

Auditive Raumgestaltung

Empirische Untersuchung zur Beeinflussung des
Raumgrößeempfindens durch eingespieltes Rauschen

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Arts (MA)

vorgelegt von

Michaela NEUHOLD

am Institut für Musikwissenschaft

der Karl-Franzens-Universität Graz

Begutachter: Ao.Univ.-Prof. Priv.-Doz. Dr. Werner Jauk

Graz, 2014

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Werner Jauk für die fachlichen Anregungen über die Jahre meiner Studienzeit hinweg und für die Betreuung und hilfreichen Gespräche zu dieser Arbeit herzlich danken.

Ein weiterer großer Dank gilt meinen lieben Eltern, für eure allseitige und immerwährende Unterstützung und euer Vertrauen. Ebenso möchte ich meiner gesamten Familie und meinem lieben Freund danken, für die vielen hilfreichen und motivierenden Worte und dass ich meine Freude mit euch teilen kann.

Inhaltsverzeichnis

Kurzzusammenfassung.....	4
Abstract.....	5
1 Einleitung	6
1.1 Architekturpsychologie	8
1.2 Der Klang in der Architektur.....	9
1.3 Aurale Architektur.....	12
2 Zugrundeliegende Theorien.....	13
2.1 Wahrnehmung der Umwelt	14
2.2 Wahrnehmung von Raum.....	18
2.3 Exkurs: Räumlichkeit und Geschlecht	24
2.4 Raumhören	29
2.5 Bewusster Einsatz von Klang im Raum	38
2.5.1 Strukturierung und Gestaltung von architektonischem Raum.....	39
2.5.2 Durch Klang veränderlicher Raum.....	40
2.5.3 Anwendung von Klang im Raum.....	42
3 Forschungsansatz.....	43
4 Empirische Überprüfung der Hypothesen	50
4.1 Untersuchungsdesign.....	50
4.2 Versuchspersonen.....	50
4.3 Untersuchungsraum	51
4.4 Verwendete Materialien	52
4.5 Untersuchungsdurchführung	54
4.6 Ergebnisse.....	55
4.6.1 AV 1 – Raumgröße, Raumweite.....	56
4.6.2 AV 2 – Emotionale Bewertung	62
4.6.3 Inhaltliche Größen Volumen und Density.....	69
4.6.4 Auswertung des Postfragebogens.....	72

5	Interpretation	75
5.1	Die Wirkung des eingespielten Rauschens auf das Raumgrößeempfinden und die emotionale Bewertung	75
5.2	Mögliche Bedeutung für Fragestellung und Hypothesen	78
6	Diskussion	80
7	Zusammenfassung und Ausblick.....	83
	Anhang	85
1	Bei der Hauptuntersuchung verwendete Rauschbänder	85
2	Instruktion.....	86
	Literaturverzeichnis	93

Kurzzusammenfassung

Eine bewusste Gestaltung von Raumklang findet in der zeitgenössischen architektonischen Praxis kaum statt, wohl eher kann der vorhandene Klang als ungeplantes Produkt baulicher Gegebenheiten betrachtet werden. Die vorliegende Arbeit möchte auf theoretischer und empirischer Basis zur Entwicklung von Strategien auditiver Raumgestaltung beitragen. Zunächst werden die Themenbereiche Wahrnehmung der Umwelt, Wahrnehmung von Raum und das Hören von Raum behandelt, auch geschlechtsspezifische Unterschiede zu Räumlichkeit werden erörtert. Da in jedem Raum ein Grundrauschen vorhanden ist und Raumgröße als wesentliches Merkmal eines Raumes erscheint, soll ein Zusammenhang zwischen diesen beiden Aspekten hergestellt und empirisch überprüft werden. Die hierbei aufgestellten Hypothesen beschreiben den Einfluss von Dämpfung und Dichte speziell gefilterten Rauschens auf die empfundene Raumgröße (verbale Messung anhand der Skalen *klein-groß* und *eng-weit*) und einen Einfluss der empfundenen Raumgröße auf die emotionale Bewertung des Raumes (Messung anhand eines semantischen Differentials). Die Ergebnisse der empirischen Überprüfung dieser Hypothesen in einem Laborexperiment zeigen einen Einfluss der Dämpfung auf die empfundene Raumweite und der Dichte auf die empfundene Raumgröße. Dass die Wirkung der Dichte der aufgestellten Hypothese hierbei nicht entspricht, ist womöglich auf die Operationalisierung der Dichte zurückzuführen. Ob die Dichte tatsächlich so wahrgenommen wurde wie intendiert, wird diskutiert. Neben Dämpfung und Dichte stellte sich ebenso das Geschlecht der Versuchspersonen als relevanter Einflussfaktor heraus. Mögliche Interpretationen der gewonnenen Ergebnisse werden detailliert ausgeführt. Da eine bewusste, aktive Raumgestaltung durch Klang möglich erscheint, wäre die Untersuchung weiterer, für auditive Raumgestaltung relevanter Parameter sinnvoll. Praktische Anwendungsmöglichkeiten, wie etwa die Anpassung des Raumklanges an Tages- oder Jahreszeiten, werden erläutert.

Abstract

Today's spatial acoustics occur more or less by chance of construction, its conscious creation is hardly part of architectural praxis. The present thesis wants to contribute to an auditive creation of room by offering a theoretical and empirical basis. It contains the issues perception of environment, perception of room and the human ability to hear a room. Gender-related differences in reference to spatiality will also be considered. Based on the facts, that each room contains a certain background noise, and that room size is a very important physical and emotional aspect of room, an empirical study will be conducted to proof three hypotheses. These hypotheses describe the influence of white noise's damping, due to air absorption, and density, due to the behaviour of early reflections in a room, on perceived room size (verbal measure by the scales *small-large* and *narrow-wide*), and the influence of room size on emotional evaluation of room (measured by a semantic differential). The hypotheses were tested in an experiment; the results show an influence of damping on perceived room width, and an influence of density on perceived room size. Since the effect of density turned out to be contrary to the hypothesis and due to other leads, the operationalization of density has to be questioned. If subjects even perceived density as it was intended, will be discussed. Besides damping and density, the subject's sex turned out to be a relevant influencing factor. The obtained results will be interpreted in detail. Given that there lies realistic potential in a construction of room by sound, further parameters for auditive creation of room should be found and tested. The present thesis will also give possibilities of application, like individual modification of room's spatial acoustics due to time of day or time of the year.

1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit versucht auf theoretischer und empirischer Grundlage einen Beitrag zu auditiver Raumgestaltung zu leisten. Auditive Raumgestaltung meint hierbei eine bewusste und aktive Gestaltung des Raumklanges, im Gegensatz zu einem Hinnehmen der akustischen Situation aufgrund baulicher Gegebenheiten. Den hierfür benötigten Ausgangspunkt bildet folgende Fragestellung: Kann ein Raum durch Klang gestaltet werden und hat dies Auswirkungen auf die emotionale Bewertung des Raumes? Zur Konkretisierung und Beantwortung dieser Frage, soll das Thema Raum und Klang zunächst anhand bestehender Theorien und durchgeführter empirischer Untersuchungen aufbereitet werden, um in weiterer Folge drei Hypothesen ableiten zu können. Die Ergebnisse der vorliegenden empirischen Überprüfung dieser Hypothesen sollen abschließend in das aufgebaute Theoriegebilde eingebettet werden.

Das zu Beginn der Arbeit stehende Kapitel *Zugrundeliegenden Theorien* führt sogleich in den Themenbereich *Wahrnehmung der Umwelt*. Hierin werden die Entwicklung verschiedener Wahrnehmungskonzepte, die wesentliche Bedeutung emotionaler Wahrnehmung und der Vergleich zwischen externer Umwelt und interner Repräsentation behandelt. Der zweite Themenbereich widmet sich der *Wahrnehmung von Raum*. An dieser Stelle sei betont, dass der Begriff „Raum“ in der gesamten Arbeit als umweltbezogener bzw. architektonischer Raum zu verstehen ist. Verschiedene Raumkonzepte, wie etwa sozialer, politischer oder ökonomischer Raum, werden nicht behandelt. Im Themenbereich Wahrnehmung von Raum wird eine Auseinandersetzung mit der Entstehung von Raum, dem Erleben von Raum und weiters, da für die vorliegende Arbeit von besonderer Relevanz, mit Raumgröße stattfinden. Der dritte Themenbereich bildet einen Exkurs zu *Räumlichkeit und Geschlecht*. Hierin wird auf Geschlechtsunterschiede in Bezug auf Räumlichkeit und mögliche Erklärungsmodelle für diese Unterschiede eingegangen werden, da dies für die Interpretation der empirischen Ergebnisse von Interesse sein wird. Der vierte Themenbereich führt nun in das für auditive Wahrnehmung wesentliche Gebiet des *Raumhörens*. Dieses Kapitel wird das Verhalten von Schall im Raum, binaurales Hören, die Möglichkeiten auditiver Simulation von Raumgröße, das Grundrauschen eines Raumes und die Fähigkeit des Hörens von Raum, eingeschlossen der Konzepte *Echolocation* und *Spatial Awareness*, behandeln. Der fünfte und letzte Themenbereich der zugrundeliegenden Theorien führt

Beispiele für den *bewussten Einsatz von Klang im Raum* auf und bildet damit einen Übergang zur folgenden Ausführung der empirischen Untersuchung.

Der Forschungsansatz der vorliegenden Arbeit besteht darin, auditive Raumwahrnehmung mittels Illusion zu erzeugen. Während die auditive Simulation von Raum eine direkte Nachahmung des Schallverhaltens im Raum meint, basiert die auditive Illusion von Raum auf den bisherigen Hörerfahrungen des Menschen und der damit verbundenen Eigenschaft Klang räumlich wahrzunehmen, obwohl dieser nicht räumlich dargeboten wird. Diese Form des Raumhörens soll als interpretierendes Raumhören beschrieben werden. Für die empirische Überprüfung der aufgestellten Hypothesen wird die Methode des Laborexperiments gewählt. Als auditive Stimuli dienen unterschiedlich gefilterte Rauschbänder, deren Dämpfung und Dichte als unabhängige Variablen variiert werden. Als abhängige Variablen werden die empfundene Raumgröße, verbal mithilfe von Gegensatzpaaren gemessen, und die emotionale Qualität des Rauschens bzw. des Raumes, beurteilt mithilfe eines semantischen Differentials, herangezogen. Im Zuge der Auswertung werden Faktoren- und Varianzanalysen durchgeführt.

Die Bedeutung, welche architektonischer Raum für den Menschen einnimmt, und die damit verbundenen persönlichen, beeinflussenden Gestaltungsmöglichkeiten bilden einen der Grundsteine für das gewählte Thema dieser Arbeit. Einen weiteren Grundstein bildet der Umstand, dass Klang ein wesentlicher Bestandteil der Umwelt ist, aber oftmals unterschätzt oder unterberücksichtigt wird. Sei es dadurch, dass Klang beim Erschaffen von Raum kaum beachtet wird, sei es dadurch, dass Klang als vorgefertigtes Massenprodukt öffentliche Toiletten oder Geschäftsflächen berieselt. Das dem Klang inliegende Potential könnte besser genutzt werden, würde er in unserer Lebenswelt mehr Beachtung finden. Das Ziel der vorliegenden Arbeit soll somit sein, für die klangliche Wahrnehmung eines Raumes zu sensibilisieren, sich für eine aktive Gestaltung des Raumklanges einzusetzen und im Zuge dessen eine Grundlage für die Anwendung einer auditiven Raumgestaltung zu schaffen.

Das Thema der vorliegenden Arbeit fällt in unterschiedliche Forschungsdisziplinen, wie etwa der Akustik, Architektur, Musikologie oder Psychologie. Ebenso in diesem Schnittbereich anzusiedeln wäre die Forschungsdisziplin der Architekturpsychologie. Da diese für das Thema äußerst relevante Disziplin noch nicht allzu lange besteht, soll sie im Rahmen dieses Einleitungskapitels kurz erläutert werden. Auch der für das

Thema grundlegenden Frage, welche Rolle Klang in der architektonischen Raumgestaltung einnimmt und weshalb er geradezu vernachlässigt wird, soll vorab nachgegangen werden. Abschließend soll das Konzept der auralen Architektur, welche sich eben mit der Wahrnehmung von Raum aufgrund von Klang beschäftigt, kurz behandelt werden.

1.1 Architekturpsychologie

1969 trafen sich Architekten und Psychologen im Rahmen einer Tagung der schottischen Strathclyde University, um ein Grundsatzgespräch über die psychologischen Aspekte von Bauten und Räumen zu führen (Striffler 1973, S. 7). Dieses Treffen wird heute als der Beginn der Architekturpsychologie betrachtet. Definiert werden kann diese Fachdisziplin als Lehre vom Erleben und Verhalten des Menschen in gebauten Umwelten, deren Ziel es ist „menschliches Erleben und Verhalten in diesem Kontext zu beschreiben, zu erklären, vorherzusagen und zu verändern“ (Richter 2013, S. 21). Mit Flade (2008, S. 14) kann ergänzt werden, dass es Ziel der Architekturpsychologie ist, mit „psychologischen Erkenntnissen dazu beizutragen, dass optimale Umwelten entstehen und ungünstige Umweltbedingungen vermieden oder beseitigt werden“. Der sich in der Umwelt aufhaltende Mensch kann als aktiver Schöpfer oder passiver Nutzer dieser Umwelt betrachtet werden (Walden & Kosica 2011, S. 16). Das Erleben des Umfeldes werde hierbei durch kognitive, emotionale und ästhetische Prozesse geprägt; die Reaktionen auf die Umwelt fänden sowohl bewusst, als auch teil- und unbewusst statt.

Architekturpsychologische Forschung wird überwiegend in Laborumwelten durchgeführt (Flade 2008, S. 16f.). Dies bringt mit sich, dass die Richtigkeit der Ergebnisse erst in konkreten Alltagssituationen verifiziert werden kann. Anstelle einer strengen Ursache-Wirkung-Beziehung geht die Forschung eher von einer Wechselbeziehung zwischen Mensch und Umwelt aus. Wesentlich erscheint zudem die Einbeziehung der zeitlichen Dimension. So kann eine bauliche Gestaltung nicht konstant und zeitunabhängig optimal sein, da sich sowohl Umwelten als auch Menschen im Laufe der Zeit verändern. Die in Gebrauch genommene Umwelt nützt sich ab, die Bedürfnisse der Menschen wandeln sich mit ihrem Lebensalter und ihrer Lebenssituation.

Mögliche Fragen der Architekturpsychologie könnten sein, warum ein Raum gefällt, warum große Gebäude eine leichte Orientierung nicht zulassen oder in welche Richtung sich BesucherInnen eines Museums orientieren (Flade 2008, S. 14). Zudem greift die Architekturpsychologie Themen wie die Gestaltung spezifischer Umwelten (Büroumwelten, Lernumwelten, Freizeitumwelten, Umwelten zur Wiederherstellung der Gesundheit etc.) und zielgruppenorientierte Gestaltung (Umwelten für Kinder, behinderte Menschen, Menschen im Alter etc.) auf (vgl. Flade 2008). Ein Aspekt der Architekturpsychologie ist es ebenso, methodische Werkzeuge für Planung und Evaluierung architektonischer Gebilde, etwa der empirischen Feststellung von Nutzung und Zufriedenheit, zur Verfügung zu stellen (vgl. Geisler 1978, S. 95-158).

1.2 Der Klang in der Architektur

Bedenkt man die akustischen Besonderheiten von Amphitheatern oder Flüstergalerien (engl. *whispering galleries*), wird sogleich klar, dass klangliche Aspekte in der Architektur vergangener Zeiten eine bedeutende Rolle gespielt haben (Sheridan & Van Lengen 2003, S. 37f.). Diese Bedeutung ging allerdings zunehmend verloren, die westliche Architektur wird seit der Renaissance von einer Dominanz des Sehens geprägt. So bemerken auch Brandlhuber und Emde (2008, S. 74), dass das Thema Raumakustik nur bei wenigen Räumen, wie etwa Studios oder Konzertsälen, relevant sei und dass es in der heutigen Architektur darum gehe, Schall möglichst zu vermeiden. Weiters merken sie an: „Es gibt auch kein Sounddesign in der Architektur wie bei einer guten Mercedes-Tür. Der Klang ist kein Qualitätsmerkmal“ (Brandlhuber & Emde 2008, S. 74). Fürwahr stellt sich Klang in der heutigen Architektur eher als Problem dar, welches es auszugrenzen gilt. Lärmschutzvorkehrungen und bauphysikalische Richtlinien sind (notwendigerweise) darauf ausgerichtet Schall fernzuhalten und zu dämpfen. Der Schall, welcher dennoch vorhanden ist, verteilt sich ungeplant im Raum, ist bloßes Produkt der räumlichen Gegebenheiten. Die Raumstruktur beeinflusst dabei allerdings nicht nur den Klang, sondern ebenso die Weise der Klanghervorbringung (Schafer 1988, S. 263f.). So passt der Mensch seine Stimme etwa den räumlichen Gegebenheiten an. Bewegt er sich vom Inneren eines Gebäudes hinaus ins Freie, hebt er seine Stimme automatisch an, verleiht ihr demnach mehr Intensität, um den verringerten Widerhall auszugleichen. Die natürliche Akustik der Räumlichkeiten unterschiedlicher

geografischer Gebiete kann eine so wesentliche Wirkung auf den Menschen ausüben, dass Personen, welche aufgrund eines warmen Klimas eher im Freien leben, dazu neigen lauter zu sprechen als Personen, die die meiste Zeit in Räumen verbringen.

Aber warum wird Klang nicht aktiv zur Gestaltung von Raum eingesetzt? Während Licht seit jeher dazu genutzt wird, Raum sowohl durch gezielten Einlass des Sonnenlichts, als auch durch die Nutzung künstlichen Lichts, unabhängig von der Tageszeit, zu gestalten, nehmen wir hin, dass Klang ein Artefakt der Bauphysik ist (Jauk 2008, S. 1; Jauk 2013b, S. 11f.). Diese Abweisung des Klanges durch die Architektur kann anhand mehrerer Aspekte ergründet werden. Zu Beginn steht die Priorität des Visuellen gegenüber dem Auditiven, welche mit dem Wandel mündlicher in schriftliche Kulturen gewonnen wurde (Sheridan & Van Lengen 2003, S. 37). Die Architektur kann wohl tatsächlich als Fachdisziplin betrachtet werden, welche sich neben Berechnungen vollkommen auf die Optik stützt (Schricker 2001, S. 42). Diese Verankerung im Visuellen hat aber auch einen guten Grund: Um präzise bauen zu können, sind visuelle Kommunikationsmittel unabdingbar (Ganchrow 2008, S. 62). Die Akustik eines Gebäudes kann hingegen nicht sichtbar gemacht werden, ein architektonisches Modell, als maßstabsgetreue Verkleinerung der Realität, lässt sich nur schwer herstellen (Brandlhuber & Emde 2008, S. 75).¹ Zu der Verankerung von Architektur im Visuellen kommen zwei weitere Aspekte hinzu, welche die architektonische Vernachlässigung von Klang erklären könnten: Zum einen ist Klang nicht vollkommen kontrollierbar, zum anderen tendiert er dazu, die Grenzen des physischen Raumes zu durchdringen – zwei Eigenschaften, die in der Architektur nicht besonders geschätzt werden (Ganchrow 2008, S. 64). Als weiteren möglichen Grund für die Ablehnung von Klang in der Architektur führt Schricker (2001, S. 42-44) den emotionalen Aspekt von Klang an. Emotionales werde von der Architektur, aus Angst nicht modern zu sein, wenn möglich ausgeblendet, für das Wohlbefinden sei die Innenarchitektur zuständig. Klang hätte, auch aufgrund seiner unmittelbaren emotionalen Wirkung, einen Beigeschmack von Trivialem.

Trotz der geringen Bedeutung, welche dem Klang in der Architektur im Allgemeinen beigemessen wird, trägt er doch, ebenso wie das Visuelle, wesentlich zur

¹ An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass eine solche Modellierung mittels Computersoftware bereits möglich ist. Mithilfe von diesem als Auralisation bezeichneten Verfahren können Räume simuliert und virtuell begeh- und hörbar gemacht werden.

Wahrnehmung von Raum bei. Verdeutlichen lässt sich dies durch die bloße Vorstellung von bekannten Räumen und der damit verbundenen Erinnerung an deren Klang:

„Take a moment to mentally compare the following familiar spaces in a hypothetical ‚space-tasting‘ activity: a bathroom, an old-fashioned telephone booth, a sports arena, an elegant living room, a school auditorium, a Gothic cathedral, a tiny church, an unfurnished house, an airport lounge, a small passageway, an atrium, and a fast-food restaurant. Most of us can readily imagine the aural experience of these spaces, which suggests that we recognize their aural personalities.“ (Blesser & Salter 2007, S. 20)

Den meisten Menschen ist es demnach möglich, sich Räume klanglich vorzustellen. Für die Gestaltung von Räumen bedeutet dies, dass ein bewusster Einsatz von Klang durchaus sinnvoll wäre. Wie Schricker (2001, S. 59f.) ausführt, sollten Klänge im Raum gezielt erzeugt und gelenkt werden, ebenso sollte es aber möglich sein, Stille und Ruhe zu bewirken. Der Eigenklang eines Raumes müsste mit der gleichen Sorgfalt entwickelt werden wie die Gestaltung mit Farben und Materialien. Leitner, welcher sich dem Thema Raum und Klang auf künstlerische Weise nähert, beschreibt die Beziehung zwischen Mensch und Raum als Dialog, für welchen die Anwesenheit von Klang unumgänglich ist:

„Die Macht der Akustik liegt im Einfinden eines Menschen in den Klang des Raumes, in die Zeit eines Raumes. Dabei ist es der Mensch selbst, der den Raum zum Klingen bringen muß - durch Schritte, Worte, durch geräuscherzeugendes Handeln, durch sein Atmen. Diese Verknüpfung von Mensch und Raum, die, da durch Töne hergestellt, bis tief in das Innerste des Menschen reicht, ist wie eine Art Dialog, für den die akustischen Prämissen bestimmend sind. Dieser Dialog führt zur Selbsterfahrung im Klang des Raumes.“ (Leitner 1985)

Treibt man den Gedanken, Raumklang bewusst zu gestalten, noch weiter, eröffnet sich die Möglichkeit einen Raum bloß aus Klang zu bilden. Ein solcher Klangraum könnte von festen Begrenzungen losgelöst sein, könnte sich in seiner Ausformung variabel gestalten. Auch Blume (2008) beschreibt, ausgehend von einer Klangskulptur Leitners, ein solches Szenario: Würde man einen Raum erleben, einen immateriellen Raum, der aus Klang besteht und keine Wände hat, die man angreifen kann – ein solcher Raum wäre reine Empfindung und würde sich dem präzise Messbaren entziehen – er hätte wohl auch etwas Unheimliches an sich.

1.3 Aurale Architektur

In der Forschung über Raum und Klang unterscheiden Blesser und Salter (2007, S. 5) zwischen akustischer und auraler Architektur. Während sich die akustische Architektur (engl. *acoustic architecture*) damit auseinandersetzt, wie die physikalischen Eigenschaften einer Schallwelle durch den Raum verändert werden, beschäftigt sich aurale Architektur (engl. *aural architecture*) mit der Frage, wie Raum mithilfe des Hörens wahrgenommen wird. Die Bedeutung des Klanges für die aurale Architektur reicht hierbei so weit, dass der Raumklang etwa dazu genutzt werden kann Heiterkeit, Erregung oder Harmonie zu induzieren oder gar soziale Interaktionen zwischen anwesenden Personen zu fördern oder zu hemmen. Aurale Architektur beschreibt das Zusammenspiel von klanglichen Aspekten und räumlichen Gegebenheiten, oder wie Blesser und Salter (2007, S. 15) umschreiben: „To use a food metaphor, sonic events are the raw ingredients, aural architecture is the cooking style, and, as an inseparable blend, a soundscape is the resulting dish“. Die Fähigkeit der auditiven Wahrnehmung von Raum (engl. *auditory spatial awareness*) ist von Mensch zu Mensch unterschiedlich ausgeprägt (Blesser & Salter 2007, S. 20). Während Menschen mit geringer Ausprägung den Raumklang erst bewusst wahrnehmen, wenn sich dieser unvertraut oder unerwartet gestaltet, können sich Menschen mit hoher Ausprägung auch an den Klang ihrer Alltagsräume jederzeit genauestens erinnern und diesen beschreiben. Aurale Architektur stellt somit einen Teilbereich der architektonischen Forschung dar, welcher dem Klang im Raum bereits größere Bedeutung beimisst.

Zu Abschluss dieser Einleitung sei erwähnt, dass der Mensch seine Umwelt mithilfe aller Sinne wahrnimmt. Das Hören spielt ebenso eine Rolle wie das Sehen, das Riechen, das Fühlen, das Schmecken. Ob ein Raum als angenehm empfunden wird, hängt nun von all diesen Sinneseindrücken ab (vgl. Schrickler 2001, S. 148f.). Ob man bequem sitzt, das berührte Material angenehm ist, ob man gut sieht, gut hört, wie es riecht und so weiter. Die verschiedenen Sinneseindrücke nehmen hierbei Einfluss aufeinander, steigern sich gegenseitig oder kompensieren negative Eindrücke. Bei der Gestaltung einer optimalen Umwelt sollte darauf geachtet werden, möglichst viele Sinne auf ideale Weise anzusprechen.

2 Zugrundeliegende Theorien

Wie wir unsere Umwelt wahrnehmen bestimmt über Erfolg oder Misserfolg, über Leben und Überleben. Wahrnehmung ist daher immer mit Emotionen verbunden, affektiven Qualitäten, die wesentlich daran beteiligt sind, ob wir uns einem Objekt, einer Umwelt zuwenden oder uns von diesem/dieser abwenden. Welche Strukturen und Vorgänge der Wahrnehmung unserer Umwelt hierbei zugrunde liegen, soll Ausgangspunkt dieser Betrachtung sein. Hierfür werden Theorien aus dem Bereich der Psychophysik, der Kognition und der Ökologischen Wahrnehmungstheorie als Erklärungsmodelle herangezogen. Als weitere thematische Einengung konzentriert sich das zweite Kapitel auf die Wahrnehmung von gebautem Raum. Hierbei werden das emotionale Erleben und das damit verbundene Nutzungsverhalten eines Raumes wiederum von den verschiedenen Sinneseindrücken beeinflusst. Da das Sehen und das Hören als Fernsinne für eine erste Erkundung der Umwelt primär zuständig sind, werden weiters ausschließlich der visuelle und der auditive Raum gegenübergestellt. Ausgehend davon, dass Räume von jedem Menschen unterschiedlich wahrgenommen werden, stellt sich die Frage, welche weiteren Mechanismen der Raumwahrnehmung zugrunde liegen. Sowohl architektonische als auch persönliche Aspekte, wie etwa momentane Stimmung oder Persönlichkeitsmerkmale, tragen ihren Anteil bei. Welche Rolle die Größe eines Raumes für das Empfinden spielt und welche Manipulationsmöglichkeiten diesbezüglich vorhanden sind, soll angedacht werden. Das dritte Kapitel bildet einen Exkurs in das Thema Räumlichkeit und Geschlecht. Dass es in der räumlichen Wahrnehmung und Nutzung Unterschiede zwischen Frauen und Männern gibt, könnte auch für die Interpretation des empirischen Teiles von Bedeutung sein. Obwohl für die Wahrnehmung der Umwelt alle Sinne, also Sehen, Hören, Riechen, Tasten und Schmecken, von Bedeutung sind, befasst sich das vierte Kapitel ausschließlich – soweit dies möglich ist – mit dem Hören eines Raumes. Sowohl raumakustische Aspekte der Schallausbreitung und Aspekte des räumlichen Hörens, als auch Themen wie Raumsimulation und das Hören räumlicher Gegebenheiten durch Klang sollen Betrachtung finden. Abschließend, und damit zur Ausführung des empirischen Teiles überführend, soll ein Einblick in bisherige architektonische und/oder künstlerische Umsetzungen des Themas Raum und Klang gegeben werden.

2.1 Wahrnehmung der Umwelt

Ist Wahrnehmung als aktiver oder passiver Prozess zu betrachten, welche Rolle spielt das wahrnehmende Individuum? Verschiedene Konzepte der Wahrnehmung haben im Laufe der Geschichte verschiedene Antworten auf ähnliche Fragen gefunden. Dass emotionale Reaktionen auf die Umwelt hierbei eine wesentliche Rolle spielen und schon immer gespielt haben, unterstreicht sogleich den enormen Einfluss, welchen die Umwelt auf den Menschen ausübt. Welche Bedeutung haben zudem Wissen und Erfahrungen, nimmt ein jeder die Umwelt auf seine Weise wahr, leben wir letzten Endes in unterschiedlichen Welten?

Wahrnehmungskonzepte. Aber was ist Wahrnehmung? Wie Jauk (2008, S. 2; 2009, S. 383) ausführt, wurde Wahrnehmung vonseiten der Psychophysik zunächst als passive Tätigkeit verstanden. Reize aus der Umwelt werden vom Menschen aufgenommen und erscheinen als Abbild im Bewusstsein. Strahlen und Wellen treffen also auf die menschlichen Rezeptoren und lösen in diesen Erregung aus, welche wiederum an das Gehirn weitergeleitet wird (Hellbrück & Fischer 1999, S. 120f.). Wie aber ist das Erkennen der Umweltobjekte möglich und damit einhergehend das Erlangen zusätzlicher Information, welche nicht in den Strahlen und Wellen enthalten war? Dies erklärte nun die Gestaltpsychologie auf diese Weise, dass die zusätzliche Information, ausgehend von bereits gemachten Erfahrungen, vom Individuum strukturiert und gestaltet wird. Der Wahrnehmungsprozess beinhalte demnach auch aktive Mechanismen, die allerdings von Natur aus gegeben seien (Jauk 2009, S. 383).

