

Technische Universität Berlin

Fachgebiet Audiokommunikation

Spatial Presence - Zur Bedeutsamkeit des Konzepts für die Audiokommunikation

Masterarbeit für die Prüfung zum M. Sc. Audiokommunikation und
-technologie

Vorgelegt von:

Janek Newjoto

Matrikel-Nummer: 371988

newjoto@campus.tu-berlin.de

Erstgutachter: Prof. Dr. Stefan Weinzierl

Zweitgutachter/ Betreuer: Dr. Steffen Lepa

16.07.2018



Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und eigenhändig sowie ohne unerlaubte fremde Hilfe und ausschließlich unter Verwendung der aufgeführten Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe.

Berlin,

(Datum und Unterschrift)

Zusammenfassung

Eines der Hauptziele von immersiven Medientechnologien ist die Empfindung der Nutzer*innen, sich an dem technisch vermittelten Ort zu befinden. Durch die fortschreitende Entwicklung von Virtual-Reality-Systemen hat sich räumliches Präsenzepfinden (engl.: Spatial Presence) zu einem wichtigen Forschungsgebiet entwickelt. Trotz der großen Bedeutung des auditiven Sinnes für die räumliche Wahrnehmung des Menschen gibt es noch Forschungsbedarf bei der Frage nach der auditiv hervorgerufenen Empfindung von Spatial Presence. Mit der zunehmenden Verbreitung von 3D-Audiosystemen in Haushalten und im öffentlichen Raum gewinnt deshalb die Frage heute an Relevanz für die Medienpsychologie, die Medientechnologie und die Medienproduktion. Diese Masterarbeit beschäftigt sich mit der Rolle von Spatial Presence in der Audiokommunikation. Dabei werden Spatial Presence begünstigende Faktoren des Wiedergabesystems und des Audioinhalts bei der Rezeption von narrativen und musikalischen Stimuli betrachtet. In einem Hörversuch mit dynamischer Binauralsynthese wurde empirisch der Einfluss unterschiedlicher Grade an räumlichen Hinweisreizen auf das Spatial-Presence-Empfinden bei der Rezeption eines Hörspiels, einer Live-Theaterperformance, einer Live- und einer Studio-Musikperformance vergleichend untersucht. Dabei wurde das in der Presence-Forschung etablierte Messinstrument MEC-SPQ [1] an die Rezeption rein auditiver Medien angepasst. Die Ergebnisse der Reliabilitätsanalyse mit Cronbachs Alpha zeigen, dass die Anpassung der Items erfolgreich war. Die Varianzanalyse mit einem Mehrebenenmodell zeigte einen positiven Einfluss des Grades räumlicher Hinweisreize auf die Spatial-Presence-Subdimension *Handlungsmöglichkeiten* für alle Stimuli sowie einen positiven Einfluss auf die Spatial-Presence-Subdimension *Selbstlokalisierung* bei musikalischen Stimuli. Unterschiede des medialen Inhaltes wirkten sich vor allem auf die Generierung eines räumlichen Situationsmodells, einer Vorstufe von Spatial Presence aus.

Abstract

One of the main goals of immersive media technology is to evoke the user's feeling of being at the mediated place. As virtual reality systems are on the rise, spatial presence has become a more and more important field of research. Despite the important role of the auditory system in human perception, there are only a few studies which deal with the question of auditory induced spatial presence. Due to the increasing distribution of 3-D audio systems at home and in public spaces, auditory induced spatial presence gains relevance for media psychology, media technology and media production. This Master's Thesis is about the role of spatial presence in audio communication. Factors of the playback system as well as factors of audio content leading to spatial presence while listening to narrative or musical stimuli are considered. In a listening experiment with dynamic binaural synthesis the influence of different degrees of spatial cues on spatial presence was investigated for an audio drama, a live recording of a stage play, a live music recording and a studio music recording. Therefore, the spatial presence questionnaire MEC-SPQ [1] was adjusted for the use of audio only media. According to reliability analysis with Cronbach's alpha, the scale adjustments caused no problems. Analysis of variance using a multilevel model showed a positive effect of the degree of spatial cues on the spatial presence subdimension *possible actions* for all stimuli, as well as a positive effect on the spatial presence subdimension *self-location* for musical stimuli. Furthermore, there was an effect of different media content on the formation of a spatial situation model, a precondition to spatial presence.

Inhalt

Abkürzungen	V
Abbildungen	VI
Tabellen	VII
1 Einleitung	1
2 Grundlagen	4
2.1 Spatial Presence	4
2.2 Messung von Spatial Presence	6
2.3 Das Process Model of the Formation of Spatial Presence (PMSP)	7
2.3.1 Dimensionen	8
2.3.2 Prozesskomponenten	8
2.3.3 Determinanten	9
2.3.4 MEC-SPQ	11
2.4 Räumliche Audiowiedergabetechnologien	11
2.4.1 Auditive Wahrnehmung von Raum	12
2.4.2 Wiedergabe über Lautsprecher	13
2.4.3 Wiedergabe über Kopfhörer	15
3 Spatial Presence in der Audiokommunikation	17
3.1 Stand der Forschung	17
3.1.1 Untersuchungen technischer Faktoren	18
3.1.2 Untersuchungen inhaltlicher Faktoren	19
3.2 Zur Bedeutung von Spatial Presence bei der Rezeption von Musik- aufnahmen	20
3.2.1 Die Bedeutung des Raumes bei der elektroakustischen Musik- übertragung	21
3.2.2 Entstehen von Spatial Presence bei der elektroakustischen Mu- sikübertragung	23
3.3 Zur Bedeutung von Spatial Presence bei der Rezeption von Hörspielen	25
3.3.1 Die Bedeutung des Raumes beim Hörspiel	25
3.3.2 Entstehen von Spatial Presence beim Hörspiel	27
3.4 Hypothesenbildung	28
3.4.1 Ebene 1: Generierung eines räumlichen Situationsmodells	29
3.4.2 Ebene 2: Spatial Presence	30
4 Methoden	32
4.1 Versuchsaufbau	32
4.2 Binaurale Raumsynthese	34
4.3 Hard- und Software	34
4.4 Auswahl der Stimuli	35
4.5 Audioqualität	37
4.6 Messinstrument	38

4.7	Ablauf	39
4.8	Statistische Verfahren	40
5	Ergebnisse	41
5.1	Deskriptive Ergebnisse	41
5.2	Reliabilität	41
5.3	Ebene 1: Generierung eines räumlichen Situationsmodells	42
5.4	Ebene 2: Spatial Presence	44
6	Diskussion	49
7	Zusammenfassung und Ausblick	52
	Literaturverzeichnis	54
	Anhang	65
A	Messinstrument	65
B	Versuchsinformationen und Einverständniserklärung	68
C	Inhaltsverzeichnis der beiliegenden DVD	70

Abkürzungen

BRIR	binaurale Raumimpulsantwort (Binaural Room Response)
DBS	dynamische Binauralsynthese
DVD	Digital Versatile Disc
ERF	egozentrischer Referenzrahmen (Egocentric Reference Frame)
HMD	Head Mounted Display
HpCF	Kopfhörerkompensationsfilter (Headphone Compensation Filter)
HpTF	Kopfhörerübertragungsfunktion (Headphone Transfer Function)
HRIR	kopfbezogene Impulsantwort (Head Related Impulse Response)
HRTF	kopfbezogene Übertragungsfunktion (Head Related Transfer Function)
ILD	interaurale Pegeldifferenz (Interaural Level Difference)
ITD	interaurale Zeitdifferenz (Interaural Time Difference)
LFE	Low Frequency Effects
MEC	Measurements Effects Conditions
MEC-SPQ	MEC Spatial Presence Questionnaire
PMSP	Process Model of the Formation of Spatial Presence
OSC	Open Sound Control
PERF	primärer egozentrischer Referenzrahmen (Primary Egocentric Reference Frame)
PI	Place Illusion
SSR	Sound Scape Renderer
VBAP	Vector Base Amplitude Panning
VR	Virtual Reality
WFS	Wellenfeldsynthese

Abbildungen

Abb. 2.1	Zwei-Ebenen-Modell zur Entstehung von Spatial Presence [1, S. 498]	7
Abb. 2.2	Zusammenhänge der Determinanten (Strukturgleichungsmodell von Hofer et. al. [2])	10
Abb. 4.1	Skizzierter Aufbau des Hörversuchs zum Einfluss unterschiedlicher Grade räumlicher Hinweisreize auf das Spatial-Presence-Empfinden	33
Abb. 5.1	Geschätztes Randmittel für die Generierung eines räumlichen Situationsmodells (SSM) in Abhängigkeit vom Grad räumlicher Hinweisreize durch das Wiedergabesystem (Zwischensubjektfaktor) und vom Stimulustyp (Innersubjektfaktor); S1 = Theateraufzeichnung, S2 = Hörspielproduktion, S3 = Live-Musikperformance, S4 = Studio-Musikperformance	44
Abb. 5.2	Geschätztes Randmittel für empfundene Handlungsmöglichkeiten (SPPA) in Abhängigkeit vom Grad räumlicher Hinweisreize durch das Wiedergabesystem (Zwischensubjektfaktor) und vom Stimulustyp (Innersubjektfaktor); S1 = Theateraufzeichnung, S2 = Hörspielproduktion, S3 = Live-Musikperformance, S4 = Studio-Musikperformance	46
Abb. 5.3	Geschätztes Randmittel für empfundene Selbstlokalisierung (SPSL) in Abhängigkeit vom Grad räumlicher Hinweisreize durch das Wiedergabesystem (Zwischensubjektfaktor) und vom Stimulustyp (Innersubjektfaktor)	48

Tabellen

Tabelle 1	Beschreibung und technische Daten der im Hörversuch verwendeten Stimuli	36
Tabelle 2	Cronbachs Alpha-Werte für die Spatial-Presence-Subskalen aus je vier Items für alle vier Stimuli (S1 = Theateraufzeichnung, S2 = Hörspielproduktion, S3 = Live-Musikperformance, S4 = Studio-Musikperformance), deren arithmetischer Mittelwert (M) und Standardabweichung (SD) aus dem Experiment ($N = 48$) sowie die Werte aus der ersten Validierungsstudie von Vorder et. al. ($N = 290$) zum Vergleich [3]; SPSL = Selbstlokalisierung; SPPA = Handlungsmöglichkeiten; SSM = räumliches Situationsmodell; ATT = Aufmerksamkeitsallokation; SoD: Suspension of Disbelieve; HCI = Höheres kognitives Involvement; DSI = Domänenspezifisches Interesse; SI = bildlich räumliches Vorstellungsvermögen	42
Tabelle 3	Einfluss des Grades räumlicher Hinweisreize (Treatment) und unterschiedlicher Stimulustypen (Stimulus) sowie deren Interaktion (Treatment*Stimulus) auf die Generierung eines räumlichen Situationsmodells unter Kontrolle der Kovariaten Aufmerksamkeitsallokation, bildlich räumliches Vorstellungsvermögen, Alter, Geschlecht und Hörerfahrung mit Surroundsound	43
Tabelle 4	Einfluss des Grades räumlicher Hinweisreize (Treatment) und unterschiedlicher Stimulustypen (Stimulus) sowie deren Interaktion (Treatment*Stimulus) auf die empfundene Selbstlokalisierung unter Kontrolle der Kovariaten Generierung eines räumlichen Situationsmodells, höheres kognitives Involvement, Suspension of Disbelieve, Alter, Geschlecht und Hörerfahrung mit Surroundsound	45
Tabelle 5	Einfluss des Grades räumlicher Hinweisreize (Treatment) und unterschiedlicher Stimulustypen (Stimulus) sowie deren Interaktion (Treatment*Stimulus) auf empfundene Handlungsmöglichkeiten unter Kontrolle der Kovariaten Generierung eines räumlichen Situationsmodells, höheres kognitives Involvement, Suspension of Disbelieve, Alter, Geschlecht und Hörerfahrung mit Surroundsound	45
Tabelle 6	Einfluss des Grades räumlicher Hinweisreize (Treatment) und unterschiedlicher Stimulustypen (Stimulus) sowie deren Interaktion (Treatment*Stimulus) auf die empfundenen Handlungsmöglichkeiten beim Hören einer Theateraufzeichnung und einer Hörspielproduktion unter Kontrolle der Kovariaten Generierung eines räumlichen Situationsmodells, höheres kognitives Involvement, Suspension of Disbelieve, Alter, Geschlecht und Hörerfahrung mit Surroundsound	47

Tabelle 7	Einfluss des Grades räumlicher Hinweisreize (Treatment) und unterschiedlicher Stimulustypen (Stimulus) sowie deren Interaktion (Treatment*Stimulus) auf die empfundene Selbstlokalisierung beim Hören einer Live-Musikperformance und einer Studio-Musikperformance unter Kontrolle der Kovariaten Generierung eines räumlichen Situationsmodells, höheres kognitives Involvement, Suspension of Disbelieve, Alter, Geschlecht und Hörerfahrung mit Surroundsound	47
Tabelle 8	Angepasstes Messinstrument zur Messung von Spatial Presence bei auditiv rezipierten Medien nach [3]	67

1 Einleitung

Spatial Presence beschreibt das subjektive Gefühl, sich an einem durch ein Medium vermittelten Ort zu befinden. Das Konzept findet u.a. bei psychologischen Untersuchungen im Bereich Virtual Reality (VR), bei der Entwicklung und Nutzung von Trainingssimulatoren, im medizinischen Bereich bei der Rehabilitation und der Behandlung von Phobien sowie im Bereich der Unterhaltungsmedien Anwendung. Es wird als eine Folge von *Immersion* verstanden [4]. Diese beschreibt das Empfinden, vom Medium eingehüllt zu sein und mit der medialen Umgebung zu interagieren. Der Grad an Immersion wird durch die *Immersivität*, d.h. der Fähigkeit des Mediums bestimmt, die rezipierende Person von externen Stimuli in der Umgebung zu isolieren [5, S. 9]. Je mehr räumliche Hinweisreize das Medium bereitstellt, desto stärker kann es eine rezipierende Person von räumlichen Hinweisreizen aus der realen Welt isolieren. *Spatial Presence* ist jedoch keine zwangsläufige Folge von Immersion, sondern hängt zudem von subjektiven Faktoren, wie der Aufmerksamkeit der rezipierenden Person und ihrer kognitiven Auseinandersetzung mit den medialen Inhalten, dem *Involvement* ab [6, S. 227].

Bei der Betrachtung des Forschungsstandes zu *Spatial Presence* lässt sich überwiegend ein Fokus auf der visuellen Wahrnehmung feststellen [7]. Mit der zunehmenden Verbreitung immersiver Audiotechnologien in Haushalten und dem öffentlichen Raum tritt auch ein verstärktes Interesse an auditiv hervorgerufenem *Spatial Presence*-Empfinden auf. Einige Untersuchungen, die den auditiven Sinn einbezogen, verwendeten multimodale Stimulation [8, 9, 10, 11, 12, 13]. Doch auch rein auditiv rezipierte Medien wie das Hörspiel können das Empfinden auslösen, sich am Ort des Geschehens zu befinden [14, 15].

Das Raumempfinden spielt nicht erst seit der Entwicklung von 3D-Audiotechnologien eine bedeutende Rolle für auditiv rezipierte Medien. Bereits die ersten monophonen Aufnahmen, seit der Erfindung von Schallaufzeichnungstechnologien, enthalten akustische Informationen über den Raum, in dem sie aufgenommen wurden. Auch bereits bei monophonen Wiedergabetechnologien und der Klangbearbeitung wurde der Raum berücksichtigt. So wurde z.B. durch Verringerung der Richtwirkung von Wiedergabegeräten versucht, die Hörer*innen durch ein möglichst diffuses Schallfeld in den Klang einzuhüllen. Auch finden Echoeffekte und künstlich erzeugter Nachhall bereits bei monophonen Musikaufnahmen ihren Einsatz [16]. Mit der Stereophonie kommen bei der elektroakustischen Übertragung musikalischer und narrativer Audioinhalte zusätzliche räumliche Hinweisreize durch die räumliche Aufteilung von Phantomschallquellen hinzu. Die Hörer*innen einzuhüllen und in den Konzertsaal oder an den Handlungsort eines Krimis zu versetzen, ist eines der Ziele von räumlichen Audiotechnologien. Heutige 3D-Audiotechnologien wie die dynamische Binau-

ralsynthese (DBS) können räumliche Hinweisreize so genau reproduzieren, dass die rezipierende Person nicht mehr zwischen Original und Medium unterscheiden kann [17]. Dadurch sind die technologischen Bedingungen für dieses Ziel gegeben.

Mit der großen Bedeutung des Raumes für die Audiokommunikation auf der einen, und für die Generierung von Spatial Presence auf der anderen Seite, stellt sich die Frage nach der Rolle von Spatial Presence in der Audiokommunikation. Neben dem technischen Aspekt räumlicher Hinweisreize durch das Wiedergabesystem stellt sich zudem die Frage, wie unterschiedliche Audioinhalte Spatial Presence begünstigen. So unterscheidet sich die Rezeption eines Hörspiels von der Rezeption einer Musikperformance im Gehalt narrativer Strukturen und in der Hörweise der rezipierenden Person. An das Hörspiel bindet sich eine überwiegend kausale oder semantische Hörweise, während bei der Musikperformance eine reduzierte Hörweise überwiegt [18]. Dadurch werden kognitive Prozesse möglicherweise unterschiedlich an das Medium gebunden und unterschiedlich stark Spatial Presence empfunden. Da zu heutigem Forschungsstand in erster Linie visuelle Medien in Bezug auf Spatial Presence untersucht wurden, ist des Weiteren zu klären, in wieweit Messinstrumente wie der MEC Spatial Presence Questionnaire (MEC-SPQ) [1] für rein auditiv rezipierte Medien angepasst werden müssen.

Neben der Bedeutung für die Wahrnehmungs- und Medienpsychologie, insbesondere der Presence-Forschung, haben diese Fragestellungen Relevanz für die Entwicklung von Audiotechnologien und für die Produktion von Audioinhalten. Da es ein Ziel von räumlichen Audiowiedergabetechnologien, aber auch von Produzierenden von Audioinhalten ist, die rezipierende Person in einen virtuellen Raum zu versetzen [19], ist die Frage nach den technischen und inhaltlichen Faktoren, diese Empfindung zu begünstigen, von großem Interesse. Des Weiteren kann Spatial Presence als Messinstrument zur Bewertung von räumlichen Audiowiedergabetechnologien und Audioinhalten dienen [20].

Diese Masterarbeit beschäftigt sich mit der Frage, inwieweit technische Eigenschaften des Audiowiedergabesystems und die Art des Audioinhaltes das Spatial-Presence-Empfinden bei der Rezeption rein akustischer Medien beeinflussen und stellt damit eine Verbindung zwischen der Bedeutung räumlicher Aspekte bei der elektroakustischen Übertragung von Musik und Hörspielen und dem Konzept Spatial Presence her. Dabei wird u.a. der Frage nachgegangen, ob Spatial Presence eine Rolle bei der Rezeption von Musikaufnahmen spielt und ob sich der MEC-SPQ für rein auditiv rezipierte Medien anpassen lässt. In Kapitel 2 werden zunächst das Konzept sowie Möglichkeiten zur Messung von Spatial Presence erläutert. Anschließend werden das Process Model of the Formation of Spatial Presence (PMSP) und der damit zusammenhängende MEC-SPQ als etabliertes Messinstrument beschrieben. Es folgt eine

kurze Betrachtung räumlicher Audiowiedergabetechnologien in Bezug auf räumliche Hinweisreize, die Einfluss auf das Spatial-Presence-Empfinden haben könnten. In Kapitel 3 wird die Bedeutung von Spatial Presence in der Audiokommunikation erörtert, indem zunächst der Forschungsstand von auditiv hervorgerufenem Spatial-Presence-Empfinden beschrieben wird. Über die Betrachtung räumlicher Hinweisreize und der damit verbundenen Bedeutung von Spatial Presence bei der elektroakustischen Musik- und Hörspielübertragung folgt die Generierung der Forschungshypothesen. Kapitel 4 behandelt die in dieser Arbeit verwendeten Methoden zur Untersuchung der Hypothesen. Dabei werden die technische Umsetzung des Hörversuchs, die Anpassung des Messinstrumentes sowie der Versuchsablauf und die verwendeten statistischen Verfahren erläutert. In Kapitel 5 folgt die Präsentation der Ergebnisse, die in Kapitel 6 diskutiert werden. In Kapitel 7 werden die Ergebnisse dieser Arbeit zusammengefasst und potentielle Ausweitungen der Untersuchung genannt.

2 Grundlagen

Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung von Spatial Presence bei der Rezeption rein auditiv rezipierter Medien unter Betrachtung technischer und inhaltlicher Faktoren. In diesem Kapitel werden die dafür nötigen Grundlagen erklärt. Da der Begriff Spatial Presence im Laufe der Forschung nicht als einheitliches Konzept behandelt wurde (vgl. [21]), soll zunächst der Begriff erläutert werden, wie er in dieser Arbeit verstanden wird (Abschnitt 2.1). Anschließend werden verschiedene Methoden beschrieben, die zum Messen von Spatial Presence existieren und sich bezüglich ihrer Validität und Objektivität unterscheiden (Abschnitt 2.2). Das PMSP mit seinen zwei Dimensionen (Abschnitt 2.3.1), verschiedenen Prozesskomponenten (Abschnitt 2.3.2) und Determinanten (Abschnitt 2.3.3) bildet einen Zusammenschluss verschiedener Theorien zu Spatial Presence und wird in Zusammenhang mit dem auf diesem Modell basierenden Messinstrument MEC-SPQ (Abschnitt 2.3.4) durch viele Forschungsergebnisse gestützt. In dem Modell werden u.a. räumliche Hinweisreize durch das Wiedergabesystem als mediale Faktoren gesehen, die das Spatial-Presence-Empfinden beeinflussen. Deshalb wird anschließend auf räumliche Audio-wiedergabesysteme eingegangen. Diese weisen unterschiedliche Grade auf, räumliche Hinweisreize darzustellen (Abschnitt 2.4) und machen sich die räumliche auditive Wahrnehmung der rezipierenden Person zu Nutze (Abschnitt 2.4.1), um räumliche Hinweisreize über Lautsprecher (Abschnitt 2.4.2) oder über Kopfhörer (Abschnitt 2.4.3) zu vermitteln.

2.1 Spatial Presence

Das ursprüngliche Konzept von *Presence* stammt aus der Technologieforschung und meint unter dem Begriff *Telepresence* das subjektive Gefühl, sich am Ort eines eigens ferngesteuerten Objektes zu befinden [22]. Im Zuge der technischen Entwicklung von VR-Systemen wurde Presence besonders als ein Gefühl oder eine Illusion untersucht, sich an einem durch Medientechnologie vermittelten Ort zu befinden [23, 24]. Dabei nahmen sich unterschiedliche Disziplinen, wie Ingenieurs- und Computerwissenschaften, Psychologie und Philosophie dieses Phänomens an. Es resultierten viele Subkonzepte von Presence, die von der jeweiligen Disziplin geprägt sind, aus der heraus sie entstanden sind. Eine Klassifizierung von Presence in sechs Subkonzepte unternahm Lombard und Ditton [25]. In dieser steht Presence als Oberbegriff für die Konzepte *Presence as social richness*, *Presence as realism*, *Presence as transportation*, *Presence as immersion*, *Presence as social actor within the medium* und *Presence as the medium becoming a social actor*. Presence als Oberbegriff wird hier als die Illusion angesehen, die technologisch mediatisierte Erfahrung sei unvermittelt. Das Subkonzept von Presence, das der ursprünglichen Idee von Telepresence

am nächsten kommt, ist das der Transportation. Es beschreibt das Gefühl eines Subjektes, sich an einem anderen (nicht dem tatsächlichen) Ort zu befinden oder eine Umgebung samt aller Objekte darin sei an den eigenen Ort transportiert. Eine Klassifizierung von Ijsselsteijn [26] teilt Presence in *Physical Presence* und *Social Presence* und beschreibt erstes als das subjektive Gefühl, sich physisch vor Ort in einer medialen Umgebung zu befinden und zweites als das Gefühl, in Gesellschaft mit anderen Personen zu sein und zu kommunizieren. Für die Empfindung physischer Verortung in der medial vermittelten Umgebung, als ein Aspekt der Presence-Empfindung, wurde immer häufiger der Begriff Spatial Presence („[...] feeling of being there [...]“, [27, S. 20]) verwendet. In deutscher Sprache findet sich auch der Begriff *räumliches Präsenzerleben* [28].

