

Bachelorarbeit im Studiengang Audiovisuelle Medien

# Knochenschalltechnologie

Qualitative Studie zum Einsatz von Knochenschallkopfhörern  
an akustischen Führungssystemen in Ausstellungen und Museen

vorgelegt von Clemens Dursch  
an der Hochschule der Medien Stuttgart  
am 19.08.2014

Erstprüfer: Prof. Ursula Drees  
Zweitprüfer: Prof. Oliver Curdt

## 1. Erklärung

Hiermit versichere ich, Clemens Dursch, an Eides Statt, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Titel: „Knochenschalltechnologie – Qualitative Studie zum Einsatz von Knochenschallkopfhörern an akustischen Führungssystemen in Ausstellungen und Museen“ selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Die Stellen der Arbeit, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach anderen Werken entnommen wurden, sind in jedem Fall unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht. Die Arbeit ist noch nicht veröffentlicht oder in anderer Form als Prüfungsleistung vorgelegt worden.

Ich habe die Bedeutung der eidesstattlichen Versicherung und die prüfungsrechtlichen Folgen (§26 Abs. 2 Bachelor-SPO (6 Semester), § 23 Abs. 2 Bachelor-SPO (7 Semester) bzw. § 19 Abs. 2 Master-SPO der HdM) sowie die strafrechtlichen Folgen (gem. § 156 StGB) einer unrichtigen oder unvollständigen eidesstattlichen Versicherung zur Kenntnis genommen.

Tübingen, 08.08.2014

---

## 2. Abstract

In einer qualitativen Studie wurde mit sechs Probanden der praktische Einsatz eines Knochenschallkopfhörers untersucht. Die Versuche wurden im Staatlichen Museum für Naturkunde Stuttgart durchgeführt. Zum direktem Vergleich wurde in derselben Preisklasse ein offener, aufliegender Kopfhörer benutzt. Es konnte bestätigt werden, dass der ohraufliegende Kopfhörer eine einschränkende Wirkung auf bestimmte Interaktionsebenen ausübt und dass der Knochenschallkopfhörer keinen einschränkenden Effekt im Interaktionsraum der Probanden hat. Alle Probanden bestätigten, dass bei beiden Kopfhörer eine, für die Vermittlung ausreichende Klangqualität gegeben war. Tendenziell wurde der Klang aus dem Knochenschallkopfhörer als besser empfunden. Die stärkere Sympathieentwicklung fand zu Gunsten des Knochenschallkopfhörers statt.

### **Schlagwörter:**

Audioführung , Ausstellung , Museum , Körperschall , Hören , Interaktion , Wahrnehmung , Studie , Qualitatives Interview , Kopfhörer , Exponat , Besucher , Raum , Klang , Vermittlung , Knochenschall , Audioguide

In a qualitative study with six subjects the applied use of bone conduction headphones was tested. Experiments were conducted in the Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart. For direct comparison equally priced open-back, supra-aural headphones were used. A restriction of particular interaction levels with the supra-aural headphones could be confirmed while there was no restrictive effect in the subject's interaction space with the bone conduction headphones. All of the subjects confirmed a sound quality sufficient for communication with both headphones. There was a trend to perceive the sound of the bone conduction headphones as slightly better. Stronger sympathy was developed toward the bone conduction headphones.

### **keywords:**

audio tour , exhibition , museum , mechanical vibration , listening , interaction , perception , study , qualitative interview , headphones , exhibit , visitor , space , sound , communication , bone conduction , mobile guide

## 3. Inhaltsverzeichnis

<b>1. Erklärung.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Abstract.....</b>	<b>2</b>
<b>3. Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>3</b>
<b>4. Einleitung.....</b>	<b>5</b>
4.1 Luftleitungshören – Air Conduction.....	6
4.1.1 Schallaufnahme und -weiterleitung beim Hörvorgang.....	7
4.1.2 Räumliches Hören natürlicher Schallquellen.....	9
4.1.3 Räumliches Hören bei Kopfhörerwiedergabe.....	11
4.2 Knochenleitungshören – Bone Conduction.....	12
4.2.1 Funktionsprinzip eines Knochenschallkopfhörers.....	14
4.2.2 Grenzen der Technik.....	17
4.3 Akustische Führungssysteme in Museen.....	18
4.3.1 Abhängigkeit und Flexibilität.....	19
4.3.2 Verbreitung in deutschen Museen.....	20
4.3.3 Hand- oder Kopfhörer?.....	21
4.3.4 Hören und Zuhören.....	22
<b>5. Ziel und Annahmen der Studie.....</b>	<b>24</b>
5.1 Modell der Interaktionsebenen.....	24
5.1.1 Definition der Interaktionsebenen.....	25
5.1.2 Hörsituation beim ohraufliegenden Kopfhörer.....	25
5.1.3 Hörsituation beim Knochenschallkopfhörer.....	26
5.2 Die Thesen.....	27
<b>6. Methoden.....</b>	<b>28</b>
6.1 Vorbereitung.....	28
6.2 Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart.....	28
6.3 Stichprobe.....	29
6.4 Qualitatives Interview.....	29
6.4.1 Erstellung des Gesprächsleitfadens.....	31
6.4.2 Struktur und Informationsbewertung.....	31
6.6 Apparatur und Materialien.....	32
6.6.1 Audioguide.....	32

3. Inhaltsverzeichnis	4
6.6.2 Kopfhörer.....	33
6.6.3 Mobiler Recorder.....	34
6.7 Versuchsdesign und Ablauf.....	35
6.7.1 Testzeitraum.....	35
6.7.2 Ablauf im Museum.....	36
6.7.3 Interview.....	39
6.7.4 Zusammenfassung der Antworten.....	39
<b>7. Ergebnisse.....</b>	<b>41</b>
7.1 Ergebnisse der Interviews.....	41
7.1.1 Proband 1.....	41
7.1.2 Proband 2.....	43
7.1.3 Proband 3.....	45
7.1.4 Proband 4.....	47
7.1.5 Proband 5.....	49
7.1.6 Proband 6.....	51
7.3 Eignung als Komponente eines Führungssystems.....	53
7.4 Überprüfung der Thesen.....	53
<b>8. Diskussion und Fazit.....</b>	<b>55</b>
8.1 Einordnung der Ergebnisse.....	55
8.1.1 Geräuschkulisse und Lautstärke.....	55
8.1.2 Kopfhörerträger.....	57
8.1.3 Klangqualität.....	57
8.1.4 Hygiene.....	59
8.1.5 Betrachtung der Modelle der Interaktionsebenen.....	60
8.1.6 Auswirkungen auf die Flexibilität.....	62
8.3 Eingrenzung der Studie.....	62
8.4 Fazit.....	63
<b>9. Literaturverzeichnis.....</b>	<b>65</b>
<b>10. Darstellungsverzeichnis.....</b>	<b>69</b>
<b>11. Anhang.....</b>	<b>70</b>

## 4. Einleitung

Erste Eindrücke der Technologie eines Knochenschallkopfhörers, konnte ich im Rahmen einer studentischen Produktion<sup>1</sup> an der Hochschule der Medien in Stuttgart sammeln. Leicht vor dem Ohr, in Richtung des Wangenknochens platziert, übertragen solche Kopfhörer akustische Schwingungen auf den Schädelknochen, die auf diese Weise hörbar werden. Bei der Planung für die Gestaltung eines interaktiven Erlebnisraums, überprüften wir, ob mit solch einem Knochenschallkopfhörer Klänge hörbar werden, wenn dieser auf der Stirn aufliegt. Es zeigte sich, dass die Klänge zwar hörbar waren, wir empfanden diese aber für unsere Anwendung als zu leise. Wenn man den Hörer jedoch an die vorgesehene Stelle am Ohr platzierte, war die Lautstärke deutlich stärker. Wir empfanden es als einen angenehmen Effekt, dass beim Hören über diese Technologie die Ohren nicht verdeckt waren und man dadurch alle von außen einfallenden Geräusche sehr gut wahrnehmen konnte. Im Gegensatz zu anderen Kopfhörern übte dieser kein Gefühl der Isolation auf uns aus. Ich suchte daraufhin nach Einsatzgebieten, in dem diese Qualitäten einen entscheidenden Mehrwert bieten könnten.

Gute Chancen für einen sinnvollen und geeigneten Einsatz wurden bei akustischen Führungen in Ausstellungsräumen als wahrscheinlich eingestuft. Erste Recherchen zeigten dass es eine Vielfalt an unterschiedlichen Systemen für Besucherführungen in Museen gibt. Auf der Anbieterseite wächst die Anzahl derer, die sich auf solche Führungssysteme spezialisiert haben, auf der Museumsseite steigt hingegen die Unsicherheit gegenüber der Vielfalt der technischen Umsetzungsmöglichkeiten und einer damit verbundenen Erwartungshaltung der Besucher.<sup>2</sup> Gerade weil der technische Sektor in dieser Hinsicht sich ständig weiterentwickelt, entstehen viele neue Möglichkeiten, die realisierbar und finanzierbar, werden. Bei aller Faszination für neue technische Gestaltungsmöglichkeiten, sollte jedoch auch beachtet werden, dass ein Hauptgrund für einen Museumsbesuch die soziale und kommunikative Atmosphäre in den Ausstellungsräumen ist. Wenn die Besucher alle einen Knopf im Ohr bzw. einen Kopfhörer auf haben, wird die Kommunikation mit Freunden eingeschränkt.<sup>3</sup> Bei der Recherche, in Bezug auf die Anforderungen an ein akustisches Führungssystem, zeigte sich,

<sup>1</sup> Vgl. <http://www.hdm-stuttgart.de/event-media/> unter: Showroom/Edgar`s Paper Palace. [05.08.2014 20:48 Uhr].

<sup>2</sup> Vgl. Henker, Geleitwort, in: Mit den Ohren sehen, hg. v. Hannelore Kunz-Ott, Deutscher Kunstverlag, Berlin/München 2012, S. 9.

<sup>3</sup> Vgl. Kunz-Ott, Hören, was es zu sehen gibt, Zum Einsatz von Audioguides, in: Mit den Ohren sehen, hg. v. Hannelore Kunz-Ott, Deutscher Kunstverlag, Berlin/München 2012, S. 20.

dass der Einsatz eines Knochenschallkopfhörers eventuell entschiedene Vorteile gegenüber anderen Lösungen bieten kann:

*„The device needs to dovetail with the activity of museum visiting – that is, it does not interfere with visitors’ interactions with other people or exhibits; it is available as soon as it is required and is unobtrusive when it is not needed.“<sup>4</sup>*

Solch ein System sollte also den Museumsbesucher keinesfalls in seinen Möglichkeiten der Interaktion einschränken und bei Nichtverwendung dezent und unaufdringlich sein. Sollte sich herausstellen, dass sich Museumsbesucher mit einem Knochenschallkopfhörer wohl fühlen und dass sie diese an einem akustischen Führungssystem anderen Kopfhörern vorziehen, könnte diese neue technische Möglichkeit ebenso von der Museumsseite bedeutend an Relevanz gewinnen. Die Vorteile die sich daraus ergeben, könnten sich sowohl auf die wirtschaftliche, als auch auf die bildungspolitische Ebene auswirken. Ob den verschiedenen Anforderungen womöglich ein Knochenschallkopfhörer besser gerecht wird als ein herkömmlicher Kopfhörer, gilt es zu untersuchen. Doch im ersten Schritt sollten generell die unterschiedlichen Vorgänge des Hörens beachtet und beschrieben werden, um die Knochenschalltechnologie besser verstehen zu können.

## 4.1 Luftleitungshören – Air Conduction

Das Hören über die Luftleitung ist die effektivste Art des Hörens. Ein Vergleich mit dem Hören über die Knochenleitung zeigt, dass bei mittleren und hohen Frequenzen das Luftleitungshören ca. 40 dB und bei tiefen Frequenzen sogar um bis zu 70 dB effektiver ist. (Blauert, Els, & Schroeter, 1980).<sup>5</sup> In fast allen Hörsituationen überdecken die Schallanteile, die über die Luft zum Ohr gelangen, die Knochenschallanteile. Wenn man allgemein vom Hören spricht, ist also vor allem das Hören über die Luftleitung gemeint. Im Englischen spricht man auch von *air conduction*.

---

<sup>4</sup> Gammon und Burch, *Designing Mobile Digital Experiences*, in: *Digital technologies and the museum experience* hg. v. Loïc Tallon und Kevin Walker, AltaMira Press, Lanham/New York/Toronto/Plymouth, UK 2008, S. 42.

<sup>5</sup> Vgl. Henry und Letowski, *Bone Conduction: Anatomy, Physiology, and Communication* U.S. Army Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground 2007, S. 2.

### 4.1.1 Schallaufnahme und -weiterleitung beim Hörvorgang

Beim Hören über die Luftleitung gelangen die Schallwellen über die Ohrmuschel durch den ca. 3,5 Zentimeter langen Gehörgang zum Trommelfell und versetzen dieses in Schwingungen. Verantwortlich dafür sind die Schalldruckschwankungen. Die Schwingungen werden dann über die Gehörknöchelchen (Hammer, Amboss und Steigbügel), die sich im Mittelohr befinden, mechanisch auf die Membran des ovalen Fensters, hinter dem das Innenohr mit den Hörsinneszellen liegt, übertragen (siehe Abbildung 1).

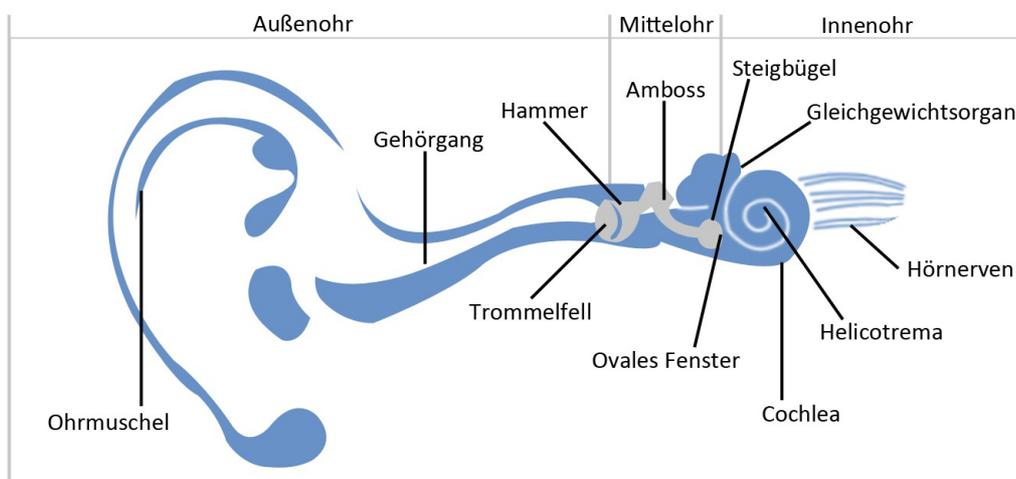


Abbildung 1: menschliches Ohr im Schnitt, schematisch dargestellt.<sup>6</sup>

Das Innenohr beinhaltet das Gleichgewichtsorgan und den schneckenförmigen Gang, der Cochlea genannt wird und  $2 \frac{1}{2}$  Windungen hat. Dieser ist mit Lymph-Flüssigkeit, der Endolymphe, gefüllt.<sup>7</sup> Da der Steigbügel bei Beschallung ständig am Schwingen ist, werden also am Endolymphschlauch Wellen angeregt. Diese Wellen laufen bis zu einem kleinen Loch, das Helicotrema genannt wird. Dieses Loch verbindet den oberen Teil mit dem unteren Teil des Innenohrs. Die Trennwand zwischen diesen beiden Teilen lässt längs der ganzen Schnecke einen Spalt frei, der von einer beweglichen Membran, der Basilarmembran, überbrückt wird. Die Steife der Basilarmembran nimmt vom Steigbügel bis hin zum Helicotrema ab.<sup>8</sup> Aus diesem Grund wird die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen immer kleiner, je weiter sie

<sup>6</sup> Vgl. Silbernagel und Despopoulos. Abb. A. Schallaufnahme und Weiterleitung, in: Taschenatlas der Physiologie (4. Auflage), Georg Thieme Verlag, Stuttgart/New York 1991, S. 319.

<sup>7</sup> Webers, Handbuch der Tonstudientechnik (8. Auflage), Franzis' Verlag, Poing 2003, S. 93 f.

sich vom Steigbügel entfernen und auch die Wellenlängen nehmen ab. Gleichzeitig werden die Amplituden zunächst erheblich größer. Wegen der spezifischen Dämpfungseigenschaften der flüssigkeitsgefüllten Innenohrkanäle, werden die Wellen gedämpft und auch die Amplituden nehmen im letzten Teil vor dem Helicotrema auf diese Weise wieder stark ab. Zwischen Ursprungsort und diesem Ort, an dem die Wellen durch die Dämpfung wieder verschwunden sind, gibt es ein Amplitudenmaximum (siehe Abbildung 2).

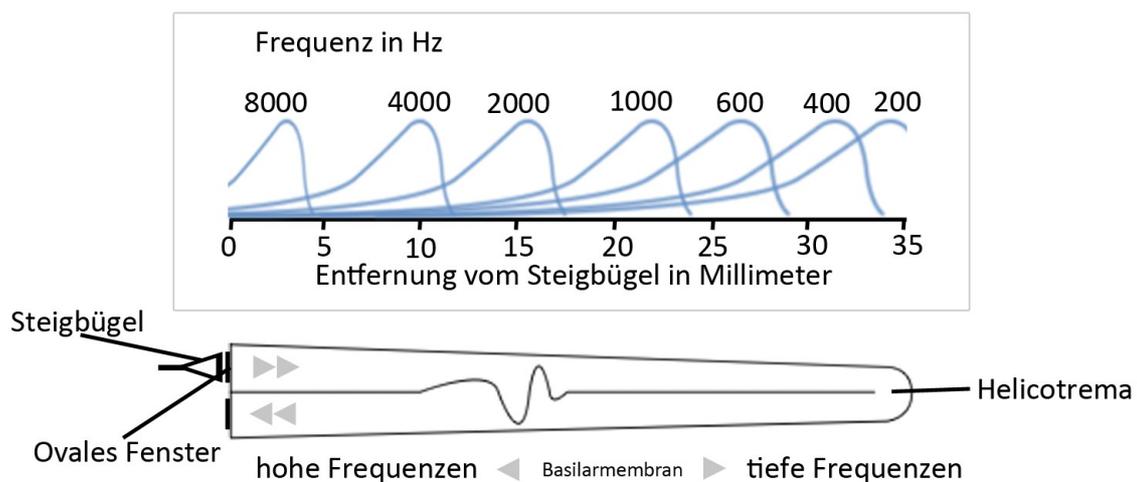


Abbildung 2: Frequenzverteilungsmuster auf der Basilarmembran.<sup>9</sup>

Das Maximum bildet sich für jede unterschiedliche Frequenz an einem anderen Ort. Das Maximum der hohen Frequenzen ist näher am Steigbügel, das der tiefen ist näher am Helicotrema. Die Basilarmembran trägt eine Art Wall, in dem mehrere Reihen von Sinneszellen nebeneinander liegen, diese sind durch die Hörnerven mit dem Gehirn verbunden. Am oberen Ende besitzen diese Sinneszellen kleine Härchen, die durch die Flüssigkeitsschwingungen angeregt werden und die Informationen über die Hörnerven zum Hörzentrum des Gehirns weiterleiten.

Die nachfolgend ablaufenden Prozesse bilden in ihrer Komplexität individuelle Wahrnehmungen, bei deren Erfassung Folgendes berücksichtigt werden sollte: Schallwellen, die auf das Ohr eintreffen kann man physikalisch eindeutig definieren. Zum Beispiel kann es sich um einen Sinuston handeln mit einer eindeutig bestimmten Frequenz. Dauer, Einfallsrichtung

<sup>8</sup> Vgl. Thews, Physiologie des Menschen (24. Auflage), hg. v. Robert F. Schmidt, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg 1990, S. 304 f.

<sup>9</sup> Abbildung nach Bear, Connor und Paradiso, 2001.

und Schalldruckpegel sind weitere Faktoren, welche explizit festgelegt werden können. Ein solches Schallereignis trifft als Reiz auf das Gehör, durchquert zunächst ein kompliziertes mechanisches System des Gehörs und wird dann als nervöse Information über Nervenbahnen zum Gehirn weitergeleitet.<sup>10</sup> An dieser Stelle wird das Hörereignis wahrnehmbar und bewusst. Diese Empfindung kann aber nicht mehr durch die physikalischen Größen, des ursprünglichen Schallereignisses beschrieben werden, da Empfindungen nicht unmittelbar als physikalische Größen messbar sind. So spricht man bevor der Schall auf das Ohr trifft, beispielsweise von einem Schalldruckpegel, der genau bestimmt bzw. gemessen werden kann. Bei einem empfundenen Hörereignis hingegen, spricht man vom Lautstärkepegel, der subjektiv unterschiedlich empfunden werden kann und eine Eigenschaft der Wahrnehmung ist.

### 4.1.2 Räumliches Hören natürlicher Schallquellen

In den meisten Umgebungen sind Menschen in der Lage, die Position von Klangereignissen relativ exakt zu bestimmen. Hier gibt es drei verschiedene Faktoren, bei denen beide Ohren für die Richtungswahrnehmung des Schalls genutzt werden.