Dass Wahrnehmung als aktiver Prozess zu betrachten sei, hat auch Neisser (1979, S. 26), Vertreter kognitiver Wahrnehmungstheorien, betont. So besagt die Kognitionstheorie, dass der Wahrnehmung kognitive Prozesse zugrunde liegen, sogenannte Schemata, die den Menschen dazu bringen bestimmte Umweltinformationen eher aufzunehmen als andere und die Wahrnehmung dadurch steuern. Das bisher Wahrgenommene verändert die Schemata hierbei und beeinflusst somit, welche Informationen in weiterer Folge aufgenommen werden. Wahrnehmung sei demnach ein aktiver, kognitiver Prozess, der auf bisherigen Erfahrungen aufbaut und bestimmt, welchen Umweltreizen sich der Mensch zuwendet.

Auch Gibson schrieb von einem aktiven Wahrnehmen und zwar dass „Wahrnehmen Aktion bedeutet, nicht Reaktion, einen Akt der Aufmerksamkeit, nicht

ausgelöste Wirkung, eine Leistung, nicht einen Reflex.“ (Gibson 1982, S. 162). Im Gegensatz zur Kognitionstheorie beschreibt Gibsons ökologische Wahrnehmungstheorie ein Wahrnehmen, das unmittelbar von der Umwelt gesteuert wird (Gibson 1982, S. 17). Das Wahrnehmen und Fortbewegen wird direkt von Licht, Schall, Geruch usw. gelenkt und erfolgt dadurch nicht ziellos. Die Information, die Bedeutung der Umwelt kann dieser Umwelt direkt entnommen werden, es bedarf hierfür keiner kognitiven Übersetzung (Gibson 1982, S. 137). Wesentlicher Aspekt der ökologischen Wahrnehmungstheorie ist das Betrachten der Wahrnehmung als motivierte Körpertätigkeit, als intentionales Verhalten, das als Körper-Umwelt-Interaktion einen emotionalen Bezug des Körpers zur Umwelt beschreibt und der Wahrnehmung damit zusätzlich eine lebenserhaltende Motivation einschreibt (Jauk 2013a, S. 277f.). Die Umwelt steuert das Individuum demnach zum Zwecke der Lebenserhaltung. Wahrnehmung ist aufgrund dessen als motivierte Tätigkeit anzusehen, welche die Umweltreize nach dem Leben dienlich oder gefährlich einzustufen vermag. Mit der Herkunft eines Klanges etwa wird zugleich dessen Bedeutung für den Körper wahrgenommen – das wahrnehmende Individuum handelt dementsprechend intuitiv, vom Klang und dessen Bedeutung motiviert (Jauk 2013a, S. 274).

Emotionale Wahrnehmung. Der emotionale Aspekt der Wahrnehmung spielt eine wesentliche Rolle. So schreibt etwa Flade: „Emotionale Reaktionen gehören zu den grundlegenden Mechanismen, über die Mensch und Umwelt miteinander verbunden werden.“ (Flade 2008, S. 107). Umwelten lösen stets mehr oder weniger intensive Gefühle aus, deren Erleben zu einer Hinwendungs- oder Abwendungsreaktion führt. Flucht kann hierbei als die stärkste Abwendungsreaktion betrachtet werden. Diese Emotionen sind primäre Reaktionen, die unmittelbar erfolgen und nicht erst durch kognitive Verarbeitung entstehen (Flade 2008, S. 108f.). Wesentlich erscheint auch die Menge an Informationen, welche eine Umwelt bereithält. Die Komplexität der Umwelteinflüsse wird nach Berlyne als ästhetische Wirkung aufgefasst (Flade 2008, S. 113f.). Der Mensch bevorzugt ein mittleres Maß an Komplexität, zu geringe oder zu hohe Komplexität wird, aufgrund von Langeweile und Monotonie bzw. Überforderung, als negativ empfunden. Der Zusammenhang von Gefallen und Komplexität kann demnach als umgekehrt U-förmige Funktion beschrieben werden (Russell & Snodgrass 1987, S. 262). Soll Emotion gemessen werden, empfiehlt sich das semantische Differential nach Osgood et al. (1957), welches Emotionen anhand von Dimensionen

beschreibt. Mit den hierbei meist interpretierten Dimensionen *Evaluation* (unangenehm-angenehm), *Activity* (beruhigend-aktivierend) und *Potency* (schwach-stark) lässt sich die menschliche Wahrnehmung der Umwelt besonders gut erfassen (Russell & Snodgrass 1987, S. 250f.).

Auch physiologisch betrachtet wird der enge Zusammenhang zwischen Wahrnehmung und emotionaler Bewertung erkennbar. Ist der akustische Reiz in der Cochlea (Hörschnecke) angekommen, werden Nervenimpulse vom Hörnerv an den Hirnstamm geleitet und dort für die Weiterleitung in den Thalamus vorbereitet (Kölsch 2008, S. 86f.). Tonhöhen, Klangfarbe, phonetische und räumliche Informationen werden schon einmal vorbereitet. Bereits im Hirnstamm und im Thalamus findet eine erste emotionale Bewertung des Reizes statt, um herauszufinden, ob von dem eben Gehörten eine Gefahr ausgeht oder nicht. Eine nähere Identifizierung der Reizquelle ist hier noch nicht möglich. Vom Hirnstamm und vom Thalamus führen die Nervenverbindungen weiter ins limbische System in der Mitte des Gehirns, wo ein wesentlicher Teil der emotionalen Bewertung stattfindet, um bei Bedrohung in weiterer Folge Fluchtbereitschaft auszulösen. Zum Großteil werden die Reize allerdings vom Thalamus in den auditorischen Kortex geleitet und dort nach Lautstärke, Tonhöhe und Klangfarbe aufgeschlüsselt. Auch visuelle Reize werden im Thalamus emotional vorsortiert, um auf potentielle Gefahren innerhalb weniger Millisekunden reagieren zu können (Kölsch 2008, S. 87f.). Worin sich die Verarbeitung visueller und akustischer Signale allerdings grundlegend unterscheidet, ist die Beziehung des auditorischen Systems zum Gleichgewichtsorgan. So sind Hörschnecke und Bogengänge Teil des Gleichgewichtsorganes und haben sich phylogenetisch sogar aus diesem entwickelt. Sowie das Gleichgewichtsorgan schnelle, automatische Reaktionen auf Bewegungen koordiniert, löst dieses Organ auf ähnliche Weise Reflexe auf akustische Signale aus. Kommt es zu einem plötzlich lauten Knall, zuckt der Körper zusammen oder springt zur Seite. Erscheint ein plötzliches Blitzlicht, wird sich der Körper zwar schrecken, eine vergleichbare motorische Reaktion bleibt allerdings aus. Auch Hellbrück und Fischer (1999, S. 211) verweisen auf die enge Verbindung des Gehörs zur *Formatio reticularis*, einer neuronalen Struktur im Hirnstamm, welche wesentlich an der Aktivierung des Organismus beteiligt ist. Dadurch erhält das Gehör seine wichtige Funktion als Warnsystem. Es durchsucht die Umwelt fortwährend nach informationshaltigem Schall und warnt vor Bewegungen, die darin stattfinden. Lauter und plötzlich auftretender Schall signalisiert Gefahr, Orientierungsreflexe werden automatisch ausgelöst. Mit den

Worten Döring-Seipels (2000, S. 607): „Emotionen haben [...] den Status eines evolutionär geprägten automatischen Detektorsystems für bedürfnisrelevante Umweltkonfigurationen“.

Externe Umwelt, interne Repräsentation. Wesentlich zu erwähnen erscheint noch der Begriff des *embodiments*. Unterschiedliche sensorische Wahrnehmungen führen zu unterschiedlichen Vorstellungen und Denkformen, die wiederum neuen Wahrnehmungen vorgeschaltet sind (Jauk 2013a, S. 277). Ein solches *embodiment* kann auch von einer auf eine andere Sinnesmodalität übertragen werden. Die Wahrnehmung von Schwerkraft etwa ist jedem Körper als *embodiment* eingeschrieben und wird bei der Bezeichnung von „tiefen“ und „hohen“ Klängen auf das Hören übertragen – ein tiefer Ton sei voluminös, schwer und daher tief, ein hoher Ton sei schmal, leicht und daher hoch (vgl. Jauk 2013a, S. 275).

Die Vermischung unterschiedlicher sensorischer Wahrnehmungen zu einer Gesamtvorstellung, merken auch Blesser & Salter (2007, S. 46) an. Die externe Realität wird hierbei in eine interne Repräsentation übertragen, wobei Realität und Repräsentation niemals exakt übereinstimmen. Die Kreation der internen Umwelt werde von Kognition, Wahrnehmung, Lebensstil und Biologie beeinflusst; die interne Vorstellung der Welt ist durch bisherige Erfahrungen geprägt:

„A cognitive map of a space is a combination of the rules of geometry as well as knowledge about the physical world. It is this extra environmental knowledge that allows us to perceive a ball as moving away from us rather than as simply shrinking. This knowledge associates reverberation with enclosed space, echoes with remote surfaces, and high frequencies with hard objects. These associations are learned. Because this knowledge is acquired in childhood and continually modified in our experience as adults, we are not conscious of its existence. When sensing a spatial environment, an individual builds a cognitive map of space using a combination of sensory information and experiences accumulated over a lifetime. The cognitive map of space in our consciousness is subjective, distorted, and personalized – an active and synthetic creation – rather than a passive reaction to stimuli.“ (Blesser & Salter 2007, S. 46)

Welche Stimuli, also welche Sinneseindrücke herangezogen werden, um die interne Repräsentation der Umwelt zu kreieren, wird ebenso von der wahrnehmenden Person beeinflusst (Blesser & Salter 2007, S. 47). So existieren mehrere Vorstellungen ein und

derselben Welt nebeneinander, von individuellen Erfahrungen und Bedürfnissen geprägt.

2.2 Wahrnehmung von Raum

Auch Raum entsteht auf der Basis unterschiedlicher sensorischer Wahrnehmungen, je nach Sinnesmodalität, je nach wahrnehmendem Individuum entsteht ein etwas anderer Raum. Das momentane Befinden und die Stimmung eines Menschen beeinflussen den wahrgenommenen Raum hierbei so sehr, wie der Raum selbst Befinden und Stimmung beeinflusst. Auch die Persönlichkeit eines Menschen trägt ihren Anteil bei. Mit diesem Bewusstsein können architektonische Elemente und damit einhergehend die Gestaltung eines Raumes gezielt dazu genutzt werden, die Lebensumwelt des Menschen an dessen rationale und emotionale Bedürfnisse anzupassen. Raumgröße gilt als einer der primären Aspekte bei der Beschreibung eines Raumes. Da dieser Aspekt wesentliche Wirkung auf den Menschen ausübt, stellt sich die Frage, welche Mittel eingesetzt werden können um das Raumgrößeempfinden zu beeinflussen. Der Einsatz von Klang findet hier bisher kaum Beachtung.

Entstehung von Raum. Betritt eine Person einen Raum, verschafft sie sich sogleich einen ersten Eindruck von ihrer Umgebung, erste Orientierungsblicke schweifen umher, die vorherrschende Stimmung wird vernommen. Der Mensch, der mehr als 90% seines Lebens im Inneren von Gebäuden verbringt (Evans & Mitchell McCoy 1998, S. 85), ist das Zurechtfinden in diesen gewohnt und fühlt sich im Innenraum womöglich wohler als im freien Feld. Die Umgebung wird mithilfe aller Sinne wahrgenommen, das Sehen scheint allerdings primär zu sein. Legt man Personen etwa visuell und auditiv nicht übereinstimmende Reize vor, werden zur Beurteilung überwiegend die visuellen Informationen herangezogen (Larsson et al. 2007). Der Mensch hat also gelernt sich auf seinen Sehsinn verlassen zu können. Auch Bernhard Leitner merkt die Dominanz des Sehens gegenüber dem Hören an:

„Das Ohr ist ein sehr feines, räumliches Meßinstrument. Wie das Auge. Nur wird das Ohr vom wissenden Verstand sehr oft noch weit mehr manipuliert als das Auge. Es ist sozusagen täuschungsanfälliger: Man hört, was man hören will, wo man es sieht und wie man es weiß. Man hört eine Person im Film selbst dann von

der Leinwand sprechen, wenn die Lautsprecher im Kinosaal rückwärts situiert sind. Der Verstand überbrückt die unnatürliche Trennung von Mundbewegung und Raum. Das Ohr kann, darf nicht anders hören, als man sieht.“ (Leitner 1985)

Wie aber entsteht Raum durch die menschliche Wahrnehmung? Der sich bewegende und sehende Körper erstellt eine Folge von „zweidimensionalen, vor uns liegenden Gesichtsfeldern“ (Jauk 2009, S. 405). Die Bilder des Raumes werden durchschritten, das Veränderliche wird als Zeit, das Unveränderliche als Raum interpretiert – hierbei entsteht visueller Raum. Die Wahrnehmung und Entstehung des auditorischen Raumes geschieht hingegen auf andere Weise. Der sich in Ruhe befindliche und hörende Körper erfährt den Klang der Bewegungen um sich. Dieser Klang zeugt nicht nur von seiner Schallquelle, sondern trägt ebenso Informationen über den Raum in sich – durch Dämpfung in der Luft, Absorption und Reflexion an Gegenständen entstehen Klangmodulationen, die der Mensch schließlich als Raum interpretiert. Der Mensch bewegt sich demnach im visuellen Raum, während sich der auditorische Raum um ihn bewegt und ihn umschließt.

Auch Murch und Woodworth (1978, 181f.) schreiben von den Unterschieden zwischen visuellem und auditivem Raum. Der visuelle Raum erstreckt sich über eine Fläche von etwa 120° Breite und etwa 70° Höhe, wobei der Bereich der höchsten Sehschärfe nur etwa 10° umfasst. Zu einem gegebenen Zeitpunkt kann demnach bloß ein geringer Teil der visuellen Umwelt aufgenommen werden, ständige Augenbewegungen sind notwendig, um die Umwelt sukzessive zu erforschen. Der auditive Raum hingegen erstreckt sich, von der hörenden Person im Zentrum, nach allen Seiten. Es kommt zu einer egozentrischen Raumwahrnehmung, die beinahe 360° umfasst, also zu jedem Zeitpunkt vollständig gegeben ist.

Bei Rump und Richter (2013, S. 293f.) scheinen sich die nach vorne gerichtete [visuelle] und die umhüllende [auditorische] Raumvorstellung zu vermischen. So beschreiben sie die Erstreckung des „gelebten Raumes“, welcher durch Bewegung, Verhalten und Erleben einer Person entsteht, folgendermaßen:

„Der gelebte Raum wird durch den Stand- und Blickpunkt des jeweiligen Individuums begrenzt und ist somit personenbezogen. Er ist – im Gegensatz zum homogenen, kontinuierlichen und isotropen (= sich in alle Richtungen gleich erstreckend) geometrischen Raum – inhomogen, diskontinuierlich und anisotrop. Bildlich gesprochen stellt der gelebte Raum keine Kugel um die Person dar,

sondern eine Wolke, welche sich in alle Richtungen verschieden ausdehnt.“ (Rump & Richter 2013, S. 293)

Strukturiert wird der gelebte Raum durch die verschiedenen Standpunkte des Individuums, durch die damit verbundenen Distanzen zu Objekten und durch die möglichen Bewegungsrichtungen des Individuums – oben-unten, vorne-hinten, rechts-links – die von unterschiedlicher Bedeutsamkeit sind.

Raum erleben. Grundsätzlich werden gebaute Umwelten von verschiedenen Personen stets unterschiedlich wahrgenommen (Flade 2008, S. 25f.). Je nach Einstellungen, Bedürfnissen und Interessen, ob von ArchitektInnen, PsychologInnen, HistorikerInnen, Jugendlichen, älteren Menschen, Eltern oder Nicht-Eltern, der gebaute Raum ist nicht bloß physikalischer Raum, sondern auch Bedeutungsträger und wird von jedem Menschen individuell interpretiert. Wie architektonischer Raum erlebt wird und welchen Einfluss er dabei auf den Menschen haben kann, zeigen Evans und Mitchell McCoy (1998, S. 85-90) mit einer Zusammenstellung architektonischer Aspekte, die als mögliche Stressfaktoren anzusehen sind:

1. Stimulation beschreibt die Menge an Information, welche in der Umwelt vorhanden ist. Relevante Faktoren sind Intensität, Vielfalt, Komplexität, Mysterium und Neuheit. Bei moderatem Level an Stimulation funktioniert der Mensch am besten. Zu wenig Stimulation führt zu Langeweile, im Extremfall zu einer Verkümmern der Sinne. Zu viel Stimulation führt zu Ablenkung und Überlastung. Laute Klänge, ungewohnte oder starke Gerüche und kräftige Farben, sowie Crowding und unangebracht nahe interpersonale Distanzen erhöhen die Stimulation. Auch Form und Ausrichtung eines Raumes können die Menge an Stimulation beeinflussen. Ebenso wirkt sich die eigene Sichtbarkeit im Raum, beeinflusst durch Standort, Raumform, visuelle oder akustische Barrieren, auf das Stimulationslevel der Umgebung aus. Birgt ein Raum Geheimnisse, ist er etwa nur teilweise einsehbar oder bietet er Hinweise darauf, dass mehr vorhanden ist als der erste Eindruck zeigt, verspricht er mehr Information und erhöht dadurch die Stimulation.
2. Kohärenz beschreibt die Übersichtlichkeit und Verständlichkeit einer gebauten Umgebung. Unterbrechungen, widersprüchliche Informationen, abrupte Veränderungen von Größe, Farbe oder Textur können Stress hervorrufen und

erschweren die Vorhersagbarkeit eines Raumes. Auch wie leicht die räumliche Umgebung erfasst werden kann, gilt als wesentliches Merkmal der Kohärenz.

3. Affordanz, ein von Gibson (1982) geprägter Begriff, beschreibt den unmittelbaren Aufforderungscharakter der Umwelt. Raum wird nach den Funktionen, die er dem Menschen direkt vermittelt, genutzt, so lädt etwa ein Stuhl zum Sitzen ein, während eine Stufe dazu führt, dass man den Fuß hebt (vgl. Flade 2008, S. 62). Wenn architektonische Gebilde diese Affordanz nicht besitzen oder widersprüchliche Hinweise geben, weiß der Mensch diese nicht zu nutzen und Frustration, Ärger, Feindseligkeit oder Hilflosigkeit entstehen.
4. Kontrolle beinhaltet einerseits die Möglichkeit einen Raum nach eigenem Belieben zu verändern, sei es um die Schutzfunktion des Raumes oder um Privatsphäre bzw. soziale Interaktionen zu regulieren. Andererseits tragen auch das Wissen darüber, wie architektonische Gebilde und Objekte im Raum auf das eigene Tun reagieren (*responsiveness*) und welche Zuständigkeiten im Raum herrschen, zur empfundenen Kontrolle bei.
5. Erholung beschreibt die Eigenschaft architektonischer Elemente, Ermüdung und Erschöpfung zu reduzieren, entspannend zu wirken und damit Stress zu mindern.

Vierlei architektonische Aspekte können demnach dazu genutzt werden das menschliche Befinden zu beeinflussen. Weitergehend lässt sich dieser Beeinflussungsprozess auch auf das menschliche Handeln übertragen (Walden & Kosica 2011, S. 17f.). Hierbei findet allerdings keine bloße Übertragung der Raumstimmung auf den Menschen statt, viel mehr wird eine subjektive Reaktion des einzelnen Menschen, eine subjektive Reaktion in Abhängigkeit des individuellen Befindens, hervorgerufen.

Die Größe eines Raumes. Blesser und Salter (2007, S. 21) bringen Raumgröße einerseits mit der Wahrnehmung von Raumvolumen und andererseits mit der Wahrnehmung von Raumbegrenzung in Zusammenhang. Während das Sehen Raumvolumen als Produkt von Länge x Breite x Höhe auffasst und darauf angewiesen ist, wie sich die Größe von Objekten zueinander verhält, kann das Volumen eines Raumes, aufgrund der Schallwellen die sich darin ausbreiten, mithilfe des Gehörs unmittelbar wahrgenommen werden. Gegenteilig verhält es sich mit der Begrenzung eines Raumes. Während die Augen bereits kleine Begrenzungen in weiter Ferne

wahrnehmen können, hört man Begrenzungen nur, wenn sie recht groß oder naheliegend sind. Zudem werden Raumbegrenzungen visuell und auditiv oftmals unterschiedlich aufgefasst. Eine Glasscheibe gilt etwa als auditive Begrenzung, nicht aber als visuelle; ein schwarzer Vorhang begrenzt wiederum die Sicht stärker als das Hören. Nur wenn physikalische Begrenzungen sowohl für das Sehen als auch für das Gehör wahrnehmbar sind, entsteht eine in sich konsistente Raumerfahrung.

„Rooms are a kind of ‚second skin‘“, schrieben Espe und Schulz (1983, S. 215), die sich mit der Beziehung von Mensch und Raum beschäftigten. Für diesen Zweck führten sie eine Untersuchung durch, in welcher sie der individuell unterschiedlichen Wahrnehmung von Raum und auch von Raumgröße auf den Grund gehen wollten. Folgende Fragen sollten hierbei beantwortet werden: Wie wird die Erfahrung von Raum beschrieben? Korreliert die Raumgröße mit der Wahrnehmung eines Raumes? Gibt es eine Verbindung zwischen Raumbeurteilung und momentaner Stimmung der wahrnehmenden Person? Beeinflusst die Persönlichkeit des Menschen die Beurteilung eines Raumes? Wird die Beurteilung stärker durch momentane Stimmung oder durch Persönlichkeit geprägt? Welchen Einfluss haben Alter, Geschlecht und Beruf? Wie sollte der ideale Raum beschaffen sein und wie hängt dies wiederum mit Stimmung, Persönlichkeit und demographischen Aspekten zusammen?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden 97 Personen zu drei Testräumen unterschiedlicher Größe befragt. Jede Person hielt sich für ca. 45 Minuten in je einem der Räume auf und beurteilte diesen anhand achtzehn siebenstufiger Skalen, einer Versuchsraum-Beurteilungsliste², welche von Wielke (1977, S. 50) zusammengestellt wurde. Mithilfe derselben Beurteilungsliste sollte der für jede Person ideale Raum bewertet werden. Zudem sollten *Adjektiv-Skalen zur Einschätzung der Stimmung* und das *Freiburger Persönlichkeitsinventar* ausgefüllt werden.

Eine Faktorenanalyse über die Beurteilung der Testräume ergab fünf Faktoren: Behaglichkeit (*coziness*), Größe (*size*), Schutz (*shelter*), Ruhe (*calmness*) und Modernität (*modernity*). Die Ergebnisse zeigten einen relativ geringen Einfluss der Raumgröße auf die Testraumbeurteilung, mit Ausnahme des Faktors Größe (Skalen *klein-groß* und *weit-eng*). Allerdings haben die Versuchspersonen kaum einen

² Diese Versuchsraum-Beurteilungsliste beinhaltet folgende Skalen: gemütlich-ungemütlich, hässlich-schön, persönlich-unpersönlich, aufregend-beruhigend, anziehend-abstoßend, klein-groß, verspielt-sachlich, altmodisch-modern, einsam-gesellig, gut-schlecht, unausgewogen-harmonisch, vertraut-fremdartig, unpraktisch-praktisch, originell-konventionell, unbequem-bequem, natürlich-unnatürlich, nicht geborgen-geborgen, weit-eng.

Unterschied in der Raumgröße wahrgenommen. Espe und Schulz vermuten, dass die Raumgrößen der verwendeten Testräume, mit 7.5m², 12m² und 16m², an sich zu gering differenzierten, man habe jedoch gewohnte Raumumgebungen nachstellen wollen. Auch die Aufenthaltsdauer der Personen im Raum, die vor der Beurteilung in etwa fünf Minuten betrug, vermuten Espe und Schulz als zu kurz, um sich auf die Raumgröße einstellen zu können. In Bezug auf die Raumgröße interessant erscheint allerdings die Beurteilung der idealen Räume in Verbindung mit der momentanen Stimmung und der Persönlichkeit der Personen. Je ausgeglichener die Stimmung war, desto größer und weiter sollte der ideale Raum sein. Depressive und gehemmte Personen bevorzugten hingegen kleinere und engere Räume.

Weiters ergab sich zwischen Raumbeurteilung der Testräume und momentaner Stimmung eine hohe Korrelation. Allgemein wirkte sich eine positive Stimmung positiv auf die Testraumbeurteilung aus, je negativer die Stimmung, desto negativer fiel die Testraumbeurteilung aus. Im Speziellen fühlten niedergeschlagene, missgelaunte, unausgeglichene oder müde Personen keine Geborgenheit im jeweiligen Raum. Eine geringe Korrelation zeigte sich zwischen Raumbeurteilung und Persönlichkeit. Personen, die sich selbst als aggressiv und gereizt beurteilten, bewerteten den Testraum als altmodisch, unpraktisch und verspielt. Gehemmte Personen erlebten den Raum als eher gemütlich. Die Raumbeurteilung und die demographischen Angaben Alter, Geschlecht und Beruf korrelierten nicht miteinander. Während sich momentane Stimmung und Raumbeurteilung wechselseitig beeinflussten, wirkten sich Persönlichkeitsmerkmale zwar auf die Raumbeurteilung aus, ein umgekehrter Effekt war aber nicht zu beobachten.

Weitere Studien zur Wahrnehmung von Raumgröße beschäftigten sich etwa mit der Wirkung der sichtbaren Bodenfläche – je mehr horizontale Fläche, desto größer der empfundene Raum – oder der Raumhöhe – je niedriger der abgebildete Raum, desto größer die empfundene Raumgröße (Stamps 2011). Auch die Raumform beeinflusst die empfundene Raumgröße, stärker rechteckige Räume werden als größer eingeschätzt als weniger rechteckige Räume derselben Größe (Sadalla & Oxley 1984). Wie sich die angrenzende Umgebung und damit die Umschließung eines Raumes auf die Raumgrößenwahrnehmung auswirken, wurde von Abate und Kubota (2013) untersucht. Die Größe abgesteckter Räume wurde hierbei im Freien (keine Umgrenzung) eher unterschätzt als im Inneren eines Gebäudes (mit Umgrenzung). Auch Farben beeinflussen die wahrgenommene Größe eines Raumes, so wirken Räume in helleren

Farbtönen offener und geräumiger als solche in dunkleren Farben (Flade 2008, S. 109). Einen Überblick über weitere Untersuchungen zu empfundener Raumgröße bietet Stamps (2011).

Als einer der primären Aspekte in der Beschreibung eines Raumes, trägt Raumgröße wesentlich zum menschlichen Befinden bei. Ob ein Raum als zu klein oder zu groß empfunden wird und welche die bevorzugte Größe ist, hängt von der jeweiligen Situation und momentanen Stimmung der Beteiligten ab. Ein überaus großer Raum kann als angenehm, weil nicht einengend und Freiraum bietend, empfunden werden oder aber als schwer zu überblicken und damit als zu wenig Schutz bietend. Ein überaus kleiner Raum kann als angenehm, weil übersichtlich und mit Geborgenheit umschließend, empfunden werden oder aber als zu beengend und damit hinderlich. Stamps (2011, S. 253) beschreibt den zunehmenden Konflikt zwischen dem Bedürfnis nach ausreichend Platz und der Vorgabe Ressourcen schonend, mit geringer Wohndichte zu bauen. Die Größe eines Raumes ist für den Menschen so wesentlich, dass die Frage, wie man einen Raum bei begrenztem Volumen als größer erscheinen lassen kann, eine zunehmend wichtige Rolle einnimmt.

Um einen Raum, auch bezüglich Raumgröße, zu gestalten werden vielfältige Mittel eingesetzt. Sie reichen von der Raumform und der Verwendung unterschiedlicher Materialien über verschiedene Arten der Beleuchtung, der Arbeit mit Licht und Schatten und der Kombination von Farben zu einer Auswahl an Einrichtungsstilen und Dekorationsmöglichkeiten. Die Gestaltung eines Raumes durch Klang mutet allerdings noch befremdend oder utopisch an. Vielmehr wird Klang als gegeben hingenommen, als „Artefakt“ der Bauphysik (Jauk 2013b, S. 12). Welch bedeutende Rolle der Klang für das Wahrnehmen von Raum allerdings einnimmt und welche Möglichkeiten bereits aufgegriffen wurden, um das Hören als Raumsinn stärker zu beteiligen, wird in den Unterkapiteln 2.4 und 2.5 nähere Betrachtung finden.

2.3 Exkurs: Räumlichkeit und Geschlecht

Männer haben einen besseren Orientierungssinn, Frauen sind weniger auf Wettstreit aus, Männer bevorzugen eine gewisse Distanz zu anderen, Frauen wissen, wo der Autoschlüssel ist – all diese Aussagen mögen mehr oder weniger mit Stereotypen behaftet sein, betrachtet man allerdings die räumlichen Fähigkeiten und Vorlieben des

Menschen, zeigen sich tatsächlich Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Woher diese Unterschiede stammen, kann wohl nicht mit Sicherheit beantwortet werden. Mögliche Erklärungsversuche münden etwa in Fragen unterschiedlicher Sozialisation oder in evolutionären Begründungen.