Auch bei den Ursachen für das Empfinden von Spatial Presence unterscheiden sich die Modelle aus unterschiedlichen Disziplinen. Bei einer Betrachtung der Ursachen von technologischer Seite liegt der Fokus auf der Immersivität eines Mediums, die wiederum von der Genauigkeit eines technischen Systems abhängt, eine realitätsnahe Umwelt über eine oder mehrere sensorische Modalitäten zu vermitteln [29, 4]. Unter dem Begriff Place Illusion (PI) beschrieben Slater et. al. Spatial Presence als menschliche Reaktion auf Immersivität, die ihrerseits die Grenzen absteckt, in denen PI aufkommen kann [30, 31]. Dabei wurde PI von Slater als perzeptuelles und nicht kognitives Phänomen angesehen [30, S. 3555]. Dass Spatial Presence auch bei der Rezeption von Medien mit geringer Immersivität auftritt, begründete er damit, dass es sich hier um eine andere Qualia handle, die nicht automatisch erlebt würde, sondern kognitive Prozesse voraussetze.

Ein psychologischer Ansatz geht von einer Dichotomie von Immersion als Folge der objektiv beurteilbaren Immersivität eines Mediums und Spatial Presence als subjektive psychologische Erfahrung aus. Schubert et. al. [32] sehen die Ursache von Spatial Presence in der körperlichen und kognitiven Aktivität (*Embodied Cognition*). Dabei entwickelt die Person ein mentales Modell der dreidimensionalen Umgebung und ihren Handlungsmöglichkeiten darin. Das jeweilige Medium stellt die dafür nötige Information bereit und Immersivität begünstigt das Empfinden von Spatial Presence; oder anders gesagt: „Medien mit besonders vielen das Präsenzerleben begünstigenden Merkmalen werden als immersiv bezeichnet [...]“ [33, S. 161]. Mit der Rolle mentaler Modelle beim Entstehen von Spatial Presence lässt sich auch das Auftreten von Spatial Presence bei weniger immersiven Medien, wie Filmen und textbasierten Medien erklären [34, 35].

Eine Verbindung technologischer und psychologischer Ansätze gelingt u.a. über den Aspekt der Aufmerksamkeitsallokation auf das Medium. Im PMSP von Wirth et. al. spielen sowohl die bewusste Aufmerksamkeitsallokation einer Person auf das Medium

sowie unbewusste Aufmerksamkeitsprozesse, ausgelöst durch räumliche Hinweisreize vom Medium, eine Rolle bei der Generierung eines räumlichen Situationsmodells und dem Entstehen von Spatial Presence [1]. Das PMSP wird in Abschnitt 2.3 näher erläutert.

2.2 Messung von Spatial Presence

Für das Messen von Spatial Presence existieren subjektive, physiologische und behaviorale Methoden [36]. Physiologische Methoden untersuchen z.B. die Herzfrequenz, die elektrische Leitfähigkeit der Haut oder die Hauttemperatur einer Versuchsperson. Da die Messungen gleichzeitig mit der Medienrezeption stattfinden, können mit ihnen auch zeitlich variierende Qualitäten von Spatial Presence erfasst werden. Physiologische Methoden weisen sich durch ein hohes Maß an Objektivität aus. Da physiologische Änderungen aber auch durch andere Faktoren als die experimentellen Stimuli verursacht werden können, mangelt es diesen Methoden an Validität [36, S. 113-115].

Behaviorale Methoden untersuchen Veränderungen im Verhalten von Versuchspersonen, während diese dem Stimulus ausgesetzt sind. Dies kann durch Beobachtung der Bewegungen der Versuchsperson oder durch den Vergleich von Unterschieden in der Reaktion der Versuchsperson auf reale und virtuelle Stimuli geschehen. Im Vergleich zu subjektiven Methoden weisen auch diese Methoden eine geringere Validität, wenn auch höhere Objektivität, auf [36, S. 112-113].

Subjektive Messungen von Spatial Presence erfolgen durch Fragebögen im Anschluss an die Medienrezeption. Da Spatial Presence als ein vorrangig subjektives Erlebnis betrachtet wird, sind subjektive Verfahren valider, als physiologische und behaviorale. Da sie im Anschluss an die Mediendarbietung erfolgen, lassen sich jedoch zeitlich variierende Qualitäten von Spatial Presence nicht erfassen und die Antworten sind stärker durch Ereignisse gegen Ende der Medienrezeption geprägt [36, S. 110-112]. Um bei subjektiver Messung von Spatial Presence auch die zeitliche Variation erfassen zu können, verwendeten IJsselsteijn et. al. einen Schieberegler, mit dem die Versuchspersonen während der Medienrezeption den aktuell empfundenen Grad an Spatial Presence einstellten [37]. Bei dieser Methode stellt sich das Problem, dass der Schieberegler eine haptische Stimulation aus der realen Welt darstellt und sich die Versuchsperson seiner ständigen Anwesenheit bewusst ist. Dadurch wird die Empfindung, in der medialen anstelle der realen Welt verortet zu sein, möglicherweise negativ beeinflusst.

2.3 Das Process Model of the Formation of Spatial Presence (PMSP)

Ein Modell, das sowohl mediale, als auch subjektive Faktoren von Spatial Presence einbezieht, ist das PMSP. Im PMSP setzt sich Spatial Presence aus den beiden Dimensionen Selbstlokalisierung und Handlungsmöglichkeiten zusammen. Es entsteht hier in einer Prozesskette von Aufmerksamkeit einer Person gegenüber der medialen Umgebung, der Konstruktion eines mentalen räumlichen Situationsmodells und der anschließenden unbewussten Prüfung, ob die vermittelte räumliche Umgebung als primärer egozentrischer Referenzrahmen (Primary Egocentric Reference Frame, PERF) akzeptiert werden kann. Die Grundvoraussetzung für Spatial Presence ist, dass die empfindende Person ihre Aufmerksamkeit auf das Medium richtet. Dies kann als unfreiwillige Aufmerksamkeit durch das Auslösen unbewusster Orientierungsreaktionen durch das Medium oder als freiwillige Aufmerksamkeit durch das Interesse der Person an den medialen Inhalten geschehen. Im Modell werden Aufmerksamkeit, die Bildung eines räumlichen Situationsmodells und die Akzeptanz der medialen Umgebung als PERF von medialen und subjektiven Faktoren beeinflusst. Abbildung 2.1 zeigt die Beziehungen der Prozesskomponenten und Determinanten von Spatial Presence. Die folgende Beschreibung des Modells basiert auf den Veröffentlichungen von Wirth et. al. [1, 33].

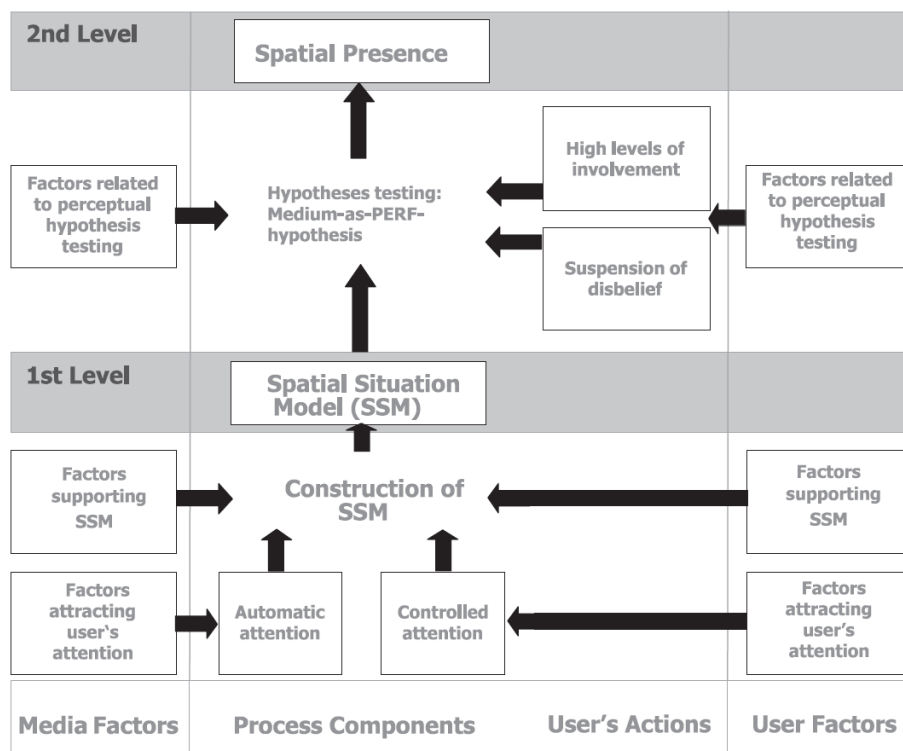


Abb. 2.1: Zwei-Ebenen-Modell zur Entstehung von Spatial Presence [1, S. 498]

2.3.1 Dimensionen

Im PMSP ist Spatial Presence ein zweidimensionales Konstrukt. Die erste Dimension bezieht sich auf das Gefühl der rezipierenden Person, sich physisch in der medialen Umgebung zu befinden (*Selbstlokalisierung*). Die zweite Dimension beschreibt subjektiv empfundene *Handlungsmöglichkeiten* der rezipierenden Person innerhalb der medialen Umgebung. Die rezipierende Person erkennt die Handlungsmöglichkeiten, die das Medium bereitstellt, und bezieht diese auf sich. Die Handlungsmöglichkeiten müssen nicht denen in der realen Umgebung entsprechen, jedoch blendet die Spatial Presence empfindende Person, die Handlungsmöglichkeiten in der realen Umgebung aus. Nach dem PMSP fühlt sich die Person entweder in der realen oder in der medialen Welt verortet und nimmt dort Handlungsmöglichkeiten wahr. Damit sieht das Modell den Zustand von Spatial Presence als binäre Erfahrung [1, S. 497].

2.3.2 Prozesskomponenten

Das PMSP beschreibt zwei Ebenen beim Entstehungsprozess von Spatial Presence. Auf der ersten Ebene wird ein räumliches Situationsmodell der medial dargebotenen Umgebung generiert, welches eine kognitive Repräsentation eines Raumes darstellt [1, S. 501]. Grundvoraussetzung ist, dass die rezipierende Person ihre Aufmerksamkeit auf das Medium lenkt. Dies kann kontrolliert durch bewusste Zuwendung der Person oder automatisch durch genügend räumliche Hinweisreize aus der medial vermittelten Umgebung gegenüber räumlichen Hinweisreizen aus der realen Umgebung geschehen [38]. Bei der Betrachtung einer VR-Umgebung beispielsweise durch ein Head Mounted Display (HMD) erhält die rezipierende Person ausschließlich visuelle Hinweisreize aus der virtuellen Welt, sodass sie automatisch ihre visuelle Aufmerksamkeit auf das Medium richtet. Konkurriert das Medium (z.B. ein Film auf einem Bildschirm) mit anderen Objekten im visuellen Wahrnehmungsbereich der Person, hängt es u.a. vom Interesse dieser ab, ob sie dem Medium Aufmerksamkeit schenkt.

Die durch das Medium vermittelten räumlichen Hinweisreize müssen nicht vollständig sein, um ein räumliches Situationsmodell zu generieren. Fehlende Hinweisreize können mithilfe eigener Vorstellung durch interne Konstruktionsprozesse ergänzt werden. Dabei greift das zentrale Nervensystem auf räumliche Erinnerungen zurück [1, S. 501]. In dem Rezipierende das räumliche Situationsmodell auf ihre Ich-Perspektive beziehen, resultiert ein egozentrischer Referenzrahmen (Egocentric Reference Frame, ERF) [39]. Es können mehrere miteinander konkurrierende ERFs gleichzeitig existieren (z.B. das der medialen und das der realen Umgebung). Auf der zweiten Ebene des PMSP findet ein unbewusster Prozess des Prüfens von Wahrnehmungshypothesen statt, ob der mediale ERF anstelle des realen ERF als PERF ange-

nommen werden kann [1, 505]. Die Akzeptanz der medialen Umgebung als PERF ist wahrscheinlicher, je mehr sensorische Informationen das Medium bereitstellt und je höher die Konsistenz der Informationen mit dem bereits generierten räumlichen Situationsmodell ist [1, S. 510-512]. Immer wieder wird geprüft, ob aufgenommene Informationen sich mit der Wahrnehmungshypothese vereinbaren lassen. Solange keine widersprüchliche Information auftritt, wird die vermittelte Umgebung als PERF akzeptiert und es resultiert Spatial Presence [1, S. 508]. Bei fehlender Übereinstimmung wird die Hypothese verworfen. Hat die Person bereits Spatial Presence empfunden, bricht diese Empfindung ab und ein anderer ERF, der keine widersprüchliche Information bereitstellt, wird als PERF akzeptiert (z.B. die reale Umgebung).

2.3.3 Determinanten

Das PMSP vereint sowohl mediale als auch subjektive Faktoren als Determinanten von Spatial Presence. Diese wirken auf der ersten Ebene bei der Aufmerksamkeitsallokation und der Bildung eines räumlichen Situationsmodells sowie auf der zweiten Ebene beim Testen der Hypothese, dass der mediale ERF als PERF akzeptiert werden kann (siehe Abbildung 2.1).

Mediale Faktoren sind technische und inhaltliche Faktoren des Mediums. Technische Faktoren beziehen sich auf die Immersivität des Mediums. Der Grad an Immersivität lässt sich durch die Anzahl beim Menschen angesprochener sensorischer Kanäle und durch die Genauigkeit, mit der Informationen über diese Kanäle vermittelt werden, beeinflussen [40, S. 241-242]. Je stärker ein Medium die rezipierende Person umhüllt, desto mehr räumliche Informationen stehen für das räumliche Situationsmodell zur Verfügung, das schließlich als PERF akzeptiert wird. Zudem beeinflusst die Immersivität eines Mediums die automatische Aufmerksamkeitsallokation durch Aktivierung automatischer Orientierungsprozesse [1, S. 500]. Je mehr räumliche Hinweisreize das Medium bereitstellt, desto eher richtet die rezipierende Person ihre Aufmerksamkeit weg von der realen hin zur medialen Umgebung.

Neben technischen Faktoren beeinflussen auch inhaltliche Faktoren, wie viele räumliche Informationen durch das Medium zur Verfügung gestellt werden und wie stark die Aufmerksamkeit der rezipierenden Person automatisch auf das Medium gelenkt wird. Überraschende Effekte und Neuheit von Information können die automatische Aufmerksamkeitsallokation beeinflussen [41]. Insbesondere bei Medien mit geringem Immersionspotential spielt der Aspekt der Narration eine entscheidende Rolle, um den ERF z.B. durch hohe Spannung aufrecht zu erhalten [42, S. 4].

Die Ausprägung des räumlichen Situationsmodells und die Akzeptanz eines medialen ERF als PERF hängen auch von subjektiven Faktoren ab. Die kontrollierte Aufmerk-

samkeitsallokation der rezipierenden Person ist davon abhängig, ob diese sich für den Medieninhalt interessiert oder nicht (*domänenspezifisches Interesse*) [43, S. 12-16]. Die Bildung eines räumlichen Situationsmodells hängt u.a. auch von der Fähigkeit der rezipierenden Person ab, sich die mediale räumliche Situation bildlich vorstellen zu können (*Spatial Visual Imagery*) [44]. Je besser die eigene räumliche Vorstellung ist, desto genauer fällt das generierte räumliche Situationsmodell, unabhängig vom medialen Informationsgehalt über den Raum, aus [1, S. 504].

Auf der zweiten Ebene des Modells ist ein wichtiger subjektiver Faktor die Fähigkeit, technische und inhaltliche Inkonsistenzen ausblenden zu können (*Suspension of Disbelieve*) [40, S. 243]. Je weniger sich eine Person von möglichen Lücken oder fehlerhafter Information in der medialen Umgebung ablenken lässt, desto höher wird die Wahrscheinlichkeit, dass die mediale Umgebung zum PERF wird. Auch das Involvement der Person mit dem medialen Inhalt, kognitiver, affektiver oder konnotativer Art, begünstigt einen Wechsel vom realen ERF zum medialen ERF als akzeptierten PERF (*Involvement*) [6, S. 227]. Der Zusammenhang dieser subjektiven Faktoren wurde u.a. von Hofer et. al. in Form eines Strukturgleichungsmodells bestätigt [2]. Dies ist in Abbildung 2.2 zu sehen.

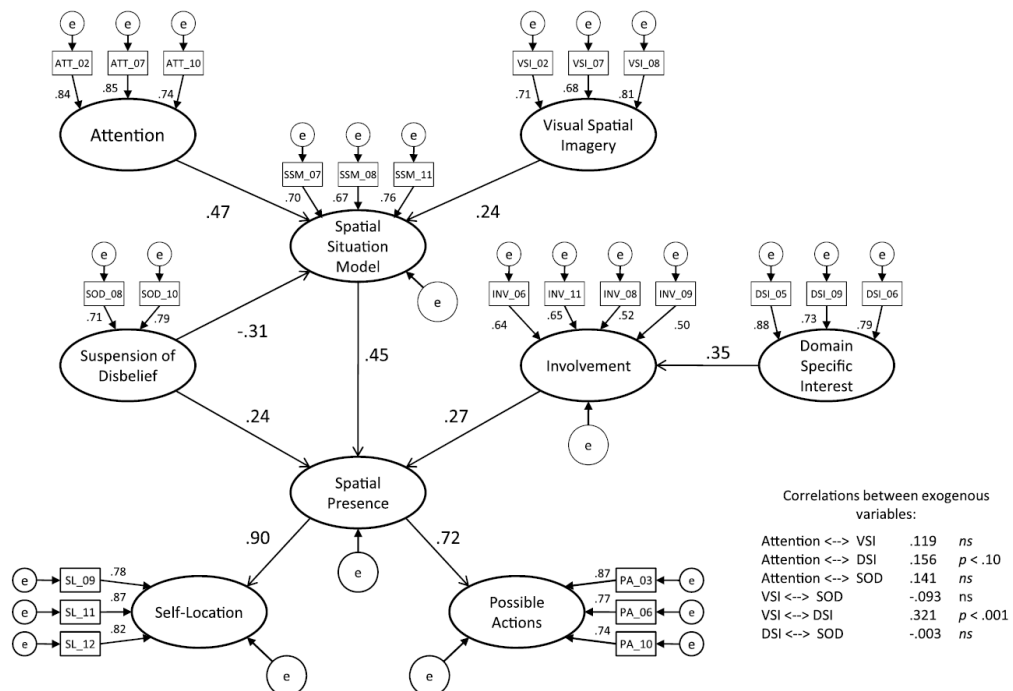


Abb. 2.2: Zusammenhänge der Determinanten (Strukturgleichungsmodell von Hofer et. al. [2])

2.3.4 MEC-SPQ

Im Rahmen des Projektes *Measurements Effects Conditions (MEC)* ist ein Messinstrument zum Messen von Spatial Presence auf Basis des PMSP entstanden [3]. Der MEC-SPQ wird postrezeptiv angewandt und enthält Items zu den acht Komponenten des Modells, die randomisiert in Form von Statements präsentiert und auf einer fünf-stufigen Likert-Skala von *trifft gar nicht zu* bis *trifft völlig zu* beantwortet werden. Das Messinstrument ist in drei Versionen mit jeweils vier, sechs oder acht Items verfügbar und wurde in einer Reihe von Studien sowohl in englischer, deutscher, finnischer als auch portugiesischer Sprache validiert [45]. Neben der Vielzahl bereits durchgeführter Validierungsstudien in Bezug auf mediale und subjektive Faktoren bietet der MEC-SPQ gegenüber anderen Messinstrumenten den Vorteil, dass das Modell, auf dem er beruht, Spatial Presence als Resultat von Prozessen, und nicht nur als Zustand betrachtet [46, S. 68]. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Determinanten und Prozesskomponenten nicht induktiv durch Faktoranalysen ermittelt wurden, sondern deduktiv aus der Theorie hervorgegangen sind [47, S. 228; 48, S. 4].

Auch wenn Spatial Presence im PMSP als binäre Erfahrung gesehen wird, erfolgt die Messung mit dem MEC-SPQ graduell. Dies wird von den Autoren damit begründet, dass die rezipierende Person einzelne Spatial-Presence-Erfahrungen nicht zählen könne, sondern die Menge einzelner Erfahrungen im Sinne einer Gesamtintensität im Anschluss an die Rezeption berichte [45, S. 79].

2.4 Räumliche Audiowiedergabetchnologien

Seit der Erfindung des Phonographen wurden Audiowiedergabesysteme mit immer besseren Möglichkeiten zur Vermittlung von räumlichen Informationen entwickelt, wobei sich das zunehmende Wissen zur Schallquellenlokalisierung von Menschen zunutze gemacht wurde. Mit dem Ziel, der rezipierenden Person ein möglichst genaues Abbild der räumlichen Hörsituation zu präsentieren, wurden psychoakustisch und physikalisch motivierte Ansätze zur Schallübertragung entwickelt. Ein psychoakustisch motivierter Ansatz ist die Stereophonie, die auf der Summenlokalisierung zeitlich verschobener oder mit unterschiedlichen Pegeln wiedergegebener identischer Signale basiert. Physikalisch motivierte Ansätze versuchen raumbezogen das originale Schallfeld zu reproduzieren oder kopfbezogen entsprechende Ohrsignale zu erzeugen. Neben der Lokalisierung spielen auch das Raumempfinden und das Einhüllen in den Klang eine Rolle bei der elektroakustischen Wiedergabe, was sich bereits bei frühen monophonen Aufnahmen abzeichnete. Durch die Abbildung räumlicher Schallereignisse stellt das Audiowiedergabesystem einen bedeutenden medialen Faktor für das Spatial-Presence-Empfinden dar.

2.4.1 Auditive Wahrnehmung von Raum

Zur Bestimmung des Ortes und der Ausdehnung von Hörereignissen wertet das zentrale Nervensystem monaurale und interaurale Merkmale der Schallsignale an den Trommelfellen beider Ohren aus. Diese Merkmale sind die interaurale Zeitdifferenz (Interaural Time Difference, ITD), interaurale Pegeldifferenz (Interaural Level Difference, ILD), monaurale spektrale Eigenschaften, die Lautstärke, dynamische Eigenschaften durch Kopfbewegungen, das Verhältnis von Direktschall zu Nachhall und gelernte spektrotemporale Muster von Schallereignissen [49, S. 9]. ITD und ILD liefern dem zentralen Nervensystem Informationen über die Richtung von Schallereignissen. Durch die räumliche Distanz beider Ohren und durch Abschattung einfallenden Schalls durch den Kopf erreicht der Schall bei Schalleinfall aus der Horizontalebene beide Ohren mit unterschiedlichem Schalldruckpegel und mit einer zeitlichen Verzögerung, wodurch das zentrale Nervensystem die Richtung des Hörereignisses in der Horizontalebene bestimmen kann [50, S. 95-98]. Bei Schalleinfall aus der Medianebene wertet das zentrale Nervensystem monaurale spektrale Eigenschaften der Schallsignale aus. Durch Reflexionen an Kopf, Torso und Pinna werden bestimmte Anteile des Spektrums angehoben oder abgesenkt. Diese Filterwirkung unterscheidet sich je nach Richtung des Schalleinfalls in der Medianebene und wird vom zentralen Nervensystem mit gelernten Mustern abgeglichen [50, S. 94-95]. Zudem helfen Peilbewegungen des Kopfes in Relation zum Schallereignis bei der Ortung, insofern das Ereignis eine gewisse Zeit andauert [50, S. 88].

Die Entfernungsbestimmung erfolgt neben monauralen und interauralen spektralen Eigenschaften durch die Auswertung der Lautstärke und damit verbundenen Klangverfärbungen, die auf einen unterschiedlichen Frequenzverlauf der Kurven gleicher Lautheit zurückzuführen sind [50, S. 98]. Hörereignisse kann der Mensch bis zu einer Entfernung von 15 m bestimmen. Darüber hinaus ist er lediglich in der Lage, Schallquellenentfernungen z.B. aufgrund frequenzabhängiger Schalldämpfung durch die Luft zu schätzen [50, S. 98-99].

Unterstützt und teilweise sogar dominiert wird die Hörereignisbildung von Reizen über andere Modalitäten wie Seh- und Tastsinn und durch kognitive Prozesse, wie der Abgleich mit gelernten spektrotemporalen Mustern [50, S. 88].

Da der Mensch nur in seltenen Fällen in einer reflexionsfreien Umgebung hört (z.B. in reflexionsarmen Räumen für die Forschung), ist neben der Lokalisation von Schallquellen durch direkten Schalleinfall auch die Wahrnehmung des an Schallhindernissen reflektierten Schalls bedeutend. Je nach Zeitdifferenz zwischen Direktschall und Reflexionen werden unterschiedliche Hörereignisse gebildet. Summenlokalisierung tritt bei einer Zeitdifferenz unter 1 ms auf. Hierbei wird das Hörereignis zwischen dem Ort der Quelle und dem Ort der Reflexion lokalisiert. Diesen Effekt nutzt u.a.

die Stereophonie. Bei einer Zeitdifferenz über 1 ms wirkt der Präzedenzeffekt, bei dem die zuerst eintreffende Wellenfront die Hörereignisrichtung bestimmt. Je nach Signal führen noch größere Zeitdifferenzen zu Echoeffekten, bei denen Direktschall und Nachhall als unterschiedliche Hörereignisse wahrgenommen werden. Diesen Effekt nutzen u.a. Geräte zur Erzeugung von künstlichem Nachhall [50, S. 99-105].

