



Hochschule Düsseldorf
University of Applied Sciences



Fachbereich Medien
Faculty of Media

Untersuchung zum Einfluss der Farbe der Ambientebeleuchtung eines Ver- anstaltungsortes auf die emotionale Wahrnehmung der Musik

Isabelle Menze

Bachelorarbeit im Studiengang

B. Eng. Medientechnik

Juni 2023

Prüfer:

Prof. Dr.-Ing. Jochen Steffens

Matthias Erdmann

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	4
Abstract deutsch	6
Abstract englisch	7
1 Einleitung und Motivation	8
2 Theorie und Forschungsstand.....	9
2.1 Theoretischer und empirischer Hintergrund	9
2.1.1 Crossmodale Korrespondenzen zwischen auditiven und visuellen Stimuli	9
2.1.2 Einfluss von Emotionen auf crossmodale Korrespondenzen	10
2.1.3 Übertragbarkeit crossmodaler Korrespondenzen auf die Beleuchtung von Musik-Veranstaltungen	12
2.1.4 Übertragung von visuellen Laborstimuli in reale Versuchsumgebungen.....	13
2.2 Fragestellung und Hypothesen	15
3 Methoden	17
3.1 Proband*innen.....	17
3.2 Design der Untersuchung.....	18
3.3 Material und technische Umsetzung	19
3.3.1 Visuelle Stimuli	19
3.3.2 Auditive Stimuli	21
3.3.3 Technische Umsetzung	22
3.4 Versuchsablauf.....	24
3.5 Statistische Auswertung	26
4 Ergebnisse	29
4.1 Deskriptive Statistiken	29
4.2 Hypothesenprüfungen	31
4.2.1 Hypothesen H1a und H1b	31
4.2.2 Hypothese H2.....	32

4.2.3	Hypothese H3	33
4.2.4	Hypothese H4	33
4.3	Weitere Ergebnisse	40
5	Diskussion	43
6	Schlussfolgerung	50
I.	Literaturverzeichnis	51
II.	Anhang 1	55
III.	Anhang 2	56
IV.	Anhang 3	57
V.	Anhang 4	58
VI.	Anhang 5	59

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Russell Circumplex Modell inkl. der in dieser Studie abgefragten diskreten und dimensionalen Emotionen (Liapis & Xenos, 2013).....	11
Abbildung 2: RGB-Farbraum und Farbwerte-Tabelle; eigene Darstellung basierend auf Greule (2021)	14
Abbildung 3: Summenvariablen zum <i>Gold-MSI</i>	18
Abbildung 4: Visuelle Stimuli des Versuches dieser Bachelorarbeit – statische verschieden farbige Beleuchtungsszenen (C1-C6).....	20
Abbildung 5: Schematische Darstellung der Stimuli-Ansteuerung; eigene Darstellung ..	23
Abbildung 6: Häufigkeiten der besuchten Live-Veranstaltungen der Proband*innen (in %)	29
Abbildung 7: Häufigkeiten der einzelnen präsentierten Farben (in %)	30
Abbildung 8: Häufigkeiten der präsentierten Musikausschnitte (in %)	31
Abbildung 9: Mittelwerte der zum Farbton wahrgenommenen Musik-Valenz	35
Abbildung 10: Mittelwerte der zum Farbton wahrgenommenen Musik-Arousal	36
Abbildung 11: Mittelwerte der zum Musikausschnitt wahrgenommenen Farb-Valenz	38
Abbildung 12: Mittelwerte der zur Farbe wahrgenommenen dimensional Emotion Arousal	40

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Standardisiert RGB-Farbwerte der in diesem Versuch angewendeten Farbtöne	20
Tabelle 2:	Mögliche Kombinationen für Stimuli-Szenen.....	24
Tabelle 3:	Ergebnisse zur Untersuchung des Zusammenpassens von Musikausschnitt und Farbe in Abhängigkeit von der Differenz zwischen Musik-Valenz und Farb-Valenz und der Differenz zwischen Musik-Arousal und Farb-Arousal	31
Tabelle 4:	Ergebnisse zur Untersuchung des Einflusses der wahrgenommenen Farbhelligkeit auf akustische Eigenschaften und die Wahrnehmung der Musik-Valenz.....	32
Tabelle 5:	Ergebnisse zur Untersuchung des Einflusses der wahrgenommenen Farbsättigung auf unterschiedliche wahrgenommene akustische Eigenschaften und die Emotionen der Musikausschnitte. *keine Konvergenz erreicht	33
Tabelle 6:	Mittelwerte der zum Musikausschnitt (S1-S4) wahrgenommenen dimensionalen Emotion Valenz in Verbindung mit den unterschiedlichen Farbtönen (C1-C6)	34
Tabelle 7:	Einfluss der jeweiligen Quelle auf die abhängige Variable Musik-Valenz ..	35
Tabelle 8:	Mittelwerte der zum Musikausschnitt (S1-S4) wahrgenommenen dimensionalen Emotion Arousal in Verbindung mit den unterschiedlichen Farbtönen (C1-C6)	36
Tabelle 9:	Einfluss der jeweiligen Quelle auf die abhängige Variable Musik-Arousal	37
Tabelle 10:	Mittelwerte der zum Farbton (C1-C6) wahrgenommenen dimensionalen Emotion Valenz in Verbindung mit den unterschiedlichen Musikausschnitten (S1-S4)	37
Tabelle 11:	Einfluss der jeweiligen Quelle auf die abhängige Variable Farb-Valenz	38
Tabelle 12:	Mittelwerte der zum Farbton (C1-C6) wahrgenommenen dimensionalen Emotion Arousal in Verbindung mit den unterschiedlichen Musikausschnitten (S1-S4)	39
Tabelle 13:	Einfluss der jeweiligen Quelle auf die abhängige Variable Farb-Arousal ...	40

