

Bachelorarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades eines Bachelor of
Engineering (Veranstaltungstechnik und Management)

Entwicklung eines Vokabulars zur qualitativ-sensorischen Beurteilung von Publikumsbeschallungsanlagen

Public Address System Quality Inventory (PAQI)

Verfasst durch:

Paul Luca Moritz Kuball, Matrikelnummer:

Betreuer:

Prof. Dr. rer. nat. Alexander Lindau

Gutachter:

Prof. Dr. Stefan Weinzierl

1 ABSTRACT

1.1 ABSTRACT

In this research paper, hermeneutic research and an expert survey are used to develop a German vocabulary that enables a semantically distinct, qualitative-sensory assessment of public address systems for the reproduction of music and speech, the Public Address System Quality Inventory (PAQI). To create the PAQI, 14 experts from different sectors of audio technology are interviewed. The PAQI is formed from 41 terms, which are assigned to six categories. The individual terms are each assigned a non-specific and a location-based rating scale. To ensure the greatest possible applicability of the vocabulary, the results of this work will have to be statistically confirmed in a subsequent study.

The aim of this research is to facilitate subject-specific communication in the sensory-qualitative assessment of public address systems, which to date has not been standardized and is partly based on metaphorical description, therefore has a high potential for miscommunication.

1.2 KURZZUSAMMENFASSUNG IN DEUTSCHER SPRACHE

In dieser Forschungsarbeit wird mittels hermeneutischer Recherche und einer Expertenbefragung ein deutschsprachiges Vokabular entwickelt, das eine semantisch eindeutige, qualitativ-sensorische Beurteilung von Publikumsbeschallungsanlagen für die Wiedergabe von Musik und Sprache ermöglicht, das Public Address System Quality Inventory (PAQI). Zur Erstellung des PAQI werden 14 Experten aus unterschiedlichen Teilbereichen der Audiotechnik befragt. Das PAQI bildet sich aus 41 Termini, die sechs Kategorien zugeordnet sind. Den einzelnen Termini ist jeweils eine unspezifische und eine ortsbezogene Bewertungsskala zugeordnet. Um eine größtmögliche Anwendbarkeit des Vokabulars sicherzustellen, werden die Ergebnisse dieser Arbeit in einer Fortführung statistisch bestätigt werden müssen.

Ziel dieser Forschungsarbeit ist die Erleichterung der fachspezifischen Kommunikation in der qualitativ-sensorischen Beurteilung von Publikumsbeschallungsanlagen, die bis dato nicht standardisiert ist und Teils auf metaphorischer Beschreibung basiert sowie daher ein hohes Potential zur Misskommunikation birgt.

2 VORWORT

2.1 GENERISCHES FEMININUM

Aus feministischen Gründen wird in dieser Bachelorarbeit stets die nicht gewohnte weibliche Sprachform bei personenbezogenen Substantiven und Pronomen verwendet. Dies impliziert jedoch keine Benachteiligung des männlichen Geschlechtes, sondern soll im Sinne der sprachlichen Vereinfachung als geschlechterneutral zu verstehen sein.

3 DANKSAGUNG

Für die hilfreiche Beratung bei Konzeption, Durchführung und Dokumentation dieser Forschungsarbeit möchte ich Herrn Prof. Dr. rer. nat. Alexander Lindau und Herrn Prof. Dr. Stefan Weinzierl meinen Dank aussprechen.

Ein besonderer Dank für die engagierte Teilnahme an der Expertenbefragung gilt

Herrn Thomas Adt,

Herrn DI Ph.D. Matthias Frank,

Herrn Prof. Dr. Anselm Goertz,

Herrn Stefan Holtz,

Herrn Prof. Carsten Kümmel,

Herrn Prof. Dr. rer. nat. Alexander Lindau,

Herrn Dr.-Ing. Michael Makarski,

Herrn Mike Rauchfleisch,

Herrn Dipl.-Ing. Holger Schwark,

Herrn Dipl.-Ing. Jochen Sommer,

Herrn Dr. Florian Straube und

Herrn Ass.Prof. DI Dr. rer. nat. Franz Zotter.

Des Weiteren möchte ich meinen Kommilitoninnen Tom D. Rissing und Gesche K. C. Jansen für die tatkräftige Unterstützung und Beratung bei der Erstellung dieser Forschungsarbeit herzlich danken.

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1 | ABSTRACT | B |
| 1.1 | ABSTRACT | B |
| 1.2 | KURZZUSAMMENFASSUNG IN DEUTSCHER SPRACHE | B |
| 2 | VORWORT | C |
| 2.1 | GENERISCHES FEMININUM | C |
| 3 | DANKSAGUNG | D |
| 4 | ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS | G |
| 5 | ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS | H |
| 6 | EINLEITUNG | 1 |
| 7 | DEFINITIONEN | 3 |
| 7.1 | DIE PUBLIKUMSBESCHALLUNGSANLAGE | 3 |
| 7.2 | RAUMAKUSTIK | 4 |
| 8 | STAND DER FORSCHUNG | 6 |
| 8.1 | VORSTELLUNG DES FORSCHUNGSSTANDES | 6 |
| 8.1.1 | <i>DIN-Norm 1320:1969-10 Akustik – Grundbegriffe</i> | 6 |
| 8.1.2 | <i>Evaluation of Speech Transmission Channels by Using Artificial Signals</i> | 6 |
| 8.1.3 | <i>In der Raumakustik benutzte hörakustische Termini</i> | 7 |
| 8.1.4 | <i>A physical method for measuring speech-transmission quality</i> | 7 |
| 8.1.5 | <i>Methoden zur subjektiven Qualitätsbewertung von Audiosignalen</i> | 7 |
| 8.1.6 | <i>Assessment methods for the subjective evaluation of the quality of sound programme material – Music</i> 8 | |
| 8.1.7 | <i>A Multiple Regression Modell for Predicting Loudspeaker Preference Using Objective Measurements</i> | 9 |
| 8.1.8 | <i>Sound Reproduction – Loudspeakers and Rooms</i> | 13 |
| 8.1.9 | <i>Tasting music like wine</i> | 13 |
| 8.1.10 | <i>Spatial Audio Quality Inventory</i> | 16 |
| 8.1.11 | <i>Wheel of Concert Hall Acoustics</i> | 18 |
| 8.1.12 | <i>Stage Acoustic Quality Inventory</i> | 19 |
| 8.1.13 | <i>Optimale Schallfelderzeugung für Beschallungsaufgaben im Zeit- und Frequenzbereich</i> | 21 |
| 8.1.14 | <i>The Room Acoustical Quality Inventory</i> | 21 |
| 8.2 | DISKUSSION DES FORSCHUNGSSTANDES | 22 |
| 9 | METHODIK | 26 |
| 9.1 | AUSWAHL DER METHODIK | 26 |
| 9.1.1 | <i>Die Expertenbefragung</i> | 27 |
| 9.2 | UMSETZUNG DER METHODIK | 27 |
| 9.2.1 | <i>Erstellung eines vorläufigen Vokabulars</i> | 27 |
| 9.2.2 | <i>Arbeitsauftrag</i> | 29 |
| 9.2.3 | <i>Auswahl der Experten</i> | 29 |
| 9.2.4 | <i>Organisatorische Umsetzung</i> | 31 |
| 9.2.5 | <i>Technische Umsetzung</i> | 31 |
| 10 | ERGEBNISSE | 33 |
| 10.1 | AUSWERTUNG DER ERGEBNISSE | 33 |
| 10.1.1 | <i>Bestimmung der Zustimmungsschwelle</i> | 33 |
| 10.1.2 | <i>Auswertung des Primärvokabulars</i> | 35 |

| | | |
|-----------|--|-------------|
| 10.1.3 | <i>Beurteilungsskalen</i> | 37 |
| 10.2 | DAS PUBLIC ADDRESS SYSTEM QUALITY INVENTORY (PAQI) | 39 |
| 11 | DISKUSSION | 42 |
| 12 | FAZIT | 44 |
| 13 | NACHWORT | 45 |
| 14 | LITERATURVERZEICHNIS | 46 |
| 15 | ANHANG | I |
| 15.1 | TEILNAHMEAUFFORDERUNG | I |
| 15.2 | ÜBERSETZUNG VON TASTING MUSIC LIKE WINE | III |
| 15.3 | ÜBERSETZUNG VON WHEEL OF CONCERT HALL ACOUSTICS | V |
| 15.4 | ÜBERSETZUNG VON A MULTIPLE REGRESSION MODELL FOR PREDICTING LOUDSPEAKER PREFERENCE – LISTENING TEST RESULTS VI | VI |
| 15.5 | ÜBERSETZUNG DES RAQI | VIII |
| 15.6 | VORLÄUFIGES VOKABULAR ZUR BEARBEITUNG | IX |
| 15.7 | LISTE DER GENANNTEN ERGÄNZUNGEN | X |
| 15.8 | ABSTIMMUNGSERGEBNISSE DES VORLÄUFIGEN VOKABULARS | XII |
| 16 | EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG | XIII |

4 ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS

| | |
|---|----|
| ABBILDUNG 1: BEI DER QUALITATIVEN BEWERTUNG VON LAUTSPRECHERN GENANNT ADJEKTIVE SORTIERT NACH HÄUFIGKEIT TEIL 1 (QUELLE: OLIVE, S. „A MULTIPLE REGRESSION MODEL FOR PREDICTING LOUDSPEAKER PREFERENCE USING OBJECTIVE MEASUREMENTS: PART I-LISTENING TEST RESULTS“) | 11 |
| ABBILDUNG 2: BEI DER QUALITATIVEN BEWERTUNG VON LAUTSPRECHERN GENANNT ADJEKTIVE SORTIERT NACH HÄUFIGKEIT TEIL 2 (QUELLE: OLIVE, S. „A MULTIPLE REGRESSION MODEL FOR PREDICTING LOUDSPEAKER PREFERENCE USING OBJECTIVE MEASUREMENTS: PART I-LISTENING TEST RESULTS“) | 12 |
| ABBILDUNG 3: DARSTELLUNG RAUMAKUSTISCHER ATTRIBUTE IN FORM EINES RADS (QUELLE: KUUSINEN, A.; LOKKI, T.: „WHEEL OF CONCERT HALL ACOUSTICS“ ACTA ACUSTICA UNITED WITH ACUSTICA 103, P. 186 (03. 2017)) | 19 |
| ABBILDUNG 4: 4-, 6- UND 9-FACTOR RAQI (QUELLE: WEINZIERL ET AL. „A MEASURING INSTRUMENT FOR THE AUDITORY PERCEPTION OF ROOMS: THE ROOMS ACOUSTICAL QUALITY INVENTORY (RAQI)“ THE JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA (09.2018)) | 22 |
| ABBILDUNG 5: UMSATZ, BESUCHERREICHWEITE UND TICKETPREISE NACH MUSIKRICHTUNG 2013 (DEUTSCHES MUSIKINFORMATIONSZENTRUM 8/2016) | 23 |
| ABBILDUNG 6: VERLAUF DER PROZENTUALEN ZUSTIMMUNG..... | 34 |
| TABELLE 1: DAS PUBLIC ADDRESS SYSTEM QUALITY INVENTORY (PAQI)..... | 39 |

5 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

| Abkürzung | Bedeutung |
|------------------|--|
| PA | Public Address System |
| PAQI | Public Address System Quality Inventory |
| RAQI | Room Acoustical Quality Inventory |
| SAQI | Spatial Audio Quality Inventory |
| STAQI | Stage Acoustic Quality Inventory |
| DIN | Deutsches Institut für Normung |
| STI | Speech Transmission Index |
| CU | Consumer Union |
| STIPA | Speech Transmission Index for Public Address Systems |

6 EINLEITUNG

In der Anwendung und Entwicklung von Publikumsbeschallungsanlagen kommt der Beurteilung auditiver Qualitäten eine große Bedeutung zu. Anwenderinnen greifen bei der sensorischen Beurteilung auf individuelle Vokabulare zurück. Diese Vokabulare bilden sich zum Teil aus metaphorischen Beschreibungen der wahrgenommenen Qualitäten. „Less obvious was our finding that different listeners using the same word sometimes mean entirely different things.“ [1, S. 30]. Die Verwendung eines individuellen Vokabulars kann also, verursacht durch eine individuell divergierende Zuordnung von Hörempfindung zu Terminus sowie eine unterschiedliche Konnotation desselben, zu Misskommunikation führen. Dies hat einen negativen Einfluss auf Effizienz und Präzision in der Kommunikation der wahrgenommenen Hörempfindungen.

„[...] subjektive Bewertungen [stellen] mehr denn je eine wesentliche Voraussetzung zur Erreichung einer hohen Qualität neuer (digitaler) Ton- [...] Übertragungssysteme [dar] [...], da die bisher rein physikalisch orientierten traditionellen Meßverfahren [sic!] der Analog-und Digitaltechnik [...] mehr oder weniger vollständig versagen.“ [2]

Subjektive Testverfahren gehen mit einem hohen Aufwand für Planung, Durchführung und vor allem Auswertung der Testergebnisse einher und sind, wie von Hoeg dargelegt, von zunehmend großer Bedeutung. Ein semantisch eindeutiges, standardisiertes Vokabular soll die Durchführung subjektiver, also qualitativ-sensorischer Testverfahren an Publikumsbeschallungsanlagen erheblich vereinfachen und beschleunigen.

Mittels einer hermeneutischen Recherche und durch Befragung von Experten aus der Forschung, Entwicklung und Anwendung von Publikumsbeschallungsanlagen erhobenen Daten wird ein deutschsprachiges Vokabular gebildet, mit dem sich qualitativ-sensorische Attribute bei der Nutzung von Publikumsbeschallungsanlagen zur Wiedergabe von Musik und Sprache semantisch eindeutig und klar verständlich beurteilen lassen. Das Vokabular soll aus Termini bestehen, die durch das jeweilige Substantiv und mittels einer unspezifischen sowie einer ortsbezogenen Skala in ihrer Ausprägung beschrieben werden können. Das Ziel liegt darin, das Vokabular so zu entwickeln, dass seine Anwendung auf dem Gebiet der Audiotechnik einen klaren Nutzen erzeugt, in dem es die Kommunikation im professionellen Kontext, wie oben erwähnt, deutlich erleichtert und Misskommunikation reduziert.

Zunächst wird der für diese Arbeit relevante Forschungsstand dargestellt und eingeordnet. Aufbauend darauf wird die Legitimität dieser Forschungsarbeit begründet und anschließend

die Auswahl der Forschungsmethodik erläutert. Abschließend werden die Ergebnisse und deren Analyse präsentiert und diskutiert.

7 DEFINITIONEN

7.1 DIE PUBLIKUMSBESCHALLUNGSANLAGE

Eine Beschallungsanlage (englisch: *Public Address System*) ist eine technische Anlage, die akustische und elektroakustische Signale elektroakustisch reproduziert, um diese Zuhörerinnen zugänglich zu machen. Folgende allgemeine Anforderungen sollten Beschallungsanlagen erfüllen:

- „1. Improve intelligibility and clarity;
2. Extend the dynamic range;
3. Improve the acoustic balance between the different parts of a performance (speech, vocal and instrumental music);
4. Ensure an appropriate relationship between the visual and acoustical localization of original and ‘simulation’ sources (sound images), particularly if the action and reception areas are large and of complex geometry;
5. Help to overcome difficult or complex acoustic environments;
6. Include the audience in the performance activity;
7. modify the acoustical parameters of the reproduction room;
8. Enhance the realization of spatial sound effects, such as moving sound sources through the auditorium or space;
9. Modify human voices and instrumental sounds electronically, as well as use electronically produced noises and sounds as a deliberate means of presentation;
10. Preproduce and preprogramme parts of the programme to simplify the technical processes.“ [3, S. 14].

Beschallungsanlagen lassen sich zunächst anhand ihrer Nutzerinnen in für private Endverbraucherinnen und für professionelle Anwenderinnen konzipierte Anlagen unterscheiden. In dieser Forschungsarbeit wird sich dabei explizit auf Beschallungsanlagen fokussiert, die für die professionelle Anwendung konzipiert sind. Beschallungsanlagen, die explizit für private Endverbraucherinnen entwickelt sind, werden in dieser Forschungsarbeit nicht berücksichtigt.

Professionelle Beschallungsanlagen werden in verschiedenen Feldern und mit unterschiedlichen Zielen eingesetzt. Daraus resultieren verschiedene Anforderungen an diese. Beschallungsanlagen, die ausschließlich zu Sicherheitszwecken, beispielsweise der Wiedergabe von Alarmsignalen oder zu wichtigen sicherheitsrelevanten Durchsagen eingesetzt werden, sind auf die Erbringung möglichst hoher Sprachverständlichkeit ausgelegt. Diese Zielsetzung ist nicht mit dem Streben nach einer hohen subjektiven Klangqualität gleichzusetzen. Deshalb wird diese Form der Beschallungsanlage in dieser Forschungsarbeit nicht berücksichtigt.

