Berliner Hochschule für Technik

Masterarbeit

Public Address System Quality Inventory (PAQI) – Statistische Erhebung zur Entwicklung eines psychologisch fundierten Messinstruments für die Qualität von Beschallungsanlagen auf Veranstaltungen

zur Erlangung des akademischen Grades Master of Engineering (M. Eng.)

Fachbereich VIII: Maschinenbau, Veranstaltungstechnik, Verfahrenstechnik

Studiengang: Veranstaltungstechnik und -management

Betreuer: Prof. Dr. rer. nat. Alexander Lindau

Gutachter: Prof. Dr. Stefan Weinzierl

vorgelegt von: Robin Schulte

Abgabedatum: 19.06.2023

Kurzreferat

Um das erste psychologisch fundierte Messinstrument für die Qualität von Beschallungsanlagen auf Veranstaltungen zu entwickeln, wird in dieser Arbeit eine statistische Erhebung in Form eines Quasi-Experiments auf verschiedenen Veranstaltungen in Weiterführung an die ‚Entwicklung eines Vokabulars zur qualitativ-sensorischen Beurteilung von Publikumsbeschallungsanlagen (Public Address System Quality Inventory, PAQI)‘ von Paul Luca Moritz Kuball aus dem Jahr 2022 durchgeführt. Dabei wird das latente Konstrukt des Klangeindrucks von Beschallungsanlagen anhand eines Qualitätsinventars von den Testpersonen numerisch bewertet, um mithilfe einer explorativen und konfirmatorischen Faktorenanalyse innerhalb eines Statistikprogramms zwei Messmodelle zu entwickeln und zu bewerten. Die beiden Modelle zeigen dabei sowohl Gemeinsamkeiten als auch signifikante Unterschiede auf und sollen die Kommunikation über die subjektive Wahrnehmung von Klangeigenschaften in der Beschallungstechnik erleichtern.

Abstract

In order to develop the first psychologically based measurement instrument for the quality of public address systems at events, this study conducts a statistical survey in the form of a quasi-experiment at various events, building upon the "Entwicklung eines Vokabulars zur qualitativ-sensorischen Beurteilung von Publikumsbeschallungsanlagen (Development of a Vocabulary for the Qualitative and Sensory Assessment of Public Address Systems) - Public Address System Quality Inventory (PAQI)" by Paul Luca Moritz Kuball from 2022. In this process, the latent construct of the sound impression of sound systems is numerically evaluated by the participants using the quality inventory, and two measurement models are developed and evaluated using exploratory and confirmatory factor analysis within a statistical program. These two models reveal both similarities and significant differences, aiming to facilitate communication about the subjective perception of sound characteristics in sound engineering.

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe angefertigt, keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet und die den verwendeten Quellen und Hilfsmitteln wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Berlin, den 19.06.2023

_____

Unterschrift

Danksagungen

Ein besonderer Dank bei der Unterstützung in der Erstellung dieser Arbeit gilt Prof. Dr. rer. nat. Alexander Lindau von der Berliner Hochschule für Technik, sowie Prof. Dr. Stefan Weinzierl und Dr. Steffen Lepa von der Technischen Universität Berlin, die diese Forschungsarbeit betreut und begleitet haben. Mit der fachlichen Expertise der Forschungsgruppe war es möglich, viel tiefer in das Projekt einzutauchen und ohne die vielen Anregungen und Diskussionen wäre diese Arbeit in der Form und dem Umfang nicht möglich gewesen. Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei meinem Forschungspartner Simon Büchner für die gute und zielgerichtete Zusammenarbeit während des ganzen Forschungsprojekts.

Für die gesammelten Daten aus den Befragungen möchte ich mich bei allen Teilnehmenden ebenfalls herzlich für das Mitwirken und das Interesse bedanken. Weiteren Dank erhalten alle Kontaktpersonen der besuchten Veranstaltungsorte, allen voran Stephan Besson und Judith Benke vom Berliner Ensemble, Tom Ressing von der Firma Ambion und Franek Frisch vom Lido. Abschließend möchte ich mich noch bei Emily Schulte und Gesa Huismann für die Korrektur dieser Arbeit bedanken.

INHALTSVERZEICHNIS

1 Verwendete Abkürzungen und Gender-Hinweis 1

2 Einleitung 2

3 Stand der Forschung 5

4 Theoretische Grundlagen 6

4.1 Schallfeldgrößen und physikalische Grundbegriffe 8

4.2 Anforderungen und Komponenten einer Beschallungsanlage 14

4.2.1 Signalquellen 19

4.2.1.1 Mikrofone 20

4.2.2 Signalbearbeitung 22

4.2.3 Signalübertragung 23

4.2.4 Leistungsverstärker 23

4.2.5 Lautsprecher 24

4.2.5.1 Kenngrößen, Funktionsprinzip und Frequenztrennung 25

4.2.5.2 Lautsprechertypen 27

4.2.5.3 Gehäusekonstruktion 28

4.2.5.4 Anordnungskonzepte 31

4.2.5.4.1 Clustering 33

4.2.5.4.2 Line-Arrays 34

4.2.6 Raumakustik 35

4.3 Wahrnehmung von Klang 36

5 Methodik 38

5.1 Allgemeine Vorgehensweise 38

5.2 Kooperation und Forschungsgruppe 40

5.3 Auswahl der Veranstaltungsorte 41

5.4 Konstruktion der Fragebögen 49

5.4.1 Fragentypen und Skalierungen 56

5.4.2 Hilfetexte für PAQI-Begriffe 58

5.5 Befragungsdurchführung 60

5.5.1 Vortest und Modifikationen 60
5.5.2 Datenerhebungsphase 61
5.6 Auswertungsverfahren 63
5.7 Methodenkritik 66
6 Ergebnisse 67
6.1 Deskriptive Statistik 69
6.2 Faktorenanalyse 72
6.2.1 5-Faktor-PAQI und Modellgüte 74
6.2.2 Alternative Lösung: 4-Faktor-PAQI 76
6.2.3 Reliabilitätsanalyse 78
6.2.4 Varianzanalysen 79
6.3 Diskussion und Ausblick 80
7 Anhang: Fragebogen 83
Literaturverzeichnis I
Abbildungsverzeichnis IV
Tabellenverzeichnis V

1 VERWENDETE ABKÜRZUNGEN UND GENDER-HINWEIS

Abkürzung	Bedeutung
AVE	Average Variance Extracted
bspw.	beispielsweise
ca.	circa
CFA	Confirmatory Factor Analysis, oder auch konfirmatorische Faktorenanalyse
CFI	Comparative Fit Index
dB	Dezibel
ELA	elektroakustische Anlage
EFA	Exploratory Factor Analysis, oder auch explorative Faktorenanalyse
EQ	Equalizer
ggfs.	gegebenenfalls
o.Ä.	oder Ähnliches
PA	Public Address System
PAQI	Public Address System Quality Inventory
RAQI	Room Acoustical Quality Inventory
RMSEA	Root-Mean-Square Error Of Approximation
SAQI	Spatial Audio Quality Inventory
SPL	Sound Pressure Level
SRMR	Standardized Root-Mean-Square Resudial
THD	Total Harmonic Distortion
u.a.	unter anderem
usw.	und so weiter

Diese Masterarbeit wurde unter Einhaltung der aktuell geltenden Empfehlungen zur Verwendung geschlechtsgerechter Sprache in wissenschaftlichen Arbeiten verfasst. Grundsätzlich wurde dabei auf die Verwendung geschlechtsneutraler Formulierungen geachtet. Alternativ werden Doppelnennungen mit Doppelpunkt verwendet.

2 EINLEITUNG

Die Bedeutsamkeit des Einsatzes von Beschallungsanlagen auf Veranstaltungen mit Publikum hat sich seit der Mitte des 20. Jahrhunderts signifikant verändert. Dieser Umstand ergibt sich einerseits aus den technologischen Entwicklungen in der Filmtechnik, andererseits aber auch aus der kulturellen Veränderung und der Entstehung neuer tontechnischer Anforderungsprofile für Veranstaltungen populärer Musik.[1]

Mit dem Aufkommen des Tonfilms gegen Ende der 1920er Jahre entstand vor allem in Kinosälen die Notwendigkeit das Publikum ausreichend zu beschallen. Auch die dezentrale Beschallung kam hierbei bereits zur Anwendung, um eine möglichst homogene Klangverteilung im Raum zu gewährleisten. Ebenso mit dem Aufkommen von Rock- und Popmusik war die Masse an Publikum bei Konzerten die größte Herausforderung in der Beschallungstechnik.[2] Das wohl berühmteste Beispiel für diese Herausforderung ist die britische Band ‚The Beatles', die auf ihren Tourneen in den 1960er-Jahren oftmals von ihrem eigenen Publikum übertönt wurde und die technische Ausstattung der Veranstaltungsorte schlichtweg nicht mehr ausreichend war, um ihre Musik zu verstärken.[3] [4]

Diese beiden Beispiele zeigen bereits eine der Hauptaufgaben von Beschallungsanlagen: die gleichmäßige Verstärkung und Übermittlung von Klangquellen an ein größeres Publikum.[5] Nach Weinzierl lässt sich dabei die Beschallungsanlage als Teil einer Übertragungskette auditiver Kommunikation verstehen, da diese die zu übermittelnde Nachricht zwischen Sender und Empfänger – in diesem Fall Künstler:innen und Publikum – verändern, oder wie bereits beschrieben die Übermittlung an sich teilweise oder vollständig unterbrechen kann.[6] Eine technische Begriffsdefinition für Beschallungsanlagen erfolgt dabei im theoretischen Teil dieser Arbeit.

[1] vgl. Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 40 f
[2] vgl. ebd.
[3] vgl. ebd.
[4] vgl. Wardle, Drew (2021): Why did The Beatles stop touring?
[5] vgl. Adelmann-Larsen, Niels Werner (2014): Rock and Pop Venues, S. 39
[6] vgl. Weinzierl, Stefan (2008): Grundlagen, S. 1 f

Neben der Funktion zur gleichmäßigen Übertragung von Klangquellen wie bspw. Sprache oder Musikinstrumenten an ein größeres Publikum hat sich vor allem mit der zunehmenden Popularität von elektronischer Musik die Beschallungsanlage als signifikanter Einflussfaktor für die Erzeugung einer gewünschten Klangästhetik entwickelt.[7] Hierbei ist die bewusste Veränderung oder Verzerrung der zu übermittelnden Nachricht oder des Inhaltes ein Teil der Klangerzeugung. Neben der Anwendung von Beschallungsanlagen als reines Übertragungselement mit dem Ziel der möglichst unverfälschten und natürlichen Wiedergabe, können diese somit auch zur bewussten Formung von Klang verwendet werden.

Lediglich diese erste grobe Unterteilung in verschiedene Anwendungsmöglichkeiten zeigt die Schwierigkeiten bei der subjektiven Bewertung von Qualitätsmerkmalen von Beschallungsanlagen. Bei einem Konzert der Wiener Philharmoniker dient die Beschallungsanlage einem anderen Zweck als in einem Berliner Techno-Club oder in einer Bank, in der Beschallungsanlagen zur Geräuschmaskierung eingesetzt werden. Dies beeinflusst nicht nur die Auswahl der tontechnischen Ausrüstung, sondern auch die individuelle Wahrnehmung einer bestimmten Klangästhetik und somit auch die Beurteilung von Qualitätsmerkmalen. In seinem Werk ‚Sound Systems: Design And Optimization – Modern Techniques And Tools For Sound System Design and Alignment' beschreibt Bob McCarthy diesen Umstand wie folgt:

„How do we evaluate the performance of our sound system? How do we get beyond grossly subjective opinions such as "good or bad?" There is a wide variety of objective metrics but none provides 100% correlation to our listeners' subjective evaluation of our work. A sound system with stellar specifications does not assure a great show." [8]

[7] vgl. Ahnert, Wolfgang, Steffen, Frank (1999): Sound Reinforcement Engineering, S. 1 f
[8] McCarthy, Bob (2016): Sound Systems: Design and Optimization – Modern Techniques And Tools For Sound System Design and Alignment, S. 207

Die eindeutige Beschreibung von Klangeigenschaften und Qualitäten von Beschallungsanlagen gestaltet sich vor allem aufgrund der unterschiedlichen Anwendungsmöglichkeiten und der individuellen Wahrnehmung der Rezipient:innen – hierbei seien neben dem Publikum auch die Gesamtheit an Personen gemeint, die den Klang wahrnehmen, bspw. Tontechniker:innen, Musiker:innen oder anderes Personal – als diffizil. Die beschriebene Relevanz und Notwendigkeit der Beschallungstechnik für Veranstaltungen zeigt hierbei die Dringlichkeit einer Standardisierung für die subjektive Beschreibung von Qualitätsmerkmalen von Beschallungsanlagen.

Um diese Beschreibung zu erleichtern, wurde 2022 von Paul Luca Moritz Kuball ein Vokabular zur qualitativ-sensorischen Beurteilung von Publikumsbeschallungsanlagen entwickelt. Hierbei wurden von 14 Expert:innen aus den Bereichen Beschallungs- und Audiotechnik insgesamt 41 Termini in den sechs Kategorien Gesamteindruck, Klarheit, Klangfarbe, Lautheit, Lokalisation und Artefakte/Fehler gebildet. [9] Ziel dieser Forschungsarbeit ist es, aus diesem Vokabular ein perzeptives Messinstrument mithilfe einer statistischen Erhebung in Form eines Quasi-Experiments zu erstellen. Dazu wurden auf verschiedenen Veranstaltungen, bei denen Beschallungsanlagen zum Einsatz kommen, Befragungen bei Publikum und Personal durchgeführt. Durch explorative und konfirmatorische Faktorenanalyse werden die PAQI-Termini dabei auf Korrelationen untersucht und abschließend die entwickelten Modelle verglichen und bewertet.

[9] vgl. Kuball (2022): Entwicklung eines Vokabulars zur qualitativ-sensorischen Beurteilung von Publikumsbeschallungsanlagen (Public Address System Quality Inventory, PAQI)

3 STAND DER FORSCHUNG

Das Feld der Forschung zur Beschreibung und Wahrnehmung von Klang ist in der Wissenschaft weit gefasst. Dieses Kapitel gibt als Zusammenfassung lediglich eine kurze Auswahl der für diese Arbeit relevantesten Forschungsarbeiten wieder, in Anlehnung an den von Kuball beschriebenen Stand der Forschung. Da die Arbeit die theoretische Grundlage des Forschungsvorhabens bildet, sei an dieser Stelle zur differenzierteren Darstellung des Forschungsstandes darauf verwiesen. [11] Grundbegriffe für die Beschreibung von Hörempfindungen lassen sich im deutschsprachigen Raum in Ansätzen in der DIN 1320: Akustik – Begriffe finden. Bspw. werden hier Begriffe wie ‚Rauhigkeit' oder ‚Lautheit' als Hörempfindungen aufgeführt, die sich entsprechend skalieren lassen.[12] Eine genauere Definition der Begrifflichkeiten existiert in Bezug auf die Wahrnehmung in komplexen Beschallungsszenarien allerdings nicht.

Für eine genauere Beschreibung und Beurteilung der Wahrnehmung von virtuellen akustischen Umgebungen, verfassten Lindau et al. im Jahr 2014 das SAQI (Spatial Audio Quality Inventory). In einem Fokusgruppenverfahren wurden dabei insgesamt 48 Beschreibungen von klanglichen Eigenschaften in virtuellen akustischen Umgebungen mit dem Ziel erstellt, ein allgemeingültiges Vokabular zur besseren fachlichen Kommunikation zu schaffen.[13]

Ein ähnliches Forschungsziel hatte die von Weinzierl et al. im Jahr 2018 veröffentlichte Forschungsarbeit mit dem Titel ‚A measuring instrument for the auditory perception of rooms: The Room Acoustical Quality Inventory (RAQI)'. Der Fokus lag hierbei wiederum auf der räumlichen Wahrnehmung von Musik und Sprache. Dazu fand ein Hörversuch mit insgesamt 190 Proband:innen statt, bei dem insgesamt 35 binaural simulierte Räume aus zwei verschiedenen Hörpositionen anhand eines vorher erstellten Vokabulars – ebenfalls im Fokusgruppenverfahren - von insgesamt 50 Attributen bewertet werden sollten.[14] Die Auswertung erfolgte über eine Faktorenanalyse und bildet damit die methodische Grundlage für diese Forschungsarbeit.[15]

---

[11] vgl. Kuball, Paul Luca Moritz (2022): Entwicklung eines Vokabulars zur qualitativ-sensorischen Beurteilung von Publikumsbeschallungsanlagen (Public Address System Quality Inventory, PAQI) , Kapitel 8: Stand der Forschung
[12] vgl. DIN e.V. (Hrsg.): DIN 1320 – 2009-12: Akustik – Begriffe, S. 26-28
[13] vgl. Lindau, Alexander et al. (2014): A Spatial Audio Quality Inventory (SAQI), S. 984
[14] vgl. Weinzierl, Stefan et al. (2018): A measuring instrument for the auditory perception of rooms. The Room Acoustical Quality Inventory (RAQI), S. 1245
[15] vgl. Weinzierl, Stefan et al. (2018): A measuring instrument for the auditory perception of rooms. The Room Acoustical Quality Inventory (RAQI), S. 1251 ff

4 THEORETISCHE GRUNDLAGEN

Für die theoretische Rahmung dieser Arbeit ist es von grundlegender Bedeutung zunächst einige der verwendeten Begrifflichkeiten genauer zu definieren und ein eindeutiges semantisches Verständnis zu schaffen. Damit soll vor allem die inflationäre Verwendung von Synonymen oder anderweitig ähnlichen Begriffen und daraus resultierende Verständnisprobleme verhindert werden.

Der Begriff *Beschallungsanlage* steht dabei im thematischen Zentrum dieser Arbeit und soll in Anlehnung an den englischen Begriff ‚Public Address System' als alles verstanden werden, was die ursprüngliche Klangquelle wiedergibt.[16] Er umfasst die Gesamtheit aus Lautsprechern, Mikrofonen, Verstärkern und Peripheriegeräten, sowie den Einfluss des Raumhalls oder anderer Faktoren, die den Klang beeinflussen können. Andere Begriffe wie ‚PA', ‚Publikumsbeschallungsanlage', oder ‚Beschallungssystem' werden in der Fachliteratur zwar auch immer wieder verwendet, können allerdings in ihrer Bedeutung variieren. So kann die ‚PA' bspw. nur die Verstärker- und Lautsprecherboxen meinen, allerdings auch die Mikrofone, Mischpulte und Peripherie.[17]

Die Festlegung des Begriffs Beschallungsanlage geht mit der Tatsache einher, dass die Termini in der Befragung für ein allgemeines Verständnis definiert werden müssen und dieser Begriff nach Rücksprache mit der Forschungsgruppe den besten Kompromiss zwischen Länge und allgemeiner Verständlichkeit bietet. Von einer expliziten Trennung der Beschallungsanlage von anderen Einflussfaktoren wie der Raumakustik wurde aufgrund der besseren Verständlichkeit eines allgemeingültigen Gesamtbegriffes für die spätere Befragung abgesehen.

[16] vgl. Conrad, Jan-Friedrich (2004): Lexikon Beschallung, S. 159
[17] vgl. ebd.

Als *Klangquelle* wird dabei im Rahmen dieser Arbeit alles bezeichnet, was in irgendeiner Form Klang erzeugen kann. Das können zum einen die menschliche Stimme oder Musikinstrumente sein, die mit Mikrofonen und Verstärkern die Signale an die Beschallungsanlage übergeben. Zum anderen können damit aber auch jegliche Arten von Zuspielern wie CD-Player, DJ-Mischer oder Medienserver gemeint sein. Die Klangquelle und die Beschallungsanlage stehen zudem in einem einseitigen Bedingungsverhältnis.

Die allgemeine Unterscheidung der beiden Begriffe Klangquelle und Beschallungsanlage soll dabei ein einfacheres Verständnis von komplexen Abläufen in der Beschallungstechnik schaffen. Eine feinere begriffliche Unterteilung ist jedoch auch möglich und lässt sich bspw. in Bezug auf moderne Musik-Darbietungen bei McCarthy wiederfinden.

> *„Let's further refine the layers in a modern musical performance - We have composition, arrangement, musicians, band gear, stage monitors, monitor engineer, sound system, mix engineer, system engineer and the hall acoustics. All these layers and players must work well together to achieve an optimum result for the artists and audience."* [18]

Die von McCarthy beschriebenen Ebenen lassen sich dabei den beiden Begriffen Klangquelle und Beschallungsanlage sinngemäß zuordnen. Die Komposition, das Arrangement und die Musiker sind Teil der Klangquelle und beeinflussen diese. Das Equipment der Band, des Hauses und das tontechnische Personal hingegen verändern die ursprüngliche Klangquelle und würden damit zur Beschallungsanlage zählen. Somit ergibt sich eine sehr weitgefasste Definition der beiden Begrifflichkeiten, die aber vor allem zum allgemeingültigeren und leichteren Verständnis der Thematik während der Befragungen so gewählt wurde.[19]

[18] McCarthy, Bob (2016): Sound Systems: Design and Optimization – Modern Techniques And Tools For Sound System Design and Alignment, S. 207
[19] vgl. Anhang: Fragebogen, Einleitungstext in Fragengruppen G3 und G3

4.1 SCHALLFELDGRÖßEN UND PHYSIKALISCHE GRUNDBEGRIFFE

Um ein umfassendes Verständnis davon zu bekommen, welche physikalischen Parameter und Kenngrößen für die Performanz einer Beschallungsanlage eine Rolle spielen, gilt es zunächst ein paar Grundbegriffe näher zu erläutern. Anders als bei Begrifflichkeiten zur Beschreibung der psychoakustischen Wahrnehmung von Klang, beschreibt der Begriff Schall dabei zunächst lediglich einen physikalischen Vorgang. Dabei wird der Schall von Weinzierl als „[…] *Störungen eines mechanischen Gleichgewichts, welche sich als Schwingen durch ein physikalisches Medium fortpflanzen.*“ beschrieben.[20]

Der Luftschall kann als eine Kompressionswelle verstanden werden, welche eine Verdünnung und Verdichtung des Mediums entlang der Ausbreitungsrichtung zur Folge hat. Zwar sind in anderen Medien auch andere Ausbreitungsmechanismen möglich, allerdings steht in der Veranstaltungstechnik primär der Luftschall im Fokus.[21] Zudem haben einige Schallfeldgrößen in der Beschallungstechnik eine höhere Relevanz als andere und somit sollen im Folgenden lediglich die wichtigsten und in der Praxis am häufigsten verwendeten Größen Schalldruck, Schallschnelle, Schallgeschwindigkeit, Schallleistung, Wirkungsgrad, Frequenz und Schallintensität beschrieben werden.

Diese Schallfeldgrößen werden dabei oftmals nicht in ihren physikalischen Einheiten angegeben, sondern als Pegelgrößen in der Einheit Dezibel. Man unterscheidet dabei zwischen relativen und absoluten Pegeln, die entweder nur ein Verhältnis zweier physikalischer Größen angeben, oder sich auf einen absoluten Wert beziehen. Die Schallleistungspegel und Schallintensitätspegel werden dabei in Dezibel mit der Abkürzung dB als Relativpegel notiert, als absoluter Pegel für den Schalldruck wird die Einheit dB_{SPL} (Sound Pressure Level) verwendet.[22]

[20] Weinzierl, Stefan (2008): Grundlagen, S. 18
[21] vgl. ebd. S.19
[22] vgl. Weinzierl, Stefan (2008): Grundlagen, S. 28 f, Größen entnommen aus Tabelle 1.6 auf S. 29

Die Umwandlung in Pegelangaben erfolgt bei Leistungsgrößen wie der Schallleistung oder der Schallintensität durch den zehnfachen dekadischen Logarithmus und bei Feldgrößen wie dem Schalldruck oder der Schallschnelle durch den zwanzigfachen dekadischen Logarithmus. [23] Schallfeldgrößen werden dabei in Pegeln angegeben, da die Logarithmierung wesentlich handlichere Zahlenwerte zur Beschreibung von Verhältnissen ermöglicht. Außerdem stehen Pegelgrößen in direkterem Zusammenhang zur Empfindungsstärke als lineare Größen. [24]

Der Schalldruck ist dabei eine Größe, die vor allem bei der Beschreibung von Lautstärke Anwendung findet, da diese für die Messung mithilfe von Mikrofonen am leichtesten zugänglich ist.[25] Der physikalische Zusammenhang lässt sich folgendermaßen darstellen:

> „Als *Schalldruck p* bezeichnet man die durch die lokale Verdichtung des Mediums, d.h. durch die Abweichung $\rho_{\sim}$ von der statischen Dichte ρ_0 bedingte Abweichung *p* vom statischen Luftdruck p_0.“[26]

Der Schalldruck ist dabei eine ungerichtete, skalare Feldgröße. Die Schallschnelle *v* hingegen beschreibt als vektorielle, gerichtete Größe, mit welcher Geschwindigkeit sich die Teilchen des Mediums um ihre Ruhelage bewegen. Die Schallgeschwindigkeit *c* ist eine weitere wichtige Größe, die in der Beschallungstechnik eine Rolle spielt, da diese unter anderem abhängig von der Temperatur und Luftfeuchtigkeit ist und somit Tonhöhenänderungen, bspw. bei Musikinstrumenten, zur Folge haben kann. In der Beschallungstechnik ist die Schallgeschwindigkeit von hoher Relevanz, bspw. bei der technischen Fachplanung von zeitlich verzögerten Lautsprecher-Arrays zur gleichmäßigen Beschallung von Open-Air-Festivals oder ähnlichen Veranstaltungen mit großen Distanzen zwischen der Bühne und dem Publikum. Als Richtwert für die Schallgeschwindigkeit kann dabei bei einer Raumtemperatur von 20° Celsius ein Wert von 344 ms^{-1} angenommen werden. [27]

---

[23] vgl. Weinzierl, Stefan (2008): Grundlagen, S. 28 f
[24] vgl. ebd. S. 30
[25] vgl. ebd. S.19
[26] Weinzierl, Stefan (2008): Grundlagen, S. 20
[27] vgl. Weinzierl, Stefan (2008): Grundlagen, S. 21-23, Schallgeschwindigkeit entnommen aus Tabelle 1.3

In diesem Zusammenhang seien auch direkt die Schallleistung und der Wirkungsgrad als wichtige Schallfeldgrößen genannt. Die Schallleistung *P* in Watt beschreibt die Energie von Schallwellen und kann dabei als Maß für die Wirksamkeit von Schallquellen verstanden werden. Der Wirkungsgrad *η* gibt Auskunft über die Effizienz von Schallwandlern, wie sie bspw. in der Konstruktion von Lautsprechern verwendet werden, um elektrische in akustische Energie umzuwandeln.[28] [29]

Für die Beurteilung von Lautstärke ist neben dem Schalldruck noch eine weitere Schallfeldgröße von hoher Relevanz, nämlich die Frequenz *f*. Diese ergibt sich aus der Schallgeschwindigkeit *c* dividiert durch die Wellenlänge *λ* (Lamda) einer periodischen Schwingung. Durch Umformung des Terms ist es zudem möglich die Wellenlänge über die Schallgeschwindigkeit durch die Frequenz zu berechnen.[30] [31] In der Praxis lässt sich dabei die Frequenz durch Messungen bestimmen und die gesuchte Größe ist oftmals die Wellenlänge, wie bspw. bei der Berechnung von Raummoden in der Raumakustik. Im allgemeinen Sprachgebrauch steht die Frequenz in direktem Zusammenhang mit der subjektiven Klangempfindung. Umgangssprachliche Beschreibungen wie *‚die Box klingt sehr bassig‘* spielen dabei auf die Frequenzwidergabe an. Die Frequenz wird dabei in der Einheit Hertz angegeben, wobei die menschliche Hörschwelle bei 16 bis 16.000Hz, bzw. bei 16 bis 20.000Hz in anderer relevanter Fachliteratur, liegt. Der obere Grenzwert für die Hörschwelle kann dabei variieren, da dieser unter anderem vom Alter und Hörschädigungen abhängig ist. [32] [33]

Die Schallintensität *I* gibt jenen Anteil der Schallleistung an, der beim Empfänger ankommt. Diese gibt die Schallenergie an, die pro Zeit eine Fläche - wie bspw. die Membran eines Mikrofons – durchdringt. Ein für die Beschallungstechnik wichtiger mathematischer Zusammenhang stellt das Abstandsgesetz dar. Je nach Art der Schallquelle wird mit dem Abstandsgesetz die Abnahme von Schalldruck und Schallintensität auf eine Entfernungsverdopplung beschrieben. [34]

[28] vgl. Weinzierl, Stefan (2008): Grundlagen, S. 25
[29] siehe auch: Kapitel 4.2.5.1 Kenngrößen, Funktionsprinzip und Frequenztrennung
[30] vgl. Weinzierl, Stefan (2008): Grundlagen, S. 23 ff
[31] vgl. Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 23
[32] vgl. Weinzierl, Stefan (2008): Grundlagen, S. 24
[33] vgl. Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 26
[34] vgl. Weinzierl, Stefan (2008): Grundlagen, S. 26

In Bezug auf das eben genannte Beispiel der tontechnischen Fachplanung von Open-Air-Festivals spielt das Abstandsgesetz bei der Auswahl der Lautsprechertypen eine entscheidende Rolle. Abbildung 1 zeigt dabei das Abstandsgesetz von Punkt- und Linienschallquellen, dessen Prinzipien sich im Lautsprecherbau zu Nutze gemacht werden.

