

Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme  
Universität Stuttgart  
Universitätstraße 38  
D-70569 Stuttgart

Diplomarbeit Nr. 3639

## **Gedächtnisunterstützung mittels Audio im Museumskontext**

Michael Pitterle

<b>Studiengang:</b>	Softwaretechnik
<b>Prüfer:</b>	Prof. Dr. Albrecht Schmidt
<b>Betreuer:</b>	M.Sc. Stefan Schneegaß, Dipl.-Medieninf. Tilman Dinger
<b>begonnen am:</b>	3. März 2014
<b>beendet am:</b>	2. September 2014
<b>CR-Klassifikation:</b>	H.5.2





## Kurzfassung

Diese Arbeit beschreibt die Konzeptionierung, Implementierung und Evaluierung einer Gedächtnisunterstützung für Besucher von Museen. Mithilfe von Audiosignalen soll die Vermittlung von Inhalten forciert und die Informationsaufnahme gefördert werden. Gleichzeitig soll dadurch auch das Abrufen aus dem Gedächtnis (*Recall*) verbessert werden. Hierfür sollen Erkenntnisse aus der Gedächtnisforschung und der Museumstheorie gewonnen und angewandt werden. Desweiteren werden die Ergebnisse verwandter Arbeiten erfasst und entsprechend aufbereitet. Für die Umsetzung der auditiven Gedächtnishilfe soll eine mobile Applikation (*App*) entstehen, welche auf den mobilen Endgeräten der Besucher läuft. Eine Positionsermittlung der Endgeräte soll die Basis für einen positionsabhängigen, stereoskopischen Raumklang bilden. Mittels geeigneter Audiosignale (*Sound Cues*) soll im Museum eine Klanglandschaft aufgebaut werden, welche dem Besucher ein auditives Erlebnis ermöglicht. Mit sinnvollen Funktionen, welche vor, während und nach dem Museumsbesuch nutzbar sind, soll eine Verbesserung des Recalls erreicht werden. Die Funktionalität der fertigen App und dessen Tauglichkeit als Gedächtnisunterstützung wird mithilfe einer Benutzerstudie analysiert. Abschließend werden die Ergebnisse der Studie ausgewertet, evaluiert und ein Ausblick auf weitere mögliche Untersuchungen gegeben.





# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>9</b>
1.1. Verwandte Projekte . . . . .	11
1.2. Ziel der Arbeit . . . . .	11
1.3. Gliederung . . . . .	12
<b>2. Grundlagen und Verwandte Arbeiten</b>	<b>15</b>
2.1. Grundlagen des Gedächtnisses . . . . .	15
2.2. Auditive Gedächtnishilfen . . . . .	17
2.3. Audio . . . . .	19
2.3.1. Head-related transfer function . . . . .	19
2.3.2. Sound Cues . . . . .	20
2.4. Museumstheorie . . . . .	23
2.4.1. Museumsbesucher und die „Museumsexperience“ . . . . .	23
2.4.2. Motivation und der Gang ins Museum . . . . .	25
2.4.3. Gedächtnisleistung und Recall . . . . .	27
<b>3. Konzept</b>	<b>29</b>
3.1. Grundkonzept . . . . .	29
3.2. Onlineumfrage . . . . .	31
3.2.1. Aufbau und Durchführung . . . . .	31
3.2.2. Ergebnisse und Diskussion . . . . .	31
3.3. Ausarbeitung des Konzepts . . . . .	38
3.3.1. Leitmotive für das Konzept . . . . .	38
3.3.2. Hauptfunktionalität . . . . .	40
3.3.3. Aufbau einer Klanglandschaft - Progressionsstufen der Sound Cues . . . . .	42
3.3.4. Eigenschaften der Sound Cues . . . . .	44
3.4. Anforderungen an die Implementierung . . . . .	45
3.4.1. Funktionale Anforderungen . . . . .	45
3.4.2. Nicht-Funktionale Anforderungen . . . . .	47
3.4.3. Anforderungen an die Hardware . . . . .	47
<b>4. Entwurf und Implementierung</b>	<b>49</b>
4.1. Entwurf . . . . .	49
4.1.1. Benutzeroberfläche – Mockups . . . . .	49
4.1.2. Grundarchitektur . . . . .	51
4.1.3. Anwendungsfälle . . . . .	52

4.2.	Implementierung des Prototypen . . . . .	53
4.2.1.	Debugging Modus . . . . .	53
4.2.2.	Implementierung der Komponenten . . . . .	54
4.2.3.	Content Management System . . . . .	61
4.2.4.	Content API . . . . .	61
4.3.	Präsentation des fertigen Prototypen . . . . .	62
<b>5.</b>	<b>Benutzerstudie</b>	<b>67</b>
5.1.	Durchführung der Benutzerstudie . . . . .	67
5.1.1.	Konzeption . . . . .	68
5.1.2.	Teilnehmer . . . . .	74
5.1.3.	Ablauf der Studie . . . . .	75
5.2.	Ergebnisse . . . . .	77
5.2.1.	Evaluierung der Fragebogen . . . . .	77
5.2.2.	Auswertung der Logging Daten . . . . .	81
5.2.3.	Erkenntnisse und Feedback zur App . . . . .	84
5.3.	Zusammenfassung und Diskussion . . . . .	88
<b>6.</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>91</b>
6.1.	Zusammenfassung . . . . .	91
6.2.	Ausblick . . . . .	92
<b>A.</b>	<b>Verwendete Geräte</b>	<b>95</b>
<b>B.</b>	<b>Feedbackbogen 0</b>	<b>96</b>
<b>C.</b>	<b>Feedbackbogen 1</b>	<b>98</b>
<b>D.</b>	<b>Fragebogen A</b>	<b>100</b>
<b>E.</b>	<b>Fragebogen B</b>	<b>102</b>
<b>F.</b>	<b>Onlineumfrage</b>	<b>104</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>113</b>

# Abbildungsverzeichnis

---

2.1.	Prozesse der Informationsverarbeitung und -rückgewinnung . . . . .	15
2.2.	Effekt auf Recall durch andere Sinneswahrnehmungen . . . . .	16
2.3.	Beispielhafte Darstellung mehrerer HRTF-Kurven abhängig vom Einfallswinkel . . . . .	20
2.4.	Ergebnisse der versuchten Zuordnung von Sound Cues . . . . .	21
2.5.	Ergebnisse der Versuche zur Erlernbarkeit von Sound Cues . . . . .	22
2.6.	Einflussfaktoren der Museum Visitor Experience . . . . .	24
3.1.	Skizze des Grundkonzeptes . . . . .	30
3.2.	Erfahrungen der Teilnehmer mit Applikationen aus dem kulturellen Bereich . . . . .	33
3.3.	Nutzungsbereitschaft abhängig von der Gruppengröße . . . . .	33
3.4.	Nutzungsbereitschaft von Features . . . . .	34
3.5.	Häufigkeit der Nutzung von Features . . . . .	34
3.6.	Teilnehmerfeedback zur Verbesserung des Museumserlebnisses . . . . .	35
3.7.	Teilnehmerfeedback zur Verbesserung des Informationsaufnahme . . . . .	36
3.8.	Beispielskizze mit den Einflussbereichen der auditiven Progressionsstufen . . . . .	44
4.1.	Mockups der Anwendung . . . . .	50
4.2.	Weitere Mockups der Anwendung . . . . .	50
4.3.	Übersicht über das Gesamtsystem . . . . .	51
4.4.	Hierarchie der Anwendungsfälle . . . . .	52
4.5.	Screenshots vom Debugging Modus . . . . .	54
4.6.	Kopplernavigation per Schritterkennung . . . . .	59
4.7.	Screenshot des Content Management Systems . . . . .	62
4.8.	Screenshots des Hauptmenüs und der <i>Peek Inside</i> Funktionalität . . . . .	63
4.9.	Screenshots der <i>Enter the Museum</i> Funktionalität . . . . .	64
4.10.	Screenshots der <i>Enter the Museum</i> Funktionalität . . . . .	64
4.11.	Screenshots der <i>After Experience</i> Funktionalität und des Wizard Modus . . . . .	65
5.1.	Das Stadtmuseum Sindelfingen . . . . .	68
5.2.	Komposition einer Audioszene mit Audacity . . . . .	69
5.3.	Bilder der Ausstellungsobjekte . . . . .	71
5.4.	Von der Skizze zur fertigen Karte . . . . .	72
5.5.	Bilder von der Durchführung der Benutzerstudie . . . . .	77
5.6.	Korrekt beantwortete Fragen nach bestimmten Kriterien . . . . .	78
5.7.	Häufigkeitsverteilung der korrekt beantworteten Fragen . . . . .	78
5.8.	Ergebnisse der Fragebogen direkt bzw. zwei Wochen nach dem Besuch . . . . .	79
5.9.	Ergebnisse der Fragebogen mit bzw. ohne Klanglandschaft . . . . .	79

5.10. Ergebnisse der vier relevanten Datensätze . . . . .	80
5.11. Ergebnisse bezogen auf Ausstellungsobjekte mit bzw. ohne Klanglandschaft . . . . .	81
5.12. Heatmaps aller Stockwerke . . . . .	82
5.13. Mittlere Verweildauer bei den einzelnen Ausstellungsobjekten . . . . .	83
5.14. Mittlere Verweildauer bei Ausstellungsobjekten mit wenig bzw. viel Content . . . . .	84
5.15. Bewertung der Klanglandschaften bezüglich beider Kriterien . . . . .	85
5.16. Bewertung der Klanglandschaft jedes Ausstellungsobjektes . . . . .	86

## Tabellenverzeichnis

---

5.1. Übersicht der ausgewählten Ausstellungsobjekte . . . . .	70
5.2. Teilnehmergruppen . . . . .	73

# 1. Einleitung

Unser Gedächtnis gleicht einem Siebe,  
dessen Löcher anfangs klein, wenig  
durchfallen lassen, jedoch immer größer  
werden und endlich so groß sind, daß das  
Hineingeworfene fast alles durchfällt.

---

Arthur Schopenhauer, 1851

Wie können wir unser Gedächtnis verbessern? Diese Frage beschäftigt uns schon, seitdem wir denken können. Eine Verschlechterung der Gedächtnisleistung, bedingt durch fortgeschrittenes Alter, Krankheiten und temporäre Belastungen wie Stress oder zu wenig Schlaf, gehört zu unserem Alltag. Auch umweltbedingte Faktoren gehören zu den Ursachen für geringere Gedächtnisleistungen. Man kann sich zwar etwa eine Fahrtroute zu einem Zielort ungefähr merken, aufgrund der Komplexität der Streckennetze jedoch nicht bis ins letzte Detail. Bei der Navigation zum Zielort helfen uns dann Verkehrsschilder, Fahrbahnmarkierungen oder Wegbeschreibungen weiter.

Solche „Gedächtnishilfen“ finden wir nicht nur in unserer Umgebung, sondern erfahren sie auch regelmäßig in unseren Tagesabläufen. Das mehrmalige Erleben der gleichen Situation (z.B. das Abfahren derselben Route oder das wiederholte Hören oder Sehen einer Sache) oder das Erleben einer vergleichbaren Situation kann unserem Gedächtnis auf die Sprünge helfen [DL93]. Assoziationen zusammengehöriger Informationen sorgen für eine Verknüpfung unseres Wissens und unserer Erinnerungen. Auch andere Personen können uns indirekt oder direkt dabei unterstützen, uns wieder an bestimmte Sachverhalte oder Situationen zu erinnern.

Auch die Struktur komplexer Zusammenhänge, etwa das Ausstellungsdesign eines Museums, kann einen Einfluss darauf haben, wie gut wir uns an Teile dieses Gefüges erinnern. Vertraute Strukturen, logische Anordnung von Sachverhalten und Normen für die Präsentation von Inhalten können in diesem Beispiel unserem Gedächtnis helfen, das Wesentliche zu verstehen. Wie von Norman gezeigt [Nor88], können bereits beim Entwerfen von Alltagsgegenständen gewisse Designaspekte einen Effekt auf unsere Gedächtnisleistung bewirken. Bevor wir überhaupt mit Objekten in Kontakt treten, kann man deren Eigenschaften so beeinflussen, dass sie uns dabei helfen sie zu benutzen oder zu verstehen. Natürlich existieren auch greifbare Gedächtnishilfen: neben trivialen Gegenständen wie Notizbüchern können uns auch externe, tragbare Geräte im Alltag unterstützen. Besonders dank des Fortschritts der Computertechnologie entwickeln sich ständig neue elektronische Gedächtnishilfen, sogenannte „Memory Aids“. Aber auch diese modernen Varianten zur Unterstützung des Gedächtnisses profitieren von den zuvor erwähnten, unscheinbaren Hilfsmitteln.

## 1. Einleitung

---

Auch in Museen existieren tragbare Geräte – meist in Form von Audioguides. Diese digitalen Museumsführer ermöglichen den Besuchern meist eine alternative Form der Inhaltsvermittlung. Klassische Audioguides spielen Sprach- oder Klangaufnahmen zu den Ausstellungsstücken ab. Fortschrittlichere Varianten ermöglichen es etwa auch Texte, Bilder oder Videoartefakte auf dem vom Besucher mitgetragenen Gerät anzuzeigen. Die Zusatzinformationen der Geräte sind meist statisch und ermöglichen keinerlei Interaktion. Neuere Multimedia-Guides ermöglichen durch Touchscreens und multimediale Inhalte eine umfangreichere Präsentation und eine vielfältigere Verbreitung der Informationen. Dank modernen Lokalisierungstechnologien und neuen Bedienkonzepten werden individuelle und interaktive Touren durch die kulturellen Institutionen ermöglicht.

Die Informationstechnik machte in den letzten Jahren eine rasante Entwicklung durch, besonders im Bereich der mobilen Endgeräte. In kurzen Intervallen kamen immer schnellere und leistungsfähigere Geräte auf den Markt. Dabei wurden viele der Features auf die derzeitigen Bedürfnisse der Benutzer zugeschnitten, jede neue Modellreihe versuchte durch Innovationen zu überzeugen. Dabei sind ständig neue Anforderungen an die Geräte entstanden. Besonders im Bereich der sozialen Netzwerke, weil sich dort eine eigene „Netzkultur“ entwickelt hat. Durch die schnelle Verbreitung von Trends und aktuellen Themen innerhalb dieser Netzwerke beeinflusst dies direkt auch das Nutzerverhalten. In unserem Zeitalter der Informationen existieren starke Wechselbeziehungen zwischen sozialen, wirtschaftlichen sowie politischen Bereichen der Gesellschaft [Cas10]. Die modernen Technologien gewinnen einen zunehmend starken direkten und indirekten Einfluss auf diese Bereiche. Die Technologie der mobilen Endgeräte passt sich demnach an die Verhaltensweisen der Nutzer an, hat allerdings durch eine Wechselwirkung auch Einfluss auf das Verhalten der Gesellschaft [WE14] [DK08]. Diese Wechselbeziehung ist Realität - auch wenn sich nicht alle dieser neuen, durch Technologie ermöglichten Verhaltensweisen etablieren, so sind sie unstrittig Teil unseres Lebens.

Technologie kann also mehr sein, als nur Mittel zum Zweck – es geht heute nicht mehr nur allein darum, das Wetter abzufragen, mit anderen zu kommunizieren oder im Web zu surfen. Heutige Endgeräte werden etwa mithilfe von Lifelogging Applikationen als elektronische Biographen benutzt<sup>1</sup>, Augmented Reality Applikationen erweitern die Realität durch Zusatzinformationen (z.B. Wikitude<sup>2</sup>, Layar<sup>3</sup> oder Acrossair<sup>4</sup>), wir werden zu experimentellen Erlebnissen animiert<sup>5</sup> oder können innovative Lernplattformen<sup>6</sup> nutzen, die durch die mobilen Technologien ermöglicht werden.

Auch im Kulturbereich werden mobile Apps immer stärker eingesetzt, etwa in Museen. Häufig bieten diese Museums Apps (z.B. vom Louvre<sup>7</sup>, The British Museum<sup>8</sup>, Hermitage Museum<sup>9</sup> oder dem Egerland-Museum<sup>10</sup>) eine Navigation mittels Indoor- oder Outdoor-Karten, Zusatzinformationen und Audio- bzw. Videoinhalte. Verknüpft sind manche dieser Apps auch mit sozialen Netzwerken,

<sup>1</sup><http://www.getsaga.com/>

<sup>2</sup><http://www.wikitude.com/>

<sup>3</sup><https://www.layar.com/>

<sup>4</sup><http://www.acrossair.com/>

<sup>5</sup><https://play.google.com/store/apps/details?id=com.radiohead.polyfauna>

<sup>6</sup><http://www.enablem.com>

<sup>7</sup><https://itunes.apple.com/us/app/musee-du-louvre/id337339103?mt=8>

<sup>8</sup><http://fineart.about.com/od/Museums/p/Profile-Of-The-British-Museum.htm>

<sup>9</sup><https://itunes.apple.com/us/app/hermitage-museum/id498954947?mt=8>

<sup>10</sup><https://play.google.com/store/apps/details?id=com.pmediens.egerland>

damit die Lieblingsobjekte der Ausstellungen geteilt werden können. Meist sind diese Apps jedoch individuell entwickelte Anwendungen, welche eine zeit- und kostenaufwändige Wartung und Pflege erfordern. Kleinere Museen haben womöglich nicht die finanziellen oder personellen Mittel für derartige Lösungen. Standards oder Quasi-Standards, wie es sie etwa inzwischen für soziale Netzwerke gibt, haben sich noch nicht etabliert. Jedoch existieren Projekte im Forschungsbereich, welche sich der Entwicklung von geeigneten Konzepten für Geräte und Anwendungen im Kulturbereich widmen.

### 1.1. Verwandte Projekte

Mithilfe des von der EU finanzierten Projekts meSch<sup>11</sup> (Material EncounterS with digital Cultural Heritage) werden Softwarewerkzeuge konzipiert, welche den Besuchern eine neue Art von Museumserlebnissen ermöglichen sollen. Real existierende Strukturen sollen mit moderner Technologie und multimedialen Inhalten verbunden werden. Die Ausstellungsobjekte sollen „greifbarer“ gemacht werden und es sollen sogenannte interaktive „Smart Exhibits“ entstehen. Es soll Kuratoren ermöglicht werden, ihre Ausstellungsobjekte durch digitale Inhalte und interaktive Mittel zu erweitern, ohne selbst besondere Fachkenntnisse zu benötigen. Die Anwendungen sollen dabei helfen die Besucher und die Ausstellungsobjekte einander näher zu bringen. Um die Projektziele zu erreichen, sollen Designer, Entwickler und Interessensgruppen Hand in Hand zusammenarbeiten, um gemeinsam zu experimentieren und geeignete Ideen zu entwickeln.

Ein weiteres verwandtes Projekt, ebenfalls von der EU initiiert, ist das RECALL-Projekt<sup>12</sup>. Mehrere europäische Universitäten untersuchen dabei das Potential der kontinuierlichen Anwendung moderner Capturing- und Informationserfassungstechnologien in allen Lebensbereichen. Dabei soll ein Leitbild für eine neue Form von Memory Augmentation entstehen, mit dessen Hilfe brauchbare und der Gesellschaft dienliche Ergebnisse hervorgebracht werden können. Auf Grundlage von Erkenntnissen aus der Gedächtnisforschung sollen standardisierte Anwendungen entstehen, welche fähig sind, sich längerfristig zu etablieren. Dabei sollen die neuesten Technologien ausgereizt werden, um unser Gedächtnis zu erweitern, zu unterstützen und dabei zu helfen, uns besser an bestimmte Begebenheiten zu erinnern. Dazu soll die Aufnahme von Informationen verbessert, für eine Verstärkung der Erinnerungen gesorgt, und gleichzeitig verhindert werden, dass diese abgeschwächt werden.

### 1.2. Ziel der Arbeit

Mit dieser Arbeit entsteht *auditive Gedächtnisunterstützung im Museumskontext*. Das Konzept soll sich dabei grundlegend von klassischen Audioguides unterscheiden, bei denen man meist von Ausstellungsobjekt zu Ausstellungsobjekt läuft und sich statische Audioaufnahmen anhört:

Mithilfe von positionsabhängigen *auditiven Signalen (Sound Cues)*, welche mit Ausstellungsobjekten von Museen verknüpft werden, soll eine *stereoskopische*<sup>13</sup> *Klanglandschaft* aufgebaut werden. Diese

<sup>11</sup><http://mesch-project.eu/>

<sup>12</sup><http://recall-fet.eu/>

<sup>13</sup>Zweidimensionale Abbildungen, die einen räumlichen Eindruck vermitteln



## 1. Einleitung

---

soll sich dynamisch verändern, abhängig von der Position des Museumsbesuchers. Dadurch soll unter anderem eine *auditive Navigation* durch das Museum ermöglicht werden, die zur Erkundung der Ausstellung und dem Entdecken von interessanten Objekten motivieren soll. Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit soll jedoch nicht per se auf einer auditiven Navigation liegen, wie es bei anderen Arbeiten (z.B. [BBC12]) der Fall ist, brauchbare Aspekte aber auch nicht unbedingt mißachten. Es soll außerdem verhindert werden, dass der natürliche Museumsrundgang durch die zusätzlichen digitalen Inhalte zu stark beeinflusst wird. Daher soll die Funktionalität eher unaufdringlich konzipiert werden, wenig Aktionen der Benutzer erfordern und letztendlich ein flüssiges Museumserlebnis ermöglichen. Die Erinnerungen an den Museumsbesuch und die Ausstellungsobjekte sollen durch die Nutzung geeigneter Funktionen verstärkt werden.

Die Arbeit nimmt sich zum Ziel, die *Gedächtnisleistung*, bezogen auf das Museumserlebnis, *mittels Audio* nachhaltig zu verbessern. Dabei sollen die Erlebnisse der Besucher nicht etwa mithilfe impliziter Methoden erfasst werden, um späteren Zugriff zu ermöglichen. Stattdessen sollen Voraussetzungen geschaffen werden, individuelle Erlebnisse jedes Museumsrundgangs nochmals auditiv erleben zu können. Die Ausstellungsobjekte sollen mithilfe von *Sound Cues* derart erweitert werden, dass die dadurch entstehenden Klanglandschaften positive Auswirkungen verschiedener Art auf *Wahrnehmung*, *Informationsaufnahme* und *Erinnerungsvermögen* haben. Dafür sollen Erkenntnisse aus den Grundlagenbereichen der *Gedächtnisforschung* wie auch der *Museumstheorie* berücksichtigt und gezielt eingesetzt werden. Weiterhin sollen die Ergebnisse verwandter Arbeiten, welche sich mit *Gedächtnishilfen* bzw. „Memory Aids“ und relevanten Eigenschaften der *Sound Cues* befassen, in diese Arbeit mit einfließen.

Für die Umsetzung des Audioguides soll eine *mobile Applikation (App)* entstehen, welche auf den Endgeräten der Besucher läuft. Zentrale Aspekte der Implementierung stellen die benötigte *Audio-Funktionalität* für die stereoskopischen Klanglandschaften, sowie die *Positionsermittlung* der Endgeräte in den Museumsräumlichkeiten dar. Ein *Content Management System* soll die Pflege und Positionierung digitaler Ausstellungsinhalte samt *Sound Cues* und weiterer benötigter Daten ermöglichen.

Um die *stereoskopischen Effekte* der mobilen App und die Auswirkungen der Klanglandschaft auf die *Gedächtnisleistung* im Museumskontext zu überprüfen, soll die Anwendung durch eine *Benutzerstudie* evaluiert werden. Für die Durchführung der Studie müssen brauchbare digitale Inhalte gefunden und anschließend geeignete Methoden für die Auswertung der quantitativen Ergebnisse entwickelt werden.

### 1.3. Gliederung

Die Arbeit ist in folgender Weise gegliedert:

**Kapitel 2 – Grundlagen und Verwandte Arbeiten:** Hier werden die für diese Arbeit relevanten Grundlagen der Bereiche Audio, Gedächtnistheorie und Museumstheorie beschrieben, sowie ein Überblick über verwandte Arbeiten verschafft.

**Kapitel 3 – Konzept:** Auf Basis eines Grundkonzeptes für einen stereoskopischen Audioguide werden hier die Ergebnisse der Onlineumfrage zum Thema „Mobile Apps in Museen“ ausgewertet und die Erkenntnisse festgehalten. Damit wird das Konzept der Anwendung ausgearbeitet und geeignete Anforderungen für die Anwendung ausformuliert.

**Kapitel 4 – Entwurf und Implementierung:** Hier wird zunächst der Entwurf einer geeigneten Software-Architektur vorgestellt, welche die Anforderungen an die Anwendung erfüllen kann. Im Folgenden werden die Komponenten der Anwendung und deren Herausforderungen bei der Implementierung beschrieben. Schließlich werden Screenshots der fertigen Anwendung präsentiert.

**Kapitel 5 – Benutzerstudie:** Dieses Kapitel beschreibt zunächst die Konzeption und Durchführung der Benutzerstudie. Anschließend werden die Ergebnisse der Studie vorgestellt und evaluiert. Zuletzt werden die wichtigsten Erkenntnisse der Evaluation interpretiert und diskutiert.

**Kapitel 6 – Zusammenfassung und Ausblick:** Zunächst werden die wichtigsten Ergebnisse der Arbeit zusammengefasst. Nachfolgend wird diskutiert, welche Möglichkeiten es für die Fortsetzung der Forschung in den relevanten Bereichen und für die Verbesserung der durch diese Arbeit entstandenen mobilen App geben könnte.



## 2. Grundlagen und Verwandte Arbeiten

In den folgenden Abschnitten werden Grundlagen der Gedächtnisforschung, des räumlichen Hörens, wichtige Eigenschaften der Sound Cues und Erkenntnisse der Museumsforschung präsentiert. Außerdem werden verwandte Arbeiten anderer Gedächtnishilfen vorgestellt.

### 2.1. Grundlagen des Gedächtnisses

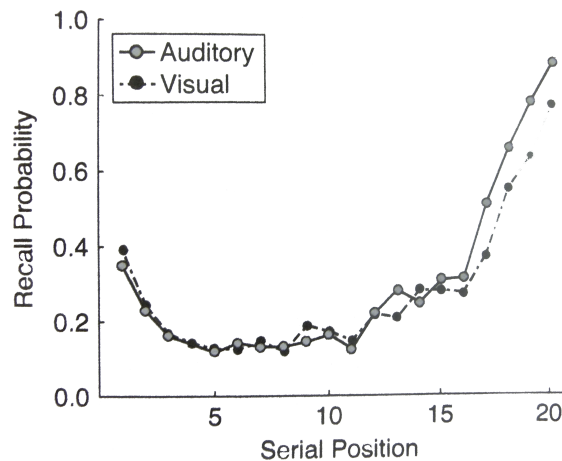
Die neurologischen Forschungen auf dem Gebiet der Kognition beschäftigen sich damit, wie die Prozesse der Informationsverarbeitung beschrieben werden können. Estes [Est14] bezeichnet in dem klassischen Ansatz die verschiedenen Verarbeitungsstufen als *Encoding*, *Storage* und *Retrieval*.



**Abbildung 2.1:** Prozesse der Informationsverarbeitung und -rückgewinnung

*Encoding* bezeichnet dabei die Aufbereitung der Informationen in ein für das Gehirn verwertbares Format. Mit *Storage* ist die Ablage der Informationen im Gedächtnis gemeint. *Recognition* und *Recall* sind nach Kahana [Kah12] die beiden Methoden der Informationsrückgewinnung (*Retrieval*), welche am häufigsten in der Gedächtnisforschung beschrieben werden. Bei *Recognition* handelt es sich dabei um das Wiedererkennen von bereits vertrauten Objekten oder Erlebnissen. *Recall* beschreibt jene wiederkehrenden Erinnerungen, welche wir nicht materiell vor unseren Augen haben, etwa ein Ereignis des Vortags. Zudem existieren Untertypen vom *Recall*, zu diesen gehören etwa der *Free Recall*, bei welchem Informationen ohne bestimmte Reihenfolge abgerufen werden, oder dem *Serial Recall*, bei dem die Reihenfolge mit der der Lernreihenfolge übereinstimmt [TC00]. Beide Typen beschreiben die Vorgänge, durch die wir uns an bestimmte Sachverhalte erinnern, welche wir in einem bestimmten Kontext erlebt haben. Dies wiederum erfordert das Nachdenken über die entsprechenden Erinnerungen [Kah12].

Wie Kahana weiter erläutert, besteht unser Gedächtnis aus Assoziationsstrukturen verschiedenartiger Informationen (wie etwa Sprache, Bilder oder Audio-Signalen), welche konstant erweitert und aktualisiert werden. Die Gedächtnisleistung kann für jede dieser Arten unterschiedlich sein. Die ist beispielsweise an den Ergebnissen eines Versuchs von Murdock und Walker [MW69] erkennbar (vgl. Abbildung 2.2). Dort führte die Leistung durch auditives Lernen im Vergleich zum Lesen der gleichen Information zu leicht besseren Ergebnissen. Für die Forschung auf dem Gebiet dieses Assoziativen Gedächtnisses hat sich der *Cued Recall* als klassische Methode etabliert, um die Informationsverarbeitung des Gehirns zu untersuchen. Dabei verwenden Forscher bei Versuchen vielfältiger Art eine Reihe von Wortpaaren, zwischen denen Assoziationen hergestellt werden sollen.



**Abbildung 2.2:** „Recall of recently studied items is enhanced when the items are heard [...] as opposed to seen“ – [Kah12] und [MW69]

Um diese *Assoziationen* erfolgreich herzustellen, haben Forscher verschiedene Eigenschaften beschrieben, die für die Stärke der Verknüpfungen wichtig sind. Angefangen damit, zum Nachdenken über die einzelnen Informationen und deren Gemeinsamkeiten anzuregen, was das Formen entsprechender Assoziation erst ermöglicht macht [Kah12]. *Wiederholungen des Lernvorgangs* haben nach Bower [BGAK08] eine starke Wirkung auf unsere Gedächtnisleistung, auch wenn noch nicht alle Fragen nach der Wirkungsweise dieses Mechanismus geklärt werden konnten. Dabei lässt sich die Gedächtnisleistung, nach Beobachtungen von Kahana, nicht nur in Lernsituationen, sondern auch in Testsituationen durch Wiederholung verbessern. Zusätzlich steigt die Leistung durch Wiederholung nicht nur im Bezug auf Korrektheit der Informationen, sondern auch auf die Schnelligkeit der Antworten. Er bezieht sich dabei auf die Versuche von [Wau70] und [And81].

Die sogenannten *recency effects* besagen, dass Ereignisse, die länger in der Vergangenheit liegen, schwerer und verschwommener ins Gedächtnis zurückkommen als jene, die erst vor kurzem stattgefunden haben. Dies kann zu einem besseren Erinnern (*Recall*) an jüngere Ereignisse führen [BGAK08]. Kahana verweist im Bezug zu diesem Phänomen auf die frühe Grundlagenforschung von [Bro24] und [Cal96]. Er fügt außerdem hinzu, dass eine hohe mentale Aktivität zwischen dem Erlernen und dem Abrufen der Information diese Effekte zusätzlich verstärken kann [Kah12]. Dem Gegenüber stellt sich der sogenannte *spacing effect*, den Spear [Spe14] so beschreibt, dass beim wiederholten Lernen einer Information der Einfluss der letzten Wiederholung stärker ist, wenn der Zeitabstand oder gar der Kontext der Wiederholung stärker abweicht. In einfachen Worten gesagt, kann der Lerneffekt dadurch gesteigert werden, dass die Abstände zwischen den Lernwiederholungen erhöht werden, weil dadurch ein erneutes Einordnen in den Kontext notwendig wird.

Allgemein lässt sich unser *Langzeitgedächtnis* in zwei Bereiche einteilen:

- Laut Nevid [Nev09] handelt es sich bei der *Declarative Memory*, bzw. *Explicit Memory* um den Teil des Gedächtnisses, welcher unser Bewusstsein reflektiert. Die dort abgelegten Erinnerungen können dabei in zwei weitere Gedächtnisbereiche unterteilt werden: das *Semantic* und das *Episodic Memory*.

Das *Semantic Memory* beschreiben Nevid und [PTC07] als denjenigen Bereich, der für die Anhäufung harter Fakten und Allgemeinwissen zuständig ist. Im Gegensatz dazu dient die *Episodic Memory* als Speicher für persönliche Erfahrungen, die wir im Laufe unseres Lebens machen.

- Die *Procedural Memory*, bzw. *Implicit Memory* hingegen, beschreibt Nevid als jenes unbewusste Gedächtnis, mit welchem wir uns merken, wie wir alltägliche Dinge tun, wie etwa Fahrradfahren oder uns die Schuhe binden.

Das für Kahana einflussreichste Gedächtnis-Modell ist das von Atkinson und Shiffrin [AS68]. Dieses basiert, wie Bernstein [BPCSR12] beschreibt, auf der Annahme, dass Informationen drei Zwischenstationen durchlaufen müssen, bevor sie gespeichert werden. Diese werden im klassischen Modell als *sensory memory* (*Sensorisches Gedächtnis*), *short-term memory* (*Kurzzeitgedächtnis*) und *long-term memory* (*Langzeitgedächtnis*) bezeichnet. Ersteres dient als Puffer für unsere Sinne. Die wahrgenommenen Informationen werden nur für eine kurze Zeit behalten (< 1s). Die Informationen, die ins Kurzzeitgedächtnis gelangen, können dort weiterverarbeitet werden, verschwinden von dort aber schon wieder nach relativ kurzer Zeit (~ 20s). Um schließlich ins Langzeitgedächtnis aufgenommen werden zu können, müssen die Informationen im Kurzzeitgedächtnis zunächst „verstanden“ werden, in dem Bedeutungen oder Assoziationen mithilfe weiterer Informationen erkannt werden, welche sich bereits im Langzeitgedächtnis befinden [BPCSR12].

Das Kurzzeitgedächtnis besitzt nur ein beschränktes Fassungsvermögen. Wie Johansen [Joh08] ganz gut zusammenfasst, variieren die Schätzungen, wie groß dessen *Memory Capacity* tatsächlich ist. Die nach Miller [Mil56] häufig zitierten 7+-2 Elemente zählen zu einem der Klassiker. Jedoch scheint klar zu sein, dass dieses begrenzt ist. Im Gegensatz dazu scheint die Kapazität des Langzeitgedächtnisses grenzenlos zu sein. Erinnert man sich an eine Information, wird diese häufig von benachbarten Informationen begleitet, da diese mit großer Wahrscheinlichkeit zusammen im Kurzzeitgedächtnis gelegen haben und deren assoziative Gemeinsamkeiten dadurch im *episodischen Langzeitgedächtnis* gestärkt werden [Kah12]. Diese semantische Verbindung stellt für Klix et al. [KH80] mehr als nur eine einzige Brücke zwischen zwei Informationen dar: Die Autoren nehmen an, dass diese semantischen Verbindungen unterschiedlich klassifiziert werden können und dass Assoziationen zwischen Wortpaaren qualitativ unterschieden werden können. Auch sollen, abhängig vom Kontext, zwei identische Wortpaare durch unterschiedliche semantische Verbindungen im Gedächtnis abgelegt werden können.

## 2.2. Auditive Gedächtnishilfen

Bereits vor der Massenverbreitung moderner Smartphones haben sich Forscher mit mobilen Anwendungen beschäftigt, welche als Gedächtnisunterstützung dienen sollten. Eine Auswahl dieser auditiven Gedächtnishilfen sollen im Folgenden vorgestellt werden. Die Arbeiten verfolgen dabei teilweise unterschiedliche Ansätze.

Etwa jene von Hayes et al. [HPT<sup>+</sup>04], die in ihrer Arbeit die Idee ihrer kontinuierlich aufzeichnenden Audio Applikation vorstellen - die *Personal Audio Loop (PAL)*. Diese soll es ermöglichen, auf Audio Inhalte aus der unmittelbaren Vergangenheit einer Person zurückzugreifen. Anders gesagt soll die

## 2. Grundlagen und Verwandte Arbeiten

---

Anwendung im Hintergrund auditive Inhalte mitschneiden, auf welche später zugegriffen werden kann. Die Forscher weisen auf diverse Herausforderungen bei dem Entwurf einer solchen Anwendung hin: Etwa in welchen Situationen eine solche Gedächtnisunterstützung am nützlichsten sein würde, was notwendig wäre um die Applikation ständig Verfügbar zu machen und wie die Funktionalität entworfen werden müsste, damit der Nutzen maximiert und die Ablenkung durch die Applikation minimiert würde. Erfasst werden die Erlebnisse der Benutzer in Form von Audio-Aufzeichnungen, welche in einem 15 Minuten umfassenden Puffer liegen. Abgerufen können diese nur durch manuelles spulen der Aufnahmen. Zur Bedienung existieren dazu simple Funktionstasten wie Abspielen oder Zurückspulen. Zudem gibt es ein Display, auf welchem die aktuelle Abspielposition im Puffer abgelesen werden kann.

Die Autoren stellen außerdem die von ihnen durchgeführte Studie vor, bei der den Teilnehmern 5 Minuten lang Informationen vorgelesen und anschließend Detailfragen gestellt wurden. Mithilfe des Geräts sollten die Teilnehmer dann die Antworten aufspüren. Dies war von einem unterschiedlichen Maß an Erfolg gekrönt. In einer weiteren Studie testeten die Teilnehmer das Gerät langfristig. Die Autoren stellten mithilfe der Ergebnisse fest, dass sich ihre Anwendung für bestimmte Situationen, etwa um Ergebnisse eines Meetings erneut abzurufen, als brauchbar erwiesen hatte. Die Möglichkeit, eine solche Applikation auf mobilen Geräten zu implementieren, hielten sie für realistisch, machten jedoch dabei auch auf *soziale und rechtliche Bedenken* aufmerksam.

Das Patent von Hohl [Hoh02] beschreibt ebenfalls ein elektronisches Gerät, welches Audio aufzeichnen und abspielen kann, mit dem Ziel, das Lernen von Wortpaaren, Übersetzungen, Assoziationen oder das Lösen von Matheaufgaben zu unterstützen. Die entsprechenden Informationen können paarweise analog oder digital abgelegt werden und dann zufällig oder in der Aufnahmereihenfolge abgerufen werden. Die entsprechenden Paare können aus der Warteschleife entfernt oder hinzugefügt werden, etwa wenn man bereits erlernte Vokabeln aus der Liste entfernen möchte. Im Gegensatz zum Projekt von Hayes et al. lassen sich bei diesem Gerät die *kontinuierlichen Aufnahmen* mit *individuellen Informationen* verknüpfen. Dies ermöglicht den Zugriff auf die expliziten „Erinnerungen“.

Die Wortpaare können entweder ins Gerät eingegeben, oder von externen Quellen bezogen werden, beispielsweise aus einem Netzwerk. Das Konzept ist sehr stark an den Wortpaaren orientiert, wie sie auch in der neurologischen Forschung bei Studien und zur Erklärung der verschiedenen Prozesse verwendet werden. Nichtsdestotrotz stellt dieses mobile Gerät den Vorläufer einer moderneren App dar, welche als Gedächtnisunterstützung bei verschiedenen Herausforderungen nützlich sein kann. Das Patent gibt wenig Aufschluss darüber, ob Geräte dieser Art nützlich, sinnvoll oder tatsächlich alltagstauglich sind, jedoch zeigt es schön, wie bereits bewährte Lernmethoden, wie etwa das Auswendiglernen von Vokabeln, mit einfachen Mitteln technisch unterstützt werden können. Alle vom Patent genannten Einzelaspekte lassen sich mit Einschränkungen auf einem modernen Smartphone abbilden.

Vemuri et al [VSW<sup>+</sup>04] beschreiben in ihrer Arbeit die Entwicklung einer weiteren *auditiven Gedächtnisunterstützung*. Die Autoren stellen ein tragbares Gerät vor, welches sie interessanterweise als „memory prosthesis“ bezeichnen, also als eine „Gedächtnisprothese“. Dieses soll Audio und entsprechenden Kontext aus Gesprächen aufzeichnen und diverse Werkzeuge zum Wiederabruf bereit stellen, um bei Bedarf Erinnerungslücken füllen zu können. Die Autoren zählen verschiedene Typen von Gedächtnisproblemen auf, von denen das am häufigsten auftretende Phänomen, der *Transience* – dem Verblassen von Erinnerungen über Zeit – entgegengewirkt werden soll.