Im Unterhaltungsbereich eingesetzte Beschallungsanlagen dienen meist der Wiedergabe von sowohl Sprache als auch Musik. Die akustischen Anforderungen an diese Beschallungsanlagen liegen nicht allein bei der weitläufigen Übermittlung von Informationen und hoher Sprachverständlichkeit. Die übermittelten Signale sollen zudem in qualitativ-sensorischer Form – also in einer die ZuhörerIn sensorisch ansprechenden Form – übermittelt werden. Beschallungsanlagen, an die die sich daraus ergebenden Anforderungen gestellt werden, sind in dieser Forschungsarbeit als Publikumsbeschallungsanlagen definiert.

Publikumsbeschallungsanlagen lassen sich zudem nach Anwendungsumgebung, also dem Raum, in dem sie betrieben werden, einteilen. Zunächst lässt sich zwischen der Anwendung im Außenbereich und der Anwendung im Innenraum differenzieren. Anlagen, die im Außenbereich eingesetzt werden, müssen einen hohen Widerstand gegen unterschiedliche Witterungsbedingungen aufweisen. Viele Beschallungsanlagen lassen sich durch ihre modulare Bauweise und diverse Möglichkeiten der Modifikation sowohl in Innenräumen als auch in Außenräumen einsetzen. Beschallungsanlagen, die in Innenräumen eingesetzt werden, müssen in Abhängigkeit von Größe, Form, Art und daraus resultierend Raumakustik verschiedenen Ansprüchen gerecht werden. Publikumsbeschallungsanlagen, die in Konzertstätten für beispielsweise Rock- oder Popmusik eingesetzt werden, müssen – bedingt durch die unterschiedliche Akustik der Räume – andere Ansprüche erfüllen als solche, die in Kirchen Anwendung finden. In genanntem Beispiel unterscheiden sich die zu überragenden Signale und die Akustik der zu beschallenden Räume. In Kirchen wird vornehmlich Sprache in einen Raum mit sehr hohen Nachhallzeiten übertragen. In Konzertstätten für Rock- und Popmusik wird Musik übertragen, die zwar Sprache respektive Gesang enthalten kann. Die Verständlichkeit der Sprache hat hier aber nur eine der gesamten auditiven Qualität nebengeordnete Rolle. Verglichen mit Kirchen weisen diese Räume deutlich geringere Nachhallzeiten auf. Ausnahmen und Sonderfälle, wie Kirchen, in denen Konzerte stattfinden, sind ebenfalls möglich. Es lässt sich feststellen, dass neben der zu übertragenden Signale auch der die Anlage umschließende Raum einen erheblichen Einfluss auf die Auswahl der Anlage und deren Klang hat.

7.2 RAUMAKUSTIK

Die Raumakustik beschreibt alle Einflüsse, die ein Raum auf ein akustisches Ereignis hat. Alle raumakustischen Effekte lassen sich auf ein komplexes Zusammenspiel aus Reflexionen und Absorptionen, die durch geometrische und stoffliche Eigenschaften des Raumes und der sich darin befindenden Objekte entstehen, zurückführen.

Bei der qualitativ-sensorischen Beurteilung von Publikumsbeschallungsanlagen hat die Akustik des Raumes stets einen Einfluss auf die wahrgenommenen Größen [4], da dieser sich stets zwischen Publikumsbeschallungsanlage und Hörerin öffnet, der Schall ihn in jedem Fall durchqueren muss und dadurch Beeinflussung erfährt. Bei Konstruktion, Einrichtung und Nutzung einer Publikumsbeschallungsanlage lassen sich die sich durch den Raum ergebenden Beeinflussungen berücksichtigen, sodass der Einfluss der Raumakustik auf das Schallsignal reduziert oder zum Vorteil des Beschallungsziels genutzt werden kann. Die in dieser Forschung

erarbeiteten Termini beschreiben sensorische Qualitäten, die durch die Publikumsbeschallungsanlage beeinflusst werden. Da der die Publikumsbeschallungsanlage umgebende Raum diese, wie oben dargestellt, beeinflusst, ist die Abgrenzung von der Beurteilung raumakustischer Qualitäten nur partiell möglich. Es werden ausschließlich Qualitäten beschrieben, die eine Beeinflussung durch die Publikumsbeschallungsanlage erfahren. Dies schließt nicht aus, dass raumakustische Einflussfaktoren diese nicht ebenfalls beeinflussen. Überschneidungen mit Begriffen zur Beurteilung raumakustischer Qualitäten sind demnach kohärent mit dem Forschungsziel.

8 STAND DER FORSCHUNG

Im Folgenden werden in chronologischer Reihenfolge Forschungsarbeiten vorgestellt, die in einem verwandten Forschungsbereich respektive unter Nutzung einer ähnlichen Forschungsmethodik erstellt wurden. Zielsetzung, Methodik und Ergebnisse dieser Forschungsarbeiten werden zusammengefasst. Abschließend wird die Relevanz der dargestellten Arbeiten in Bezug auf die in dieser Forschungsarbeit behandelte Fragestellung diskutiert.

8.1 VORSTELLUNG DES FORSCHUNGSSTANDES

8.1.1 DIN-Norm 1320:1969-10 Akustik – Grundbegriffe

In der DIN-Norm 1320:1969-10 „Akustik – Grundbegriffe“ [5] wurden im Rahmen eines allgemeinen, die Akustik betreffenden Vokabulars Termini definiert, die die Beschreibung akustischer Attribute ermöglichten [6, S. 4]. Neben einer Vielzahl quantitativer Größen wurden ebenfalls qualitativ-sensorische Größen beschrieben. In der Ausgabe aus Dezember 2019 traf dies auf die folgenden Termini zu:

„10.11 Durchsichtigkeit, [...]“

10.33 Klangfarbe, [...]“

10.40 Lautheit, [...]“

10.41 Lokalisation, [...]“

10.55 Rauigkeit, [...]“

10.58 Räumlichkeit [...]“ [6, S. 21–30].

8.1.2 Evaluation of Speech Transmission Channels by Using Artificial Signals

Tammo Houtgast und Herman Steeneken veröffentlichten im Jahr 1971 die Arbeit „Evaluation of Speech Transmission Channels by Using Artificial Signals“ [7]. In der Abhandlung stellten sie eine Methodik vor, mittels derer eine quantitative Beschreibung verschiedener, sich auf die Sprachverständlichkeit auswirkender Störungen ermöglicht wurde, den „Speech Transmission Index (STI)“ [7]. Der Methodik lag die Annahme zugrunde, dass die Änderung der Wahrnehmung von Sprache und die physische Änderung des Sprach-Signals verknüpft seien. Es wurde die These aufgestellt, dass ein geringer spektraler Unterschied zwischen dem Sprachsignal auf Seite der Emittentin und der Adressatin eine hohe Sprachverständlichkeit zur Folge hatte. Der darauf basierend definierte Speech Transmission Index (STI) stellte die Korrelation zwischen einem am Ort der Emittentin wiedergegebenen und einem am Ort der Adressatin aufgenommenen Testsignal dar [7].

8.1.3 In der Raumakustik benutzte hörakustische Termini

In dem 1977 in Ausgabe 39 der Zeitschrift Acustica veröffentlichten Leserbrief „In der Raumakustik benutzte hörakustische Termini“ [8] stellte Werner Kuhl eine im

„[...] Fachausschuß [sic!] Elektroakustik der Nachrichtentechnischen Gesellschaft [...]“ [8] entwickelte Liste raumakustischer Termini vor. Die Erfordernis zur Festlegung der Termini begründete er mit der Notwendigkeit „[...] eine eindeutige Zuordnung von Hörereignis und Terminus [...] [zu gewährleisten,] um zu vermeiden, daß [sic!] verschiedene Autoren oder auch der gleiche Autor für ein hörakustisches Kriterium verschiedene Termini benutzt“ [8].

Er führte die folgenden neun Termini in Zusammenhang mit einer kurzen Beschreibung auf.

„Durchsichtigkeit [,] [...]“

Echo [,] [...]

Flatterecho [,] [...]

Halligkeit [,] [...]

Hörsamkeit [,] [...]

Nachhall [,] [...]

Nachhalldauer [,] [...]

Raumeindruck [,] [...]

Räumlichkeit [...]“ [[5]].

8.1.4 A physical method for measuring speech-transmission quality

„A physical method for measuring speech-transmission quality“ [9] stellte methodisch eine Erweiterung des 1947 veröffentlichten „Articulation Index“ [10] dar. „The underlying concept of the present approach, based on the modulation Transfer function (MTF) of a transmission channel, has been adapted to account for nonlinear distortions (peak clipping) as well as for distortions in the time domain (reverberation, echoes, AGC).“ [9]. Eine abgewandelte Form des STI, der „Speech Transmission Index for Public Address Systems (STIPA)“ [11] findet aufgrund seiner Benutzerfreundlichkeit und der Geschwindigkeit, in der die einzelnen Messvorgänge durchgeführt werden können, Anwendung in der quantitativen Beurteilung von Beschallungsanlagen und des akustischen Umfeldes, in dem sie agieren [12].

8.1.5 Methoden zur subjektiven Qualitätsbewertung von Audiosignalen

In „Methoden zur subjektiven Qualitätsbewertung von Audiosignalen Teil I: Stand der internationalen Standardisierung“ [2] beschrieb Wolfgang Hoeg verschiedene, besonders auf die Anwendung im Rund- und Hörfunk ausgelegte Standards zur subjektiven Bestimmung der Übertragungsqualität in Audiosystemen. Er bot einen Einblick in die durch die Deutsche

Telekom AG auf diesem Bereich geleistete Forschungsarbeit und stellte verschiedene in Empfehlungen der Organisation Internationale de Radiodiffusion et de Télévision (OIRT) und des Comité Consultatif International des Radiocommunications (CCIR) respektive deren Nachfolger der European Broadcasting Union (EBU) und der International Telecommunications Union (ITU) vorgegebene Erhebungs- und Auswertungsmethoden vor. Die in der Arbeit beschriebenen Anwendungen bezogen sich auf die qualitative Bewertung von Audio-Codecs. Die von Hoeg genannten Bewertungsparameter,

„Basic audio quality [...] [,]

Stereophonic image quality [...] [und]

Front image quality / impression of surround quality“ [2, S. 5],

eignen sich potenziell für die qualitativ-sensorische Beurteilung von Publikumsbeschallungsanlagen. Des Weiteren stellte Hoeg fest, dass

„[d]ie Erfahrungen der letzten Jahre zeigen, daß [sic!] subjektive Bewertung mehr denn je eine wesentliche Voraussetzung zur Erreichung einer hohen Qualität neuer (digitaler) Ton- (und auch Bild-) Übertragungssysteme darstellen, da die bisher rein physikalisch orientierten traditionellen Messverfahren der Analog- und Digitaltechnik insbesondere bei der Bewertung von Übertragungsverfahren mit wahrnehmungsbasierter Bitdatenreduktion mehr oder weniger vollständig versagen“ [2].

Daraus und aus dem Aufwand der erwähnten subjektiven Testverfahren leitete er ab, dass die Entwicklung objektiver Testverfahren zur Beurteilung und Vorhersage subjektiver Größen eine sinnvolle Fortführung der Forschungsarbeit sei [2].

8.1.6 Assessment methods for the subjective evaluation of the quality of sound programme material – Music

Im Appendix B der von Hoeg in oben genannter Arbeit behandelten Veröffentlichung der European Broadcasting Union „Assessment methods for the subjective evaluation of the quality of sound programme material – Music“ aus dem Jahr 1997 wurden sieben „Main parameters“ [13] und deren jeweilige „sub-parameters“ [13] angegeben. Im Folgenden werden die im Rahmen des Buches „Handbuch der Tontechnik“ [14] in deutsche Sprache übersetzten Haupt- und Teilparameter aufgelistet:

„Raumeindruck [...]“

Homogenität des Raumschalls

Nachhalldauer, Hallbalance

Empfundene Raumgröße

Tiefenstaffelung

Stereophoner Eindruck [...]“

Richtungsgleichgewicht

Richtungsstabilität

Abbildungsbreite

Lokalisierungsschärfe

Durchsichtigkeit [...]

Registerdurchsichtigkeit

Zeitdurchsichtigkeit

Textverständlichkeit

Durchmischung

Akustisches Gleichgewicht [...]

Lautstärkegleichgewicht

Dynamikbereich

Klangfarbengleichgewicht

Klangfarbe [...]

Klangfarbe Direktschall

Klangfarbe Raumschall

Klangeinsatz

Störgeräusche [...]

Akustische Störwirkungen

Elektrische Störwirkungen [...]

Codierstörungen

Aufnahmetechnik

Raumakustische Irregularitäten

Akustischer Gesamteindruck“ [14].

8.1.7 A Multiple Regression Modell for Predicting Loudspeaker Preference Using Objective Measurements

8.1.7.1 Part I – Listening Test Results

In „A Multiple Regression Modell for Predicting Loudspeaker Preference using Objective Measurements: Part I – Listening Test Results“ [15] stellte Sean Olive zunächst drei Herangehensweisen zur Vorhersage des Hörerlebnisses eines Lautsprechers vor. Es handelte sich um „Models Based on Sound Power“ [15], „Klippel’s Model“ [15] und „Models based on

Anechoic Measurements“ [15]. Er stellte fest, dass das von Klippel entwickelte Modell als einziges getestet und verifiziert sei.

Darauf folgend beschrieb er die Durchführung des von ihm entwickelten Hörversuches. Der Hörversuch wurde für 13, zuvor in der im August 2001 veröffentlichten Ausgabe der *Consumer Reports (ehemals Consumer Union (CU))* getestete Lautsprecher durchgeführt. Das Hauptziel der Studie war die Bestimmung der Genauigkeit des in Consumer Reports verwendeten, auf der Messung der Schallleistung basierenden Modells zur Vorhersage der qualitativen Beurteilung eines Lautsprechers. Zu diesem Zweck führte Olive mit sieben Probanden Hörversuche durch und verglich die Ergebnisse mit den Vorhersagen der Consumer Reports. Er stellte fest, dass „[t]here is poor correlation [...] between CU’s accuracy ratings of loudspeakers and listeners preference ratings“ [15].

Durch die Analyse der 2.381 gesammelten Kommentare der sieben Probanden stellte Olive heraus, dass 27 der genannten 80 Adjektive in 94 % der Kommentare vorkamen [15]. In *Abbildung 1 und Abbildung 2* findet sich eine vollständige Auflistung der verwendeten Attribute im englischen Original, inklusive der Häufigkeit ihrer Verwendung.

| Adjective | Count | % Total Comments | Accumulated % with Preference | Correlation (r-value) |
|------------------------|-------|------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Bright | 317 | 13.31 | 13.31 | -0.27 |
| Colored | 254 | 10.67 | 23.98 | -0.33 |
| Lacks/No bass | 153 | 6.43 | 30.41 | -0.76 |
| Dull | 95 | 3.99 | 34.40 | 0.65 |
| Thin | 95 | 3.99 | 38.39 | -0.64 |
| Great Bass | 86 | 3.61 | 42.00 | 0.87 |
| Forward | 63 | 2.65 | 44.65 | 0.38 |
| Distorted | 62 | 2.60 | 47.25 | -0.31 |
| Nasal | 62 | 2.60 | 49.85 | 0.03 |
| Image not focus | 56 | 2.35 | 52.20 | -0.25 |
| Muffled | 56 | 2.35 | 54.56 | 0.32 |
| Too much High/Treble | 56 | 2.35 | 56.91 | -0.13 |
| Mid depression/hole | 54 | 2.27 | 59.18 | 0.49 |
| Tizzy | 54 | 2.27 | 61.44 | -0.54 |
| Weak Low Bass | 53 | 2.23 | 63.67 | 0.24 |
| Balanced | 48 | 2.02 | 65.69 | 0.91 |
| Resonances | 45 | 1.89 | 67.58 | -0.51 |
| Spectral tilt up | 35 | 1.47 | 69.05 | 0.10 |
| Neutral | 32 | 1.34 | 70.39 | 0.89 |
| Clock Radio (AM) | 31 | 1.30 | 71.69 | -0.68 |
| Smooth | 31 | 1.30 | 72.99 | 0.83 |
| Spitty | 31 | 1.30 | 74.30 | 0.20 |
| Warm | 28 | 1.18 | 75.47 | 0.72 |
| Bass Bump (100-200 Hz) | 26 | 1.09 | 76.56 | 0.47 |
| Tubby | 25 | 1.05 | 77.61 | 0.78 |
| Mid Peak | 42 | 1.76 | 79.38 | -0.35 |
| Shouty | 22 | 0.92 | 80.30 | 0.02 |
| Ragged response | 21 | 0.88 | 81.18 | -0.10 |
| Boomy | 20 | 0.84 | 82.02 | 0.31 |
| Megaphone | 20 | 0.84 | 82.86 | -0.36 |
| Uncolored | 19 | 0.80 | 83.66 | 0.72 |
| Muted (highs or mids) | 18 | 0.76 | 84.42 | 0.09 |
| Raspy | 18 | 0.76 | 85.17 | 0.57 |
| Lacks highs/treble | 17 | 0.71 | 85.89 | -0.28 |
| Mellow | 16 | 0.67 | 86.56 | 0.60 |
| All mids | 15 | 0.63 | 87.19 | -0.40 |
| Dark | 15 | 0.63 | 87.82 | 0.71 |
| Annoying | 14 | 0.59 | 88.41 | -0.47 |
| Harsh | 14 | 0.59 | 89.00 | 0.12 |
| Bass Heavy | 13 | 0.55 | 89.54 | 0.42 |
| Presence (Lacks) | 12 | 0.50 | 90.05 | 0.20 |