Geschlechtsunterschiede in Bezug auf Räumlichkeit. In der Literatur wird meist dargestellt, dass Männer in Bezug auf räumliche Fähigkeiten bessere Ergebnisse erzielen als Frauen (Lawton 2010, S. 318-322). Dies betrifft die Bereiche *mental rotation*, der Fähigkeit einzuschätzen, wie ein Objekt nach zwei- oder dreidimensionaler Drehung aussehen würde, *spatial perception*, der Fähigkeit Vertikalität und Horizontalität trotz schiefer Umgebungswinkel richtig einschätzen zu können, *spatial visualization*, der Fähigkeit sich Objekte räumlich vorzustellen und etwa eine geometrische Figur in einer komplexeren Figur wiederfinden zu können, und *dynamic spatial ability*, der Fähigkeit Geschwindigkeit und Ankunftsart bewegender Objekte richtig einzuschätzen und diese zu navigieren. Nur im Bereich *object location memory*, der Fähigkeit sich an den Ort von Objekten zu erinnern, erzielen Frauen bessere Ergebnisse als Männer.

Geht es um die Lösung räumlicher Aufgaben, scheinen Frauen und Männer unterschiedliche Strategien anzuwenden (Glück & Fitting 2003, S. 297; Lawton 2010, S. 328 + 331). Frauen nutzen eher analytische Strategien, dies führt etwa im Bereich der Navigation dazu, dass sie sich an Orientierungspunkten und relevanten Richtungsänderungen des Weges orientieren und die unmittelbare Umgebung dadurch genau und detailliert kennen. Männer wenden hingegen eher holistische Strategien an, wodurch sie bei der Orientierung eher auf globale Hinweise, wie etwa Himmelsrichtung oder Position der Sonne, achten und sich dadurch einen Überblick über größere Gebiete aneignen.

Oftmals beziehen sich Untersuchungen zu Räumlichkeit und Geschlecht neben räumlichen Fähigkeiten ebenso auf das Phänomen der interpersonalen Distanz. Diese von Edward T. Hall begründete Theorie wird in der Literatur mehrmals aufgegriffen. So beschreiben etwa Richter und Christl (2013, S. 244f.) interpersonale Distanz als den Abstand den miteinander interagierende Personen zueinander einnehmen und der den persönlichen Raum, welcher ein jedes Individuum wie eine Blase umgibt, abgrenzt. Die eingenommene Distanz hängt von den jeweiligen Personen, der betreffenden Situation, der Beziehung zwischen den interagierenden Personen und von der kulturellen Prägung

ab. Hall unterscheidet hierbei zwischen intimer, persönlicher, sozialer und öffentlicher Distanz (siehe Tabelle 1).

Distanz	Zone	Aktivitäten
0 bis 45 cm	intim	Sexueller Kontakt, Kampf Sportarten mit Körperkontakt
45 bis 120 cm	persönlich	Interaktionen mit FreundInnen und Bekannten
120 bis 360 cm	sozial	Arbeit und Geschäft
über 360 cm	öffentlich	Formelle Interaktionen, z. B. das Halten einer Rede

Tabelle 1: Interpersonale Distanzen (für Europa und Nordamerika)
(nach Hall 1966, S. 107-122 und Richter & Christl 2013, S. 244)

Sobald in einem Raum eine zweite Person anwesend ist, entsteht Erregung (*arousal*), wobei gilt: je geringer die interpersonale Distanz, desto erregender (Russell & Snodgrass 1987, S. 266). Eine solch geringe interpersonale Distanz und damit einhergehend erhöhte Erregung können aber nicht an sich als positiv oder negativ betrachtet werden, viel mehr wird das bereits vorhandene pro- oder antisoziale Verhalten durch die geringe Distanz verstärkt. Wie viel Distanz zu anderen Personen eingehalten werden kann, hängt oftmals auch von äußerlichen Bedingungen ab. Räumliche Dichte (*spatial density*) beschreibt in diesem Zusammenhang ein Zuwenig an Platz, während soziale Dichte (*social density*) ein Zuviel an Menschen meint. Um das subjektive Empfinden der Betroffenen zu beschreiben, werden die Begriffe *spatial crowding* und *social crowding* entsprechend verwendet.

Interpersonale Distanz bietet neben einer Schutzfunktion auch die Möglichkeit der Kommunikation (Aiello 1987, S. 393). Die eingenommene Distanz zwischen Personen kommuniziert die Art der Beziehung nach außen und nach innen, eine geringe Distanz ermöglicht zudem einen reicheren Austausch an Sinneseindrücken:

„Hall (1966) conceptualizes the use of space as a medium through which communication occurs. [...] For Hall the distance at which one chooses to interact with others is fully entwined with all other sensory modalities and determines the

quality and quantity of stimuli exchanged. As noted, close proximity allows considerably higher levels of sensory input (e.g., sound, smell, touch) and communicates information about the type of relationship between interactants (i.e., desire for greater involvement).“ (Aiello 1987, S. 393)

Auch Pedersen und Shears (1973) beschreiben räumliches Verhalten als Kommunikationsmittel für Einstellungen, Gefühle und weitere Informationen zwischen den Interagierenden. Warum verschiedene Menschen Raum auf unterschiedliche Weise nutzen und sich unterschiedlich darin verhalten, erklärte Hall durch gelernte Strukturen der jeweiligen Kultur – so gelten etwa das Land, das Geschlecht oder die sozioökonomische Klasse als Einflussfaktoren auf das räumliche Verhalten (Aiello 1987, S. 393).

Interpersonale Distanz als zwischenmenschliches und räumliches Phänomen wird auch vom Raum selbst beeinflusst. Flade (2008, S. 126) beschreibt etwa, dass in Innenräumen größere Distanzen gewählt werden als in Außenräumen, dass in der Ecke eines Raumes größere Distanzen eingenommen werden als in der Mitte eines Raumes, oder dass die Distanz beim Sitzen größer ist als beim Stehen. Demnach zeigt sich, dass der Mensch in Situationen, aus welchen eine Flucht schwieriger erscheint, größere Distanzen zu anderen einnimmt als in Situationen, die als ungefährlicher eingeschätzt werden. Die bloße Möglichkeit bei Gefahr fliehen zu können verleiht Sicherheit. Auch die Raumgröße nimmt Einfluss auf die interpersonale Distanz. So zeigte etwa White (1975), dass Personen in großen Räumen geringere Distanzen zueinander einnehmen als Personen in kleinen Räumen.

Auch zwischen Frauen und Männern gibt es Unterschiede im Einhalten der interpersonalen Distanz. So fühlen sich Frauen bei geringeren Distanzen wohler als Männer und bevorzugen auch zur Kommunikation mit anderen geringere Distanzen (Aiello 1987, S. 402f. + 413). An dieser Stelle sei auch auf eine interessante Studie von Ross et al. (1973) verwiesen, in welcher gleichgeschlechtliche Gruppen von je acht Personen in einem kleinen oder einem großen Raum über ein vorgegebenes Thema diskutieren sollten. Anschließend wurde jede Person gebeten unter anderem sich selbst und jedes weitere Gruppenmitglied zu bewerten. Frauen, die in dem kleinen Raum waren, bewerteten sich selbst und die anderen Personen als positiver. Frauen, die im großen Raum waren, bewerteten sich selbst und die anderen Personen als negativer. Bei Männern zeigte sich der gegenteilige Effekt, so bewerteten Männer, die in dem kleinen

Raum waren, sich selbst und die anderen Gruppenmitglieder als negativer. Männer, die im großen Raum waren, bewerteten sich selbst und die anderen Person als positiver. Erklärbar wird dies durch die geringere interpersonale Distanz im kleinen Raum und dem damit verbundenen vermehrten oder verringerten Blickkontakt zwischen den Versuchspersonen. Frauen empfanden die interpersonale Distanz im kleinen Raum als für eine Interaktion angenehmer, fühlten sich daher wohler und nahmen mehr Blickkontakt zu den Gruppenmitgliedern auf; dies führte zu einer positiveren Beurteilung der eigenen Person und der anderen Gruppenmitglieder. Der große Raum hingegen bewirkte den gegenteiligen Effekt, die interpersonale Distanz wurde als zu groß empfunden. Männer empfanden die interpersonale Distanz im kleinen Raum als zu gering, dies führte zu weniger Blickkontakt und einer schlechteren Bewertung des Selbst und der anderen Anwesenden. Der große Raum hingegen bewirkte das Gegenteil, die interpersonale Distanz war für eine Interaktion mit anderen angemessen und vorteilhaft.

Auch die Studie von Paulus et al. (1976), in welcher Personen in einem kleinen oder großen Raum eine Geschicklichkeitsaufgabe lösen sollten, zeigt Unterschiede zwischen Frauen und Männern. Männer machten hierbei signifikant mehr Fehler in dem kleinen als in dem großen Raum. Frauen machten mehr Fehler in dem großen als in dem kleinen Raum, dieses Ergebnis ist allerdings nicht signifikant. Einen zwar älteren, aber umfassenden Überblick über weitere durchgeführte Studien zu interpersonaler Distanz, etwa in Bezug auf Geschlecht, Alter, Persönlichkeit, Art der Beziehung oder Kultur, gibt Aiello (1987).

Mögliche Erklärungen. Warum sich Frauen und Männer in ihren räumlichen Fähigkeiten und ihrem räumlichen Verhalten voneinander unterscheiden, kann nur mittels Erklärungsversuche ergründet werden. Einer dieser Versuche betrachtet die unterschiedliche Sozialisation von Jungen und Mädchen als mögliche Ursache. So zeigt sich etwa, dass die weibliche Sozialisation stärker an das Elternhaus gebunden ist als die männliche (Rump & Richter 2013, S. 307). Folglich beteiligen sich Mädchen stärker an der Hausarbeit, Jungen halten sich häufiger im Freien auf. Darüber hinaus haben Jungen einen größeren Aktionsradius als Mädchen (Flade 1999, S. 144), ein Unterschied, welcher mit fortschreitendem Alter weiter zunimmt (Anderson & Tindall 1972, S. 4). Lever (1976, S. 480) merkt zudem an, dass Mädchen meist in kleineren

Gruppen spielen als Jungen und Spiele in großen Gruppen von sich aus mehr Platz in Anspruch nehmen und daher raumgreifender sind.

Ein weiterer Versuch die Geschlechtsunterschiede in Bezug auf räumliches Verhalten zu ergründen findet sich in evolutionären Theorien. Lawton (2010, S. 325f.) nennt einige dieser: Männer brauchten ausgeprägte räumliche Fähigkeiten, weil sie auf der Suche nach Frauen umherreisten – Frauen mussten der nahen Umgebung gegenüber aufmerksam sein, um sich und ihren Nachwuchs schützen zu können. Männer gingen auf die Jagd und mussten Tiere über weite Strecken hinweg verfolgen können – Frauen sammelten Früchte in der näheren Umgebung und mussten sich deren Standorte merken. Männer mussten Gegner bekämpfen, dafür weite Entfernungen zurücklegen und am richtigen Ort ankommen. Diese Theorien werden auch von Newcombe (2010, S. 265f.) beschrieben und zwar unter den Bezeichnungen *Man the hunter*, *woman the gatherer* und *Man who gets around*. All diese evolutionären Erklärungsansätze beruhen auf der Arbeitsteilung zwischen den Geschlechtern. Ob diese aber tatsächlich so stattgefunden hat, kann nicht mit Sicherheit festgestellt werden (Lawton 2010, S. 325; Newcombe 2010, S. 267f.). Schroeder (2010, S. 250) merkt zudem an, dass zwar nicht vollkommen geklärt werden kann, woher die Unterschiede zwischen Frauen und Männern stammen, aber dass diese eingenommenen Geschlechterrollen wohl einen bestimmten Grund hätten, da sie der Spezies Mensch geholfen haben zu überleben.

Auf die Frage, warum das räumliche Verhalten von Mädchen und Jungen, von Frauen und Männern unterschiedlich ist, existieren noch einige weitere mögliche Erklärungsversuche. Auch räumliche Erfahrung, soziokulturelle Unterschiede, Trainingseffekte oder der Einfluss von Stereotypen mögen eine Rolle spielen (Lawton 2010, S. 326-328), physiologische Unterschiede sind ebenso zu beachten (etwa bei Schroeder 2010).

2.4 Raumhören

Schall breitet sich im Raum aus, wird durch die vorhandenen Flächen und deren Materialien in seiner Ausbreitung gehindert und gelangt schließlich durch den Raum geformt am Hörort ein. Allein die Luft, durch welche sich die Schallwellen fortsetzen, nimmt Einfluss auf den Klang – diese Dissipation und das Reflexionsverhalten eines Raumes nehmen direkten Einfluss auf dessen Wahrnehmung, speziell auf die

Wahrnehmung der Raumgröße. Die Funktionsweise des räumlichen bzw. binauralen Hörens spielt zugleich eine wesentliche Rolle für die Simulation von Raum und Raumgröße. So klingt ein Raum zuweilen anders als es noch soeben der Fall war. Auch ein stets vorhandenes Grundrauschen kann dazu herangezogen werden einen Raum auditiv wahrzunehmen. Eignet sich der Mensch diese Strategien entsprechend an, ist er durchaus dazu in der Lage einen Raum mit den Ohren zu *sehen*.

Verhalten des Schalls im Raum. Das freie Schallfeld, in welchem sich Schall ungehindert ausbreiten kann, existiert praktisch nur in eigens dafür gebauten, sogenannten schalltoten Räumen oder annäherungsweise etwa über schneebedeckten Flächen (Dickreiter 1997, S. 11-23). In Räumen verläuft die Schallausbreitung nicht ungehindert und geradlinig, da sich dem Schall Hindernisse, wie etwa Wände oder sonstige Gegenstände, entgegenstellen und die Schallausbreitung beeinflussen: Reflexion, Beugung, Brechung und Absorption treten auf. Eine totale oder teilweise Reflexion der Schallwelle bewirkt eine Änderung der Ausbreitungsrichtung, beeinflusst durch die Wellenlänge entweder im gesamten Frequenzbereich oder nur im Bereich höherer Frequenzen, sowie Schallbündelung und Schallzerstreuung. Eine Beugung der Schallwelle führt zu einer veränderten Ausbreitungsrichtung speziell im Bereich der tieferen Frequenzen oder abhängig von der Wellenlänge zu einem Umgehen von Hindernissen. Die Brechung einer Schallwelle tritt beim Übergang des Schalls in ein Medium mit anderer Schallgeschwindigkeit auf und führt wiederum zu einer Richtungsänderung der Ausbreitung. In der Raumakustik ist das Phänomen der Brechung nur für die Absorption relevant, im Freien kommt es auch durch Temperaturunterschiede einzelner Luftschichten zu einer Brechung der Schallwelle. Eine totale oder teilweise Absorption der Schallwelle entzieht dieser Energie, wodurch sie ausgelöscht oder geschwächt wird. Die Absorption ist, unter Einfluss der Wellenlänge, frequenzabhängig.

Schallwellen erfahren allerdings auch Dämpfung durch die Luft, in welcher sie sich ausbreiten (Schreiber 2004, S. 197-199; Everest & Pohlmann 2009, S. 157f.; Görne 2011, S. 83). Diese Dissipation genannte Dämpfung der Luft wird erst bei sehr großen Entfernungen bzw. in großen Räumen bemerkbar und betrifft vor allem hohe Frequenzen. Ein großer Raum klingt demnach dumpfer als ein kleiner Raum. Die Stärke der Dämpfung wird ebenso von der relativen Luftfeuchtigkeit beeinflusst, mit zunehmender Luftfeuchtigkeit lässt die Dämpfung nach und der Klang wird heller.

Der zeitliche Aufbau eines Schallfeldes wird wesentlich vom Raum beeinflusst. Breitet sich ein Schallimpuls in einem Raum aus, trifft am Hörort zunächst der Direktschall ein, welcher diesen auf direktem, ungehinderten Weg erreicht (Henle 2001, S. 44). Mithilfe des Direktschalls ist es möglich die Richtung der Schallquelle festzustellen. Als nächstes treffen am Hörort die ersten Reflexionen (auch frühe Reflexionen oder nach dem Englischen *early reflections* genannt) ein. Deren Schalldruckpegel und zeitliche Verzögerung gegenüber dem Direktschall werden von der Umgebung, also vom Raum, bestimmt. Nach einer gewissen Zeit verschmelzen die einzelnen Reflexionen zum Nachhall und sind nicht mehr einzeln wahrnehmbar. Wird die Schallwelle nicht mehr angeregt, klingt der Nachhall in einer für den Raum typischen Weise aus. Die Nachhallzeit beschreibt die Länge dieses Ausklingens und ist je nach Frequenz unterschiedlich. Abbildung 1 stellt den zeitlichen Aufbau eines Schallfeldes schematisch dar:

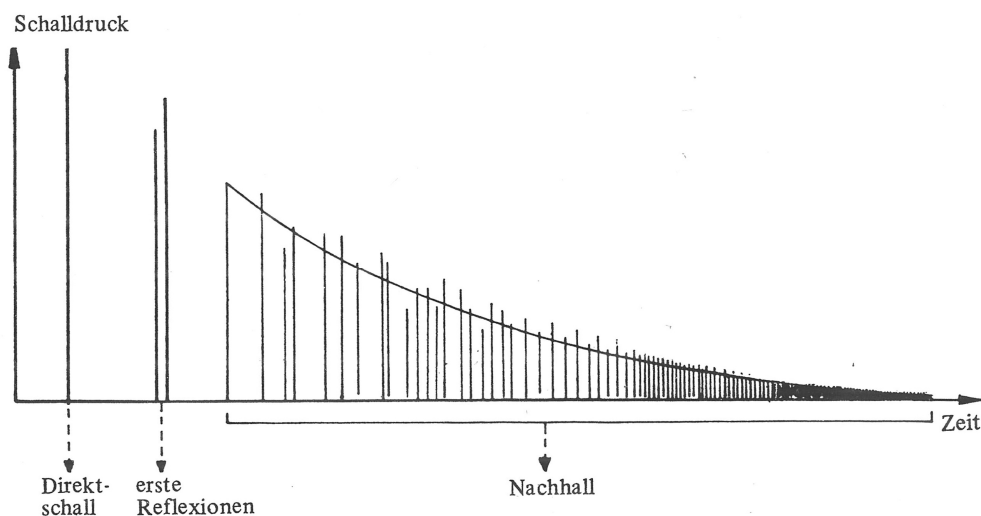


Abbildung 1: Zeitliche Folge der Reflexionen in einem Raum bei Impulsschall
(Dickreiter 1997, S. 26)

Wie groß ein Raum ist, kann sowohl anhand der frühen Reflexionen als auch am Nachhall gehört werden. In Bezug auf die frühen Reflexionen ist besonders das *Initial Time Delay Gap* (ITDG), der zeitliche Abstand zwischen Direktschall und erster eintreffender Reflexion, als für das Raumgrößeempfinden wesentlich zu betrachten (Görne 2011, S. 88). Je größer das ITDG, desto größer erscheint der Raum. Frühe

Reflexionen mit einer Verzögerung von 0.8 bis etwa 20ms können jedoch auch Klangfärbungen verursachen (Dickreiter 1997, S. 28). Zudem ist auch der zeitliche Abstand zwischen den frühen Reflexionen relevant für das Hören von Raumgröße. So liegen die frühen Reflexionen in einem kleinen Raum dichter beieinander als in einem großen Raum (Pop & Cabrera 2005, S. 116). Der Einfluss des Nachhalls auf die empfundene Raumgröße liegt einerseits in dessen zeitlicher Verzögerung und andererseits in seiner Dauer. So beschreibt der Anhall den zeitlichen Aufbau des Nachhalls, in welchem die einzelnen Reflexionen erst in eine dichte Reflexionsfolge übergehen müssen (Dickreiter 1997, S. 393). In einem kleinen Raum ist dieser Anhall zeitlich kürzer als in einem großen Raum. Die Dauer des Nachhalls wird dadurch bestimmt, dass die Abnahme der Schallenergie umso schneller erfolgt, je stärker die Raumbegrenzungsflächen absorbieren und je häufiger die Schallstrahlen reflektiert werden (Dickreiter 1997, S. 31). In einem kleinen Raum, in welchem die Schallstrahlen häufiger reflektiert werden und ihre Schallenergie somit schneller verlieren, ist die Nachhallzeit geringer und der Raum wird als kleiner wahrgenommen. Neben dem zeitlichen Verlauf der frühen Reflexionen und des Nachhalls nannte Sandvad (1999) das Verhältnis zwischen der Intensität (dB) des Direktschalls und des Diffusschalls, der Gesamtheit des reflektierten Schalls, (engl. *direct to reverberant energy ratio*) als weiteres Kriterium für die auditive Raumgrößenwahrnehmung. Während sich dieses bei Hameed et al. (2004) als für das Raumgrößeempfinden nicht verlässlich zeigte, schreiben auch Pop & Cabrera (2005, S. 121) davon, dass der Diffusschall in kleinen Räumen lauter wäre als in großen Räumen, da die Schallwellen weniger Weg zurücklegen müssten. Die akustische Empfindung der Raumgröße wird in der Hörakustik, einem Teilbereich der Raumakustik, dem Aspekt des Raumeindrucks zugesprochen (Dickreiter 1997, S. 27f.). So beschreibt die Hörakustik den akustischen Raum anhand drei Bereiche: anhand der Hörsamkeit (wie gut eignet sich ein Raum für bestimmte Schalldarbietungen?), der Durchsichtigkeit (welche Klarheit besitzt eine Schalldarbietung in diesem Raum?) und des Raumeindrucks (welchen Höreindruck hinterlässt der Raum?). Nähere Ausführungen zu Raumakustik und diesbezüglich umfassenden Inhalten finden sich etwa bei Dickreiter (1997), Henle (2001) und Görne (2011).

Binaurales Hören. Die Fähigkeit räumlich zu hören basiert hauptsächlich auf dem Wahrnehmen von Differenzen zwischen den beiden Ohrsignalen und wird aus diesem

Grund auch als binaurales (zweiohriges) Hören bezeichnet (Görne 2011, S. 126f.). Als besonders relevant gelten hierbei interaurale Laufzeit- und Pegeldifferenzen. Die interaurale Laufzeitdifferenz meint die unterschiedlichen Zeitpunkte, zu welchen ein Schallsignal die beiden Ohren erreicht. Da der Schall zum weiter entfernten Ohr einen längeren Weg zurücklegen muss, kommt er dort verzögert an (Murch & Woodworth 1978, S. 181). Die interaurale Pegeldifferenz beschreibt die unterschiedliche Amplitude, mit welcher das Schallsignal die beiden Ohren erreicht. So ist die Amplitude an dem der Schallquelle zugewandten Ohr geringfügig höher als an dem abgewandten Ohr. Diese Differenz ist einerseits auf die unterschiedliche Entfernung zum Ohr und andererseits auf den Schallschatten, welcher durch den Kopf entsteht, zurückzuführen.

Blauert (1974, S. 50f.) schreibt der Ohrmuschel und damit einhergehend dem Einfluss des Kopfes eine bedeutsame Rolle für das räumliche Hören zu. Die Ohrmuschel ist dem Gehörgang unmittelbar vorgeschaltet und stellt einen linearen Filter dar. Ankommende Schallsignale werden je nach Schallquellenrichtung und -entfernung unterschiedlich linear verzerrt, die Ohrmuschel nimmt eine Umcodierung räumlicher Schallfeldmerkmale in zeitliche vor. Goldstein (1997, S. 379) beschreibt, wie bei diesem Vorgang verschiedene Frequenzkomponenten des Schallereignisses in der Ohrmuschel mehrfach reflektiert werden. Durch diese Reflexionen würden einige Frequenzbereiche verringert und andere verstärkt werden. Die Ohrmuschel und der Kopf fungieren demnach als Filter, als Folge dessen entstehen sogenannte „richtungsbestimmende Bänder“ (Blauert 1974, S. 36 + 92f.; 2010, S. 105f.), wonach Schallsignale mit primärem Frequenzanteil von 2000 bis 7000Hz, aufgrund der körperlichen Erfahrung, eher vorne lokalisiert werden. Signale mit primärem Frequenzanteil um 1000Hz werden von hinten kommend wahrgenommen, während Signale mit primärem Frequenzanteil um 8000Hz eher oben lokalisiert werden.

Das Schallsignal wird demnach je nach Schallquellenrichtung und -entfernung unterschiedlich codiert. Zudem entsteht durch Überlagerung von Direktschall und Ohrmuschel-Reflexionen an der Öffnung des Gehörganges ein charakteristisches Interferenzmuster, welches als Außenohr-Übertragungsfunktion (auch kopfbezogene Übertragungsfunktion oder aus dem Englischen *head related transfer function* (HRTF)) bezeichnet wird (Görne 2011, S. 111-113 + 126). Diese HRTF nimmt wesentlichen Einfluss auf die Lokalisation der Schallquelle in der Horizontal- und Vertikalebene und ermöglicht die Unterscheidung von vorne und hinten. Durch kleine, unwillkürliche Kopfbewegungen verändert sich die HRTF in geringem Maße, wodurch das räumliche

Hören wiederum erleichtert wird. Zudem werden die räumliche Wahrnehmung und Lokalisation im Alltag durch das Sehen unterstützt.

Simulation von Raumgröße. Die meisten Aspekte des räumlichen Hörens, so auch das Hören von Raumgröße, sind durch Erfahrung erlernt. (Cabrera 2007, S. 3). Durch das alltägliche Hören von Räumen können die relevanten Informationen aus dem Gehörten genutzt werden. In vielen Untersuchungen hat sich sogar gezeigt, dass die Variation akustischer Parameter, wie etwa der Nachhallzeit, eine größere Auswirkung auf die empfundene Raumgröße haben kann, als die Veränderung des tatsächlichen physikalischen Volumens (Cabrera 2007, S. 6; Yadav et al. 2011, S. 101). Eine solche Veränderung der physikalischen Raumgröße wäre auch nicht immer sinnvoll, etwa wenn Räume für unterschiedliche Veranstaltungen verwendbar sein sollen und daher variabel bleiben müssen. Welche Möglichkeiten es dennoch gäbe, um Volumen oder Absorptionsverhalten und damit die Nachhallzeit eines Raumes architektonisch zu variieren, beschreibt Brook (1991, S. 193-197). Allerdings werden Räume, die tatsächlich für unterschiedliche Veranstaltungen verwendet werden sollen, wie etwa Mehrzwecksäle oder andere Aufführungsräume, raumakustisch oftmals durch elektronische Raumsimulationssysteme optimiert (Frisch 2004, S. 446f.). Ohne in die Architektur des Raumes einzugreifen, entstehen auf diese Weise verschiedene Räume unterschiedlicher Nachhallzeit oder mit unterschiedlichem Reflexionsverhalten.

Auch empirische Untersuchungen zu auditivem Raumgrößeempfinden werden oftmals mithilfe von Raumsimulationen durchgeführt, da diese einfacher und effizienter zu realisieren sind als die Verwendung echter Räume unterschiedlicher Größe (Cabrera et al. 2006, S. 417). Welche akustischen Parameter hierbei variiert werden, ist unterschiedlich: Schalldruckpegel der Klangstimuli (Cabrera et al. 2005, Yadav et al. 2011), Klarheitsmaß (Cabrera et al. 2005, Yadav et al. 2011), Verhältnis zwischen Direktschall und ersten Reflexionen (Cabrera 2007), Nachhallzeit (Hameed et al. 2004, Cabrera et al. 2005, Cabrera et al. 2006, Cabrera 2007, Yadav et al. 2011), *direct to reverberant energy ratio* (Hameed et al. 2004).

Eine Möglichkeit um Raum für die Wiedergabe über Kopfhörer zu simulieren liegt in der Verwendung von Kunstkopfstereophonie (Blauert 1985, S. 87-98; Görne 2011, S. 130f.). Hierbei enthält das Schallsignal Laufzeit- und Pegeldifferenzen und ist zudem mit der Außenohr-Übertragungsfunktion (HRTF) beaufschlagt. Um ein solches Signal herzustellen gibt es verschiedene Methoden, etwa die Aufnahme mit einem

Kunstkopfmikrofon oder mit Sondenmikrofonen in den eigenen Ohren, oder etwa die Konvertierung eines Signals mit Laufzeit- und Pegeldifferenzen mit HRTF am Computer. Ausführliche Messungen zur HRTF wurden bereits an einer Vielzahl von Menschen zu unterschiedlichen Schallquellenrichtungen und -entfernungen durchgeführt (Blauert 1997, S. 11 + 17). Auch Schallsignale ohne jegliche Rauminformation, welche in reflexionsarmer Umgebung aufgenommen wurden, können mithilfe binauraler Raumsimulation als räumlich hörbar gemacht werden; ein Vorgang, der als Auralisierung bezeichnet wird.

Blessner und Salter (2007, S. 56f.) beschreiben zwei weitere Möglichkeiten, um einen Raum auditiv zu vergrößern und überlegen hierbei, wie dies analog zu visuellem Fenster, Spiegel und Bild realisierbar wäre. Diese „auralen Illusionen“ wurden allerdings noch nicht verwirklicht:

- 1) Der Klang an einem virtuellen Fenster. Hierbei gäbe es zwei Möglichkeiten. Zum einen könnte man ein virtuelles Fenster aus einem Material gestalten, welches den Klang in einem Raum absolut absorbiert. Dies wäre als Fenster zu einem vollkommen offenen, unbegrenzten Raum wahrnehmbar. Da ein solcher Raum in der Realität bzw. im Alltag nicht existiert, bestünde die zweite Möglichkeit darin einen realen Raum hinter dem Fenster nachzubilden. So müsste dieser Raum tatsächlich reflektierende und absorbierende Flächen besitzen und auch Schallquellen beherbergen. Ein solcher Raum würde die Schallwellen, die aus dem ersten Raum durch das Fenster gelangen, dementsprechend verarbeiten und zurückwerfen. Technisch umgesetzt müsste dies bedeuten, dass am virtuellen Fenster ein reales Schallfeld nachgebildet wird. Auch Geräusche von außerhalb des Fensters, wie etwa Vogelgezwitscher, könnten eingespielt werden.
- 2) Eine Wand, die weiter weg erscheint. Um diese Möglichkeit zu realisieren müsste eine Wand in einem Raum vollkommen Schall absorbierend sein. Der Schall würde allerdings von Mikrofonen aufgenommen und von Lautsprechern zeitlich verzögert wiedergegeben werden, so als wäre die Wand beispielsweise drei Meter weiter weg. Dadurch würde der Raum als auditiv größer wahrgenommen werden.