Neben der Lokalisation von Schallquellen spielt auch der durch den Einfall von reflektiertem Schall hervorgerufene Raumeindruck eine Rolle für die räumliche Wahrnehmung. Eine Komponente des Raumeindrucks ist die Räumlichkeit, welche die von Hörer*innen wahrgenommene Einhüllung in den Klang gegenüber einer punktförmigen Lokalisation von Schallquellen meint. Eine weitere Komponente des Raumeindrucks ist die Halligkeit, die verursacht durch Ein- und Ausschwingvorgänge des Raumes, Informationen zu dessen akustischer Beschaffenheit preisgibt (z.B. durch die frequenzabhängige Nachhallzeit) [51]. Durch die wahrgenommene Anwesenheit und Position von Objekten sowie dem Gefühl, von einer akustischen Szene bzw. einem Raum umgeben zu sein, bewirken Schallquellenlokalisierung und Raumeindruck auditiv hervorgerufenen Empfinden von Spatial Presence [52, S. 5].

2.4.2 Wiedergabe über Lautsprecher

Der Raumeindruck spielte bereits eine Rolle beim Hören mit monophonen elektroakustischen Wiedergabetechnologien. So schreibt Stolla [53]:

[...] erwartet der Mono-Hörer der Fünfzigerjahre nicht in erster Linie die *Abbildung* eines Konzertsaals, sondern die *Erzeugung* des Konzertsaals im eigenen Wohnzimmer. Im Gegensatz zum Prinzip der Zweikanal-Stereophonie, die eine genaue Ortung von Schallquellen anstrebt und daher auf das Hören im Direktfeld angewiesen ist, legt der zeitgenössische Hörer der Mono-Langspielplatte Wert darauf von einem diffusen Schallfeld eingehüllt zu sein. [53, S. 71].

Dieses Einhüllen in ein diffuses Schallfeld wurde unterstützt durch Wiedergabegeräte mit mehreren Lautsprechern, die in unterschiedliche Richtungen ausgerichtet waren, um die Schallrichtwirkung des Wiedergabegerätes zu verringern [53, S. 71]. Mit der Einführung und Verbreitung der Zweikanalstereophonie kam die Lokalisation von Phantomschallquellen als weiterer räumlicher Aspekt beim Hören mit elektroakustischen Wiedergabetechnologien hinzu. Die Zweikanalstereophonie bietet eine frontale Hörerfahrung mit einer durch Summenlokalisierung hervorgerufenen empfundenen Anordnung von Phantomschallquellen auf der Stereobasis zwischen zwei räumlich getrennten Lautsprechern. Dabei wird die Auswertung der ILDs bei der menschlichen Hörwahrnehmung ausgenutzt und Phantomschallquellen durch Amplitudenunterschiede zwischen den Lautsprechersignalen erzeugt. So ist es möglich, räumliche Aspekte wie eine Verteilung von Schallquellen auf einer vor der rezipierenden Person befindlichen Bühne zu suggerieren - vorausgesetzt die rezipierende

Person befindet sich am durch die Stereohörfläche vorgegebenen *Sweetspot*. Durch diese vorgegebene Hörposition und Quellenlokalisierung wird gegenüber der Monophonie eine aktivere Beteiligung der rezipierenden Person verlangt [53, S. 83]. Dieser Aspekt ist im Zusammenhang mit der Aufmerksamkeitsallokation als Voraussetzung für Spatial Presence zu berücksichtigen.

Die Summenlokalisierung ist bei der Zweikanalstereophonie im Verhältnis zur Lokalisierung echter Schallquellen sehr ungenau. Die Einhüllung erfolgt wie bei der monophonen Wiedergabe lediglich durch Reflexionen des von den Lautsprechern in den Abhörraum abgestrahlten Schalls und entspricht damit nicht dem tatsächlichen Raumeindruck am reproduzierten oder repräsentierten Ort. Lossius beschreibt diese Empfindung als „[...] it is there [...]“ im Gegensatz zu „[...] you are there [...]“ [54, S. 23].

Die Empfindung hervorzurufen, selbst an den medialen Ort transportiert zu werden, ist eines der Ziele der Mehrkanalstereophonie. Bei der Quadrophonie werden vier Lautsprecher meist in den Ecken eines Quadrates um die rezipierende Person aufgestellt [55]. Beim Surroundsound erfolgt die Aufstellung von fünf oder mehr Lautsprechern auf einem Kreis [56]. Sie umgeben die rezipierende Person lediglich in der Horizontalebene und werden in der Praxis als eine Erweiterung der frontal präsentierten Zweikanalstereophonie durch Umgebungseffekte gesehen [54, S. 27]. Weiterhin basieren diese Verfahren auf dem Prinzip der Abbildung von Phantomschallquellen durch Summenlokalisierung und sind deshalb mit den gleichen Problemen der Lokalisationsunschärfe und der Abhängigkeit von einem Sweetspot verbunden.

3D-Audio oder Spatial Audio berücksichtigt die Höhe als zusätzliche Dimension. Beim *Vector Base Amplitude Panning (VBAP)* werden rezipierende Personen kugelförmig von Lautsprechern umgeben und je ein Lautsprecher-Triplet als Vektorbasis für die Positionierung empfundener Phantomschallquellen angesteuert [57]. Da es auf der Summenlokalisierung beruht, ist dieses Verfahren insbesondere für die Lokalisierung von Hörereignissen in der lateralen Ebene sehr ungenau [58].

Im Gegensatz zum VBAP, das sich die menschliche Psychoakustik zu Nutze macht, streben Verfahren wie *Ambisonics* oder die *Wellenfeldsynthese (WFS)* eine Synthese des physikalisch realen Schallfeldes an. Bei Ambisonics-Formaten wird das Schallfeld mit einer Fourier-Bessel-Reihe aus sphärischen Harmonischen [59] und bei der WFS aus der Superposition von Huygensschen Sekundärwellen [60] erzeugt. Praktisch begrenzt durch eine endliche Anzahl und eine endlich dichte Anordnung von Lautsprechern können mit diesen Verfahren theoretisch dreidimensionale reale oder virtuelle Schallfelder reproduziert oder synthetisiert werden, die einen korrekten Raumeindruck am Sweetspot und bei der WFS sogar innerhalb eines ganzen Hörbereichs erzeugen sowie eine exakte Quellenlokalisierung ermöglichen. Sie stellen Systeme mit

hoher sensorischer Genauigkeit für die auditive Stimulation dar und begünstigen durch die damit verbundene hohe Immersivität das Spatial-Presence-Empfinden.

2.4.3 Wiedergabe über Kopfhörer

Ein Problem bei der Wiedergabe stereophoner Audiosignale über Kopfhörer ist die Im-Kopf-Lokalisation [61]. Der gestaltbestimmenden Stufe bei der Auswertung der Schallsignale durch das zentrale Nervensystem ist eine ortsbestimmende Stufe vorgeschaltet, die u.a. spektrale Muster erkennt, die durch Schallreflexionen an Kopf, Torso und Außenohr des Menschen entstehen [62, S. 957-958]. Bei der Kopfhörerwiedergabe fehlen diese räumlichen Hinweisreize, werden jedoch fälschlicherweise ausgewertet, was zu einer wahrgenommenen Verzerrung des Signals führt. Eine Verbesserung kann mit diffusfeldentzerrten Kopfhörern erreicht werden. Dabei wird mit einem Kunstkopfsystem die Übertragungsfunktion für alle Schalleinfallrichtungen gemessen und ihr Mittelwert invertiert als Entzerrungsfilter verwendet [62, S. 959-968].

Kopfbezogene 3D-Audio-Wiedergabeverfahren zielen auf die exakte Synthese des jeweils linken und rechten Ohrsignals ab [63]. Diese binauralen Signale enthalten neben den ILDs und den ITDs auch spektrale räumliche Hinweisreize, in dem die Filterwirkung durch Schallreflexionen an Torso, Kopf und Außenohr des Menschen berücksichtigt wird. Binaurale Aufnahmen, die diese kopfbezogenen Übertragungsfunktionen (Head Related Transfer Functions, HRTFs) beinhalten, lassen sich mit Sondenmikrofonen im Gehörgang des Menschen oder mit Kunstkopfsystemen realisieren. Die Wiedergabe sollte über Kopfhörer erfolgen, da bei der Lautsprecherwiedergabe im Abhörraum eine weitere binaurale Übertragungstrecke besteht und es zu einer Übersprechung der für je ein Ohr vorgesehenen Signale kommt [63, S. 199-204].

Da die gesamte Übertragungstrecke von einer Schallquelle bis zum Trommelfell als lineares zeitinvariantes System betrachtet werden kann, lassen sich binaurale Signale auch durch Faltung der Quellsignale mit reflexionsfrei gemessenen kopfbezogenen Impulsantworten (Head Related Impulse Responses, HRIRs) oder im akustisch wirksamen Raum gemessenen binauralen Raumimpulsantworten (Binaural Room Responses, BRIRs) synthetisieren. Dabei müssen die Impulsantworten nachträglich von den Einflüssen der Lautsprecher, des Messmikrofons und der Wiedergabekopfhörer entzerrt werden [64, S. 673-674]. Je nachdem, ob die HRIRs oder BRIRs am später rezipierenden Individuum oder an einem anderen Individuum oder Kunstkopfsystem gemessen wurden, wird auch von individueller oder nicht-individueller Binauralsynthese gesprochen [65].

Da die Lokalisation durch die Auswertung von ILDs und ITDs mehrdeutig ist und spektrale Hinweisreize nicht für eine genaue Lokalisation ausreichen, kann es beim Hören von binauralen Signalen zur Vorne-Hinten-Vertauschung kommen. Erst durch den Einbezug der Peilbewegung des Kopfes durch *Headtracking* wird eine eindeutige Lokalisation ermöglicht. Bei dieser DBS werden HRIRs oder BRIRs für ein Messgitter an unterschiedlichen Kopfausrichtungen gemessen und bei der Synthese jeweils das HRIR- oder BRIR-Paar zur Faltung verwendet, welches der aktuellen Kopfausrichtung entspricht. Die aktuelle Kopfausrichtung wird mit einem Headtracking-System ermittelt [66].

Mit der DBS ist es möglich, binaurale Signale exakt zu reproduzieren oder zu synthetisieren und damit einen realistischen Raumeindruck und eine genaue Quellenlokalisierung zu ermöglichen. Sie weist deshalb wie Ambisonics und die WFS eine hohe Immersivität auf. Zudem können HRIRs und BRIRs durch Computersimulationen nach dem *Ray Tracing*-Verfahren berechnet werden, um virtuelle Räume zu simulieren.

Die DBS eignet sich besonders für medienpsychologische Experimente, da verschiedene akustische Hörbedingungen simuliert, aber Einflüsse über andere Modalitäten konstant gehalten werden können [67, 68]. Es kann beispielsweise eine Erwartungsdiskrepanz durch sichtbare Lautsprecher oder haptische Unterschiede zwischen dem Tragen und Nichttragen eines Kopfhörers eliminiert werden.

3 Spatial Presence in der Audiokommunikation

Im vorigen Kapitel wurden das Konzept Spatial Presence, Möglichkeiten zur Messung und das PMSP als empirisch gestütztes Modell von Spatial Presence erläutert. Zudem wurde ein Überblick über räumliche Audiowiedergabeverfahren gegeben, die durch die Vermittlung räumlicher Hinweisreize einen medialen Faktor von Spatial Presence darstellen. In diesem Kapitel wird zunächst ein Überblick über den Stand der Forschung zu auditiv hervorgerufenem Empfinden von Spatial Presence gegeben (Abschnitt 3.1). Dabei spielen sowohl technische Faktoren (Abschnitt 3.1.1), als auch inhaltliche Faktoren (Abschnitt 3.1.2) eine Rolle. Zentrale Inhalte für die Audiokommunikation sind Musik und Sprache. In Abschnitt 3.2 wird die Bedeutung von Spatial Presence bei der Rezeption von Musikaufnahmen betrachtet, indem hierbei die Vermittlung räumlicher Hinweisreize (Abschnitt 3.2.1) erläutert und damit das Entstehen von Spatial Presence bei der elektroakustischen Musikübertragung erklärt wird (Abschnitt 3.2.2). Im Anschluss daran wird analog dazu die Bedeutung von Spatial Presence bei der Hörspielrezeption (Abschnitt 3.3) unter Betrachtung räumlicher Hinweisreize im Hörspiel (Abschnitt 3.3.1) und dem Entstehen von Spatial Presence bei der Rezeption dessen (Abschnitt 3.3.2) diskutiert. Basierend auf diesen theoretischen Ausführungen werden im Anschluss die Forschungshypothesen gebildet (Abschnitt 3.4).

3.1 Stand der Forschung

Im Vergleich zu Untersuchungen mit visuellen Stimuli weist die Forschung bislang einen geringen Anteil an Untersuchungen zu auditiv hervorgerufenem Empfinden von Spatial Presence auf und diese stehen größten Teils in Verbindung mit multimodaler Rezeption. Die Ursache dafür könnte darin liegen, dass die visuelle Modalität häufig als dominierend bei der Raumwahrnehmung angesehen wird [69, S. 214]. Dennoch kommen der auditiven Wahrnehmung einige Eigenschaften zu, die sie einzigartig gegenüber der visuellen Wahrnehmung machen [52, S. 5]. So fließt über die auditive Wahrnehmung ein konstanter Informationsstrom, der nicht wie beim Schließen der Augen abreißt, auch wenn eine Person den Reizen keine Aufmerksamkeit schenkt [70]. Ein weiterer Aspekt ist, dass die räumliche Auflösung bei der auditiven Wahrnehmung zwar geringer, jedoch im Vergleich zur visuellen Wahrnehmung omnidirektional ist. Über den Hörsinn nimmt eine Person zeitgleich Reize aus ihrer gesamten Umgebung wahr und ist nicht, wie beim Sehsinn auf einen Blickwinkel beschränkt [71].

Während eine visuelle VR-Umgebung statisch sein kann, ist eine Klangumgebung von Natur aus fortlaufend [69, S. 214]. Um das Spatial-Presence-Empfinden in virtuellen akustischen Umgebungen aufrechtzuerhalten, ist es daher wichtig, die rezipierende Person konstant mit akustischen Informationen über die Umgebung zu versorgen. Zudem begünstigen eine möglichst genaue Lokalisation von Schallquellen (Direktschall) und die Vermittlung von Räumlichkeit (Reflexionen) Spatial Presence. Dabei spielen sowohl technische Eigenschaften des Wiedergabesystems, als auch Eigenschaften des Medieninhalts eine Rolle. Diese werden im Folgenden erläutert.

3.1.1 Untersuchungen technischer Faktoren

Eine höhere Immersivität des Mediums begünstigt Spatial Presence. Daraus lässt sich schließen, dass die Genauigkeit, mit welcher ein Audiowiedergabesystem eine aufgenommene oder synthetisierte akustische Umgebung dem Hörsinn des Menschen vermitteln kann, einen wichtigen Faktor für auditiv hervorgerufenen Spatial-Presence-Empfinden darstellt [52, S. 6]. Freeman und Lessiter [72] untersuchten den Einfluss verschiedener Kanalkonfigurationen bei der Lautsprecherwiedergabe auf das Empfinden von Spatial Presence bei der audiovisuellen Simulation einer Autofahrt. Sie stellten keinen Effekt der Wiedergabe im Dolby-Surround-Format (5.0/5.1) gegenüber der Zweikanalstereo-Wiedergabe (2.0/2.1) fest, was sie auf den Einsatz von nicht-kritischem Material für die Surroundsound-Wiedergabe zurückführten (Fahrgeräusche im Inneren eines Automobils). André et. al. [73] untersuchten Spatial Presence bei der Rezeption von 3D-Filmen und vergleichen den Einsatz von WFS und Zweikanalstereo-Wiedergabe. Sie konnten keinen Effekt von WFS auf das Empfinden von Spatial Presence gegenüber der Zweikanalstereo-Wiedergabe feststellen und vermuteten, dass dies an dem Fehlen direkt lokalisierbarer Audio-Objekte bei der WFS jenseits der Leinwand-Ebene gelegen haben könnte. Eine Untersuchung von Skalski und Whitbred [74] von Spatial-Presence-Empfinden beim Spielen eines Ego-Shooters zeigte einen signifikanten positiven Effekt der Audiowiedergabe im Dolby-Surround-Format (5.1) gegenüber der Zweikanal-Stereo-Wiedergabe.

Diese Befunde legen nahe, dass die Genauigkeit, mit welcher ein Audiowiedergabesystem eine akustische Umgebung wiedergeben kann, das Spatial-Presence-Empfinden positiv beeinflussen kann, wenn der Medieninhalt kritisch für dieses System ist, also die erhöhte Immersivität des Wiedergabesystems nutzt. Vermutlich stellt ein Computerspiel aus der Ego-Perspektive kritischeres Material für die Audiowiedergabe im Surroundsound-Format dar, als ein hauptsächlich frontal lokalisierter Filmton.

Bei der Audiowiedergabe über Kopfhörer spielt für die Immersivität des Mediums die Externalisierung eine wichtige Rolle (siehe Abschnitt 2.4.3). Damit sich eine Person

in einer akustischen Umgebung präsent fühlen kann, sollten Hörereignisse außerhalb des Kopfes lokalisiert werden. Våljamäe et. al. [75] führten eine Studie mit binauralen Simulationen einer akustischen Umgebung mit bewegten Klangobjekten durch und stellten ein erhöhtes Empfinden von Spatial Presence bei der Verwendung von individuellen gegenüber nicht-individuellen HRTFs fest. Larsson et. al. [52, S. 11] merken an, dass offene Kopfhörer eine natürlichere Wahrnehmung der Umgebung ermöglichen würden als geschlossene Kopfhörer oder In-Ohr-Kopfhörer, da ein Verschließen des Ohrkanals zu einer verstärkten Wahrnehmung der eigenen Körpergeräusche und dadurch zu einer geringeren empfundenen Verbundenheit mit der akustischen Umgebung führe. Für die Medienrezeption bedeutet dies auch eine geringere Verbundenheit mit einer medialen akustischen Umgebung, die das Spatial-Presence-Empfinden abschwächt [76]. Weitere Überlegungen zur realistischen Selbstwahrnehmung in VR-Umgebungen führen hin zum Einsatz von technischen Feedback-Schleifen, welche die von der rezipierenden Person erzeugten Geräusche wie Schrittgeräusche [77] oder die eigene Stimme [78] in die VR-Umgebung integrieren.

Ein weiterer Aspekt bei der Audiowiedergabe über Kopfhörer ist die Nachführung von Kopfbewegungen (Headtracking) wie sie bei der DBS verwendet wird. Die damit verbundenen erweiterten Handlungsmöglichkeiten, verbesserte Lokalisation und Externalisierung wirken sich vermutlich positiv auf das Spatial-Presence-Empfinden aus. Eine Metaanalyse von Cummings et. al. [7] über 83 Studien zeigte, dass ein erhöhtes Level von User-Tracking einen positiven Effekt auf Spatial Presence hat. Die Studien bezogen sich nur auf die visuelle Modalität. Da durch User-Tracking unabhängig von der Modalität die Möglichkeit besteht, in der medialen Umgebung Bewegungen auszuführen, wird sich dies vermutlich unabhängig von der Modalität auf die Spatial-Presence-Dimension Handlungsmöglichkeiten auswirken.

3.1.2 Untersuchungen inhaltlicher Faktoren

Bei der Betrachtung inhaltlicher Faktoren für das Empfinden von auditiv hervorge-rufenem Spatial Presence spielen die Erwartungen der Rezipierenden eine wichtige Rolle. In einem Versuch von Chueng und Marsden [11] wurden Versuchspersonen Bilder und binaurale Aufnahmen von Orten dargeboten. Die Versuchspersonen bewerteten Spatial Presence höher, wenn die Audioaufnahmen zu den Bildern passten, als wenn sie nicht zueinander passten. Konsistenz zwischen den Modalitäten ist ein wichtiger Faktor für Spatial Presence.

Ein weiterer Aspekt bei den Erwartungen an den medialen Inhalt ist, dass in einer natürlichen akustischen Umgebung keine absolute Stille herrscht, sondern immer ein konstanter akustischer Hintergrund vorhanden ist. Mehrere Untersuchungen zeigten, dass die Integration von Geräuschen in VR-Umgebungen einen positiven Effekt auf

das Spatial-Presence-Empfinden hat [8, 9, 10]. Auch beim weniger immersiven Medium Hörspiel konnte dieser Effekt bestätigt werden [14, 15].

Neben der Lokalisation von Schallquellen beeinflusst auch der Raumeindruck das Empfinden von Spatial Presence. Die Wahrnehmung von Reflexionen ist der Regelfall beim menschlichen Hören und erfüllt deshalb die Erwartung der rezipierenden Person. Larsson et. al. [12] untersuchten Spatial Presence in einer virtuellen akustischen Umgebung und stellten einen positiven Effekt von Nachhall gegenüber einer reflexionsfreien akustischen Umgebung fest.

Nicht nur die Konsistenz zwischen den Modalitäten, sondern auch die Konsistenz innerhalb der auditiven Modalität spielt eine wichtige Rolle für Spatial Presence. In derselben Studie untersuchten Larsson et. al. die Auswirkung der Konsistenz von auditiver Information und räumlichen Hinweisreizen. Die simulierte akustische Umgebung rotierte unterschiedlich schnell um die Versuchspersonen und enthielt verschiedene Arten von Schallquellen natürlicher und künstlicher Art. Spatial-Presence-Empfinden wurde höher bewertet, wenn die Geschwindigkeit der Bewegung und Art der Quellen zusammenpassten [12]. Ein Experiment von Ozawa und Miyasaka [13] zeigte, dass in Kombination mit visueller Stimulation eine realistische Lautstärke ein erhöhtes Empfinden von Spatial Presence bewirkt.

3.2 Zur Bedeutung von Spatial Presence bei der Rezeption von Musikaufnahmen

Im vorigen Abschnitt wurden die Rolle des Wiedergabesystems und inhaltliche Faktoren für auditiv hervorgerufenen Spatial-Presence-Empfinden anhand bestehender Forschungsergebnisse betrachtet. Im Folgenden soll das Konzept Spatial Presence auf musikalische Inhalte in Zusammenhang mit ihrer elektroakustischen Wiedergabe angewandt werden. Dafür soll zunächst auf die Bedeutung des Raumes und dessen Gestaltung bei der elektroakustischen Musikübertragung eingegangen und anschließend die inhaltlichen Aspekte in Bezug zu den Prozesskomponenten des PMSP gesetzt werden. Musik soll dabei unter dem Gesichtspunkt der Performance betrachtet werden [79]. Gracyk [80] unterscheidet Musikaufnahmen zwischen Reproduktion und Repräsentation einer Musikperformance. Die Zuordnung erfolgt je nachdem wie genau die Klangereignisse und die Reihenfolge ihres Auftretens zwischen Musikperformance und elektroakustischer Wiedergabe übereinstimmen. Eine Reproduktion liegt demnach vor, wenn bei der Wiedergabe gleichzeitig zu hören ist, was gleichzeitig beim Ereignis der Musikperformance stattgefunden hat, während ein Musikstück, bei dem gleichzeitig zu hören ist, was nacheinander aufgenommen wurde, eine Repräsentation einer Musikperformance darstellt [80, S. 142].

3.2.1 Die Bedeutung des Raumes bei der elektroakustischen Musikübertragung

In der Aufführungspraxis spielt der Raum seit langer Zeit eine wichtige Rolle für die Musikperformance. Große Kirchen mit langer Nachhallzeit unterstützten im Mittelalter die Vokalmusik, während die Kirchen in der Barockzeit zur Verständlichkeit von Orgelmusik weniger nachhallend gestaltet wurden [16]. Gut klingende Konzerthäuser zeichnen sich nach Expertenmeinung dadurch aus, dass ein möglichst gutes Mittelmaß zwischen Verständlichkeit der Musik und Einhüllung der Hörer*innen, resultierend aus den Verhältnissen von Direktschall, ersten Reflektionen und Diffusschall, besteht [81]. Auch die Sitzposition der Musizierenden eines Orchesters und bestimmte musikalische Figuren erzeugen bei Zuhörenden den Eindruck einer räumlichen Aufteilung von Klangquellen und musikalischen Motiven, was zum Teil bereits bei der Komposition von Musikstücken berücksichtigt wird [82, 83]. Bei der elektroakustischen Aufnahme von Musikperformances werden auch immer Informationen über den umgebenden Raum aufgezeichnet. Diese *räumliche Signatur* setzt sich aus zeitlichen Merkmalen wie dem zeitlichen Verlauf von Nachhall, Reflexionen und Echos, räumlich-direktionalen Merkmalen wie der Richtung und der Entfernung von Quellen sowie für den Raumeindruck entscheidenden spektralen Eigenschaften zusammen [84].