Abbildung 1: Bei der qualitativen Bewertung von Lautsprechern genannte Adjektive sortiert nach Häufigkeit Teil 1 (Quelle: Olive, S. „A multiple Regression Model For Predicting Loudspeaker Preference Using Objective Measurements: Part I- Listening Test Results“)

| | | | | |
|-------------------------------|----|------|--------|-------|
| Sharp | 12 | 0.50 | 90.55 | -0.19 |
| Sibilant | 12 | 0.50 | 91.05 | -0.72 |
| Veiled | 12 | 0.50 | 91.56 | 0.72 |
| Closed/ not open | 11 | 0.46 | 92.02 | 0.19 |
| Honky | 11 | 0.46 | 92.48 | -0.14 |
| Bass Extended | 10 | 0.42 | 92.90 | 0.68 |
| Pinched | 10 | 0.42 | 93.32 | 0.32 |
| Band passed | 9 | 0.38 | 93.70 | -0.45 |
| Hard | 9 | 0.38 | 94.08 | -0.10 |
| Phasey | 9 | 0.38 | 94.46 | -0.31 |
| Distant | 8 | 0.34 | 94.79 | -0.29 |
| Recessed | 8 | 0.34 | 95.13 | 0.87 |
| Rolled off (highs) | 8 | 0.34 | 95.46 | -0.22 |
| Full | 7 | 0.29 | 95.76 | 0.75 |
| Hollow | 7 | 0.29 | 96.05 | 0.02 |
| Narrow image | 7 | 0.29 | 96.35 | -0.33 |
| Unnatural | 7 | 0.29 | 96.64 | 0.14 |
| Comb filter | 6 | 0.25 | 96.89 | -0.34 |
| Hooty | 6 | 0.25 | 97.14 | -0.58 |
| Zingy | 6 | 0.25 | 97.40 | -0.43 |
| Bass Lean | 5 | 0.21 | 97.61 | -0.11 |
| Distortion (very low or none) | 5 | 0.21 | 97.82 | 0.48 |
| Happy/smiley face | 5 | 0.21 | 98.03 | 0.67 |
| Thick (mid bass) | 5 | 0.21 | 98.24 | 0.40 |
| Clear | 4 | 0.17 | 98.40 | 0.63 |
| Flat | 4 | 0.17 | 98.57 | 0.45 |
| Presence (has good) | 4 | 0.17 | 98.74 | 0.33 |
| Woofers bottoming | 4 | 0.17 | 98.91 | -0.34 |
| Wooly | 4 | 0.17 | 99.08 | 0.48 |
| Zippy | 4 | 0.17 | 99.24 | -0.48 |
| Bass (uneven) | 3 | 0.13 | 99.37 | 0.08 |
| Laid back | 3 | 0.13 | 99.50 | 0.57 |
| Stuffy | 3 | 0.13 | 99.62 | 0.24 |
| Chesty | 2 | 0.08 | 99.71 | 0.61 |
| Crusty | 2 | 0.08 | 99.79 | -0.34 |
| Howl | 2 | 0.08 | 99.87 | -0.04 |
| Shrill | 2 | 0.08 | 99.96 | -0.27 |
| Open | 1 | 0.04 | 100.00 | 0.37 |

Abbildung 2: Bei der qualitativen Bewertung von Lautsprechern genannte Adjektive sortiert nach Häufigkeit Teil 2 (Quelle: Olive, S. „A multiple Regression Model For Predicting Loudspeaker Preference Using Objective Measurements: Part I- Listening Test Results“)

8.1.7.2 Part II – Development Of The Model

In „A Multiple Regression Modell For Predicting Loudspeaker Preference Using Objective Measurements: Part II – Development Of The Model“ [4] stellte Olive ein von ihm entwickeltes Modell zur präzisen Prognose der qualitativen Beurteilung von Lautsprechern mittels quantitativer Messungen vor. Er entwickelte durch die statistische Auswertung der Ergebnisse 19 verschiedener qualitativer Hörversuche für 70 verschiedene Lautsprecher ein Modell zur Vorhersage der qualitativen Beurteilung des Lautsprechers durch Zuhörer. Das entwickelte Modell verglich er mit zwei auf Innenraummessungen und zwei auf Messung der Schallleistung basierenden Modellen. Dabei stellte er fest, dass Modelle, die auf Schallleistung basieren, weniger akkurat waren, und führte dies darauf zurück, dass die Mischung aus direktem und reflektiertem Schall einen wichtigen Einfluss auf die Wahrnehmung hatte [4].

8.1.8 Sound Reproduction – Loudspeakers and Rooms

Floyd E. Toole stellte in „Sound Reproduction [–] Loudspeakers and Rooms“ [16] fest, dass „[i]t has been a great problem, causing much confusion about what is responsible for the sound quality we are judging“ [16]. Die eindeutige Zuordnung qualitativer Größen zu Ursachen stellte demnach eine Herausforderung dar [16, S. 337]. Zusätzlich merkte er an, dass die sensorische Beurteilung der Wiedergabequalität eines Lautsprechers immer auf der Grundlage unterschiedlichen persönlichen Geschmacks stattfindet und daher hochgradig subjektiv sei. Er fügte an, dass neben dem persönlichen Geschmack der Hörerin und den qualitativen Eigenschaften des Lautsprechers auch andere Faktoren, wie „[...] room, music, mood, prize, size [and] brand [...]“ [16], einen Einfluss auf die Beurteilung haben könnten [16, S. 338]. Allgemein fasste er zusammen, dass sich selbst mit primitiven Hörversuchen feststellen lies, dass es eine subjektive Präferenz für Lautsprecher mit Frequenzkurven, deren Verlauf „[...] flat and smooth [...]“ [16, S. 390] ist, gäbe.

8.1.9 Tasting music like wine

Im Januar 2014 erschien in der Zeitschrift Physics Today ein von Tapio Lokki verfasster Artikel über die empirische Erstellung eines Vokabulars zur Beschreibung des Klanges von Konzerthäusern. In seiner Forschung wendete Lokki ein technisches Simulationsverfahren an, das es den Probandinnen ermöglichte, den Raumklang neun verschiedener Konzerthäuser anhand mehrerer Beispiele klassischer Musik aus verschiedenen Epochen wahrzunehmen und direkt zu vergleichen. Die 17 teilnehmenden Probandinnen beschrieben die wahrgenommenen akustischen Eigenschaften der unterschiedlichen Konzerthäuser. Auf diesem Weg wurde ein Vokabular aus 60 sich teilweise wiederholenden sensorischen Eigenschaften erstellt [1]:

„Definition

focus

clear

articulation

definition

Clarity

distinguishable sources

clear

clarity

balance

reverberance

clearness

Reverberance

amount of reverb

fullness

strength

reverberant

reverberance

amount of reverb

reverberance

Loudness

loudness

fullness

width

loudness

width of stereo image

size of hall

width

Envelopment

reverberance

reverberation

reverberation

envelopment
fullness
deepness
size of orchestra
presence
shape of space
distance
openness

Bassiness

richness
bassiness
juicy
openness
reverberance
softness
softness
fullness
sharpness
warmth
fleshy
darkness
bottom
low tones
bassiness

Proximity

distance
distance of source
intimacy
distance

distance

depth

Undefined

penetrating

balanced

sharpness“ [1].

8.1.10 Spatial Audio Quality Inventory

Alexander Lindau et al. haben 2014 im Rahmen der DAGA Oldenburg ihre Forschungsarbeit „Eine Fokusgruppe für die Entwicklung eines Vokabulars zur sensorischen Beurteilung virtueller akustischer Umgebungen“ [17] respektive das „Spatial Audio Quality Inventory (SAQI)“ [17] vorgestellt. Zielsetzung der Arbeit war die Entwicklung eines Vokabulars, das die eindeutige Beschreibung sensorischer Größen im Kontext virtueller akustischer Umgebungen ermöglichte. Zur Bestimmung der Attribute wurde das Fokusgruppenverfahren angewandt. Lindau et al. haben innerhalb von insgesamt 56 Stunden langen Diskussionsrunden, gebildet aus je 10–15 Experten, zunächst ein vorläufiges Vokabular aus 49 Attributen gebildet. Anschließend wurde das Vokabular durch die zwölf Experten mit der häufigsten Anwesenheit validiert und zusätzlich durch fünf weitere externe Experten beurteilt. Das Ergebnis war das folgende Vokabular, das aus 48 Attributen besteht, die sich in acht Kategorien einteilen lassen:

„Klangfarbe

Klangfarbe hell-dunkel,

Klangfarbliche Ausprägung im Höhen-/Mitten- Tiefenbereich,

Schärfe,

Rauigkeit,

Kammfilterartigkeit,

Metall,

Klangfarbe

Tonalität

Tonhaltigkeit,

Tonhöhe,

Dopplereffekt

Geometrie

Richtung Azimut/Elevation,

Vorn-Hinten-Lage,
Entfernung,
Tiefen-, Breiten-, Höhenausdehnung,
Externalisierungsgrad,
Lokalisierbarkeit,
Räumliches zerfallen

Raum

Nachhallstärke,
Nachhalldauer,
Nachhallumhüllung

Zeitverhalten

Vor-Nachechos,
zeitliches Zerfallen,
Knackigkeit,
Wiedergabegeschwindigkeit,
Szenenablauf,
Reaktionsschnelligkeit

Dynamik

Lautheit,
Dynamik,
Kompressoreffekte

Artefakt

Tonhaltiges/ Impulshaftes/ Rauschhaftes Fremdgeräusch,
Fremdquelle,
Geisterquelle,
Verzerrungen,
Vibration

Allgemeines

Unterschied,

Klarheit,
Sprachverständlichkeit,
Natürlichkeit,
Präsenz,
Gefallen,
Sonstiges“ [18].

8.1.11 Wheel of Concert Hall Acoustics

Das „Wheel of Concert Hall Acoustics“ [19] wurde im Jahr 2017 von Antti Kuusinen und Tapio Lokki vorgestellt. Kuusinen und Lokki wählten für die Darstellung der ermittelten Attribute zur Beschreibung des Raumklangs in Konzerthäusern einen aus mehreren Ringen bestehenden und in einzelne Segmente eingeteilten Kreis. Die gewählte Darstellungsform war angelehnt an das in der Beschreibung von Wein verwendete *Aromarad* [20]. Die Auswahl der Attribute erfolgte auf der Grundlage von Literatur und der persönlichen Einschätzung der Autoren. Sie stellten heraus, dass das auf diesem Weg entwickelte Vokabular keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebe. Das „Wheel of Concert Hall Acoustics“ [19] enthielt 35 Attribute, die in acht Kategorien eingeteilt waren. Die Darstellung der Attribute in Form eines Rads ermöglichte die Darstellung von Attributen, die sich nicht eindeutig in eine Kategorie einteilen lassen [19]. Die Autoren haben erfolgreich eine Methodik der Darstellung sensorischer Attribute in der Verkostung von Wein auf die Anwendung bei der Beschreibung des Klangs von Konzerthäusern übertragen.

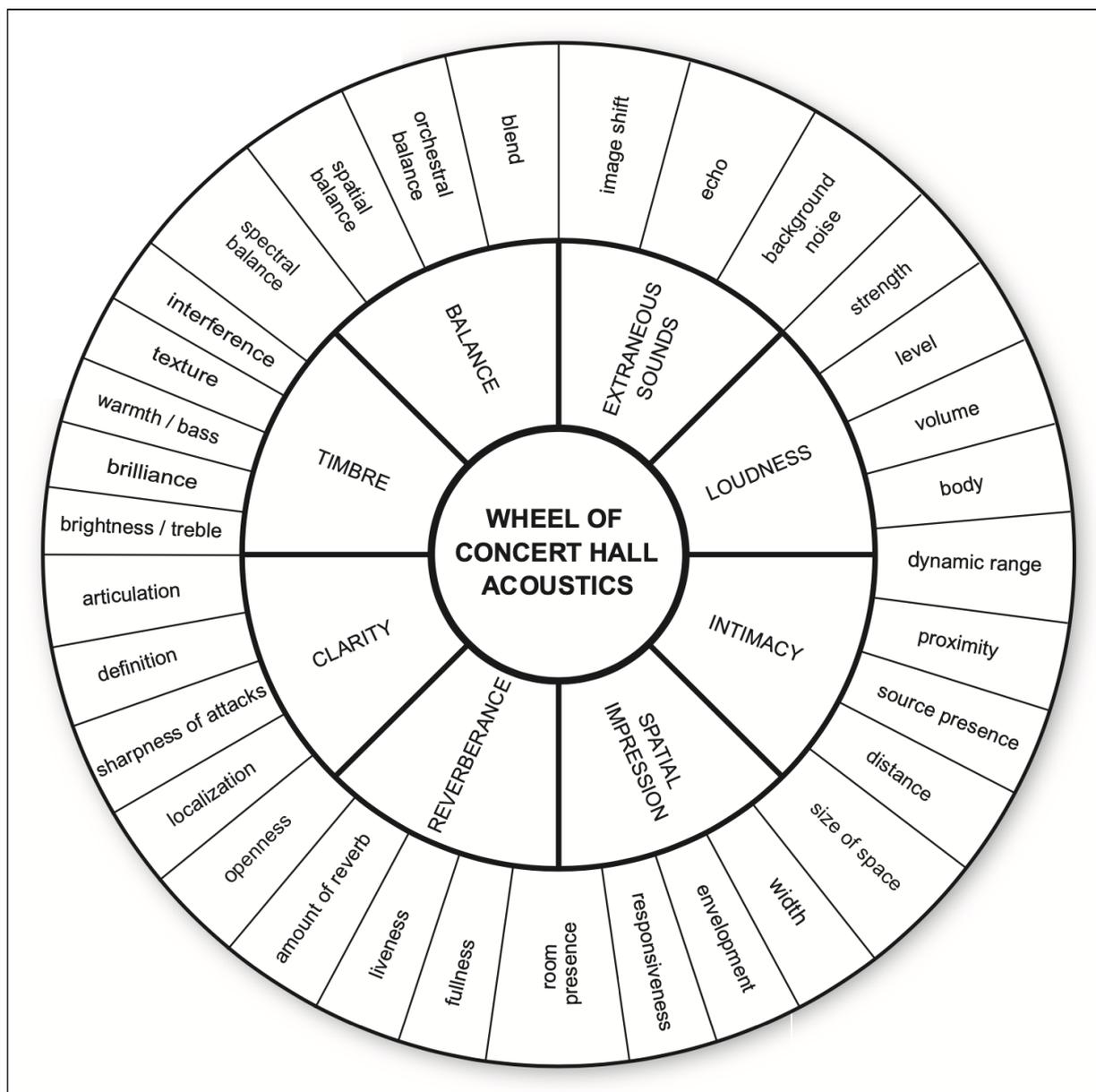


Abbildung 3: Darstellung raumakustischer Attribute in Form eines Rads (Quelle: Kuusinen, A.; Lokki, T.: „Wheel of Concert Hall Acoustics“ Acta Acustica united with Acustica 103, p. 186 (03. 2017))

8.1.12 Stage Acoustic Quality Inventory

Im Jahr 2018 haben Zora Schärer Kalkandjiev und Stefan Weinzierl ihre Entwicklung des „[...] Stage Acoustic Quality Inventory (STAQI)“ [21] vorgestellt. Das STAQI war ein Vokabular zur Beschreibung akustischer Qualitäten eines Raumes aus der Perspektive der Musikerinnen. Zur Erhebung eines ersten Vokabulars wurden zwei Experimente in einem schallarmen Raum durchgeführt. Die Teilnehmerinnen des ersten Experiments waren sechs Solistinnen, die die folgenden Instrumente spielten: „violin, cello, oboe, bassoon, trumpet and trombone“ [21]. Am zweiten Experiment nahmen ein Streich- und ein Trompetenquartett teil. Die Musikerinnen saßen in beiden Experimenten im schallarmen Raum und wurden während des Spiels aufgenommen. Aus den aufgenommenen Signalen wurde für die folgenden sechs typischen Konzert-Stätten – „two chamber music halls, two concert halls, a baroque church

and an opera [...]“ [21] – der Nachhall simuliert und über die Kopfhörer der Musiker wiedergegeben. Die Quellen wurden in der Simulation in den für eine klassische Konzertsituation typischen Positionen zueinander angeordnet. Für die Erhebung der raumakustischen Attribute wurde das Repertory Grid Testverfahren angewandt. Nach der Entfernung gleichbedeutender Attribute wurde ein vorläufiges Vokabular aus 65 Attributen gebildet.