- Interaurale Zeitdifferenzen
- Interaurale Pegeldifferenzen
- Klangfarbenunterschiede

Bei der Lokalisation in der horizontalen Ebene sind vor allem die interauralen Zeit- und Pegeldifferenzen relevant. Hauptsächlich werden die interauralen Zeitdifferenzen für die Bestimmung der Schalleinfallrichtung genutzt. Je größer der Zeitunterschied ist, desto mehr wandert die Schallquelle aus der Mitte ( $0^\circ$ ) heraus, nach links bzw. nach rechts. Ein Schallereignis kommt höchstens 0,63 Millisekunden versetzt bei beiden Ohren an. Der kleinste, gerade noch wahrnehmbare Unterschied beträgt etwa 0,03 Millisekunden. Dies führt zu einer Lokalisationsschärfe von  $3^\circ$  bis  $5^\circ$  auf der horizontalen Ebene.<sup>11</sup> Durch die Abschattung von Ohrmuschel und Kopf entstehen an beiden Ohren, auch bei nicht zentraler Beschallung, Pegeldifferenzen. Diese sind aber frequenzabhängig und dadurch gibt es teilweise mehrdeutige Zusammenhänge zwischen Frequenz, Pegel und Einfallrichtung. Eine Schalllokalisierung allein durch Wahrnehmung der Pegelunterschiede dürfte deshalb nur sehr beschränkt mög-

---

<sup>10</sup> Vgl. Dickreiter, Handbuch der Tonstudioteknik (Band 1, 6. Auflage), K.G. Saur Verlag KG, München 1997, S. 108 ff.

<sup>11</sup> Vgl. Dickreiter, Handbuch der Tonstudioteknik (Band 1, 6. Auflage), K.G. Saur Verlag KG, München 1997, S. 108 ff.

lich sein. Außerdem entstehen unterhalb von 300 Hz, wegen den Beugungserscheinungen des Schalls um den Kopf, praktisch überhaupt keine Pegeldifferenzen mehr. Aufgrund der Frequenzabhängigkeit des Schalldruckpegels ergeben sich bei breitbandigen Schallsignalen Klangfarbenunterschiede. Diese spielen bei der Ortung des Schalls eine zusätzliche Rolle, setzen aber einen gewissen Lernprozess voraus. Auch in der vertikalen Ebene, der Medianebene, ist eine Lokalisation der Schallquelle möglich. Auch hier ist die Voraussetzung, dass das Gehör eine gewisse Erfahrung bezüglich der Struktur des Signals verfügt und dass das Signal breitbandig ist. Durch die Form und Beschaffenheit des Kopfes und vor allem der Ohrmuschel werden, je nach Einfallsrichtung des Schalls, bestimmte Frequenzbänder angehoben. Das Vorhandensein solcher Anhebungen wird dann zur Richtungsbestimmung verwendet (siehe Abbildung 3).

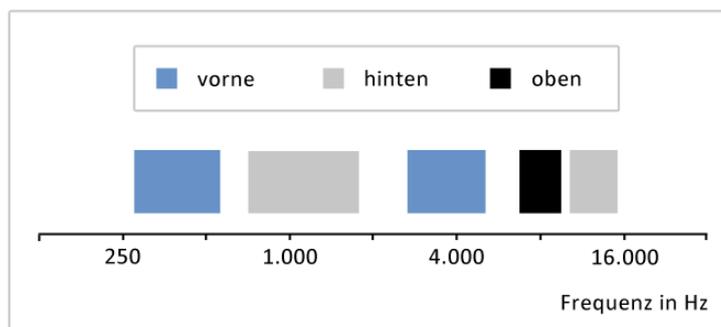


Abbildung 3: richtungsbestimmende Frequenzbänder (Medianebene).<sup>12</sup>

Bei Anhebungen der Frequenzanteile unterhalb von 600 Hz und von 3 bis 6 kHz wird das Klangereignis von vorn wahrgenommen, wohingegen Anhebungen zwischen 800 Hz und 1,8 kHz für das Wahrnehmen der Einfallsrichtung von hinten verantwortlich sind (Blauert, 1974).<sup>13</sup> Die Lokalisationsschärfe hängt hier stark von der Art des Signals ab. Sie ist aber im Allgemeinen wesentlich kleiner, als die der horizontalen Ebene. Die Entfernungswahrnehmung erfolgt sowohl in der horizontalen Ebene, als auch in der Medianebene durch Lautstärkeänderungen, Klangfarbenunterschiede und Hallerscheinungen.<sup>14</sup>

<sup>12</sup> Vgl. Dickreiter Abb. 3/9 Richtungsbestimmende Frequenzbänder bei der Richtungswahrnehmung in der Medianebene, in: Handbuch der Tonstudioteknik (Band 1, 6. Auflage), K.G. Saur Verlag KG, München 1997, S. 121.

<sup>13</sup> Vgl. Meyer, Akustik und musikalische Aufführungspraxis (5. Auflage), PPMEDIEN GmbH, Bergkirchen 2004, S. 19.

<sup>14</sup> Vgl. Webers, Handbuch der Tonstudioteknik (8. Auflage), Franzis' Verlag, Poing 2003, S. 118 ff.

### 4.1.3 Räumliches Hören bei Kopfhörerwiedergabe

Nach dem Assoziationsmodell von Theile erfolgt in der Reizverarbeitung eines akustischen Signals die Erkennung des Ortes noch vor Gestaltassoziation.<sup>15</sup> Es verschmelzen also erst nach erfolgter Dekodierung des Ortes die Reize von rechtem und linkem Ohr. Das bedeutet, dass Klangfarbenveränderungen nicht nur für den subjektiven Klangeindruck verantwortlich sind, sondern entscheidend die Richtungsbestimmung und das Erkennen der Entfernung einer Schallquelle einschränken bzw. verhindern können. Dieser Aspekt spielt eine große Rolle bei der Wiedergabe von stereofonen Aufnahmen über Kopfhörer. Dadurch, dass beide Schallwandler direkt auf den Ohren sitzen, entsteht eine in der Natur nicht vorkommende Situation. Die richtungsabhängigen Verzerrungen im Frequenzgang können nicht in jeder Form wirksam werden. Wenn im Aufnahmeverfahren keine Kunstkopfstereofonie verwendet wurde, kann die Wiedergabe nur für eine Einfallrichtung des Direktschalls klangfärbungsfrei sein. Alternativ kann die Wiedergabe durch Verwendung der Mittelwerte für Diffusschall klangfärbungsfrei sein, dabei wird aber jeder Direktschall in der Klangfarbe verändert.

Auch bei der Wiedergabe über Kopfhörer führen Änderungen der Pegel- und Laufzeitdifferenzen zu dem gewünschten Effekt, dass sich die gehörte Schallquelle vom Zentrum ( $0^\circ$ ) heraus nach rechts bzw. links bewegt. Da es sich in solch einer Abhörsituation um eine virtuelle Schallquelle handelt, spricht man hier von einer Phantomschallquelle. Ein Nachteil hierbei ist, dass bei der Kopfhörerwiedergabe eine sogenannte Im-Kopf-Lokalisation stattfinden kann.<sup>16</sup> Wird eine Stereoaufnahme über Kopfhörer angehört, hört man die einzelnen Phantomschallquellen nicht vor dem Kopf, sondern diese erscheinen auf einer imaginären Verbindungslinie zwischen den beiden Ohren im Kopf. Eine Linie, die scheinbar in der Mitte nach oben gebogen ist, sodass hier die Phantomschallquellen erhöht bis zur Schädeldecke erscheinen.<sup>17</sup> Das Problem entsteht dann, wenn in der Aufnahme die kopfbezogenen, spektralen Informationen fehlen. Beim natürlichen Hören fungieren die Ohrmuschel, der Kopf und der Rumpf als eine Art akustischer Filter, der die Übertragung des Schalls aus dem Freifeld je nach Einfallswinkel beeinflusst. Diese kopfbezogenen Übertragungsformen nennt man auch *head-related transfer functions*, kurz HRTFs. Damit bei einer Aufnahme ein virtueller Hörraum entsteht, werden gerade diese HRTFs genutzt: Über zwei kleine Mikrofone mit

---

<sup>15</sup> Vgl. Vgl. Dickreiter, Handbuch der Tonstudioteknik (Band 1, 6. Auflage), K.G. Saur Verlag KG, München 1997, S. 136 ff.

<sup>16</sup> Sofern es sich nicht um kopfbezogene Stereofonie handelt.

<sup>17</sup> Vgl. Vgl. Dickreiter, Handbuch der Tonstudioteknik (Band 1, 6. Auflage), K.G. Saur Verlag KG, München 1997, S. 131.

Kugelcharakteristik an beiden Ohren am Gehörgang kann man Aufnahmen bzw. genaue Messwerte erhalten. Für jede Person lassen sich auf diesem Wege in einer Aufnahme individualisierte, richtungsabhängige Informationen festhalten. Das Ergebnis: Beim Abhören über Kopfhörer können Phantomschallquellen außerhalb des Kopfes in einem virtuellem Hörraum lokalisiert werden.

Solche individualisierten Aufnahmen sind jedoch sehr aufwändig und in vielen Fällen nur schwer umzusetzen. Deshalb ist die Verwendung eines Kunstkopfes für die Aufnahme oft die effizientere Methode. Solche Kunstköpfe sind Nachbildungen des menschlichen Kopfes. Sie besitzen gemittelte Werte für die verschiedenen Größenmaße. Besonders die detailgetreue Nachbildung der Ohrmuschel und des Gehörgangs begünstigt eine exakte HRTF-Aufnahme.<sup>18</sup> Solche Verfahren sind zwar nicht speziell auf die hörende Person angepasst, es wird aber trotzdem ein realistisch wirkender, virtueller Hörraum erzeugt.<sup>19</sup> Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Wahl der Kopfhörer. Kopfhörer, die nicht in der Lage sind bestimmte, für die Richtungsbestimmung relevante, Frequenzen wiederzugeben, oder durch einen zu unebenen Frequenzgang das Signal zu sehr verzerren, sind für solche Zwecke ungeeignet. Eine ungeeignete Positionierung des Kopfhörers ist ein weiterer Faktor, der die spektrale Information verfälschen kann. Wenn die kleinen Lautsprecher nicht direkt im Gehörgang platziert sind, sondern außen am Ohr sitzen, wird der Schall durch die Form der Ohrmuschel erneut gefiltert, diesmal jedoch richtungsunabhängig.

## 4.2 Knochenleitungshören – Bone Conduction

Geht es um das Hören über die Knochenleitung, spricht man im Englischen auch von *bone conduction*. Beim Sprechen wird jede Region des menschlichen Körpers zu einem bestimmten Prozentsatz in Schwingung versetzt. Der von der Lunge generierte Luftstrom wird von den Stimmlippen abgebremst. Je nach Spannung der Stimmlippen wird die Tonhöhe moduliert. Die Grundfrequenz dieser Schwingung variiert bei Männern zwischen 80Hz und 160Hz, bei Frauen zwischen 150 und 250 Hz.<sup>20</sup> Bei diesem Vorgang werden im Rachenraum hohe Schalldruckpegel erzeugt: bei einem laut ausgesprochenem „AH“ wird ein Schalldruckpegel

---

<sup>18</sup> Webers, Handbuch der Tonstudioteknik (8. Auflage), Franzis' Verlag, Poing 2003, S. 222 ff.

<sup>19</sup> Vgl. Dickreiter, Handbuch der Tonstudioteknik (Band 1, 6. Auflage), K.G. Saur Verlag KG, München 1997, S. 134.

<sup>20</sup> Killion, Wilber und Gudmundsen, Zwislocki Was Right..., Hearing Instruments 39, 1988 S.14-18.

von bis zu 116 dB SPL<sup>21</sup> erreicht. Bei einem laut ausgesprochenem „EE“<sup>22</sup> ist es sogar ein Pegel von bis zu 142 dB SPL. Generell sind die Pegel stark genug um weitere Teile des Körpers in Schwingung zu versetzen. Die Schwingungen wandern durch den gesamten Körper. Sie nehmen zwar in der Amplitude relativ schnell ab, kommen jedoch trotzdem über die Knochenleitung im Mittel- und Innenohr an. Die Endolymphe (siehe Kapitel 4.1.1) nimmt die Schwingung auf und dieser Knochenschallanteil mischt sich beim Hören der eigenen Stimme hinzu. Jedoch fehlt er, wenn man die eigene Stimme durch einen Lautsprecher nur über den Luftweg hört. Dies erklärt das bekannte Phänomen, dass die eigene Stimme über ein Mikrofon<sup>23</sup> aufgenommen völlig anders klingt, als wenn man sich selbst beim Reden zuhört.<sup>24</sup>

Genau wie beim eigenem Sprechen, können die Schädelknochen auch von außen mit einem Vibrationselement an einem Knochenschallkopfhörer in Schwingung versetzt werden. Dieser Knochenschall gelangt teilweise direkt zum Innenohr und zwar durch die Vibration der Labyrinthkapsel. Hier wird direkt die Endolymphe angeregt und man spricht vom *direkten Knochenschall*. Ein weiterer Anteil wird aber über den knöchernen äußeren Gehörgang und über das Mittelohr aufgenommen. Hierbei handelt es sich um den *osteotympanalen Knochenschall*. Beim Verschließen des Gehörgangs, beispielsweise durch einen Ohrstöpsel, nimmt der Gehörgangsanteil des Knochenschalls im Bereich der tiefen Frequenzen zu. Allerdings tritt dieser Effekt, auch *occlusion effect* genannt, nur bei Frequenzen auf, die unterhalb von 2 kHz liegen.<sup>25</sup>

Beim Knochenleitungshören wird das gleiche Frequenzverteilungsmuster auf der Basilarmembran wirksam wie beim Hören über die Luftleitung. Obwohl die Vibrationen konzentrisch von der Labyrinthkapsel auf den Endolymphschlauch einwirken, werden Töne in gleicher Weise als solche erkannt, wie bei der Schwingungsanregung über den Steigbügel. Es ist sogar möglich mit einem Luftleitungston einen Knochenleitungston auszulöschen, wenn beide in der Amplitude und in der Phase aufeinander abgestimmt sind.<sup>26</sup>

Anders als beim Luftleitungshören unterliegt Knochenleitungshören offenbar größeren indivi-

---

<sup>21</sup> SPL = sound pressure level, ein logarithmisches Maß zur Beschreibung der Stärke des Schalldruckpegels. Vgl. Dickreiter, Handbuch der Tonstudioteknik (Band 1, 6. Auflage), K.G. Saur Verlag KG, München 1997, S. 253.

<sup>22</sup> Es handelt sich hierbei um Vokale, wie sie allgemein im Englischen und nicht im Deutschen ausgesprochen werden.

<sup>23</sup> Sofern es sich um ein herkömmliches Mikrofon handelt, das den Luftschall wandelt.

<sup>24</sup> Vgl. Henry, und Letowski, Bone Conduction: Anatomy, Physiology, and Communication U.S. Army Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground 2007, S. 52.

<sup>25</sup> Vgl. Stenfelt, Acoustic and physiologic aspects of bone conduction hearing, *Oto-Rhino-Laryngology* (71), 2011, S.10-21.

<sup>26</sup> Vgl. Lehnhardt, Praxis der Audiometrie (8. Auflage), Thieme, Stuttgart/New York 2001, S. 38.

duellen Schwankungen, selbst wenn das Gehör vollkommen gesund ist. Der Knochenbau des jeweiligen Schädels nimmt Einfluss auf die klanglichen Eigenschaften des Gehörten. Hier spielt die individuelle Resonanz des Schädels eine bedeutende Rolle. Abhängig von der einwirkenden Frequenz kann der Schädel als einheitliches Objekt schwingen, oder als ein System von mehreren Teilen. Trotz individueller Unterschiede, kommt ein verstärkendes Mitschwingen häufig um die Frequenzen zwischen 1,5 und 1,6 kHz und zwischen 800 Hz und 1000 Hz vor. Zu starken Antiresonanzen hingegen kommt es häufig im Bereich der Frequenzen zwischen 150 und 400 Hz und bei 2kHz.<sup>27</sup>

Die Position des Knochenschallhörers spielt ebenso eine entscheidende Rolle. Bei der Hörschwellenmessung und -diagnostik zeigt sich, dass bei manchen Personen der Schwellenwert früher, also schon bei geringerem Pegel erreicht ist, wenn man den Knochenschallhörer dicht hinter der Ohrmuschel aufsetzt.<sup>28</sup> Für andere Personen ist der beste Punkt jedoch dicht vor der Ohrmuschel, in Richtung des Wangenknochens, am Warzenfortsatz. Es können sich auch Unterschiede für bestimmte Frequenzen ergeben. Auch der Anlagedruck des Hörers beeinflusst in einem geringem Maß das Messergebnis.

### 4.2.1 Funktionsprinzip eines Knochenschallkopfhörers

Knochenschallkopfhörer sind akustische Wandler, welche die elektrische Energie des Audiosignals in mechanische Energie (Vibrationen) konvertieren. Die elektromechanische Funktionsweise ist dieselbe wie sie bei Lautsprechern oder herkömmlichen Kopfhörern gegeben ist. Der Hauptunterschied ist der Widerstand des Mediums in das der Schall gewandelt wird. Der Widerstand des menschlichen Schädels, mit all seinen Beschaffenheiten als Körper, ist mehrere tausend mal größer als der Widerstand der Luft.<sup>29</sup>

Der elektrische Strom in der Spule (siehe Abbildung 4) erzeugt ein Magnetfeld, welches in Wechselwirkung mit dem durch den Permanentmagneten aufgebauten Magnetfeld steht. Diese Wechselwirkung zwischen den beiden Magnetfeldern erzeugt eine veränderliche magnetische Kraft, die über den Luftspalt wirkt und abwechselnd Anker und Pol des Magneten anzieht bzw. abstößt. Da der Anker fest mit der äußeren Kapsel des Hörers verschraubt ist, wird dadurch die auf den Anker wirkende Kraft in Form von Vibrationen induziert. Diese Vi-

---

<sup>27</sup> Vgl. Henry, und Letowski, Bone Conduction: Anatomy, Physiology, and Communication U.S. Army Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground 2007, S. 41.

<sup>28</sup> Vgl. Lehnhardt, Praxis der Audiometrie (8. Auflage), Thieme, Stuttgart / New York 2001, S. 13 f.

<sup>29</sup> Vgl. Henry, und Letowski, Bone Conduction: Anatomy, Physiology, and Communication U.S. Army Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground 2007, S. 93.

brationen werden dann auf den Schädel übertragen (siehe Abbildung 4) die Schallwellen breiten sich dadurch als Körperschall im Kopf aus.

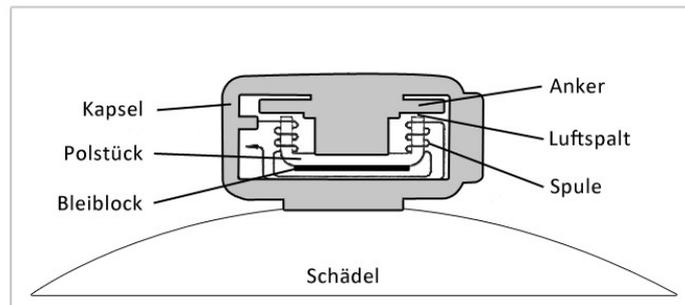


Abbildung 4: schematischer Aufbau des Knochenschallkopfhörers Radioear B-71.<sup>30</sup>

Das Funktionsprinzip eines Knochenschallkopfhörers kann man gut mit einer Stimmgabel vergleichen. Schlägt man eine Stimmgabel an, kann man über den Luftschall leise einen Ton hören. Hält man diese dann an einen Körper, nimmt dieser die Schwingungen auf. Handelt es sich hier um den Klangkörper eines Instruments, wird dadurch der Ton deutlich lauter. Dies funktioniert am besten, wenn eine große Kraft wirken kann. Eine Stimmgabel schwingt zwar nur mit kleinen Amplituden, dafür aber mit einer um so größeren Kraft. Eine Kraft in dieser Dimension ist auch notwendig, damit die Schwingungen in ausreichend starker Form vom menschlichen Schädel aufgenommen werden und dieser ebenfalls angeregt wird. Ein solches Verhältnis von einer kleinen Amplitude zu einer großen Kraft, ist technisch nur schwer realisierbar. Besonders dann, wenn eine annähernd gleiche Wirkung über das gesamte Frequenzspektrum von 20 Hz bis 20 kHz erreicht werden soll.

Bei einem relativ häufig verwendeten Knochenschallkopfhörer, dem Radioear B-71<sup>31</sup>, gibt es deutliche Einschränkungen:<sup>32</sup> Die große Menge an nicht-linearen Verzerrungen und Gehäuse-Resonanzen begrenzt seine praktische Anwendung in der Audiometrie auf den Frequenzbe-

<sup>30</sup> Vgl. Henry, und Letowski, Abb. Schematic (upper) and external view (lower) of the Radioear B-71 vibrator, in: Bone Conduction: Anatomy, Physiology, and Communication U.S. Army Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground 2007, S. 108.

<sup>31</sup> Genaue Daten des in der Studie verwendeten Knochenschallkopfhörers waren diesbezüglich nicht verfügbar. Die hier aufgeführten Daten beziehen sich auf den Knochenschallkopfhörer Radioear B-71. Es wird angenommen, dass der in der Studie verwendete Knochenschallkopfhörer ähnliche Schwächen aufweist.