Rauschen im Raum. Ein jeder Raum rauscht auf seine spezifische Art und Weise. Ein solches Grundrauschen entsteht durch Luftströmungen und wird je nach Beschaffenheit und Größe des Raumes geformt (vgl. Jauk 2013b, S. 13). Dass dies die Existenz von Stille ausschließt, wird auch von Höldrich (1995, S. 137) beschrieben: „Wo herrscht

Stille? Auch nirgends. Jeder Raum besitzt auch bei „völliger Stille“ ein meist deutlich hörbares Grundrauschen.“

Das Rauschen trägt, neben dem Hören von Raum, grundsätzlich zur auditiven Wahrnehmung bei (Höldrich 1995, S. 144f.). Ohne diese zufälligen Tonhöhen- und Lautstärkeschwankungen von stationären Klängen, würde die Klanglokalisation in Räumen erheblich erschwert werden, da ein absolut statischer Klang, vor allem in tiefen Frequenzbereichen, kaum zu lokalisieren ist. Die beiden Ohrsignale würden sich zwar in ihrer Lautstärke unterscheiden, was eine Richtungsortung ermöglicht, die Phasenunterschiede wären aber missverständlich. Durch die zufälligen Schwankungen wird die Starrheit der beiden Ohrsignale aufgelöst, aufgrund der nun fortwährend veränderlich eintreffenden Phasenbeziehungen kann das Gehirn den Klang im Raum eindeutig lokalisieren. Das Rauschen trägt somit einen wesentlichen Beitrag zur Wahrnehmung der Umwelt.

Wie aber ist Rauschen aufgebaut? Rauschen ist ein Schallphänomen bei welchem, statistisch verteilt, alle Frequenzen auftreten (Henle 2001, S. 28). Je nach Energieverteilung innerhalb der Frequenzen gilt Rauschen als unterschiedlich gefärbt. Weißes Rauschen etwa besteht aus Teiltönen, deren Dichte und Amplitude über den gesamten Frequenzbereich hinweg konstant sind. Zudem kann Rauschen durch Klangbearbeitung in Höhe, Dichte, Bandbreite, Intensität, Schärfe, Mitten- und Grenzfrequenz variiert werden (Höldrich 1995, S. 134).

Das Hören von Raum. Breitet sich Schall in einem Raum aus, treffen die Schallwellen je nach Raum und vorhandener Einrichtung verändert am Hörort ein:

„Am Weg der Ausbreitung der Schwingung in der Luft erfährt die Schallwelle Dämpfung; durch die Übertragung der Bewegung von Molekülen zu Molekülen verliert sie an Energie. Davon werden die obertonschwächeren höheren Klanganteile zuerst betroffen. Am Weg der Ausbreitung in der Luft wird der Klang somit leiser und dumpfer. Reflexion bzw. Absorption an Gegenständen lässt wiederum je nach Oberflächenbeschaffenheit Klanganteile weiterleiten bzw. absorbiert diese. Der Klang, der an unser Ohr dringt trägt somit nicht nur Information über die Art der Bewegung des erzeugenden Schwingers in sich, sondern auch über die Art der Ausbreitung. Damit trägt der Klang Rauminformation in sich.“ (Jauk 2008, S. 1)

Aufgrund dieser Veränderung des Schallsignals kann ein Raum anhand des Hörens so detailliert wahrgenommen werden, dass etwa das Erkennen einzelner Gegenstände oder die Navigation im Straßenverkehr (Griffin 1958, S. 299f.) ermöglicht werden. Physiologisch betrachtet ist jeder Mensch dazu in der Lage diese Fähigkeit aufzubauen, allerdings bedarf es hierzu Motivation, Einsatz, Begabung und viel Übung (Blesser & Salter 2007, S. 35f.). Zusätzlich zur Wahrnehmung räumlicher Klangvariationen, wie etwa der Veränderung in Zeit, Amplitude oder Klangspektrum, muss sich die hörende Person kognitive Strategien erarbeiten, um diese klanglichen Veränderungen auch decodieren zu können. Auf diese Weise ist es etwa möglich, geöffnete Türen, nahegelegene Wände oder Gegenstände zu hören. Blesser und Salter unterscheiden, je nachdem welche Klänge herangezogen werden, zwei Formen des räumlichen Hörens: *Echolocation* und *Spatial Awareness*.

Echolocation (früher *face vision*) bezeichnet das Hören von Objekten und räumlichen Strukturen mithilfe selbst erzeugter Klänge, wie etwa der eigenen Stimme, Zungenschmalzen oder dem Klopfen mit einem Gehstock (Blesser & Salter 2007, S. 37-39). Auch Fledermäuse, Delphine und andere Tiere wenden diese Strategie an, um die Umwelt anhand zurückgeworfener Echos wahrzunehmen. Untersuchungen zum Hören von Gegenständen, auch derer unterschiedlichen Oberflächen, haben etwa Rice (1967) und Hausfeld et al. (1982) durchgeführt. Einen umfassenden Überblick über die Entwicklung und Funktionsweise von *Echolocation* gibt Kish (1995), zudem schlagen Kish und Bleier (2000) einige Strategien zum Erlernen und Unterrichten von *Echolocation* vor. *Spatial Awareness* hingegen bezeichnet das Wahrnehmen der Umwelt anhand bereits vorhandener Klänge, wie etwa vorhandener Hintergrundgeräusche (Blesser & Salter 2007, S. 37).

Aber wie hören sich Wände, Durchgänge oder einzelne Objekte an? Das Schallfeld und folglich das Hörfeld des Menschen erstreckt sich über drei Dimensionen: links-rechts, vorne-hinten, oben-unten³ (Blesser & Salter 2007, S. 42-43). Innerhalb dieser Dimensionen nehmen die beiden Ohren, getrennt durch die Breite des Kopfes, den Klang an minimal anderer Stelle des Raumes wahr. Jede Oberfläche erzeugt Reflexionen, wenn sich die Schallquelle vor ihr befindet, oder einen akustischen Schatten, wenn sich die Schallquelle dahinter befindet. Ist der Klang impulshaft und die Oberfläche mehr als zehn Meter entfernt, wird eine Reflexion als Echo gehört. Ist der

³ Bei Blauert (1974, S. 11f.) als Medianebene, Frontalebene und Horizontalebene beschrieben.

Klang kontinuierlich und die Oberfläche in der Nähe, wird die Reflexion als Klangfärbung gehört. Ein Schallschatten tiefer Frequenzen wird als diffus und eher verschwommen wahrgenommen, während sich ein Schallschatten hoher Frequenzen eher klar und scharf anhört. Nahe einer Wand findet eine Klangfärbung tiefer Frequenzanteile statt, wodurch das der Wand zugewandte Ohr den Klang anders wahrnimmt als das der Wand abgewandte Ohr. Nur in der Mitte des Raumes hören beide Ohren den Klang auf die gleiche Weise. Derselbe Effekt tritt beim Hören einer offenen Türe oder eines Durchganges zutage, da das Fehlen einer Wand gehört wird. Ein Türrahmen erzeugt aber ebenso einen Schallschatten in Bezug auf die Klänge des dahinterliegenden Raumes. Auch Ashmead und Wall (1999) untersuchten das Hören von Wänden mithilfe des vorhandenen Raumklanges bzw. der Hintergrundgeräusche und fanden heraus, dass der Schalldruck, speziell der tiefen Frequenzen, innerhalb eines Meters vor der Wand zu steigen beginnt. Mithilfe von *Echolocation* und *Spatial Awareness* können aber auch kleinere Objekte gehört werden, sobald sie sich in der Nähe befinden (Blessner & Salter 2007, S. 44). Ein Gegenstand variiert den Raumklang auf so erkennbare Weise, dass sogar gehört werden kann, ob es sich um einen runden, vier- oder dreieckigen Gegenstand handelt.

2.5 Bewusster Einsatz von Klang im Raum

Wenn auch Klang noch nicht alltäglich dazu genutzt wird einen Raum zu schaffen und zu gestalten, finden sich doch (vorrangig) im künstlerischen oder (seltener) im architektonischen Bereich Beispiele der Anwendung. Die folgende Aufstellung beinhaltet sowohl Klanginstallationen, als auch Möglichkeiten architektonischer Nutzung und stellt dabei keinerlei Anspruch auf thematische Vollständigkeit. Zu Beginn stehen Beispiele für den Einsatz von Klang als Mittel zur Strukturierung und Mitgestaltung von architektonischem Raum. Hierbei kann Klang auch tatsächlich die Rolle eines Raumelementes einnehmen. An zweiter Stelle stehen Beispiele für Klänge, die einen Raum verändern, formen oder besser zur Geltung bringen sollen. Abschließend werden zwei empirische Untersuchungen angeführt, welche mögliche Anwendungen von Klang im Raum aufzeigen. Während die angeführten Beispiele thematisch als Klangräume einzuordnen sind, bildet der Philips-Pavillon (siehe 2.5.2) hierin eine Ausnahme. Durch die Einspielung von (elektronischer) Musik wird der

Raum zwar ebenso klanglich gestaltet und verändert, bildet aber zugleich einen Aufführungsort für Musik und kann daher, im Sinne der Spatialisierung, als musikalischer Parameter (Jauk 2013a, S. 271) betrachtet werden. Grundsätzlich steht in dieser Zusammenstellung die Gestaltung architektonischen (Innen-)Raumes im Vordergrund, wodurch der Einsatz funktioneller Hintergrundmusik, wie etwa durch die diesen Bereich mitbegründende Firma Muzak, nicht miteinbezogen wird.

2.5.1 Strukturierung und Gestaltung von architektonischem Raum

Rauscherzeuger können dazu eingesetzt werden, offene Räume mit fehlender akustischer Intimität in sich zu strukturieren (Föllmer 1999, S. 200). Um den allgemeinen Pegel an Störgeräuschen niedrig zu halten, sind etwa Großraumbüros oder Bankfilialen oftmals mit Akustikdämmplatten ausgestattet. Unvorteilhafterweise werden dadurch Gespräche in nächster Umgebung ebenso leicht einhörbar, mangelnde Diskretion ist die Folge. Um diesem Problem entgegenzuwirken gibt es seit den 1950er Jahren sogenannte Rauscherzeuger, welche, in abgehängte Decken montiert, künstlich erzeugtes Rauschen abgeben und somit einzelne auditive Räume innerhalb eines gesamten Raumes schaffen. Akustische Intimität wird so wieder möglich.

Rauschen ist aufgrund seiner maskierenden Eigenschaft für die Überdeckung anderer Geräusche besonders gut geeignet. Während tiefe Töne hohe Töne oder laute Klänge leise Klänge auf natürliche Weise überdecken, maskiert Rauschen andere Geräusche nicht etwa durch Lautstärke, sondern bloß aufgrund seiner harmonischen Komplexität (Fontana 2003, S. 72). Auch **Axel Rudolph** setzte künstliches Rauschen in einer Bankfiliale ein, um Diskretion zwischen den Menschen zu ermöglichen (Der Spiegel 1995, S. 114). Ein System aus sechs Lautsprechern, zwei Mikrofonen und einem elektronischen Klangfarbenregler reagierte hierbei auf den im Raum vorhandenen Geräuschpegel und passte das Rauschen dementsprechend an.

Ähnlich warb bereits **William R. Farrell** (1965, S. 184-186) für den Einsatz von rauschenden Klängen im Raum, um die Privatsphäre zu steigern. Als Beispiel nannte er ein Wohnheim für Studierende, in welchem die Geräusche eines Zimmers in den benachbarten Zimmern deutlich zu hören waren. Farrell empfahl folglich die Installation eines **Lüftungssystems**, durch welches der Pegel des

Hintergrundgeräusches automatisch angehoben wurde. Durch das hinzugefügte Rauschen, und die damit verbundene Maskierung störender Geräusche, wurden die Räume als subjektiv leiser empfunden.

Einen völlig anderen Ansatz verfolgte **Anke Eckardt** mit ihrer multisensorischen Installation **BETWEEN | YOU | AND | ME** aus dem Jahr 2011 (Eckardt 2011). Eine Wand, bestehend aus Klang und Licht, wird erst aus nächster Nähe wahrnehmbar. Zwei dünne Häute aus Licht bilden einen sichtbaren Rahmen, der mit dem Klang von zerbrochenem Glas gefüllt ist. Ermöglicht wird dies durch extrem gerichtete Lautsprecher (*hypersonic speakers*). Die Wand bildet keine starre Grenze, sie kann durchschritten werden. Aus der Entfernung löst sie sich auf, zu sehen ist Transparenz, zu hören bloß verwehte Klänge. Ein abgrenzendes Raumelement, das deutlich wahrnehmbar und doch überwindbar ist.

2.5.2 Durch Klang veränderlicher Raum

Im Rahmen der Brüsseler Weltausstellung 1958 wurde der **Philips-Pavillon** erbaut (Winko o. J.). Vom Philips-Konzern in Auftrag gegeben, sollte dieser die technologischen Errungenschaften des modernen Zeitalters und zudem die Bedeutung des weltweit tätigen Konzerns repräsentieren. So entstand in Zusammenarbeit von **Iannis Xenakis, Le Corbusier und Edgard Varèse** eine Raum-Klang-Komposition, die ebenso als multimediale Installation aufgefasst werden kann. Im Inneren des Pavillons wurden Raum, Licht, Farbe und Klang zu achtminütigen Vorführungen synchronisiert, die elektronische Raumkomposition *Poème électronique* von Edgard Varèse wurde erstmals in für sie idealer Weise aufgeführt. Die Klangprojektion geschah über 350 auf Klangbahnen angeordnete Lautsprecher, der Klang schien sich im Pavillon fortzubewegen. Der Philips-Pavillon, dessen herausragende Architektur durch Bild und Klang zusätzlich geformt und verstärkt wurde, musste wenige Monate nach der Weltausstellung wieder gesprengt werden. Bemühungen dieses multimediale Erlebnis nachzubilden finden im Rahmen virtueller Rekonstruktionen statt.

Die Klanginstallation **Ton-Raum** von **Bernhard Leitner**, welche 1984 an der Technischen Universität Berlin realisiert wurde, möchte Raum hör- und spürbar machen (Leitner 1986, S. 289-291). Zunächst wurden der Stiegenaufgang und der Lichthof des

Hauptgebäudes mit Schall absorbierendem Material versehen, um die Nachhallzeit dieser Räume zu reduzieren. Mithilfe von 24 Lautsprechern, zwölf im unteren und mittleren Bereich der vier Wände, acht im oberen Bereich und vier in der Decke, konnten fünfzehn verschiedene Räume komponiert werden. Das hierfür verwendete Klangmaterial bestand aus mit klassischen Instrumenten gestrichenen oder geschlagenen, teilweise mit Computer bearbeiteten, Tönen, Geräuschen der Umwelt, elektronischen Tönen oder Klangformen, Klangmustern nicht-abendländischer Musik und der menschlichen Stimme. Zwei dieser Ton-Räume sollen nun exemplarisch herausgegriffen werden, Leitner beschreibt sie folgendermaßen (Leitner 1986, S. 291):

Ton-Raum Nr. 3 – Atmende Dialoge. „Die zehn Meter lange Raum-Diagonale atmet an einem ihrer beiden Endpunkte ein und am gegenüberliegenden Ende wieder aus, atmet an diesem Ort wieder ein, um wiederum am gegenüberliegenden Ende auszuatmen.“

Ton-Raum Nr. 4 – Raum-Rhythmus. „Kräftige, räumlich wie zeitlich aleatorisch versetzte Schläge definieren einen Rhythmus-Raum. Er ist beengend, eng, nach innen gerichtet. Ein ähnliches Raum-Programm für ein anderes Ton-Material (leise, hallige Schläge) definiert einen zweiten Rhythmus-Raum. Dieser ist nach außen gerichtet, weit, sich weitend. Die frei improvisierte Abfolge der beiden verschiedenen Räume ist ein Verengen und Erweitern, ein Zusammenziehen und Dehnen des Raumes.“

Einen Raum bzw. die Illusion eines Raumes allein durch Klang zu erschaffen, diesen Ansatz verfolgt **Werner Jauk** in seiner Klanginstallation **Klangraum** (engl. *Sound cube*), welche 1996 im Rahmen des Steirischen Herbst gezeigt wurde (Jauk 2001, S. 333f.; Jauk 2007, S. 369). In einem dunklen Raum mit leicht schrägem Boden – um die Mithilfe von Sehen und Gleichgewichtssinn bei der Raumwahrnehmung zu irritieren bzw. auszuschalten – soll durch die Modulation von Klangfarbe, Tonhöhe und Lautstärke eines geräuschhaften Klanges Raum entstehen. Diese Modulation wird durch die Bewegungen des Menschen gesteuert. Die Wahrnehmung von Entfernung wird über Klangfarbe (hier *sharpness*⁴) und Lautstärke beeinflusst, die Wahrnehmung von Höhe über Tonhöhe und Klangfarbe. Durch Phasenverschiebungen und Pegeldifferenzen des Stereo-Signals werden die Wahrnehmung von rechts und links simuliert. Hier entsteht auditiver Raum durch die ansonsten visuell gesteuerte Bewegung des eigenen Körpers.

⁴ Siehe Bismarck 1974.

2.5.3 Anwendung von Klang im Raum

Abschließend sollen zwei empirische Untersuchungen zum konkreten Einsatz von Klang in einem Selbstbedienungsrestaurant und einem Kaufhaus Erwähnung finden.

Die erste Untersuchung fand im Speisesaal eines **Selbstbedienungsrestaurants** statt, mittels Modifizierung der klanglichen Gegebenheiten sollte die Verweildauer der KundInnen verlängert werden (Rudolph 1993, S. 125-151). Die vorhandene akustische Umwelt setzte sich aus menschlichen Stimmen, dem Klappern von Besteck, Geschirr und Tablett, dem Klirren von Flaschen, Schritten und Sesselrücken zusammen. Die klangliche Gestaltung sollte diese Geräusche miteinbeziehen, allerdings eine angenehmere Klangfarbe, einen einheitlichen akustischen Eindruck und Abwechslung mit sich bringen. Ziel war es eine angenehme und anziehende Umwelt zu schaffen, welche zugleich zu Entspannung und Erholung beiträgt. Die Lautstärke passte sich automatisch an den im Raum vorhandenen Geräuschpegel an. Entgegen der Erwartung führte die klangliche Gestaltung nicht zu einer Verlängerung, sondern zu einer nicht signifikanten Verkürzung der Verweildauer. Womöglich wirkte die Geräuschkulisse eher aktivierend und beschleunigte daher die weitgehend automatisierten Bewegungsabläufe des Essens.

Die zweite, in einem **Kaufhaus** durchgeführte Untersuchung wollte den Bewegungsstrom der KundInnen am Ausstieg einer nach unten führenden Rolltreppe beeinflussen, sodass mehr Personen als bisher das Stockwerk betreten anstatt weiter abwärts zum Ausgang zu fahren (Rudolph 1993, S. 151-166). Der Bewegungsstrom der Personen sollte durch akustische Gestaltung geleitet werden, welche die Aufmerksamkeit mit einem sich räumlich bewegendem Reiz ins Innere des Stockwerks hineinlenkt. Zwei klangliche Elemente wurden hierfür genutzt: 1) Eine Melodie, die mit dem Betreten der Rolltreppe einsetzt und sich räumlich mit der benutzenden Person mitbewegt. Ab Mitte der Rolltreppe wird die Bewegung der Melodie schneller und führt schließlich von der Rolltreppe weg. 2) Die Geräusche der Rolltreppe wurden deutlich hörbar eingefärbt, dieser Klang war sowohl auf der Rolltreppe, als auch innerhalb des Stockwerks um den Bereich der Rolltreppe zu hören. Auf diese Weise sollten Rolltreppe und Stockwerk akustisch miteinander verbunden werden. Die Kombination aus diesen beiden Elementen führte zu einem signifikant höheren Personenzugang.

3 Forschungsansatz

In einem Schallfeld wird der Körper von Klang eingehüllt, er befindet sich dementsprechend inmitten eines auditiven Raumes (Jauk 2013a, S. 279f.). Da der Klang hierbei auch emotional auf den Menschen wirkt, kann der auditive Raum als zweifach immersiv bezeichnet werden. Dumpfe Klänge, die als weiter entfernt wahrgenommen werden, wirken etwa weniger aktivierend als hohe helle Klänge, von hinten kommender Schall besitzt höheren Signalcharakter als von vorne kommender Schall (Jauk 2013a, S. 279f.). Trotz dieser unmittelbaren Wirkung von Klang auf den Körper wird Klang bei der Gestaltung von Alltagsraum nicht berücksichtigt bzw. nur insofern berücksichtigt, als dass Störgeräusche gedämmt werden. Eine aktive Nutzung von Klang als bauliche Ressource, als Raumelement findet nicht statt. Wie aber könnte eine solche Nutzung aussehen, welche Möglichkeiten würden sich eröffnen?

Abgeleitet von den dargestellten Theorien, soll die Möglichkeit eine Raumvorstellung allein durch Klang zu erzeugen nun empirisch überprüft werden. Der Forschungsansatz der vorliegenden Arbeit besteht darin, die Illusion eines Raumes zu erschaffen; den Klangverlauf nicht räumlich nachzuahmen und einen Klang dennoch als Raum wahrnehmbar zu machen. Diese Möglichkeit beruht auf den bisherigen Erfahrungen des Menschen mit Raumklang und der dabei entwickelten Fähigkeit des interpretierenden Raumhörens. Die zu Beginn aufgegriffene Fragestellung „Kann ein Raum durch Klang gestaltet werden und hat dies Auswirkungen auf die emotionale Bewertung des Raumes?“ wird nun konkretisiert. Die in Folge dessen aufgestellten Hypothesen sollen in einem Experiment überprüft werden. Ausgewählte Aspekte der Untersuchungssituation und des angewandten Materials sollen vorab erörtert werden.

Verwendung von Klang als Baumaterial. Äquivalent zu Licht könnte Klang bewusst und aktiv dazu genutzt werden einen Raum zu gestalten und damit den persönlichen, momentan gestimmten Bedürfnissen anzupassen. Gerade die auf den Menschen unmittelbare Wirkung von Klang würde sich besonders gut dazu eignen einen Raum je nach Tageszeit, Jahreszeit oder Verfassung der anwesenden Personen spezifisch zu gestalten. Innerhalb des Tagesrhythmus könnte die Umgebung morgens und tagsüber aktivierender sein als abends. Zugleich ist das Bedürfnis nach umschließender Geborgenheit morgens und nachts womöglich stärker gegeben als tagsüber. Innerhalb des Jahreskreislaufs verlangen Frühling und Sommer womöglich nach mehr Weite,

Herbst und Winter hingegen nach Ruhe und Umschlossenheit. Ist die momentane Stimmung ausgeglichen, wird Weite als angenehm empfunden, wohingegen Frustration und Depression eher nach einem kleineren und engeren Raum verlangen.

In der Theorie stößt man ansatzweise auf solche Ideen und Räume. Leitner (1985) etwa schreibt:

„Anpassungsfähige Akustik heißt öffnen, erweitern von Räumen oder sie ruhiger und enger werden lassen. Heißt beispielsweise, phasenhafte Räume komponieren, die sich vergrößern und zusammenziehen in wellenartigem Rhythmus. [...] Die Akustik zu ändern, sie bestimmten Vorgängen anzupassen, bedeutet die Sinnlichkeit des Raums ändern. Die abgelöste Akustik eröffnet eine neue gestalterische Dimension der Architektur.“

Blessner und Salter (2007, S. 63) wiederum vergleichen den Klang eines Raumes mit den unterschiedlichen Geschmäckern auf einer Speisekarte und schreiben: „But if you could select its taste, what would you choose? [...] Ideally, you would choose tonal color to match your mood and aesthetic taste.“

Aber wie könnte eine solche Gestaltung umgesetzt und gesteuert werden? Möglich wären eine individuelle, dem Moment angepasste Steuerung oder voreingestellte Programme, die Tages- und Jahreszeit berücksichtigen. Die klangliche Gestaltung eines Raumes könnte allerdings auch so weit reichen, dass der Raum selbst die Bedürfnisse der Anwesenden erkennt und sich diesen anpasst. Ähnlich dem Formatradio, in welchem Klang dazu verwendet wird ein psychohygienisch⁵ optimales Erregungslevel der Hörenden zu schaffen (um die Hörenden zum Zwecke gezielt adressierter Werbung zu binden), kann auch der Raumklang an die jeweilige Erregung angepasst werden (Jauk 2008, S. 4). Über ein unsichtbares Interface könnte die Bewegung des Körpers, als Indikator für Gestimmtheit, abgetastet werden, so Jauk. Der Klang des Raumes würde dementsprechend technisch angeregt werden und könnte unmittelbar, ohne bewusste Selbstkontrolle, auf die Stimmung der Person reagieren.

Die Möglichkeiten einen Raum durch Klang zu gestalten erscheinen vielfach. Werden Klänge hierbei über Lautsprecher eingespielt, wäre es sinnvoll einen zunächst akustisch neutralen, also möglichst reflexionsarmen, Raum zu schaffen, welcher das Eingespielte raumakustisch nicht modifiziert. So könnte der Raum je nach Situation und Bedürfnis beliebig variiert werden. In einer zukünftigen Welt, in welcher die Gestaltung

⁵ Die psychohygienische Funktion von Klang/Musik liegt darin, schlechte Stimmung aufzuheitern und gute Stimmung zu verstärken (*mood management*) (vgl. Jauk 2009, S. 188f.).

und Steuerung der Umwelt stärker auf emotionaler und daher unmittelbarer Kommunikation beruhen könnte, erscheint dies geradezu als Notwendigkeit.

Illusion – Simulation. Um eine Raumwahrnehmung hervorzurufen, kann Klang auf zwei Arten angewandt werden, diese sollen hier als Simulation und Illusion bezeichnet werden. Simulation meint die Nachahmung des tatsächlichen Schallverhaltens im Raum. Hierbei werden die Klänge im Raum durch Mikrofone aufgenommen und nach entsprechender Verarbeitung über Lautsprecher wieder eingespielt. Im Zuge dieser Verarbeitung wird die räumliche Modulation des Klanges mithilfe von Simulationssystemen beliebig nachgeahmt, so klingt ein kleiner Raum plötzlich wie eine riesige Halle. Eines solcher Verfahren zur Aufnahme und Wiedergabe räumlicher Schallfelder nennt sich *Ambisonic* (vgl. Sontacchi & Höldrich 2000). Hierbei werden die klanglichen Parameter des Schallfeldes für jeden Lautsprecher einzeln berechnet und dort simuliert.

Während der Ansatz der Simulation auf breitem Gebiet erforscht wird und bereits gute Ergebnisse erzielt, geschieht die Umsetzung einer Illusion von Umwelt bisher vorrangig in künstlerischen Arbeiten. Die Illusion eines klanglichen Raumes zielt hierbei nicht auf die Nachahmung des Schallverhaltens im Raum, sondern darauf die menschliche Erfahrung des räumlichen Hörens zu nutzen. Da sich diese Erfahrung auf das weitere Hören auswirkt, werden etwa dumpfe Klänge als weiter entfernt oder bestimmte Frequenzen richtungsbezogen wahrgenommen. Der Ansatz der Illusion, welcher im vorliegenden Experiment verfolgt werden soll, beruht demnach auf der Eigenschaft des menschlichen Gehörs, Klänge bestimmter Charakteristika aufgrund der bisherigen Erfahrung als räumlich wahrzunehmen – ein solches Hören soll im Weiteren als interpretierendes Raumhören betrachtet werden.

Interpretierendes Raumhören. Schallwellen breiten sich im Raum aus und werden in Tonhöhe, Lautstärke, Klangfarbe usw. entsprechend moduliert (vgl. Jauk 2008, S. 2f.; Jauk 2009, S. 405). Außenohr und Kopf fungieren als zusätzliche Filter durch welche der Klang verändert wird. Die Erfahrung über diese Modulation und Veränderung des Klanges liegt dem Menschen inne, sie hat sich so sehr eingeprägt, dass auch ähnlich modulierter, aber nicht räumlicher Klang als Raum interpretiert wird. Dementsprechend werden helle Klänge von sich aus als nah empfunden. Zudem trägt ebenso die Erfahrung von Schwerkraft zu einer Verräumlichung von Klängen bei, wodurch tiefe

Töne eher unten verortet und hohe Töne eher oben verortet werden. Diese dem menschlichen Körper eingeschriebenen physikalischen Erfahrungen, diese *embodiments* (siehe 2.1), tragen wesentlich zum interpretierenden Raumhören bei.