Im Gegensatz zu den zuvor beschriebenen Arbeiten, bei denen das Finden der Aufzeichnungen hauptsächlich manuell und mechanisch von statten geht, verfolgen die Autoren für ihren Prototypen einen anderen Ansatz: Die gesammelten Aufzeichnungen sollen zusätzlich noch indiziert und nach alltäglichen Kategorien geordnet werden, so dass nach Fragmenten bestimmter Aufzeichnungen gezielt gesucht werden kann. Um dies zu ermöglichen, setzen die Autoren auf diverse Analyse-Werkzeuge und Speech-To-Text Funktionen. Zum Aufzeichnen der Erinnerungen wird eine Applikation für ein tragbares Gerät konzipiert, zum Abrufen jedoch eine für den PC. Zum Zeitpunkt ihrer Arbeit hatten die mobilen Geräte noch nicht genügend Rechenleistung für die teilweise rechenaufwändigen Algorithmen. Mithilfe eines Kalenders und mehreren Datenfenstern kann man durch die Aufnahmen der letzten Zeit scrollen und sich per Speech-To-Text zuvor erkannte Wortansammlungen anzeigen lassen. Verschiedene Algorithmen analysieren die Texte anschließend und ermöglichen das Filtern von weniger relevanten Passagen. Damit ermöglichen die Autoren die Nutzung einer automatisierten auditiven Gedächtnishilfe, welche einen expliziten Zugriff mithilfe einer Indizierung der Aufnahmen erlaubt.

## 2.3. Audio

Die folgenden Abschnitte widmen sich den *Grundlagen des Menschlichen Gehörs*, insbesondere der räumlichen Lokalisierung von Geräuschen mittels der *Head-related transfer function (HRTF)*. Anschließend werden die für diese Arbeit wichtigen Eigenschaften verschiedener Typen von *Sound Cues* näher betrachtet.

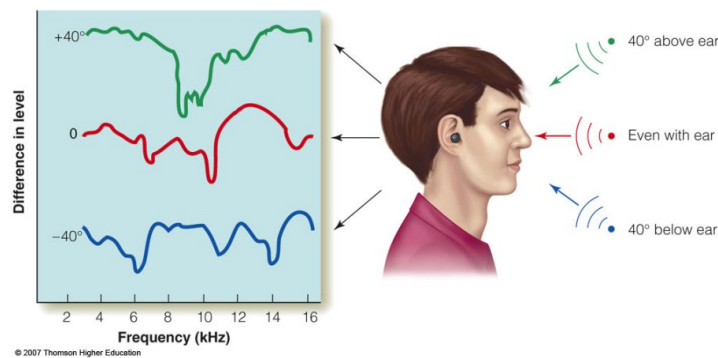
### 2.3.1. Head-related transfer function

Um zu verstehen wie unser räumliches Gehör funktioniert, sind nach Blauert [Bla97] nicht nur die *physischen Aspekte* wichtig, sondern auch die *psychophysischen* und *psychologischen*. Zur Lokalisierung eines Geräusches im Raum, also dessen Richtung und Distanz zum Zuhörer, würden mehrere Attribute existieren, die dazu beitragen würden. Sowohl die Änderung der Position, wenn sich die Geräuschquelle bewegt, die Art des Audiosignals oder auch bereits zuvor gehörte Klänge könnten diese beeinflussen. Die reale physische Position von Ton im Raum könne sich daher vom wahrgenommenen „auditiven Raum“ unterscheiden. Lokalisierung sei demnach die zusammenhängende „mathematische Funktion“ zwischen den Geräuschquellen im physischen und dem auditiven Raum.

Für die Lokalisierung werden laut Alten [Alt12] auf jedem Ohr die ankommenden Audiosignale von unserem Gehirn verarbeitet. Sowohl die *Ankunftszeit* wie auch die *Intensität* des Signals sind für den Prozess wichtig. Es kommt also darauf an, in welche Richtung unser Kopf zu den Geräuschquellen gedreht ist. Das Gehirn vergleicht die Unterschiede der Werte und kann dadurch die ungefähre Position der Geräuschquellen im Raum bestimmen. Sounds können je nach Position sehr differenziert wahrgenommen werden. Diese unterschiedlichen Formen der Signalkurven können durch Filterfunktionen beschrieben werden. Die komplexe Sammlung dieser Filter wird häufig auch als *head-related*



## 2. Grundlagen und Verwandte Arbeiten



**Abbildung 2.3:** Beispielhafte Darstellung mehrerer HRTF-Kurven abhängig vom Einfallswinkel

*transfer function* (*HRTF*) beschrieben. Abbildung 2.3<sup>1</sup> zeigt drei verschiedene Eingangskurven eines identischen Signals, abhängig vom Einfallswinkel. Dabei gibt es je nach Frequenzbereich Unterschiede in der Schwierigkeit um solche *HRTF*-Funktionen zu beschreiben, besonders im Bereich der Hochfrequenzen. Dank moderner Sampling-Methoden ist es möglich, diese durch weitere Merkmale zu charakterisieren [MR10]. Dabei, so Alten weiter, würden je nach Frequenzbereich nicht nur die Ohren selbst, sondern etwa auch der Torso zu diesem Filterkomplex beitragen. Er fasst zusammen, die „Fähigkeit“ räumlich zu hören, werde durch die Verarbeitung der *Intensität* und *Zeit* ankommender Signale kombiniert und mit der *HRTF* ermöglicht.

Um Raumklang auch für elektronische Geräte zu ermöglichen, egal ob für Surround Anlagen oder Stereoskopische Kopfhörer, ist eine Nachbildung dieser natürlichen Prozesse durch Computerprogramme erforderlich. Zeitgemäße Soundkarten sowie viele Programmier- oder Audio APIs sind laut Kim [Kim05] zu diesem Zweck mit einer großen Anzahl von *HRTF*-Kurven ausgestattet, welche es ermöglichen, die gewünschte Position der Sounds im auditiven Raum zu berechnen und das Soundsignal entsprechend zu verändern. Manche dieser APIs stellen auch komplexere Filter wie den Doppler-Effekt zur Verfügung.

### 2.3.2. Sound Cues

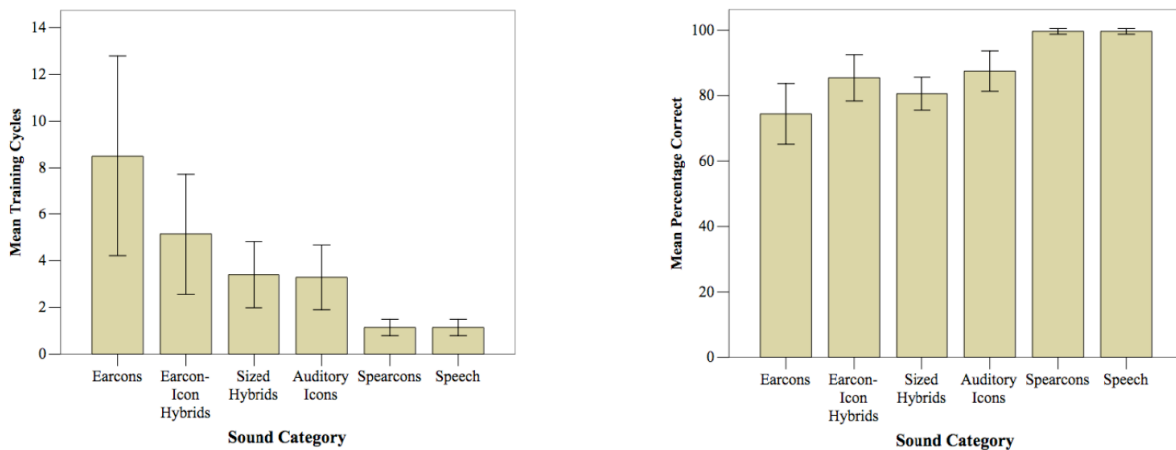
Der Einsatz *auditiver Signale* im Bereich der Gedächtnishilfen erfordert eine Reflektion der Eigenschaften dieser sogenannten *Sound Cues*. Die wichtigsten werden in den nächsten Abschnitten vorgestellt.

### Erlernbarkeit und Einprägsamkeit

Das Wiedererkennen der *Sound Cues* kann für eine auditive Gedächtnisunterstützung von großem Wert sein. Eine große Rolle können dabei deren *Erlernbarkeit* und *Einprägsamkeit* spielen.

<sup>1</sup>Quelle der Grafik:

<http://theheadphonelist.theheadphonelist.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2013/10/HRTF.jpg>



**Abbildung 2.4:** Mittlere Anzahl der Anläufe, welche zum Erlernen verschiedener Typen von Sound Cues benötigt wurde und mittlere gesamte Trefferquote, entnommen aus [DLW08]

Für Dingler et al. [DLW08] stellt die *Erlernbarkeit* von *Sound Cues*, besonders bei der Repräsentation von Objekten in unserer Umgebung, einen Schlüsselfaktor dar:

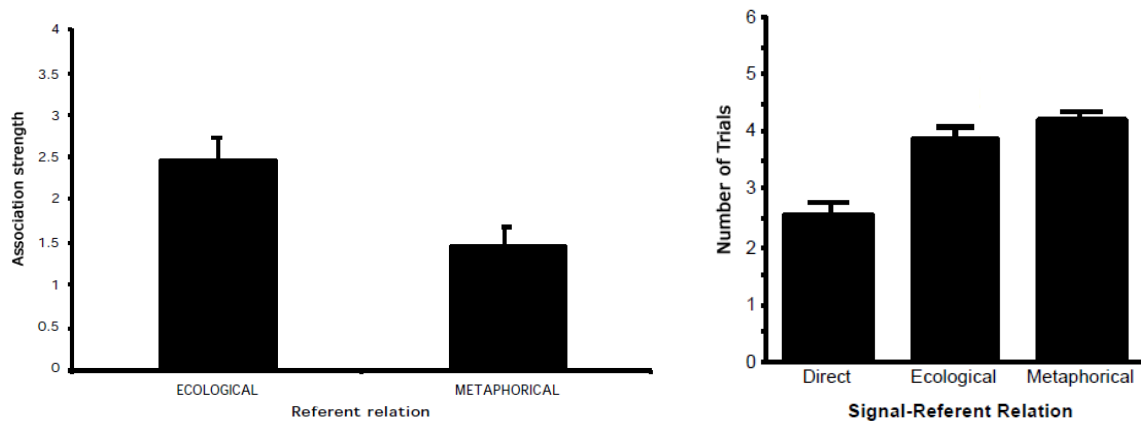
„When devising an auditory display scheme for environmental features and objects, one key consideration must be how learnable the scheme is.“

Die Autoren beschreiben in ihrer Arbeit verschiedene Typen von *Sound Cues* und untersuchen, wie leicht diese erlernbar sind. Zu diesen Typen zählen etwa *Auditory Icons* (auditives Äquivalent visueller Icons), *Earcons* (abstrakte Klänge), *Speech* (Sprache) sowie *Spearcons* - eine Kombination der beiden vorherigen Typen. Zudem gehen sie auf weitere Hybridvarianten der Grundtypen ein. In ihrer Studie, schnitten *Speech* und die *Spearcons*, schnell abgespielte, sprachlich nicht erkennbare Wortketten, in Punkto Lernbarkeit am besten ab. Sie verwendeten dabei zwei Testkriterien: die *Anzahl der Anläufe*, welche die Teilnehmer brauchten um alle *Sound Cues* akkurat zuzuordnen und die *Genauigkeit* mit denen die Teilnehmer die verschiedenen Typen der *Sound Cues* über alle Anläufe hinweg korrekt zuordnen konnten (vgl. Abbildung 2.4). Jedoch seien letztendlich, je nach Zweck des Systems, auch andere Auswahlkriterien wichtig [DLW08]. Etwa für die Navigation durch einen Raum, bei der die Sprachsignale weniger geeignet seien.

Auch Stevens und Keller [SK04] beschäftigten sich in ihrem Aufsatz mit der Erlernbarkeit von *Sound Cues* bzw. von auditiven Warnsignalen und der Auswirkung auf deren Wiedererkennung. Demnach erfolge diese in zwei Schritten: (1) der Identifizierung der Geräuschquelle und (2) der Herstellung der Assoziation des Sounds und seiner Bedeutung (in jenem Fall einer Warnmitteilung). Ob und wie schnell diese Verbindung hergestellt wird, würde durch den Lernprozess bestimmt werden. Im Fokus ihrer Arbeit liegt der Zweite der zuvor erwähnten Schritte.

Die Assoziationen können dabei mit verschiedenen Relationstypen beschrieben werden. Etwa mit *direkten* oder *indirekten* Repräsentationen der Sachverhalte, etwa am Beispiel eines Sturms, welcher direkte und indirekte Auswirkungen hat. Die Autoren unterteilen die *indirekten* Typen weiter als *Ecological* (z.B. ein Baum der bei dem Sturm zu Bruch geht) und *Metaphorical* (z.B. das Abfließen von Wasser in einem Spülbecken). Als *direkte* Typen nennen sie *Iconic* (die Realität abbildend, der Sturm

## 2. Grundlagen und Verwandte Arbeiten



(a) Stärke der Assoziationen verschiedener Typen von Sound Cues

(b) Benötigte Versuche um Assoziationen verschiedener Typen von Sound Cues zuzuordnen

**Abbildung 2.5:** Ergebnisse der Versuche zur *Erlernbarkeit von Sound Cues* [SK04]

selbst) und *Noniconic* (uncharakteristisch für das Objekt). Die Ergebnisse ihrer Studie (vgl. Abbildung 2.5a) zeigten signifikant stärkere Werte der *ecological* Assoziationen. Diese begründen die Autoren mit den plausibleren Zusammenhängen auf konzeptionaler Ebene zwischen Objekt und Sound Cues. Sie konnten jedoch auch erkennen, dass sich Assoziationen methaphorischer Art eignen können, die Assoziation müsse ggf. nur noch hergestellt werden.

Bei einem weiteren Experiment (vgl. Abbildung 2.5b) untersuchten die Autoren die Zeit, welche von den Teilnehmern benötigt wurde, um die verschiedenen Typen von *Sound Cues* zuordnen zu können. Dabei stellte sich heraus, dass direkte Sound Cues am schnellsten zugeordnet werden konnten. Darauf folgend die *ecological* und schließlich die *metaphorical* Sound Cues. Die Autoren vermuten, dass diese Ergebnisse daher resultierten, dass zwischen den Objekten und den direkten Sound Cues bereits vor der Durchführung der Experimente im Alltag mehrere Assoziationen existierten und die Zuordnung dadurch leichter fiel.

Zusammenfassend erläutern die Autoren, dass Sound Cues mit bereits bestehenden Assoziationen zu den Objekten leichter erlernbar und schneller wiedererkennbar sind, besonders wenn es sich dabei um direkte Assoziationen handelt. Jedoch seien auch *metaphorische* Sound Cues für die Repräsentation von Alltagsobjekten geeignet, sofern die entsprechenden Assoziationen hergestellt würden.

### **Orientierung, Navigation, Location Awareness**

Blum et al. [BBC12] haben ein System geschaffen, welches Menschen mit Sehbehinderungen durch Raumklang unterstützen soll. Dabei war das Ziel nicht unbedingt die Benutzer zu navigieren, sondern das Entdecken von Lokalitäten wie Restaurants oder Shops zu ermöglichen. Erst dank der neuesten Technologie, so die Autoren, sei es möglich, ein solches System für alltagsgebräuchliche Geräte praxistauglich umzusetzen. Für die räumliche Berechnung mehrerer Audioquellen sei ein hohes Maß an Rechenleistung notwendig, ebenso diverse Sensoren wie ein Kompass, oder ein Accelometer. Die Genauigkeit müsse, erst recht bei Menschen mit eingeschränktem Sehvermögen, für eine sinnvolle

Orientierung mittels Raumklang einfach gegeben sein. Jedoch schließen die Autoren eine Verwendung für andere Benutzer ebensowenig aus. Die Entwicklung ihres System solle zeigen, was zu diesem Zeitpunkt möglich sei, und welche Verbesserung und Probleme noch angegangen werden müssten.

Die Herausforderungen der Entwicklung ihres System waren: Audio Raumklang zu rendern; ein benutzbares User Interface zu entwerfen; Probleme bei Positions- und Orientierungsbestimmung zu minimieren oder zu kompensieren; die unvollständigen Datenbanken von Gebiets- und Geodaten. Für die Objektkategorien konzipierten die Autoren drei Sound-Stufen: ein minimale Sprachinformation (*Kneipe*); ein auditory icon (*klirrendes Glas*); sowie ein detaillierteres Sound Cue, hauptsächlich mit Sprache realisiert (der Name der Kneipe und die Distanz in einem Satz ausgesprochen). Mit diesen Typen sollte es ermöglicht werden, Lokalitäten zu entdecken und zu orten. Um *audio cluttering* (ein Wirrwar von Klängen, so dass man die Einzelsounds nicht mehr voneinander unterscheiden kann) zu vermeiden, spielt das System nur Sound Cues von Objekten ab, welche sich vor oder neben dem Benutzer befinden. Um Details über das zuletzt abgespielte Objekt zu erhalten, können die Benutzer den Bildschirm antippen. Zusätzliche Wischbefehle ermöglichen die Navigation zu den Lokalitäten zuvor gespielter Detailinfos. Zeigt das Gerät auf den Boden, können die Benutzer mithilfe weiterer Wischbefehle die Umgebung nach und nach erkunden.

In ersten Tests stellten die Forscher zunächst fest, dass das Feedback einer Laborstudie stark begrenzt oder irreführend sein könne: In einer realen, oft lauten Umgebung, hatte die Menge der Sounds, die die Probanden gleichzeitig hören und verarbeiten mussten, zeitweise überfordert. Auch das Gerät ständig in den Händen zu halten, hatten die Teilnehmer als unangenehm empfunden. Zudem sei der Kompass zeitweise ungenau oder nicht immer verlässlich gewesen. Areale mit sehr vielen Lokalitäten stellten zudem neue Herausforderungen dar, etwa wie man Teile davon filtert, um nicht zu vielen Klängen gleichzeitig ausgesetzt zu sein. Jedoch bewerten die Autoren das System als Erfolg, auch wenn sie Verbesserungsbedarf in vielen Bereichen sehen. Sie sehen ihre Anwendung hauptsächlich für eine *non-critical exploration* einer Umgebung, welche nicht unbedingt Navigationsaufgaben beinhaltet, aber eine hohe Präzision verlangen [BBC12].

## 2.4. Museumstheorie

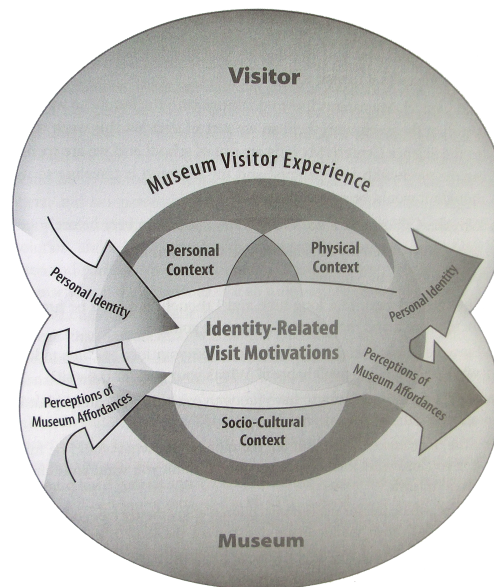
Für diese Arbeit ist der *Museumskontext* von besonderer Relevanz. Gedächtnishilfen sind in vielen Bereichen des Lebens einsetzbar. Für jeden existieren dabei spezielle Faktoren, die bei der Gestaltung einer solchen Anwendung von großer Wichtigkeit sein können. Im Konzept dieser Arbeit wird ein Bezug zu den Besonderheiten der Museumserfahrungen hergestellt. In den nachfolgenden Abschnitten werden dazu Erkenntnisse aus der Museumsforschung präsentiert.

### 2.4.1. Museumsbesucher und die „Museumsexperience“

Der Forscher John H. Falk hat sich bei seiner Forschung jahrelang mit vielen Bereichen der Museumstheorie und -praxis beschäftigt. Für ihn steht fest, dass es nicht nur wichtig ist, etwas über die Museumsbesucher zu wissen, sondern unabdingbar. Genauso wichtig sei es zu wissen, welche Rolle das Museum für die verschiedenen Besuchertypen spielt. Kenntnisse über diese Aspekte bezeichnet er für qualitativ hochwertige Ausstellungen als „notwendig“ [Fal09]. Bei seinen Untersuchungen stellte

## 2. Grundlagen und Verwandte Arbeiten

---



**Abbildung 2.6:** Einflussfaktoren der *Museum Visitor Experience*, entnommen aus [Fal09]

Falk auch fest, dass nicht nur die Erfahrungen der Besucher unterschiedlich sind, sondern auch die Erinnerungen an diese Erfahrungen.

Falk beschreibt die Erfahrung eines Besuchs im Museum auch als eine Lernerfahrung, welche einen normalen Vorgang für die Museumsbesucher darstelle. Dabei hebt er hervor, dass man zwischen dem deskriptiven Modell, also was ein Besucher im Museum tatsächlich tut und lernt und dem präskriptiven Modell unterscheiden müsse, welches wirklich eine Voraussage darüber machen könne, was die Besucher lernten. Er schlägt vor, sich mehr auf letzteres Modell zu konzentrieren, um eine zusätzliche Perspektive auf die Museumserfahrung zu erhalten. Dazu gehört, damit aufzuhören, die Ausstellungsobjekte der Museen als feste unantastbare Gebilde für einen Zweck zu betrachten, sondern als intellektuelle Ressource, welche verschieden erlebt und für verschiedene Zwecke verwendet werden kann [Fal09]. Ebenfalls gehört dazu, die Besucher selbst weniger quantitativ und mehr als Individuen zu behandeln.

Falk nimmt in vielen seiner Werke immer wieder Bezug auf den Begriff „museum visitor experience“. Damit meint er das große Ganze, welches sich aus der Summe der qualitativen Erfahrungen und den Vorgängen in den Köpfen der Besucher über einen großen Zeitraum bildet und sich durch die Zufriedenheit und die Erinnerungen der Besucher zum Ausdruck bringt. Falk geht noch einen Schritt weiter und spricht gar von einer „identity“, einer Identität eines jeden Museumsbesuchers, welches aus dessen Bedürfnissen, Erfahrungen und Erlebnissen hervorgeht. Falk analysiert weiter, beim Museumsbesuch gehe es um „free-choice learning“, dieses sei letztendlich das Formen und Instandhalten einer solchen Identität. Abbildung 2.6 zeigt Falks Versuch, die vielen Einflussfaktoren in eine als symbolisch zu betrachtende Übersicht anzuordnen.

Für Falk spielen quantitative Faktoren, wie etwa demographische Daten, für das Museumserlebnis eine eher kleine Rolle, weil sie zu wenig Informationen im Bezug auf das Museum preisgäben. Viel

wichtiger seien die persönlichen Erfahrungen jedes Besuchers und dessen Vorwissen oder Interesse für bestimmte Themen oder Ausstellungsobjekte. Besucher mit größerem Wissensdrang, so Falk weiter, würden andere Dinge lernen als diejenigen, die ins Museum gehen, um Spaß zu haben. Er bekräftigt zudem die Feststellung anderer Forscher, dass die Dinge, welche die Besucher lernen, stark von der Motivation ins Museum zu gehen, abhängig sind. Jedoch fasst er zusammen, dass egal aus welchem Grund die Menschen ins Museum gehen, sie sich bewusst sind, dass sie etwas lernen werden und nicht nur zum Vergnügen da sind. Wenngleich es sicherlich Besucher gibt, die stärker aktiv lernen und andere eher passiv.

Die Erwartungshaltung der Besucher könne, so Falk, auch eine Rolle dafür spielen, welche Erfahrungen die Besucher machten. Er bezieht sich dabei auf die Theorie des Psychologen Victor Vroom, die sogenannte „expectancy theory“. Diese sagt nach Falk aus, dass die Erwartungen, die eine Person an seine Umgebung hat, beeinflussen wie er diese wahrnimmt und vor allem auf diese reagiert. Übertragen auf den Museumskontext wäre daher interessant, wie Besucher die Ausstellungsobjekte um sich herum wahrnehmen und sich im Museum verhalten. Diese Erwartungen könnten also ein Indiz dafür sein, welche Erfahrungen die Besucher machen. Die zuvor erwähnten Aspekte der Motivation für den Besuch und die Tatsache, dass die Museumsgänger unausweichlich vom Besuch lernen, sind nicht getrennt, sondern als unzertrennbares Ganzes zu betrachten [Fal09] [FDF07].

Auch Gespräche und Interaktionen innerhalb von Besuchergruppen und unter Besuchern seien normal, so Falk. Diese könnten sogar einen Einfluss auf die Gedächtnisleistung haben, manchmal sogar einen stärkere als die Wirkung der Ausstellungsobjekte selbst, weil die Gruppenerfahrung sehr zu der persönlichen Erfahrung auf verschiedenen Ebenen beitragen könne. Auch Gespräche mit Freunden oder der Familie vor dem Besuch des Museums oder das Erzählen nach dem Besuch, was man alles erlebt hat, könnten die Erfahrungen des Museumsbesuchs zusätzlich verstärken. Dieses Phänomen fassen Falk und sein Kollege Dierking unter dem Begriff „socio-cultural learning“ zusammen [FDF07].

### 2.4.2. Motivation und der Gang ins Museum

Laut Falk betrachtet die Öffentlichkeit Museen als Orte, welche für die Weiterbildung optimal geeignet sind, da diese größtenteils freie Auswahl hinsichtlich des Lernens bieten. Er bezeichnet diese Eigenständigkeit der Besucher, wie bereits zuvor erwähnt, als „free-choice learning“. Zu diesen zählt Falk auch Beard und Maunier's [BM80] sogenannte „leisure satisfactions“ – Bedürfnisse, die wir versuchen in unserer Freizeit zu befriedigen – der Bereiche „Psychological“, „Educational“, „Social“, „Relaxation“ und „Aesthetic“.

Packer spitzt diese Aussagen in ihrem Aufsatz „Learning for Fun“ [Pac06] noch zu, in welchem sie erläutert, dass Besucher Ausstellungen besuchten, weil sie dem Lernprozess an sich schätzen und zum Lernen bereit wären, gerade weil sie dies nicht aus einem bestimmten Grund oder Lernziel tun müssten. Sie fasst ihre Forschungsergebnisse in folgenden fünf Prämissen zusammen:

1. „Learning for fun“ umfasst eine Mischung aus Erkundung, Entdeckung, geistiger Betätigung und einer positiven Anspannung .
2. Für die Mehrzahl der Besucher ist das Lernen in Museen nicht lästig, sondern eher angenehm.

## 2. Grundlagen und Verwandte Arbeiten

---

3. Auch wenn die Besucher nicht unbedingt ins Museum gehen, weil sie etwas lernen wollen, werden sie unbewusst von einem Umfeld angezogen, welches aktives oder passives Lernen ermöglicht.
4. Vier Hauptaspekte kristallisierten sich bei Studien mit Besuchern heraus, welche für eine spaßige Lernerfahrung sehr wichtig sind: (a) Entdeckungsdrang und Faszination für bestimmte Inhalte; (b) Die Präsentation der Museen und Ausstellungsobjekte sprechen mehrere Sinne an; (c) Ungezwungenes Lernen während des Aufenthalts; (d) Die Besucher haben die Wahl, welche Dinge sie erleben bzw. lernen, und welchen sie keine Beachtung schenken.
5. Besucher schätzen das „learning for fun“, weil sie direkten Einfluss auf ihr Leben nehmen, dieses mitgestalten können, sei es beispielsweise um Respekt für die Menschen vergangener Tage zu entwickeln, ein persönliches Interesse zu stärken oder gar ein neues zu entdecken.

Auch Vorwissen und allgemeines Interesse spielen, so Falk, eine Rolle dafür, wie viel und was ein Besucher von seinem Besuch lernt. Die Besucher fänden diejenigen Ausstellungsobjekte am ansprechendsten, zu denen sie bereits vor dem Gang zum Museum ein starkes Interesse zeigten oder Vorwissen hatten. Falk stellte mithilfe seiner Studien fest, dass nicht nur die Besucher, welche sich nur wenige Objekte anschauten sich sehr *selektiv* in ihrer Auswahl verhielten, sondern selbst diejenigen, welche sich die Ausstellungen gründlicher und länger anschauten. Die Ausstellungsobjekte, welche es schaffen ihre Aufmerksamkeit zu erregen, bestimmen für viele Besucher den Großteil dessen, was sie im Museum erleben oder lernen. Anders gesagt sind es diejenigen, welche sie sich merken und an die sie sich dann später auch wieder erinnern können. Die Ermöglichung der Interaktion mit den Objekten kann diesbezüglich positive Auswirkungen auf die Gedächtnisleistung haben. Dies gilt jedoch nicht nur für den Museumskontext: Auch andere Objekte im Alltag können durch Interaktionsmöglichkeiten bereichert werden. Wie beispielsweise [ASGS13] zeigen, kann durch Interaktion bei Public Displays eine Verbesserung des Recalls erreicht werden. Auch der Einsatz von Virtual Reality Funktionalität kann sich diesbezüglich positiv auswirken [BPN<sup>+</sup>08].

Insgesamt kann man sagen, dass die Ausstellungsobjekte im Museum für die Besucher so etwas wie Referenzpunkte für ihr stetig erweiterndes Netz aus Erfahrungen darstellen. Jedoch, so Falk, würde nur ein kleiner Teil dessen, was die Besucher im Museum erleben, überhaupt registriert oder aufgenommen, geschweige denn in Erinnerung bleiben. Dies sei ebenfalls auf die selektive Natur des menschlichen Gedächtnisses zurückzuführen. Der Mensch versuche, ständig in allem eine Bedeutung zu finden und aktiv, wenn auch nicht immer bewusst, die sehenswertesten Ausstellungsobjekte der Museen aufzuspüren [Fal09]. Gelingen gestaltete Ausstellungen und eine angemessene Präsentation stellen nach Falk einen wichtigen Faktor dar, um die Aufmerksamkeit der Besucher zu erlangen und die Gesamterfahrung positiv zu beeinflussen. Jedoch stellten er und seine Forscherkollegen auch fest, dass diese Faktoren nicht unbedingt etwas darüber aussagen, welche Sachverhalte sich die Besucher davon tatsächlich merken und an was sie sich später noch erinnern.

Auch passiere es, so Falk weiter, dass zwei Besucher, welche der gleichen Route durchs Museums folgen, komplett andere Dinge gesehen und Erfahrungen machen, unabhängig von der Qualität der Ausstellung oder der Inhalte. Diese spezielle „Realität“ sei kein festes, voraussehbares Gebilde, sondern sei individuell konstruiert. Selbst der gleiche Besucher könne anhand verschiedener Einflussfaktoren tagesformabhängig komplett unterschiedliche Erfahrungen machen. Inhalte spielen nach Falk eine große Rolle dafür, wer das Museum besucht, jedoch nicht die einzige. Auch der Gestaltung der

Museen abseits der Inhalte schenken die Besucher ihre Beachtung, ein ebenfalls großer Faktor sei das soziale Umfeld der Besucher. Aus zahlreichen Studien konnte die Erkenntnis gewonnen werden, dass verschiedene Besucher jeweils andere Erinnerungen mit nach Hause nahmen. Anderson und Storksdieck [ASS07] unterstützen diese Aussagen, auch für sie sind die Besucher Teil eines großen Ganzen. Diese würden den Museumsbesuch zwar nicht immer als individuelles Erlebnis empfinden, die verschiedenen Erfahrungen und Erinnerungen an ihre Besuche zeigten jedoch das Gegenteil. Auch für die Kuratoren spiele dies eine große Rolle, weil man durch „Tätigkeiten“ in vielen Bereichen, die nichts mit Inhalten zu tun haben, viel bewirken könne, um das Museumserlebnis zu verbessern.

### 2.4.3. Gedächtnisleistung und Recall

Falk lernte bei der Durchführung seiner Studien auch, dass sich die Besucher auch an weit zurückliegende Museumsbesuche und sogar an viele Details der Ausstellungen erinnerten. Er stelle weiterhin fest, dass sobald sich Erinnerungen festsetzten, diese tatsächlich sehr lange im Gedächtnis blieben. Die Befragten erinnerten sich jedoch nicht an alles, was sie bei ihrem Besuch erlebt hatten. Dinge an die sie sich nicht mehr ganz so gut erinnerten konnten sie jedoch, wenn auch nicht mehr inhaltlich präzise, zumindest konzeptuell noch wiedergeben.

Falk nutzt bei seiner Arbeit auch die Erkenntnisse aus den Neurowissenschaften, wonach Informationen, welche wir in unser Gedächtnis aufnehmen, aus mehreren Einzelteilen zusammengefügt und mit der Zeit auch durch andere Erfahrungen ergänzt werden. Diese Flexibilität des Gedächtnisses sorgt für einen konstanten Fortbildungsprozess der gesammelten Informationspakete. Weil so viele Faktoren für die Museumserfahrung relevant sind, erinnern wir uns dadurch an manche dieser Gebilde besser als an andere. Erinnerungen können manchmal auch an besondere Umstände oder Perspektiven gebunden sein. Auch diese besonderen Faktoren können dabei helfen, sich an den Museumsrundgang oder gar Details von Ausstellungsobjekten zu erinnern, dabei müssen sie nicht einmal in direktem Zusammenhang zum Besuch stehen [Fal09].

Es liegt in der Natur des Menschen, zu versuchen die Kontrolle über Ereignisse seines Lebens zu erlangen [Fal09]. Deswegen schätzen wir unsere Freizeit besonders, weil wir diese größtenteils selbst bestimmen können und Kontrolle über das haben, was wir tun. Aus diesem Grund zählen auch Lernerfahrungen, über die wir Kontrolle besitzen und Wahlmöglichkeiten haben, zu den stärksten und einprägsamsten. Im Museum könnten die Besucher bestimmen, welche Ausstellungsobjekte sie sich anschauen, welche davon genauer betrachtet werden und welchen Wert den Inhalten zugeschrieben wird. Gleichzeitig auch über was wir genauer nachdenken, wie wir bewerten und und wie bedeutsam die vermittelten Informationen für uns persönlich sind. Falk stieß bei seinen Recherchen auch auf Studien, die suggerierten, dass Erinnerungen, welche durch Erfahrungen auf Basis von „free choice“ entstanden waren, im neuralen Netzwerk gestärkt vorgefunden wurden.

*Emotionen* beschreibt Falk als weiteren Faktor für die Museumserfahrung. Er bezieht sich dabei auf die Forschungen von [Syl95] und [Ros03], welche zahlreiche Verbindungen zwischen dem für Emotionen zuständigen limbischen System und allen anderen Bereichen des Gehirns, sowie den Körperorganen vorfanden. Zusätzlich zur Reaktion auf die Bedürfnisse der verschiedenen Körpersysteme kam auch zutage, dass dieses System als Steuereinheit des Gedächtnisses dient. Somit können Emotionen auch einen Einfluss darauf haben, welche Erfahrungen wir besser aufnehmen, an welche



## 2. Grundlagen und Verwandte Arbeiten

---

wir uns zurückerinnern können und welche Gefühle wir mit diesen Erfahrungen verbinden. Laut Falk könnten (vgl. [BZ00]) stärkere Emotionen dafür sorgen, dass eine bestimmte Erfahrung mit höherer Wahrscheinlichkeit im Gedächtnis abgelegt wird. Emotionen tragen also einen großen Teil dazu bei, wie wir Erfahrungen im Gedächtnis ablegen und ob wir uns an diese erinnern können. Dies erklärt für Falk auch, warum uns einige Museumserfahrungen länger oder besser in Erinnerung bleiben: weil sie Spaß machen und dadurch positive Emotionen wecken können [Fal09].

Falk nennt noch einen weiteren Faktor: Die Selbstverwirklichung. Demnach streben Besucher nach Herausforderungen – danach, dem Erlebten einen Sinn zu geben, dem Gefühl etwas erreicht zu haben, eigenständig etwas neues zu lernen, oder etwas über sich selbst zu erfahren. Auch spiele es eine Rolle, welche Anforderungen die Ausstellungen an unsere Intelligenz, Intellektualität oder Fähigkeiten stellen. Falk argumentiert, dass der Konstruktionsprozess für die Formung einer Erinnerung wichtig sein kann. Weil wir die Informationen häppchenweise aufnehmen, wollen wir wissen „wie es weiter geht“. Wir formen unser Wissen über ein Ausstellungsobjekt auf die gleiche Weise kontinuierlich, wie auch letztendlich die eigentliche Erfahrung geformt wird. Wenn uns dieser Prozess schrittweise auch noch herausfordert, kann die Museumserfahrung dadurch noch zusätzlich bereichert werden. Museen tendieren dazu, ihre Ausstellungsobjekte in aufeinanderfolgenden Schritten zu präsentieren, ggf. Vorwissenslücken zu schließen und die Lernkurve flach zu halten. Dies kann selbstverständlich dazu führen, dass sich Besucher mit größerem Fachwissen unterfordert fühlen, sich lieber tiefergehende Informationen wünschen und sich möglicherweise langweilen. Diese Umstände sorgen für einen schwierigen Balanceakt für Kuratoren, welche ihre Ausstellungen an das Wissen und die Fähigkeiten all ihrer Besucher anpassen müssen. Zusätzlich dazu sei es nötig, so Falk, den Besuchern ständig Feedback darüber zu geben, was sie gesehen oder gelernt haben, um ihre Motivation aufrecht zu erhalten [Fal09]. Er nennt als Beispiel Musiker, welche den konstanten Fortschritt ihrer Fähigkeiten an ihrem Instrument kontinuierlich miterleben können. Vieler dieser Faktoren lassen sich vermutlich auch auf Museums Applikationen übertragen, denn die Benutzung kann für Besucher eine zusätzliche Herausforderung oder Informationsquelle darstellen.

## 3. Konzept

Ziel dieser Arbeit ist es, einen stereoskopischen Audioguide zu entwickeln. Dieser soll mithilfe geeigneter Funktionen außerdem eine Gedächtnisunterstützung bilden. Dafür wird ein geeignetes Konzept entwickelt auf dessen Basis die mobile Anwendung implementiert werden kann. Mithilfe der Grundlagen, der verwandten Arbeiten sowie eigenen Ideen wird ein Grundkonzept entworfen und nachfolgend eine Onlineumfrage durchgeführt. Anschließend wird das Konzept durch die gewonnen Erkenntnisse ausgearbeitet.

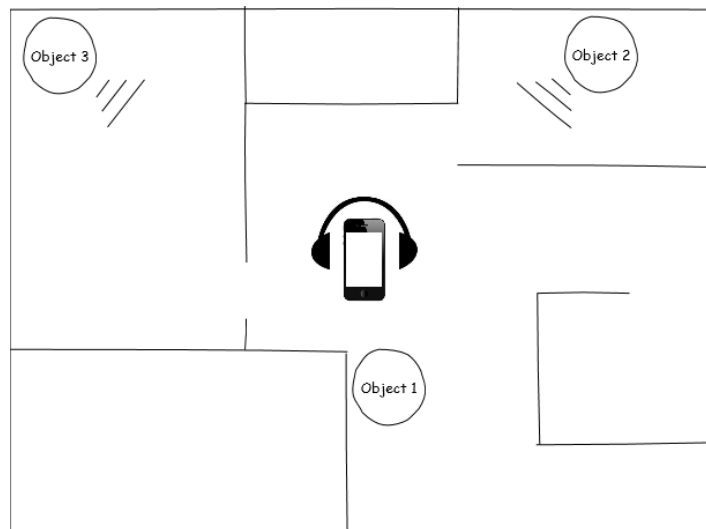
### 3.1. Grundkonzept

Das Konzept dieser Arbeit verfolgt einen anderen Ansatz als den der klassischen Audioguides, welche meistens an vorgesehenen Stellen statische Inhalte abspielen. Das nachfolgend vorgestellte Konzept beruht auf der Grundidee, dass die App die Benutzer bei ihrem Museumsbesuch begleiten soll. Zwar soll es auch interaktive Funktionalität geben, die Basis der Anwendung soll jedoch unterstützend agieren. Die Besucher sollen, wenn möglich, nicht durch die Funktionen der App von den eigentlichen Ausstellungsobjekten abgelenkt werden. Der Hauptaspekt der Anwendung, das positionsabhängige Abspielen der *Sound Cues* - im gesamten als *Klanglandschaft* bezeichnet - soll möglichst automatisch ablaufen und nur wenige Aktionen des Benutzers erfordern. Zwischen den digitalen Inhalten, hauptsächlich den *Sound Cues* und den jeweiligen realen Ausstellungsobjekten, soll ein fließender Übergang stattfinden. Das heißt die *Sound Cues* sollen nicht Positions- oder Richtungslos abgespielt werden, sondern so, als kämen sie von den Ausstellungsobjekten selbst oder von Objekten in deren Nähe. Die Klanglandschaft soll sich abhängig von Orientierung und Position des Besuchers fortlaufend und unmittelbar verändern. Nähert er sich bestimmten Objekten, sollen die entsprechenden Sounds lauter abgespielt und die Klanglandschaft ggf. durch zusätzliche auditive Details erweitert werden. Zudem soll es dem Besucher dadurch ermöglicht werden, sich mithilfe der *Sound Cues* durchs Museum führen zu lassen, ohne dabei eine feste Route oder Reihenfolge zu diktieren. Weiterhin soll es möglich sein, bestimmte Ereignisse auszulösen, welche sich aus komplexeren Audio-Szenen zusammensetzen sollen, welche die entsprechenden Ausstellungsobjekte auditiv repräsentieren.