Im zweiten Teil der Forschung wurde das Vokabular validiert und reduziert. An dem online abgehaltenen Experiment nahmen 240 professionelle Musikerinnen und Sängerinnen aus unterschiedlichen musikalischen Kontexten teil. Sie wurden dazu aufgefordert, 20 der 65 zuvor bestimmten Attribute auszuwählen und anschließend die zuletzt bespielte Konzertstätte mittels dieser Attribute zu bewerten. Durch statistische Analysen wurden die folgenden 17 polaren Attributen-Paare, eingeteilt in fünf Kategorien, als das Stage Acoustical Quality Inventory bestimmt:

„Reverberance

Reverberance: *dry – reverberant*

Amount of reverberation: *little – a lot*

Duration of reverberation: *short – long*

Character: *studio-like – church-like*

Ease of ensemble playing

Transparency: *muddy – clear*

Blending of instruments: *soupy – transparent*

Ease of ensemble playing: *difficult – easy*

Support

Resonance: *little – a lot*

Projection: *does not carry – carries*

Room response: *dead – live*

Quality

Enjoyment: *not enjoyable – enjoyable*

Feeling of playing: *bad – good*

Comfort: *uncomfortable – comfortable*

Suitability: *unsuitable – suitable*

Quality: *bad acoustics – good acoustics*

Size

Room size: *small – large*

Room height: *low – high* [21].

8.1.13 Optimale Schallfelderzeugung für Beschallungsaufgaben im Zeit- und Frequenzbereich

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Optimale Schallfelderzeugung für Beschallungsaufgaben im Zeit- und Frequenzbereich“ [22] wurde am 29. Mai 2018 eine Diskussionsrunde zu Qualitätskriterien für Großbeschallungsanlagen abgehalten. Die Ergebnisse der Diskussionsrunde wurden von Florian Straube dokumentiert. Die Diskussionsrunde bestand aus Experten der Bereiche „Forschung, Entwicklung, Messung und Anwendung“ [22]. Innerhalb der Diskussion wurden die folgenden sieben Merkmale festgelegt:

„Frequenzgang[,] [...]“

Maximalpegel[,] [...]“

Mittelungspegel[,] [...]“

Energiemaße[,] [...]“

Sprachverständlichkeit[,] [...]“

Quellenbezug[,] [...]“

Ansprechverhalten [...]“ [22].

8.1.14 The Room Acoustical Quality Inventory

Im Anschluss daran wurde ebenfalls im Jahr 2018 von Stefan Weinzierl et al. das „[...] Room Acoustical Quality Inventory (RAQI)“ [23] erarbeitet. Das RAQI war ein Vokabular zur eindeutigen Beschreibung der akustischen Wahrnehmung eines Raumes. Zunächst erstellten zwölf Experten auf dem Gebiet der Raumakustik im Fokusgruppenverfahren ein Vokabular aus 50 verschiedenen Attributen, mit denen sich die Eigenschaften der Raumakustik beschreiben ließen. Daraufhin bewertete eine Gruppe aus 190 Personen, bestehend aus Laiinnen und Experten auf dem Gebiet der Akustik, 35 binaural simulierte Räume aus jeweils zwei verschiedenen Hörpositionen anhand von 46 zuvor aus dem erstellten Vokabular ausgewählten Attributen. Es wurden die folgenden Audioquellen simuliert: „[...] symphonic orchestra, solo trumpet and dramatic speech [...]“ [23]. Den Teilnehmerinnen wurden jeweils 14 verschiedene, zufällig ausgewählte Kombinationen aus den oben genannten Räumen und Stimuli vorgespielt. Mittels einer Wiederholung des Tests sowie der statistischen Analyse der Ergebnisse wurden drei, unterschiedlich umfangreiche Versionen des RAQI gebildet, das 4-, 6- und 9-factor RAQI. Diese bildeten sich aus jeweils 14, 20 und 29 Attributen. Das „6-factor RAQI“ [23] wurde als am besten zur Erfüllung sowohl der statistischen als auch der qualitativen Ansprüche geeignet bestimmt.

| | | Factors | Items | Poles | W | I |
|------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------------|-----|----|
| 9-factor RAQI | 6-factor RAQI | Quality | Liking | I like it – I don't like it | 1.0 | 2 |
| | | | Room acoustic suitability | suitable – not suitable | 1.0 | 56 |
| | | | Ease of listening | difficult – effortless | 0.9 | 10 |
| | | | Global balance | balanced – unbalanced | 0.8 | 4 |
| | | Strength | Size | small – large | 1.0 | 57 |
| | | | Loudness | soft – loud | 0.7 | 64 |
| | | | Width | small – large | 0.8 | 57 |
| | | Reverberance | Duration of reverberation | short – long | 1.0 | 47 |
| | | | Reverberance | dry – reverberant | 1.0 | 54 |
| | | | Strength of reverberation | weak – strong | 1.0 | 51 |
| | | | Envelopment by reverberation | weak – strong | 0.7 | 48 |
| | | Brilliance | Brilliance | not brilliant – very brilliant | 1.0 | 48 |
| | Tone Color bright/dark | | bright – dark | -0.8 | -7 | |
| | Treble range characteristic | | attenuated – emphasized | 0.7 | 3 | |
| | Irregular decay | Flutter Echo | none – very strong | 1.0 | 26 | |
| | | Echo | none – very strong | 0.7 | 40 | |
| | | Irregularity in sound decay | none – very strong | 0.9 | 32 | |
| | Coloration | Boominess | not boomy – very boomy | 1.0 | 37 | |
| | | Roughness | not rough – very rough | 0.7 | 31 | |
| | | Comb filter coloration | none – very strong | 0.8 | 34 | |
| | Clarity | Temporal clarity | clear – blurred | 1.0 | 10 | |
| | | Spatial transparency | blurred – transparent | 1.0 | 1 | |
| | | Precision of localization | precise – diffuse | -0.8 | -6 | |
| | Liveliness | Liveliness | dead – lively | 1.0 | 11 | |
| Spatial presence | | low – high | 1.0 | 63 | | |
| Dynamic range | | small – large | 0.9 | 50 | | |
| Intimacy | Intimacy | remote – intimate | 1.0 | -3 | | |
| | Distance | close – distant | -0.8 | 51 | | |
| | Warmth | cool – warm | 0.5 | 3 | | |
| Single items | | Metallic tone color | not metallic – very metallic | | | |
| | | Openness | open – constricted | | | |
| | | Attack | soft – crisp | | | |
| | | Richness of sound | low – high | | | |

Abbildung 4: 4-, 6- und 9-factor RAQI (Quelle: Weinzierl et al. „A measuring instrument for the auditory perception of rooms: The Rooms Acoustical Quality Inventory (RAQI)“ *The Journal of the Acoustical Society of America* (09.2018))

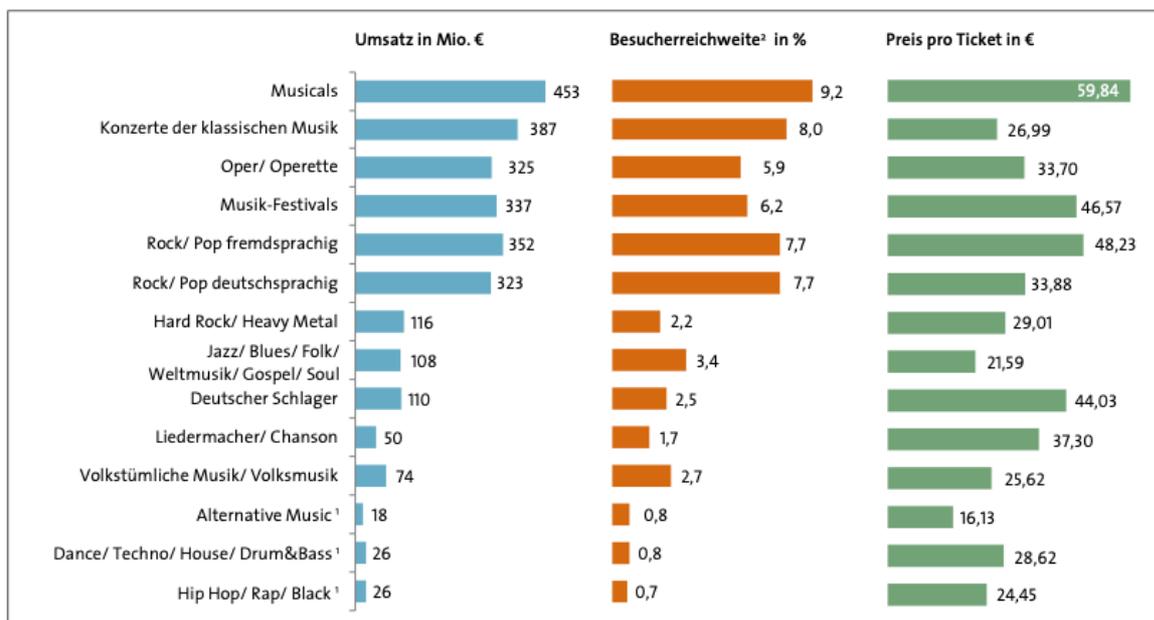
8.2 DISKUSSION DES FORSCHUNGSSTANDES

Die von Lokki, Kuusinen und Lokki, Kalkandijev und Weinzierl sowie Weinzierl et al. durchgeführten Untersuchungen bezogen sich stets auf unterschiedliche Formen der klassischen Musik wie Orchester, Quartette und Solisten [1], [19], [21], [23]. Die Relevanz anderer, nicht rein akustischer Formen der Musik, die von Populärmusik mit elektronischen Elementen bis zu rein elektronischer Musik reichen, wurde in den genannten Arbeiten nicht berücksichtigt. Durch die Betrachtung der Beliebtheit einzelner Musikrichtungen lässt sich erkennen, dass Rock- und Popmusik mit einer Quote von 70,6 % der deutschen Gesamtbevölkerung über 14 Jahren doppelt so beliebt sind wie klassische Musik mit einer Quote von 32,9 %. Insgesamt befindet sich klassische Musik in absteigender Betrachtung auf Platz sechs der vierzehn untersuchten Musikrichtungen [24]. Eine zusätzliche Betrachtung der nach Genre aufgeteilten Umsätze im Musikveranstaltungsmarkt im Jahr 2013 zeigt, dass Konzerte der klassischen Musik sowohl nach Umsatz als auch nach Besucherreichweite auf

dem zweiten Platz liegen. Durch Konzerte klassischer Musik sind im Jahr 2013 insgesamt 387 Millionen Euro umgesetzt worden. Die Besucherreichweite betrug 8,0 %. In *Abbildung 5* lässt sich erkennen, dass auch unter der Prämisse, dass sowohl Konzerte der klassischen Musik als auch Opern bzw. Operetten ausschließlich ohne elektroakustische Verstärkung auskommen, der Großteil der stattfindenden Musikveranstaltungen auf den Einsatz elektroakustischer Anlagen angewiesen ist [25, S. 469]. Nach Umsatz bewertet machten rein akustische Konzerte im Jahr 2013 lediglich einen Anteil von 26,3 % aus [26].

Die aufgeführten nicht rein akustischen Formen der Musik sind auf den Einsatz elektroakustischer Maßnahmen zu sowohl Verstärkung als auch Erzeugung der Schallereignisse angewiesen. Demnach ist für die qualitative Beurteilung von Schallereignissen im Rahmen von Konzertsituationen nicht nur die Beurteilung der Raumakustik, sondern zusätzlich auch eine qualitative Beurteilung der eingesetzten Publikumsbeschallungsanlage notwendig. In dieser Forschungsarbeit werden die bereits mit Stimuli aus dem Bereich der klassischen Musik erstellten Vokabulare um ein Vokabular zur qualitativ sensorischen Beurteilung des Klangs von Publikumsbeschallungsanlagen ergänzt. Bei der Erstellung des Vokabulars wird – um eine möglichst breite Validität über verschiedene Musikgenres zu erreichen – auf die Verwendung akustischer Stimuli verzichtet.

» Umsatz des Musikveranstaltungsmarkts, Besucherreichweite und Ticketpreise nach Musikrichtungen 2013



Hinweis: Die Daten basieren auf einer repräsentativ angelegten Stichprobe. Befragt (schriftlich/online) wurden ca. 3.000 ausgewählte, in Deutschland lebende Personen ab 10 Jahren. Die Angaben beziehen sich sowohl auf Veranstaltungen des öffentlich als auch des privat finanzierten Veranstaltungsbereichs. Damit unterscheiden sich die Daten zu den in der Statistik „Unternehmen und Umsätze in der Musikwirtschaft“ genannten Angaben des Statistischen Bundesamts, die nur den privatwirtschaftlichen Veranstaltungsmarkt abdecken. Weitere Daten erhältlich beim Bundesverband der Veranstaltungswirtschaft.

¹ Geringe Basis.

² Prozentualer Anteil der Veranstaltungsbesuche an der Gesamtbevölkerung ab 10 Jahren.

Quelle: Veranstaltungsmarkt 2013. Eine Studie der Gesellschaft für Konsumforschung, hrsg. u. erstellt im Auftrag v. Bundesverband der Veranstaltungswirtschaft, Hamburg 2014.

Abbildung 5: Umsatz, Besucherreichweite und Ticketpreise nach Musikrichtung 2013 (Deutsches Musikinformationszentrum 8/2016)

Der von Hougast und Steeneken entwickelte STI sowie der darauf aufbauende STIPA stellen eine frühe Methodik zur Verknüpfung qualitativ-sensorischer und quantitativer Faktoren in der Übertragung akustischer Signale dar. Allerdings lässt sich nicht jede qualitativ-sensorische Unterscheidung eindeutig auf eine quantitative Änderung beziehen [7], [9]. Eine Änderung, die auf qualitativ-sensorischer Ebene geringfügig erscheint, kann auf physikalischer Ebene einer komplexen Änderung verschiedener Einflussgrößen entsprechen [16, S. 43]. Toole stellte ebenfalls fest, dass sich das von Arthur Benade beschriebene „central paradox“ [16, S. 429] auch auf die Reproduktion von Schall übertragen lasse. Er belegte dies folgendermaßen:

„We can make measurements of many dimensions of sound as it is represented in sound waves, and we find that the numbers and graphs are not always simply or logically related to what we hear. Often they suggest that there should be problems, but we listen to the sound and find only a pleasurable experience.“ [16, S. 429].

Dies macht eine eindeutige Artikulation der wahrgenommenen Änderung zu einer Herausforderung [8]. Durch diese Forschungsarbeit soll ebendiese Herausforderung in der Artikulation bzw. qualitativ-sensorischen Beurteilung wahrgenommener Eigenschaften von Publikumsbeschallungsanlagen erleichtert werden.

Das Deutsche Institut für Normung e. V., Kuhl, die European Broadcasting Union, Olive, Lokki, Lindau et al., Kuusinen und Lokki, Schärer Kalkandjiev und Weinzierl sowie Weinzierl et al. erhoben im Rahmen ihrer Forschungsarbeiten Attribute zur Beschreibung sensorischer akustischer Größen. Die genannten Forschungsarbeiten unterschieden sich hinsichtlich Erhebungsmethodik, Zielsetzung und Forschungsgebiet [1], [6], [8], [13], [15], [18], [19], [21], [23].

Die vom Deutschen Institut für Normung e. V. veröffentlichten Termini waren Teil eines grundlegenden akustischen Vokabulars [6], erfüllen allerdings nicht den Anspruch, komplexe auditive Empfindungen präzise und eindeutig beschreibbar zu machen.

Das durch die European Broadcasting Union veröffentlichte Vokabular bezog sich besonders auf die Anwendung im Rund- und Hörfunk [13]. Teile der aufgeführten Attribute bezogen sich daher eindeutig auf die Anwendung in diesem Bereich.

Im ersten Teil seiner Arbeit stellte Olive eine umfangreiche Sammlung von Attributen zusammen, die die Probandinnen seiner Hör-Versuche zur qualitativ-sensorischen Beschreibung der getesteten Lautsprecher nutzten [13]. Da es sich lediglich um eine Begriffssammlung, nicht aber um ein entwickeltes Vokabular handelte, wurde der Anspruch der Eindeutigkeit nicht erfüllt. Zudem bezogen sich die Attribute lediglich auf einzelne Lautsprecher. In dieser Arbeit aber werden Publikumsbeschallungsanlagen als komplexe, aus einer Vielzahl einzelner Lautsprecher bestehende Systeme betrachtet.

Die von Kuhl, Lokki, Kuusinen und Lokki, Schärer Kalkandjiev und Weinzierl sowie Weinzierl et al. durchgeführten Forschungen behandelten die sensorische Beschreibung der Raumakustik aus unterschiedlichen Positionen innerhalb des Raumes und unter Nutzung verschiedener Forschungsmethoden [8], [1], [19], [21], [23]. Die qualitativ-sensorische Beurteilung von

Publikumsbeschallungsanlagen und die qualitativ-sensorische Beurteilung der Raumakustik stehen in einem deutlichen Zusammenhang, da sich Letztere in jeder realen Anwendungssituation für Publikumsbeschallungsanlagen immer auf die Wahrnehmung dieser auswirkt.

Das von Lindau et. al. entwickelte *SAQI* wurde im Kontext eines deutlich differenzierten Anwendungsfeldes erarbeitet [18]. Dies führt dazu, dass es eine Vielzahl Attribute enthält, die in der Beschreibung virtueller akustischer Umgebungen besonders – bei Publikumsbeschallungsanlagen hingegen nicht – relevant sind.

Bei den im Rahmen des Forschungsprojektes „Optimale Schallfelderzeugung für Beschallungsaufgaben im Zeit- und Frequenzbereich“ [22] erarbeiteten Attributen handelte es sich um rein technische Parameter, die den komplexen Anforderungen in der qualitativ-sensorischen Beschreibung nicht gerecht wurden. Sie korrelieren mit dem Hörempfinden, lassen aber weder eine eindeutige noch vollständige Beschreibung dieses zu.