Die auditive Wahrnehmung von Raum geschieht also über die Wahrnehmung und Interpretation von Klangveränderungen, wodurch mittels ähnlich modulierter Klänge, etwa spezifisch gefilterter Rauschbänder, klar wahrnehmbare „*illusion spaces*“ generiert werden können (Jauk 2013a, S. 280). Die alleinige Auslösung solcher *embodiments* führe zu ähnlichen Erlebnissen wie die physikalische Simulation von Klang im Raum. Eine diesbezüglich durchgeführte Untersuchung beschäftigte sich mit der wahrgenommenen Raumposition von nicht-räumlich dargebotenen Klängen (Jauk 2001, S. 329-331; Jauk 2007, S. 366f.; Jauk 2009, S. 467-470). Die hierbei über Kopfhörer eingespielten Klänge variierten in Tonhöhe und Klangfarbe, untersucht wurden der Einfluss auf die wahrgenommene Position des Klanges auf der Medianebene und die emotionale Konnotation des Klanges. Es stellte sich heraus, dass es hinsichtlich der Positionswahrnehmung und damit hinsichtlich der Interpretation der Klangfarbe zwei unterschiedliche Herangehensweisen gab. Die erste und größere Gruppe an Versuchspersonen interpretierte aus einer Objekt-zentrierten Hörperspektive: dumpfe Klänge sind weiter entfernt, scharfe (*sharp*) Klänge sind näher. Dies entspricht der Erfahrung von Schallausbreitung im Raum. Die zweite Gruppe interpretierte aus einer Subjekt-zentrierten Hörperspektive: um dumpfe Klänge hören zu können, muss man der Schallquelle nahe sein, um scharfe Klänge hören zu können, kann man weiter entfernt sein. Die erste Perspektive entspricht zudem der Erfahrung des auditorischen Raumes, in welchem sich die Informationen um einen bewegen. Die zweite Perspektive entspricht dem visuellen Raum, in welchem man sich selbst bewegt.

Für die Beantwortung der vorliegenden Fragestellung soll Raumwahrnehmung mittels Klang hervorgebracht werden. Hierfür wird der dargestellte Ansatz der Raumillusion gewählt, welcher auf der Fähigkeit des menschlichen Gehörs zum interpretierenden Raumhören und damit auf bisherigen Klangerfahrungen beruht. Um dies empirisch überprüfen zu können, werden nun konkrete Hypothesen aufgestellt.

Hypothesen. Im Rahmen der vorliegenden empirischen Untersuchung soll geprüft werden, ob Raumwahrnehmung allein durch Klang hervorgerufen werden kann und wie sich dies auf die emotionale Bewertung des Raumes auswirkt. Hierfür wird der Einfluss

spezifisch gefilterten Rauschens auf die empfundene Raumgröße betrachtet. Da hohe Frequenzen von der Dämpfung der Luft stärker betroffen sind und die Schallwellen in einem kleineren Raum weniger Weg zurücklegen müssen, wird der Einfluss der Dämpfung des Rauschens auf die empfundene Raumgröße überprüft (siehe Hypothese 1). Da die frühen Reflexionen in einem kleineren Raum näher beieinander liegen, wird der Einfluss der Dichte des Rauschens auf die empfundene Raumgröße überprüft (siehe Hypothese 2). Da das emotionale Befinden des Menschen von seiner Umwelt beeinflusst wird, wird die emotionale Qualität des eingespielten Rauschens bzw. des vorgestellten Raumes überprüft (siehe Hypothese 3). Aufgrund der dargelegten Theorien werden folgende Hypothesen aufgestellt:

Hypothese 1) Durch die Einspielung weniger gedämpften Rauschens wird ein Raum als kleiner empfunden. Durch die Einspielung stärker gedämpften Rauschens wird ein Raum als größer empfunden.

Hypothese 2) Durch die Einspielung dichterem Rauschens wird ein Raum als kleiner empfunden. Durch die Einspielung diffuserem Rauschens wird ein Raum als größer empfunden.

Hypothese 3) Die empfundene Raumgröße wirkt sich auf die emotionale Qualität eines Raumes aus.

Erläuterungen zur Methodik der empirischen Überprüfung der Hypothesen. Bevor die empirische Untersuchung in Kapitel 4 ausführlich dargelegt wird, sollen zunächst einige getroffene methodische Entscheidungen angeführt und begründet werden. Diese Entscheidungen basieren auf den bisher dargelegten theoretischen Konzepten und empirischen Belegen.

Bei der Wahrnehmung der Umwelt konzentriert und verlässt sich der Mensch neben auditiven primär auf visuelle Informationen. Aufgrund dessen ist es notwendig den visuellen Raum bei einer Untersuchung der auditiven Raumwahrnehmung methodisch auszuschalten. Dies soll dadurch erreicht werden, dass der Untersuchungsraum möglichst verdunkelt wird, so sollte auch die Größe des physikalischen Raumes nicht sehend wahrgenommen werden können. Die visuelle Wahrnehmung der Versuchspersonen könnte auch durch Abdeckung der Augen

verhindert werden, da sich dies allerdings negativ auf die empfundene Untersuchungssituation und das Wohlbefinden auswirken würde, wurde diese Möglichkeit ausgeschlossen.

Um den Einfluss der Raumakustik des Untersuchungsraumes auf die dargebotenen Klänge zu vermeiden, werden diese mittels Kopfhörer eingespielt. Um zugleich eine Reduktion auf einen gehörten Innenraum zu verhindern, werden Surround-Kopfhörer verwendet. Die Position der sitzenden Versuchsperson wird aus dem Zentrum des Raumes herausgerückt. Befindet man sich nämlich im Zentrum eines Raumes, mit gleichen Abständen zu den Wänden, können zwischen den Schallwellen Phasenauslöschungen auftreten, welche den Raumklang auslöschen. Obwohl die Klänge im Rahmen der Untersuchung über Kopfhörer eingespielt werden, könnte sich das Wissen über diese Erfahrung negativ auswirken.

Da in jedem Raum auf natürliche Weise Rauschen auftritt, soll die auditive Raumwahrnehmung über verschiedene Rauschbänder ausgelöst werden. Die verwendeten Rauschbänder variieren hierbei in Dämpfung und Dichte, da diese Parameter für die empfundene Raumgröße als nachgewiesenermaßen relevant erscheinen. Die Variablen Dämpfung und Dichte werden in je drei Ausprägungen vorgegeben, um einen mittleren und zwei extreme Werte überprüfen zu können. Mögliches Reflexions- und Absorptionsverhalten wird konstant gehalten. Eine angenehme Lautstärke wird von jeder Versuchsperson individuell eingestellt.

Rauschen wirft üblicherweise eine Menge an Assoziationen auf, wie etwa Höldrich (1995, S. 138) oder Hellbrück und Fischer (1999, S. 211) darstellen. Diese Assoziationen sind meist mit Naturereignissen, wie Wasser oder Wind, oder dem Klang technischer Geräte, wie Fernseher oder Radio, verbunden. Da das Rauschen im Rahmen der Untersuchung aber eine Raumvorstellung erzeugen soll, müssen die genannten Assoziationen möglichst gering gehalten werden. Um dies zu erreichen wird bereits in der Instruktion auf das Rauschen von Räumen hingewiesen, ebenso werden die Versuchspersonen gebeten, sich zu dem dargebotenen Rauschen einen Raum vorzustellen.

Für die Angabe der empfundenen Raumgröße stellten sich bei Espe und Schulz (1983) die beiden Gegensatzpaare *klein-groß* und *eng-weit* als relevant heraus. Um die Versuchspersonen allerdings nicht damit zu irritieren diese beiden, doch ähnlichen Gegensatzpaare nacheinander vorzugeben, wurde für die primäre Angabe das Gegensatzpaar *klein-groß* ausgewählt. Um die gemessene Qualität der Dimension *eng-*

weit (welche Raumgröße womöglich emotionaler meint, während *klein-groß* eher die physikalische Größe misst) aber nicht aufzugeben, wird dieses Gegensatzpaar zum semantischen Differential hinzugefügt.

Zur emotionalen Bewertung des Rauschens und damit einhergehend des Raumes wird ein semantisches Differential, nach dem dimensional Konzept von Emotion, vorgegeben. Dieses soll zudem mit den theoretischen Größen *volume* und *density* (Stevens 1934; Stevens et al. 1965) angereichert werden, welche mit der physikalischen Plastizität von Klängen in Zusammenhang stehen (Jauk 2013a, S. 275). Während das empfundene Volumen eines Tones mit der Lautstärke steigt, sinkt es mit zunehmender Frequenz (Stevens & Davis 1983, S. 161). Ein lauter Ton wird demnach als voluminöser wahrgenommen als ein leiser Ton, ein tiefer Ton als voluminöser als ein hoher Ton. Die empfundene Dichte eines Tones steigt sowohl mit der Lautstärke als auch mit der Frequenz (Stevens & Davis 1983, S. 163). Leise und tiefe Töne werden als diffus wahrgenommen. Laute und hohe Töne werden als dicht wahrgenommen.

4 Empirische Überprüfung der Hypothesen

4.1 Untersuchungsdesign

Um die aufgestellten Hypothesen zu überprüfen, wurde die Wirkung der zwei unabhängigen Variablen *Dämpfung* und *Dichte* auf die zwei abhängigen Variablen *Empfundene Raumgröße* und *Emotionale Bewertung des Raumes* untersucht. Es handelte sich hierbei um ein Laborexperiment. Aus ökonomischen Gründen sollte jedes Rauschband von jeder Versuchsperson bewertet werden, demnach wurde ein Untersuchungsdesign mit wiederholten Messungen (*repeated measures design*) gewählt (siehe Tabelle 2). Da die Kombination der beiden unabhängigen Variablen lediglich neun Rauschbänder hervorbringt, konnte eine mögliche Ermüdung der Versuchspersonen ausgeschlossen werden. Reihenfolgepositionseffekte wurden durch eine zufällige Reihung der vorgegebenen Rauschbänder verhindert.

Dämpfung (UV 1)	4250			6250			20000		
Dichte (UV 2)	10	20	60	10	20	60	10	20	60
Vpn 1									
...									
Vpn n									

Tabelle 2: Untersuchungsdesign. Klassen der UV 1 Dämpfung in Hz.
Klassen der UV 2 Dichte in ms.

4.2 Versuchspersonen

Die Suche nach Versuchspersonen erfolgte über Ausschreibung per E-Mailverteiler, welcher alle Studierenden der Karl-Franzens-Universität Graz beinhaltet, zudem über Ausschreibung im Online-Forum des Grazer Psychologiestudiums⁶ und über Aushang am Grazer Institut für Psychologie. Gesucht wurde hierbei nach Studierenden im Alter von 18 bis 32 Jahren, in der Annahme, dass Versuchspersonen dieser Altersgruppe in etwa über das gleiche Hörvermögen verfügen. Zudem sollten die Versuchspersonen keine musikalischen Vorkenntnisse besitzen, also weder langjährig musizieren, noch musikwissenschaftlich gebildet sein, um sicherzugehen, dass die Versuchspersonen

⁶ <http://psychoforum.siteboard.org/>

keine speziellen klanglich-körperlichen Erfahrungen bzw. kein theoretisches Wissen über räumliche Dimensionen von Klängen mitbringen.

Bereits in der Ausschreibung wurde mitgeteilt, dass alle Versuchspersonen als Aufwandsentschädigung einen Untersuchungsschein erhalten, welcher im Rahmen des Studiums entweder als Teil eines Pflichtfaches oder eines freien Wahlfaches angerechnet werden kann. Zudem bekam jede Versuchsperson ein süßes Dankeschön, dies stand ebenfalls in der Ausschreibung.

An der Untersuchung nahmen 20 Personen teil, davon 11 Frauen und 9 Männer. Das Durchschnittsalter der Versuchspersonen liegt bei 22,75 Jahren.

4.3 Untersuchungsraum

Die Untersuchung wurde in einem Raum mit einer Fläche von 28.71m² und einer Höhe von 3.5m durchgeführt. Bei diesem Raum handelt es sich um einen Unterrichtsraum eines Gebäudes der Karl-Franzens-Universität Graz, welcher im Erdgeschoß, am Ende eines Ganges, umgeben von weiteren Unterrichtsräumen gelegen ist. Der Boden des Raumes ist mit Parkett ausgelegt. Die vorhandenen zwei Fenster konnten mittels angebrachter Verdunkelungen beinahe völlig abgedeckt werden. Die frei gebliebene Spalten zwischen Verdunkelung und Boden wurden mit dicken Stoffen verschlossen, sodass der Raum zur Gänze abgedunkelt war.

Dieser Unterrichtsraum wird nur sehr selten benutzt, wodurch davon ausgegangen werden konnte, dass dieser Raum, und damit seine Form und Größe, kaum einer der Versuchspersonen bekannt sein würde. Diese Annahme hat sich bestätigt. Da die umgebenden Unterrichtsräume allerdings sehr häufig genutzt werden und der mit Fliesen ausgelegte, hochwandige Gang sämtliche Geräusche verstärkt, waren Außengeräusche im Untersuchungsraum recht deutlich zu hören. Dieses Problem konnte aber durch Berücksichtigung der Belegzeiten des anschließenden Raumes bei der zeitlichen Planung der Untersuchungen deutlich verringert werden.

Die in Abbildung 2 gezeigte schematische Darstellung des Untersuchungsraumes beinhaltet die Türe und zwei Fenster, sowie die für die Versuchsperson relevanten Tische und Sessel im Raum: einen Tisch links neben der Eingangstüre, zur Ablage etwaiger Gegenstände; den Tisch der Versuchsperson nahe der Mitte des Raumes; den Tisch der Versuchsleiterin, schräg links hinter der Sitzposition der Versuchsperson.

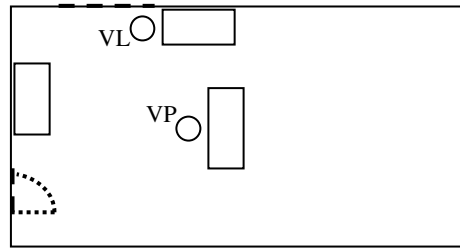


Abbildung 2: Schematische Darstellung des Untersuchungsraumes
VL = Versuchsleiterin VP = Versuchsperson

Um die visuelle Wahrnehmung der Versuchsperson möglichst zu eliminieren, fand diese den Untersuchungsraum bei Betreten bereits abgedunkelt vor. Nur das Licht der Tischlampe war auf den Tisch der Versuchsperson gerichtet. Hatte die Versuchsperson an ihrem Tisch Platz genommen, war ihr Blick nach vorne gerichtet und die Versuchsleiterin saß außerhalb ihres Blickfeldes. Blickte die Versuchsperson allerdings nach links hinten, konnte jederzeit Blickkontakt aufgenommen werden.

4.4 Verwendete Materialien

Rauschbänder. Die verwendeten Rauschbänder wurden mit der Software Max/MSP generiert und im Dateiformat AIFF gespeichert. Die Parameter Dämpfung und Dichte variieren hierbei in je 3 Ausprägungen, wodurch sich neun Rauschbänder ergeben.⁷ Für die Dämpfung des Rauschens wurde der jeweils höhere Frequenzanteil von weißem Rauschen – über 4250Hz (hohe Dämpfung), 6250Hz und 20000Hz (geringe Dämpfung) – mittels eines Low-Pass-Filters herausgefiltert. Für die Dichte des Rauschens wurde die Amplitude in jeweils regelmäßigen Abständen – 10ms, 20ms und 60ms – abgesenkt. Da die Rauschbänder mit geringerem Abstand der Absenkungen in den Voruntersuchungen als eher flatternd empfunden wurden, wurde die Stärke der Absenkung an die zeitlichen Abstände angepasst: bei 10ms von 1 auf 0.7 auf 1, bei 20ms von 1 auf 0.6 auf 1 und bei 60ms von 1 auf 0.5 auf 1. Die Hüllkurve aller Rauschbänder gestaltet sich folgendermaßen: in 6 Sekunden von 0 auf 1, dann 30 Sekunden auf 1 bleibend, in 2,5 Sekunden von 1 auf 0. Jedes Rauschband ist demnach ca. 39 Sekunden lang. Alle oben genannten Werte wurden in Voruntersuchungen ermittelt und auf ihre Eignung geprüft. Die Reihenfolge der dargebotenen Rauschbänder

⁷ Für eine detaillierte Auflistung aller Werte der Rauschbänder siehe Anhang.

wurde für jede Versuchsperson zufällig variiert, um Reihenfolgepositionseffekte zu vermeiden.⁸

Weiters wurde ein Rauschband für den Probedurchlauf generiert, welches den neun zu bewertenden Rauschbändern ähnlich ist. So weist dieses für Dämpfung und Dichte – 12125Hz und 35ms – einen jeweils mittleren Wert auf. Das Rauschband zum Einstellen der individuellen Lautstärke ist mit dem zuvor genannten identisch, dauert aber 2 Minuten lang, um den Versuchspersonen möglichst viel Zeit zum Einstellen zu geben.

Kopfhörer und Computer. Zur Darbietung der Rauschbänder wurde das digitale Surround-Kopfhörersystem MDR-DS6500 von Sony verwendet. Hierbei wird ein Stereosignal mittels Dolby Pro Logic IIx in ein 7.1 Surroundsignal⁹ umgerechnet, zudem wird dieses mit einer durchschnittlichen Außenohr-Übertragungsfunktion (HRTF) decodiert.

Folgende Einstellungen wurden am Kopfhörersystem vorgenommen: Input analog (da Computer und Prozessor des Kopfhörersystems analog miteinander verbunden waren), Effect Cinema (liefert, laut Hersteller, eine naturgetreue Tonqualität bei Surroundsound-Umgebung), Compression off (keine Komprimierung des Gesamtpegels). Vor jeder Untersuchungsdurchführung wurde auf eine vollständige Akkuladung des Kopfhörers geachtet.

Die Rauschbänder wurden mittels Laptop (Dell, Windows 8) über VLC-Player abgespielt. Der Laptop war über ein Audiokabel (1 Klinken-Stecker – 2 Cinch-Stecker) mit dem Prozessor des Kopfhörersystems verbunden.

Instruktion und vorgelegte Fragen. Die gesamte Instruktion¹⁰ wurde auf Papier vorgelegt, die Versuchspersonen verwendeten zum Ausfüllen einen bereitgelegten Kugelschreiber. Zur Beurteilung der wahrgenommenen Größe des vorgestellten Raumes wurde eine fünfstufige Skala von *klein* bis *groß* vorgegeben. Dieses Gegensatzpaar stellte sich, neben *eng-weit*, bereits bei Espe und Schulz (1983) als für den Faktor Raumgröße relevant heraus. Auch bei Jentsch (2012, S. 50-55) wurde die Eignung dieses Gegensatzpaares bzgl. audiovisueller Raumwahrnehmung aufgezeigt.

⁸ Die Zufallsreihenfolgen wurden mithilfe von <http://www.random.org/lists> generiert.

⁹ 7.1: Center, rechts und links je zwei seitliche Kanäle und einen hinteren Kanal.

¹⁰ Instruktion mit Raumgrößenskala, semantischem Differential und Postfragebogen siehe Anhang.

Anschließend sollten die Versuchspersonen den gehörten Klang mithilfe eines semantischen Differentials beurteilen. Dieses semantische Differential wurde bereits in einer von Jauk (2001, S. 329-331; 2007, S. 366f.; 2009, S. 467-470) durchgeführten Untersuchung zu Raum und Klang angewandt (siehe ebenso Kapitel 3) und beinhaltet folgende zehn Gegensatzpaare: *gefühlvoll-kühl*, *aktiv-passiv*, *hart-weich*, *anziehend-abstoßend*, *dynamisch-statisch*, *glatt-rau*, *süß-bitter*, *bewegt-ruhig*, *klar-unklar*, *wohlgefällig-missfällig*. Zudem wurde das semantische Differential, wie in Kapitel 3 beschrieben, durch folgende drei Gegensatzpaare erweitert: *eng-weit* (Espe & Schulz 1983), *voluminös-schmal* (Stevens et al. 1965) und *dicht-diffus* (Stevens 1934). Um Reihenfolgepositionseffekte zu vermeiden, bekam jede Versuchsperson das semantische Differential in eigener Zufallsreihenfolge vorgelegt.¹¹

Abschließend erhielten die Versuchspersonen einen Postfragebogen, welcher Fragen zur Untersuchung und zu ihrer Person beinhaltete.

Lampe. Als einzige Lichtquelle wurde eine Tischlampe mit 60 Watt Glühbirne verwendet. Diese wurde mit einem fernsteuerbaren Dimmer erhellt und verdunkelt. Um den Versuchspersonen das Lesen der Instruktion und die Beantwortung der Fragen im Laufe der Untersuchung zu ermöglichen, wurde die Lampe auf ca. 50% ihrer Leuchtkraft erhellt, dies geschah innerhalb von 2-3 Sekunden.

4.5 Untersuchungsdurchführung

Die Untersuchung wurde innerhalb von sechs Wochen sowohl tagsüber als auch abends durchgeführt. Folgender Ablauf wurde eingehalten:

Die Versuchspersonen wurden vor der geschlossenen Türe des Untersuchungsraumes freundlich empfangen. Bevor Versuchsleiterin und Versuchsperson den Raum gemeinsam betraten, wurde darauf hingewiesen, dass es im Raum etwas finster sei und man sich bitte nicht schrecken solle. Nachdem die Versuchsperson Jacke, Tasche und Ähnliches auf einem neben der Tür stehenden Tisch abgelegt hatte, wurde sie gebeten sich zu einem in der Mitte des Raumes stehenden Tisch zu setzen, auf welchem die Tischlampe stand und ein Kugelschreiber vorbereitet war.

¹¹ Die Zufallsreihenfolgen wurden mithilfe von <https://www.random.org/lists> generiert.

Nachdem die Versuchsperson die ihr vorgelegte Instruktion gelesen hatte und etwaige Fragen im Anschluss daran geklärt waren, wurde der Kopfhörer übergeben. Jede Versuchsperson wurde nun gebeten anhand eines Klangbeispiels, welches den Rauschklingen der Hauptuntersuchung ähnlich war, jene Lautstärke einzustellen, welche von ihr als angenehm und (dem Rauschen eines Raumes entsprechend) eher leise empfunden wurde. Anschließend wurde mit jeder Versuchsperson ein Probedurchlauf durchgeführt, welcher die Möglichkeit geben sollte sich mit dem Ablauf vertraut zu machen.

Als etwaige Fragen geklärt waren und die Versuchsperson bereit war, wurde mit dem eigentlichen Versuch begonnen. Vor jedem Rauschklang hatte die Versuchsperson eine kurze Instruktion zu lesen, welche auf den folgenden Klang vorbereitete. Erst wenn die Versuchsperson bereit war und dies mit einem „Weiter“ ausgedrückt hatte, wurde die Tischlampe bis zu völliger Dunkelheit gedimmt und das Rauschen über Kopfhörer eingespielt. Somit wurde das jeweilige Tempo der Abfolge von jeder Versuchsperson selbst bestimmt. War der Rauschklang nach ca. 39 Sekunden zu Ende, wurde die Tischlampe wieder heller gedimmt und die Versuchsperson blätterte zur nächsten Seite um. Nun wurden die persönlich empfundene Größe der Raumvorstellung und die persönlich empfundenen emotionalen Qualitäten des Rauschklanges mittels vorgegebener Skala und eines semantischen Differentials beurteilt.

Diese Abfolge wurde bis zum neunten Rauschklang beibehalten. Im Anschluss wurde jede Versuchsperson gebeten einen Postfragebogen auszufüllen. Die Untersuchung dauerte insgesamt in etwa 40 Minuten.

4.6 Ergebnisse

Der Einfluss der Variation der Variablen Dämpfung (UV 1) und Dichte (UV 2) auf die empfundene Raumgröße (AV 1) und die emotionale Bewertung des Rauschens bzw. Raumes (AV 2) wurde mittels mehrfaktorieller Varianzanalyse mit Messwiederholung untersucht und soll zunächst anhand der Haupteffekte und deren Wechselwirkungen betrachtet werden. Für die Auswertung der emotionalen Bewertung (AV 2) wurde eine Faktorenanalyse durchgeführt, welche die einzelnen Skalen zu zwei bzw. vier Faktoren zusammengefasst hat. Zwei Faktoren ergeben sich unter Einbeziehung der zehn Skalen des semantischen Differentials, diese können als *Evaluation* und *Activity* gedeutet werden. Bei der Einbeziehung aller zur Bewertung vorgelegten Skalen, also

einschließlich Raumgröße, Raumweite, Volumen und Density, ergibt sich eine aus vier Faktoren bestehende Struktur, diese können als *Evaluation*, *Größe*, *Activity* und *Potency* gedeutet werden. Auch die Zusatzinhalte Volumen und Density wurden mittels mehrfaktorieller Varianzanalyse ausgewertet. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Mittelwerten wurden mit Post-Hoc-Tests nach Bonferroni errechnet. Die Auswertung der Daten erfolgte mithilfe der Software SPSS.

4.6.1 AV 1 – Raumgröße, Raumweite

Dämpfung	Mittelwert	Standardfehler
1 (4250Hz)	3,022	,130
2 (6250Hz)	3,010	,103
3 (20000Hz)	3,136	,136

Tabelle 3: Haupteffekt Dämpfung auf die empfundene Raumgröße (1-klein; 5-groß)

Dämpfung	Mittelwert	Standardfehler
1 (4250Hz)	4,532	,192
2 (6250Hz)	4,234	,253
3 (20000Hz)	3,788	,221

Tabelle 4: Haupteffekt Dämpfung auf die empfundene Raumweite (1-eng; 7-weit)

Tabelle 3: Die Mittelwerte streuen eng um den Skalenmittelpunkt. Der Haupteffekt Dämpfung auf die empfundene Raumgröße bringt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Klassen hervor.

Tabelle 4: Die Mittelwerte streuen eng um den Skalenmittelpunkt. Je geringer die Dämpfung, desto enger wird der Raum wahrgenommen. Jedoch werden nur Dämpfung 1 und 3 auf dem 5%-Niveau (0.040) signifikant voneinander verschieden wahrgenommen.

Dichte	Mittelwert	Standardfehler
1 (10ms)	3,108	,116
2 (20ms)	2,939	,104
3 (60ms)	3,121	,109

Tabelle 5: Haupteffekt Dichte auf die empfundene Raumgröße (1-klein; 5-groß)

Dichte	Mittelwert	Standardfehler
1 (10ms)	4,158	,244
2 (20ms)	3,958	,193
3 (60ms)	4,438	,220

Tabelle 6: Haupteffekt Dichte auf die empfundene Raumweite (1-eng; 7-weit)

Tabelle 5: Die Mittelwerte streuen eng um den Skalenmittelpunkt. Der Haupteffekt Dichte auf die empfundene Raumgröße bringt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Klassen hervor.

Tabelle 6: Die Mittelwerte streuen eng um den Skalenmittelpunkt. Der Haupteffekt Dichte auf die empfundene Raumweite zeigt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Klassen.

Dämpfung	Dichte	Mittelwert	Standardfehler
1 (4250Hz)	1 (10ms)	3,348	,228
	2 (20ms)	2,530	,226
	3 (60ms)	3,187	,269
2 (6250Hz)	1 (10ms)	2,818	,240
	2 (20ms)	3,101	,236
	3 (60ms)	3,111	,195
3 (20000Hz)	1 (10ms)	3,157	,251
	2 (20ms)	3,187	,182
	3 (60ms)	3,066	,228

Tabelle 7: Wechselwirkung Dämpfung*Dichte auf die empfundene Raumgröße (1-klein; 5-groß)

Dämpfung	Dichte	Mittelwert	Standardfehler
1 (4250Hz)	1 (10ms)	4,561	,392
	2 (20ms)	4,197	,310
	3 (60ms)	4,838	,438
2 (6250Hz)	1 (10ms)	4,131	,381
	2 (20ms)	3,833	,410
	3 (60ms)	4,737	,394
3 (20000Hz)	1 (10ms)	3,783	,409
	2 (20ms)	3,843	,412
	3 (60ms)	3,737	,349

Tabelle 8: Wechselwirkung Dämpfung*Dichte auf die empfundene Raumweite (1-eng; 7-weit)

Tabelle 7: Die Mittelwerte streuen eng um den Skalenmittelpunkt. Die Wechselwirkung der beiden Haupteffekte Dämpfung und Dichte auf die empfundene Raumgröße bringt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Klassen hervor.

Tabelle 8: Die Mittelwerte streuen eng um den Skalenmittelpunkt. Die Wechselwirkung der beiden Haupteffekte Dämpfung und Dichte auf die empfundene Raumweite bringt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Klassen hervor.

Zusammenfassung AV 1 – Raumgröße, Raumweite

Die Varianzanalyse lässt annehmen, dass der Haupteffekt Dämpfung einen Einfluss auf die empfundene Raumweite nimmt. So wird Dämpfung 1 (4250Hz) als signifikant weiter wahrgenommen als Dämpfung 3 (20000Hz) (0.040).

Zusätzlich zeigt sich, dass der Zwischensubjektfaktor Geschlecht signifikante Unterschiede in der empfundenen Raumgröße und Raumweite hervorbringt. Männer nehmen die Klänge/Räume gegenüber Frauen als größer (0.002) und weiter (0.018) wahr. Aufgrund dieser Ausdifferenzierung des Samples nach dem Geschlecht der Versuchspersonen und Belegen über geschlechtsspezifische Unterschiede in der Raumwahrnehmung durch vorhandene Theorien und Forschungsergebnisse (siehe 2.3), kann der Einfluss des Zwischensubjektfaktors Geschlecht nun näher betrachtet werden.