Die verwandten Arbeiten verwendeten für ihre Anwendungen unterschiedliche Methoden für das Erfassen und Abrufen von Erlebnissen. Manche machten kontinuierliche Aufzeichnungen, andere verlangten eine explizite Erfassung. Beim Abrufen mussten die Informationen teilweise selbst gefunden werden, teilweise wurden explizite Zugriffsmethoden zu Verfügung gestellt. Die Gedächtnisunterstützung dieser Arbeit soll einen Hybridansatz verfolgen. Das Abspielen der *Sound Cues* soll automatisch und kontinuierlich erfolgen, in Ausnahmefällen (die komplexeren Audio-Szenen) aber manuell ausgelöst werden. Das Abrufen der Erlebnisse soll ausschließlich explizit erfolgen. Weitere Details sollen durch die Ausarbeitung des Konzeptes festgelegt werden.

### 3. Konzept

---



**Abbildung 3.1:** Skizze des Grundkonzeptes

Für die *Gedächtnisunterstützung* sollen die Erkenntnisse der Grundlagen und verwandten Arbeiten dafür als konzeptionelle Grundlage dienen. Um Ideen für geeignete Funktionen zu finden, wurde die Konzeption dafür in folgenden drei Zeiträume eingeteilt:

- Vor dem Museumsbesuch
- Während dem Museumsbesuch
- Nach dem Museumsbesuch

Diese Einteilung soll es ermöglichen, bestimmte Funktionen konzeptionell besser voneinander zu trennen und konkrete Anforderungen zu formulieren. Um eine Steigerung der Gedächtnisleistung zu erreichen, sollen Funktionen konzipiert werden, welche die vier Schritte der Informationsverarbeitung Attention, Encoding, Storage und Retrieval (vgl. 2.1) unterstützen sollen. Mithilfe der Erkenntnisse der Grundlagen und der verwandten Arbeiten konnten aus diesen Bereichen folgende Fragestellungen für die Konzipierung der Anwendung formuliert werden:

- Wie kann die *Wahrnehmung* im Museumskontext durch Audio erleichtert werden?
- Wie kann die *Einprägsamkeit* von Museumsinhalten durch Audio verbessert werden?
- Wie kann die *Festigung des Erlernten* im Museumskontext durch Audio erreicht werden?
- Wie kann der *Recall* im Museumskontext durch Audio erleichtert werden?

Mit der Ausarbeitung des Konzeptes sollen konkrete Vorschläge vorgezeigt werden, um diesen Herausforderungen zu begegnen. Dazu sollen wie erwähnt die aus den Bereichen *Audio*, *Gedächtnis* und *Museumskontext* gewonnen Erkenntnisse genutzt werden. Um weitere quantitative und qualitative Faktoren zu finden, wurde eine *Onlineumfrage zum Thema „Mobile Apps in Museen“* durchgeführt.

## 3.2. Onlineumfrage

Die Umfrage wird allgemein gehalten, um ein breites Meinungsbild von mobilen Apps in Museen bzw. kulturellen Einrichtungen zu erhalten und die Teilnehmer durch zu speziell gestellte Fragen nicht in eine bestimmte Richtung zu lenken. Das Ziel der Onlineumfrage ist es folgende Fragestellungen zu beantworten:

- Welche *Vorkenntnisse* haben die Teilnehmer bezüglich mobilen Apps und Museen
- Haben Teilnehmer schon einmal eine *mobile App* eines Museums oder einer kulturellen Einrichtung eingesetzt und wenn ja, wie war ihr Eindruck davon
- Welche *Features* einer Museums App kennen oder wünschen sich die Teilnehmer
- Welche Aspekte sind für eine potentielle *Gedächtnisunterstützung* relevant
- Wie hoch ist die *Akzeptanz der Nutzung* bestimmter Features abhängig von der Nutzungsintensität und des Sozialen Umfeldes der Teilnehmer
- Welchen *Nutzen* und welche *Probleme* einer solchen Museums App sehen die Teilnehmer

### 3.2.1. Aufbau und Durchführung

Die Umfrage wurde über einen Zeitraum von zwei Wochen durchgeführt. Für die Durchführung wurde die freie Onlineumfrage Software *LimeSurvey*<sup>1</sup> verwendet. Die Fragen wurden in deutscher und englischer Sprache verfasst. Verbreitet wurde die Umfrage über soziale Netzwerke und E-Mail Verteiler. Nach der Überarbeitung mehrerer Iterationen von Fragenkatalogen wurden die Fragen in die Kategorien *Allgemeine Angaben*, *Allgemeine Museumsfragen*, *Mobile Museums Apps*, und *Brainstorming zu Museums Apps* aufgeteilt.

In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse der Umfrage nach Kategorien zusammengefasst und interessante Erkenntnisse hervorgehoben. Es soll außerdem diskutiert werden, wie die für positiv befundenen Aspekte gefördert und die Negativen verhindert oder verbessert werden können. Diese Erkenntnisse sollen auch für die Ausarbeitung des Konzeptes berücksichtigt werden. Dabei werden die interessantesten Statistiken textuell oder per Diagramm vorgestellt. Die Fragen der Umfrage findet man im Anhang. Bei einigen Fragen waren Mehrfachnennungen möglich (vgl. Anhang F).

### 3.2.2. Ergebnisse und Diskussion

An der Umfrage haben 112 Personen teilgenommen. Aufgrund unvollständiger Antworten wurden jedoch nur die 92 vollständigen Antwortsätze für die Auswertung berücksichtigt. Von diesen Teilnehmern waren 38 weiblich und 52 männlich. 2 Teilnehmer gaben darüber keine Auskunft. Das

<sup>1</sup><https://www.limesurvey.org/>

### 3. Konzept

---

Durchschnittsalter lag bei 26.4 (SD=4.83). Der Großteil der Teilnehmer (48%) ordnete sich in die Berufsgruppe der Angestellten ein. Studenten, Azubis oder Schüler machten weitere 37% der Teilnehmer aus.

#### **Ergebnisse zu den Allgemeinen Museumsfragen**

Drei Viertel der Teilnehmer (76%) gehen 1 bis 3 Mal im Jahr ins Museum. Knapp 10% gehen 4-6 Mal im Jahr ins Museum. Noch öfter ins Museum gehen 4 der Teilnehmer, 7 überhaupt nicht.

Drei Viertel der Teilnehmer werden in der Regel über Bekannte oder Verwandte aufs Museum aufmerksam. Viele auch über Werbeplakate (63%) oder aufgrund einer Gelegenheit vor Ort (60%). Einige immerhin noch per Internetpräsentation eines Museums (26%) oder anderen Webseiten (10%), sozialen Netzwerken (30%), Werbebroschüren (26%) oder Zeitungsartikeln (24%). Durch eine Mobile App wurde nur einer der Teilnehmer auf eine Ausstellung aufmerksam.

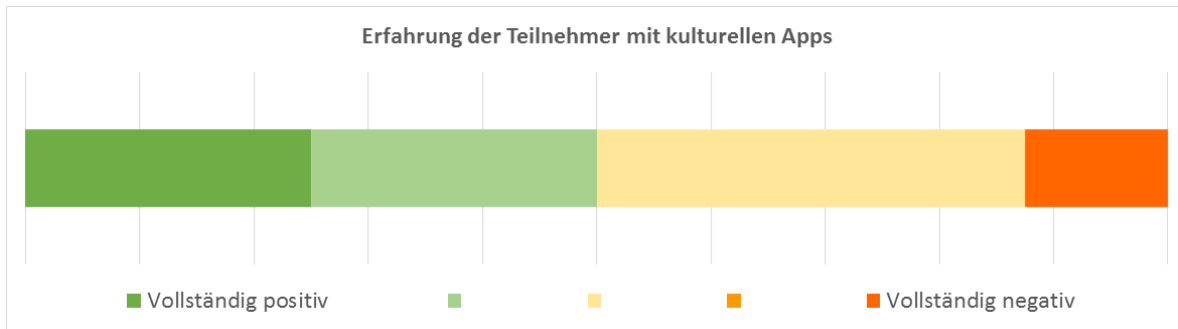
Vor dem Museumsbesuch haben sich knapp über die Hälfte der Teilnehmer (58%) auf der Internetpräsentation des Museums oder der Stadt schon einmal näher mit den dort präsentierten Inhalten beschäftigt. Knapp über ein Drittel der Teilnehmer (37%) per Info bzw. Werbebroschüren. Etwa ein Viertel (23%) über andere Webseiten im Netz. Mobile Apps, Info-Medien, oder sonstige Quellen spielten kaum eine Rolle (zusammen 7%).

Nach dem Museumsbesuch haben sich weniger Teilnehmer über Inhalte der Ausstellungen genauer informiert, als vor dem Besuch. 38% der Teilnehmer recherchierten immerhin auf sonstigen Internetseiten im Web; 30% auf den Internetpräsentation der Museen. 21% lasen in Informationsbroschüren der Ausstellungen nach. Je 3 der Teilnehmer der Umfrage informierten sich per Mobiler App oder Info-Medium, 7 Teilnehmer über sonstige Quellen.

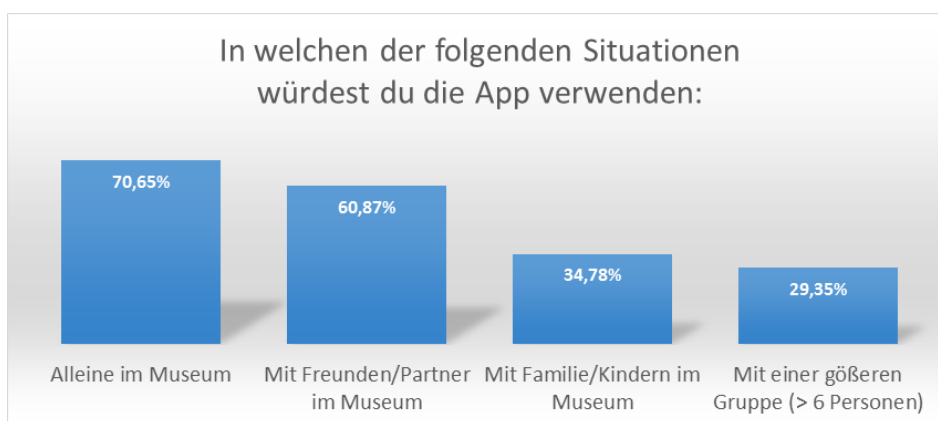
Auf die Frage mit Mehrfachauswahl, was die Teilnehmer im Museum stören würde, wurden große Menschenmengen (45%) sowie wenig Abwechslung beim Museumsrundgang (49%) genannt. Beanstandet wurden auch eine spärliche Präsentation der Ausstellungsstücke (28%) und der Mangel an Interaktionsmöglichkeiten (35%). Manche Teilnehmer hatten kein Interesse für das Ausstellungsthema (14%) oder sonstige Gründe (5%).

#### *Erkenntnisse:*

- Die Teilnehmer gehen nicht allzu oft ins Museum, erst Recht nicht wiederholt in das selbe. Eine schnellere und bessere Erlernbarkeit der Funktionen und Inhalte scheint daher wichtig zu sein. Der Erste Kontakt mit den Museumsinhalten wird vermutlich auch einer der Letzten sein.
- Es gibt Teilnehmer, die sich durchaus über die Ausstellungsinhalte vor dem Besuch des Museums informieren. Auch nach dem Besuch existiert noch Interesse an weiteren Informationen. Die Zeit vor und nach dem Museum kann daher potentiell für mögliche Funktionen im Rahmen dieser Arbeit genutzt werden und damit zur Museumserfahrung beitragen.



**Abbildung 3.2:** Erfahrungen der Teilnehmer mit Applikationen aus dem kulturellen Bereich



**Abbildung 3.3:** Nutzungsbereitschaft der Teilnehmer abhängig von der Gruppengröße

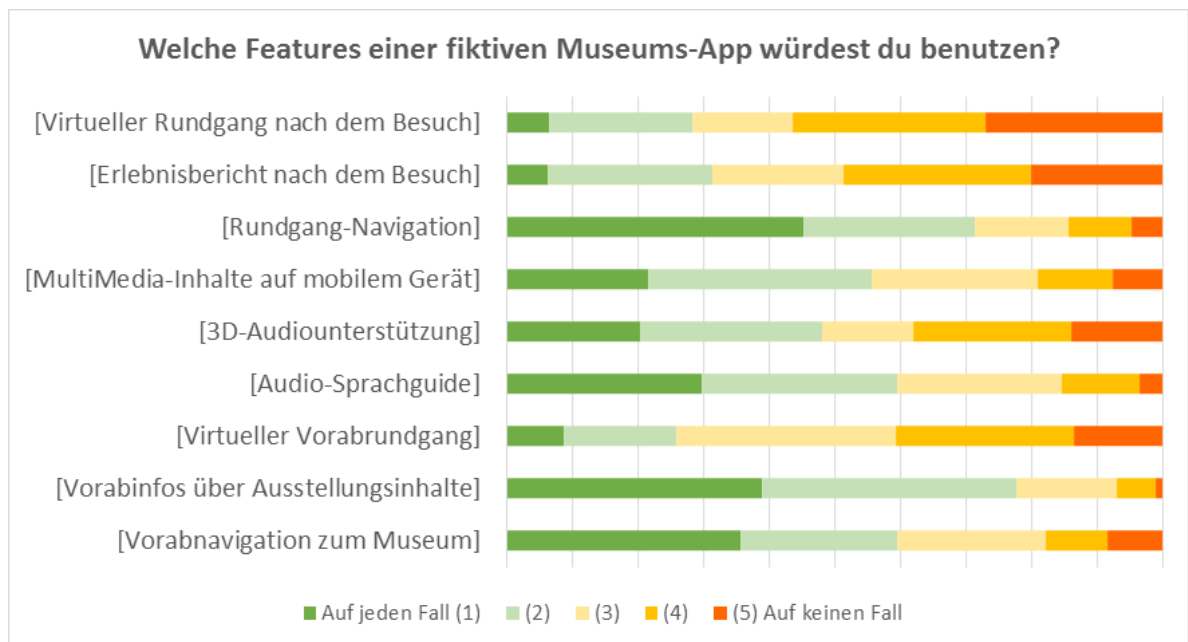
### Ergebnisse zu den Fragen über mobile Apps

Mehr als die Hälfte der Teilnehmer (54-82%) verwenden mobile Apps aus mehreren Bereichen regelmäßig (etwa Telefon, Information, Kommunikation, Musik, Social Networking oder Navigation). Relativ viele noch zusätzlich für Spiele (39%) oder sonstige Unterhaltung (45%).

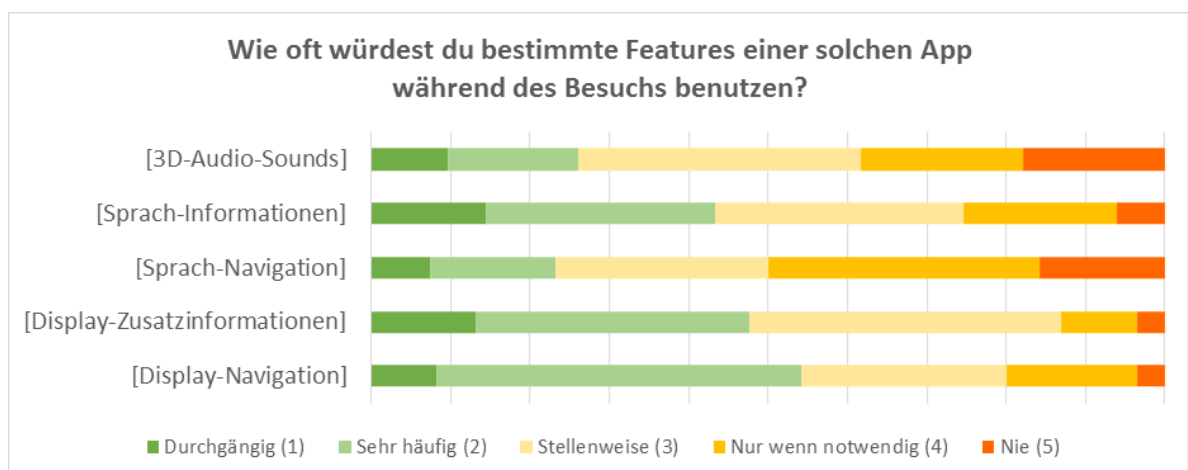
Die mobile App eines Museums oder einer anderen kulturellen Einrichtung haben 9 der 92 Teilnehmer schon einmal verwendet. Diese bewerteten ihre Erfahrungen mit diesen Applikationen unterschiedlich (vgl. Abbildung 3.2). Als Gründe für ihre Bewertung nannte je ein Teilnehmer die Notwendigkeit einer - vor Ort langsamen oder nicht herstellbaren - Internetverbindung, sowie eine zu große App, zu lange Ladezeiten und Unübersichtlichkeit. Die von ihnen ausprobierten Apps hatten eine oder mehrere der folgende Funktionalitäten: Vorabnavigation zum Museum (4x); Vorabinformation bzw. Zusatzinformationen (je 3x); Div. Virtuelle Rundgänge (2x bzw. 1x); Sprach-Audioguide (2x); Rundgang-Navigation bzw. Karte (2x bzw. 1x). Keine der von den Teilnehmern getesteten Apps bot 3D-Audio-Sounds oder eine Zusammenfassung der Ausstellungsinhalte nach dem Besuch der Ausstellung.

Viele der Teilnehmer (77%) können sich vorstellen, eine mobile App beim nächsten Museumsbesuch zu benutzen.

### 3. Konzept



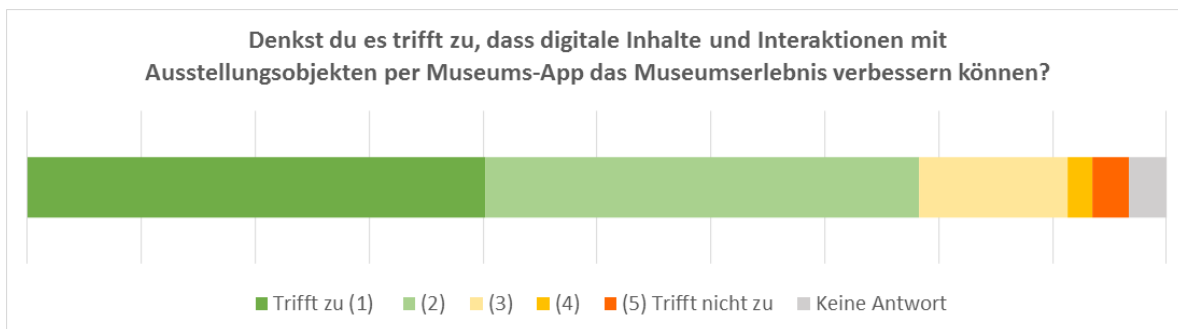
**Abbildung 3.4:** Features, welche die Teilnehmer benutzen würden



**Abbildung 3.5:** Häufigkeit, mit der die Teilnehmer bestimmte Features nutzen würden

Je größer die Gruppe mit sich der die Teilnehmer im Museum befinden, desto geringer scheint die Bereitschaft zu sein, die App zu verwenden (vgl. Abbildung 3.3). So würden 71% eine Museums App verwenden, wenn sie sich alleine im Museum befänden. Noch immerhin 30% könnten sich vorstellen, eine solche App auch in einer größeren Gruppe zu verwenden.

Je 50% würden sich Features für eine Museums App wünschen, welche sie zu Hause oder unterwegs zum Museum nutzen könnten. Die meisten Teilnehmer (80%) wünschen sich Features für die Zeit während des Besuchs. Knapp die Hälfte (45%) würden auch Features für nach dem Besuch gerne nutzen wollen. Die Ergebnisse zu den Fragen, welche Features die Teilnehmer wie oft nutzen



**Abbildung 3.6:** Meinung der Teilnehmer bezüglich einer Verbesserung des Museumserlebnisses

würden, werden auf den Abbildungen 3.4 und 3.5 gezeigt. Zu den Vorschlägen der Teilnehmer von Features, welche sie selbst benutzen würden, zählen etwa: Augmented Reality Infos, Verwandte Ausstellungen/Veranstaltungen, Interaktionsmöglichkeiten oder Persönliche Notizen.

#### *Erkenntnisse:*

- Die Teilnehmer dieser Umfrage scheinen ihre Smartphones recht vielseitig zu verwenden. Zwar haben nur wenige Teilnehmer bereits eine Museums App ausprobiert, die Bereitschaft eine Museums App zu benutzen ist aber durchaus zu vorhanden. Diese nimmt jedoch ab, je größer die Besuchergruppe ist.
- Die Teilnehmer können sich durchaus vorstellen, die App nicht nur während des Besuchs, sondern auch davor und danach zu verwenden. Dies spricht dafür Funktionalität zu konzipieren, welche auch abseits des eigentlichen Besuches verwendet werden kann.
- Je nach Funktionalität schwankt die akzeptable Nutzungsdauer für die Teilnehmer. Funktionen wie eine Display-Navigation würden deutlich mehr Nutzungszeit als eine Sprach-Navigation erhalten. Eine Interpretation der Ergebnisse legt nahe, dass diejenigen Funktionen welche weniger ablenken und punktueller genutzt werden können, eine höhere Nutzungsbereitschaft besitzen.

### **Ergebnisse des Brainstormings zu einer Museums App**

Auf die Frage, ob sie glaubten, eine Museumsapp könne das Museumserlebnis verbessern, hatten die Teilnehmer neben der auf Abbildung 3.6 gezeigten Einschätzung noch zusätzliche Anmerkungen:

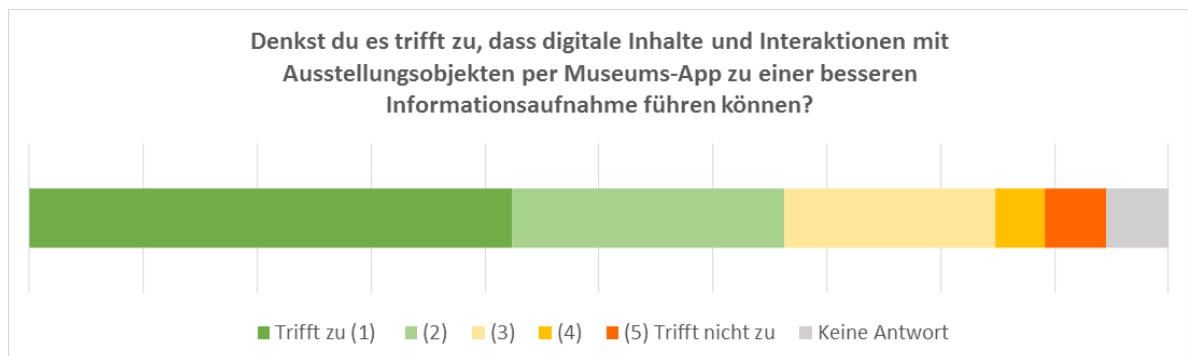
Eine Museumsapp könne die Besucher mit Informationen versorgen, welche sonst nur umständlich zu erreichen wären. Vorabinformationen würden die Besucher besser auf den Besuch vorbereiten. Jeder Besucher könne seinen Besuch so auch individueller gestalten. Der Besuch könne dadurch möglicherweise besser geplant werden und man könne in kürzerer Zeit das sehen, was man sehen will. Auch der Wunsch nach einer Favoritenfunktion, mit der man sich seine Lieblings-Ausstellungsstücke merken lassen und wieder darauf zugreifen könnte, wurde mehrfach geäußert.

Der Museumsbesuch könne dadurch etwas flexibler und flüssiger gestaltet werden. Die Ausstellungsstücke könnten aus mehrere Sichtweisen präsentiert werden. Auch die Rundgangs-Navigation könne



### 3. Konzept

---



**Abbildung 3.7:** Meinung der Teilnehmer bezüglich einer Verbesserung der Informationsaufnahme

dadurch erleichtert werden. Das Museumserlebnis könne durch Klänge aufgewertet werden, um sich etwa besser in eine bestimmte Zeit hineinzusetzen. Außerdem sei es manchmal angenehmer etwas vorgetragen zu bekommen, als alles selbst zu lesen.

Es gab jedoch auch kritische Stimmen. Der Fokus solle auf jeden Fall auf den Museumsinhalten liegen. Häufig wurde die Befürchtung mitgeteilt, dass eine Museums App vom Rest der Ausstellung ablenken könnte und das der Fokus anstelle des Smartphones lieber den Ausstellungsstücken gelten sollte. Diese Kritik wurde auch allgemein zur heutigen dauerhaften Nutzung mobiler Geräte geäußert.

*Erkenntnisse:*

- Individualität, Selektion, Favoriten sind vielen Teilnehmern wichtig. Ebenso sollte je nach Funktionalität die Navigation erleichtert werden.
- Klänge können zur Atmosphäre der Ausstellungsobjekte beitragen
- Es sollte versucht werden, nicht von den Ausstellungsobjekten abzulenken, das Hauptaugenmerk soll bei diesen bleiben.
- Navigationsfunktionalität wird von einigen Umfrageteilnehmern gewünscht

#### **Anmerkungen der Teilnehmer bezüglich der Frage, ob die Informationsaufnahme ihrer Meinung nach mithilfe einer Museumsapp gesteigert werden könnte:**

Die Umfrageteilnehmer waren der Meinung, dass verschiedene Präsentationsformen oder Zusatzinformationen könne man eventuell besser verstehen was man sieht und sich dies dadurch auch besser merken. Mehr Spaß und mehr Interaktion im Museum könne auch zu besserem Lernen führen und einer besseren Erinnerung an das Gesehene führen. Würden Wahlmöglichkeiten oder gar altersspezifische Inhalte angeboten werden, könne das die Informationsaufnahme verbessern. Man könne sich die gesehenen oder favorisierten Ausstellungsobjekte noch einmal anschauen, oder sie Menschen aus seinem sozialen Umfeld zeigen und sich so ebenfalls besser daran erinnern.

Jedoch wurde auch angemerkt, dass zu viele Informationen auf einmal die Benutzer überfordern könnten und dies den gegenteiligen Effekt erzeugen würden. Man könne sich außerdem dazu verleiten lassen, nur noch mit Informationen gefüttert zu werden, ohne sich selbst etwas zu erarbeiten. Dies

könnte dazu führen, dass man sich vielleicht viele kleine Dinge merken könnte, sich aber kein tieferes Wissen aneignen würde. Durch die vielen kleinen Informationshäppchen, auch anderer Smartphone Apps, würde so nur das Kurzzeitgedächtnis gefüttert werden. Auch hier sprachen Teilnehmer wiederum die Ablenkung durch Smartphones als mögliches Problem an.

Als weitere Probleme wurden technische Limitierungen, sowie schlecht gestaltete oder schwer bedienbare Apps genannt. Viele der Teilnehmer würden es lästig finden, für jedes Museum eine eigene App installieren zu müssen. Schwierigkeiten sahen sie für die Museen auch in der Pflege der Inhalte. Die Nutzung der App könne womöglich durch diverse Faktoren beeinträchtigt werden, etwa durch Lärm. Andere Museumsbesucher könnten sich durch Verwendung einer solchen App gestört oder das soziale Umfeld sich vernachlässigt fühlen. Auch solle die digitale Funktionalität einer solchen App niemals das reale Museumserlebnis ersetzen.

### *Erkenntnisse:*

- Zusätzliche Inhalte können nach Einschätzung mancher Teilnehmer die Informationsaufnahme verbessern. Es sollte Spaß machen, damit auch das Lernen mehr Spaß macht und man sich dadurch mehr merken kann.
- Die Benutzer sollen nicht mit zu vielen Inhalten überfordert werden, es sollte eine leichte Bedienung ermöglicht und die Funktionalität nicht zu komplex gestaltet werden. Andere Museumsbesucher sollten so wenig wie möglich belästigt werden. Man muss sich frei bewegen können, nicht von festen Positionen abhängig sein und gewissen Freiheiten lassen.
- Die App sollte auf langfristige Informationsaufnahme ausgelegt sein, nicht auf kurze Momentaufnahmen.
- Möglichst wenige technische Abhängigkeiten: Die App so modular wie möglich aufbauen um Platz für zukünftige Technologien zu ermöglichen. Auch die Nutzung mehrerer Ausstellungen und Museen berücksichtigen. Ein flexibles, erweiterbares Datenmodell durch ein leicht bedienbares CMS anbieten.

Die Features, welche sich die Teilnehmer am häufigsten wünschten, waren größtenteils im Informations- oder Ausstellungskontext angesiedelt. Auch Karten bzw. Navigationshilfen wurden oft genannt. Einige der Teilnehmer würden multimediale Repräsentationen oder mehr Interaktion mit den Ausstellungsobjekten gut finden. Auch diverse auditive Untermalung, wie Musik, Hintergrundgeräusche oder Sprachaufzeichnungen wurden erwähnt. Einige Teilnehmer schlugen zudem modernere Funktionalität wie augmented reality oder 3D-Modelle vor. Schön fänden manche Teilnehmer außerdem Informationen über aktuelle Veranstaltungen, neue Ausstellungen/Ausstellungsobjekte und die Möglichkeit, sich ihre Favoriten für den Museumsbesuch bereits im Vorfeld auszusuchen. Diese sollte man zudem auch dann abrufen können, wenn man sich nicht im Museum befindet.

### *Erkenntnisse:*

- Wenn angemessen, Navigationshilfen anbieten
- Audio kann für verschiedene Zwecke vielfältig genutzt werden
- Selektion fördern und Favoriten ermöglichen

### 3.3. Ausarbeitung des Konzepts

Mithilfe der Ergebnisse der Onlineumfrage konnten die bisherigen Erkenntnisse zusätzlich ergänzt werden. Im folgenden Abschnitt wird das Konzept ausgearbeitet und es werden konkrete Ideen ausformuliert, welche die Basis für die Anforderungen der Anwendung bilden sollen. Hierfür werden die für das Konzept relevanten Ergebnisse zunächst in Leitmotive zusammengefasst, an denen sich die Ausarbeitung des Konzeptes orientieren soll.

#### 3.3.1. Leitmotive für das Konzept

Folgende Leitmotive sollen für das Konzept in allen Bereichen gelten. Teile davon wurden zuvor bereits erwähnt und für wichtig befunden. Hier sollen sie nochmals zusammengetragen werden. Die Inhalte können sich dabei teilweise überschneiden, weil sie in vielen Ansätzen miteinander vernetzt sind:

**Selektion und Sensibilisierung** Jeder Besucher hat andere Motive oder Interessen für seinen Museumsbesuch, daher sind Auswahlmöglichkeiten sehr wichtig. Bereits vor dem Museumsbesuch soll Aufmerksamkeit erregt und eine Vorauswahl von interessanten Ausstellungsobjekten ermöglicht werden. Die Motivation für den Museumsbesuch steigern, Interesse für Ausstellungsinhalte wecken; viele Faktoren können einen Einfluss auf die Lern-/Erinnerungsfähigkeit des Gehirns haben. Das Vorwissen und thematische Interesse spielt dabei ebenfalls eine große Rolle, deshalb sollten die Besucher schon vor dem Besuch auf die Inhalte der Ausstellungen sensibilisiert werden.

**Motivation und Herausforderungen** Eigeninitiative kann ein starker Motor sein: Die Erwartungshaltung bezüglich der Museumserfahrung ist eine andere, als wenn die Informationen bereits vollkommen aufgearbeitet sind. Diese kann zu einer persönlicheren, individuelleren Erfahrung führen und Faszination wecken. Kontrolle über die Gestaltung unserer Freizeit ist extrem wichtig. Erlebnisse, die wir selbst gestalten konnten gehören zu den einprägsamsten. Aktive Erlebnisse und Interaktionsmöglichkeiten können die Motivation zusätzlich steigern. Wird der Besucher bei seinem Rundgang außerdem mehr zum selbstständigen Denken animiert, kann ihn das ebenfalls anspornen.

**Erlernbarkeit und Einprägsamkeit** Eine bessere *Erlernbarkeit* und *Einprägsamkeit* der Sound Cues kann ebenfalls zu besserem *Recall* führen (vgl. Abschnitt 2.3.2). Eine sorgfältige Auswahl geeigneter *Sound Cues* soll getroffen werden, um die gewünschte Wirkung zu erzielen. Der *Wiedererkennungswert* der Ausstellungsobjekte und der Klanglandschaften ist essentiell, da die meisten Besucher die Ausstellungen der Museen nur ein einziges Mal besuchen. Möchte man erreichen, dass sich diese an bestimmte Sachverhältnisse noch erinnern können, sollten die Erlebnisse so zugänglich und so einprägsam wie möglich gestaltet werden.

**Assoziationen und Emotionen** Wichtig ist auch die Verknüpfung der *Sound Cues* mit den Ausstellungsobjekten, weil der *recall* durch die Assoziationen ebenfalls gesteigert werden kann (vgl. Abschnitt 2.1). Auch „Benachbarte Informationen“ spielen dabei eine große Rolle, der Kontext der Ausstellungsobjekte sollte daher aufgegriffen werden. Verschiedene Repräsentationen der Museumsinhalte, etwa durch gezielten Medienwechsel, helfen den Informationen dabei, aus dem Kurzzeitgedächtnis ins Langzeitgedächtnis zu gelangen. *Emotionen* sind dabei ebenfalls sehr wichtig: Das Meiste an das wir uns erinnern, verbinden wir mit Emotionen. Daher können bestimmte Situationen, etwa besonders erfreuliche oder traurige, mithilfe der *Sound Cues* verstärkt werden. Je stärker die mit den Informationen verbundenen Emotionen, desto stärkere Auswirkungen können diese auf den *Recall* haben.

**Selbstverwirklichung, Wiederholungen und Feedback** Dem Erlebten einen Sinn zu geben, sich dadurch selbst entfalten zu können: Dieser Prozess ist ein weiterer Faktor beim Formen von Erinnerungen. Um sich des eigenen Fortschritts bewusst zu machen, benötigt man Feedback. Dieses hält die Motivation aufrecht: Man erfährt nach und nach kleine Erfolgserlebnisse, und es kann gleichzeitig auch der Wiederholung und Selbstkontrolle dienlich sein. Wiederholungen der Lernvorgänge erhöhen die Gedächtnisleistung. Daher soll es möglich sein das Erlebte oder Gehörte nochmals erleben zu können. Möglicherweise auch durch eine Wiederholung der Inhalte in Form von verschiedenen medialen Repräsentationen. Diese Wiederholungen sollten jedoch unauffällig eingesetzt werden, um das Entstehen einer „Testsituation“ zu vermeiden.

**Soziales Umfeld und Ablenkung** Das soziale Umfeld beim Museumsbesuch spielt für viele Teilnehmer der Umfrage eine große Rolle. Die Anwendung sollte die soziale Interaktion daher so wenig wie möglich beeinflussen. Gespräche innerhalb der Gruppe können darüber hinaus auch für die Gedächtnisleistung von Bedeutung sein (vgl. Abschnitt 2.4.1): Nicht nur die persönliche Erfahrung trägt zum Museumserlebnis bei, sondern auch die Gruppenerfahrung. Ein genereller Eindruck, welcher aus der Umfrage gewonnen werden konnte war, dass sich die Teilnehmer ein Minimum an Ablenkung durch die App während des Besuches wünschten. Zusätzlich dazu wurde eine unvermeidbar ständige Nutzung der App abgelehnt, genauso wie der Zwang, das Gerät ständig in der Hand halten zu müssen. Daher soll versucht werden, die aktiv nutzbare Funktionalität nicht zu aufdringlich zu gestalten. Außerdem sollen die Zusatzinhalte nicht zu stark von den eigentlichen Ausstellungsobjekten ablenken, sondern eher unterstützend wirken. Ziel soll es sein, die Qualität der Ausstellungsinhalte mit durchdachten Klanglandschaften zu ergänzen. Zudem soll verhindert werden, dass die zusätzlichen Inhalte nur im Kurzzeitgedächtnis landen und dass die eigentlichen Ausstellungsinformationen durch weniger relevante Kurzinhalte verdrängt werden.

**Spaß** Die Nutzung der App soll natürlich auch Spaß machen, um nicht den Charakter einer reinen Informationsapplikation zu bekommen. Der Museumsbesuch ist für die Meisten freiwillig, Teil der Freizeit und soll Spaß machen – egal ob man dabei aktiv etwas Lernen möchte oder nicht. Die Freude an dem was wir tun ist sehr wichtig, auch für den Lernprozess, die Informationsverarbeitung und -rückgewinnung (*Recall*).

### 3. Konzept

---

Zu Beginn dieses Kapitels haben wir einige Herausforderungen an die Umsetzung dieses Konzeptes formuliert. Diese können nun mithilfe der bisherigen Erkenntnisse und der entwickelten Leitmotive konzeptionell umgesetzt werden. Ziel der App muss es sein, das Erinnerungsvermögen langfristig zu verbessern, nicht nur kurzfristig. Dafür muss versucht werden die Wahrnehmung der Besucher zu schärfen, die Einprägsamkeit der realen und digitalen Objekte zu verbessern. Darüber hinaus soll eine Festigung der Erlebnisse ermöglicht und die Informationsrückgewinnung unterstützt werden. Dazu sollen Funktionen geschaffen werden, um Aufmerksamkeit zu erregen (zu „teasen“) und Interesse sowie Emotionen zu wecken. Dazu sollen Besuchern Auswahlmöglichkeiten gegeben und ein individuelles Museumserlebnis geschaffen werden. Durch Wiederholung von Inhalten und die Möglichkeit, das Erlebte erneut zu erleben, sollen die Erinnerungen gestärkt und dadurch der *Recall* verbessert werden.

#### 3.3.2. Hauptfunktionalität

Wie bereits im Grundkonzept erwähnt, soll es eine Funktionalität geben, welche man *vor, während* und *nach dem Museumsbesuch* nutzen kann. Jedoch sollen die Benutzer durch diese konzeptionell zeitliche Einteilung nicht zu sehr im Benutzungszeitraum der einzelnen Funktionen eingeschränkt werden. Solange es Sinn macht, sollen sie selbst bestimmen können, wann sie welche Funktionen nutzen. So soll der Zugriff auf Vorabinformationen etwa auch nach dem Museumsbesuch möglich sein oder die Möglichkeit bestehen, die zuvor gesehenen digitalen Inhalte noch während des Besuchs noch einmal Revue passieren zu lassen. Daher erfolgt eine konzeptionelle Aufteilung der Funktionalität in drei Bereiche. Jeder dieser Bereiche soll im Bezug auf die Gedächtnisunterstützung klare Ziele verfolgen. Es folgt eine Übersicht über diese Aufteilung, bei der die wichtigsten Eigenschaften jeder Hauptfunktionalität kurz vorgestellt werden:

#### **Peek Inside**

Sinn und Zweck:

- Erster Kontakt mit den Museumsinhalten
- Reduktion auf Kurztexte und einzelne *Sound Cues*
- *Gedächtnisunterstützung*: Soll dem Benutzer dabei helfen, eine Vorauswahl der interessantesten Objekte zu treffen und gleichzeitig ihr thematisches Interesse und Motivation zu steigern, sowie Emotionen anregen und informelles Lernen fördern. Soll die Benutzer außerdem mit den Progressionsstufen der *Sound Cues* (vgl. Abschnitt 3.3.3) vertraut machen. Assoziationen sollen durch die Hinweise (*Hints*) zwischen Kurztexten und den *Sound Cues* hergestellt werden.

Funktionalität:

- Mehrere aufdeckbare (*Hints* sollen angezeigt werden
- Aufgedeckte Hinweise enthalten Kurztexte, einzelne *Sound Cues* können abgespielt werden
- Die Ausstellungsobjekte sollen zufällig ausgewählt werden
- Favoriten merken

#### **Enter the Museum**

Sinn und Zweck:

- Soll beim Museumsrundgang verwendet werden
- Man kann die Klanglandschaften anhören, welche sich abhängig von der Position des Besuchers dynamisch anpassen
- Die auditive Navigation durch die Ausstellung soll durch visuelle Hilfen unterstützt werden
- Für ausgesuchte Ausstellungsobjekte soll man komplexere Audioszenen auslösen können
- Zugriff auf zusätzliche digitale Museumsinhalte
- *Gedächtnisunterstützung*: Unterstützung der Selektion, individuelle Lernerlebnisse, Fördern der Konzentration durch Abwechslung in der Darstellung von Inhalten. Durch die zusätzlichen intermediale Repräsentationsformen mancher Sachverhalte können weitere Verknüpfungen hergestellt werden. Assoziationen werden zwischen den *Sound Cues*, den zusätzlichen digitalen Inhalten (Texte, Bilder, Audio-Szenen) und den realen Ausstellungsobjekten hergestellt.