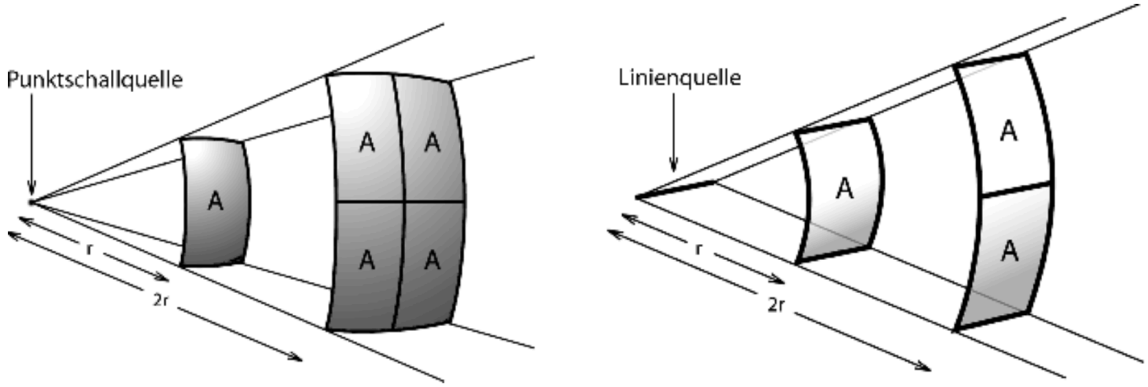

Abbildung 1: Abstandsgesetz bei Punkt- und Linienschallquellen

Quelle: Weinzierl (2008): Grundlagen

Aufgrund der geometrischen Ausbreitung von Kugel- und Zylinderwellen ergibt sich eine Abnahme des Schallpegels um 6dB pro Entfernungsverdopplung bei Punktschallquellen, sowie um 3dB bei Linienschallquellen. Den deutlich geringeren Pegelverlust bei Linienschallquellen machen sich vor allem moderne Line-Arrays zu Nutze, wobei diese in unmittelbarer Umgebung als ideale Linienquellen und auf größere Entfernung als Punktschallquellen gelten. Die Schallintensität verringert sich dabei mit $I \sim \frac{1}{r^2}$ bei Punktschallquellen, sowie mit $I \sim \frac{1}{r}$ bei Linienschallquellen.[35] Das Abstandsgesetz von Punktschallquellen lässt sich dabei ebenfalls in der schematischen Darstellung von verstärktem Klang in Kapitel 4.2 Abbildung 3 wiederfinden.

[35] vgl. Weinzierl, Stefan (2008): Grundlagen, S. 27

Die Kugelwelle beschreibt dabei ein Schallfeld, in dem der Schalldruck und die Schallschnelle eine kugelförmige Symmetrie aufweisen. Die Anregungsgeometrie wird dabei als atmende Kugel oder Monopol bezeichnet. Bei tiefen Frequenzen ist es dabei irrelevant, ob die Schallquelle wie bei einem Lautsprecher mit geschlossenem Gehäuse gerichtet oder ungerichtet ist. Tieftonlautsprecher verhalten sich daher grundsätzlich wie Monopole, die Richtwirkung entsteht dabei durch die Anordnung der Lautsprecher.[36] [37] In größerer Entfernung nähern sich die Kugelwellen dabei an eine ebene Welle an, bei der sich die Flächen gleicher Verdichtung und gleichen Schalldrucks parallel zueinander verhalten.[38]

Bei der Ausbreitung von Schallwellen ist es in der Beschallungstechnik zudem von hoher Relevanz, ob sich Schallwellen von mehreren Schallquellen überlagern oder gar auslöschen. Man spricht in diesem Fall von der Phase. Die Phase wird dann relevant, wenn bspw. mehrere Lautsprecher den gleichen Inhalt wiedergeben, allerdings einen unterschiedlichen Abstand zum Rezipienten aufweisen. Im einfachsten Fall überlagen sich zwei Schallwellen gleicher Wellenlänge, was eine Addition der Einzelamplituden zur Folge hat. Phasenverschobene Schallwellen mit der gleichen Wellenlänge ergeben dabei immer eine geringere Amplitude als gleichphasige Schallwellen. Im schlimmsten Fall können phasenverschobene Schallwellen zweier Lautsprecher aufgrund der unterschiedlichen Distanz zum Empfänger sich gegenseitig vollständig auslöschen. Dieser Fall wird durch eine Phasenverschiebung von 180° beschrieben. [39] Bei periodisch wiederkehrenden Auslöschungen spricht man auch von Kammfiltereffekten, die zum Beispiel durch ungünstige Raumakustik oder Übersprechungen bei der Mikrofonierung entstehen können.[40]

[36] vgl. Weinzierl, Stefan (2008): Grundlagen, S. 34
[37] siehe dazu: Kapitel 4.2.5.4 Anordnungskonzepte
[38] vgl. Raffaseder, Hannes (2010): Audiodesign, S. 88
[39] vgl. Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 30 ff
[40] vgl. ebd., S. 34 f

Die letzte relevante Kenngröße zur Bewertung von Beschallungsanlagen ist die Wirkung des Systems, welche im Zeitbereich als Faltung eines Eingangssignales mit der Impulsantwort beschrieben werden kann. Mithilfe der Fouriertransformation lässt sich diese Funktion in den Frequenzbereich übertragen und mit der Multiplikation des Eingangsspektrums mit der Übertragungsfunktion beschreiben. Das Betragsspektrum gibt dabei an, um welchen Faktor bestimmte Frequenzanteile verstärkt oder abgeschwächt werden. Das Phasenspektrum hingegen beschreibt die Verschiebung des Phasenwinkels der jeweiligen Frequenzanteile. Aus dieser Änderung des Phasenwinkels lässt sich die Zeitverschiebung des Systems berechnen. Die daraus resultierende Gruppenlaufzeit $\tau_g(\omega)$ ist dabei für die zeitliche Überlagerung der Signalanteile von Mehrwege-Lautsprechern relevant. [41]

[41] vgl. Weinzierl, Stefan (2008): Grundlagen, S. 16 ff Kapitel 1.2.5 Impulsantwort & 1.2.6 Übertragungsfunktion

4.2 ANFORDERUNGEN UND KOMPONENTEN EINER BESCHALLUNGSANLAGE

Die in der Einleitung bereits erläuterte und historisch gewachsene Notwendigkeit von Beschallungsanlagen auf Veranstaltungen sorgt für viel komplexere Anforderungen als die reine gleichmäßige akustische Übertragung von Klangquellen an ein Publikum. In der Fachliteratur lassen sich sowohl allgemeine Anforderungen an Beschallungsanlagen, als auch spezifischere Anforderungsprofile, die in direktem Zusammenhang mit der Art der Klangquelle stehen, finden. Ahnert und Steffen gehen dabei neben einigen generellen Anforderungen, die von Beschallungsanlagen teilweise oder vollständig erfüllt werden sollten, vor allem auch auf die architektonische Integration in den Veranstaltungsort ein. Je nach Veranstaltungsart können diese Anforderungen variieren. Es gibt einige Veranstaltungsorte, hierbei werden bspw. Sportstätten genannt, bei denen die Beschallungsanlagen so geplant und installiert werden müssen, dass sie das Spielfeld nicht verdecken. Vor allem in historischen Gebäuden ist die optische Integration in den architektonischen Stil von großer Bedeutung und kann damit übergeordnet Einfluss auf alle Entscheidungen im Planungsprozess nehmen. [42] Anforderungsprofile bei Beschallungsanlagen können also je nach Inhalt, Veranstaltungsort und Veranstaltungsart variieren. Eine Darstellung dieser unterschiedlichen Anwendungsprofile lässt sich bei Ahnert und Goertz wiederfinden. [43] Abbildung 2 zeigt dabei die unterschiedlichen Anwendungsbereiche mit den dazugehörigen Kenngrößen wie dem Frequenzgang, Schalldruck, Verzerrungen und Sprachverständlichkeit.

[42] vgl. Ahnert, Wolfgang, Steffen, Frank (1999): Sound Reinforcement Engineering, S.4 ff
[43] vgl. Ahnert, Wolfgang, Goertz Anslem (2008): Beschallungstechnik, Beschallungsplanung und Simulation, S.497

Signale	Anwendung	Frequenzgang (± X dB)	Schalldruck* (0..50 ms)	Verzer-rungen	Sprachverständ-lichkeit (STI)
Alarmtöne	Fabrikhallen, Tunnel, Schiffe, Rettungsfahr-zeuge etc.	schmalbandig (je nach Signalform)	100 dB und mehr	relativ unwichtig	–
Sprache (einfach)	Bahnhöfe, Tunnel, kleine Sportstätten, etc.	300 Hz bis 3 kHz	75 bis 105 dB	unter 10 %	0,45 oder besser
Sprache (hoher Anspruch)	Stadien, Kongress-hallen, etc..	100 Hz bis 10 kHz	75 bis 105 dB	unter 10 %	0,5…0,7
Musik (einfach)	Hintergrundbeschal-lung	100 Hz bis 10 kHz	60 bis 80 dB	unter 10 %	–
Musik (hoher Anspruch)	Konzertbeschallung, Filmton, Stadien, etc.	20 Hz bis max. 20 kHz	85 bis 105 dB	unter 10 %	–
Geräusche	Klanginstallationen	–**	–**	–**	–**

* Schalldruck in dB bei den Hörern
** je nach Anwendung sehr unterschiedlich

Abbildung 2: Anforderungsprofile von Beschallungsanlagen, Quelle: Ahnert & Goertz (2008): Beschallungstechnik, Beschallungsplanung und Simulation

Aus der in Abbildung 2 dargestellten Tabelle lassen sich einige Gemeinsamkeiten in den Anforderungsprofilen finden. Sowohl bei Alarmtönen, Sprache und Musik werden hohe Schalldrücke und ein großer Dynamikumfang gefordert. Der Frequenzgang ist je nach Signal dabei unterschiedlich stark beschnitten, lediglich bei Musik mit hohem Anspruch wird das komplette Hörspektrum abgedeckt. Bei allen Signaltypen außer den Geräuschen ist außerdem eine geringe Verzerrung der Beschallungsanlage gewünscht. Gerade in Verbindung mit pegelabhängigen Abweichungen im Frequenzgang wird dabei oftmals auch von der Linearität der Beschallungsanlage gesprochen. Die Sprachverständlichkeit wird üblicherweise mit dem STI-Wert dargestellt und findet vor allem bei reinen Sprachbeschallungen Anwendung. Dabei sollte beachtet werden, dass es sich hierbei lediglich um einen Messwert handelt der vor allem in komplexen Beschallungsszenarien mit sehr vielen unterschiedlichen Quellen zum Teil keine absolute Auskunft über die Sprachverständlichkeit geben kann oder es bei bestimmten Signalen (z.B. Alarmtönen) nur bedingt von Nutzen ist den STI-Wert zu bestimmen. Daher sind die Schwellwerte für die anderen Signale in dieser Tabelle vermutlich nicht angegeben worden.

Die Komponenten von Beschallungsanlagen lassen sich nach Ahnert und Goertz in die Gruppen Signalquellen, Signalbearbeitung, Signalübertragung, Leistungsverstärker, Lautsprecher und Peripherie einteilen.[44] Eine ähnliche Grundstruktur zur Beschreibung von Beschallungsanlagen lässt sich auch in anderer einschlägiger Fachliteratur wiederfinden. Dabei folgt diese Grundstruktur allgemein dem Signalfluss und die einzelnen Teilaspekte finden bei den verschiedenen Autor:innen eine unterschiedliche Gewichtung. Bspw. gibt es bei Pieper eine detaillierte Beschreibung der einzelnen technischen Komponenten wie Mikrofone, Drahtlosanlagen, Mischpulte, Verstärker und Lautsprecher. Diese erfolgt dabei meist anhand von konkreten Beispielen. Andere Werke zur Beschallungstechnik befassen sich wiederum verstärkt mit übergeordneten Kategorien wie der architektonischen Integration oder dem Einfluss der Raumakustik und der Klangwahrnehmung.[45] [46]

Da sich die Beschreibung von Beschallungsanlagen und der Faktoren, die sie beeinflussen, somit als sehr komplex gestaltet, ist die Festlegung eines Fokus auf die für diese Arbeit relevanten theoretischen Aspekte zwingend notwendig. In den von der Forschungsgruppe besuchten Veranstaltungsorten waren oftmals nur die Signalübertragung, die Leistungsverstärker und die Lautsprecher als fester und gleichbleibender Bestandteil der Beschallungsanlage vertreten. Die Signalquellen wie Mikrofone, Zuspieler oder Musikinstrumente und auch die Signalbearbeitung, bspw. mit einem Mischpult, variierten dabei in identischen Veranstaltungsorten stark. Dieser Umstand lässt sich zum einen durch den kreativen und künstlerischen Einfluss der Anwender:innen erklären, aber zum anderen auch durch die unterschiedlichen logistischen Anforderungen an Beschallungsanlagen. So ist es bspw. bei kleineren Konzerten in der Praxis üblich die im Veranstaltungsort fest verbauten Verstärker und Lautsprecher zu verwenden, aber teilweise eigene Mikrofone und Mischpulte zur Klangbearbeitung mitzubringen oder extern anzumieten. Je nach Anforderungsprofil, Veranstaltungsort und Veranstaltungsgröße sind allerdings auch Szenarien üblich, in der die gesamte Beschallungsanlage, sprich auch die schweren Lautsprecher und Verstärker, explizit für diese Veranstaltung aufgebaut und eingerichtet werden. Hierbei liegt der Vorteil in der größeren Homogenität der Beschallungsanlage, da immer die gleichen Komponenten verwendet werden.

[44] vgl. Ahnert, Wolfgang, Goertz, Anslem (2008): Beschallungstechnik, Beschallungsplanung und Simulation, S.494
[45] vgl. Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 5 ff Inhaltverzeichnis
[46] vgl. Ahnert, Wolfgang, Steffen, Frank (1999): Sound Reinforcement Engineering

Da die im Forschungsprojekt besuchten Veranstaltungsorte für alle Veranstaltungen die gleichen festinstallierten Verstärker und Lautsprecher verwendet haben, soll der Schwerpunkt der theoretischen Rahmung dieser Arbeit aufgrund der hohen Komplexität vornehmlich bei den Lautsprechern liegen, da diese den Klang eher beeinflussen als die Leistungsverstärker.[47] Die anderen Aspekte wie Mikrofon- und Mischpulttechnik, aber auch der Einfluss der Raumakustik auf Beschallungsanlagen sollen hierbei lediglich aufgrund der Vollständigkeit in einem geringeren Detailgrad beschrieben werden.

Die eingangs beschriebene Übertragungskette von Audiosignalen wird von McCarthy noch in den direkten und den verstärkten Klang unterteilt. Dabei meint der natürliche direkte Klang eine Schallquelle, die den unverfälschten Schall an das gesamte Publikum übergibt. Als Beispiel wird dabei der Klang einer Violine und eines Cellos genannt, die sich auf jeweils zwei Seiten eines Raumes befinden, aber den gesamten Raum entsprechend mit ihrem Eigenklang füllen. Bei verstärktem Klang durch Beschallungsanlagen hingegen werden Lautsprecher zur gezielten Beschallung einiger Zonen verwendet, bspw. bei stereophonen oder binauralen Beschallungsanlagen, bei denen alle Quellen entsprechend zusammengefasst werden. Anders als beim natürlichen direkten Klang übertragen die Lautsprecher hierbei aber unter Umständen nur einen Teil des Klangbildes. Hierbei wird der linke Lautsprecher eines stereophonen Beschallungskonzeptes als Übertrager für den halben Raum genannt.[48]

Der verstärkte Klang spielt dabei die größere Rolle für den Forschungsgegenstand dieser Arbeit, da für den natürlichen Klang keine Beschallungsanlagen benötigt werden. Der Einfluss der Raumakustik auf beide Arten des Klangs wird dabei von McCarthy fortgehend auch beschrieben und in dieser Arbeit in einem dedizierten Unterkapitel zu einem späteren Zeitpunkt nochmals genauer erläutert.

[47] siehe dazu: Kapitel 4.2.4 Leistungsverstärker und 4.2.5 Lautsprecher
[48] vgl. McCarthy, Bob (2016): Sound Systems: Design and Optimization – Modern Techniques And Tools For Sound System Design and Alignment, S. 208 f

Abbildung 3 zeigt schematisch die beiden unterschiedlichen Übertragungspfade von natürlichem und verstärktem Klang und stellt dabei weitere Aspekte dar, die bei der theoretischen Betrachtung von Beschallungsanlagen berücksichtigt werden sollten.

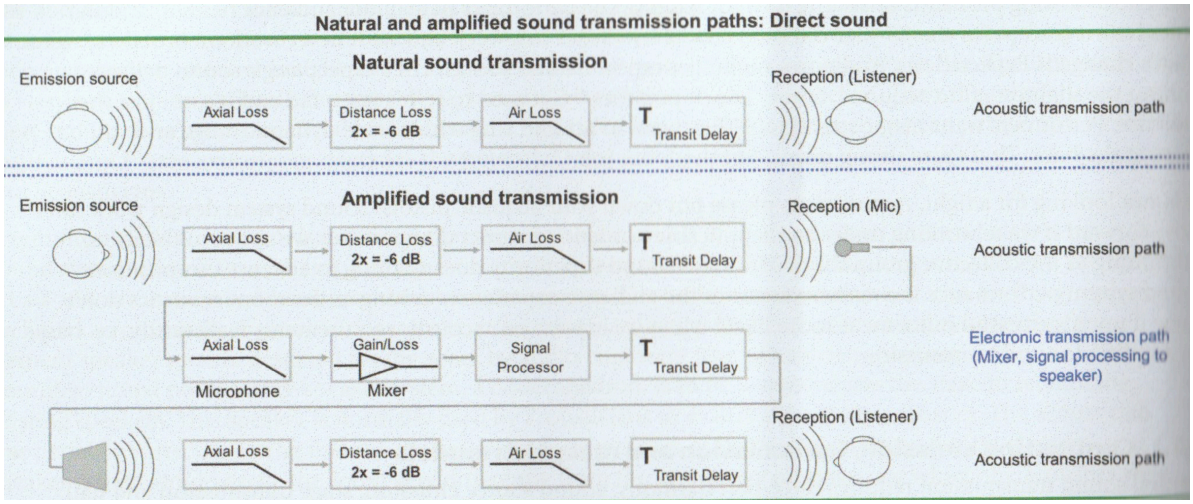

Abbildung 3: Natürliche und verstärkte Übertragungspfade von direktem Klang, Quelle: McCarthy (2016): Sound Systems: Design and Optimization

Der verstärkte Klang folgt dabei bis zum Punkt der Abnahme, in diesem Fall durch ein Mikrofon, der gleichen Logik wie der natürliche Klang. Zusammenfassend kann man diese als Verluste und Verzögerungen bezeichnen, die durch physikalische Phänomene wie dem Abstandsgesetz und der Schalldämpfung in der Luft zu erklären sind. Wie zu erkennen ist, ist der verstärkte Klang mit weiteren Verlusten und Verzögerungen durch Mikrofone, Mischpulte und Lautsprechern behaftet, bevor er beim Rezipienten ankommt. Besonders hervorzuheben ist der rein elektrische Übertragungspfad beim verstärkten Klang, der mithilfe von zwei Wandlungen von einem akustischen zu einem elektrischen Signal und von einem elektrischen zurück zu einem akustischen Signal realisiert wird. Auf diese Wandlungsprozesse soll in den einzelnen Unterkapiteln auch eingegangen werden, da diese die Besonderheit von verstärktem Klang ausmachen.

Neben den rein physikalischen und technischen Aspekten ist zudem das Themenfeld der psychoakustischen Wahrnehmung von hoher Relevanz für diese Forschungsarbeit. Da das PAQI zu einem sensorischen Messinstrument für die qualitative Beurteilung von Beschallungsanlagen weiterentwickelt werden soll, ist die theoretische Betrachtung von Klangrezeption als Ergänzung zu den technischen und physikalischen Phänomenen unbedingt erforderlich.

4.2.1 Signalquellen

Bei den verschiedenen Szenarien, in denen Beschallungsanlagen zum Einsatz kommen, geht es zunächst darum, eine Signalquelle wie bspw. die menschliche Stimme, Musikinstrumente oder auch Audio-Zuspieler an die Beschallungsanlage in irgendeiner Form zu übertragen. Diese Wandlung von akustischen Klängen in elektrische Signale erfolgt je nach Anwendungsfall mithilfe von Mikrofonen oder Tonabnehmern an Musikinstrumenten. In einigen Fällen liegt sogar eine sogenannte Direktabnahme des Signals vor, bspw. bei Keyboards oder Zuspielgeräten wie Laptops oder Medienservern. Die Direktabnahme meint dabei eine übersprechungsfreie Übertragung des Audiosignals. Anders als bei Mikrofonen, die neben der gewünschten Signalquelle auch alle weiteren in unmittelbarer Nähe liegenden Quellen übertragen können, bietet die Direktabnahme den Vorteil der Separierung von Signalquellen. Ein klassisches Beispiel für diese Überlagerung von Signalquellen sind die Übersprechungen eines Schlagzeuges auf Gesangsmikrofone, welche es schwierig machen können, die Stimme im Klangbild hervorzuheben.[49]

Aufgrund der unterschiedlichen Ausgangsspannungen und Pegel von direktabgenommenen und mikrofonierten Signalen, erfolgt eine Anpassung auf ein einheitliches Pegelniveau von einigen Volt zur einfacheren Signalverarbeitung. Neben der Verstärkung von Signalquellen mit geringen Pegeln, bspw. bei elektrodynamischen Mikrofonen, werden auch mittels anderer Prinzipien wie der Signalsymmetrierung, galvanischen Trennung und Impedanzanpassung in DI-Boxen die unterschiedlichen Signalquellen aufbereitet und angepasst, um eine möglichst homogene Umgebung für die spätere Signalbearbeitung zu gewährleisten.[50] [51]

[49] vgl. Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 61
[50] vgl. ebd.
[51] vgl. Ahnert, Wolfgang, Goertz, Anslem (2008): Beschallungstechnik, Beschallungsplanung und Simulation, S.494

Ähnlich wie bei den Lautsprechern gibt es Signalquellen in vielen verschiedenen Formen und Varianten. Die Vielzahl an Mikrofon-, Tonabnehmer- und Zuspielertypen kann dabei einen allgemeingültigen Überblick über die Signalquellen erschweren. In diesem Unterkapitel sollen daher nur die in der Praxis am häufigsten verwendeten Prinzipien erläutert werden, wie sie auf den für die Forschungsarbeit besuchten Veranstaltungen auch vorzufinden waren.

4.2.1.1 Mikrofone

Der auf Veranstaltungen aufgrund seiner Robustheit und Pegelfestigkeit am häufigsten verwendete Mikrofontyp ist das dynamische Mikrofon.[52] Das Funktionsprinzip verhält sich dabei umgekehrt zum Lautsprecher, welcher das elektrische Signal wieder in ein akustisches umwandelt. Abbildung 4 zeigt den strukturellen Aufbau eines dynamischen Mikrofons. Üblicherweise werden diese als Tauchspulenmikrofone mit Druckgradientenempfänger realisiert, bei denen die Schallwellen auf eine Membran treffen und diese in Schwingung versetzt. Ein Dauermagnet taucht in diese Spule ein und durch die Bewegung im stationären Magnetfeld wird eine Wechselspannung erzeugt. [53] Die ausgegebene Spannung U_a verhält sich dabei proportional zur magnetischen Flussdichte B und der Geschwindigkeit v der Membranbewegung. [54]

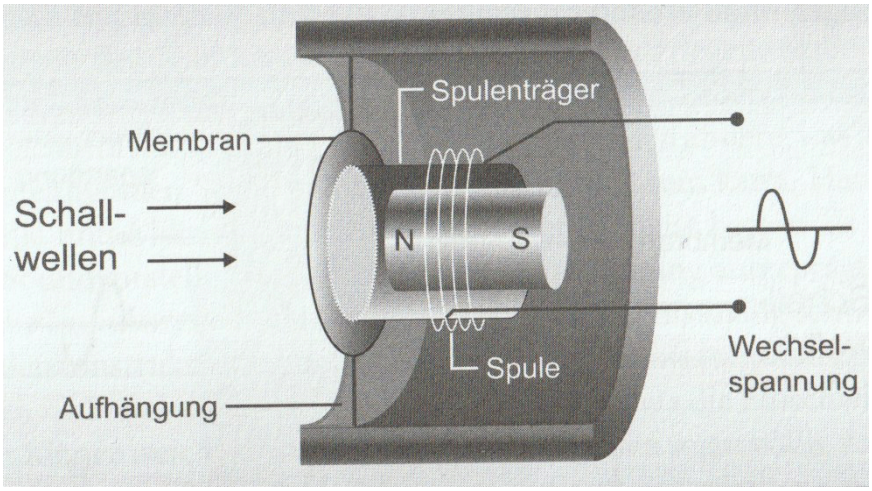

Abbildung 4: Funktionsprinzip eines dynamischen Mikrofons, Quelle: Pieper (2015): Das P.A. Handbuch

[52] vgl. Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 73
[53] vgl. ebd. S. 70
[54] vgl. Schneider, Martin (2008): Mikrofone, S. 320

Dynamische Mikrofone finden sich in vielen Szenarien zur Abnahme von Schallquellen in der Beschallungstechnik wieder. Diese reichen von sogenannten „Hand-Held"-Ausführungen für die Abnahme von Sprache und Gesang bis hin zu dedizierten Instrumentenmikrofonen. [55] Die bereits erwähnte Robustheit und Unempfindlichkeit gegenüber hohen Schalldrücken machen diesen Mikrofontyp vor allem im Bereich der Popularmusik sehr beliebt, da klassische Bandbesetzungen oftmals mit Instrumenten wie Schlagzeugen und Gitarrenverstärkern einen hohen Schalldruck bereits auf der Bühne erzeugen. Da das Funktionsprinzip des dynamischen Mikrofons allerdings mit einem verfärbten Frequenzgang und vergleichsweise schlechter Impulstreue einhergeht, findet ein weiterer Mikrofontyp in der Praxis häufig Anwendung: das sogenannte Kondensatormikrofon.[56]

Kondensatormikrofone funktionieren dabei nach dem elektrostatischen Prinzip, bei dem die Membran eine Seite eines Plattenkondensators darstellt. Durch die Bewegung der Membran verändert sich der Abstand zwischen den beiden Platten und erzeugt Kapazitätsschwankungen, die mithilfe einer injizierten Kapselvorspannung und eines nachgeschalteten Verstärkers eine Signalspannung abgibt. [57] Dabei verfügt das Kondensatormikrofon über eine geringere Membranmasse als das dynamische Mikrofon und somit über einen sehr breitbandigen und linearen Frequenzgang sowie eine hohe Impulstreue. [58] Kondensatormikrofone werden daher häufig für die Abnahme von Sprache in Form von Lavalier- oder Headset-Mikrofonen verwendet, aber auch für die Abnahme von Becken an Schlagzeugen und klassischen Musikinstrumenten.[59]

Eine wichtige Größe bei beiden Mikrofontypen ist die Richtcharakteristik. Vor allem in der Veranstaltungstechnik sind Mikrofone gewünscht, die unempfindlich gegenüber Einsteuerungen aus anderen Richtungen sind. Das in der Praxis wohl bekannteste Beispiel ist dabei die akustische Rückkopplung von Mikrofonen, bei der das Mikrofon das eigene Ausgangssignal zum Beispiel über einen nahestehenden Lautsprecher wieder aufnimmt. Die Konsequenz ist meistens eine Resonanzfrequenz, die je nach Situation einzelne Frequenzbereiche in den Tiefmitten oder Höhen überproportional verstärkt.

[55] vgl. Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 77
[56] vgl. ebd., S. 71
[57] vgl. ebd.
[58] vgl. Schneider, Martin (2008): Mikrofone, S. 320
[59] vgl. Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 79 ff

Um diese Effekte zu minimieren und die Mikrofone unempfindlicher gegenüber Einstreuungen aus anderen Richtungen als der eigentlichen Schallquelle zu machen, finden in der Veranstaltungstechnik häufig gerichtete Mikrofone Anwendung. Dabei wird die Richtcharakteristik durch die Konstruktion der Schalleintrittswege so verändert, dass dynamische Gesangsmikrofone bspw. verhältnismäßig unempfindlich gegenüber Schall von der Hinterseite sind. Man spricht in diesem Fall von einer Nierencharakteristik. Prinzipiell weisen alle Mikrofone der beschriebenen Bauarten zunächst eine Kugelcharakteristik auf, die gleichermaßen auf Schalldruck aus allen Richtungen reagiert. Aufgrund der bereits beschrieben Nachteile finden Mikrofone mit Kugelcharakteristik in der Praxis eher Anwendung für Schallquellen mit geringem Schalldruck und wenig zusätzlicher Einstreuung.[60]

4.2.2 Signalbearbeitung

Der nächste Schritt in der Übertragungskette von Beschallungsanlagen ist die Signalbearbeitung. Diese erfolgt mithilfe einer Vielzahl verschiedener Geräte, deren Aufgabe es ist das Quellsignal technisch oder künstlerisch zu verändern. Die dabei am häufigsten verwendeten Werkzeuge zur Klangbearbeitung sind Pegelsteller, Filter (oder auch EQs), Dynamikkompressoren, Limiter und diverse Mischerfunktionen. [61] Als technische Signalbearbeitung können dabei bspw. das Herausfiltern einzelner Resonanzfrequenzen in problematischen raumakustischen Umgebungen verstanden werden. Die künstlerische Signalbearbeitung hingegen erfolgt meist unter Einbezug subjektiver Hörgewohnheiten und stilistischer Gestaltungselemente, bspw. das Hinzufügen von Halleffekten und Kompression zur einer Gesangsstimme.