Einfluss des Zwischensubjektfaktors Geschlecht

Der Zwischensubjektfaktor Geschlecht, als *grouping variable*, bringt sowohl in der empfundenen Raumgröße, als auch in der empfundenen Raumweite signifikante Unterschiede hervor. So nehmen Männer die Klänge/Räume gegenüber Frauen auf dem 1%-Niveau (0.002) als größer und auf dem 5%-Niveau (0.018) als weiter wahr. Eine geschlechtergetrennte Auswertung soll nun anhand der Haupteffekte und deren Wechselwirkungen durchgeführt werden.

Geschlecht	Dämpfung	Mittelwert	Standardfehler
männlich	1 (4250Hz)	3,407	,165
	2 (6250Hz)	3,111	,136
	3 (20000Hz)	3,333	,184
weiblich	1 (4250Hz)	2,636	,193
	2 (6250Hz)	2,909	,150
	3 (20000Hz)	2,939	,195

Tabelle 9: Haupteffekt Dämpfung auf die empfundene Raumgröße (1-klein; 5-groß)

Tabelle 9: Die Mittelwerte streuen eng um den Skalenmittelpunkt, wobei die Bewertungen der Männer darüber und die Bewertungen der Frauen darunter liegen. Bei den Bewertungen der Frauen zeigt sich zudem, je geringer die Dämpfung (20000Hz), desto größer die empfundene Raumgröße. Die Unterschiede zwischen den Klassen sind allerdings nicht signifikant.

Geschlecht	Dämpfung	Mittelwert	Standardfehler
männlich	1 (4250Hz)	5,185	,243
	2 (6250Hz)	4,407	,277
	3 (20000Hz)	4,000	,266
weiblich	1 (4250Hz)	3,879	,285
	2 (6250Hz)	4,061	,396
	3 (20000Hz)	3,576	,334

Tabelle 10: Haupteffekt Dämpfung auf die empfundene Raumweite (1-eng; 7-weit)

Tabelle 10: Die empfundenen Raumweiten der Männer liegen allgemein über denen der Frauen. Bei den Bewertungen der Männer zeigt sich zudem, je geringer die Dämpfung

(20000Hz), umso enger wird der Raum wahrgenommen. Der Unterschied zwischen der männlichen Bewertung von Dämpfung 1 und 3 ist hierbei auf dem 1%-Niveau signifikant (0.002).

Geschlecht	Dichte	Mittelwert	Standardfehler
männlich	1 (10ms)	3,185	,201
	2 (20ms)	3,333	,157
	3 (60ms)	3,333	,167
weiblich	1 (10ms)	3,030	,131
	2 (20ms)	2,545	,137
	3 (60ms)	2,909	,143

Tabelle 11: Haupteffekt Dichte auf die empfundene Raumgröße (1-klein; 5-groß)

Geschlecht	Dichte	Mittelwert	Standardfehler
männlich	1 (10ms)	4,407	,328
	2 (20ms)	4,370	,301
	3 (60ms)	4,815	,401
weiblich	1 (10ms)	3,909	,351
	2 (20ms)	3,545	,247
	3 (60ms)	4,061	,228

Tabelle 12: Haupteffekt Dichte auf die empfundene Raumweite (1-eng; 7-weit)

Tabelle 11: Die Mittelwerte streuen eng um den Skalenmittelpunkt, wobei die Bewertungen der Männer über denen der Frauen liegen. Der Unterschied zwischen der weiblichen Bewertung von Dichte 1 und 2 ist beinahe auf dem 5%-Niveau signifikant (0.052).

Tabelle 12: Die Mittelwerte streuen eng um den Skalenmittelpunkt. Die Bewertungen der Männer liegen über jenen der Frauen. Der Haupteffekt Dichte auf die empfundene Raumweite bringt allerdings keine signifikanten Unterschiede zwischen den Klassen hervor.

Geschlecht	Dämpfung	Dichte	Mittelwert	Standardfehler
männlich	1 (4250Hz)	1 (10ms)	3,333	,333
		2 (20ms)	3,333	,408
		3 (60ms)	3,556	,412
	2 (6250Hz)	1 (10ms)	3,000	,408
		2 (20ms)	3,111	,351
		3 (60ms)	3,222	,324
	3 (20000Hz)	1 (10ms)	3,222	,434
		2 (20ms)	3,556	,242
		3 (60ms)	3,222	,364
weiblich	1 (4250Hz)	1 (10ms)	3,364	,310
		2 (20ms)	1,727	,237
		3 (60ms)	2,818	,352
	2 (6250Hz)	1 (10ms)	2,636	,279
		2 (20ms)	3,091	,315
		3 (60ms)	3,000	,234
	3 (20000Hz)	1 (10ms)	3,091	,285
		2 (20ms)	2,818	,263
		3 (60ms)	2,909	,285

Tabelle 13: Wechselwirkung Dämpfung*Dichte auf die empfundene Raumgröße (1-klein; 5-groß)

Tabelle 13: Die Mittelwerte streuen größtenteils eng um den Skalenmittelpunkt. Die Wechselwirkung der Haupteffekte Dämpfung und Dichte zeigt folgenden Einfluss auf die empfundene Raumgröße:

Frauen empfinden einen auf dem 5%-Niveau signifikanten Unterschied zwischen Dämpfung1*Dichte2 und Dämpfung2*Dichte2 (0.039) und einen beinahe auf dem 1%-Niveau signifikanten Unterschied zwischen Dämpfung1*Dichte2 und Dämpfung3*Dichte2 (0.010).

Frauen empfinden einen auf dem 1%-Niveau signifikanten Unterschied zwischen Dichte1*Dämpfung1 und Dichte2*Dämpfung1 (0.001) und einen auf dem 5%-Niveau signifikanten Unterschied zwischen Dichte2*Dämpfung1 und Dichte3*Dämpfung1 (0.029).

Geschlecht	Dämpfung	Dichte	Mittelwert	Standardfehler
männlich	1 (4250Hz)	1 (10ms)	4,667	,527
		2 (20ms)	5,667	,527
		3 (60ms)	5,222	,596
	2 (6250Hz)	1 (10ms)	4,444	,503
		2 (20ms)	3,667	,577
		3 (60ms)	5,111	,512
	3 (20000Hz)	1 (10ms)	4,111	,676
		2 (20ms)	3,778	,619
		3 (60ms)	4,111	,564
weiblich	1 (4250Hz)	1 (10ms)	4,455	,562
		2 (20ms)	2,727	,359
		3 (60ms)	4,455	,623
	2 (6250Hz)	1 (10ms)	3,818	,553
		2 (20ms)	4,000	,572
		3 (60ms)	4,364	,576
	3 (20000Hz)	1 (10ms)	3,455	,493
		2 (20ms)	3,909	,547
		3 (60ms)	3,364	,432

Tabelle 14: Wechselwirkung Dämpfung*Dichte auf die empfundene Raumweite (1-eng; 7-weit)

Tabelle 14: Die Mittelwerte streuen größtenteils eng um den Skalenmittelpunkt. Die Wechselwirkung der Haupteffekte Dämpfung und Dichte zeigt folgenden Einfluss auf die empfundene Raumweite:

Frauen empfinden einen auf dem 5%-Niveau signifikanten Unterschied zwischen Dichte1*Dämpfung1 und Dichte2*Dämpfung1 (0.020).

Zusammenfassung AV 1 – Raumgröße, Raumweite (getrennt nach Geschlecht)

Die geschlechtergetrennte Varianzanalyse zeigt auf, dass der Haupteffekt Dämpfung die empfundene Raumweite insofern beeinflusst, als dass Männer Dämpfung 1 (4250Hz) als weiter empfinden als Dämpfung 3 (20000Hz) (0.002).

Der Haupteffekt Dichte auf die empfundene Raumgröße bringt hervor, dass Frauen Dichte 1 (10ms) als größer empfinden als Dichte 2 (20ms) (0.052).

Die Wechselwirkung Dämpfung*Dichte auf die empfundene Raumgröße bringt hervor, dass Frauen Dämpfung1*Dichte2 als kleiner empfinden als Dämpfung2*Dichte2 (0.039) und Dämpfung3*Dichte2 (0.010). Weiters empfinden Frauen Dichte2*Dämpfung1 als kleiner als Dichte1*Dämpfung1 (0.001) und

Dichte3*Dämpfung1 (0.029). Die Wechselwirkung Dämpfung*Dichte auf die empfundene Raumweite zeigt weiters, dass Frauen Dichte1*Dämpfung1 als weiter empfinden als Dichte2*Dämpfung1 (0.020).

4.6.2 AV 2 – Emotionale Bewertung

Faktorenstruktur der emotionalen Bewertung

In einem ersten Schritt wurde mit den zehn Skalen des semantischen Differentials eine Faktorenanalyse durchgeführt. Nach dem Kaiser-Kriterium wurden zwei Faktoren extrahiert (siehe Tabelle 15 und 16). Diese erklären gemeinsam rund 64% der Gesamtvarianz.

Komponente	Rotierte Summe der quadrierten Ladungen		
	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %
1	4,170	41,703	41,703
2	2,238	22,376	64,079

Tabelle 15: Erklärte Gesamtvarianz

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse

	Komponente	
	1	2
wohlgefällig-missfällig	,905	-,012
anziehend-abstoßend	,896	,019
hart-weich	-,825	,048
süß-bitter	,819	,031
gefühlvoll-kühl	,818	,152
glatt-rau	,556	-,382
klar-unklar	,380	-,297
aktiv-passiv	,085	,824
dynamisch-statisch	,164	,816
bewegt-ruhig	-,200	,795

Tabelle 16: Rotierte Komponentenmatrix^a

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.

Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung.

a. Die Rotation ist in 3 Iterationen konvergiert.

Der erste Faktor, welcher rund 42% der Gesamtvarianz erklärt, lädt hoch auf den marker-scales *wohlgefällig-missfällig*, *anziehend-abstoßend*, *hart-weich*, *süß-bitter*, *gefühlvoll-kühl*, *glatt-rau* und *klar-unklar* und kann als Faktor *Evaluation* gedeutet

werden. Der zweite Faktor erklärt rund 22 % der gesamten Varianz und lädt auf den marker-scales *aktiv-passiv*, *dynamisch-statisch*, *bewegt-ruhig* hoch, kann daher als Faktor *Activity* gedeutet werden. Bei beiden Faktoren handelt es sich um negative Faktoren, sodass die Polung von hoch nach gering verstanden werden muss.

Um weiters zu betrachten, welche Faktorenstruktur über die gesamten zur Beurteilung vorgelegten Skalen besteht, wurde die Faktorenanalyse in einem zweiten Schritt unter Einbeziehung aller vorgegebenen Skalen durchgeführt. Hierbei ergeben sich vier Faktoren, welche gemeinsam rund 71% der Gesamtvarianz erklären (siehe Tabelle 17 und 18).

Komponente	Rotierte Summe der quadrierten Ladungen		
	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %
1	4,067	29,047	29,047
2	2,150	15,354	44,402
3	2,140	15,287	59,689
4	1,624	11,598	71,286

Tabelle 17: Erklärte Gesamtvarianz
Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse

	Komponente			
	1	2	3	4
wohlgefällig-missfällig	,879	-,178	-,015	,130
anziehend-abstoßend	,854	-,217	,017	,160
hart-weich	-,846	,127	,101	,026
süß-bitter	,811	-,089	,045	,125
gefühlvoll-kühl	,795	-,218	,108	,042
klein-groß	-,069	,872	-,078	-,057
eng-weit	-,379	,779	,041	,176
voluminös-schmal	,248	-,751	,152	-,068
aktiv-passiv	,028	-,182	,853	,010
bewegt-ruhig	-,201	,014	,809	-,115
dynamisch-statisch	,200	-,037	,791	-,196
dicht-diffus	-,079	,040	-,117	,810
klar-unklar	,268	,137	-,041	,735
glatt-rau	,439	-,113	-,249	,526

Tabelle 18: Rotierte Komponentenmatrix^a
Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.
Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung.
a. Die Rotation ist in 5 Iterationen konvergiert.

Der erste Faktor erklärt rund 29% der gesamten Varianz und lädt hoch auf den marker-scales *wohlgefällig-missfällig, anziehend-abstoßend, hart-weich, süß-bitter, gefühlvoll-kühl* und kann wiederum als Faktor *Evaluation* gedeutet werden. Der zweite Faktor, welcher rund 15% der Gesamtvarianz erklärt, lädt hoch auf den marker-scales *klein-groß, eng-weit, voluminös-schmal* und kann als Faktor *Größe* gedeutet werden. Der dritte Faktor erklärt ebenso rund 15% der Gesamtvarianz und lädt auf den marker-scales *aktiv-passiv, bewegt-ruhig* und *dynamisch-statisch* hoch. Dieser Faktor kann als *Activity* gedeutet werden. Der vierte Faktor erklärt rund 12% der gesamten Varianz und lädt hoch auf den marker-scales *dicht-diffus, klar-unklar, glatt-rau* und kann als Faktor *Potency* gedeutet werden. Wiederum handelt es sich bei den Faktoren *Evaluation*, *Activity* und *Potency* um negative Faktoren, sodass die Polung von hoch nach gering zu interpretieren ist.

Diese Faktorenanalyse unter Einbeziehung aller zur Bewertung vorgelegten Skalen zeigt auf, dass der Faktor *Größe* vor den Faktor *Activity* tritt, wobei die beiden Faktoren mit 15% erklärter Gesamtvarianz gleich stark sind. Dies lässt auf eine gegebene Relevanz der Raumgröße für die emotionale Bewertung von Raum schließen.

Faktoren *Evaluation* und *Activity*

Der Einfluss der Variation der Variablen Dämpfung (UV 1) und Dichte (UV 2) auf die emotionale Bewertung des Rauschens/Raumes soll wiederum anhand der Haupteffekte und deren Wechselwirkungen betrachtet werden. Hierfür werden zunächst die Faktoren *Evaluation* und *Activity* aus der Faktorenanalyse des semantischen Differentials (10 Skalen) herangezogen. Bei den angeführten Mittelwerten handelt es sich um *factor scores*, welche den Beitrag jeder einzelnen Versuchsperson zum jeweiligen Faktor angeben.

Dämpfung	Mittelwert	Standardfehler
1 (4250Hz)	-,255	,150
2 (6250Hz)	,082	,108
3 (20000Hz)	,158	,198

Tabelle 19: Haupteffekt Dämpfung auf die empfundene *Evaluation* (hoch-gering)

Dämpfung	Mittelwert	Standardfehler
1 (4250Hz)	-,054	,107
2 (6250Hz)	-,086	,103
3 (20000Hz)	,162	,168

Tabelle 20: Haupteffekt Dämpfung auf die empfundene *Activity* (hoch-gering)

Tabelle 19: Je geringer die Dämpfung (20000Hz), desto geringer die empfundene *Evaluation*. Der Unterschied zwischen Dämpfung 1 und 2 kann als statistischer Trend betrachtet werden (0.098).

Tabelle 20: Der Haupteffekt Dämpfung auf die empfundene *Activity* zeigt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Klassen.

Dichte	Mittelwert	Standardfehler
1 (10ms)	,004	,189
2 (20ms)	-,007	,136
3 (60ms)	-,011	,127

Tabelle 21: Haupteffekt Dichte auf die empfundene *Evaluation* (hoch-gering)

Dichte	Mittelwert	Standardfehler
1 (10ms)	,054	,179
2 (20ms)	,004	,142
3 (60ms)	-,036	,124

Tabelle 22: Haupteffekt Dichte auf die empfundene *Activity* (hoch-gering)

Tabelle 21: Je dichter (10ms), desto geringer die empfundene *Evaluation*. Jedoch zeigt der Haupteffekt Dichte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Klassen.

Tabelle 22: Je dichter (10ms), desto geringer die empfundene *Activity*. Wiederum zeigt der Haupteffekt Dichte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Klassen.

Dämpfung	Dichte	Mittelwert	Standardfehler
1 (4250Hz)	1 (10ms)	-,235	,205
	2 (20ms)	-,411	,181
	3 (60ms)	-,119	,233
2 (6250Hz)	1 (10ms)	,059	,254
	2 (20ms)	,265	,186
	3 (60ms)	-,079	,201
3 (20000Hz)	1 (10ms)	,188	,285
	2 (20ms)	,124	,224
	3 (60ms)	,164	,257

Tabelle 23: Wechselwirkung Dämpfung*Dichte auf die empfundene *Evaluation* (hoch-gering)

Dämpfung	Dichte	Mittelwert	Standardfehler
1 (4250Hz)	1 (10ms)	-,106	,252
	2 (20ms)	,169	,235
	3 (60ms)	-,226	,214
2 (6250Hz)	1 (10ms)	,037	,223
	2 (20ms)	-,236	,190
	3 (60ms)	-,058	,190
3 (20000Hz)	1 (10ms)	,231	,238
	2 (20ms)	,078	,240
	3 (60ms)	,177	,224

Tabelle 24: Wechselwirkung Dämpfung*Dichte auf die empfundene *Activity* (hoch-gering)

Tabelle 23: Die Wechselwirkung der beiden Haupteffekte Dämpfung und Dichte auf die empfundene *Evaluation* bringt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Klassen hervor.

Tabelle 24: Die Wechselwirkung der beiden Haupteffekte Dämpfung und Dichte auf die empfundene *Activity* bringt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Klassen hervor.

Auch für die emotionale Bewertung des Rauschens/Raumes kann, nach den bereits angegeben Gründen, der Einfluss des Zwischensubjektfaktors Geschlecht näher betrachtet werden.

Geschlecht	Dämpfung	Mittelwert	Standardfehler
männlich	1 (4250Hz)	-,274	,159
	2 (6250Hz)	,239	,153
	3 (20000Hz)	,272	,250
weiblich	1 (4250Hz)	,165	,144
	2 (6250Hz)	-,411	,139
	3 (20000Hz)	,052	,226

Tabelle 25: Wechselwirkung Geschlecht*Dämpfung auf die empfundene *Activity* (hoch-gering)

Tabelle 25: Die Wechselwirkung der UV Dämpfung mit dem Zwischensubjektfaktor Geschlecht zeigt folgenden Einfluss auf die empfundene *Activity*:

Dämpfung 1 wird von Männern und Frauen beinahe auf dem 5%-Niveau signifikant (0.056) unterschiedlich wahrgenommen.

Dämpfung 2 wird von Männern und Frauen auf dem 1%-Niveau (0.006) signifikant unterschiedlich wahrgenommen.

Männer empfinden einen Unterschied zwischen Dämpfung 1 und 2, dies kann als statistischer Trend betrachtet werden (0.079).

Frauen empfinden Dämpfung 1 und 2 auf dem 5%-Niveau (0.023) als signifikant unterschiedlich, während der Unterschied zwischen Dämpfung 2 und 3 bei Frauen nicht mehr als statistischer Trend betrachtet werden kann (0.135).

Faktoren *Größe* und *Potency*

Wie sich die Variation der Variablen Dämpfung (UV 1) und Dichte (UV 2) auf die beiden Faktoren *Größe* und *Potency* der Faktorenanalyse unter Einbeziehung aller vorgelegten Skalen (14 Skalen) auswirkt, soll nun anhand relevanter Effekte gezeigt werden. Für den Faktor *Größe* ergibt sich ein solcher bloß in Wechselwirkung mit dem Zwischensubjektfaktors Geschlecht. So empfinden Männer im Vergleich zu Frauen die Klänge/Räume auf dem 1%-Niveau als signifikant größer (0.010). Bei den angeführten Mittelwerten handelt es sich wiederum um *factor scores*, welche den Beitrag jeder einzelnen Versuchsperson zum jeweiligen Faktor angeben.

Geschlecht	Dämpfung	Dichte	Mittelwert	Standardfehler
männlich	1 (4250Hz)	1 (10ms)	,161	,388
		2 (20ms)	,425	,325
		3 (60ms)	,370	,396
	2 (6250Hz)	1 (10ms)	,292	,329
		2 (20ms)	-,221	,289
		3 (60ms)	,284	,277
	3 (20000Hz)	1 (10ms)	,261	,316
		2 (20ms)	,303	,240
		3 (60ms)	,151	,342
weiblich	1 (4250Hz)	1 (10ms)	,321	,351
		2 (20ms)	-1,071	,294
		3 (60ms)	,006	,358
	2 (6250Hz)	1 (10ms)	-,437	,298
		2 (20ms)	,112	,262
		3 (60ms)	-,010	,250
	3 (20000Hz)	1 (10ms)	-,118	,286
		2 (20ms)	-,262	,217
		3 (60ms)	-,199	,310

Tabelle 26: Wechselwirkung Geschlecht*Dämpfung*Dichte auf die empfundene *Größe* (gering-hoch)

Tabelle 26: Die Wechselwirkung Geschlecht*Dämpfung*Dichte auf die empfundene *Größe* zeigt folgenden Einfluss:

Dämpfung1*Dichte2 wird von Männern und Frauen auf dem 1%-Niveau (0.003) als signifikant unterschiedlich wahrgenommen.

Die unterschiedliche Wahrnehmung von Dämpfung3*Dichte2 zwischen Männern und Frauen kann als statistischer Trend betrachtet werden (0.098).

Frauen empfinden einen auf dem 5%-Niveau signifikanten Unterschied zwischen Dämpfung1*Dichte2 und Dämpfung2*Dichte2 (0.042).

Frauen empfinden einen Unterschied zwischen Dämpfung1*Dichte2 und Dämpfung3*Dichte2, dies kann als statistischer Trend betrachtet werden (0.082).

Frauen empfinden einen auf dem 1%-Niveau signifikanten Unterschied zwischen Dichte1*Dämpfung1 und Dichte2*Dämpfung1 (0.002).

Die unterschiedliche Wahrnehmung von Dämpfung2*Dichte1 zwischen Männern und Frauen kann nicht mehr als statistischer Trend betrachtet werden (0.117).

Die unterschiedliche Wahrnehmung von Frauen zwischen Dichte2*Dämpfung1 und Dichte3*Dämpfung1 kann nicht mehr als statistischer Trend betrachtet werden (0.159).

Einen Einfluss auf den Faktor *Potency* zeigt sich bloß durch den Haupteffekt Dämpfung:

Dämpfung	Mittelwert	Standardfehler
1 (4250Hz)	,220	,165
2 (6250Hz)	,098	,162
3 (20000Hz)	-,324	,181

Tabelle 27: Haupteffekt Dämpfung auf die empfundene *Potency* (hoch-gering)

Tabelle 27: Dämpfung 3 wird sowohl von Dämpfung 1 (0.042), als auch von Dämpfung 2 (0.048) auf dem 5%-Niveau signifikant unterschiedlich wahrgenommen.

Zusammenfassung AV 2 – Emotionale Bewertung

Die Varianzanalyse zeigt, dass die UV Dämpfung die empfundene *Evaluation* insofern beeinflusst, als dass Dämpfung 1 (4250Hz) mit höherer *Evaluation* bewertet wird als Dämpfung 2 (6250Hz) (0.098).

Während Männer Dämpfung 1 (4250Hz) mit höherer *Activity* bewerten als Frauen (0.056), bewerten Frauen Dämpfung 2 (6250Hz) mit höherer *Activity* als Männer (0.006). Zugleich bewerten Männer Dämpfung 1 mit höherer *Activity* als Dämpfung 2 (0.079) und Frauen Dämpfung 2 mit höherer *Activity* als Dämpfung 1 (0.023).

Dämpfung 3 (20000Hz) wird mit höherer *Potency* bewertet als Dämpfung 1 (4250Hz) (0.042) und Dämpfung 2 (6250Hz) (0.048).

Der Zwischensubjektfaktor Geschlecht zeigt wiederum auf, dass Männer die Klänge/Räume im Vergleich zu Frauen mit höherer *Größe* bewerten (0.010). Dementsprechend empfinden Männer Dämpfung1*Dichte2 (0.003) und Dämpfung3*Dichte2 (0.098) im Vergleich zu Frauen als größer.

Hinzukommend bewerten Frauen Dämpfung1*Dichte2 als kleiner als Dämpfung2*Dichte2 (0.042) und Dämpfung3*Dichte2 (0.082). Ebenso empfinden Frauen Dichte1*Dämpfung1 als größer als Dichte2*Dämpfung1 (0.002).

4.6.3 Inhaltliche Größen Volumen und Density

Um den Einfluss der Variablen Dämpfung (UV 1) und Dichte (UV 2) auf die zusätzlichen inhaltlichen Größen Volumen und Density zu überprüfen, sollen zunächst die Haupteffekte und deren Wechselwirkungen betrachtet werden. Anschließend wird auch die Wechselwirkung mit dem Zwischensubjektfaktor Geschlecht miteinbezogen.

Dämpfung	Mittelwert	Standardfehler
1 (4250Hz)	4,155	,215
2 (6250Hz)	3,891	,163
3 (20000Hz)	3,692	,257

Tabelle 28: Haupteffekt Dämpfung auf das empfundene Volumen (1-schmal; 7-voluminös)

Dämpfung	Mittelwert	Standardfehler
1 (4250Hz)	3,886	,252
2 (6250Hz)	3,800	,225
3 (20000Hz)	3,402	,232

Tabelle 29: Haupteffekt Dämpfung auf die empfundene Density (1-dicht; 7-diffus)

Tabelle 28: Die Mittelwerte streuen eng um den Skalenmittelpunkt. Je geringer die Dämpfung (20000Hz), desto schmaler wird der Klang/Raum wahrgenommen. Allerdings bringt der Haupteffekt Dämpfung auf das empfundene Volumen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Klassen hervor.

Tabelle 29: Die Mittelwerte streuen eng um den Skalenmittelpunkt. Der Haupteffekt Dämpfung auf die empfundene Density bringt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Klassen hervor.

Dichte	Mittelwert	Standardfehler
1 (10ms)	4,109	,206
2 (20ms)	3,677	,198
3 (60ms)	3,951	,273

Tabelle 30: Haupteffekt Dichte auf das empfundene Volumen (1-schmal; 7-voluminös)

Dichte	Mittelwert	Standardfehler
1 (10ms)	3,781	,257
2 (20ms)	3,458	,174
3 (60ms)	3,848	,179

Tabelle 31: Haupteffekt Dichte auf die empfundene Density (1-dicht; 7-diffus)

Tabelle 30: Die Mittelwerte streuen eng um den Skalenmittelpunkt. Der Haupteffekt Dichte bringt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Klassen hervor.

Tabelle 31: Die Mittelwerte streuen eng um den Skalenmittelpunkt. Die empfundene Density scheint nur bedingt von der intendierten Variation der Dichte beeinflusst worden zu sein, allerdings gibt es auch hier keine signifikanten Unterschiede zwischen den Klassen.

Dämpfung	Dichte	Mittelwert	Standardfehler
1 (4250Hz)	1 (10ms)	4,328	,402
	2 (20ms)	3,934	,353
	3 (60ms)	4,202	,434
2 (6250Hz)	1 (10ms)	4,025	,374
	2 (20ms)	3,646	,320
	3 (60ms)	4,000	,290
3 (20000Hz)	1 (10ms)	3,975	,395
	2 (20ms)	3,449	,378
	3 (60ms)	3,652	,439

Tabelle 32: Wechselwirkung Dämpfung*Dichte auf das empfundene Volumen (1-schmal; 7-voluminös)

Dämpfung	Dichte	Mittelwert	Standardfehler
1 (4250Hz)	1 (10ms)	3,955	,433
	2 (20ms)	3,369	,299
	3 (60ms)	4,333	,367
2 (6250Hz)	1 (10ms)	3,838	,383
	2 (20ms)	3,601	,317
	3 (60ms)	3,960	,362
3 (20000Hz)	1 (10ms)	3,551	,420
	2 (20ms)	3,404	,284
	3 (60ms)	3,253	,279

Tabelle 33: Wechselwirkung Dämpfung*Dichte auf die empfundene Density (1-dicht; 7-diffus)

Tabelle 32: Die Mittelwerte streuen eng um den Skalenmittelpunkt. Die Wechselwirkung zwischen Dämpfung und Dichte auf das empfundene Volumen zeigt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Klassen.

Tabelle 33: Die Mittelwerte streuen eng um den Skalenmittelpunkt. Die Wechselwirkung zwischen Dämpfung und Dichte auf die empfundene Density zeigt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Klassen.

Geschlecht	Dämpfung	Dichte	Mittelwert	Standardfehler
männlich	1 (4250Hz)	1 (10ms)	4,111	,596
		2 (20ms)	4,778	,524
		3 (60ms)	4,222	,644
	2 (4250Hz)	1 (10ms)	4,778	,554
		2 (20ms)	3,111	,475
		3 (60ms)	4,000	,430
	3 (20000Hz)	1 (10ms)	4,222	,587
		2 (20ms)	3,444	,561
		3 (60ms)	3,667	,650
weiblich	1 (4250Hz)	1 (10ms)	4,545	,539
		2 (20ms)	3,091	,474
		3 (60ms)	4,182	,583
	2 (6250Hz)	1 (10ms)	3,273	,501
		2 (20ms)	4,182	,430
		3 (60ms)	4,000	,389
	3 (20000Hz)	1 (10ms)	3,727	,531
		2 (20ms)	3,455	,507
		3 (60ms)	3,636	,588

Tabelle 34: Wechselwirkung Geschlecht*Dämpfung*Dichte auf das empfundene Volumen (1-schmal; 7-voluminös)

Tabelle 34: Die Mittelwerte streuen eng um den Skalenmittelpunkt. Folgenden Einfluss zeigt die Wechselwirkung Geschlecht*Dämpfung*Dichte auf das empfundene Volumen:

Dämpfung1*Dichte2 wird von Männern und Frauen auf dem 5%-Niveau (0.028) signifikant unterschiedlich wahrgenommen.

Dämpfung2*Dichte1 wird von Männern und Frauen beinahe signifikant (0.059) unterschiedlich wahrgenommen.

Frauen bewerten Dichte1*Dämpfung1 und Dichte2*Dämpfung1 unterschiedlich voneinander, dies kann als statistischer Trend betrachtet werden (0.077).