Funktionalität:

- Auditive Navigationshilfe: Audio Compass (Orientierung)
- Auditive Navigationshilfe: Audio Map (Position)
- Verlauf: Alle besuchten Ausstellungsobjekte sollen von der Anwendung gesammelt werden.

### 3. Konzept

---

#### After Experience

Sinn und Zweck:

- Ausstellungsobjekte, die man während seines Rundgangs besucht hat, sollen nochmals Betrachtet werden können (Verlauf)
- Die Klanglandschaften der Ausstellungsobjekte sollen nochmals erlebbar sein
- Priorisierung der präsentierten Inhalte durch verschiedene Faktoren, etwa: Verbrachte Zeit bei Ausstellungsobjekten, Markiert als "Favorit", Häufigkeit des manuellen Triggerns der Audioelemente
- *Gedächtnisunterstützung*: Verfestigung der erlebten Inhalte durch Wiederholung, Selbstkontrolle und Wissensnutzung. Bestehende Assoziationen zwischen digitalen Inhalten und den realen Ausstellungsobjekten sollen mithilfe der Klanglandschaften gestärkt werden. Durch das erneute Erleben der Museumsrundgänge sollen Einzelheiten und Zusammenhänge wieder vor Augen geführt werden und die Erinnerungen gestärkt werden.

Funktionalität:

- Verlauf des Museumsbesuchs mit Favoriten
- Verlauf „abspielen“ (*Audio Show*): Das erlebte auditiv nochmals automatisiert erleben, sequentielles Abspielen der Audio-Elemente als eine Art Audio Show, etwa in der gleichen Besuchsreihenfolge der Ausstellungsobjekte

#### 3.3.3. Aufbau einer Klanglandschaft - Progressionsstufen der Sound Cues

Die Leitmotive dieses Konzeptes (vgl. Abschnitt 3.3.1) bestimmen auch, welche Sound Cues sich für die Klanglandschaft am besten eignen und welche Eigenschaften diese haben sollen. Um die Benutzer mit zu vielen auf einmal abgespielten Sound Cues nicht zu überfordern (vgl. *cluttering*) und eine auditive Orientierung und Navigation zu ermöglichen, muss ein System entwickelt werden, welches die Klanglandschaften flexibel und dynamisch aufbauen kann. Bereits auf konzeptioneller Ebene soll eine Progression der Sound Cues ermöglicht werden. Dadurch soll später auch die Implementierung der komplexen Klanglandschaften erleichtert werden. Das Konzept sieht dabei allgemein folgenden Ansatz für die Sound Cues vor:

- Den Besucher auf Ausstellungsobjekte durch Sound Cues aufmerksam machen ( *teasen*)
- Eine Richtungsbestimmung ermöglichen und Annäherung an die Ausstellungsobjekte erkennen
- Es sollen auditive Ereignisse existieren, welche vom Benutzer ausgelöst werden können

Auf Basis dieser Grundeigenschaften wurden drei *auditive Progressionsstufen* der Sound Cues klassifiziert, welche zusammen die Klanglandschaften bilden sollen. Diese werden in den folgenden Abschnitten kurz vorgestellt:

#### Teaser

- Einfaches, unaufdringliches Sound Cue
- Konstantes oder regelmäßiges Abspielen wenn in Hörreichweite
- Soll helfen, auf Ausstellungsobjekte aufmerksam zu machen (*teasen*) und deren Richtung wahrzunehmen

#### Runner

- Auffälligeres Sound Cue, welches ein Ausstellungsobjekt widerspiegelt
- Räumlich an Ausstellungsobjekte geknüpft, mit begrenztem Einflussradius
- Wird automatisch abgespielt, etwa durch Annäherung an ein Ausstellungsobjekt
- Beim Annähern verändern sich Lautstärke/Ton fließend
- Fährt die Lautstärke der restlichen Sound Cues ggf. etwas runter, um den Fokus auf die Klanglandschaft des entsprechenden Ausstellungsobjektes zu richten

#### Trigger

- Komplexere 3D-Audioszene, mehrere Soundquellen, mehrere Sound Cues
- Soll manuell per Display ausgelöst (*getriggert*) werden, Triggerknopf ist auch Pausenknopf
- Das Auslösen der Szene soll möglich sein, wenn man sich in einem definierten Bereich beim Ausstellungsobjekt befindet
- Soll während des Besuchs auditives Abbild des realen Ausstellungsstücks darstellen
- Blendet alle anderen Sound Cues aus, der Fokus soll auf dem Ausstellungsobjekt und der damit verbundenen Audioszene liegen
- Kann verschiedene Situationen repräsentieren: Etwa das, was man visuell wahrnimmt, etwa der Inhalt eines Bildes (rauschender Fluss). Kann aber auch Szenen darstellen, welche auf einzelne Objekte reduziert werden können. Etwa eine Kampfszene mit Schwertern, wobei das eigentliche Ausstellungsobjekt nur ein Schwert darstellt.
- Eventuell Platz für eine Erzählerstimme (Voice Audioguide)

Diese drei Progressionsstufen (*Teaser*, *Runner* und *Trigger*) werden im Verlauf dieser Arbeit noch öfter erwähnt.





zu aufdringlich sein. Die markanteren Klänge oder die komplexeren Audio-Szenen, welche die Aufmerksamkeit der Besucher erfordern, sollten als Trigger (vgl. Abschnitt 3.3.3) verwendet werden. Auch sollten die verschiedenen Progressionsstufen der Klanglandschaften von den Ausstellungsobjekten aufeinander abgestimmt sein. Die entsprechenden Arrangements sollten in mehreren Anläufen getestet und verbessert werden.

### 3.4. Anforderungen an die Implementierung

Mithilfe der folgenden Anforderungen soll der Übergang der konzeptionellen Aspekte zur technischen Ebene erleichtert werden. Es wird darauf verzichtet, die Anforderungen in allen technischen Einzelheiten zu beschreiben.

#### 3.4.1. Funktionale Anforderungen

##### Peek Inside

Es sollen mehrere Hinweisobjekte generiert werden können. Dies sind zufällig auf der Anzeige platzierte, in der Größe variable Rechtecke, die per Touch aufgedeckt werden können. Hinter jedem dieser Objekte steckt eine Sound Cue eines zufälligen Ausstellungsobjektes. Diese sollen per Touch abspielbar und pausierbar sein. Weiterhin soll es möglich sein, die entsprechenden Ausstellungsobjekte als Favoriten zu markieren. Diese Favoriten sollen visuell in der Hauptfunktionalität *Enter the Museum* erkenntlich gemacht werden.

##### Enter the Museum — Audio Compass

Konstantes Rendern eines kreisförmigen Objektes. Es soll ähnlich wie ein Kompass funktionieren und die Richtung bzw. Distanz der momentan hörbaren Sound Cues mit einem kleinen Icon zeigen. Die visuelle Darstellung der Soundquellen soll sich dynamisch je nach Orientierung zum Objekt und der Entfernung vom Objekt verändern. Näher gelegene Soundquellen sollen mithilfe beweglicher Kegelskörper größer und näher beim Mittelpunkt dargestellt werden. Die verschiedenen Progressionsstufen der Klanglandschaften sollen ebenfalls deutlich werden, etwa durch eine farbliche Änderung der Sound Cue Symbole. In der Mitte soll sich ein Knopf befinden, welcher sichtbar wird, wenn man sich innerhalb eines Trigger-Bereiches befindet. Auf Knopfdruck soll die Trigger Audioszene ausgelöst bzw. pausiert werden.

##### Enter the Museum — Audio Map

In der Vogelperspektive soll eine einfache Karte der Museumsräumlichkeiten konstant gerendert werden. Darauf soll man die Position des Benutzers und die der momentan hörbaren Sound Cues erkennen können. Dem Benutzer soll dadurch eine bessere Gesamtorientierung im Museum und die Lokalisierung der jeweiligen Soundquellen ermöglicht werden. Die Soundquellen sollen als

### 3. Konzept

---

differenzierbare Punkte dargestellt werden. Weiterhin soll die Blickrichtung des Benutzers angezeigt werden.

#### **Enter the Museum — Verlauf**

Auflistung der „besuchten“ Ausstellungsobjekte. Dabei soll ein Objekt als besucht gelten, wenn der Benutzer die entsprechenden Runner- oder Trigger-Bereiche betritt. Die einzelnen Objekte sollen ausklappbar sein und die Anzeige eines Bildes und Zusatzinformationen ermöglichen. Außerdem sollen die Objekte als Favorit markiert werden können.

#### **After Experience — Verlauf abspielen**

Es soll möglich sein, den Verlauf des Museumsrundgangs „abzuspielen“. Dazu sollen die Klanglandschaften der einzelnen Ausstellungsobjekte sequentiell abgespielt werden. Die Übergänge der Einzelszenen sollen dabei fließend gestaltet werden. Dabei sollen mehrere Konfigurationen verfügbar sein, etwa eine Auswahl der *most wanted* der Ausstellungsobjekte oder der Favoriten der Besucher.

#### **Komponente — Positionsermittlung**

Die Positionsermittlung stellt einen kritischen Baustein des Konzeptes dieser Arbeit dar. Die Position des Besuchers bzw. seines Gerätes wird von weiteren Komponenten der Anwendung benötigt. Für ein einwandfreies Funktionieren der Applikation müssen folgende Kriterien erfüllt sein:

- *Schnelligkeit*: Eine Änderung der Position des Benutzers soll sich direkt auf die Klanglandschaft auswirken. Dementsprechend sollten die Antwortzeiten so kurz wie möglich sein.
- *Präzision*: Im Großteil der Museen existieren Ausstellungsstücke, welche sehr klein sind. Abhängig von der Gestaltung der digitalen Inhalte gibt es wenig bis keinen Spielraum bei der Präzision. Für die Implementierung zur Durchführung der Benutzerstudie wird eine Präzision von ca. 1 m angestrebt.

#### **Komponente — Orientierung**

Auch die Kompassfunktion ist elementarischer Bestandteil dieser Arbeit. Dreht sich der Benutzer, bzw. dreht er sein Gerät, soll sich der Raumklang entsprechend anpassen. Folgende Kriterien sollte die Orientierungskomponente einhalten:

- *Schnelligkeit*: Eine Änderung der Orientierung des Benutzers soll sich direkt auf die Klanglandschaft auswirken. Antwortzeiten sollten also so kurz wie möglich sein.
- *Präzision*: Bei der Orientierung gibt es je nach Zusammensetzung der Klanglandschaft ebenfalls nur wenig Spielraum. Starke Sprünge bei den Übergängen der Orientierungsdaten sollten wenn möglich vermieden werden, um das Hörerlebnis nicht zu stören.

### 3.4.2. Nicht-Funktionale Anforderungen

- *Erlernbarkeit*: Die Elemente der Anwendung sollten so entworfen werden, dass sie einfach und schnell verstanden werden können.
- *Usability*: Die Bedienbarkeit sollte den heutigen Ansprüchen der Benutzer aktueller Smartphone-Apps genügen. Die Besucher sollen die Möglichkeit haben, die Klanglandschaften stumm zu schalten.
- *Performanz*: Die Audiowiedergabe soll zu keinem Zeitpunkt der Benutzung ins Ruckeln kommen. Die Anwendung soll zu jedem Zeitpunkt ausreichend schnell auf Benutzereingaben reagieren können. Die Position und Orientierung soll ausreichend genau sein, damit eine Zuordnung der Klanglandschaften zu den Ausstellungsobjekten erfolgen kann.
- *Wiederverwendbarkeit*: Wenn möglich, soll die Funktionalität modular implementiert werden, damit einzelne Komponenten unter Umständen wiederverwendet werden können.

### 3.4.3. Anforderungen an die Hardware

Für die Implementierung der Benutzeranwendung ist die Zielplattform Android vorgesehen. Die mobilen Geräte, welche für die Nutzung der Anwendung vorgesehen sind, müssen folgende für die Umsetzung des Konzeptes essentielle Anforderungen erfüllen:

- Audiofähiges Gerät mit Kopfhörer-Ausgang
- Für die Orientierung geeignete Sensoren (Kompass)
- Für die Positions- bzw. Distanzermittlung geeignete Schnittstellen oder Technologien (für Einzelheiten, vgl. Kapitel 4)
- Ausreichende Rechenleistung für die Berechnung des Raumklangs mit mehreren Audioquellen

Für das *Content Management System* und die Anbindung der Android Applikationen müssen folgende Voraussetzungen berücksichtigt werden:

- Zugriff auf einen Datenbankserver
- Datenaustausch mithilfe geeigneter Technologien ermöglichen (z.B. WLAN, Bluetooth o.Ä.)
- Ein geeignetes System für den Zugriff auf das Content Management durch Kuratoren



## 4. Entwurf und Implementierung

Für die kritischen Teile der Anwendung wurde das *Rapid Prototyping* als Vorgehensmodell gewählt, damit technische Hürden und konzeptionelle Denkfehler schnell entdeckt und entsprechende Ausweichmöglichkeiten gefunden werden konnten. Dazu gehören die Komponente für die Positionsermittlung (*Location Services*) und die für den Raumklang bzw. die Klanglandschaften zuständige Audiokomponente. Die Ergebnisse der so entstandenen Prototypen werden in den entsprechenden Abschnitten erläutert. Auf die Positionsermittlung wird aufgrund vielzähliger Einsatz- und Implementierungsmöglichkeiten intensiver eingegangen. Die restlichen Komponenten wurden nach Bedarf mithilfe vertikaler Prototypen in die Anwendung implementiert.

### 4.1. Entwurf

Die Anwendung wurde in mehrere Komponenten aufgeteilt. Jede Komponente erfüllt dabei spezifische Aufgaben. Dieser modulare Aufbau der Anwendung soll den Vorteil mit sich bringen, dass die Einzelteile der Anwendung einfach ausgetauscht werden können. Per vorher definierten Schnittstellen können die Komponenten untereinander kommunizieren. Bei Änderungen des Konzeptes während der Entwicklung können die benötigten Änderungen dadurch strukturiert an den entsprechenden Komponenten und Schnittstellen durchgeführt werden. Im Falle eines kommerziellen Einsatzes der Applikation müsste nicht die komplette Applikation neuentwickelt, sondern nur entsprechende Komponenten ausgetauscht werden. Bei der Implementierung der Komponenten soll versucht werden, den Grad der Abhängigkeit der Komponenten auf einem Minimum zu halten (lose Kopplung).

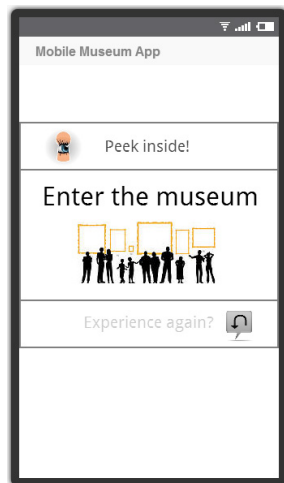
#### 4.1.1. Benutzeroberfläche – Mockups

Während der Konzipierung der Anwendung wurden bereits früh Papierprototypen erstellt, welche letztendlich die Basis für die ersten Mockups darstellten. Diese wurden mithilfe des Browserbasierten Wireframe-Tools FluidUI<sup>1</sup> erstellt. Mit diesem können mithilfe vorgefertigter Bausteine der üblichen mobilen Betriebssysteme Mockups erstellt, miteinander verknüpft und durch eigene Grafiken ergänzt werden. Die Mockups (vgl. Abbildung 4.1 und Abbildung 4.2) wurden im Laufe der Entwicklung des Konzeptes stetig ergänzt und als Vorlage für die Benutzeroberfläche der Implementierung verwendet.

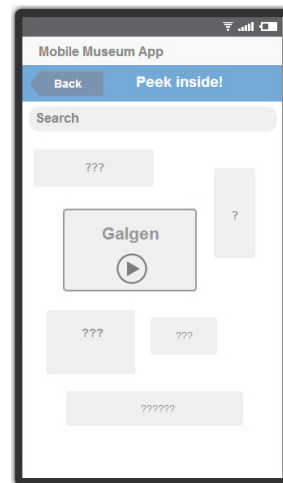
<sup>1</sup><https://www.fluidui.com/>

## 4. Entwurf und Implementierung

---

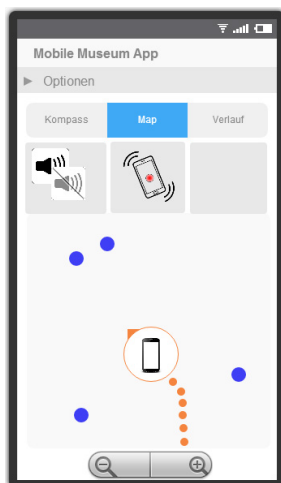


(a) Das Hauptmenü

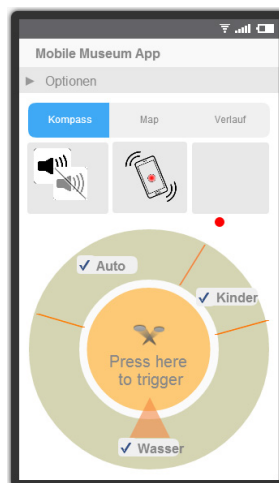


(b) Die *Peek Inside* Funktionalität

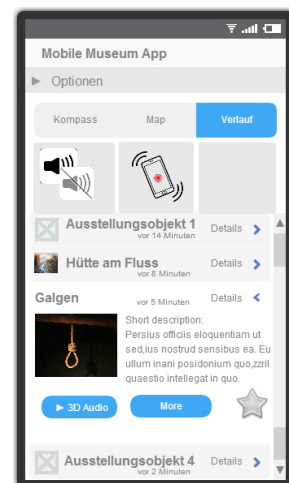
Abbildung 4.1: Mockups der Anwendung



(a) Die Audio Map



(b) Der Audio Compass



(c) Verlauf der besuchten Ausstellungsobjekte

Abbildung 4.2: Weitere Mockups der Anwendung

### 4.1.2. Grundarchitektur

Die nachfolgende Abbildung 4.3 soll einen Überblick über das System mit allen Einzelkomponenten und deren Wechselbeziehungen geben. Auf der Grafik wurden nicht alle Einzelbeziehungen zwischen den Komponenten brücksichtigt. Die Komponente für die die Endgeräte der Benutzer ist mit gelber, die serverseitige Komponente mit grauer Farbe hinterlegt.

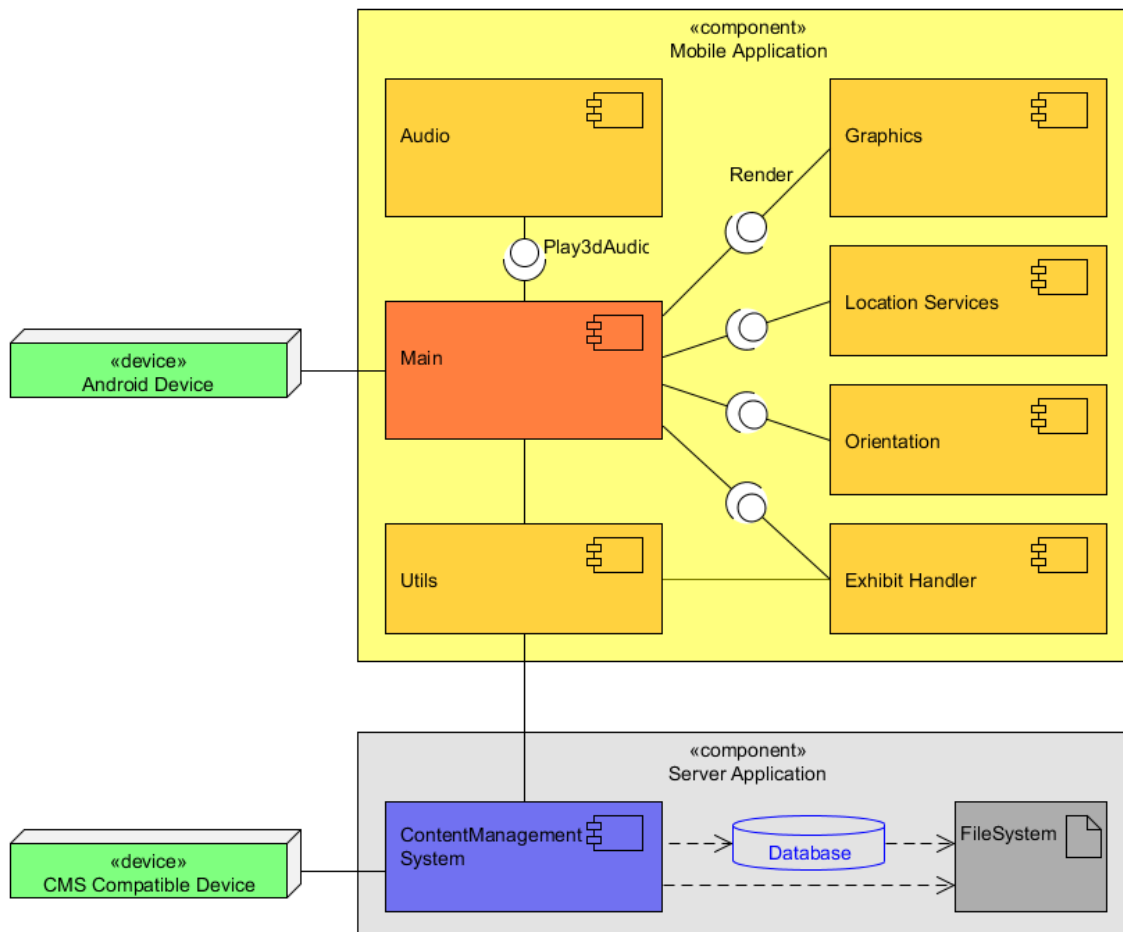


Abbildung 4.3: Übersicht über das Gesamtsystem



### 4.1.3. Anwendungsfälle

Die Anwendungsfälle der Anwendung aus Sicht der Benutzer und Kuratoren werden auf nachfolgender Abbildung 4.4 durch ein Use-Case Diagramm dargestellt:

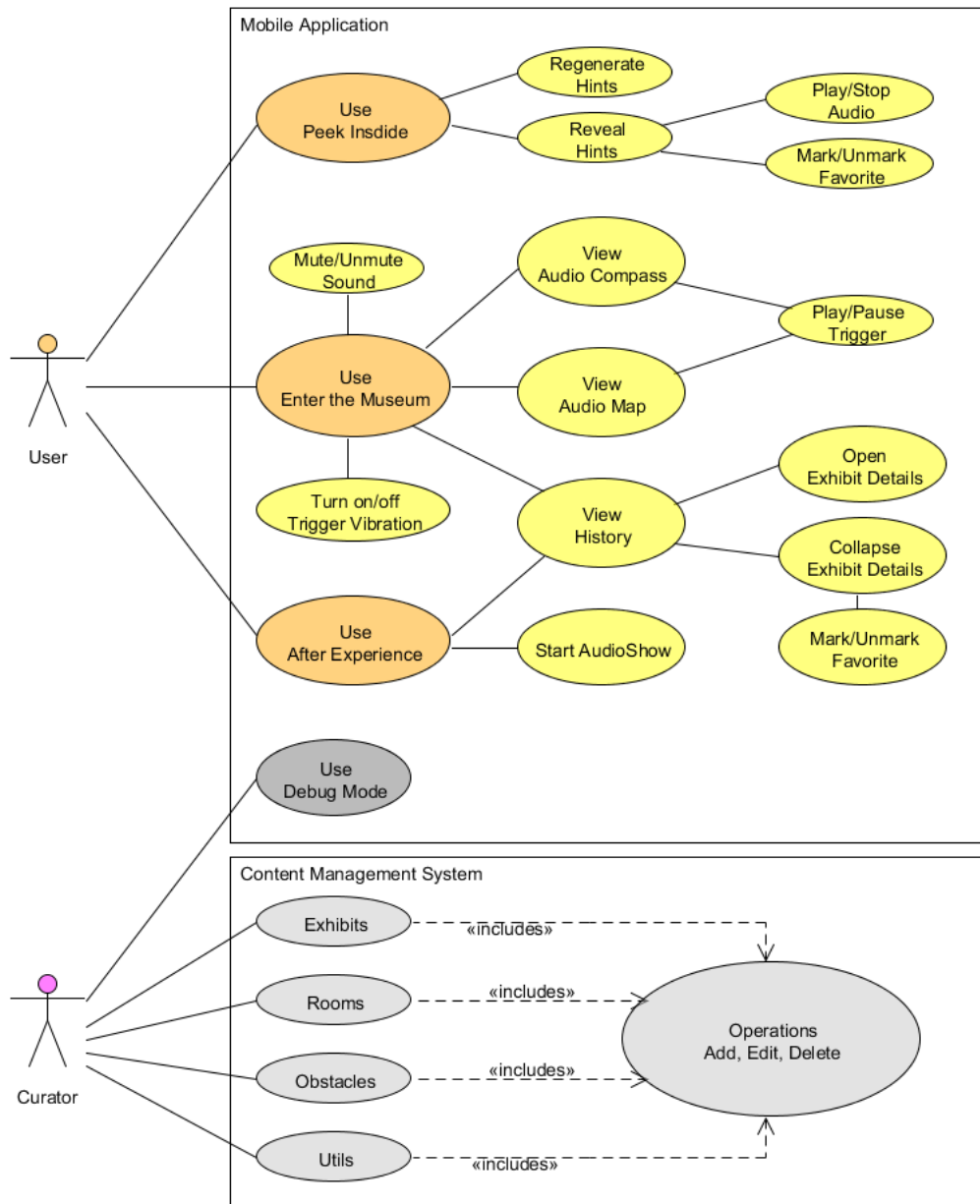


Abbildung 4.4: Hierarchie der Anwendungsfälle

### 4.2. Implementierung des Prototypen

Für die Implementierung der Hauptanwendung wurde das Android SDK<sup>2</sup> verwendet. Dieses beinhaltet diverse Software- und Hardwarebibliotheken und ermöglicht desweiteren Zugriff auf Funktionen und Sensoren der Android-fähigen Endgeräte. Als Entwicklungsumgebung kam Eclipse<sup>3</sup> zum Einsatz, welches für die Erstellung der Android Projekte und Implementierung des Java-Codes verwendet wurde. In Betracht gezogen wurde auch der Einsatz des Android NDK<sup>4</sup>, welches die Entwicklung mit den nativen Programmiersprachen C und C++ ermöglicht. Im Laufe der Entwicklung hat sich jedoch gezeigt, dass dieses nicht benötigt werden würde.

Activities<sup>5</sup> stellen die zentrale Komponente bei der Entwicklung von Android Anwendungen dar. Jedes Fenster einer Anwendung wird für gewöhnlich in einer Activity realisiert. Diese ist in der Regel eine Bühne für Benutzeroberflächen-Elemente, Ansichten, Ereignisse, Nutzereingaben und anderen Komponenten. Fragments<sup>6</sup> hingegen sind Segmente, welche ebenfalls GUI-Elemente enthalten können. Activities können sich aus mehreren dieser Fragments zusammensetzen. Weil diese in mehreren Activities wiederverwendbar sind, lassen sich damit ebenfalls modulare Strukturen in der Anwendung realisieren. Dieser Umstand wird für die Implementierung dieser Arbeit genutzt, indem auch die GUI-Elemente der einzelnen Komponenten mithilfe der Fragments vom Rest der Anwendung entkoppelt werden.

#### 4.2.1. Debugging Modus

Sehr früh in der Entwicklung wurde ein Debugging Modus implementiert. Zum einen, um eine Übersicht der Outputdaten der einzelnen Komponenten zu besitzen und diese zu testen. Zum anderen, um ein Hilfswerkzeug für die Positionsbestimmung der digitalen Objekte und anderer erforderlicher Daten bei der Pflege der Museumsinhalte zu besitzen. Die Activity des Debugging Modus erhält dabei die gleichen Daten wie die Hauptanwendung. Angezeigt werden folgende Informationen (vgl. Abbildung 4.5):

- Die aktuellsten Positionsdaten
- Momentane Orientierungsdaten
- Momentan aktive Audio-Cues (Teaser, Runner, Trigger)
- Render Output des Audio Compass
- Render Output der Audio Map

<sup>2</sup><http://developer.android.com/sdk/>

<sup>3</sup><https://www.eclipse.org/>

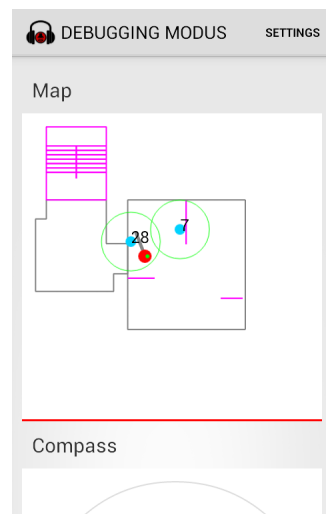
<sup>4</sup><https://developer.android.com/tools/sdk/ndk/>

<sup>5</sup><http://developer.android.com/guide/components/activities.html>

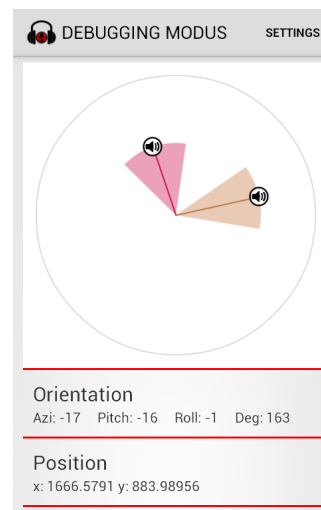
<sup>6</sup><http://developer.android.com/guide/components/fragments.html>

## 4. Entwurf und Implementierung

---



(a) Audio Map Ausgabe



(b) Audio Compass, Orientierungs- und Positionsdaten

**Abbildung 4.5:** Screenshots vom Debugging Modus

### 4.2.2. Implementierung der Komponenten

Im Folgenden werden die Komponenten der Implementierung vorgestellt. Dabei wird gegebenenfalls auf Schwierigkeiten während des Prototypings hingewiesen und es werden entsprechende Lösungsansätze diskutiert. Zudem wird die Umsetzung der wichtigsten Funktionen der Komponenten beschrieben.

#### Core

In der zentralen Komponente befinden sich die Haupt-Activities der Anwendungen, sowie Fragments, welche keiner der anderen Komponenten zugeordnet werden konnten. Zudem werden hier die Hauptfunktionen der Anwendung gesteuert und die einzelnen Komponenten und Fragments in den entsprechenden Activities gekoppelt.

#### Utils

In dieser Komponente befinden sich Hilfsklassen jeglicher Art. Hier wird etwa die Position des Benutzers gehalten und auf dem Server gespeichert. Weiterhin finden sich hier diverse Timer- und Updatefunktionen. Schließlich werden noch Funktionen angeboten, um einen Zugriff auf die digitalen Inhalte via *Content API* (vgl. Abschnitt 4.2.4) zu erhalten.

### Exhibit Handler

Der *Exhibit Handler* ist für die Synchronisation der digitalen Ausstellungsobjekte (*Exhibits*) mit den mobilen Endgeräten zuständig. Vielzahlige Funktionen erlauben Operationen auf die Datenstrukturen dieser Exhibits. Alle aktiven Ausstellungsobjekte werden in der parametrisierten Liste *activeExhibits* gehalten. Diese besteht aus Exhibit-Objekten, welche wiederum alle notwendigen Informationen des digitalen Ausstellungsobjektes enthalten. Die Komponente greift dazu mit Funktionen der Utils-Komponente auf die *Content API* zu, um die benötigten Daten vom Datenbankserver zu erhalten.

### Graphics

Diese Komponente enthält die Implementierung des Audio Compass (vgl. Abschnitt 3.4.1) und der Audio Map (vgl. Abschnitt 3.4.1). Diese werden mittels Rendering auf einer SurfaceView<sup>7</sup> realisiert. Die zu zeichnenden Elemente der beiden genannten Darstellungen werden mittels diverser draw-Funktionen auf ein Canvas<sup>8 9</sup> gezeichnet und dann auf die entsprechende SurfaceView gerendert. Dabei wird jeweils ein eigener Thread<sup>10 11</sup> eingesetzt, um die Hauptanwendung nicht zu blockieren.

### Audio API

Für die Audiokomponente musste eine Audi-API gefunden werden, welche die Anforderungen für die Anwendung erfüllt. Die API musste mit Android-Geräten kompatibel sein sowie mehrere Audioformate und Raumklang unterstützen. Für die Prototypen der Audiokomponente wurden diverse APIs in Betracht gezogen. OpenSL ES<sup>12</sup> ist eine cross-plattform API, welche teilweise bereits im Android NDK enthalten ist. Zu den weiteren bekannten APIs gehören zudem OpenAL<sup>13</sup>, sowie ffmpeg<sup>14</sup>. Letzteres muss für die Android Entwicklung jedoch umständlich selbst kompiliert werden. Fmod<sup>15</sup> stellt zusätzlich zu den APIs für verschiedene Betriebssysteme außerdem eine Vielzahl von Audio Tools zu Verfügung. Die Software wird kommerziell vertrieben, es gibt jedoch kostenlose Versionen für nichtkommerzielle Zwecke. Aufgrund der steigenden Popularität von mobilen Anwendungen und Spielen findet man auch noch weitere Audio-APIs, welche zum Teil auf den oben genannten Grundbibliotheken basieren. So etwa auch die API Cricket Audio von Cricket Technology<sup>16</sup>, welche auf Teile der Android OpenSL ES API zurückgreift, aber auch eigene Funktionalität mitbringt.

Um herauszufinden, welche Lösung für die Implementierung sich am besten eignete, wurden drei der oben genannten APIs testweise implementiert. Jeder der Prototypen wurde mit drei fest im Raum

<sup>7</sup><http://developer.android.com/reference/android/view/SurfaceView.html>

<sup>8</sup><http://developer.android.com/guide/topics/graphics/2d-graphics.html#draw-with-canvas>

<sup>9</sup><http://developer.android.com/reference/android/graphics/Canvas.html>

<sup>10</sup><http://developer.android.com/reference/java/lang/Thread.html>

<sup>11</sup><http://developer.android.com/guide/components/processes-and-threads.html#Threads>

<sup>12</sup><http://www.khronos.org/opensles/>

<sup>13</sup><http://www.openal.org/>

<sup>14</sup><https://www.ffmpeg.org/>

<sup>15</sup><http://www.fmod.org/>

<sup>16</sup><http://www.crickettechnology.com/>

## 4. Entwurf und Implementierung

---

positionierten Sound Cues gefüttert und die Eindrücke subjektiv verglichen. Weiterhin wurden der Aufwand für die Implementierung und der Funktionsumfang jeder API in Betracht gezogen. Die drei Prototypen wurden mit den APIs von OpenAL (per Android NDK), FMOD und Cricket Audio (beide per Android SDK) umgesetzt. Beim ersten Prototypen stürzte die Applikation beim Abspielen der Audioszene unregelmäßig ab. Aufgrund des größeren Aufwands und der höheren Komplexität bei der Implementierung per NDK schien diese Lösung eher ungeeignet zu sein. Die Implementierungen mit FMOD und Cricket Audio funktionierten beide zufriedenstellend. Jedoch wurde die API von FMOD zu diesem Zeitpunkt vom Entwickler komplett umstrukturiert, die Dokumentation für die Android SDK war jedoch noch nicht benutzbar. Weil die Dokumentation der Cricket Audio-API<sup>17</sup> alle die von der Anwendung benötigten Funktionen abdeckte, wurde diese Bibliothek für die Implementierung ausgewählt.

### Orientation

Android-Geräte enthalten eine Vielzahl von Sensoren<sup>18 19</sup>, mit denen sich zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten für die Applikationen ergeben [MS12]. Die für diese Arbeit relevanten Sensoren sollen hier kurz vorgestellt und der Prototyp der Orientierungskomponente beschrieben werden. Diese wird für den Audio Compass und den positions- und orientierungsabhängigen Raumklang benötigt. Dabei ist es wichtig, dass die Orientierungsdaten möglichst schnell und präzise geliefert werden, um ein flüssiges Klangerlebnis zu gewährleisten.

Die Android SDK ermöglicht den Zugriff auf diverse Bewegungssensoren<sup>20</sup>. Dazu gehört etwa das *Accelerometer*<sup>21</sup>, welches die Beschleunigung mithilfe der Trägheitskraft, die auf das Gerät wirkt, misst. Die Beschleunigung wird für jede der drei Raumachsen gemessen. Der *Gravity Sensor*<sup>22</sup> liefert Daten der Richtung und des Grades der Schwerkraft. Er liefert ein Indiz für die momentane Ausrichtung des Gerätes. Mithilfe des *Gyroscope*<sup>23</sup>, kann die Rotationsgeschwindigkeit des Gerätes um alle Achsen gemessen werden.

Der für diese Arbeit wichtigste dieser Sensoren ist der *Geomagnetic Field Sensor*. Mit diesem lassen sich Werte des Erdmagnetfeldes zurückgeben. Die Feldstärken werden auch hier für alle drei Achsen zurückgegeben. Um die Richtung beispielsweise des geographischen oder magnetischen Nordens zu bestimmen, müssen verschiedene Datenmatrizen miteinander verrechnet werden, weil Position und Neigung der Geräte dafür relevant sind.

Für die Implementierung des Prototypen wird die Rotationsmatrix des Accelerometers mit der Inklinationsmatrix (Schräglage des Gerätes) des Geomagnetic Field Sensors per Hilfsfunktion der API ins Weltenkoordinatensystem verrechnet und anschließend normalisiert. Die *Azimuth*, *Pitch*, und *Roll* Werte, die man dadurch erhält, können für die Orientierung des Audio Compass und der Dynamik

<sup>17</sup><http://www.crickettechnology.com/doc/Cricket.html>

<sup>18</sup><http://developer.android.com/reference/android/hardware/SensorManager.html>

<sup>19</sup>[http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors\\_overview.html](http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_overview.html)

<sup>20</sup>[http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors\\_motion.html](http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_motion.html)

<sup>21</sup>[http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors\\_motion.html#sensors-motion-accel](http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_motion.html#sensors-motion-accel)

<sup>22</sup>[http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors\\_motion.html#sensors-motion-grav](http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_motion.html#sensors-motion-grav)

<sup>23</sup>[http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors\\_motion.html#sensors-motion-gyro](http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_motion.html#sensors-motion-gyro)

der Klanglandschaften verwendet werden. Für den Audio Compass wurde zudem eine Funktion implementiert, welche starke Ruckler des Kompass bei starken Schwankungen der Orientierungsdaten durch die Mittlung mehrerer benachbarter Werte vermindern soll.

### Location Services

Die Positionsermittlung von mobilen Geräten beschäftigt die Forschung schon lange. Dies hat mit der Popularität und Massenverbreitung der Smartphones noch zugenommen. Immer häufiger kommen Location-Based Services (LBS) zum Einsatz. Dabei haben sich einige Technologien wie GPS bereits etabliert, andere sind noch relativ jung und werden eher in experimentellen Systemen eingesetzt. Eine starke Abweichung der Tauglichkeit der Systeme gibt es hauptsächlich bei Indoor- und Outdoorlösungen. Die Outdoor Positionsermittlung wird wegen der Vormachtstellung von GPS bereits alltäglich auf heutigen mobilen Geräten eingesetzt. Bei der Indoor Positionsermittlung hat sich noch keine Technologie wirklich durchgesetzt. Hier werden meist individuell installierte, kostenintensive Lösungen anstelle von einheitlichen Standards eingesetzt. Die zur Lokalisierung eingesetzten Techniken können unter anderem auch anhand dessen differenziert werden, ob das Gerät seine Position selbst ermittelt (Self-Positioning) oder ob die Position des Gerätes von externen Systemen ermittelt und an das Gerät übertragen wird [CS12].

Ein Unterschied wird im Englischen bei der Verwendung der Begriffen *Positioning* und *Localization* gemacht, etwa von [CS12]. *Positioning* wird dabei für absolute Positionsdaten, z.B. die Global World Coordinates verwendet (Latitude und Longitude). Diese sind wichtig etwa für Triangulation, bei der die Position mithilfe von drei Referenzpunkten im Raum berechnet wird, weil dort die genauen Daten benötigt werden. Mit der *Localization* bezeichnet man die Bestimmung relativer Koordinaten. Hier sind die relativen Distanzen zwischen den einzelnen Punkten von größerer Bedeutung. Weil es für die Anwendung im Rahmen dieser Arbeit weniger eine Rolle spielt, ob relative oder absolute Koordinaten zur Positionsbestimmung verwendet werden, wird nachfolgend der deutsche Begriff *Positionsermittlung* verwendet, welcher die englischen Begriffe *Localization* und *Positioning* zusammenfassen soll. Ziel dieses Abschnittes ist es unter anderem, eine für die Implementierung dieser Arbeit geeignete Lösung zur Positionsermittlung zu finden.