In der Beschallungstechnik kommen dafür meistens Mischpulte, ggfs. mit diversen Zusatzgeräten – in der Praxis oft auch als Outboard-Equipment bezeichnet – zum Einsatz. Dabei sind die Mischpulte in erster Linie dafür zuständig, aus mehreren einzelnen Signalquellen ein bearbeitetes Summensignal zu erzeugen, welches anschließend an die Lautsprecher übertragen wird.[62] Dabei haben sich in der Praxis digitale Mischpulte etabliert, da sie gegenüber ihren analogen Vorgängern eine ganze Reihe von Vorteilen wie u.a. Speicherbarkeit von Einstellungen, Fernsteuerbarkeit, Effektauswahl und größeren Funktionsumfang bieten.[63]

---

[60] vgl. Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 74 ff
[61] vgl. Ahnert, Wolfgang, Goertz, Anslem (2008): Beschallungstechnik, Beschallungsplanung und Simulation, S. 495
[62] vgl. Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 143
[63] vgl. Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 148 f

4.2.3 Signalübertragung

Die Signalübertragung beschreibt alle Verbindungselemente zwischen der Signalquelle und den signalbearbeitenden Geräten, sowie den Leistungsverstärkern und Lautsprechern.[64] In der Beschallungstechnik kommen dabei größtenteils symmetrische und unsymmetrische Kabelverbindungen zum Einsatz, wie bspw. Instrumenten- oder Mikrofonkabel. Aufgrund der teilweise großen Übertragungsdistanzen von Audiosignalen in der Veranstaltungs- und Installationstechnik werden die störanfälligeren unsymmetrischen Kabelverbindungen oftmals mithilfe von DI-Boxen symmetriert.[65] [66] Für die Übertragung von einer Vielzahl an Signalen über große Distanzen und einer Reihe weiterer signaltechnischer Vorteile, wird das analoge Audiosignal in ein digitales umgewandelt.[67] Diese Wandlung kann dabei u.a. über ein Digitalmischpult realisiert werden, welches die analogen Eingangssignale in digitale Signale konvertiert und anschließend das Ausgangssignal wieder in ein analoges Signal zurückwandelt. Diese Wandlungsprozesse werden dabei als A/D-Wandlung und D/A-Wandlung bezeichnet.[68]

4.2.4 Leistungsverstärker

Die Leistungsverstärker – oder auch Endstufen genannt – können nach Ahnert und Goertz zusammen mit den Lautsprechern zumindest teilweise als Einheit betrachtet werden, da Lautsprecher immer öfter bereits eigene Leistungsverstärker enthalten.[69]

Primäre Aufgabe der Leistungsverstärker ist die Verstärkung eines Audiosignals, welches anschließend an die Lautsprecher übergeben wird. Waren Leistungsverstärker in der Anfangszeit der Beschallungstechnik noch schwer und vergleichsweise leistungsschwach, sind moderne Geräte deutlich kompakter und leistungsstärker. Dabei verhalten sie sich in ihrem Nutzbereich von 20 bis 20.000 Hz nahezu klangneutral. Ein Großteil der elektrischen Leistung von Leistungsverstärkern geht in den Tieftonbereich, bspw. bei der Verwendung von mehreren und großen Tieftonlautsprechern. Dieser Umstand lässt sich u.a. durch die höhere mechanische Auslenkung der Lautsprechermembran bei tiefen Frequenzen aufgrund ihrer größeren Wellenlänge erklären.[70] [71]

---

[64] vgl. Ahnert, Wolfgang, Goertz, Anslem (2008): Beschallungstechnik, Beschallungsplanung und Simulation, S.495
[65] vgl. Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 107 ff
[66] siehe auch: Kapitel 4.2.1 Signalquellen
[67] vgl. Ahnert, Wolfgang, Goertz, Anslem (2008): Beschallungstechnik, Beschallungsplanung und Simulation, S.495
[68] vgl. Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 145 ‚digitale Mischpulte'
[69] vgl. Ahnert, Wolfgang, Goertz, Anslem (2008): Beschallungstechnik, Beschallungsplanung und Simulation, S.495
[70] vgl. Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 233 ff
[71] siehe auch: Kapitel 4.1, sowie Kapitel 4.2.5 Lautsprecher

Zudem müssen bei der Entwicklung von Leistungsverstärkern eine Reihe von sicherheitstechnischen Aspekten berücksichtigt werden. Im Bühnenalltag sind Leistungsverstärker meist großen Temperaturschwankungen und teils übersteuernden Signalen ausgesetzt und müssen dabei transport- und wetterfest sein. Diesen Anforderungen werden moderne Endstufen mit integrierten Lüftern und Schutzschaltungen gegen Übersteuerung – sogenannten Limitern – gerecht.[72] [73] Leistungsverstärker kommen dabei in zwei Bereichen zum Einsatz. Zum einen werden sie in der ELA-Technik als Ausgangsübertrager zur Leistungsanpassung mit konstanter Voltzahl bei langen Kabelwegen eingesetzt. In diesem Zusammenhang hat sich daher der Begriff der ‚100V-Technik' etabliert. Zum anderen dienen sie zur permanenten Anbindung von Lautsprechersystemen. Bei ersterem Anwendungsbereich sind Leistungen von 100 bis 300 Watt üblich, bei Lautsprechersystemen hingegen größere Leistungen von 500 bis 1000 Watt oder mehr, je nach Anzahl und benötigter Leistung zum Betrieb aller Lautsprecher.[74] [75] [76]

4.2.5 Lautsprecher

Eine zentrale Komponente der Beschallungsanlage stellen die verwendeten Lautsprechertypen dar. Als eines der letzten Elemente des Übertragungsweges der Klangquelle, übergeben die Lautsprecher den Inhalt an das Publikum und gelten aufgrund ihrer nicht linearen Frequenzgänge zu den Schwachpunkten bei Beschallungsanlagen.[77] Die Bandbreite der unterschiedlichen Anwendungsfälle auf denen Beschallungsanlagen zum Einsatz kommen, sorgt für eine Vielfalt an verschiedenen Lautsprechertypen. Dabei steht in modernen Beschallungsanlagen vor allem das Abstrahlverhalten der Lautsprecher aufgrund der Weiterentwicklungen in der Verstärkertechnik im Fokus. Rückbeziehend auf die in Kapitel 4.2 formulierten Anforderungen an die Beschallungsanlagen eine möglichst gleichmäßige und homogene Publikumsbeschallung zu erreichen, wird das Abstrahlverhalten einiger Lautsprechertypen durch den Einsatz physikalischer Effekte bewusst optimiert.[78] Dieses Kapitel gibt einen zusammengefassten theoretischen Überblick über die Art der Lautsprechertypen und Anordnungen, die sich in den Veranstaltungsorten für die Befragungen wiederfinden lassen.

---

[72] vgl. Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 235 f
[73] vgl. ebd., S. 242 ff 10.3 Schutzschaltungen
[74] vgl. ebd., S. 45
[75] vgl. ebd., S. 233
[76] vgl. Ahnert, Wolfgang, Steffen, Frank (1999): Sound Reinforcement Engineering, S. 136
[77] vgl. Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 256
[78] vgl. Goertz, Anslem (2008): Lautsprecher, S.424

4.2.5.1 Kenngrößen, Funktionsprinzip und Frequenztrennung

Um Lautsprecher qualitativ beurteilen und vergleichen zu können, gibt es einige wichtige Kenngrößen, die das Klangverhalten beschreiben. Die wichtigsten auf der akustischen Seite sind dabei nach Goertz der Frequenzgang, das räumliche Abstrahlverhalten und die Verzerrungswerte.[79] Der Frequenzgang ist dabei die am häufigsten gezeigte Messkurve. Sie zeigt den Schalldruck an, der auf der 0°-Achse des Lautsprechers in einer Entfernung von 1m frequenzspezifisch erzeugt wird. Am Frequenzgang lässt sich neben der Grenzfrequenz der Lautsprecher auch deren Linearität ablesen, also wie gleichmäßig der Lautsprecher über das genutzte Frequenzspektrum Schalldruck erzeugt.[80] Das Verhältnis, mit dem der Lautsprecher dabei elektrische in akustische Leistung umwandelt wird als Wirkungsgrad bezeichnet. Gemessen wird dabei ebenfalls der Schalldruck in einem Abstand von 1m, allerdings bei einer konstanten Leistungszufuhr von 1W und in Abhängigkeit vom Messsignal, zum Beispiel einem Sinuston der Frequenz 1kHz.[81]

Das räumliche Abstrahlverhalten eines Lautsprechers wird mit der Richtcharakteristik beschrieben. Oftmals sollen die Lautsprecher dabei lediglich einen bestimmten Bereich akustisch abdecken. Das Abstrahlverhalten wird dabei u.a. mit dem horizontalen und vertikalen Öffnungswinkel beschrieben, mit denen die zu beschallende Fläche definiert werden kann. Der Öffnungswinkel ist zudem bei der Kombination zu Lautsprecher-Arrays von hoher Relevanz, da dieser die Anzahl und die Ausrichtung der zu verwendeten Lautsprecher vorgeben kann.[82] Nichtlineare Verzerrungen spielen bei der qualitativen Beurteilung von Lautsprechern ebenfalls eine wichtige Rolle, da diese bei Lautsprechern häufiger auftreten als bei anderen Komponenten der Signalkette von Beschallungsanlagen.[83] Ein wichtiger Messwert ist dabei der Klirrfaktor, der im englischen auch als THD (Total Harmonic Distortion) bezeichnet wird. Er gibt das Verhältnis zwischen dem Effektivwert der durch die Verzerrung entstandenen Partialtöne und dem Effektivwert des Originalsignals an. Der Klirrfaktor wird dabei in Prozent angegeben und beschreibt die Genauigkeit, mit der ein Lautsprecher das Eingangssignal am Ausgang reproduziert. Wünschenswert sind dabei niedrige Werte.[84]

---

[79] vgl. ebd., S. 469
[80] vgl. ebd., S. 472 f
[81] vgl. Conrad, Jan-Friedrich (2004): Lexikon Beschallung, S. 233 Wirkungsgrad
[82] siehe auch: Kapitel 4.2.4.1 Clustering
[83] vgl. Goertz, Anslem (2008): Lautsprecher, S. 479
[84] vgl. Conrad, Jan-Friedrich (2004): Lexikon Beschallung, S. 216 THD, sowie S. 152 f nichtlinerare Verzerrungen

Der maximale Schalldruckpegel lässt sich durch einen vorgegebenen Grenzwert des THD messen, üblicherweise liegt dieser bei 1%, 3% oder 10%.[85]

Das bei Lautsprechern für Beschallungsanlagen häufigste Wandlungsprinzip von elektrischer Leistung in eine mechanische Bewegung in Form einer schwingenden Membran ist der elektrodynamische Wandler.[86] In der einschlägigen Fachliteratur wird dieses Wandlungsprinzip auch als permanentdynamisches System bezeichnet. Mithilfe eines durch einen Permanentmagneten erzeugten Magnetfeldes und eines dazu senkrecht stehenden stromdurchflossenen Leiters wird die benötigte Energie, um eine Membran in Schwingung zu versetzen, aus der Lorentz-Kraft gewonnen.[87] Andere Wandlungsprinzipien wie der elektromagnetisch planare Wandler, der elektrostatische Wandler oder Sonderformen wie der piezoelektrische Wandler werden aufgrund ihrer geringeren Relevanz für die Arbeit nicht näher erläutert, sondern lediglich aufgezählt.[88]

Abbildung 5 zeigt dabei den Querschnitt eines Lautsprechers mit elektrodynamischem Wandler, wie er in Lautsprechern für Beschallungsanlagen häufig zum Einsatz kommt.[89]

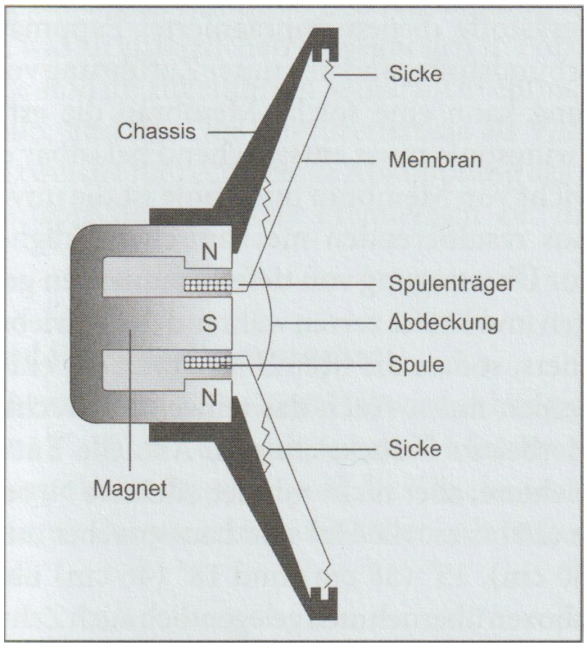

Abbildung 5: Schnitt durch einen dynamischen Lautsprecher, Quelle: Pieper (2015): Das P.A. Handbuch

[85] vgl. Goertz, Anslem (2008): Lautsprecher, S. 481
[86] vgl. ebd., S.426
[87] vgl. Bernstein, Herbert (2019): Elektroakustik, S. 39
[88] vgl. Goertz, Anslem (2008): Lautsprecher, S.424
[89] vgl. Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 255

Durch das Anlegen von Wechselspannung an die Spule entsteht ein weiteres elektromagnetisches Feld, welches mit dem des Permanentmagneten interagiert und je nach Polarität die Membran in jeweils eine Richtung auslenkt.[90] Aufgrund unterschiedlicher Anforderungen an die Konstruktion von Lautsprechern, um verschiedene Frequenzbereiche optimal darzustellen, wird dieser aufgeteilt und mit mehreren einzelnen Lautsprechern wiedergegeben. Man spricht in diesem Fall von sogenannten Mehrwege-Systemen. Häufig findet man eine Unterteilung in insgesamt drei Bereiche vor, den Bassbereich (20 bis ca. 120Hz), den Mittenbereich (ca. 120-1500 Hz) und den Hochtonbereich für alle Frequenzen über 1500 Hz bis zur Hörschwelle.[91]

Je nach Frequenzbereich unterscheiden sich die Lautsprecher sowohl in ihrer Größe - das hierbei am häufigsten verwendete Maß entspricht dem Durchmesser der Membran in Zoll - , als auch in ihrer Bauform und dem drum herumliegenden Gehäuse, welches ebenfalls maßgeblich für den Klang verantwortlich ist.[92]

4.2.5.2 Lautsprechertypen

Der in Abbildung 5 gezeigte dynamische Lautsprecher ist mit einer Membran versehen, die zu einem Konus geformt ist. Man spricht in diesem Fall von einem sogenannten Konuslautsprecher, der aufgrund seiner stabilen Bauform vor allem im Bass- und Mittenbereich Anwendung findet. Für den Hochtonbereich werden oft kleinere, halbkugelförmige Membranen mit anderem Material verwendet, man spricht hierbei von einem Karlottenlautsprecher.[93] [94] [95]

Fügt man dem Karlottenlautsprecher einen im Querschnitt zunehmenden Schalltrichter hinzu, erhält man einen weiteren wichtigen Lautsprechertyp für Beschallungsanlagen, den Hornlautsprecher. Dabei wird sich das akustische Prinzip eines Trichters zu Nutze gemacht, das bspw. auch bei Blechblasinstrumenten verwendet wird. Über das Prinzip der Impedanztransformation erhöht der Hornlautsprecher den Strahlungswiderstand der Lautsprechermembran sowie die akustische Leistung und verzehnfacht etwa den Wirkungsgrad bei einer effektiven Form des Trichters.

Dabei gilt der Exponentialtrichter als effektivste Form, dessen Querschnittsfläche prozentual pro Längeneinheit zunimmt. Je nach Anwendungs- und Frequenzbereich

[90] vgl. ebd.
[91] vgl ebd., S. 258
[92] vgl. Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 256
[93] vgl. ebd.
[94] vgl. Bernstein, Herbert (2019): Elektroakustik, S. 39
[95] vgl. Goertz, Anslem (2008): Lautsprecher, S. 424

können die dabei entstehenden Hörner eine unterschiedliche Erscheinung annehmen. Gerade im Tieftonbereich werden aufgrund der großen Wellenlängen sogenannte Falthörner verwendet, die dementsprechend weniger Platz im Gehäuse benötigen. Eine weitere Möglichkeit ist der sogenannte Druckkammerlautsprecher, bei dem zwischen der Membran des Karlottenlautsprechers und dem Horn eine kleine Druckkammer liegt, die den Wirkungsgrad des Lautsprechers nochmals erhöht.[96] Eine andere Bezeichnung für diese Bauweise ist nach Goertz der Kompressionstreiber.[97] Weitere Lautsprechertypen wie der Biegewellenlautsprecher oder der Koaxiallautsprecher werden aufgrund der Vollständigkeit lediglich genannt, aber der geringen Häufigkeit ihres Einsatzes in den üblicherweise verwendeten Beschallungsanlagen auf Veranstaltungen nicht näher erläutert.[98]

4.2.5.3 Gehäusekonstruktion

Wie bereits in der Einleitung des Kapitels erwähnt, haben die verwendeten Lautsprechergehäuse einen großen Einfluss auf den Klang und Wirkungsgrad eines Lautsprechers. Dieser Umstand ergibt sich aus dem physikalischen Phänomen des akustischen Kurzschlusses. Gerade im tieffrequenten Bereich mit hohen Wellenlängen, langsamer Membranschwingung und hoher Auslenkung neutralisieren sich die beiden unterschiedlichen Drücke vor und hinter der Membran, da die Luft während der Schwingung genügend Zeit hat, am Lautsprecher vorbeizuströmen. Dadurch werden gerade tieffrequente Schallwellen an ihrer Entstehung gehindert und der Lautsprecher klingt ohne Gehäuse extrem mitten- und höhenbetont.[99]

Die bei Beschallungsanlagen gängigsten Gehäusearten für Tieftonlautsprecher mit dem Funktionsprinzip des elektrodynamischen Wandlers sind das Bassreflexgehäuse und der sogenannte Bandpass. Bei Hochtonlautsprechern werden hingegen auch geschlossene Gehäusekonzepte verwendet.[100] [101] Abbildung 6 zeigt dabei die Funktionsprinzipien der unterschiedlichen Gehäusetypen.

---

[96] vgl. Dickreiter, Michael et. al. (2014): Handbuch der Tonstudiotechnik, S. 234
[97] vgl. Goertz, Anslem (2008): Lautsprecher, S. 435 f
[98] vgl. Dickreiter, Michael et. al. (2014): Handbuch der Tonstudiotechnik, S. 234
[99] vgl. Dickreiter, Michael et. al. (2014): Handbuch der Tonstudiotechnik, S. 208 ff Akustischer Kurzschluss und Lautsprecherboxen
[100] vgl. Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 267 f
[101] vgl. Goertz, Anslem (2008): Lautsprecher, S. 431 f

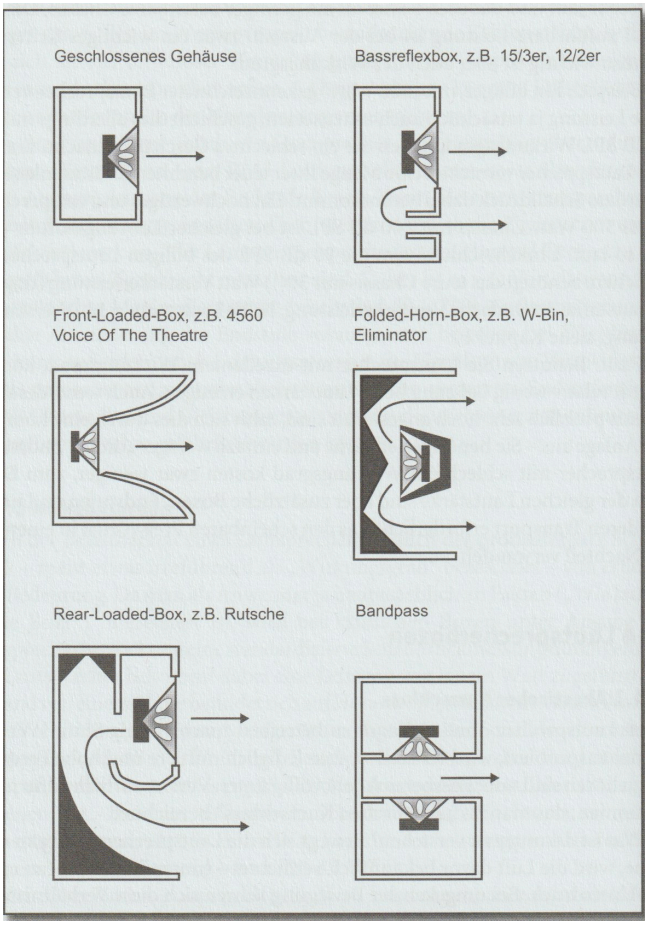

Abbildung 6: Prinzipien unterschiedlicher Lautsprechergehäuse, Quelle: Pieper (2015): Das P.A. Handbuch

Wie in der schematischen Darstellung zu sehen ist, wird bei der geschlossenen Bauweise der Lautsprecher luftdicht in ein Gehäuse integriert, sodass sich die Luft im Gehäuse entsprechend der Bewegung der Membran komprimiert oder entspannt. Da die entstehende Energie hinter dem Lautsprecher ungenutzt bleibt, ist dieses Gehäusekonzept ungeeignet für tiefe Frequenzbereiche und findet seine Anwendung vor allem in der Sprachbeschallung in Form von Linienstrahlern. Die geschlossene Bauweise kann dabei als ein Hochpassfilter zweiter Ordnung verstanden werden. Bassreflex-Lautsprecher hingegen besitzen eine Öffnung durch die zum einen Luft ausströmen kann, die zum anderen aber auch als ein nach innenragender Tunnel als tieffrequenter Resonator verwendet werden kann und somit den Wirkungsgrad in diesem Frequenzbereich deutlich verbessert.

Bei Bassreflexsystemen ist zudem die sogenannte Grenzfrequenz zu beachten, da diese bei einer Unterschreitung ebenfalls zu einem akustischen Kurzschluss führen kann. Bassreflex-Gehäuse stellen somit einen Hochpass vierter Ordnung dar. Beim Bandpass-Gehäuse werden die Lautsprecher, wie in Abbildung 6 zu sehen ist, in einem Resonator angeordnet und strahlen somit nicht direkt ab. Vor allem für schmale Frequenzbereiche im Bass-Bereich ergibt diese Bauweise durchaus Sinn, da sie wesentlich platzsparender ist als vergleichbare Hornsysteme. Bandpass-Gehäuse können je nach Anzahl der Lautsprecher und ihrer Bauart als Hoch- und Tiefpassfilter zweiter und vierter Ordnung verstanden werden. Eine höhere Ordnung ist dabei bei allen Gehäusetypen durch den Einsatz von elektrischen Hochpassfiltern möglich. Je nach Bauart des Gehäuses ist dabei auch auf den Phasengang zu achten, da jeder Filter nächst höherer Ordnung einer Phasendrehung von 90° entspricht und sich die daraus resultierenden Gruppenlaufzeiten für die unterschiedlichen Bauformen entsprechend erhöhen.[102] [103]

Bei Exponentiallautsprechern (Abbildung 6 Front-Loaded Box, Folded-Horn-Box und Rear-Loaded Box) strahlt der in eine luftdichte Kammer eingebaute Lautsprecher den Schall in ein Horn. Aufgrund der bereits genannten Nachteile der Hornlautsprecher im tieffrequenten Bereich eignen sich Front-Loaded-Lautsprecher mit kurzen Hörnern für den Mitten- und Hochtonbereich. Für den tieffrequenten Bereich wird das Horn gefaltet, vornehmlich um die für die Wellenlänge erforderliche Horn- und damit auch Gehäusegröße zu reduzieren. Der Rear-Loaded-Lautsprecher ist dabei eine Kombination aus Bassreflex- und Exponentiallautsprecher und macht sich das akustische Prinzip des Resonators, aber ebenfalls auch den Trichtereffekt von Hornlautsprechern zu Nutze.[104]

Den letzten für diese Forschungsarbeit relevanten Gehäusetypen stellt der sogenannte Linienstrahler dar. Bei diesem Konzept werden viele, meist kleine, einzelne Konuslautsprecher direkt nebeneinander montiert, sodass sich ihr Abstrahlverhalten zu einer Zylinderwelle verändert. Da die Grenzfrequenz durch den Abstand der einzelnen Treiber zueinander bestimmt wird, sind Linienstrahler ungeeignet für die Wiedergabe von tiefen Frequenzen und kommen daher vor allem bei Sprachbeschallungen zum Einsatz. Der Vorteil dieser Anordnung liegt in einem gerichteteren Abstrahlverhalten des Lautsprechers.[105]

---

[102] vgl. Goertz, Anslem (2008): Lautsprecher, S. 433
[103] vgl. Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 268 ff
[104] vgl. ebd., S. 270
[105] vgl. ebd., S. 273

4.2.5.4 Anordnungskonzepte

Da die Anforderungen an moderne Beschallungsanlagen je nach Veranstaltungsart und Veranstaltungsort deutlich variieren können, sollen in diesem Unterkapitel einige Beschallungskonzepte erläutert werden, die sich in der Fachliteratur wiederfinden lassen und in dieser oder ähnlicher Form in den zu besuchenden Veranstaltungsorten verwendet werden.[106]

Im Fokus steht dabei zunächst die Frage, ob eine zentrale oder dezentrale Beschallung erreicht werden soll. Dezentrale Beschallungen finden sich bspw. in der ELA-Technik wieder. Typische Anwendungsgebiete sind Beschallungsanlagen für die Sprachverstärkung in Hörsälen an Universitäten und Hochschulen. Moderne ELA-Systeme arbeiten anders als ihre Vorgänger mittlerweile meist komplett digital, sodass eine völlig unabhängige Steuerung und Gruppierung einzelner, frei im Raum verteilter Lautsprecher ermöglicht wird. Die analoge ELA-Technik hingegen ist mit dem Nachteil behaftet, ein verstärktes Signal über lange Kabelwege übertragen zu müssen. Durch die teilweise großen Abstände zwischen den Einzellautsprechern in ELA-Systemen und den damit einhergehenden Signalverlusten sind Leistungsanpassungen in Form von Übertragern notwendig.[107] [108]

Die zentrale Beschallung hingegen findet sich häufig in direkter Nähe zu den Schallquellen und ist dabei direkt auf das Publikum zentriert. Ein klassischer Anwendungsfall ist die Bühnenbeschallung einer Band oder eines Orchesters. Dabei findet die stereophone Anordnung von Lautsprechern an der linken und rechten Bühnenseite am häufigsten Anwendung.

Die Lautsprecher werden dabei entweder horizontal zum Publikum ausgerichtet, oder aufgrund einer gleichmäßigeren Publikumsbeschallung entweder durch Stative oder durch die fliegende Montage in einer Traverse erhöht und anschließend zum Publikum geneigt. Durch die Erhöhung der Distanz zwischen den Lautsprechern und den ersten Publikumsreihen wird hohen Pegelunterschieden und akustischer Verdeckung auf die Fläche des gesamten Publikums entgegengewirkt. [109]

---

[106] siehe auch: Kapitel 5.3 Auswahl der Veranstaltungsorte
[107] vgl. Pieper (2015): Das P.A. Handbuch, S. 44 ff
[108] vgl. Dickreiter, Michael et. al. (2014): Handbuch der Tonstudiotechnik, S. 570 ff
[109] vgl. ebd., S.574 ff Kapitel Lautsprecherpositionen

Da vor allem auf großen Veranstaltungen die direkte Beschallung durch eine einzelne Anlage nicht zufriedenstellend über den ganzen Publikumsbereich erreicht werden kann, werden weitere zeitverzögerte Lautsprecher als sogenannte Delay-Lautsprecher verwendet. Durch diese Anordnung werden die Publikumsbereiche aufgeteilt und aufgrund der unterschiedlichen Geschwindigkeit zwischen Licht und Schall müssen diese zeitlich verzögert werden.[110]

Die Verzögerung ist dabei von der Schallausbreitung abhängig, wie in Kapitel 4.1 bereits näher erläutert. Da die Effekte der Stereophonie bei einer Publikumsbeschallung nur an einigen wenigen Stellen im Raum zum Tragen kommen, werden üblicherweise alle wichtigen Schallquellen monophon wiedergegeben und lediglich Effekte wie künstlich erzeugter Raumhall werden stereophon wiedergegeben. Je nach Situation werden dazu in der Praxis häufig Zwei-Wege-Systeme aus Subwoofer und Topteil verwendet, bspw. in der Anordnung 2.1 oder 4.1 mit einem Subwoofer und wahlweise zwei oder vier Topteilen. Subwoofer werden dabei aufgrund ihres vergleichsweise geringen Wirkungsgrades meistens auf dem Boden platziert, allerdings werden auch diese immer öfter fliegend montiert. Um eine gleichmäßige Beschallung der tiefen Frequenzbereiche zu erreichen, werden einzelne Subwoofer auf Großveranstaltungen häufig zu Subwoofer-Arrays angeordnet, die entweder elektronisch oder mechanisch das gewünschte Abstrahlverhalten erzeugen. Ein in der Praxis häufig verwendetes Konzept ist dabei die umgangssprachlich bezeichnete Zahnlücke, bei der einzelne Subwoofer mit Abstand zueinander vor der Bühnenkante angeordnet werden.[111] [112]

[110] vgl. Dickreiter, Michael et. al. (2014): Handbuch der Tonstudiotechnik, S. 576
[111] vgl. ebd., S. 575
[112] vgl. ebd., S. 579 f

4.2.5.4.1 Clustering

Das Zusammenfassen von mehreren Einzellautsprechern für ein definiertes Abstrahlverhalten nennt man Clustering. Aufgrund des abnehmenden Schalldrucks bei großen Öffnungswinkeln von Einzellautsprechern werden diese mit sehr fokussiertem Abstrahlverhalten zu sogenannten Lautsprecher-Arrays kombiniert, um auch bei hohen Schalldrücken eine gleichmäßige Beschallung des Raumes zu ermöglichen. [113] Da Einzellautsprecher als Punktschallquellen verstanden werden können, gilt folglich das Abstandsgesetz für Punktschallquellen. Neben des größeren Pegelverlustes in der Distanz ist das Clustering in der Praxis mit dem Problem behaftet, dass die Einzellautsprecher sich in ihrem abstrahlenden Schallfeld überlappen.[114] Abbildung 7 zeigt dabei ein annähernd realistisches Abstrahlverhalten eines Lautsprecher-Arrays. Durch die Überlappung der Schallfelder entstehen Phasenverschiebungen, die Veränderungen in der Lautstärke und Klangfarbe hervorrufen können.[115]

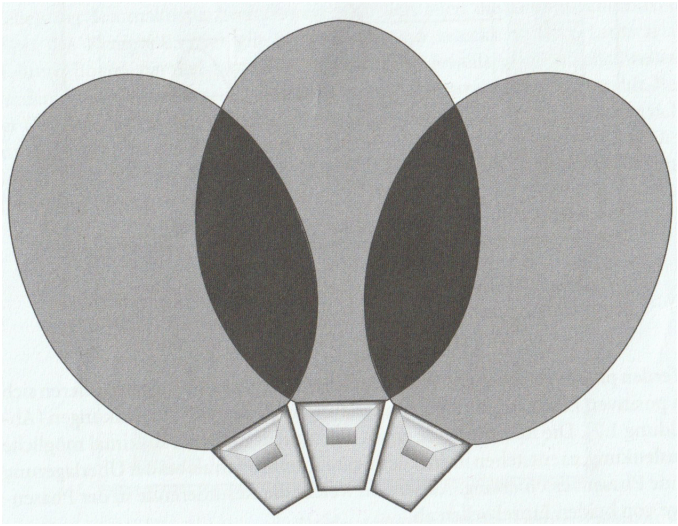

Abbildung 7: Realistisches Abstrahlverhalten eines Lautsprecher-Arrays mit drei Punktschallquellen, Quelle: Pieper (2015): Das P.A. Handbuch

[113] vgl. Goertz, Anslem (2008): Lautsprecher, S. 441 f
[114] vgl. Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 32
[115] vgl. ebd., S. 33

4.2.5.4.2 Line-Arrays

Um die Nachteile im Abstrahlverhalten und der Überlagerung der Schallfelder zu überwinden, finden in der modernen Beschallungstechnik sogenannte Line-Arrays häufig Anwendung. Beim Line-Array werden die Lautsprecher auch zu einer Gruppe zusammengefasst, verhalten sich allerdings aufgrund ihres Abstrahlverhaltens wie ein Einzellautsprecher, der eine Zylinderwelle abstrahlt.[116] Rückbeziehend auf Kapitel 4.1 bedeutet dies laut des Abstandgesetzes lediglich die Hälfte des Pegelverlustes pro Entfernungsverdopplung von Punktschallquellen. Dieser Umstand ermöglicht eine auf die Distanz wesentlich gleichmäßigere Beschallung im Nahfeld als ein Lautsprecher-Array aus Punktschallquellen. Kombiniert man einzelne Lautsprecher zu einem Linienstrahler, um eine Zylinderwelle abzustrahlen, ist dies nur dann möglich, wenn der Abstand der Lautsprecher zueinander kleiner als die halbe Wellenlänge, und unter Vernachlässigung der seitlichen Nebenmaxima, nicht größer als eine Wellenlänge ist. Bei großen Systemen, die einen hohen Schalldruckpegel erzeugen sind diese Anforderungen nur mit 2- oder 3-Wege-Systemen umsetzbar.[117] Abbildung 8 zeigt dabei ein Line-Array in der typischen Anordnung mit den charakteristischen höheren Neigungswinkeln bei den unteren Lautsprecherelementen. In der Praxis werden Line-Arrays aufgrund ihres Aussehens daher auch oft als Banane bezeichnet.