Mit der Erfindung von Schallaufzeichnungstechnologien im Jahr 1877 wurde es möglich, die Musikperformance und ihre Wiedergabe zeitlich und räumlich zu trennen. Bedingt durch die technischen Einschränkungen der Übertragungskette, das ursprüngliche Schallereignis naturgetreu abzubilden, kam der elektroakustischen Gestaltung eine bedeutende Rolle zu. Unterschiedliche ästhetische Ansprüche an die Reproduktion einer Musikperformance, in Verbindung mit den technischen Möglichkeiten ihrer Umsetzung zu bestimmten historischen Zeitpunkten, haben unterschiedliche Paradigmen zur Klanggestaltung hervorgebracht, die u.a. auch den Umgang mit dem Raum einschließen. Stolla [53, S. 42-48] unterscheidet das positivistische, das illusionistische und das medial-autonome Ideal bei der Klangbildgestaltung.

Das positivistische Ideal strebt eine naturgetreue Reproduktion des Konzerterlebnisses an und nutzt gestalterische Mittel lediglich, um technische Mängel zu kompensieren. Der reproduzierte Raum soll hier idealerweise dem originalen Raum entsprechen.

Neben der räumlichen und zeitlichen Trennung von Musikperformance und ihrer Wiedergabe bedeutet die Aufnahme einer Musikperformance auch eine Reduktion der multimodalen Erfahrung auf eine rein auditive Erfahrung [85, S. 85]. Das illusionistische Ideal basiert auf diesem Gedanken, dass bei der Rezeption einer elektroakustisch reproduzierten Musikperformance nur der auditive Sinn stimuliert wird

und daher selbst bei exakter Wiedergabe des Klangeindrucks das Klangerlebnis nicht reproduziert werden kann. Zum Ausgleich der fehlenden Information werden gestalterische Mittel für Überhöhungen klanglicher Aspekte genutzt und mit diesen die Musikperformance in einen idealen Raum versetzt [53, S. 42].

Beim medial-autonomen Ansatz verliert die Nachbildung eines spezifischen Konzertereignisses ganz ihre Bedeutung und die elektroakustische Musikdarstellung wird als eigenständig betrachtet. Dieser Ansatz findet vor allem im Bereich der Populärmusik Anwendung, bei der auch in der Konzertsituation häufig eine elektroakustische Vermittlung der Musikperformance stattfindet [53, S. 46]. Die Klanggestaltung bei der elektroakustischen Musikübertragung ist bis heute gängige Praxis und aufgrund ihrer Einflussnahme auf den Raumeindruck bei der Untersuchung von Spatial Presence zu berücksichtigen.

Räumliche Hinweisreize, welche die Lokalisation von Quellen (Direktschall) ermöglichen und Rauminformationen (Reflexionen) vermitteln, lassen sich bei der Klangbildgestaltung bereits bei der Positionierung von Mikrofonen, aber auch nachträglich durch Signalbearbeitung beeinflussen. Der Abstand eines Mikrofons zur Schallquelle beeinflusst das Verhältnis von Direkt- zu Diffusschall und spielt bereits bei monophonen Aufnahmen eine Rolle für die Bedeutung des Raumanteils [86, S. 569-570]. Während nach dem positivistischen Ideal der erwünschte räumliche Anteil bereits bei der Aufnahme eingefangen werden sollte, können Produzierende nach dem illusionistischen Ideal Geräte zur Erzeugung von künstlichem Nachhall verwenden, um z.B. die Nachhalldauer zu verlängern. Bei der Produktion von Musikperformances nach dem medial-autonomen Ideal werden häufig Einzelspuren mit geringem Mikrofonabstand aufgenommen und räumliche Informationen wie Halligkeit, Raumgröße und Entfernung der Schallquellen erst mithilfe von Geräten für künstlichen Nachhall oder Delayeffekten generiert [87, S. 748-755].

Bei der Zwei- oder Mehrkanalstereophonie kommt als zusätzliches Gestaltungsmittel die Beeinflussung der Position von Phantomschallquellen hinzu. Nach dem positivistischen Ideal wird bereits bei der stereophonen Aufnahme der Aufnahmewinkel durch Variation des Abstands (Laufzeitstereofonie) oder des Winkels (Intensitätsstereofonie) zwischen zwei Mikrofonen variiert. Im Sinne des medial-autonomen Ansatzes lässt sich eine räumliche Aufteilung von monophonen Quellen durch nachträglich hergestellte Intensitätsunterschiede zwischen Lautsprechern erzeugen. Bei steigender Anzahl an Kanälen steigt auch die Möglichkeit, Phantomschallquellen zu positionieren. Jedoch findet man auch beim medial-autonomen Ansatz häufig eine Verteilung der Quellen auf einer virtuellen Bühne vor der Hörerposition, während zusätzliche Lautsprecher hauptsächlich Rauminformationen wiedergeben. Bei Mehrkanalaufnahmen von Musikperformances im 5.1-Surroundsound-Format werden die

Surround-Kanäle häufig für den akustischen Hintergrund und zusätzliche Raumeffekte genutzt, während die Phantomschallquellen auf der Basis zwischen dem linken, dem zentralen und dem rechten Lautsprecher angeordnet werden [88]. Somit bleibt es bei einem frontal ausgerichteten Fokus, der um einen verstärkten Raumeindruck ergänzt wird.

Während sich der positivistische Ansatz nach Stolla vor allem bis in die fünfziger Jahre fand und durch die Unzulänglichkeit medialer Systeme, ein Klangerlebnis exakt zu reproduzieren, in Frage gestellt wurde, könnte er in Bezug auf immersive Medien mit multimodaler Stimulation wieder an Bedeutung gewinnen. Der Konzertsaal als VR-Umgebung mit dynamischer binauraler Raumsimulation unter Verwendung individueller HRTFs in Verbindung mit visueller stereoskopischer und haptischer Stimulation könnten die geforderte Naturtreue bei der Reproduktion erreichen. Bei einer exakten Reproduktion oder Simulation des gewünschten Klangerlebnisses würden keine weiteren Gestaltungsmittel zur nachträglichen Bearbeitung des Audiomaterials benötigt.

Es bleibt jedoch die Frage zu berücksichtigen, ob eine realistische Nachbildung einer Musikperformance von Hörer*innen erwünscht ist oder gerade die Möglichkeit etwas Neuartiges und real nicht Erlebbares vermittelt zu bekommen, einen Reiz der Rezeption elektroakustischer Musikübertragungen darstellt [19, S. 341]. Des Weiteren unterscheiden sich die Neigungen von Hörer*innen bezüglich des Raumempfindens hinsichtlich ihrer Expertise in der Audiotechnik. In einer Untersuchung von Gustavo und Katz [89] legten Experten einen höheren Wert auf eine genaue Quellenlokalisierung, während Laien der Einhüllung in den Klang mehr Bedeutung beimäßen. Auch spielen emotionale Aspekte im Zusammenhang von Musik und Immersivität eine wichtige Rolle. So kann der Grad räumlicher Hinweisreize durch das Wiedergabesystem den emotionalen Ausdruck von Musik positiv beeinflussen [90]. Dieser Effekt steht möglicherweise in engem Zusammenhang mit Spatial Presence [90, S. 6].

3.2.2 Entstehen von Spatial Presence bei der elektroakustischen Musikübertragung

In vorigem Abschnitt wurde deutlich, wie bei der Reproduktion oder Repräsentation einer Musikperformance der Raum vermittelt wird. Es stellt sich nun die Frage, ob sich die rezipierende Person in diesem präsent fühlen kann. Um Spatial Presence hervorzurufen, muss der mediale Inhalt die Aufmerksamkeit der rezipierenden Person an sich binden und räumliche Informationen zur Generierung eines räumlichen Situationsmodells bereitstellen, welches daraufhin bei einem konstanten Fluss konsistenter Informationen als PERF angenommen wird.

Die Aufnahme einer Musikperformance beinhaltet mehr oder weniger genaue Informationen über den virtuellen oder realen Ort, an dem sie stattgefunden hat. Diese räumlichen Hinweisreize stellen einen medialen Faktor für die Entstehung eines räumlichen Situationsmodells dar. Das Modell könnte beispielsweise aus einer Situation bestehen, in der die hörende Person im Zuschauerraum vor einer Bühne positioniert ist. Neben den medial vermittelten räumlichen Hinweisreizen basiert das räumliche Situationsmodell auf räumlichen Erinnerungen und Erfahrungen, sodass fehlende räumliche Hinweisreize ergänzt werden [1, S. 501]. Reproduktionen und Repräsentationen von Musikperformances müssen also nicht zwangsweise alle räumlichen Hinweisreize vermitteln, damit die rezipierende Person ein Modell der räumlichen Situation generiert.

Die Grundvoraussetzung für die Entstehung eines räumlichen Situationsmodells ist, dass die rezipierende Person ihre Aufmerksamkeit kontrolliert oder unkontrolliert auf das Medium richtet. Im PMSP sind inhaltliche Faktoren, die eine automatische Aufmerksamkeitsallokation bewirken, vor allem neuartige Stimuli und rapide, überraschende Änderungen [41]. Überraschung, Täuschung und Erfüllung von Erwartungen sind auch ganz wesentliche Aspekte bei der Rezeption musikalischer Stimuli und ihrer emotionalen Wirkung auf die Hörer*innen [91, 92]. Damit sollte eine automatische Aufmerksamkeitsallokation auch bei musikalischen Stimuli stattfinden können.

Ein wichtiger Aspekt für die kontrollierte Aufmerksamkeit ist nach dem PMSP die Motivation der Rezipierenden, sich mit den Inhalten des Mediums auseinanderzusetzen. Ein Interesse an der Musikperformance speziell oder am Musikgenre allgemein, sollte die kontrollierte Aufmerksamkeit auf den musikalischen Stimulus erhöhen.

Schubert et. al. [42, S. 1] argumentieren, dass kognitive Prozesse als Mediator zwischen Immersion und Spatial Presence wirken und damit Einfluss auf das räumliche Situationsmodell nehmen. Sie erklären damit das Entstehen von Spatial Presence beim Lesen von Texten. Ein wichtiger Aspekt hierbei sei die Narration. Durch eine Abfolge von Ursachen und Wirkungen und eine mögliche soziale Bedeutung von Handlungen würde die Bedeutung des Handlungsortes erhöht. Eine besonders spannende Handlung führe dazu, dass die Aufmerksamkeit der rezipierenden Person auf das Medium gerichtet und die Person kognitiv involviert bleibe.

Der Aspekt der Narration findet sich auch im Zusammenhang mit Musikperformances. Walther-Hansen bezeichnet eine Aufnahme als „[...] medium telling the story of a performance.“ [93, S. 33]. Eine Musikperformance erfülle die Anforderungen an Narration, da sie immer an einen bestimmten Ort gebunden sei und eine zeitliche Abfolge von Ereignissen beinhalte. Produzierenden einer Aufnahme käme dann die Rolle zu, die Musikperformance aus ihrer Perspektive zu erzählen. Das damit ver-

bundene kognitive Involvement der rezipierenden Person als subjektiver Faktor von Spatial Presence sollte auch bei der Rezeption von Reproduktionen und Repräsentationen einer Musikperformance eine Rolle spielen.

3.3 Zur Bedeutung von Spatial Presence bei der Rezeption von Hörspielen

Ein weiteres verbreitetes auditiv rezipiertes Medium ist das Hörspiel. Im Gegensatz zu musikalischen Strukturen steht hier die Sprache im Vordergrund, die neben Musik einen weiteren zentralen Inhalt der Audiokommunikation darstellt. Unterschiedliche Eigenschaften und Rezeptionsweisen von Musik und Sprache haben möglicherweise einen unterschiedlichen Einfluss auf das Spatial-Presence-Empfinden.

Das Hörspiel entsteht meist in mehreren Produktionsschritten und soll in dieser Arbeit analog zur Musikperformance als eine Repräsentation einer Performance gesehen werden. Um zusätzlich den Vergleich zu einer Reproduktion einer Performance herstellen zu können, wird in dieser Arbeit zudem die Tonaufzeichnung einer Theaterperformance als Form des Live-Hörspiels betrachtet [94].

3.3.1 Die Bedeutung des Raumes beim Hörspiel

Das Hörspiel als spezielle Darbietungsform eines Hörbuchs zeichnet sich neben der Sprachaufnahme durch eine zusätzliche Ausgestaltung mit Geräuschen, und häufig auch Musik, aus [95, S. 234-236]. Maier [96] unterscheidet drei unterschiedliche Typen der Inszenierung von Hörspielen. Die Studioinszenierung, in der der Aufnahmeraum als akustische Bühne dient, ist dadurch gekennzeichnet, dass sich alle Stimmen in derselben Raumakustik befinden. Die O-Ton-Inszenierung als realitätsabbildendes Schallereignis wird hingegen außerhalb eines Studios aufgenommen. Der mit seinem charakteristischen Klang aufgenommene Raum gewinnt hier an Relevanz für die Inszenierung. Die akustische Dekomposition als dritter Typ versteht sich als Herauslösen von Schallereignissen aus ihrem ursprünglichen Kontext und deren Verwendung in einem neuen Sachverhalt. Durch Nachbearbeitung von aufgenommenen Schallereignissen lassen sich Ereignisse abwandeln und neue Ereignisse sowie eine virtuelle Raumakustik generieren. Live-Hörspiele lassen sich als Studio- oder O-Ton-Inszenierung umsetzen. Ihre elektroakustische Wiedergabe kann als Reproduktion der Inszenierung gesehen werden, wenn bei der Wiedergabe gleichzeitig zu hören ist, was gleichzeitig beim Ereignis der Inszenierung stattgefunden hat. Analog dazu haben Hörspiele, die mit den Mitteln akustischer Dekomposition entstanden sind, nicht als Inszenierung in gleicher Form stattgefunden und lassen sich somit eher einer Repräsentation zuordnen.

Schmedes unterscheidet im Hörspiel den *akustischen Raum* und den *imaginären Raum* [97, S. 100]. Der akustische Raum wird durch die hörbare Raumakustik und durch lokalisierbare Schallquellen vermittelt. Der imaginäre Raum entsteht durch Informationen, die nicht durch das Wiedergabesystem räumlich vermittelt werden, sondern durch die Vorstellung der Hörer*innen in einen räumlich situativen Kontext gebracht werden. Zum Beispiel ordnet die rezipierende Person auf Grund von Erfahrungen die Position von Fußschritten in der Medianebene tiefer als die Position des Mundes einer sprechenden Person ein, auch wenn diese durch das elektroakustische Wiedergabesystem an gleicher Position im Wiedergaberaum reproduziert werden [96, S. 282]. Auch die sprachliche Vermittlung räumlicher Informationen durch Erzähler*innen helfen bei der Konstruktion dieses Modells [96, S. 288-293]. Der imaginäre Raum steht damit in enger Verbindung zum räumlichen Situationsmodell als Vorstufe von Spatial Presence im PMSP. Fehlen räumliche Informationen durch das Wiedergabesystem, wird das räumliche Situationsmodell durch kognitive Prozesse ergänzt.

Durch die Vermittlung akustischer Eigenschaften des reproduzierten Raumes und durch die Wahrnehmung eines imaginären Raumes, spielt der Raum bereits eine Rolle bei monophonen Hörspielaufnahmen. Zur Gestaltung der Raumakustik auf Aufnahmeseite findet man ebenso wie bei Musikaufnahmen den frühen Einsatz von Halleffekten. Z.B. besaß der Mitte der dreißiger Jahre erbaute Hörspielkomplex des Berliner Funkhauses nicht nur einen Hallraum, sondern gleich mehrere Räume mit unterschiedlichen klanglichen Eigenschaften [98, S. 138].

Analog zur Musikperformance kommt auch beim Hörspiel durch die Zweikanalstereofonie eine neue Gestaltungsmöglichkeit zur Vermittlung räumlicher Hinweisreize hinzu. Durch die Lokalisierbarkeit von Sprecher*innen und Geräuschen sowie deren Bewegung entlang der Stereobasis erhält der elektroakustisch reproduzierte Hörspielraum die Breite als zusätzliche Dimension zur Tiefe [96, S. 280]. Dabei lassen sich im Sinne der O-Ton-Inszenierung beim Hörspiel dieselben Gestaltungsparadigmen anwenden, wie bei der elektroakustischen Musikübertragung. Die Position von Mikrofonen und die Anzahl an Kanälen beeinflussen den Raumanteil und die Ortung von Hörereignissen bei der Wiedergabe der Hörspielaufnahme. Beim Hörspiel als akustische Dekomposition erweitert zudem die Positionierung von aufgenommenen oder synthetisierten Geräuschquellen in Form von Phantomschallquellen auf der Stereobasis den Gehalt räumlicher Informationen.

Die Mehrkanalstereofonie erweitert die Gestaltung des Hörspiels nicht nur um Hinweisreize für das Raumempfinden bei einem frontal lokalisierten Geschehen, sondern erlaubt auch eine Positionierung von Klangquellen seitlich und hinter der rezipierenden Person [99, S. 4]. Dadurch kann ihre empfundene Selbstlokalisierung in das Ge-

schehen möglicherweise intensiviert werden. Da er mit einer erhöhten Immersivität einhergeht, sollte ein erhöhter Grad räumlicher Hinweisreize durch das Wiedergabesystem auch bei der Hörspielrezeption zu erhöhtem Spatial-Presence-Empfinden führen.

Eine Unterscheidung zwischen akustischem und imaginärem Raum im Hörspiel wird hinfällig, wenn das technische Wiedergabesystem in der Lage ist, die Unterscheidbarkeit zwischen realer und medialer akustischer Umgebung aufzulösen. Mit 3D-Audiotechnologien wie der DBS oder der WFS sind die technischen Möglichkeiten gegeben, Hörspielräume exakt wiederzugeben oder zu simulieren. An diese hohe Immersivität koppelt sich ein erhöhtes Spatial-Presence-Empfinden.

3.3.2 Entstehen von Spatial Presence beim Hörspiel

Auch wenn die Grenzen der Genres fließend sind, kommt durch den erhöhten Einsatz von Sprache und zielführenden Handlungen von Personen dem Aspekt der Narration beim Hörspiel und der Theateraufzeichnung eine bedeutendere Rolle zu als bei der Musikperformance. Hörspiele veranlassen die rezipierende Person zum Zuhören und Mitdenken, vergleichbar mit dem Lesen eines Textes [95, S. 321-333]. Sie fordern Aufmerksamkeit und kognitives Involvement und eignen sich deshalb weniger zum Nebenbeihören [100, S. 17]. Sie spiegeln damit wichtige Determinanten von Spatial Presence wieder.

Durch die Ausgestaltung mit Geräuschen erhält das Hörspiel eine weitere narrative Ebene [101].

Das Geräusch wird so zum Existenzbeweis und hat Stimmfunktion. Ein Geräusch ist, wenn es als einziges Ausdrucksmittel eingesetzt wird, „raumfüllend“. Es signalisiert Raum und vermag im Hörer Assoziationen zu erzeugen. [102, S. 42]

Durch Geräusche wird im Hörspiel die Anwesenheit von Gegenständen und Personen, zusammen mit ihren räumlichen Beziehungen, vermittelt. Zudem charakterisieren Geräusche akustische Umgebungen und können so bei der rezipierenden Person Assoziationen mit einem ihr bekannten Ort erzeugen. Es reichen dabei oft nur wenige Hinweisreize, wie z.B. das Ticken einer schweren Wanduhr, um bei der rezipierenden Person die Vorstellung von einem Wohnzimmer auszulösen [98, S. 205]. Hintergrundgeräusche helfen, die Präsenz einer akustischen Szene in Gesprächspausen aufrechtzuerhalten [98, S. 140]. Damit stellen sie einen wichtigen Faktor für einen konstanten Informationsfluss dar, der wiederum Voraussetzung für das Empfinden von Spatial Presence ist (siehe Abschnitt 3.1.2). Der Einfluss von Geräuschen im Hörspiel erhöht das kognitive Involvement und damit die empfundene Selbstlokalisierung am medialen Ort als Subdimension von Spatial Presence [15, 14].

Narration und Geräusche bilden inhaltliche mediale Faktoren des Hörspiels für Spatial Presence. Die Genauigkeit des Wiedergabesystems, räumliche Hinweisreize zu reproduzieren, bildet einen technischen medialen Faktor. Insbesondere im Vergleich mit der Musikperformance ist beim Hörspiel als subjektiver Faktor die Hörweise der rezipierenden Person zu berücksichtigen. Chion [103, S. 25-34] unterscheidet die *kausale*, die *semantische* und die *reduzierte* Hörweise. Kausales Hören ist die alltägliche Form des Hörens, bei der Klänge auf ihre Ursache bezogen werden. Es spielen dabei lediglich das *Was* und das *Wo* eine Rolle. Bei der semantischen Hörweise werden Klänge in ihren sozial-kulturellen Kontext gesetzt. Es geht dabei um die Bedeutung von Klängen in dem Kontext, in dem sie entstanden sind. Bei einer reduzierten Hörweise liegt der Fokus auf dem Klang an sich und seinen qualitativen Eigenschaften. Er ist Bestandteil des musikalischen Hörens [18, S. 73].

Das Hörspiel verlangt durch Geräusche und Narration nach einer kausalen und semantischen Hörweise. Bei der Musikperformance sind der Ort und die kontextuelle Bedeutung von Klängen meist festgesetzt, während sie beim Hörspiel häufiger einer Interpretation bedürfen. Beim Musikhören liegt der Fokus deswegen im Sinne der reduzierten Hörweise vermutlich stärker auf dem Klang an sich. Dieses Fokussieren auf unterschiedliche Aspekte des medialen Inhaltes beeinflussen kognitive Prozesse bei der Generierung des räumlichen Situationsmodells und bei der Akzeptanz des medialen ERF als PERF. Bei einer überwiegend kausalen oder semantischen Hörweise erhält der Raum vermutlich stärkeres Gewicht, als bei einer überwiegend reduzierten Hörweise.

3.4 Hypothesenbildung

Auf Basis der bisherigen Betrachtungen in diesem Kapitel werden im Folgenden die zu untersuchenden Hypothesen gebildet. Ein medialer Faktor, der das Spatial-Presence-Empfinden beeinflusst, ist der Grad räumlicher Hinweisreize durch das Wiedergabesystem, der dessen sensorische Genauigkeit bestimmt, räumliche Informationen zu vermitteln. Ein weiterer Faktor ist der mediale Inhalt. Zwei zentrale inhaltliche Unterschiede, die im letzten Abschnitt verdeutlicht wurden, sind die zwischen Hörspiel und Musikperformance und zwischen Reproduktion und Repräsentation einer Performance oder Inszenierung. Mediale Faktoren wirken auf beiden Ebenen des PMSP. Sie beeinflussen das Spatial-Presence-Empfinden auf zweiter Ebene in Bezug auf die Akzeptanz des ERF als PERF aber auch bereits die Generierung eines räumlichen Situationsmodells auf erster Ebene.

3.4.1 Ebene 1: Generierung eines räumlichen Situationsmodells

Bei auditiv rezipierten Medien verwendet die rezipierende Person akustische räumliche Hinweisreize zur Generierung eines räumlichen Situationsmodells. Verschiedene Wiedergabesysteme unterscheiden sich im Grad technisch vermittelter räumlicher Hinweisreize. Mehr Hinweisreize, die außerhalb des Kopfes der hörenden Person lokalisiert werden, führen vermutlich zu einem genaueren räumlichen Situationsmodell. Darin resultiert die erste Hypothese:

H1: Ein höherer Grad an räumlichen Hinweisreizen durch das Wiedergabesystem führt zur Generierung eines genaueren räumlichen Situationsmodells.

Ein weiterer medialer Faktor für das Spatial-Presence-Empfinden ist der vermittelte Inhalt. Im vorigen Abschnitt erfolgte eine getrennte Betrachtung von Hörspielen und Musikperformances als rein auditiv rezipierbare Medieninhalte. Während beiden Typen eine wichtige Bedeutung der Räumlichkeit zugeschrieben werden kann, unterscheiden sie sich üblicher Weise in der Vielfalt akustischer Zeichen zur inhaltlichen Vermittlung räumlicher Hinweisreize. Auch wenn eine Musikperformance narrative Aspekte aufweisen kann und eine kausale Hörweise erlaubt, spielen Narration und eine kausale Hörweise bei Hörspielen vermutlich eine bedeutendere Rolle. Die stärkere Rolle von Kausalität bedeutet auch eine größere Bedeutung des örtlichen Aspektes von Klangereignissen und damit von räumlichen Hinweisreizen, die zur Generierung des räumlichen Situationsmodells verwendet werden. Dies führt zu der zweiten Hypothese:

H2: Bei der Rezeption von Hörspielen (Theateraufzeichnung und Hörspielproduktion) wird ein genaueres räumliches Situationsmodell generiert, als bei der Rezeption von musikalischen Inhalten (Live- und Studio-Musikperformance).