Beim sogenannten *Fingerprint Matching* oder *Fingerprinting* werden die Signalstärken benachbarter Transmitter mit bekannten Werten und den vom Gerät gemessenen Daten verglichen [CS12]. Dazu werden zunächst in einer Trainingsphase in einem Bereich Signalstärken aller Sender gemessen. Diese Daten werden dann später dafür verwendet, einen Annäherungswert der momentanen Position mithilfe diverser Berechnungsverfahren zu ermitteln [OVLL05]. Eine etwas ungenauere relative Positionsermittlung lässt sich via Proximity-Detection erreichen. Hierbei wird in der Regel nur berücksichtigt ob sich das Gerät in der Nähe eines entsprechenden Sensors befindet. Eine sehr grobe Position kann dann mithilfe mehrerer solcher Sensoren angenähert werden.

### Anforderungen

Wir benötigen für unsere Implementierung eine Positionsermittlungskomponente, welche die Anforderungen des Konzepts erfüllt. Dazu gehören eine schnelle Reaktionszeit bei Positionsänderung und eine hohe Präzision (1m), die auf die Architektur der Museen zurückzuführen ist. Es folgt eine Übersicht und Einschätzung der gebräuchlichsten Positionsermittlungstechniken der neueren Zeit.

### Technologien und Methoden zur Positionsermittlung

GPS ist das am häufigsten genutzte System zur Positionsermittlung. Dieses kann sehr präzise sein (0.01m), das Gerät benötigt aber Sichtkontakt zu den entsprechend ausgerichteten Satelliten [LSVW11]. Deswegen ist es hauptsächlich für die outdoor Positionsermittlung geeignet [NLLP04]. Es gibt zwar Experimente mit Pseudo-indoor-Satelliten (VGL [ZGL03]), aber selbst diese müssen Sichtkontakt mit allen Geräten aufrecht erhalten und der Installationsaufwand ist dadurch sehr hoch. Mithilfe des sogenannten *Assisted GPS*, bzw. *A-GPS*, ist ein schnellerer Verbindungsaufbau zu den GPS-Satelliten möglich. Mobilfunkprovider liefern dazu die Daten der Satellitenpositionen unter Zuhilfenahme der umliegenden Mobilfunkzellen.

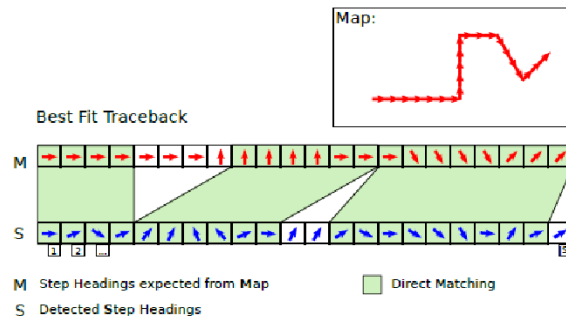
Diese ermöglichen auch eine Positionsermittlung mithilfe des Mobilfunknetzes (z.B. GSM) [Deb08]. Hierbei kann auch die oben erwähnte Fingerprinting-Methode eingesetzt werden. Verglichen mit dem Einsatz dieser Technik beim WLAN sind die Dimensionen der Mobilfunknetze etwas größer. Die benachbarten Mobilfunkzellen sind meist weiter von einander entfernt als z.B. WLAN Hotspots. Dies ermöglicht eine größere Flächenabdeckung der Positionsermittlung, bei der diese Methode eingesetzt werden kann. Laut [OVLL05] ist die Präzision der Technik dabei ähnlich genau, wie bei der Anwendung in WLAN-Netzwerken. Störungen oder Ausfälle einzelner Zellen der Netzwerke sollen auf die Positionsermittlung nur geringe Auswirkungen haben.

Bei der Anwendung der Fingerprinting-Methode bei WLAN-Netzwerken wird die Identifizierung und die Signalstärken benachbarter WLAN-Access Points für die Positionsermittlung der Geräte genutzt. Jedoch ist für präzise Daten eine relativ hohe Anzahl an Access Points und eine breite Flächenabdeckung notwendig [LSVW11]. Zusätzlich zum Fingerprinting kann auch eine Distanz-basierte Trilateration für die Positionsermittlung verwendet werden. Beide Methoden können kombiniert werden und so die Genauigkeit der resultierenden Positionsdaten erhöhen [CS12]. Häufig werden bei existierenden Systemen sogenannte Beacons eingesetzt: Diese senden ihre Position an die Geräte, um als Referenzpunkt im Raum zur Positionsbestimmung zu dienen. Mittlerweile existieren Varianten solcher Beacons, welche die mobilen Geräte mit zusätzlichem Kontext versorgen können (z.B. iBeacons<sup>24</sup>).

Es gibt auch Techniken, bei denen die Position mithilfe relativer Daten angenähert wird. Bei der unter dem Begriff *Koppelnavigation* bekannten Methode wird die zu ermittelnde Position mithilfe der zuletzt bekannten Positionen und zusätzlichen Messdaten angenähert [LSVW11]. Dies kann beispielsweise durch das Erkennen von Schritten durch das Erfassen von Erschütterung geschehen. Hierfür ist eine möglichst genaue Kalibrierung der entsprechenden Sensoren notwendig. Systeme, die eine Schritterkennung implementieren, verwenden dazu Accelerometer und Compass-Sensoren moderner Smartphones. Häufig werden *Step-Detection* und *Step-Heading-Detection* Techniken eingesetzt (vgl. Abbildung 4.6) und mit Algorithmen zur Fehlerkorrektur ergänzt. Einige dieser Lösungen setzen zudem für den Kontext der Lokalisierung auf externe Services wie OpenStreetMap<sup>25</sup>. Nur die relative Route zum Ziel wird dabei berechnet, keine absoluten Positionsdaten. Andere Technologien wie GPS oder WiFi sind für die relative Positionsbestimmung nicht notwendig. Obwohl es noch Probleme mit teils zu grobkörnigen Messdaten der Sensoren wie dem Accelerometer [MVFB10] und der Präzision dieser

<sup>24</sup><https://developer.apple.com/ibeacon/>

<sup>25</sup><http://www.openstreetmap.org/>



**Abbildung 4.6:** Kopplernavigation per Schritterkennung, entnommen aus [LSVW11]

Positionsermittlungstechnik gibt, kann man mit derartigen System durchaus erfolgreich navigieren [LSVW11].

Jede der oben vorgestellten Lösungen hat Vor- und Nachteile. Neuere Systeme greifen immer stärker auf Kombinationen der genannten Technologien und Methoden zurück, mit dem Ziel des gegenseitigen Aufhebens der Nachteile und einer höheren Verfügbarkeit und Präzision der Positionsermittlung [MVFB10]). Etwa die Kombination von WiFi und Mobilfunkzellen Fingerprinting sowie Triangulation, unterstützt durch Daten von Sensoren wie dem Accelerometer. Viele dieser Lösungen sind dadurch jedoch auf komplexere Hardware/Geräte angewiesen. Es gibt bereits Systeme, welche diese Lösungen anbieten (vgl. [DNP<sup>+</sup>14]), über die Ausgereiftheit und Zugänglichkeit lassen sich zur Zeit mangels weiterer Studien noch keine endgültigen Angaben machen.

Die relativ neuen, erweiterten Location Services<sup>26</sup> von Google sind ein Beispiel einer solchen bereits verfügbaren Lösung: Die Positionsermittlungs-Schnittstelle ist via Google Play services SDK<sup>27</sup> nutzbar. Der sogenannte *Fused Location Provider* vereint mehrere Technologien unter der Haube einer einzigen API. Die Anfragen an die zu ermittelnde Position werden einheitlich gestellt und lassen sich durch mehrere Präferenzen beeinflussen. Entscheidende Faktoren sind dabei der Energieverbrauch und die Genauigkeit der zu ermittelnden Position. So kann man etwa je nach Bedarf oder Zustand der App ein Profil für „high accuracy“ oder „low power“ verwenden. Google greift bei der Positionsermittlung dabei auf Daten einer Kombination mehrerer Technologien zurück, wie etwa GPS, Mobilfunkzellen-Netzwerke, und WLAN-Netzwerke. Auch werden Daten der Gerätesensoren wie dem Accelerometer oder dem Magnetfeldsensor verwendet.<sup>28 29 30</sup>

Eine weitere Möglichkeit der Positionsermittlung, meist mittels Proximity-Detection, stellen RFID tags dar. RFID-Systeme bestehen aus RF-Lesegeräten (RSSI - Radio Signal Strength Indications [MVFB10]) und RFID tags. Diese beiden Komponenten kommunizieren über Radiowellen (Radio Frequency – RF). Dies funktioniert nur über eine bestimmte Distanz, abhängig von der Bauart der Geräte. Dieser Umstand wird genutzt, um die Distanz der RSSIs zu den RFID Tags zu bestimmen [FMNS11]. Passive

<sup>26</sup><https://developer.android.com/google/play-services/location.html>

<sup>27</sup><https://developer.android.com/google/play-services/index.html>

<sup>28</sup><http://android-developers.blogspot.in/2011/06/deep-dive-into-location.html>

<sup>29</sup><http://www.kpbird.com/2013/06/fused-location-provider-example.html>

<sup>30</sup><http://blog.lemberg.co.uk/fused-location-provider>



## 4. Entwurf und Implementierung

---

RFID Tags funktionieren dabei nur über eine sehr kurze Distanz (bis 1m), mit Batterien betriebene aktive RFID Tags deutlich weiter (einige bis zu 100m). Zusätzlich kann auch hier Triangulierung verwendet werden, um die Position eines RFID Tags mithilfe mehrerer RF-Transmitter zu ermitteln. Schwachpunkt dieser Verfahren ist jedoch, dass die Radiowellen durch andere Signale leicht beeinflusst werden können [NLLP04]. Auch materielle Hindernisse wie Personen oder Objekte, welche sich im Weg befinden, beeinflussen die Signale. Gerade im Museum, wo sich sehr viele Menschen bewegen, scheint dies für eine Indoor Positionsermittlung daher nicht die geeignetste Lösung zu sein. Benötigt man jedoch nur eine Proximity Erkennung für seine Anwendung, stellen die RFID-Systeme eine ernsthafte und kosteneffiziente Alternative dar.

Ähnlich funktionieren Systeme, welche Bluetooth für die Positionsermittlung verwenden [AGKO04] [OVLL05]. Diese unterscheiden sich nicht grundlegend von den vorherigen Lösungen. Allerdings sollen deren Einflussbereiche im Gegensatz zu den aktiven RFID tags noch geringer sein [NLLP04] und es müssen ebenfalls zusätzliche Geräte eingesetzt werden [MVFB10]. Zu den ausgefalleneren Methoden zählen etwa die Positionsermittlung durch Floor-Sensors (Fußbodensensoren), welche durch Druck die Position der Personen ermitteln [FMNS11]. Auch mittels Infrarot ([WHFG92]) oder Ultraschall ([NLLP04], [PCB00]) können solche Systeme umgesetzt werden.

Um bestimmte Teile von Anwendungen zu Testen, wird in manchen Fällen die sogenannte *Wizard of Oz*-Technik eingesetzt [Lon04] [LHL07]. Hierbei führt eine dritte Person die Aktionen des Benutzers aus, ohne dass dieser davon etwas mitbekommt. Im Falle dieser Anwendung die ständige Aktualisierung der Position des Benutzers. Systeme können dadurch auch dann schon getestet werden, wenn sie noch nicht komplett implementiert sind oder noch nicht alle Teile eingesetzt werden. Außerdem ermöglicht das Verfahren der Anwendung die Verwendung präziser Daten zur Weiterverarbeitung. Technischen Hürden oder die aufwändige Installation von Zusatzgeräten in frühen Phasen der Entwicklung von Anwendungen stellen dadurch weniger ein Problem dar. Bei einem produktiven Einsatz der Anwendung kann dann auf entsprechend automatisierte Positionsermittlungssysteme zurückgegriffen werden.

### Prototypen und Fazit

Für den ersten Prototypen wurde die am schnellsten umsetzbare Lösung gewählt: Die bereits in der Android SDK enthaltenen Location Services<sup>31</sup> <sup>32</sup>. Mittels dem dort verfügbaren *LocationManager* ist es möglich, sogenannte *LocationRequests* zu senden, welche die ermittelte Position in Latitude und Longitude zurückgeben. Dabei ist es möglich, diese Annäherung vom *GPS Provider* (Berechnung mittels GPS Daten), vom *Network Provider* (Berechnung mittels Daten aus dem Mobilfunknetz) oder vom *Passive Provider* (keine Berechnung, sondern die zuletzt bekannte Position des Gerätes im Mobilfunknetz) zu erhalten. Die Auswertung der ermittelten Positionsdaten eines Testdurchlaufs bestätigte jedoch die Vermutung, dass, aufgrund nur schlecht funktionierender indoor-GPS-Daten, für die Anwendung dieser Arbeit zu ungenaue Daten (50-500m) ermittelt wurden.

Die Fused Location Lösung von Google bot sich aufgrund der einfachen Implementierung per *Google Play services SDK* als weiterer Prototyp an. Die Positionsermittlung wurde implementiert und in einem innerhalb eines getestet. Die Aufzeichnungen machten deutlich, dass die relative Positionsermittlung,

<sup>31</sup><http://developer.android.com/guide/topics/location/strategies.html>

<sup>32</sup><http://developer.android.com/reference/android/location/LocationManager.html>

vermutlich aufgrund der Accelerometer-Unterstützung, relativ gut funktionierte (1-5m). Die absoluten Werte, gemessen in Latitude und Longitude, schwankten zeitweilig jedoch sehr stark (10-100m), welches eine konsistente Positionsermittlung auch mit diesem Prototypen nicht möglich machte.

Für den Zweck dieser Arbeit wurde daher auf die *Wizard of Oz-Technik* zurückgegriffen, damit die Benutzerstudie ohne möglicherweise auftretende Probleme einer ungenauen Positionsermittlung durchgeführt werden konnte. Dafür wurde eine zusätzliche Activity implementiert, welche mit einer abgewandelten Variante der *Audio Map* Implementierung realisiert wurde. Die Fullscreen-Lösung würde es der Person, welche die Benutzer bei ihrem Museumsrundgang begleitet, ermöglichen, deren momentane Position per Touch zu aktualisieren. Weiterhin wurde eine Methode implementiert, welche einen flüssigen Übergang der neuen und letztbekannten Position der Benutzer ermöglichen sollte: Je weiter weg sich die neue Position von der letztbekannten Position befindet, desto schneller verändern sich die Positionsdaten in Richtung des Zielortes. Dieser fließende Übergang ist notwendig, um eine nachvollziehbare und ungestörte Veränderung in der Klanglandschaft zu garantieren.

Die Lösung mit der *Wizard of Oz-Technik* wurde für die Durchführung der Benutzerstudie als brauchbar eingeschätzt. Für einen eventuellen produktiven Einsatz müssten andere Technologien für die Positionsermittlung zugezogen werden. Eine Lösung mittels WLAN-Fingerprinting/-Triangulation und zusätzlichen Beacons scheinen dafür am besten geeignet zu sein.

### 4.2.3. Content Management System

Für die Umsetzung des *Content Management Systems (CMS)* wurden zunächst erste Versuche mit dem Python Web framework Django<sup>33</sup> durchgeführt. Die Entscheidung fiel letztendlich jedoch auf die Entwicklung einer simplen Web-Oberfläche und der Verarbeitung mittels PHP<sup>34</sup>. Ein Apache HTTP Server<sup>35</sup> stand als Webserver zu Verfügung. Für die Datenhaltung wurde eine MySQL<sup>36</sup> Datenbank gewählt. Die Anfragen an die Datenbank werden vom CMS asynchron mithilfe der JavaScript Bibliothek jQuery<sup>37</sup> verschickt. Abbildung 4.7 zeigt den Ausschnitt eines Screenshots der Implementierung des CMS.

### 4.2.4. Content API

Die *Content API* ist die Schnittstelle zwischen Endgeräte-Applikation und Datenbank auf dem Server. Die Schnittstelle wurde in PHP implementiert. Weil die Implementierung als Werkzeug für die Durchführung der Nutzerstudie fungiert, wurden nur die notwendigsten Methoden implementiert: Die aktuelle Position des Benutzers wird etwa momentan aus einem einzigen Datensatz gelesen und aktualisiert. Die Datenmodelle lassen sich aber problemlos erweitern, falls nötig. Alle angeforderten

<sup>33</sup><https://www.djangoproject.com/>

<sup>34</sup><http://php.net/>

<sup>35</sup><http://httpd.apache.org/>

<sup>36</sup><http://www.mysql.com/>

<sup>37</sup><http://jquery.com/>

## 4. Entwurf und Implementierung

id	last_modified	room_group	user_group	active	room	isMain	name	image	short_description	long_description	audio1_teaser	audio2_runner	audio3_trigger	radius2_runner	position_x	position_y	audioshow_duration	Optionen
25	2014-07-22 03:55:28	1.0G	0	Aktiv	0	0	Das Stilt Siedelfingen W	14_hahn.JPG	Kikeriki		wind.mp3 Vol: 0.8	cook.mp3 Vol: 1	Vol: 0	150	1615	1348	10000	<input type="button" value="edit"/> <input type="button" value="löschen"/>
10	2014-07-20 16:21:53	1.0G	0	Aktiv	0	0	Die Fachwerkstadt Sindel	3_haus.JPG	Fachwerk		Vol: 1	sawing.mp3 Vol: 0.6	Vol: 0	500	184	681	10000	<input type="button" value="edit"/> <input type="button" value="löschen"/>
11	2014-07-20 16:22:26	1.0G	0	Aktiv	0	1	Stadt	8_stadmodell.JPG	Stads		people.mp3 Vol: 1	Vol: 0	Vol: 0	300	779	1121	10000	<input type="button" value="edit"/> <input type="button" value="löschen"/>
13	2014-07-20 16:23:24	1.0G	0	Aktiv	0	1	Tischharmonium	6_piano.JPG	Dling...		Vol: 1	piano.mp3 Vol: 1	Vol: 0	150	577	708	10000	<input type="button" value="edit"/> <input type="button" value="löschen"/>

Abbildung 4.7: Ausschnitt eines Screenshots des Content Management Systems

Daten werden als JSON<sup>38</sup>-Objekt zurückgeschickt. Zugriff auf die API erfolgt über einfache HTTP-Requests an den Webserver. Folgende Operationen werden von der *Content API* zur Verfügung gestellt:

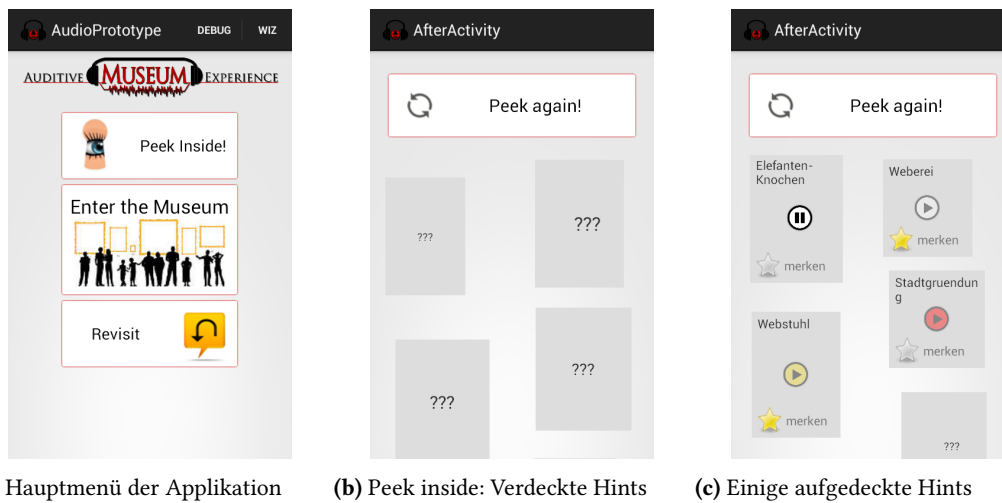
- **getExhibit(id)**: Gibt das entsprechende Exhibit-Objekt anhand seiner *id* zurück. Dieses enthält alle Attribute, die zur Weiterverarbeitung benötigt werden (Inhalte, Position, Sound Cues etc.)
- **getExhibits(mode)**: Der Parameterwert „all“ gibt alle Exhibit-Objekte (Ausstellungsobjekte) als Array zurück. Der *mode* „active“ gibt alle auf aktiv gesetzten Exhibit-Objekte als Array zurück
- **getRooms(mode)**: Der Parameterwert „all“ gibt alle Raum-Objekte als Array zurück. Der *mode* „active“ gibt alle auf aktiv gesetzten Room-Objekte als Array zurück
- **getObstacles(mode)**: Der Parameterwert „active“ gibt alle Hindernis-Objekte als Array zurück. Der *mode* „active“ gibt alle auf aktiv gesetzten Obstacles-Objekte als Array zurück
- **request(requestType)**: Der Parameterwert „saveUserPosition“ aktualisiert die Position des Benutzers an der entsprechenden Position der Datenbanktabelle mit den zusätzlich übergebenen Parametern *x*, *y*, und *roomGroup*. Der Parameterwert „getUserPosition“ gibt die entsprechenden Werte per Array zurück.

### 4.3. Präsentation des fertigen Prototypen

Die fertige Implementierung wurde auf dem Namen „Auditive Museum Experience“ getauft. Abbildung 4.8 zeigt Screenshots des Hauptmenüs und der Peek Inside Funktionalität. Der zweite Screenshot zeigt die verdeckten Hints. Mithilfe des oberen Knopfes können diese neu generiert werden. Screenshot drei zeigt einige aufgedeckte Hints, die Kurztexte und die Knöpfe zum Abspielen bzw. Pausieren der Sound Cues. Die Farben dieser Knöpfe repräsentieren die Progressionsstufen der Klanglandschaft

<sup>38</sup><http://json.org/>

### 4.3. Präsentation des fertigen Prototypen



**Abbildung 4.8:** Screenshots des Hauptmenüs und der *Peek Inside* Funktionalität

(Teaser: weiß; Runner: gelb; Trigger: rot). Weiterhin kann man die Knöpfe erkennen, mit denen man sich die jeweiligen Objekte als Favorit merken kann.

Auf Abbildung 4.9 wird der Audio Compass der *Enter the Museum* Funktionalität gezeigt. Auf dem ersten Screenshot kann man fünf verschiedene Sound Cues und deren Richtung erkennen. Je näher zum Mittelpunkt und je dicker die Kegel dargestellt werden, desto näher zum Benutzer ist das Geräusch positioniert und desto lauter wird es abgespielt. Die Sterne symbolisieren ein Objekt, welches man zuvor als Favorit markiert hatte. Auch hier kann man die Farben der Progressionsstufen wiedererkennen (vgl. Abbildung 4.9c). Der zweite und dritte Screenshot zeigen den Triggerknopf, welcher erscheint, wenn man eine zusätzliche Audioszene ausgelöst werden kann. Abbildung 4.10 zeigt auf dem ersten Screenshot die Audio Map. Der rote Punkt repräsentiert den Benutzer, der Strich seine Blickrichtung. Die blauen Punkte sind die im Raum positionierten Geräuschquellen (ggf. mit mehreren Sound Cues). Screenshot zwei und drei zeigen den Verlauf. Der rötliche Hintergrund bedeutet, dass man sich innerhalb des Runnerbereichs dieses Ausstellungsobjektes aufhält.

Screenshots der After Experience und des Wizard Modus werden auf Abbildung 4.11 dargestellt. Der erste Screenshot zeigt die verschiedenen Sortiermöglichkeiten der Audio Show. Auf Knopfdruck können diese gestartet werdend, der Rest der Funktion läuft automatisch ab. Auf dem zweiten Screenshot sieht man den grafischen Übergang des Bildes eines Ausstellungsobjektes in das nächste. Die Klanglandschaften werden dabei ebenfalls überblendet. Der dritte Screenshot zeigt den Wizard Modus, der es dem Experimentleiter ermöglicht, die aktuelle Position des Besuchers zu aktualisieren. Dort kann man auch die Runnerbereiche erkennen (grüne Kreise) sowie die Knöpfe, mit denen das momentane Stockwerk gewechselt werden kann.

#### 4. Entwurf und Implementierung

---

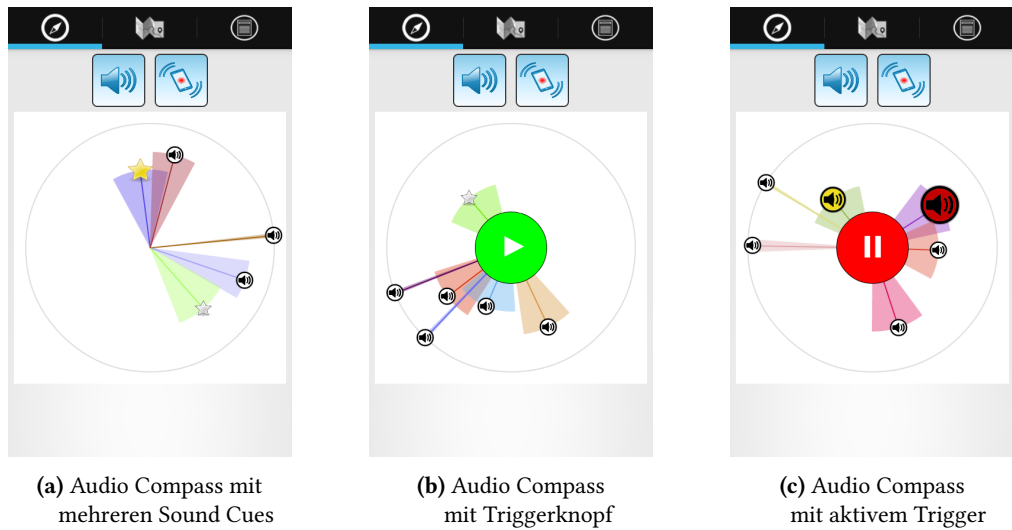


Abbildung 4.9: Screenshots der *Enter the Museum* Funktionalität

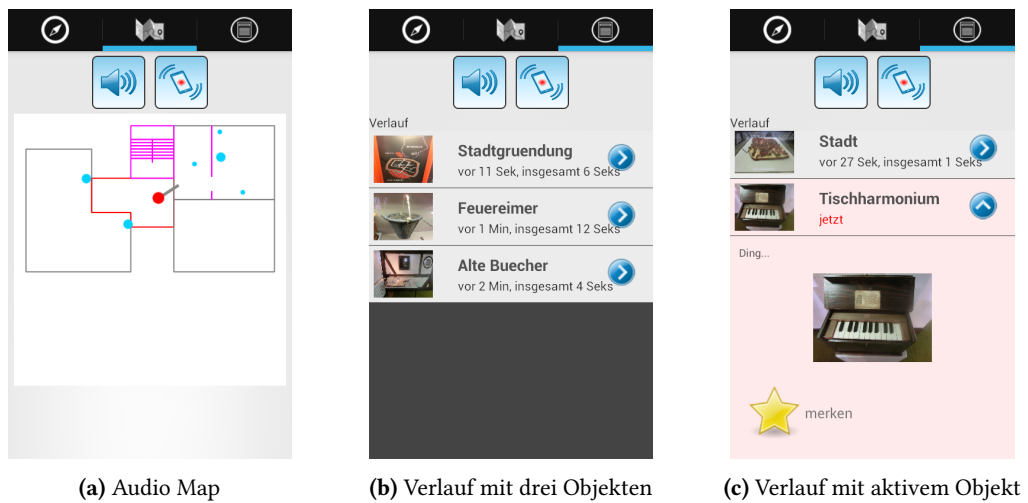
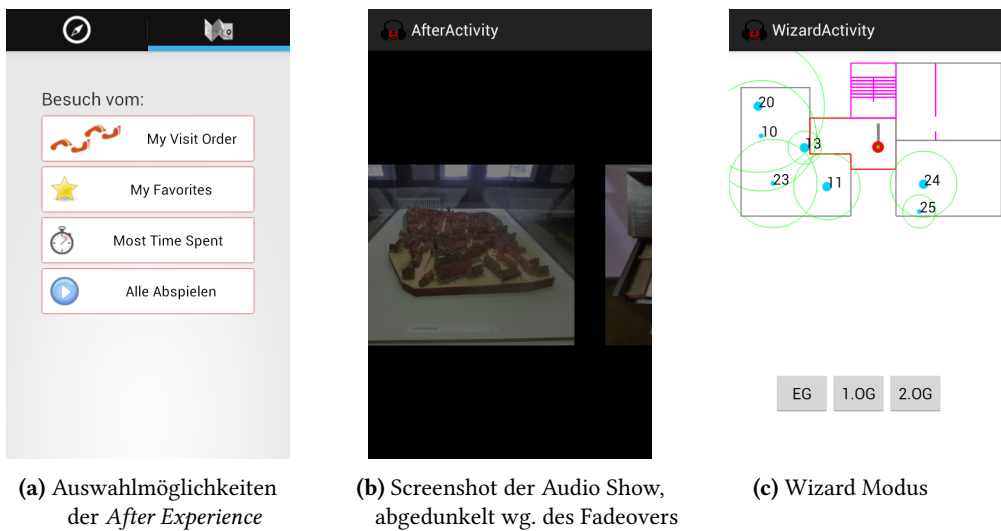


Abbildung 4.10: Screenshots der *Enter the Museum* Funktionalität



**Abbildung 4.11:** Screenshots der *After Experience* Funktionalität und des Wizard Modus



## 5. Benutzerstudie

Um die Basisfunktionalität und die stereoskopischen Effekte der Implementierung zu testen wurde eine Benutzerstudie durchgeführt. Weiterhin wurde geprüft, ob sich die Umsetzung des Konzeptes als Gedächtnisunterstützung für Besucher von kulturellen Einrichtungen eignet. Für diesen Zweck wurden die folgenden zwei Hypothesen formuliert:

(a) *Mithilfe der Klanglandschaften der Ausstellungsobjekte wird der Recall verbessert:*

Die Teilnehmer der Benutzerstudie können mehr Fragen zu Ausstellungsobjekten korrekt beantworten, bei denen sie eine Klanglandschaft hören konnten.

(b) *Die Verweildauer bei den Ausstellungsobjekten wird durch die Klanglandschaften erhöht:*

Die durchschnittliche Verweildauer der Teilnehmer ist bei den Ausstellungsobjekten, bei denen sie eine Klanglandschaft hören konnten größer, als bei den Ausstellungsobjekten ohne Klanglandschaft.

Die Ergebnisse der Benutzerstudie werden mittels verschiedener quantitativer und qualitativer Methoden analysiert und die Ergebnisse anschließend evaluiert.

### 5.1. Durchführung der Benutzerstudie

Die Studie wurde als Feldstudie konzipiert und in Zusammenarbeit mit dem Stadtmuseum Sindelfingen<sup>1</sup> vom 22. bis 29. Juli 2014 durchgeführt. Das Museum befindet sich im alten Rathaus in der Altstadt von Sindelfingen und widmet sich inhaltlich der Geschichte der Stadt in einer Dauerausstellung. Die erst 2013 eingerichtete Sonderausstellung „Facetten einer Stadt“, die aufgrund des 750-jährigen Bestehens von Sindelfingen entworfen wurde, beschäftigt sich mit weiteren historischen Kapiteln der Stadt. Unter anderem können die Besucher etwas über die Entstehung und Sanierung der Fachwerkhäuser der Stadt erfahren, die Produktion von Textilien von der Pflanze bis zum fertigen Stoff verfolgen und auch etwas über die Hexenverfolgung lernen, welche im 16. und 17. Jahrhundert auch in Sindelfingen verbreitet war. Das Museum erstreckt sich über vier Stockwerke, wobei die Besucher ihren Rundgang im Erdgeschoss mit frühzeitlichen Ausgrabungen, Funden verschiedener Epochen und der Gründung der Stadt beginnen. In den nächsthöheren Stockwerken wandert man auch geschichtlich in den Jahrhunderten nach oben. Im Dachgeschoss findet man dann folgerichtig Momentaufnahmen des letzten Jahrhunderts sowie erst kürzlich geschehene Ereignisse.

<sup>1</sup><http://www.sindelfingen.de/,Lde/start/Freizeit+Tourismus/Galerien+und+Museen.html>





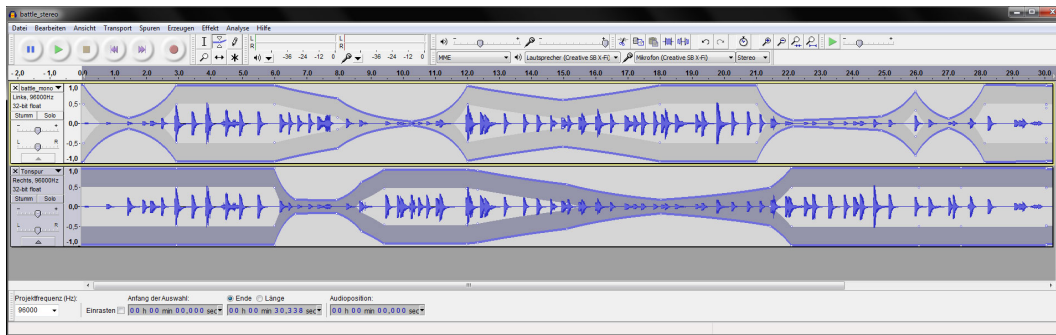
**Abbildung 5.1:** Das Stadtmuseum Sindelfingen

Grober Ablauf der Studie war, dass sich die Teilnehmer das Museum anschauen und dabei den App-Prototypen dieser Arbeit verwenden. Mithilfe der positionsabhängigen Sound Cues sollte eine Klanglandschaft im Museum aufgebaut werden, welche auch nach dem Besuch des Museums mit der Funktionalität der After Experience (vgl. Abschnitt 3.3.2) erneut erlebt werden konnte. Außerdem sollten Methoden entwickelt werden, mit denen man die Änderungen der Gedächtnisleistung der Besucher nach Verwendung der App messen konnte. Voraussetzung dafür war es unter anderem, digitale Inhalte zu den Ausstellungsobjekten zu erstellen, welche geeignete Sound Cues benutzen sollten. Daher mussten Ausstellungsobjekte ausgewählt werden, zu denen diese Inhalte per CMS (vgl. Abschnitt 4.7) eingepflegt werden konnten. Die Konzeption der Inhalte und die Durchführung der Studie soll in den folgenden Abschnitten ausführlicher beschrieben werden.

### 5.1.1. Konzeption

Damit die Benutzerstudie durchgeführt werden konnte, mussten zunächst passende Ausstellungsobjekte gefunden werden. Bei mehreren Rundgängen durch die Museumsräumlichkeiten wurden Fotos der Ausstellungsobjekte und Notizen gemacht. Einige Objekte waren durch ihre Alleinstellungsmerkmale frühe Kandidaten für die Endauswahl. Andere wurden schon früh aussortiert oder erst später in Betracht gezogen. Eines der Ziele war es, eine vielseitige Mischung von Ausstellungsobjekten zu finden, welche sich klar voneinander abheben und interessante Merkmale besitzen. Auch war es wichtig, nicht nur die interessantesten Objekte zu wählen, sondern auch unauffälligere Objekte zu finden, welchen einige Besucher vermutlich weniger Beachtung schenken würden, damit auch diese bei der Studie berücksichtigt wurden.

Erst kurz vor Ende der Vorbereitungsphase wurden die letzten Ausstellungsobjekte für die Studie ausgewählt. Von den Bildern wurden die besten herausgesucht und die digitalen Texte verfasst. Diese wurden eher knapp gehalten, sie sollten die Ausstellungsobjekte für die Teilnehmer nur kurz beschreiben. Die digitale Repräsentation der Ausstellungsobjekte sollte ihre realen Gegenüber nicht ersetzen, sondern eine Zuordnung der realen und digitalen Objekte ermöglichen. Eine große Rolle



**Abbildung 5.2:** Komposition einer Audioszene mit Audacity

spielte auch die auditive Repräsentation der Objekte. Ideen wurden während der Rundgänge notiert und während der Recherche nach geeigneten Sound Cues verworfen oder erweitert.

Aufgrund der begrenzten Zeit und der Testsituation der Studie, wurde beschlossen die Klanglandschaften mithilfe von Sound Cues freier Sounddatenbanken<sup>2</sup> aufzubauen. Bei der Auswahl der Sound Cues wurde versucht, die Erkenntnisse der verwandten Arbeiten (vgl. Abschnitt 2.3.2) und die Hinweise des Konzeptes (vgl. Abschnitt 3.3.4) zu berücksichtigen. Auf Tabelle 5.1 wird aufgelistet, welche Typen von Sound Cues für die Ausstellungsobjekte und die Progressionsstufen verwendet wurden.

Bearbeitet wurden die Sound Cues mit der freien Audiotbearbeitungssoftware Audacity<sup>3</sup>. Die Sound Cues wurden je nach Bedarf ein- und ausgeblendet, normalisiert oder zusammengefügt. Zusätzlich wurden Timings angepasst, Endlosschleifen ermöglicht oder Effekte angewendet. Für einige der Trigger (vgl. Abschnitt 3.3.3) wurden etwas komplexere Audioszenen kombiniert und fließende Übergänge der Stereokanäle eingebaut. Die Bearbeitung einer dieser Szenen ist auf Abbildung 5.2 zu erkennen.

### Übersicht der ausgewählten Ausstellungsobjekte

Die ausgewählten Ausstellungsobjekte werden in Tabelle 5.1 aufgelistet. Dort lässt sich auch ablesen, wieviele der Progressionsstufen (vgl. Abschnitt 3.3.3) bei der Klanglandschaft jedes Objektes zum Einsatz kommen sollen. Es gab Ausstellungsobjekte, mit denen man sich weniger beschäftigen konnte als mit anderen, weil es etwa nur ein Plakette mit kurzer Info dazu gab. Diesen wurde die Eigenschaft „wenig Content“ verpasst. Zusätzlich dazu gab es Ausstellungsobjekte mit „viel Content“ wie etwa Texttafeln, Erläuterungen durch Bilder etc. Diese Unterscheidung wird später für die Evaluation der Ergebnisse der Benutzerstudie noch relevant. Eine bildliche Darstellung der Ausstellungsobjekte in Form einer Bildmatrix findet man auf Abbildung 5.3.

<sup>2</sup><http://freesound.org/>

<sup>3</sup><http://audacity.sourceforge.net/>

## 5. Benutzerstudie

Nr.	Name	Content	Teaser	Runner	Trigger
1	Fachwerkstadt Sindelfingen	viel	1x ecological	2x ecological	
2	Weberei	viel	1x direct	1x direct	
3	Stube aus dem 18. Jahrh.	wenig	2x direct	1x metaphorical	1x direct
4	Das Stift Sindelfingen	viel	1x metaphorical 1x ecological	1x ecological 1x metaphorical	
5	Feuereimer	wenig	1x metaphorical	1x metaphorical	1x direct
6	Hexenverfolgung	viel	1x metaphorical	1x metaphorical	1x speech
7	Tischharmonium	wenig		1x direct	
8	Elefanten-Knochen	viel	1x metaphorical	1x metaphorical	
9	Waffen	viel	1x direct	1x direct	1x direct
10	Willhelm Ganzhorn	viel			1x music
11	Stadtmodell Sindelfingen	wenig	1x metaphorical		
12	Stadtgründung Sindelfingen	viel	1x metaphorical	1x metaphorical	
13	Rattenfalle	wenig	1x ecological		1x direct
14	Alte Truhe	wenig		1x direct	
15	Ausgrabungen und Funde	wenig	1x ecological		
16	Alte Bücher	wenig		1x direct	

**Tabelle 5.1:** Übersicht der ausgewählten Ausstellungsobjekte sowie die Anzahl und Typen der verwendeten Sound Cues

*Die Ausstellungsobjekte in Kurzform:*

1. Die Fachwerkstadt Sindelfingen, 2. Weberei, 3. Stube aus dem 18. Jahrh., 4. Das Stift Sindelfingen, 5. Feuereimer, 6. Hexenverfolgung, 7. Tischharmonium, 8. Elefanten-Knochen, 9. Waffen, 10. Willhelm Ganzhorn, 11. Stadtmodell Sindelfingen, 12. Stadtgründung Sindelfingen, 13. Rattenfalle, 14. Alte Truhe, 15. Ausgrabungen und Funde, 16. Alte Bücher.