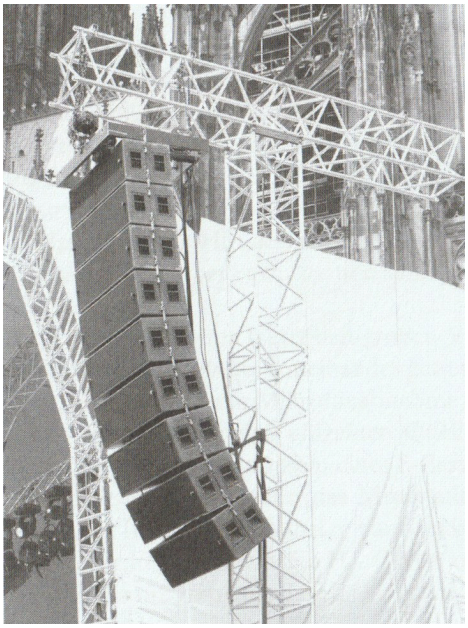

Abbildung 8: Typischer Aufbau eines Line-Arrays, an einer Traverse geflogen montiert,

Quelle: Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch

[116] vgl. Goertz, Anslem (2008): Lautsprecher, S. 449
[117] vgl. ebd.

4.2.6 Raumakustik

Einen nicht unwesentlichen Einfluss auf die Beurteilung der Klangeigenschaften von Beschallungsanlagen hat die Raumakustik. Trifft eine Schallwelle in einem Raum auf den Boden, die Decke und Wände, ergeben sich Reflexionen und Absorptionen, die das Klangbild verfälschen können. Dabei wird das Schallfeld in den Direkt- und Diffusschall unterteilt. Der Diffusschall beschreibt dabei jene Anteile am Schallfeld, die durch Reflexionen im Raum entstehen. Je höher der Anteil des Diffusschalls, desto deutlicher können sich wahrgenommene Verfälschungen im Klangbild äußern. Die Raumakustik beschreibt dabei eine Reihe von hochkomplexen Vorgängen der Schallausbreitung.[118] [119]

> „In einem Raum mittlerer Größe mit einem Volumen von 800 m^3 produziert ein Schallsignal innerhalb von nur einer Sekunde etwa 200.000 Reflexionen an den Wänden, die in den Raum zurückgeworfen werden.“[120]

Wie bereits in Kapitel 3 erwähnt, beschäftigten sich Weinzierl et al. in ihrer Forschungsarbeit über ein Qualitätsinventar zur Raumakustik bereits intensiv mit diesem Thema. Da der thematische Kern dieser Arbeit allerdings bei den Beschallungsanlagen liegt, sei an dieser Stelle auf deren Arbeit für weitere Impulse zur Bedeutung der Raumakustik verwiesen.[121]

Bei direkter Beschallung auf Veranstaltungen hat zudem das Publikum einen großen Einfluss auf die Raumakustik und damit auch auf den wahrgenommenen Klang. In der 2021 verfassten Masterarbeit ‚Untersuchung des Publikumseffekts auf den FoH-Mix mit Methoden der virtuellen Akustik‘ konnte Lucas Meyer mithilfe der raumakustischen Simulationssoftware RAVEN diese Veränderung an einem beispielhaften Veranstaltungsort in Berlin exemplarisch darstellen. Dabei konnte eine Verringerung der Nachhallzeit, sowie die Verbesserung der Sprachverständlichkeit anhand der Parameter C80, D50 und STI gezeigt werden.[122]

---

[118] vgl. Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 29 f
[119] vgl. Ahnert, Wolfgang und Tennhard, Hanns-Peter (2008): Raumakustik, S. 184 ff
[120] Ahnert, Wolfgang und Tennhard, Hanns-Peter (2008): Raumakustik, S. 182
[121] vgl. Weinzierl, Stefan et al. (2018): A measuring instrument for the auditory perception of rooms. The Room Acoustical Quality Inventory (RAQI)
[122] vgl. Meyer, Lucas (2021): Untersuchung des Publikumseffekts auf den FoH-Mix mit Methoden der virtuellen Akustik

4.3 WAHRNEHMUNG VON KLANG

Bei der Beurteilung von Beschallungsanlagen steht die menschliche Wahrnehmung akustischer Ereignisse neben den physikalischen und technischen Eigenschaften ebenfalls im Fokus. Die individuelle Rezeption von Klang, bedingt durch Aspekte wie der sozialen und kulturellen Herkunft oder dem Alter und der damit verbundenen Beeinträchtigung des Hörvermögens, hat in der Wissenschaft bereits eine hohe Bedeutung. In Werken wie ‚Audiodesign' von Hannes Raffaseder oder ‚Designing Sound' von Andy Farnell werden der Wahrnehmung von Klängen dabei ganze Kapitel gewidmet.[123] [124] Da der zentrale Kern dieser Arbeit jedoch nicht in der Ursachenforschung liegt, sollen hier nur einige für diese Arbeit relevante Aspekte der Klangwahrnehmung behandelt werden. Eine der wohl wichtigsten Aspekte in der Wahrnehmung von Klängen ist die frequenzabhängige Sensibilität des menschlichen Gehörs, die Fletcher und Munson bereits in den 1930er Jahren aufgezeigt haben. Mithilfe eines Referenztons mit einer Frequenz von 1Khz und einem Schalldruck von 60 dB SPL wurden sogenannte Isophone festgelegt, indem Testtöne in unterschiedlicher Frequenz und verteilt über die menschliche Hörschwelle, in der Lautstärke dem Referenzton angeglichen wurden. Das Ergebnis zeigt dabei eine erhöhte Sensibilität des menschlichen Gehörs bei einer Frequenz von ca. 4Khz, die Fletcher-Munson-Kurve zeigt zudem eine pegelabhängige Wahrnehmung der Lautstärke verschiedener Frequenzen. So ist das menschliche Gehör bei geringen Schallpegeln deutlich unempfindlicher gegenüber tiefen Frequenzen als bei hohen Schalldrücken. Die Isophone wurden dabei mittlerweile überarbeitet und sind aktuell in der ISO 226:2023-03: Akustik – Normalkurven gleicher Lautstärkepegel enthalten.[125] [126] [127] [128]

[123] vgl. Raffaseder, Hannes (2010): Audiodesign, S. 103-126 Aspekte der Wahrnehmung
[124] vgl. Farnell, Andy (2010): Designing Sound, S. 108-110
[125] vgl. Fletcher, Harvey und Munson, W.A. (1933): Loudness, Its Definition, Measurement and Calculation
[126] vgl. Ellermeier, Wolfgang und Hellbrück, Jürgen (2008): Hören – Psychoakustik – Audiologie, S. 55 f
[127] vgl. Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 26 f
[128] vgl. ISO (Hrsg.): ISO 226:23-03: Akustik – Normalkurven gleicher Lautstärkepegel

Die von Raffaseder beschriebene semantische Lücke zwischen Schall- und Lautereignis ist dabei für diese Forschungsarbeit von außerordentlicher Relevanz. Das Lautereignis beschreibt dabei die direkten akustisch wahrgenommen Ereignisse, wohingegen das Schallereignis durch physikalische Kenngrößen beschrieben werden kann. Das Lautereignis beschreibt somit also auch direkt die Wirkung eines erzeugten Klangs, welche von einer Vielzahl von Faktoren und einer individuellen menschlichen Bewertung abhängig ist. Die semantische Lücke schildert dabei das Problem, dass die Schallereignisse sich direkt in Lautereignisse übersetzen lassen können. Konkret bedeutet das in der Beschallungstechnik, dass Lautsprecher zwar mit dem Frequenzgang oder dem Wirkungsgrad beschrieben werden können, allerdings lassen sich durch diese Messwerte keinerlei Rückschlüsse auf die Wahrnehmung der Klangqualitäten einzelner Individuen herstellen. In Abbildung 9 ist die semantische Lücke dabei nochmals grafisch dargestellt.

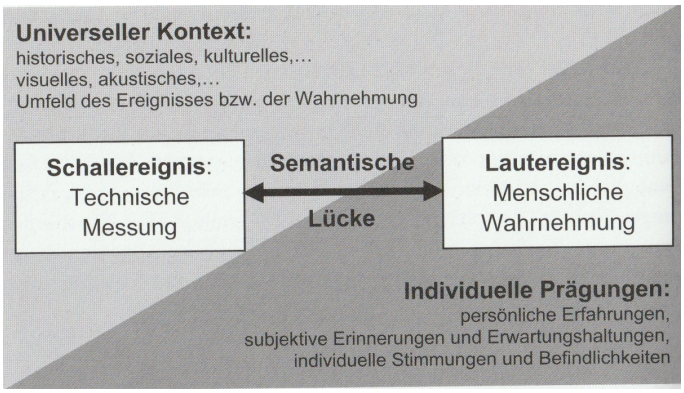

Abbildung 9: Semantische Lücke zwischen Schall- und Lautereignis,

Quelle: Raffaseder, Hannes (2010): Audiodesign

Das Umfeld, in dem Klänge wahrgenommen werden, ist dabei nach Raffaseder ebenfalls von hoher Bedeutung. Gemeint seien dabei Wahrnehmungsverzerrungen durch Illusionen oder Täuschungen, ausgelöst durch ein sich veränderndes visuelles oder akustisches Umfeld. Im Kontext der Forschungsarbeit können damit Effekte beschrieben werden, bei denen sich die Wahrnehmung durch akustische oder visuelle Reize (bspw. ein aufwendiges Bühnenbild oder Störgeräusche auf der Anlage) positiv oder negativ verändern kann. Die semantische Lücke zeigt zudem die Notwendigkeit für ein möglichst heterogenes Versuchsumfeld für die zu besuchenden Veranstaltungen auf.

5 METHODIK

5.1 ALLGEMEINE VORGEHENSWEISE

Um das von Kuball erstellte Qualitätsinventar für Publikumsbeschallungsanlagen zu einem psychologisch fundierten Messinstrument weiterzuentwickeln, wurden im Rahmen dieser Forschungsarbeit Befragungen bei Publikum und Personal auf unterschiedlichen Veranstaltungen durchgeführt, die anschließend im Kapitel Ergebnisse statistisch ausgewertet und interpretiert werden.[129]

Nach Diekmann stellt die Befragung dabei die am häufigsten genutzte Methode in der Sozialforschung dar und liegt damit laut einer Inhaltsanalyse von drei allgemeinen soziologischen Fachzeitschriften deutlich vor anderen Forschungsmethoden wie der Beobachtung, der Inhaltsanalyse oder prozessproduzierter Datenerhebung. Trotz berechtigter Kritik an der Befragung als Forschungsmethode, ist diese zur Erforschung von subjektiven Wahrnehmungen laut Diekmann unverzichtbar.[130]

Bevor in diesem Kapitel näher auf das methodische Vorgehen zur Fragebogenkonstruktion und die Durchführung der Befragungen eingegangen wird, gilt es zunächst den Charakter des Experiments genauer zu definieren. In Anlehnung an die neun grundlegenden Forschungsmethoden nach Isaac und Michael kann die Methodik dieser Arbeit als quasiexperimentelles Vorgehen definiert werden. Bei einem Quasi-Experiment lassen sich nicht alle relevanten Variablen kontrollieren oder manipulieren. [131] Bezogen auf die Befragungen zum Qualitätsinventar für Beschallungsanlagen kann damit sowohl die Auswahl der Proband:innen gemeint sein, als auch die subjektive Wahrnehmung, wie in Kapitel 4.3 mithilfe der semantischen Lücke in der Rezeption von Klang bereits erläutert, verstanden werden. An dieser Stelle sei daher erwähnt, dass diese Arbeit keinerlei Ursachenforschung betreibt und dies auch nicht als Forschungsziel zu verstehen ist. Stattdessen soll mithilfe einer statistischen Analyse der gesammelten Daten Korrelationen zwischen den einzelnen PAQI-Termini aufgezeigt und diese durch eine Faktorenanalyse sinnvoll kategorisiert werden, um so ein Messinstrument zur qualitativen Bewertung von Beschallungsanlagen zu erzeugen.

---

[129] vgl. Kuball (2022): Entwicklung eines Vokabulars zur qualitativ-sensorischen Beurteilung von Publikumsbeschallungsanlagen (Public Address System Quality Inventory, PAQI)
[130] vgl. Diekmann, Andreas (2007): Empirische Sozialforschung: Grundlagen, Methoden, Anwendungen, S. 434 f
[131] vgl. Isaac, Stephen und Michael, William B. (1981): Handbook In Research And Evaluation, S. 42 f

Die Befragungen erfolgen dabei direkt auf den Veranstaltungen und unmittelbar nach den präsentierten Inhalten wie bspw. einer künstlerischen Darbietung oder einem Redebeitrag. Zur Erstellung der Fragebögen und Befragungsdurchführung wird dabei das Werkzeug Lime Survey mit der Vorlage der Technischen Universität Berlin genutzt. [132] Die Beantwortung der Fragebögen erfolgt dabei durch das Scannen eines von Lime Survey generierten QR-Codes direkt am mobilen Endgerät der Teilnehmenden. Die anschließende Auswertung der Daten erfolgt mit der Statistiksoftware Jamovi.[133]

[132] Limesurvey GmbH (2003): LimeSurvey: An Open Source survey tool
[133] The jamovi project (2022): jamovi (Version 2.3)

5.2 KOOPERATION UND FORSCHUNGSGRUPPE

Diese Arbeit entstand in Kooperation mit der Technischen Universität Berlin. Dabei besteht die Kooperation der beiden Hochschulen zum einen aus der Zusammenarbeit mit meinem Forschungspartner Simon Büchner, der parallel eine weitere Abschlussarbeit zu diesem Thema im Rahmen seines Bachelorstudiums im Fach Medientechnik (B. Sc.) verfasst. Die Zusammenarbeit erfolgt dabei vornehmlich in der Fragebogenkonstruktion und Befragungsdurchführung, die Auswertung und Interpretation der Ergebnisse wurden nur systematisch diskutiert und unterscheiden sich somit in den beiden eingereichten Arbeiten.

Zum anderen wurde diese Arbeit von einer Forschungsgruppe beider Hochschulen begleitet. Diese besteht aus Herrn Prof. Dr. Alexander Lindau (BHT), Herrn Prof. Dr. Stefan Weinzierl (TU), sowie Herrn Dr. Steffen Lepa (TU). Funktion der Forschungsgruppe ist aufgrund der fachlichen Expertise in den Themenfeldern Audio- und Beschallungstechnik unter anderem die Verifikation der zu besuchenden Veranstaltungen, nachdem eine Vorauswahl der beiden Studierenden in Form einer Liste präsentiert wurde. Nach vorangegangenen Gesprächen ist dabei aufgrund der Aussagefähigkeit der Daten eine möglichst große Vielfalt an Beschallungsszenarien zu beachten. Des Weiteren sind Informationen zur Veranstaltungsart, Raumcharakteristik, ungefährer Kapazität und den verwendeten Beschallungsanlagen zu beschaffen, um eine für die Beschallungstechnik allgemein gültige Auswahl an Veranstaltungen zu generieren. Außerdem war die Forschungsgruppe signifikant an der Konstruktion der Fragebögen und an der statistischen Aufarbeitung der Ergebnisse beteiligt, sodass viele der im methodischen und analytischen Vorgehen getroffenen Entscheidungen im Kollektiv und nach vorheriger Absprache erfolgten.

5.3 AUSWAHL DER VERANSTALTUNGSORTE

Bei der Auswahl der Veranstaltungen spielen einige übergeordnete Aspekte eine grundlegende Rolle. Zunächst beeinträchtigt der Zeitraum, in dem die Befragungen durchgeführt werden, die Veranstaltungsauswahl. Aufgrund der Tatsache, dass die Befragungen im Zeitraum von Februar bis April 2023 erfolgen, gab es keinerlei Möglichkeiten für die Forschungsarbeit durchaus relevante Beschallungen im Freifeld in Form von Open-Air-Veranstaltungen zu besuchen, da diese im Winter und Frühjahr so gut wie gar nicht stattfinden. Vorangegangene Recherchen ergaben zwar ein paar wenige potenziell geeignete Veranstaltungen wie bspw. die Silvesterfeier 2022 am Brandenburger Tor in Berlin, aber aufgrund der Einmaligkeit dieser Veranstaltungen und des ungünstigen Zeitpunkts umgehend nach Beginn der Forschungsarbeit, wurde in Rücksprache mit der Forschungsgruppe von einer Mitaufnahme von Open-Air-Veranstaltungen abgesehen. Die gesamte Arbeit und die daraus resultierenden Ergebnisse beziehen sich somit nur auf Veranstaltungen innerhalb von geschlossenen Räumen. Dieser Umstand ist von enormer Wichtigkeit, da der Klang von Beschallungsanlagen signifikant von der Raumakustik beeinflusst wird.

Eine weitere Einschränkung bei der Veranstaltungsauswahl ergibt sich durch die Ortsgebundenheit der beiden Forschungspartner Herrn Schulte und Herrn Büchner. Da die Befragungen die stetige Anwesenheit mindestens einer fachkundigen Person - Näheres dazu im Kapitel 5.5.1 - erfordern, und bis auf ein kleines Budget zur Schaffung von Anreizen keine Forschungsmittel zur Personalakquise zur Verfügung stehen, finden alle zu besuchenden Veranstaltungen in Berlin und Umgebung statt.

In ersten Gesprächen zu den Veranstaltungen wurden in der Forschungsgruppe zunächst die unterschiedlichen Veranstaltungsarten diskutiert. Um ein allgemeingültiges Messinstrument für die Qualität von Beschallungsanlagen zu entwickeln, war es dabei von besonderer Wichtigkeit eine Vielzahl von unterschiedlichen Inhalten und Veranstaltungsarten bei den Befragungen abzudecken.

Die Forschungsgruppe kam dabei zu dem Ergebnis, eine grobe Kategorisierung der Veranstaltungsarten wie folgt vorzunehmen:

- Sprachbeschallungen (Konferenzen, Messen, Theater o.Ä.)
- Beschallungen mit klassischer Musik
- Beschallungen mit Rock/Pop/Jazz-Musik
- Beschallungen mit elektronischer Musik

Insgesamt werden also die zwei Teilbereiche Sprache und Musik fokussiert, mit einer genaueren Unterteilung des Bereichs Musik. Diese Entscheidung ging mit den Überlegungen innerhalb der Forschungsgruppe einher, inwieweit sich tontechnische Unterschiede in der Beschallungstechnik übergeordnet kategorisieren lassen. Hinter der gewählten Unterteilung steht dabei die Hypothese, dass die klangästhetischen und technischen Anforderungen und Erwartungen bei Beschallungen mit Musik, anders als bei Sprachbeschallungen, zum Teil stark variieren und somit eine möglichst große Bandbreite der Versuchsumgebung gewährleistet wird. Im Konkreten bedeutet das, dass die Beurteilung über die Qualität von Beschallungen mit klassischer Musik ganz anderen Gütekriterien unterliegt wie die Beurteilung über die Qualität von Beschallungen mit Rock/Pop/Jazz- oder elektronischer Musik. Da im Versuchszeitraum klassische Konzerte mit Beschallungsanlagen nur selten und vereinzelt vorkommen, können nach Rücksprache mit der Forschungsgruppe keine derartigen Veranstaltungen besucht werden. Allerdings werden einige Theater-Veranstaltungen besucht, bei denen ein Orchester das Stück begleitet und über die Beschallungsanlage wiedergegeben wird, um diesen Umstand zu kompensieren.

In der Fachliteratur werden neben der Sprache und Musik auch noch andere relevante akustische Ereignisse wie Geräusche von Autoren wie Theo Van Leeuwen genannt.[134] In der Beschallungstechnik kommen Geräusche hauptsächlich zur Maskierung zum Einsatz, zum Beispiel, um in Banken andere Kundengespräche akustisch zu verdecken. Dabei verhält sich dieser Fall umgekehrt zu normalen Beschallungssituationen, da statt dem Nutzsignal Störgeräusche eingespielt werden.[135] Aufgrund der grundlegend anderen Funktion von Beschallungen mit Maskierungsgeräuschen und der damit einhergehenden unterschiedlichen Beurteilung von Qualitätsmerkmalen, wurde diese Kategorie akustischer Ereignisse bei der Auswahl der Veranstaltungsarten nicht weiter berücksichtigt und wird nur aus Gründen der Vollständigkeit genannt.

Die Auswahl der Veranstaltungen begann unter den anfangs genannten zeitlichen und örtlichen Eingrenzungen und Kategorisierungen mit einer ersten Recherche, bei der alle potenziellen Veranstaltungsorte gesammelt und in einer Excel-Tabelle erfasst wurden. Anschließend wurden die benötigten Daten zum Anlagentyp, zur ungefähren Kapazität und zur Raumcharakteristik durch eine Online-Recherche und direkte Kontaktaufnahme mit den Veranstaltungsorten ergänzt. Die daraus resultierende Liste enthielt insgesamt 41 Veranstaltungsorte, die anschließend alle kontaktiert und für die Durchführung der Befragungen angefragt wurden. Nachfolgend wurde die Liste in insgesamt drei Kategorien unterteilt:

1. Kategorie: Veranstaltungsorte mit positiver Rückmeldung
2. Kategorie: Veranstaltungsorte mit keiner oder unsicherer Rückmeldung
3. Kategorie: Veranstaltungsorte mit negativer Rückmeldung

[134] vgl. Van Leeuwen, Theo (1999): Speech, Music, Sound, S. 1
[135] vgl. Ahnert, Wolfgang, Goertz, Anslem (2008): Beschallungstechnik, Beschallungsplanung und Simulation, S.494

Die Kategorisierung diente dabei lediglich dem Zweck den derzeitigen Stand in der Forschungsgruppe zu präsentieren und zu diskutieren. Im Laufe des Forschungsprojektes wechselten die Kategorien einiger Veranstaltungsorte vermehrt und nur die erste Kategorie ist für die Durchführung der Befragung von Relevanz. Daher zeigt Tabelle 1 im Folgenden die aus der gesamten Liste extrahierten Veranstaltungsorte mit positiver Rückmeldung. Nicht an allen dieser Veranstaltungsorte konnten dabei aus verschiedenen Gründen Befragungen – nähere Erläuterungen dazu erfolgen in Kapitel 5.5.2 – durchgeführt werden.

Veranstaltungsort	Stadt	Datum	Anlagentyp	Hersteller/Kommentar	Raumcharakteristik (falls bekan	Kapazität	Inhalt (falls bekannt)	Quellenangabe
Berliner Ensemble	Berlin	flexibel	Augmented-Array	d&b Doppelcluster, Augmented Array AL60 (oben) und AL90 (unten) + 4x d&b 4s an vorderer Bühnenkante + Immersive Sound, d&b soundscape	Theatersaal, hallig	ca. 700 Personen	Sprache / Orchester	vgl. Höpfner (2022): Neues Beschallungssystem für Berliner Ensemble
About Blank, Lobby	Berlin	flexibel	Punktschallquelle, 4-Punkt	Bassreflex, mit vielen Fills	lang & schmal, hallig	ca. 300 Personen	elektronische Musik	persönlicher Kontakt zum Veranstaltungsort
About Blank, MDF	Berlin	flexibel	Punktschallquelle	Bassreflex-System, Cardiodid-Subwoofer-System	klein	ca. 300 Personen	elektronische Musik	persönlicher Kontakt zum Veranstaltungsort
AEDEN	Berlin	flexibel	Punktschallquelle, 4-Punkt, Bass: Mono-Cluster	KV2 Audio, horngeladen	klein, Dielenboden	ca. 100 Personen	elektronische Musik	persönlicher Kontakt zum Veranstaltungsort
AEDEN Garten	Berlin	flexibel	Punktschallquelle, 4-Punkt, Bass: Mono-Cluster	KV2 Audio, horngeladen, Bassboden	draußen, Raum mit Brettern	ca. 100 Personen	elektronische Musik	persönlicher Kontakt zum Veranstaltungsort
AEVE Floor oben	Berlin	flexibel	Punktschallquelle, 4-Punkt	Porter, Hornsub Mono-Cluster	klein, Dielenboden	ca. 200 Personen	elektronische Musik	persönlicher Kontakt zum Veranstaltungsort
AEVE Floor unten	Berlin	flexibel	Punktschallquelle, 4-Punkt, Sub: Mono-Cluster	Funktion One, Res 2 & F 218 monocluster	klein, hallig, Dielenboden	ca. 200 Personen	elektronische Musik	persönlicher Kontakt zum Veranstaltungsort
Axika Kongress- und Tagungszentrum	Berlin	flexibel	Line-Array mit Mono-Bässen, div. Punkt- und Linienschallquellen	Festinstallation Coda Coray, Linienstrahler gestacked auf Coda G15 Bässe, HOPSS als Center-Fill	Glasdach und Betondach, viele Echos	ca. 500 Personen	Sprache oder Rock/Pop/Jazz	persönlicher Kontakt zum Veranstaltungsort
Café Moskau	Berlin	flexibel	Punktschallquelle, Bass: Mono-Cluster	verschiedene Anlagen je nach Saal, hauptsächlich CODA HOPSS Punktschallquellen (Fullrange für Hintergrund oder wahlweise mit 15"-Bässen für Tanzflächenbeschallung)	hohe Decken und keine akkustischen Maßnahmen, sehr hallig	variiert nach Räumlichkeit und Bestuhlung	Sprache oder Rock/Pop/Jazz	persönlicher Kontakt zum Veranstaltungsort
Kesselhaus	Berlin	flexibel	Line-Array mit Mono-Bässen	L'acoustics Kara 2, 2X8 Front / 2X4 Rear mit 2X6 SB18 Bässen unter der Bühne	Maschinenhaus, hallig	ca. 500 Personen	Rock/Pop/Jazz	Vgl. Kesselhaus (Hrsg. O.J.): Kesselhaus Sound, sowie persönlicher Kontakt zum Veranstaltungsort
Lido	Berlin	flexibel	Punktschallquelle, Cluster	Hauptanlage: 8x Martin Audio W8C Topteile (3-Wege, horngeladen), 8x Martin Audio WSX Subbass, hintere Anlage: 4 x Altec Lansing Cabinet mit 2 x 15" Koaxiallautsprecher / 2 x 15" Basslautsprecher	kleiner Saal	ca. 600 Personen	Rock/Pop/Jazz	Vgl. Lido (Hrsg. o.J.): Venue Specs
QS1 Event Location	Berlin	flexibel	Punktschallquelle, 4-Punkt	Function One	nicht bekannt	nicht bekannt		persönlicher Kontakt zum Veranstaltungsort
Re:mise, Floor oben	Berlin	flexibel	Punktschallquelle, 4-Punkt, Bass: Mono-Cluster	KV2, Horngeladen	klein	nicht bekannt	elektronische Musik	persönlicher Kontakt zum Veranstaltungsort
Re:mise, Floor unten	Berlin	flexibel	Punktschallquelle, stereo, Bass: Mono-Cluster	KV2, Bassreflex-Horn-Hybrid	klein, Betonkeller, tiefe Decken	nicht bekannt	elektronische Musik	persönlicher Kontakt zum Veranstaltungsort
Waschhaus Arena	Potsdam	flexibel	Line-Array mit Mono-Bässen	L'acoustics Kara 2	Steinwände, viele Resonanzen im unteren Frequenzbereich	ca. 1200 Personen	Rock/Pop/Jazz und elektronische Musik	Vgl. Schiffbauergasse (Hrsg. o.J.): Waschhaus Arena, sowie persönlicher Kontakt zum Veranstaltungsort
Zur Klappe	Berlin	flexibel	Punktschallquelle	Turbosound, Bassreflex	sehr klein, gefliest, hallig	nicht bekannt	elektronische Musik	persönlicher Kontakt zum Veranstaltungsort

Tabelle 1: Veranstaltungsorte mit positiver Rückmeldung für die Befragungsdurchführung

Die Tabelle von den Veranstaltungsorten wurde anschließend der Forschungsgruppe präsentiert und deckt nach kurzer Rücksprache einen Großteil der in der Praxis häufig verwendeten Beschallungsszenarien ab. Anknüpfend an Kapitel 4.2.5.4 Anordnungskonzepte lassen sich bei den Veranstaltungsorten Punkt- und Linienschallquellen von in der Praxis bekannten Herstellern finden, die zum Teil zu Clustern zusammengefasst wurden. Der Begriff 4-Punkt meint dabei eine Beschallungssituation, bei der insgesamt vier Lautsprecher für den Mittel- und Hochtonbereich in den vier Raumecken stereophon verwendet werden. Je nach Veranstaltungsort wird der Tieftonbereich durch monophone Basslautsprecher abgedeckt, die bspw. an einer Raumseite positioniert werden. Die in den ausgewählten Veranstaltungsorten übliche Signalverteilung der vier Topteile gestaltet sich bei einer Betrachtung eines viereckigen Raumes von oben wie folgt:

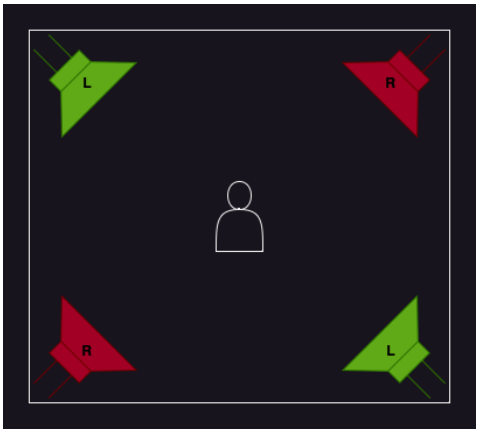

Abbildung 10: Beispielhafte Signalverteilung für Topteile bei einer 4-Punkt-Beschallung

Die Anordnung der Lautsprecher weist somit an jeder Raumseite ein stereophones Klangbild auf, wobei die den jeweiligen Seiten zugehörigen Kanäle je nach Blickrichtung auch invertiert sein können. Die Auflistung in Tabelle 1 dient dabei lediglich einem groben Überblick über die möglichen Beschallungsszenarien, da viele Veranstaltungsorte unterschiedliche Veranstaltungsarten betreuen, bei denen sowohl die Kapazität als auch die tontechnische Ausrüstung zum Teil variieren kann. Auch die modernen Line-Arrays von größeren Herstellern wie L-Acoustics sind an zwei Veranstaltungsorten vertreten. Die Anordnung der einzelnen Lautsprecher im Line-Array erfolgte dabei laut Angabe der Veranstaltungsorte jeweils mit dem herstellereigenen Programm Soundvision.[136]

[136] vgl. L-Acoustics Group (Hrsg., o.J.): Soundvision

Eine besondere und für diese Untersuchung einmalige Beschallungsanlage der in Tabelle 1 aufgeführten Veranstaltungsorte lässt sich im Berliner Ensemble finden. Mithilfe des von der Firma d&b entwickelten Soundscape-Systems wird im großen Haus der Spielstätte ein sogenanntes Augmented-Array geschaffen. Dazu wurden insgesamt vier Doppel-Cluster von Punktschallquellen oberhalb der Portalöffnung, sowie weitere Punktschallquellen an der vorderen Bühne angebracht, wie in Abbildung 11 zu erkennen ist.[137]

Abbildung 11: Augmented-Array mit d&b Soundscape im Berliner Ensemble,
Quelle: d&b audiotechnik GmbH & Co. KG

Die Spielstätte verfügte zudem bereits vorher über mehrere Lautsprecher des gleichen Herstellers an den beiden Seiten der Portalöffnung, sowie über kugelförmig abstrahlende Bassreflex-Tieftöner, die in die Lüftungskanäle unter dem Parkett integriert sind und zur Erzeugung atmosphärischer Effekte verwendet werden. Herzstück der Beschallungsanlage ist dabei die d&b DS100 Signal Engine, mit der sich über das Netzwerkprotokoll Dante die Signale einzeln an die Lautsprecher verteilen lassen.[138]

[137] vgl. Höpfner, Detlef (2022): Neues Beschallungssystem für Berliner Ensemble
[138] vgl. ebd.