Der Unterschied zwischen Männern und Frauen hinsichtlich der Wahrnehmung von Dämpfung²*Dichte² kann nicht mehr als statistischer Trend betrachtet werden (0.112).

Zusammenfassung Volumen und Density

Die Varianzanalyse lässt annehmen, dass die Variablen Dämpfung und Dichte keinen signifikanten Einfluss auf die wahrgenommene Density nehmen. Warum die Variable Dichte, die darauf ausgelegt ist als unterschiedlich dicht wahrgenommen zu werden, diese Unterscheidung nicht bewirkt, wird diskutiert werden.

Die Wechselwirkung Dämpfung*Dichte bringt erst in weiterer Wechselwirkung mit dem Zwischensubjektfaktor Geschlecht einen signifikanten Einfluss auf das empfundene Volumen hervor. So empfinden Männer Dämpfung¹*Dichte² gegenüber Frauen als signifikant voluminöser (0.028) und ebenso Dämpfung²*Dichte¹ gegenüber Frauen als signifikant voluminöser (0.059). Weiters empfinden Frauen Dichte¹*Dämpfung¹ als voluminöser als Dichte²*Dämpfung¹ (0.077).

4.6.4 Auswertung des Postfragebogens

Der zum Abschluss vorgelegte Postfragebogen sollte den Umgang der Versuchspersonen mit der Untersuchungssituation und der intendierten Raumvorstellung, deren Erfahrung mit Raumklang, deren Vertrautheit mit rauschhaften Klängen und deren allgemeine Hörgewohnheiten erheben. Zudem wurden deren Assoziationen zum dargebotenen Rauschen und nähere demographische Angaben zur jeweiligen Person erfragt. Diese Informationen sollen zur Interpretation der erlangten Ergebnisse beitragen und mögliche Zusammenhänge aufzeigen.

Untersuchungssituation. Die Versuchspersonen (11 Frauen und 9 Männer; durchschnittlich 22,75 Jahre alt) fühlten sich in der Untersuchungssituation überwiegend wohl. Nur eine Person gab an, sich nicht wohlfühlt zu haben, zwei Personen fügten hinzu, dass ihr Wohlbefinden von dem unterschiedlichen Rauschen beeinflusst wurde. Die Dunkelheit im Untersuchungsraum war für niemanden ein Problem, der Ablauf und die Fragestellungen waren für alle klar verständlich. Zwei Versuchspersonen gaben an, das Gegensatzpaar *süß-bitter* des semantischen Differentials als irritierend empfunden zu haben bzw. dass eine Beurteilung mit diesem

Gegensatzpaar eher schwer fiel. Diese zwei Personen gaben aber dennoch eine Bewertung für *süß-bitter* ab.

Hörgewohnheiten. Um herauszufinden, ob bei den Versuchspersonen eine Vertrautheit mit rauschenden Klängen gegeben ist, wurden sowohl deren Musikgewohnheiten, als auch eine diesbezüglich direkte Angabe erfragt. Neun Versuchspersonen gaben an, für gewöhnlich Musik zu hören, die synthetische, rauschende Klänge enthält. Zehn Versuchspersonen gaben an eine solche Musik für gewöhnlich nicht zu hören. Bei einer Versuchsperson, die hierzu keine Angabe machte, wurde auf die Nennung der gehörten Musik zurückgegriffen. Zehn Versuchspersonen hören somit für gewöhnlich Musik, die synthetische, rauschende Klänge enthält und zehn Versuchspersonen nicht. Die Frage nach den Musikgewohnheiten brachte keine Auffälligkeiten oder rauschspezifischen Antworten hervor.

Das Hörverhalten der Versuchspersonen beinhaltet sowohl das Hören von Musik über Lautsprecher (17 Angaben), als auch über Kopfhörer (11 Angaben). Mehrfachnennungen waren hierbei möglich. Zudem gaben zwölf Versuchspersonen an, Musik für gewöhnlich in stereo zu hören, zweimal wurde die Angabe „mono“ gewählt. Keine der Versuchspersonen hört Musik für gewöhnlich in 5.1 oder 7.1 (*surround*). Fünf Versuchspersonen wählten die Antwort „weiß nicht“, zwei Versuchspersonen machten keine Angabe.

Raum und Klang. Der Gedanke Raum anhand von Klang wahrzunehmen war zwölf Versuchspersonen eher vertraut bzw. vertraut und acht Versuchspersonen eher fremd bzw. fremd. Keine der befragten Personen beschäftigte sich beruflich oder in ihrem Studium mit architektonischem Raum. Nur zwei Personen gaben an, sich im Rahmen einer Vorlesung oder aus Interesse ansatzweise mit diesem Thema auseinandergesetzt zu haben. Sich tatsächlich einen Raum zum dargebotenen Rauschen vorzustellen, war für beinahe alle Versuchspersonen möglich. Fünf Versuchspersonen gaben an, dass eine Raumvorstellung schwierig war.

Assoziationen. Obwohl dies durch die Instruktion vorgegeben wurde, gelang es nur bei wenigen Versuchspersonen, außerräumliche Assoziationen zum Rauschen fernzuhalten. Die genannten Assoziationen können hierbei fünf Themengebieten zugeordnet

werden¹²: Raum (etwa Alltagsräume, bestimmte Räume und bestimmte Situationen in diesen Räumen, sterile Laborräume), Natur (etwa Wasserfall, Regen, Blätterrauschen, Insekten, Wind), Technik (etwa Fernseher, Radio, Elektrogeräte, Ventilatoren, Verkehr), Emotionen (etwa „eher auf emotionaler Basis wahrgenommen“, „leichtes Unwohlsein bei kaltem, dichtem Rauschen“) und Sonstiges (etwa Oberflächen, z. B. Samt; „nerviges Rauschen erinnerte an Zuckerwatte“).

Zudem fällt auf, dass die Assoziationen der Versuchspersonen nach einer eingenommenen Perspektive eingeteilt werden können. So ergeben sich eine Innenperspektive: die Versuchsperson hat sich im Inneren des Rauschens bzw. eines Raumes wahrgenommen (6 Männer, 1 Frau); und eine Außenperspektive: die Versuchsperson nimmt das Rauschen von außen wahr (10 Frauen, 3 Männer).¹³

¹² Die in Klammern stehenden Begriffe wurden von Versuchspersonen genannt.

¹³ Vgl. Subjekt-zentriertes und Objekt-zentriertes Hören (etwa Jauk 2009, S. 467-470; siehe Kapitel 3).

5 Interpretation

Die Wirkung der unabhängigen Variablen Dämpfung und Dichte soll nun anhand der abhängigen Variablen Raumgröße/Raumweite und Emotionale Bewertung interpretiert werden. Hierbei sollen die Ergebnisse der empirischen Untersuchung mit den zuvor dargelegten Theorien zusammengeführt werden, um anschließend auf die Bedeutung der Ergebnisse für die Fragestellung und die aufgestellten Hypothesen eingehen zu können. Wenn nicht anders angegeben, bezieht sich die Interpretation auf die Unterschiede zwischen Dämpfung 1 (4250Hz) und Dämpfung 3 (20000Hz), sowie zwischen Dichte 1 (10ms) und Dichte 2 (20ms), da sich nur diese als signifikant herausgestellt haben. Für die emotionale Bewertung können, aus demselben Grund, nur Dämpfung 1 (4250Hz) und Dämpfung 2 (6250Hz) herangezogen werden, wodurch die Herstellung eines Zusammenhangs zwischen Raumgröße/Raumweite und emotionaler Bewertung erschwert wird. In solchen Fällen kann nur auf die in beiden Beurteilungen vorkommende Ausprägung der Variable eingegangen werden.

5.1 Die Wirkung des eingespielten Rauschens auf das Raumgrößeempfinden und die emotionale Bewertung

Raumgröße. Beginnend bei dem Einfluss der Variable **Dämpfung** auf die Raumgröße, zeigt sich ein solcher nur für Frauen, in Wechselwirkung mit Dichte 2 (20ms). Stärker gedämpftes Rauschen führt hierbei zu einer kleineren Raumvorstellung.¹⁴ Dies entspricht nicht der Theorie, wonach Schall in größeren Räumen mehr Luftweg zurücklegt und daher stärker gedämpft wird (siehe 2.4). Da ein alleiniger Effekt der Dämpfung auf die empfundene Raumgröße nicht gegeben ist, kann dieses Ergebnis womöglich auf den bloßen Einfluss der Dichte zurückgeführt werden.

Der Einfluss der Variable **Dichte** auf die empfundene Raumgröße zeigt sich wiederum nur bei Frauen. So empfinden diese ein Rauschen mit geringeren Abständen zwischen den Amplitudensenkungen als größer. Dies widerspricht der Theorie, wonach die frühen Reflexionen in kleinen Räumen früher und dichter auftreten (siehe 2.4). Interessanterweise spiegelt dies das Untersuchungsergebnis einer blinden, männlichen

¹⁴ Dämpfung 1 (4250Hz) wird als kleiner empfunden als Dämpfung 2 (6250Hz) und Dämpfung 3 (20000Hz).

Versuchsperson wieder, welches aufgrund ungleicher Vorbedingungen¹⁵ nicht in die Gesamtdaten einbezogen wurde. Auch diese blinde Person empfand das Rauschen mit geringeren Abständen als größer, weiter und voluminöser. Zudem zeigte sich hier, dass Dichte 2 (20ms), entgegen der Intention, als dichter wahrgenommen wurde als Dichte 1 (10ms). Womöglich kommt dies dadurch zustande, dass die Amplitudensenkungen bei Dichte 1 (10ms) so nah beieinander liegen, dass sie als Flattern empfunden werden – dies zeigte sich bereits in Voruntersuchungen und sollte durch angepasste Stärken der Absenkungen vermieden werden (siehe 4.4) – und dadurch einen größeren Eindruck entstehen lassen. Demnach wäre es durchaus möglich, dass Dichte 2 (20ms) als dichter empfunden wurde als Dichte 1 (10ms). Um dies überprüfen zu können, wären weitere Untersuchungen nötig. Die Problematik der Variable Dichte wird in Kapitel 6 weiters diskutiert werden.

Die Wirkung des Zwischensubjektfaktors **Geschlecht** auf die empfundene Raumgröße, nach welcher Männer die Räume im Vergleich zu Frauen als größer wahrnehmen, bestätigt, dass Frauen und Männer auf unterschiedliche Weise mit Räumlichkeit umgehen. Womöglich haben Frauen und Männer den hier vorgestellten Raum aus unterschiedlichen Perspektiven wahrgenommen (siehe 4.6.4). Die Auswertung des Postfragebogens lässt etwa vermuten, dass Frauen den Raum überwiegend von außen und Männer überwiegend von innen wahrgenommen haben. Das Geschlecht wäre somit als Kovariable der Perspektive zu betrachten. Aufgrund dieser Ausdifferenzierung des Samples nach dem Geschlecht der Versuchspersonen, können relevante Daten ebenso geschlechtergetrennt betrachtet werden.

Raumweite. Da der Zwischensubjektfaktor **Geschlecht** ebenso bewirkt, dass Männer die Klänge bzw. Räume als weiter empfinden, können die Daten nach dem Geschlecht getrennt betrachtet werden. Die Wirkung der Variable **Dämpfung** auf die empfundene Raumweite zeigt sich darin, dass stärker gedämpftes Rauschen als weiter empfunden wird. Bei einer geschlechtergetrennten Auswertung, tritt dieser Effekt allerdings nur bei Männern auf. In beiden Fällen entspricht die Wahrnehmung der Versuchspersonen der bereits oben angeführten Theorie. Auch dieses Ergebnis findet sich bei dem Untersuchungsergebnis der blinden, männlichen Versuchsperson wieder.

¹⁵ Eine blinde Person nimmt einen Raum stärker über Raumklang wahr als eine sehende Person und bringt dadurch eine stärkere Gewöhnung an das Hören von Raum mit.

Die Wirkung der Variable **Dichte** auf die empfundene Raumweite zeigt sich darin, dass Frauen Rauschen mit geringeren Abständen, in Wechselwirkung mit Dämpfung 1 (4250Hz), als weiter empfinden. Mögliche Erklärungen für dieses nicht theoriekonforme Ergebnis wurden bereits unter dem Punkt Raumgröße gegeben.

Volumen. Die Wirkung der **Dichte** auf das empfundene Volumen zeigt ebenfalls, dass Frauen Rauschen mit geringeren Abständen, in Wechselwirkung mit Dämpfung 1 (4250Hz), als voluminöser empfinden.

Emotionale Bewertung. Mithilfe der Faktorenanalyse konnten zwei Faktoren (*Evaluation, Activity*) aus den Skalen des semantischen Differentials und vier Faktoren (*Evaluation, Größe, Activity, Potency*) aus den gesamten vorgelegten Skalen extrahiert werden. Dass die *Größe* in der Faktorenstruktur über die gesamten Skalen an zweite Stelle tritt, macht deutlich, wie wesentlich die Größe eines Raumes zu dessen, auch emotionaler, Bewertung beiträgt. Da sich der Faktor *Größe* aus Raumgröße, Raumweite und Volumen zusammensetzt und diese drei Variablen bereits ausgeführt wurden, wird die *Größe* hier nicht nochmals erwähnt. Die weitere Betrachtung der emotionalen Bewertung bezieht demnach die Faktoren *Evaluation* und *Activity* aus der Faktorenanalyse über das semantische Differential und *Potency* aus der Faktorenanalyse über die gesamten vorgelegten Skalen ein. Da die Variable *Dichte* keinen signifikanten Einfluss auf die emotionale Bewertung genommen hat, wird in weiterer Folge nur die Variable **Dämpfung** behandelt.

Die bewertete *Evaluation* wird von der Variable *Dämpfung* insofern beeinflusst, als dass stärker gedämpftes Rauschen mit höherer *Evaluation*, also positiver, bewertet wird. Bezogen auf Dämpfung 1 (4250Hz) lässt sich folgern, dass weite Räume als positiv beurteilt werden.

Der Wirkung der *Dämpfung* auf die empfundene *Activity* wird von Frauen und Männern unterschiedlich bewertet. So empfinden Männer stärker gedämpftes Rauschen als aktivierender, während Frauen schwächer gedämpftes Rauschen als aktivierender empfinden. In Bezug auf Dämpfung 1 (4250Hz) lässt sich ableiten, dass weite Räume von Männern als aktivierender empfunden werden als von Frauen. In Zusammenhang mit der positiven und daher für Frauen nicht etwa beängstigenden Beurteilung weiter Räume, lässt sich diese aktivierende Wirkung anhand der Theorien womöglich dadurch

erklären, dass Männer größere Bewegungsumfelder eher gewohnt sind und sich in diesen auch besser orientieren können (siehe 2.3).

Die Wirkung der Dämpfung auf die empfundene *Potency* zeigt sich darin, dass stärker gedämpftes Rauschen mit geringerer *Potency*, also weniger mächtig, bewertet wird.¹⁶ Enge Räume besitzen demnach eine höhere *Potency* als weite Räume.

5.2 Mögliche Bedeutung für Fragestellung und Hypothesen

Ausgehend von der Fragestellung, ob ein Raum durch Klang gestaltet werden kann und ob dies Auswirkungen auf die emotionale Bewertung des Raumes hat, wurden, unter Einbezug verschiedener Theorien, drei Hypothesen aufgestellt. Die empirische Überprüfung dieser Hypothesen lässt folgende Schlussfolgerungen zu:

Hypothese 1) Durch die Einspielung weniger gedämpften Rauschens wird ein Raum als kleiner empfunden. Durch die Einspielung stärker gedämpften Rauschens wird ein Raum als größer empfunden.

Da für die Raumgröße (*klein-groß*) keine signifikanten Ergebnisse vorliegen, kann nur auf die Raumweite (*eng-weit*) eingegangen werden. Weniger gedämpftes Rauschen führt zu einer engeren Raumvorstellung. Stärker gedämpftes Rauschen führt zu einer weiteren Raumvorstellung. Hypothese 1 kann als bedingt verifiziert betrachtet werden.

Hypothese 2) Durch die Einspielung dichterem Rauschens wird ein Raum als kleiner empfunden. Durch die Einspielung diffuserem Rauschens wird ein Raum als größer empfunden.

Da die Variable Dichte nicht so wahrgenommen wurde wie intendiert, ist eine Verifizierung oder Falsifizierung dieser Hypothese zum gegebenen Zeitpunkt nicht möglich. Zwar wurde das Rauschen mit geringeren Abständen der Amplitudensenkungen von Frauen als größer empfunden – was gegen die Hypothese sprechen würde – allerdings ist ohne weitere Untersuchungen nicht festzustellen, wie

¹⁶ Dämpfung 3 (20000Hz) wird mit höherer *Potency* bewertet als Dämpfung 1 (4250Hz) und Dämpfung 2 (6250Hz).

unterschiedlich dicht die Ausprägungen der Variable Dichte tatsächlich wahrgenommen wurden.

Hypothese 3) Die empfundene Raumgröße wirkt sich auf die emotionale Qualität eines Raumes aus.

Da für die Raumgröße (*klein-groß*) keine signifikanten Ergebnisse vorliegen, können wiederum nur Aussagen über die empfundene Raumweite (*eng-weit*) getroffen werden. Die vorliegende emotionale Bewertung des Rauschens, welche auf die Raumvorstellung übertragen werden kann, zeigt einen klaren Einfluss der Raumweite auf die emotionale Qualität des Raumes. So werden weite Räume als positiv beurteilt und von Männern als aktivierender empfunden als von Frauen. Ebenso werden weite Räume als weniger mächtig empfunden als enge Räume. Hypothese 3 wurde somit bedingt verifiziert.

Zudem stellte sich heraus, dass es bei der Wahrnehmung von Raum, bzw. bei der Wahrnehmung von dem dargebotenen Rauschen, zu Unterschieden zwischen Frauen und Männer gekommen ist und dass das Geschlecht somit als zusätzlicher Einflussfaktor zu betrachten ist.

Die Fragestellung der vorliegenden Arbeit „Kann ein Raum durch Klang gestaltet werden und hat dies Auswirkungen auf die emotionale Bewertung des Raumes?“ kann nach der empirischen Überprüfung der Hypothesen positiv beantwortet werden. Die Gestaltung eines Raumes durch Klang erscheint somit nicht nur als sinnvoll, sondern ebenso als möglich. Weitere Forschung auf diesem Gebiet könnte die gefundenen Erkenntnisse weiter ausdifferenzieren und zusätzliche Parameter überprüfen.

6 Diskussion

Die Wirkung der Variable **Dämpfung** auf die empfundene **Raumgröße** zeigte sich darin signifikant, dass Frauen stärker gedämpftes Rauschen, allerdings nur in Wechselwirkung mit Dichte 2 (20ms), als kleineren Raum empfunden haben als schwächer gedämpftes Rauschen. Dies entspricht nicht der aufgestellten Hypothese. Ein weiterer Einfluss der Dämpfung auf die Raumgröße war nicht gegeben. Die Wirkung der **Dämpfung** auf die empfundene **Raumweite** zeigte sich darin, dass stärker gedämpftes Rauschen als weiter wahrgenommen wurde. Dies entspricht den dargelegten Theorien und der daraus abgeleiteten Hypothese.

Die Wirkung der Variable **Dämpfung** auf die empfundene *Evaluation* bestand darin, dass stärker gedämpftes Rauschen, folglich weitere Räume, als positiver bewertet wurden. Die Wirkung der **Dämpfung** auf die empfundene *Activity* zeigte sich darin, dass Männer stärker gedämpftes Rauschen, folglich weitere Räume, als aktivierender bewerteten als Frauen. Die Wirkung der **Dämpfung** auf die empfundene *Potency* bestand darin, dass schwächer gedämpftes Rauschen, folglich engere Räume, mit höherer *Potency* bewertet wurden als stärker gedämpftes Rauschen, folglich weitere Räume. Die Variation der Dämpfung brachte demnach eine unterschiedliche emotionale Bewertung mit sich.

Die Wirkung der Variable **Dichte** auf die empfundene **Raumgröße** zeigte sich darin, dass Frauen Rauschen mit geringeren Abständen zwischen den Amplitudensenkungen als größer empfanden. Die Wirkung der **Dichte** auf die empfundene **Raumweite** und das empfundene **Volumen** bestand ebenso darin, dass Frauen Rauschen mit geringeren Abständen, in Wechselwirkung mit Dämpfung 1 (4250Hz), als weiter und voluminöser bewerteten. Dies entspricht nicht der aufgestellten Hypothese.

Die Variation der **Dichte** wirkte sich nicht signifikant auf die **emotionale Bewertung** des Rauschens aus.

Zudem zeigte sich ein Einfluss des **Geschlechts** auf die empfundene **Raumgröße** und **Raumweite**. So nahmen Männer die Klänge bzw. Räume als größer und weiter wahr. Diesbezüglich konnten keine erklärenden Theorien gefunden werden, dieser Effekt ist

aber womöglich auf Unterschiede in der räumlichen Wahrnehmung von Frauen und Männern zurückzuführen. Möglich erscheint auch eine unterschiedliche Perspektive zu der wahrgenommenen Raumvorstellung.

Die aufgetretenen Unterschiede zwischen der empfundenen Raumgröße und der empfundenen Raumweite lassen sich womöglich durch die diesbezüglich unterschiedliche Instruktion und Art der Fragestellung erklären. Während bei der Raumgröße bewusst nach der Bewertung einer Raumvorstellung gefragt wurde, bewerteten die Versuchspersonen die Weite des vorgegebenen Rauschens innerhalb des semantischen Differentials. Die Angabe der Weite, welche in weiterer Folge auf die Raumweite übertragen wurde, geschah somit eher unterbewusst. Möglicherweise fiel den Versuchspersonen die Bewertung einer bewussten Raumvorstellung schwerer als die Bewertung des Rauschens, welches womöglich greifbarer erschien. Da auch die Wahrnehmung des Raumklanges eher unterbewusst stattfindet, entspricht die Angabe der Raumweite womöglich eher einem empfundenen Raum. Dies könnte auch erklären, warum die Angabe der Raumgröße keine eindeutigen Ergebnisse hervorgebracht hat.

Somit stellt sich sogleich die Frage, ob den Versuchspersonen die Vorstellung eines Raumes tatsächlich gelang. Die diesbezüglichen Antworten im Postfragebogen lassen darauf schließen, dass eine solche Vorstellung möglich war. Die vielseitig genannten Assoziationen deuten allerdings darauf hin, dass den Versuchspersonen neben einem Raum auch andere Vorstellungen in den Sinn kamen. Die Auslösung einer Raumvorstellung durch die Instruktion war somit nicht gänzlich erfolgreich. Die Versuchspersonen reagierten allerdings in keiner Weise, weder in ihrem Verhalten noch in ihren Aussagen und Anmerkungen, negativ auf die Instruktion. Dies lässt darauf schließen, dass den Versuchspersonen die Verbindung zwischen Klang und Raum nicht unnatürlich und aufgezwungen vorkam. Weitere Untersuchungen sollten womöglich darauf zielen, Raum und Rauschen auf natürlichere Weise miteinander zu verbinden. So wäre es etwa wünschenswert, das Rauschen über Lautsprecher in einen akustisch neutralen oder gar schalltoten Raum, unter ebenso neutralen visuellen Bedingungen, einzuspielen und den Raum unter vielfachen Aspekten bewerten zu lassen. Somit würden die Versuchspersonen den Raumklang auf natürlichere Weise erleben und die Raumgröße, in einem umfangreicheren Fragenkatalog, stärker unterbewusst bewerten.

Weiters fällt auf, dass die Variable Dichte nur teilweise Wirkung auf die abhängigen Variablen gezeigt hat. Diese Wirkung besteht darin, dass Frauen sowohl Raumgröße, als auch Raumweite und Volumen nicht der Hypothese entsprechend bewertet haben. Mögliche Interpretationen dieser Bewertung wurden in Kapitel 5 behandelt. Auf die Wahrnehmung der Männer und auf die emotionale Bewertung des Rauschens zeigte die Dichte allerdings keine Wirkung. Der ebenfalls fehlende Einfluss der variierten Dichte auf die theoretische Größe Density (Gegensatzpaar *dicht-diffus*) lässt vermuten, dass die Dichte von den Versuchspersonen nicht wie intendiert wahrgenommen bzw. nicht als Dichte wahrgenommen wurde. Womöglich waren die Abstände zwischen den Amplitudensenkungen allgemein zu gering, wodurch – äquivalent zu sehr geringen Abständen zwischen den frühen Reflexionen des Schalls – eher eine Klangfärbung als ein Raumgrößeempfinden hervorgerufen wurde.

Weitere Beeinträchtigung könnte die Variable Dichte zudem durch die Klangdarbietung über 7.1-Kopfhörer erfahren haben. Da die Amplitudensenkungen bei der Umrechnung in 7.1 phasenverschoben vervielfacht werden, wurde die Dichte zusätzlich verstärkt. Der Klang der Rauschbänder wurde feiner, ein durch die Absenkungen entstandenes Flattern wurde verringert. Eine Verschiebung der Ergebnisse in Richtung größerer Räume war aus diesem Grund zu erwarten.

Bei der Durchführung weiterer Untersuchungen zur Dichte von Rauschen, sollte versucht werden diese auf andere Weise zu variieren. Ein ursprünglicher Versuch weißes Rauschen, durch die Variation der Distanz der einzelnen Teiltöne zueinander, in sich zu verdichten bzw. dessen Dichte zu verringern, musste aus technischen Gründen aufgegeben werden.

Um den Einfluss des Geschlechts auf die empfundene Raumgröße und Raumweite näher zu überprüfen, sollten weitere Untersuchungen mit dem Geschlecht als zusätzliche unabhängige Variable durchgeführt werden. In diesen wäre ebenso darauf zu achten, das Geschlecht der versuchsleitenden Personen zu variieren. In den Reaktionen und Anmerkungen der Versuchspersonen finden sich keine Erklärungen für die unterschiedliche Einschätzung der Raumgröße und Raumweite.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit auditiver Raumgestaltung – mit der bewussten und aktiven Gestaltung von Raum durch Klang. Der umgebende Raum nimmt wesentlichen Einfluss auf den Menschen, bietet sowohl Schutz als auch die Möglichkeit zur individuellen Gestaltung und Bedürfniserfüllung. Obwohl der Mensch für die Wahrnehmung seiner Umwelt vielfältige Sinneseindrücke heranzieht, werden architektonische Räume primär nach visuellen Aspekten konstruiert und gestaltet. Der Klang eines Raumes wird dabei (für den Menschen praktisch angeordneten) Schallhindernissen überlassen, obgleich er, aufgrund seiner unmittelbaren Wirkung auf die Emotionen und Reaktionen des Menschen, wesentlich zur Gestaltung von Raum beitragen könnte. Denkbar wäre etwa eine individuelle Anpassung des Raumklanges an Tages- oder Jahreszeiten, an persönliche Stimmungen oder Bedürfnisse. Die Raumgröße, welche als einer der primären Aspekte von Raum sowohl physikalisch als auch emotional auf den Menschen wirkt, erscheint hierbei als möglicher erster Ansatzpunkt für die Ergründung und Untersuchung auditiver Raumgestaltung. Die vorliegende Arbeit hofft für die Bedeutung des Raumklanges zu sensibilisieren und im Zuge dessen eine Grundlage für auditive Raumgestaltung zu schaffen.

In Rahmen der empirischen Untersuchung sollten das Raumgrößeempfinden und die emotionale Bewertung eines Raumes mithilfe speziell gefilterter Rauschbänder beeinflusst werden. Das Rauschen wurde hierbei in seiner Dämpfung, aufbauend auf der Dämpfung der Schallwelle in der Luft, und seiner Dichte, aufbauend auf den frühen Reflexionen von Schall im Raum, variiert. Zusätzlich zu den Variablen Dämpfung und Dichte stellte sich das Geschlecht der Versuchspersonen als beeinflussender Faktor heraus, hierauf wurde bereits in der Literatur hingewiesen. So nahmen Männer die Räume im Vergleich zu Frauen als größer und weiter wahr. Die Wirkung der Variable Dämpfung zeigte sich darin, dass stärker gedämpftes Rauschen, der Hypothese entsprechend, als weiter empfunden wurde. Solch auditiv weite Räume wurden von den Versuchspersonen als positiver bewertet. Zudem empfanden Männer solch weite Räume im Vergleich zu Frauen als aktivierender. Auditiv engere Räume wurden mit höherer *Potency*, also mächtiger bewertet als weitere Räume. Die Wirkung der Variable Dichte zeigte sich bloß darin, dass Frauen ein intendiert dichteres Rauschen, mit geringeren Abständen zwischen eingefügten Amplitudensenkungen, als größer empfanden. Dieses

Ergebnis, welches nicht der aufgestellten Hypothese entspricht, kann allerdings nur unter Einschränkungen betrachtet werden, da die Dichte von den Versuchspersonen womöglich nicht so wahrgenommen wurde wie intendiert. Um den Einfluss der Dichte überprüfen zu können, müssten weitere Untersuchungen durchgeführt werden.