### Kartenmaterial

Für die Darstellung der Audio Map und den Aufbau der Klanglandschaften ist es notwendig, entsprechende Umgebungsdaten zu Verfügung zu stellen. Dafür können im CMS (vgl. Abschnitt 4.7) Raumdaten definiert werden, aus denen sich die Anwendung die entsprechenden Karten generiert. Für die Durchführung der Benutzerstudie wurden die Raumdaten mithilfe von Plänen des Museums und eigenen Messungen bestimmt. Abbildung 5.4 zeigt eine Skizze eines Museumsstockwerks sowie die fertig gerenderte Karte der Applikation.

## 5.1. Durchführung der Benutzerstudie



(a) Fachwerkstadt



(b) Weberei



(c) Stube aus dem 18. Jahrh.



(d) Das Stift Sindelfingen



(e) Feuereimer



(f) Hexenverfolgung



(g) Tischharmonium



(h) Elefanten-Knochen



(i) Waffen



(j) Wilhelm Ganzhorn



(k) Stadtmodell Sindelfingen



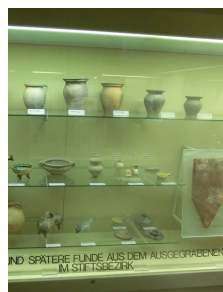
(l) Stadtgründung



(m) Rattenfalle



(n) Alte Truhe



(o) Ausgrabungen und Funde

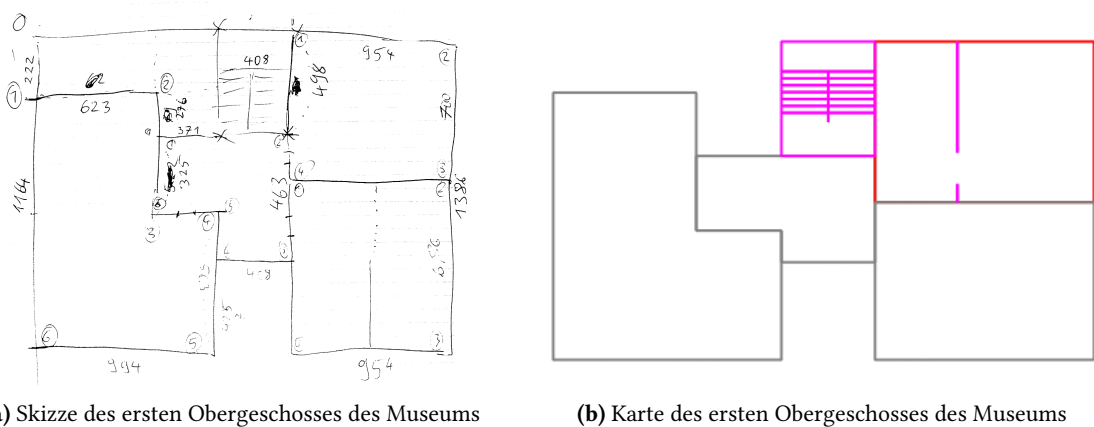


(p) Alte Bücher

Abbildung 5.3: Bilder der Ausstellungsobjekte

## 5. Benutzerstudie

---



**Abbildung 5.4:** Von der Skizze zur fertigen Karte

### Aufteilung der Teilnehmer

Um möglichst aussagekräftige Ergebnisse für die Evaluierung zu erhalten, wurden die Teilnehmer ohne ihr Wissen mehreren Gruppen zugeordnet. Damit die Recall-Daten verglichen werden konnten, sollten einige der Teilnehmer die Klanglandschaften zu Ausstellungsobjekten hören können und andere nicht. Damit aber keiner der Beteiligten durch das Museum laufen musste ohne die App zu verwenden, wurde folgende Lösung gefunden: Die Ausstellungsobjekte wurden ebenso wie die Teilnehmer in zwei Audiogruppen aufgeteilt („AudioGroup 0“ und „AudioGroup 1“). Die Teilnehmer konnten dann je nach Gruppe die jeweils 8 Klanglandschaften der insgesamt 16 Ausstellungsobjekte hören. Beim Museumsrundgang sollten sie sich jedoch ganz normal alle Ausstellungsobjekte anschauen. Die Klanglandschaften der Audiogruppen setzten sich dadurch aus jeweils 7 Teasern, 7 Runnern und 3 Triggern (vgl. Abschnitt 3.3.3) zusammen.

### Fragebogen

Die Teilnehmer erhielten nach Abschluss des Museumsrundgangs einen von zwei Fragebogen (vgl. Anhänge D und E), auf dem sie zu jedem der 16 ausgewählten Ausstellungsobjekte eine Detailfrage zu dem Objekt beantworten sollten. Zu 8 dieser Objekte konnten die Teilnehmer, wie bereits erwähnt, die entsprechenden Klanglandschaften ihrer Audio-Gruppe hören. Zwei Wochen nach ihrem Museumsaufenthalt erhielten die Teilnehmer außerdem einen weiteren Fragebogen mit neuen Fragen, ebenfalls mit einer Frage zu jedem der Ausstellungsobjekte. Zuvor wurde ihnen noch einmal die Möglichkeit gegeben, die *After Experience* Funktionalität der Applikation zu verwenden. In diesem besonderen Fall in Form einer eigens für die Benutzerstudie vorbereiteten Webseite. Auf dieser konnten sich die Teilnehmer den Downmix<sup>4</sup> der jeweiligen Klanglandschaften zu jedem Ausstellungsobjekt in chronologischer Reihenfolge des Museumsrundgangs noch einmal anhören und ihre Zeit im Museum noch

<sup>4</sup>Mehrsprigige Audio-Kompositionen werden zu einem einzelnen Audiosignal zusammengefasst

einmal Revue passieren lassen. Dann sollten die Fragen zu jedem Objekt beantwortet und gespeichert werden. Auch diese beiden Fragebogen wurden zweigeteilt um dann das Mittel der Antwortquoten zu erhalten, weil ein durchgängiger Schwierigkeitsgrad der Fragen nicht garantiert werden konnte.

Mit den Fragebogen sollte untersucht werden, ob die Sound Cues möglicherweise dazu beigetragen haben, dass sich die Teilnehmer Details der Ausstellungsobjekte besser merken konnten und ob mithilfe der Verknüpfungen der Klanglandschaften zu den Museumsinhalten der Recall verbessert werden konnte. Weil die Teilnehmer direkt nach ihrem Besuch den ersten Fragebogen ausfüllen sollten, wurde, unter der Berücksichtigung der Annahme, dass die noch relativ frischen Erlebnisse bei der Beantwortung der Fragen von Vorteil sein würden, erwartet, dass sich die Teilnehmer stärker für die Ausstellungsobjekte mit Klanglandschaft interessierten. Beim zweiten Fragebogen, welcher zwei Wochen nach dem Besuch beantwortet werden sollte, wurde vermutet, dass deutlich weniger Fragen korrekt beantwortet werden könnten, als beim ersten Fragebogen. Aber auch hier war die Frage interessant, ob der Recall längerfristig durch die Klanglandschaften verbessert werden konnte.

Bei der Verteilung der Fragebogen wurde darauf geachtet, dass die Hälfte der Teilnehmer jeder Audiogruppe zunächst Fragebogen A beantwortete und die andere Hälfte Fragebogen B. Nach zwei Wochen sollten die Teilnehmer dann den jeweils anderen Fragebogen erhalten. Mit diesem Prinzip sollte sichergestellt werden, dass die Wirkung durch die Klanglandschaften mithilfe der jeweiligen Experimental- und Kontrollgruppen gemessen und verglichen werden konnte (vgl. Tabelle 5.2).

<b>Teilnehmergruppe</b>	<b>Audiogruppe</b>	<b>direkt nach dem Besuch</b>	<b>nach zwei Wochen</b>
1	Audiogruppe 0	Fragebogen A	Fragebogen B
2	Audiogruppe 0	Fragebogen B	Fragebogen A
3	Audiogruppe 1	Fragebogen A	Fragebogen B
4	Audiogruppe 1	Fragebogen B	Fragebogen A

**Tabelle 5.2:** Teilnehmergruppen

### **Feedbackbogen**

Da die Wirkung der Sounds auf die Atmosphäre und eventuell auch auf die Gedächtnisleistung auch von der Qualität der Sound Cues abhing, wurden Feedbackbogen ausgegeben (vgl. Anhänge B und C) . Mit diesen sollte analysiert werden, wie gelungen die Teilnehmer die Klanglandschaften der



## 5. Benutzerstudie

---

Ausstellungsobjekte fanden und ob sie glaubten, diese konnten dabei helfen, die Ausstellungsinhalte besser zu vermitteln. Dabei wurden zwei Kernaussagen zu jedem Objekt formuliert:

- *Qualität der Sound Cues*: Ich fand die digitale/auditive Präsentation dieses Ausstellungsobjektes gelungen
- *Wirkung der Sound Cues*: Die App konnte zu einer positiven Vermittlung der Inhalte dieses Ausstellungsobjektes beitragen

Die Teilnehmer konnten zu beiden Aussagen auf einer 5-Punkt Likert Skala<sup>5</sup> zu jedem der Ausstellungsobjekte ihrer Gruppe eine Bewertung abgeben (1 bis 5 – Stimme nicht zu bis Stimme zu).

### Interviews

Die Interviews wurden gehalten, nachdem die Teilnehmer ihre Frage- und Feedbackbogen ausgefüllt hatten. Die Interviews wurden semi-strukturiert geführt, einige der häufiger gestellten Fragen waren beispielsweise:

- Wie hat dir die App gefallen?
- Hat dich das Benutzen der App oder die Klanglandschaft von der eigentlichen Ausstellung abgelenkt?
- Denkst du, die App hat dich dazu gebracht, dich mehr für einige der Ausstellungsobjekte zu interessieren?
- Gibt es irgendwelche Details der Ausstellung, an die du dich erinnerst und die du mit bestimmten Geräuschen verbindest?

### 5.1.2. Teilnehmer

An der Studie haben 22 Personen teilgenommen. Um sicherzustellen, dass genügend Teilnehmer für den geplanten Zeitraum gefunden werden konnten, wurden die meisten davon persönlich ins Museum eingeladen. Einige Teilnehmer konnten jedoch auch spontan dazugewonnen werden.

Unter den Teilnehmern fanden sich 7 weibliche Teilnehmer sowie 15 männliche im Alter zwischen 25 und 65 Jahren, im Schnitt in einem Alter von 31,2 Jahren (SD=9,14). In einer Ausbildung oder einem Studium befanden sich 7 der Teilnehmer, weitere 12 waren beschäftigt oder arbeiteten selbstständig. Die restlichen 3 Teilnehmer waren arbeitslos oder in Rente. Von den Teilnehmern besaß jeder einzelne ein eigenes Smartphone.

Das Museum schon einmal besucht hatten 15 der Teilnehmer, 5 davon hatten auch die Sonderausstellung „Facetten einer Stadt“ bereits gesehen. Die meisten Museumsbesuche lagen jedoch bereits weiter zurück, weshalb sich der Großteil der Rückkehrer nach deren Aussage nicht mehr an Details des Museums erinnerte.

<sup>5</sup>[http://de.statista.com/statistik/lexikon/definition/82/likert\\_skala/](http://de.statista.com/statistik/lexikon/definition/82/likert_skala/)

Den Teilnehmern wurden im Vorfeld keine genaueren Details des Ablaufs bekannt gegeben. Ihnen wurde gesagt, es gehe darum bei einer Benutzerstudie eine auditive Museums App zu testen. Die Teilnehmer sollten mithilfe der ihnen zu Verfügung gestellten Geräte (vgl. Anhang A) durch das Museum laufen und sich die Ausstellungsobjekte anschauen. Danach wurden ihnen die Frage- und Feedbackbogen ausgehändigt und ein kurzes Interview geführt. Jeder Teilnehmer wurde einzeln vom Experimentleiter betreut und während des Museumsrundgangs begleitet. Dies sollte einerseits mögliche technischen Probleme minimieren, andererseits sollte dadurch eine bessere qualitative Analyse mithilfe von Beobachtungen und den Gesprächen mit den Teilnehmern ermöglicht werden.

Die quantitativen Ergebnisse der Loggingdaten, Frage- und Feedbackbogen zusammen mit den qualitativen Ergebnissen, wurden anschließend ausgewertet. Damit sollten dann Aussagen über die Qualität der App, sowie über den Einfluss von Sound Cues auf die Gedächtnisleistung im Museum getroffen werden können. Weitere Details der Durchführung der Studie folgen im nächsten Abschnitt.

### 5.1.3. Ablauf der Studie

Pro Teilnehmer wurde eine Gesamtdauer von 45 Minuten inklusive 10 Minuten Zeitpuffer für die Studie eingeplant. Vor der Durchführung der Studie wurde ein Zeitplan erstellt und mit jedem Teilnehmer ein individueller Zeitraum vereinbart. Dies erforderte eine permanente Koordination mit Teilnehmern und Absprache mit der Museumsaufsicht, auch wenn im Vorfeld die Nutzung des Museums über die offiziellen Öffnungszeiten hinweg vereinbart wurde. Auch die Absagen einiger Teilnehmer und Verschiebung der Termine mussten koordiniert werden.

Für die Durchführung der Studie wurden vom Experimentleiter eigene Android-Geräte zu Verfügung gestellt. Dies hatte mehrere Gründe: Zum einen sollten mögliche technische Probleme vermieden werden, zum anderen hätte die Einrichtung der App auf den Endgeräten der Teilnehmer weitere Zeit beansprucht. So wurde sichergestellt, dass alle von der App benötigten Medien (inklusive Sound Cues, Bildern und Texten) vom Server auf die Geräte geladen werden konnten. Bei den Probendurchläufen vor der Durchführung der Studie wurde festgestellt, dass sich der Kompass, aufgrund von Störungen der magnetischen Felder in einigen Bereichen des Museums, ungenau verhielt. Aus diesem Grund wurde beschlossen, den Teilnehmern das Android-Tablet (vgl. Anhang A) anstelle des Smartphones zur Verfügung zu stellen, da dieses im Vergleich zum kleineren Gerät einen zusätzlichen Sensor (Gyroskop) enthielt und dadurch für mehr Stabilität der Kompassdaten sorgen konnte.

Jeder der Teilnehmer wurde separat betreut, daher bezieht sich die folgende Beschreibung des Ablaufs auf den Zeitabschnitt mit einem einzelnen Teilnehmer. Zunächst wurde der Teilnehmer begrüßt und im ersten Stock des Museums empfangen. Dort standen ein Tisch und ein paar Stühle zu Verfügung, welcher zur Ablage der Unterlagen und als Ort des späteren Interviews und dem Ausfüllen der Frage- und Feedbackbogen dienen sollte. Der Teilnehmer wurde auf die formellen Notwendigkeiten hingewiesen und über den groben Ablauf der Studie informiert. Gemeinsam mit dem Experimentleiter ging der Teilnehmer dann in den Eingangsbereich im Erdgeschoss des Museums. Dort bekam er einen Kopfhörer ausgehändigt und die App wurde gestartet. Zunächst wurde die Hauptfunktionalität *Peek Inside* gewählt und dem Teilnehmer mit wenigen Worten erklärt. Hier konnten die Benutzer einige der Sound Cues anhören und einen Vorgeschmack für die Klanglandschaften bekommen, welche sie im Verlauf des Museumsrundgangs erwartete. Beim Anhören der Sounds wurde auch gleich



## 5. Benutzerstudie

---

überprüft, ob die Lautstärke der Applikation für den Teilnehmer angenehm war. Außerdem wurde der Teilnehmer gebeten, mindestens einen der aufgedeckten Hinweise (vgl. Abschnitt 3.3.2) als Favorit zu markieren.

Im Anschluss wurde der nächste Menüpunkt *Enter the Museum* gestartet. Hier wurde ihnen zunächst der *Audio Compass* (vgl. Abschnitt 3.4.1) und anschließend auch die *Audio Map* (vgl. Abschnitt 3.4.1) vorgestellt. Dem Teilnehmer wurde erklärt, dass er selbst entscheiden konnte, welche Art der Navigation er während des Museumsrundgangs verwendete. Dabei sollte es nicht zwingend sein, diese überhaupt zu benutzen. Diese sollten als Hilfe zur Navigation und Orientierung im Museum bezüglich der Klanglandschaften und der positionsabhängigen Sound Cues dienen. Im Erdgeschoss befanden sich pro Audiogruppe nur zwei Ausstellungsobjekte, damit der Teilnehmer zunächst nicht mit zu vielen Audiosignalen auf einmal überfordert wurde. Dadurch konnten auch die Poggessionsstufen der Sound Cues (vgl. Abschnitt 3.3.3) anhand von Beispielen leichter erklärt werden. Schließlich wurde dem Teilnehmer noch gesagt, er könne selbst bestimmen, wieviel Zeit er den Ausstellungsobjekten widmete. Jedoch wurden einige Anweisungen erteilt:

Der Teilnehmer sollte:

- alle Räume der ersten drei Stockwerke besuchen
- sich in allen Räumen gründlich umschaun
- sich auch Ausstellungsobjekte ohne Klanglandschaften ansehen

Dadurch sollte sichergestellt werden, dass der Teilnehmer nicht nur die Ausstellungsobjekte mit Klanglandschaften aufsuchte. Dem Teilnehmer war zudem nicht bekannt, dass es eine Auswahl von 16 Ausstellungsobjekten gab, zu denen er später Fragen beantworten sollte.

Anschließend konnte der Teilnehmer eigenständig durch das Museum laufen. Nach dem ersten Stockwerk wurde ihm schließlich noch der Verlauf (vgl. Abschnitt 3.4.1) erklärt. Mit dessen Hilfe hatte der Teilnehmer einen Überblick über die bereits gesehenen Ausstellungsobjekte in Besuchsreihenfolge. Auch konnten er dort erkennen, welche Ausstellungsobjekte sich momentan in der Nähe befanden (vgl. Abbildung 4.10). Der Experimentleiter aktualisierte während des Rundgangs permanent die aktuelle Position des Benutzers, welche wie mithilfe des Wizard Modus (vgl. Abbildung 4.11c) aktuell gehalten wurde. Das mitgeführte Notebook tauschte zudem konstant Daten zwischen dem Endgerät des Teilnehmers, dem Gerät des Experimentleiters und dem Webserver aus. Für den Museumsrundgang des Teilnehmers waren etwa 20 bis 25 Minuten eingeplant.

Nachdem der Rundgang jedes Teilnehmers im zweiten Obergeschoss des Museums abgeschlossen war, wurden er noch über die dritte Hauptfunktionalität der App, die After Experience (vgl. Abschnitt 3.3.2) aufgeklärt. Daraufhin sollten die Teilnehmer ihren individuellen Verlauf in Besuchsreihenfolge abspielen. Nachdem sie die Audio Show (vgl. Abschnitt 3.3.2) durchgehört hatten, wurden die Teilnehmer gebeten, die Frage- und Feedbackbogen auszufüllen. Anschließend wurde mit ihnen noch ein kurzes Interview geführt. Nach etwa 2 Wochen erhielten die Teilnehmer den zweiten Fragebogen, der mittels eines Webformulars ausgefüllt werden sollte. Auch dort konnten sie die Audio Show der von ihnen besuchten Ausstellungsobjekte anhören.



(a) Eine Teilnehmerin bei der „Fachwerkstadt Sindelfingen“



(b) Ein Teilnehmer hört sich die Sound Cues zum „Stadtmodell von Sindelfingen“ an

Abbildung 5.5: Bilder von der Durchführung der Benutzerstudie

## 5.2. Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Benutzerstudie vorgestellt. Diese beinhalten die Auswertung der Frage- und Feedbackbogen, die Auswertung der Logging Daten sowie die Erkenntnisse durch Beobachtungen und aus den Interviews mit den Teilnehmern.

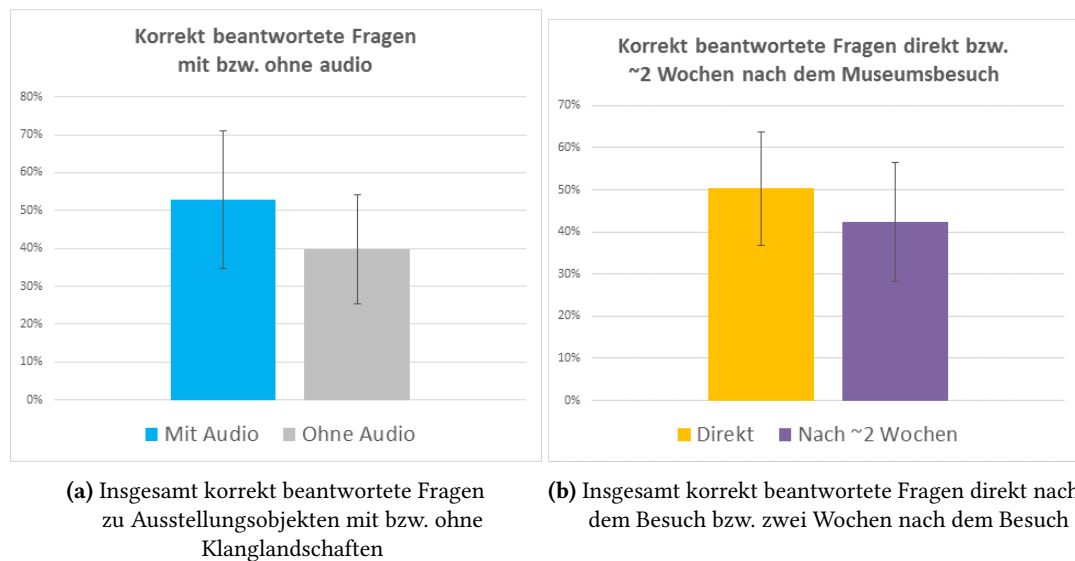
### 5.2.1. Evaluierung der Fragebogen

Hypothese (a) besagt, dass die Erinnerungsfähigkeit (*Recall*) mithilfe der Klanglandschaften im Musäum verbessert werden kann. Zur Überprüfung dieser Hypothese wurden den Teilnehmern zwei Fragebogen vorgelegt, welche Fragen zu jedem der 16 ausgesuchten Ausstellungsobjekte enthielt. Für diese 16 Objekte wurden mithilfe der App Klanglandschaften aufgebaut. Die Teilnehmer waren in zwei Gruppen (AudioGroups) aufgeteilt, so dass die Teilnehmer jeder Gruppe jeweils nur die Hälfte der Klanglandschaften hören konnten. Die Teilnehmer beantworteten Fragen zu jedem Ausstellungsobjekt, zur Hälfte mit Klanglandschaft, zur Hälfte ohne.

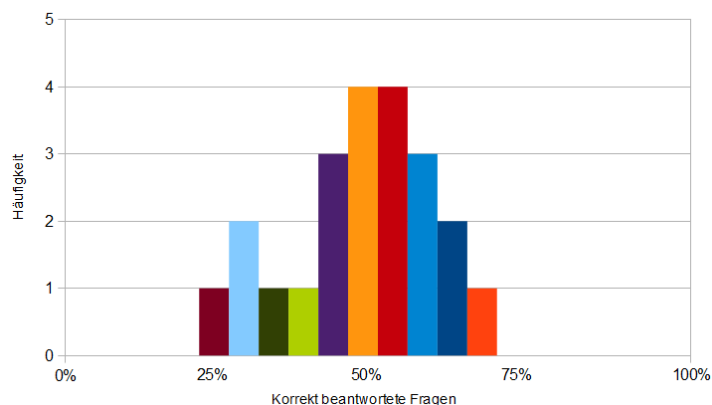
Ein erster Blick auf die Ergebnisse lässt eine Normalverteilung der abhängigen Variable (*korrekt beantwortete Fragen*) vermuten (vgl. Abbildung 5.7). Um eine statistische Überprüfung der Ergebnisse zu ermöglichen, wurden diese in vier relevante Datensätze aufgeteilt:

- Mit Klanglandschaft - Fragebogen direkt nach dem Besuch;
- Mit Klanglandschaft - Fragebogen nach zwei Wochen;
- Ohne Klanglandschaft - Fragebogen direkt nach dem Besuch;
- Ohne Klanglandschaft - Fragebogen nach zwei Wochen

## 5. Benutzerstudie



**Abbildung 5.6:** Anteile der insgesamt korrekt beantworteten Fragen nach bestimmten Kriterien

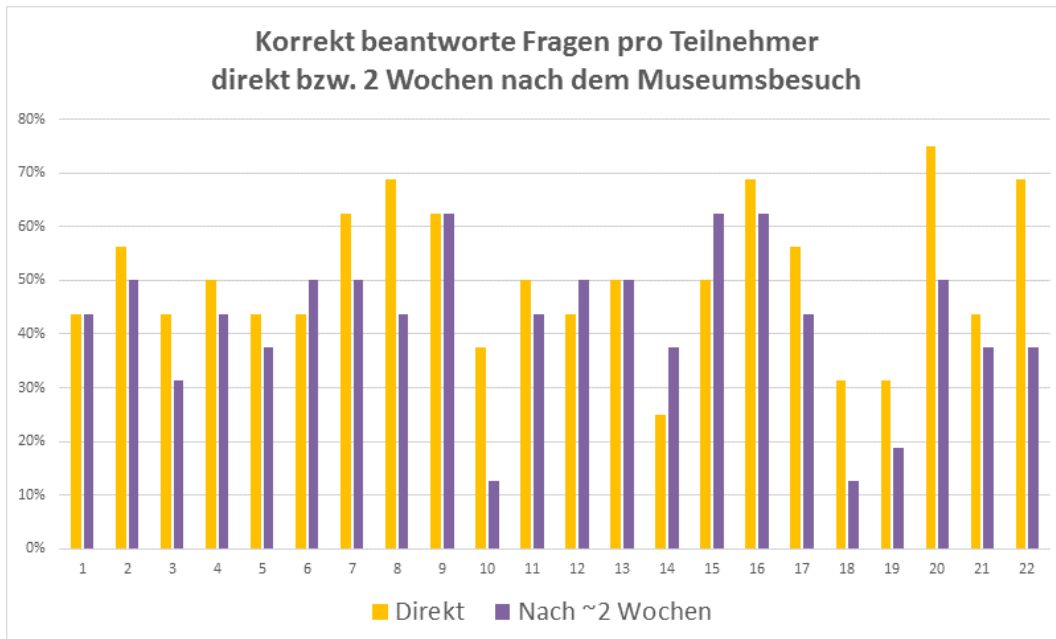


**Abbildung 5.7:** Häufigkeitsverteilung der Prozentsätze der korrekt beantworteten Fragen aller Teilnehmer

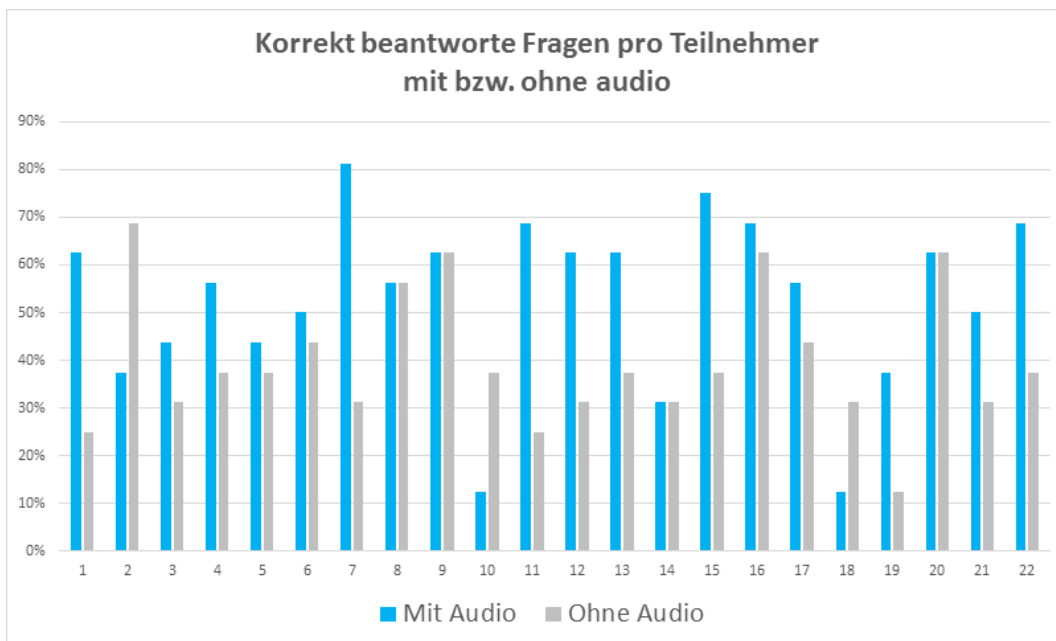
Diese Datensätze wurden mithilfe des *Shapiro-Wilk-Tests*<sup>6</sup> auf Normalverteilung überprüft. Die Ergebnisse des Tests (.488, .085, .14, .472) deuten auf eine Normalverteilung aller vier Datensätze hin. Aufgrund der geringen Teilnehmerzahl ist diese Einschätzung jedoch nicht zu hoch zu bewerten.

Der erste Fragebogen wurde direkt nach der Museumstour beantwortet. Davon wurden im Mittel 50% aller Fragen korrekt beantwortet. Von den Fragen zu Ausstellungsobjekten mit Klanglandschaft wurden 56% korrekt beantwortet, von den Fragen ohne Klanglandschaft waren es 44%. Den zweiten Fragebogen erhielten die Teilnehmer 10 Tage nach ihrem Besuch. Die Teilnehmer benötigten im Mittel 3,4 Tage (SD=2,1) um den zweiten Fragebogen zu beantworten. Korrekt beantwortet wurden

<sup>6</sup>Statistischer Signifikanztest auf Normalverteilung

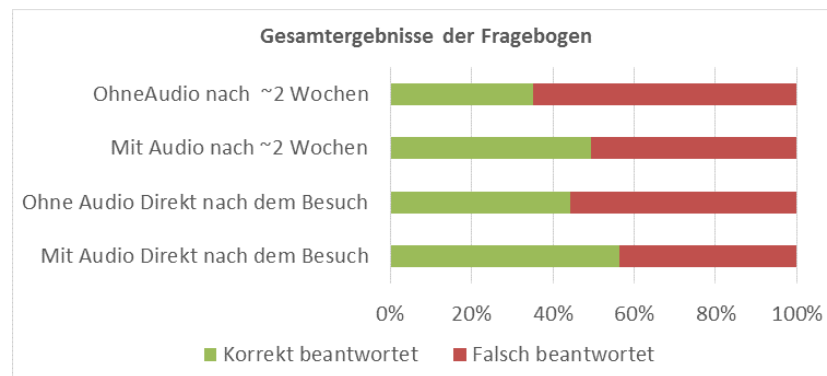


**Abbildung 5.8:** Ergebnisse der Fragebogen aller Teilnehmer direkt bzw. zwei Wochen nach dem Besuch



**Abbildung 5.9:** Ergebnisse der Fragebogen aller Teilnehmer mit bzw. ohne Klanglandschaften bei den Ausstellungsobjekten

## 5. Benutzerstudie



**Abbildung 5.10:** Ergebnisse der vier relevanten Datensätze nach der Auswertung der Fragebogen

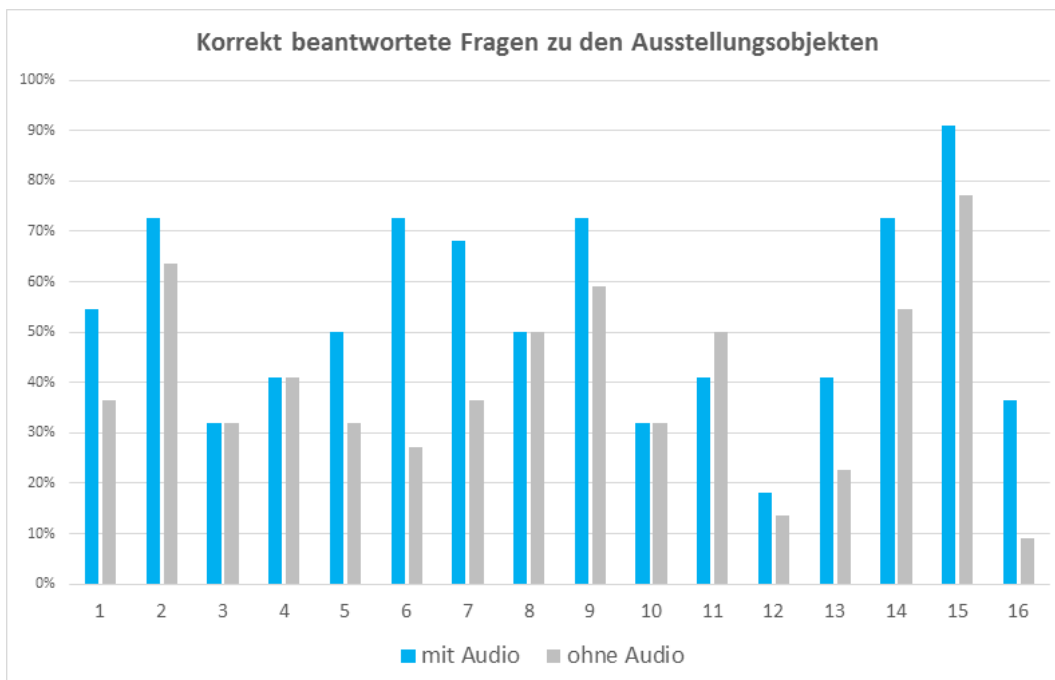
dabei 42% der Fragen. Der Anteil der korrekt beantworteten Fragen für Ausstellungsobjekte mit Klanglandschaft betrug 49%, für Ausstellungsobjekte ohne Klanglandschaft waren es 35%.

Insgesamt wurden im Mittel 53% der Fragen zu Ausstellungsobjekten mit Klanglandschaft korrekt beantwortet. Die Fragen zu Ausstellungsobjekten ohne Klanglandschaft wurden im Mittel zu 40% korrekt beantwortet. Es wurden also im Verhältnis mehr Fragen mit Klanglandschaften als Fragen ohne Klanglandschaften korrekt beantwortet. Um die Ergebnisse bezüglich der Steigerung der Gedächtnisleistung auf statistische Signifikanz zu überprüfen, wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt. Folgende zwei Hauptfaktoren wurden dabei mit einbezogen:

Der Zeitpunkt der Befragung (direkt nach dem Museumsbesuch bzw. 2 Wochen nach dem Museumsbesuch), welcher für den Recall bekannterweise eine Rolle spielen kann (etwa durch Gedächtnisverlust über Zeit). Der Zweite Faktor, für die Prüfung der Hypothese (a) mitentscheidend ist derjenige, ob die Ergebnisse von Fragen zu Ausstellungsobjekten mit oder ohne Klanglandschaft abhängen. Trotz erkennbarer Unterschiede der Mittelwerte (Korrekt beantwortete Fragen mit Audio: 0.53; Korrekt beantwortete Fragen ohne Audio: 0.40) konnte eine statistische Signifikanz mit der zweifaktoriellen Varianzanalyse,  $F(1; 84)=3.95$ ,  $p = .061$ , nicht festgestellt werden.

Bei 11 von den insgesamt 16 Ausstellungsobjekten wurden mehr Fragen korrekt beantwortet, wenn es eine Klanglandschaft gab (vgl. Abbildung 5.11). Bei 4 Objekten waren die Ergebnisse gleich. Bei nur einem Objekt wurden mehr Fragen ohne Klanglandschaft korrekt beantwortet. Beim Interviewen der Teilnehmer wurde darauf hingewiesen, bei der Benutzerstudie gehe es auch um die Überprüfung der Gedächtnisleistung mithilfe der Audio-Klanglandschaften. Die Teilnehmer bestätigten, dass „ein paar einprägende Sachen [dabei] waren“ und sie sich manche Ausstellungsobjekte, welche sie sonst nicht so stark beachtet hätten, „besser merken“ konnten. Darüber hinaus merkten sie an, dass die „prägnanten Sachen“ wieder gut in Erinnerung zurückkehrten.

Es gibt durchaus Hinweise dafür, dass die Teilnehmer den Ausstellungsobjekten mithilfe der Klanglandschaften eine größere Aufmerksamkeit schenkten. Im nächsten Abschnitt soll diese Annahme mithilfe der Auswertung der Logging Daten und zusätzlicher qualitativer Ergebnisse weiter überprüft werden.

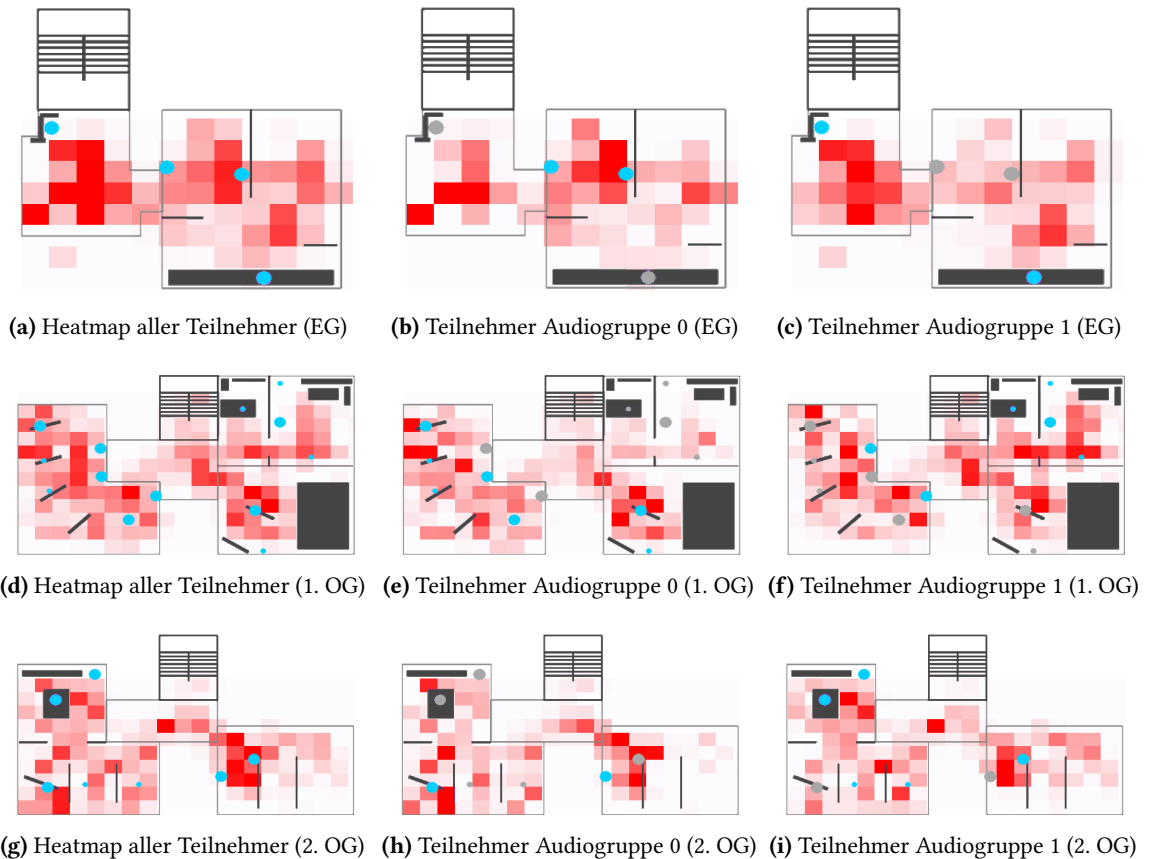


**Abbildung 5.11:** Ergebnisse der korrekt beantworteten Fragen bezogen auf die Ausstellungsobjekte mit bzw. ohne Klanglandschaften

### 5.2.2. Auswertung der Logging Daten

Die 22 Teilnehmer der Studie nutzten die Funktionen der App im Mittel etwa 23 Minuten ( $SD=5$ ). Der Mittelwert liegt damit im Bereich der Dauer von 20 bis 25 Minuten, welcher für den Rundgang durchs Museum eingeplant war. Der schnellste Teilnehmer war bereits nach 16 Minuten mit seinem Museumsrundgang fertig. Der Teilnehmer mit dem größten Wissensdurst benötigte über 31 Minuten, um seinen Rundgang abzuschließen. Im Schnitt 1,5 Minuten verbrachten die Teilnehmer im Menüpunkt Peek Inside, um die Lautstärke der Anwendung einzustellen, in die Klanglandschaften hineinzuhören, sowie mindestens einen Favoriten auszuwählen. Die Hauptfunktionalität der App, Enter the Museum, wurde wie zu erwarten mit im Mittel 18 Minuten am längsten verwendet. Die Audio Shows mit Besuchsreihenfolge der After Experience wurden im Schnitt knapp 3 Minuten angehört.