Mithilfe der beiden herstellereigenen Werkzeuge En-Scene und En-Space lassen sich so komplexe Positionierungen von Schallquellen und Raumanpassungen vornehmen. Das Ergebnis ist eine deutlich verbesserte Lokalisierbarkeit, Natürlichkeit und ein damit einhergehender reduzierter Pegel für das Publikum.[139] [140] Aus einem persönlichen Gespräch mit dem technischen Direktor Stephan Besson im Rahmen dieser Forschungsarbeit ging hervor, dass die primäre Zielsetzung bei der Installation des Soundscape-Systems eine homogene und natürliche Beschallung möglichst aller Publikumsränge gewesen ist. In der Vergangenheit kam es mit der vorherigen Beschallungsanlage bei einigen Produktionen zu Problemen der Lokalisierbarkeit von Schallquellen, sowie der Sprachverständlichkeit.

Bei der Angabe der Raumcharakteristik wurde auf eine ursprünglich angedachte Messung der Nachhallzeit verzichtet, da erste Versuche eine signifikante Änderung der Nachhallzeit nach Veranstaltungstyp aufzeigten und die Daten im Rahmen dieser Forschungsarbeit nur bedingt interpretiert und ausgewertet werden können. Wie in Kapitel 4.2.6 schon erläutert, ist dieser Umstand durch die Komplexität raumakustischer Phänomene wie u.a. dem Publikumseffekt zu erklären. Da es zu beiden Themenfeldern bereits dedizierte Forschungsarbeiten gibt und das Ziel des Experimentes keine Ursachenforschung ist, wurde sich auf eine annähernde und allgemeinverständliche Beschreibung der Raumcharakteristik zur besseren Beurteilung der Veranstaltungsorte in der Forschungsgruppe verständigt. Die Angaben entsprechen dabei der subjektiven Einschätzung und Beobachtung der zwei Forschungspartner Herrn Schulte und Herrn Büchner, sowie des technischen Personals in den Veranstaltungsorten und erheben aufgrund zu geringer Relevanz für das Forschungsziel keinen Anspruch auf Objektivität.

[139] vgl. Höpfner, Detlef (2022): Neues Beschallungssystem für Berliner Ensemble
[140] vgl. d&b Audiotechnik (Hrsg. o.J.): Das d&b Soundscape Konzept

5.4 KONSTRUKTION DER FRAGEBÖGEN

Die Konstruktion der Fragebögen basiert neben Vorgaben und Impulsen aus der Forschungsgruppe auf einigen allgemeinen Annahmen aus der Fachliteratur, wie das von Diekmann beschriebene Vorgehen beim Erstellen von Fragebögen. Dabei werden zunächst insgesamt fünf Module zur thematischen Kategorisierung definiert, die im Folgenden als Fragengruppen bezeichnet werden.[141] Die Fragengruppen stellen sich dabei wie folgt dar:

- G1 - Allgemeine Fragen zur Veranstaltung
- G2 - Erfahrungen mit Beschallungsanlagen
- G3 - Ihr Klangeindruck der Beschallungsanlage
- G4 - Ihr Klangeindruck der Beschallungsanlage (Fachkundige)
- G5 - Fragen zu Ihrer Person

Bei den allgemeinen Fragen zur Veranstaltung geht es zunächst darum, einige für die spätere Auswertung relevante Daten wie den Veranstaltungsort und das Datum des Veranstaltungsbeginns zu erfragen. Letzteres wird als zusätzliche Informationsangabe implementiert, falls die Veranstaltung bereits am Vortag begonnen hat und der von Lime Survey erstellte Zeitstempel nicht mehr zum Veranstaltungsdatum passt. Außerdem erfolgt eine Abfrage nach der Frequenz, in der die Testpersonen in den letzten sechs Monaten Veranstaltungen besucht haben. Anschließend wurden die Testpersonen danach befragt, wie gut sie die Veranstaltung im Allgemeinen und im Speziellen die künstlerische Darbietung empfanden. Diese beiden Fragen wurden gestellt, um mögliche Korrelationen zu den Bewertungen der PAQI-Begriffe untersuchen zu können. Die in der Forschungsgruppe aufgestellte Hypothese dazu lautet, dass die generelle Beurteilung der Veranstaltung die Klangwahrnehmung beeinflussen kann, was sich wiederum mit der in Kapitel 4.3 erläuterten Komplexität der Einflussfaktoren von Lautereignissen nach Raffaseder erklären lässt.[142] [143] [144]

---

[141] vgl. Diekmann, Andreas (2007): Empirische Sozialforschung: Grundlagen, Methoden, Anwendungen, S. 483
[142] vgl. Anhang: Fragebogen, G1 – Allgemeine Fragen zur Veranstaltung
[143] siehe auch: Kapitel 4.3 Wahrnehmung von Klang
[144] vgl. Raffaseder, Hannes (2010): Audiodesign, S. 33 ff

In der zweiten Fragengruppe werden anschließend Erfahrungen zum Umgang mit Beschallungsanlagen abgefragt. Ziel dieser Fragestellungen ist es, die Expertise der Testpersonen bewerten zu können, um diese anschließend in insgesamt zwei Versuchsgruppen aufzuteilen, wie es dem Vorgehen bei Quasi-Experimenten entspricht.[145] Zunächst wird dabei eine nach Diekmann definierte Verhaltensfrage als Retrospektivfrage gestellt, nämlich die Häufigkeit der in den letzten sechs Monaten besuchten Veranstaltungen, auf denen Beschallungsanlagen verwendet wurden. Aufgrund der schwierigen Lage der Veranstaltungsbranche während und nach der Corona-Pandemie, wurde der relevante Zeitraum von der Forschungsgruppe auf sechs Monate festgelegt, um unverfälschtere Aussagen über die Frequenz der Veranstaltungsbesuche zu generieren.[146] [147]

Die anschließenden Fragen zu Berufs-, Bildungs- und Hobbyerfahrung sind dabei nach Diekmann als Filterfragen bzw. Gabeln zu verstehen, die durch diese Dreiteilung nach vorangegangener Diskussion in der Forschungsgruppe alle relevanten Teilbereiche von Erfahrungen mit Beschallungsanlagen abdecken.[148] Um sich bei der fachlichen Expertise nicht lediglich auf die Berufs- und Bildungserfahrung zu fokussieren und somit in der Vermutung viele fachkundige Personen nicht als solche im Fragebogen definiert werden, wurde eine Abfrage nach Erfahrungswerten im Hobbybereich oder Ehrenamt hinzugefügt. Diese Annahme basiert auf der Hypothese der Forschungsgruppe, dass es eine nicht unerhebliche Menge fachkundiger Personen gibt, die bisher allerdings nicht im beruflichen Kontext mit Beschallungsanlagen zu tun hatten.[149] Aufgrund der komplexen Verzweigung, die in der Fragengruppe G2 die Testpersonen in eine Versuchs- und eine Kontrollgruppe aufteilt, ist ein Flussdiagramm zum besseren Verständnis, wie von Diekmann vorgeschlagen, durchaus sinnvoll.[150] In Abbildung 12 ist daher die Systematik des Fragebogens dargestellt, mit besonderem Fokus auf die in der Fragengruppe G2 erstellten Bedingungen und Verzweigungen.

---

[145] vgl. Diekmann, Andreas (2007): Empirische Sozialforschung: Grundlagen, Methoden, Anwendungen, S. 356
[146] vgl. ebd. S. 471 ff
[147] vgl. Anhang: Fragebögen, G2 - Erfahrungen mit Beschallungsanalagen
[148] vgl. Diekmann, Andreas (2007): Empirische Sozialforschung: Grundlagen, Methoden, Anwendungen, S.484
[149] vgl. Anhang: Fragebögen, G2 - Erfahrungen mit Beschallungsanalagen
[150] vgl. Diekmann, Andreas (2007): Empirische Sozialforschung: Grundlagen, Methoden, Anwendungen, S.484

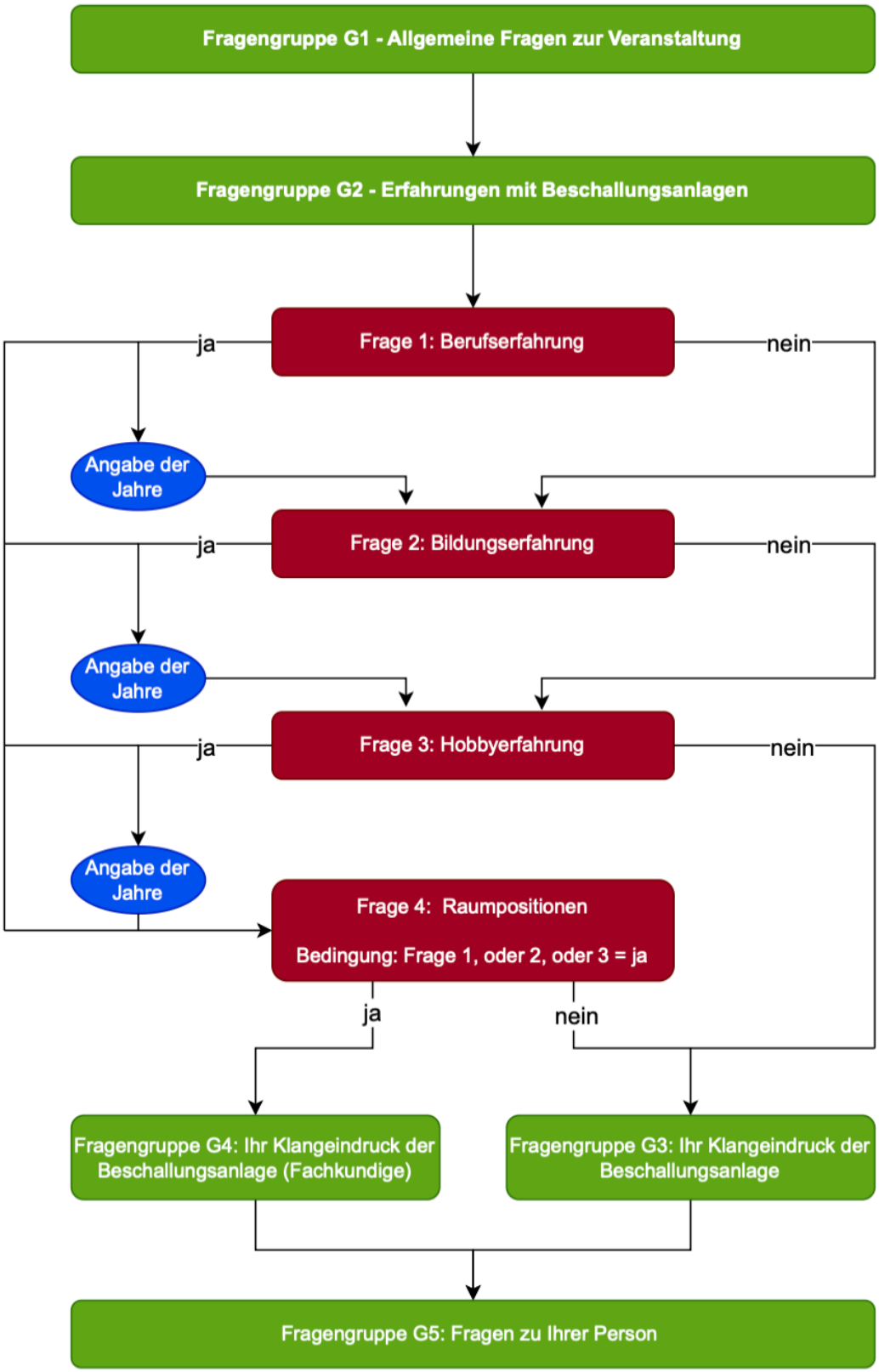

Abbildung 12: Systematik des Fragebogens

Aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit wurden dabei die drei Hauptfragen nach den Berufs-, Bildungs- und Hobbyerfahrungen so verschachtelt, dass nur bei der Antwort ‚ja' die Anzahl der Jahre zur späteren deskriptiven Auswertung angegeben werden müssen. Die Aufteilung in die Versuchs- und Kontrollgruppe erfolgt dabei nach dem Kriterium der für die Befragung relevanten fachlichen Expertise, die mithilfe einer Schlüsselfrage ermittelt wird. Die in Abbildung 12 dargestellte Frage nach den Raumpositionen fragt dabei ab, inwiefern sich die Testpersonen systematisch an verschiedenen Positionen im Raum einen Eindruck über die Beschallungsanlage verschafft haben. Die Frage erscheint allerdings nur unter der Bedingung, dass mindestens eine der vorherigen Fragen zur Berufs-, Bildungs- und Hobbyerfahrung mit ‚ja' beantwortet wurde. Diese zusätzliche Verzweigung ist mit der Skalierung der PAQI-Termini zu erklären, auf die im Folgenden noch näher eingegangen wird. [151]

Die Fragengruppen *G3 – Ihr Klangeindruck der Beschallungsanlage* und *G4 – Ihr Klangeindruck der Beschallungsanlage (Fachkundige)* basieren dabei auf dem von Kuball erstellten Public Address System Quality Inventory (PAQI), welches in Abbildung 13.1 bis 13.3 dargestellt wird. Nach Rücksprache mit der Forschungsgruppe bekommen beide Fragengruppen alle Termini in randomisierter Reihenfolge, wobei die Kontrollgruppe der fachkundigen Personen die Termini anhand der in der Abbildung zu sehenden zusätzlichen ortsbezogenen Skala bewerten soll.[152]

[151] vgl. Anhang: Fragebogen, G2 - Erfahrungen mit Beschallungsanalagen
[152] vgl. Kuball (2022): Entwicklung eines Vokabulars zur qualitativ-sensorischen Beurteilung von Publikumsbeschallungsanlagen (Public Address System Quality Inventory, PAQI), S. 39-41

Position	Kategorie	Terminus	Unspezifische Skala	Ortsbezogene Skala
1.1	Gesamteindruck	Akustischer Gesamteindruck	*schlecht - gut*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
1.2		Auflösung	*gering- hoch*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
1.3		Fettheit	*schwach ausgeprägt - stark ausgeprägt*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
1.4		Gefallen	*schlechter - besser*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
1.5		Impulstreue	*gering - hoch*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
1.6		Natürlichkeit	*gering - hoch*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
1.7		Verfärbtheit	*gering - stark*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
2.1	Klarheit	Direktheit	*gering - hoch*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
2.2		Durchsichtigkeit	*gering - hoch*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
2.3		Klarheit	*gering - hoch*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
2.4		Sprachverständlichkeit	*gering - hoch*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
3.1	Klangfarbe	Bandbreite	*gering - hoch*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
3.2		Basswiedergabe	*schwach ausgeprägt - stark ausgeprägt*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
3.3		Brillanz	*gering - hoch*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
3.4		Dröhnen	*gering - hoch*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
3.5		Druck	*gering - hoch*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
3.6		Dumpfheit	*gering - hoch*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
3.7		Härte	*gering - hoch*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*

Abbildung 13.1: Public Address System Quality Inventory (PAQI) 1/3, Quelle: Kuball (2022)

Position	Kategorie	Terminus	Unspezifische Skala	Ortsbezogene Skala
3.8	Klangfarbe	Höhenwiedergabe	*schwach ausgeprägt - stark ausgeprägt*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
3.9		Metallischer Klang	*schwach ausgeprägt - stark ausgeprägt*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
3.10		Mittenwiedergabe	*schwach ausgeprägt - stark ausgeprägt*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
3.11		Nasalität	*gering - hoch*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
3.12		Präsenz	*gering - hoch*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
3.13		Schärfe	*schwach ausgeprägt - stark ausgeprägt*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
4.1	Lautheit	Dynamik	*weniger - mehr*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
4.2		Lautheit	*gering - hoch*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
5.1	Lokalisation	Distanz	*gering - hoch*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
5.2		Eindruck räumlicher Breite	*schwach ausgeprägt - stark ausgeprägt*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
5.3		Eindruck räumlicher Tiefe	*schwach ausgeprägt - stark ausgeprägt*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
5.4		Lokalisierbarkeit	*schwach ausgeprägt - stark ausgeprägt*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
5.5		Stereophoner Eindruck	*schwach ausgeprägt - stark ausgeprägt*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
6.1	Artefakte / Fehler	Halligkeit	*gering - hoch*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
6.2		Hörbares Hintergrundrauschen	*wenig - viel*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
6.3		Phasigkeit	*gering - hoch*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
6.4		Rauigkeit	*schwach ausgeprägt - stark ausgeprägt*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
6.5		Räumliche Diskrepanz Hören und Sehen	*schwach ausgeprägt - stark ausgeprägt*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
6.6		Schrillheit	*schwach ausgeprägt - stark ausgeprägt*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
6.7		Störgeräusche	*schwach ausgeprägt - stark ausgeprägt*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
6.8		Verzerrtheit	*schwach ausgeprägt - stark ausgeprägt*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*

Abbildung 13.2: Public Address System Quality Inventory (PAQI) 2/3, Quelle: Kuball (2022)

Position	Kategorie	Terminus	Unspezifische Skala	Ortsbezogene Skala
6.9	Artefakte / Fehler	Wahrnehmbarkeit von Echos	*gering - hoch*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*
6.10		Zeitlicher Versatz Hören und Sehen	*gering - hoch*	*gleichmäßig - ungleichmäßig*

Abbildung 13.3: Public Address System Quality Inventory (PAQI) 3/3, Quelle: Kuball (2022)

Die Fragegruppe *G5 – Fragen zu Ihrer Person* zielt dabei auf die nach Diekmann definierten sozialstatistischen Merkmale ab und dient zur demographischen Einordnung der Testpersonen.[153] Die Fragen nach Geschlecht, Geburtsjahr und Bildungsabschluss orientieren sich dabei zum Teil an den vom statistischen Bundesamt veröffentlichten demographischen Standards.[154] Allerdings wurden ein paar Modifikationen der Fragen vorgenommen, wie zum Beispiel das Hinzufügen der Beantwortungsoption ‚divers' bei der Frage nach dem Geschlecht, oder der Reduktion der Antwortmöglichkeiten für die Bildungsabschlüsse.

In der Forschungsgruppe kam zudem die Hypothese auf, dass der Einfluss von Substanzen wie Alkohol und Drogen die Wahrnehmung der Testpersonen deutlich verändern und somit die Untersuchungsergebnisse verzerren kann. Die Thematik geht neben Überlegungen zur Wirkung von Substanzen aber auch mit soziokulturellen Aspekten einher, wie von Holbein in dem Radiobeitrag ‚Glitzernd… pulsierend… eine endlose Zeit. Wie sich Musik unter Drogeneinfluss verändert' in der von Frank Hilberg moderierten WDR-Sendung ‚Genies schreiben über Musik' beispielhaft verdeutlicht.[155] Als Resultat dieser Überlegungen wurde die Frage nach der Fahrtauglichkeit als Kontrollvariable hinzugefügt.

[153] vgl. Diekmann, Andreas (2007): Empirische Sozialforschung: Grundlagen, Methoden, Anwendungen, S. 474
[154] vgl. Statistisches Bundesamt (Hrsg., 2016): Statistik und Wissenschaft, Demografische Standards Ausgabe 2016, Demographische Standards – für persönlich-mündliche und schriftliche Befragungen
[155] vgl. WDR (Hrsg. 2023): Genies schreiben über Musik, Ulrich Holbein – Glitzernd… pulsierend… eine endlose Zeit. Wie sich Musik unter Drogeneinfluss verändert.

Da es sich bei der Auskunft über die Nüchternheit der Testpersonen um sensible Daten handelt, wurde auf eine genauere Klassifizierung verzichtet und lediglich abgefragt, inwiefern sich die Testpersonen im verkehrsrechtlichen Sinne als fahrtauglich einschätzen, um einen Referenzpunkt zur Orientierung vorzugeben.

5.4.1 Fragentypen und Skalierungen

Nach Diekmann und Scheuch werden in dem erstellten Fragebogen vornehmlich die Fragentypen der geschlossenen Fragen in Form von dichotomen Ja-Nein-Fragen, sowie Auswahlfragen mit und ohne Bewertung verwendet. Lediglich in der Fragengruppe zu den Erfahrungen mit Beschallungsanlagen werden einige Filterfragen und Gabeln verwendet, wie im vorangegangenen Kapitel bereits erläutert.[156] [157]

Die Vorteile von geschlossenen Fragen mit vorgegebenen Antwortmöglichkeiten liegen dabei bei einer höheren Durchführungs- und Auswertungsobjektivität, sowie in einem geringeren Zeitaufwand für die Befragten als bei offen formulierten Fragen. Der Kern der Befragung, nämlich die Bewertung der einzelnen PAQI-Termini, entspricht dabei dem nach Diekmann in der Forschung häufig verwendeten Standard zur Evaluation von Einstellungen oder Bewertungen in Personenbefragungen.[158]

So erfolgt die Bewertung anhand der von Kuball im PAQI definierten Termini, weiterführend auch als Items bezeichnet, auf einer Bewertungsskala von 0-100. Dabei werden die im PAQI definierten Skalen in Form der unspezifischen und ortsbezogenen Skala auf die Versuchs- und Kontrollgruppe aufgeteilt, sodass lediglich fachkundige Personen in der Kontrollgruppe (Fragengruppe G4) die Termini anhand beider Skalen bewerten sollen. Die Versuchsgruppe (Fragengruppe G3) hingegen bewertet alle Begriffe ausschließlich anhand der unspezifischen Skala. Dieser Umstand geht mit einer in der Forschungsgruppe geführten Diskussion einher, dass die ortsbezogene Skala lediglich von fachkundigen Personen sinnvoll bewertet werden kann.[159]

---

[156] vgl. Diekmann, Andreas (2007): Empirische Sozialforschung: Grundlagen, Methoden, Anwendungen, S. 476 f
[157] vgl. Scheuch, Erwin K. (1973): Das Interview in der Sozialforschung
[158] vgl. Diekmann, Andreas (2007): Empirische Sozialforschung: Grundlagen, Methoden, Anwendungen, S. 471 f
[159] vgl. Abbildung 12.1 bis 12.3

Andere Bewertungsfragen wie die Fragen zum Gefallen der Veranstaltung und der künstlerischen Darbietung, die Frage zur Häufigkeit der besuchten Veranstaltungen sowie die Frage nach der Fahrtauglichkeit sind dabei in Anlehnung an die 5-Punkte-Likert-Skala formuliert.[160] [161]

Die Skalenniveaus bei den PAQI-Termini sind dabei als kontinuierliche, quantitative Variablen definiert, andere Fragen nach Gefallen, der Häufigkeit der Veranstaltungsbesuche, dem Geschlecht, dem Geburtsjahr, der Fahrtauglichkeit und dem Bildungsniveau sind als qualitative Skalenniveaus in Form von Nominal- (bspw. das Geschlecht) oder Ordinalskalen (bspw. das Bildungsniveau) definiert. [162] [163] Die Kategorisierung der Skalenniveaus ist dabei für die statistische Auswertung von Bedeutung, da diese in Jamovi definiert werden müssen und bei falscher Skalierung die errechneten Ergebnisse beeinflussen.

[160] vgl. Diekmann, Andreas (2007): Empirische Sozialforschung: Grundlagen, Methoden, Anwendungen, S. 472
[161] vgl. Anhang: Fragebogen
[162] vgl. Diekmann, Andreas (2007): Empirische Sozialforschung: Grundlagen, Methoden, Anwendungen, S. 285 ff
[163] vgl. Statistik-Nachhilfe (Hrsg. o.J.): Skalenniveaus

5.4.2 Hilfetexte für PAQI-Begriffe

Die in den Fragengruppen G3 und G4 enthaltenen Termini aus dem PAQI basieren auf der theoretischen Ausarbeitung in Form von Literaturrecherchen und einem Fokusgruppenverfahren, bei dem fachkundige Personen das Qualitätsinventar ergänzt, verändert und bewertet haben.[164] Die ursprüngliche Versuchsplanung sah dabei vor, die Termini in randomisierter Reihenfolge ohne weitere Erklärungen von den Testpersonen auf den jeweiligen Skalen bewerten zu lassen.

Mehrere Gespräche in der Forschungsgruppe und die gewonnenen Erkenntnisse aus den Vortestungen suggerieren dabei die Notwendigkeit von Hilfetexten für das PAQI. Hauptsächlich kam diese Erkenntnis dabei aus der qualitativen Rückmeldung einiger Testpersonen während der Vortestungen, dass der Fragebogen vorzeitig abgebrochen wurde, da ein Gefühl des Nichtverstehens einiger Begriffe die Motivation zur Komplettierung des Fragebogens deutlich beeinflusst hat. Die Erstellung der Hilfetexte ist dabei mit einem grundlegenden Widerspruch zum eigentlichen Forschungsvorhaben verbunden. Die statistische Auswertung anhand von quantifizierbaren Zahlenwerten durch die Bewertung der Testpersonen soll dabei Korrelationen zwischen den einzelnen Begriffen aufzeigen und durch die Stichprobengröße und Heterogenität der Inhalte und Beschallungsszenarien Effekte der subjektiven Wahrnehmung egalisieren.

Das Problem der subjektiven Wahrnehmung lässt sich dabei u.a. mit dem Symbolgehalt akustischer Ereignisse nach Raffaseder erklären. Dabei sind die Wirkung und Deutung akustischer Ereignisse wesentlich von Faktoren wie dem kulturellen, sozialen und historischen Umfeld, individuellen Prägungen (bspw. Bildung, Erfahrungen und Erwartungen) und der physischen und psychischen Verfassung des Rezipienten beeinflusst.[165]

[164] vgl. Kuball (2022): Entwicklung eines Vokabulars zur qualitativ-sensorischen Beurteilung von Publikumsbeschallungsanlagen (Public Address System Quality Inventory, PAQI)
[165] vgl. Raffaseder, Hannes (2010): Audiodesign, S. 49

Dieser komplexe Wirkungszusammenhang macht damit eine konkrete Definition der Begriffe obsolet, da die Begriffsdefinition – sofern sie nicht eindeutig literarisch begründet werden kann – immer beeinflusst ist von der individuellen Ausprägung der eben genannten Faktoren. Dennoch besteht das praktische Problem der Verständnishürde bei den Testpersonen, die zu Verzerrungen bei der Beantwortung des Fragebogens führen kann.

In direkter Kommunikation mit Herrn Dr. Steffen Lepa wurden daher für alle PAQI-Begriffe Hilfetexte erstellt, die lediglich Hinweise darauf geben, in welcher Richtung die Begriffe zu deuten sein könnten und dabei keinesfalls einer eindeutigen Begriffsdefinition entsprechen. Dabei sind die Hilfetexte als direkte Fragen formuliert und wurden in Lime Survey so programmiert, dass diese im Fragebogen nur durch aktives Anklicken geöffnet werden können, um Priming-Effekte zu vermeiden und den zunächst sichtbaren Informationsgehalt der Fragengruppe nicht zu überladen.[166]

[166] vgl. Anhang: Fragebogen, G3 & G4 unter ‚Hilfe' zu den jeweiligen Begriffen

5.5 BEFRAGUNGSDURCHFÜHRUNG

5.5.1 Vortest und Modifikationen

Vor der eigentlichen Befragungsdurchführung fanden diverse Vortestungen des Fragebogens statt, die allerdings nicht mit in die Ergebnisse einfließen. Die Notwendigkeit einer solchen Vortestung zur Modifikation des Fragebogens und Ermittlung der durchschnittlichen Bearbeitungszeit lässt sich dabei ebenfalls bei Diekmann in der Fachliteratur wiederfinden.[167] Lediglich die in der Ergebnistabelle notierte ID beginnt aus diesem Grund erst mit der Nummer 35, da es im Vorfeld insgesamt 34 Testdurchläufe an verschiedenen Veranstaltungsorten gegeben hat. Die Testpersonen waren dabei größtenteils bekannte Personen aus dem privaten und beruflichen Umfeld, die einige wichtige Hinweise zu Anpassungen des Fragebogens und zur allgemeinen Handhabung geben konnten.