In das räumliche Situationsmodell fließen neben technisch vermittelten räumlichen Hinweisreizen auch Informationen ein, die auf Erfahrungen der rezipierenden Person basieren. Fehlende Informationen bei der Rezeption werden durch kognitive Prozesse ersetzt. Dies legt die Vermutung nahe, dass bei der Reproduktion eines realen Ereignisses, wie es die rezipierende Person bereits erlebt haben könnte, fehlende Informationen besser durch Erfahrungen kompensiert werden können und dies zu einem schlüssigeren räumlichen Situationsmodell führt. Bei musikalischen Inhalten sollte daher die Reproduktion gegenüber der Repräsentation einer Musikperformance ein genaueres räumliches Situationsmodell hervorrufen. Gleichzeitig sollte die Aufzeichnung einer realen Theaterinszenierung ein genaueres räumliches Situationsmodell bewirken, als eine Hörspielproduktion. Dies beschreibt die dritte Hypothese:

H3: Bei der Rezeption einer Reproduktion (Theateraufzeichnung oder Live-Musikperformance) wird ein genaueres räumliches Situationsmodell generiert, als bei der Rezeption einer Repräsentation (Hörspielproduktion, Studio-Musikperformance).

3.4.2 Ebene 2: Spatial Presence

Aufbauend auf einem bestehenden räumlichen Situationsmodell beeinflussen mediale Faktoren auf zweiter Ebene des PMSP die Akzeptanz des räumlichen Situationsmodells als PERF. Beim Übergang von einem bestehenden mentalen Modell der medialen Umgebung hin zu dem Gefühl der eigenen Verortung und Wahrnehmung von Handlungsmöglichkeiten in dieser konkurrieren durch das Wiedergabesystem bereitgestellte räumliche Hinweisreize mit Reizen aus der realen Umgebung. Folglich sollte ein höherer Grad an räumlichen Hinweisreizen durch das Wiedergabesystem zu stärkerem Spatial-Presence-Empfinden führen. Insbesondere die bessere Externalisierung und die genauere Ortung von Hörereignissen im Raum sollten zu einer erhöhten empfundenen Selbstlokalisierung führen. Die gesteigerten Bewegungsmöglichkeiten in einem umgebenden Schallfeld sollten zu einer erhöhten Wahrnehmung von Handlungsmöglichkeiten führen. Somit lautet die vierte Hypothese:

H4: Ein höherer Grad an räumlichen Hinweisreizen durch das Wiedergabesystem führt zu stärkerem Spatial-Presence-Empfinden. Dies betrifft die empfundene Selbstlokalisierung (H4a) und die empfundenen Handlungsmöglichkeiten (H4b), als Subkomponenten des Spatial-Presence-Empfindens.

Ein konstanter Strom und Neuartigkeit von Information verstärken die Aufrechterhaltung des räumlichen Situationsmodells und die Dominanz medialer Reize gegenüber Reizen aus der realen Umgebung. Die höhere Bedeutung von Narration und kausaler Hörweise beim Hörspiel führen vermutlich dazu, dass die Aufmerksamkeit der rezipierenden Person stärker an das Medium gebunden bleibt. Dadurch sollte die Wahrscheinlichkeit der erneuten Annahme der realen Umgebung als PERF stärker verringert werden, als bei einer Musikperformance. Folglich sollte die rezipierende Person bei der Rezeption eines Hörspiels das räumliche Situationsmodell stärker als PERF aufrechterhalten, sich darin selbst verorten und Handlungsmöglichkeiten darin wahrnehmen können, als bei der Rezeption einer Musikperformance. Die fünfte Hypothese lautet:

H5: Bei der Rezeption von Hörspielen (Theateraufzeichnung und Hörspielproduktion) ist das Empfinden von Spatial Presence stärker, als bei der Rezeption von musikalischen Inhalten (Live- und Studio-Musikper-

formance). Dies betrifft die empfundene Selbstlokalisierung (H5a) und die empfundenen Handlungsmöglichkeiten (H5b), als Subkomponenten des Spatial-Presence-Empfindens.

Ein weiterer wichtiger Faktor für das Empfinden von Spatial Presence ist die Übereinstimmung vermittelter Informationen mit den Erwartungen der rezipierenden Person. Entspricht das Gehörte einer in der Realität möglichen Erfahrung, wird die Akzeptanz des PERF stärker aufrechterhalten. Live-Aufzeichnungen von Theaterinszenierungen oder Musikperformances werden daher vermutlich stärker den PERF sowie die Empfindung von Selbstlokalisierung und Handlungsmöglichkeiten aufrechterhalten als Hörspiele und Studio-Musikperformances. Dies äußert sich in der sechsten Hypothese:

H6: Bei der Rezeption einer Reproduktion (Theateraufzeichnung oder Live-Musikperformance) ist das Empfinden von Spatial Presence stärker, als bei der Rezeption einer Repräsentation (Hörspielproduktion, Studio-Musikperformance). Dies betrifft die empfundene Selbstlokalisierung (H6a) und die empfundenen Handlungsmöglichkeiten (H6b), als Subkomponenten des Spatial-Presence-Empfindens.

4 Methoden

Nachdem im vorigen Kapitel theoriegeleitet die Hypothesen zum Einfluss des Grades räumlicher Hinweisreize durch das Wiedergabesystem und unterschiedlicher Audioinhalte auf das Spatial-Presence-Empfinden gebildet wurden, werden im Folgenden die Methoden der hierfür durchgeführten Untersuchung behandelt. Dafür wird der Aufbau des Hörversuchs (Abschnitt 4.1), die Umsetzung der dynamischen Binauralsynthese (Abschnitt 4.2) sowie die hierfür verwendete Hard- und Software (Abschnitt 4.3) beschrieben. Entsprechend inhaltlicher und technischer Merkmale wurden vier unterschiedliche Stimuli ausgewählt (Abschnitt 4.4) und an die technischen Anforderungen des Hörversuchs angepasst (Abschnitt 4.5). Ebenso erfolgte eine Anpassung des verwendeten Spatial-Presence-Messinstrumentes an rein auditiv rezipierte Medien (Abschnitt 4.6). Des Weiteren werden der Versuchsablauf (Abschnitt 4.7) und die verwendeten statistischen Verfahren (Abschnitt 4.8) beschrieben.

4.1 Versuchsaufbau

Zur Untersuchung des Einflusses vom Grad räumlicher Hinweisreize und von unterschiedlichen Audioinhalten auf das Spatial-Presence-Empfinden wurde ein zweifaktorielles Experiment mit Messwiederholung mit dem Grad räumlicher Hinweisreize als Zwischensubjektfaktor und vier unterschiedlichen Stimuli als Innersubjektfaktor durchgeführt. Versuchspersonen der Experimentalgruppe wurden die Stimuli mittels dynamischer Binauralsynthese eines Abhörtraumes mit fünf Lautsprechern in Surroundsound-Aufstellung präsentiert. Die Kontrollgruppe hörte einen Zweikanalstereo-Downmix der fünf Surroundsound-Spuren ohne binaurale Raumsynthese.

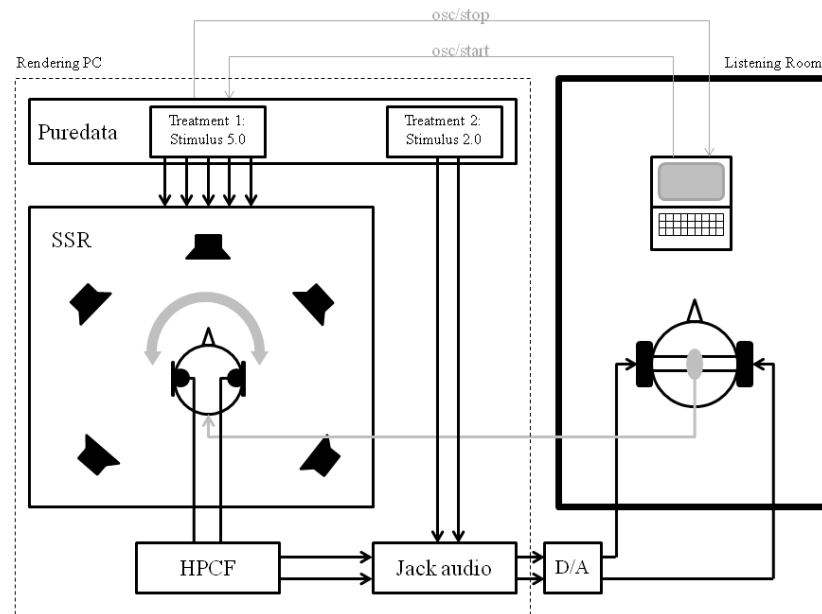


Abb. 4.1: Skizzierter Aufbau des Hörversuchs zum Einfluss unterschiedlicher Grade räumlicher Hinweisreize auf das Spatial-Presence-Empfinden

Die Abbildung 4.1 zeigt schematisch die technische Umsetzung des Hörversuchs. Die Versuchsperson löst die Wiedergabe am Versuchs-PC durch eine mit *Matlab*® erstellte grafische Benutzeroberfläche aus. Daraufhin wird jeweils ein Befehl per Open Sound Control (OSC) für die Nummer des Stimulus, für die Art des Wiedergabeverfahrens und für einen Lautstärke-Wert über eine Netzwerkverbindung per IP-Protokoll an den Render-PC gesendet. Ein *Puredata*-Patch empfängt die Befehle an der OSC-Schnittstelle und wertet sie aus. Je nach Wert für die Art des Wiedergabeverfahrens werden hier die zwei Spuren der Zweikanalstereo-Version oder die fünf Spuren der Surroundsound-Version des jeweiligen Stimulus blockweise ausgelesen und eine Lautstärkeanpassung durchgeführt (siehe Abschnitt 4.2). Für den Fall der Zweikanalstereo-Version werden die Audioblöcke direkt an den Jack-Server geleitet und über den D/A-Wandler in das analoge Kopfhörersignal überführt. Für den Fall der Surroundsound-Version werden die Signalblöcke der fünf Audiospuren mithilfe des Sound Scape Renderers (SSR) mit je einem BRIR-Paar (linkes und rechtes Ohr) für den jeweiligen Lautsprecher aus dem Surroundsound-Setup gefaltet [104]. Dabei werden für jeden Block gerade die fünf BRIR-Paare verwendet, die der aktuellen horizontalen Kopfausrichtung der rezipierenden Person entsprechen. Die Information über die Kopfausrichtung liefert ein Headtracking-System, dessen Sensor mittig auf dem Tragebügel des Kopfhörers befestigt und dessen Magnetfeld-Quelle etwa einen Meter entfernt auf Kopfhöhe an der Wand angebracht ist. Nach der Faltung im SSR werden die fünf Signale je Ohr summiert. Die daraus resultierenden zwei Spuren werden in einer zweiten Instanz jeweils blockweise mit einem entsprechenden

Kopfhörerentzerrungsfiler gefaltet und dann an den Jack-Server geleitet. Wie auch bei der Zweikanalstereo-Version wird dieses binaurale Signal in ein analoges Kopfhörersignal gewandelt und über das Kopfhörer-Paar elektroakustisch wiedergegeben.

4.2 Binaurale Raumsynthese

Die dynamische Binauralsynthese einer Hörsituation in einem Raum mit einem Surroundsound-Wiedergabesystem wurde mithilfe des SSR umgesetzt. Dieser faltet, je nach Information über die Kopfausrichtung durch das Headtracking-System, die Einzelspursignale der Stimuli mit den entsprechenden BRIRs für jedes Ohr. Für die in diesem Versuch verwendeten BRIRs wurde auf einen Datensatz von Pike und Romanov [105] zurückgegriffen. Die akustischen Eigenschaften des für die Messungen verwendeten Raumes entsprechen den Anforderungen an Referenzräume für Hörversuche mit Lautsprecherwiedergabe nach ITU-R BS.1116-3 [106, 107]. Aus den 32 BRIR-Datensätzen, für die in diesem Raum installierten Lautsprecher, wurden die BRIRs für diejenigen fünf Lautsprecher ausgewählt, deren Position und Ausrichtung die Empfehlungen für mehrkanalige stereophone Wiedergabesysteme nach der Empfehlung ITU-R BS.775-3 [56] erfüllen. Bei den installierten Lautsprechern handelt es sich um Studio-Monitore vom Typ *Genelec*® 8030B. Die Messung der BRIRs wurde von den Autoren mit einem Kunstkopf-Mikrofon des Typs *Neumann*® KU 100 in 2°-Schritten um die vertikale Achse durchgeführt [105, S. 2]. Mit einer Auflösung von 2° nehmen Menschen das horizontale BRIR-Raster noch als kontinuierlich wahr [108]. Da der SSR für eine Verwendung von 1°-Schritten ausgelegt ist, wurden die Impulsantworten im Multichannel-Wave-Format (44.1 kHz, 24 bit) mit 720 Spuren gespeichert, sodass je zwei Spuren nacheinander dieselbe Impulsantwort enthielten.

Zur Anpassung der Wiedergabelautstärke der dynamischen Binauralsynthese an die Lautstärke der Zweikanalstereo-Wiedergabe wurde für jeden Stimulus ein AB-Vergleich mit einer Expertengruppe aus sechs Mitarbeitern des Fachgebiets Audiokommunikation an der TU Berlin durchgeführt. Dazu wurde ein *Puredata*-Patch erstellt, der einen wiederholten Wechsel zwischen gleichzeitig laufender dynamischer Binauralsynthese und Zweikanalstereo-Wiedergabe und die Lautstärkeregelung der dynamischen Binauralsynthese erlaubt (siehe Anhang C). Jede Person näherte sich dem endgültigen Lautstärkepegel von jeweils einmal deutlich höherer und einmal deutlich niedriger empfundener Lautstärke kommend. Für alle vier Stimuli wurde der über die sechs Experten gemittelte Lautstärkepegel zur Anpassung verwendet.

4.3 Hard- und Software

Für das Rendering der Binauralsynthese wurde ein *Linux*-PC (*Intel*®Core i7-6700K CPU@4.00 GHz x4, 32 GB RAM) verwendet. Die gesamte CPU-Auslastung wäh-

rend des Versuchs lag im Mittel bei etwa 52 %. Als Headtracking-System kam ein *Pholemus*[©] *Patriot* (6 Freiheitsgrade, 60 Hz Update-Rate) zum Einsatz [109].

Die Wiedergabe der binauralen Signale erfolgte mit einem offenen, circumauralen und diffusfeldentzerrten Kopfhörer vom Typ *AKG*[©]-701. Damit das Signal bei der binauralen Wiedergabe über Kopfhörer am Trommelfell der Hörer*innen dem gemessenen Signal im Ohrkanal des Kunstkopfes entspricht, müssen die Nichtlinearitäten des Kopfhörers bzw. der gesamten Übertragungstrecke von Kopfhörer bis zum Ohrkanal kompensiert werden. Bei individuellen binauralen Aufnahmen kann als Kopfhörerkompensationsfilter (Headphone Compensation Filter, HpCF) die Inverse der am hörenden Subjekt gemessenen Kopfhörerübertragungsfunktion (Headphone Transfer Function, HpTF) verwendet werden. Bei nicht-individuellen binauralen Aufnahmen wird das beste Ergebnis erzielt, wenn das HpCF auf der HpTF beruht, für dessen Messung dasselbe Subjekt oder derselbe Kunstkopf verwendet wurde, wie für die Messung der verwendeten BRIRs [65]. Aus diesem Grund wurde als Filter die Inverse einer mit dem Kunstkopf *Neumann*[©] KU-100 gemessenen HpTF vom *AKG*[©]-701 aus dem Datensatz der Audio Group an der FH Köln verwendet [110]. Aufgrund der intraindividuellen Unterschiede der HpTF, die durch unterschiedliches Positionieren der Kopfhörer beim Aufsetzen entstehen, wurde hier die HpTF von den Autoren als Mittelwert von 12 Messungen nach jeweiligen Ab- und Aufsetzen der Kopfhörer generiert [110]. Die Faltung der binauralen Signale mit dem Filter wurde in der vorliegenden Arbeit mit einer der binauralen Raumsynthese nachgeschalteten SSR-Instanz umgesetzt.

4.4 Auswahl der Stimuli

Für den Hörversuch wurden je zwei Stimuli aus der Kategorie Hörspiel und der Kategorie Musikperformance gewählt, die sich ihrerseits in die Kategorien Reproduktion und Repräsentation oder ferner in Live- und Studioproduktion einordnen lassen. Die Auswahl der Stimuli ist in Tabelle 1 dargestellt.

Nr.	Stimulus	Beschreibung	Technische Daten
1	Mark Mast/ Hellmuth Matiasek: <i>Carl Orff:</i> <i>Astutuli'</i> , B.O.A Video- filmkunst 2009	Theateraufzeichnung, Komödie	4:10 min <i>Dolby</i> ® <i>Di-</i> <i>gital 5.1</i> (DVD)
2	Weirdoz: <i>Sacred 2 -</i> <i>Fallen Angel (Folge 1:</i> <i>Der Schattenkrieger)</i> , Audionym 2008	Hörspielproduktion, Fan- tasy Hörspiel	5:20 min <i>Dolby</i> ® <i>Di-</i> <i>gital 5.1</i> (DVD)
3	Norah Jones: <i>Live in</i> <i>New Orleans: Cold, cold</i> <i>heart</i> , Capitol Records 2003	Konzertaufzeichnung, Jazz	5:18 min <i>Dolby</i> ® <i>Di-</i> <i>gital 5.1</i> (DVD)
4	The Brew: <i>What I want</i> , Telefunken Elektroakus- tik 2015	Musikproduktion, Alter- native Rock	3:56 min Wave 5.0

Tabelle 1: Beschreibung und technische Daten der im Hörversuch verwendeten Stimuli

Die Auswahl der Stimuli Live-Theaterperformance (1), Hörspiel (2), Live-Musikperformance (3) und Studio-Musikperformance (4) erfolgte anhand der für diese Audioinhalte typischen Merkmale (siehe Abschnitte 3.2 und 3.3) und der Entscheidung des Autors dieser Arbeit, ob das jeweilige Material als kritisch für die Wiedergabe mit einer 5.0-Surroundsound-Lautsprecheraufstellung gewertet werden kann (siehe Abschnitt 3.1.1).

Stimulus 1 ist ein Ausschnitt aus der Oper *Astutuli'* von *Carl Orff*, aufgeführt im Jahr 2009 vom *Ensemble der Welttheaterchöre Andechs* und der *jungen Münchener Philharmonie im Kloster Andechs*. Die räumliche Signatur wird durch die Positionen und Bewegungen der sprechenden Personen auf einer Holzbühne, durch Schritt-, Klopf- und Publikumsgeräusche sowie durch wahrnehmbaren Nachhall im Theaterraum bestimmt. Die Bühne beschränkt die Positionen der Sprechenden auf die wahrgenommene Stereo-Basis vor den Hörenden. Die Surround-Kanäle vermitteln Publikumsgeräusche und Schallreflexionen im Aufführungsraum.

Bei dem Stimulus 2 handelt es sich um einen Ausschnitt aus der Einleitung der Folge *Der Schattenkrieger* aus der Hörspielreihe *Sacred 2 - Fallen Angel* der Produktionsfirma *Weirdoz* aus dem Jahr 2008. Der als Stimulus verwendete Ausschnitt beginnt mit der Erzählung eines Sprechers, in welcher der Ort der Handlung beschrieben

wird. Die Handlung spielt an einem Wüstenort in einer Höhle, in der Bergbau betrieben wird. Die Größe der Höhle wird durch eine lange Nachhallzeit charakterisiert. Weitere Elemente der räumlichen Signatur sind die unterschiedlichen Positionen und Bewegungen der Sprechenden in Tiefe und Breite der Horizontalebene sowie vermutlich simulierte räumliche Anteile des Schallfeldes. Es werden Bewegungen der Charaktere durch den Raum sowie das Heranschieben einer Bohrwalze von hinten nach vorne klanglich dargestellt. Des Weiteren geben Schritte, Atemgeräusche, Klopfgeräusche und Geräusche von Kleidung Informationen über die Positionen der Charaktere preis. Zum Teil wird die Handlung musikalisch untermalt.

Stimulus 3 ist eine Live-Performance des Musikstücks *How is it going* von *Norah Jones* aus dem Jahr 2003. Lokalisierbar sind die statischen Positionen der Instrumente Klavier, E-Gitarre, Kontrabass und Schlagzeug sowie der Sängerin. Die Positionen sind auf den Bühnenraum vor den Zuhörenden beschränkt. Der Konzertsaal ist durch eine wahrnehmbare Nachhallzeit charakterisiert. Raumreflexionen werden hauptsächlich über die Surround-Kanäle wiedergegeben. Zudem wird die rezipierende Person von Geräuschen aus dem Publikum, wie Applaudieren, Rufen und Pfeifen vor, nach und während der Performance in der gesamten horizontalen Ebene umgeben.

Stimulus 4 ist das Musikstück *What I want* von der Alternative Rockband *The Brew* aus dem Jahr 2015. Räumliche Hinweisreize werden durch die virtuellen Positionen der Instrumente E-Gitarre, E-Bassgitarre, Keyboard und Schlagzeug sowie die Positionen des Sängers frontal mittig und einiger Background-Sänger hinter der rezipierenden Person vermittelt. Die Position der Instrumente ist statisch, allerdings werden Effekte, wie z.B. ein dynamischer Delay-Effekt der Gitarre auf allen Kanälen eingesetzt, sodass wahrnehmbare Bewegungseffekte in der horizontalen Ebene um die hörende Person herum generiert werden.

4.5 Audioqualität

Die fünf Audiospuren (L, C, R, LS, RS) der Stimuli 1-3 befanden sich jeweils im *Dolby*[©] *Surround*-Format auf einer Digital Versatile Disc (DVD) und mussten für die Weiterverarbeitung mit dem SSR in das Wave-Format gewandelt werden (44,1 kHz, 24 bit). Die Audio-Qualität entsprach weiterhin der für das *Dolby*[©] *Surround*-Format verwendeten und verlustbehafteten AC3-Kodierung mit einer Datenrate von 448 kbit/s. Die fünf Audiospuren des Stimulus 4 lagen im Wave-Format vor und wurden entsprechend mit dem AC3-Codec auf eine Gesamtbitrate von 448 kbit/s gebracht und anschließend wieder in das Wave-Format gewandelt. Dadurch wurde die Audioqualität für alle Stimuli konstant gehalten.

Die Berechnung der jeweiligen Stereo-Version aus den fünf Spuren erfolgte mithilfe von *Matlab*[®] nach der ITU-Richtlinie [56]. Darin setzen sich der linke und der rechte Kanal folgendermaßen zusammen:

$$L = 1,000 * L + 0,7071 * C + 0,7071 * LS \quad (1)$$

$$R = 1,000 * R + 0,7071 * C + 0,7071 * RS \quad (2)$$

Der Low Frequency Effects (LFE)-Kanal kann für den Downmix nach der ITU-Richtlinie vernachlässigt werden, da er nur einer Verstärkung von tiefen Frequenzen dient und keine zusätzlichen Informationen zu den anderen Kanälen beinhalten sollte [56, S. 11-23].

Es sei an dieser Stelle anzumerken, dass bei der Speicherung von Audioinhalten in mehreren Formaten häufig für jedes Format eine eigene Mischung aus den Aufnahmespuren hergestellt wird. Der Downmix nach den Gleichungen 1 und 2 findet in erster Linie im Broadcasting-Bereich Anwendung, bei dem die Nutzer*innen bei der Dekodierung desselben Programms entscheiden können, welche Kanalkonfiguration sie verwenden. Jedoch bietet sich dieses Verfahren an, um bei der Wiedergabe von gleichem Audioinhalt in verschiedenen Kanalkonfigurationen die Unterschiede der Mischverhältnisse bei allen Stimuli konstant zu halten.

4.6 Messinstrument

Nach der Rezeption eines jeden Stimulus, beantworteten die Versuchspersonen am PC einen Fragenblock. Dieser enthielt je vier Items zu den beiden Spatial-Presence-Dimensionen empfundene Selbstlokalisierung (SPSL) und empfundene Handlungsmöglichkeiten (SPPA), je vier Items zu den vorausgehenden Prozessen Aufmerksamkeitsallokation (ATT) und Bildung eines räumlichen Situationsmodells (SSM) sowie je vier Items zu den Subjektvariablen Involvement (HCI), Suspension of Disbelieve (SoD) und domänenspezifisches Interesse (DSI). Alle Items wurden für jeden Fragenblock erneut randomisiert. Lediglich die Items zum domänenspezifischen Interesse wurden in einem Block präsentiert, um es der Versuchsperson zu erleichtern, die verschiedenen Abstufungen ihres Interesses zu bewerten [3, S. 4].

Der MEC-SPQ sieht eine individuelle Anpassung der Items durch Ersetzen des Wortes *Medium* vor. Für einen konstanten Begriff bei der Untersuchung von Musikperformances und Hörspielen, bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Anwendbarkeit der Items auf visuelle Medien, wurde in den entsprechenden Items der Begriff *Darbietung* gewählt (siehe Anhang A). Verwendete ein Item das Wort *dargestellt*, so wurde es durch das weniger mit visueller Wahrnehmung konnotierte Wort *präsentiert* ersetzt. Dies betrifft drei Items zum räumlichen Situationsmodell sowie jeweils

alle vier Items für empfundene Selbstlokalisierung und empfundene Handlungsmöglichkeiten. Für die Items zum domänenspezifischen Interesse wurde die Bezeichnung der entsprechenden Formate *Theaterstück* und *Hörspiel* für die Theateraufzeichnung und die Hörspielproduktion sowie *Musikgenre* für die beiden musikalischen Stimuli gewählt.