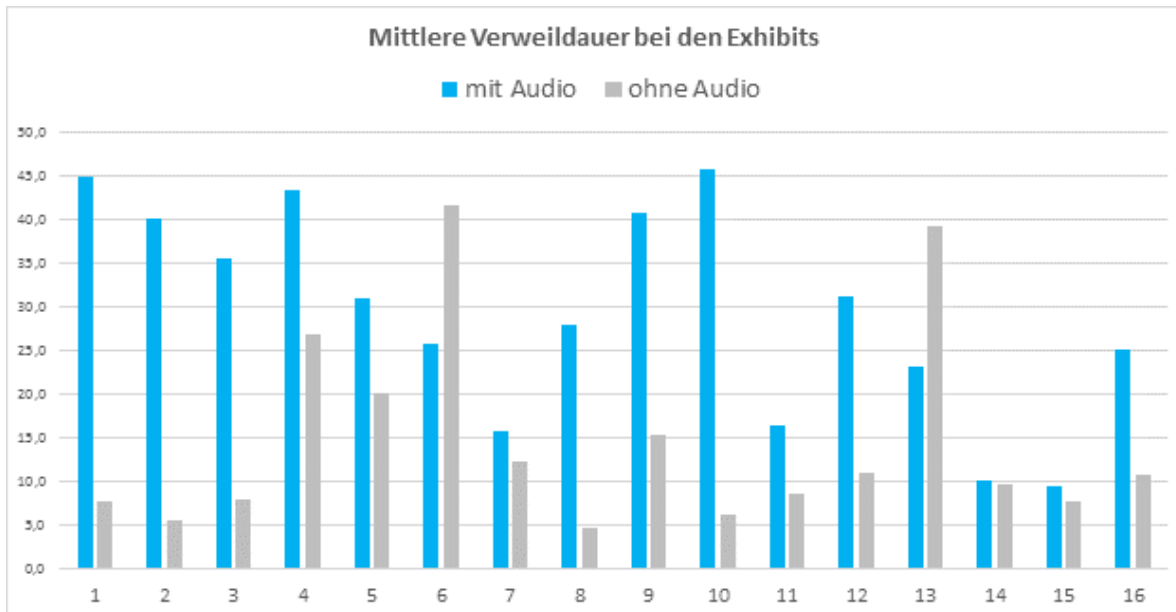
Mithilfe der Logging Daten wurden auch quantitative Daten bezüglich Hypothese (b) gesammelt. Diese besagt, dass die Verweildauer bei den Ausstellungsobjekten durch die Klanglandschaften erhöht wird. Um dies zu überprüfen, wurden die Positionsdaten aller Teilnehmer während der Benutzerstudie ausgewertet.



**Abbildung 5.12:** Heatmaps aller Stockwerke

### Verweildauer bei den Exhibits

Die App zeichnete sowohl Daten im Bezug auf die jeweilige Position der Teilnehmer, als auch deren Verweildauer bei Ausstellungsobjekten auf. Hierbei wurden die Runner-Bereiche der Ausstellungsobjekte berücksichtigt. Weil sich diese Bereiche für einige Objekte überschneiden und zudem die Radien nicht gleichgroß waren, eigneten sich diese Daten nicht für einen sinnvollen Vergleich unter den Ausstellungsobjekten bezüglich der Verweildauer. Um eine geeignetere quantitative statistische Auswertung zu ermöglichen, wurden die Positionsdaten der Teilnehmer herangezogen und mehrere Heatmaps erstellt (vgl. Abbildung 5.12). Es wurde eine Gesamtheatmap für jede Etage sowie jeweils eine für jede Audio Gruppe erstellt, so dass die Verweildauer bei den Ausstellungsobjekten mit Klanglandschaft gegen diejenigen ohne Klanglandschaft abgeglichen werden konnte. Weiterhin wurden für jedes Ausstellungsobjekt drei Sektoren in unmittelbarer Nähe bestimmt, deren Daten für den Vergleich herangezogen wurden. Dadurch sollte zumindest der Vergleich bezüglich eines Ausstellungsobjektes mit bzw. ohne Klanglandschaft ermöglicht werden.



**Abbildung 5.13:** Mittlere Verweildauer bei den einzelnen Ausstellungsobjekten

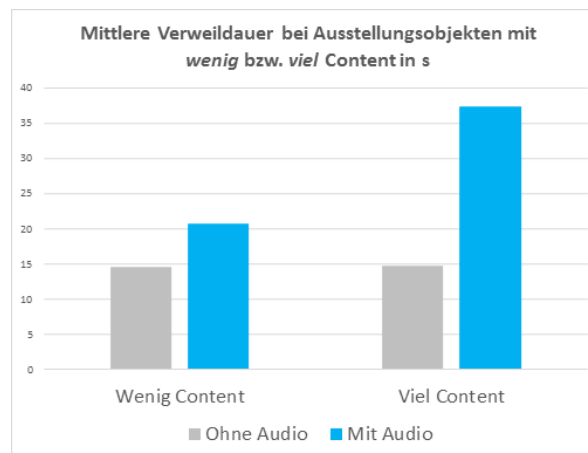
Bei den Heatmaps ist die Verweildauer an jeder Position für die Heat-Signatures relevant. Aus den jeweils drei definierten Feldern wurde die Verweildauer addiert. Mithilfe der Analyse dieser Daten konnten die beiden Audio-Gruppen miteinander verglichen werden.

Die mittlere Verweildauer bei den Ausstellungsobjekten (vgl. Abbildung 5.13) mit Klanglandschaft betrug 29,1 Sekunden (SD=12,1), ohne waren es Klanglandschaft 14,6 Sekunden (SD=11,5). Die Teilnehmer verbrachten also etwa doppelt soviel Zeit bei den Ausstellungsobjekten mit Klanglandschaft, wie bei denen ohne, zumindest bezüglich der jeweiligen Heatmap-Sektoren der einzelnen Objekte. Als Besonderheit auf den Heatmaps ist der Eingangsbereich im Erdgeschoss zu erwähnen. Dort wurde die App den Teilnehmern vorgestellt. Dies erklärt die durchschnittlich lange Verweildauer in diesem Bereich.

Allgemein ist eine höhere Verweildauer bei den Ausstellungsobjekten mit Klanglandschaft festzustellen. Nur bei zwei der Ausstellungsobjekte war die Verweildauer ohne Klanglandschaft höher. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Teilnehmer jeweils nur die Hälfte der Klanglandschaften hören konnten. Dadurch lässt sich die Vermutung nicht ausschließen, dass das Interesse der Teilnehmer für Ausstellungsobjekte mit Klanglandschaft von vornerein stärker ist. Die Frage stellt sich also, ob die Klanglandschaften es auch geschafft haben, die Teilnehmer länger bei dem Objekt zu halten und nicht nur stärker anzogen. Daher ist es sicherlich auch interessant, die Werte etwas genauer zu analysieren und die Unterschiede der Ausstellungsobjekte untereinander zu betrachten.

Die Verweildauer bei Ausstellungsobjekten mit „wenig Content“ (14,8 Sekunden, SD=13) und denen mit „viel Content“ (14,5 Sekunden, SD=10,8) ist ohne Klanglandschaften etwa gleich (vgl. Tabelle 5.1 für Klassifizierung der Ausstellungsobjekte). Bei beiden Typen wird die Verweildauer durch die Klanglandschaften erhöht: Bei Objekten mit „viel Content“ und Klanglandschaft beträgt das Mittel 37,4 Sekunden (SD=8), bei Objekten mit „wenig Content“ und Klanglandschaft 20,7 Sekunden (SD=9,5).





**Abbildung 5.14:** Mittlere Verweildauer bei Ausstellungsobjekten mit wenig bzw. viel Content

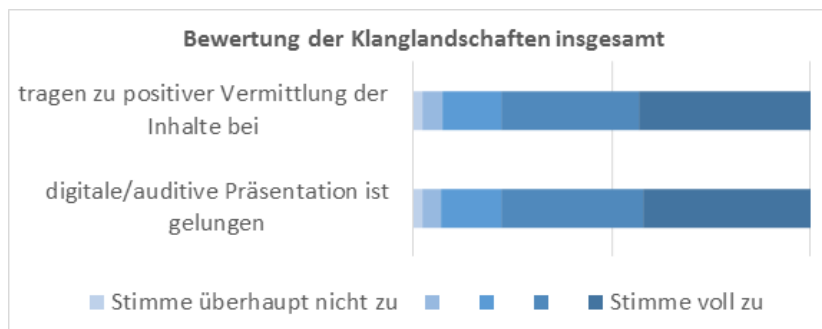
Die Steigerung der Verweildauer ist also bei Ausstellungsobjekten mit „viel Content“ deutlich höher, als bei denen mit „wenig Content“ (vgl. Abbildung 5.14).

Weiterhin ist zu beobachten, dass Ausstellungsobjekte mit einer Klanglandschaft, welche einen Trigger hatten, im Mittel mit 31,2 Sekunden (SD=7,1) eine geringfügig längere Verweildauer hatten als die ohne (28,1 Sekunden, SD=14).

### 5.2.3. Erkenntnisse und Feedback zur App

Bei der Verwendung der Peek Inside Funktionalität war interessant, dass die Teilnehmer, welche die Funktionen der App zuvor noch nicht ausprobieren konnten, unterschiedliches Interesse für dessen Funktionen zeigten. Einige der Teilnehmer hörten sich nur wenige Sound Cues an, andere generierten mehrfach weitere und gaben Kommentare ab wie: „das klingt ja lustig“ oder „was soll denn das sein?“. Einige von ihnen kommentierten die Inhalte der Sound Cues mit neugierigen, grinsenden oder leicht besorgten Gesichtern. Andere zeigten sich weniger beeindruckt und klickten die Beispiele schnell weiter. Viele der Teilnehmer erkannten während ihres Rundgangs einige der Sound Cues wieder, die sie am Anfang gehört hatten. Ein Hinweis darauf, dass das Konzept der *Vorselektion* und der *Wiederholung* im Ansatz funktionierte.

Es wurde weiterhin beobachtet, dass die Teilnehmer unterschiedliche Herangehensweisen und an ihre Museumstour hatten. Manche bewegten sich zügig durch das Museum um dann länger bei den Ausstellungsobjekten zu verweilen. Andere liefen langsamer und blieben dafür nur für kurze Zeit vor den Objekten stehen. Manche schauten sich alle Ausstellungsobjekte an, andere ignorierten unauffälligere Objekte komplett oder würdigten ihnen nur eines kurzen Blickes. Es gab Teilnehmer, welche sich stärker an den Ausstellungsobjekten mit Sounds orientierten, andere widmeten allen Ausstellungsobjekten gleich viel Zeit, auch denen ohne Klanglandschaft. Häufig stellte sich auch in den Gesprächen mit den Teilnehmern heraus, dass sich die meisten von ihnen Favoriten unter den Ausstellungsobjekten herausgesucht hatten, sowohl real als auch digital (*Selektion*). Auch bei der Art der Informationsaufnahme ließ sich differenziertes Verhalten wiedererkennen: So lasen einige



**Abbildung 5.15:** Bewertung der Klanglandschaften bezüglich beider Kriterien

Teilnehmer offensichtlich den gesamten Text von Objekten durch, welche sie interessierten. Andere interessierten sich stärker für visuelle Repräsentationen wie zum Beispiel Bilder oder die zahlreichen physischen Ausstellungsstücke, welche im Museum ausgestellt waren. Auch die Display-Funktionen der App, die Navigation mit der Audio Map bzw. dem Audio Compass sowie der Verlauf wurden mit unterschiedlicher Häufigkeit verwendet. Einige schauten sehr häufig auf den Bildschirm, um etwa die Veränderung der Visualisierung des Compass zu verfolgen oder die genaue Position einer Geräuschquelle zu ermitteln. Andere nutzten die Navigationshilfen auch dann nur spärlich, wenn sie die Geräuschquellen nicht lokalisieren konnten.

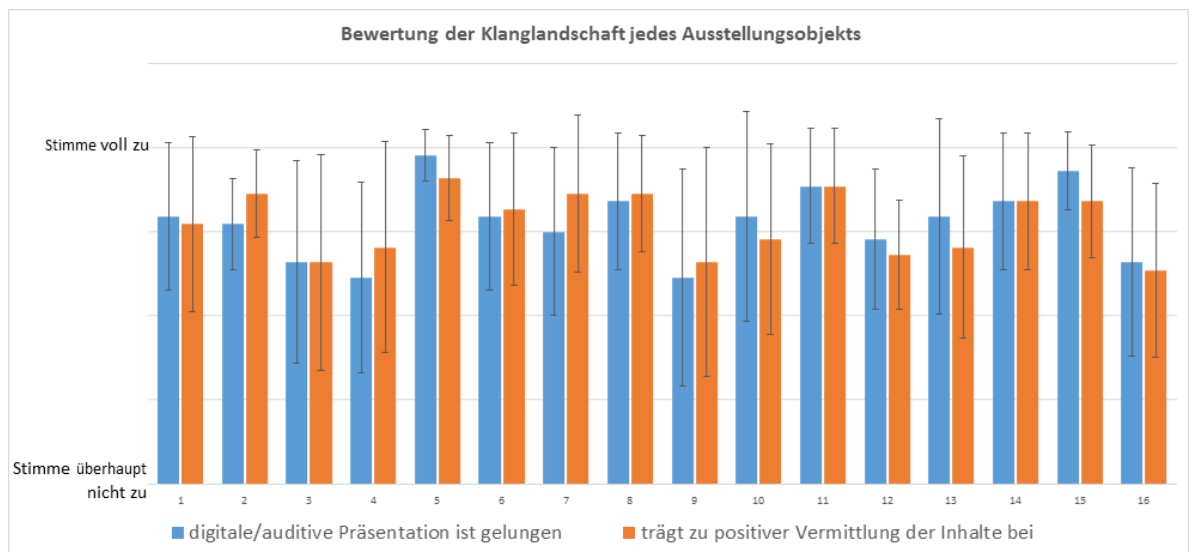
Die Funktionalität der After Experience wurde von den Teilnehmern positiv aufgenommen. Einige Teilnehmer fanden das auditive Erlebnis der Funktion „super“ oder „cool“. Während die Teilnehmer die Audio-Szenen noch einmal anhörten, konnten verschiedene Reaktionen beobachtet werden: Viele der Sound Cues erkannten die Teilnehmer wieder, einige davon kommentierten sie mit einem Lächeln oder einer Bemerkung. Es wurde positiv bewertet, dass man „seine Favoriten speichern [...] und [...] wieder anschauen konnte“. Die Teilnehmer wurden zudem nach der Nutzung der After Experience gefragt, ob sie sich an manche Ausstellungsobjekte während der Audio Show genauer erinnern konnten. Viele Teilnehmer bejahten die Frage, einer sagte, „man erlebt [die Museumstour] wirklich nochmal“. Ein anderer bemerkte, er könne sich „schon wieder [an die Museumstour] erinnern“.

### Feedback zu den Audio-Queues (Feedbackbogen)

Bei den Feedbackbogen (vgl. Anhänge B und C) wurden von den Teilnehmern zwei Kernaussagen mittels Likert-Skala zu jedem Ausstellungsobjekt bewertet: (1) Die Präsentation der digitalen Inhalte (insbesondere der Klanglandschaften) ist gut gelungen, (2) Diese tragen zu einer positiven Vermittlung der eigentlichen Ausstellungsobjekte bei. Die bei der Benutzerstudie verwendeten Sound Cues wurden von den Teilnehmern insgesamt positiv aufgenommen. Die Teilnehmer stimmten beiden Aussagen bei über 60% der Klanglandschaften der Ausstellungsobjekte voll zu (vgl. Abbildung 5.15). Die Ergebnisse für jedes Ausstellungsobjekt befinden sich auf Abbildung 5.16.

Auch während der Interviews mit den Teilnehmern konnten einige Erkenntnisse gewonnen werden: Nicht immer war sofort klar, zu welchen Ausstellungsobjekten die Sound Cues gehörten. Das Suchen nach den entsprechenden Objekten hatte aber auch einen positiven Nebeneffekt, eine Teilnehmerin formulierte den Umstand so:

## 5. Benutzerstudie



**Abbildung 5.16:** Bewertung der Klanglandschaft jedes Ausstellungsobjektes

„Manche Sounds musste man suchen, aber dadurch musste man auch Sachen angucken, die man sonst übersehen hätte“.

Die Aufmerksamkeit mancher Teilnehmer auf die Ausstellungsobjekte wurde durch das Suchen nach dem zum Klang zugehörigen Objekt also erhöht. Ein weiterer Teilnehmer bestätigte, dass „die App lenken [...] und Fokus auf manche Objekte setzen kann“. Ein anderer fügte hinzu (bezogen auf das im Museum ausgestellte Stadtmodell), man könne „sich besser rein versetzen“. Auch beim Ausfüllen der Fragebogen machte eine Teilnehmerin eine ähnliche Feststellung:

„Beim Ausfüllen der Fragen habe ich gemerkt, dass ich ohne die Sounds die Objekte gar nicht beachtet hätte“.

In Verlauf der Durchführung der Studie wurden weitere Beobachtungen bezüglich der allgemeinen Qualität und den Kritikpunkten der Anwendung gemacht, die Interviews mit den Teilnehmern ergänzten die Eindrücke zusätzlich. Diese Erkenntnisse werden im folgenden Abschnitt dargelegt.

### Beobachtungen und Interviews

Die meisten Teilnehmer verwendeten die App während ihres gesamten Museumsrundgangs. An manchen Stellen setzten manche Teilnehmer die Kopfhörer kurz ab oder pausierten die Klanglandschaften, etwa wenn sie etwas lesen wollten. Die meisten Teilnehmer betrachteten die Ausstellungsobjekte in Ruhe, manche mehr und manche weniger. Zwei Kinder, welche die App ebenfalls ausprobieren durften, verfolgten eine andere Vorgehensweise: Sie führten eine Art spontane Schnitzeljagd durch und versuchten, alle im Museum verteilten Sound Cues aufzuspüren. Für sie waren die Klanglandschaften die Hauptattraktion, während die eigentlichen Ausstellungsobjekte als Kontrollobjekte der die Geräusche dienten.

Interessant war es auch zu erfahren, ob die Teilnehmer durch die Benutzung der App von der eigentlichen Ausstellung abgelenkt wurden oder sich abgelenkt fühlten (vgl. Abschnitt 3.3.1). Kein Teilnehmer hatte die Applikation vor der Teilnahme an der Studie schon einmal gesehen. Nach der Einführung ging es direkt los: Die Teilnehmer sollten das Museum erkunden und dabei die App benutzen. Zu Beginn verhielten sich die Teilnehmer noch ein wenig zögerlich und beobachteten die Änderungen beim Audio Compass und bei der Audio Map etwas genauer. Im Verlauf des Museumsrundgangs lief die Tour aber flüssiger ab, die Teilnehmer benötigten weniger Zeit, die Sound Cues zu orten und den Ausstellungsobjekten zuzuordnen. Die Nutzung der App beanspruchte mit der Zeit weniger Aufmerksamkeit von den Teilnehmer. Diese Beobachtung wurde auch durch verschiedene Aussagen in den Interviews bestätigt:

„Man lernt wie es funzt und dann guckt man weniger drauf“.

„App [benutzen] und gucken gleichzeitig etwas ungewohnt [...], man gewöhnt sich aber nach einer Weile daran“.

Ein Teilnehmer fasst seine Erfahrungen mit der App darauf bezogen folgendermaßen zusammen:

„Ich glaube es wäre ein ganz anderes Erlebnis gewesen, wenn ich hier gewesen wäre ohne die App. Man konzentriert sich am Anfang eher auf das Display. Nach einer Weile gewöhnt man sich aber daran wie es funktioniert und konzentriert sich später mehr auf die Sounds und die [Ausstellungs-]Objekte, ohne so oft aufs Display zu schauen“.

Einige Teilnehmer bestätigten aber, dass es Situationen gab, in der sie App als ablenkend empfanden. Dies lag zum einen an der Aufdringlichkeit mancher Sounds und zum anderen an der Menge Sound Cues, die man gleichzeitig hörte: „In manchen Räumen [gab es] zu viel Sound“). Die gleichzeitige Nutzung der App und die Orientierung mithilfe des Raumklangs sei „teilweise schwierig zu koordinieren“ gewesen. Auch hatten die Teilnehmer vereinzelt Probleme, die Geräuschquellen zu orten: „Verwirrend, in welchem Raum die Sounds sind“.

Auch eine Mitarbeiterin des Museums äußerte sich zu dem Thema Ablenkung: „[Ich] sehe das auch kritisch“. Denn man habe „schon auch eine andere Wahrnehmung“, wenn man mit dem Gerät durch das Museum läuft oder wenn man „mit einer Gruppe ins Museum geht“. Man konzentriere sich beim Museumsrundgang dann womöglich „mehr auf die Sounds, als auf den Rest“. Insgesamt beschrieb sie das auditive Erlebnis der Applikation jedoch als „tolle Sache“.

Auch beim Rest der Teilnehmer kam die Applikation insgesamt sehr gut an: Sie „wecke Interesse“ für Ausstellungsobjekte. Außerdem schaffe sie eine „gute Atmosphäre“ und die Ausstellungsräume wirkten „dadurch [...] lebendiger“. Weiterhin wurde der App zugeschrieben, dass sie dem Ganzen „mehr Pepp“ gegeben und den Museumsbesuch „spannender“, „interessanter“ und „interaktiver“ gemacht habe. Auch merkte eine Teilnehmerin an, gerade zu Zeiten in denen man inzwischen Apps für alles Mögliche habe, sei es „auch schön etwas für den kulturellen Bereich zu haben. Wo man mit den Sachen interagieren kann“.

### 5.3. Zusammenfassung und Diskussion

Die im Abschnitt 5.2.1 vorgestellten Ergebnisse stützen die Hypothese (a), dass durch die Klanglandschaften der Recall im Museum verbessert wird. Auch wenn mit der Durchführung der Varianzanalyse keine statistische Signifikanz festgestellt werden konnte, sind sichtbare Verbesserungen des Recalls durch Unterschiede der Mittelwerte zu erkennen. Um diesbezüglich für mehr Klarheit zu sorgen, müssten weitere Studien mit einer höheren Probandenzahl durchgeführt werden. Es stellte eine Herausforderung dar, mit nur zwei Fragen zu jedem Ausstellungsobjekt ähnliche Schwierigkeitsgrade und damit untereinander vergleichbare Ergebnisse zu erhalten. Daher ist es nicht leicht zu beurteilen, welche Klanglandschaften der Ausstellungsobjekte besonders gut bezüglich der Gedächtnisleistung abschnitten. Jedoch lassen sich einige Aussagen über die Verbesserung des Recalls der einzelnen Ausstellungsobjekte treffen. Die Ausstellungsobjekte mit der größten Steigerung der Gedächtnisleistung (vgl. Abbildung 5.11) waren die Hexenverfolgung (6.), das Tischharmonium (7.) und die Alten Bücher (16.):

- Bei der Hexenverfolgung wurden Sound Cues eingesetzt, welche die Emotionen der Teilnehmer beim Ausstellungsstück verstärken sollten. Mithilfe von Schluchtgeräuschen als Teaser und Hilfescreien beim Näherkommen (Runner) sollte die Brutalität der Verfolgung vieler Frauen, die teilweise auch mit Hexenverbrennungen endeten, hervorgehoben werden. Außerdem war die Hexenverfolgung das einzige Ausstellungsobjekt, bei dem eine Sprachaufnahme (als Trigger) eingesetzt wurde. Es lässt sich nicht genau feststellen, welche Eigenschaften der Klanglandschaft wie stark zur Steigerung des Recalls beigetragen haben.
- Beim Tischharmonium lässt sich vermuten, dass aufgrund der Größe und Positionierung des Objektes, ohne Sound Cues viele Teilnehmer daran vorbei gelaufen waren. Die Klanglandschaft hat bewirkt, was auch die Beobachtungen während der Durchführung der Studie bestätigten, dass die Teilnehmer auf das Objekt aufmerksam wurden.
- Beim Ausstellungsobjekt „Alte Bücher“ (vgl. Abbildung 5.3p) handelte es sich um eines der Objekte, an denen die meisten normalerweise wohl vorbeilaufen würden. Selbst wenn man auf das Objekt aufmerksam wird, ist die Präsentation eher spärlich und es gibt nicht viel zu sehen. Die Fragen zu diesem Objekt bezogen sich auf die Anzahl der dort gezeigten Schriftstücke und ob sich einer der Teilnehmer an einen der Autoren oder Buchtitel erinnerte. Die deutlich höhere Antwortquote mit Klanglandschaft zeigt möglicherweise, dass bereits simple Umgebungsgereusche, in diesem Fall das Geräusch vom Blättern durch ein Buch, die Aufmerksamkeit auf ein Objekt lenken und die Aufmerksamkeitsspanne erhöhen können.

Auch beim Betrachten der restlichen Ergebnisse lässt sich diesbezüglich ein Trend erkennen: Die Klanglandschaften bewirken eine stärkere Grundwahrnehmung der Ausstellungsobjekte. Dies kann, wie zuvor beschrieben, auch positive Auswirkungen auf den Recall haben. Wieviele und welche Details sich die Besucher letztendlich merken, wird vermutlich zu stark durch weitere Faktoren beeinflusst. Einige Teilnehmer überraschten jedoch durchaus mit dem korrekten Beantworten von Fragen, welche Details von Ausstellungsobjekten mit Klanglandschaft behandelten.

Die Hypothese der Erhöhung der Verweildauer, dessen Bestätigung sich bereits während der Rundgänge der Teilnehmer beobachten lies, wird auch durch die Auswertung der Logging Daten und

die Analyse der Verweildauer bei den Ausstellungsobjekten unterstützt: Die Teilnehmer hielten sich länger bei denjenigen Objekten auf, welche mit einer Klanglandschaft hinterlegt waren (vgl. Abbildung 5.13). Sicherlich spielt dabei eine Rolle, dass aufgrund der „Testsituation“ der Studie und dem natürlichen Reiz sich die Geräusche anzuhören, der Fokus der Teilnehmer auf die Objekte mit Klanglandschaft gerichtet war. Die Ergebnisse der beiden Fragebogen (vgl. Abbildung 5.10) zeigen jedoch, dass die Teilnehmer durchaus auch den Objekten ohne Klanglandschaft ihre Aufmerksamkeit schenken und die Fragen korrekt beantworten konnten. In den Gesprächen mit den Teilnehmern während und nach dem Museumsrundgang ließen sich aber auch Anzeichen dafür erkennen, dass bestimmten Ausstellungsobjekten ohne Vorhandensein der Klanglandschaft wohl weniger Beachtung geschenkt worden wäre: Ein Teilnehmer bestätigte nach seinem Rundgang etwa, dass er sich „mit den Sounds mehr für das Ausstellungsstück interessiert“ habe. Ein anderer kommentierte bezogen auf eines der Ausstellungsobjekte, dass „man [...] [ohne Geräusche] daran vorbei gelatscht“ wäre.

Unterschiede bei den Ausstellungsobjekten, welche mit „wenig“ oder „viel“ Content präsentiert wurden, konnten ebenfalls festgestellt werden: Die Verweildauer bei den Objekten beider Typen war ohne Klanglandschaft nahezu gleich. Dies legt die Vermutung nahe, dass den verschiedenen Objekten, unabhängig vom Umfang der Präsentation, von den Teilnehmern relativ gleich viel Beachtung geschenkt wurde. Die Objekte wurden mehr oder weniger gleichmäßig „abgelaufen“, anders gesagt: Allen Objekten wurde ungefähr gleich viel Zeit gewidmet. Die Klanglandschaften konnten auf diese Regelmäßigkeit jedoch einwirken. Die positive Wirkung der Sound Cues auf die Verweildauer konnte auch hier gezeigt werden. Jedoch ist die Steigerung der Verweildauer bei Ausstellungsobjekten mit „viel“ Content deutlich größer, als der bei denen mit „wenig“ Content. Die Verweildauer wurde bei den Ausstellungsobjekten mit „viel“ Content durch die Klanglandschaften deutlich sichtbar erhöht (vgl. Abbildung 5.14). Es lässt sich also vermuten, dass die Auswirkungen der Sound Cues auf die Verweildauer größer sind, wenn sich die Besucher länger mit dem Ausstellungsobjekt auseinandersetzen müssen, um alle dort bereitgestellten Informationen aufzunehmen. Auch die Beobachtungen aus den Museumsrundgängen und die Interviews mit den Teilnehmern bestätigten diese Aussagen. Bei vielen Ausstellungsobjekten, hätte die Klanglandschaft eine „gute Atmosphäre“ geschaffen, welche die Aufmerksamkeit der Teilnehmer weckte und in einer größeren Verweildauer bei den entsprechenden Ausstellungsobjekten resultierte.

Durch die in Abschnitt 5.2.2 dargestellten Ergebnisse wird die Hypothese (b) – die Verweildauer bei Ausstellungsobjekten wird durch die Klanglandschaften erhöht – unterstützt. Die Unterschiede der einzelnen Objekte bezüglich Präsentation, Umfang der Inhalte, Größe, Platzierung im Museum sowie individuelle Teilnehmerinteressen lassen eine quantitative Evaluation der Verweildauer jedoch nur begrenzt zu. Nichtsdestotrotz tendieren die Ergebnisse, bekräftigt durch qualitative Aussagen und Beobachtungen der Teilnehmer, zu einer Unterstützung der Annahme, dass durch Sound Cues die Verweildauer bei Ausstellungsobjekten erhöht werden kann.

Der Museumsrundgang mit der App wurde von den Teilnehmern insgesamt positiv bewertet. Die auditive Navigation unterstützt durch die visuellen Hilfen funktionierte gut. Die meisten Sound Cues konnten den Ausstellungsobjekten zugeordnet werden. Lediglich nach kleineren oder unauffälligeren Objekten musste länger gesucht werden. Kritik gab es bezüglich der Aufdringlichkeit einiger Sound Cues und stellenweiser Ablenkung durch die Applikation. Die Konzeption der digitalen Inhalte scheint für die Wirkung der App von großer Wichtigkeit zu sein. Das Feedback der Museumsbesucher für den Erfolg des Konzeptes sollte nicht vernachlässigt werden. Ziel der Arbeit war es auch, eine

## 5. Benutzerstudie

---

Anwendung zu schaffen, die das Museumserlebnis aufwerten sollte ohne den eigentlichen Museumsrundgang dabei zu stören. Zusätzlich zum Teilnehmerfeedback und einer durchdachten Komposition der Klanglandschaften, sollten auch die Inhalte stetig gepflegt und erweitert werden. Dabei sollten die Klanglandschaften nicht zu viele Sound Cues auf einmal verwenden, damit die Lokalisierung der Ausstellungsobjekte nicht behindert wird und sich die Besucher beim Museumsrundgang durch die Klänge nicht abgelenkt werden oder gestört fühlen.

Die Ergebnisse der Auswertung der Loggingdaten und der Heatmaps, der Fragebogen, der Feedbackbogen und der qualitativen Daten haben gezeigt, dass das Konzept dieser Arbeit mithilfe der Implementierung erfolgreich umgesetzt werden kann. Dabei konnten die Hypothesen der Benutzerstudie (vgl. Abschnitt 5) teilweise bestätigt werden und wichtige Erkenntnisse über die mobile App dieser Arbeit gewonnen werden. Durch den natürlichen Mehrwert der zusätzlichen Museumsinhalte wurde die App insgesamt positiv aufgenommen, dies konnte mit dem erhaltenen Feedback und die Gespräche mit den Teilnehmern bestätigt werden. Die Gedächtnisleistung bzw. Erinnerungsfähigkeit der Teilnehmer und die Verweildauer bei Ausstellungsobjekten konnten durch die Klanglandschaften der Anwendung erhöht werden. Eine Gesamtbetrachtung der Ergebnisse legt die Vermutung nahe, dass die Sound Cues dabei helfen können, auf gewisse Objekte aufmerksam zu werden, den Fokus auf diesen zu halten und zu bewirken, dass sich die Teilnehmer mit den Objekten intensiver und länger auseinandersetzen. Nicht geklärt werden konnte die Frage, inwiefern die Eigenschaften der Sound Cues für diese Steigerung verantwortlich waren. Jedoch lassen sich generell positive Auswirkungen der Klanglandschaften auf den Recall und das allgemeine Museumserlebnis erkennen.

## 6. Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Diplomarbeit zusammengefasst. Dabei werden die Erkenntnisse der verwandten Arbeiten, die Grundsätze des Konzeptes sowie die wichtigsten Teile der Implementierung noch einmal präsentiert. Außerdem werden die wichtigsten Ergebnisse der Evaluierung der Benutzerstudie aufzählt. Anschließend wird ein Ausblick über mögliche Anknüpfungspunkte für die weitere Forschung auf dem Gebiet dieser Arbeit aufklären.

### 6.1. Zusammenfassung

In einer Zeit, in der mobile Technologie nicht mehr nur als Hilfsmittel Verwendung findet, sondern immer stärker zum Selbstzweck in Erscheinung tritt, steigt der Bedarf an Anwendungen für alle Lebensbereiche. Das Ziel dieser Arbeit war es, einen stereoskopischen Audioguide für Museen zu konzipieren und in Form einer mobilen Applikation zu entwickeln. Dieser sollte die Erlebnisse der Besucher von Museen bereichern und gleichzeitig als Gedächtnisunterstützung dienen. Unter Verwendung von Sound Cues wurde eine auditive Klanglandschaft zu einzelnen Ausstellungsobjekten aufgebaut. Mithilfe geeigneter Methoden sollte die Änderung der Gedächtnisleistung bei Verwendung der App gemessen werden.

Für die Konzipierung der Anwendung wurden zunächst Grundlagen erarbeitet und verwandte Arbeiten analysiert. Die wichtigsten Erkenntnisse bildeten die Basis für das Grundkonzept der Arbeit. So wurden etwa die Selektion von Inhalten, Erlernbarkeit und Einprägsamkeit, Wiederholungen der Lernvorgänge sowie Emotionen und assoziative Verbindungen als wichtige Faktoren der Gedächtnisleistung ermittelt. Mithilfe einer Onlineumfrage zum Thema „Mobile Apps in Museen“ konnten diese um quantitative und qualitative Aussagen der Teilnehmer ergänzt werden. Dadurch konnten Leitmotive für die weitere Arbeit formuliert, das Konzept ausgearbeitet und entsprechende Anforderungen ausformuliert werden.

Die für die mobile Plattform Android entworfene Grundarchitektur wurde durch einen modularen Aufbau realisiert. Für die Benutzeroberfläche wurden bereits im frühen Entwicklungsstadium Mockups kreiert. Weiterhin wurden die einzelnen Software-Komponenten beschrieben, dabei wurden die wichtigsten davon – die Positionsermittlung und die Audio API – und deren Prototypen etwas ausführlicher erläutert. Die fertige App wurde dann schließlich mithilfe von Screenshots vorgestellt.

Die Grundfunktionen der Anwendung und deren Eignung als Gedächtnisunterstützung wurde mithilfe einer Benutzerstudie überprüft. Diese wurde im Stadtmuseum Sindelfingen mit 22 Teilnehmern durchgeführt. Für die Erhebung der Messdaten wurden diverse Frage- und Feedbackbogen konzipiert, welche von den Teilnehmern ausgefüllt wurden. Die Ergebnisse wurden anschließend zusammen mit den Logging Daten der Anwendung analysiert und anschließend evaluiert.



Die Ergebnisse suggerierten, dass mithilfe der App im Rahmen der Benutzerstudie eine Verbesserung des Recalls, und damit auch eine Steigerung der Gedächtnisleistung, erreicht werden konnte. Insbesondere die Steigerung der Verweildauer und Aufmerksamkeitsspanne der Teilnehmer bei den Ausstellungsobjekten konnte als Hauptursache ermittelt werden. Die Relevanz dieser Ergebnisse ist jedoch mit Sorgfalt zu behandeln, weil mit nur einer Studie und wenigen Probanden keine statistisch signifikanten Aussagen getroffen werden können. Weiterhin müssen aufgrund der vielen beeinflussenden Faktoren zu viele Variablen für die Prüfung berücksichtigt werden. Schließlich konnten Erkenntnisse gewonnen werden, wie die App verbessert werden könnte und wie wichtig eine sorgfältige Auswahl der Sound Cues der Klanglandschaften für das Museumserlebnis ist.

### 6.2. Ausblick

Die durch diese Arbeit entstandene Anwendung konnte mithilfe der Benutzerstudie zeigen, dass das Konzept erfolgreich umgesetzt werden kann. Auch konnte eine Steigerung der Gedächtnisleistung gezeigt werden. Die Tauglichkeit der Anwendung als Gedächtnisunterstützung konnte so gezeigt werden, wenn auch nur in überschaubaren Dimensionen. Beim Evaluierungsprozess konnten einige Elemente identifiziert werden, die für eine Verbesserung der Konzeption und Umsetzung einer solchen Anwendung, wie auch für zukünftige Arbeiten auf dem Gebiet dieser Arbeit von großer Relevanz sein könnten:

**Wahl der Sound Cues** Für die Klanglandschaften und deren Auswirkungen auf die Gedächtnisleistung kann es durchaus wichtig sein, welche Sound Cues die Ausstellungsobjekte repräsentieren. Auch die Komposition der komplexeren Trigger-Audioszenen und die Dichte, mit der die Sound Cues in den Räumen platziert werden, ist relevant. All zu aufdringliche Klanglandschaften sollten vermieden werden. Zusätzlich dazu möchte man erreichen, dass man einzelne Sound Cues heraushören, zuordnen und lokalisieren kann. Ebenfalls wichtig scheint zu sein, welche Sound Cues für welche Progressionsstufen der Klanglandschaften verwendet werden, weil jede der Abstufungen eigene konzeptionelle Ziele besitzt (vgl. Abschnitt 3.3.3). Genaue Angaben über geeignete Wertebereiche dieser Variablen konnten mit den Ergebnissen dieser Arbeit nicht getroffen werden. Es sollte daher näher analysiert werden, welche Sound Cues für die verschiedenen Situationen des Museumsrundgangs am besten geeignet sind.

**Eigenschaften der Sound Cues** Auch die Eigenschaften der Sound Cues wurden in dieser Arbeit, speziell bei der Benutzerstudie, nur ansatzweise berücksichtigt. Besonders die Erlernbarkeit und Einprägsamkeit spielten dabei eine Rolle, damit die Geräusche leichter wiedererkannt werden konnten. Die Gedächtnisleistung wurde in dieser Arbeit bezogen auf die Klanglandschaften gemessen. Verschiedene Typen von Sound Cues und deren weitere Eigenschaften können durchaus spezifische Auswirkungen auf die Gedächtnisleistung haben. Um eine genauere Empfehlung der Eigenschaften und Typen von Sound Cues abgeben zu können, müssten diese in weiteren Arbeiten untersucht und evaluiert werden, vor allem im Bezug zum Museumskontext.

**Positionsermittlung** Das Setzen der Position mithilfe der Wizard of Oz-Technik funktionierte für die Benutzerstudie einwandfrei. Die Teilnehmer konnten dadurch einen guten Raumklang wahrnehmen. Im produktiven Einsatz müsste selbstverständlich auf andere Techniken der Positionsermittlung zurückgegriffen werden, etwa einer Kombination aus WLAN fingerprinting und Triangulation mit zusätzlichen Beacons (vgl. Abschnitt 4.2.2). Je nach finanzieller Ausstattung der Museen kann dies womöglich dem Einsatz einer solchen App behindern. Aus diesem Grunde müssten mithilfe zusätzlicher Experimente in Museen die Methoden der Positionsermittlung für die Verwendung solcher Anwendungen weiter evaluiert werden. Außerdem müssten diese Implementierungen der Positionsermittlung auch für den Masseneinsatz getestet werden.

**Orientierung und Ablenkung** Ziel der Arbeit war es eine Anwendung zu schaffen, welche die Ablenkung durch die App auf einem Minimum halten sollte. Auch bei der Implementierung der Orientierungskomponente mithilfe der Android Gerätesensoren konnte Verbesserungsbedarf festgestellt werden. Obwohl die Orientierung und die Anpassung des Raumklangs gut funktionierte, können an manchen Positionen bedingt durch (elektro-) magnetische Turbulenzen Störungen auftreten. Außerdem erfordert die bishere Implementierung der Orientierungskomponente von den Benutzern, die Geräte konstant in den Händen zu halten und mitzudrehen, damit sich der Raumklang entsprechend anpasst. Interessant sind deswegen sicherlich die Entwicklungen im Bereich andere mobiler Endgeräte, wie etwa Google Glass<sup>1</sup> oder Smartwatches<sup>2 3</sup>. Würde man das Gerät nicht mehr konstant in der Hand halten müssen, könnten sich die Museumsbesucher besser auf die eigentlichen Ausstellungsinhalte konzentrieren und die zusätzlichen Klanglandschaften noch ungezwungener erleben. Weiterhin sollten durch die Nutzung der App die soziale Interaktion der Besuchergruppen nicht erschwert und andere Museumsbesucher nicht gestört werden.