Insgesamt war die qualitative Rückmeldung der Testpersonen dabei durchweg positiv, lediglich die Bearbeitungszeit wurde von allen als zu hoch für eine Befragung empfunden, die direkt im Feld stattfindet. Einige der PAQI-Termini wirkten auf einen Teil der Testpersonen, hier vor allem jene Personen mit wenig tontechnischem Vorwissen, befremdlich und konnten überhaupt nicht zugeordnet werden, wie vor allem der Begriff der Impulstreue. Das führte nach erneuter Rücksprache mit der Forschungsgruppe zu einer Reihe von minimalen Anpassungen in den Hilfe- und Einleitungstexten für die jeweilige Fragengruppe, die grundlegende Struktur wurde allerdings nicht verändert und der im Anhang dargestellte Fragebogen ist das finale Ergebnis, mit dem alle Datenerhebungen anschließend durchgeführt werden.

Außerdem wurde die grafische Darstellung der Schieberegler bei der Bewertung des PAQI-Qualitätsinventars mehrfach kritisiert. Die Regler lagen vor allem auf kleineren mobilen Endgeräten sehr dicht beieinander und ermöglichten so die versehentliche Änderung bereits eingestellter Werte. Daraufhin wurde die komplette Darstellungsstruktur für die Fragengruppe G3 und G4 nochmals komplett überarbeitet, die Regler in Lime Survey in ihrer Größe und Position verschoben und anschließend wieder ein Selbsttest an verschiedenen Geräten durchgeführt.

[167] vgl. Diekmann, Andreas (2007): Empirische Sozialforschung: Grundlagen, Methoden, Anwendungen, S. 485

5.5.2 Datenerhebungsphase

Die Datenerhebungsphase verläuft über insgesamt zwei Monate und findet in dem Zeitraum von Ende Februar bis Ende April 2023 statt. Dabei werden alle Veranstaltungsorte, die sich in Tabelle 1 befinden von den Studierenden besucht. Nach Möglichkeit sollen dabei pro Veranstaltungsort fünf Veranstaltungen mit unterschiedlichem Inhalt besucht werden, um auf einen Richtwert für die Stichprobengröße von ungefähr 300 zu kommen, wie in der Fachliteratur zur Faktorenanalyse von Fabrigar et al. empfohlen.[168] Nach den ersten Wochen im Feld sah sich die Forschungsgruppe allerdings mit mehreren Problemen in der Datenerhebungsphase konfrontiert.

Zunächst wurde festgestellt, dass die beiden Forschungspartner Herr Schulte und Herr Büchner die Befragungen proaktiv und vor Ort durchführen müssen, da vermehrte fachspezifische Rückfragen der Testpersonen auf allen Veranstaltungen aufkamen. Vor allem die PAQI-Termini, der eigentliche Kern der Befragung, wurde von einigen Testpersonen hinterfragt, da die allgemeine Annahme besteht, alle Begriffe in ihrer Bedeutung exakt verstehen zu müssen, um diese bewerten zu können. Mehrere Versuche die Befragungen von Drittpersonen durchführen zu lassen, um eine größere Stichprobe zu generieren, resultierten im Vortest bereits in deutlich weniger Datensätzen, von denen viele vorzeitig abgebrochen wurden und unvollständig waren.

Des Weiteren war die Reaktion der Testpersonen auf die Befragung bei den einzelnen Veranstaltungen außerordentlich unterschiedlich, was zu Verzerrungen in den generierten Datensätzen führt. Die Reaktion war dabei unter anderem vom Zeitpunkt und Ort abhängig, an dem die Befragung durchgeführt wurde. So werden sehr gute Ergebnisse erzielt, wenn die Testpersonen nach der Veranstaltung bspw. länger an der Garderobe anstehen müssen, da in diesem Fall eher die Bereitschaft bestand den Fragebogen vollständig und gewissenhaft zu beantworten.

[168] vgl. Fabrigar, Leandre R. et al. (1999): Evaluating the Use of Exploratory Factor Analysis in Psychological Research, Psychological Methods, S. 274

Diesen Ungleichmäßigkeiten im Verhalten der Testpersonen wurde nach vorheriger Absprache mit der Forschungsgruppe entgegengewirkt. Zum einen war auf jeder Veranstaltung immer mindestens einer der beiden Forschungspartner anwesend, um direkt auf die Testpersonen reagieren zu können und unter Umständen die Zielsetzung dieser Forschungsarbeit noch genauer zu erläutern.

Zum anderen wurde positive Verstärkung in Form von Süßigkeiten und Getränken für vollständig ausgefüllte Fragebögen gezielt eingesetzt, um den eben beschriebenen Effekten im Verhalten der Testpersonen entgegenzuwirken. Der Einsatz der positiven Verstärkung erfolgte dabei auf der Basis von Ermessensentscheidungen. War auf einer Veranstaltung die Ablehnung besonders hoch, oder die örtliche Situation provozierte ein schnelles Verlassen des Veranstaltungsortes, wurde die positive Verstärkung zur Kompensation eingesetzt.

Einige der in Tabelle 1 aufgelisteten Veranstaltungsorte konnten zudem trotz zunächst positiver Rückmeldung während der Datenerhebungsphase nicht besucht werden, was hauptsächlich durch die komplexen Verantwortlichkeiten in den Veranstaltungsorten und die Zeitlimitierung durch die Vorgaben der Hochschulen zu erklären ist. So erhielt die Forschungsgruppe zwar von allen Häusern zunächst eine positive Rückmeldung, als es dann aber um eine konkrete Terminplanung im besagten Zeitraum ging, musste das Einverständnis diverser anderer Abteilungen (z.B. Presse- und Öffentlichkeitsarbeit) und der Veranstalter eingeholt werden, wenn diese den Veranstaltungsort gemietet hatten.

Das führte bei einigen Veranstaltungsorten zu zeitaufwendigen Rücksprachen und mehrfacher Neuauswahl von geeigneten Veranstaltungen, bei denen dann wiederum andere Verantwortlichkeiten herrschten. Um diesem Umstand entgegenzuwirken, wurde im Plenum der Forschungsgruppe beschlossen, man könne einen Teil der Befragungen auch vor den Veranstaltungsorten durchführen, um das Einverständnisproblem zu egalisieren. Dieses Vorhaben wurde auch zum Teil umgesetzt, hat aber nicht die gewünschten Ergebnisse erzielen können, da die Ablehnungsquote deutlich höher ausgefallen ist. Dies könnte durch die niedrigen Temperaturen und den Umstand zu erklären sein, dass sich viele Testpersonen bereits auf dem Heimweg befanden und damit die Bereitschaft an der Befragung teilzunehmen deutlich gesunken ist.

5.6 AUSWERTUNGSVERFAHREN

Die gesamte Auswertung der in der Befragungsdurchführung generierten Datensätze wird mithilfe der Statistiksoftware Jamovi, sowie einiger für die verwendeten Module benötigter Zusatzpakete durchgeführt.[169] [170] [171] [172] [173]

Dazu werden zunächst einige Deskriptivstatistiken ausgewertet und analysiert, um die Testpersonen anhand der zuvor abgefragten Bewertungen und Merkmale zu beschreiben. Anschließend erfolgt der eigentliche Hauptteil der Auswertung, nämlich eine explorative und konfirmatorische Faktorenanalyse der bewerteten PAQI-Termini aus den Fragengruppen 3 und 4, um daraus ein perzeptives Messinstrument zur qualitativ-sensorischen Beurteilung von Beschallungsanlagen zu generieren. Die Faktorenanalyse dient dabei dem Zweck der Reduktion und Simplifizierung aller abgefragten PAQI-Termini (Items) und bildet dabei Kategorien, weiterführend auch Faktoren genannt, auf den die ausgewählten Begriffe laden. Die sogenannte Faktorladung kann dabei als Korrelationskoeffizient zwischen dem Item und dem Faktor verstanden werden und liegt in einem Wertebereich von -1 bis 1.[174] [175] Die aus den jeweiligen Fragengruppen generierten Modelle sollen anschließend als Versuchs- und Kontrollgruppe miteinander verglichen werden, um den Einfluss der fachlichen Expertise auf die qualitative Beurteilung von Beschallungsanlagen besser bewerten zu können. Das Fundamentaltheorem der Faktorenanalyse nach Brandt lässt sich dabei wie folgt formulieren:

> Die simultane modelltheoretische Dekomposition aller Items bedeutet, dass die beobachteten individuellen Itemwerte („Antwortmuster" der jeweiligen Testperson) durch eine endliche Anzahl von gemeinsamen Faktoren und einen verbliebenen, unerklärten Anteil beschrieben werden können. Diese Dekomposition wird als *Fundamentaltheorem* der Faktorenanalyse bezeichnet.[176]

[169] vgl. The jamovi project (2022). jamovi
[170] vgl. R Core Team (2021): R: A Language and environment for statistical computing
[171] vgl. Fox, John, und Weisberg, Sanford (2020): car: Companion to Applied Regression. Paket für die Programmiersprache R
[172] vgl. Revelle, William (2019): psych: Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research, Paket für die Programmiersprache R
[173] vgl. Rosseel, Yves et al. (2018): lavaan: Latent Variable Analysis. Paket für die Programmiersprache R
[174] vgl. Ellithorpe, Morgan (2017): Factor Analysis, Confirmatory, S. 1
[175] vgl. Brandt, Holger (2020): Exploratorische Faktorenanalyse (EFA), S. 579
[176] Brandt, Holger (2020): Exploratorische Faktorenanalyse (EFA), S. 579

Eine Hypothese über die Anzahl der Faktoren wird dabei über die explorative Faktorenanalyse erstellt, die anschließend mithilfe der konfirmatorischen Faktorenanalyse auf ihre Güte untersucht wird. Dieser zweistufige Ansatz der Faktorenanalyse ist dabei in der Wissenschaft ein gängiges Verfahren, um eine sinnvolle Reduktion der Items zu gewährleisten. Dabei ist es durch die explorative Faktorenanalyse möglich die Datensätze auf Korrelationen zu untersuchen und die Grundlage bildet für ein Faktormodell, das anschließend mithilfe der konfirmatorischen Faktorenanalyse verifiziert und anhand von theoretischen und modellbasierten Überlegungen modifiziert wird.[177]

Die explorative Faktorenanalyse (EFA) erfolgt dabei rein datenbasiert und schlägt zunächst anhand verschiedener Auswertungsverfahren – Näheres dazu in Kapitel 6 Ergebnisse – eine Anzahl von Faktoren vor. Nach Rücksprache mit der Forschungsgruppe und in Anlehnung an das RAQI, werden dabei Items, die doppelt auf zwei Faktoren laden, oder eine Faktorladung kleiner als 0.4 aufweisen, entfernt. Die anschließende konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA) zeigt dabei zur Hypothesenüberprüfung die Modellgüte an und anhand diverser Modifikationsindizes werden dabei schrittweise Items aus den einzelnen Faktoren entfernt, bis entweder ein Faktor die vorher festgelegte Mindestanzahl von drei Items enthält oder der Modifikationsindex keine wesentlich verbesserte Modellgüte mehr verspricht.[178] [179]

[177] vgl. Ellithorpe, Morgan (2017): Factor Analysis, Confirmatory, S. 8
[178] vgl. Ellithorpe, Morgan (2017): Factor Analysis, Confirmatory, S. 8
[179] vgl. Weinzierl, Stefan et al. (2018): A measuring instrument for the auditory perception of rooms. The Room Acoustical Quality Inventory (RAQI), S. 1249 f, E. Statistical Analysis

Anhand der Auswertung einiger Kennzahlen wie dem *Chi-Quadrat-Test,* dem *Comparative Fit Index (CFI)*, dem *Root-Mean-Square Error Of Approximation (RMSEA)* und dem *Standardized Root-Mean-Square Residual (SRMR)* wird dabei die Güte des erstellten Modells überprüft. Aufgrund der Tatsache, dass eine einzelne Kennzahl zur Modellgüte nicht aussagekräftig ist, werden gleich mehrere Werte berücksichtigt. Dieser Umstand liegt in der unterschiedlichen Berechnung jener Kennzahlen. So ist das Chi-Quadrat nach Ellithorpe sensibel gegenüber Schwankungen in der Stichprobengröße, Normalität und Modellkomplexität. Beim CFI wird das erstellte Modell mit einem anderen Modell verglichen, bpsw. dem Nullmodell, bei dem davon ausgegangen wird, dass alle Indikatorvariablen nicht miteinander korrelieren und somit keine Faktoren extrahiert werden können. Der CFI steht dabei in der Fachliteratur in der Kritik, da ein Vergleich zum Nullmodell zwangsläufig gute Werte erzeugt. Liegt ein anderes Modell als das Nullmodell dem CFI zugrunde, erschwert dies allerdings die Interpretation der Ergebnisse. Der RMSEA hingegen wird positiv in Stichproben von n<250 beeinflusst und ist anfälliger für besonders komplexe Modelle. Als Orientierung für die Werte aus den Kennzahlen sind in Abbildung 14 einige Wertebereiche nach Gäde et al., an denen sich die spätere Auswertung orientieren wird. [180] [181] [182]

Tabelle 24.3 Daumenregeln zur Beurteilung der Modellgüte, differenziert nach homogenen und heterogenen Items (homogene Items messen ähnliche Informationen und sind hoch korreliert, heterogene Items messen weniger einheitliche Informationen und sind geringer korreliert)

Gütekriterium	Guter Modellfit	Akzeptabler Modellfit
χ^2-Wert	$\chi^2/df \leq 2$	$\chi^2/df \leq 3$
RMSEA	RMSEA $\leq .05$	RMSEA $\leq .08$
CFI	CFI $\geq .97$ (homogene Items) CFI $\geq .95$ (heterogene Items)	CFI $\geq .95$ CFI $\geq .90$
TLI	TLI $\geq .97$ (homogene Items) TLI $\geq .95$ (heterogene Items)	TLI $\geq .95$ TLI $\geq .90$
SRMR	SRMR $\leq .05$	SRMR $\leq .10$

Abbildung 14: Daumenregeln zur Beurteilung der Modellgüte,

Quelle: Gäde, Jana C. et al. (2020): Konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA)

[180] vgl. Ellithorpe, Morgan (2017): Factor Analysis, Confirmatory, S. 8
[181] vgl. Rigdon, Edward E. (1996): CFI versus RMSEA: A Comparison of Two Fit Indexes for Structural Equation Modeling
[182] vgl. Gäde, Jana C. et al. (2020): Konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA), S. 649

5.7 METHODENKRITIK

Einige der kritisch zu bewertenden Aspekte im methodischen Vorgehen dieser Arbeit wurden bereits in den vorangegangenen Kapiteln genannt und Gründe dafür erläutert. Zum einen konnten aufgrund des Zeitraums, in dem die Datenerhebung stattfindet, keinerlei Open-Air-Veranstaltungen besucht werden, zum anderen werden lediglich Veranstaltungsorte in Berlin und Umgebung besucht, was keinerlei Aufschluss darüber gibt, ob das sprachliche Verständnis an anderen Orten im deutschsprachigen Raum unter Umständen differiert. Zudem ist die Auswahl an Veranstaltungsorten die im Rahmen dieser Forschungsarbeit besucht wurden stark von der Mitwirkungsbereitschaft der Veranstalter:innen abhängig.[183] Aufgrund mangelnder Verfügbarkeit, unterschiedlichen Zuständigkeiten innerhalb der Häuser, sowie keinem Interesse an dem Forschungsvorhaben seitens der Veranstalter:innen, ist die Anzahl der Veranstaltungsorte somit begrenzt.

Des Weiteren wurde in den Vortestungen oft der Umfang, die Komplexität und die Bearbeitungsdauer der Fragebögen kritisiert. Nach Moosbrugger und Kelava ist damit das Gütekriterium der Zumutbarkeit verletzt, da der hohe Zeitaufwand innerhalb der besonderen Umgebung einer Veranstaltung zu stark beansprucht wird. Da die gewählte Form der Befragung eine komplett eigenständige Beantwortung am mobilen Endgerät auch nach der Veranstaltung erlaubt, wäre diesem Umstand in zukünftigen Studien nur mit einem verkürzten Fragebogen entgegenzuwirken.[184]

Vor allem durch die Vielzahl an Einflussfaktoren, die auf die subjektive Wahrnehmung und Empfindung von Klängen einwirken, sollte ebenfalls das Problem der internen Validität bei quasi-experimentellem Vorgehen diskutiert werden. Die interne Validität gibt Aufschluss darüber, inwiefern das methodische Vorgehen den konkreten Sachverhalt tatsächlich bemisst. Quasi-experimentelles Vorgehen kann dabei die interne Validität gefährden, da die Ergebnisse stark durch die Versuchsgruppe und zusätzliche Einflussfaktoren verzerrt werden können. Bezogen auf diese Forschungsarbeit sei damit der Umstand gemeint, dass die Teilnehmenden nicht nur von den heterogenen Versuchsbedingungen beeinflusst werden, sondern auch die Auswahl der zu Befragenden durch ihre Anwesenheit und Teilnahmebereitschaft beeinflusst werden.[185]

---

[183] siehe dazu: Kapitel 5.3 Auswahl der Veranstaltungsorte
[184] vgl. Moosbrugger, Helfried und Kelava, Augustin (2020): Qualitätsanforderungen an Tests und Fragebögen („Gütekriterien"), S. 25
[185] vgl. Weßling, Hanna (2023): Quasi-Experiment im Überblick – Anwendung am Beispiel

6 ERGEBNISSE

Die Ergebnisse beziehen sich auf die statistischen Auswertungen mit dem Programm Jamovi und aller im Kapitel 5.6 bereits genannten Zusatzpakete. Aufgrund des Umfangs und der Größe der Datensätze wurde auf eine visuelle Darstellung der Rohdaten im Anhang nach vorheriger Absprache mit dem Betreuer Herrn Prof. Dr. rer. nat. Alexander Lindau verzichtet. Zur Weiterverarbeitung der Daten liegt eine ungefilterte CSV-Datei dieser Arbeit in digitalem Format bei. Ebenfalls wird die Jamovi-Datei zur besseren Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse digital eingereicht.

Insgesamt konnten durch die Befragungen in sieben verschiedenen Veranstaltungsorten 198 Datensätze generiert werden. Aus datenschutztechnischen Gründen und in vorheriger Absprache mit den Veranstaltungsorten wird die Anzahl der in den einzelnen Häusern generierten Datensätze dabei nicht genannt und ist den Rohdaten zu entnehmen. Alle Veranstaltungsorte, an denen Daten erhoben wurden, sind bis auf eine Ausnahme inklusive der verwendeten Beschallungsanlagen in Tabelle 1 auf Seite 45 dargestellt.[186]

Da nur insgesamt 17 Datensätze von fachkundigen Personen generiert werden konnten, also Personen, die die PAQI-Termini anhand der Fragengruppe G4 bewertet haben, ist in Absprache mit Herrn Dr. Steffen Lepa keine sinnvolle Faktorenanalyse zum Vergleich zur Versuchsgruppe aus Fragengruppe G3 möglich. Die Filterung der Datensätze erfolgt daher nur bezugnehmend auf die Versuchsgruppe aus Fragengruppe G3 und auf einen direkten Vergleich der Versuchs- und Kontrollgruppe muss aufgrund von mangelnden Daten verzichtet werden. Ebenfalls konnten einige weitere geplante Varianzanalysen und Überprüfungen von Messinvarianzen aufgrund der vorhandenen Datenlage nicht durchgeführt werden oder waren in Absprache mit Dr. Steffen Lepa statistisch nicht belastbar, sodass der Ergebnisteil dieser Arbeit entsprechend kürzer ausfällt.

[186] Anmerkung: aufgrund einiger Schwierigkeiten während der Datenerhebungsphase konnten nicht an allen der insgesamt 16 Veranstaltungsorte aus Tabelle 1 Datensätze generiert werden. Siehe dazu: Kapitel 5.3 Auswahl der Veranstaltungsorte

Für die Vorbereitung der Datensätze werden in Jamovi insgesamt zwei Filter verwendet, die abgebrochene oder unvollständig ausgefüllte Fragebögen exkludieren. Dazu wurde ein Filter mit der Bedingung erstellt, dass die Summe der Bewertungen der PAQI-Termini aus Fragengruppe G3 ungleich null ist. Um auszuschließen, dass Personen bewusst alle Bewertungen mit dem Zahlenwert Null durchgeführt haben, wurde durch eine Sichtprüfung sichergestellt, dass alle nun angezeigten Datensätze tatsächlich keine Werte enthalten.

Ein weiterer Filter wurde anschließend mit der Bedingung programmiert, bei dem die Summe aller Werte aus Fragengruppe G3 ungleich dem Wert 2050 ist. Letzterer ergibt sich durch die Annahme, dass wenn alle PAQI-Termini mit dem Anfangswert 50 bewertet wurden, die Fragegruppe zwar abgeschlossen ist, aber keine sinnvolle Bewertung stattgefunden hat.

Da diese Annahme und der daraus resultierende Filter für einen Durchlauf nur mit Anfangswerten auch jene Datensätze exkludiert, die unter Umständen bewusst so bewertet wurden, wird der Filter zudem invertiert, um anschließend die benötigte Zeit für die Beantwortung der Fragengruppe G3 für die gefilterten Datensätze zu analysieren. Die Analyse ergab dabei in den Datensätzen Werte von unter 30 Sekunden. Aufgrund der aus dem Vortest gesammelten Erkenntnisse zur Bearbeitungsdauer kann daher davon ausgegangen werden, dass in den Datensätzen bei dieser Zeitdauer keine sinnvolle Bewertung stattgefunden hat und diese damit von den weiteren Analysen ausgeschlossen werden.

Die beiden angewendeten Filter exkludieren somit insgesamt 72 Datensätze von der weiteren Auswertung, was einer Abbruchquote von ca. 35,6% entspricht. Insgesamt beträgt die für die Auswertung relevante **Stichprobengröße** also einer Anzahl von **126 Datensätzen**.

6.1 DESKRIPTIVE STATISTIK

Von den insgesamt 126 Personen, die einen für die Auswertung relevanten Datensatz generiert haben, waren 56,6% männlich, 41% weiblich, sowie 2,4% divers. Vier Personen machten keine Angabe zu ihrem Geschlecht. Der Mittelwert des Geburtsjahrs liegt bei 1992, mit einem Minimum bei 1956 und einem Maximum bei 2005, sowie einer Standardabweichung von 10,7. Insgesamt zwei Personen haben keine Angabe zum Geburtsjahr gemacht. Das durchschnittliche Alter der Teilnehmenden liegt somit im Jahr 2023 bei 31 Jahren. Mit einem Anteil von 32,5% haben dabei die meisten Testpersonen angegeben, dass sie in den letzten sechs Monaten monatlich Veranstaltungen besucht haben, auf denen Beschallungsanlagen zum Einsatz gekommen sind. 11,1% gaben an, dass sie mehr als wöchentlich solche Veranstaltungen in diesem Zeitraum besucht haben.

125 Personen haben in der Befragung ihren höchsten Bildungsabschluss angegeben. 52% der Befragten haben das Abitur oder Fachabitur erlangt, 39,2% einen Fachschul-, Fachhochschul- oder Hochschulabschluss und 8,8% die mittlere Reife, einen Hauptschulabschluss oder gar keinen Abschluss. Von den Testpersonen verfügen 14,3% über Berufserfahrungen mit Beschallungsanlagen, 8,7% verfügen über Bildungserfahrungen in diesem Fachbereich und 32,5% verfügen über Erfahrungen mit Beschallungsanlagen im Hobbybereich oder einer ehrenamtlichen Tätigkeit. Die Fahrtauglichkeit wurde von 86,3% mit ‚ja' oder ‚eher ja' bewertet, lediglich 13,7% gaben ‚nein' oder ‚eher nein' an. Neun Personen machten bei der Fahrtauglichkeit keine Angabe. Die Veranstaltungen wurden insgesamt von 84,1% als gut oder sehr gut bewertet, die künstlerische Darbietung wurde dabei ebenfalls von 83,3% als gut oder sehr gut bewertet.

Die durchschnittlich positive Bewertung der gesamten Veranstaltung und der künstlerischen Darbietung spiegelt sich ebenfalls in den in Abbildung 15.1 und 15.2 gezeigten Histogrammen der beiden Items *Gesamteindruck* und *Gefallen* wider.

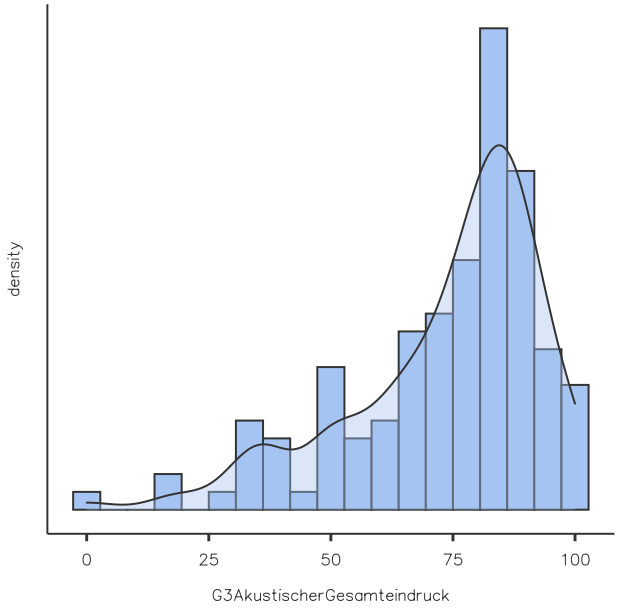

Abbildung 15.1: Histogramm des Items Akustischer Gesamteindruck der Fragengruppe G3, Quelle: Jamovi

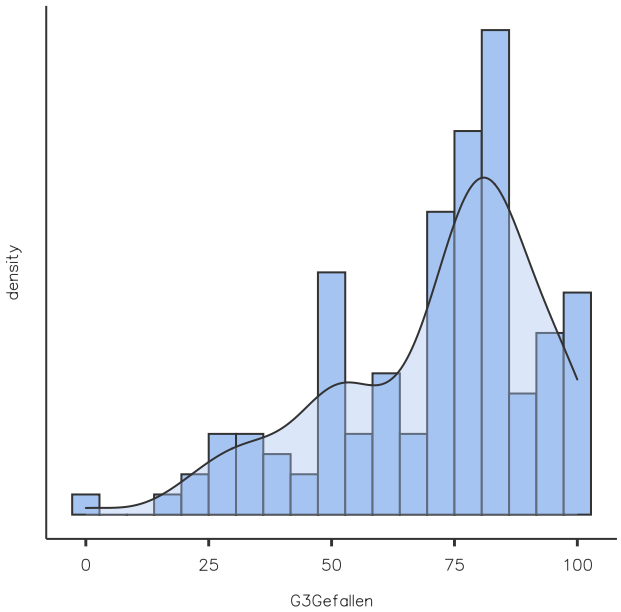

Abbildung 15.2: Histogramm des Items Gefallen der Fragengruppe G3, Quelle: Jamovi

Die Histogramme lassen dabei klar erkennen, dass es sich bei den beiden Items um keine Normalverteilung in den Datensätzen handelt. Die Gewichtung auf hohen Werten auf den Skalen ‚schlecht bis gut' beim akustischen Gesamteindruck und ‚schlecht bis besser' beim Item *Gefallen* in Kombination mit der allgemein positiven Bewertung der Veranstaltungen zeigt dabei die in der Forschungsgruppe diskutierte Vermutung auf, dass diese beiden Items für die EFA aufgrund ihres Charakters einer allgemeinen Beschreibung ungeeignet sein könnten. Eine zur Hypothesenüberprüfung ausgeführte EFA mit allen 41 PAQI-Termini zeigt dabei wie vermutet eine hohe Korrelation mit einer Vielzahl von anderen Termini und anderen Faktoren. In Absprache mit Herrn Dr. Steffen Lepa werden daher die beiden Items *Akustischer Gesamteindruck* und *Gefallen* als separater Faktor betrachtet und von der folgenden EFA zunächst ausgeschlossen.

6.2 FAKTORENANALYSE

Zur Bestimmung der Faktorenanzahl für die Entwicklung eines Messinstruments wird mit den gefilterten Datensätzen aus der Fragengruppe G3 *Ihr Klangeindruck der Beschallungsanlage* zunächst eine explorative Faktorenanalyse mithilfe des Maximum-Likelihood-Verfahrens und einer Varimax-Rotation nach Absprache mit der Forschungsgruppe durchgeführt. Die Parallelanalyse und das Kaiser-Kriterium mit dem Eigenwert >1 schlagen dabei in Jamovi eine Lösung mit insgesamt vier Faktoren vor. Durch Analyse des Scree-Diagramms in Abbildung 16, sowie der zusätzlichen Berücksichtigung des Kaiser-Kriteriums ist zudem eine weitere Lösung mit insgesamt drei Faktoren möglich, da in der Darstellung ein starker Abfall des Eigenwerts zwischen dem Wert drei und vier auf der X-Achse (Anzahl der Faktoren) zu erkennen ist. [187]

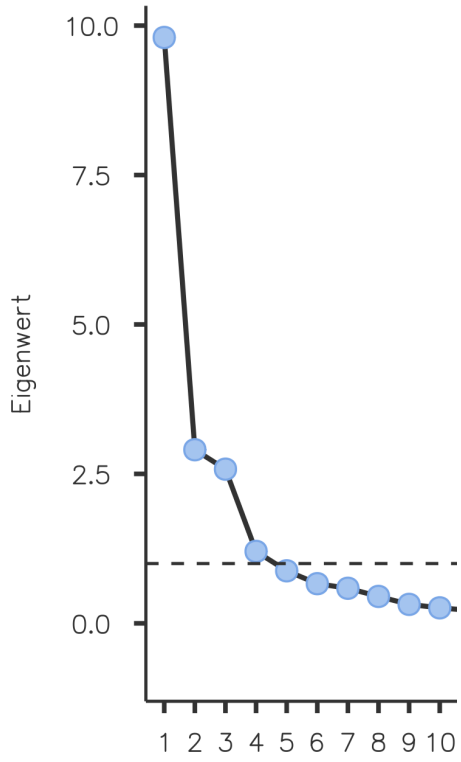

Abbildung 16: Scree-Diagramm mit Orientierungslinie für den Eigenwert 1 und der Faktorenanzahl auf der X-Achse, Quelle: Jamovi

[187] vgl. Morrison, John T. (2017): Factor Analysis, Exploratory, S. 9

Anschließend werden in Anlehnung an das RAQI und den von Ellithorpe, Cudeck und O'Dell beschriebenen Schwellwerten für Faktorladungen alle Items mit einer EFA-Ladung unter 0,4 und problematischen Doppelladungen auf mehreren Faktoren (Differenz der Faktorladungen ist geringer als 0,1) entfernt. [188] [189] In einer konfirmatorischen Faktorenanalyse wird anschließend das 4-Faktor-Modell aus der EFA und eine alternative Lösung mit drei Faktoren auf die Modellgüte untersucht und anhand von Modifikationsindizes angepasst. Zunächst werden dazu die beiden Items *Akustischer Gesamteindruck* und *Gefallen* als fünfter, respektive vierter, Faktor hinzugefügt. Anschließend wurde der Schwellwert der Faktorladungen für eine bessere Modellanpassung auf 0.5 erhöht und ebenfalls in Anlehnung an das RAQI eine Mindestanzahl von drei Items pro Faktor festgelegt.[190]

Die CFA zeigt dabei in beiden Modellvarianten eine hohe Korrelation zwischen dem zusätzlich hinzugefügten Faktor *Gesamteindruck* und jeweils einem weiteren Faktor. Um eine Mindestanzahl von drei Items für diesen Faktor zu erhalten und eine bessere Modellgüte zu erreichen, werden die Items aus der Kategorie Gesamteindruck aus dem ursprünglichen PAQI zu diesem Faktor hinzugefügt, bzw. verschoben, falls diese bereits in einem anderen Faktor enthalten waren. Anschließend wurden die Faktorladungen und die Modifikationsindizes für die Faktorladungen neu bewertet und systematisch in allen Faktoren Items entfernt, um die Modellgüte zu verbessern. Ist die Mindestanzahl von drei Items in einem Faktor erreicht, oder die Extraktion weiterer Items verspricht keine signifikante Verbesserung der Modellgüte, gilt das Modell als fertiggestellt.