<sup>32</sup> Vgl. Stenfelt, Acoustic and physiologic aspects of bone conduction hearing. Advances in Oto-Rhino-Laryngology, S. Karger AG, Basel 2011, S. 3.

reich zwischen 250 Hz und 4.000 Hz, bei Pegeln unterhalb von 60 bis 70 dB HL.<sup>33</sup> Beim diesem Modell sind Frequenzen unterhalb von ca. 130 Hz nicht mehr wahrnehmbar (siehe Abbildung 5). Solche Kopfhörer eignen sich dadurch nicht für die Wiedergabe von tiefen Bässen. Mitten hingegen können relativ gut abgebildet werden. Der Dynamikbereich dieses Knochenschallkopfhörers beträgt bei 1 kHz ca. 55 dB. Beim Einsatz in lauten Umgebungen liegt der maximale Ausgangspegel etwa 20 dB unter den Werten, die für eine effektive Übertragung von Sprache über die Knochenleitung nötig wären.<sup>34</sup>

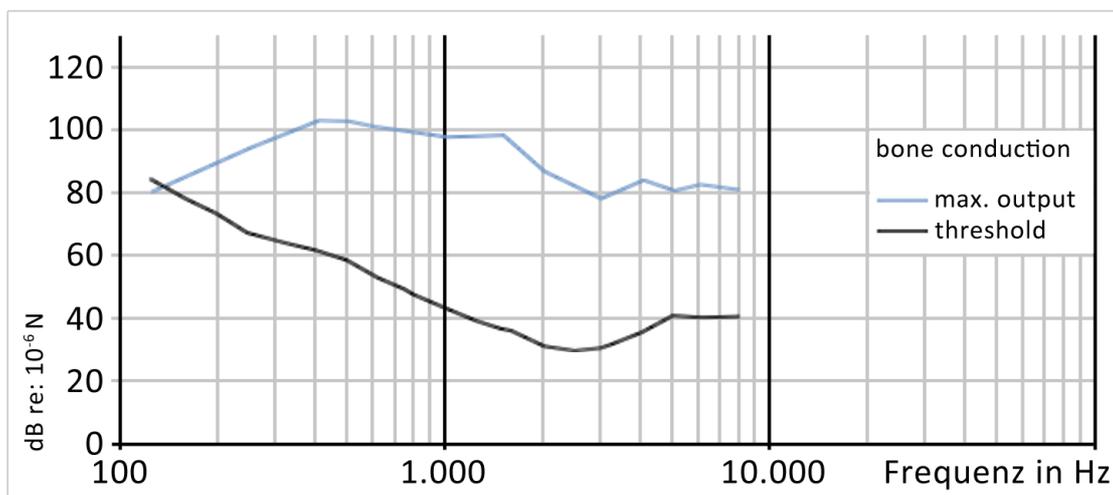


Abbildung 5: Dynamikumfang des Radioear B-71.

Maximaler Ausgangspegel (*max. output*) und Schwellenwert (*threshold*).<sup>35</sup>

Beim technischen Aufbau eines Knochenschallkopfhörers sollte möglichst verhindert werden, dass im Gebrauch zu viel Schall als Luftschall abstrahlen kann, denn sonst hätte man den Eindruck, diesen überwiegend über die Luftleitung zu hören. Deshalb ist in der Regel das Magnetgehäuse des Hörers mit schallabsorbierenden Mänteln gekapselt. Damit soll verhindert werden, dass die inneren schwingenden Teile zu viel Luftschall abstrahlen. Ein anderer unerwünschter Effekt bei zu hoher Luftschallabstrahlung wäre, dass andere, sich in unmittelbarer Nähe befindende, Personen mithören könnten.

Wie beim Luftleitungskopfhörer wird auch beim Knochenschallkopfhörer ein möglichst gerin-

<sup>33</sup> HL = „hearing level“ vgl. Yost und Killion. Hearing Thresholds, in: Encyclopedia of Acoustics hg. v. Malcolm J. Crocker. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken 1997. S. 1545.

<sup>34</sup> Vgl. Henry, und Letowski, Bone Conduction: Anatomy, Physiology, and Communication U.S. Army Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground 2007, S. 96.

<sup>35</sup> Vgl. Henry, und Letowski, Abb. Dynamic range of a typical clinical bone conduction vibrator (Radioear B-71). In: A.a.O., S. 110.

ger Klirrfaktor<sup>36</sup> angestrebt. Baulich ist dies einfacher zu erfüllen, wenn der Hörer eine größere Masse hat. Bei kleinen Ausführungen ist der Klirrfaktor relativ groß.<sup>37</sup> Ein Knochenschallkopfhörer braucht zum Erreichen derselben Lautstärke, die bei einem herkömmlichem Kopfhörer empfunden wird, wesentlich mehr Leistung. Deshalb haben solche Geräte in der Regel einen eingebauten Akku, der das System mit ausreichend Spannung versorgt.

### 4.2.2 Grenzen der Technik

Zur weiteren Einordnung welche Anforderungen Knochenschallkopfhörer erfüllen können und wo die Grenzen dieser Technik liegen, möchte ich mich auf eine Studie von Schonstein, Ferré und Katz aus dem Jahr 2008 stützen.<sup>38</sup> Die Autoren verglichen verschiedene Kopfhörer miteinander und untersuchten ob diese sich für eine korrekte Phantomschallquellenlokalisierung eignen. Zwei Knochenschallkopfhörer, ein günstiges und ein teures Modell, wurden dabei ebenfalls untersucht und mit den anderen Kopfhörern in Relation gesetzt. Insgesamt wurden acht verschiedene Kopfhörer, darunter unter anderem auch In-Ear Hörer, getestet. Dies geschah zum Einen ohne eingesetzte Filter und zum Anderen mit Hilfe eines Equalizers mit dem Ziel, einen nach Möglichkeit geraden Frequenzgang im System zu erreichen. Geprüft wurde die korrekte Schalllokalisierung aus 24 verschiedenen Einfallswinkeln rund um den Kopf des Zuhörers. Es wurden nicht individualisiertes HRTFs benutzt. Das Ergebnis: mit beiden Knochenschallkopfhörern war die Schalllokalisierung, für die wirkungsvolle Erzeugung eines virtuellen Hörraumes (siehe Kapitel 4.1.3), zu ungenau. Am besten schnitt ein In-Ear Hörer ab.

Früher war man der Ansicht, dass sich Knochenschallkopfhörer im Allgemeinen, aufgrund der hohen Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalls im menschlichen Schädel, nicht für eine Stereowiedergabe eignen. Diese Annahme scheint sich zu bestätigen, wenn man bedenkt, dass die Schallgeschwindigkeit im Schädel fast zehnmal so hoch wie in der Luft sein kann.<sup>39</sup> In einer Studie aus dem Jahr 2005 konnten Walker und Stanley jedoch nachweisen, dass eine verlässliche Segregation mit Knochenschallkopfhörern erreicht werden kann, wobei die größere

---

<sup>36</sup> Klirrfaktor = Oberschwingungs- oder Verzerrungsgehalt. Vgl. Webers, Handbuch der Tonstudioteknik (8. Auflage), Franzis` Verlag, Poing 2003, S. 49.

<sup>37</sup> Vgl. Lehnhardt, Praxis der Audiometrie (8. Auflage), Thieme, Stuttgart / New York 2001, S. 8 f.

<sup>38</sup> Vgl. Schonstein, Ferré und Katz, Comparison of headphones and equalization for virtual auditory source localization, Acoustics'08 Paris, Paris 2008.

<sup>39</sup> Vgl. Henry, und Letowski, Bone Conduction: Anatomy, Physiology, and Communication U.S. Army Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground 2007, S. 32.

Effektivität nicht bei interauralen Zeitdifferenzen, sondern bei interauralen Pegeldifferenzen gegeben ist. Auch hier zeigte sich, dass Standardkopfhörer bessere Ergebnisse liefern.<sup>40</sup> Eine Darbietungsart, bei der beide Ohrhörer unterschiedliche Signale erhalten, kann also wirksam werden.<sup>41</sup> Dennoch zeigt sich im Vergleich, dass Standardkopfhörer die Komplexität einer solchen Darbietungsart besser abbilden und vermitteln können.

### 4.3 Akustische Führungssysteme in Museen

Akustische Führungssysteme liefern den Museumsbesuchern interessante Informationen über die ausgestellten Exponate. Bei der Darbietung der Inhalte, gibt es eine Vielzahl von technischen Möglichkeiten. Selbstverständlich spiegelt sich dies auch in den unterschiedlichsten Geräten, die für die akustischen Führungen eingesetzt werden, wieder. So findet man immer mehr displaybasierte Systeme in den Museen, wie z.B PDAs (personal digital assistants), Tablet-PCs und Smartphones, auf denen nicht nur Audiofiles abgespielt, sondern auch Bilder, Videos, Text, Karten und Pläne angezeigt werden können. Optional lassen sich auf solchen Geräten Programme bzw. Apps installieren, welche eine erweiterte interaktive Bedienung zulassen. Der lokale Speicher solcher Geräte ist groß genug, um eine Vielzahl von medialen Inhalten anzubieten. Die Geräte können über ein drahtloses Netzwerk mit aktuellen Informationen versorgt werden. Benutzerspezifische Inhalte und Bedienkonzepte können wirksam werden: Viele Museen bieten gesondert Programme für Kinder, oder für Menschen mit Behinderung an. Interessant sind auch die Möglichkeiten der Besuchernavigation. Durch die Installation von lokalen Peilsendern, ist selbst in geschlossenen Räumen, eine individuelle Ortung möglich.<sup>42</sup> Über einen Abgleich mit vorhandenen Bewegungsprofilen vom System können weitere Exponate vorgeschlagen, oder tiefer greifende Informationen bereitgestellt werden. Eine weitere Möglichkeit hierfür wäre eine Positionserkennung über RFID-Tags oder Barcodes. Auch wenn die Vielfalt und die Möglichkeiten fast unendlich scheinen, gibt es dennoch bestimmte Konstanten, die sich nicht verändert haben: An jedem Gerät mit einem Audioausgang, ist der Einsatz eines Kopfhörers realisierbar.

---

<sup>40</sup> Vgl. Walker und Stanley, Evaluation of bone-conduction headsets for use in multitalker communication environments, in: Proceedings of the human factors and ergonomics society 49<sup>th</sup> annual meeting-2005, Air Force Research Laboratory, Atlanta 2005, S. 1615 ff.

<sup>41</sup> Vgl. Dickreiter, Handbuch der Tonstudioteknik (Band 1, 6. Auflage), K.G. Saur Verlag KG, München 1997, S. 131.

<sup>42</sup> Vgl. Melcher, Ein Blick in die Zukunft, in: Mit den Ohren sehen, hg. v. Hannelore Kunz-Ott, Deutscher Kunstverlag, Berlin/München 2012, S. 63 ff.

### 4.3.1 Abhängigkeit und Flexibilität

Akustische Führungssysteme in Museen sind Teil einer ständigen Entwicklung, deren Trend auf mehr Flexibilität ausgerichtet ist. Besonders stark schreitet die Entwicklung im Hinblick auf die zeitliche Flexibilität dieser Vermittlungsform voran. Ein Audioguide schafft als Medium eine Dichotomie zwischen Wissendem (Audioguide) und Unwissendem (Besucher). Die Besucher, gehen davon aus, dass sie nur mit weiterführenden Informationen, also mit Hilfe des Mediums, die ausgestellten Werke ausreichend gut verstehen können. Dadurch etabliert der Audioguide ein Zeitregime.<sup>43</sup> Bei den ersten Systemen in den 1960er Jahren handelte es sich um mobile Radioempfänger oder Kassettenplayer, bei denen dem Besucher kaum Möglichkeiten für eine flexible Erkundung der Ausstellung gegeben waren.<sup>44</sup> Auch wenn es ggf. die Möglichkeit gab das Tonband für eine bestimmte Zeit anzuhalten, wurde der Besuch doch durch die zeitlich feste und lineare Form des Mediums bestimmt. Mit den mobilen CD-Player in den 1990er Jahren, war eine gezielte Auswahl des abzuspielenden Sounds möglich. Die Besucher waren dadurch freier, was Auswahl der Reihenfolge der Audiotracks und damit auch die Wahl der Route betrifft. Außerdem gab es dadurch die Möglichkeit den laufenden Sound nicht nur anzuhalten sondern auch diesen abubrechen. Eine Möglichkeit die selbstverständlich heutzutage immer noch besteht, aber nur selten genutzt wird. Die meisten Besucher wollen die maximale Länge der gesprochenen Information aufnehmen.<sup>45</sup> Auch hier zeigt sich wieder die Auswirkung der Dichotomie, die zu zeitlichen Abhängigkeiten durch die Länge der Audiotracks führt. Dieser Inflexibilität kann man durch das Aufsplitten in kürzere Abschnitte von weniger als 30 Sekunden entgegenwirken.<sup>46</sup> Das fördert zudem einen lebendigen verbalen Austausch innerhalb einer Besuchergruppe in der Zeit zwischen den einzelnen Audiotracks. Immerhin ergab eine Umfrage, die 2011 im Linzer Kunstmuseum *Lentos* durchgeführt wurde, dass 70% der Besucher in Begleitung ins Museum gehen und dass sich drei Viertel von dieser Gruppe zwischen den Audiotracks mit anderen Personen unterhalten.<sup>47</sup>

---

<sup>43</sup> Vgl. Brandl, Macht im Museum, Kritik an der Vermittlungsform Audio-Guide, Diplomarbeit, Wien 2011. S. 121.

<sup>44</sup> Vgl. Tallon, Introduction: Mobile, Digital, and Personal, in: Digital technologies and the museum experience hg. v. Loïc Tallon und Kevin Walker, AltaMira Press, Lanham/New York/Toronto/Plymouth, UK 2008, S. Xiii.

<sup>45</sup> Vgl. Brandl, Macht im Museum, Kritik an der Vermittlungsform Audio-Guide, Diplomarbeit, Wien 2011. S. 116.

<sup>46</sup> Vgl. Gammon und Burch, Designing Mobile Digital Experiences, in: Digital technologies and the museum experience hg. v. Loïc Tallon und Kevin Walker, AltaMira Press, Lanham/New York/Toronto/Plymouth, UK 2008, S. 49.

<sup>47</sup> Vgl. Brandl, Macht im Museum, Kritik an der Vermittlungsform Audio-Guide, Diplomarbeit, Wien 2011. S. 110.

### 4.3.2 Verbreitung in deutschen Museen

Audioguides sind inzwischen weit verbreitet. Besonders in Museen von Weltrang und in großen Sonderausstellungen gehören sie zum Angebot. Laut Umfragen der Landesstelle für die nichtstaatlichen Museen in Bayern hat sich die Anzahl der Museen, die Audioguides einsetzen, vom Jahr 2004 bis zum Jahr 2010 vervierfacht.<sup>48</sup> Das Ergebnis einer deutschlandweiten Umfrage (siehe Tabelle 1) des Instituts für Museumsforschung in Berlin aus dem Jahr 2007<sup>49</sup> zeigt zwar, dass nur 8% der Museen akustische Führungssysteme<sup>50</sup> anbieten, das Bild kommt jedoch aufgrund der großen Anzahl an kleinen Museen zustande. Über die Hälfte der beteiligten Museen gehören der Gruppe mit der kleinsten Besucheranzahl an (weniger als 5.000 Besuche pro Jahr). Obwohl solch ein kleines Museum viel weniger Besucher hat, zählt es ebenso in die Statistik, wie ein großes Museum. Betrachtet man ausschließlich die großen Museen, ergibt sich ein anderes Bild: In der Gruppe mit den höchsten Besucherzahlen (über 500.000 Besuche) setzen fast zwei Drittel akustische Führungssysteme ein.

*Tabelle 1: Verbreitung von akustischen Führungssystemen in deutschen Museen.*

Einsatz von Audioführung/PDA nach Besucherzahl pro Jahr.	Anzahl der beteiligten Museen	Davon keine Audioführung	Davon mit Audioführung/PDA
Bis 5.000 Besuche	2183	2138	<b>45</b>
5001 – 10.000 Besuche	520	488	<b>32</b>
10.001 – 15.000 Besuche	293	271	<b>22</b>
15.001 – 20.000 Besuche	202	184	<b>18</b>
20.001 – 25.000 Besuche	132	118	<b>14</b>
25.001 – 50.000 Besuche	294	241	<b>53</b>
50.001 – 100.000 Besuche	190	142	<b>48</b>
100.001 – 500.000 Besuche	164	87	<b>77</b>
Über 500.000 Besuche	14	5	<b>9 (64,3 %)</b>
Keine Angaben zur Besuchszahl	121	122	<b>9</b>
<b>Gesamt</b>	<b>4113</b>	<b>3786</b>	<b>327 (8%)</b>

<sup>48</sup> Vgl. Kunz-Ott, Hören, was es zu sehen gibt, Zum Einsatz von Audioguides, in: Mit den Ohren sehen, hg. v. Hannelore Kunz-Ott, Deutscher Kunstverlag, Berlin/München 2012, S.17.

<sup>49</sup> Vgl. Prehn, Ein Überblick: Zum Einsatz von Audioguides und PDAs in deutschen Museen, in: Mit den Ohren sehen, hg. v. Hannelore Kunz-Ott, Deutscher Kunstverlag, Berlin/München 2012, S. 23 ff.

<sup>50</sup> In der Umfrage wurde nach akustischen Führungssystemen gefragt. Audioguides fallen in diese Kategorie, es kann sich aber in bestimmten Fällen um andere Systeme handeln.

Stellt ein Museum den Besuchern Audioguides zur Verfügung, wird dieses Angebot gerne wahrgenommen. Besonders große Akzeptanz zeigt sich, wenn der Audioguide bereits im Eintrittspreis erhalten ist. In solchen Fällen entscheiden sich 90% der Besucher für den Audioguide. Besonders positiv wirkt sich die Benutzung eines Audioguides auf die längere Verweildauer der Besucher aus. So ergab eine Umfrage aus dem Jahr 2003 in der Tate Modern, dass 70% des Publikums mit einem akustischem Führungssystem länger in einer Ausstellung bleiben als Besucher ohne Führungssystem.

Die Ergebnisse aus den verschiedenen Umfragen zeigen, dass Audioguides inzwischen zwar eine relativ große Verbreitung haben, aber auch dass es noch viel Potenzial gibt. Besonders bei kleinen und mittelgroßen Museen sind Audioguides eher die Ausnahme. Ein Trend ist jedoch erkennbar: Immer mehr Museen schaffen sich akustische Führungssysteme an und suchen nach idealen Lösungen. Ein weiterer Aspekt der verstärkend hinzu kommt, ist dass generell die Anzahl der Besuche in den Museen der Bundesrepublik Deutschland von unter 100 Mio. im Jahr 2003, auf über 112 Mio. im Jahr 2012 angestiegen ist.<sup>51</sup> Bei der Recherche konnte kein Museum gefunden werden, das Knochenschallkopfhörer an Audioguides einsetzt. Es gibt also keine Ergebnisse oder Berichte aus exakt diesem Kontext, die an dieser Stelle aufgeführt werden könnten.

### 4.3.3 Hand- oder Kopfhörer?

Die häufigsten Systeme beinhalten Handhörer, die wie ein Telefon ans Ohr gehalten werden müssen und/oder optional anschließbare beidseitige Kopfhörer. Beide Varianten haben Stärken und Schwächen. Nur der beidseitige Kopfhörer vermittelt die Komplexität von zweikanaligen Stereo-Inhalten und bietet damit mehr Gestaltungsmöglichkeiten im Sounddesign. Allerdings ist, dadurch dass die Ohren nicht frei sind, die Kommunikation der Besucher untereinander gehemmt. In vielen Fällen wäre es ein negativer Effekt, wenn sich die Besucher aus dem Raum der Betrachtung zu sehr herauslösen, denn dadurch wird die Schwelle zur Interaktion vergrößert und Interaktion wie beispielsweise zwischen Eltern und Kindern, oder zwischen Lehrern und Schülern gebremst.<sup>52</sup> Diese Hemmung wirkt auch generell auf interak-

---

<sup>51</sup> Vgl. Graf, Statistische Gesamterhebung an den Museen der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 2012 (Heft 67), Berlin 2013, S.13.

<sup>52</sup> Vgl. Heddier, Reduzierung akustischer Störungen durch Audio- und Videostationen in Museen, in: KulturBetrieb (Ausgabe 2, Mai 2014) hg. v. SchmittART, Leipzig 2014, S. 24 ff.

tiv gestaltete Elemente bzw. auf die direkte Interaktion mit dem Exponat.<sup>53</sup> Besonders problematisch ist dies, wenn die Audioführung als unterstützender Bestandteil und nicht als dominierender Bestandteil des Museumsbesuchs wirksam werden soll.

Bei den Handhörern befindet sich der Sound auf nur einem Audiokanal, was weniger Gestaltungsspielraum im Sounddesign zulässt. Jedoch bleibt die Situation im Museum besser wahrnehmbar und dadurch wird unter anderem eine höhere Sicherheit für die Besucher geboten.<sup>54</sup> Auf Dauer kann es aber auch anstrengend werden, wenn der Hörer ständig an das Ohr gehalten werden muss. Handhörer sind auf jeden Fall nicht für Personen mit Krücken oder Personen im Rollstuhl geeignet, da hier immer beide Hände frei sein müssen. Eine weitere Stärke des Kopfhörers ist die Lautstärke: bei der Beschallung auf beiden Ohren wird schon bei einem relativ geringem Pegel der Sound als laut genug empfunden. Der einzelne Handhörer hingegen muss relativ laut gestellt werden. Nebenstehende Personen können mithören und dies als störend empfinden.

Die Frage welches System besser ist, lässt sich nicht so einfach beantworten. Es kommt in jedem Fall auf das Anwendungsgebiet an. Beide Hörer haben unterschiedliche Stärken und Schwächen. In bestimmten Fällen muss man Kompromisse eingehen und sich für das besser geeignete System entscheiden, auch wenn dieses nicht perfekt ist.

