienkonzept entwickelt werden kann. Die Aufgabe ist es, verschiedene Konzepte derart zu verbinden, dass Tradeoffs (Abbildung 5) möglichst gering bleiben.

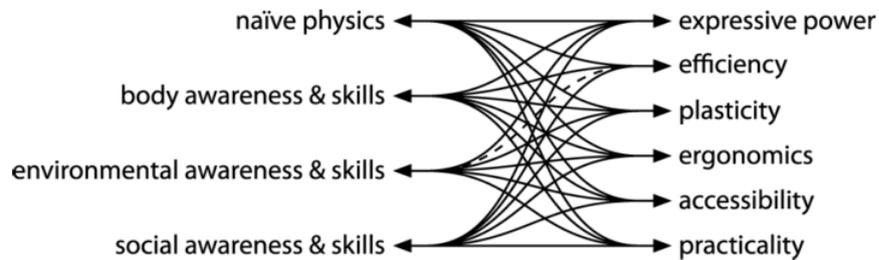


Abbildung 5: RBI-Design-Tradeoffs, die Themes of Reality vs. Funktionalität/Effizienz/ Versatilität/Ergonomie/Zugänglichkeit/Praktikabilität.[7]

2.2 GRUNDLAGENFORSCHUNG – STUDIEN

Im Folgenden werden ausgewählte Studien präsentiert, die Grundlagenaspekte erforschen und essenziell für die Entwicklung der Anwendung sind.

Einfluss der Peepholegröße auf die Userperformance

Rädle et al. [13] untersuchten die Peepholegröße als unabhängige Variable (Abbildung 6). Es wurden vier verschiedene Größen benutzt: Kein Peephole/Kontrollbedingung, Projectorphone, Tablet und Smartphone. Abhängige Variablen waren die Pfadlänge der Teilnehmer, die benötigte Dauer für die Navigation und die subjektive Anstrengung. Der Formfaktor Tablet stellte sich als Sweetspot heraus. Er setzt sich deutlich vom Smartphone ab, ist allerdings nicht signifikant schlechter, als die größeren Kontrahenten. Auch in Bezug auf die Verfügbarkeit (Off-the-Shelf-Produkt), stellen sich Tablets als guter Mittelweg heraus.

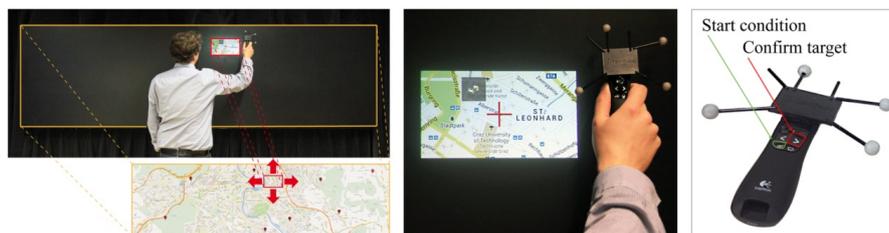


Abbildung 6: Peepholegröße im Verhältnis zur Gesamtfläche (links); Pointer zur Bestätigung, Peephole wird immer neben dem Handheld angezeigt (Mitte); umfunktionierter Logitech-Presenter (rechts).[13]

Zwei wichtige Faktoren allerdings wurden nicht mit einbezogen: Das Gewicht und die Form der Geräte könnten unter Umständen eine signifikante Rolle spielen, wie [13] zum Schluss erwähnen. Dies ist bei der großen Spanne an verschiedenen Größen aktueller Geräte nachzuvollziehen. Ein weiteres, ebenfalls vernachlässigtes Attribut, ist die Auflösung; allerdings

wie Form und Gewicht natürlich auch absichtlich, um die interne Validität zu erhöhen. Dies könnte zukünftig jedoch immer mehr zu vernachlässigen sein, da die Auflösung respektive Pixeldichte neuer Geräte weiter steigt.

Einfluss von peripherem Sehen und physischer Bewegung

Auf großen hochauflösenden Displays werden Aufgaben schneller ausgeführt, als auf kleinen mit niedrigen Auflösungen. Ball und North [2] untersuchten, woran die Vorteile festzumachen sind: an peripherem Sehen oder physischer Bewegung, während der Datenerfassung. Dazu wurden vier Test-szenarien erstellt (Abbildung 7).



Abbildung 7: Die vier verschiedenen Versuchsbedingungen: 50 Monitore, Bewegung und Sicht uneingeschränkt (1); 50 Monitore, Bewegung uneingeschränkt, Sicht eingeschränkt (2); 25 Monitore, Bewegung eingeschränkt, Sicht uneingeschränkt (3); 1 Monitor, Bewegung eingeschränkt, Sicht eingeschränkt (4). [2]

1. 50 Monitore sind zu einem Display zusammengeschlossen. Der Teilnehmer bewegt sich frei und die Sicht ist uneingeschränkt.
2. 50 Monitore sind zu einem Display zusammengeschlossen. Der Teilnehmer bewegt sich frei und die Sicht ist durch *Scheuklappen* eingeschränkt (das Sichtfeld ist auf ca. 30 Grad reduziert).
3. 25 Monitore sind zu einem Display zusammengeschlossen. Der Teilnehmer sitzt still und die umgebenden Monitore haben eine niedrige Auflösung, um peripheres Sehen zu simulieren, falls der Kopf bewegt wird.
4. Nur 1 Monitor ist vorhanden. Der Teilnehmer sitzt still.

Die Aufgaben der Teilnehmer waren wie folgt: Navigation zu einem Ziel, Vergleich von Zielen, Suche nach bestimmten Attributen von Zielen, Musterfindung in Ansammlungen von Zielen und Schätzung von Attributwerten von Zielen. Die Resultate sind eindeutig; Signifikanz liefert nur die physische Bewegung, während die Einschränkung des Sichtfeldes eine stark untergeordnete Rolle spielt. Allerdings kann sich ein größeres Sichtfeld durchaus positiv auswirken. Die Teilnehmer schneiden in Szenario 1 besser ab, als in Szenario 2. Trotz des stark eingeschränkten Sichtfeldes, waren die Teilnehmer aber nie desorientiert; hingegen in den Szenarien 3 und 4 schon.

Die Ergebnisse dieser Studie lassen darauf schließen, dass die Navigation mit einem Dynamic Peephole oder einem AR-Information Browser teils deutliche Vorteile gegenüber herkömmlicher Touch-Navigation birgt, da man sich unterstützend zur Navigation bewegen kann respektive muss. Da sich die Einschränkung des Sichtfeldes nicht signifikant auf das Ergebnis auswirkt, erscheint ein Mobilgerät geeignet für die egozentrische Interaktion. TestszENARIO 2 überprüft diesen Fall: Bewegung ist frei möglich, das Sichtfeld ist eingeschränkt.

Einfluss egozentrischer Navigation auf das räumliche Gedächtnis und die Userperformance

Rädle et al. [14] untersuchten den Einfluss, den egozentrische Navigation, in einem zoombaren Userinterface, auf das räumliche Gedächtnis und die Navigationsperformance hat (Abbildung 8). Wie zuvor von Ball und North [2] gezeigt, wirkt sich Bewegung in diesem Kontext positiv auf die, zur Bewältigung der Aufgabe benötigte, Zeit aus. Inwiefern aber wird das räumliche Gedächtnis beeinflusst und wie viel besser ist die Performance im Vergleich zum Touch-Input?

Die Studie besteht aus zwei Experimenten. Im ersten Abschnitt hatten die Teilnehmer zwei Aufgaben. Zunächst sollten sie gesuchte Objekte finden, was an das bekannte Spiel *Memory* erinnert: Das Aussehen des gesuchten Objektes wurde angezeigt und mit dieser Information mussten sie dieses Objekt, unter den verdeckten Objekten, ausfindig machen. Hier schnitt die egozentrische Navigation signifikant besser ab, als die touch-basierte Navigation. Der egozentrische Ansatz war, sowohl was die benötigte Zeit als auch die zurückgelegte Wegstrecke angeht, deutlich überlegen. Der Grund hierfür war, dass die Teilnehmer mit touch-basierter Navigation oft nicht mehr wussten, wo sie sich befanden, während die Teilnehmer mit egozentrischer Navigation ihre eigene Position im Raum als Anhaltspunkt nahmen.

Die zweite Aufgabe bestand darin die Position, der in Aufgabe 1 aufgedeckten Objekte, nun möglichst korrekt wiederzufinden. Dabei wurde jeweils ein Objekt in der Mitte angezeigt und sie mussten dieses, mit den Pfeiltasten einer Tastatur, an die korrekte Stelle verschieben. Hier bestand keine signifikante Differenz zwischen egozentrischer und touch-basierter Interaktion.

Im zweiten Experiment, bei dem nur noch ein Teil der Personen (8 Stück) aus dem ersten Abschnitt teilnahmen, ging es darum, nachdem sie zunächst 15 Minuten mit einem Spiel abgelenkt worden waren, Aufgabe 2 aus dem ersten Abschnitt zu wiederholen. Dabei schnitt egozentrische Navigation signifikant besser ab. [14] weisen allerdings darauf hin, dass das Ergebnis, aufgrund der geringen Teilnehmerzahl beim zweiten Experiment, vorerst nur mit Vorsicht zu betrachten ist.



Abbildung 8: Touch-Input-Teilnehmer (links) und Spatial-Input-Teilnehmer (rechts).
[14]

Eine interessante Frage für zukünftige Studien, wird zum Schluss von den Autoren erwähnt: Lässt sich das Ergebnis des Langzeitgedächtnistests, das deutlich bessere Abschneiden der egozentrischen Navigation in Aufgabe 2, auf Bewegungslernen (*muscle memory, motor learning*) zurückführen? Damit zusammen hängt auch die Frage, inwiefern räumliche Merkmale als Anhaltspunkt für die Navigation benutzt wurden. Wie würde das Ergebnis ausfallen, wenn man den Langzeitgedächtnistest in einem anderen Raum ausführen lassen würde?

2.3 UNTERSUCHUNGEN IM KONTEXT DER MIXED REALITY

Nach der Erörterung verschiedener Grundlagenforschungsarbeiten, werden nun Arbeiten dargestellt, die spezifische Aspekte im Bereich der Mixed Reality untersuchen.

Erster mobiler Augmented-Reality-Prototyp

Der erste mobile Augmented-Reality-Prototyp (für den Einsatz im Freien) wurde von Feiner et al.[4] entwickelt (Abbildung 9). Der Prototyp besteht aus einem see-through *Head-mounted-Display (HMD)*, einem auf den Rücken geschnallten Computer und einem Handheld-PC. Die Position des Nutzers wird über GPS geortet, während die Orientierung mit Lagesensoren im HMD festgehalten wird. Das gesamte System wiegt ca. 20 kg. Das System ist eine „*Touring Machine*“ für den örtlichen Campus. Man läuft über das Gelände und erhält durch das HMD Informationen zu den Gebäuden und Fakultäten. Diese sind per virtuellem Label dynamisch beschriftet. Wird ein Gebäude ausgewählt, erscheint ein Kompass, der in die Richtung des Gebäudes zeigt. Weiterführende Informationen können auf dem Handheld-PC abgerufen werden.

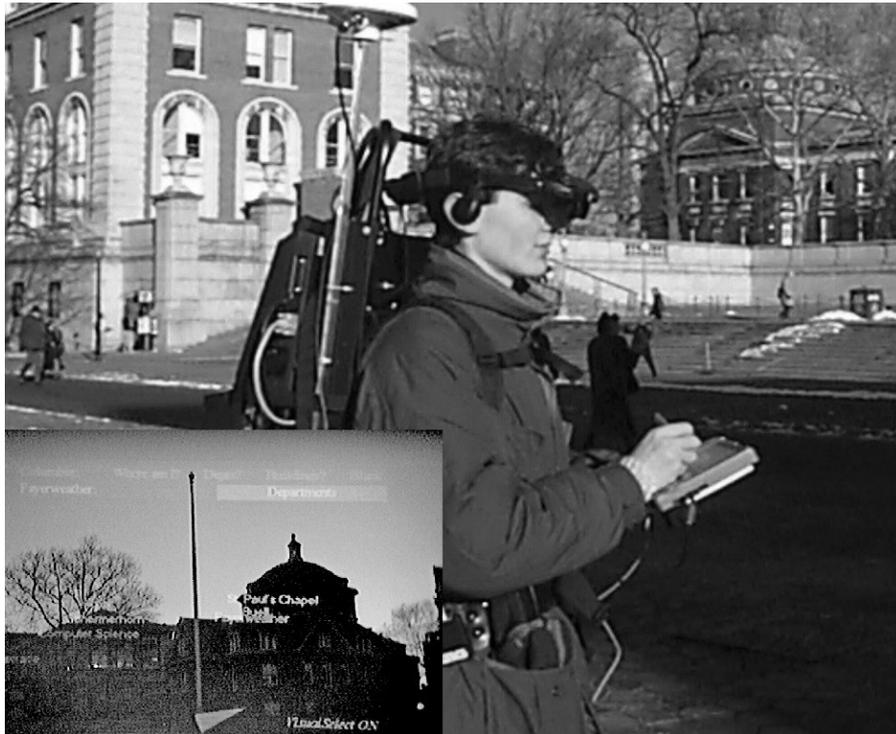


Abbildung 9: Der Prototyp besteht aus einem see-through Head-mounted-Display (links unten aus Sicht des Nutzers), einem auf den Rücken geschlachten Computer und einem Handheld-PC.[4]

Augmented-Reality-Anleitung

Richardson et al. [15] führten eine Studie durch, in der sie Augmented Reality als Präsentationsmöglichkeit für Arbeitsanweisungen untersuchten. Die 48 Teilnehmer sollten eine Art Flugzeugflügel aus einigen Einzelteilen zusammenbauen. Die unabhängige Variable war die Art, in der die Arbeitsanweisungen an die Teilnehmer übergeben wurde: an einem statischen Monitor (Desktop), an einem beweglichen Monitor (Tablet) oder an einem beweglichen Monitor, der Augmented Reality nutzte (Augmented-Reality-Tablet). In den ersten beiden Szenarien, wurden die Arbeitsanweisungen statisch auf den Bildschirmen präsentiert, wie eine herkömmliche Anleitung. Mithilfe des Augmented-Reality-Tablets, wurden die Anweisungen dynamisch dargestellt. Die Teilnehmer sahen direkt, wo sie das nächste Bauteil anbringen mussten.

Die Teilnehmer wurden gleichmäßig aufgeteilt; jede Gruppe bekam nur eine Art der Arbeitsanweisung präsentiert. Die Teilnehmer sollten die Aufgabe zweimal absolvieren, jeweils mit einer kleinen Unterbrechung dazwischen. Wurden die Anweisungen mithilfe des Augmented-Reality-Tablets dargestellt, konnte die Fehlerzahl (vor allem beim ersten Versuch) drastisch reduziert werden. Auch war es das Szenario mit den meisten Teilnehmern, die keine Fehler machten. Im ersten Versuch benötigten die meisten im Augmented-Reality-Tablet-Szenario am wenigstens Zeit (Abbildung 10). Darüber hinaus wurde die Produktivität der Teilnehmer ausgewertet. In der Studie wurde geloggt, wohin und wie lange die Teilnehmer dorthin blickten. Die Teilnehmer im Augmented-Reality-Tablet-Szenario blickten sowohl signifikant seltener auf das Gerät als auch weniger lange pro Blick.

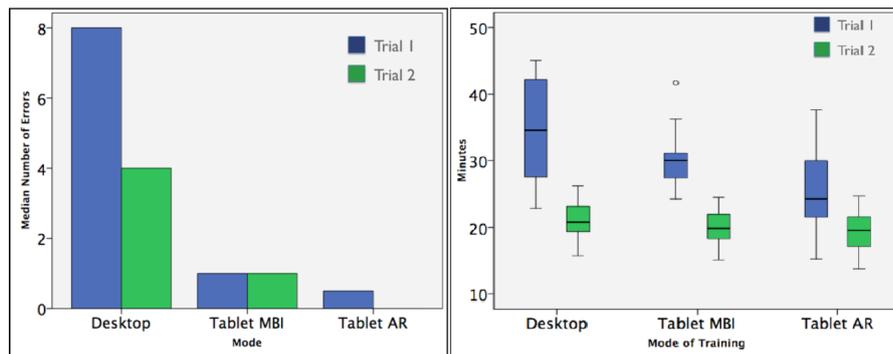


Abbildung 10: Die linke Grafik zeigt die Fehlerzahl (als Median) der verschiedenen Versuchsszenarien. Die rechte Grafik zeigt die Zeitspanne in Minuten, die die Teilnehmer benötigten.[15]

Richardson et al. schließen aus den Ergebnissen, dass die Verwendung eines Augmented-Reality-Tablets die Qualität der Arbeit im Erstversuch steigert und die benötigte Zeit hierfür herabsetzt.

2.4 ZUSAMMENFASSUNG UND REFLEXION

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse, obig erwähnter Arbeiten, in einer Tabelle zusammengefasst. Im Anschluss wird über diese Ergebnisse, im Kontext der zu entwickelnden Anwendung, reflektiert.

Tabelle 1: Die Tabelle zeigt eine knappe Zusammenfassung, der relevanten Ergebnisse, der erwähnten verwandten Arbeiten. Die Auflistungsreihenfolge in der Tabelle ist identisch zur obigen Reihenfolge der Arbeiten.

Aspekte	Ergebnisse
Reality-based Interaction	Ein Framework zur Erstellung moderner post-WIMP Interaktionsmöglichkeiten.[7]
Peephole-Größe	Ein geeigneter Kompromiss ist ein handelsübliches Tablet.[13]
Einfluss: Bewegung/peripheres Sehen	Signifikant ist, ob sich der User beim Navigieren bewegt.[2]
Räumliches (Langzeit-) Gedächtnis	Dynamic-Peephole-Navigation wirkt sich positiv auf das räumliche Langzeitgedächtnis aus.[14]
Erster mobiler Augmented-Reality-Prototyp	Proof of Concept: ein Augmented-Reality-System zur Navigation/Orientierung im Freien.[4]
Augmented-Reality-Anleitung	Die Verwendung eines AR-fähigen Gerätes, kann sich positiv darauf auswirken, wie gut ein Nutzer eine Anleitung versteht und befolgt.[15]

Das zunächst dargestellte Framework, Reality-based Interaction, beschreibt wichtige Grundlagen zur Entwicklung moderner post-WIMP Interaktionsmöglichkeiten.

REALITY-BASED INTERACTION Es ist essenziell, dass sowohl die vier Eckpfeiler des Frameworks (*Naïve Physics*, *Body Awareness and Skills*, *Environment Awareness and Skills* und *Social Awareness and Skills*) als auch die potenziell damit verbundenen Tradeoffs, Beachtung finden. Eine Versteifung auf einzelne Aspekte, kann zu einem unbalancierten System führen. Die vier Eckpfeiler modellieren hierbei die natürliche Interaktion einer Person in ihrem Umfeld.