Aufgrund der rein datenbasierten Analyse der Faktorladungen und Modifikationsindizes wurden dabei einige Entscheidungen zur Reihenfolge der Extraktion von einzelnen Items zusätzlich auf der Basis von theoretischen Überlegungen getroffen. Diese Kombination aus theoretischer und datenbasierter Analyse ist notwendig, da die Extraktion einzelner Items je nach Korrelationen auch die anderen Items beeinflusst, was eine rein wertebasierte Analyse bei einer willkürlichen Reihenfolge der Itemextraktion wenig belastbar für eine fachliche Interpretation der Ergebnisse macht.

---

[188] vgl. Weinzierl, Stefan et al. (2018): A measuring instrument for the auditory perception of rooms. The Room Acoustical Quality Inventory (RAQI), S. 1249 f
[189] vgl. Cudeck, Robert und O'Dell, Lisa (1994): Applications of standard error estimates in unrestricted factor analysis: Significance tests for factor loadings and correlations
[190] vgl. Weinzierl, Stefan et al. (2018): A measuring instrument for the auditory perception of rooms. The Room Acoustical Quality Inventory (RAQI), S. 1250

Der gewählte theoretische Ansatz zur Modellanpassung präferiert dabei die Extraktion von Items mit semantischer Überlagerung. Gibt es mehrere Items mit problematischen Faktorladungen unterhalb des Schwellwertes, werden zunächst Items entfernt, die sich in ihrer fachlichen Bedeutung mit anderen Items höherer Faktorladung überlappen. So ist aufgrund von theoretischen Überlegungen bspw. davon auszugehen, dass die Items *Präsenz*, *Klarheit* und *Brillanz* eine ähnliche Qualität beschreiben. Ist die Faktorladung für eins dieser Items besonders hoch, wird die Extraktion fachlich verwandter Items mit geringen Faktorladungen präferiert, bevor das Modell neu bewertet wird.

6.2.1 5-Faktor-PAQI und Modellgüte

Unter Anwendung der vorher beschriebenen datenbezogenen und theoretischen Kriterien zur Modellanpassung, ist das Messinstrument mit der höchsten Modellgüte zur psychologisch fundierten Beurteilung der Qualität von Beschallungsanlagen ein 5-Faktor-Modell mit jeweils drei Items. Das in Abbildung 17 dargestellte Modell enthält dabei die in ihrer Bedeutung eigens abgeleiteten Faktoren Klangfarbe, Synchronisationsdifferenz, Fettheit, Räumlichkeit und Gesamteindruck, sowie die dazugehörigen Items in der Spalte Indikatoren. Zwei der Faktorbenennungen (Klangfarbe und Gesamteindruck) basieren dabei auf denen im ursprünglichen PAQI verwendeten Kategorien.[191] In Anlehnung an die in Kapitel 5.6 dargestellten Daumenregeln nach Gäde et al. für den Chi-Quadrat-Test und die beschriebenen Maße der Modellgüte lässt sich die Modellgüte insgesamt als akzeptabel bezeichnen. Der Chi-Quadrat-Test suggeriert sogar einen guten Modellfit, lediglich der RMSEA liegt knapp unterhalb des Schwellwertes für einen akzeptablen Modellfit von 0,08. [192] Alle Items weisen zudem einen signifikanten P-Wert auf. Die Faktorladungen lassen sich in der Spalte *Stand. Schätzer* ablesen. Im Faktor *Klangfarbe* gibt es dabei zwei negative Ladungen, bei denen das Skalenniveau aufgrund von theoretischen Überlegungen nicht invertiert wurde, da die *Verzerrtheit* im klanglichen Kontrast zu Items wie *Klarheit* oder *Natürlichkeit* steht und die Faktorladungen somit plausibel erscheinen.

[191] vgl. Abbildung 13.1, 13.2 und 13.3, S. 54-56
[192] vgl. Abbildung 14, S. 66

Faktorladungen

Faktor	Indikator	Schätzung	Std.-fehler	Z	p	Stand. Schätzer
Klangfarbe	Verzerrtheit	15.7	1.87	8.38	<.001	0.696
	Klarheit	-15.6	1.69	-9.25	<.001	-0.744
	Natürlichkeit	-14.2	1.90	-7.49	<.001	-0.645
Synchronisationsdifferenz	Phasigkeit	11.5	2.12	5.41	<.001	0.511
	Zeitlicher Versatz zwischen Hören und Sehen	12.5	1.64	7.62	<.001	0.705
	Räumliche Diskrepanz zwischen Hören und Sehen	17.9	2.05	8.75	<.001	0.819
Fettheit	Basswiedergabe	25.1	2.56	9.81	<.001	0.932
	Druck	18.6	2.85	6.50	<.001	0.617
	Lautheit	10.4	1.64	6.35	<.001	0.570
Räumlichkeit	Stereophoner Eindruck	18.8	2.46	7.65	<.001	0.721
	Eindruck räumlicher Tiefe	18.1	2.54	7.11	<.001	0.681
	Eindruck räumlicher Breite	15.4	2.22	6.93	<.001	0.654
Gesamteindruck	Akustischer Gesamteindruck	17.1	1.47	11.61	<.001	0.869
	Gefallen	17.6	1.63	10.78	<.001	0.826
	Auflösung	13.3	1.62	8.22	<.001	0.691

Test auf exakten Fit

χ^2	df	p
141	80	<.001

Maße der Modellgüte

			RMSEA 90% CI	
CFI	SRMR	RMSEA	Untere	Obere
0.912	0.0753	0.0780	0.0564	0.0988

Abbildung 17: 5-Faktor-PAQI und Modellgüte, Quelle: Jamovi

6.2.2 Alternative Lösung: 4-Faktor-PAQI

Die Ergebnisse der EFA suggerieren anhand des Scree-Kriteriums eine ebenfalls mögliche Lösung mit drei Faktoren, bei der das Kaiser-Kriterium mit einem Eigenwert >1 ebenfalls erfüllt ist.[193] Hierbei ist das methodische Vorgehen exakt identisch zum 5-Faktor-PAQI. Zunächst wird ebenfalls in der CFA der vierte Faktor *Gesamteindruck* mit den Items *Akustischer Gesamteindruck* und *Gefallen* hinzugefügt. Das fertiggestellte Modell ist dabei in Abbildung 18 dargestellt und weist ebenfalls die Faktoren *Klangfarbe*, *Fettheit* und *Gesamteindruck* auf. Lediglich der Faktor *Fehler* unterscheidet sich von der Lösung mit fünf Faktoren. Die Maße zur Modellgüte liegen dabei knapp unter den Werten im 5-Faktor-Modell, sodass der Modellfit ebenfalls insgesamt als akzeptabel beschrieben werden kann.

Alle Faktorladungen liegen dabei im positiven Bereich, lediglich die Items *Gefallen* und *Akustischer Gesamteindruck* laden negativ auf den Faktor *Gesamteindruck*. In Verbindung mit dem Item *Verfärbtheit* ist aber auch dieser statistische Zusammenhang theoretisch erklärbar, Näheres dazu in Kapitel 6.3.

[193] vgl. Morrison, John T. (2017): Factor Analysis, Exploratory, S. 9

Faktorladungen

Faktor	Indikator	Schätzung	Std.-fehler	Z	p	Stand. Schätzer
Fehler	Hörbares Hintergrundrauschen	14.02	2.16	6.50	<.001	0.613
	Rauigkeit	14.06	2.36	5.97	<.001	0.553
	Störgeräusche	19.09	1.96	9.73	<.001	0.889
Klangfarbe	Auflösung	14.45	1.55	9.34	<.001	0.749
	Klarheit	16.66	1.62	10.27	<.001	0.796
	Brillanz	12.91	1.56	8.28	<.001	0.681
	Höhenwiedergabe	9.66	1.56	6.18	<.001	0.539
	Natürlichkeit	13.62	1.87	7.29	<.001	0.617
	Durchsichtigkeit	12.82	1.89	6.78	<.001	0.582
	Mittenwiedergabe	10.67	1.74	6.12	<.001	0.534
Fettheit	Basswiedergabe	24.05	2.61	9.21	<.001	0.892
	Lautheit	10.81	1.66	6.53	<.001	0.590
	Druck	19.31	2.86	6.75	<.001	0.642
Gesamteindruck	Verfärbtheit	12.09	2.15	5.63	<.001	0.494
	Gefallen	-17.79	1.59	-11.16	<.001	-0.835
	Akustischer Gesamteindruck	-17.83	1.41	-12.60	<.001	-0.907

Test auf exakten Fit

χ^2	df	p
178	98	<.001

Maße der Modellgüte

			RMSEA 90% CI	
CFI	SRMR	RMSEA	Untere	Obere
0.900	0.0800	0.0807	0.0616	0.0993

Abbildung 18: 4-Faktor-PAQI und Modellgüte, Quelle: Jamovi

6.2.3 Reliabilitätsanalyse

Zur Beurteilung der Reliabilität der beiden erstellten Modelle wurden für alle Faktoren Reliabilitätskoeffizienten mithilfe von Jamovi bestimmt. Der Reliabilitätskoeffizient zeigt dabei die Messfehler im Testergebnis an. In Anlehnung an das RAQI wurden dabei die Reliabilitätskoeffizienten für jeden Faktor bestimmt. Das Cronbachs Alpha wird dabei häufig als Messwert für die Reliabilität berichtet. Aufgrund der Tatsache, dass beide Modelle die τ-Äquivalenz und die damit einhergehenden Gleichheitsrestriktionen der Faktorladungen verletzten, ist das Cronbachs Alpha zur Bestimmung der Reliabilität kritisch zu betrachten. Verletzungen der Voraussetzungen führen dabei zu Verzerrungen in der Reliabilitätsschätzung. Eine Alternative ohne die beschriebenen Gleichheitsrestriktionen bietet das McDonalds Omega als Reliabilitätskoeffizient. [194] [195] [196] [197]

Aufgrund der Verbreitung von Cronbachs Alpha in der empirischen Forschung wird dieser Wert als Vergleichswert allerdings zusätzlich berichtet. Tabelle 2 zeigt dabei beide Reliabilitätskoeffizienten für alle Faktoren der beiden Modelle. Insgesamt kann man dabei von einer guten Reliabilität sprechen, da alle Werte größer als der in Literatur angegebene Schwellwert von 0,7 sind. [198] Ebenfalls kann man sehen, dass das Cronbachs Alpha die Reliabilität im Vergleich eher unterbewertet, was an der bereits angesprochenen verletzten essenziellen τ-Äquivalenz im vorhandenen Datensatz liegen kann.

[194] vgl. Weinzierl, Stefan et al. (2018): A measuring instrument for the auditory perception of rooms. The Room Acoustical Quality Inventory (RAQI), S. 1250
[195] vgl. Gäde, Jana C. et al. (2020): Konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA), S. 633
[196] vgl. Moosbrugger, Helfried et al. (2020): Klassische Testtheorie (KTT), S. 284 f
[197] vgl. Schermelleh-Engel, Karin / Gäde, Jana C. (2020): Modellbasierte Methoden der Reliabilitätsschätzung, S. 337 ff
[198] vgl. Moosbrugger, Helfried und Kelava, Augustin (2020): Qualitätsanforderungen an Tests und Fragebögen („Gütekriterien“), S. 28

Modell	Faktor	Cronbachs α	McDonalds ω
5-Faktor-PAQI	Klangfarbe	0.745	0,747
	Synchronisationsdifferenz	0,697	0,730
	Fettheit	0,725	0,759
	Räumlichkeit	0,724	0,729
	Gesamteindruck	0,824	0,835
4-Faktor-PAQI	Fehler	0,730	0,739
	Klangfarbe	0,828	0,833
	Fettheit	0,725	0,759
	Gesamteindruck	0,753	0,798

Tabelle 2: Reliabilitätskoeffizienten beider PAQI-Faktormodelle

6.2.4 Varianzanalysen

Zur Überprüfung der Hypothese, ob der Einfluss von Substanzen wie Drogen und Alkohol die Beurteilung der Qualität von Beschallungsanlagen anhand der PAQI-Termini beeinflusst, wurden zunächst für alle Datensätze und Faktoren Factorscores berechnet, die anschließend in einer ANOVA innerhalb von Jamovi anhand der Antworten bei der Frage zur Fahrtauglichkeit durchgeführt wird. Aufgrund der geringen Anzahl an Testpersonen, die angegeben haben, sich nicht mehr fahrtauglich zu fühlen und der hohen Streuung der Werte für die in den Faktoren enthaltenen Variablen, sind in Absprache mit der Forschungsgruppe keine sinnvollen Schlussfolgerungen aus dieser Analyse zu ziehen. Zwar sind Tendenzen zu erkennen, dass der Faktor *Klangfarbe* allgemein einen höheren Mittelwert aufweist, wenn die Testpersonen die Frage nach der Fahrtauglichkeit mit Nein beantwortet haben. Der Faktor *Gesamteindruck* hingegen hat einen niedrigeren Mittelwert bei den Faktorscores bei dieser Antwort. Nach Diskussion innerhalb der Forschungsgruppe könnte dieser Umstand allerdings auch zufällig entstanden sein und aufgrund mangelnder Daten kann die Hypothese nur als plausibel eingestuft werden, lässt sich im Rahmen dieser Arbeit allerdings nicht eindeutig bestätigen. Ebenso reichen die generierten Datensätze in ihrer Anzahl nicht aus, um Messinvarianzen bei den Versuchspersonen und der Kontrollgruppe zu untersuchen.

6.3 DISKUSSION UND AUSBLICK

Die beiden erstellten Messmodelle weisen in ihrer Struktur sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede auf. So ist der Faktor *Fettheit* als Beschreibung der Items *Basswiedergabe*, *Lautheit* und *Druck* in beiden Modellen vorhanden. Dieser Umstand lässt darauf schließen, dass die Wiedergabe von tiefen Frequenzen bei der qualitativen Beurteilung von Beschallungsanlagen von hoher Relevanz ist. Dickreiter et al. sprechen dem tiefen Frequenzbereich dabei die Eigenschaft zu, erfahrungsgemäß für die Anregung der emotionalen Wahrnehmung von Klang verantwortlich zu sein, was die Wichtigkeit dieses Faktors für beide Messinstrumente nochmals bestärkt.[199]

Ebenfalls bis auf ein Item identisch ist der Faktor *Gesamteindruck* in beiden Modellen. Im 5-Faktor-Modell ist das Item *Auflösung* mit einer positiven Faktorladung enthalten, im 4-Faktor-Modell hingegen das Item *Verfärbtheit*. Betrachtet man die beiden anderen Items *Akustischer Gesamteindruck* und *Gefallen,* lassen sich die entgegengesetzten Faktorladungen ebenfalls theoretisch erklären. So ist davon auszugehen, dass der Begriff Auflösung bei der Beurteilung von Beschallungsanlagen als etwas grundsätzlich Positives aufgenommen wird. Die Verteilung der beiden Items *Akustischer Gesamteindruck* und *Gefallen* aus Kapitel 6.1 unterstützen diese These. Verfärbtheit hingegen wird in der Allgemeinheit als eine eher negativ behaftete Klangeigenschaft empfunden und weist folglich eine zu den beiden anderen Items entgegengesetzte Faktorladung auf. Interessant wäre hierbei noch der Vergleich zu einem Faktorenmodell aus den Datensätzen der fachkundigen Personen gewesen, da die Verfärbtheit bei Lautsprechern und Mikrofonen in Fachkreisen auch durchaus positiv konnotiert sein kann. Ebenfalls in beiden Modellen enthalten ist ein Faktor, der durch verschiedene Items die Klangfarbe der Beschallungsanlage beschreibt. Hierbei besteht dieser Faktor im 4-Faktor-Modell aus wesentlich mehr Items als beim 5-Faktor-Modell und beschreibt das Timbre somit deutlich differenzierter.

[199] vgl. Dickreiter, Michael et. al. (2014): Handbuch der Tonstudiotechnik, S. 580

Das 4-Faktor-Modell beschreibt mit dem Faktor *Fehler* in der Praxis unerwünschte Phänomene bei Beschallungsanlagen. Auffällig ist hierbei vor allem das Item *Störgeräusche* mit seiner vergleichsweise hohen Faktorladung. Im Kontrast dazu ist im 5-Faktor-Modell den Faktor *Synchronisationsdifferenzen* enthalten. Die in diesem Faktor enthaltenen Items sind in der tontechnischen Fachplanung ebenfalls kritisch zu betrachten und die den Items zugrunde liegenden physikalischen Phänomene und tontechnischen Maßnahmen wurden dabei im theoretischen Teil dieser Arbeit bereits beschrieben. In der Praxis wird die Phasigkeit von Lautsprechern dabei mit Verzögerungen ausgeglichen, bei einem zeitlichen Versatz zwischen Hören und Sehen arbeitet man zur Kompensation mit zeitverzögerten Lautsprechern. Eine räumliche Diskrepanz zwischen Hören und Sehen kann dabei mit einem zu hohen Anteil des Diffusschallfeldes zusammenhängen und mit der Raumakustik erklärt werden.

Die *Räumlichkeit* ist ein Faktor, der nur mit dem 5-Faktor-PAQI dargestellt wird. Rückbeziehend auf die übergeordneten Aspekte in Kapitel 5.3, die zur Auswahl von Veranstaltungsorten in geschlossenen Räumen geführt haben und der in Kapitel 4.2.6 erläuterten Bedeutung der Raumakustik für die Beschallungstechnik, erscheint dieser Faktor von einem theoretischen Standpunkt aus betrachtet als fundamental zur Beschreibung der Qualität der Beschallungsanlagen auf den besuchten Veranstaltungen. Neben den besseren Maßen zur Modellgüte und den Ergebnissen der EFA, die zur Bestimmung der Faktoranzahl geführt hat, ist der 5-Faktor-PAQI ebenfalls unter Betrachtung von theoretischen Aspekten das präferierte Messinstrument für die psychologisch fundierte Beurteilung für die Qualität von Beschallungsanlagen auf Veranstaltungen.

Ebenfalls für das 5-Faktor-Modell spricht dabei der berechnete Messwert Average Variance Extracted (AVE), der bemisst, wie gut die korrelierenden Items mit den Faktoren beschrieben werden können. Dieser wurde für alle Faktoren beider Modelle mit Jamovi berechnet und weist im Vergleich zum 4-Faktor-Modell höhere Werte auf, vor allem beim gemeinsamen Faktor *Gesamteindruck*. Die Faktoren *Gesamteindruck* und *Fettheit* in beiden Modellen überschreiten dabei den in der Fachliteratur angegebenen Wert von 0,5 zur Bestätigung der konvergenten Validität, die anderen Faktoren liegen in jeweils beiden Modellen beim AVE knapp darunter.[200]

In einer zukünftigen Vergleichsstudie mit dem identischen Fragebogen können dabei zum einen ausschließlich Open-Air-Veranstaltungen mit einer ähnlichen Stichprobengröße besucht und ausgewertet werden. Aber auch eine dedizierte Ursachenforschung ist als Weiterführung dieser Arbeit denkbar. Hierbei wäre auch ein Vergleich zu einem Laborexperiment mit Beschallungsanlagen denkbar, um den Einfluss der von Raffaseder beschriebenen Umgebung auf die Wahrnehmung akustischer Ereignisse zu untersuchen.[201]

Abschließend seien als Ergänzung zu den rein datenbasierten Beschreibungen in dieser Arbeit noch einige persönliche Beobachtungen von den Veranstaltungen und den durchgeführten Befragungen genannt. Die Versuchsumgebung ist als sehr heterogen zu beschreiben. Sowohl die Veranstaltungsorte an sich, als auch die Reaktion der Teilnehmenden auf den Forschungsgegenstand hätte kaum unterschiedlicher ausfallen können. Ebenfalls waren bei der Bereitschaft zur Teilnahme Effekte sozialer Gruppen erkennbar, bspw. die Zugehörigkeit zu einer bestimmten musikalischen Szene. Die aus den Vortestungen beschriebenen Probleme bei geringer Durchdringung der Bedeutung einiger Items führte auch während der Befragungsdurchführung zu häufigen Abbrüchen des Fragebogens. Ausgehend von einigen persönlichen Gesprächen mit den Teilnehmenden ist die Ursachenforschung als Weiterführung und Ergänzung dieser Forschungsarbeit nach persönlicher Einschätzung von hoher Relevanz, da es immer wieder den Eindruck erweckte, dass für viele Besucher:innen der Klangeindruck der Beschallungsanlage nur einen Teil der Wahrnehmung einer Veranstaltung ausmacht und dieser von vielen verschiedenen Faktoren beeinflusst wird. Diese Forschungsarbeit zeigt dabei die Komplexität von moderner Beschallungstechnik auf und erleichtert mit den gesammelten Erkenntnissen in Theorie und Praxis die allgemeine Verständigung darüber.

---

[200] vgl. Shrestha, Noora (2021): Factor Analysis as a Tool for Survey Analysis, S. 4
[201] vgl. Raffaseder, Hannes (2010): Audiodesign, S. 34

7 ANHANG: FRAGEBOGEN

Ihr Klangeindruck von der Veranstaltung

Wie haben Sie die Klangqualität auf der gerade besuchten Veranstaltung empfunden? Dazu stellen wir Ihnen nachfolgend eine Reihe von Fragen.
Die Beantwortung dauert nur etwa **5-15 Minuten**.

Ihre Angaben werden im Rahmen von zwei Abschlussarbeiten an der BHT und der TU Berlin ausgewertet, die dazu dienen, die wahrgenommene Klangqualität von Beschallungsanlagen wissenschaftlich messbar zur machen.

Im Sinne möglichst präziser Angaben bitten wir Sie, **den Fragebogen möglichst gleich nach dem Ende der Veranstaltung auszufüllen**.

Vielen Dank für Ihre Unterstützung!

Herzlich Willkommen bei dieser Umfrage im Rahmen von zwei Abschlussarbeiten an der BHT und der TU Berlin!

In dieser Umfrage sind 98 Fragen enthalten.

G1 - Allgemeine Fragen zur Veranstaltung

Bitte füllen Sie insbesondere diese Seite direkt nach dem Aufrufen aus, damit wir die Ergebnisse später den einzelnen Veranstaltungen zuordnen können.

[G1Ort] Wo fand die Veranstaltung statt?*

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Berliner Ensemble Großes Haus
- Berliner Ensemble Neues Haus
- Berliner Dom
- About Blank Lobby-Floor
- About Blank Main-Floor (MDF)
- Aeden Main-Floor
- Aeden Garten-Floor
- Aeve Floor Oben
- Aeve Floor Unten
- Axika Kongress- und Tagungszentrum
- Café Moskau
- Hans Bunte Areal Freiburg
- Kesselhaus
- Lido
- Mauerpark
- Nikolaisaal Potsdam
- Philharmonie Berlin
- QS1
- Re:mise Floor Oben
- Re:mise Floor Unten
- Waschhaus Arena Potsdam

- Zur Klappe
- Sonstiges

Hier meinen wir den **Veranstaltungsort**. Falls Sie den von Ihnen besuchten Veranstaltungs-ort **nicht in der Auflistung finden**, wählen Sie bitte ganz unten "Anderer Ort" und tragen diesen ein.

[G1Datum] An welchem Kalenderdatum begann die Veranstaltung?

Bitte ein Datum eingeben:

Lassen Sie dieses Feld bitte frei, falls die Veranstaltung am selben Kalendertag begann, an dem Sie den Fragebogen ausfüllen.

[G1Gefallen] Wie gut hat Ihnen denn die Veranstaltung insgesamt gefallen?*

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- gar nicht
- weniger
- okay
- gut
- sehr gut

[G1Darbietung] Und wie gut hat Ihnen die künstlerische Darbietung (z.B. Musik oder Redebeiträge und unabhängig von anderen Aspekten) auf der Veranstaltung gefallen?*

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- gar nicht
- weniger
- okay
- gut
- sehr gut

G2 - Erfahrungen mit Beschallungsanlagen

Um Ihre Einschätzung des Klangeindrucks richtig einordnen zu können, ist es für uns wichtig zu wissen, ob Sie in diesem Bereich bereits über Fachwissen und Erfahrungen verfügen.

[G2Haeufigkeit] Wie oft waren Sie etwa in den letzten sechs Monaten auf Veranstaltungen, auf welchen Beschallungssysteme zum Einsatz gekommen sind?*

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- halbjährlich
- vierteljährlich
- monatlich
- wöchentlich
- mehr als wöchentlich

[G2Beruf] Verfügen Sie über Berufserfahrung mit Beschallungssystemen?*

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- ja
- nein

[G2BerufJahre] Geben Sie bitte Ihre Berufserfahrung in Jahren an!

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:
Antwort war 'ja' bei Frage ' [G2Beruf]' (Verfügen Sie über Berufserfahrung mit Beschallungssystemen?)

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27

- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35
- 36
- 37
- 38
- 39
- 40 oder mehr

[G2Bildung] Verfügen Sie über Bildungserfahrung (z.B. Ausbildung/Studium) im Bereich Beschallungssysteme?*

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- ja
- nein

[G2BildungJahre] Geben Sie bitte Ihre Bildungserfahrung in Jahren an!

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:
((G2Bildung.NAOK == "J"))

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10 oder mehr

[G2Hobby] Verfügen Sie über Erfahrungen mit Beschallungssystemen im Hobbybereich oder Ehrenamt (z.B. als Künstler:in oder Mitwirkende:r)? *

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- ja
- nein

[G2HobbyJahre] Geben Sie bitte Ihre Erfahrung im Hobbybereich in Jahren an!

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:
((G2Hobby.NAOK == "J"))

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35
- 36
- 37
- 38
- 39
- 40

[G2Raum] Haben Sie sich systematisch die Qualität der Beschallungsanlage an verschiedenen Orten im Raum angehört?*

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:
((G2Beruf.NAOK == "J") or (G2Bildung.NAOK == "J") or (G2Hobby.NAOK == "J"))

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- ja
- nein

G3 - Ihr Klangeindruck der Beschallungsanlage

Die folgenden Fragen drehen sich darum, wie Sie die Klangqualität auf der Veranstaltung wahrgenommen haben.

Der Begriff **Beschallungsanlage** meint dabei alles, was die ursprüngliche Klangquelle wiedergibt. Also die Gesamtheit aus Lautsprechern, Mikrofonen, Verstärkern, Geräten, Raumhall, möglichen Echos und allen weiteren Faktoren, die den Klang beeinflussen könnten.

Der Begriff **Klangquelle** beschreibt in diesem Zusammenhang die Erzeugung des Signals, welches an das Beschallungssystem übergeben wird. Als Klangquelle kann bspw. die menschliche Stimme, aber auch ein Musikinstrument oder ein Zuspielgerät verstanden werden.

📝 Im folgenden erhalten Sie **Begriffe zur Beschreibung Ihres persönlichen Klangeindrucks**. Bitte bewerten Sie diese anhand der jeweils angezeigten Skala.

[G3Gesamteindruck] Akustischer Gesamteindruck

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schlecht/gut ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Wie würden Sie den Klang der Veranstaltung insgesamt qualitativ einschätzen?

[G3Aufloesung] Auflösung

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern konnten Sie jeden einzelnen Ton genau erkennen und alle Elemente klar differenzieren?

[G3Fettheit] Fettheit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern empfanden Sie das Klangbild als alle Frequenzbereiche ausfüllend?

[G3Gefallen] Gefallen

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- sehr schlecht/sehr gut ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Wie hat Ihnen das Klangbild der Beschallungsanlage insgesamt gefallen?

[G3Impulstreue] Impulstreue

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern wurden impulshafte Klänge (wie Schlagzeug, Gitarre) in ihrem zeitlichen Verlauf präzise wiedergegeben?

[G3Natuerlichkeit] Natürlichkeit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern wurden Instrumente oder Stimmen so wiedergegeben, wie sie ohne Beschallungsanlage geklungen hätten?

[G3Verfaerbtheit] Verfärbtheit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/stark ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern stachen einzelne Frequenzbereiche (Bässe, Mitten, Höhen) übermäßig hervor?

[G3Direktheit] Direktheit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern hatten Sie das Gefühl, dass die Beschallungsanlage die Klangquellen von der Bühne ohne zeitliche Verzögerung wiedergibt?

[G3Durchsichtigkeit] Durchsichtigkeit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern konnten Sie aufeinanderfolgende Töne oder gleichzeitig erklingende Klangquellen gut unterscheiden?

[G3Klarheit] Klarheit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern machte das Klangbild einen klaren, transparenten Eindruck?