Alle Items wurden nacheinander in einem Fenster präsentiert, um den Versuchspersonen die Fokussierung auf die aktuelle Frage zu erleichtern. Alle Items der Subskalen des MEC-SPQ wurden mit einer fünfstufigen Likert-Skala von *trifft gar nicht zu* bis *trifft völlig zu* abgefragt. Um die Versuchspersonen zeitlich so wenig wie möglich zu strapazieren, wurden die fünf Stufen als Buttons präsentiert, deren Auslösen das Erscheinen der nächsten Frage bewirkte. Im Fall einer versehentlich falschen Angabe hatten die Versuchspersonen die Möglichkeit, zur vorigen Frage zurück zu navigieren.

Am Ende des Versuchs folgte ein zweiter Fragenblock mit Angaben zu Alter, Geschlecht, Hörerfahrung mit Surroundsound, zwei Items zur Expertise in der Audio-technik sowie vier Items zum räumlichen Vorstellungsvermögen (vgl. [111]).

4.7 Ablauf

Die Versuchspersonen wurden begrüßt und gebeten, sich auf einen drehbaren Stuhl zu setzen. Ihnen wurde ein Informationsblatt ausgehändigt, auf dem eine Einverständniserklärung zur Teilnahme an dem Experiment zu unterschreiben war (siehe Anhang B). Unter dem Vorwand, dass die im Laufe des Tages variierenden Lichtverhältnisse die Versuchsergebnisse beeinflussen könnten, wurden die Probanden gebeten sich für die Zeit der Audiowiedergabe eine Augenbinde aufzusetzen. Zur Beantwortung der Fragen am Computer wurde diese auf die Stirn geschoben, damit die Kopfhörer aufgesetzt bleiben konnten und eine veränderte Positionierung dieser verhindert wurde. Versuchspersonen der Experimentalgruppe wurden darauf aufmerksam gemacht, dass sie während der Darbietung Drehbewegungen mit dem Kopf ausprobieren sollen. Versuchspersonen der Kontrollgruppe erhielten keine Anweisungen. Vor jedem Versuch wurde das Headtracking-System kalibriert, sodass die Blickrichtung der Versuchsperson geradeaus der 0°-BRIR entsprach.

Da die Untersuchung des Faktors unterschiedlicher Stimuli innersubjektiv erfolgte, wurde die Wiedergabereihenfolge der Stimuli nach einem Versuchsplan festgelegt, sodass innerhalb der Experimental- oder Kontrollgruppe nie zwei Personen die gleiche Stimulusreihenfolge erhielten. Aus der Anzahl von vier Stimuli ergaben sich je 24 mögliche Reihenfolgen in der Experimental- und Kontrollgruppe. Damit jede mögliche Reihenfolge im Experiment vorkam, war die Anzahl an Versuchsteilnehmern auf 48 festgelegt. Durch dieses Verfahren wurde ein möglicher Sequenzeffekt der

Stimulusreihenfolge gestreut [112, S. 550].

4.8 Statistische Verfahren

Die Überprüfung der Hypothesen H1-H6 erfolgte mittels einer mehrfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung unter Einbezug zeitabhängiger und zeitunabhängiger Kovariaten. Dazu wurde ein lineares Mehrebenenmodell mit Stimulustyp als Innersubjektfaktor auf erster und Wiedergabesystem als Zwischensubjektfaktor auf zweiter Ebene berechnet (für die Verwendung von Mehrebenenmodellen für Messwiederholungsdesigns siehe auch [113, 114]). Die Berechnung erfolgte mit der *mixed*-Prozedur in *SPSS*[©] (Version 25, *IBM*[©]), die gegenüber der *mixed ANOVA* den Einbezug von zeitabhängigen Kovariaten erlaubt [114, S. 98; 115]. Stimulustyp und Wiedergabesystem sowie alle erhobenen Kovariaten wurden als feste Effekte modelliert. Die Kovarianz der Residuen wurde mit einer Diagonalmatrix (Heteroskedastizität und Unabhängigkeit der Residuen) modelliert [116, S. 163]. Das Alphafehlerniveau für den F-Test wurde auf 0.05 festgelegt.

Die Überprüfung der Reliabilität des Messinstrumentes für Spatial Presence bei der Rezeption rein auditiver Medien erfolgte mit Cronbachs Alpha [117].

5 Ergebnisse

Nachdem die Methoden der Untersuchung beschrieben wurden, werden in diesem Kapitel die Ergebnisse präsentiert. Nach einer Darstellung deskriptiver Ergebnisse (Abschnitt 5.1) und der Ergebnisse zur Reliabilität des verwendeten Messinstrumentes (Abschnitt 5.2) folgen die Ergebnisse der Untersuchung der Hypothesen. Dabei wird der Prozesscharakter des PMSP berücksichtigt und die Bildung eines räumlichen Situationsmodells auf erster Modellebene (Abschnitt 5.3) und das darauf aufbauende Entstehen von Spatial Presence auf zweiter Modellebene (Abschnitt 5.4) betrachtet.

5.1 Deskriptive Ergebnisse

Von den 48 normal hörenden Versuchspersonen waren 21 Personen weiblich (43,8 %), von denen sich 10 Personen in der Experimentalgruppe und 11 Personen in der Kontrollgruppe befanden. Das Alter der Versuchspersonen verteilte sich linksschief zwischen 20 und 70 Jahren ($M = 33.0$, $SD = 11.8$). Bei der Zuweisung des Treatments wurde neben der gleichmäßigen Aufteilung der Proband*innen nach Geschlecht auch auf möglichst gleiche durchschnittliche Jahre an Erfahrung in der Audiotechnik im Beruf oder der Ausbildung in der Experimentalgruppe ($M = 1.56$, $SD = 2.59$) und in der Kontrollgruppe ($M = 1.42$, $SD = 2.69$) geachtet.

5.2 Reliabilität

In Tabelle 2 sind die Werte für Cronbachs Alpha für die acht Subskalen des angepassten Spatial-Presence-Messinstrumentes für jeden Stimulus zu sehen. Bis auf die Skala für höheres kognitives Involvement sind alle Werte akzeptabel ($\alpha > 0,7$) [118, S. 223]. Bei der Skala zum höheren kognitiven Involvement variieren die Werte zwischen den Stimuli sehr stark ($SD = 0,12$) und fallen für die Theateraufzeichnung und die Hörspielproduktion besonders gering aus. Allerdings zeigte sich diese Skala auch in der ersten Validierungsstudie von Vorderer et. al. problematisch [3]. Für alle anderen Skalen fällt die Varianz der Werte zwischen den Stimuli gering aus ($SD \leq 0,03$). Für die Skalen zur Aufmerksamkeitsallokation, zur Selbstlokalisierung und zu empfundenen Handlungsmöglichkeiten liegen die Werte bei allen Stimuli über denen von Vorderer et. al., während die Werte aller anderen Skalen, bis auf jene für höheres kognitives Involvement, den Werten von Vorderer et. al. sehr nahe kommen. Durch das Ersetzen des Wortes *Objekt* durch *Klangquelle* bei den Items zu Handlungsmöglichkeiten wurden keine höheren Alpha-Werte erzielt (Werte in Klammern).

Skala	S1	S2	S3	S4	<i>M</i>	<i>SD</i>	Vorderer et. al. [3]
SPSL	0,91	0,89	0,94	0,91	0,91	0,02	0,89
SPPA	0,85	0,83	0,85	0,91	0,86	0,03	0,69
	(0,83)	(0,78)	(0,85)	(0,88)	(0,84)	(0,03)	-
SSM	0,8	0,85	0,86	0,89	0,85	0,03	0,86
ATT	0,79	0,81	0,85	0,88	0,83	0,03	0,76
SoD	0,78	0,8	0,75	0,78	0,78	0,02	0,8
HCI	0,47	0,44	0,64	0,73	0,57	0,12	0,51
DSI	0,88	0,86	0,93	0,90	0,89	0,03	0,91
SI	-	-	-	-	0,82	-	0,84

Tabelle 2: Cronbachs Alpha-Werte für die Spatial-Presence-Subskalen aus je vier Items für alle vier Stimuli (S1 = Theateraufzeichnung, S2 = Hörspielproduktion, S3 = Live-Musikperformance, S4 = Studio-Musikperformance), deren arithmetischer Mittelwert (*M*) und Standardabweichung (*SD*) aus dem Experiment (N = 48) sowie die Werte aus der ersten Validierungsstudie von Vorder et. al. (N = 290) zum Vergleich [3]; SPSL = Selbstlokalisierung; SPPA = Handlungsmöglichkeiten; SSM = räumliches Situationsmodell; ATT = Aufmerksamkeitsallokation; SoD: Suspension of Disbelieve; HCI = Höheres kognitives Involvement; DSI = Domänenspezifisches Interesse; SI = bildlich räumliches Vorstellungsvermögen

5.3 Ebene 1: Generierung eines räumlichen Situationsmodells

Es wurde der Einfluss des Grades räumlicher Hinweisreize durch das Wiedergabesystem als Zwischensubjektfaktor und der Einfluss verschiedener Stimuli als Innersubjektfaktor auf die Generierung eines räumlichen Situationsmodells auf der ersten Modellebene des PMSP untersucht. Entsprechend des Modells wurden dabei die Aufmerksamkeitsallokation als Vorläuferprozess sowie das bildlich räumliche Vorstellungsvermögen, Alter, Geschlecht und Hörerfahrung mit Surroundsound als Subjektvariablen kontrolliert.

Faktor	df_Z	df_N	F	p	η_p^2
Treatment	1	175.74	0.913	.341	< .01
Stimulus	3	176.75	8.9	< .001**	.19
Treatment*Stimulus	3	175.1	.56	.64	.01

Tabelle 3: Einfluss des Grades räumlicher Hinweisreize (Treatment) und unterschiedlicher Stimulustypen (Stimulus) sowie deren Interaktion (Treatment*Stimulus) auf die Generierung eines räumlichen Situationsmodells unter Kontrolle der Kovariaten Aufmerksamkeitsallokation, bildlich räumliches Vorstellungsvermögen, Alter, Geschlecht und Hörerfahrung mit Surroundsound

Die Hypothese H1 konnte nicht bestätigt werden. Wie Tabelle 3 zeigt, war kein Effekt vom Grad räumlicher Hinweisreize durch das Wiedergabesystem auf die Generierung eines räumlichen Situationsmodells festzustellen. Jedoch trat ein signifikanter Unterschied zwischen verschiedenen Stimulustypen auf, $F(3, 176.75) = 8.9$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .19$. Eine Interaktion zwischen dem Grad räumlicher Hinweisreize durch das Wiedergabesystem und dem Einfluss verschiedener Stimulustypen war nicht signifikant.

Zum Testen der Hypothesen H2 und H3 wurden Kontraste für die jeweiligen Stimulusgruppen geschätzt. Dabei ergaben sich eine signifikante Differenz zwischen den Stimulusgruppen Hörspiel ($M = 3.83$, $SD = 0.56$) und Musikperformance ($M = 3.18$, $SD = 0.56$) von 0.65, $t(177.06) = 5.7$, $p < .001$ (H2) und eine signifikante Differenz zwischen den Stimulusgruppen Reproduktion ($M = 3.66$, $SD = 0.6$) und Repräsentation ($M = 3.36$, $SD = 0.6$) von 0.3, $t(177.27) = 5.56$, $p = .01$ (H3). Der Innersubjekteneffekt vom Stimulustyp auf die Generierung eines räumlichen Situationsmodells ist in Abbildung 5.1 zu sehen.

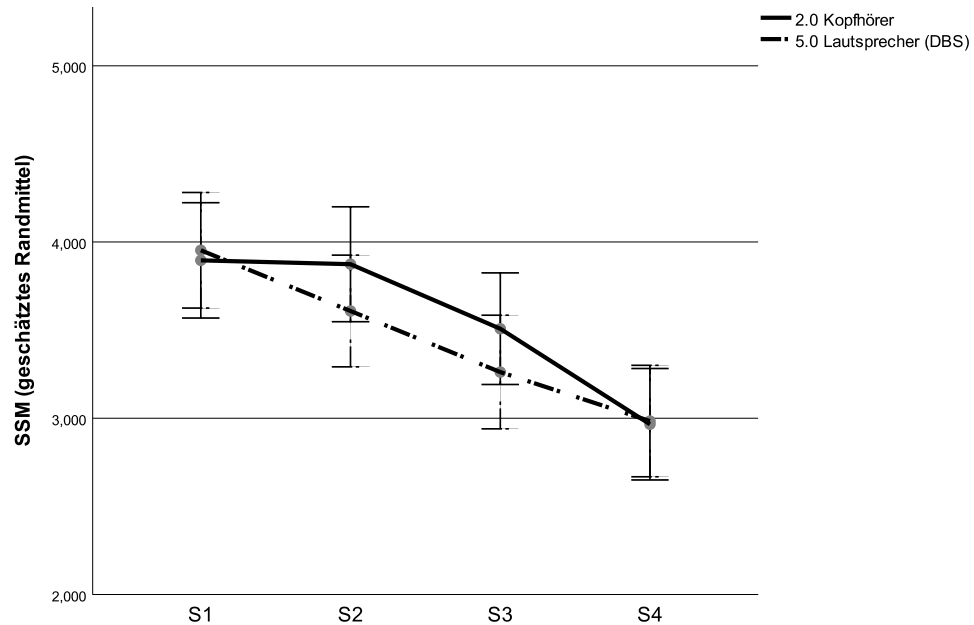


Abb. 5.1: Geschätztes Randmittel für die Generierung eines räumlichen Situationsmodells (SSM) in Abhängigkeit vom Grad räumlicher Hinweisreize durch das Wiedergabesystem (Zwischensubjektfaktor) und vom Stimulustyp (Innersubjektfaktor); S1 = Theateraufzeichnung, S2 = Hörspielproduktion, S3 = Live-Musikperformance, S4 = Studio-Musikperformance

5.4 Ebene 2: Spatial Presence

Es wurde der Einfluss des Grades räumlicher Hinweisreize durch das Wiedergabesystem als Zwischensubjektfaktor und der Einfluss verschiedener Stimuli als Innersubjektfaktor auf das Empfinden von Spatial Presence auf der zweiten Modellebene des PMSP untersucht. Die beiden Dimensionen Selbstlokalisierung und Handlungsmöglichkeiten wurden getrennt ausgewertet. Entsprechend des Modells wurden dabei die Generation eines räumlichen Situationsmodells als Vorläuferprozess sowie höheres kognitives Involvement und Suspension of Disbelieve, Alter, Geschlecht und Hörerfahrung mit Surroundsound als Subjektvariablen kontrolliert.

Faktor	df_Z	df_N	F	p	η_p^2
Treatment	1	162.94	1.86	.18	.01
Stimulus	3	164.79	1.82	.15	.03
Treatment*Stimulus	3	164.18	1.08	.36	.02

Tabelle 4: Einfluss des Grades räumlicher Hinweisreize (Treatment) und unterschiedlicher Stimulustypen (Stimulus) sowie deren Interaktion (Treatment*Stimulus) auf die empfundene Selbstlokalisierung unter Kontrolle der Kovariaten Generierung eines räumlichen Situationsmodells, höheres kognitives Involvement, Suspension of Disbelieve, Alter, Geschlecht und Hörerfahrung mit Surroundsound

Wie Tabelle 4 zeigt, konnte weder ein Effekt vom Grad räumlicher Hinweisreize durch das Wiedergabesystem (H4a), vom Stimulustyp (H5a und H6a) noch von deren Interaktion auf die empfundene Selbstlokalisierung festgestellt werden.

Faktor	df_Z	df_N	F	p	η_p^2
Treatment	1	173.93	5.59	.02*	.03
Stimulus	3	172.34	2.13	.1	.04
Treatment*Stimulus	3	173.88	.23	.87	< .01

Tabelle 5: Einfluss des Grades räumlicher Hinweisreize (Treatment) und unterschiedlicher Stimulustypen (Stimulus) sowie deren Interaktion (Treatment*Stimulus) auf empfundene Handlungsmöglichkeiten unter Kontrolle der Kovariaten Generierung eines räumlichen Situationsmodells, höheres kognitives Involvement, Suspension of Disbelieve, Alter, Geschlecht und Hörerfahrung mit Surroundsound

Wie der Tabelle 5 zu entnehmen ist, konnte ein positiver Effekt vom Grad räumlicher Hinweisreize durch das Wiedergabesystem auf empfundene Handlungsmöglichkeiten (H4b) nachgewiesen werden, $F(1, 173.93) = 5.59$, $p = .02$, $\eta_p^2 = .03$. Der Einfluss unterschiedlicher Stimulustypen (H5b und H6b) oder ein Interaktionseffekt zwischen dem Grad räumlicher Hinweisreize durch das Wiedergabesystem und unterschiedlichen Stimulustypen war nicht signifikant. Der Zwischensubjekteffekt vom Grad räumlicher Hinweisreize durch das Wiedergabesystem auf empfundene Handlungsmöglichkeiten ist in Abbildung 5.2 zu sehen.

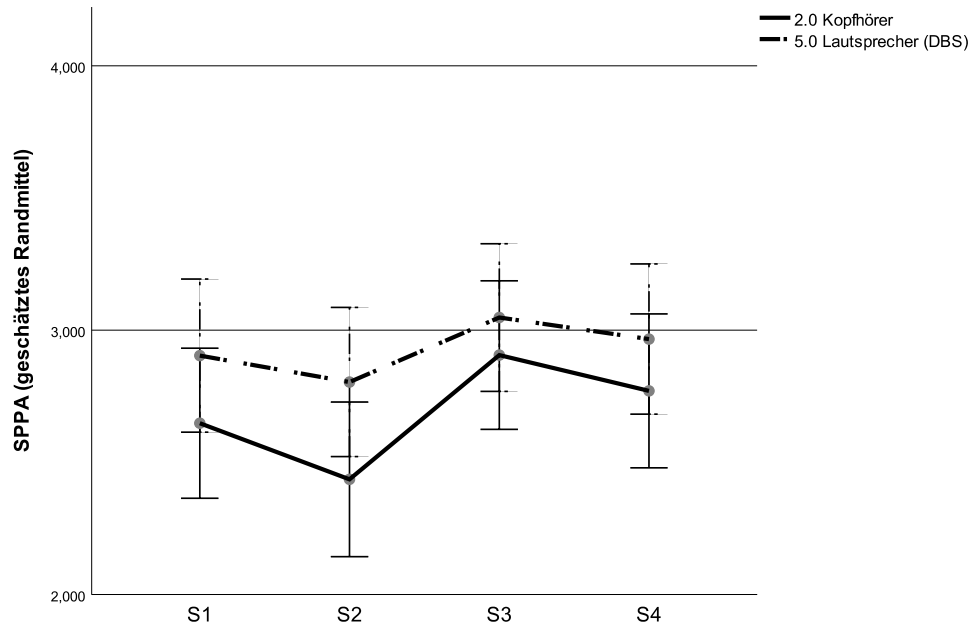


Abb. 5.2: Geschätztes Randmittel für empfundene Handlungsmöglichkeiten (SPPA) in Abhängigkeit vom Grad räumlicher Hinweisreize durch das Wiedergabesystem (Zwischensubjektfaktor) und vom Stimulustyp (Innersubjektfaktor); S1 = Theateraufzeichnung, S2 = Hörspielproduktion, S3 = Live-Musikperformance, S4 = Studio-Musikperformance

Um zu untersuchen, ob beim Einfluss des Grades räumlicher Hinweisreize auf die empfundene Selbstlokalisierung potentielle Unterschiede zwischen der Rezeption narrativer und der Rezeption musikalischer Stimuli bestehen, werden im Folgenden die Effekte für die beiden musikalischen Stimuli (Live-Musikperformance und Studio-Musikperformance) und für die beiden narrativen Stimuli (Theateraufzeichnung und Hörspielproduktion) getrennt betrachtet. Diese Modelltrennung erfolgt weiterhin unter Annahme von Heteroskedastizität und Unabhängigkeit der Residuen (siehe Abschnitt 4.8).

Faktor	df_Z	df_N	F	p	η_p^2
Treatment	1	78.9	0.58	.45	< .01
Stimulus	1	66.7	1.85	.18	.03
Treatment*Stimulus	1	81.39	1.09	.18	.01

Tabelle 6: Einfluss des Grades räumlicher Hinweisreize (Treatment) und unterschiedlicher Stimulustypen (Stimulus) sowie deren Interaktion (Treatment*Stimulus) auf die empfundenen Handlungsmöglichkeiten beim Hören einer Theateraufzeichnung und einer Hörspielproduktion unter Kontrolle der Kovariaten Generierung eines räumlichen Situationsmodells, höheres kognitives Involvement, Suspension of Disbelieve, Alter, Geschlecht und Hörerfahrung mit Surroundsound

Wie Tabelle 6 zeigt, konnte für die beiden narrativen Stimuli weder ein Effekt vom Grad räumlicher Hinweisreize durch das Wiedergabesystem, vom Stimulustyp noch von deren Interaktion auf die empfundene Selbstlokalisierung festgestellt werden. Bei der Betrachtung der Ergebnisse für musikalische Stimuli in Tabelle 7 hingegen, werden sowohl ein signifikanter Effekt vom Grad räumlicher Hinweisreize durch das Wiedergabesystem, als auch ein signifikanter Effekt durch den Stimulustyp ersichtlich, $F(1, 54) = 4.35$, $p = .04$, $\eta_p^2 = .08$ und $F(1, 54.02) = 5.57$, $p = .02$, $\eta_p^2 = .09$. Eine Interaktion beider Effekte war nicht signifikant. Die Zwischen- und Innersubjektffekte sind in Abbildung 5.3 zu sehen.

Faktor	df_Z	df_N	F	p	η_p^2
Treatment	1	54	4.35	.04*	.08
Stimulus	1	54.02	5.57	.02*	.09
Treatment*Stimulus	1	58.05	.33	.57	< .01

Tabelle 7: Einfluss des Grades räumlicher Hinweisreize (Treatment) und unterschiedlicher Stimulustypen (Stimulus) sowie deren Interaktion (Treatment*Stimulus) auf die empfundene Selbstlokalisierung beim Hören einer Live-Musikperformance und einer Studio-Musikperformance unter Kontrolle der Kovariaten Generierung eines räumlichen Situationsmodells, höheres kognitives Involvement, Suspension of Disbelieve, Alter, Geschlecht und Hörerfahrung mit Surroundsound

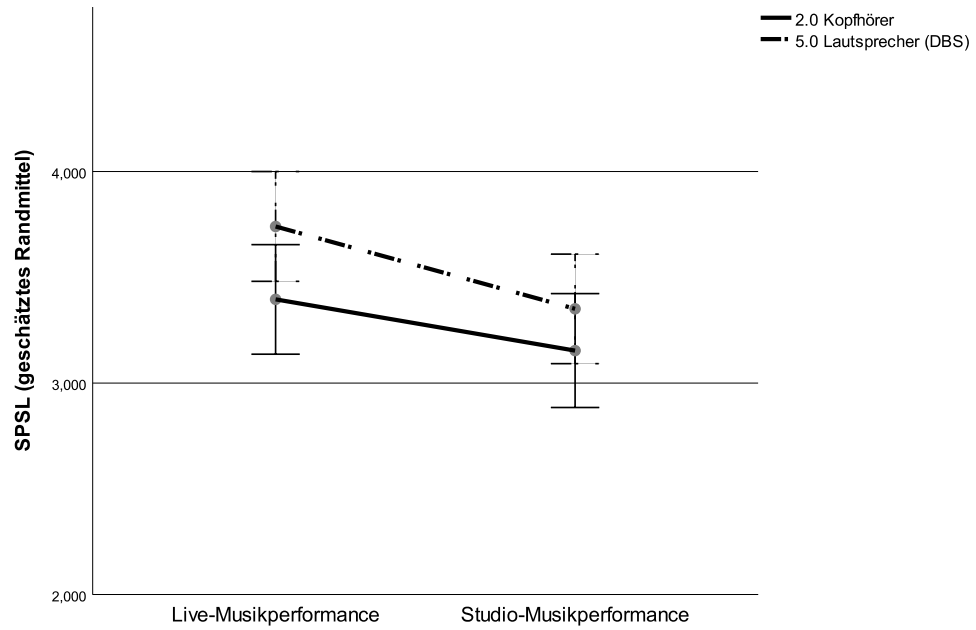


Abb. 5.3: Geschätztes Randmittel für empfundene Selbstlokalisierung (SPSL) in Abhängigkeit vom Grad räumlicher Hinweisreize durch das Wiedergabesystem (Zwischensubjektfaktor) und vom Stimulustyp (Innersubjektfaktor)

6 Diskussion

Das Ersetzen des Wortes *dargestellt* durch *präsentiert* in den Items zum räumlichen Situationsmodell, zur Selbstlokalisierung und zu den empfundenen Handlungsmöglichkeiten scheint die Verlässlichkeit der Spatial-Presence-Skala nicht negativ zu beeinflussen. Auch die Verwendung des Wortes *Darbietung* scheint sinnvoll für auditiv rezipierte Hörspiele und Musikperformances. Eine Verbesserung der Reliabilität der Skala für Handlungsmöglichkeiten durch das Ersetzen des Wortes *Objekt* durch *Klangquelle* konnte nicht erzielt werden. Offensichtlich führt die Verwendung des Wortes *Objekt* für Hörspiel- und Musikperformances auch zu keinem Problem bei der Reliabilität des Messinstrumentes. Die Zuverlässigkeit der Skala für höheres kognitives Involvement ist fragwürdig. Sie zeigte sich bereits in der Validierungsstudie von Vorderer et. al. als problematisch [3]. Möglicherweise führen Fragen wie *Ich habe meist an Dinge gedacht, die mit der Darbietung zu tun hatten* zur Unklarheit, ob sie sich auf die Handlungsebene des medialen Inhalts oder auf die Darbietung des Stimulus durch das technische System beziehen.