Die darauf folgenden Grundlagenforschungsarbeiten sind, für das Interaktionsparadigma der erstellten Anwendung, von hoher Relevanz.

FORMFAKTOR TABLET Ein Mobilgerät, mit dem Formfaktor *Tablet*, stellt sich als geeigneter Kompromiss in der (zweidimensionalen) Dynamic-Peep-hole-Navigation heraus.[13] Das Ergebnis wurde auf den dreidimensionalen Raum übertragen, die zu entwickelnde Anwendung wird für Googles *Tablet Project Tango*⁶ konzeptioniert. Auch wurde gezeigt, dass für die Nutzerperformance bei der Navigation in großen Datensätzen, die Bewegung des Nutzers relevant ist und weniger wie groß das Sichtfeld des Nutzers ist.[2] Wird die Größe des Sichtfeldes auf die Displaygröße übertragen, kann auch hier vermutet werden, dass sich ein typisches Off-the-Shelf-Tablet, für den Zweck der egozentrischen Navigation in großen Datensätzen, eignet.

EINFLUSS EGOZENTRISCHER NAVIGATION AUF DAS RÄUMLICHE (LANGZEIT-)GEDÄCHTNIS Die Nutzung egozentrischer Navigation hat positive Auswirkungen auf das räumliche Langzeitgedächtnis.[14] In der entwickelten Anwendung verteilt der Nutzer virtuelle dreidimensionale Bilder im echten physischen Raum. Je größer die Menge an Bildern ist, desto schwieriger kann es werden, sich an die Position eines bestimmten Bildes zu erinnern (sowohl herkömmlich zweidimensional am PC als auch egozentrisch in der entwickelten Anwendung). Durch das Interaktionsparadigma der zu entwickelnden Anwendung, könnte das räumliche Langzeitgedächtnis (im Vergleich zur herkömmlichen Interaktion am PC) verbessert werden. Dies könnte dem Nutzer dabei helfen, sich besser und an mehr Bilderpositionen zu erinnern.

ERSTER MOBILER AUGMENTED-REALITY-PROTOTYP Der dargestellte Prototyp zeigte bereits 1997, dass ein mobiles Augmented-Reality-System, trotz starker Limitierungen, ein Mehrwert sein kann.[4] Die Fähigkeiten des nunmehr vor fast 20 Jahren entwickelten Prototyps (der 20 kg wog), finden sich heutzutage in Geräten wieder, die ein Vielfaches an Leistung, Trackinggenauigkeit und Funktionen besitzen, dabei aber nur einen Bruchteil wiegen. Besonders zwei aktuelle Development Kits stehen hier im Vordergrund: Googles *Project Tango* (mit simuliertem see-through Display, durch die rückseitige Kamera) und Microsofts *HoloLens*⁷.

ANWEISUNGEN MITHILFE VON AUGMENTED REALITY Werden Arbeitsanweisungen für praktische Arbeiten, mithilfe eines Augmented-Reality-Tablets,

⁶ <https://get.google.com/tango/>

⁷ <https://www.microsoft.com/microsoft-hololens/>

überreicht, kann die Produktivität, durch eine geringere Fehlerzahl und schnellere Erledigung der Aufgabe, erhöht werden.[15] Im Kontext der Bildsortierung/ -gruppierung könnte es ebenfalls positive Auswirkungen haben. Bilder werden nicht mehr in einem abstrakten Dateisystem, mit einer Maus oder einem ähnlichen Eingabegerät, zwischen Ordnern verschoben, sondern als digitale Objekte so manipuliert, als würden diese Bilder physisch existieren.

Forschungsfrage

Die obig dargestellten Arbeiten geben Aufschluss über wichtige Aspekte der Nutzung eines AR Information Browsers. Folgende allgemeine Forschungsfrage wird formuliert: *Welche Möglichkeiten bieten AR Information Browser, um digitale Bilderarchive zu explorieren?* Konkrete Anforderungen an einen solchen AR Information Browser, werden folgend, mithilfe eines beispielhaften Szenarios, erörtert.

3 | KONZEPT

Nachdem im letzten Kapitel verwandte Arbeiten betrachtet und deren Bedeutung, im Kontext der zu entwickelnden Anwendung, erörtert wurden, fällt in diesem Kapitel der Fokus nun auf die Anwendung selbst. Zunächst wird eine *Persona* in einem Szenario vorgestellt, anhand welchem die Anforderungen für die Anwendung extrahiert und anschließend spezifiziert werden sollen. Die *Persona* des Szenarios agiert als Repräsentant für spezifische fiktive Nutzergruppen.[12] Darüber hinaus soll ein *System Concept Statement* den Nutzen der geplanten Anwendung genauer beschreiben.[6] Darauf folgend wird die Anwendung selbst präsentiert. Die Funktionalität wird anhand eines beispielhaften Workflows, so wie ihn die folgende *Persona* verfolgen könnte, aufgezeigt.

3.1 PERSONA

Samantha (Abbildung 11) ist 27 Jahre alt und studierte Linguistik. Sie lebt zusammen mit ihrem kanadischen Freund Theodore in einer gemeinsamen Wohnung in Konstanz. Samantha setzt sich an Sommernachmittagen am liebsten in ein gemütliches Café und im Winter fährt sie gerne mit Theodore zu einer Hütte in den Bergen. Viele der gemeinsamen Momente – sei es ein Strandspaziergang, der Winterurlaub in den Bergen oder einfach nur ein schöner Abend – hält sie auf Fotos fest. Diese schießt sie meistens mit ihrem Smartphone, welches sie immer zur Hand hat, und synchronisiert sie über einen Cloudservice mit ihrem Heimcomputer und ihrem Tablet.



Abbildung 11: Samantha, 27, macht gerne Fotos und besitzt ein bereits großes Bilderarchiv.

Samantha hat inzwischen eine große Menge an Fotos geschossen. Sie kaufte sich eine große Speicherkarte, damit sie ihr Fotoarchiv auf ein Tablet kopieren und dort betrachten kann. Sie findet es praktisch, derartige Mengen an Bildern auf einem kleinen Gerät jederzeit abrufbar zu haben, anstatt zehn

große Bilderalben verstauen zu müssen. Auch ist mit dem Tablet niedriges Umgebungslicht nie ein Problem, beispielsweise beim gemütlichen abendlichen Betrachten des Bildbestandes, in dämmrigem Licht. Wenn sie Details genauer betrachten will, ist dem nur durch die Auflösung des Bildes Grenzen gesetzt, anstatt etwa durch die physische Größe des gedruckten Fotos.

3.2 SZENARIO

Samantha sitzt mit einem Glas Rotwein zuhause und plant ein Geschenk für Theodore. Sie möchte einen Fotokalender erstellen – Quellmaterial besitzt sie ausreichend. Sie setzt sich an ihren PC und beginnt in ihren Bildern nach passenden Exemplaren zu suchen. Dies stellt sich als mühsam heraus, da sie die Bilder nur grob in verschiedenen Windowsdateiordnern verteilt hat. Manche Ordner sind gewissenhaft benannt und mit den zugehörigen Bildern befüllt, andere sind kryptisch und man weiß nicht, was sich darin befindet. Die Bilder selbst sind nicht umbenannt (generische Benennung durch die Kamera) und nur anhand der Thumbnails erkennt sie bei manchen nicht, um welches Motiv es sich genau handelt; dazu muss sie das Bild öffnen und in voller Größe betrachten. Sortierungen nach Dateiname, Dateigröße u. a. helfen ihr nicht weiter. Einzig das Erstelldatum könnte einen Hinweis darauf geben; für ein sommerliches Bild, kann sie Erstelldaten in den Wintermonaten ausschließen. Sie nimmt sich der Aufgabe an, diese Ordner zu durchkämmen und Kandidatenbilder zu vergleichen. Oft muss sie den Ordner wechseln, wenn sie ein bestimmtes Bild sucht. Sie denkt sich schnell, dass dieser Prozess umständlich ist. Gerne hätte sie nun doch wieder alte, herkömmliche Alben mit physischen Bildern, die sie herausnehmen und direkt miteinander vergleichen kann – denn sie schafft es nicht, am Computer diese Art von Übersicht zu erhalten. Die Bilder sind stets in einem festen Raster oder einer Liste angeordnet. Eine Schachtel, gefüllt mit physischen Bildern, könnte sie vor sich ausbreiten und in direkten Bezug zueinander stellen. Ohne Ordner in einem Dateisystem wechseln zu müssen, hätte sie unvermittelt Überblick über diesen Teil des Archives und könnte die Position der Bilder ohne Restriktionen verändern.

Etwas frustriert steht Samantha auf und läuft in Richtung ihrer Küche, um ihr Glas aufzufüllen. Dabei wird sie im Hausgang, von den dort an der Wand befindlichen Bildern, abgelenkt und bleibt stehen, um diese genauer zu betrachten. „Eine digitale Bilderwand wäre gut“, denkt sie sich. Sie müsste jetzt nicht im Hausgang stehen und hätte diese digitale Bilderwand, durch ihr Tablet, immer portabel bei sich. Abundzu kommt der Wunsch auf, gewisse Bilder durch aktuellere zu ersetzen. Auch hier findet sie aber nur selten die nötige Zeit und Motivation das *richtige* Bild auszusuchen, in den professionellen Druck zu geben und schließlich mit den bereits vorhandenen Fotos zu arrangieren. Eine digitale Bilderwand könnte sie stets, ohne großen Aufwand, umarrangieren.

3.3 SPEZIFIZIERUNG DER ANFORDERUNGEN

Samantha wünscht sich einen Mix aus *alt und neu*; einen Mix aus den Vorteilen alter herkömmlicher Bildsortierung respektive Betrachtung und den neuen digitalen Möglichkeiten. In folgender Tabelle sollen nun einerseits die

verschiedenen Aspekte Samanthas funktionaler Wünsche aufgeführt werden, andererseits die extrahierten Anforderungen aus diesen Wünschen. Darüber hinaus werden relevante allgemeine Anforderungen aufgestellt, die nicht personaspezifisch sind.

Tabelle 2: In dieser Tabelle wird einerseits der Status quo erwähnt, andererseits die Anforderungen, die daraus extrahiert werden.

Status quo	Anforderung
(1) Samanthas Fotoarchiv ist groß	<p><i>Übersicht</i></p> <p>Viele Bilder sollen mithilfe des UIs dargestellt werden können.</p> <p><i>Leistung</i></p> <p>Viele Bilder sollen in Echtzeit dargestellt werden können.</p>
(2) Ihr gefällt, dass sie digitale Bilder im Detail betrachten kann	<p><i>Egozentrischer Zoom</i></p> <p>Die Zoomfunktionalität soll <i>grenzenlos</i>, durch die egozentrische Navigation implizit, realisiert sein (näher an das Bild herantreten entspricht Zoom).</p> <p><i>Vergrößern/Verkleinern</i></p> <p>Die Bilder sollen stufenlos zu vergrößern oder zu verkleinern sein.</p>
(3) Sie möchte ihre Bilder <i>wie früher aus der Schachtel</i> sortieren und mehr Übersicht, als am PC-Monitor	<p><i>Egozentrische Schachtelsortierung</i></p> <p>Bilderschachteln/Ordner sollen geladen werden können. Die Bilder sollen im realen dreidimensionalen Raum registriert sein (wie physische Bilder, deren Position im Raum definiert ist). Bilder können auch einzeln geladen, dann verankert, verschoben, vergrößert/verkleinert sowie gelöscht werden.</p>
(4) Samantha möchte eine digitale portable Bilderwand	<p><i>Bilderwand</i></p> <p>Es gelten dieselben Anforderungen wie für (3). Zusätzlich sollen Bilder automatisch senkrecht ausgerichtet werden (Wände sind senkrecht).</p>

Status quo	Anforderung
(5) Allgemeine Anforderungen an die Bedienbarkeit	<p><i>Erlernen</i></p> <p>Die Bedienung der Anwendung soll mit minimaler Hilfestellung erlernbar sein. Außerdem sollen geeignete Metaphern eingesetzt werden, um dies zu unterstützen.</p> <p><i>Belastung</i></p> <p>Die kognitive Belastung soll möglichst gering sein.</p> <p><i>System State</i></p> <p>Der System State¹ muss stets erkennbar sein. Die Anwendung soll zu jeder Interaktion Feedback geben.</p> <p><i>Interaktionsart</i></p> <p>Dem Nutzer muss klar sein, zu welchen Zeitpunkten oder in welchem System State er egozentrisch oder per Touch interagieren kann.</p> <p><i>Einfache Struktur</i></p> <p>Das Design soll unverschachtelt minimalistisch sein, um möglichst wenig des Sichtfeldes des Nutzers zu verdecken und das Risiko für Fehlbedienung zu minimieren.² Es soll wenig textuell beschrieben werden, dafür möglichst viel mit verständlichen Icons.</p>

Basierend auf den Anforderungen, soll mithilfe eines System Concept Statements, der Nutzen der geplanten Anwendung konkretisiert werden.

System Concept Statement

Der *Bildexplorationsprototyp* bietet eine neue alternative Form der Exploration, Betrachtung und Sortierung digitaler Bilderarchive. Er richtet sich nicht nur an eine spezifische Nutzergruppe, sondern prinzipiell an alle, die digitale Bilder besitzen. Das System adressiert Schwierigkeiten, die beim Explorieren digitaler Bilder alben mit der Windowsoberfläche auftreten: Oftmals fehlt es an Übersicht und die Bedienung unterstützt dynamische kreative Prozesse nur geringfügig. Das Interaktionsparadigma der Anwendung

¹ <http://www.designprinciplesftw.com/collections/10-usability-heuristics-for-user%20interface-design>

² <http://www.designprinciplesftw.com/collections/10-usability-heuristics-for-user%20interface-design>

ist es, das herkömmliche Betrachten und Sortieren physischer Bildersammlungen, computergestützt in eine digitale Version zu fassen. Digitale Bilder können positioniert und verschoben werden, als wären sie physisch präsent. Nutzer können direkten Bezug zwischen Bildern aufbauen, indem sie diese räumlich explorieren und letztlich das Bilderarchiv auf diese Weise sortieren. Die Verwendung des Systems soll den Nutzern Freude bereiten und auch aus praktikabler Sicht sinnvoll einzusetzen sein.

3.4 PROTOTYP

Um das Konzept verwirklichen zu können, muss das Gerät, für das entwickelt wird, besondere Anforderungen erfüllen. Es muss sich im dreidimensionalen Raum selbst orten und andere Objekte erkennen können. Dies ist nötig, um digitale Bilder an konkrete Koordinaten im Raum verankern zu können. Hierfür wurde als Zielpattform Googles Project Tango gewählt. Da es sich dabei nicht um ein gewöhnliches Tablet handelt, sondern ein Development Kit aus Googles *Advanced-Technology-and-Projects-Gruppe (ATAP)*, ein *Skunk-Works-Team*³, soll es kurz vorgestellt werden. Im Anschluss wird das finale Konzept, anhand von Bildern der Anwendung dargestellt. Der Abschnitt ist mithilfe eines beispielhaften Workflows arrangiert, der durch die erwähnte Persona Samantha motiviert ist.

3.4.1 Umsetzung

Das Gerät (Abbildung 12) besitzt folgende Spezifikationen⁴:



Abbildung 12: Googles Project Tango, ein 7-Zoll-großes Androidtablet.

- 7.02" 1920x1200 HD IPS Display (323 ppi)
- 370g | 119.77 x 196.33 x 15.36 mm
- NVIDIA Tegra K1 mit 192 CUDA Cores
- 4 MP 2mm RGB-IR Pixel
- 4 GB RAM

³ „[...] an often secret experimental laboratory or facility for producing innovative products, as in the computer or aerospace field.“ – <http://www.dictionary.com/browse/skunk-works>, The American Heritage Dictionary of the English Language, Fourth Edition. reference.com. Retrieved October 12, 2009.

⁴ Weitere Informationen befinden sich auf <https://www.google.com/atap/project-tango/hardware/>

- Android 4.4 KitKat
- Weitere Sensoren u. a.:
 - Motion Tracking Kamera
 - 3D-Tiefensensoren
 - Accelerometer
 - Gyroskop

Das Tablet kann sich, mithilfe der zahlreichen Sensoren, im dreidimensionalen Raum zurechtfinden.

Entwicklungsumgebung

Die Anwendung wurde mithilfe der Game Engine *Unity*⁵ (Abbildung 13) umgesetzt. Dabei handelt es sich um eine Engine, die hauptsächlich zur Erstellung von Spielen genutzt wird. Sie besitzt eine facettenreiche Featurepalette und ist komfortabel zu bedienen. Durch die große Community, die hinter der Engine steht, ist Hilfestellung für eine Vielzahl von Problemen gewährleistet. Anwendungen können sowohl in C# als auch in *Javascript* programmiert werden. Darüber hinaus ist die Engine weitestgehend plattformunabhängig: Mit wenigen Klicks, kann die Engine eine Anwendung für einige andere Plattformen kompilieren (PC, Mac OS, Android, iOS und einige weitere).

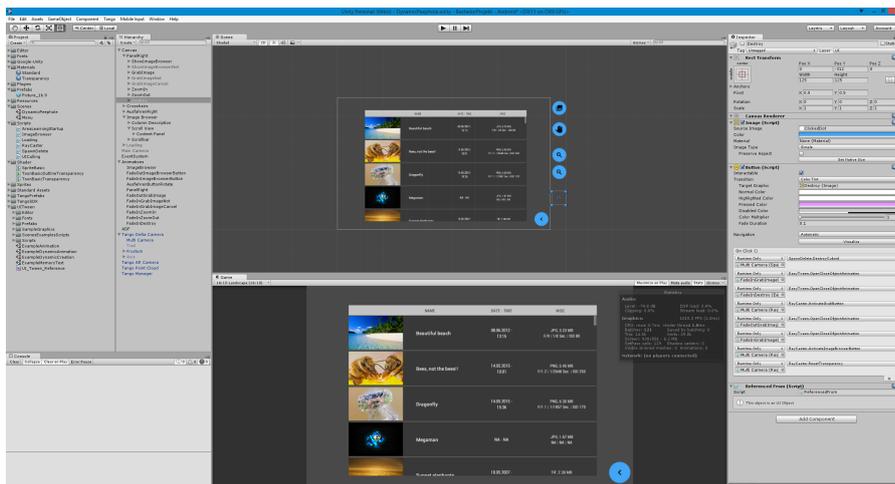


Abbildung 13: Der Editor der Game Engine Unity.

3.4.2 Bildsortierung und -gruppierung

Beispielhafter Workflow

- ↓ 1. Bilderbrowser öffnen.
- ↓ 2. Einen Ordner wählen und öffnen.
 - 2.1 Einen weiteren Ordner wählen und öffnen?
- ↓ 3. Bilder sichten. Welche sind vorhanden, welche fehlen eventuell?
- ↓ 4. Bilder, die nicht benötigt werden, löschen oder an einen *Abstellort* verschieben.