Trotz der unterschiedlichen Forschungsziele, Erhebungsmethoden und Teilbereiche der aufgeführten Vokabulare enthalten mit Ausnahme des *STAQI* alle der genannten Vokabulare Attribute, die sich potenziell für die qualitativ-sensorische Beschreibung von Publikumsbeschallungsanlagen eignen.

9 METHODIK

9.1 AUSWAHL DER METHODIK

Die zur Erstellung des Vokabulars gewählte Methodik ermöglicht die Bildung eines allgemeingültigen und vollständigen Vokabulars zur qualitativ-sensorischen Beurteilung von Publikumsbeschallungsanlagen. Bei der vorliegenden Forschung handelt sich um ein qualitatives Verfahren. Die Ergebnisse werden induktiv interpretiert. Um eine großflächige Anwendbarkeit der Forschungsergebnisse zu ermöglichen, ist eine hohe Reichweite dieser von besonderer Bedeutung. Aus der vorrangegangenen Bedingung sowie dem ebenfalls bereits begründeten hohen Vollständigkeits- und Allgemeingültigkeitsanspruch resultiert die Anforderung, ein diverses Quellenfeld zu nutzen. In Anbetracht des in *Kapitel 8* dargestellten und analysierten Forschungsstandes kann eine rein hermeneutische Methodik die gestellten Anforderungen begründet durch mangelnde Diversität nicht erfüllen.

Nach Ausschluss der einfachen Literaturrecherche bleiben die Befragung und Gruppendiskussion als mögliche Methoden zur Datenerhebung bestehen. Hierbei verspricht die Befragung einige Vorteile gegenüber der Gruppendiskussion. Die Durchführung von Gruppendiskussionen erfordert einen hohen Zeitaufwand auf Seite der Teilnehmerinnen. Zudem müssen die Termine so koordiniert werden, dass sich alle Teilnehmerinnen an diesen beteiligen können. Als Teilnehmerinnen kommen in beiden Verfahren ausschließlich auf den Gebieten Audiotechnik und Akustik renommierte Experten in Frage, die über Erfahrung in der qualitativ-sensorischen Beurteilung von Publikumsbeschallungsanlagen verfügen. Dies ist zudem die Gruppe, die in ihrem beruflichen Alltag von der Standardisierung des Vokabulars profitieren soll. Eine Einigung dieser Experten auf ein standardisiertes Vokabular zur qualitativ-sensorischen Beurteilung von Publikumsbeschallungsanlagen bestätigt eine real abbildbare Anwendbarkeit des Vokabulars.

Bei der Durchführung eines Gruppendiskussionsverfahrens, wie der bei der Entwicklung des SAQI angewandten Fokusgruppendiskussion [18], liegt die auf der Grundlage von Erfahrungswerten kalkulierte Diskussionszeit bei insgesamt ungefähr 22 Stunden exklusive Vor- und Nachbereitung. In mit Experten geführten Vorabgesprächen hat sich gezeigt, dass der hohe Zeitaufwand eine deutliche Reduktion der Teilnahmebereitschaft der Experten zur Folge hat. Die Teilnahmebereitschaft bei diesem Verfahren beträgt 28 %. Zudem entsteht durch die Abstimmung der Termine, zu denen alle teilnehmenden Experten verfügbar sein müssen, ein großer organisatorischer Mehraufwand [27, S. 12].

Die Durchführung eines Befragungsverfahrens, das keine gleichzeitige Anwesenheit der Experten voraussetzt, sondern internetbasiert und asynchron stattfindet, reduziert den zeitlichen Aufwand für die Teilnehmerinnen auf ungefähr eine Stunde. Dies hat eine Erhöhung der Teilnahmebereitschaft auf 56 % zur Folge.

Die Datenerhebung mittels einer Expertenbefragungen birgt allerdings das Risiko, dass unterschiedliche Experten dieselben akustischen Eigenschaften mit verschiedenen Attributen beschreiben oder akustische Eigenschaften in unterschiedlicher Weise differenzieren. Dies kann ein sehr umfangreiches, undifferenziertes und wenig allgemeingültiges Vokabular zur

Folge haben. Durch den Einsatz eines inkrementellen Verfahrens, das eine Diskussion der zusammengefassten Ergebnisse der Expertenbefragung in einer reduzierten Expertenrunde vorsieht, lassen sich diese negativen Einflüsse kompensieren. Im Kontext der soeben angeführten Kompensationsmaßnahme stellt die Expertenbefragung die in diesem Fall geeignetste Methodik zur Datenerhebung dar.

9.1.1 Die Expertenbefragung

Die Expertenbefragung ist eine in der Sozialforschung angewandte Methodik zur Datenerhebung. Sie stellt eine Sonderform der Befragung dar. Die Befragung ist die in der empirischen Sozialforschung am häufigsten eingesetzte Methodik zur Datenerhebung [28, S. 52].

Es werden „[d]urch verbale Stimuli (Fragen) verbale Reaktionen (Antworten) hervorgerufen“ [29, S. 65]. Befragungen lassen sich, so Raithel, nach Kommunikationsform, Kommunikationsart, Befragungssetting und Durchführungsform differenzieren. Er weist zudem ausdrücklich darauf hin, dass sich die von ihm genutzten Bezeichnungen nicht gegenseitig ausschließen. Die eingesetzte Methodik der Expertenbefragung lässt sich demnach wie folgt einordnen:

Kommunikationsform: *Stark strukturiert – Standardisiert*

Kommunikationsart: *Schriftlich*

Befragungssetting: *Einzelbefragung*

Durchführungsform: *Internetgestützt.*

Zudem ist die befragte Gruppe besonders hervorzuheben, da es sich nicht um eine an einer zufällig ausgewählten Stichprobe durchgeführte Befragung handelt. In der Sonderform der Expertinnenbefragung werden bewusst und aufgrund ihrer beruflichen Qualifikation Experten ausgewählt, um an der Befragung teilzunehmen.

Als stark strukturierte und standardisierte Kommunikationsform wird ein Fragebogen eingesetzt, der in gleicher Form an alle teilnehmenden Experten gesendet wird. Anstelle klassisch formulierter Fragen enthält der Fragebogen ein vorläufiges Vokabular. Sie haben die Möglichkeit, die einzelnen Termini dieses vorläufigen Vokabulars binär zu bewerten. Diese Bewertungen können zusätzlich begründet werden. Neben der Bewertung des vorläufigen Vokabulars werden die Experten darum gebeten, das Vokabular um eigene Vorschläge zu erweitern. Hierzu enthält der Fragebogen ein gesondertes Feld.

9.2 UMSETZUNG DER METHODIK

9.2.1 Erstellung eines vorläufigen Vokabulars

In Vorbereitung der Durchführung der Expertenbefragung wird ein vorläufiges Vokabular erarbeitet, das als Grundlage der Expertenbefragung eingesetzt wird. Diese Vokabular wird hermeneutisch mittels einer literarischen Quellenrecherche erstellt. Als Quellen dienen die in *Kapitel 8* vorgestellten Forschungsarbeiten.

Die Auswahl der Termini für das vorläufige Vokabular trifft der Forscher in Abstimmung mit den Betreuern dieser Arbeit.

Ziel dieser Forschungsarbeit ist die Entwicklung eines deutschsprachigen Vokabulars. Die von Olive, Lokki, Lokki und Kuusinen sowie Kalkandjiev und Weinzierl erarbeiteten Vokabulare wurden in englischer Sprache veröffentlicht und werden zur Ermöglichung der Vergleichbarkeit übersetzt. Zur Übersetzung wird die Software *DeepL* genutzt. DeepL ist eine auf „[...] machine learning [...]“ [30] und „[...] Convolutional Neural Networks [...]“ [30] basierende Übersetzungssoftware. Die Plausibilität der durch DeepL angefertigten Übersetzungen wird im Anschluss durch den Forscher geprüft.

Daraufhin werden die 35 Termini substantiviert und kategorisiert. Die Einteilung erfolgt in die folgenden sechs Kategorien:

Gesamteindruck,

Klarheit,

Klangfarbe,

Lautheit,

Lokalisation und

Artefakte/Fehler.

Die Bildung der Kategorien und die Einteilung der Attribute in diese erfolgen in Zusammenarbeit mit einem der Experten. Das hermeneutisch erstellte Vokabular ist im Folgenden tabellarisch dargestellt.

| KATEGORIE | ATTRIBUT | ENTNOMMEN AUS |
|-----------------------|----------------------------|-----------------------|
| GESAMTEINDRUCK | Akustischer Gesamteindruck | [14] |
| | Akustische Neutralität | [15] |
| | Offenheit | [15], [19], [23] |
| | Präsenz | [1], [15], [17], [23] |
| | Reichhaltigkeit | [1] |
| | Ungefärbtheit | [15] |
| | Natürlichkeit | [15], [17] |
| | KLARHEIT | |
| | Definition | [1], [19] |
| | Durchsichtigkeit | [6], [1], [8], [14] |
| | Klarheit | [1], [15], [17], [19] |
| | Knackigkeit | [15], [17] |
| KLANGFARBE | | |
| | Vorhandensein von Bässen | [15] |
| | Brillanz | [19], [23] |
| | Dröhnen | [15], [23] |
| | Dumpfheit | [15] |
| | Verfärbter Klangeindruck | [15] |
| | Vorhandensein von Höhen | [15] |

| KATEGORIE | ATTRIBUT | ENTNOMMEN AUS |
|-------------------------|--|----------------------------|
| | Fettigkeit | [15] |
| | Gedämpftheit | [15] |
| | Helligkeit | [15] |
| | Nasalität | [15] |
| | Vorhandensein von Mitten | [15] |
| | Schärfe | [1], [17] |
| LAUTHEIT | | |
| | Lautheit | [1], [6], [17], [19], [23] |
| | Lautstärke | [19] |
| | Räumliche Gleichmäßigkeit des Lautstärkeindrucks | [1], [19] |
| LOKALISATION | | |
| | Lokalisation | [6], [17], [23] |
| | Räumlichkeit | [6], [8] |
| | Stereophoner Eindruck | [14] |
| ARTEFAKTE/FEHLER | | |
| | Kratzigkeit | [15] |
| | Phasigkeit | [15] |
| | Rauigkeit | [6], [17], [23] |
| | Schrillheit | [15] |
| | Störgeräusche | [14], [19] |
| | Hörbares Hintergrundrauschen | [15] |

9.2.2 Arbeitsauftrag

Um den teilnehmenden Experten die Zielsetzung der Forschungsarbeit zu erläutern und die an sie gestellte Aufgabenstellung klar zu kommunizieren, wird ein Arbeitsauftrag formuliert. Dieser wird den Experten gemeinsam mit der Bitte um die Teilnahme an der Expertenbefragung kommuniziert. Der an die Experten gesendete Fragebogen enthält ebenfalls den Arbeitsauftrag. Der gestellte Arbeitsauftrag lautet wie folgt:

Ziel der Forschungsarbeit ist die konsensuelle Bildung eines deutschsprachigen und semantisch eindeutigen Vokabulars, bestehend aus Attributen, mit denen sich Publikumsbeschallungsanlagen für die Wiedergabe von Musik und Sprache auf qualitativ-sensorischer Ebene vollumfassend beurteilen lassen. Als Erhebungsgrundlage wird ein, vorab hermeneutisch erstelltes, Vokabular zur Verfügung gestellt. Dieses wird den Expertinnen in einem inkrementellen Verfahren zur Bewertung, Korrektur, Streichung und Ergänzung vorgelegt. Anschließend werden die bearbeiteten Vokabulare zusammengefasst und ausgewertet. Das Ergebnis wird den Expertinnen erneut zur Prüfung vorgelegt.

9.2.3 Auswahl der Experten

Die Auswahl der Experten findet im Austausch mit Herrn Prof. Dr. rer. nat. Alexander Lindau und Prof. Dr. Stefan Weinzierl statt. Es wird ein bewusstes Auswahlverfahren eingesetzt. Begründet durch die geringe Anzahl infrage kommender Experten findet zudem das

Schneeballverfahren Anwendung. Dieses eignet sich besonders bei der Befragung kleiner respektive schwer erreichbarer Personengruppen [29, S. 57].

Die gewählte Gruppe besteht aus 14 Experten verschiedener Gebiete der Publikumsbeschallung, Akustik und Audiotechnik. Um eine gute Abdeckung der Anwendungsfelder und die daraus resultierende hohe Anwendbarkeit des Vokabulars zu erreichen, setzt sich die Expertengruppe aus Anwendern, Forschern und Herstellern zusammen.

Die Experten werden schriftlich via E-Mail kontaktiert und um die Teilnahme an dem Verfahren gebeten. Zudem wird im Rahmen des Schneeballverfahrens um eine Empfehlung weiterer Experten gebeten. Um den Experten bereits vorab einen Einblick in das Forschungsvorhaben zu ermöglichen, wird den Anschreibern eine aktuelle Fassung des Exposés dieser Forschungsarbeit beigelegt.

9.2.3.1 Vorstellung der Experten

Im Folgenden werden die an der Expertenbefragung teilnehmenden Experten und deren Expertise kurz vorgestellt. Es folgen die an der Befragung teilnehmenden Experten in alphabetischer Reihenfolge:

Thomas Adt

DI Ph.D. Matthias Frank

Prof. Dr. Anselm Goertz

Stefan Holtz

Prof. Carsten Kümmel

Prof. Dr. rer. nat. Alexander Lindau

Dr.-Ing. Michael Makarski

Mike Rauchfleisch

Dipl.-Ing. Holger Schwark

Dipl.-Ing. Jochen Sommer

Dr. Florian Straube

Ass.Prof. DI Dr. rer. nat. Franz Zotter.

Die Kategorisierung der Experten in die Gruppen Anwender, Forscher und Hersteller erfolgt nach der Haupttätigkeit der Expertin. Viele Experten sind in mehreren Feldern tätig. Es wird jeweils nur eine Kategorie zugeteilt. Die Gruppe der Experten besteht aus

35,71 % Anwender,

42,86 % Forscher und

21,43 % Hersteller.

Bei 14 Teilnehmerinnen entspricht eine Teilnehmerin einem Anteil von 7,14 %. Die ideale gleichmäßige Verteilung von je 33,33 % ist aufgrund der Teilnehmerzahl nicht realisierbar. Die unter Berücksichtigung der Teilnehmerzahl gleichmäßigste Verteilung liegt bei 35,71 %, 35,71 % und 28,57 %. Die Gruppe der Anwender erreicht diese Quote exakt. Bei den Gruppen Forscher und Hersteller gibt es eine Abweichung um 7,14 % von der real möglichen gleichmäßigen Verteilung. In Anbetracht der Teilnehmerzahl und insbesondere der Überschneidung der einzelnen Gruppen ist diese Abweichung als vernachlässigbar zu betrachten.

9.2.4 Organisatorische Umsetzung

Im Anschluss an die Zustimmung zur Teilnahme an der Expertenbefragung bekommen die Experten das vorläufige Vokabular in Form einer *Excel*-Tabelle (siehe *Kapitel 9.3.5*) zugesandt. Für die Bearbeitung der Tabelle wird eine Frist von 14 Tagen angesetzt. Nach Ablauf der 14-tägigen Frist werden die Experten, die die bearbeitete Tabelle nicht eingereicht haben, erneut via E-Mail an die Teilnahme erinnert. Bei ausbleibender Reaktion erfolgt dann eine telefonische Kontaktaufnahme. Wenn auch diese ergebnislos bleibt, wird die Expertin aus der Liste der Teilnehmerinnen gestrichen.

Nach Erhalt der bearbeiteten Tabellen werden diese, wie in *Kapitel 9.3.6* beschrieben, zusammengefasst und ausgewertet.

9.2.5 Technische Umsetzung

Zur Erhebung der Meinungen der Experten wird eine *Excel*-Tabelle erstellt. Diese bildet sich aus den Spalten:

Position,

Kategorie,

Terminus,

Quellen,

Bewertung und

Anmerkung/Korrektur.

Jede Zeile der Tabelle enthält jeweils einen Terminus.

Die Spalte **Position** enthält eine zweiteilige Nummerierung der Termini. Die erste Stelle gibt die Nummer der Kategorie an. Die zweite Stelle gibt die Position des Terminus innerhalb der Kategorie an.

Die Spalte **Kategorie** bezeichnet die jeweilige Kategorie, der die Termini zuzuordnen sind.

Die Spalte **Terminus** enthält das jeweilige Substantiv zur Beschreibung des qualitativ-sensorischen Attributes. Die Termini sind nach Kategorie und innerhalb der Kategorien alphabetisch sortiert.

Die Spalte **Quellen** weist die literarischen Quellen des jeweiligen Terminus aus. Die Quellen sind kohärent zum Zitierstil nach IEEE durch Zahlen kodiert. Diese Zahlen werden in eckigen Klammern dargestellt und in Auflistungen durch Kommata getrennt.

Die Spalte **Bewertung** ist als Dropdownmenü gestaltet. Das Menü enthält für jede Zeile die Antwortmöglichkeiten *Geeignet* und *Ungeeignet*. Die Felder in der Spalte Bewertung sind so formatiert, dass lediglich die im Dropdownmenü geführten Antwortmöglichkeiten als Eingabe akzeptiert werden. Die Antworten sind zusätzlich farbig kodiert. Die Antwort *Geeignet* erhält eine Hinterlegung in Grün und die Antwort *Ungeeignet* in Rot.