Ein erhöhter Grad räumlicher Hinweisreize führte nicht zu einem besseren räumlichen Situationsmodell. Möglicherweise bewirken hier kognitive Prozesse eine ausreichende Kompensation fehlender räumlicher Information, sodass das aufgebaute räumliche Situationsmodell bei der Rezeption der Zweikanalstereo-Version über Kopfhörer letztendlich genauso gut ausgeprägt war, wie bei der Rezeption der Raumsimulation mit Surroundsound-Lautsprecherwiedergabe. Allerdings wird sich die räumliche Situation im mentalen Modell stärker von der tatsächlichen medial reproduzierten oder repräsentierten räumlichen Situation unterscheiden, je mehr es auf Erfahrungen der rezipierenden Person und je weniger auf medialen räumlichen Hinweisreizen aufbaut. Möglicherweise war der Unterschied zwischen den beiden Rezeptionsbedingungen zu gering für einen Effekt auf das räumliche Situationsmodell, und eine weitere Steigerung der Differenz im Grad räumlicher Hinweisreize würde zu einem signifikant besseren räumlichen Situationsmodell führen. Eine größere Differenz könnte z.B. durch speziell für die DBS oder WFS und gleichzeitig für die Zweikanalstereo-Wiedergabe produzierte Medieninhalte erzielt werden.

Die Ergebnisse der Auswirkung unterschiedlicher Stimulustypen lassen aufgrund der kleinen Stichprobe an Stimuli nur bedingt Schlüsse zu. Für die Bestätigung der Vermutung, dass beim Rezipieren von Hörspielen ein besseres räumliches Situationsmodell generiert wird, als beim Rezipieren von musikalischen Inhalten, zeigen die Ergebnisse allerdings einzelne Indizien auf. Die höhere Bedeutung von Narration und einer kausalen Hörweise bei der Rezeption von Hörspielen bewirken vermutlich eine stärkere Fokussierung auf räumliche Aspekte und führen so zu einem besser ausgeprägten räumlichen Situationsmodell.

Zudem zeigt sich eine Tendenz, dass die elektroakustisch vermittelte Reproduktion eines real vorhandenen Ortes einer Performance möglicherweise zur Generierung eines besseren räumlichen Situationsmodells führt, als die Repräsentation eines nicht real vorhandenen Ortes. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass sich eigene Erfahrungen besser mit vermittelten Informationen über einen realen Ort kombinieren lassen als mit Informationen über einen virtuellen Ort. Bei einem mentalen Modell einer medialen räumlichen Situation, die so in der Realität nicht erlebbar wäre, führt die Ergänzung durch eigene Erfahrungen der rezipierenden Person möglicherweise zu Widersprüchen.

Aufbauend auf einem bestehenden räumlichen Situationsmodell, führte ein erhöhter Grad an räumlichen Hinweisreizen auf zweiter Ebene des PMSP zu stärker empfundenen Handlungsmöglichkeiten. Gegenüber den statischen, zum Teil im Kopf lokalisierten Hörereignissen, vermittelt die Simulation einer Hörbedingung in einem Raum mit Surroundsound-Lautsprecheraufstellung und dynamischem Einbezug der Kopfausrichtung offensichtlich eine stärkere Empfindung, Handlungen in der medialen Umgebung durchführen zu können. Auch wenn die kleine Stichprobe unterschiedlicher Stimuli hier nur Schlüsse auf Tendenzen zulässt, scheint die Art des Inhalts keinen Einfluss auf die empfundenen Handlungsmöglichkeiten zu nehmen. Hier handelt es sich vermutlich um einen stark technologisch geprägten Aspekt von Spatial Presence, bei dem Interaktionsmöglichkeiten mit dem Medium eine bedeutende Rolle spielen.

Interessanterweise beeinflusste ein höherer Grad räumlicher Hinweisreize die empfundene Selbstlokalisierung bei der Rezeption von Musikperformances positiv, aber nicht bei der Rezeption von Hörspielen. Möglicherweise führen überwiegend narrative Stimuli zu einem stärker auf kognitiven Prozessen basierenden räumlichen Situationsmodell, bei dem ein höherer Grad an Immersivität des Mediums sich weniger auf die Selbstlokalisierung auswirkt. Durch den technischen Einbezug von Kopfbewegungen besteht jedoch eine sensorische Feedbackschleife, die bei gleich hoch empfundener Selbstlokalisierung zu einer stärkeren Empfindung von Handlungsmöglichkeiten im Geschehen des Hörspiels oder der Theaterperformance führen könnte. Auch dieser Aspekt muss unter Vorbehalt betrachtet werden, da die Stichprobe an Stimuli zu gering für Schlüsse auf die Allgemeinheit war. Jedoch zeigt sich, dass der Grad räumlicher Hinweisreize die Selbstlokalisierung bei der Rezeption der hier untersuchten musikalischen Inhalte positiv beeinflusst. Externalisierung und eine genauere Lokalisation von Klangquellen verstärken offensichtlich das Gefühl der rezipierenden Person, sich in der medialen Umgebung einer Musikperformance selbst zu verorten. Die Ergebnisse geben auch einen Hinweis darauf, dass dies bei einer Reproduktion möglicherweise stärker auftritt, als bei der Repräsentation einer Musikperformance.

Die Messung von Spatial Presence erfolgte in dieser Untersuchung subjektiv mittels Fragebogen. Dadurch bestand das Problem, dass zeitliche Variationen im Spatial-Presence-Empfinden nicht erfasst wurden und die Ergebnisse möglicherweise stärker durch das Empfinden gegen Ende der Stimulusdarbietung geprägt sind (siehe Abschnitt 2.2). Des Weiteren war die Kodierung der in diesem Versuch verwendeten Stimuli nicht verlustfrei. Eine Verzerrung der Ergebnisse könnte darin bestehen, dass Artefakte durch die Kodierung bei unterschiedlich räumlicher Wiedergabe und bei verschiedenen Audioinhalten möglicherweise unterschiedlich stark wahrgenommen wurden. Die dynamische Binauralsynthese als Werkzeug zur Simulation unterschiedlicher akustischer Rezeptionssituationen bei gleichzeitigem Konstanthalten von Reizen über andere Modalitäten, weist eine hohe interne Validität auf. Diese geht jedoch auf Kosten der externen Validität [68]. Zur Untersuchung von Spatial Presence wurden in dieser Arbeit lediglich Schallfeldunterschiede simuliert. Daraus resultierend können nur bedingt Aussagen über die Hörerfahrung im Alltag als komplexes, multimodales und soziales Phänomen getroffen werden. Besonders der Einfluss visueller Reize bei der Hörerfahrung, der im Versuch durch eine Augenbinde verhindert wurde, ist bei der alltäglichen Rezeption von Audiomedien zu berücksichtigen.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Mit dieser Arbeit konnte gezeigt werden, inwiefern das Konzept Spatial Presence bedeutsam für die Audiokommunikation ist. Aufgrund der Immersivität räumlicher Audiotechnologien und der Bedeutung des Raumes bei Audioinhalten wie Musik und Sprache, spielt Spatial Presence eine wichtige Rolle bei der auditiven Medienrezeption. Das Hörspiel mit seinem narrativ geprägten Charakter und der Ausgestaltung mit Hinweisreizen durch Geräusche vermittelt einen Raum. Auch die Reproduktion oder Repräsentation von Musikperformances vermitteln einen Raum, an dem die Performance real oder virtuell stattgefunden hat. In Zusammenhang mit mehr oder weniger räumlichen Wiedergabetechnologien, über welche die beiden Audioinhalte elektroakustisch vermittelt werden, sind Hörspiel- und Musikaufnahmen in der Lage Spatial-Presence-Empfinden hervorzurufen.

Ausgang der Untersuchungen in dieser Arbeit war das PMSP, das inhaltliche und technische Faktoren des Mediums sowie subjektive Faktoren der rezipierenden Person, wie das bildliche räumliche Vorstellungsvermögen, das domänenspezifische Interesse, Suspension of Disbelieve und das höhere kognitive Involvement einbezieht, um das Entstehen von Spatial Presence in einem zweistufigen Prozess zu erklären. Dabei nimmt es die bewusste und unbewusste Aufmerksamkeitsallokation als Voraussetzung für die Bildung eines räumlichen Situationsmodells, das in einem zweiten Schritt als PERF akzeptiert wird und Spatial-Presence-Empfinden hervorruft. Das auf diesem Modell basierende und mehrfach validierte Messinstrument für Spatial Presence MEC-SPQ konnte in dieser Arbeit erfolgreich an die rein auditive Medienrezeption angepasst werden. Damit eignet es sich z.B. für den Einsatz zur Bewertung räumlicher Audiowiedergabesysteme und Audioinhalte.

Mit der Untersuchung von Spatial Presence bei der Hörspielrezeption konnten bisherige Studien zur Bedeutsamkeit von Spatial Presence für dieses Medium bestätigt werden [14, 15]. Diese Studien zeigen einen positiven Einfluss der Anwesenheit von Geräuschen auf das Spatial-Presence-Empfinden. Mit der vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, dass zudem auch der Grad räumlicher Hinweisreize einen positiven Effekt auf die Spatial-Presence-Dimension Handlungsmöglichkeiten hat. Zusätzlich wurde gezeigt, dass Spatial Presence auch eine Rolle bei der Rezeption von Musikaufnahmen spielt. Hier wirkten sich mehr räumliche Hinweisreize auf beide Spatial-Presence-Dimensionen Selbstlokalisierung und Handlungsmöglichkeiten aus.

Auf die Generierung eines räumlichen Situationsmodells konnte kein Einfluss durch einen erhöhten Grad an räumlichen Hinweisreizen festgestellt werden. Hier spielte die Art des Stimulus jedoch eine entscheidende Rolle, wie gut das mentale Modell der räumlichen Situation aufgebaut werden konnte. Der Einfluss des Stimulustyps auf

das räumliche Situationsmodell und die beiden Dimensionen von Spatial Presence ließen in dieser Arbeit nur Tendenzen erkennen. Allerdings zeigen diese Ergebnisse, dass sich eine genauere Betrachtung in zukünftigen Untersuchungen lohnt. So wäre eine größer angelegte Untersuchung mit einer größeren Stichprobe an Stimuli möglich, um Aussagen über Unterschiede bei der Hörspielrezeption gegenüber der Rezeption musikalischer Inhalte oder bei der Rezeption von Reproduktionen gegenüber Repräsentationen einer Performance auf die Allgemeinheit übertragen zu können. Für den Unterschied im Spatial-Presence-Empfinden bei der Rezeption von Reproduktionen und Repräsentationen wäre zudem ein Untersuchungsdesign auf Basis derselben Performance vorteilhaft, um weitere Merkmale unterschiedlicher Stimuli kontrollieren zu können.

Im Vergleich zum heutigen technischen Stand immersiver Audiotechnologien in der Forschung war der Unterschied des Grades räumlicher Hinweisreize bei einem Vergleich zwischen Zweikanalstereo-Kopfhörerwiedergabe und der Simulation einer Hörsituation in einem Raum mit fünf Lautsprechern in Surroundsound-Aufstellung in dieser Untersuchung relativ gering, da er durch die Verfügbarkeit räumlich produzierter Audioinhalte begrenzt war. Diese sind derzeit meist nur im Surroundsound-Format mit fünf oder sechs Kanälen verfügbar. Die Technologie der dynamischen Binauralsynthese erlaubt jedoch die vollständige Reproduktion oder Simulation einer immersiven akustischen 3D-Umgebung. Mithilfe von reflexionsfreien Aufnahmen von Klangquellen wie Sprecher*innen und Musikinstrumenten können Konzerte und Hörspiele in einer akustischen Umgebung synthetisiert werden, die einer realen rein auditiven Hörerfahrung in nichts nachstehen. Durch die Produktion von Hörspielen und musikalischen Inhalten für die dynamische Binauralsynthese kann eine Ausweitung der Untersuchung von Spatial Presence mit solch hochimmersiven Audiosystemen erfolgen.

Des Weiteren wäre es interessant zu untersuchen, welche Rolle die visuelle Wahrnehmung auf das Empfinden von Spatial Presence bei der Rezeption musikalischer Inhalte spielt und inwieweit Verfremdung und Synthese von neuartigen Klängen bei elektronischer Musik das Spatial-Presence-Empfinden beeinflussen. Da Emotionen und soziale Aspekte wie die Anwesenheit von singenden oder sprechenden Personen eine bedeutende Rolle beim Rezipieren von Hörspielen und Musikaufnahmen spielen, könnte auch eine Ausweitung der Betrachtungen von Hörspielen oder musikalischen Inhalten im Zusammenhang mit Spatial Presence und emotionalem Involvement oder mit weiteren Presence-Konzepten, wie z.B. Social Presence neue Erkenntnisse für die Medienrezeptionsforschung liefern [119, 120].

Literaturverzeichnis

- [1] Wirth, W. et al. (2007): „A Process Model of the Formation of Spatial Presence Experiences.” In: *Media Psychology* S. 493–525. doi:10.1080/15213260701283079.
- [2] Hofer, Matthias; Werner Wirth; Rinaldo Kuehne; Holger Schramm und Ana Sacau (2012): „Structural Equation Modeling of Spatial Presence: The Influence of Cognitive Processes and Traits.” In: *Media Psychology*, 15(4) S. 373–395. doi:10.1080/15213269.2012.723118.
- [3] Vorderer, Peter et al. (2004): „MEC spatial presence questionnaire (MEC-SPQ): Short documentation and instructions for application.” In: *Report to the European community, project presence: MEC (IST-2001-37661)*, 3.
- [4] Slater, Mel (2003): „A Note on Presence Terminology.” In: *Presence Connect*, 3 S. 1–5.
- [5] Tamborini, Ron und Paul Skalski (2006): „The role of presence in the experience of electronic games.” In: *Playing video games: Motives, responses, and consequences* S. 225–240. doi:10.4324/9780203873700.
- [6] Witmer, Bob G und Michael J Singer (1998): „Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire.” In: *Presence*, 7(3) S. 225–240. doi:10.1162/105474698565686.
- [7] Cummings, James J und Jeremy N Bailenson (2016): „How immersive is enough? A meta-analysis of the effect of immersive technology on user presence.” In: *Media Psychology*, 19(2) S. 272–309. doi:10.1080/15213269.2015.1015740.
- [8] Hendrix, C. und W. Barfield (1995): „Presence in virtual environments as a function of visual and auditory cues.” In: *Virtual Reality Annual International Symposium, 1995. Proceedings.* S. 74–82. doi:10.1109/VRAIS.1995.512482.
- [9] Dinh, Huong Q; Neff Walker; Larry F Hodges; Chang Song und Akira Kobayashi (1999): „Evaluating the importance of multi-sensory input on memory and the sense of presence in virtual environments.” In: *Proceedings of the IEEE Virtual Reality* S. 222–228. doi:10.1109/VR.1999.756955.
- [10] Poeschl, Sandra; Konstantin Wall und Nicola Doering (2013): „Integration of Spatial Sound in Immersive Virtual Environments An Experimental Study on Effects of Spatial Sound on Presence.” In: *Proceedings of the IEEE Virtual Reality* S. 129–130. doi:10.1109/VR.2013.6549396.

-
- [11] Chueng, Priscilla und Phil Marsden (2003): „Designing auditory spaces: the role of expectation.” In: *Proceedings of 10th International Conference on Human Computer Interaction* S. 616–620.
- [12] Larsson, Pontus; Daniel Västfjäll und Mendel Kleiner (2008): „Effects of auditory information consistency and room acoustic cues on presence in virtual environments.” In: *Acoustical Science and Technology*, 29(2) S. 191–194. doi:10.1250/ast.29.191.
- [13] Ozawa, Kenji und Manabu Miyasaka (2004): „Effects of reproduced sound pressure levels on auditory presence.” In: *Acoustical Science and Technology*, 25(3) S. 207–209. doi:10.1250/ast.25.207.
- [14] Fryer, Louise; Linda Pring und Jonathan Freeman (2013): „Audio Drama and the Imagination: The Influence of Sound Effects on Presence in People With and Without Sight.” In: *Journal of Media Psychology*, 25(2) S. 65–71. doi:10.1027/1864-1105/a000084.
- [15] Hoppe, Sabrina und Felix Frey (2015): „Hörspielrezeption und räumliches Präsenzerleben. Der Einfluss von Geräuschen auf das Gefühl der Anwesenheit in der medialen Welt.” In: *Studies in Communication / Media*, 4(3) S. 277–289. doi:10.5771/2192-4007-2015-3-277.
- [16] Doyle, Peter (2005): *Echo and reverb: fabricating space in popular music recording, 1900-1960*. Music/culture, 1st ed. Middletown, Connecticut: Wesleyan University Press. OCLC: ocm60360419.
- [17] Moldrzyk, Christoph; Tobias Lentz und Stefan Weinzierl (2005): „Perzeptive Evaluation binauraler Auralisationen.” In: *Fortschritte der Akustik*, 31(2) S. 545–546.
- [18] Gaver, William (1989): „The SonicFinder: An Interface That Uses Auditory Icons.” In: *Human-Computer Interaction*, 4(1) S. 67–94. doi:10.1207/s15327051hci0401_3.
- [19] Francombe, Jon; Tim Brookes und Russell Mason (2015): „Perceptual Evaluation of Spatial Audio: Where Next?” In: *Proceedings of the 22nd International Congress on Sound and Vibration* S. 340–347.
- [20] Lindau, Alexander et al. (2014): „A Spatial Audio Quality Inventory (SAQI).” In: *Acta Acustica united with Acustica*, 100(5) S. 984–994. doi:10.3813/AAA.918778.
- [21] Lee, Kwan Min (2004): „Presence, explicated.” In: *Communication theory*, 14(1) S. 27–50. doi:10.1111/j.1468-2885.2004.tb00302.x.
-

- [22] Minsky, Marvin (1980): „Telepresence.” In: *Omni* S. 45–51.
- [23] Steuer, Jonathan (1992): „Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence.” In: *Journal of Communication*, 42(4) S. 73–93. doi:10.1111/j.1460-2466.1992.tb00812.x.
- [24] Biocca, F. (1997): „The cyborg’s dilemma: embodiment in virtual environments.” In: S. 12–26. doi:10.1109/CT.1997.617676.
- [25] Lombard, Matthew und Theresa Ditton (1997): „At the Heart of It All: The Concept of Presence.” In: *Journal of Computer-Mediated Communication*, 3. doi:10.1111/j.1083-6101.1997.tb00072.x.
- [26] IJsselsteijn, Wijnand A.; Huib de Ridder; Jonathan Freeman und Steve E. Avons (2000): „Presence: concept, determinants, and measurement.” In: *Proc. SPIE 3959, Human Vision and Electronic Imaging* S. 520–529. doi:10.1117/12.387188.
- [27] Lee, Sungkil; Gerard J Kim; Albert Rizzo und Hyungjin Park (2004): „Formation of spatial presence: By form or content?” In: *Proceedings of the 7th international workshop on presence* S. 20–27.
- [28] Hartmann, Tilo et al. (2005): „Räumliche Präsenz als Rezeptionsmodalität: Ein theoretisches Modell zur Entstehung von Präsenzerleben.” In: V. Gehrau; H. Bilandzic und J. Woelke (Hrsg.) *Rezeptionsstrategien und Rezeptionsmodalitäten*. München: Fischer, S. 21–37.
- [29] Sheridan, Thomas B. (1992): „Musings on Telepresence and Virtual Presence.” In: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1(1) S. 120–126. doi:10.1162/pres.1992.1.1.120.
- [30] Slater, Mel (2009): „Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments.” In: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 364(1535) S. 3549–3557. doi:10.1098/rstb.2009.0138.
- [31] Slater, Mel; Beau Lotto; Maria Marta Arnold und Maria V. Sanchez-Vives (2009): „How we experience immersive virtual environments: the concept of presence and its measurement.” In: *Anuario de Psicología*, 40 S. 193–210.
- [32] Schubert, Thomas; Frank Friedmann und Holger Regenbrecht (1999): „Embodied presence in virtual environments.” In: *Visual representations and interpretations*. London: Springer, S. 269–278.
- [33] Wirth, Werner und Matthias Hofer (2008): „Präsenzerleben: Eine medienpsychologische Modellierung.” In: *Montage AV* S. 159–175.

- [34] Lombard, Matthew; Robert D Reich; Maria E Grabe; Cheryl C Bracken und Theresa B Ditton (2000): „Presence and television: The Role of Screen Size.” In: *Human Communication Research*, 26(1) S. 75–98. doi:10.1111/j.1468-2958.2000.tb00750.x.
- [35] Gysbers, Andre; Christoph Klimmt; Tilo Hartmann; Andreas Nosper und Peter Vorderer (2004): „Exploring the book problem: Text design, mental representations of space, and spatial presence in readers.” In: *Proceedings of the 7th international workshop on presence* S. 13–19.
- [36] Insko, B.E.; G. Riva; F. Davide und W.A. Ijsselsteijn (2003): „Measuring presence: Subjective, behavioural and physiological methods.” In: *Being there: Concepts, effects and measurement of user presence in synthetic environments*. Amsterdam: Ios Press, S. 109–119.
- [37] Ijsselsteijn, Wijnand; Huib de Ridder; Roelof Hamberg; Don Bouwhuis und Jonathan Freeman (1998): „Perceived depth and the feeling of presence in 3DTV.” In: *Displays*, 18(4) S. 207–214. doi:10.1016/S0141-9382(98)00022-5.
- [38] Müller, Hermann J. und Patrick M. A. Rabbitt (1989): „Reflexive and voluntary orienting of visual attention: time course of activation and resistance to interruption.” In: *Journal of experimental psychology. Human perception and performance*, 15(2) S. 315–30. doi:10.1037/0096-1523.15.2.315.
- [39] Riecke, Bernhard E. und Markus von der Heyde (2002): „Qualitative Modeling of Spatial Orientation Processes using Logical Propositions : Interconnecting Spatial Presence , Spatial Updating , Piloting , and Spatial Cognition.” In: *Technical Report: Max Planck Institute for Biological Cybernetics, Tübingen*, 100 S. 1–16.
- [40] Bystrom, Karl-Erik; Woodrow Barfield und Claudia Hendrix (1999): „A Conceptual Model of the Sense of Presence in Virtual Environments.” In: *Presence: Teleoper. Virtual Environ.*, 8(2) S. 241–244. doi:10.1162/105474699566107.
- [41] Posner, Michael I; Charles R Snyder und Brian J Davidson (1980): „Attention and the detection of signals.” In: *Journal of experimental psychology: General*, 109(2) S. 160–174. doi:10.1037/0096-3445.109.2.160.
- [42] Schubert, Thomas und Jan Crusius (2002): „Five Theses on the Book Problem: Presence in Books, Film and VR.” In: *Proceedings of 5th international workshop on presence* S. 53–59.
- [43] Krapp, Andreas (1993): „The construct of interest: Characteristics of individual interests and interest-related actions from the perspective of a person-object-theory.” In: *Studies in Educational Psychology*, 4.