⁵ <https://unity3d.com/>

↓ 5. Bilder, die passend erscheinen, räumlich trennen/verschieben.

○ 5.1 Bilder genauer betrachten.

6. Bilder pro Monat räumlich trennen/verschieben.

Auf den nächsten Seiten folgt nun die Darstellung der Anwendung im Detail, arrangiert mithilfe des präsentierten Workflows.

Exploration eines Bildarchives zur Erstellung eines Fotokalenders

Samantha möchte einen Fotokalender erstellen. Sie startet die Anwendung und lässt mit dem untersten Button die Menüleiste erscheinen (Abbildung 14 und 15).

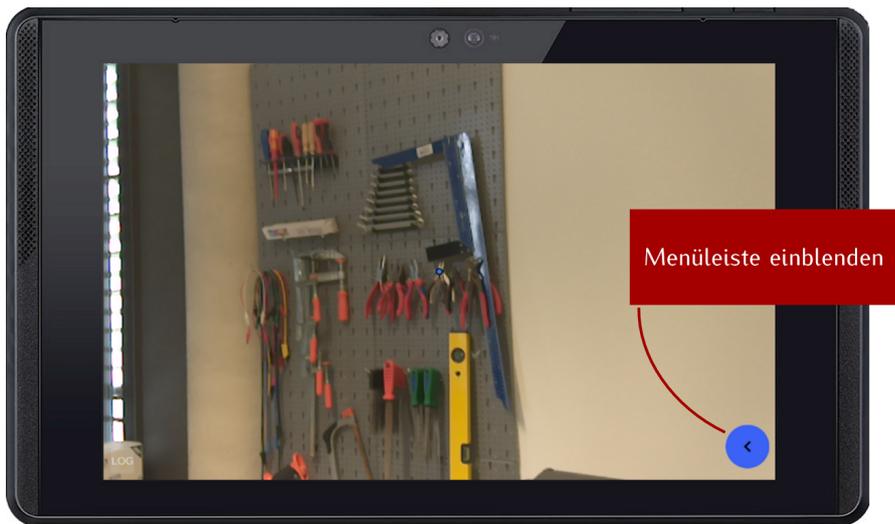


Abbildung 14: Der Button rechts unten blendet die Menüleiste ein.



Abbildung 15: Der Button rechts oben öffnet den Bilderbrowser.

Die Menüleiste zeigt mehrere Buttons: (Von oben nach unten) *Bilderbrowser öffnen*, *Bild anpacken*, *Bild vergrößern*, *Bild verkleinern*, *Menüleiste ein- / ausblenden*. Nur *Bilderbrowser öffnen* sowie *Menüleiste ein-/ausblenden* sind aktiv.

Samantha öffnet den Bilderbrowser (Abbildung 15 und 16). In dieser, für die Studie angepassten, Version der Anwendung, ist ausschließlich der *Schachtelbrowser* zugänglich. Man sieht eine Liste von Ordnern oder *Schachteln*, in denen sich jeweils 9 Bilder befinden (Abbildung 16). Jeder Ordner besitzt einen Namen und weitere Metainformationen über die enthaltenen Bilder (Zeitspanne der Bilder, Anzahl der Bilder, Größe des Ordners). Der Button rechts oben, mit dem der Bilderbrowser geöffnet wurde, wurde durch ein X ersetzt. Dieser Button schließt den Bilderbrowser. Wenn man auf einen Ordner im Browser drückt, schließt er sich automatisch.



Abbildung 16: Der Bilderbrowser besteht in der Studienversion nur aus dem *Schachtelbrowser*. Einzelne Bilder können nicht gewählt werden, es wird der gesamte Ordner geladen (oder auch: die gesamte Schachtel wird geleert).

Samantha drückt auf einen Ordner. Die 9 Bilder des Ordners, werden vor ihr *im Raum platziert*. Sie werden in einem Raster angeordnet und in einer Entfernung positioniert, aus der Samantha alle 9 Bilder im Blick hat (Abbildung 17).

Wenn man ein Bild mit dem mittigen *Fadenkreuz* (blauer Punkt) anvisiert, wird das betreffende Bild mit einem roten Rahmen hervorgehoben und weitere Buttons der Menüleiste werden aktiv (*Bild anpacken*, *Bild vergrößern*, *Bild verkleinern*) (Abbildung 17). Das anvisierte Bild kann angepackt, vergrößert oder verkleinert werden. Löschen des Bildes steht ebenfalls zur Verfügung, allerdings erst dann, wenn das Bild angepackt wurde (siehe weitere Abbildungen).

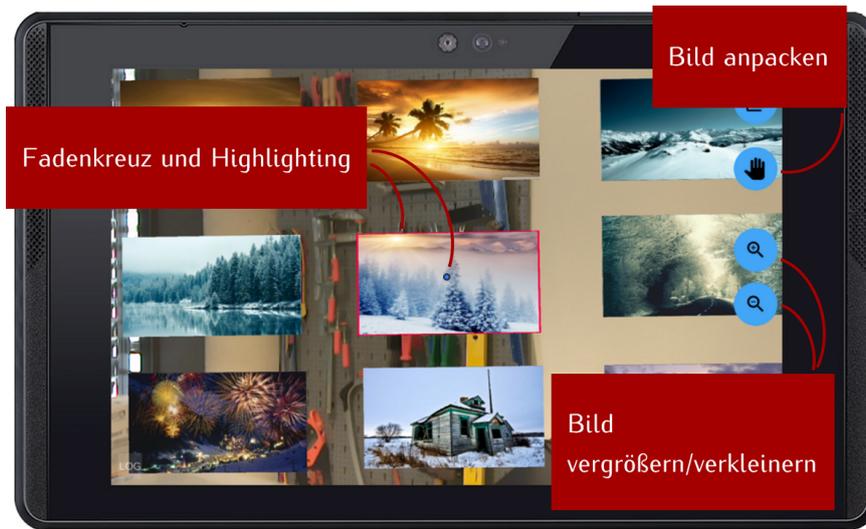


Abbildung 17: Die Bilder des Ordners sind geladen und können egozentrisch betrachtet werden.

Samantha möchte einen weiteren Ordner laden. Sie dreht sich etwas zur Seite, damit die neuen Bilder an einem freien Platz erscheinen und nicht zu nah an den letzten (Abbildung 18).

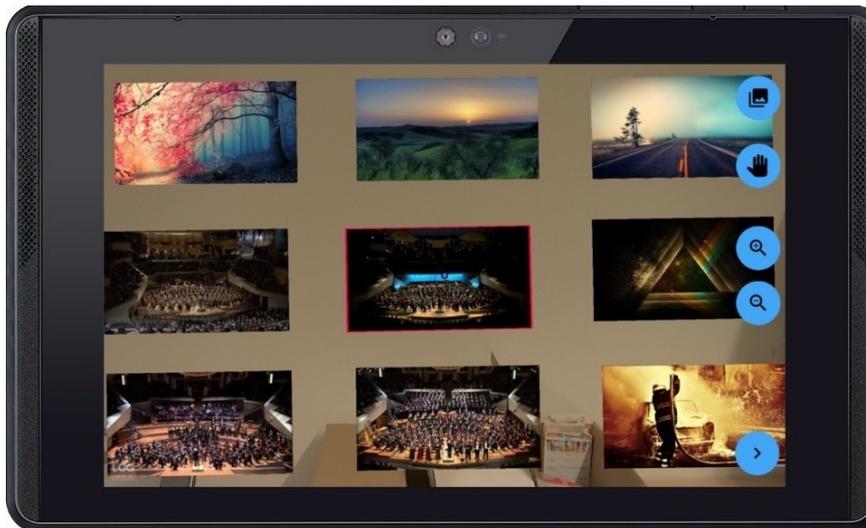


Abbildung 18: Ein weiterer Ordner wurde geladen.

Da die digitalen Bilder im physischen Raum verankert sind, können sie mithilfe des Tablets aus beliebigen Winkeln und Entfernungen betrachtet werden (Abbildung 19 und 20).



Abbildung 19: Die geladenen Bilder können egozentrisch, aus beliebigen Winkeln, exploriert werden. Sie sind digitale Objekte, jedoch fest im physischen Raum verankert.

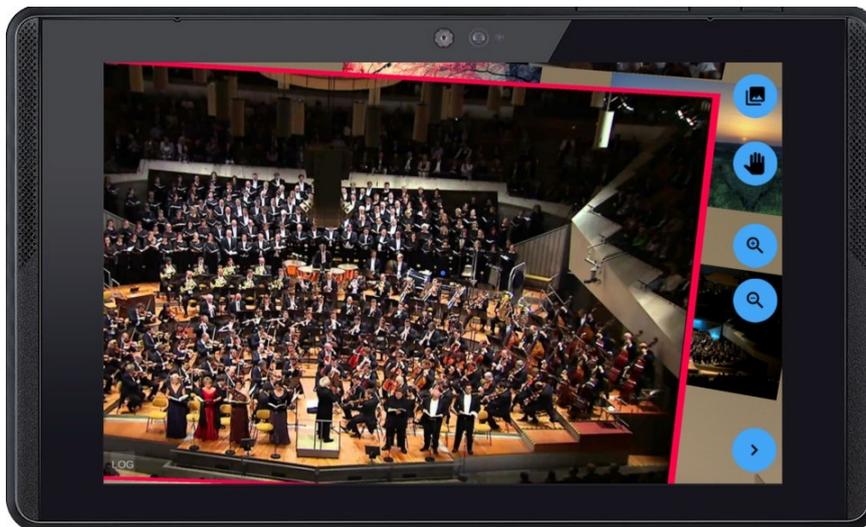


Abbildung 20: Auch aus nächster Nähe lassen sich die Bilder betrachten, um feine Details erkennen zu können.

Samantha läuft umher und betrachtet die Bilder genauer. Sie entscheidet sich dazu ein Bild auszusortieren, da sie es nicht im Fotokalender haben möchte. Hierzu packt sie es zunächst an (Abbildung 21 und 22).

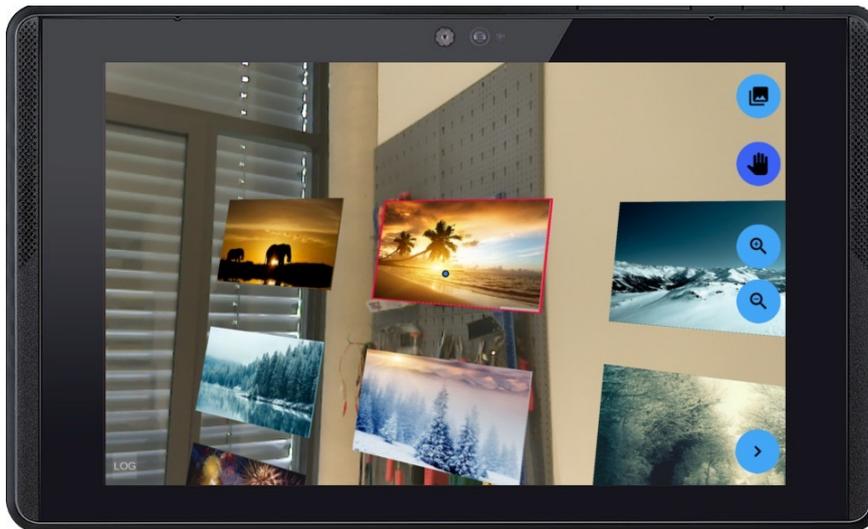


Abbildung 21: Bilder können mit der *Hand* angepackt werden.

Wird ein Bild angepackt, schwebt es stets halbtransparent vor dem Nutzer. Das System bietet nun drei weitere Möglichkeiten an: Das Bild kann mit dem ✓ an der aktuellen Stelle wieder verankert werden, mit dem X kann es an die letzte Stelle zurückversetzt werden (falls es aus Versehen angepackt wurde) und mit der Mülltonne kann es gelöscht werden. Samantha löscht das Bild (Abbildung 22 und 23).

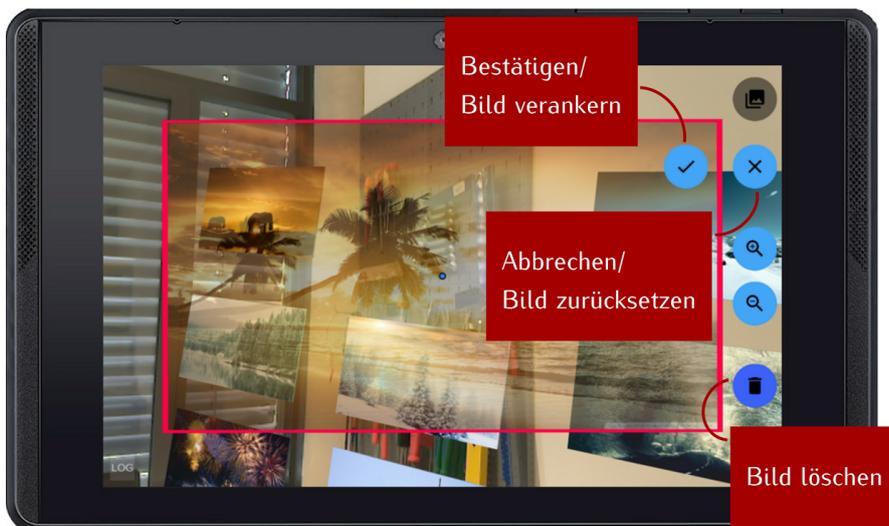


Abbildung 22: Angepackte Bilder bewegen sich nun mit dem Nutzer mit. Sie sind halbtransparent, um Übersicht zu gewährleisten. Mit dem ✓ kann das Bild an genau diesem Punkt abgesetzt werden, mit dem X kann es an die letzte Stelle zurückversetzt werden. Mit der Mülltonne wird es gelöscht.

Das Bild ist zwar aus dem Raum gelöscht (Abbildung 23), in dem Ordner ist es allerdings nach wie vor vorhanden.

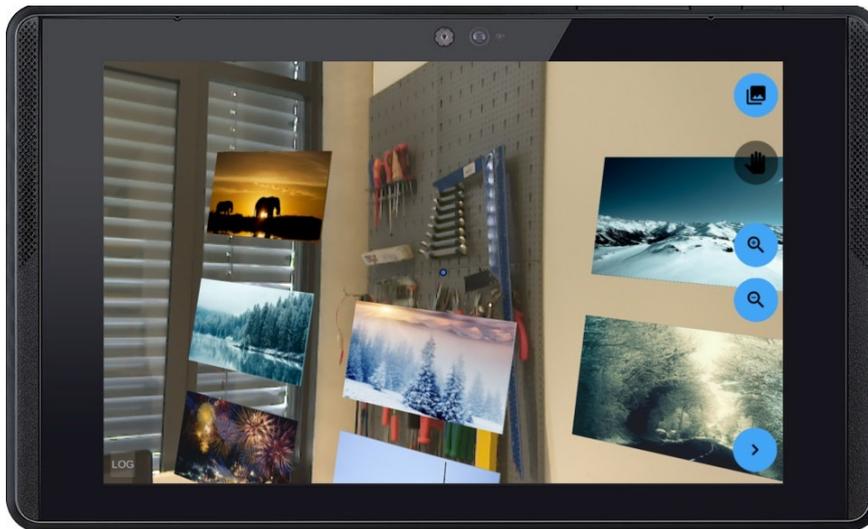


Abbildung 23: Das Bild wurde gelöscht. Es ist allerdings weiterhin im Ordner vorhanden.

Samantha betrachtet die weiteren Bilder und verschiebt einige hinter sich, an einen provisorischen *Abstellort*. Sie ist sich nicht sicher, ob sie diese Bilder später noch benötigt (Abbildung 24).

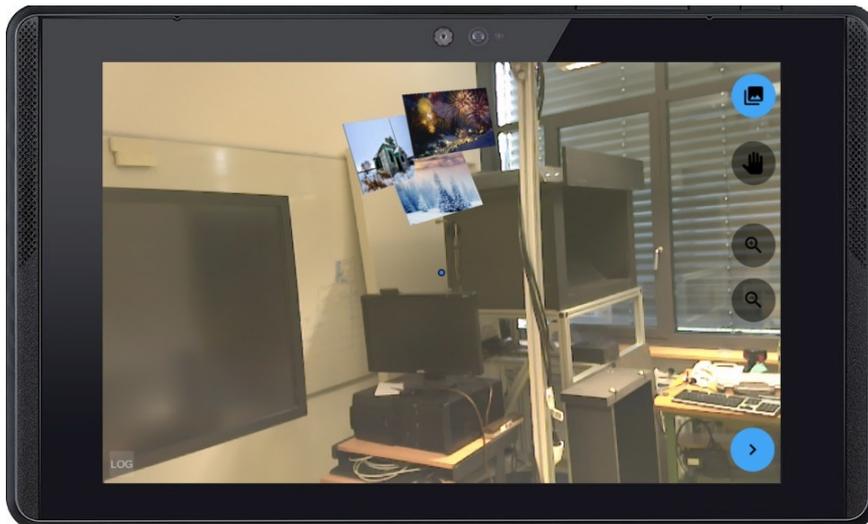


Abbildung 24: Bilder, die man eventuell noch benötigt, können z. B. hinter einem abgelegt werden.

Sie hat einige Kandidatenbilder herausgesucht und lose gruppiert (Abbildung 25).



Abbildung 25: Einige Bilder wurden lose gruppiert.

Nun testet sie verschiedene Layouts, indem sie die gruppierten Bilder sowohl vergrößert als auch verkleinert und sie zueinander ausrichtet (Abbildung 26 und 27).

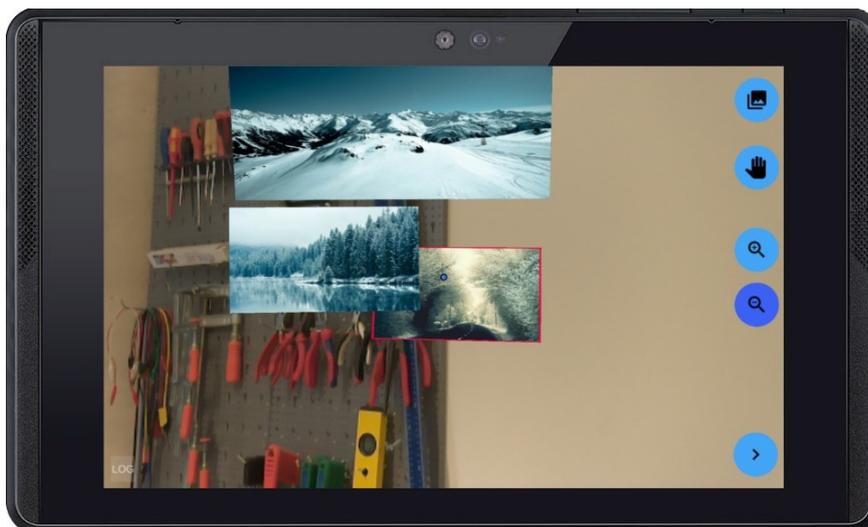


Abbildung 26: Die Bilder können stufenlos in der Größe verändert werden.