Die Spalte **Anmerkung/Korrektur** steht den Experten zur Verfügung, um aufgeführte Begriffe zu korrigieren und die Bewertung zu begründen.

Unterhalb des vorläufigen Vokabulars befindet sich die Zwischenüberschrift **Ergänzungen**. Diese bietet den Experten die Möglichkeit, das Vokabular um eigene Termini zu ergänzen. Hier werden die Spalten Position, Kategorie, Terminus, Quellen und Anmerkung/Korrektur fortgeführt. Die Spalte Bewertung entfällt, da die Abgabe einer Ergänzung der eigenen Zustimmung zu dieser gleichgesetzt wird.

10 ERGEBNISSE

10.1 AUSWERTUNG DER ERGEBNISSE

Im ersten Schritt des Auswertungsverfahrens der Expertenbefragung werden die Ergebnisse aus den von den Experten eingereichten, bearbeiteten Fragebögen in einer Ergebnismatrix zusammengetragen. Hierzu wird die Antwortmöglichkeit *Ungeeignet* mit 0 und die Antwortmöglichkeit *Geeignet* mit 1 kodiert. Die Kommentare und Begründungen der Experten werden in dem jeweiligen Feld mittels der Excel Kommentarfunktion hinterlegt. Dies ermöglicht neben einer übersichtlichen Darstellung der Bewertungen auch die einfache Berücksichtigung der abgegebenen Kommentare und Begründungen.

Daraufhin wird die prozentuelle Zustimmungsrates der Experten zu den einzelnen Termini nach folgender Formel errechnet.

$$p_n \% = \frac{W_n}{G}$$

G: Anzahl der teilnehmenden Experten
W: Anzahl der zustimmenden Experten

Im Anschluss wird mittels grafisch-mathematischer Verfahren ein Schwellenwert zur Aufnahme der Termini in das PAQI bestimmt. In einer reduzierten Expertenrunde, bestehend aus zwei Experten und dem Forscher, werden redundante Ergänzungen zusammengefasst und die Aufnahme der Termini in das Vokabular entschieden. Vorschläge zur Änderung respektive Änderung einzelner Termini werden ebenfalls diskutiert und bei Konsens umgesetzt. Alle Entscheidungen bedürfen einer einheitlichen Zustimmung aller Experten.

10.1.1 Bestimmung der Zustimmungsschwelle

Zur Bestimmung der Zustimmungsschwelle werden die Termini nach aufsteigender Zustimmung sortiert. Die so erstellte Tabelle wird im zweiten Schritt grafisch dargestellt. Auf der x-Achse liegen die sortierten Termini. Auf der Y-Achse wird die prozentuale Zustimmung eingetragen.

Bei der grafischen Analyse der Ergebnisse sind drei Bereiche hoher Zustimmung erkennbar. Diese Bereiche liegen bei Zustimmungsrates von 100 %, 84,62 %, und 76,92 %. Unterhalb des Bereiches von 76,92 % gibt es einen starken Knick und die Zustimmungsrates fallen schnell ab.

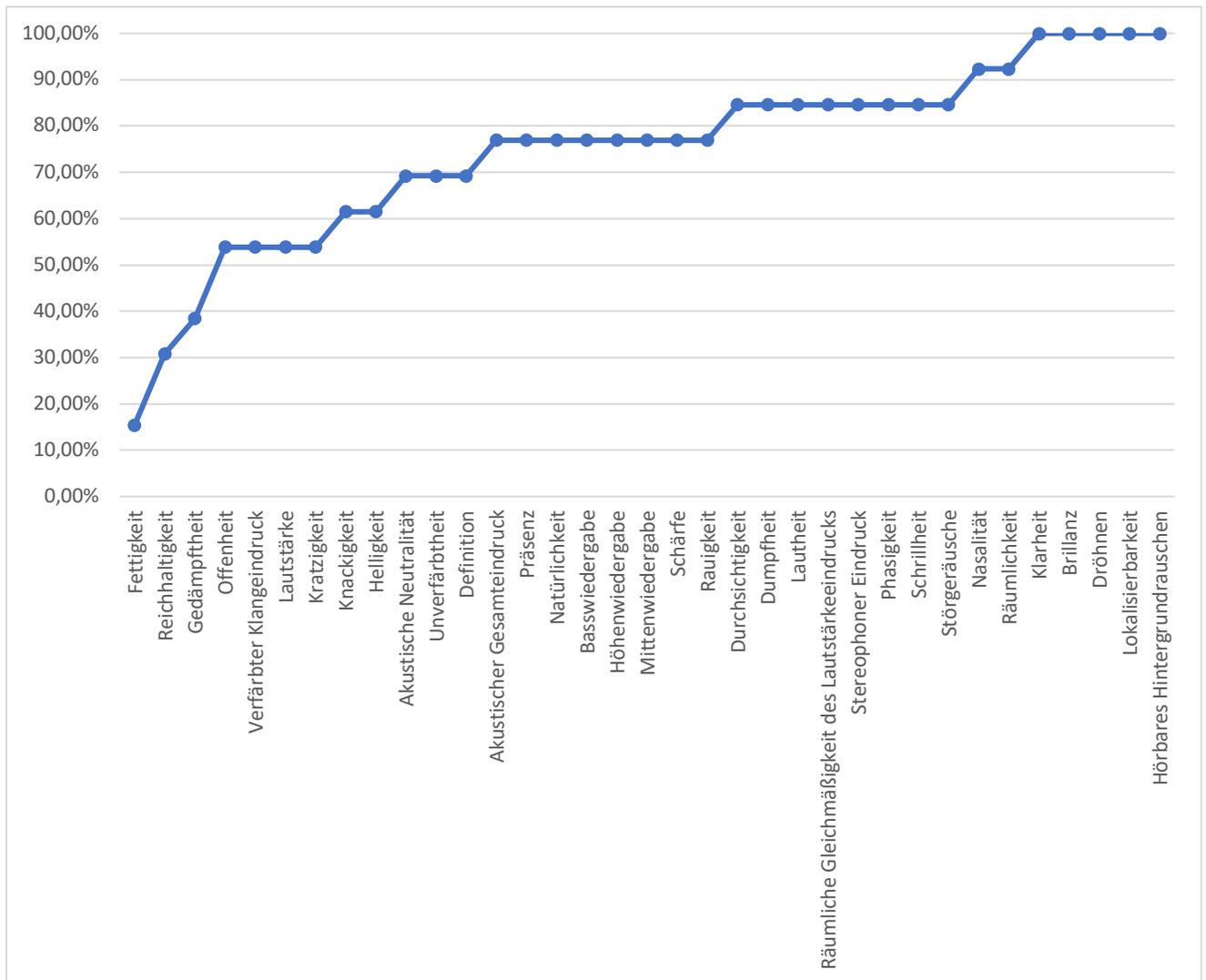


Abbildung 6: Verlauf der prozentualen Zustimmung

Daraus abgeleitet wird die minimale Zustimmung für die Verwendung eines Terminus auf 76,92 % festgelegt. Attribute, deren Zustimmungsrate unterhalb dieser Schwelle liegt, werden nicht weiter berücksichtigt.

Zur weiteren Validierung dieses Schwellenwertes wird das arithmetische Mittel der Zustimmungsraten ermittelt.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$= \frac{15,38 + 30,77 + 38,46 + 53,85 \cdot 4 + 61,54 \cdot 2 + 69,23 \cdot 2 + 76,92 \cdot 8 + 84,62 \cdot 8 + 92,31 \cdot 2 + 100 \cdot 5}{35}$$

$$= \frac{2607,85}{35} = 74,51 \text{ [%]}$$

Die durchschnittliche Zustimmungsrate beträgt demnach 74,51 %.

Termini, deren Zustimmungsraten unterhalb des oben bestimmten Durchschnittes liegen, qualifizieren sich nicht für die Aufnahme in das PAQI, da zur Gewährleistung einer allgemeinen Verständlichkeit eine überdurchschnittliche Zustimmung zur Verwendung des jeweiligen Terminus vorausgesetzt wird.

Da keine Zustimmungsraten, die im Bereich zwischen 74,51 % und 76,92 % liegen, bestehen, eliminieren beide ermittelten Zustimmungsschwellen dieselben Termini. Zudem belegt die Ähnlichkeit der Ergebnisse beider Methoden deren Korrektheit.

Die Zustimmungsschwelle wird damit auf 74,51 % festgelegt.

10.1.2 Auswertung des Primärvokabulars

Die Zustimmungsschwelle hat eine Reduktion des hermeneutisch erstellten vorläufigen Vokabulars um zwölf Termini auf nunmehr 23 Termini zur Folge.

Vier Termini werden unter Berücksichtigung der seitens der Experten eingereichten Kommentare zum Ziel höherer semantischer Eindeutigkeit wie folgt umbenannt.

| Ursprüngliche Termini | Geänderte Termini |
|---------------------------------|--------------------------|
| <i>Vorhandensein von Bässen</i> | <i>Basswiedergabe</i> |
| <i>Vorhandensein von Höhen</i> | <i>Höhenwiedergabe</i> |
| <i>Vorhandensein von Mitten</i> | <i>Mittenwiedergabe</i> |
| <i>Lokalisation</i> | <i>Lokalisierbarkeit</i> |

Der Terminus *Ungefärbtheit* wird – nach dessen Umbenennung in *Verfärbtheit* – trotz einer unterdurchschnittlichen Zustimmungsrate von 69,23 % in das PAQI aufgenommen. Aus der Analyse der seitens der Experten zur Begründung der Entscheidung eingereichten Kommentare, die vor allem die semantische Ausprägung des Terminus, nicht aber das Attribut als solches kritisieren, wird eine Umbenennung des Terminus als adäquate Maßnahme zur Aufnahme in das PAQI angesehen.

Der Terminus *Räumliche Gleichmäßigkeit des Lautstärkeindrucks*, dessen Zustimmungsrate oberhalb der Zustimmungsschwelle liegt, wird eliminiert, da dieser durch die Schaffung der ortsbezogenen Skala (siehe Kapitel 10.1.3) redundant zum Terminus *Lautheit* in der Beurteilung nach der ortsbezogenen Skala ist.

Der Terminus *Räumlichkeit* wird gestrichen und durch die zwei neu geschaffenen Termini *Eindruck räumlicher Breite* und *Eindruck räumlicher Tiefe* ersetzt, die eine präzisere Beurteilung ermöglichen.

Zudem wird der in der Kategorie *Gesamteindruck* eingegliederte Terminus *Präsenz*, begründet durch die Kommentare der Experten, in die Kategorie *Klangfarbe* verschoben.

10.1.2.1 Bearbeitung der vorgeschlagenen Ergänzungen

Insgesamt liegen, eingereicht durch zehn der 14 teilnehmenden Experten, 49 ergänzende Termini vor. Diese Termini werden innerhalb der reduzierten Expertenrunde im Diskurs evaluiert.

Zunächst werden die vorgeschlagenen Ergänzungen auf Doppelnennungen und Synonyme analysiert. Durch die hieraus resultierenden Eliminationen reduziert sich die Anzahl der vorgeschlagenen Ergänzungen um 24 Termini auf 25 Termini.

Sechs der vorgeschlagenen Ergänzungen beziehen sich auf die räumliche Gleichmäßigkeit des jeweiligen Attributes:

- Räumliche Gleichmäßigkeit des Klangfarbeeindrucks,*
- Räumliche Gleichmäßigkeit des räumlichen Eindrucks,*
- Zu beschallende Fläche wird akustisch abgedeckt,*
- Gleichmäßigkeit (tonal/Lautstärke) der Abdeckung,*
- Räumlicher Eindruck,*
- Räumlicher Zerfall.*

Um die räumliche Gleichmäßigkeit allgemein erfassen zu können, wird eine zweite, ortsbezogene Skala eingeführt, nach der die Gleichmäßigkeit der räumlichen Verteilung des jeweiligen Attributes bestimmt werden kann (siehe *Kapitel 10.1.3*). Nach Elimination dieser Termini verbleiben noch 19 ergänzende Termini.

Der Terminus *Pre-echoes* wird einstimmig als nicht relevant für die Beurteilung von Publikumsbeschallungsanlagen bewertet und ebenfalls eliminiert.

Ebenfalls einstimmig wird die Umbenennung drei ergänzender Termini entschieden. Die Umbenennung erfolgt mit dem Ziel der semantischen Präzisierung der beschriebenen Attribute anhand der durch die Experten eingereichten Kommentare.

| Ursprüngliche Termini | Geänderte Termini |
|---|--------------------------|
| <i>Hörbarkeit nicht linearer Verzerrungen</i> | <i>Verzerrtheit</i> |
| <i>Druckvolle Bässe</i> | <i>Druck</i> |
| <i>Subjektives Wohlbefinden</i> | <i>Gefallen</i> |

Zur semantischen Präzisierung wird der Terminus *Verzögerungen (mismatch Hören/Sehen)* in die zwei Termini *Räumliche Diskrepanz Hören und Sehen* sowie *Zeitlicher Versatz Hören und Sehen* aufgeteilt.

Nach der Bearbeitung enthält die Liste der vorgeschlagenen Ergänzungen die folgenden 17 Termini in sechs Kategorien, die in das PAQI aufgenommen werden:

Gesamteindruck

Auflösung

Fetttheit

Gefallen

Impulstreue

Klarheit

Direktheit

Sprachverständlichkeit

Klangfarbe

Bandbreite

Druck

Härte

Metallischer Klang

Lautheit

Dynamik

Lokalisation

Distanz

Artefakte/Fehler

Halligkeit

Räumliche Diskrepanz Hören und Sehen

Verzerrtheit

Wahrnehmbarkeit von Echos

Zeitlicher Versatz Hören und Sehen.

10.1.3 Beurteilungsskalen

Zur Beurteilung der im PAQI enthaltenen Attribute werden zwei Beurteilungsskalen, eine unspezifische Skala und eine ortsbezogene Skala, geschaffen. Diese ermöglichen die vollumfängliche und präzise Beurteilung der Ausprägung aller im PAQI abgebildeten Attribute.

Die **unspezifische Skala** dient der Beurteilung der Attribute ohne Berücksichtigung deren räumlicher Verteilung. Der Einsatz einer unspezifischen Skala erhöht die Übersichtlichkeit des Vokabulars und erleichtert so dessen Verwendung. Die Skala ermöglicht die Beurteilung der Attribute an einem beliebigen Punkt im Raum. Die unspezifische Skala bildet sich aus einem zu dem jeweiligen Attribut passenden Adjektivpaar, mittels dessen sich die Ausprägung des Attributes beschreiben lässt. Die folgenden fünf Adjektivpaare wurden jeweils passend zu dem jeweiligen Attribut eingesetzt:

Schlecht – gut;

gering – hoch;

schwach ausgeprägt – stark ausgeprägt;

gering – stark und

wenig – viel.

Die **ortsbezogene Skala** dient der Beurteilung der räumlichen Verteilung respektive Gleichmäßigkeit des jeweiligen Attributes. Durch die Schaffung der räumliche Skala ist es möglich, den Umfang des Vokabulars um die Termini zu reduzieren, die sich auf das räumliche Verhalten eines Attributes beziehen. Die ortsbezogene Skala bildet sich aus den polaren Adjektiven *gleichmäßig – ungleichmäßig*. Zur Beurteilung der räumlichen Gleichmäßigkeit des jeweiligen Attributes kann die ortsbezogene Skala mit der unspezifischen Skala verbunden werden. Beispielsweise beschreibt *gleichmäßig gute Basswiedergabe* eine im gesamten Raum gleichmäßig gut abgebildete Basswiedergabe.

10.2 DAS PUBLIC ADDRESS SYSTEM QUALITY INVENTORY (PAQI)

Tabelle 1: Das Public Address System Quality Inventory (PAQI)

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

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

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

11 DISKUSSION

Um die Beurteilung auditiver Qualitäten von Publikumsbeschallungsanlagen im professionellen Anwendungsbereich – insbesondere den Bereichen Forschung, Entwicklung und Anwendung – zu erleichtern und Misskommunikation zu reduzieren, wurde das Public Address System Quality Inventory (PAQI) entwickelt.

Zur Entwicklung des PAQI wurde zunächst mittels literarischer Quellenrecherche ein vorläufiges Vokabular erstellt. Im nächsten Schritt wurde dieses Vokabular als Grundlage einer Expertenbefragung eingesetzt. Die 14 teilnehmenden Experten aus den oben genannten Bereichen erhielten das hermeneutisch erstellte Vokabular mit der Bitte, die einzelnen Termini hinsichtlich der Eignung zur Erfüllung des gestellten Arbeitsauftrages binär zu bewerten.

Zusätzlich wurden die Experten angehalten, das vorläufige Vokabular um eigene Vorschläge zu ergänzen. Die Ergebnisse dieser Expertenbefragung wurden zusammengefasst, analysiert und in einer reduzierten Expertenrunde diskutiert. Unter Berücksichtigung der Zustimmungsraten und der Kommentare der Experten wurde das vorläufige Vokabular angepasst. Das so gebildete Vokabular enthält 41 Termini in sechs Kategorien.