#### 4.3.4 Hören und Zuhören

Genauso wie auf der einen Seite die technischen und inhaltlichen Herausforderungen an die akustischen Führungssystemen gegeben sind, muss man sich auf der anderen Seite auch fragen, was vom Besucher erwartet werden kann. Welche Voraussetzungen bringt er mit, was muss von seiner Seite aus geleistet werden? In erster Linie soll hier das Zuhören als primäre Anforderung der Auffassung von Inhalten beleuchtet werden.

Das Ohr ist also ein prägendes Sinnesorgan für die kognitive Entwicklung des Menschen.<sup>55</sup> Beim Embryo ist das Ohr bereits nach viereinhalb Monaten vollständig ausgebildet. Kein anderes Organ ist nach dieser Zeit so weit bzw. so vollständig entwickelt. Schon sehr früh werden erste Eindrücke über das Hören gesammelt und damit verbundene Fähigkeiten ge-

---

<sup>53</sup> Vgl. Gammon und Burch, *Designing Mobile Digital Experiences*, in: *Digital technologies and the museum experience* hg. v. Loïc Tallon und Kevin Walker, AltaMira Press, Lanham/New York/Toronto/Plymouth, UK 2008, S. 48.

<sup>54</sup> Vgl. Schulze und Buhl, *Eine Ausstellung hören?*, in: *Mit den Ohren sehen*, hg. v. Hannelore Kunz-Ott, Deutscher Kunstverlag, Berlin/München 2012, S. 27 ff.

<sup>55</sup> Vgl. Glück-Levi, *Warum „Mit den Ohren“ sehen?*, in: *Mit den Ohren sehen*, hg. v. Hannelore Kunz-Ott, Deutscher Kunstverlag, Berlin/München 2012, S. 13 ff.

schult. Auch wenn das Hören schon sehr früh möglich ist, muss auf dieser Basis das Zuhören erst erlernt werden. Beim Zuhören kommt es nicht nur auf die Leistung des peripheren Gehörs an, sondern auch auf höhere Fähigkeiten, wie assoziativ Inhalte herzuleiten um beispielsweise ein Wort zu verstehen, von dem vielleicht tatsächlich nur lückenhaft einzelne Sprachlaute erfasst wurden.<sup>56</sup> Auditive Informationsverarbeitung erfordert laut der Psychologin Magarethe Imhof unter anderem Konzentration und den Einsatz von *energetischer Aktiviertheit*, diese ist den damit verbundenen Sättigungs- und Ermüdungserscheinungen unterworfen.<sup>57</sup>

Zuhören ist also nicht nur eine anspruchsvolle und komplexe Fähigkeit, sondern ein aktiver Vorgang: Akustische Informationen müssen wahrgenommen, entschlüsselt und interpretiert werden. Es findet ein Abgleich mit schon bekannten Informationen statt und eine dementsprechende Einordnung der gerade aufgenommenen Informationen. Im Fall gesprochener Sprache muss der Zuhörer seine Konzentration auf die Informationsaufnahme ausrichten und den Inhalt sowie die Sprache wahrnehmen. Zusätzlich muss eine Wahrnehmung des situativen Kontextes und des Sprechers erfolgen.<sup>58</sup>

Wie schon in Kapitel 4.3 festgestellt wurde, nimmt der Audioguide, dadurch dass er eine Dichotomie zwischen sich selbst und dem Besucher schafft, auf der zeitlichen Ebene Raum ein. Innerhalb dieses zeitlichen Raumes will der Besucher mehr Wissen erlangen, er wird dem Audioguide phasenweise Zuhören wollen und diesem seine Aufmerksamkeit schenken. Der Besucher sollte allein durch seine innere Haltung schon das individuell erwünschte und notwendige Maß an Bereitschaft und Empfänglichkeit auf den Audioguide richten. Das System sollte daher eher eine funktionale Unaufdringlichkeit, statt übersteigerter Präsenz bieten.

---

<sup>56</sup> Vgl. Lehnhardt, Praxis der Audiometrie (8. Auflage), Thieme, Stuttgart / New York 2001, S. 173 f.

<sup>57</sup> Vgl. Imhof, Zuhören: psychologische Aspekte auditiver Informationsverarbeitung, Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen 2003, S. 15 f.

<sup>58</sup> Vgl. Imhof, Zuhören: psychologische Aspekte auditiver Informationsverarbeitung, Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen 2003, S. 12.

## 5. Ziel und Annahmen der Studie

### 5.1 Modell der Interaktionsebenen

In der Studie soll der Knochenschallkopfhörer generell auf Eignung als Komponente an einem bereits vorhandenen akustischen Führungssystem im Museum untersucht werden. Zur besseren Übersicht, welche Anforderungen ein Kopfhörer an einem akustischen Führungssystem erfüllen muss und um den Kernaspekten eine Struktur zu geben, soll hier eine Möglichkeit gezeigt werden, wie diese in ein Modell eingeordnet werden können. Zur Veranschaulichung habe ich mich auf ein Modell<sup>59</sup> von Ben Gammon und Alexandra Burch gestützt und dieses für meine Fragestellung optimiert.

Die primäre Anforderung einer akustischen Führung ist, dass die Interaktionsebene, auf der sich der Besucher und der Audioguide befinden, sowohl über eine technische, als auch über eine inhaltliche Qualität verfügt. Eine Mindestanforderung an die technische Qualität wäre z.B. dass die Lautstärke als ausreichend laut eingestuft wird. Im Hinblick auf die inhaltliche Qualität müsste z.B. der Sprechertext verständlich und informativ sein. Doch welche Auswirkungen hat die gesteigerte Qualität der Interaktionsebene Besucher ↔ Audioguide auf andere Interaktionsebenen? Möglicherweise steigert ein beidseitiger Kopfhörer die Qualität auf der einen Ebene, hemmt aber gleichzeitig den, laut Imhof für das Zuhören notwendigen Einsatz energetischer Aktiviertheit (siehe Kapitel 4.3.4), wenn man sich beispielsweise anderen Besuchern zuwenden will. Wenn man von Qualität spricht, darf also nicht nur ein kleiner Teil in einem großen System betrachtet werden, entscheidend ist, wie sich die einzelnen Teile auf die Qualität im ganzen System auswirken. Betrachtet man die verschiedenen interaktiven Komponenten, so findet man einen Audioguide nicht nur an den Besucher gekoppelt, sondern in einem verzweigten Netzwerk zwischen Exponat, Besucher, Raum und anderen Besuchern. Das Modell im Folgenden soll veranschaulichen, dass die Lage eines Kopfhörers auf der Ohrmuschel zu einem Gefühl der Abschirmung der übrigen Interaktionsebenen führt. Beim Knochenschallkopfhörer sollte sich der Besucher in alle Interaktionsebenen integriert fühlen. Dass dieser Effekt der Abschirmung in vielen Fällen nicht erwünscht ist, zeigt sich unter anderem auch an dem häufigen Einsatz von Handhörern (Vgl. Kapitel 4.3.3).

<sup>59</sup> Vgl. Gammon und Burch, *Designing Mobile Digital Experiences in: Digital technologies and the museum experience* hg. v. Loïc Tallon und Kevin Walker, AltaMira Press, Lanham/New York/Toronto/Plymouth, UK 2008, S. 42.

### 5.1.1 Definition der Interaktionsebenen

Die Bestandteile und die Vorgänge auf den jeweiligen Interaktionsebenen werden im Folgenden definiert. Es wird angenommen, dass die Qualität der jeweiligen Ebene höher einzustufen ist, je besser die Vorgänge funktionieren.

- Besucher ↔ andere Besucher  
*Interaktion* und vor allem *Kommunikation* mit anderen Besuchern: Diese Ebene beinhaltet begleitende Besucher mit denen eine Kommunikation erwünscht ist, z.B. Eltern mit ihren Kindern, Lehrer mit ihren Schülern aber auch Freunde, die gemeinsam das Museum besuchen.
- Besucher ↔ Exponat  
*Wirkung* des Exponats inklusive *Bedienung* interaktiver Schnittstellen: Diese Ebene beschreibt die direkte und die indirekte Besucherinteraktion mit den Exponaten. Die indirekte Interaktion über Texttafeln oder interaktive Schnittstellen zählt ebenso zu dieser Ebene wie der direkte Zugang zu den Exponaten bzw. die direkte Wirkung der Exponate auf den Besucher.
- Besucher ↔ Raum  
*Wahrnehmung* der Umgebungssituation: Auf dieser Ebene soll ein Gefühl der natürlichen Integration des Besuchers im Raum bestätigt werden. Die Interaktionsebene umfasst das Hören von Umgebungsgeräuschen aus verschiedenen Richtungen und deren Lokalisation, z.B. solche einer Klanggestaltung über Lautsprecher oder Geräusche von anderen Museumsbesuchern.
- Besucher ↔ Audioguide  
*Vermittlung* des Inhalts: Auf dieser Ebene wird die Qualität des Klangs, vor allem der Stimmen, aber auch anderer Sounds aus dem Audioguide definiert. Bei der Qualität des Klangs soll entscheidend sein, wie gut der Besucher dem Inhalt folgen kann und ob das Zuhören von ihm als angenehm empfunden wird.

### 5.1.2 Hörsituation beim ohraufliegenden Kopfhörer

Beim Hören über einen ohraufliegenden Kopfhörer sind für den Besucher die Interaktionsebenen für Raum, andere Besucher und Exponat zu einem gewissen Teil eingeschränkt. Die Interaktionsebene zwischen Besucher und Audioguide rückt in den Vordergrund (siehe Abbildung 6).

## Interaktionsraum des Besuchers

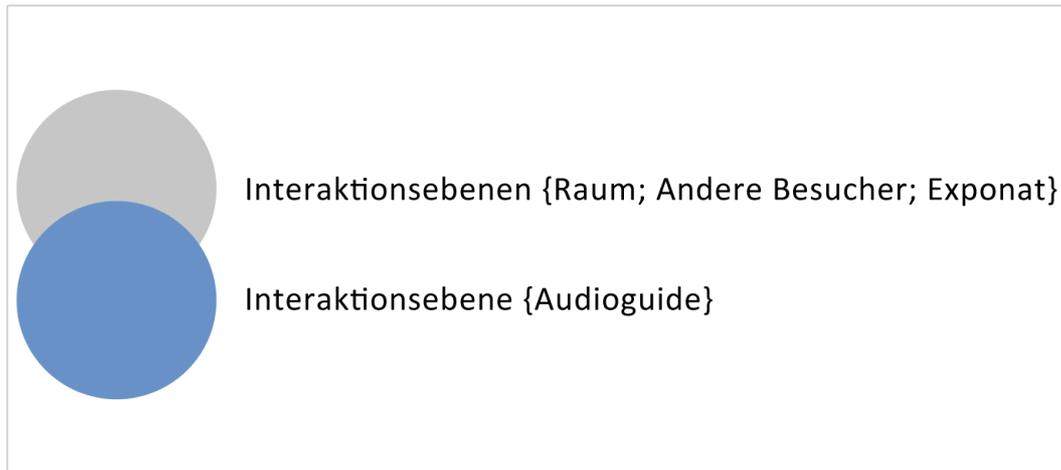


Abbildung 6: Modell der Interaktionsebenen beim ohraufliegenden Kopfhörer (AC).

Die Ebene Besucher  $\leftrightarrow$  Audioguide überlagert teilweise die anderen Interaktionsebenen.

### 5.1.3 Hörsituation beim Knochenschallkopfhörer

Beim Hören über einen Knochenschallkopfhörer sind für den Besucher die Interaktionsebenen für Raum, andere Besucher und Exponat uneingeschränkt. Die Interaktionsebene zwischen Besucher und Audioguide ist nicht im Vordergrund sondern gleichwertig im Interaktionsraum des Besuchers integriert (siehe Abbildung 7).

## Interaktionsraum des Besuchers

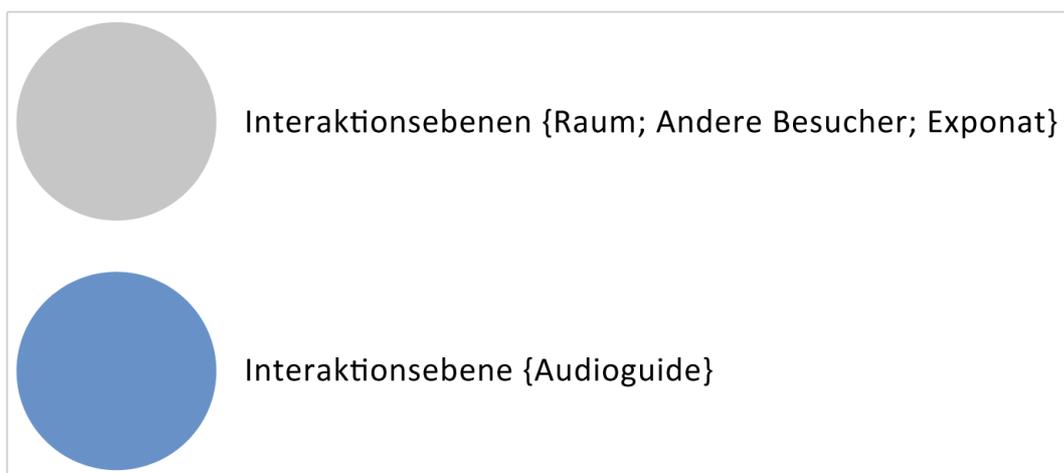


Abbildung 7: Modell der Interaktionsebenen bei Knochenschallkopfhörern.

Keine Überlagerung durch die Interaktionsebene Besucher  $\leftrightarrow$  Audioguide.

## 5.2 Die Thesen

- *Verifizierung* der Modelle der Interaktionsebenen:  
Beim ohraufgelegten Kopfhörer schränkt die Interaktionsebene, zwischen Besucher und Audioguide, den Raum für die direkte Interaktion auf anderen Ebenen (Besucher ↔ Exponat, Besucher ↔ andere Besucher, Besucher ↔ Raum) ein und überlagert diesen. Mindestens eine der anderen Ebene ist dadurch beeinträchtigt. Beim Knochenschallkopfhörer tritt hingegen keine Überlagerung ein.
- *Qualitätserhaltung* der Interaktionsebene Besucher ↔ Audioguide:  
Die mutmaßlichen technischen Schwächen (nicht-linearen Verzerrungen, Gehäuse-Resonanzen, begrenzter Frequenzbereich und begrenzter Ausgangspegel, siehe Kapitel 4.2.1) des Knochenschallkopfhörers, werden durch den positiven Effekt der wegfallenden Überlagerung kompensiert und in beiden Modellen der Interaktionsebenen wird die Ebene Besucher ↔ Audioguide qualitativ gleichwertig wahrgenommen.
- *Sympathie* zu Gunsten des Knochenschallkopfhörers:  
Wenn die vorigen Annahmen zutreffen, müsste sich dies auch in einer größeren Sympathie für den Knochenschallkopfhörer widerspiegeln. Da der Wegfall der Überlagerung bei gleichzeitigem wahrgenommenen Qualitätserhalt als positiv empfunden werden sollte.

## 6. Methoden

### 6.1 Vorbereitung

Für die Studie sollte ein Museum als Testumfeld gefunden werden, welches bereits Audioguides für die akustische Führung einsetzt und sowohl Content als auch System vorhanden sind, sodass diese nur noch mit den Kopfhörern ergänzt werden müssen. Bereits vorhandene interaktive Schnittstellen, über die medientechnische Inhalte gesteuert werden, waren ebenfalls erwünscht und notwendig. Wichtig war auch, für den Test eine realistische museumstypische Umgebung zu finden mit einer Geräuschkulisse in großen Räumen. Die Ergebnisse aus der Studie sollten auf andere Museen übertragbar sein.

Ich fragte bei meiner Suche nach einem geeignetem Museum für die Studie zunächst in meinem Bekanntenkreis, so kam direkt der Kontakt zum Staatlichem Museum für Naturkunde in Stuttgart durch Lisa Rager zustande, die dort regelmäßig Führungen gibt. Bei einem ersten Besuch des Museums und einem Gespräch mit den Mitarbeitern sammelte ich erste Eindrücke. Ich konnte mir einen Überblick verschaffen und überprüfen, ob die dortigen Audioguides einen Kopfhöreranschluss hatten. Die Mitarbeiter schilderten mir, welche Rückmeldungen sie zum Thema Audioführung von Besuchern bekommen, z.B. dass die dort eingesetzten Handhörer für manche Personen auf Dauer zu schwer sind, wenn man sie ständig ans Ohr halten muss. Es gab auch noch die Möglichkeit, die Studie in anderen Museen durchzuführen, doch diese hatten entweder keine bereits vorhandenen Audioführungen, waren zu weit weg oder zu klein.

### 6.2 Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart

Das im nordwestlichen Teil des Stuttgarter Rosensteinparks liegende *Museum am Löwentor* wurde in den Jahren 1981 bis 1985 erbaut. In der Ausstellung kann man hauptsächlich berühmte Fossilfunde aus Südwestdeutschland sehen. Vor allem Dinosaurier und Säugetiere aus der Urzeit werden dort ausgestellt.<sup>60</sup> Das Museum hat insgesamt eine Ausstellungsfläche von 3.500 m<sup>2</sup>. Der Architekt Curt Siegel setzte beim Bau des Museums ein architektonisch interessantes Konzept um: Auf der gesamten Fläche befindet sich ein großer Raum mit bis zu

---

<sup>60</sup> Vgl. <http://www.stuttgart.de/item/show/305802/1/dept/108616> [14.07.2014 11:13 Uhr].

14 m Höhe, der keine Zwischenwände hat. Auch das Zwischenstockwerk fügt sich nicht an jede Wand an, sodass man an manchen Bereichen die volle Höhe des Raumes sehen und wahrnehmen kann.<sup>61</sup> Über Glasfassaden und Lichtschächte kommt, zusätzlich zur Beleuchtung, viel Licht in den Raum. Dadurch entsteht ein heller, offener Gesamteindruck, obwohl die Wände und der Holzpflaster-Boden mit Grau und Braun eher dunkle Farben haben. Zwischen den meisten Exponaten ist ebenfalls viel Raum, sodass sich besondere Blickachsen ergeben und die Dimensionen wirken können: da man die riesigen Dinosaurierskelette schon von weitem sieht, werden diese mit jedem Schritt der Annäherung umso bedrohlicher. Die offene Architektur spiegelt sich auch in der Raumakustik wieder: Selbst an den Stellen, an denen Wände die Sicht zu einem anderen Bereich versperren, gibt es in Bezug auf den Klang keine völlig voneinander abgegrenzten und isolierten Bereiche. Wenn eine laute Schulklasse in der Ausstellung ist, hört man diese, trotz der Größe des Raumes, an jeder Stelle. Besonders stark und mit viel Hallanteil nimmt man die Geräuschkulisse an den Stellen wahr, an denen der Raum seine volle Höhe hat.

### 6.3 Stichprobe

Die Studie sollte sich auf erwachsene Menschen beschränken. Wenn man Kinder unter 12 Jahren ausschließt, zeigte sich aus Umfragen, bei denen die Altersstruktur erfasst wurde ein Durchschnittsalter von 44 Jahren für Museumsbesucher.<sup>62</sup> Um sich an diesem Wert zu orientieren, sollten die Probanden im Alter zwischen 30 und 60 Jahren sein. Die Probanden wurden aus dem Museumsumfeld rekrutiert. Es gab keine weiteren, im Vorfeld festgelegten, ausschließenden Kriterien für die Teilnahme an der Studie. An der Studie nahmen sechs Probanden im Alter zwischen 32 und 60 Jahren teil. Das mittlere Alter lag mit 49,3 Jahren etwas über dem allgemeinen Durchschnittsalter der Museumsbesucher.

### 6.4 Qualitatives Interview

Der Fokus bei der Gewinnung von Informationen, soll darauf gelegt werden, bei welchem Kopfhörer ein Proband sich wohler bzw. unwohler fühlt und welche Empfindungen bei be-

---

<sup>61</sup> Vgl. <http://www.naturkundemuseum-bw.de/ausstellung/museum-am-loewentor/uebersicht> [14.07.2014 11:52 Uhr].

<sup>62</sup> Astrid Kurzeja-Christinck, Jutta Schmidt, Peter Schmidt Empirische Ansätze zur Typisierung von Besuchern und Fastbesuchern von Kulturinstitutionen in Jahrbuch für Kulturmanagement 2012, transcript, Hildesheim 2012, S. 201 f.

stimmten Situationen auf den Probanden einwirken. Da sich diese emotionalen Faktoren besonders gut in einem direkten Gespräch erfassen, lassen wird eine Methode in Interviewform gewählt. Ein qualitatives Interview bezieht sich immer auf eine vorab bestimmte Fragestellung bzw. ein vorher festgelegtes Thema. Im Gegensatz zu quantitativen Methoden werden hier die Fragen von den Probanden nicht in fester Fragebogenform beantwortet, sondern in einem offenem Interview.<sup>63</sup> Dem methodischen Setting liegt ein Interview-Leitfaden zugrunde. Damit der Kommunikations- und Blickkontakt nicht verloren geht und eine natürliche Gesprächssituation erhalten bleibt, soll der Interviewleitfaden keine strikte Reihenfolge vorgeben, sondern in erster Linie dazu dienen, dass kein Thema vergessen wird. Ein ständiger Blick auf den Interviewleitfaden, während des laufenden Gesprächs, soll dabei vermieden werden. Die Reihenfolge der gestellten Fragen soll an den aktuellen Gesprächsverlauf angepasst werden. Die Antwortmöglichkeiten sind unbeschränkt. Erst wenn der Proband alle, für ihn wichtig erscheinenden, Aspekte zu einem Thema genannt hat, soll eine neue Frage auf Informationen aus weiteren Aspekten oder Themen zielen.<sup>64</sup> Das Interview sollte so geführt werden, dass die Situation für den Probanden angenehm bleibt. Fragen oder Aussagen, die den Probanden in Verlegenheit bringen oder bei denen er sich persönlich angegriffen fühlen könnte, sind unbedingt zu vermeiden. Die Fragen werden in natürlicher, umgangssprachlicher Form gestellt. Das Interview soll in drei Phasen aufgeteilt sein:

- **1. Phase**

Das Interview soll mit einer offenen Frage beginnen, sodass der Interviewpartner, die ihm relevant erscheinenden Themen anspricht, sich in gewissem Maße „warm reden“ kann, ohne dass ihm Themen aufdiktieren werden. Dabei sollen möglichst viele verschiedene, themenrelevante Informationen gewonnen werden.