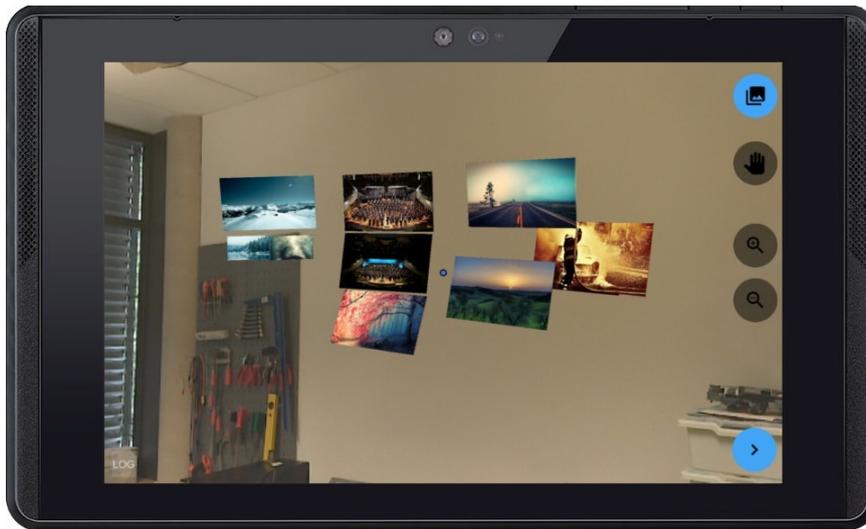


Abbildung 27: Die Bilder können nach Belieben zueinander ausgerichtet werden.

4 | EVALUATION

Der soeben vorgestellte Prototyp soll nun evaluiert werden. Zunächst wird die obig gestellte Forschungsfrage, als Folge der Festlegung der Anforderungen im letzten Kapitel, konkretisiert. Dann wird zum einen die Studie selbst dargestellt, mit Studienaufbau und -durchführung, und zum anderen von deren Ergebnissen berichtet, die im Anschluss diskutiert werden.

4.1 FORSCHUNGSFRAGEN

Folgende Forschungsfragen sollten mithilfe der Studie untersucht und beantwortet werden.

- (1) Inwiefern unterscheidet sich die Bedienung an PC und Tablet, im Szenario der Bildsortierung/-gruppierung, in Bezug auf Usability und User Experience?
- (2) Inwiefern konnten die, an die Anwendung gestellten, Anforderungen umgesetzt werden?

4.2 STUDIE

Zunächst wird das Design der Studie präsentiert und die Aufgabenstellung betrachtet. Folgend wird der Ablauf der Studie detailliert dargestellt und schließlich die Operationalisierung erörtert.

4.2.1 Studiendesign

Die insgesamt 8 Teilnehmer (+ 1 Pilotteilnehmer) wurden einzeln in das Forschungslabor eingeladen. Besondere Teilnahmebedingungen gab es nicht. Die Studie war in zwei Abschnitte unterteilt: eine Aufgabe sollte an einem PC, die andere an einem Tango-Tablet ausgeführt werden. Die Teilnehmer hatten keine zeitliche Begrenzung. Es gab 2 Datensätze und 2 Aufgaben. Zur Balancierung wurde die Reihenfolge der Aufgaben verändert, sodass unter den 8 Teilnehmern jeweils 2 mit derselben Aufgabenbedingung konfrontiert wurden (siehe Tabelle 3). Die Ausführung der Aufgaben wurde auf Video aufgezeichnet, das abschließende Interview auf Audio.

Tabelle 3: Die Tabelle zeigt die Durchführungsreihenfolge. 1 steht für *zuerst dieser Datensatz oder diese Aufgabe*, 2 steht für *zuletzt dieser Datensatz oder diese Aufgabe*. Es gibt vier verschiedene Möglichkeiten zur Durchführung, d. h. jeweils zwei Teilnehmer wurden mit derselben Aufgabenstellung konfrontiert.

Teilnehmer	1	2	3	4	5	6	7	8
Datensatz A	1	2	2	1	2	2	1	1
Datensatz B	2	1	1	2	1	1	2	2
Aufgabe PC	1	2	2	1	1	1	2	2
Aufgabe Tablet	2	1	1	2	2	2	1	1

Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau der Studie ist auf Abbildung 28 zu sehen. Der Raum ist groß, der Bewegungsfreiraum war allerdings durch die Einrichtung beschränkt. Die freie Fläche in der Raummitte betrug etwas über $3 \cdot 3$ m. Die Teilnehmer durften sich allerdings bewegen, wie sie wollten. Ein Whiteboard und ein Ventilator wurden als zusätzliche *Landmarks* in zwei Ecken positioniert. Ein Landmark ist ein Objekt, welches vom Nutzer als markant wahrgenommen und zur Orientierung genutzt werden kann.

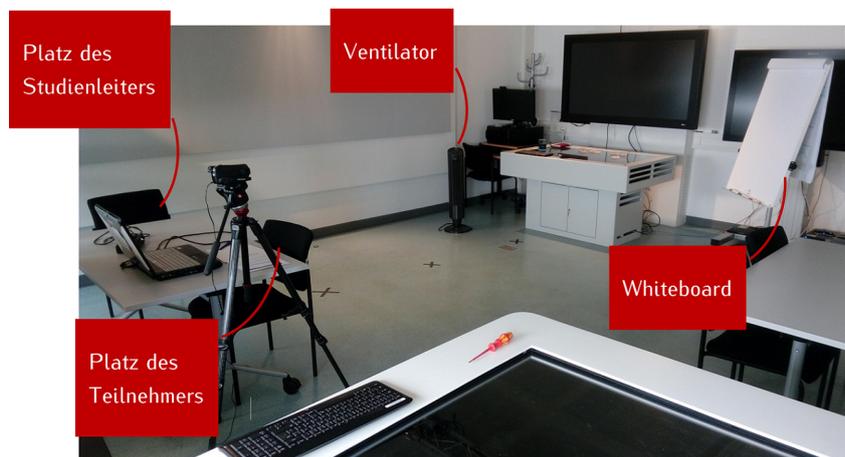


Abbildung 28: Der Versuchsaufbau der Studie. Vor dem Laptop (links) nahmen die Teilnehmer platz und bearbeiteten die PC-Aufgabe. Am langen Ende des Tisches saß der Studienleiter. Zur Bearbeitung der Tabletaufgabe, konnten sich die Teilnehmer frei im Raum bewegen. Grobe Abgrenzungen wurden durch verschiedene Objekte suggeriert, die auch als Landmarks dienen sollten. Die Position der Kamera zur Videoaufnahme veränderte sich, je nachdem welche der beiden Aufgaben bearbeitet wurde, um das Geschehen korrekt aufzeichnen zu können.

Änderungen am Prototypen

Der Einzelbildbrowser wurde deaktiviert, sodass nur noch der Schachtelbrowser zur Verfügung stand. Die Funktion, dass Bilder stets senkrecht ausgerichtet werden, wurde deaktiviert, um es zu ermöglichen, Bilder ohne jegliche Restriktionen zu positionieren. Darüber hinaus wurden Loggingfunktionen eingebaut. Diese umfassen das Aufzeichnen, Speichern und Wiederabrufen der Koordinaten des Tablets. Die Koordinaten der Bilder wurden ebenfalls gespeichert.

4.2.2 Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung orientiert sich an dem, in Abschnitt 3.2 vorgestellten, Szenario. Das einleitende Szenario und die Aufgabenstellungen, die den Teilnehmern vorgelegt wurden, lauten wie folgt:

SZENARIO „Sie besitzen eine große Bildersammlung. Viele dieser Bilder sind unsortiert in verschiedenen Ordnern zerstreut. Sie wollen einen Fotoalbum für das nächste Jahr erstellen. Dafür nehmen Sie sich vor, für jeden der 12 Monate jeweils 3 Bilder herauszusuchen. Die Kriterien, nach denen Sie diese aussuchen, haben Sie sich nur lose zurechtgelegt: Die Bilder sollen thematisch halbwegs zum jeweiligen Monat passen. Ob das durch den Bildinhalt oder z. B. eine Erinnerung, die mit dem Bild zusammenhängt, erreicht wird ist unwichtig.“ (Anhang B.1)

AUFGABENSTELLUNG (PC) „Sie sehen 8 Ordner mit jeweils 9 Bildern. Die Ordner sind beschriftet, es können sich allerdings thematisch falsche Bilder untergemogelt haben, als Sie diese damals grob geordnet haben. Sie sollen 12-mal 3 Bilder heraussuchen und gruppieren. Sortieren Sie die einzelnen Gruppen so, dass Sie wissen, welche Gruppe für welchen Monat im Kalender gedacht ist. Sie dürfen dabei vorgehen, wie Sie wünschen (neue Ordner erstellen etc.). Wenn Sie fertig sind, geben Sie mir Bescheid; ich sehe mir das Ergebnis kurz an.“ (Anhang B.2)

AUFGABENSTELLUNG (TABLET) „Im Bilderbrowser sehen Sie 8 Ordner mit jeweils 9 Bildern. Die Ordner sind beschriftet, es können sich allerdings thematisch falsche Bilder untergemogelt haben, als Sie diese damals grob geordnet haben. Drücken Sie auf einen Ordner, erscheinen alle Bilder des Ordners vor Ihnen. Sie sollen 12-mal 3 Bilder heraussuchen und räumlich getrennt zu den anderen Bildern gruppieren. Sortieren Sie die einzelnen Gruppen so, dass Sie wissen welche Gruppe für welchen Monat im Kalender gedacht ist. Wenn Sie fertig sind, geben Sie mir Bescheid; ich sehe mir das Ergebnis kurz an.“ (Anhang B.3)

4.2.3 Ablauf

Die Teilnehmer wurden zunächst begrüßt und über Organisatorisches, wie die Einverständniserklärung (Anhang A.1), informiert. Nachdem sie einen demographischen Fragebogen (Anhang A.2) ausgefüllt hatten, bekamen sie ein Szenario gestellt, innerhalb welchem die Aufgaben und deren fiktionaler Sinn angesiedelt sind (siehe Abschnitt 4.2.2, Aufgabenstellung). Danach wurde den Teilnehmern die erste von zwei Aufgaben präsentiert, je nachdem mit welcher Aufgabe der spezifische Teilnehmer beginnen sollte (siehe obige Tabelle 3, Abschnitt 4.2.1, Studiendesign). Zu Beginn der Tabletaufgabe, erhielten die Teilnehmer eine sehr kurze Einführung in die Anwendung. Sie durften mit Dummyobjekten (anstatt Bildern) üben, bis sie sich bereit fühlten. Waren die Aufgaben erledigt, erhielten die Teilnehmer jeweils zwei Fragebogen (Anhang C.1 und C.2). Der erste ist der bekannte *UEQ (User Experience Questionnaire)*.¹ Der zweite wurde, anhand der Anforderungen der Anwendung, selbst erstellt. Dieser besteht aus Aussagen, die anhand einer

¹ <http://www.ueq-online.org/>, der Fragebogen testet sowohl Aspekte der Usability als auch der User Experience.

Likert-Skala² zu bewerten waren. Anschließend sollten die Teilnehmer die jeweils andere Aufgabe bearbeiten und abschließend wieder jeweils zwei Fragebogen ausfüllen. Im letzten Teil der Studie wurden die Teilnehmer zu ihren Bewertungen im Anforderungsfragebogen befragt (Anhang C.3). Das Interview war semistrukturiert; Fragen, die einen Vergleich zwischen der Interaktion am PC und der am Tablet forderten, wurden forciert, um ein klares Fazit vom Teilnehmer zu erhalten. Abschließend wurde den Probanden für deren Teilnahme gedankt und sie wurden mit jeweils 8 € entschädigt. Die Studie dauerte ca. eine Stunde.

- ↓ (1) Der Teilnehmer wird begrüßt.
- ↓ (2) Der Teilnehmer wird über den Ablauf informiert und unterschreibt eine Einverständniserklärung.
- ↓ (3) Der Teilnehmer füllt einen demographischen Fragebogen aus.
- ↓ (4) Der Teilnehmer bekommt das Szenario und die erste Aufgabe vorgelegt und bearbeitet sie (und erhält im Falle der Tabletaufgabe eine knappe Einführung).
- ↓ (5) Der Teilnehmer füllt zwei Fragebogen aus.
- ↓ (6) Der Teilnehmer bekommt die zweite Aufgabe vorgelegt und bearbeitet sie.
- ↓ (7) Der Teilnehmer füllt die zwei gleichen Fragebogen aus.
- ↓ (8) Der Teilnehmer wird interviewt.
- (9) Der Teilnehmer wird mit 8 € kompensiert und verabschiedet.

Besonderheiten während der Durchführung

Während der Studiendurchführung traten Rekalibrationen auf. Das Tablet verlor teilweise kurzzeitig die Orientierung und musste sich wieder zurechtfinden. Die Folge war, dass das Tablet nach der Rekalibration den digitalen Raum etwas verschoben hat. Dies führte bei Teilnehmer 5 dazu, dass er sich nicht mehr orientieren konnte. Durch den Versatz der bereits positionierten Bilder, verlor der Teilnehmer den räumlichen Bezug, zwischen den virtuellen Bildern und dem realen Raum. Daher wurde bei ihm die Aufgabe an dieser Stelle abgebrochen. Die anderen betroffenen Teilnehmer konnten sich schnell wieder orientieren. Es hatte keine erkennbaren Folgen auf ihr Interaktionsverhalten (Laufwege etc.). Sie behielten ihr bisheriges Verfahren bei. Der Grund für die plötzlich auftretenden Probleme ist unbekannt. Die Rekalibration trat an unterschiedlichen Orten im Raum und zu unterschiedlichen Zeitpunkten der Studie auf. Um zuverlässigeres Tracking zu ermöglichen, scannt man mit dem Tango-Tablet im Voraus den Bereich ab, in dem man interagieren will. Das Gerät erstellt eine Datei (*Area Description File (ADF)*), in der Merkmale des Raumes gespeichert werden. Diese ADF wird dann beim Start der Anwendung abgerufen, sodass das Gerät im Idealfall sofort erkennt, wo genau es sich im Raum befindet. Die ADF könnte zu wenig Merkmale beinhaltet haben, sodass sich das Tablet an sehr spezifischen Positionen im Raum nicht mehr zurechtfinden konnte.

² Die Bewertung der Aussage erfolgt in diesem Fall mithilfe fünf abgegrenzter Wertigkeiten: *trifft voll und ganz zu* – *trifft eher zu* – *teils-teils* – *trifft eher nicht zu* – *trifft überhaupt nicht zu*.

4.2.4 Operationalisierung

Es gibt drei *unabhängige* Variablen: die Interaktionsart (PC oder Tablet), die Reihenfolge, in der die Aufgaben bearbeitet werden (zuerst PC oder zuerst Tablet) sowie welcher Datensatz in welcher Aufgabe benutzt wird (A oder B). Die möglichen Zusammensetzungen sind in obiger Tabelle 3 (Abschnitt 4.2.1, Studiendesign) aufgeführt. Eine unabhängige Variable ist eine frei veränderbare Größe der Studie. Eine abhängige Variable hingegen kann nicht frei verändert werden, sie ist von den unabhängigen Variablen und anderen Parametern der Studie *abhängig*.³ Von diesen drei unabhängigen Variablen, ist die Interaktionsart die wichtige für die Studie. Die Reihenfolge und die Datenart wurden verändert, um eine gleichmäßige Verteilung der Versuchsbedingungen zu ermöglichen. Im Folgenden werden die *abhängigen* Variablen dargestellt. Die übergreifenden abhängigen Variablen sind User Experience und Usability, sie umschließen mehrere Teilaspekte.

ERFÜLLUNG DER ANFORDERUNGEN Der Anforderungsfragebogen wurde konzipiert, um die Güte der Umsetzung, der an die Anwendung gestellten Anforderungen, zu überprüfen. Eine fünfstellige Likertskala wurde benutzt (*trifft voll und ganz zu bis trifft überhaupt nicht zu*), um eine genaue und einheitliche Beantwortung zu ermöglichen. Teile dieses Fragebogens sind bereits implizit im UEQ enthalten, allerdings sollten diese Teile dennoch nochmal explizit abgefragt werden. Zur Vertiefung wurden die Teilnehmer anschließend zu ihren Antworten interviewt. Durch diese Begründungen, Erklärungen und eigenen Ideen, soll sich ein stimmiges Gesamtbild des Eindrucks der Teilnehmer ergeben. Der Anforderungsfragebogen prüft folgende Aspekte:

- (1) Übersicht
- (2) Das Erlernen der Bedienung, das Einfinden in die Interaktionsart
- (3) Kognitive Belastung
- (4) Physische Belastung
- (5) Klarheit über den System State
- (6) Das Gefallen des Designs
- (7) Das Gefallen der Interaktionsart

HEDONISCHE QUALITÄT Die hedonische Qualität ist eine Zusammenfassung aus zwei Werten des UEQ (*Stimulation* und *Originalität*). Sie beschreibt Qualitätsaspekte, die nicht direkt mit der Ausführung der Aufgabe zusammenhängen.

PRAGMATISCHE QUALITÄT Die pragmatische Qualität ist eine Zusammenfassung aus drei Werten des UEQ (*Verständlichkeit*, *Effizienz* und *Zuverlässigkeit*). Sie beschreibt Qualitätsaspekte, die direkt mit der Ausführung der Aufgabe zusammenhängen. Auch der selbst konzipierte Fragebogen prüft pragmatische Aspekte: (3)/(4) *Kognitive/Physische Belastung* und (2)/(5) *Erlernen der Bedienung/Klarheit über den System State*.

³ Beispielsweise ist in einem Experiment, in dem der Effekt von Schuhen auf die Sprintgeschwindigkeit untersucht werden soll, eine unabhängige Variable, ob der Läufer Schuhe trägt oder nicht. Eine abhängige Variable wäre die Geschwindigkeit, die gemessen wird.

ATTRAKTIVITÄT Die Attraktivität wird, getrennt von hedonischer und pragmatischer Qualität, im UEQ gemessen. Attraktivität bezieht sich hier weder nur auf hedonische, noch nur auf pragmatische Aspekte. Gegensatzpaare wie *unerfreulich* ↔ *erfreulich* beinhalten Rückschlüsse über sowohl Hedonik als auch Pragmatik.

ZUSÄTZLICHE MESSUNGEN Die Teilnehmer wurden während beider Aufgaben auf Video aufgezeichnet. Eventuell dort ersichtliche Auffälligkeiten, könnten sich mit den anderen aufgezeichneten Daten belegen lassen. Andere aufgezeichnete Daten sind Logs der Position des Tablets und der Bilder (während der Tabletaufgabe). Anhand dieser Koordinaten können weitere Dinge, wie z. B. die Pfadlänge, berechnet werden. Diese quantitativen Daten sollen in der Evaluation unterstützend herangezogen werden.