Die Ergebnisse der empirischen Untersuchung zeigen, dass eine Gestaltung von Raum durch Klang möglich ist. Um die hierin erlangten Erkenntnisse noch auszudifferenzieren und zu ergänzen, sollten weitere Untersuchungen durchgeführt werden. Wesentlich wäre die Ergründung weiterer, für auditive Raumgestaltung relevanter Parameter. Während der Raum in der vorliegenden Arbeit durch Rauschen erzeugt wurde, wäre die Verwendung anderer Klänge als Basis ebenso denkbar. Neben stationären Klängen, könnten auch nicht stationäre, zeitlich variierende Klänge ausgetestet werden. Bei weiteren Untersuchungen zu auditiver Raumgestaltung wäre es unter Umständen sinnvoll einen akustisch neutralen oder schalltoten Raum mithilfe von Lautsprechern zu bespielen. Eine solche Raumwahrnehmung würde von Versuchspersonen vermutlich als natürlicher empfunden werden, wodurch die Beurteilung des Raumes erleichtert werden würde. Zudem wäre es sinnvoll die Versuchspersonen näher danach zu befragen, wie sich ihre, durch den Klang hervorgerufene, Raumvorstellung darstellt. Dies könnte weitere Schlüsse und eine eindeutigere Interpretation ermöglichen.

Einen Raum durch Klang zu gestalten, ermöglicht vielfältige Anwendung. Über die Gestaltung eines architektonischen Raumes innerhalb von Gebäuden hinweg, könnten auch umfassendere Bereiche, wie etwa öffentliche Plätze oder vollständige Bauwerke, mithilfe von Klang gestaltet werden. Ein davon unabhängiges, weiteres Anwendungsgebiet bilden Medien wie Film, Fernsehen oder Radio, in welchen die Schaffung einer klanglichen Raumillusion durchaus hilfreich sein kann; man denke etwa an Hörspiele. Speziell das Raumgrößeempfinden des Menschen beeinflussen zu können, kann sich, bei einer schwindenden Ressource Raum, als sinnvoll erweisen. Möglicherweise ist die Vorstellung einen Raum zu betreten, welcher sich auf die individuellen Bedürfnisse der Nutzer und Nutzerinnen einstellt, sei es durch Anpassung visueller, auditiver, olfaktorischer oder taktiler Parameter, schon greifbarer als gedacht. Möglicherweise wird die Utopie schneller zur Realität, als wir es heute für möglich halten.

Anhang

1 Bei der Hauptuntersuchung verwendete Rauschbänder

Rauschband zum Einstellen der Lautstärke:

12125Hz 35ms

Amplitudensenkung: 1, 0.6 4 1 4

Hüllkurve: 6000 0 1 2500 @maxsustain 120000.

Rauschband für den Probedurchlauf:

12125Hz 35ms

Amplitudensenkung: 1, 0.6 4 1 4

Hüllkurve: 6000 0 1 2500 @maxsustain 30000.

Rauschband Nr. 1-9:

	Frequenz des Low-Pass-Filters (Hz)	Abstand zwischen den Amplitudensenkungen (ms)
1	4250	10
2	4250	20
3	4250	60
4	6250	10
5	6250	20
6	6250	60
7	20000	10
8	20000	20
9	20000	60

Amplitudensenkung: 1, 0.5 4 1 4 bei 60ms Abstand

1, 0.6 4 1 4 bei 20ms Abstand

1, 0.7 4 1 4 bei 10ms Abstand

Hüllkurve: 6000 0 1 2500 @maxsustain 30000.

2 Instruktion

Die Instruktion für die gesamte Untersuchung umfasst 25 Seiten. Zwischen Probendurchlauf und Postfragebogen befinden sich 18 Seiten für die Bewertung des 1. bis 9. Rauschbandes, welche allerdings mit dem Probendurchlauf identisch sind und hier aus diesem Grund nicht wiederholt abgebildet werden.

Studie zur klanglichen Wahrnehmung von Raum

Vielen Dank für Ihre Teilnahme an dieser Studie, welche im Rahmen einer Masterarbeit an der Karl-Franzens-Universität Graz durchgeführt wird! Die Studie beschäftigt sich mit der Wahrnehmung von Raum aufgrund der Wahrnehmung von Klängen – genauer gesagt, mit der Wahrnehmung von Raum aufgrund des Klanges von Rauschen.

Ein solches Rauschen ist in jedem Raum zu hören, sobald alle umgebenden Klänge verstummen und Stille eintritt. Dieses Rauschen entsteht unter anderem durch Luftströmungen und klingt, je nach Konstruktion und Beschaffenheit eines Raumes, in jedem Raum anders. Ist es also vollkommen still, beginnt man den Raum an sich zu hören, in Form eines Rauschens. Wenn Sie möchten, probieren Sie es gleich aus! Schließen Sie für einen Moment ihre Augen und hören Sie ganz bewusst, wie dieser Raum, in welchem Sie sich gerade befinden, klingt!

Diese Untersuchung beschäftigt sich also mit der Wahrnehmung von Raum aufgrund eben dieses Rauschens. Da die Einschätzung der Räume im weiteren Ablauf rein nach dem Hören erfolgen soll, wird der Raum, in welchem Sie nun sitzen, abgedunkelt werden. Es besteht aber kein Grund zur Sorge. Wenn Sie sich unwohl fühlen sollten, geben Sie bitte einfach Bescheid.

Im Laufe der Untersuchung werden Ihnen über Kopfhörer neun verschiedene Rauschklänge, für je 40 Sekunden, vorgespielt. Nach jedem einzelnen Rauschklang erhellt sich die Lampe neben Ihnen, um Ihnen die Beantwortung von Fragen zur Wahrnehmung des eben gehörten Klanges zu ermöglichen. Diese Fragen umfassen Ihre

persönliche Einschätzung des Rauschens hinsichtlich einer empfundenen Raumgröße und Ihre persönliche Einschätzung der emotionalen Qualitäten des Klanges. Wenn Sie mit der Beantwortung zu einem Rauschklang fertig sind (jeweils eine Seite), blättern Sie bitte zur nächsten Seite um. Wenn Sie für die Einspielung des nächsten Rauschklanges bereit sind, teilen Sie dies der Versuchsleiterin bitte mit, indem sie „Weiter“ sagen. Daraufhin wird das Licht der Lampe wieder erlöschen und das nächste Rauschen eingespielt. Dieser Vorgang wiederholt sich bis zum letzten Rauschklang. Sie brauchen sich den genauen Ablauf aber nicht zu merken, da die jeweiligen Anweisungen im weiteren Verlauf der Untersuchung wiederholt werden.

Bitte beantworten Sie die Fragen, welche Ihnen in der Untersuchung gestellt werden, zügig und völlig frei nach Ihrem Empfinden. Da es um Ihre persönliche Wahrnehmung geht, gibt es keine richtigen oder falschen Antworten. Ihre Angaben werden absolut vertraulich behandelt und bleiben selbstverständlich anonym. Sie werden nur in der Gesamtheit ausgewertet, sodass keine Rückschlüsse auf Einzelpersonen möglich sind.

Um Ihnen die Möglichkeit zu geben sich mit dem Ablauf vertraut zu machen, beginnen wir mit einem Probendurchlauf.

In diesem Probedurchlauf werden Sie über Kopfhörer ein Rauschen hören. Ich bitte Sie dieses bis zum Ende anzuhören und Ihre Eindrücke anschließend spontan und intuitiv mithilfe aller angeführten Gegensatzpaare zu beurteilen!

Bitte achten Sie darauf kein Gegensatzpaar auszulassen und machen Sie pro Gegensatzpaar nur eine Angabe. Zwischenstufen sind nicht möglich.

Beispiel:

Sie empfinden den Klang als „sehr zart“.

robust zart

Bitte geben Sie der Versuchsleiterin ein Zeichen, wenn Sie bereit sind mit dem Probedurchlauf zu beginnen und blättern Sie zur nächsten Seite um!

Probendurchlauf

Das Licht der Lampe wird nun gleich erlöschen und Sie werden ein Rauschen hören.
(Wenn das Rauschen geendet hat und die Lampe wieder leuchtet, blättern Sie bitte zur nächsten Seite um.)

Bitte lassen Sie das Rauschen in Ruhe auf sich wirken, schließen Sie Ihre Augen und stellen Sie sich ausgehend von dem Rauschen einen Raum rund um Sie vor.

Wenn Sie für die Einspielung des Rauschklanges bereit sind, sagen Sie bitte „Weiter“.

1) Die Wahrnehmung von Klängen ist oftmals mit einer Wahrnehmung von Raum verbunden. Bitte versuchen Sie die Größe jener Raumvorstellung, die Sie mit dem eben gehörten Klang verbinden, spontan und intuitiv mithilfe des folgenden Gegensatzpaares anzugeben!

klein ○ ○ ○ ○ ○ groß

2) Bitte beurteilen Sie den eben gehörten Klang spontan und intuitiv mithilfe aller unten angeführten Gegensatzpaare!

dicht	○	○	○	○	○	○	○	diffus
anziehend	○	○	○	○	○	○	○	abstoßend
süß	○	○	○	○	○	○	○	bitter
glatt	○	○	○	○	○	○	○	rau
voluminös	○	○	○	○	○	○	○	schmal
wohlgefällig	○	○	○	○	○	○	○	missfällig
eng	○	○	○	○	○	○	○	weit
bewegt	○	○	○	○	○	○	○	ruhig
aktiv	○	○	○	○	○	○	○	passiv
klar	○	○	○	○	○	○	○	unklar
hart	○	○	○	○	○	○	○	weich
dynamisch	○	○	○	○	○	○	○	statisch
gefühlvoll	○	○	○	○	○	○	○	kühl

Der Probedurchlauf ist nun zu Ende. Bitte nehmen Sie den Kopfhörer wieder ab!

[An dieser Stelle würden sich die zwei Seiten des Probedurchlaufs für die Bewertung des 1. bis 9. Rauschbandes wiederholen.]

**Abschließend möchte ich Sie nun bitten ein paar kurze Fragen zu beantworten.
All Ihre Angaben werden selbstverständlich vertraulich behandelt!**

1) Zuvor wurden Sie gebeten sich zu verschiedenen Rauschklingen je einen Raum vorzustellen. Wie erging es Ihnen damit? War es Ihnen möglich dies zu tun?

2) Ist Ihnen der Gedanke, Raum anhand von Klang wahrzunehmen vertraut oder fremd?

3) Beschäftigen Sie sich beruflich oder in Ihrem Studium mit architektonischem Raum?

4) Erinnernte Sie das vorgespielte Rauschen an etwas? Kamen in Ihnen Assoziationen zu dem Rauschen auf?

5) Haben Sie sich während der Untersuchung wohlfühlt?

6) War die Dunkelheit ein Problem für Sie?

7) Fanden Sie den Ablauf und die Fragestellungen der Untersuchung verständlich?

8) Wie alt sind Sie? _____

9) Geschlecht: männlich weiblich

10) Welche Musik hören Sie gerne? (Mehrfachnennungen möglich)

11) Hören Sie für gewöhnlich Musik, die synthetische, rauschende Klänge enthält?

ja nein

12) Auf welche Art und Weise hören Sie für gewöhnlich Musik? (Mehrfachnennungen möglich)

a) über Lautsprecher über Kopfhörer

b) mono stereo 5.1 7.1 weiß nicht

Möchten Sie noch etwas anmerken?

Vielen Dank für Ihre wertvolle Mitarbeit!

Literaturverzeichnis

- Abate, Sarah-Jane & Kubota, Toshiro (2013). *Size perception of enclosures*. Paper held at Landmark Conference. Selinsgrove, Pennsylvania: Susquehanna University.
[online verfügbar:
<http://comenius.susqu.edu/math/compvision/cvsu2013/content/downloads/papers/size%20perception%20of%20enclosures.pdf>; 14.8.2014]
- Aiello, John R. (1987). Human spatial behavior. In Daniel Stokols & Irwin Altman (Hg.), *Handbook of environmental psychology, Volume 1* (S. 389-504). New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley & Sons.
- Anderson, Jeremy & Tindall, Margaret (1972). The concept of home range. New data for the study of territorial behavior. In William J. Mitchell (Hg.), *Environmental design: research and practice. Proceedings of the EDRA 3/AR 8 Conference*. Los Angeles: University of California. [online verfügbar:
http://www.edra.org/sites/default/files/publications/EDRA03-Anderson-1-1_0.pdf;
25.8.2014]
- Ashmead, Daniel H. & Wall, Robert S. (1999). Auditory perception of walls via spectral variations in the ambient sound field. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 36/4. [online verfügbar:
<http://www.rehab.research.va.gov/jour/99/36/4/ashmead.pdf>; 2.9.2014]
- Bismarck, Gottfried von (1974). Sharpness as an attribute of the timbre of steady sounds. *Acustica*, 30, S. 159-172.
- Blauert, Jens (1974). *Räumliches Hören*. Stuttgart: S. Hirzel Verlag.
- Blauert, Jens (1985). *Räumliches Hören. Nachschrift*. Stuttgart: S. Hirzel Verlag.
- Blauert, Jens (1997). *Räumliches Hören. 2. Nachschrift*. Stuttgart, Leipzig: S. Hirzel Verlag.
- Blauert, Jens (2010). Hearing of music in three spatial dimensions. In Wolfgang Auhagen, Bram Gätjen & Klaus Wolfgang Niemöller (Hg.), *Systemische Musikwissenschaft. Festschrift Jobst Peter Fricke zum 65. Geburtstag* (S. 103-111). Köln: Universität Köln.
- Blessner, Barry & Salter, Linda-Ruth (2007). *Spaces speak, are you listening? Experiencing aural architecture*. Cambridge, MA; London: The MIT Press.
- Blume, Eugen (2008). *Klang als Bau-Material. Eugen Blume im Gespräch mit Bernhard Leitner*. Köln: DuMont.
[online verfügbar: <http://www.bernhardleitner.com/texts>; 17.9.2014]

- Brandlhuber, Arno & Emde, Markus (2008). Lärmkontrolle. Interview mit Arno Brandlhuber und Markus Emde. In Doris Kleilein, Anne Kockelkorn, Gesine Pagels & Carsten Stabenow (Hg.), *Tuned city. Zwischen Klang- und Raumspekulationen* (S. 73-78). Idstein: kookbooks.
- Brook, Rollins (1991). Rooms for speech and music. In Glen Ballou (Hg.), *Handbook for sound engineers. The new audio cyclopedia* (S. 171-201). Carmel, Indiana: SAMS.
- Cabrera, Densil (2007). Control of perceived room size using simple binaural technology. *Proceedings of the 13th International Conference on Auditory Display*. Montréal, Canada: International Community on Auditory Display. [online verfügbar: <https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/49986/Cabrera2007.pdf?sequence=1>; 22.9.2014]
- Cabrera, Densil; Jeong, Daeup; Jeong Kwak, Hyun & Kim, Ji-Young (2005). Auditory room size perception for modeled and measured rooms. *Inter-noise, Environmental noise control. The 2005 Congress and Exposition on Noise Control Engineering*. Rio de Janeiro, Brasilien. [online verfügbar: http://www.researchgate.net/publication/228372572_Auditory_room_size_perception_for_modeled_and_measured_rooms; 22.9.2014]
- Cabrera, Densil; Pop, Claudiu & Jeong, Daeup (2006). Auditory room size perception. A comparison of real versus binaural sound-fields. *Proceedings of Acoustics* (S. 417-422). Christchurch, Neuseeland. [online verfügbar: http://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/AASNZ2006/papers/p107.pdf; 22.9.2014]
- Der Spiegel 1995: o. A. (1995). Softeis fürs Ohr. *Der Spiegel*, 26, vom 26.6.1995, S. 114-116.
- Dickreiter, Michael (1997). *Handbuch der Tonstudioteknik. Band 1*. München: Saur.
- Döring-Seipel, Elke (2000). Umwelt und Emotion. In Jürgen H. Otto, Harald A. Euler & Heinz Mandl (Hg.), *Emotionspsychologie. Ein Handbuch* (S. 605-615). Weinheim: Beltz.
- Eckardt, Anke (2011). *BETWEEN | YOU | AND | ME. Multisensorische Installation*. Programmzettel, Musikprotokoll im Steirischen Herbst.
- Espe, Hartmut & Schulz, Wolfgang (1983). Room evaluation, moods, and personality. *Perceptual and Motor Skills*, 57, S. 215-221.
- Evans, Gary W. & Mitchell McCoy, Janetta (1998). When buildings don't work. The role of architecture in human health. *Journal of Environmental Psychology*, 18, S. 85-94.
- Everest, F. Alton & Pohlmann, Ken C. (2009). *Master handbook of acoustics*. New York u. a.: McGraw-Hill.

- Farrell, William Ranger (1965). Acoustical Privacy. In Robert E. Fischer (Hg.), *Architectural Engineering. Environmental Control* (S. 182-187). New York u. a.: McGraw-Hill.
- Flade, Antje (1999). Zu den Ursachen des unterschiedlichen Mobilitätsverhaltens von Männern und Frauen. In Antje Flade & Maria Limbourg (Hg.), *Frauen und Männer in der mobilen Gesellschaft* (S. 137-151). Opladen: Leske+Budrich.
- Flade, Antje (2008). *Architektur – psychologisch betrachtet*. Bern: Verlag Hans Huber.
- Föllmer, Golo (1999). Klangorganisation im öffentlichen Raum. In Helga de la Motte-Haber (Hg.), *Handbuch der Musik im 20. Jahrhundert: Bd. 12. Klangkunst. Tönende Objekte und klingende Räume* (S. 191-227). Laaber: Laaber-Verlag.
- Fontana, Bill (2003). Klang als virtuelles Bild. *MusikTexte. Zeitschrift für Neue Musik*, 96, S. 71-72.
- Frisch, Harald (2004). Beschallungstechnik. In Gerhard Müller & Michael Möser (Hg.), *Taschenbuch der Technischen Akustik* (S. 441-458). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Ganchrow, Raviv (2008). Klangmaterial. Interview mit Raviv Ganchrow. In Doris Kleilein, Anne Kockelkorn, Gesine Pagels & Carsten Stabenow (Hg.), *Tuned city. Zwischen Klang- und Raumspekulationen* (S. 59-64). Idstein: kookbooks.
- Geisler, Eduard (1978). *Psychologie für Architekten. Eine Einführung in die architekturpsychologische Denk- und Arbeitsweise*. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt.
- Gibson, James J. (1982). *Wahrnehmung und Umwelt. Der ökologische Ansatz in der visuellen Wahrnehmung*. München, Wien, Baltimore: Urban und Schwarzenberg.
- Glück, Judith & Fitting, Sylvia (2003). Spatial strategy selection. Interesting incremental information. *International Journal of Testing*, 3/3, S. 293-308.
- Goldstein, E. Bruce (1997). *Wahrnehmungspsychologie. Eine Einführung*. Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum Akademischer Verlag.
- Görne, Thomas (2011). *Tontechnik*. München: Hanser.
- Griffin, Donald R. (1958). *Listening in the dark. The acoustic orientation of bats and men*. New Haven, CT: Yale University Press.
- Hall, Edward T. (1966). *The hidden dimension*. New York: Doubleday & Company.
- Hameed, Sharaf; Pakarinen, Jyri; Valde, Kari & Pulkki, Ville (2004). Psychoacoustic cues in room size perception. *Audio Engineering Society Convention Paper 6084*. Berlin. [online verfügbar: <http://www.acoustics.hut.fi/research/cat/psychoac/papers/hameedaes116.pdf>; 22.9.2014]

- Hausfeld, Steven; Power, Roderick P.; Gorta, Angela & Harris, Patricia (1982). Echo perception of shape and texture by sighted subjects. *Perceptual and Motor Skills*, 55, S. 623-632.
- Hellbrück, Jürgen & Fischer, Manfred (1999). *Umweltpsychologie. Ein Lehrbuch*. Göttingen, Bern, Toronto, Seattle: Hogrefe.
- Henle, Hubert (2001). *Das Tonstudio Handbuch. Praktische Einführung in die professionelle Aufnahmetechnik*. München: Carstensen.
- Höldrich, Robert R. (1995). Auf der Suche nach dem Rauschen. In Sabine Sanio & Christian Scheib, für den Österreichischen Rundfunk (Hg.), *das rauschen. Aufsätze zu einem Themenschwerpunkt im Rahmen des Festivals ‚musikprotokoll ’95 im steirischen herbst‘* (S. 126-148). Hofheim: Wolke Verlag.
- Jauk, Werner (2001). The auditory logic. An alternative to the „sight to things“. In Helga Nowotny, Martina Weiss & Karin Hänni (Hg.), *Jahrbuch 2000 des Collegium Helveticum der ETH Zürich* (S. 321-338). Zürich: vdf Hochschulverlag AG.
- Jauk, Werner (2007). The visual and auditory representation of space and the net-space. *Musicological Annual*, 43/2, S. 361-370.
- Jauk, Werner (2008). Klang als Raum gestaltende immersive Größe. Der Raum als realer und virtueller Raum in einer mixed reality. Graz: Technische Universität.
[online verfügbar:
http://www.raumgestaltung.tugraz.at/lehrangebot/Term_WS2011/Download_WS11/Jauk_Klangraum_2008.pdf; 14.8.2014]
- Jauk, Werner (2009). *pop/music + medien/kunst. Der musikalisierte Alltag der digital culture*. Osnabrück: Electronic Publishing Osnabrück.
- Jauk, Werner (2013a). Auditory Space: Ein wahrnehmungsbasiertes Imagery als psychologisches Interface. In Petra Ernst & Alexandra Strohmaier (Hg.), *Raum: Konzepte in den Künsten, Kultur- und Naturwissenschaften* (S. 271-282). Baden-Baden: Nomos.
- Jauk, Werner (2013b). Klang als Bau-Material. Der Hör-Raum als Lebensraum in einer zunehmend virtualisierten Umwelt der digitalen Kultur. *Konstruktiv*, 290, S. 11-14.
- Jentsch, Matthias (2012). *Audiovisuelle Raumwahrnehmung*. Magisterarbeit, Technische Universität Berlin.
- Kish, Daniel (1995). *Echolocation. How humans can “see” without sight*. World Access for the Blind. [online verfügbar:
<http://www.martinnaef.ch/index.php?menuid=39&reporeid=66>; 1.9.2014]
- Kish, Daniel & Bleier, Hannah (2000). *Echolocation. What it is, and how it can be taught and learned*. [online verfügbar:
http://www.worldaccessfortheblind.org/docs/echolocation_training_guide.txt; 12.12.2012]

- Kölsch, Stefan (2008). Fluchtbereitschaft und Sprachvermögen. Interview mit Stefan Kölsch. In Doris Kleilein, Anne Kockelkorn, Gesine Pagels & Carsten Stabenow (Hg.), *Tuned city. Zwischen Klang- und Raumspekulationen* (S. 85-90). Idstein: kookbooks.
- Larsson, Pontus; Västfjäll, Daniel; Olsson, Pierre & Kleiner, Mendel (2007). When what you hear is what you see. Presence and auditory-visual integration in virtual environments. In International Society for Presence Research (Hg.), *Proceedings of the 10th Annual International Workshop on Presence*. Barcelona. [online verfügbar: http://www.temple.edu/ispr/prev_conferences/proceedings/2007/Larsson,%20Vastfjal1,%20Olsson,%20Kleiner.pdf; 20.8.2014]
- Lawton, Carol A. (2010). Gender, spatial abilities, and wayfinding. In Joan C. Chrisler & Donald R. McCreary (Hg.), *Handbook of gender research in psychology. Vol. 1: Gender research in general and experimental psychology* (S. 317-341). New York: Springer.
- Leitner, Bernhard (1985). Der hörbare Raum. Erfahrungen und Mutmaßungen. Gesprächsnotizen von Bernhard Leitner und Ulrich Conrads. *Daidalos*, 17. [online verfügbar: <http://www.bernhardleitner.com/texts>; 19.8.2014]
- Leitner, Bernhard (1986). Ton-Räume. *Österreichische Musikzeitschrift*, 41/6, S. 289-292.
- Lever, Janet (1976). Sex differences in the games children play. *Social Problems*, 23/4, S. 478-487.
- Murch, Gerald M. & Woodworth, Gail L. (1978). *Wahrnehmung*. Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz: Kohlhammer.
- Neisser, Ulric (1979). Kognition und Wirklichkeit. *Prinzipien und Implikationen der kognitiven Psychologie*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Newcombe, Nora S. (2010), On tending to our scientific knitting: Thinking about gender in the context of evolution. In Joan C. Chrisler & Donald R. McCreary (Hg.), *Handbook of gender research in psychology, Vol. 1* (S. 259-274). New York: Springer.
- Osgood, Charles E.; Suci, George J. & Tannenbaum, Percy H. (1957). *The measurement of meaning*. Urbana, Ill.: University of Illinois Press.
- Pedersen, Darhl M. & Shears, Loyda M. (1973). A review of personal space research in the framework of general system theory. *Psychological Bulletin*, 80/5, S. 367-388.
- Paulus, Paul B.; Annis, Angela B.; Seta, John J.; Schkade, Janette K. & Matthews, Robert W. (1976). Density does affect task performance. *Journal of Personality and Social Psychology*, 34/2, S. 248-253.

- Pop, Claudiu B. & Cabrera, Densil (2005). Auditory room size perception for real rooms. *Proceedings of Acoustics 2005* (S. 115-121). Busselton, Western Australia: Australian Acoustical Society. [online verfügbar: http://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/AAS2005/papers/68.pdf; 22.9.2014]
- Rice, Charles E. (1967). Human echo perception. Behavioral measurements are being made of human ability to detect objects by use of echoes. *Science*, 155, S. 656-664.
- Richter, Peter G. (2013). Mensch-Umwelt-Einheit(en) als Gegenstand der Architekturpsychologie. In Peter G. Richter (Hg.), *Architekturpsychologie. Eine Einführung* (S. 21-30). Lengerich: Pabst.
- Richter, Peter G. & Christl, Bettina (2013). Territorialität und Privatheit. In Peter G. Richter (Hg.), *Architekturpsychologie. Eine Einführung* (S. 235-260). Lengerich: Pabst.
- Ross, Michael; Layton, Bruce; Erickson, Bonnie & Schopler, John (1973). Affect, facial regard, and reactions to crowding. *Journal of Personality and Social Psychology*, 28/1, S. 69-76.
- Rudolph, Axel (1993). *Akustik Design. Gestaltung der akustischen Umwelt*. Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Rump, Roswitha & Richter, Peter G. (2013). Aneignung von Raum. In Peter G. Richter (Hg.), *Architekturpsychologie. Eine Einführung* (S. 293-317). Lengerich: Pabst.
- Russel, James A. & Snodgrass, Jacalyn (1987). Emotion and the environment. In Daniel Stokols & Irwin Altman (Hg.), *Handbook of environmental psychology, Volume 1* (S. 245-280). New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley & Sons.
- Sadalla, Edward K. & Oxley, Diana (1984). The perception of room size. The rectangularity illusion. *Environment and Behavior*, 16/3, S. 394-405.
- Sandvad, Jesper (1999). Auditory perception of reverberant surroundings. *Journal of the Acoustical Society of America*, 105/2, S. 1193.
- Schafer, R. Murray (1988). *Klang und Krach. Eine Kulturgeschichte des Hörens*. Frankfurt am Main: Athenäum Verlag.
- Schreiber, Ludwig (2004). Schallausbreitung im Freien. In Gerhard Müller & Michael Möser (Hg.), *Taschenbuch der Technischen Akustik* (S. 193-206). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Schricker, Rudolf (2001). *Kreative Raum-Akustik für Architekten und Designer*. Stuttgart, München: Deutsche Verlags-Anstalt.

- Schroeder, Joseph A. (2010). Sex and gender in sensation and perception. In Joan C. Chrisler & Donald R. McCreary (Hg.), *Handbook of gender research in psychology. Vol. 1: Gender research in general and experimental psychology* (S. 235-257). New York: Springer.
- Sheridan, Ted & Van Lengen, Karen (2003). Hearing architecture. Exploring and designing the aural environment. *Journal of Architectural Education*, 57/2, S. 37-44.
- Sontacchi, Alois & Höldrich, Robert (2000). Schallfeldreproduktion durch ein verbessertes Holophonie-Ambisonic System. *Tagungsband der 21. Tonmeistertagung*. Bergisch Gladbach: VDT. [online verfügbar: http://iem.kug.ac.at/fileadmin/media/iem/altdaten/projekte/publications/paper/vdt_sontacchi_hoeldrich/vdt_sontacchi_hoeldrich.pdf; 10.9.2014]
- Stamps, Arthur E. (2011). Effects of area, height, elongation, and color on perceived spaciousness. *Environment and Behavior*, 43/2, S. 252-273.
- Stevens, Stanley S. (1934). Tonal density. *Journal of Experimental Psychology*, 17/5, S. 585-592.
- Stevens, Stanley S. & Davis, Hallowell (1983). *Hearing. Its psychology and physiology*. New York: American Institute of Physics.
- Stevens, Stanley S.; Guirao, Miguelina & Slawson, A. Wayne (1965). Loudness, a product of volume times density. *Journal of Experimental Psychology*, 69/5, S. 503-510.
- Striffler, Helmut (1973). Vorbemerkung. In David Canter (Hg.), *Architekturpsychologie. Theorie, Laboruntersuchungen, Feldarbeit* (S. 7-8). Düsseldorf: Bertelsmann.
- Walden, Rotraut & Kosica, Simone (2011). *Architekturpsychologie für Kindertagesstätten*. Lengerich: Pabst.
- White, Michael J. (1975). Interpersonal distance as affected by room size, status, and sex. *The Journal of Social Psychology*, 95, S. 241-249.
- Wielke, Renate (1977). *Die Wirkung von Raumformen auf Erleben und Verhalten*. Dissertation, Universität Wien.
- Winko, Ulrich (o. J.). *Philips-Pavillon*. [online verfügbar: <http://www.see-this-sound.at/werke/756/asset/726>; 6.9.2014]
- Yadav, Manuj; Cabrera, Densil & Martens, William L. (2011). Auditory room size perceived from a room acoustic simulation with autophonic stimuli. *Acoustics Australia*, 39/3, S. 101-105.