- **2. Phase**

Wenn genügend Informationen zu den Themen vorliegen und eine kurze „Pause“ im Sinne einer natürlichen Gesprächssituation stattfinden kann, wird die zweite Phase eingeleitet. Hier wird das Gespräch auf noch nicht besprochene Themen gelenkt.

- **3. Phase**

Eine abschließende Frage soll auf ein Fazit des Interviewpartners zielen, in dem er die subjektiv relevanten Aspekte zusammenfasst.

---

<sup>63</sup> Vgl. Flick und Kardorff, *Qualitative Forschung ein Handbuch* (10. Auflage), hg. v. Ines Steinke, Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek 2005, S. 13 ff.

<sup>64</sup> Vgl. Aufenanger, *Formen des qualitativen Interviews in: Qualitative Methoden der Medienforschung* hg. v. Ruth Ayaß und Jörg Bergmann, Verlag für Gesprächsforschung, Mannheim 2011. S. 100 ff.

### 6.4.1 Erstellung des Gesprächsleitfadens

In der Gestaltung des Gesprächsleitfadens werden alle relevant erscheinenden Informationen, die bei der praktischen und theoretischen Recherche gewonnen wurden, berücksichtigt. Die Entwicklung des Modells der Interaktionsebenen fand im Vorfeld statt. Weitere Informationen, aus einer Vorstudie, sind vorhanden: In der Vorstudie prüfte ich, ob die Fragen des Leitfadens punktgenau waren, so dass eine funktionale Einordnung in die Interaktionsebenen ermöglicht wurde. Falls dies nicht der Fall war, wurden die Fragen optimiert bzw. komplett gestrichen. Bei Unvollständigkeit wurden weitere Fragen hinzugefügt.

Obwohl der Leitfaden mit äußerster Sorgfalt erstellt wurde, soll dieser dem Interview nicht zwingend unveränderlich zu Grunde liegen. Sollte sich in der Durchführung oder bei der Interpretation des Interviews herausstellen, dass eine Notwendigkeit zur Verbesserung des Leitfadens besteht, muss der jeweilige Punkt für das nächste Interview korrigiert werden, um einen optimalen Informationsgewinn zu gewährleisten. Bei dem ersten Probanden, war die dritte Phase des Interviews noch nicht im Interview-Leitfaden definiert. Ich sprach nach dem Interview noch mit der Person und es ergab sich aus dem Gespräch folgende Frage: „Welcher Kopfhörer würde bei einem Museumsbesuch ausgewählt werden und warum?“ Die Antwort des Probanden 1: „Ich würde den Knochenschallkopfhörer bevorzugen, da ich mich sicherer damit fühle und ich den Klang bei diesem besser finde.“ Da meiner Ansicht nach diese Frage das Interview gut abschließt und dabei zusätzlich wichtige Kerninformationen, vor allem für die dritte These *Sympathie* gewonnen werden, entschied ich diese Frage in einer dritten Phase während der Videoaufzeichnung allen weiteren Probanden zu stellen.

### 6.4.2 Struktur und Informationsbewertung

Eine Integration der Informationen aus dem Interview in die Interaktionsebenen des jeweiligen Modells sollte nun ermöglicht worden sein. In der folgenden Tabelle (Tabelle 2) sind exemplarische Fragen gezeigt, die auf eine jeweilige Interaktionsebene zielen. Mit den Antworten des Probanden lässt sich die korrespondierende Hypothese überprüfen.

*Tabelle 2: exemplarische Fragen zum Kopfhörervergleich auf den Interaktionsebenen.*

<b>Frage</b>	<b>Interaktionsebene</b>
Gab es Unterschiede, wenn Sie sich mit anderen unterhalten haben?	Besucher ↔ andere Besucher
Wie sah es mit der technischen Bedienung bei interaktiven Schnittstellen im Museum aus?	Besucher ↔ Exponat
Bei welchem Kopfhörer haben Sie allgemein mehr auf den Raum und dessen Wirkung auf Sie geachtet?	Besucher ↔ Raum
Wie sah das mit dem Sound aus dem Audioguide aus? Gab es da Unterschiede?	Besucher ↔ Audioguide

## 6.6 Apparatur und Materialien

### 6.6.1 Audioguide

Bei der Studie wurde das Audioguidemodell exSite Premium™ des Herstellers acoustiguide verwendet (siehe Abbildung 8). Dieser Audioguide wird in dem Museum üblicherweise eingesetzt. Es wurde die Sprachführung für Erwachsene gewählt. Diese beinhaltet informative Audiofiles von Frauen- und Männerstimmen. Ein zusätzliches Sounddesign wie Klangeffekte und Hintergrundeinspielungen bzw. Atmosounds sind ebenfalls in dieser Sprachführung enthalten. Um einen Audiotrack auszuwählen, muss man die entsprechende dreistellige Zahl über das Tastenfeld eingeben, mit der grünen Play-Taste kann der jeweilige Track gestartet werden. Zusätzlich gibt es die Option den Ausgangspegel des Audiosignals in 16 Stufen zu regeln.



Abbildung 8: Audioguide exSite Premium™ mit Kopfhörer Sennheiser PMX 60.

### 6.6.2 Kopfhörer

Für den Test sollten Kopfhörer aus einer günstigsten Preisklasse gewählt werden, da bei teuren Kopfhörern die Anschaffungskosten für ein Museum unverhältnismäßig hoch wären und eine erhöhte Diebstahlgefahr bestehen würde. Es wurde ein Kopfhörer mit Nackenbügel für die Tests verwendet. Andere Modelle in einer vergleichbaren Preisklasse waren nicht zu finden. Die Wahl fiel auf den *bone sonic* Kopfhörer (Grundig)<sup>65</sup>(siehe Abbildung 9).



Abbildung 9: Knochenschallkopfhörer bone sonic (Grundig) am Audioguide.

<sup>65</sup> Vgl. <http://www.1kcloud.com/wp1DCpW9/page28.html#/28> [02.08.2014 03:42 Uhr]. Vergleichbare Modelle auf: <http://www.aftershokz.com/> [02.08.2014 03:39 Uhr].

In der selben Preisklasse (30 bis 40 Euro) suchte ich dann nach ohraufliegenden Kopfhörern mit offener Bauform, einer typischen Bauform für einen Kopfhörer, der an einem Audioguide eingesetzt wird. Da die Form der Bügel nicht das entscheidende Kriterium der Differenzierung bei den Tests sein sollte, wurde ein Luftleitungskopfhörer mit Nackenbügel als Vergleichsmodell gewählt. Die Wahl fiel auf den *PMX 60* Kopfhörer des Herstellers Sennheiser<sup>66</sup> (siehe Abbildung 8). Im Folgenden werden der Knochenschallkopfhörer mit BC für *bone conduction* und der Luftleitungskopfhörer mit AC für *air conduction* abgekürzt.

### 6.6.3 Mobiler Recorder

Bei der Vorstudie wurde bei dem Interview ein Camcorder auf einem Stativ und ein Ansteckmikrofon verwendet. Dieser Aufbau wirkte jedoch auf die Interviewpartner laut eigenen Aussagen einschüchternd und zu massiv. Es wurde relativ oft direkt in die Kamera geschaut und man konnte außerdem eine gewisse Verunsicherung in der Mimik und der Körperhaltung erkennen. Selbst als die Kamera ausgeschaltet wurde und sich noch ein Gespräch ergab, fragte ein Interviewpartner, ob die Kamera jetzt sicher aus sei. Es wurde mir geraten, lieber nur eine Audioaufzeichnung zu machen, weil man sich mit der Kamera doch eher verkrampft fühlen würde. Da für das Interview eine möglichst natürliche Gesprächssituation vorgesehen war, in der sich der Interviewte auch relativ wohlfühlen kann, musste der Aufbau noch weiter optimiert werden. Auf der Suche nach einer dezenteren technischen Lösung, bei der die negativen Effekte weniger stark auftreten, stieß ich auf einen mobilen Audio-Recorder (Typ: Olympus LS-20M), in den eine kleine Kamera integriert ist<sup>67</sup> (siehe Abbildung 10).

---

<sup>66</sup> Vgl. <http://de-de.sennheiser.com/noise-reducing-kopfhoerer-nackebuegel-pmx-60> [02.08.2014 03:11 Uhr] Nach Absprache mit der Technikabteilung des Herstellers, sind die technischen Daten beim Modell PMX 60 und PMX 60 II die Selben.

<sup>67</sup> Vgl. [http://www.olympus.de/site/de/archived\\_products/audio/audio\\_recording\\_1/ls\\_20m/index.pdf](http://www.olympus.de/site/de/archived_products/audio/audio_recording_1/ls_20m/index.pdf) [02.08.2014 03:28 Uhr].



Abbildung 10: mobiler Recorder Olympus LS-20M.

Hauptsächlich werden solche Recorder verwendet, um einfache Mitschnitte von Konzerten zu machen. Die Ton- und vor allem die Bildqualität ist bei dieser Lösung zwar schlechter als die der Vorstudie, trotzdem kann diese als ausreichend gut eingestuft werden, besonders wenn man den Fokus auf das mögliche Wegfallen der negativen Wirkung auf den Interviewten legt. Das Gerät wird über einen Akku gespeist, daher wurde keine Steckdose benötigt. Der Recorder wurde auf einem kleinem Tischstativ angebracht (siehe Abbildung 10), sodass es mit einer leichten Untersicht auf den Interviewpartner gerichtet war. Ich prüfte diesen Aufbau mit einer Testperson aus der Vorstudie und diese gab mir direkt die Rückmeldung, dass es deutlich angenehmer ist, vor dieser Technik zu sprechen.

## 6.7 Versuchsdesign und Ablauf

### 6.7.1 Testzeitraum

Die Tests fanden im Zeitraum zwischen dem 3. Juli und dem 26. Juli 2014, zwischen 10:30 Uhr und 17 Uhr während der Öffnungszeiten im Museum statt. Drei Personen nahmen an einem Donnerstag, drei Personen an einem Samstag an den Tests teil. Die Testphase im Ausstellungsraum dauerte zwischen 30 und 60 Minuten. Das Interview erfolgte immer direkt im Anschluss, und nahm ca. 10 Minuten Zeit in Anspruch. Bei allen Probanden fand nach dem Interview ein kurzes Gespräch für Rückmeldungen und Ergänzungen statt.

### 6.7.2 Ablauf im Museum

Um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten, musste der Museumsbesuch so realistisch wie nur möglich ablaufen. Allein dadurch, dass die Probanden wussten, dass sie Teil einer Studie waren, konnte eine absolut realistische Situation nicht hergestellt werden. Manche Probanden waren direkt bei der Begrüßung schon angespannt. Deswegen wurde gleich zu Beginn der Fokus nicht auf die Informationsgewinnung gelegt, sondern in einem kurzem Gespräch der Ablauf beschrieben. Am meisten Angst hatten die Probanden vor den Fragen. Manche äußerten z.B., dass es ihnen unangenehm wäre, wenn sie die späteren Fragen nicht richtig beantworten könnten. Manche zweifelten sogar daran, ob sie überhaupt eine Hilfe bei der Studie wären. Es wurde versucht, den Ängsten und dem vermeintlichen "Prüfungsdruck" der Probanden entgegenzuwirken, in dem zu Beginn erklärt wurde, dass nur Fragen gestellt würden, die sich auf die Wahrnehmung und auf die Eindrücke beim Hören über die beiden verschiedenen Kopfhörer bezögen. Im ersten Schritt ging ich mit dem Proband zur Kasse, um einen Audioguide abzuholen. Der Kopfhörer wurde angeschlossen.<sup>68</sup> Ich zeigte zunächst an mir selbst, wie man den jeweiligen Kopfhörer korrekt platziert und gab ihm dann dem Probanden.



*Abbildung 11: Proband 4 mit BC (links) und AC (rechts).*

*So wurden die unterschiedlichen Kopfhörer korrekt aufgesetzt.*

<sup>68</sup> Welcher Kopfhörer zuerst angeschlossen wurde, variierte von Proband zu Proband. Die Reihenfolge der Kopfhörer wurde randomisiert.

Nachdem der Kopfhörer aufgesetzt wurde, überprüfte ich, ob dieser an der richtigen Stelle sitzt (siehe Abbildung 11). An der ersten Hörstation sollte der Proband die Bedienung des Audioguides kennenlernen, also den passenden Track auswählen und die für ihn perfekte Lautstärke einstellen. Ein späteres nachjustieren war aber ebenfalls möglich. Im Folgenden wäre es einem natürlichem Museumsbesuch am nächsten gekommen, wenn der Proband sich völlig frei bewegen – und die für ihn Interessanten Dinge hätte erkunden können. Es wurde versucht, dem Probanden viel Freiheit zu lassen, dennoch war es für die Studie wichtig ihn an bestimmten Stellen zu lenken. Es musste sichergestellt werden, dass der Proband genügend Informationen zur Beantwortung der späteren Fragen bekommt. Deshalb gab es vier feste Stationen, an denen der Proband sich auf jeden Fall den Sprechertext anhören sollte. Durch diese vier Stationen wurde gewährleistet, dass der Proband einen weiten Weg im Museum zurücklegte und dadurch viele Eindrücke über den Raum und die Umgebung sammeln konnte.

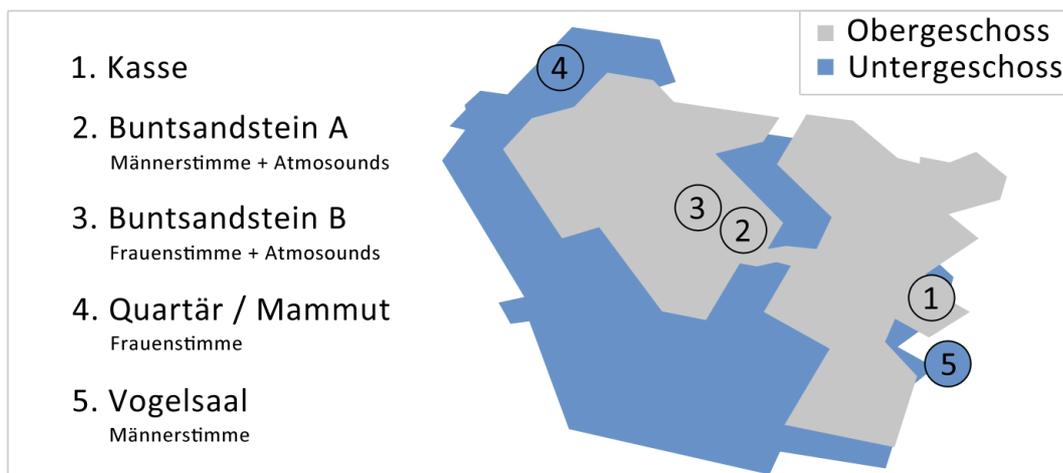


Abbildung 12: Lage der einzelnen Stationen im Raumplan der Ausstellung.<sup>69</sup>

Die Hörsituation war an jeder Station eine andere (siehe Abbildung 12). Zwei der Stationen (2 und 3) befanden sich in einem eher lautem Umfeld in der Nähe des Eingangsbereichs, eine weitere Station (4) befand sich dort, wo der Raum seine komplette Höhe hat und viele Umgebungsgeräusche, mit viel Hallanteil zu hören waren und eine weitere Station (5) befand sich

<sup>69</sup> Der Abbildung auf der folgenden Internetseite nachempfunden:  
<http://www.naturkundemuseum-bw.de/ausstellung/museum-am-loewentor/ausstellungsplan-obergeschoss>  
 [08.08.2014 17:56 Uhr].

in einem eher separaten Raum, der verhältnismäßig ruhig war. Bei zwei der vier Stationen sprach eine Frau und bei den zwei anderen Stationen ein Mann. Zwei Stationen beinhalteten ausschließlich die Sprecherstimme, wobei bei zwei Stationen zusätzlich wie z.B. Geräusche von Wind und Wellen also sogenannte Atmosounds zu hören waren. Zusätzlich zu diesen vier festgelegten Stationen konnte sich der Proband, wenn ihn etwas interessierte, jederzeit bei weiteren Stationen den Audioguidetext anhören, oder selbstverständlich auch so lange wie erwünscht die Exponate betrachten, Texte lesen bzw. weitere interaktive Schnittstellen im Museum bedienen.

Wurde ein Proband auf einen der im Museum aufgestellten Touchscreens aufmerksam, gab ich ihm die Aufgabe, Informationen über ein bestimmtes Tier herauszusuchen. Wenn ein Proband während der ganzen Zeit den Touchscreens keine Beachtung schenkte, wurde einer von diesen Touchscreens von mir als fünfte feste Station hinzugenommen und auch dann bekam der Proband die Aufgabe, Informationen über ein bestimmtes Tier herauszusuchen. Waren alle vier festen Stationen und die Interaktionsaufgabe beendet, fand der Kopfhörerwechsel statt und die Tour mit den vier festen Stationen begann wieder von Neuem. Bei der Interaktionsaufgabe mussten diesmal jedoch Informationen über ein anderes Tier gesucht werden. Während der Zeit im Museum versuchte ich eine freundliche Atmosphäre aufzubauen. Wie das bei einem Museumsbesuch in einer Zweiergruppe üblich ist, fanden auch ab und zu kurze Unterhaltungen, hauptsächlich zu den ausgestellten Exponaten, statt. Ich war immer in unmittelbarer Nähe des Probanden, um dessen Verhalten zu beobachten, damit ich beim späteren Interview gezieltere Fragen stellen konnte und die Antworten bei einer zu großen Diskrepanz zum Beobachteten kritischer hinterfragen konnte. Im Versuchsdesign wurden feste Stationen integriert, damit ein ausreichendes Maß an Eindrücken und Erlebnissen gesammelt werden konnte (siehe Tabelle 3).

*Tabelle 3: Eindrücke und Erlebnisse in Bezug auf die verschiedenen Interaktionsebenen.*

<b>Eindrücke und Erlebnisse aus:</b>	<b>Interaktionsebene</b>
Unterhaltungen und Anweisungen	Besucher ↔ andere Besucher
Suche an den Touchscreens	Besucher ↔ Exponat
Wegstrecke und Positionen über vier Stationen	Besucher ↔ Raum
Verschieden Stimmen und Atmosounds	Besucher ↔ Audioguide

### 6.7.3 Interview

Direkt im Anschluss an die Testphase im Ausstellungsbereich des Museums ging ich mit dem Probanden in einen separaten Raum des Museums, in dem ungestört das Interview stattfinden konnte. Dort befand sich ein Tisch mit zwei sich gegenüber stehenden Stühlen. Auf dem Tisch stand der mobile Recorder (vgl. Kapitel 6.6.3). Ich bedankte mich für die Teilnahme an der Studie und besprach nochmals den Ablauf. Dann unterschrieb der Proband die Einverständniserklärung zur Videoaufnahme des Gesprächs, der Recorder wurde gestartet und das Interview begann. Zur Orientierung kam der vorbereitete Interview-Leitfaden zum Einsatz. Als das eigentliche Interview beendet und der Recorder ausgeschaltet war, hatten manche Probanden noch das Bedürfnis, weitere Dinge zu erzählen. Wenn die Informationen hilfreich waren, machte ich mir hierzu Notizen. Dadurch, dass kein zusätzlicher Protokollant im Raum war, war es nicht immer möglich den genauen Wortlaut einer Aussage festzuhalten. Darum las ich das Aufgeschriebene nochmal kurz vor und fragte den Probanden, ob die Aussage so richtig verstanden wäre.

### 6.7.4 Zusammenfassung der Antworten

Die Inhalte aus den Antworten des Interviewpartners werden als besonders relevant eingestuft wenn diese beispielsweise wiederholt oder besonders betont werden. Ein weiteres Kriterium für Relevanz ist, dass die Antworten konstruktiv zum Thema beitragen. Die Videoaufzeichnung der Interviews soll als funktionale Interpretationsgrundlage fungieren, mit der sich die Relevanz besser einschätzen lässt. Allein das gesprochene Wort reicht für das Bil-

den einer exakten Einschätzung diesbezüglich nicht aus. Mit dem Bewegtbild lassen sich besser relevante Gefühlsregungen wie beispielsweise Spaß, Euphorie aber auch Unzufriedenheit oder Ärger erkennen bzw. deuten. In der Vorstudie half die Videoaufzeichnung entscheidend bei der Erkennung ob eine Äußerung ironisch oder ernst gemeint war. Es wurden nur Aussagen als wichtige Informationen eingestuft, wenn bei ihnen die beschriebenen Kriterien für Relevanz erfüllt wurden. Wenn ein Proband bei einer Aussage zu unsicher wirkte, wurde diese nicht verwertet.<sup>70</sup> Trotz der möglichst ausführlichen Erfassung der Aussagen gibt es, aufgrund des Rahmens und der qualitativen Auslegung der Studie klare Grenzen: Bei der Zusammenführung der verschiedenen Aussagen der Probanden, können in erster Linie Tendenzen erfasst werden. Aufgrund der Stichprobengröße können keine verlässlichen quantitativen Ergebnisse statistisch exakt bestimmt werden, sondern vielmehr relevante, diskutabile Themen aufgezeigt werden. Die Ergebnisse sollen zu weiterer Forschung anregen.