Es wurden eine unspezifische Skala und eine ortsbezogene Skala zur Beurteilung der jeweiligen Attribute entwickelt. Die unspezifische Skala ermöglichte eine Beurteilung der Ausprägung des jeweiligen Attributes an einem beliebigen Punkt im Raum und die ortsbezogene Skala die Beurteilung der räumlichen Ausprägung der Attribute.

In allgemeiner Betrachtung lässt sich feststellen, dass das erarbeitete Vokabular zur qualitativen Beurteilung von Publikumsbeschallungsanlagen entsprechend den Erwartungen erstellt werden konnte. Es stellt eine sinnvolle Ergänzung der bereits in anderen Teilbereichen der Audiotechnik respektive der Akustik bestehenden Vokabulare, wie dem RAQI, SAQI und STAQI, dar. Es ist zudem gelungen, das Vokabular ausschließlich auf auditive Attribute zu beziehen, die durch Publikumsbeschallungsanlagen beeinflusst werden. Es hat sich bestätigt, dass ein Teil der erarbeiteten Attribute, wie in *Kapitel 7.2* erörtert, auch in der Beschreibung raumakustischer Faktoren eingesetzt werden kann. Der zuvor genannte Anspruch des ausschließlichen Bezuges des Vokabulars auf Attribute, die durch die Publikumsbeschallungsanlage beeinflusst werden, ist auch unter Berücksichtigung des angeführten Argumentes als erfüllt zu betrachten.

Dem PAQI liegt die Expertise der in der literarischen Quellenrecherche zitierten Autorinnen und der für die Experteninterviews konsultierten Experten zugrunde. Trotz des kleinen Kreises der für die Teilnahme in Frage kommenden Experten konnte eine ausreichend gleichmäßige Verteilung zwischen Experten der drei Gruppen Anwender, Forscher und Hersteller sichergestellt werden.

Es ist allerdings zu beachten, dass alle an der Durchführung dieser Forschungsarbeit beteiligten Experten Männer waren. Die Branche weist im allgemeinen zwar einen geringen Frauenanteil auf [31], dies stellt jedoch keine Legitimation für den Verzicht auf die Abbildung weiblicher Perspektiven dar.

Die Erfüllung des Ziels allgemeiner, genreübergreifender Gültigkeit und daraus resultierender Anwendbarkeit des Vokabulars konnte nicht hinreichend bestätigt werden. Die durch den Verzicht auf Hörversuche zu erzielende versuchte Entkopplung von spezifischen Vorlieben einzelner Musikgenres ließe sich erst durch die Durchführung entsprechender, diese spezifischen Vorlieben berücksichtigende, Hörversuche und eine anschließende statistische Analyse bestätigen. Diese Fortführung der Forschungsarbeit in der Entwicklung des Public Address System Quality Inventory wird eine eindeutige Bestätigung des erarbeiteten Vokabulars ermöglichen.

Bei einer auf die statistische Analyse und Bestätigung folgenden Veröffentlichung des PAQI und der damit einhergehenden Bekanntmachung des Vokabulars in fachspezifischen Kreisen ist die Entstehung eines praktischen Nutzens in Form der Nutzung standardisierter Termini zur qualitativ-sensorischen Beurteilung von Publikumsbeschallungsanlagen zu erwarten.

12 FAZIT

Im Kontext dieser Forschungsarbeit wurde ein deutschsprachiges und semantisch eindeutiges Vokabular zur qualitativ-sensorischen Beurteilung von Publikumsbeschallungsanlagen – das Public Address System Quality Inventory (PAQI) – entwickelt.

Zur Entwicklung des Vokabulars wurde zunächst mittels literarischer Quellenrecherche ein vorläufiges Vokabular erarbeitet. Dieses wurde den teilnehmenden Experten zur Beurteilung vorgelegt. Die Beurteilung der Termini des Vokabulars erfolgte binär. Zusätzlich erhielten die Experten die Möglichkeit, das Vokabular um weitere Termini zu ergänzen.

Anschließend wurden die Ergebnisse dieser Expertenbefragung innerhalb einer reduzierten Expertenrunde zusammengefasst und ausgewertet. Daraus resultierend wurde das Public Address System Quality Inventory (PAQI) gebildet.

Das Vokabular bildet sich aus 41 Termini, die in sechs Kategorien geordnet sind. Zur Beurteilung der einzelnen Attribute wurden zwei Beurteilungsskalen geschaffen. Eine Skala ermöglicht eine ortsunabhängige Beurteilung und die andere die Beurteilung der räumlichen Gleichmäßigkeit des jeweiligen Attributes.

Im Nachgang dieser Forschungsarbeit sollte das Vokabular durch Hörversuche und die nachfolgende statistische Analyse der Ergebnisse bestätigt werden. Seinen vollen Nutzen wird das hier entwickelte PAQI erst im Kontext einer reichweitenstarken Veröffentlichung erreichen. Denn nur, wenn das in dieser Arbeit entwickelte PAQI nach der weiteren statistischen Bearbeitung große Bekanntheit und Anerkennung in den Berufsfeldern, die regelmäßig qualitativ-sensorische Beurteilungen von publikumsbeschallungsanlagen durchführen müssen, erlangt, ergibt sich sein realer Nutzen in der Erleichterung und Standardisierung dieser Beurteilungsvorgänge.

13 NACHWORT

Den mit der Erstellung dieser Arbeit einhergehenden Arbeitsaufwand habe ich stark unterschätzt. Bei der Auswahl des Themas dieser Arbeit habe ich mich zwar bewusst für ein herausforderndes und anspruchsvolles Themas entschieden, dennoch habe ich nicht damit gerechnet, dass sich der zeitliche Aufwand so immens gestalten würde, wie sich im Laufe der Arbeit gezeigt hat.

Meine ursprüngliche Auswahl der Forschungsmethodik musste ich im Laufe der Durchführung anpassen, da sich gezeigt hat, dass der für eine Fokusgruppendifkussion notwendige Zeitbedarf seitens der Experten real nicht abbildbar war. Das neu gewählte Verfahren der Expertenbefragung mit anschließender Diskussion der Ergebnisse in reduzierter Expertenrunde hat sich als effiziente Lösung erwiesen.

Beruflich und persönlich bedingte Pausen haben mehrfach dazu geführt, dass ich mich erneut in die behandelte Thematik einfinden musste. Dies hatte neben dem negativen Einfluss auf meine Bearbeitungszeit den Vorteil, dass ich bereits erarbeitete Inhalte nochmal mit Distanz betrachten und neu evaluieren konnte.

Ich bin erleichtert, dass diese Arbeit nun zu einem Abschluss kommt.

Paul Luca Moritz Kuball

Berlin, 30. März 2022

14 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] T. Lokki, „Tasting music like wine: Sensory evaluation of concert halls“, *Phys. Today*, Bd. 67, Nr. 1, S. 27–32, Jan. 2014, doi: 10.1063/PT.3.2242.
- [2] W. Hoeg, „Methoden zur subjektiven Qualitätsbewertung von Audiosignalen Teil I: Stand der internationalen Standardisierung“. 1996.
- [3] W. Ahnert und F. Steffen, *Sound Reinforcement Engineering: Fundamentals and Practice*. 2014. Zugegriffen: 4. Januar 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781482267631>
- [4] S. Olive, „A Multiple Regression Model for Predicting Loudspeaker Preference Using Objective Measurements: Part II - Development of the Model“, gehalten auf der 117th Convention of the Audio engineering Society, San Francisco, USA, Okt. 2004.
- [5] „DIN 1320 - 2009-12 - Beuth.de“. <https://www.beuth.de/de/norm/din-1320/120787105> (zugegriffen 5. Januar 2021).
- [6] Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg., „DIN 1320:2009-12: Akustik - Begriffe“. Beuth Verlag, Berlin, Dezember 2009.
- [7] T. Houtgast und H. J. M. Steeneken, „Evaluation of Speech Transmission Channels by Using Artificial Signals“, *Acta Acust. United Acust.*, Nr. 25, S. 355–367, Dez. 1971.
- [8] W. Kuhl, „In der Raumakustik benutzte häarakustische Termini“, *Acta Acust. United Acust.*, Bd. 39, S. 57–58, 1977.
- [9] H. J. M. Steeneken und T. Houtgast, „A physical method for measuring speech-transmission quality“, *J. Acoust. Soc. Am.*, Bd. 67, Nr. 1, S. 318–326, Jan. 1980, doi: 10.1121/1.384464.
- [10] N. R. French und J. C. Steinberg, „Factors Governing the Intelligibility of Speech Sounds“, *J. Acoust. Soc. Am.*, Bd. 19, Nr. 1, S. 90–119, Jan. 1947, doi: 10.1121/1.1916407.
- [11] T. Houtgast, *Past, present and future of the speech transmission index*. Soesterberg: TNO Human Factors, 2002.
- [12] F. Jordan, „Messung der Sprachverständlichkeit STI-PA gemäß DIN60286-16“. Zugegriffen: 28. Februar 2021. [Online]. Verfügbar unter: http://www.dr-jordan-design.de/Download/Kurzanleitung_STIPA.pdf
- [13] European Broadcasting Union, Hrsg., „Assessment methods for the subjective evaluation of the quality of sound programme material - Music“. August 1997.
- [14] Dickreiter, Dittel, und W. Hoeg, „Subjektive akustische Parameter zu Beurteilung von Tonaufzeichnungen, übersetzt nach [Tech3286]“. De Gruyter, 2014.
- [15] S. Olive, „A Multiple Regression Model For Predicting Loudspeaker Preference Using Objective Measurements: Part I - Listening Test Results“, gehalten auf der 116th AES Convention, Berlin, Mai 2004.
- [16] F. E. Toole, *Sound reproduction: the acoustics and psychoacoustics of loudspeakers and rooms*, Nachdr. Amsterdam: Elsevier, Focal Press, 2009.
- [17] A. Lindau, V. Erbes, S. Lepa, H.-J. Maempel, F. Brinkman, und S. Weinzierl, „A Spatial Audio

Quality Inventory (SAQI)“, *Acta Acust. United Acust.*, Bd. 100, Nr. 5, S. 984–994, Sep. 2014, doi: 10.3813/AAA.918778.

[18] A. Lindau, V. Erbes, S. Lepa, H.-J. Maempel, F. Brinkmann, und S. Weinzierl, „Eine Fokusgruppe für die Entwicklung eines Vokabulars zur sensorischen beurteilung virtueller akustischer Umgebungen“. 1. März 2014. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.researchgate.net/publication/263593841>

[19] A. Kuusinen und T. Lokki, „Wheel of Concert Hall Acoustics“, *Acta Acust. United Acust.*, Bd. 103, Nr. 2, S. 185–188, März 2017, doi: 10.3813/AAA.919046.

[20] „Aromarad“, *wein.plus*. <https://glossar.wein.plus/aromarad> (zugegriffen 26. Februar 2021).

[21] Z. Schärer Kalkandjiev und S. Weinzierl, „An Instrument for Measuring the Perception of Room Acoustics from the Perspective of Musicians: The Stage Acoustic Quality Inventory (STAQI)“, in *Fortschritte der Akustik - DAGA 2018 : 44. Jahrestagung für Akustik, 19.-22. März 2018 in München*, München, 2018, S. 1747–1750. [Online]. Verfügbar unter: 10.14279/depositonce-8676

[22] F. Straube, „Auswertungsdokument zur Expertenrunde zur Diskussion von Qualitätskriterien für Großbeschallungsanlagen“, Berlin, Mai 2018.

[23] S. Weinzierl, S. Lepa, und D. Ackermann, „A measuring instrument for the auditory perception of rooms: The Room Acoustical Quality Inventory (RAQI)“, *J. Acoust. Soc. Am.*, Bd. 144, Nr. 3, S. 1245–1257, Sep. 2018, doi: 10.1121/1.5051453.

[24] Deutsches Musikinformationszentrum, „Bevorzugte Musikrichtungen nach Altersgruppen“. September 2020. Zugegriffen: 14. Januar 2021. [Online]. Verfügbar unter: http://www.miz.org/downloads/statistik/31/31_Bevorzugte_Musikrichtungen_Altersgruppen.pdf

[25] S. Weinzierl, Hrsg., *Handbuch der Audiotechnik*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008. doi: 10.1007/978-3-540-34301-1.

[26] Deutsches Musikinformationszentrum, Hrsg., „Umsatz des Musikveranstaltungsmarkts, Besucherreichweite und Ticketpreise nach Musikrichtung 2013“. August 2016. Zugegriffen: 14. Januar 2021. [Online]. Verfügbar unter: http://www.miz.org/downloads/statistik/124/124_Umsatz_des_Musikveranstaltungsmarkts__Besucherreichweite_und_Ticketpreise_nach_Musikrichtungen_2014.pdf

[27] M. Schulz und B. Mack, *Fokusgruppen In Der Empirischen Sozialwissenschaft Von der Konzeption bis zur Ausarbeitung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2012.

[28] J. Abel, R. Möller, und K. Treumann, *Grundriß der Pädagogik. 2: Einführung in die Empirische Pädagogik / Jürgen Abel ; Renate Möller ; Klaus Treumann*. Stuttgart: Kohlhammer, 1998.

[29] J. Raithel, *Quantitative Forschung: ein Praxiskurs, 2.*, Durchgesehene Auflage. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2008.

[30] heise online, „Maschinenintelligenz: Der Besserübersetzer“, *Technology Review*. <https://www.heise.de/hintergrund/Maschinenintelligenz-Der-Besseruebersetzer-3814856.html> (zugegriffen 11. März 2021).

[31] „Berufe im Spiegel der Statistik“. <http://bisds.iab.de/Default.aspx?beruf=BG271®ion=1&qualifikation=0> (zugegriffen 29. März 2022).

15 ANHANG

15.1 TEILNAHMEAUFFORDERUNG



Sehr geehrte Damen und Herren,

zunächst möchte ich mich erneut für Ihre Bereitschaft zur Unterstützung meines Forschungsvorhaben bedanken.

In Rücksprache mit meinen Betreuern, Herrn Alexander Lindau und Herrn Stefan Weinzierl, habe ich entschieden die Forschungsmethodik zu modifizieren. Anstelle der bisher geplanten und sehr zeit- und koordinationsaufwendigen Fokusgruppendifkussionen möchte ich das Vokabular nun mittels eines inkrementellen Verfahrens erarbeiten.

Zu diesem Zweck habe ich eine Excel Tabelle erstellt, die ein von mir hermeneutisch erstelltes, vorläufiges Vokabular enthält. Die Termini sind in sechs Kategorien eingeteilt.

Ich bitte Sie die aufgeführten Termini, wie nachfolgend beschrieben, zu Bewerten und zu Kommentieren.

- Bewertung des Terminus in der Spalte *Bewertung* mittels einer Farbcodierung: *Geeignet* oder *Ungeeignet*.
- Begründung der Bewertung und oder Korrektur des Terminus im Feld *Kommentar/Korrektur*.
- Ergänzung weiterer, nicht aufgeführter, Termini im unteren Bereich der Tabelle.

Im Folgenden der modifizierte Arbeitsauftrag zum Forschungsvorhaben.

Ziel der Forschungsarbeit ist die konsensuelle Bildung eines deutschsprachigen und semantisch eindeutigen Vokabulars, bestehend aus Attributen, mit denen sich Publikumsbeschallungsanlagen für die Wiedergabe von Musik und Sprache auf qualitativ-sensorischer Ebene vollumfassend beurteilen lassen. Als Erhebungsgrundlage wird ein, vorab hermeneutisch erstelltes, Vokabular zur Verfügung gestellt. Dieses wird den Expertinnen in einem inkrementellen Verfahren zur Bewertung, Korrektur, Streichung und Ergänzung vorgelegt. Anschließend werden die bearbeiteten Vokabulare zusammengefasst und ausgewertet. Das Ergebnis wird den Expertinnen erneut zur Prüfung vorgelegt.

Ich bitte Sie mir die bearbeitete Tabelle bis zum 21. Februar 2022 zukommen zu lassen.

Im Anschluss werde ich die Ergebnisse zusammenführen und in Kooperation mit Herrn Lindau und Herrn Weinzierl auswerten. Die aus Zusammenführung und Auswertung resultierende Tabelle werde ich Ihnen dann mit der Bitte um abschließende Validierung erneut zukommen lassen.

Bei Rückfragen stehe ich stets gerne zur Verfügung!