4.3 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

In diesem Abschnitt werden die erhobenen Daten und Ergebnisse der Studie dargestellt und anschließend diskutiert.

4.3.1 Studienteilnehmer

Die Altersspanne der Teilnehmer reichte von 20 bis 28 Jahren, mit $M = Md = 23,5$ Jahre. 33 % der Teilnehmer waren weiblich. Drei Teilnehmer besaßen nie ein Tablet; M der Nutzungsdauer der Teilnehmer, die ein Tablet besitzen, liegt bei 3,9 Jahren. Erfahrung mit Augmented Reality war gering vorhanden: Ein Teilnehmer entwickelt seit Kurzem selbst eine Augmented-Reality-Anwendung, drei Teilnehmer hatten kurze Erfahrungen mit Augmented Reality gesammelt und die restlichen vier Teilnehmer hatten noch keine Erfahrung damit oder wussten nicht, um was es sich dabei handelt.

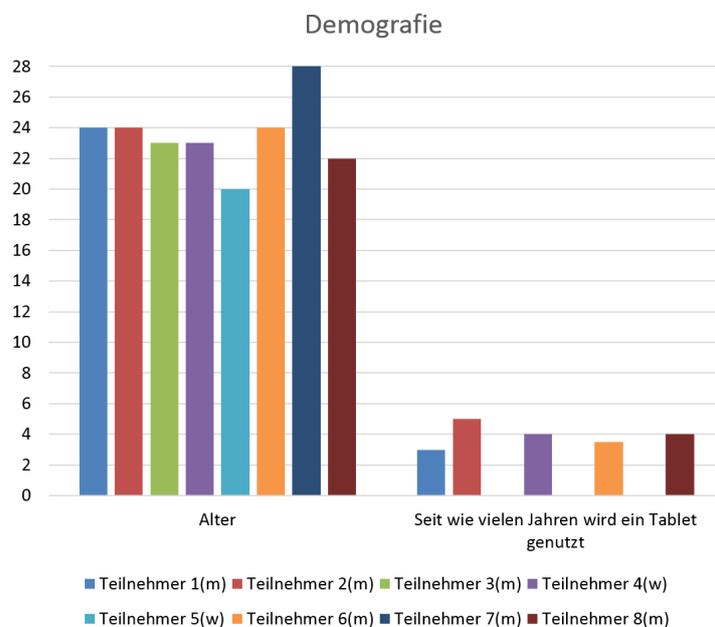


Abbildung 29: Die Demografie der Studienteilnehmer. Abgebildet sind Alter und Geschlecht der Teilnehmer sowie seit wie vielen Jahren sie bereits ein Tablet nutzen.

4.3.2 Erhobene Daten (Fragebogen)

Im Folgenden werden die erhobenen Daten, getrennt durch die Erhebungsmethoden, dargestellt.

User Experience Questionnaire

Die Diagramme des UEQ sind mit einem Farbverlauf hinterlegt. Er zeigt drei Bereiche an: *rot*, *gelb* und *grün*. Enden Balken in roten Bereichen, hat es zu bedeuten, dass der korrespondierende Wert negativ oder schlecht ist (anhand der zugrundeliegenden Standards zur Interpretation). Diesem Schema folgend, bedeutet der gelbe Bereich neutrale Ergebnisse und der grüne Bereich positive oder gute Werte.

Die Bewertung in Bezug auf die Tabletaufgabe, fiel durchweg positiv aus (Abbildung 30). Festzuhalten sind Unterschiede zur PC-Aufgabe, in den Punkten *Attraktivität*, *Steuerbarkeit*, *Stimulation* sowie *Originalität*: In puncto *Attraktivität*, *Stimulation* und *Originalität* fällt die Bewertung äußerst positiv aus (Tablet), während sich die Wertung bei *Attraktivität* (PC) im neutralen Bereich und bei *Stimulation* sowie *Originalität* im negativen Bereich befindet. *Steuerbarkeit* ist der einzige Punkt, in dem die PC-Aufgabe besser bewertet wurde.

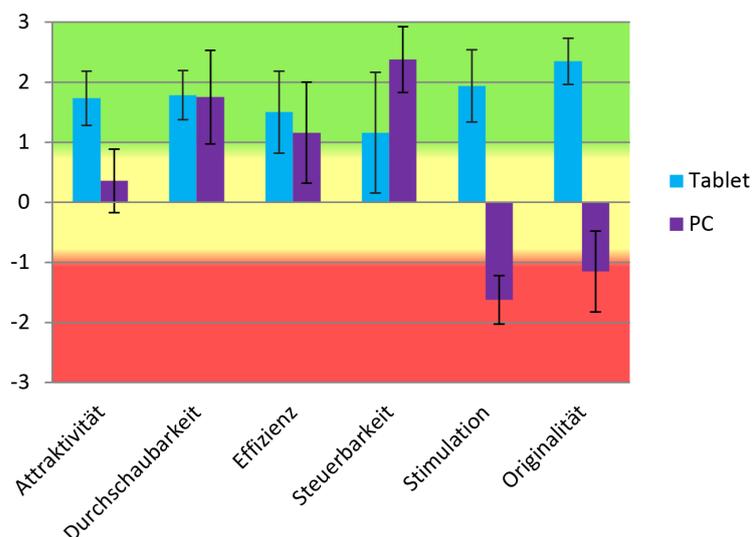


Abbildung 30: In dieser Grafik sind die UEQ-Ergebnisse beider Aufgaben aufgeführt. Das Konfidenzintervall ist für jeden Balken mit abgebildet.

Abbildung 30 zeigt dieselben Daten wie Abbildung 31, allerdings in den übergreifenden Kategorien *pragmatische Qualität* (*Durchschaubarkeit*, *Effizienz*, *Steuerbarkeit*), *hedonische Qualität* (*Stimulation*, *Originalität*) (und erneut *Attraktivität*).

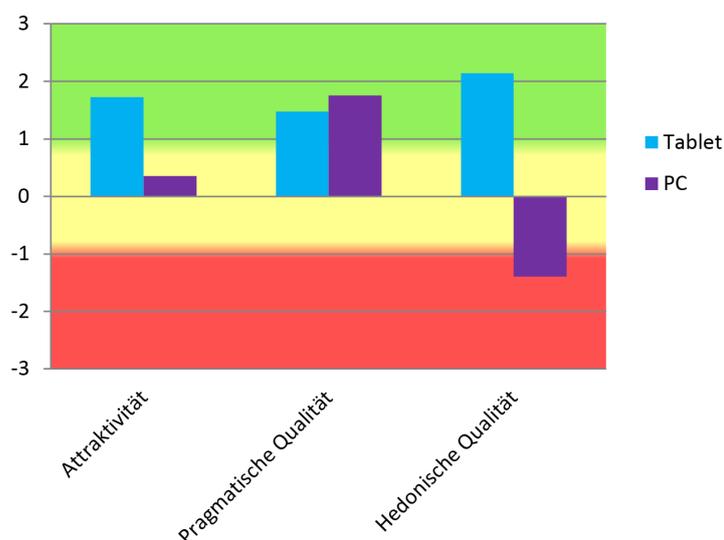


Abbildung 31: In dieser Grafik sind die UEQ-Ergebnisse beider Aufgaben aufgeführt (übergreifende Kategorien *pragmatische Qualität*, *hedonische Qualität*)

Cronbachs α (Abbildung 32) ist eine Maßzahl für die interne Konsistenz einer Skala. Messungen, die ein $\alpha < 0,7$ aufweisen, sollten nur mit hoher Vorsicht verwendet werden. Generell gilt, je kleiner α , desto schlechter ist die Zuverlässigkeit der Skala;⁴ allerdings können nur positive Werte sinnvoll interpretiert werden. α kann Werte von $-\infty$ bis 1 annehmen, wobei $\alpha = 1$ das Optimum darstellt. Werte kleiner als 0,5 gelten als inakzeptabel.⁵

Schlechte Werte können u. a. darin begründet liegen, dass die Teilnehmerzahl gering war. An dieser Studie nahmen acht Personen teil, daher wird *Cronbachs α* zwar beachtet, ihm wird aber keine kritische Bedeutung beigemessen.

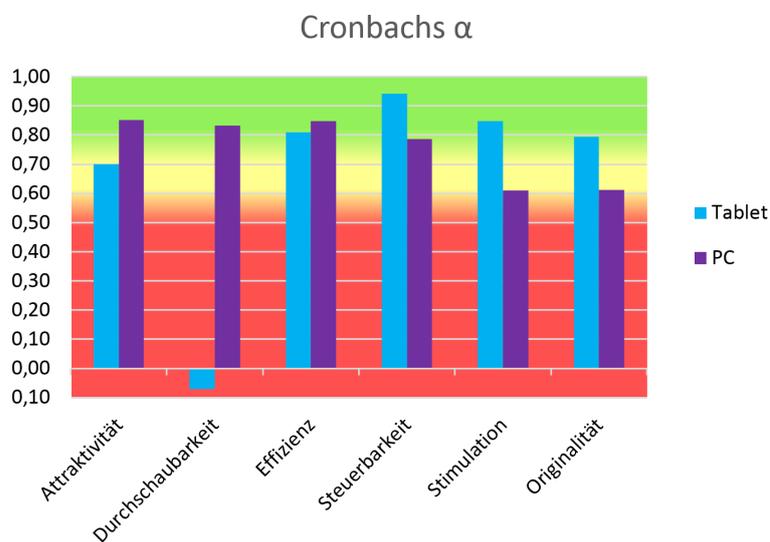


Abbildung 32: Das Diagramm zeigt *Cronbachs α* , jeweils für die verschiedenen Kategorien des UEQ.

⁴ <http://www.ats.ucla.edu/stat/spss/faq/alpha.html>

⁵ https://de.wikipedia.org/wiki/Cronbachs_Alpha

Für *Durchschaubarkeit* (Tablet) wurde $\alpha = -0,07$ berechnet. $\alpha = 0,61$ für jeweils *Stimulation* (PC) und *Originalität* (PC) liegt im fragwürdigen Bereich. D. h. *Durchschaubarkeit* (Tablet) sollte keinesfalls und *Stimulation* (PC) und *Originalität* (PC) sollten nur bedingt zur Analyse und Schlussfolgerung verwendet werden.

Anforderungsfragebogen mit Interview

Ob die Umsetzung der Anforderungen gelang, wurde mithilfe des Anforderungsfragebogens und anschließendem Interview hierzu überprüft. Dessen Fragen (bzw. Aussagen) fokussierten sich auf die gestellten Anforderungen. Um auch Vergleichbarkeit zur Interaktion am PC herzustellen, füllten die Teilnehmer den gleichen Fragebogen aus, nachdem sie die Aufgabe am PC erledigt hatten. Die Fragen waren mit fünfstelligen Likert-Skalen zu bewerten (*trifft voll und ganz zu* – *trifft eher zu* – *teils-teils* – *trifft eher nicht zu* – *trifft überhaupt nicht zu*). Jedem Punkt der Skala wird ein Wert zugewiesen (1-5, wobei *am positivsten* = 1 und *am negativsten* = 5). In folgenden Unterabschnitten werden die Aussagen des Anforderungsfragebogens einzeln betrachtet. In den Diagrammen werden die arithmetischen Mittel M , mit zugehörigen Standardabweichungen SD , und zusätzlich den Medianen Md angegeben. Bei zusammengefasstem Empfinden oder Aussagen von Teilnehmern, ist deren Anzahl durch N wiedergegeben.

Übersicht

„Sie fanden es übersichtlich. Sie haben sich trotz der vielen Bilder *nicht* verloren gefühlt.“

Die Übersichtlichkeit am Tablet wurde insgesamt *neutral* bewertet ($N = 2$, z. B. „Man kann sich am Tablet leichter Übersicht verschaffen, weil alle Bilder auf einmal geöffnet werden“ aber auch ($N = 3$) „[man hat] zu wenig Platz“). Teilnehmer 3 merkte an, dass er nicht beurteilen könne, inwiefern er mit dem PC anders umgegangen wäre, wenn er diese Form der Interaktion nicht schon kennen würde.

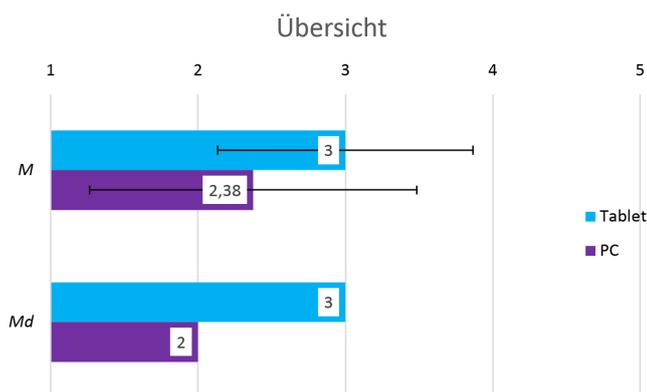


Abbildung 33: M mit zugehöriger SD und zusätzlich Md für den Teilbereich *Übersicht*. Niedrigere Werte sind besser.

Erlernen

„Sie haben die Bedienung schnell verstanden, es war leicht zu erlernen.“

Die Bedienung am Tablet war sehr leicht zu erlernen (N = 8, z. B. „Die Bedienung ist selbsterklärend, [...] es gibt auch nicht so viele Funktionen“). Die Bedienung am PC war allen Teilnehmern bekannt. Da keine spezielle Software benutzt wurde, mussten die Teilnehmer nur vorhandenes Wissen abrufen, um die Aufgabe zu bearbeiten.

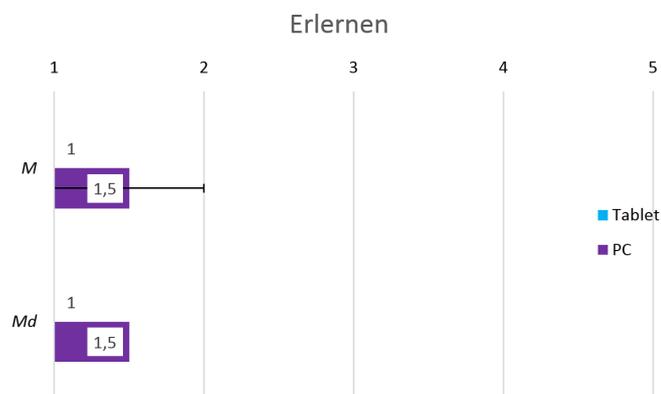


Abbildung 34: M mit zugehöriger SD und zusätzlich Md für den Teilbereich *Erlernen*. Niedrigere Werte sind besser.

Kognitive Belastung

„Es war kognitiv anstrengend die Aufgabe auszuführen.“

Die räumliche Navigation am Tablet, verringerte teilweise die kognitive Last, gegenüber dem der Interaktion am PC (N = 3, z. B. „Man konnte direkt sehen, welche Bilder bereits für den Kalender benutzt wurden“ oder „[...] weil man mehr Anhaltspunkte hat, um sich an die Position [des Bildes] zu erinnern“). Dieselben Aspekte erhöhten die Last teilweise allerdings auch im Vergleich (N = 3, z. B. „[...] dass man sich gegebenenfalls an die räumliche Position eines Bildes erinnern muss“).

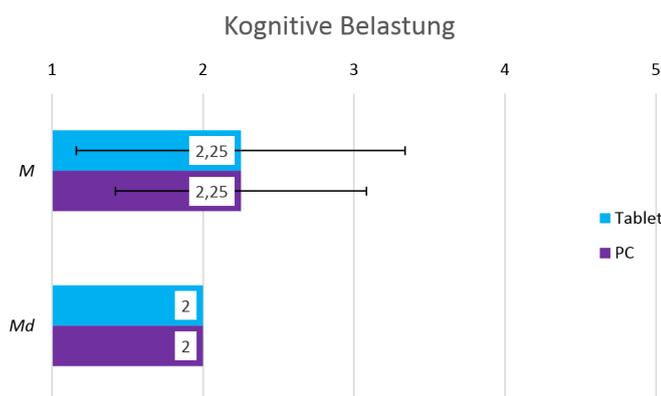


Abbildung 35: M mit zugehöriger SD und zusätzlich Md für den Teilbereich *Kognitive Belastung*. Aufgrund des vorliegenden Tausches der positiven und negativen Seite, wurde die Skala umgedreht. Niedrigere Werte sind besser.

Physische Belastung

„Es war physisch anstrengend die Aufgabe auszuführen.“

Einige Teilnehmer gaben an, dass die Interaktion am Tablet, nach ein paar Minuten, physisch anstrengt ($N = 6$). Teilweise positionierten sie Bilder daher etwas niedriger oder sagten, dass sie Bilder niedriger hätten positionieren sollen, um die Anstrengung der Arme zu verringern ($N = 2$).

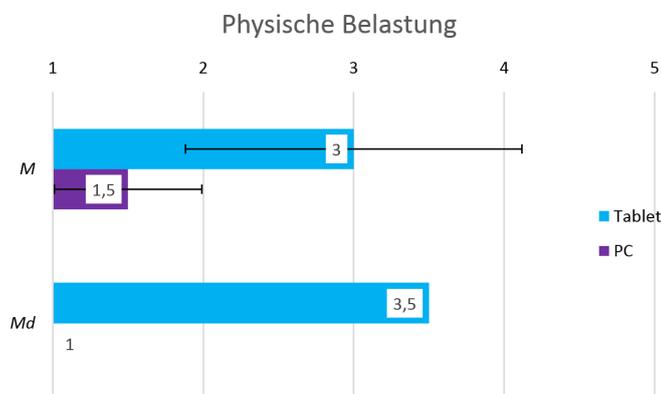


Abbildung 36: M mit zugehöriger SD und zusätzlich Md für den Teilbereich *Physische Belastung*. Aufgrund des vorliegenden Tausches der positiven und negativen Seite, wurde die Skala umgedreht. Niedrigere Werte sind besser.

System State

„Es war immer klar inwiefern Sie interagieren und was Sie alles machen können, immer eindeutig was gerade passiert.“

Mit Ausnahme von Teilnehmer 5, bewerteten hier alle die Tabletinteraktion *positiv* ($N = 7$). Bei Teilnehmer 5 wurde die Tabletaufgabe abgebrochen, nachdem er sich nicht mehr orientieren konnte, als sich das System rekali-brierte. Dies gab er im Interview als Grund für die *negative* Wertung an. In Bezug auf die PC-Aufgabe, werteten ebenfalls beinahe alle Teilnehmer *positiv* ($N = 7$). Prinzipiell war der System State bei beiden Systemen klar.