---

<sup>70</sup> Ein Beispiel für zu große Unsicherheit ist der Proband 1 bei der Aussage: „Ich weiß nicht, ich hatte so das Gefühl das beim zweiten [Knochenschallkopfhörer] mehr Bass drin war und es realistischer geklungen hat, aber da bin ich mir nicht sicher ob es stimmt.“ Vgl. Video: Proband1.wmv ab 05:02 min:sec.

## 7. Ergebnisse

### 7.1 Ergebnisse der Interviews

#### 7.1.1 Proband 1

**Datum:** 3. Juli 2014

**Geschlecht:** männlich

**Alter:** 32 Jahre

**Reihenfolge der Kopfhörer:** 1. AC; 2. BC.

#### **Hörbeeinträchtigung**

Der Proband hört nach eigenem Empfinden etwas schlechter als der Durchschnitt.

#### **Testphase im Museum**

Der Proband war generell interessiert an den Exponaten. Es wurden mehrere, weitere Exponate und interaktive Schnittstellen betrachtet bzw. benutzt. Der Proband wirkte ruhig und konzentriert, weniger kommunikativ.

#### **Level des Ausgangspegels am Audioguide (maximal 16)**

Eingestelltes Level bei der Abgabe am Ende:

AC: 13 | BC: 15

#### **Geräuschpegel während des Tests**

Es waren wenige Menschen im Museum. Dementsprechend war der Geräuschpegel leise bis mittel. Es gab keine Situation, in der die Geräuschkulisse sehr laut wurde.

#### **Sonstiges**

AC: Nach Aussage des Probanden hatte dieser beim ersten Kopfhörer kaum auf den Sound geachtet.

BC: An der ersten Station steckte der Stecker des Kopfhörers nicht komplett in der Buchse. Dies wurde korrigiert und die erste Station wiederholt.

Tabelle 4: die Ergebnisse des Interviews bei Proband 1.

Zusammenfassung und Einordnung der wichtigsten Informationen aus dem Interview in der jeweiligen Interaktionsebene.

Interaktionsebene	AC	BC
<b>Besucher ↔ andere Besucher</b>	Man ist eher für sich und bekommt nicht so viel mit.	Man fühlt sich sicherer, weil man sich auch selber besser versteht.
<b>Besucher ↔ Exponat</b>	Man fühlt sich eher unsicher.	Man fühlt sich sicherer beim Interagieren.
<b>Besucher ↔ Raum</b>		Man kann alles besser einschätzen und fühlt sich sicherer.
<b>Besucher ↔ Audioguide</b>	Sowohl Frauenstimme, als auch Männerstimme gut verständlich. Stimmen zu nasal.	Sowohl Frauenstimme, als auch Männerstimme gut verständlich. Stimmen angenehmer. Lautstärke war ausreichend, aber schon nahe am Limit.
<b>Allgemein</b>		Hygienischer da der Kopfhörer nicht auf den Ohren sitzt.

## 7.1.2 Proband 2

**Datum:** 17. Juli 2014

**Geschlecht:** weiblich

**Alter:** 60 Jahre

**Reihenfolge der Kopfhörer:** 1. BC; 2. AC.

### **Hörbeeinträchtigung**

Der Proband hat durch einen Hörsturz (2011) eine minimale Beeinträchtigung beim Hören am rechten Ohr. Vor allem das Richtungshören ist davon beeinträchtigt.

### **Testphase im Museum**

Der Proband war generell interessiert an den Exponaten. Es wurden mehrere weitere Exponate und interaktive Schnittstellen betrachtet bzw. ausprobiert. Es fanden viele Gespräche mit mir beim Gang durch das Museum statt. Der AC-Kopfhörer verrutschte ab und zu etwas und wurde von dem Proband immer wieder zurechtgerückt.

### **Level des Ausgangspegels am Audioguide (maximal 16)**

Eingestelltes Level bei der Abgabe am Ende:

AC: 8 | BC: 13

### **Geräuschpegel während des Tests**

Es waren einige Schüler einer Schulklasse gelegentlich in unmittelbarer, hörbarer Nähe. Jedoch waren diese Schüler verhältnismäßig ruhig, sodass ich den Geräuschpegel als mittel und nicht als übermäßig laut einstufen würde. An zwei der vier Stationen war der Geräuschpegel bei beiden Kopfhörerphasen sogar als leise zu bewerten.

Tabelle 5: die Ergebnisse des Interviews bei Proband 2.

Zusammenfassung und Einordnung der wichtigsten Informationen aus dem Interview in der jeweiligen Interaktionsebene.

<b>Interaktionsebene</b>	<b>AC</b>	<b>BC</b>
<b>Besucher ↔ andere Besucher</b>	Zuhören erfordert mehr Konzentration.	Kommunikation ist viel selbstverständlicher
<b>Besucher ↔ Exponat</b>	Während der Bedienung keine Wirkung. Jedoch generell gedämpfter beim Lesen von Texten oder in Aktion. Sperre beim in Verbindung treten mit außen.	Während der Bedienung keine Wirkung. Man fühlt sich im Umfeld integrierter, freier.
<b>Besucher ↔ Raum</b>	Schließt hermetisch von der Außenwelt ab. Gedämpftes Gefühl. Verunsicherung in der Raumwahrnehmung und Verunsicherung beim Bewegen.	Raumgefühl ist viel besser. Mehr eigene Präsenz. Orientierung leichter.
<b>Besucher ↔ Audioguide</b>	Sprache war gut zu verstehen. Tendenziell war die Frauenstimme plastischer.	Sprache war gut zu verstehen. Tendenziell war die Frauenstimme plastischer.
<b>Allgemein</b>	Zu warm am Ohr. Ein Gefühl wie hinter Glas abgeschlossen. Verunsicherung sogar beim Gehen, da man die eigenen Schritte nicht natürlich hört.	Situation angenehmer und kontrollierter.

### 7.1.3 Proband 3

**Datum:** 17. Juli 2014

**Geschlecht:** weiblich

**Alter:** 58 Jahre

**Reihenfolge der Kopfhörer:** 1. AC; 2. BC.

#### **Hörbeeinträchtigung**

Keine

#### **Testphase im Museum**

Der Proband wirkte generell konzentriert und interessiert an den Exponaten. Es wurden mehrere weitere Exponate betrachtet. Beide Kopfhörer rutschten ab und zu etwas von den Ohren, wodurch der Proband nachjustieren musste.

#### **Level des Ausgangspegels am Audioguide (maximal 16)**

Eingestelltes Level bei der Abgabe am Ende:

AC: 7 | BC: 13

#### **Geräuschpegel während des Tests**

Es waren nur sehr wenige Personen im Museum. Die Personen, die da waren, verhielten sich ruhig. Der Geräuschpegel über die gesamte Testphase kann als sehr leise bezeichnet werden.

#### **Sonstiges**

Der Proband arbeitet selbst in einem Museum und zeigte ein besonderes Interesse an den Knochenschallkopfhörern. Die Haltung zu dem Knochenschallkopfhörer war aber dennoch im Vorfeld etwas kritisch. Der Proband hat im Allgemeinen sehr ungern Kopfhörer auf den Ohren.

Tabelle 6: die Ergebnisse des Interviews bei Proband 3.

Zusammenfassung und Einordnung der wichtigsten Informationen aus dem Interview in der jeweiligen Interaktionsebene.

Interaktionsebene	AC	BC
<b>Besucher ↔ andere Besucher</b>	Kommunikation mit dem Gegenüber eher gedämpft, erfordert mehr Konzentration.	Kommunikativer. Fühlt sich eher an wie in einer Gesprächsrunde.
<b>Besucher ↔ Exponat</b>	Keine Beeinflussung bei der Bedienung, da keine anderen Geräusche gehört werden müssen.	Keine Beeinflussung bei der Bedienung, da keine anderen Geräusche gehört werden müssen.
<b>Besucher ↔ Raum</b>	Da es generell wenig Geräuschkulisse gab, keine Wirkung feststellbar.	Da es generell wenig Geräuschkulisse gab, keine Wirkung feststellbar.
<b>Besucher ↔ Audioguide</b>	Keine Unterschiede zwischen männlicher und weiblicher Stimme. Sprache war gut zu verstehen. Klang kommt eindeutig aus dem Gerät. Gefühl des maschinellen Verbundenseins.	Keine Unterschiede zwischen männlicher und weiblicher Stimme. Sprache war gut zu verstehen. Klang war etwas klarer, natürlicher. So als würde es jemand erzählen. Stimmklang weniger künstlich. Lautstärke war ausreichend.
<b>Allgemein</b>	Gefühl der Abgeschlossenheit.	Das offene Gefühl war angenehm.

### 7.1.4 Proband 4

**Datum:** 26. Juli 2014

**Geschlecht:** männlich

**Alter:** 40 Jahre

**Reihenfolge der Kopfhörer:** 1. BC; 2. AC.

#### **Hörbeeinträchtigung**

Keine

#### **Testphase im Museum**

Der Proband war interessiert an den Exponaten. Der Proband hatte den Ausgangspegel des Audioguides bei beiden Kopfhörern auf das Maximum gestellt. Ob der Stecker richtig in der Buchse eingesteckt war, wurde in beiden Fällen überprüft und bestätigt.

#### **Level des Ausgangspegels am Audioguide (maximal 16)**

Eingestelltes Level bei der Abgabe am Ende:

AC: 16 | BC: 16

#### **Geräuschpegel während des Tests**

Es waren viele Personen mit Kindern im Museum. Die Personen, die da waren, waren relativ laut. Beim BC war an jeder Station mindestens ein Kind in unmittelbarer Nähe. An den Stationen fanden in einem geringen Abstand Gespräche anderer Besucher in mittlerer Lautstärke statt. Der Geräuschpegel über die gesamte Testphase kann als mittel bis laut bezeichnet werden.

#### **Sonstiges**

AC: Der Proband besitzt seit ca. fünf Jahren dasselbe Kopfhörermodell und ist damit sehr zufrieden. Er benutzt diesen Kopfhörer hauptsächlich beim Sport. Der Proband hört Musik oft und gerne laut über Kopfhörer.

Tabelle 7: die Ergebnisse des Interviews bei Proband 4.

Zusammenfassung und Einordnung der wichtigsten Informationen aus dem Interview in der jeweiligen Interaktionsebene.

Interaktionsebene	AC	BC
<b>Besucher ↔ andere Besucher</b>	Keine Unterschiede beim selbst Sprechen.	Keine Unterschiede beim selbst Sprechen. Kommunikation war einfacher, da man die anderen Besucher besser versteht.
<b>Besucher ↔ Exponat</b>	Durch die geschütztere Hörsituation wird inhaltlich mehr wahrgenommen. Weniger Ablenkung. Gesteigertes Interesse.	Erfordert mehr Konzentration und Fokussierung, fühlt sich eher wie bei einer Prüfungssituation an. <sup>71</sup>
<b>Besucher ↔ Raum</b>		Es war etwas, aber nicht extrem störend, dass die Umgebungsgeräusche besser wahrnehmbar waren.
<b>Besucher ↔ Audioguide</b>	Angenehme, geschützte Hörsituation. Zuhören war bei lauter Geräuschkulisse im Umfeld besser möglich.	Stimme klarer und angenehmer. Die Atmosounds wirken plastischer und regen stärker die Phantasie an. Zuhören war schwieriger.
<b>Allgemein</b>	Gewohnt, Tragekomfort gut.	Ungewohnt.

<sup>71</sup> Vermutlich auch dadurch bedingt, dass der Knochenschallkopfhörer der erste Kopfhörer im Versuch war. Der Proband sagt aus: „Vielleicht lag es auch daran, so Prüfungssituation. Jetzt muss ich genau hinhören und beim zweiten ja dann nicht.“ Vgl. Video: Proband4.wmv ab: 09:10 min:sec.

### 7.1.5 Proband 5

**Datum:** 26. Juli 2014

**Geschlecht:** männlich

**Alter:** 57 Jahre

**Reihenfolge der Kopfhörer:** 1. BC; 2. AC.

#### **Hörbeeinträchtigung**

Keine

#### **Testphase im Museum**

Der Proband zeigte sein Interesse an den Exponaten und an den beiden Kopfhörern. Der Proband hatte die meiste Zeit über den BC auf das Maximum an Pegel gestellt.

#### **Level des Ausgangspegels am Audioguide (maximal 16)**

Eingestelltes Level bei der Abgabe am Ende:

AC: 11 | BC: 16

#### **Geräuschpegel während des Tests**

Es waren viele Personen mit Kindern im Museum. Die Personen, die da waren, waren teilweise laut. Der Geräuschpegel über die gesamte Testphase kann als mittel bis laut bezeichnet werden.

Tabelle 8: die Ergebnisse des Interviews bei Proband 5.

Zusammenfassung und Einordnung der wichtigsten Informationen aus dem Interview in der jeweiligen Interaktionsebene.

<b>Interaktionsebene</b>	<b>AC</b>	<b>BC</b>
<b>Besucher ↔ andere Besucher</b>	Kommunikation war gut möglich.	Kommunikation war gut möglich.
<b>Besucher ↔ Exponat</b>	Keine Unterschiede bei der Interaktion an den Touchscreens.	Keine Unterschiede bei der Interaktion an den Touchscreens.
<b>Besucher ↔ Raum</b>	Der Kopfhörer war lauter und mehr im Vordergrund. Die Umgebungsgeräusche störten nicht so sehr.	Der Kopfhörer war leiser. Umgebungsgeräusche stark wahrnehmbar. Konzentration auf den Inhalt trotzdem möglich, da der Klang der Stimme aus dem Kopfhörer klar und deutlich war.
<b>Besucher ↔ Audioguide</b>	Guter klarer Klang. Akzentuierte Tiefen bei den Stimmen.	Guter klarer Klang. Mehr Höhen bei den Stimmen. Lautstärke war ausreichend gut.
<b>Allgemein</b>	Keine entscheidende Unterschiede, da das Hauptkriterium, dass man die Stimme gut hört, von beiden erfüllt wird.	Keine entscheidende Unterschiede, da das Hauptkriterium, dass man die Stimme gut hört, von beiden erfüllt wird. Bezüglich der Hygiene angenehmer.

### 7.1.6 Proband 6

**Datum:** 26. Juli 2014

**Geschlecht:** weiblich

**Alter:** 49 Jahre

**Reihenfolge der Kopfhörer:** 1. AC; 2. BC.

#### **Hörbeeinträchtigung**

Keine

#### **Testphase im Museum**

Der Proband zeigte sein Interesse an vielen Exponaten, es fanden viele Gespräche statt, der Aufenthalt im Ausstellungsraum war verhältnismäßig lang.

#### **Level des Ausgangspegels am Audioguide (maximal 16)**

Eingestelltes Level bei der Abgabe am Ende:

AC: 14 | BC: 11

#### **Geräuschpegel während des Tests**

Es gab eine Kinderführung parallel im Museum. Es waren viele Personen mit Kindern anwesend. Der Geräuschpegel über die gesamte Testphase kann als mittel bezeichnet werden.

#### **Sonstiges**

Der Proband hört ungern über Kopfhörer Musik.

Tabelle 9: die Ergebnisse des Interviews bei Proband 6.

Zusammenfassung und Einordnung der wichtigsten Informationen aus dem Interview in der jeweiligen Interaktionsebene.

Interaktionsebene	AC	BC
<b>Besucher ↔ andere Besucher</b>	Bei der Kommunikation Bedürfnis, den Kopfhörer abzusetzen.	System ist komplett in die Kommunikation integriert, ohne dass es stört.
<b>Besucher ↔ Exponat</b>	Nicht so wach, eher mit dem Kopfhörer beschäftigt. Bei der Interaktion Bedürfnis, den Kopfhörer abzusetzen.	Aktivität und Initiative sich Exponate anzuschauen ist größer. Die Interaktion an den Touchscreens ist angenehmer.
<b>Besucher ↔ Raum</b>	Kapselt ab, beschränkt.	Keine Einschränkung in der Raumwahrnehmung. Wenn der Hörer an der richtigen Stelle sitzt, hört man sehr gut und die Umgebungsgeräusche stören nicht. Man fühlt sich sicherer in der Bewegung.
<b>Besucher ↔ Audioguide</b>	Männerstimme ist angenehmer. Vermittlung kommt an.	Männerstimme ist angenehmer. Vermittlung kommt an. Stimmen und Atmosounds sind klarer, leiseres Hören ist möglich.
<b>Allgemein</b>		Neues Erlebnis. Keine Einschränkung trotz Kopfhörer.

### 7.3 Eignung als Komponente eines Führungssystems

Betrachtet man den Audioguide als Medium einer Vermittlungsform und den Knochenschallkopfhörer als funktionale Schnittstelle zwischen dieser und dem Besucher, so kann eine Eignung des selbigen bestätigt werden. Alle sechs Probanden gaben im Interview an, dass sie beim Hören über den Knochenschallkopfhörer dem Inhalt folgen konnten und sich dieser für die Vermittlung eignete und sie teilweise sogar in großem Maße überzeugen konnte.<sup>72</sup>

### 7.4 Überprüfung der Thesen

*Tabelle 10: Übersicht welche Probanden welche Thesen verifizieren.*

Thesen:	Proband 1	Proband 2	Proband 3	Proband 4	Proband 5	Proband 6
Verifizierung	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Qualitätserhaltung	ja	ja	ja	nein	ja	ja
Sympathie	ja	ja	ja	nein	nein	ja

#### **Verifizierung**

Die Gültigkeit der Modelle der Interaktionsebenen konnte betätigt werden (siehe Tabelle 10). Alle sechs Probanden empfanden beim Knochenschallkopfhörer keine Überlagerung der Interaktionsebene Besucher ↔ Audioguide. Beim ohraufliegenden Kopfhörer gaben hingegen alle sechs Probanden Hinweise auf eine Überlagerung. Drei der sechs Probanden nahmen diese auf jeder Interaktionsebene wahr, wobei diese bei drei der sechs Probanden nicht auf jeder Interaktionsebene bemerkbar wurde. Auf der Interaktionsebene Besucher ↔ andere Besucher wurde die Überlagerung am stärksten wahrgenommen und von fünf der sechs Probanden bestätigt. Auf den Interaktionsebenen Besucher ↔ Exponat und Besucher ↔ Raum empfanden jeweils drei der sechs Probanden eine mögliche Überlagerung. Es zeigte sich auch, dass der Effekt der Überlagerung unterschiedlich wahrgenommen wird. Bei einer mittelstarken bis lauten Geräuschkulisse wurde dieser von zwei Probanden nicht als negativ eingestuft. Ein Proband gab diesem Effekt mit der Aussage „geschützt“ sogar eine positive Ei-

<sup>72</sup> Selbst Proband 4, der den anderen Kopfhörer allgemein als besser einstufte, bestätigte die Eignung als Vermittlungsschnittstelle. Vgl. Kapitel 7.1.4. Proband 6 war im Fazit deutlich von den Qualitäten überzeugt. Vgl. Kapitel 7.1.6. Zur Robustheit, Langlebigkeit und Praktikabilität im Museumsalltag können keine Aussagen bzw. Ergebnisse geliefert werden.

genschaft. Vier der sechs Probanden, die bei einer leisen bis mittleren Geräuschkulisse im Museum waren, ordneten jedoch diesem Effekt einschränkende Eigenschaften wie: „abgeschlossen, gedämpft“ zu.

### **Qualitätserhaltung**

Die Qualität der Interaktionsebene Besucher ↔ Audioguide bleibt beim Knochenschallkopfhörer tendenziell erhalten (siehe Tabelle 10). Alle sechs Probanden empfanden die Qualität dieser Ebene beim Knochenschallkopfhörer nicht wesentlich schlechter. Einer der sechs Probanden empfand diese Interaktionsebene beim ohraufliegenden Kopfhörer als besser. Bei drei der sechs Probanden wurde der Klang aus dem Knochenschallkopfhörer als besser empfunden.

### **Sympathie**

Bei vier der sechs Probanden fand eine Sympathieentwicklung zu Gunsten des Knochenschallkopfhörers statt (siehe Tabelle 10). Bei einem Proband fand die Sympathieentwicklung zu Gunsten des ohraufliegenden Kopfhörers statt. Bei einem Proband gab es keine Unterschiede bei der Sympathieentwicklung, also auch keine zu Gunsten des Knochenschallkopfhörers.

## 8. Diskussion und Fazit

Es wurde eine Studie mit sechs Probanden im Staatlichen Museum für Naturkunde durchgeführt, bei der der praktische Einsatz eines Knochenschallkopfhörers untersucht wurde. Zum direktem Vergleich wurde in derselben Preisklasse ein offener, aufliegender Kopfhörer benutzt. Der Durchführungsort wurde aufgrund seiner Größe und seines Audioguidesystems ausgewählt und erwies sich als geeignet für die Durchführung der Tests. Es konnte bestätigt werden, dass der ohraufliegende Kopfhörer eine einschränkende Wirkung auf bestimmte Interaktionsebenen ausübt und dass der Knochenschallkopfhörer keinen einschränkenden Effekt auf die Interaktion der Probanden hat. Zur Einordnung und Überprüfung der Ergebnisse wurde für jeden Kopfhörer ein Modell der Interaktionsebenen erstellt (Kapitel 4.4). Alle Probanden nahmen die Klangqualität beider Kopfhörer relativ gleichwertig wahr, tendenziell wurde der Klang aus dem Knochenschallkopfhörer als besser empfunden. Die stärkere Sympathieentwicklung fand zu Gunsten des Knochenschallkopfhörers statt.