[G3Sprache] Sprachverständlichkeit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern konnten Sie Sprache über die Beschallungsanlage gut verstehen?

[G3Bandbreite] Bandbreite

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern wurde das gesamte Frequenzspektrum von der Beschallungsanlage abgedeckt? Also tiefe, mittlere und sehr hohe Töne.

[G3Basswiedergabe] Basswiedergabe

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Wie stark konnten Sie tiefe Frequenzen, z.B. eine Bass-Drum, wahrnehmen?

[G3Brillanz] Brillanz

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Wie detailgetreu war die Wiedergabe der Beschallungsanlage?

[G3Droehnen] Dröhnen

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern war einzelne Frequenzbereiche kurzzeitig besonders laut oder kurzzeitig lauter werdend?

[G3Druck] Druck

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern haben Sie die durch die Beschallungsanlage erzeugte Luftbewegung gespürt?

[G3Dumpfheit] Dumpfheit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern haben Sie das Klangbild als dumpf empfunden?

[G3Haerte] Härte

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

In welchem Ausmaß war der Klang der Beschallungsanlage hart?

[G3Hoehenwiedergabe] Höhenwiedergabe

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Wie stark konnten Sie hohe Frequenzbereiche wahrnehmen?

[G3MetallischerKlang] Metallischer Klang

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern haben Sie das Klangbild als metallisch wahrgenommen?

[G3Mittenwiedergabe] Mittenwiedergabe

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Wie konnten Sie den mittleren Frequenzbereich, z.B. die Stimme oder eine Gitarre, wahrnehmen?

[G3Nasalitaet] Nasalität

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern war der mittlere Frequenzbereich übertrieben stark betont, z.B. bei der Stimme?

[G3Praesenz] Präsenz

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern empfanden Sie den Klang als unmittelbar und ungefiltert?

[G3Schaerfe] Schärfe

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern wirkte das Klangbild scharf auf Sie?

[G3Dynamik] Dynamik

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- sehr wenig/sehr viel ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern konnten Sie einen Unterschied zwischen lauten und leisen Passagen beim Inhalt feststellen?

[G3Lautheit] Lautheit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Wie leise oder laut war die Veranstaltung nach Ihrer Einschätzung?

[G3Distanz] Distanz

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern haben Sie den Klang der Bühne als weit entfernt wahrgenommen?

[G3Raumbreite] Eindruck räumlicher Breite

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern hatten Sie das Gefühl, dass der Klang sich breit im Raum verteilt hat?

[G3Raumtiefe] Eindruck räumlicher Tiefe

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern hatten Sie den Eindruck, dass einzelne Klangquellen von weiter vorne oder weiter hinten im Raum zu hören waren?

[G3Lokalisierbarkeit] Lokalisierbarkeit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern konnten Sie nur durch Hören die Position einzelner Klangquellen auf der Bühne ermitteln?

[G3Stereo] Stereophoner Eindruck

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Wie stark waren die Klangquellen von links nach rechts im Raum verteilt zu hören?

[G3Halligkeit] Halligkeit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Wie viel Hall enthielt das Klangbild?

[G3Rauschen] Hörbares Hintergrundrauschen

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- wenig/viel ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern konnten Sie in Pausen ein Rauschen der Beschallungsanlage wahrnehmen?

[G3Phasigkeit] Phasigkeit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern haben Sie das Klangbild als "hohl" wahrgenommen?

[G3Rauigkeit] Rauigkeit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern war das Klangbild rau (wie heiser)?

[G3Diskrepanz] Räumliche Diskrepanz zwischen Hören und Sehen

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern ertönten Klangquellen von anderen Orten als sie zu sehen waren?

[G3Schrillheit] Schrillheit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern gab es im oberen Frequenzbereich Töne die Sie besonders laut und prägnant wahrgenommen haben?

[G3Geraeusche] Störgeräusche

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Wie stark haben Sie technische Störgeräusche (Brummen, Kratzen, Rückkopplung) wahrgenommen?

[G3Verzerrtheit] Verzerrtheit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Wie verzerrt erschien Ihnen das Klangbild?

[G3Echos] Wahrnehmbarkeit von Echos

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

In welchem Ausmaß haben Sie offensichtlich ungewollte Echos hören können?

[G3Versatz] Zeitlicher Versatz zwischen Hören und Sehen

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern gab es zeitliche Verzögerungen zwischen dem was Sie gesehen und gehört haben?

G4 - Ihr Klangeindruck der Beschallungsanlage (Fachkundige)

Die folgenden Fragen drehen sich darum, wie Sie die Klangqualität auf der Veranstaltung wahrgenommen haben.

Der Begriff **Beschallungsanlage** meint dabei alles, was die ursprüngliche Klangquelle wiedergibt. Also die Gesamtheit aus Lautsprechern, Mikrofonen, Verstärkern, Geräten, Raumhall, möglichen Echos und allen weiteren Faktoren, die den Klang beeinflussen könnten.

Der Begriff **Klangquelle** beschreibt in diesem Zusammenhang die Erzeugung des Signals, welches an das Beschallungssystem übergeben wird. Als Klangquelle kann bspw. die menschliche Stimme, aber auch ein Musikinstrument oder ein Zuspielgerät verstanden werden.

📝 Im folgenden erhalten Sie **Begriffe zur Beschreibung Ihres persönlichen Klangeindrucks**. Bitte bewerten Sie diese anhand der jeweils angezeigten Skalen. Aufgrund Ihrer Antworten im Block "Erfahrungen mit Beschallungsanlagen" sollen Sie anhand der **zweiten Skala** die räumliche Verteilung Ihrer Klangeindrücke bewerten.

[G4Gesamteindruck] Akustischer Gesamteindruck

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schlecht/gut ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Wie würden Sie den Klang insgesamt einschätzen?

[G4Aufloesung] Auflösung

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern konnten Sie jeden einzelnen Ton genau erkennen und alle Elemente klar differenzieren?

[G4Fettheit] Fettheit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern empfanden Sie das Klangbild als alle Frequenzbereiche ausfüllend?

[G4Gefallen] Gefallen

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- sehr schlecht/sehr gut ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Wie hat Ihnen das Klangbild der Beschallungsanlage insgesamt gefallen?

[G4Impulstreue] Impulstreue

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern wurden impulshafte Klänge (wie Schlagzeug, Gitarre) in ihrem zeitlichen Verlauf präzise wiedergegeben?

[G4Natuerlichkeit] Natürlichkeit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern wurden Instrumente oder Stimmen so wiedergegeben, wie sie ohne Beschallungsanlage geklungen hätten?

[G4Verfaerbtheit] Verfärbtheit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/stark ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern stachen einzelne Frequenzbereiche (Bässe, Mitten, Höhen) übermäßig hervor?

[G4Direktheit] Direktheit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern hatten Sie das Gefühl, dass die Beschallungsanlage die Klangquellen von der Bühne ohne zeitliche Verzögerung wiedergibt?

[G4Durchsichtigkeit] Durchsichtigkeit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern konnten Sie aufeinanderfolgende Töne oder gleichzeitig erklingende Klangquellen gut unterscheiden?

[G4Klarheit] Klarheit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern machte das Klangbild einen klaren, transparenten Eindruck?

[G4Sprache] Sprachverständlichkeit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern konnten Sie Sprache über die Beschallungsanlage gut verstehen?

[G4Bandbreite] Bandbreite

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern wurde das gesamte Frequenzspektrum von der Beschallungsanlage abgedeckt? Also tiefe, mittlere und sehr hohe Töne.

[G4Basswiedergabe] Basswiedergabe

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Wie stark konnten Sie tiefe Frequenzen, z.B. eine Bass-Drum, wahrnehmen?

[G4Brillanz] Brillanz

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Wie detailgetreu war die Wiedergabe der Beschallungsanlage?

[G4Droehnen] Dröhnen

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern war einzelne Frequenzbereiche kurzzeitig besonders laut oder kurzzeitig lauter werdend?

[G4Druck] Druck

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern haben Sie die durch die Beschallungsanlage erzeugte Luftbewegung gespürt?

[G4Dumpfheit] Dumpfheit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern haben Sie das Klangbild als dumpf empfunden?

[G4Haerte] Härte

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

In welchem Ausmaß war der Klang der Beschallungsanlage hart?

[G4Hoehenwiedergabe] Höhenwiedergabe

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Wie stark konnten Sie hohe Frequenzbereiche wahrnehmen?

[G4MetallischerKlang] Metallischer Klang

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern haben Sie das Klangbild als metallisch wahrgenommen?

[G4Mittenwiedergabe] Mittenwiedergabe

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Wie konnten Sie den mittleren Frequenzbereich, z.B. die Stimme oder eine Gitarre, wahrnehmen?

[G4Nasalitaet] Nasalität

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern war der mittlere Frequenzbereich übertrieben stark betont, z.B. bei der Stimme?

[G4Praesenz] Präsenz

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern empfanden Sie den Klang als unmittelbar und ungefiltert?

[G4Schaerfe] Schärfe

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern wirkte das Klangbild scharf auf Sie?

[G4Dynamik] Dynamik

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- sehr wenig/sehr viel ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern konnten Sie einen Unterschied zwischen lauten und leisen Passagen beim Inhalt feststellen?

[G4Lautheit] Lautheit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Wie leise oder laut war die Veranstaltung nach Ihrer Einschätzung?

[G4Distanz] Distanz

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern haben Sie den Klang der Bühne als weit entfernt wahrgenommen?

[G4Raumbreite] Eindruck räumlicher Breite

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern hatten Sie das Gefühl, dass der Klang sich breit im Raum verteilt hat?

[G4Raumtiefe] Eindruck räumlicher Tiefe

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern hatten Sie den Eindruck, dass einzelne Klangquellen von weiter vorne oder weiter hinten im Raum zu hören waren?

[G4Lokalisierbarkeit] Lokalisierbarkeit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern konnten Sie nur durch Hören die Position einzelner Klangquellen auf der Bühne ermitteln?

[G4Stereo] Stereophoner Eindruck

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Wie stark waren die Klangquellen von links nach rechts im Raum verteilt zu hören?

[G4Halligkeit] Halligkeit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Wie viel Hall enthielt das Klangbild?

[G4Rauschen] Hörbares Hintergrundrauschen

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- wenig/viel ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern konnten Sie in Pausen ein Rauschen der Beschallungsanlage wahrnehmen?

[G4Phasigkeit] Phasigkeit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern haben Sie das Klangbild als "hohl" wahrgenommen?

[G4Rauigkeit] Rauigkeit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern war das Klangbild rau (wie heiser)?

[G4Diskrepanz] Räumliche Diskrepanz zwischen Hören und Sehen

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern ertönten Klangquellen von anderen Orten als sie zu sehen waren?

[G4Schrillheit] Schrillheit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern gab es im oberen Frequenzbereich Töne die Sie besonders laut und prägnant wahrgenommen haben?

[G4Geraeusche] Störgeräusche

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Wie stark haben Sie technische Störgeräusche (Brummen, Kratzen, Rückkopplung) wahrgenommen?

[G4Verzerrtheit] Verzerrtheit

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- schwach ausgeprägt/stark ausgeprägt ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Wie verzerrt erschien Ihnen das Klangbild?

[G4Echos] Wahrnehmbarkeit von Echos

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

In welchem Ausmaß haben Sie offensichtlich ungewollte Echos hören können?

[G4Versatz] Zeitlicher Versatz zwischen Hören und Sehen

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

- gering/hoch ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50
- ungleichmäßig/gleichmäßig ; Wertebereich: 0-100 ; Anfangswert: 50

Hilfe

Inwiefern gab es zeitliche Verzögerungen zwischen dem was Sie gesehen und gehört haben?

G5 - Fragen zu Ihrer Person

Fast geschafft! Zum Schluss bitten wir Sie noch um ein paar Angaben zu Ihrer Person die uns bei der Auswertung helfen werden.

[G5Geschlecht] Mit welchem Geschlecht identifizieren Sie sich am ehesten?

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- männlich
- weiblich
- divers

[G5Geburtsjahr] In welchem Jahr wurden Sie geboren?

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- 2012
- 2011
- 2010
- 2009
- 2008
- 2007
- 2006
- 2005
- 2004
- 2003
- 2002
- 2001
- 2000
- 1999
- 1998
- 1997
- 1996
- 1995
- 1994
- 1993
- 1992
- 1991
- 1990
- 1989
- 1988
- 1987
- 1986
- 1985
- 1984
- 1983
- 1982
- 1981
- 1980
- 1979
- 1978
- 1977
- 1976
- 1975
- 1974
- 1973
- 1972
- 1971
- 1970
- 1969
- 1968
- 1967
- 1966
- 1965
- 1964
- 1963

- 1962
- 1961
- 1960
- 1959
- 1958
- 1957
- 1956
- 1955
- 1954
- 1953
- 1952
- 1951
- 1950
- 1949
- 1948
- 1947
- 1946
- 1945
- 1944
- 1943
- 1942

[G5Fahrtauglichkeit] Inwieweit schätzen Sie sich derzeit im verkehrsrechtlichen Sinne als fahrtüchtig ein?

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- nein
- eher nein
- eher ja
- ja

Hinweis: diese Befragung erfolgt absolut anonym und ermöglicht später keinerlei Identifikation Ihrer Person. Da allerdings Alkohol- und/oder Drogenkonsum die Klangwahrnehmung beeinträchtigen können, bitten wir Sie um eine wahrheitsgemäße Einschätzung.

[G5Bildungsabschluss] Bitte geben Sie Ihren höchsten bislang erworbenen Bildungsabschluss an!

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Mittlere Reife (Realschule, POS), Hauptschulabschluss oder kein Abschluss
- Abitur, Fachabitur
- Fachschul-, Fachhochschul- oder Hochschulabschluss

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Übermittlung Ihres ausgefüllten Fragebogens:
Vielen Dank für die Beantwortung des Fragebogens

LITERATURVERZEICHNIS

Adelmann-Larsen, Niels Werner (2014): Rock and Pop Venues – Acoustic and Architectural Design, Springer Verlag Berlin Heidelberg

Ahnert, Wolfgang / Goertz, Anslem (2008): Beschallungstechnik, Beschallungsplanung und Simulation, erschienen in: Weinzierl, Stefan (Hrsg.): Handbuch der Audiotechnik, S. 491-550, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg

Ahnert, Wolfgang / Steffen, Frank (1999): Sound Reinforcement Engineering – Fundamentals and Practice, english edition, E & FN Spon, London

Ahnert, Wolfgang / Tennhard, Hanns-Peter (2008): Raumakustik, erschienen in: Weinzierl, Stefan (Hrsg.): Handbuch der Audiotechnik, S. 181-266 Springer-Verlag, Berlin Heidelberg

Bernstein, Herbert (2019): Elektroakustik – Mikrofone, Klangstufen, Verstärker, Filterschaltungen und Lautsprecher, 2. überarbeitete Auflage, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, München

Brandt, Holger (2020): Exploratorische Faktorenanalyse (EFA), erschienen in: Moosbrugger, Helfried / Kelava, Augustin (Hrsg.): Testtheorie und Fragebogen-Konstruktion, 3. Auflage, S. 575-614, Springer

Conrad, Jan-Friedrich (2004): Lexikon Beschallung, PPVMedien GmbH, Bergkirchen

Cudeck, Robert / O'Dell, Lisa (1994): Applications of standard error estimates in unrestricted factor analysis: Significance tests for factor loadings and correlations. Psychological Bulletin, 115(3), S. 475–487. https://doi.org/10.1037/0033-2909.115.3.475

d&b Audiotechnik (Hrsg. o.J.): Das d&b Soundscape Konzept, https://www.dbsoundscape.com/global/de/ , letzter Zugriff: 02.06.2023

Dickreiter, Michael / Dittel, Volker / Hoeg, Wolfgang, Wöhr, Martin (2014): Handbuch der Tonstudiotechnik, 8. Überarbeitete Auflage, Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Boston

Diekmann, Andreas (2007): Empirische Sozialforschung: Grundlagen, Methoden, Anwendungen, 12. Auflage von 2018, Burghard König (Hrsg.): rowohlts enzyklopädie, Rowohlt Verlag, Reinbek

DIN e.V. (Hrsg.): DIN 1320 – 2009-12: Akustik – Begriffe, Berlin: Beuth-Verlag

Ellermeier, Wolfgang / Hellbrück, Jürgen (2008): Hören – Psychoakustik – Audiologie, erschienen in: Weinzierl, Stefan (Hrsg.): Handbuch der Audiotechnik, S. 41-86, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg

Ellithorpe, Morgan (2017): Factor Analysis, Confirmatory, erschienen in: The International Encyclopedia of Communication Research Methods, John Wiley & Sons Inc.

Fabrigar, Leandre R. / Wegener, Duane T. / MacCallum Robert C. / Strahan, Erin J. (1999): Evaluating the Use of Exploratory Factor Analysis in Psychological Research, Psychological Methods, Vol. 4 No. 3, S. 272-299

Farnell, Andy (2010): Designing Sound, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts / London, England

Fletcher, Harvey / Munson, W.A. (1933): Loudness, Its Definition, Measurement and Calculation. The Journal of the Acoustical Society of America, 5, 82-108

Fox, John, / Weisberg, Sanford (2020): car: Companion to Applied Regression. Paket für die Programmiersprache R, abgerufen über: https://cran.r-project.org/package=car.

Gäde, Jana C. / Schermelleh-Engel, Karin / Brandt, Holger (2020): Konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA), erschienen in: Moosbrugger, Helfried / Kelava, Augustin (Hrsg.): Testtheorie und Fragebogen-Konstruktion, 3. Auflage, S. 615-660, Springer

Goertz, Anslem (2008): Lautsprecher, erschienen in: Weinzierl, Stefan (Hrsg.): Handbuch der Audiotechnik, S. 421-490, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg

Höpfner, Detlef (2022): Neues Beschallungssystem für Berliner Ensemble, erschienen in: Production Partner (Hrsg.), https://www.production-partner.de/blog/124391/ , letzter Zugriff: 16.06.2023

Isaac, Stephen / Michael, William B. (1981): Handbook In Research And Evaluation**,** second edition, EdITS publishers, San Diego

ISO (Hrsg.): ISO 226:23-03: Akustik – Normalkurven gleicher Lautstärkepegel, Beuth-Verlag

Kesselhaus (Hrsg. O.J.): Kesselhaus Sound, https://firebasestorage.googleapis.com/v0/b/kessel-europe.appspot.com/o/books%2Fsites%2Finfos-kesselhaus%2Fassets%2F-NWmzH2ZB2ZY7gDQz4wb%2Ffile?alt=media&token=d43960d3-2afe-4a75-9e2e-cc3143711f33&title=Kesselhaus%20Berlin_specs%2017%2009%202021.pdf , letzter Zugriff: 01.06.2023

Kuball, Paul Luca Moritz (2022): Entwicklung eines Vokabulars zur qualitativ-sensorischen Beurteilung von Publikumsbeschallungsanlagen (Public Address System Quality Inventory, PAQI). Bachelorarbeit, Berliner Hochschule für Technik (BHT)

L-Acoustics Group (Hrsg., o.J.): Soundvision, https://www.l-acoustics.com/products/soundvision/ , letzter Zugriff: 16.06.2023

Lido (Hrsg. o.J.): Venue Specs, https://kulturhaeuser-production.s3.eu-central-1.amazonaws.com/uploads/redactor_assets/documents/113/Lido_Venue_Specs_2018.pdf , letzter Zugriff: 01.06.2023

Lindau, Alexander, Erbes, Vera, Lepa, Steffen, Maempel, Hans-Joachim, Brinkmann, Fabian, & Weinzierl, Stefan (2014): A Spatial Audio Quality Inventory (SAQI), Acta Acustica united with Acustica 100, S. 984–994.

Limesurvey GmbH (2003): LimeSurvey: An Open Source survey tool, Hamburg, Germany. http://www.limesurvey.org

McCarthy, Bob (2016): Sound Systems: Design and Optimization – Modern Techniques And Tools For Sound System Design and Alignment, Focal Press / Taylor & Francis

Meyer, Lucas (2021): Untersuchung des Publikumseffekts auf den FoH-Mix mit Methoden der virtuellen Akustik, Masterarbeit, https://prof.bht-berlin.de/fileadmin/prof/alindau/Meyer_MEng_Web.pdf , letzter Zugriff: 16.06.2023

Moosbrugger, Helfried / Gäde, Jana C., Schermelleh-Engel, Karin / Rauch, Wolfgang (2020): Klassische Testtheorie (KTT), erschienen in: Moosbrugger, Helfried / Kelava, Augustin (Hrsg.): Testtheorie und Fragebogen-Konstruktion, 3. Auflage, S. 275-304, Springer

Moosbrugger, Helfried / Kelava, Augustin (2020): Qualitätsanforderungen an Tests und Fragebögen („Gütekriterien“), erschienen in: Moosbrugger, Helfried / Kelava, Augustin (Hrsg.): Testtheorie und Fragebogen-Konstruktion, 3. Auflage, S. 13-37, Springer

Morrison, John T. (2017): Factor Analysis, Exploratory, The International Encyclopedia of Communication Research Methods, John Wiley & Sons, Inc

Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch – Praktische Einführung in die professionelle Beschallungstechnik, 5. überarbeitete Auflage, GC Carstensen Verlag, München

Raffaseder, Hannes (2010): Audiodesign, Prof. Dr. Ulrich Schmidt (Hrsg.), Carl Hanser Verlag, München

Revelle, William (2019): psych: Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research, Paket für die Programmiersprache R, abgerufen über: https://cran.r-project.org/package=psych.

Rigdon, Edward E. (1996): CFI versus RMSEA: A Comparison of Two Fit Indexes for Structural Equation Modeling, erschienen in Structural Equation Modeling 3(4), S. 369-379, Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Rosseel, Yves et al. (2018): lavaan: Latent Variable Analysis. Paket für die Programmiersprache R, abgerufen über: https://cran.r-project.org/package=lavaan

Scheuch, Erwin K. (1973): Das Interview in der Sozialforschung, erschienen in: R. König (Hrsg.), Handbuch der empirischen Sozialforschung, Bd. 3a, 3. Aufl., Stuttgart: Enke: 1-96

Schermelleh-Engel, Karin / Gäde, Jana C. (2020): Modellbasierte Methoden der Reliabilitätsschätzung, erschienen in: Moosbrugger, Helfried / Kelava, Augustin (Hrsg.): Testtheorie und Fragebogen-Konstruktion, 3. Auflage, S. 335-368, Springer

Schiffbauergasse (Hrsg. o.J.): Waschhaus Arena, https://schiffbauergasse.de/location/waschhaus-arena , letzter Zugriff: 01.06.2023

Schneider, Martin (2008): Mikrofone, erschienen in: Weinzierl, Stefan (Hrsg.): Handbuch der Audiotechnik, S. 313-420, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg

Shrestha, Noora (2021): Factor Analysis as a Tool for Survey Analysis., erschienen in: American Journal of Applied Mathematics and Statistics, vol. 9, no. 1, S. 4-11, Science and Education Publishing

Statistisches Bundesamt (Hrsg., 2016): Statistik und Wissenschaft, Demografische Standards Ausgabe 2016, Eine gemeinsame Empfehlung des ADM Arbeitskreis Deutscher Markt- und Sozialforschungsinstitute e. V. , der Arbeitsgemeinschaft Sozialwissenschaftlicher Institute e. V. (ASI) und des Statistischen Bundesamtes, 6. überarbeitete Auflage

Statistik-Nachhilfe (Hrsg. o.J.): Skalenniveaus, https://www.statistik-nachhilfe.de/ratgeber/statistik/versuchsplanung/skalenniveaus , letzter Zugriff: 09.06.2023

The jamovi project (2022): jamovi. (Version 2.3) [Computer-Programm]. Abgerufen über: https://www.jamovi.org.

R Core Team (2021): R: A Language and environment for statistical computing. (Version 4.1) [Computer-Programm], abgerufen über: https://cran.r-project.org

Van Leeuwen, Theo (1999): Speech, Music, Sound. Palgrave, London.

Wardle, Drew (2021): Why did The Beatles stop touring? erschienen in: FAR OUT MAGAZINE (Hrsg.), https://faroutmagazine.co.uk/why-did-the-beatles-stop-touring-beatlemania/ , letzter Zugriff: 15.06.2023

WDR (Hrsg. 2023): Genies schreiben über Musik, Ulrich Holbein – Glitzernd… pulsierend… eine endlose Zeit. Wie sich Musik unter Drogeneinfluss verändert. Redaktion & Moderation: Frank Hilberg, https://www1.wdr.de/radio/wdr3/programm/sendungen/wdr3-open-diskurs/genies-schreiben-ueber-musik-folge-eins-102.html , letzter Zugriff: 07.06.2023

Weinzierl, Stefan (2008): Grundlagen, erschienen in: Weinzierl, Stefan (Hrsg.): Handbuch der Audiotechnik, S. 1-40 Springer-Verlag, Berlin Heidelberg

Weinzierl, Stefan / Lepa, Steffen, / Ackermann, David (2018): A measuring instrument for the auditory perception of rooms. The Room Acoustical Quality Inventory (RAQI). J. Acoust. Soc. Am. 144(3), S. 1245–1257

Weßling, Hanna (2023): Quasi-Experiment im Überblick – Anwendung am Beispiel, erschienen in: Bachelor Print (Hrsg.), https://www.bachelorprint.de/methodik/quasi-experiment/#:~:text=Die%20interne%20Validität%20bestimmt%2C%20inwieweit,festgelegter%20Variablen%20auswählt%20und%20überprüft. , letzter Zugriff: 16.06.2023

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Abstandsgesetz bei Punkt- und Linienschallquellen, Quelle: Weinzierl, Stefan (2008): Grundlagen, S. 26

Abbildung 2: Anforderungsprofile von Beschallungsanlagen, Quelle: Ahnert, Wolfgang, Goertz, Anslem (2008): Beschallungstechnik, Beschallungsplanung und Simulation, S.497

Abbildung 3: Natürliche und verstärkte Übertragungspfade von direktem Klang, Quelle: McCarthy, Bob (2016): Sound Systems: Design and Optimization

Abbildung 4: Funktionsprinzip eines dynamischen Mikrofons, Quelle: Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 71

Abbildung 5: Schnitt durch einen dynamischen Lautsprecher, Quelle: Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 255

Abbildung 6: Prinzipien unterschiedlicher Lautsprechergehäuse, Quelle: Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 268

Abbildung 7: Realistisches Abstrahlverhalten eines Lautsprecher-Arrays mit drei Punktschallquellen, Quelle: Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 32

Abbildung 8: Typischer Aufbau eines Line-Arrays, an einer Traverse geflogen montiert, Quelle: Pieper, Frank (2015): Das P.A. Handbuch, S. 59

Abbildung 9: Semantische Lücke zwischen Schall- und Lautereignis, Quelle: Raffaseder, Hannes (2010): Audiodesign, S. 34

Abbildung 10: Beispielhafte Signalverteilung für Topteile bei einer 4-Punkt-Beschallung, nach eigener Darstellung unter Verwendung von draw.io, https://www.drawio.com

Abbildung 11: Augmented-Array mit d&b Soundscape im Berliner Ensemble, Quelle: d&b audiotechnik GmbH & Co. KG, abgebildet in Höpfner, Detlef (2022): Neues Beschallungssystem für Berliner Ensemble, https://www.production-partner.de/blog/124391/ , letzter Zugriff: 16.06.2023

Abbildung 12: Systematik des Fragebogens, nach eigener Darstellung unter Verwendung von draw.io, https://www.drawio.com

Abbildung 13.1: Public Address System Quality Inventory (PAQI) 1/3, Quelle: Kuball, Paul Luca Moritz (2022): Entwicklung eines Vokabulars zur qualitativ-sensorischen Beurteilung von Publikumsbeschallungsanlagen (Public Address System Quality Inventory, PAQI), S.39

Abbildung 13.2: Public Address System Quality Inventory (PAQI) 2/3, Quelle: Kuball (2022), Quelle: Kuball, Paul Luca Moritz (2022): Entwicklung eines Vokabulars zur qualitativ-sensorischen Beurteilung von Publikumsbeschallungsanlagen (Public Address System Quality Inventory, PAQI), S.40

Abbildung 13.3: Public Address System Quality Inventory (PAQI) 3/3, Quelle: Kuball (2022), Quelle: Kuball, Paul Luca Moritz (2022): Entwicklung eines Vokabulars zur qualitativ-sensorischen Beurteilung von Publikumsbeschallungsanlagen (Public Address System Quality Inventory, PAQI), S.41

Abbildung 14: Daumenregeln zur Beurteilung der Modellgüte, Quelle: Gäde, Jana C. / Schermelleh-Engel, Karin / Brandt, Holger (2020): Konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA), erschienen in: Moosbrugger, Helfried / Kelava, Augustin (Hrsg.): Testtheorie und Fragebogen-Konstruktion, S.615-660,3. Auflage, Springer

Abbildung 15.1: Histogramm des Items Akustischer Gesamteindruck der Fragengruppe G3, Quelle: Jamovi, The jamovi project (2022): jamovi. (Version 2.3) [Computer-Programm]. Abgerufen über: https://www.jamovi.org.

Abbildung 15.2: Histogramm des Items Gefallen der Fragengruppe G3, Quelle: Jamovi, The jamovi project (2022): jamovi. (Version 2.3) [Computer-Programm]. Abgerufen über: https://www.jamovi.org.

Abbildung 16: Scree-Diagramm mit Orientierungslinie für den Eigenwert 1 und der Faktorenanzahl auf der X-Achse, Quelle: Jamovi, The jamovi project (2022): jamovi. (Version 2.3) [Computer-Programm]. Abgerufen über: https://www.jamovi.org

Abbildung 17: *5*-Faktor-PAQI und Modellgüte, Quelle: Jamovi, The jamovi project (2022): jamovi. (Version 2.3) [Computer-Programm]. Abgerufen über: https://www.jamovi.org

Abbildung 18: 4-Faktor-PAQI und Modellgüte, Quelle: Jamovi, The jamovi project (2022): jamovi. (Version 2.3) [Computer-Programm]. Abgerufen über: https://www.jamovi.org

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Veranstaltungsorte mit positiver Rückmeldung für die Befragungsdurchführung, nach eigener Darstellung

Tabelle 2: Reliabilitätskoeffizienten beider PAQI-Faktormodelle, nach eigener Darstellung, Messwerte wurden mit dem Programm Jamovi berechnet, The jamovi project (2022): jamovi. (Version 2.3) [Computer-Programm]. Abgerufen über: https://www.jamovi.org