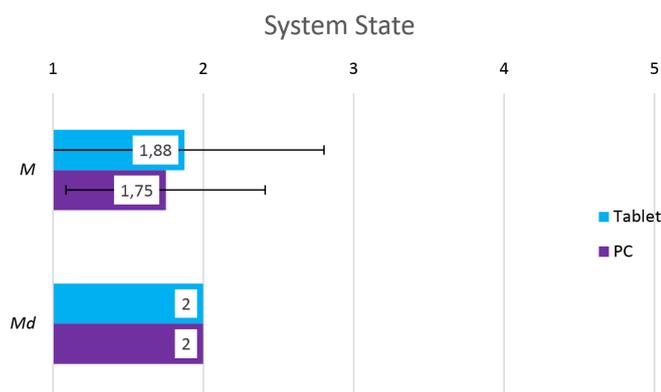


Abbildung 37: M mit zugehöriger SD und zusätzlich Md für den Teilbereich *System State*. Niedrigere Werte sind besser.

Design

„Das Design hat Ihnen gut gefallen.“

Das Design wurde sehr positiv bewertet ($N = 7$, z. B. „[hat das minimalistische Design gut gefallen], weil es sich im Hintergrund hielt und der Fokus auf den Bildern lag“). Ein Teilnehmer kritisierte, dass das Design zu weit von Googles *Material-Design-Richtlinien*⁶ entfernt sei. Das Design am PC, wurde *neutral* mit Neigung zum *Positiven* bewertet.

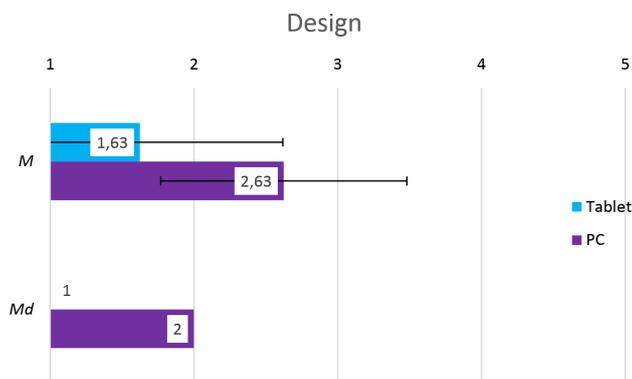


Abbildung 38: M mit zugehöriger SD und zusätzlich Md für den Teilbereich *Design*. Niedrigere Werte sind besser.

Fazit zur Interaktion

„Ihnen gefällt diese Interaktionsart.“

Letztlich wurde die Interaktion am AR Information Browser *eher positiv* bewertet. Teilnehmer 2 gab zu verstehen, dass seine Erwartungshaltung im Vorfeld *negativ* gewesen war, nach der Tabletaufgabe aber im Vergleich *sehr positiv* ($N = 2$, z. B. „Am PC ist höhere kognitive Leistung nötig. [...] Am Tablet ist es immer übersichtlich, [...] am PC muss man sehr viel Ordner wechseln.“). Anderen gefiel die Interaktion am PC besser, die bereits bekannte Interaktionsart wurde bevorzugt ($N = 2$, z. B. „Es ist übersichtlicher am PC. Am Tablet hat es zwar mehr Spaß gemacht, aber der Spaßfaktor lässt irgendwann nach“). Die Interaktion am PC wurde zusammenfassend *neutral* bewertet.

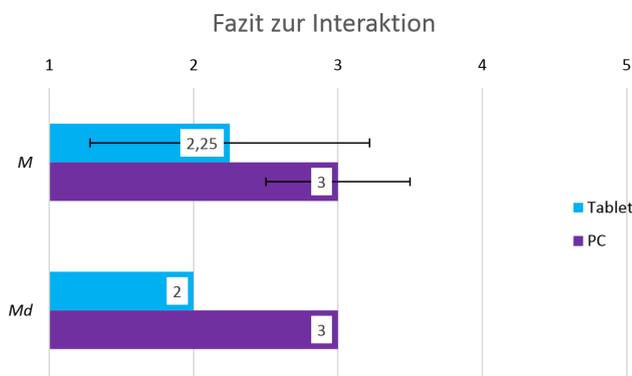


Abbildung 39: M mit zugehöriger SD und zusätzlich Md für den Teilbereich *Fazit zur Interaktion*. Niedrigere Werte sind besser.

⁶ <https://material.google.com/>

Zusammenfassung

Abbildung 40 zeigt alle Mittelwerte und zugehörigen Standardabweichungen der Teilbereiche. Abbildung 41 zeigt eine Gegenüberstellung der Mittelwerte der einzelnen Teilnehmer sowie die zugehörigen Standardabweichungen.

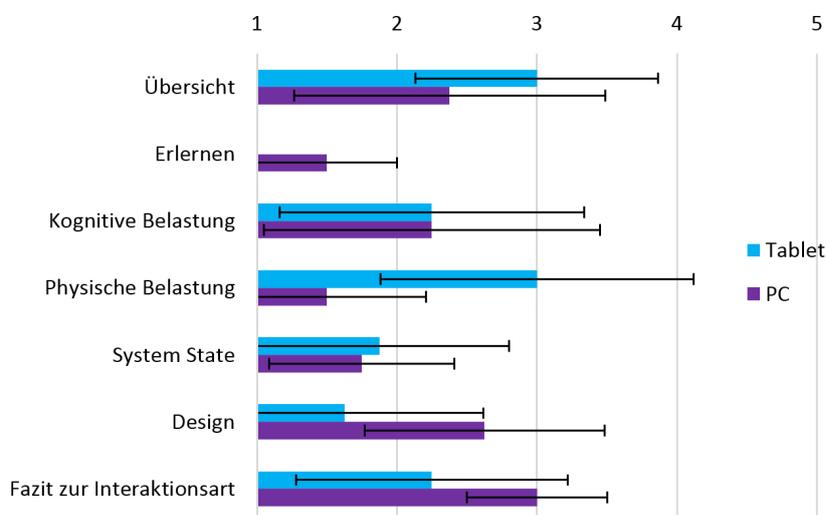


Abbildung 40: Eine Gegenüberstellung der Mittelwerte der einzelnen Teilbereiche. Die zugehörigen Standardabweichungen sind jeweils ebenfalls zu sehen. Niedrigere Werte sind besser.

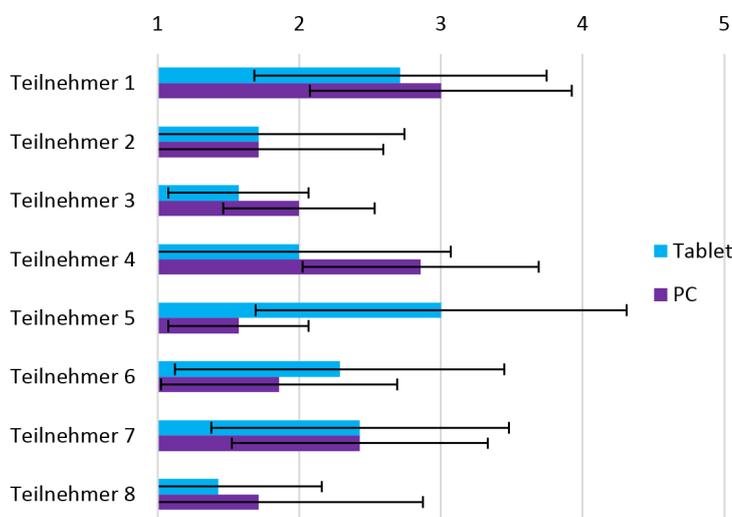


Abbildung 41: Eine Gegenüberstellung der Mittelwerte der einzelnen Teilnehmer. Die zugehörigen Standardabweichungen sind jeweils ebenfalls zu sehen. Niedrigere Werte sind besser.

4.3.3 Erhobene Daten (Logging)

Zu den per Logging erhobenen Daten, zählen Positionsdaten des Tablets und der digitalen Bilder sowie Besonderheiten, die bei der Analyse der Videoaufzeichnung offensichtlich wurden.

Abbildung 42 zeigt eine Karte, auf der der Studienraum (siehe Abschnitt 4.2.1, Studiendesign) schematisch aus der Vogelperspektive zu sehen und die Bewegung der Teilnehmer kumulativ als Heatmap abgebildet ist. Direkt ersichtlich ist, dass sich die Teilnehmer hauptsächlich in der Raummitte aufgehalten haben. Die Verteilung ist relativ gleichmäßig; es gab keine bestimmten Landmarks oder Ecken im Raum, die präferiert zur Bildablage benutzt wurden.

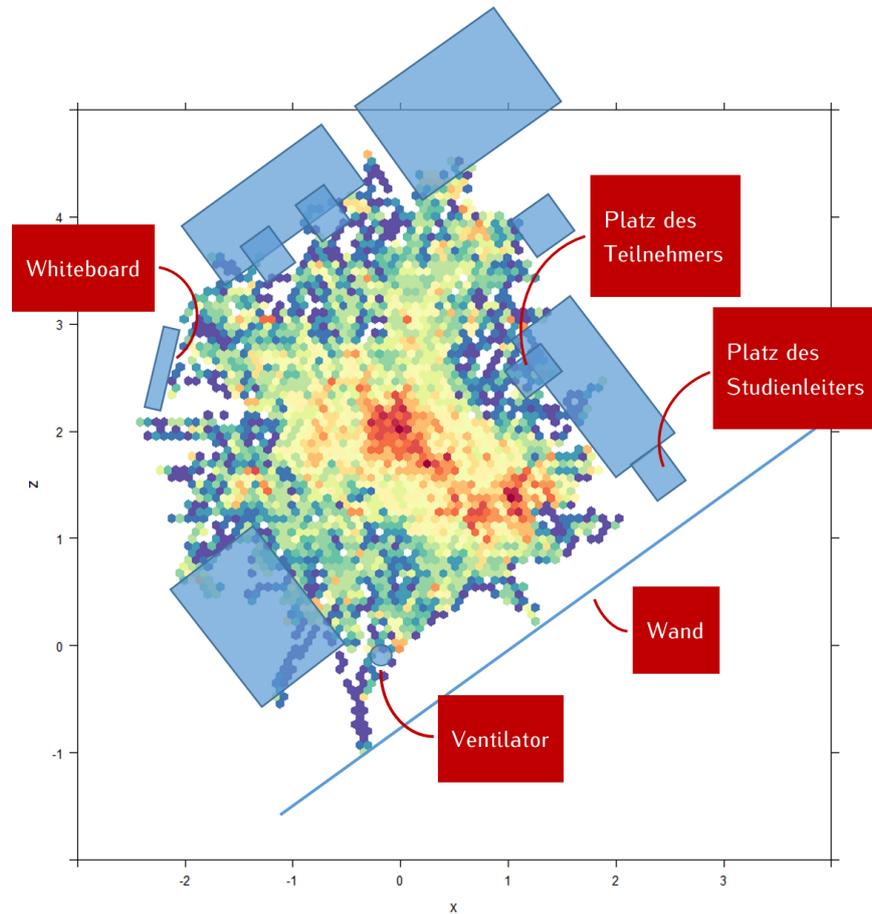


Abbildung 42: Eine Heatmap, die die geloggtten Positionen der Teilnehmer kumulativ zeigt. Zusätzlich ist der Studienaufbau zu sehen. Bei den Überschneidungen der Teilnehmerpositionen mit den Möbeln ist zu beachten, dass nicht die Position der Teilnehmer direkt, sondern die des Tablets geloggt wurde.

Wie in folgender Abbildung 43 zu sehen ist, verfolgten die meisten Teilnehmer unterschiedliche Strategien zur Bearbeitung der Aufgabe. Teilnehmer 1 nutzte die zur Verfügung stehende Fläche am meisten aus und die Raummitte nur zur Bewegung anstatt zur Bildablage, wohingegen sich Teilnehmer 7 größtenteils nur um die eigene Achse drehte und die Bilder direkt bei sich positionierte. Nur Teilnehmer 1 und 8 nutzten explizit verschiedene Objekte im Raum als Ablagepunkte. Teilnehmer 6 nutzte zwei Seiten des Raumes zur Ablage und Sortierung. Teilnehmer 1, 2, 3, 7 und 8 verteilten die Bilder grundsätzlich zirkulär um sich herum. Teilnehmer 4, 5 und 6 verwendeten eher bestimmte Bereiche. Bei Teilnehmer 6 ist die finale Positionierung gut zu erkennen. Man sieht 12 orange-rote Gruppen; dort legte er die jeweils 3 Bilder pro Monat ab.

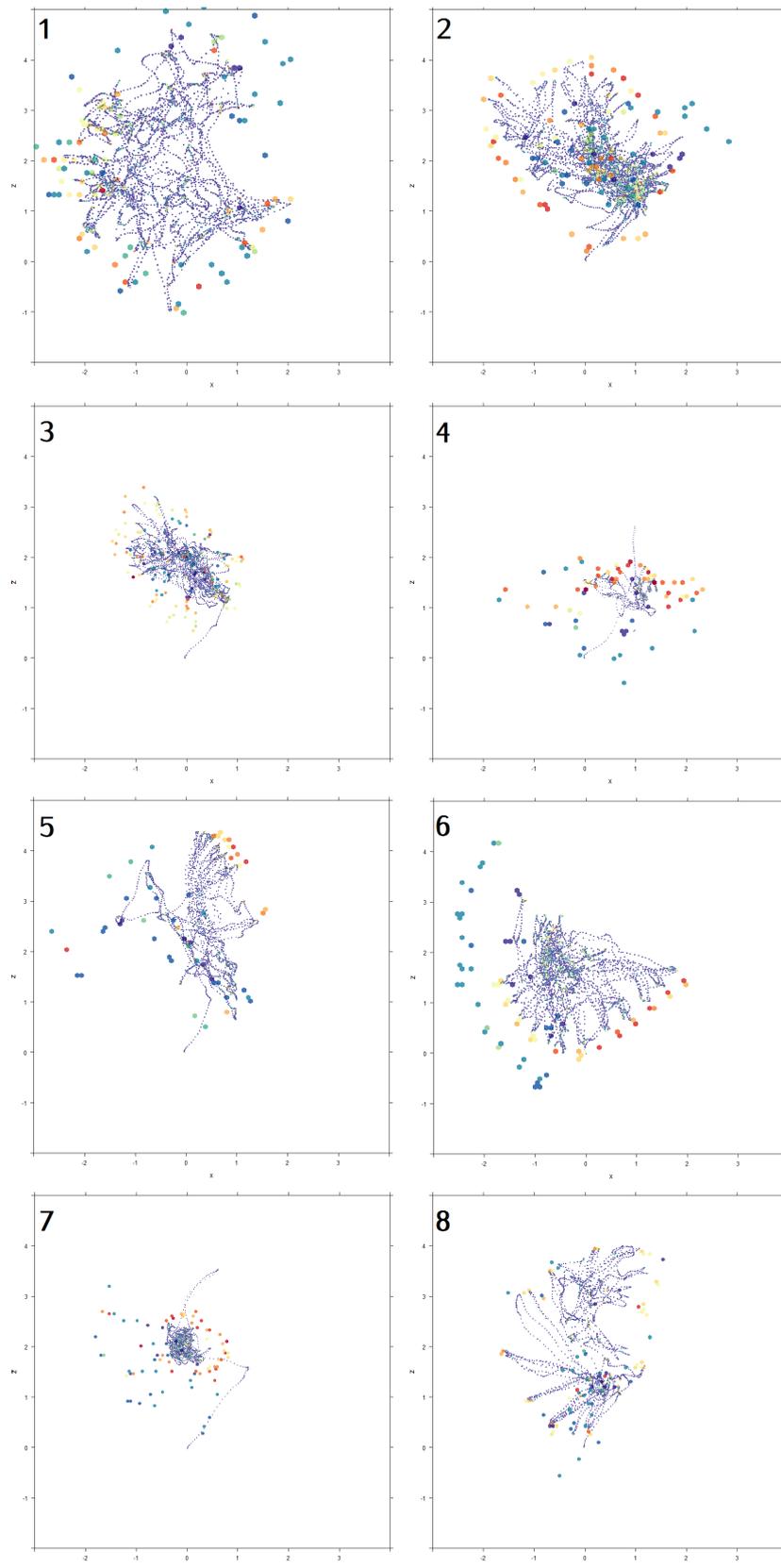


Abbildung 43: Eine Kollage aus Heatmaps, die jeweils pro Teilnehmer den Pfad und die Bilderpositionen zeigen. Zu beachten ist, dass der Pfad durch das Tablet geloggt wurde, also nicht zwangsweise eins zu eins der Pfad des Teilnehmers ist. Zudem sind die Bilderpunkte kleine Bereiche und nicht einzelne Bilder. Zum Beispiel ist ein Punkt rot, weil dort mehrere Bilder nah nebeneinander abgelegt wurden.

Die Lösungsstrategien zur Bearbeitung der PC-Aufgabe, waren ebenfalls relativ unterschiedlich. Einige Teilnehmer ($N = 5$) nutzten mindestens ein zweites Fenster zur Bearbeitung der Aufgabe. Die restlichen ($N = 3$) erledigten die Aufgabe mit nur einem Fenster. Zum Beispiel Teilnehmer 3 nutzte die rechte Bildschirmhälfte, durch ein zweites Fenster, dazu aus, um den zu erstellenden Fotokalender stets anzeigen zu lassen. Auf der linken Hälfte explorierte er das Bilderarchiv (Abbildung 44).



Abbildung 44: Die Lösungsstrategie von Teilnehmer 3 am PC: Er öffnete zwei Fenster nebeneinander. In einem durchsuchte er den Bilderbestand für den Kalender, im anderen ließ er den im Aufbau befindlichen Fotokalender anzeigen.

Alle, bis auf Teilnehmer 8 ($N = 7$), vergrößerten die Thumbnails der Bilder. Er ließ diese relativ klein und nutzte darüber hinaus kein zweites Fenster (Abbildung 45).

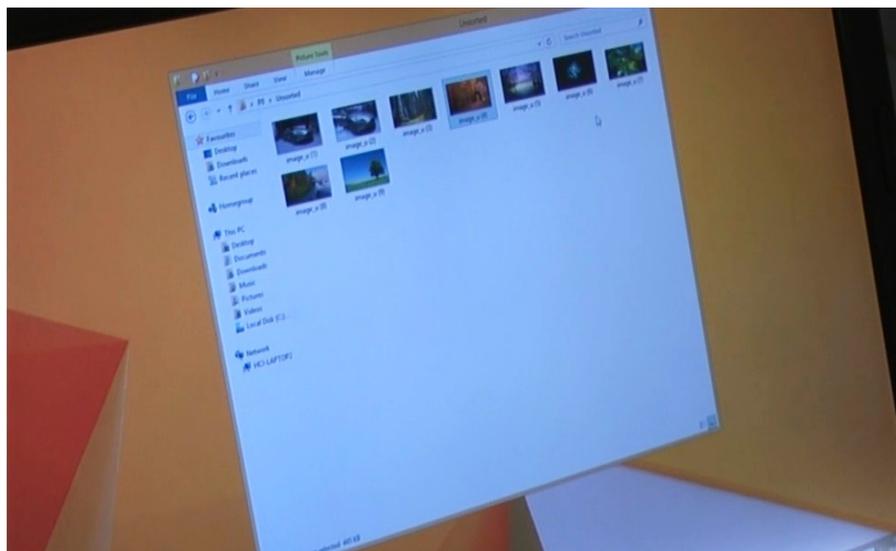


Abbildung 45: Die Lösungsstrategie von Teilnehmer 8 am PC: Er erstellte 12 einzelne Ordner für den Fotokalender und wechselte stets in nur einem Fenster durch die Ordnerhierarchie.