### 8.1 Einordnung der Ergebnisse

Während bestimmte Ergebnisse zur Verifizierung der Thesen dienen, wurden, durch die offene Form des qualitativen Interviews, von dem Probanden weitere relevante Themen angesprochen und aufgezeigt. Ziel dieser explorativen Studie ist, eine möglichst exakte Abbildung der Themen aufzuzeigen, die von den Probanden als relevant eingestuft wurden. Dadurch soll diese Studie durch das Beschreiben von weiteren Aspekten, ebenso auch zur weiteren Forschung anregen und erste Ansatzpunkte liefern.

#### 8.1.1 Geräuschkulisse und Lautstärke

Wie in Kapitel 4.1.1 beschrieben ist Lautstärke eine Eigenschaft der subjektiven Wahrnehmung. Beim Einstellen einer angenehmen Lautstärke am Audioguide bei der ersten Station, zeigten sich von Proband zu Proband zwar große Differenzen, doch generell kann man festhalten, dass der Knochenschallkopfhörer häufig nahe am Limit betrieben wurde. Bei diesem wurde vermutlich aufgrund der geringeren Effektivität beim Hören (Kapitel 4.1) und der baulich begrenzten Kraft (Kapitel 4.2.1) bei allen Probanden, mit Ausnahme des Probanden 6, ein höheres Ausgangslevel als beim ohraufliegenden Kopfhörer eingestellt. Vergleicht man die

Ausgangslevel, die im Mittel bei den Probanden eingestellt wurden, zeigt sich dass der ohraufliegenden Kopfhörer mit einem Level von 11,5 noch relativ viel Reserven bis zum Maximum auf Level 16 hatte, nur Proband 4 schöpfte alle Reserven aus und hörte hier auf dem höchsten Level.<sup>73</sup> Beim Knochenschallkopfhörer hingegen zeigt sich mit einem Mittelwert von Level 14, dass es wenige Reserven bis zum Maximum gab. Drei der sechs Probanden hatten hier permanent bzw. zeitweise das höchste Level gewählt.

Ein Zusammenhang mit der Lautstärke der Geräuschkulisse im Museum kann hergestellt werden. Bei jenen zwei Probanden (Proband 4 und 5), die sich bei einer relativ lauten Geräuschkulisse im Museum befanden, konnte der Knochenschallkopfhörer, trotz Maximalpegel, weniger mit seinen Qualitäten überzeugen.<sup>74</sup> Die von Proband 6 positiv erlebte Integration im Umfeld hatte hier eher eine negative Wirkung: Die Wahrnehmung der Geräuschkulisse auf der Ebene Besucher ↔ Raum, wurde von diesen beiden Probanden im Interview als störender Aspekt benannt. Eine ausreichende Vermittlung des Inhalts wurde zwar in beiden Fällen bestätigt, jedoch erforderte dies beim Knochenschallkopfhörer mehr Konzentration. Das System kommt bei solch einer Geräuschkulisse sehr an die Grenze, so dass diesem von den Probanden in seiner Funktion zwar noch Akzeptanz entgegengebracht wurde, eine besonders gute, überzeugende Wirkung, konnte aber nur bei verhältnismäßig leisen bis mittleren Geräuschkulissen erfasst werden (Proband 1,2,3 und 6). Knochenschallkopfhörer kommen also vor allem für Museen in Betracht, die z.B. durch Architektur oder geringe Besucherzahlen eine weniger laute Umgebung bieten. Interessant wäre hier sicherlich, über weitere Forschungen entscheidende Werte über den von außen einwirkenden Geräuschpegel zu erhalten und festzustellen, ab wann genau die Besucher das System nicht mehr als zufriedenstellend empfinden und ob es einen kritischen Schwellenwert gibt, der sich quantifizieren lässt. So ließe sich beispielsweise über Schallpegelmessgeräte schon im Vorfeld überprüfen, ob das bestimmte System diesbezüglich in dem jeweiligen Museum geeignet oder ungeeignet ist.

---

<sup>73</sup> Die Angaben beziehen sich auf auf das Level, das bei der Abgabe des Audioguides eingestellt war. Da die Probanden im Laufe des Versuchs den Lautstärkepegel für ihre Bedürfnisse oft noch anpassten, wurde das Level ganz am Ende als Bezugswert festgehalten. Auch wenn man hier davon ausgehen kann, dass der Wert optimal und repräsentativ ist, handelt es sich dennoch um eine Momentaufnahme, die von einer für den Probanden perfekten empfundenen Lautstärke abweichen kann.

<sup>74</sup> Proband 4 und Proband 5 hatten keine Sympathieentwicklung zu Gunsten des Knochenschallkopfhörers. Vgl. Kapitel 7.3.

## 8.1.2 Kopfhörerträger

Wer ungern Kopfhörer auf den Ohren hat, entwickelt womöglich schneller eine Sympathie für den Knochenschallkopfhörer. Bei der Studie zeigte sich, dass die zwei Probanden<sup>75</sup>, welche nur sehr ungern Kopfhörer tragen, eine größere Sympathie gegenüber dem Knochenschallkopfhörer entwickelten. Nur bei Proband 4, der nach eigenen Angaben oft und laut über Kopfhörer Musik hört, fand die Sympathieentwicklung zu Gunsten des ohraufliegenden Kopfhörers statt. Bei diesem Proband prägte das Gefühl der Vertrautheit und des Gewohnten entscheidend seine Haltung und er griff beim Interview unter anderem auch auf Erfahrungswerte zurück.<sup>76</sup> Dass beim ohraufliegenden Kopfhörer alle Probanden über gewisse Erfahrungswerte verfügen, zeigte sich schon direkt am Anfang beim Aufsetzen des Hörers. Jeder Proband wusste, dass der Hörer auf die Ohrmuschel aufgesetzt werden muss. Auch wenn dies beim ohraufliegenden Kopfhörer selbstverständlich erscheint, musste die vorgesehene Position des Hörers beim Knochenschallkopfhörer zunächst gezeigt, gefunden und ggf. korrigiert werden. Es gab keinen Proband der mit Erfahrungswerten bezüglich des Knochenschallkopfhörers an der Studie teilnahm. Bei Proband 6 zeigte sich deutlich, wie entscheidend es für die Wirkung war, dass für die Auflage des Hörers die „richtige Stelle“ gefunden wurde.<sup>77</sup> Wie schon in Kapitel 4.2 beschrieben, gibt es beim Knochenschallkopfhörer nicht die absolut richtige Stelle, sondern teilweise deutliche Unterschiede von Person zu Person. Beim Test im Museum hatte zwar jeder Proband die Möglichkeit den Kopfhörer etwas zu justieren, es kann aber nicht davon ausgegangen werden, dass jeder Proband den besten und effektivsten Punkt für diesen Zweck gefunden hatte. Außerdem wäre durch die Nackenbügelform des Kopfhörers eine Anbringung beispielsweise hinter dem Ohr praktisch nicht möglich gewesen.

## 8.1.3 Klangqualität

Warum der Klang beim Knochenschallkopfhörer tendenziell als besser empfunden wurde, lässt sich nicht so einfach beantworten. Bei beiden Kopfhörern wurde kein Equalizer eingesetzt um den Klang zu optimieren. Das Audiosignal, das vom Audioguide abgespielt wurde,

---

<sup>75</sup> Proband 3 und Proband 6 gaben an, nur sehr ungern Kopfhörer auf den Ohren zu haben, da sie das daraus resultierende Gefühl der Isolation nicht mögen. Vgl. Kapitel 7.1.3 und Kapitel 7.1.6.

<sup>76</sup> Der Proband 5 antwortete auf die Frage mit welchem Kopfhörer er sich wohler fühle: „da ich da ja schon ein bisschen vorbelastet bin und den Sennheiser selber hab, fand ich den angenehmer.“ Vgl. Video: Proband4.wmv ab 00:17 min:sec.

<sup>77</sup> Proband 6 beschreibt: „in dem Augenblick, wo ich an dem Kopfhörer geruckelt und ihn wieder verschoben hab [...] da fand ich den Sound auch wieder ne ganze Spur klarer.“ Vgl. Video: Proband6.wmv ab 05:30 min:sec.

war unter Umständen deutlich besser auf den Knochenschallkopfhörer abgestimmt, dies wäre jedoch ein relativ großer Zufall. Doch das wäre eine Erklärung, weshalb der Klang aus dem ohraufliegenden Kopfhörer tendenziell schlechter eingestuft wurde. Durch ein passendes Equalizing könnte man auch die Klangeigenschaften des ohraufliegenden Kopfhörers verbessern. Es ist aber genauso denkbar, dass die Situation umgekehrt war, und dass ein passendes Equalizing weitere Klangqualitäten des Knochenschallkopfhörers ausgeschöpft hätte. Auffallend oft wurde der Klang aus dem Knochenschallkopfhörer als „klarer“ empfunden.<sup>78</sup> Ein Grund liegt möglicherweise darin, dass beim Knochenschallkopfhörer die Besucher das Fehlen der Bässe, durch den baulich bedingten Hochpassfilter (vgl. Kapitel 4.2.1), als angenehmer empfinden. Eventuell wirken die Stimmen, bei einer zu stark wahrnehmbaren Grundfrequenz, zu nahe bzw. zu mächtig. Die tiefen Frequenzen könnten hier als zu aufdringlich empfunden werden. Besonders wenn ein starkes Eintauchen in die Klangwelt aus dem Kopfhörer nicht erwünscht ist. Wenn diese Annahme zutrifft, wäre dies ein Effekt, den man mit gewöhnlichen Kopfhörern ausgleichen könnte. In dem man auch hier einen Hochpassfilter einsetzt. Weitere Tests würden hier mehr Aufschluss geben.

Der Luftschallanteil der von der äußeren Kapsel des Knochenschallkopfhörers abstrahlt, sollte an dieser Stelle keinesfalls vernachlässigt werden. Wie schon in Kapitel 4.2.1 beschrieben, sollte, um ein reines Hören über die Knochenleitung zu gewährleisten, möglichst verhindert werden, dass ein Knochenschallkopfhörer zu viel Luftschall abstrahlt. Dennoch kann man auch, ohne dass man den Hörer an den Schädel drückt, leise den Sound aus dem Knochenschallkopfhörer wahrnehmen. Besonders wenn man diesen am Limit betreibt, hört man deutlich den Klang über die Luft, ähnlich wie bei einem herkömmlichen Kopfhörer, der mit einem hohen Pegel belastet wird. Besonders die Höhen sind auf diese Weise wahrnehmbar. Ein genaues Signalspektrum dieses abstrahlenden Schalls wurde im Versuch zwar nicht mit Signalgeneratoren und Messmikrofonen aufgezeigt, aber dennoch lässt sich festhalten, dass bei diesem Knochenschallkopfhörer-Modell ein erwähnenswerter Anteil bei den hohen Frequenzen, den Weg über die Luftleitung zum Innenohr nimmt. Dass diese hohen Frequenzen vor dem Ohr entstehen, könnte ein positiver Aspekt für den Höreindruck sein. Eventuell tragen diese auch einen Teil für die Sprachverständlichkeit bei. Alle sechs Probanden bestätigten, dass sie die Sprache über den Knochenschallkopfhörer gut verstanden haben. Ohne diesen Luftschallanteil wären womöglich die Höhen weniger stark abgebildet und der

---

<sup>78</sup> Bei Proband 3, 4 und 6 wurde der Sound aus dem Knochenschallkopfhörer als „klarer“ empfunden. Vgl. Kapitel 7.

Sound würde eher dumpf klingen. Bei der Vorstudie hielt sich ein Proband die Ohren zu und ging davon aus, jetzt ausschließlich den Knochenschallanteil zu hören. Der Sound klang nach seiner Aussage eindeutig dumpfer. Jedoch muss hier wiederum bedacht werden, dass diese Tatsache eines verschlossenen Gehörgangs, wie in Kapitel 4.2 beschrieben, zu einer Anhebung der Frequenzen, unterhalb von 2 kHz, führt. Der dumpfe Klangeindruck könnte, in dem Fall, durch diesen Effekt (occlusion effect) verstärkt werden.

Wie sich bei Proband 5 zeigt, ist bei einem akustischen Führungssystem vor allem die Sprachverständlichkeit relevant.<sup>79</sup> Wenn diese gegeben ist, schafft dies beim Besucher Zufriedenheit. Wenn es um das Hören von Musik geht, hätte der Knochenschallkopfhörer höchstwahrscheinlich weit weniger bzw. kaum überzeugen können, da hier ein viel breiteres Frequenzspektrum abgebildet werden muss. Die wesentlichen Komponenten, die verantwortlich für Sprachverständlichkeit sind, beschränken sich auf Frequenzen, die bei Männerstimmen zwischen 100 Hz und 10 kHz und bei Frauenstimmen zwischen 200 Hz und 10kHz liegen.<sup>80</sup> Ein Bereich den der Knochenschallkopfhörer scheinbar noch relativ gut abbilden kann.

### 8.1.4 Hygiene

Ein weiterer relevanter Punkt ist die Hygiene. Ein Handhörer lässt sich zwar durch die kompakte Bauform besser reinigen, in den Löchern des Ohrhörers ist allerdings eine vollständige Reinigung nur sehr aufwändig realisierbar. Bei den Kopfhörern hingegen, können die am Hörer angebrachten Polster oder sogenannte Hygienepads regelmäßig erneuert werden. Viele Hersteller bieten diese Polster bzw. diese Hygienepads kostenlos an.<sup>81</sup> Generell ist das Wechseln zwar hygienischer aber dennoch mit einem gewissen Aufwand verbunden.

Zwei der sechs Probanden sprachen von sich aus das Thema Hygiene an. Sie empfanden den Knochenschallkopfhörer als hygienischer, da der Hörer nicht direkt in Kontakt mit dem Ohr ist. Auch wenn bei diesem Versuch der Fokus auf anderen Themen lag, scheint dies ein Bereich zu sein, der manchen Besuchern sehr wichtig ist. Auch wenn bei einem herkömmlichen Kopfhörer, durch das Austauschen der Polster bzw. Hygienepads eine saubere Lösung gegeben ist, so fühlen sich manche Besucher trotzdem etwas unwohl damit, sich einen „fremden“

---

<sup>79</sup> Vgl. Video: Proband5.wmv ab 06:01 min:sec.

<sup>80</sup> Vgl. Dickreiter, Handbuch der Tonstudientechnik (Band 1, 6. Auflage), K.G. Saur Verlag KG, München 1997, S. 64.

<sup>81</sup> Vgl. Besic, steht die klassische Audioführung vor einer Revolution? In: Museum Aktuell (Februar 2005), Verlag Dr. Christian Müller-Straten, München 2005, S. 28 – 31.

Kopfhörer auf die Ohren zu setzen. Die Position eines Knochenschallkopfhörers, der nicht direkt auf dem Ohr sitzt, wurde von den Probanden als weniger problematisch gesehen. Ein weiterer Aspekt könnte beim Knochenschallkopfhörer eine schnellere Reinigung und Desinfektion sein. Dadurch, dass das System keine Luftlöcher hat, hinter denen die feuchtigkeitsempfindliche Technik sitzt, könnte dieses eventuell viel einfacher wieder steril gemacht werden. Das wäre ein Umstand, der die Arbeit bei der Vorbereitung und Instandhaltung erleichtern würde.

### 8.1.5 Betrachtung der Modelle der Interaktionsebenen

Alle Ergebnisse der Studie wurden vor allem aus den Aussagen der Probanden bei den Interviews gewonnen. Wenn es um die Beschreibung und Erfassung wahrnehmungsbezogener Informationen geht, konnten nur solche aufgezeigt werden, die den Probanden auch bewusst und bei der Selbstreflexion abrufbar waren. Berücksichtigt man dies, so wurden die Modelle der Interaktionsebenen, für beide Kopfhörer, von einem vom Besucher selbst ausgehenden Blickwinkel untersucht. Die Verhaltensbeobachtung in der Ausstellung war primär als Abgleich, für die im Interview erfolgten Aussagen gedacht, damit eine zu große Diskrepanz zwischen Gesagtem und Verhaltensbeobachtung nicht unerkannt blieb. Versuche mit einer ausführlichen Verhaltensfassung könnten an dieser Stelle eine mögliche introspektive Beeinflussung der Probanden deutlicher aufzeigen. Interessant wäre, ob dann auch eine stärkere Auswirkung auf visuelle und haptische Inhalte bemerkbar werden würde.

Bei diesem Versuchsdesign fiel auf, dass die Probanden sich vor allem auf den Bereich des Auditiven konzentrierten. Hier nahmen sie am stärksten die Überlagerung der Interaktionsebene Besucher ↔ Audioguide in der jeweils anderen Interaktionsebene war. Die Interaktionsebene Besucher ↔ andere Besucher war im Versuch eine, auf der offensichtlich stark und direkt das Gehörte aufgenommen werden musste. Hätte es in der Ausstellung eine akustische Klanggestaltung über Lautsprechersysteme gegeben, wäre hier eine mutmaßliche Überlagerung vermutlich auf der Interaktionsebene Besucher ↔ Raum deutlicher wahrgenommen worden. Genauso verhält es sich mit der Interaktionsebene Besucher ↔ Exponat: Bei klang-erzeugenden Exponaten bzw. Schnittellen, die statt oder neben dem haptischen und visuellen Feedback auf den Besucher auch auditiv reagieren, wäre womöglich die mutmaßliche Überlagerung deutlicher erkennbar geworden. Das Vorhandensein weiterer klanggestaltender Elemente hätte wahrscheinlich den Probanden im Interview einen konkreteren

Bezug und Zugang zur jeweiligen Interaktionsebene ermöglicht bzw. erleichtert.<sup>82</sup>

Eine bedeutende Auswirkung scheint die Überlagerung der Interaktionsebene Besucher ↔ Audioguide auf das Sicherheitsempfinden der Probanden gehabt zu haben. So sagten drei der sechs Probanden aus, dass für sie die Situation in der Ausstellung mit dem Knochenschallkopfhörer sicherer oder auch kontrollierter war. Dies lässt auf ein bewussteres Gefühl der Raumwahrnehmung schließen. Dadurch, dass beim ohraufliegenden Kopfhörer die Ohrmuschel verdeckt ist, ist es möglich, dass die natürlichen Schallquellen weniger gut über Klangfarbenunterschiede lokalisiert werden können (vgl. Kapitel 4.2.1). Beim Hören können zwei aus unterschiedlichen Richtungen wahrgenommenen Hörereignisse besser getrennt und dadurch auch zwei verschiedene Gestaltassoziationen<sup>83</sup> hervorgerufen werden.<sup>84</sup> Wenn die entscheidenden Informationen zur Richtungs- und Gestaltassoziation durch die Lage des Kopfhörers verzerrt werden, könnte dies ein Gefühl der Unsicherheit des Probanden erklären.

Das unsichere Gefühl wird, neben der möglichen Verzerrung der Klangfarbe des von außen einfallenden Schalls, vermutlich auch durch eine geringe Absenkung des Schallpegels verursacht. Auch wenn es sich bei Kopfhörern mit einer offenen Bauform womöglich nur um eine relativ geringe Absenkung, die meist ausschließlich im Bereich der hohen Frequenzen auftritt, entsteht höchstwahrscheinlich trotzdem ein etwas dumpfer und abgekapselter Höreindruck. Auch wenn diese Effekte bei manchen offenen Kopfhörern gering ins Gewicht fallen, spielt dabei vermutlich zusätzlich das Aufliegen der Hörer auf beiden Ohrmuscheln eine verstärkende Rolle. Dadurch, dass die Hörer an dieser Stelle sitzen, rufen sie möglicherweise, allein schon durch die Präsenz der Position, ein Gefühl hervor, als ob der Hörsinn eingeschränkt wäre. Interessant wäre an dieser Stelle zu untersuchen, wie sich Probanden mit offenen, ohrmschließenden Kopfhörern fühlen, die keinen Druck auf die Ohrmuscheln ausüben. Das Wegfallen, der in den Modellen der Interaktionsebenen beschriebenen Überlagerung hatte bei vier der sechs Probanden eine positive Wirkung. Besonders deutlich wurde diese Wirkung von Proband 6 beschrieben. Der Proband sagte aus, dass er sich mit dem Knochenschallkopfhörer komplett in die Umwelt integriert fühle und dass er mehrmals das Bedürfnis hatte den ohraufliegenden Kopfhörer abzusetzen.<sup>85</sup>

<sup>82</sup> Bei Proband 4 wurde im Gespräch eine Antwort auf eine andere Interaktionsebene gegeben, auf die sich die Frage eigentlich beziehen sollte. Vgl. Video: Proband4.wmv bei 07:10 min:sec.

<sup>83</sup> Vgl. Kapitel 4.1.3.

<sup>84</sup> Vgl. „Cocktail-Party-Effekt“ in Dickreiter, Handbuch der Tonstudioteknik (Band 1, 6. Auflage), K.G. Saur Verlag KG, München 1997, S. 137 f.

<sup>85</sup> Vgl. Video: Proband6.wmv ab 06:45 min:sec.