**Ausbau der Peek inside Funktionalität** Die Wichtigkeit der Zeit vor und nach dem Museumsbesuch wurde schon durch die Forschungsergebnisse aus der Museumstheorie gezeigt (vgl. Abschnitt 2.4). Die in dieser Arbeit implementierte Funktionalität beschränkt sich jedoch noch auf minimalen Funktionsumfang. Mithilfe des Ausbaus der Peek inside Funktionen könnten die wichtigen Aspekte wie Selektion, Interesse oder Motivation stärker unterstützt werden und die Besucher auf ihren Museumsbesuch besser vorbereitet werden. Dass Maßnahmen einer solchen Art auch auf die Gedächtnisleistung Einfluss haben können, konnte durch mehrere Erkenntnisse aus den verwandten Arbeiten gezeigt werden (vgl. Kapitel 2). Der Fokus dieser Arbeit lag jedoch auf dem Museumserlebnis während des Besuches. Die Zeit vor dem Museumsrundgang könnte durch eine gezielte Suche nach geeigneten Methoden und Maßnahmen bereichert werden, so dass der Einfluss auf die Gedächtnisleistung der Besucher weiter gesteigert werden kann.

<sup>1</sup><http://www.google.com/glass/>

<sup>2</sup><https://getpebble.com/>

<sup>3</sup><http://www.imsmart.com/>

**After Experience Funktionalität** Ähnlich verhält es sich mit den Funktionen, welche für die Nutzung nach dem Besuch vorgesehen sind: Auch hier gibt es Faktoren, die starken Einfluss darauf nehmen können, wie sehr sich ein Besucher an seinen Museumsbesuch und Details von Ausstellungsobjekten erinnern kann. Der Verlauf, welcher die individuellen Museumsrundgänge jedes Besuchers aufzeichnet, kam bei den Teilnehmern der Benutzerstudie sehr gut an. Auch das Abspielen des Verlaufs, die Audio Show, erhielt positives Feedback und trug womöglich seinen Teil zur Steigerung der Gedächtnisleistung bei. Diesbezüglich könnten in weiteren Studien genauere Erkenntnisse gewonnen werden. Jedoch ist auch die angesprochene Funktionalität ausbaufähig: Vorstellbar ist etwa die Einbeziehung sozialer Netzwerke, um Erlebnisse und favorisierte Ausstellungsinhalte zu teilen. Oder eine Lernfunktion für das Abfragen von Wissen, eine Verknüpfung mit Onlineenzyklopädien sowie Public Content Systemen, welche den Besuchern das Hinzufügen eigener Inhalte ermöglichen könnten. Die Möglichkeiten für den Ausbau einer solchen Anwendung sind nahezu grenzenlos.

**Standardisierte Museumsapplikationen** Viele Teilnehmer der Onlineumfrage wünschen sich konsolidierte mobile Anwendungen im kulturellen Bereich (vgl. Abschnitt 3.2.2). Zu viele verschiedene Applikationen werden als problematisch und unpraktikabel angesehen. Daher muss versucht werden, standardisierte Module und Formate einzuführen, welche großflächig einsetzbare mobile Anwendungen ermöglichen, ähnlich wie es beispielsweise vom EU Projekt meSch<sup>4</sup> angestrebt wird. Optimalerweise sollten modular aufgebaute Apps entwickelt werden, welche die Nutzung in mehreren Museen erlauben

Ziel sollte es sein, die positiven Effekte der in dieser Arbeit entstandenen Anwendung zu nutzen und geeignete Maßnahmen zu finden, um diese zu verstärken. Dazu müssen die Eigenschaften der Sounds Cues noch genauer analysiert werden und es muss ein Bewusstsein für den positiven Effekt der Klanglandschaften auf das Museumserlebnis geschaffen werden.

Mobile Applikationen können mittels Audio im Museumskontext als Gedächtnisunterstützung eingesetzt werden. Die mithilfe der Sound Cues aufgebauten Klanglandschaften können eine Verbesserung des *Recalls* bewirken. Die Ergebnisse dieser Arbeit können diesbezüglich für die weitere Forschung und die Entwicklung auditiver Museums Apps womöglich von Nutzen sein.

<sup>4</sup><http://mesch-project.eu/>

# A. Verwendete Geräte

## Folgende Endgeräte standen zur Verfügung:

- **Samsung Galaxy Ace 2 (GT-I8160P)**

Technische Daten<sup>1</sup>:

- Android-Version: 4.1.2
- Auflösung: 480 x 800 Pixel, 3.8 inches
- RAM: 768 MB, CPU: Dual-core 800 MHz
- Sensoren: Accelerometer, Proximity, Compass

- **Samsung Note 8.0 (GT-N5110)**

Technische Daten<sup>2</sup>:

- Android-Version: 4.4.2
- Auflösung: 800 x 1280 Pixel, 8.0 inches
- RAM: 2 GB, CPU: Quad-core 1.6 GHz
- Sensoren: Accelerometer, Gyro, Proximity, Compass

## Als WLAN-Hotspot und Webserver stand folgendes Notebook zu Verfügung:

- **MSI GX610-100 (MS-16342)**

Technische Daten<sup>3 4</sup>:

- RAM: 2GB, CPU: AMD Turion 64 X2 TL56 (1.8GHz)
- Betriebssystem: Windows 7

## Folgende Kopfhörer standen zur Verfügung:

- **SteelSeries Siberia v2 Full-Size Headset**

Technische Daten<sup>5</sup>:

- Frequenzgang: 18 – 28000 Hz
- Impedanz: 32 Ohm

<sup>1</sup>[http://www.gsmarena.com/samsung\\_galaxy\\_ace\\_2\\_i8160-4559.php](http://www.gsmarena.com/samsung_galaxy_ace_2_i8160-4559.php)

<sup>2</sup>[http://www.gsmarena.com/samsung\\_galaxy\\_note\\_8\\_0\\_wi-fi-5253.php](http://www.gsmarena.com/samsung_galaxy_note_8_0_wi-fi-5253.php)

<sup>3</sup>[http://www.msiwhitebook.com/product\\_spec.asp?model=MS-1634](http://www.msiwhitebook.com/product_spec.asp?model=MS-1634)

<sup>4</sup>[http://www.msimobile.com/level3\\_productpage.aspx?id=71](http://www.msimobile.com/level3_productpage.aspx?id=71)

<sup>5</sup><http://steelseries.com/products/audio/steelseries-siberia-v2#section-specs>

# B. Feedbackbogen 0

## Fragebogen Audio-Objekte Gruppe 0

Seite 1

Laufende Nr.

Bitte Ausfüllen bzw. Ankreuzen

	<b>X</b>			
--	----------	--	--	--

### Das Stift Sindelfingen (1. OG)

	Stimme überhaupt nicht zu				Stimme voll zu
a) Ich fand die digitale Präsentation dieses Ausstellungsobjektes gelungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5

b) Die App konnte zu einer positiven Vermittlung der Inhalte dieses Ausstellungsobjektes beitragen

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

### Die Fachwerkstadt Sindelfingen (1.OG)

	Stimme überhaupt nicht zu				Stimme voll zu
a) Ich fand die digitale Präsentation dieses Ausstellungsobjektes gelungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5

b) Die App konnte zu einer positiven Vermittlung der Inhalte dieses Ausstellungsobjektes beitragen

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

### Stadtmodell (1. OG)

	Stimme überhaupt nicht zu				Stimme voll zu
a) Ich fand die digitale Präsentation dieses Ausstellungsobjektes gelungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5

b) Die App konnte zu einer positiven Vermittlung der Inhalte dieses Ausstellungsobjektes beitragen

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

### Tischharmonium (1. OG)

Das Tischharmonium ist ein kleines Tasteninstrument.

	Stimme überhaupt nicht zu				Stimme voll zu
a) Ich fand die digitale Präsentation dieses Ausstellungsobjektes gelungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5

b) Die App konnte zu einer positiven Vermittlung der Inhalte dieses Ausstellungsobjektes beitragen

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

## Fragebogen Audio-Objekte Gruppe 0

Seite 2

### Hexenverfolgung (2. OG)

bzw. Hexenprozesse

a) Ich fand die digitale Präsentation dieses Ausstellungsobjektes gelungen

Stimme überhaupt nicht zu					Stimme voll zu
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1	2	3	4	5	

b) Die App konnte zu einer positiven Vermittlung der Inhalte dieses Ausstellungsobjektes beitragen

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

### Willhelm Ganzhorn (2. OG)

Dichter aus Sindelfingen

a) Ich fand die digitale Präsentation dieses Ausstellungsobjektes gelungen

Stimme überhaupt nicht zu					Stimme voll zu
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1	2	3	4	5	

b) Die App konnte zu einer positiven Vermittlung der Inhalte dieses Ausstellungsobjektes beitragen

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

### Ausgrabungen und Funde (EG)

a) Ich fand die digitale Präsentation dieses Ausstellungsobjektes gelungen

Stimme überhaupt nicht zu					Stimme voll zu
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1	2	3	4	5	

b) Die App konnte zu einer positiven Vermittlung der Inhalte dieses Ausstellungsobjektes beitragen

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

### Waffen (EG)

a) Ich fand die digitale Präsentation dieses Ausstellungsobjektes gelungen

Stimme überhaupt nicht zu					Stimme voll zu
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1	2	3	4	5	

b) Die App konnte zu einer positiven Vermittlung der Inhalte dieses Ausstellungsobjektes beitragen

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5

# C. Feedbackbogen 1

## Fragebogen Audio-Objekte Gruppe 1

Seite 1

Laufende Nr.

Bitte Ausfüllen bzw. Ankreuzen

	<input checked="" type="checkbox"/>			
--	-------------------------------------	--	--	--

### Alte Bücher (1. OG)

in der großen Vitrine neben dem Stadtmodell

Stimme  
überhaupt  
nicht zu

Stimme  
voll zu

a) Ich fand die digitale Präsentation dieses Ausstellungsobjektes gelungen

1	2	3	4	5

b) Die App konnte zu einer positiven Vermittlung der Inhalte dieses Ausstellungsobjektes beitragen

1	2	3	4	5

### Feuereimer (1. OG)

Diese wurden früher zum Löschen von Feuern benutzt.

Stimme  
überhaupt  
nicht zu

Stimme  
voll zu

a) Ich fand die digitale Präsentation dieses Ausstellungsobjektes gelungen

1	2	3	4	5

b) Die App konnte zu einer positiven Vermittlung der Inhalte dieses Ausstellungsobjektes beitragen

1	2	3	4	5

### Stube aus dem 18. Jahrh. (1. OG)

Stimme  
überhaupt  
nicht zu

Stimme  
voll zu

a) Ich fand die digitale Präsentation dieses Ausstellungsobjektes gelungen

1	2	3	4	5

b) Die App konnte zu einer positiven Vermittlung der Inhalte dieses Ausstellungsobjektes beitragen

1	2	3	4	5

### Alte Truhe (2. OG)

Stimme  
überhaupt  
nicht zu

Stimme  
voll zu

a) Ich fand die digitale Präsentation dieses Ausstellungsobjektes gelungen

1	2	3	4	5

b) Die App konnte zu einer positiven Vermittlung der Inhalte dieses Ausstellungsobjektes beitragen

1	2	3	4	5

## Fragebogen Audio-Objekte Gruppe 1

## Seite 2

### Rattenfalle (2. OG)

a) Ich fand die digitale Präsentation dieses Ausstellungsobjektes gelungen

Stimme überhaupt nicht zu					Stimme voll zu
1	2	3	4	5	

b) Die App konnte zu einer positiven Vermittlung der Inhalte dieses Ausstellungsobjektes beitragen

1	2	3	4	5	

### Weberei (2. OG)

a) Ich fand die digitale Präsentation dieses Ausstellungsobjektes gelungen

Stimme überhaupt nicht zu					Stimme voll zu
1	2	3	4	5	

b) Die App konnte zu einer positiven Vermittlung der Inhalte dieses Ausstellungsobjektes beitragen

1	2	3	4	5	

### Elefanten-Knochen (EG)

a) Ich fand die digitale Präsentation dieses Ausstellungsobjektes gelungen

Stimme überhaupt nicht zu					Stimme voll zu
1	2	3	4	5	

b) Die App konnte zu einer positiven Vermittlung der Inhalte dieses Ausstellungsobjektes beitragen

1	2	3	4	5	

### Stadtgründung (EG)

a) Ich fand die digitale Präsentation dieses Ausstellungsobjektes gelungen

Stimme überhaupt nicht zu					Stimme voll zu
1	2	3	4	5	

b) Die App konnte zu einer positiven Vermittlung der Inhalte dieses Ausstellungsobjektes beitragen

1	2	3	4	5	



# D. Fragebogen A

## Fragebogen Ausstellungsobjekte A1

Laufende Nr.

### 1. Die Fachwerkstadt Sindelfingen (1.OG)

Wieviele doppelseitige Panele mit Texten und Bildern, auf denen man etwas über die Fachwerkstadt Sindelfingen erfahren kann, stehen im Ausstellungsraum?

### 2. Weberei (2. OG)

Welche zwei Pflanzen werden bei der Darstellung des Museums zur Herstellung von Textilien benutzt?

### 3. Stube aus dem 18. Jahrh. (1. OG)

Wieviele Stühle/Bänke stehen in der Stube?

### 4. Das Stift Sindelfingen (1. OG)

In welche Stadt wurde das Stift 1477 verlegt?

### 5. Feuereimer (1. OG)

Diese wurden früher zum Löschen von Feuern benutzt.

Aus welchem Material ist der im Museum ausgestellte Eimer hauptsächlich gemacht?

### 6. Hexenverfolgung (2. OG)

bzw. Hexenprozesse

Wie ist der Vorname der Frau, gegen die ein Prozess geführt wurde: "..... Ada"

### 7. Tischharmonium (1. OG)

Das Tischharmonium ist ein kleines Tasteninstrument.

Welche Farbe hat das im Museum ausgestellte Instrument? (So genau wie möglich)

### 8. Elefanten-Knochen (EG)

Wieviele Jahre alt sind die ausgegrabenen Elefanten-Knochen mindestens?

**Bitte Seite wenden ...**

**9. Waffen (EG)**

Wieviele Schwerter bzw. Schwert-ähnliche Waffen sind in der großen Vitrine bei den ausgestellten Waffen ausgestellt?

**10. Wilhelm Ganzhorn (2. OG)**

Wie war der Titel des Gedichtes/Liedes, welches er geschrieben hat und das im Museum vorgestellt wird?

**11. Stadtmodell (1. OG)**

Was ist in der Mitte des Stadtmodells zu sehen?

**12. Stadtgründung (EG)**

Wieviele Wappen sind auf einem der Panels zur Stadtgründung nebeneinander zu sehen?

**13. Rattenfalle (2. OG)**

Mit was wird die Ratte mit der alten Falle getötet?

**14. Alte Truhe (2. OG)**

Wo findet man das Label (die Beschriftung) auf der Truhe?

**15. Ausgrabungen und Funde (EG)**

Nenne einen der Volksstämme, von dem Gegenstände in Sindelfingen gefunden wurden und nun im Museum ausgestellt werden.

**16. Alte Bücher (1. OG)**

Nenne einen Titel oder Autor eines der dort ausgestellten Bücher

# E. Fragebogen B

## Fragebogen Ausstellungsobjekte B1

Seite 1

Laufende Nr.

### 1. Die Fachwerkstadt Sindelfingen (1.OG)

Welcher originale Teil eines Fachwerkhauses ist im entsprechenden Raum vorzufinden, der sogar größer ist, als der ebenfalls ausgestellte Dachziegel?

### 2. Weberei (2. OG)

In den Webereiräumen werden die Einzelschritte zur Herstellung von Textilien gezeigt. Wieviele Schritte sind dort insgesamt ausgezeichnet?

### 3. Stube aus dem 18. Jahrh. (1. OG)

Nenne eines der Motive, das auf den Ofenkacheln hinter dem Ofen zu sehen ist

### 4. Das Stift Sindelfingen (1. OG)

Welchen Spitznamen hatte der Lehrer und Berater, welcher in Sindelfingen Chorherr war und von dem im Museum auch ein Straßenschild hängt

### 5. Feuereimer (1. OG)

Diese wurden früher zum Löschen von Feuern benutzt.

Auf dem im Museum ausgestellten Eimer steht etwas geschrieben. Was steht dort?

### 6. Hexenverfolgung (2. OG)

bzw. Hexenprozesse

Um was handelt es sich bei dem kleinen handgeschriebenen Schriftstück, welches dort ausgestellt wird?

### 7. Tischharmonium (1. OG)

Das Tischharmonium ist ein kleines Tasteninstrument.

Wieviele schwarze Tasten besitzt das ausgestellte Instrument?

### 8. Elefanten-Knochen (EG)

Nenne eine Elefantenart, welche beim Ausstellungsstück genannt oder gezeigt wurde

**Bitte Seite wenden ...**

**9. Waffen (EG)**

Welche große Waffe wird neben einem Schwert ebenfalls ausgestellt?

**10. Wilhelm Ganzhorn (2. OG)**

Worauf ist das Gesicht vom Sindelfinger Dichter Wilhelm Ganzhorn bei seinem Ausstellungsstück abgebildet?

**11. Stadtmodell (1. OG)**

Den Zustand der Stadt aus welchem Jahrhundert stellt das Stadtmodell dar?

Jahrhundert

**12. Stadtgründung (EG)**

Wie hieß der Graf aus Tübingen, der die Stadt Sindelfingen mitbegründet hat?

**13. Rattenfalle (2. OG)**

Aus wievielen Holz-Einzelteilen besteht die im Museum gezeigte Rattenfalle?

**14. Alte Truhe (2. OG)**

Für welchen Zweck wurde diese Truhe früher verwendet?

**15. Ausgrabungen und Funde (EG)**

Welche Gegenstände wurde außer alten Waffen und Elefanten-Knochen z.B. noch ausgegraben?

**16. Alte Bücher (1. OG)**

in der großen Vitrine neben dem Stadtmodell

Wieviele Schriftstücke/Bücher sind in der großen Vitrine neben dem Stadtmodell etwa ausgestellt?

# F. Onlineumfrage

## Mobile Apps in Museen

### Allgemeine Angaben

**Alter \***

**Geschlecht**

Bitte wähle nur eine der folgenden Antworten aus:

Weiblich

Männlich

Sonstiges

**Welcher Berufsgruppe gehörst du an? \***

Bitte wähle nur eine der folgenden Antworten aus:

Schüler

Student/Azubi

Angestellter

Leitender Angestellter

Beamter

Selbstständig

Rentner

arbeitslos

Sonstiges

## Allgemeine Museumsfragen

### Wie oft gehst du im Jahr etwa ins Museum?

Bitte wähle nur eine der folgenden Antworten aus:

- Nie
- 1 Mal im Jahr
- 2-3 Mal im Jahr
- 4-6 Mal im Jahr
- 6-10 Mal im Jahr
- Mehr als 10 Mal im Jahr

### Wie wirst du in der Regel auf Ausstellungen etc. von Museen aufmerksam?

Bitte wähle **alle** Punkte aus, die zutreffen:

- Über Bekannte/Verwandte
- Internetpräsentation des Museums/der Stadt
- Andere Internetseiten
- Soziale Netzwerke
- Mobile Apps
- Werbeplakate
- Werbebroschüren/-flyer
- Zeitungsartikel/-werbung
- Gelegenheit vor Ort (Zufall/Urlaub/Ausflug)
- Sonstiges:

**Hast du dich schon mal vor dem Museumsbesuch näher mit den dort präsentierten Inhalten beschäftigt? Wenn ja, wie?**

Bitte wähle **alle** Punkte aus, die zutreffen:

- Internetpräsentation des Museums/der Stadt
- Andere Internetseiten
- Mobile App
- Info/Werbe-Broschüren/-Flyer
- Info-Medium (CD, DVD etc.)
- Sonstiges:

**Hast du dich schon mal nach dem Museumsbesuch näher mit den dort präsentierten Inhalten beschäftigt? Wenn ja, wie?**

Bitte wähle **alle** Punkte aus, die zutreffen:

- Internetpräsentation des Museums/der Stadt
- Andere Internetseiten
- Mobile App
- Info/Werbe-Broschüren/-Flyer
- Info-Medium(CD, DVD etc.)
- Sonstiges:

**Was stört dich in der Regel bei einem Museumsbesuch?**

Bitte wähle **alle** Punkte aus, die zutreffen:

- Ausstellungsthema interessiert mich nicht
- Große Menschenmenge
- Spärliche Präsentation der Ausstellungsstücke
- Mangel an Interaktionsmöglichkeiten
- Wenig Abwechslung beim Museumsrundgang
- Sonstiges:

## Mobile Museums-Apps 1

### Welche mobilen Apps verwendest du regelmäßig?

Bitte wähle **alle** Punkte aus, die zutreffen:

- Telefon
- Information (Zeitungen, Nachrichten, Blogs etc.)
- Messaging/Texting/E-Mail
- Videochat
- Musik
- Spiele
- Sonstige Unterhaltung (Surfen, Videos, Quiz, ...)
- Office
- Social Networking
- Navigation (Routenplaner, Google Maps, ...)
- Sonstiges:

**Mobile Apps** (Applikationen) sind Anwendungssoftware für mobile Geräte wie etwa Smartphones und Tablets.

### Hast du schon mal eine mobile App eines Museums oder einer anderen kulturellen Einrichtung verwendet? \*

Bitte wähle nur eine der folgenden Antworten aus:

- Ja
- Nein

### Wie sind deine Erfahrungen mit der App/den Apps?

**Beantworte diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:**

Antwort war 'Ja' bei Frage '10 [MuseumsAppBenutzt]' (Hast du schon mal eine mobile App eines Museums oder einer anderen kulturellen Einrichtung verwendet?)

Bitte wähle die zutreffende Antwort aus:

- |                     |                       |                       |                       |                       |                       |                     |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
|                     | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     |                     |
| Vollständig positiv | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Vollständig negativ |

### Wenn du möchtest, erläutere deine vorherige Angabe:



### Welche Features hatte(n) die App(s)?

**Beantworte diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:**

Antwort war 'Ja' bei Frage '10 [MuseumsAppBenutz]' (Hast du schon mal eine mobile App eines Museums oder einer anderen kulturellen Einrichtung verwendet?)

Bitte wähle **alle** Punkte aus, die zutreffen:

- Vorabnavigation zum Museum
- Vorabinformation (Vorschau der Ausstellungsinhalte, etc.)
- Virtueller Vorabrundgang
- Virtueller Rundgang des Erlebten nach dem Museumsbesuch
- Sprach-Audioguide
- 3D-Audio-Sounds
- Rundgang-Navigation
- Visuelle Unterstützung auf dem Display (Karte, Orientierung)
- Informationen auf dem Display (Zusatzinfos, Querverweise)
- Hinterher-Infos (Zusammenfassung der Ausstellungsinhalte, etc.)
- Sonstiges:

## Mobile Museums-Apps 2

### Könntest du dir vorstellen, eine mobile App beim nächsten Museumsbesuch zu benutzen? \*

Bitte wähle nur eine der folgenden Antworten aus:

- Ja  
 Nein

### In welchen der folgenden Situationen würdest du die App verwenden:

Beantworte diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'Ja' bei Frage '14 [VorstellenAppNutzung]' (Könntest du dir vorstellen, eine mobile App beim nächsten Museumsbesuch zu benutzen? )

Bitte wähle **alle** Punkte aus, die zutreffen:

- Alleine im Museum  
 Mit Freunden/Partner im Museum  
 Mit Familie/Kindern im Museum  
 Mit einer größeren Gruppe im Museum (> 6 Personen)  
 Sonstiges:

### Würdest du dir Features für die Museums-App wünschen, welche du zu Hause / vor / während / nach dem Museumsbesuch nutzen könntest?

#### Ich würde mir Features wünschen, welche ich ...

Bitte wähle **alle** Punkte aus, die zutreffen:

- ... zu Hause vor dem Besuch nutzen könnte  
 ... unterwegs zum Besuch nutzen könnte  
 ... während des Besuchs nutzen könnte  
 ... nach dem Besuch nutzen könnte

**Welche Features einer fiktiven Museums-App würdest du benutzen?**

Bitte wähle die zutreffende Antwort aus:

	Auf jeden Fall				Auf keinen Fall
Vorabnavigation zum Museum	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vorabinfos über die Ausstellung(en) und Inhalte	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Virtueller Vorabrundgang	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Audio-Sprachguide	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3D-Audiounterstützung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
MultiMedia-Inhalte auf mobilem Gerät	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rundgang-Navigation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Erlebnisbericht nach dem Besuch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Virtueller Rundgang nach dem Besuch auf mobilem Gerät	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Sonstige Feature:**

Bitte gib hier Deine Antwort ein:

Falls deiner Meinung nach oben ein Feature nicht genannt wurde.

**Würdest du dein oben genanntes Feature benutzen?**

Beantworte diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:  
Antwort war bei Frage '18 [SonstigesFeature]' (Sonstige Feature:)

Bitte wähle die zutreffende Antwort aus:

	Auf jeden Fall				Auf keinen Fall
{SonstigesFeature}	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Wie oft würdest du bestimmte Features einer solchen App während des Besuchs benutzen? (ggf. mit Kopfhörer)**

Bitte wähle die zutreffende Antwort aus:

	Durchgängig	Sehr häufig	Stellenweise	Nur wenn notwendig	Nie
Display-Navigation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Display-Zusatzinformationen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sprach-Navigation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sprach-Informationen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3D-Audio-Sounds	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Wie oft würdest du dein Feature während des Besuchs benutzen?**

**Beantworte diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:**

Antwort war bei Frage '18 [SonstigesFeature]' (Sonstige Feature:)

Bitte wähle die zutreffende Antwort aus:

	Durchgängig	Sehr häufig	Stellenweise	Nur wenn notwendig	Nie
{SonstigesFeature}	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## Deine Meinung zu mobilen Apps in Museen

**Denkst du es trifft zu, dass digitale Inhalte und Interaktionen mit Ausstellungsobjekten per Museums-App das Museumserlebnis verbessern können?**

Bitte wähle die zutreffende Antwort aus:

Trifft zu

Trifft nicht zu

**Wenn du möchtest, eräutere deine vorherige Aussage:**

**Denkst du es trifft zu, dass digitale Inhalte und Interaktionen mit Ausstellungsobjekten per Museums-App zu einer besseren Informationsaufnahme führen können?**

Bitte wähle die zutreffende Antwort aus:

Trifft zu

Trifft nicht zu

**Wenn du möchtest, eräutere deine vorherige Aussage:**

**Welche Probleme siehst du bei der Verwendung einer mobiler Museums-App?**

**Welche Features einer mobilen Museums-App fändest du am besten?**

# Literaturverzeichnis

- [AGKO04] L. Aalto, N. Gothlin, J. Korhonen, T. Ojala. Bluetooth and WAP Push Based Location-Aware Mobile Advertising System. *MobiSYS '04: Proceedings of the 2nd international conference on Mobile systems, applications, and services*, S. 49–58, 2004. (Zitiert auf Seite 60)
- [Alt12] S. R. Alten. *Working with audio*. Course Technology PTR, Boston and MA, 2012. (Zitiert auf Seite 19)
- [And81] J. R. Anderson. Interference: The relationship between response latency and response accuracy. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, (7):326–343, 1981. (Zitiert auf Seite 16)
- [AS68] R. C. Atkinson, R. M. Shiffrin. Human memory: A proposed system and its control processes. *The Psychology of learning and motivation: Advances in research and theory (vol. 2)*, S. 89–105, 1968. (Zitiert auf Seite 17)
- [ASGS13] F. Alt, S. Schneegaß, M. Girgis, A. Schmidt. Cognitive Effects of Interactive Public Display Applications. *Proceedings of the 2013 International Symposium on Pervasive Displays*, S. 6, 2013. (Zitiert auf Seite 26)
- [ASS07] D. Anderson, M. Storksdieck, M. Spock. Understanding the Long-Term Impacts of Museum Experiences. In J. H. Falk, L. D. Dierking, S. Foutz, Herausgeber, *In principle, in practice, Learning innovations series*, S. 197–215. AltaMira Press, Lanham, 2007. (Zitiert auf Seite 27)
- [BBC12] J. R. Blum, M. Bouchard, J. R. Cooperstock. What's around me? Spatialized audio augmented reality for blind users with a smartphone. *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering Volume 104*, S. 49–62, 2012. (Zitiert auf den Seiten 12, 22 und 23)
- [BGAK08] G. H. Bower, M. A. Gluck, J. R. Anderson, S. M. Kosslyn. *Memory and mind: A festschrift for Gordon H. Bower*. Lawrence Erlbaum Associates, New York, 2008. (Zitiert auf Seite 16)
- [Bla97] J. Blauert. *Spatial hearing: The psychophysics of human sound localization*. MIT Press, Cambridge, revised edit Auflage, 1997. (Zitiert auf Seite 19)
- [BM80] J. G. Beard, R. Maunier. Measuring leisure satisfaction. *Journal of Leisure Research*, (12):20–33, 1980. (Zitiert auf Seite 25)
- [BPCSR12] D. A. Bernstein, Penner Louis A., A. Clarke-Stewart, E. Roy. *Psychology*. Wadsworth, Cengage Learning, Belmont and CA, 9th ed Auflage, 2012. (Zitiert auf Seite 17)
- [BPN<sup>+</sup>08] J. Bailensona, K. Patelb, A. Nielsena, R. Bajscyc, S.-H. Jungc, G. Kurilloc. The Effect of Interactivity on Learning Physical Actions in Virtual Reality. *Media Psychology*, (11):354–376, 2008. (Zitiert auf Seite 26)

- [Bro24] T. Brown. *Lectures on the philisophy of the human mind*. John Grigg and William P. Bason, Philadelphia, 1824. (Zitiert auf Seite 16)
- [BZ00] A. Ben-Ze'ev. *The subtlety of emotions*. MIT Press, Cambridge and Mass, 2000. (Zitiert auf Seite 28)
- [Cal96] M. W. Calkins. Association: An essay analytic and experimental. *Psychological Review Monopgrahs Supplement*, 1(2), 1896. (Zitiert auf Seite 16)
- [Cas10] M. Castells. *The information age: Economy, society and culture*. Wiley-Blackwell, Oxford and England, 2nd ed. with a new preface [rev.] Auflage, 2010. (Zitiert auf Seite 10)
- [CS12] S. Chan, G. Sohn. Indoor Localization Using WI-FI Based Fingerprinting And Trilateration Techniques For LBS Applications. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, (Volume XXXVIII-4/C26), 2012. (Zitiert auf den Seiten 57 und 58)
- [Deb08] N. Deblauwe. *GSM-based positioning: Techniques and application*. Vubpress, Brüssel, 2008. (Zitiert auf Seite 58)
- [DK08] M. Das, S. Kolack. *Technology, values, and society: Social forces in technological change*, Band v. 27 von *American University studies, series XI, Anthropology and Sociology*. Peter Lang, New York, rev. ed Auflage, 2008. (Zitiert auf Seite 10)
- [DL93] G. Davies, R. H. Logie. *Memory in everyday life*, Band 100 von *Advances in psychology*. North-Holland, Amsterdam and New York, 1993. (Zitiert auf Seite 9)
- [DLW08] T. Dingler, J. Lindsay, B. N. Walker. Learnability Of Sound Cues For Environmental Features: Auditory Icons, Earcons, Spearcons, And Speech. *Proceedings of the 14th International Conference on Auditory Display*, 2008. (Zitiert auf Seite 21)
- [DNP<sup>+</sup>14] T.-K. Dao, H.-L. Nguyen, T.-T. Pham, E. Castelli, V.-T. Nguyen, D.-V. Nguyen. User Localization in Complex Environments by Multimodal Combination of GPS, WiFi, RFID, and Pedometer Technologies. *The Scientific World Journal*, 2014(12):1–7, 2014. (Zitiert auf Seite 59)
- [Est14] Estes, William K. *Handbook of Learning and Cognitive Processes: Approaches to Human Learning and Motivation*. Psychology Pr, New York, 2014. (Zitiert auf Seite 15)
- [Fal09] J. H. Falk. *Identity and the Museum Visitor Experience*. Left Coast Press, Walnut Creek and CA, 2009. (Zitiert auf den Seiten 23, 24, 25, 26, 27 und 28)
- [FDF07] J. H. Falk, L. D. Dierking, S. Foutz, Herausgeber. *In principle, in practice: Museums as learning institutions*. Learning innovations series. AltaMira Press, Lanham, 2007. (Zitiert auf Seite 25)
- [FMNS11] H. Fukada, T. Mori, H. Noguchi, T. Sato. Use of Active RFID and Environment-Embedded Sensors for Indoor Object Location Estimation. In C. Turcu, M. Cerlinca, R. Prodan, T. Cerlinca, Herausgeber, *Application of RFID Technology in eHealth*, S. 219–236. INTECH Open Access Publisher, 2011. (Zitiert auf den Seiten 59 und 60)
- [Hoh02] G. Hohl. Programmable self-teaching audio memorizing aid, 2002. (Zitiert auf Seite 18)

- [HPT<sup>+</sup>04] G. R. Hayes, S. N. Patel, Truon, Khai N., G. Iachello, J. A. Kientz, R. Farmer, G. D. Abowd. LNCS 3160 - The Personal Audio Loop: Designing a Ubiquitous Audio-Based Memory Aid. *MobileHCI 2004, LNCS 3160*, S. 168–179, 2004. (Zitiert auf Seite 17)
- [Joh08] N. B. Johansen. *New research on short-term memory*. Nova Biomedical Books, New York, 2008. (Zitiert auf Seite 17)
- [Kah12] M. J. Kahana. *Foundations of human memory*. Oxford University Press, New York, 2012. (Zitiert auf den Seiten 15, 16 und 17)
- [KH80] F. Klix, J. Hoffmann. *Cognition and memory*, Band 5 von *Advances in psychology*. North-Holland Pub. Co. and Sole distributors for the U.S.A. and Canada, Elsevier North-Holland, Amsterdam and New York and New York, 1980. (Zitiert auf Seite 17)
- [Kim05] G. J. Kim. *Designing virtual reality systems: The structured approach*. Springer, London, 2005. (Zitiert auf Seite 20)
- [LHL07] Y. Li, J. I. Hong, J. A. Landay. Design Challenges and Principles for Wizard of Oz Testing of Location-Enhanced Applications. *IEEE Pervasive Computing*, April 2007:70–75, 2007. (Zitiert auf Seite 60)
- [Lon04] R. Longoria. *Designing Software for the Mobile Context: A Practitioner's Guide*. Computer Communications and Networks, 1617-7975. Springer London, London, 2004. (Zitiert auf Seite 60)
- [LSVW11] Link, Jo Agila Bitsch, P. Smith, N. Viol, K. Wehrle. FootPath: Accurate Map-based Indoor Navigation Using Smartphones. *2011 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN)*, S. 1–8, 2011. (Zitiert auf den Seiten 58 und 59)
- [Mil56] G. A. Miller. The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review* 63 (2), S. 81–97, 1956. (Zitiert auf Seite 17)
- [MR10] D. R. Moore, A. Rees. *Oxford handbook of auditory science: The Auditory Brain*. Oxford Univ. Press, Oxford [u.a.], 1. publ Auflage, 2010. (Zitiert auf Seite 20)
- [MS12] G. Milette, A. Stroud. *Professional Android sensor programming*. Wrox professional guides. John Wiley & Sons, Indianapolis, 2012. (Zitiert auf Seite 56)
- [MVFB10] E. Martin, O. Vinyals, G. Friedland, R. Bajcsy. Precise Indoor Localization Using Smart Phones. *MM '10 Proceedings of the international conference on Multimedia*, S. 787–790, 2010. (Zitiert auf den Seiten 58, 59 und 60)
- [MW69] B. B. Murdock, K. D. Walker. Modality effects in free recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 8(5):665–676, 1969. doi:10.1016/S0022-5371(69)80120-9. (Zitiert auf den Seiten 15 und 16)
- [Nev09] J. S. Nevid. *Psychology: Concepts and applications*. Houghton Mifflin Co., Boston, 3rd ed Auflage, 2009. (Zitiert auf Seite 16)
- [NLLP04] L. M. Ni, Y. Liu, Lau, Y. Choi. U., A. P. Patil. Indoor Location Sensing Using Active RFID. *Wireless Networks* 10, 2004:701–710, 2004. (Zitiert auf den Seiten 58 und 60)



- [Nor88] D. A. Norman. *The design of everyday things*. Basic Books, New York, 1st basic paperback Auflage, 1988. (Zitiert auf Seite 9)
- [OVLL05] V. Otsason, A. Varshavsky, A. LaMarca, E. d. Lara. Accurate GSM Indoor Localization. In M. Beigl, Herausgeber, *UbiComp 2005: Ubiquitous Computing*, Band 3660, S. 141–158. Springer, Berlin [u.a.], 2005. (Zitiert auf den Seiten 57, 58 und 60)
- [Pac06] J. Packer. Learning for Fun: The Unique Contribution of Educational Leisure Experiences. *Curator 2006 vol 49 Issue 3*, S. 329–344, 2006. (Zitiert auf Seite 25)
- [PCB00] N. B. Priyantha, A. Chakraborty, H. Balakrishnan. The Cricket Location-Support System. *Mobile Computing and Networking*, S. 32–43, 2000. (Zitiert auf Seite 60)
- [PTC07] S. E. Prince, T. Tsukiura, R. Cabeza. Distinguishing the neural correlates of episodic memory encoding and semantic memory retrieval. *Psychological Science*, (18):144–151, 2007. (Zitiert auf Seite 17)
- [Ros03] Rose, Steven P. R. *The making of memory: From molecules to mind*. Vintage, London, rev. ed Auflage, 2003. (Zitiert auf Seite 27)
- [SK04] K. Stevens, P. Keller. Meaning from Environmental Sounds: Types of Signal-Referent Relations and Their Effect on Recognizing Auditory Icons. *J Exp Psychol Appl*. 2004 Mar., 2004. (Zitiert auf den Seiten 21 und 22)
- [Spe14] N. E. Spear. *The processing of memories: Forgetting and retention*, Band volume 23 von *Psychology library editions. Memory*. Psychology Press, Hove and East Sussex and UK, 2014. (Zitiert auf Seite 16)
- [Syl95] R. Sylwester. *A celebration of neurons: An educator's guide to the human brain*. Association for Supervision and Curriculum Development, Alexandria and Va, 1995. (Zitiert auf Seite 27)
- [TC00] E. Tulving, Craik, Fergus I. M. *The Oxford handbook of memory*. Oxford University Press, Oxford and New York, 2000. (Zitiert auf Seite 15)
- [VSW<sup>+</sup>04] S. Vemuri, C. Schmandt, B. Walter, S. Tellex, B. Lassey. An Audio-Based Personal Memory Aid. *Proceedings of UbiComp 2004: Ubiquitous Computing*, 2004. (Zitiert auf Seite 18)
- [Wau70] N. C. Waugh. Associative symmetry and recall latencies: a distinction between learning and performance. *Acta Psychologica*, (33):326–337, 1970. (Zitiert auf Seite 16)
- [WE14] M. E. Winston, R. Edelbach. *Society, ethics, and technology*. Wadsworth Cengage Learning, Boston and MA, 5th ed Auflage, 2014. (Zitiert auf Seite 10)
- [WHFG92] R. Want, A. Hopper, V. Falcão, J. Gibbons. The Active Badge Location System. *ACM Transactions on Information Systems*, (Volume 10 Issue 1):91–102, 1992. (Zitiert auf Seite 60)
- [ZGL03] V. Zeimpekis, G. M. Giaglis, G. Lekakos. A Taxonomy of Indoor and Outdoor Positioning Techniques for Mobile Location Services. *ACM SIGecom Exchanges - Mobile commerce*, (Volume 3 Issue 4):19–27, 2003. (Zitiert auf Seite 58)

Alle URLs wurden zuletzt am 28. 08. 2014 geprüft.

## **Erklärung**

Ich versichere, diese Arbeit selbstständig verfasst zu haben. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt und alle wörtlich oder sinngemäß aus anderen Werken übernommene Aussagen als solche gekennzeichnet. Weder diese Arbeit noch wesentliche Teile daraus waren bisher Gegenstand eines anderen Prüfungsverfahrens. Ich habe diese Arbeit bisher weder teilweise noch vollständig veröffentlicht. Das elektronische Exemplar stimmt mit allen eingereichten Exemplaren überein.

---

Ort, Datum, Unterschrift