Zur Berechnung der Pfadlänge der Tabletaufgabe, wurde eine Methode in Unity geschrieben. Die Positionsdaten des Tablets wurden für jeden Teilnehmer aufgezeichnet und in Dateien mit spezifischem Format gespeichert. Diese Dateien können jederzeit innerhalb des Unity-Projektes geöffnet und analysiert werden. Unter anderem ist es möglich ein Dummyobjekt festzulegen, welches sich anhand der aufgezeichneten Daten dann wie der spezifische Teilnehmer bewegt (Abbildung 46).

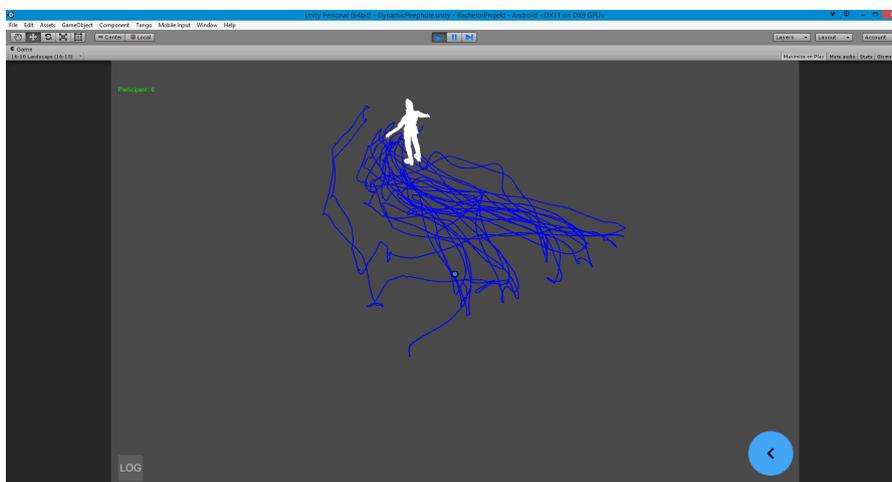


Abbildung 46: Das Model bewegt sich wie der Teilnehmer, dessen Daten übergeben werden. Anhand der hinzugefügten Pfadkomponente (blaue Linie), kann die Bewegung nachvollzogen werden.

Die Methode für die Pfadlänge betrachtet sukzessive jedes Koordinaten-dreiertupel (x_n, y_m, z_p) und berechnet den Abstand zum nächsten Tupel $(x_{n+1}, y_{m+1}, z_{p+1})$. Die berechneten Abstände werden zu einer Gesamtpfadlänge pro Teilnehmer addiert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 zu sehen. Erneut gilt es zu beachten, dass diese Pfadlänge die Distanz ist, die vom Tablet zurückgelegt wurde und nicht per se von den Teilnehmern. Zusätzlich sind die Bearbeitungsdauern zu sehen. Diese sollen indes kein Hauptpunkt der Diskussion sein, da es sich um eine Usabilitystudie mit geringer Teilnehmerzahl handelt, aber dennoch beachtet werden.

Tabelle 4: Die Tabelle zeigt die Pfadlänge und Bearbeitungsdauer (Tablet) für alle Teilnehmer. Zu beachten ist, dass die Pfadlänge, die zurückgelegte Distanz des Tablets und nicht direkt der Teilnehmer ist. Bei Teilnehmer 5 wurde die Tabletaufgabe abgebrochen (siehe Abschnitt 4.2.3, Ablauf), daher beziehen sich die Daten auf den Zeitraum bis zum Abbruch und werden nicht in die Mittelwerte mit einbezogen.

Teilnehmer	Pfadlänge	Dauer (Tablet)	Dauer (PC)
1	239,5 Meter	15,5 Minuten	17,7 Minuten
2	262,9 Meter	19,2 Minuten	15,0 Minuten
3	246,6 Meter	23,4 Minuten	14,6 Minuten
4	172,4 Meter	25,7 Minuten	18,8 Minuten
5	(128,2 Meter)	(12,7 Minuten)	(16,9 Minuten)
6	184,8 Meter	12,8 Minuten	9,0 Minuten
7	125,1 Meter	22,8 Minuten	16,1 Minuten
8	151,5 Meter	12,3 Minuten	5,0 Minuten
M	197,5 Meter	18,8 Minuten	13,7 Minuten

Dabei fallen die Ergebnisse sehr unterschiedlich aus. Teilnehmer 7, der sich hauptsächlich nur um die eigene Achse drehte und somit die kürzeste Pfadlänge aufweist, benötigte mit knapp 23 Minuten relativ lange. Teilnehmer 1 hingegen, der den Großteil des Raumes nutzte, legte eine fast doppelt so große Distanz zurück, benötigte mit 15,5 Minuten aber wesentlich weniger lange. Der von Teilnehmern bemängelte Platzmangel ist insgesamt auffällig, da bis auf Teilnehmer 1, keiner den zur Verfügung stehenden Raum wirklich nutzte. Sowohl durch die hohe physische Belastung, als auch die finale Sortierung der Bilder im Raum, zeigt sich, dass kaum jemand den Boden respektive den unteren Bereich des Raumes nutzte. Die Bilder waren stets auf Augenhöhe oder leicht darunter positioniert.

4.3.4 Diskussion

Schließlich sollen die präsentierten Ergebnisse nun diskutiert werden, um die gestellten Forschungsfragen beantworten zu können.

- (1) Inwiefern unterscheidet sich die Bedienung an PC und Tablet, im Szenario der Bildsortierung/-gruppierung, in Bezug auf Usability und User Experience?

In puncto *pragmatischer Qualität*, erhielt die Bearbeitung am PC etwas bessere Bewertungen. Allerdings liegen hier sowohl die Bearbeitung am PC als auch die Bearbeitung am Tablet, deutlich im positiven Bereich. Ein Blick auf die nächstniedrigere Stufe zeigt, dass die *Steuerbarkeit* am PC besser bewertet wurde, während die *Effizienz* in etwa gleichauf ist. Der Grund hierfür könnte sein, dass das Windowssystem in der Regel bekannt ist. Man weiß, was zu erwarten ist. Es ist ein vollständiges System, welches zuverlässig arbeitet. Mit der entwickelten Anwendung gab es, durch die plötzlichen Rekalibrierungen, teilweise Probleme. Auch ist sowohl die Anwendung als auch die Interaktionsform als solche, für die meisten Teilnehmer neu, so dass hier die Sicherheit in der Bedienung fehlt, die man über einen längeren Zeitraum erhält. Das Erlernen der Bedienung der Anwendung, wurde von allen Teilnehmern, im Anforderungsfragebogen, bestmöglich bewertet. Die Funktionalität des Prototypen ist basal; nur das, was zur Bearbeitung der Aufgabe nötig war, war implementiert. Aus diesem Betrachtungswinkel hätte man erwarten können, dass die *Steuerbarkeit* noch besser bewertet werden würde. *Effizienz* wurde zwar für beide Interaktionsarten ähnlich positiv bewertet, allerdings zeigen sich teils drastische Unterschiede in der Bearbeitungszeit. Von Teilnehmer 1 abgesehen, benötigten alle mehr Zeit, um die Tabletaufgabe zu erledigen. Im Schnitt (ohne Teilnehmer 5) benötigten sie ca. 37 % mehr Zeit für diese. Im Interview sagte Teilnehmer 2, dass er zwar erwartet hatte, dass es am Tablet „bestimmt umständlich wird“, letztlich sagte ihm die egozentrische Interaktion am Tablet aber deutlich mehr zu. Darüber hinaus brauchte er länger als der Schnitt und legte die größte Distanz zurück. Die subjektiv wahrgenommene Effizienz scheint demnach höher zu liegen, als die tatsächlich existente.

Die Bewertung der *hedonischen Qualität* hingegen, unterscheidet sich massiv zwischen den Interaktionsarten. Während die Tabletnutzung extrem positiv bewertet wurde (2,14), liegt die PC-Nutzung im negativen Bereich (-1,39). Die Unterkategorien sind *Stimulation* und *Originalität*. Diese extreme Kluft zwischen den Ergebnissen könnte, zu einem Großteil, auf den Neuheitsfaktor des AR Information Browsers zurückzuführen sein. Eine oftmals gehörte Aussage im Interview war, dass die Bedienung des Tablets

Spaß macht. Teilnehmer 5 gab explizit an, dass der „Spaßfaktor“ mit der Zeit nachlässt. Bei den ersten Berührungen der Teilnehmer mit dem Tablet, konnte beobachtet werden, wie einige sichtlich erstaunt waren. Im Umkehrschluss könnte die negative Bewertung, der herkömmlichen Interaktion am PC, damit zu erklären sein, dass es nichts Neues für die Teilnehmer bot. Auf das Szenario der Persona Samantha bezogen, stellte es den umständlichen Alltag dar. Da Cronbachs α für die Kategorien der *hedonischen Qualität* eher fragwürdig ausfiel ($\alpha = 0,61$), sollte diesem großen Abstand allerdings nicht zu viel Aufmerksamkeit gegeben werden.

Ein, für dieses Szenario sehr wichtiger, Usabilityaspekt wurde noch nicht genannt – die *physische Belastung*. Diese war bei der Tabletnutzung deutlich höher. Die meisten Teilnehmer gaben an, dass ihre Arme im Laufe der Zeit etwas schwer wurden. Den Teilnehmern wurde weder gesagt, sie sollen vertikal navigieren, noch wurde es vom Studienleiter suggeriert. Dennoch hielten alle Teilnehmer das Tablet vertikal vor sich. Teilnehmer 6 reflektierte im Interview, dass er das Tablet niedriger hätte halten sollen, um die Belastung zu mindern. Wie Müller et al.[11] herausfanden, ist die physische Belastung niedriger, wenn horizontal anstatt vertikal navigiert wird. Daher empfehlen sie für längere Aktivitäten, die Navigation horizontal auszuführen. Warum hielten die Teilnehmer das Tablet also nicht niedriger, um die Belastung zu senken? Einige Teilnehmer haben sich einen größeren Raum gewünscht. Angenommen sie hätten nur horizontal navigiert, hätten sie den zur Verfügung stehenden dreidimensionalen Raum wesentlich weniger effektiv nutzen können. Eventuell war es also eine natürliche Reaktion, um den Raum bestmöglich nutzen zu können.

Wie *attraktiv* ist die Anwendung letztlich und wie sieht der Vergleich zum PC aus? Der UEQ berechnet für die Tabletnutzung einen sehr positiven Wert (1,73); für die PC-Nutzung fällt er neutral aus (0,35). Durch die, zumindest subjektiv wahrgenommen, gute *pragmatische* und ausgezeichnete *hedonische Qualität*, besteht sehr hohe *Attraktivität* aufseiten des Tablets. Dies ist recht gut im Einklang mit der letzten Frage des Anforderungsfragebogens, die nach einem Gesamtfazit zur Interaktionsart verlangt. Dort schneidet das Tablet *positiv* ab und der PC *neutral* – das Tablet allerdings mit deutlich größerer SD = 0,97, im Gegensatz zum PC mit SD = 0,5.

Als Fazit zur ersten Forschungsfrage, bleibt also zusammenfassend zu sagen, dass die subjektiv wahrgenommene Erfahrung mit der entwickelten Anwendung, im Vergleich eher positiv ausfällt. Zur genauen Feststellung eindeutiger pragmatischer Aspekte, müsste zukünftig eine empirische Studie mit deutlich mehr Teilnehmern durchgeführt werden. Die Teilnehmer wurden dazu befragt, ob sie den Prototypen privat, zum Zweck der Exploration und Sortierung ihrer Bilderarchive, nutzen würden. Hier ergab sich ein gemischtes Bild. 2 würden den Prototypen selbst nutzen (z. B. „[...] es ist neu und macht Spaß, am PC ist es langweilig“), andere 2 würden die Anwendung nicht nutzen. Begründet wurde es damit, dass zur Bildsortierung bereits ein Workflow besteht und es letztlich am PC effizienter zu erledigen ist. Unter verschiedenen Voraussetzungen, würden die restlichen 4 Teilnehmer die Anwendung nutzen. Hierzu wurden Verbesserungsvorschläge erwähnt, wie z. B. eine Art Stapelverarbeitung, bei der mehrere Bilder zusammen angepackt und so fest gruppiert werden können.

- (2) Inwiefern konnten die, an die Anwendung gestellten, Anforderungen umgesetzt werden?

Die Anforderung an die Übersicht, konnte nur teilweise erfüllt werden. Zwar fanden Teilnehmer gut, dass man sich durch den Schachtelbrowser (Ordner laden 9 Bilder auf einmal) direkt Übersicht verschaffen konnte, allerdings war Teilnehmern auch der Raum zu klein. Teilnehmer 7 ging der Platz aus, allerdings war er derjenige, der sich den Raum am wenigstens zunutze machte; er drehte sich letztlich nur um die eigene Achse. Denkbar wäre eine systemseitige Hilfestellung, die den Nutzer dabei unterstützt, den zur Verfügung stehenden Raum effizient zu nutzen. Hierhin gehend wurden auch Bedenken geäußert, wie groß das Bilderarchiv letztlich sein darf, um es egozentrisch im Raum noch handhaben zu können. Das in der Studie verwendete Bilderarchiv, fasste nur $8 \cdot 9$ Bilder. Im Vergleich zu *wirklich* großen Archiven aus mehreren tausend Bildern, ist diese Größe verschwindend gering. Daher wäre eine zukünftige Studie sinnvoll, die sich auf die Menge der Bilder konzentriert, um herauszufinden, ob egozentrische Navigation, in derart riesigen spezifischen Datenmengen, überhaupt praktikabel ist.

Die Anwendung sollte schnell erlernt werden können, Vorwissen ist nicht nötig. Diese Anforderung konnte umgesetzt werden. Die korrespondierende Frage des Anforderungsfragebogens wurde einstimmig bestmöglich bewertet. Indes ist die Anwendung ein Prototyp zum Zweck dieser Studie und daher auf eine basale Funktionspalette beschränkt. Am PC findet man eine featurereiche Umgebung vor, die auf den ersten Blick eventuell einschüchternd und unübersichtlich wirkt, letztlich aber den meisten Personen bekannt ist.

Die kognitive Belastung ist beinahe identisch zwischen Tablet und PC. Das Ziel, die gefühlte Umständlichkeit, die im Szenario beschrieben ist (Abschnitt 3,2, Szenario), zu reduzieren, wurde nur teilweise erreicht. Auf der einen Seite konnte die kognitive Belastung, durch teilweise bessere Übersicht, gesenkt werden, auf der anderen Seite kamen neue belastende Aspekte hinzu, wie z. B. die Orientierung im dreidimensionalen Raum. Teilnehmer 5 verwechselte bei Bearbeitung der Tabletaufgabe ein reales Bild mit den virtuellen. Er blickte über das Tablet hinaus und suchte in der realen Umgebung (ohne das Tablet) nach den virtuellen Bildern. Er musste sich daraufhin kurz besinnen und erneut mit dem Tablet orientieren.

Wie bereits angesprochen, war die physische Belastung, der egozentrischen Navigation, hoch. Über die Dauer der Aufgabe ($M = 18,8$ Minuten) war bei keinem Teilnehmer ein kritischer Punkt erreicht, einige merkten die Anstrengung aber spürbar ($N = 7$). Teilnehmer 7 gab im Gegensatz zu den anderen an, dass hauptsächlich der Rücken belastet wird. Daher schlug er vor, als mögliche Abhilfe, sitzend zu navigieren (Drehstuhl etc.). Ein möglicher überprüfter Lösungsansatz könnte die teilweise Verlagerung der Navigation, in die horizontale Ebene sein (siehe obig erwähnte Arbeit von [11]).

Die Klarheit über den System State ist sowohl am Tablet als auch am PC meistens gegeben. Diese Anforderung geht direkt in die letzte konkrete über: das Design. Das Fazit hierzu fällt positiv aus. Teilnehmer 6 störte sich daran, dass das Design nicht ausreichend genau Googles Material-Design-Richtlinien folgt. Teilnehmer 7 und 8 lobten insbesondere das minimalistische Design, so konnten sie sich auf die Bilder und die Aufgabe konzentrieren, ohne vom UI abgelenkt zu werden.

Als Fazit zur zweiten Forschungsfrage lässt sich sagen, dass die breiteren Anforderungen, wie das minimalistische Design und die einfache Erlernbarkeit, gut umgesetzt wurden. Die Umsetzung spezifischerer Anforderungen,

wie die stets vorhandene Übersicht, wurde *neutral* bis *eher positiv* bewertet. Speziell die Übersicht, ist einer der Kernpunkte im erwähnten Szenario.

4.4 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

In dieser Arbeit wurde über die Konzeption und Evaluation eines AR Information Browsers berichtet. Der Prototyp wurde zur egozentrischen Exploration digitaler Bilderarchive entwickelt. Es wurden zunächst verwandte Arbeiten betrachtet und in Bezug zum System gestellt. Dann wurde das Konzept vorgestellt und die Anforderungen wurden konkretisiert. Zur Präsentation des entwickelten Prototypen selbst, wurde ein beispielhafter Workflow benutzt, wie er danach auch Bestandteil der Aufgabenstellung der Studie war. Dabei handelt es sich um eine Usabilitystudie mit acht Teilnehmern, in der sie den Prototypen, im Vergleich zu einem herkömmlichen bekannten Windowsdesktopsystem, benutzen sollten.

Zusammenfassend zur Studie lässt sich festhalten, dass die gestellten Forschungsfragen größtenteils beantwortet werden konnten. Wird gefragt, ob die Usability oder User Experience an einem der beiden Systeme besser ist, kann keine klare Antwort gegeben werden. Hier sollten Usability und User Experience nicht als Gesamtheit betrachtet werden, da sowohl der entwickelte Prototyp als auch das zum Vergleich benutzte Desktopsystem, in verschiedenen Unterkategorien Vor- und Nachteile bieten.