Ein durchaus interessanter Aspekt für die Verifizierung der Modelle der Interaktionsebenen gab bei den Interviews Proband 2, der nach eigener Aussage beim ohraufliegenden Kopfhörer eine Einschränkung auf einer „neuen“ Interaktionsebene empfand. Dieser bezog sich auf das Hören der eigenen Geräusche, wie z.B. das Hören der eigenen Schritte.<sup>86</sup> Nach dieser Aussage können die Modelle der Interaktionsebenen erweitert werden und die Ebene der Selbstwahrnehmung des Besuchers, also die Interaktionsebene zwischen Besucher ↔ Besucher selbst, kann hinzugefügt werden. Zudem sind noch weitere Ebenen denkbar, die bislang noch keine Beachtung fanden.

### 8.1.6 Auswirkungen auf die Flexibilität

Dadurch, dass die Modelle der Interaktionsebenen in der Studie verifiziert werden konnten, zeigt sich, dass der Einsatz eines Knochenschallkopfhörers, dem in Kapitel 4.3.1 beschriebenen Trend zur Flexibilität folgen kann. Die Verifizierung der Modelle der Interaktionsebenen verdeutlicht beim Einsatz eines ohraufliegenden Kopfhörers nicht nur eine größere Präsenz des Mediums, sondern auch eine gesteigerte Abhängigkeit von diesem. Die Probanden bestätigten, dass es hier die größeren Schwierigkeiten gab, wenn es darum ging, sich vom System Audioguide zu lösen bzw. sich diesem abzuwenden.<sup>87</sup>

Ein Knochenschallkopfhörer kann dadurch für Einsatzgebiete empfohlen werden, bei denen ein schnelles und flexibles Herauslösen des Aufmerksamkeitsfokus möglich werden soll, was wiederum der Bereitschaft zur jeglicher Kommunikation und auch der Wirkung der Exponate als Originale zu Gute kommen würde.

## 8.3 Eingrenzung der Studie

Da bei dieser Studie ein Qualitatives Interview mit den Probanden geführt wurde und der Fokus vor allem auf die Empfindungen der Probanden gelegt wurde, müssen weitere Situationen bedacht werden, die die Probanden beeinflusst haben könnten. Da der Knochenschallkopfhörer für jeden Proband, der an diesem Test teilnahm, zunächst völlig neu war, hatte ich die Befürchtung die Probanden würden dadurch beeinflusst: sie könnten den Eindruck gehabt haben, dass ein neues Produkt getestet werden sollte. Da ja bekannterweise viel Arbeit in der Entwicklung von neuen Produkten steckt, könnten die Probanden eine er-

<sup>86</sup> Vgl. Video: Proband2.wmv ab 07:27 min:sec.

<sup>87</sup> Vgl. Video: Proband6.wmv ab 06:45 min:sec. Video: Proband2.wmv ab 06:26 min:sec.

höhte Erwartungshaltung und damit auch einen gewissen Druck bei der Beurteilung des Knochenschallkopfhörers gespürt haben. Da diese Überlegungen bereits nach der Vorstudie gemacht wurden, wurde den Probanden schon vor der Befragung vermittelt, dass dieses Modell bereits auf dem Markt existiert, dass ich nicht bei der Entwicklung mitgewirkt hatte und dass ausschließlich eine Eignung in einem anderen Kontext überprüft werden sollte. Dennoch kann nicht garantiert werden, dass bei den Befragungen der Störfaktor der sozialen Erwünschtheit<sup>88</sup> eine Rolle gespielt hatte. Obwohl ein möglichst neutraler Gesprächsstil angestrebt wurde, hatten manche Probanden eventuell dennoch den Eindruck, mit bestimmten Aussagen eher auf Zustimmung zu stoßen.

Obwohl der Knochenschallkopfhörer in dieser Studie bei den Probanden auf relative große Akzeptanz stieß, kann dieser nach der vorliegenden Studie nicht uneingeschränkt für den Einsatz in Museen empfohlen werden. Durch diese Studie kann keine Auskunft darüber gegeben werden, wie praktikabel und robust solche Kopfhörer über einen weitaus längeren Zeitraum sind. Viele Fragen zu weiterführenden Informationen können gestellt werden: Wie lässt sich das Aufladen des Akkus am besten realisieren? Da Audioguides wie andere mobile Geräte einen Akku integriert haben, könnte der Kopfhörer in einem anderen Aufbau eventuell direkt vom Gerät mit ausreichend Spannung gespeist werden. Wie müsste der ideale Knochenschallkopfhörer für eine Museums Umgebung aussehen? Wie würde ein Knochenschallkopfhörer mit einer Kopfbügelform in einem ähnlichen Versuch abschneiden? Welchen Einfluss hätte ein geeignetes Equalizing auf die Bewertung der Qualitätserhaltung?

## 8.4 Fazit

In der Studie konnte die Eignung eines Knochenschallkopfhörers, eingesetzt an einem akustischem Führungssystem, durch die Probanden positiv bestärkt werden. Alle sechs Probanden bestätigten, dass eine ausreichend gute Vermittlung bei beiden Kopfhörern gegeben war. Vier der sechs Probanden würden beim nächsten Museumsbesuch den Knochenschallkopfhörer bevorzugen. Die Ergebnisse lassen sich zumindest soweit auf andere Museen und auf andere Systeme übertragen, dass ein Knochenschallkopfhörer, eingesetzt in diesem Kontext, eine durchaus mögliche Option darstellt. Besonders in Museen in denen allgemein ein eher niedriger Geräuschpegel in den Ausstellungsräumen vorherrscht, könnte dieses System bei

---

<sup>88</sup> Vgl. Stocké, Entstehungsbedingungen von Antwortverzerrungen durch soziale Erwünschtheit, Zeitschrift für Soziologie, Jg. 33, Heft 4, August 2004, Lucius & Lucius Verlag, Stuttgart 2004, S. 303.

Besuchern auf positive Resonanz stoßen. In der Studie hat sich gezeigt, dass das Wahrnehmen und die Interaktion mit der Umgebung in einer Ausstellung, für Museumsbesucher einen entscheidenden Mehrwert bietet. Es zeigte sich, dass der Knochenschallkopfhörer diesen Mehrwert bieten kann, da er, im Gegensatz zum ohrauflegendem Kopfhörer, keine einschränkende Wirkung auf die Wahrnehmung und die Interaktion mit der Umgebung hat. Die Aussagen der Probanden konnten in die Modelle der Interaktionsebenen eingeordnet und diese bestätigt werden. Es zeigte sich, dass die verminderte Präsenz des Knochenschallkopfhörers dem Museumsbesucher ein gesteigertes Freiheitsgefühl bieten kann, aber auch dass die starke Präsenz des ohrauflegenden Kopfhörers, besonders in lauten Geräuschkulissen, als weniger negativ empfunden werden kann. Dennoch kann der Knochenschallkopfhörer für Ausstellungen und Museen empfohlen werden, in denen eine dezent wirkende Funktionalität des akustischen Führungssystems erzielt werden soll, ohne dass dabei die Kommunikation und die Interaktion mit der Umwelt eingeschränkt wird.

## 9. Literaturverzeichnis

- AUFENANGER, Stefan, Formen des qualitativen Interviews, in: Qualitative Methoden der Medienforschung hg. v. Ruth Ayaß und Jörg Bergmann, Verlag für Gesprächsforschung, Mannheim 2011.
- BESIC, Sarah, steht die klassische Audioführung vor einer Revolution?, in: Museum Aktuell (Februar 2005), Verlag Dr. Christian Müller-Straten, München 2005.
- BRANDL, Katharina, Macht im Museum, Kritik an der Vermittlungsform Audio-Guide, Diplomarbeit, Wien 2011.
- DICKREITER, Michael, Handbuch der Tonstudioteknik (Band 1, 6. Auflage), K.G. Saur Verlag KG, München 1997.
- FLICK, Uwe/KARDORFF Ernst von, Qualitative Forschung Ein Handbuch (10. Auflage), hg. v. Ines Steinke, Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek 2005.
- GAMMON, Ben/BURCH Alexandra, Designing Mobile Digital Experiences, in: Digital technologies and the museum experience hg. v. Loïc Tallon und Kevin Walker, AltaMira Press, Lanham/New York/Toronto/Plymouth, UK 2008.
- GLÜCK-LEVI, Marion, Warum „Mit den Ohren“ sehen?, in: Mit den Ohren sehen, hg. v. Hannelore Kunz-Ott, Deutscher Kunstverlag, Berlin/München 2012.
- GRAF, Bernhard, Statistische Gesamterhebung an den Museen der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 2012 (Heft 67), Berlin 2013.
- HEDDIER, Clemens, Reduzierung akustischer Störungen durch Audio- und Videostationen in Museen, in: KulturBetrieb (Ausgabe zwei Mai 2014), hg. v. SchmittART, Leipzig 2014.
- HENKER, Michael, Geleitwort, in: Mit den Ohren sehen, hg. v. Hannelore Kunz-Ott, Deutscher Kunstverlag, Berlin/München 2012.
- HENRY, Paula/LETOWSKI, Tomasz. R., Bone Conduction: Anatomy, Physiology, and Communication U.S. Army Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground 2007.
- IMHOF, Margarete, Zuhören: psychologische Aspekte auditiver Informationsverarbeitung, Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen 2003.

- KILLION, Mead C./WILBER, Laura A./GUDMUNDSEN, Gail I., Zwislocki Was Right..., in: Hearing Instruments 39, 1988.
- KUNZ-OTT, Hannelore, Hören was es zu sehen gibt, Zum Einsatz von Audioguides, in: Mit den Ohren sehen, hg. v. Hannelore Kunz-Ott, Deutscher Kunstverlag, Berlin/München 2012.
- KURZEJA-CHRISTINCK Astrid/SCHMIDT, Jutta/SCHMIDT, Peter, Empirische Ansätze zur Typisierung von Besuchern und Fastbesuchern von Kulturinstitutionen, in Jahrbuch für Kulturmanagement 2012, transcript, Hildesheim 2012.
- LEHNHARDT, Ernst, Praxis der Audiometrie (8. Auflage), Thieme, Stuttgart/New York 2001.
- MELCHER, Markus, Ein Blick in die Zukunft, in: Mit den Ohren sehen, hg. v. Hannelore Kunz-Ott, Deutscher Kunstverlag, Berlin/München 2012.
- MEYER, Jürgen, Akustik und musikalische Aufführungspraxis (5. Auflage), PPVMEDIEN GmbH, Bergkirchen 2004.
- PREHN, Andrea, Ein Überblick: Zum Einsatz von Audioguides und PDAs in deutschen Museen, in: Mit den Ohren sehen, hg. v. Hannelore Kunz-Ott, Deutscher Kunstverlag, Berlin/München 2012.
- SCHÄFER, Denis, PDA: Mobiles Informationssystem für die Besucherbetreuung im Museum, Mitteilungen und Berichte aus dem Institut für Museumsforschung (Nr. 43), Berlin 2007.
- SCHULZE, Holger/BUHL, Hanna, Eine Ausstellung hören?, in: Mit den Ohren sehen, hg. v. Hannelore Kunz-Ott, Deutscher Kunstverlag, Berlin/München 2012.
- SCHONSTEIN D./FERRÉ L./ KATZ B.F.G., Comparison of headphones and equalization for virtual auditory source localization, Acoustics'08 Paris, Paris 2008.
- SILBERNAGL, Stefan/DESPOPOULOS, Agamemmon, Taschenatlas der Physiologie (4. Auflage), Georg Thieme Verlag, Stuttgart/New York 1991.
- STENFELT, Stefan, Acoustic and physiologic aspects of bone conduction hearing, Advances in Oto-Rhino-Laryngology, S. Karger AG, Basel 2011.

- STOCKÉ, Volker, Entstehungsbedingungen von Antwortverzerrungen durch soziale Erwünschtheit, *Zeitschrift für Soziologie*, Jg. 33, Heft 4, August 2004, Lucius & Lucius Verlag, Stuttgart 2004.
- TALLON, Loïc, Introduction: Mobile, Digital, and Personal, in: *Digital technologies and the museum experience* hg. v. Loïc Tallon und Kevin Walker, AltaMira Press, Lanham/New York/Toronto/Plymouth, UK 2008.
- THEWS, Gerhard, *Physiologie des Menschen* (24. Auflage), hg. v. Robert F. Schmidt, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg 1990.
- WALKER, Bruce N./STANLEY Raymond M., Evaluation of bone-conduction headsets for use in multitalker communication environments, in: *Proceedings of the human factors and ergonomics society 49<sup>th</sup> annual meeting-2005*, Air Force Research Laboratory, Atlanta 2005.
- WEBERS, Johannes, *Handbuch der Tonstudioteknik* (8. Auflage), Franzis' Verlag, Poing 2003.
- YOST, William A./KILLION, Mead C. Hearing Thresholds, in: *Encyclopedia of Acoustics* hg. v. Malcolm J. Crocker. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken 1997.

**Internetquellen:**

Knochenschallkopfhörer (Grundig bone sonic und vergleichbare Modelle):

<http://www.1kcloud.com/wp1DCpW9/page28.html#/28>

[02.08.2014 03:42 Uhr].

<http://www.aftershokz.com/>

[02.08.2014 03:39 Uhr].

Kopfhörer (Sennheiser PMX 60):

<http://de-de.sennheiser.com/noise-reducing-kopfhoerer-nackenbuegel-pmx-60>

[02.08.2014 03:11 Uhr].

Mobiler Recorder (Olympus LS-20M):

[http://www.olympus.de/site/de/archived\\_products/audio/audio\\_recording\\_1/ls\\_20m/index.pdf](http://www.olympus.de/site/de/archived_products/audio/audio_recording_1/ls_20m/index.pdf)

[02.08.2014 03:28 Uhr].

Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart:

<http://www.stuttgart.de/item/show/305802/1/dept/108616>

[14.07.2014 11:13 Uhr].

<http://www.naturkundemuseum-bw.de/ausstellung/museum-am-loewentor/uebersicht>

[14.07.2014 11:52 Uhr].

Studioproduktion Event Media:

<http://www.hdm-stuttgart.de/event-media/>

[05.08.2014 20:48 Uhr].

VOSS, Julia, Der Betrachter ist im Ohr, in: FAZ vom 24. August 2009,

<http://www.faz.net/aktuell/feuilleton/kunst/audioguides-der-betrachter-ist-im-ohr-1635067.html>

[05.06.2014 16:18 Uhr].

## 10. Darstellungsverzeichnis

### Abbildungen

Abbildung 1: menschliches Ohr im Schnitt, schematisch dargestellt.....	7
Abbildung 2: Frequenzverteilungsmuster auf der Basilarmembran.....	8
Abbildung 3: richtungsbestimmende Frequenzbänder (Medianebene).....	10
Abbildung 4: schematischer Aufbau des Knochenschallkopfhörers Radioear B-71.....	15
Abbildung 5: Dynamikumfang des Radioear B-71.....	16
Abbildung 6: Modell der Interaktionsebenen beim ohraufliegenden Kopfhörer (AC).....	26
Abbildung 7: Modell der Interaktionsebenen bei Knochenschallkopfhörern.....	26
Abbildung 8: Audioguide exSite Premium™ mit Kopfhörer Sennheiser PMX 60.....	33
Abbildung 9: Knochenschallkopfhörer bone sonic (Grundig) am Audioguide.....	33
Abbildung 10: mobiler Recorder Olympus LS-20M.....	35
Abbildung 11: Proband 4 mit BC (links) und AC (rechts).....	36
Abbildung 12: Lage der einzelnen Stationen im Raumplan der Ausstellung.....	37

### Tabellen

Tabelle 1: Verbreitung von akustischen Führungssystemen in deutschen Museen.....	20
Tabelle 2: exemplarische Fragen zum Kopfhörervergleich auf den Interaktionsebenen.....	32
Tabelle 3: Eindrücke und Erlebnisse in Bezug auf die verschiedenen Interaktionsebenen.....	39
Tabelle 4: die Ergebnisse des Interviews bei Proband 1.....	42
Tabelle 5: die Ergebnisse des Interviews bei Proband 2.....	44
Tabelle 6: die Ergebnisse des Interviews bei Proband 3. ....	46
Tabelle 7: die Ergebnisse des Interviews bei Proband 4.....	48
Tabelle 8: die Ergebnisse des Interviews bei Proband 5.....	50
Tabelle 9: die Ergebnisse des Interviews bei Proband 6.....	52
Tabelle 10: Übersicht welche Probanden welche Thesen verifizieren.....	53

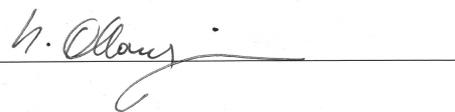
# 11. Anhang

## Einverständniserklärungen

Ich, Name: OLLARGIU Nando geb. am 29-04-1957

bin damit einverstanden, dass das heutige Interview als Video aufgenommen wird und ich stimme der wissenschaftlichen Nutzung meiner Aussagen, im Rahmen der Bachelorarbeit von Clemens Dursch, zu.

Datum: 26-07-2019  
Ort: Stuttgart

Unterschrift: 

Ich, Name: Martus HAUG geb. am 05.11.73

bin damit einverstanden, dass das heutige Interview als Video aufgenommen wird und ich stimme der wissenschaftlichen Nutzung meiner Aussagen, im Rahmen der Bachelorarbeit von Clemens Dursch, zu.

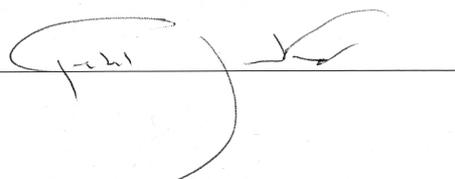
Datum:  
Ort: Stuttgart

Unterschrift: 

Ich, Name: FERTUD JUNKER geb. am 28.1.1954

bin damit einverstanden, dass das heutige Interview als Video aufgenommen wird und ich stimme der wissenschaftlichen Nutzung meiner Aussagen, im Rahmen der Bachelorarbeit von Clemens Dursch, zu.

Datum: 17. Juli 14  
Ort: Stuttgart

Unterschrift: 

## Einverständniserklärungen

Ich, Name: Ulrike Thiemann geb. am 30.8.1955  
bin damit einverstanden, dass das heutige Interview als Video aufgenommen wird und ich stimme der wissenschaftlichen Nutzung meiner Aussagen, im Rahmen der Bachelorarbeit von Clemens Dursch, zu.

Datum: 17.7.14  
Ort: Stuttgart

Unterschrift: Ulrike Thiemann

Ich, Name: Luise Langemann geb. am 23.02.1965  
bin damit einverstanden, dass das heutige Interview als Video aufgenommen wird und ich stimme der wissenschaftlichen Nutzung meiner Aussagen, im Rahmen der Bachelorarbeit von Clemens Dursch, zu.

Datum: 26.07.2014  
Ort: Stuttgart

Unterschrift: Luise Langemann

Ich bin damit einverstanden, dass das heutige Interview als Video aufgenommen wird und ich stimme der wissenschaftlichen Nutzung meiner Aussagen, im Rahmen der Bachelorarbeit von Clemens Dursch, zu.

Datum: 3.7.2014  
Ort: Stuttgart

Unterschrift: Regina W...

**Interview Leitfaden**

Begrüßung:

„Danke für die Mithilfe und das Interesse an der Studie.“

Ablauf erklären.

Noch Fragen?

„Dann würde ich jetzt mit der Befragung beginnen.“

1. Phase:

„Mit welchem Kopfhörer haben Sie sich wohler gefühlt? Erzählen sie doch mal von Ihren Eindrücken.“

2. Phase:

**Andere Besucher (Kommunikation/Interaktion)**

Gab es Unterschiede, wenn Sie sich mit anderen Unterhalten haben?

→ Wie konnten Sie sich darauf Konzentrieren?

→ Haben Sie den anderen gut verstanden? War es anstrengender Ihn zu verstehen?

→ Wie war das, wenn Sie selbst gesprochen haben, fühlten Sie sich wohl?

**Exponat (Wirkung/Bedienung)**

Haben Sie einen Unterschied in der Wirkung der Exponate feststellen können?

Wie sah es mit der technischen Bedienung bei interaktiven Schnittstellen im Museum aus?

→ Starten der Videos, Beleuchtung der Gesteinsschichten

→ Suche an den Touchscreens

Fühlten sie sich gebremst? Gab es Schwierigkeiten?

**Raum (Wahrnehmung)**

Wie empfanden Sie die Umgebungsgeräusche allgemein?

→ Gab es Unterschiede bei den Kopfhörern?

Bei welchem Kopfhörer haben Sie allgemein mehr auf den Raum und dessen Wirkung auf Sie geachtet?

Haben Sie auch Texte zu den Exponaten gelesen?

Bei welchem Kopfhörer konnten Sie sich besser auf die Texte konzentrieren?

**Audioguide (Vermittlung)**

Wie sah das mit dem Sound aus dem Audioguide und mit der Bedienung aus? Gab es da Unterschiede?

→ Wo hat Ihnen der Klang besser gefallen? Warum?

(Weniger dumpf, wärmer, weicher, massiver, klarer, direkter, ...)

→ Hatten Sie Schwierigkeiten die Sprache zu verstehen?

→ Unterschiede bei Sprecherin und Sprecher

→ Bei welchem Kopfhörer mussten Sie öfters die Lautstärke nachregeln, ging es überhaupt laut genug?

3. Phase:

Wenn Sie bei einem Museumsbesuch die Wahl zwischen den beiden Kopfhörern hätten, für welchen würden Sie sich entscheiden?

Erzählen Sie doch nochmal zum Abschluss, was für Sie die entscheidenden Gründe wären.