- [44] Hegarty, Mary; Anthony E Richardson; Daniel R Montello; Kristin Lovelace und Ilavanil Subbiah (2002): „Development of a self-report measure of environmental spatial ability.” In: *Intelligence*, 30(5) S. 425–447. doi: 10.1016/S0160-2896(02)00116-2.
- [45] Wirth, Werner et al. (2008): „Entwicklung und Validierung eines Fragebogens zur Entstehung von räumlichem Präsenzerleben.” In: *Die Brücke zwischen Theorie und Empirie: Operationalisierung, Messung und Validierung in der Kommunikationswissenschaft*. Köln: von Halem S. 70–95.
- [46] Pietschmann, Daniel (2015): *Spatial Mapping in virtuellen Umgebungen Relevanz räumlicher Informationen für die User Experience und Aufgabenleistung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. OCLC: 899160130.
- [47] Böcking, Saskia et al. (2004): „Theoretical and empirical support for distinctions between components and conditions of spatial presence.” In: *Proceedings of the 7th international workshop on presence* S. 224–231.
- [48] Hartmann, T. et al. (2015): „The Spatial Presence Experience Scale (SPES): A Short Self-Report Measure for Diverse Media Settings.” In: *Journal of Media Psychology*. doi:10.1027/1864-1105/a000137.
- [49] He, JianJun (2017): „Literature Review on Spatial Audio.” In: *Spatial Audio Reproduction with Primary Ambient Extraction*. Singapur: Springer Singapur, S. 7–37. doi:10.1007/978-981-10-1551-9_2.
- [50] Blauert, Jens und Jonas Braasch (2008): „Räumliches Hören.” In: *Handbuch der Audiotechnik*. Berlin Heidelberg: Springer, S. 87–121.
- [51] Kuhl, W (1978): „Räumlichkeit als Komponente des Raumeindrucks.” In: *Acta Acustica united with Acustica*, 40(3) S. 167–181.
- [52] Larsson, Pontus; Aleksander Våljamäe; Daniel Västfjäll; Ana Tajadura-Jiménez und Mendel Kleiner (2010): „Auditory-Induced Presence in Mixed Reality Environments and Related Technology.” In: Emmanuel Dubois; Philip Gray und Laurence Nigay (Hrsg.) *The Engineering of Mixed Reality Systems*. London: Springer London, S. 143–163. doi:10.1007/978-1-84882-733-2_8.
- [53] Stolla, Jochen (2004): *Abbild und Autonomie: zur Klangbildgestaltung bei Aufnahmen klassischer Musik 1950 - 1994*. Marburg: Tectum Verl. OCLC: 238590803.
- [54] Lossius, Trond (2007): *Sound space body: Reflections on artistic practice*. Doktorarbeit, Bergen National Academy of the Arts.

-
- [55] Scheiber, Peter (1972): „Quadrasonic sound system.” Anmeldung: 29.12.1969, Patentnummer: US3632886A.
- [56] ITU, Radiocommunication Sector (2012): „Recommendation ITU-R BS.775-3 Multichannel stereophonic sound system with and without accompanying picture.” Genf.
- [57] Pulkki, Ville (1997): „Virtual Sound Source Positioning Using Vector Base Amplitude Panning.” In: *Journal of the Audio Engineering Society*, 45(6) S. 456–466.
- [58] Pulkki, Ville und Matti Karjalainen (2001): „Localization of amplitude-panned virtual sources I: stereophonic panning.” In: *Journal of the Audio Engineering Society*, 49(9) S. 739–752.
- [59] Gerzon, Michael A (1985): „Ambisonics in multichannel broadcasting and video.” In: *Journal of the Audio Engineering Society*, 33(11) S. 859–871.
- [60] Berkhout, Augustinus J (1988): „A holographic approach to acoustic control.” In: *Journal of the audio engineering society*, 36(12) S. 977–995.
- [61] Plenge, Georg (1974): „On the differences between localization and lateralization.” In: *The Journal of the Acoustical Society of America*, 56(3) S. 944–951.
- [62] Theile, Günther (1986): „On the standardization of the frequency response of high-quality studio headphones.” In: *Journal of the Audio Engineering Society*, 34(12) S. 956–969.
- [63] Møller, Henrik (1992): „Fundamentals of binaural technology.” In: *Applied acoustics*, 36(3-4) S. 171–218.
- [64] Slavik, Karl M und Stefan Weinzierl (2008): „Wiedergabeverfahren.” In: *Handbuch der Audiotechnik*. Berlin Heidelberg: Springer, S. 609–685.
- [65] Lindau, Alexander und Fabian Brinkmann (2012): „Perceptual evaluation of headphone compensation in binaural synthesis based on non-individual recordings.” In: *Journal of the Audio Engineering Society*, 60 S. 54–62.
- [66] Begault, Durand R; Elizabeth M Wenzel und Mark R Anderson (2001): „Direct comparison of the impact of head tracking, reverberation, and individualized head-related transfer functions on the spatial perception of a virtual speech source.” In: *Journal of the Audio Engineering Society*, 49(10) S. 904–916.
- [67] Lindau, Alexander; Torben Hohn und Stefan Weinzierl (2007): „Binaural re-synthesis for comparative studies of acoustical environments.” In: *Audio Engineering Society Convention 122* S. 1394–1403.
-

- [68] Lepa, Steffen und Alexander Lindau (2014): „Dynamische Binauralsynthese als methodisches Werkzeug der angewandten Musikpsychologie.“ Vortragsabstract, doi:10.14279/depositonce-35.
- [69] Collins, Karen; Bill Kapralos; Holly Tessler; Rolf Nordahl und Niels C. Nilsson (2014): „The Sound of Being There.“ In: Karen Collins; Bill Kapralos und Holly Tessler (Hrsg.) *The Oxford Handbook of Interactive Audio*. New York: Oxford University Press, S. 213–233. doi:10.1093/oxfordhb/9780199797226.013.013.
- [70] Gilkey, Robert H. und Janet M. Weisenberger (1995): „The Sense of Presence for the Suddenly Deafened Adult: Implications for Virtual Environments.“ In: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 4(4) S. 357–363. doi:10.1162/pres.1995.4.4.357.
- [71] Pope, Jackson und Alan Chalmers (1999): „Multi-sensory rendering: Combining graphics and acoustics.“ In: *Proceedings of the 7th International Conference in Central Europe on Computer Graphics* S. 233–242.
- [72] Freeman, Jonathan und Jane Lessiter (2001): „Here, there and everywhere: the effects of multichannel audio on presence.“ In: *Proceedings of the International Conference on Auditory Display* S. 231–234.
- [73] André, Cédric; Jean-Jacques Embrechts; Jacques Verly; Marc Rébillat und Brian FG Katz (2012): „Sound for 3D cinema and the sense of presence.“ In: *Proceedings of the 18th International Conference on Auditory Display* S. 14–21.
- [74] Skalski, Paul und Robert Whitbred (2010): „Image versus Sound: A Comparison of Formal Feature Effects on Presence and Video Game Enjoyment.“ In: *PsychNology Journal* S. 67–84.
- [75] Våljamäe, Aleksander; Pontus Larsson; Daniel Västfjäll und Mendel Kleiner (2004): „Auditory Presence, Individualized Head-Related Transfer Functions, and Illusory Ego-Motion in Virtual Environments.“ In: *Proceedings of 7th international workshop on presence* S. 141–147.
- [76] Murray, Craig D.; Paul Arnold und Ben Thornton (2000): „Presence Accompanying Induced Hearing Loss: Implications for Immersive Virtual Environments.“ In: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 9(2) S. 137–148. doi:10.1162/105474600566682.
- [77] Nordahl, Rolf (2005): „Self-induced footsteps sounds in virtual reality: Latency, recognition, quality and presence.“ In: *Proceedings of 8th international workshop on presence* S. 353–355.

- [78] Pörschmann, Christoph (2001): „One’s Own Voice in Auditory Virtual Environments.” In: *Acta Acustica united with Acustica*, 87 S. 378–388.
- [79] Cook, Nicholas (2003): „Music as performance.” In: Martin Clayton (Hrsg.) *The cultural study of music: A critical introduction*. New York: Routledge, S. 204–214.
- [80] Gracyk, Theodore (1997): „Listening to music: Performances and recordings.” In: *The Journal of Aesthetics and Art Criticism*, 55(2) S. 139–150.
- [81] Ahnert, Wolfgang und Hans-Peter Tennhardt (2008): „Raumakustik.” In: *Handbuch der Audiotechnik*. Berlin Heidelberg: Springer, S. 181–266.
- [82] Sannicandro, Valerio (2014): *Space and spatialization as discrete parameter in music composition*. Doktorarbeit, TU Berlin. doi:10.14279/depositonce-4181.
- [83] Dart, Thurston (1959): *Practica musica: vom Umgang mit alter Musik*. 1. Bern: Francke.
- [84] Weinzierl, Stefan und Kees Tazelaar (2006): „Raumsimulation und Klangkunst.” In: H. de la Motte-Haber; M. Osterwolth und G. Weckwerth (Hrsg.) *Sonambiente Berlin 2006 Klang Kunst Sound Art*. Heidelberg: Kehrer, S. 350–365.
- [85] Auslander, Philip (2008): *Liveness: performance in a mediatized culture*. 2nd ed. London ; New York: Routledge. OCLC: ocn144770575.
- [86] Weinzierl, Stefan (2008): „Aufnahmeverfahren.” In: Stefan Weinzierl (Hrsg.) *Handbuch der Audiotechnik*. Berlin Heidelberg: Springer, S. 551–607.
- [87] Maempel, Hans-Joachim; Stefan Weinzierl und Peter Kaminski (2008): „Audiobearbeitung.” In: *Handbuch der Audiotechnik*. Berlin Heidelberg: Springer, S. 719–784.
- [88] Theile, Günther (2001): „Natural 5.1 music recording based on psychoacoustic principals.” In: *Proceedings of the AES 19th International Conference: Surround Sound-Techniques, Technology, and Perception*.
- [89] Guastavino, Catherine und Brian FG Katz (2004): „Perceptual evaluation of multi-dimensional spatial audio reproduction.” In: *The Journal of the Acoustical Society of America*, 116(2) S. 1105–1115. doi:10.1121/1.1763973.
- [90] Lepa, Steffen; Stefan Weinzierl; Hans-Joachim Maempel und Elena Ungeheuer (2014): „Emotional Impact of Different Forms of Spatialization in Everyday Mediatized Music Listening: Placebo or Technology Effects?” In: *Audio Engineering Society Convention 136*.

-
- [91] Meyer, Leonard B. (1956): *Emotion and Meaning in Music*. Chicago: University of Chicago Press.
- [92] Huron, David (2006): *Sweet Anticipation: Music and the Psychology of Expectation*. Massachusetts: MIT Press.
- [93] Walther-Hansen, Mads (2015): „Sound Events, Spatiality and Diegesis: The Creation of Sonic Narratives in Music Production.” In: *Dansk Musikforskning Online* S. 29–46.
- [94] Crisell, Andrew (2000): „Better Than Magritte: How Drama on the Radio Became Radio Drama.” In: *Journal of Radio Studies*, 7(2) S. 464–473. doi: 10.1207/s15506843jrs0702_16.
- [95] Rühr, Sandra (2008): *Tondokumente von der Walze zum Hörbuch: Geschichte - Medienspezifik - Rezeption*. Göttingen: V&R unipress.
- [96] Maier, Frank (2016): *Das Hörspiel. Eine technische Kunstform?* Doktorarbeit, Universität Würzburg.
- [97] Schmedes, Götz (2002): *Medientext Hörspiel: Ansätze einer Hörspielemiotik am Beispiel der Radioarbeiten Alfred Behrens*. Münster: Waxmann.
- [98] Fischer, Eugen Kurt (1964): *Das Hörspiel: Form und Funktion*. Stuttgart: Kröner.
- [99] Haines, Thomas und M Hooker (1997): „Multichannel Audio Dramas: A Proposal.” In: *Proceedings of the 102nd AES Convention*.
- [100] Hickethier, Knut (1999): „Der Schauspieler als Produzent. Überlegungen zur Theorie des medialen Schauspiels.” In: Heinz B. Heller; Karl Prümm und Birgit Peulings (Hrsg.) *Der Körper im Bild: Schauspielen–Darstellen–Erscheinen*. Marburg: Schüren, S. 9–30.
- [101] Huwiler, Elke und others (2005): *Erzähl-Ströme im Hörspiel. Zur Narratologie der elektroakustischen Kunst*. Paderborn: Mentis.
- [102] Klippert, Werner; Anette Kühmeyer und Peter Herbertz (1977): *Elemente des Hörspiels*. Stuttgart: Reclam.
- [103] Chion, Michel (1994): *Audio-vision: sound on screen*. New York: Columbia University Press.
- [104] Ahrens, Jens; Matthias Geier und Sascha Spors (2008): „The SoundScape Renderer: A Unified Spatial Audio Reproduction Framework for Arbitrary Rendering Methods.” In: *Audio Engineering Society Convention 124*.
-

-
- [105] Pike, Chris und Michael Romanov (2017): „An Impulse Response Dataset for Dynamic Data-Based Auralization of Advanced Sound Systems.” In: *Audio Engineering Society Convention 142*.
- [106] Nixon, T; A Bonny und F Melchior (2015): „A reference listening room for 3D audio research.” In: *3rd International Conference on Spatial Audio*.
- [107] ITU, Radiocommunication Sector (2015): „Recommendation ITU-R BS.1116-3 Methods for the subjective assessment of small impairments in audio systems.” Genf.
- [108] Lindau, Alexander; Hans-Joachim Maempel und Stefan Weinzierl (2008): „Minimum BRIR grid resolution for dynamic binaural synthesis.” In: *Journal of the Acoustical Society of America*, 123(5) S. 3851–3856. doi:10.1121/1.2934364.
- [109] Polhemus (2013): „Patriot User Manual.” URL https://polhemus.com/_assets/img/PATRIOT_User_Manual_URM03PH170-J.pdf. Letzter Zugriff am 02.07.2018 um 18:03 Uhr.
- [110] Bernschütz, Benjamin (2013): „A spherical far field HRIR/HRTF compilation of the Neumann KU 100.” In: *Proceedings of the 40th Italian (AIA) Annual Conference on Acoustics and the 39th German Annual Conference on Acoustics (DAGA)* S. 29–32.
- [111] Sacau, Ana; Jari Laarni und Tilo Hartmann (2008): „Influence of individual factors on presence.” In: *Computers in Human Behavior*, 24(5) S. 2255 – 2273. doi:10.1016/j.chb.2007.11.001.
- [112] Bortz, Jürgen und Nicola Döring (2006): *Forschungsmethoden und Evaluation: für Human- und Sozialwissenschaftler*. 4. Heidelberg: Springer-Medizin-Verlag. OCLC: 844977370.
- [113] Singer, Judith D. und John B. Willett (2003): *Applied longitudinal data analysis: modeling change and event occurrence*. New York: Oxford University Press.
- [114] Hox, Joop J. (2010): *Multilevel analysis: techniques and applications*. Quantitative methodology series, 2. ed. New York: Routledge, Taylor & Francis. OCLC: 699131033.
- [115] Peugh, James L und Craig K Enders (2005): „Using the SPSS mixed procedure to fit cross-sectional and longitudinal multilevel models.” In: *Educational and psychological measurement*, 65(5) S. 717–741.

- [116] Heck, Ronald H.; Scott Loring Thomas und Lynn N. Tabata (2010): *Multilevel and longitudinal modeling with IBM SPSS*. Quantitative methodology series. New York: Routledge. OCLC: 699762912.
- [117] Cronbach, Lee J (1951): „Coefficient alpha and the internal structure of tests.” In: *psychometrika*, 16(3) S. 297–334.
- [118] Kuckartz, Udo; Stefan Rädiker; Thomas Ebert und Julia Schehl (2010): *Statistik: eine verständliche Einführung*. Lehrbuch, 1. Aufl. Wiesbaden: VS, Verlag für Sozialwissenschaften. OCLC: 662416126.
- [119] Wirth, Werner; Matthias Hofer und Holger Schramm (2012): „The Role of Emotional Involvement and Trait Absorption in the Formation of Spatial Presence.” In: *Media Psychology*, 15(1) S. 19–43. doi:10.1080/15213269.2011.648536.
- [120] Horvath, Karl und Matthew Lombard (2010): „Social and Spatial Presence: An Application to Optimize Human-Computer Interaction.” In: *PsychNology Journal*, 8(1) S. 85–114.

A Messinstrument

Visuelles räumliches Vorstellungsvermögen

- | | |
|-----|--|
| SI1 | Wenn mir jemand einen Grundriss zeigt, kann ich mir den Raum dazu gut vorstellen |
| SI2 | Es fällt mir leicht einen Raum plastisch vor Augen zu führen, ohne darin zu sein |
| SI3 | Wenn ich einen Text lese, kann ich mir die Anordnung der beschriebenen Objekte meistens gut vorstellen |
| SI4 | Wenn mir jemand einen Raum schildert, ist es für mich meist sehr einfach, mir diesen klar vorzustellen |
-

Aufmerksamkeitsallokation

- | | |
|------|--|
| ATT1 | Ich habe der Darbietung starke Beachtung geschenkt |
| ATT2 | Ich habe mich auf die Darbietung konzentriert |
| ATT3 | Die Darbietung hat meine Sinne vereinnahmt |
| ATT4 | Ich habe mich der Darbietung voll gewidmet |
-

Räumliches Situationsmodell

- | | |
|------|---|
| SSM1 | Ich konnte die in der Darbietung präsentierte räumliche Anordnung gut nachvollziehen |
| SSM2 | Ich hatte eine genaue Vorstellung von der in der Darbietung präsentierten räumlichen Umgebung |
| SSM3 | Ich konnte gut abschätzen, wie groß der präsentierte Raum war |
| SSM4 | Ich habe jetzt noch ein plastisches Bild der räumlichen Umgebung im Kopf |
-

Domänenspezifisches Interesse

- | | |
|------|---|
| DSI1 | An [diesem Musikgenre/ dem Thema des Hörspiels/ dem Thema des Theaterstücks] bin ich generell interessiert |
| DSI2 | Ich fühle schon seit langer Zeit eine starke Neigung zu [diesem Musikgenre/ dem Thema des Hörspiels/ dem Thema des Theaterstücks] |
-

-
- DSI3 Ich hatte schon eine Vorliebe für [dieses Musikgenre/ den Gegenstand dieses Hörspiels/ den Gegenstand dieses Theaterstücks] bevor ich in diesem Versuch damit zu tun hatte
- DSI4 Ich liebe es einfach, mir Gedanken [über dieses Musikgenre/ zum Thema des Hörspiels/ zum Thema des Theaterstücks] zu machen
-

Höheres kognitives Involvement

- HCI1 Ich habe meist an Dinge gedacht, die mit der Darbietung zu tun hatten
- HCI2 Ich habe gründlich überlegt, inwiefern die präsentierten Dinge miteinander zu tun haben
- HCI3 Das in der Darbietung Präsentierte hat meine Gedanken angeregt
- HCI4 Ich habe darüber nachgedacht, ob das in der Darbietung Präsentierte für mich von Nutzen sein kann
-

Suspension of Disbelieve

- SoD1 Ich habe mich darauf konzentriert, ob Unstimmigkeiten in der Darbietung vorhanden sind
- SoD2 Ich habe nicht besonders darauf geachtet, ob Fehler bzw. Widersprüche in der Darbietung bestehen
- SoD3 Ich stand dem Präsentierten in der Darbietung kritisch gegenüber
- SoD4 Für mich war es nicht von Bedeutung, ob die Darbietung Fehler bzw. Widersprüche enthält
-

Selbstlokalisierung

- SPSL1 Ich hatte das Gefühl, in der präsentierten Umgebung selbst vor Ort zu sein
- SPSL2 Es war, als ob sich mein eigentlicher Standort in die präsentierte Umgebung verlagert hatte
- SPSL3 Ich hatte das Gefühl, in der präsentierten Umgebung selbst körperlich anwesend zu sein
- SPSL4 Es kam mir vor, als ob ich wirklich am präsentierten Geschehen teilgenommen habe
-

Handlungsmöglichkeiten

- SPPA1 Ich hatte den Eindruck, dass ich selbst in der präsentierten Umgebung aktiv werden konnte
- SPPA2 Ich hatte das Gefühl, um die präsentierten Objekte herumgehen zu können
- SPPA3 Die präsentierten Gegenstände wirkten auf mich, als ob ich selbst etwas mit ihnen machen konnte
- SPPA4 Es kam mir so vor, als ob ich in der präsentierten Umgebung tun und lassen konnte, was ich wollte
-

Handlungsmöglichkeiten2

- SPPA2 Ich hatte das Gefühl, um die präsentierten Klangquellen herumgehen zu können
- SPPA3 Die präsentierten Klangquellen wirkten auf mich, als ob ich selbst etwas mit ihnen machen konnte
-

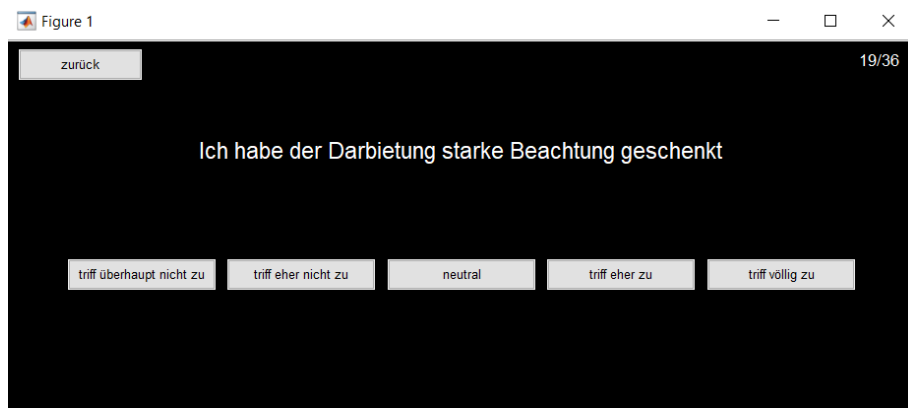
Tabelle 8: Angepasstes Messinstrument zur Messung von Spatial Presence bei auditiv rezipierten Medien nach [3]

B Versuchsinformationen und Einverständniserklärung

Informationen Liebe*r Versuchsteilnehmer*in,

Sie nehmen heute an einem Hörversuch zum räumlichen Präsenzepfinden beim Hören von Sprach- und Musikproduktionen teil.

Innerhalb dieses Versuchs werden Ihnen nacheinander 4 Audioinhalte über ein sehr räumlich wirkendes Kopfhörersystem dargeboten. Nach jeder Darbietung werden Ihnen dazu mehrere Fragen gestellt. Bitte beantworten Sie die Fragen durch Anklicken der Buttons unterhalb der Frage im Fenster (siehe Abbildung). Das Klicken eines Buttons schließt das Fenster und öffnet das Fenster für die nächste Frage. Sollten Sie versehentlich den falschen Button erwischt haben, können Sie mit dem Button „zurück“ zur vorigen Frage navigieren.



Einige Fragen sind mit Hilfe eines Schiebereglers oder durch Eingabe eine Zahl zu beantworten.

Am Ende des Versuchs werden Sie gebeten Ihr Alter, Geschlecht, Erfahrung in der Audio-technik und Fragen zu Ihrem räumlichen Vorstellungsvermögen zu beantworten.

Die von Ihnen angegebenen Daten werden unter einer Teilnehmer-Nummer in digitaler Form gespeichert, sodass anschließend keine Identifizierung der Teilnehmer*innen möglich ist. Die Ergebnisse können in dieser anonymen Form auch anderen Forschern zur Verfügung gestellt werden.

Die Teilnahme an diesem Versuch ist mit keinerlei Risiken oder direkten Vorteilen verbunden. Für die Teilnahme an diesem Versuch wird kein Entgelt ausgezahlt. Studierende am Fachgebiet Audiokommunikation können sich die Versuchszeit für das Modul MSc-AKT 2 anrechnen lassen.

Sie können das Experiment jederzeit abbrechen. Bei Fragen stehe ich Ihnen jederzeit zur Verfügung.

Vielen Dank für die Teilnahme!

Einverständniserklärung

Die oben aufgeführten Informationen wurden mir erklärt und meine Fragen dazu beantwortet. Mit meiner Unterschrift erkläre ich, dass ich an dem Experiment teilnehmen möchte.

Berlin,

(Datum und Unterschrift der Teilnehmerin/ des Teilnehmers)

Bestätigung des Versuchsleiters

Ich bestätige, dass das Ziel und die Durchführung des geplanten Laborexperiments sowie die potentiellen Vorteile und Risiken, die damit verbunden sind, den Teilnehmenden erklärt worden sind. Ihre Fragen dazu wurden ebenfalls beantwortet.

Berlin,

(Datum und Unterschrift der Teilnehmerin/ des Teilnehmers)

C Inhaltsverzeichnis der beiliegenden DVD

📁 Auswertung

Ausgabe.spv *Ausgabe der Datenauswertung (SPSS)*

Auswertung.sps *Syntax der Datenauswertung (SPSS)*

SpatialPresence_long.sav *Datensatz (SPSS)*

📁 Dokument

MA_Janek_Newjoto.pdf *Die gesamte Masterarbeit als PDF-Dokument*

📁 Hoerversuch

📁 RenderPC

📁 AdjustLoudness

start_AL.sh *Skript zum Ausführen des Tests zur Lautstärkeanpassung (Render-PC)*

📁 SpatialPresence

start_SP_test.sh *Skript zum Ausführen des Spatial-Presence-Hörversuchs (Render-PC)*

📁 VersuchsPC

📁 SpatialPresence

main.m *Skript zum Ausführen des Spatial-Presence-Hörversuchs (Versuchs-PC)*