Einige Studienteilnehmer hatten interessante Ideen für mögliche Verbesserungen und Erweiterungen oder andere Einsatzzwecke. Zum Beispiel könnte die Anwendung dazu benutzt werden um festzustellen, ob bestimmte Bilder optisch gut an eine bestimmte Wand passen würden (siehe auch der Wunsch nach einer digitalen Bilderwand in Abschnitt 3,2, Szenario). Vereinzelt gibt es zu verwandten Einsatzzwecken bereits.⁷ In dieselbe Richtung geht ein mehrmals vermerkter Vorschlag, die Anwendung für die Architektur zu nutzen. Im Bereich der Innenarchitektur kann der spezifische Raum gestaltet werden, im Bereich der Außenarchitektur können große Modelle gebaut und betrachtet werden. Hier ist ein kollaborativer Ansatz denkbar, sodass jedes Teammitglied dieselben virtuellen Objekte sieht und bearbeiten kann. Derartige kollaborative Möglichkeiten wären auch für Planung, Ideensammlung und weitere Einsätze geeignet, wie ein Teilnehmer meinte. Die einzelnen Personen könnten in eigenen Räumen oder Bereichen desselben Raumes Information erstellen und ordnen. Diese Information ist dann auch für alle anderen Teammitglieder sichtbar. Dabei wäre es passend, wenn man die Möglichkeit zum Wechseln der Datenräume besitzen würde, sodass beispielsweise im selben Raum, zwischen Ideensammlungen zu verschiedenen Projekten, hin und hergewechselt werden könnte. Ein letzter Vorschlag ist die Darstellung eines Kalenders. Die verschiedenen Detailgrade (Jahresansicht, Monatsansicht etc.) könnten so als getrennte Objekte im Raum dargestellt und vom Nutzer in seiner Gesamtheit betrachtet werden.

Auch wenn der entwickelte AR Information Browser die Anforderungen und somit die Erwartungen nicht gänzlich erfüllen konnte, zeigt sich jedoch, dass die egozentrische Exploration und Sortierung digitaler Bilderarchive Potenzial besitzt und auf vielversprechende Weise erweitert werden kann.

⁷ <http://www.nubert.de/nureality-apps/441/>

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Ronald Azuma. "A Survey of Augmented Reality". In: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6.4 (1997), S. 355–385. URL: www.cs.unc.edu/~rdazuma/ARpresence.pdf.
- [2] Robert Ball und Chris North. "The effects of peripheral vision and physical navigation on large scale visualization". In: *GI '08: Proceedings of graphics interface 2008*. Canadian Information Processing Society, 2008, S. 9–16. URL: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1375714.1375717>.
- [3] Mark Billinghurst, Adrian Clark und Gun Lee. "A Survey of Augmented Reality". In: *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction* 8.2-3 (2015), S. 73–272. URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2802185>.
- [4] Steven Feiner u. a. "A Touring Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Environment". In: *Personal and Ubiquitous Computing* 1.4 (1997), S. 208–217. URL: <http://link.springer.com/article/10.1007/BF01682023>.
- [5] George W. Fitzmaurice. "Situated information spaces and spatially aware palmtop computers". In: *Communications of the ACM - Special issue on computer augmented environments: back to the real world* 36.7 (1993), S. 39–49. URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=159566>.
- [6] Rex Hartson und Pardha S. Pyla. *The UX Book, Process and Guidelines for Ensuring a Quality User Experience*. Elsevier, 2012, S. 968. ISBN: 9780123852410. URL: <https://www.elsevier.com/books/the-ux-book/hartson/978-0-12-385241-0>.
- [7] Robert J. K. Jacob u. a. "Reality-Based Interaction : A Framework for Post-WIMP Interfaces". In: *CHI '08 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2008, S. 201–210. URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1357089>.
- [8] Tobias Langlotz, Jens Grubert und Raphael Grasset. "Augmented Reality Browsers: Essential Products or Only Gadgets?" In: *Communications of the ACM* 56.11 (2013), S. 34–36. URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2524713.2527190>.
- [9] Sumit Mehra, Peter Werkhoven und Marcel Worring. "Navigating on handheld displays: Dynamic versus static peephole navigation". In: *ACM Transactions on Computer-Human Interaction* 13.4 (2006), S. 448–457.
- [10] Paul Milgram u. a. "Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum". In: *Systems Research 2351. Telem manipulator and Telepresence Technologies* (1994), S. 282–292. URL: http://web.cs.wpi.edu/~rdgogo/hive/papers/Milgram%7B%5C_%7DTakemura%7B%5C_%7DSPIE%7B%5C_%7D1994.pdf.

- [11] Jens Müller u. a. "An Experimental Comparison of Vertical and Horizontal Dynamic Peephole Navigation". In: *Proceedings of the ACM CHI'15 Conference on Human Factors in Computing Systems*. Bd. 1. 2015, S. 1523–1526. URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2702123.2702227>.
- [12] Bernhard Preim und Raimund Dachsel. *Interaktive Systeme: Band 2: User Interface Engineering, 3D-Interaktion*. Springer Vieweg, 2015, S. 774. ISBN: 978-3-642-45247-5. URL: <http://www.springer.com/de/book/9783642452468>.
- [13] Roman Rädle u. a. "Bigger is not always better : Display Size , Performance , and Task Load during Peephole Map Navigation". In: *Proceedings of the 32Nd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2014, S. 4127–1436. URL: <http://hci.uni-konstanz.de/downloads/BiggerIsNotAlwaysBetter.pdf>.
- [14] Roman Rädle u. a. "The effect of egocentric body movements on users' navigation performance and spatial memory in zoomable user interfaces". In: *Proceedings of the 2013 ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces - ITS '13*. 2013, S. 23–32. URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2512349.2512811>.
- [15] Trevor Richardson u. a. "Fusing Self-Reported and Sensor Data from Mixed-Reality Training". In: *I/ITSEC*. 14158. 2014, S. 1–12. URL: <http://www.frederickt.com/pubs/iitsec2014.pdf>.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1	AR im Fußball – http://www.wearear.de/wp-content/uploads/2013/05/3_AR_im_Fussbal_Mediatec_EPSIO_1.jpg	1
Abbildung 2	AR-HUD – http://www.telematicsnews.info/wp-content/uploads/general/Conti%20HUD%204.jpg	2
Abbildung 3	AR Information Browser Prototyp[8]	3
Abbildung 4	Themes of Reality[7]	5
Abbildung 5	RBI-Tradeoffs[7]	6
Abbildung 6	Versuchsaufbau[13]	6
Abbildung 7	Versuchsaufbau[2]	7
Abbildung 8	Versuchsaufbau[14]	9
Abbildung 9	Augmented-Reality-Prototyp[4]	10
Abbildung 10	Fehleranzahl[15]	11
Abbildung 11	Persona Samantha – https://s-media-cache-ak0.pimg.com/originals/54/b0/40/54b04084d427298e813b9ec5c70ecce4.jpg	14
Abbildung 12	Project Tango – http://images.anandtech.com/doci/8130/Tango-Tablet_blk.jpg	18
Abbildung 13	Unity Editor	19
Abbildung 14	Anwendung: Start	20
Abbildung 15	Anwendung: Menüleiste eingeblendet	20
Abbildung 16	Anwendung: Bilder sichten	21
Abbildung 17	Anwendung: Ordner laden und Bilder sichten	22
Abbildung 18	Anwendung: Ordner 2 geladen	22
Abbildung 19	Anwendung: Egozentrische Exploration	23
Abbildung 20	Anwendung: Egozentrischer Zoom	23
Abbildung 21	Anwendung: Bilder aussortieren (1)	24
Abbildung 22	Anwendung: Bilder aussortieren (2)	24
Abbildung 23	Anwendung: Bilder aussortieren (3)	25
Abbildung 24	Anwendung: Bilder aussortieren (4)	25
Abbildung 25	Anwendung: Bilder gruppieren	26
Abbildung 26	Anwendung: Bilder in der Größe verändern	26
Abbildung 27	Anwendung: Bilder anordnen	27
Abbildung 28	Studie, Aufbau	29
Abbildung 29	Demografie	33
Abbildung 30	UEQ: Zusammenfassung	34
Abbildung 31	UEQ: Zusammenfassung (übergreifende Kategorien)	35
Abbildung 32	UEQ: Cronbachs Alpha	35
Abbildung 33	Anforderungsfragebogen: Übersicht	36
Abbildung 34	Anforderungsfragebogen: Erlernen	37
Abbildung 35	Anforderungsfragebogen: Kognitive Belastung	37
Abbildung 36	Anforderungsfragebogen: Physische Belastung	38
Abbildung 37	Anforderungsfragebogen: System State	38
Abbildung 38	Anforderungsfragebogen: Design	39
Abbildung 39	Anforderungsfragebogen: Fazit zur Interaktion	39
Abbildung 40	Diagramm: Fragebogen 2, M der Teilbereiche mit SD	40
Abbildung 41	Diagramm: Fragebogen 2, M der Teilnehmer mit SD	40
Abbildung 42	Studie: kumulatives Positionslogging	41

Abbildung 43	Studie: Heatmaps von Teilnehmern und Bildern	42
Abbildung 44	Studie: PC, Teilnehmer 3 Strategie	43
Abbildung 45	Studie: PC, Teilnehmer 8 Strategie	43
Abbildung 46	Studie: Abspielen der Teilnehmerbewegung	44

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1	Verwandte Arbeiten, Zusammenfassung	11
Tabelle 2	Extrahierung der Anforderungen	16
Tabelle 3	Studie: Reihenfolge der Aufgaben/Datensätze	29
Tabelle 4	Studie: Pfadlänge und Dauer	44

A.1 EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNG

Studie *Exploration digitaler Bilderarchive*

Einverständniserklärung

Sehr geehrte(r) Teilnehmer(in),

vielen Dank, dass Sie sich dazu bereiterklärt haben, an der Studie *Exploration digitaler Bilderarchive* teilzunehmen. Wie bei jeder Studie üblich, werden wir die von Ihnen erzeugten Daten analysieren und eventuell in späteren Publikationen anonymisiert veröffentlichen. Wir garantieren dabei absolute Diskretion.

Die durch Sie generierten Daten enthalten zeitabhängige Informationen und umfassen die folgenden Punkte:

- Informationen zum Nutzungsverhalten
- Videoaufzeichnungen während der Durchführung der Aufgaben
- Audioaufzeichnung während des Abschlussgesprächs

Bitte bestätigen Sie mit Ihrem Namen und Ihrer Unterschrift, dass Sie mit der Aufzeichnung und vertraulichen Verarbeitung der oben genannten Daten einverstanden sind.

Datum: _____

Teilnehmer

Name _____

Unterschrift _____

Verantwortlicher

Name: Daniel Schweitzer

Unterschrift _____

A.2 DEMOGRAFISCHER FRAGEBOGEN

Demografischer Fragebogen zur Studie

Exploration digitaler Bilderarchive

Geschlecht

- weiblich
- männlich

Alter

_____ Jahre

Nutzen Sie ein Tablet?

- Ja, seit _____ Jahren
- Nein

Haben Sie bereits Erfahrungen mit Augmented-Reality-Anwendungen?

- Ja, nämlich _____
- Nein

Welcher Tätigkeit kommen Sie aktuell nach?

- Schüler
- Auszubildender
- Student
- Berufstätig
- Sonstiges _____

B | ANHANG

B.1 SZENARIO

Sie besitzen eine große Bildersammlung. Viele dieser Bilder sind unsortiert in verschiedenen Ordnern zerstreut.

Sie wollen einen Fotokalender für das nächste Jahr erstellen. Dafür nehmen Sie sich vor, für jeden der 12 Monate jeweils 3 Bilder herauszusuchen. Die Kriterien, nach denen Sie diese aussuchen, haben Sie sich nur lose zurechtgelegt: Die Bilder sollen thematisch halbwegs zum jeweiligen Monat passen. Ob das durch den Bildinhalt oder z. B. eine Erinnerung, die mit dem Bild zusammenhängt, erreicht wird ist unwichtig.

B.2 AUFGABENSTELLUNG (PC)

Aufgabenstellung (PC):

Sie sehen 8 Ordner mit jeweils 9 Bildern. Die Ordner sind beschriftet, es können sich allerdings thematisch falsche Bilder untergemogelt haben, als Sie diese damals grob geordnet haben.

Sie sollen 12-mal 3 Bilder heraussuchen und gruppieren. Sortieren Sie die einzelnen Gruppen so, dass Sie wissen, welche Gruppe für welchen Monat im Kalender gedacht ist. Sie dürfen dabei vorgehen, wie Sie wünschen (neue Ordner erstellen etc.).

Wenn Sie fertig sind, geben Sie mir Bescheid; ich sehe mir das Ergebnis kurz an.

B.3 AUFGABENSTELLUNG (TABLET)

Aufgabenstellung (Tablet):

Im Bilderbrowser sehen Sie 8 Ordner mit jeweils 9 Bildern. Die Ordner sind beschriftet, es können sich allerdings thematisch falsche Bilder untergemogelt haben, als Sie diese damals grob geordnet haben. Drücken Sie auf einen Ordner, erscheinen alle Bilder des Ordners vor Ihnen.

Sie sollen 12-mal 3 Bilder herausuchen und räumlich getrennt zu den anderen Bildern gruppieren. Sortieren Sie die einzelnen Gruppen so, dass Sie wissen welche Gruppe für welchen Monat im Kalender gedacht ist.

Wenn Sie fertig sind, geben Sie mir Bescheid; ich sehe mir das Ergebnis kurz an.

C.1 USABILITY EXPERIENCE QUESTIONNAIRE

Bitte geben Sie Ihre Beurteilung ab.

Um das System zu bewerten, füllen Sie bitte den nachfolgenden Fragebogen aus. Er besteht aus Gegensatzpaaren von Eigenschaften, die das System haben kann. Abstufungen zwischen den Gegensätzen sind durch Kreise dargestellt. Durch Ankreuzen eines dieser Kreise können Sie Ihre Zustimmung zu einem Begriff äußern.

Beispiel:

attraktiv	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	unattraktiv				
-----------	-----------------------	----------------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-------------

Mit dieser Beurteilung sagen Sie aus, dass Sie das System eher attraktiv als unattraktiv einschätzen.

Entscheiden Sie möglichst spontan. Es ist wichtig, dass Sie nicht lange über die Begriffe nachdenken, damit Ihre unmittelbare Einschätzung zum Tragen kommt.

Bitte kreuzen Sie immer eine Antwort an, auch wenn Sie bei der Einschätzung zu einem Begriffspaar unsicher sind oder finden, dass es nicht so gut zum System passt.

Es gibt keine „richtige“ oder „falsche“ Antwort. Ihre persönliche Meinung zählt!

Bitte geben Sie nun Ihre Einschätzung des Systems ab. Kreuzen Sie bitte nur einen Kreis pro Zeile an.

	1	2	3	4	5	6	7		
unerfreulich	<input type="radio"/>	erfreulich	1						
unverständlich	<input type="radio"/>	verständlich	2						
kreativ	<input type="radio"/>	phantasielos	3						
leicht zu lernen	<input type="radio"/>	schwer zu lernen	4						
erfrischend	<input type="radio"/>	einschläfernd	5						
langweilig	<input type="radio"/>	spannend	6						
uninteressant	<input type="radio"/>	interessant	7						
unberechenbar	<input type="radio"/>	voraussagbar	8						
schnell	<input type="radio"/>	langsam	9						
neu	<input type="radio"/>	alt	10						
unbedienbar	<input type="radio"/>	bedienbar	11						
gut	<input type="radio"/>	schlecht	12						
kompliziert	<input type="radio"/>	einfach	13						
abstoßend	<input type="radio"/>	anziehend	14						
veraltet	<input type="radio"/>	modern	15						
unangenehm	<input type="radio"/>	angenehm	16						
vorhersagbar	<input type="radio"/>	unvorhersagbar	17						
abwechslungsreich	<input type="radio"/>	eintönig	18						
zuverlässig	<input type="radio"/>	unzuverlässig	19						
ineffizient	<input type="radio"/>	effizient	20						
übersichtlich	<input type="radio"/>	verwirrend	21						
stockend	<input type="radio"/>	flüssig	22						
aufgeräumt	<input type="radio"/>	überladen	23						
schön	<input type="radio"/>	hässlich	24						
sympathisch	<input type="radio"/>	unsympathisch	25						
unauffällig	<input type="radio"/>	auffällig	26						

C.2 ZWEITER FRAGEBOGEN

1. Sie fanden es übersichtlich. Sie haben sich trotz der vielen Bilder NICHT verloren gefühlt.

trifft voll und ganz zu trifft eher zu teils-teils trifft eher nicht zu trifft überhaupt nicht zu

2. Sie haben die Bedienung schnell verstanden, es war leicht zu erlernen.

trifft voll und ganz zu trifft eher zu teils-teils trifft eher nicht zu trifft überhaupt nicht zu

3. Es war kognitiv anstrengend die Aufgabe auszuführen.

trifft voll und ganz zu trifft eher zu teils-teils trifft eher nicht zu trifft überhaupt nicht zu

4. Es war physisch anstrengend die Aufgabe auszuführen.

trifft voll und ganz zu trifft eher zu teils-teils trifft eher nicht zu trifft überhaupt nicht zu

5. Es war immer klar inwiefern Sie interagieren und was Sie alles machen können, immer eindeutig was gerade passiert.

trifft voll und ganz zu trifft eher zu teils-teils trifft eher nicht zu trifft überhaupt nicht zu

6. Das Design hat Ihnen gut gefallen.

trifft voll und ganz zu trifft eher zu teils-teils trifft eher nicht zu trifft überhaupt nicht zu

7. Ihnen gefällt diese Interaktionsart.

trifft voll und ganz zu trifft eher zu teils-teils trifft eher nicht zu trifft überhaupt nicht zu

C.3 SEMISTRUKTURIERTES INTERVIEW

1. Du fandest es übersichtlich. Du hast dich trotz der vielen Bilder NICHT verloren gefühlt.
 - Etwas genauer wo das Problem lag/wodurch hast du dich zurecht gefunden?
 - Wie war es am PC?
2. Du hast die Bedienung schnell verstanden, es war leicht zu erlernen.
 - Etwas besonders Positives?
 - Warum?
 - Hast du manche Bilder im Detail betrachtet? Wenn ja, wie?
3. Es war kognitiv anstrengend die Aufgabe auszuführen.
 - Warum?
 - Verbesserungsvorschläge?
4. Es war physisch anstrengend die Aufgabe auszuführen.
 - Warum?
 - Verbesserungsvorschläge?
5. Es war immer klar inwiefern du interagieren kannst, immer eindeutig was gerade passiert.
 - Was war nicht klar?
6. Das minimalistische Design hat dir gut gefallen.
 - Symbole nicht eindeutig? -> Beschriftungen?
7. Dir gefällt diese Interaktionsart (egozentrische Interaktion).
 - Am PC musstest du mit der Maus arbeiten, wie war die egozentrische Navigation im Vergleich?
 - Würdest du die App für genau diesen Einsatzzweck nutzen anstatt des PCs?
 - Weitere Funktionen, die du vermisst hast?
 - Die App evtl. für andere Einsatzzwecke als Bildersortierung?