Mit freundlichen Grüßen

Paul Luca Moritz Kuball

15.2 ÜBERSETZUNG VON TASTING MUSIC LIKE WINE

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| Definition | Definition |
| focus | Fokus |
| clear | klar |
| articulation | Artikulation |
| definition | Definition |
| Clarity | Klarheit |
| distinguishable sources | Unterscheidbare Quellen |
| clear | klar |
| clarity | Klarheit |
| balance | Ausgewogenheit |
| reverberance | Nachhall |
| clearness | Durchsichtigkeit |
| Reverberance | Nachhall |
| amount of reverb | Menge des Nachhalls |
| fullness | Fülle |
| strength | Stärke |
| reverberant | nachhallend |
| reverberance | Nachhall |
| amount of reverb | Menge des Nachhalls |
| reverberance | Nachhall |
| Loudness | Lautheit |
| loudness | Lautheit |
| fullness | Fülle |
| width | Weite |
| loudness | Lautheit |
| width of stereo image | Breite des Stereobildes |
| size of hall | Größe des Saals |
| width | Weite |
| Envelopment | Küllkurve |
| reverberance | Nachhall |
| reverberation | Nachhalligkeit |
| envelopement | Hüllkurve |
| fullness | Fülle |
| deepness | Tiefe |
| size of orchestra | Größe des Orchesters |
| presence | Präsenz |
| shape of space | Form des Raumes |
| distance | Abstand |
| openness | Offenheit |
| Bassiness | Bassigkeit |
| richness | Reichhaltigkeit |
| bassiness | Bassigkeit |
| juicy | saftig |
| openness | Offenheit |
| reverberance | Nachhall |
| softness | Sanftheit |
| softness | Sanftheit |

| | |
|--------------------|-----------------------|
| fullness | Fülle |
| sharpness | Schärfe |
| warmth | Wärme |
| fleshy | fleischig |
| darkness | Dunkelheit |
| bottom | Grund |
| low tones | Tiefe Töne |
| bassiness | Bassigkeit |
| Proximity | Nähe |
| distance | Entfernung |
| distance of source | Entfernung der Quelle |
| intimacy | Intimität |
| depth | Tiefe |
| Undefined | Undefiniert |
| penetrating | durchdringend |
| balanced | ausgewogen |
| sharpness | Schärfe |

15.3 ÜBERSETZUNG VON WHEEL OF CONCERT HALL ACOUSTICS

| | |
|--------------------|---------------------|
| Extraneous Sounds | Störgeräusche |
| Loudness | Lautheit |
| Intimacy | Intimität |
| Spatial Impression | Räumlicher Eindruck |
| Reverberance | Nachhall |
| Clarity | Klarheit |
| Timbre | Klangfarbe |
| Balance | Ausgewogenheit |

| | |
|----------------------|----------------------------|
| image shift | Klangverschiebung |
| echo | Echo |
| background noise | Hintergrundrauschen |
| strength | Stärke |
| level | Pegel |
| volume | Lautstärke |
| body | Körper |
| dynamic range | Dynamikbereich |
| proximity | Nähe |
| source presence | Quellenpräsenz |
| distance | Entfernung |
| Size of space | Größe des Raumes |
| width | Breite |
| envelopement | Hüllkurve |
| responsiveness | Ansprechverhalten |
| room presence | Raumpräsenz |
| fullness | Fülle |
| liveness | Lebendigkeit |
| amount of reverb | Menge des Nachhalls |
| openness | Offenheit |
| localization | Lokalisierung |
| sharpness of attacks | Schärfe der Anschläge |
| definition | Definition |
| articulation | Artikulation |
| brightness / treble | Helligkeit / Höhen |
| brilliance | Brillanz |
| warmth / bass | Wärme / Bass |
| texture | Textur |
| interference | Einstreuung |
| spectral balance | Spektrale Ausgewogenheit |
| spatial balance | Räumliche Ausgewogenheit |
| orchestral balance | Orchestrale Ausgewogenheit |
| blend | Mischung |
| | |

15.4 ÜBERSETZUNG VON A MULTIPLE REGRESSION MODELL FOR PREDICTING LOUDSPEAKER PREFERENCE – LISTENING TEST RESULTS

| | |
|------------------------|-------------------------------------|
| Bright | Hell |
| Colored | Eingefärbt |
| Lacks/No bass | Bass fehlt/ Kein Bass |
| Dull | Dumpf |
| Thin | Dünn |
| Great Bass | Toller Bass |
| Forward | |
| Distorted | Verzerrt |
| Nasal | Nasal |
| Image not focus | Bild nicht fokussiert |
| Muffled | Gedämpft |
| Too much High/Treble | Hohe Frequenzen zu stark/Trällern |
| Mid depression/hole | Gesenkte Mitten/Loch in den Mitten |
| Tizzy | Zittrig |
| Weak Low Bass | Schwacher Tiefbass |
| Balanced | Ausgewogen |
| Resonances | Resonanzen |
| Spectral tilt up | Spektrale Neigung nach oben ? |
| Neutral | Neutral |
| Clock Radio (AM) | Radiowecker (morgens) |
| Smooth | Glatt |
| Spitty | |
| Warm | Warm |
| Bass Bump (100-200 Hz) | |
| Tubby | Schlauchartig |
| Mid Peak | Spitze im mittleren Frequenzbereich |
| Shouty | Schreiend |
| Ragged response | |
| Boomy | Dröhnend |
| Megaphone | Megaphon |
| Uncolored | Ungefärbt |
| Muted (highs or mids) | Gedämpft (Höhen oder Mitten) |
| Raspy | Kratzig |
| Lacks highs/treble | Fehlende Höhen |
| Mellow | Sanft |
| All mids | Nur Mitten |
| Dark | Dunkel |
| Annoying | Nervig |
| Harsh | Harsch |
| Bass Heavy | Basslastig |
| Presence (Lacks) | Präsenz (fehlt) |
| Sharp | Scharf |
| Sibilant | Zischend |
| Veiled | Verschleiert |
| Closed/ not open | Geschlossen/ nicht geöffnet |

| | |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| Honky | Hupig |
| Bass Extended | Bass erhöht |
| Pinched | Gequetscht |
| Band passed | Mit einem Bandpass-Filter bearbeitet |
| Hard | Hart |
| Phasey | Phasig |
| Distant | Entfernt |
| Recessed | Verdeckt |
| Rolled off (highs) | Abgerollt (Hochtöne) |
| Full | Voll |
| Hollow | Hohl |
| Narrow image | Enges Bild |
| Unnatural | Unnatürlich |
| Comb filter | Kammfilter |
| Hooty | Heulend |
| Zingy | Scharf |
| Bass Lean | Magerer Bass |
| Distortion (very low or none) | Verzerrung (sehr gering oder keine) |
| Happy/smiley face | Glücklich/Smiley-Gesicht |
| Thick (mid bass) | Fett (mittlerer Bass) |
| Clear | Klar |
| Flat | Flach |
| Presence (has good) | Präsenz (hat gute) |
| Woofers bottoming | Tieftöner erreicht Tiefstwerte |
| Wooly | Wollig |
| Zippy | Spritzig |
| Bass (uneven) | Bass (ungleichmäßig) |
| Laid back | Zurückhaltend |
| Stuffy | Verstopft |
| Chesty | Kräftig |
| Crusty | Knackig |
| Howl | Heulen |
| Shrill | Schrill |
| Open | Offen |

15.5 ÜBERSETZUNG DES RAQI

| X-Factor RAQI | Factors | Items | Poles |
|------------------|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| 4 | Qualität | Gefallen | Gefällt mir- Gefällt mir nicht |
| | | Akustische Eignung des Raumes | |
| | | Einfachheit des Zuhörens | |
| | | Globale Ausgewogenheit | |
| | Kraft/Stärke | Größe | |
| | | Lautheit | |
| | | Weite/Breite | |
| | Nachhall/igkeit | Dauer des Nachhalls | |
| | | Nachhall/igkeit | |
| | | Umhüllung durch Nachhall | |
| | Brillanz | Brillanz | |
| 6 | Ungleichmäßiger Abfall/ Decay | Flatterecho | |
| | | Echo | |
| | | Unregelmäßigkeiten im Abfall / Decay | |
| | Einfärbung | Dröhnen | |
| | | Rauheit | |
| | | Kammfilter Einfärbung | |
| 9 | Klarheit | Zeitliche Klarheit | |
| | | Räumliche Transparenz | |
| | | Lokalisierungsgenauigkeit | |
| | Lebendigkeit | Lebendigkeit | |
| | | räumliche Präsenz | |
| | | Dynamikumfang | |
| | Intimität | Intimität | |
| | | Entfernung | |
| | | Wärme | |
| Einzelne Termini | | Metallische Klangfarbe | |
| | | Offenheit | |
| | | Anstieg/Attack | |
| | | Klangfülle | |
| | | | |
| | | | |

15.6 VORLÄUFIGES VOKABULAR ZUR BEARBEITUNG

| Position | Kategorie | Terminus | Quellen | Bewertung | | Anmerkung/ Korrektur |
|----------|--|--|----------------------------|-----------|-----------|----------------------|
| | | | | Geignet | Ungeignet | |
| 1.1 | | Akustischer Gesamteindruck | [14] | | | |
| 1.4 | | Akustische Neutralität | [15] | | | |
| 1.5 | | Offenheit | [15], [19], [23] | | | |
| 1.6 | Gesamteindruck | Präsenz | [1], [15], [17], [23] | | | |
| 1.7 | | Reichhaltigkeit | [1] | | | |
| 1.8 | | Ungelärbtheit | [15] | | | |
| 1.9 | | Natürlichkeit | [15], [17] | | | |
| 2.1 | Klarheit/ Deutlichkeit/ Verständlichkeit | Definition | [1], [19] | | | |
| 2.2 | | Durchsichtigkeit | [5], [1], [7], [14] | | | |
| 2.3 | | Klarheit | [1], [15], [17], [19] | | | |
| 2.4 | | Knackigkeit | [15], [17] | | | |
| 3.1 | | Vorhandensein von Bässen | [15] | | | |
| 3.3 | | Brillanz | [19], [23] | | | |
| 3.4 | | Drohnen | [15], [23] | | | |
| 3.5 | | Dumppheit | [15] | | | |
| 3.8 | | Verfärbter Klangeindruck | [15] | | | |
| 3.9 | Klangfarbe | Vorhandensein von Höhen | [15] | | | |
| 3.10 | | Fettigkeit | [15] | | | |
| 3.11 | | Gedämpftheit | [15] | | | |
| 3.13 | | Helligkeit | [15] | | | |
| 3.15 | | Nasalität | [15] | | | |
| 3.16 | | Vorhandensein von Mitten | [15] | | | |
| 3.18 | Schärfe | [1], [17], [15] | | | | |
| 4.1 | Lautheit | Lautheit | [1], [5], [17], [19], [23] | | | |
| 4.2 | | Lautstärke | [19] | | | |
| 4.3 | | Räumliche Gleichmäßigkeit des Lautstärkeindrucks | [1], [19] | | | |
| 5.1 | Lokalisation | Lokalisation | [5], [17], [23] | | | |
| 5.2 | | Räumlichkeit | [5], [7] | | | |
| 5.3 | | Stereophoner Eindruck | [14] | | | |
| 6.1 | Artefakte/ Fehler | Kratzigkeit | [15] | | | |
| 6.2 | | Phasigkeit | [15] | | | |
| 6.3 | | Rauigkeit | [5], [17], [23] | | | |
| 6.4 | | Schrittlichkeit | [15] | | | |
| 6.5 | | Störgeräusche | [14], [19] | | | |
| 6.6 | | Horbares Hintergrundrauschen | [15] | | | |
| E1 | Ergänzungen | | | | | |

15.7 LISTE DER GENANNTEN ERGÄNZUNGEN

| Ergänzungen | | |
|-------------|----------------|---|
| | Kategorie | Terminus |
| E1 | | Echo |
| E2 | | Räumliche Gleichmäßigkeit des Klangfarbeneindrucks |
| E3 | | Räumliche Gleichmäßigkeit des räumlichen Eindrucks (Lokalisation) |
| E4 | | Halligkeit |
| E5 | | Hörquellenbreite |
| E6 | | Distanz |
| E7 | | Hörbarkeit nicht linearer Verzerrungen |
| E8 | Klangfarbe | Hornklang |
| E9 | Klangfarbe | Druckvolle Bässe |
| E10 | Klangfarbe | Metallischer Klang |
| E11 | Klarheit | Sprachverständlichkeit |
| E12 | Artefakte | Wahrnehmbarkeit von Echos |
| E13 | | Spektrale Ausgewogenheit |
| E14 | | linearer/zerklüfteter Frequenzgang |
| E15 | | Steilheit des Phasengangs |
| E16 | | Klirrverhalten, hörbare Verzerrungen |
| E17 | | Auflösung |
| E18 | Abdeckung | Zu Beschallende Fläche wird akustisch abgedeckt |
| E19 | Abdeckung | Gleichmäßigkeit (tonal/Laustärke) der Abdeckung |
| E20 | Klarheit | Direktheit |
| E21 | | Fühlbarkeit |
| E22 | Klarheit | Sprachverständlichkeit |
| E23 | Gesamteindruck | Impulstreue |
| E24 | Artefakte | Verzerrungen |
| E25 | Lokalisation | Räumlicher Eindruck |
| E26 | Gesamteindruck | Subjektives Wohlbefinden |
| E27 | Lautheit | Dynamik |
| E28 | Klangfarbe | Härte |
| E29 | | Klangqualität |
| E30 | | Dynamik |
| E31 | | Auflösung |
| E32 | | Räumliche Abbildung |
| E33 | | Verzerrung |
| E34 | | Bandbreite |
| E35 | | Tieftonwiedergabe |
| E36 | | Hochtonwiedergabe |

| | | |
|-----|----------------|--|
| E37 | | Stimmwiedergabe |
| E38 | Klangfarbe | Metallische Klangfarbe |
| E39 | Klangfarbe | Kammfilterartige Verfärbung |
| E40 | Räumlichkeit | Räumlicher Zerfall (spatial disintegration of sound sources) |
| E41 | Zeitverhalten | Pre-echoes |
| E42 | Zeitverhalten | Post-echos |
| E43 | Zeitverhalten | Zeitlicher Zerfall (temporal disintegration) |
| E44 | Zeitverhalten | Crispness |
| E45 | Zeitverhalten | Responsiveness |
| E46 | | Verzögerungen (mismatch Hören/Sehen) |
| E47 | | Echos |
| E48 | | Klirren |
| E49 | Gesamteindruck | Fettheit |

15.8 ABSTIMMUNGSERGEBNISSE DES VORLÄUFIGEN VOKABULARS

| Position | Kategorie | Terminus | Gesamt | | |
|----------|--|--|-----------------|-------------------|------------------|
| | | | Anzahl Geeignet | Zustimmung (in %) | Ablehnung (in %) |
| 1.1 | Gesamteindruck | Akustischer Gesamteindruck | 10 | 76,92% | 23,08% |
| 1.2 | | Akustische Neutralität | 9 | 69,23% | 30,77% |
| 1.3 | | Offenheit | 7 | 53,85% | 46,15% |
| 1.4 | | Präsenz | 10 | 76,92% | 23,08% |
| 1.5 | | Reichhaltigkeit | 4 | 30,77% | 69,23% |
| 1.6 | | Ungefärbtheit | 9 | 69,23% | 30,77% |
| 1.7 | | Natürlichkeit | 10 | 76,92% | 23,08% |
| 2.1 | Klarheit/ Deutlichkeit/ Verständlichkeit | Definition | 9 | 69,23% | 30,77% |
| 2.2 | | Durchsichtigkeit | 11 | 84,62% | 15,38% |
| 2.3 | | Klarheit | 13 | 100,00% | 0,00% |
| 2.4 | | Knackigkeit | 8 | 61,54% | 38,46% |
| 3.1 | Klangfarbe | Vorhandensein von Bässen | 10 | 76,92% | 23,08% |
| 3.2 | | Brillanz | 13 | 100,00% | 0,00% |
| 3.3 | | Dröhnen | 13 | 100,00% | 0,00% |
| 3.4 | | Dumpfheit | 11 | 84,62% | 15,38% |
| 3.5 | | Verfärbter Klangeindruck | 7 | 53,85% | 46,15% |
| 3.6 | | Vorhandensein von Höhen | 10 | 76,92% | 23,08% |
| 3.7 | | Fettigkeit | 2 | 15,38% | 84,62% |
| 3.8 | | Gedämpftheit | 5 | 38,46% | 61,54% |
| 3.9 | | Helligkeit | 8 | 61,54% | 38,46% |
| 3.10 | | Nasalität | 12 | 92,31% | 7,69% |
| 3.11 | | Vorhandensein von Mitten | 10 | 76,92% | 23,08% |
| 3.12 | | Schärfe | 10 | 76,92% | 23,08% |
| 4.1 | Lautheit | Lautheit | 11 | 84,62% | 15,38% |
| 4.2 | | Lautstärke | 7 | 53,85% | 46,15% |
| 4.3 | | Räumliche Gleichmäßigkeit des Lautstärkeindrucks | 11 | 84,62% | 15,38% |
| 5.1 | Lokalisation | Lokalisation | 13 | 100,00% | 0,00% |
| 5.2 | | Räumlichkeit -> Räumliche Breite und Räumliche Tiefe | 12 | 92,31% | 7,69% |
| 5.3 | | Stereophoner Eindruck | 11 | 84,62% | 15,38% |
| 6.1 | Artefakte/ Fehler | Kratzigkeit | 7 | 53,85% | 46,15% |
| 6.2 | | Phasigkeit | 11 | 84,62% | 15,38% |
| 6.3 | | Rauigkeit | 10 | 76,92% | 23,08% |
| 6.4 | | Schrillheit | 11 | 84,62% | 15,38% |
| 6.5 | | Störgeräusche | 11 | 84,62% | 15,38% |
| 6.6 | | Hörbares Hintergrundrauschen | 13 | 100,00% | 0,00% |

16 EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit eigenständig und ohne fremde Hilfe angefertigt habe. Textpassagen, die wörtlich oder dem Sinn nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Berlin, 01.04.2022

Paul Luca Moritz Kuball