Tabelle 14:	Ergebnisse zur Untersuchung des Einflusses der wahrgenommenen Farbhelligkeit auf weitere abhängige Variablen	41
Tabelle 15:	Ergebnisse zur Untersuchung des Einflusses der wahrgenommenen Farbsättigung auf weitere abhängige Variablen	41
Tabelle 16:	Werte des Schätzers sowie Mittelwerte zu den einzelnen wahrgenommenen Farbhelligkeiten der Farbtöne (C1-C6); b. Dieser Parameter wird auf null gesetzt, da er redundant ist.....	42
Tabelle 17:	Werte des Schätzers sowie Mittelwerte zu den einzelnen wahrgenommenen Farbsättigungen der Farbtöne (C1-C6); b. Dieser Parameter wird auf null gesetzt, da er redundant ist.....	42

Abstract deutsch

Crossmodale Korrespondenzen zwischen auditiven und visuellen Stimuli lassen sich bereits in zahlreichen Laborstudien erkennen. Ob jene Korrespondenzen auch in der Praxis für das Lichtdesign von unter anderem Musik-Veranstaltungen gelten und dabei nicht nur auditive Stimuli mit Farben assoziiert werden, sondern Farben auch einen Einfluss auf die Wahrnehmung der akustischen Eigenschaften und Emotionen der Musik haben, wird dabei in dieser Studie untersucht. Der Versuchsaufbau findet dafür in einer realen Veranstaltungsstätte statt. Proband*innen mussten Fragen zu ihrer Wahrnehmung von unterschiedlichen auditiven und visuellen Eigenschaften, die in unterschiedlichen, möglichst Veranstaltungs-realistischen Stimuli-Szenen präsentiert wurden, beantworten. Hierfür wurden Scheinwerfer eingesetzt sowie auditive Stimuli gewählt, die vom Musikgenre den Live-Veranstaltungen der Veranstaltungsstätte entsprechen. Die Ergebnisse zeigen, dass ein Zusammenhang zwischen akustischen Eigenschaften und Farben existiert und auch die wahrgenommenen Emotionen der Farben durch die Musik beeinflusst werden können. Ebenso zeigen die Ergebnisse, dass die Farben der Ambientebeleuchtung die Emotionen zwar nicht explizit vorgeben oder steuern, sie aber in ihrem Ausdruck intensivieren können. Der Zusammenhang von zur Musik passenden Farben scheint dabei auf den geteilten wahrgenommenen Emotionen zu basieren, eine direkte Verknüpfung von Musik und Farben kann in dieser Studie allerdings nicht ausgeschlossen werden. Crossmodale Korrespondenzen zwischen auditiven und visuellen Stimuli sind demnach auch in realitätsnahen Versuchsaufbauten zu finden. Die Erkenntnisse darüber könnten auch in der Praxis, zum Beispiel bei der Planung und Durchführung von Musik-Veranstaltungen, einen Nutzen haben.

Keywords: Crossmodale Korrespondenzen, Ambientebeleuchtung, Musik-Emotion, Lichtfarben, Lichtdesign

Abstract englisch

Crossmodal correspondences between auditory and visual stimuli can be observed in numerous laboratory studies. Based on the existing research, this study investigates whether these correspondences are as well triggered by the lighting designed for music events and whether not only auditory stimuli are associated with colors, but it also considers the question if colors influence the perception of sound characteristics of music as well as the perceived emotions. The experiment for the study was set up in a venue for music events. The participants of the study were asked to answer several different questions regarding their perception of different auditory and visual stimuli presented in an event-like scenario. To simulate this, spotlights and auditory stimuli that fit the music genre of live-music events taking place in that venue were chosen. The results show that a connection between sound characteristics and colors exists and that emotions perceived by colors are influenced by the music played. The results furthermore show that colors chosen for an ambient lighting do not explicitly set or control but intensify the perceived emotion. The connection of colors associated with the music appears to be based on shared emotions felt by the participants. However, this study cannot rule out a direct connection between music and colors. Crossmodal correspondences between auditory and visual stimuli can therefore be found in experimental set ups close to reality. Those findings could be applied, for example, in planning music events.

Keywords: Crossmodal correspondences, ambient lighting, music emotion, lighting color, lighting design

1 Einleitung und Motivation

Die Fähigkeit, Sinnesreize über mehrere sensorischen Modalitäten miteinander zu verknüpfen, ist ein seit Jahrzehnten erforschtes psychologisches Phänomen. Während teilweise Erkenntnisse der Forschung zu crossmodalen Korrespondenzen schon einen Nutzen in der Praxis haben und zum Beispiel der Geschmack eines Getränkes durch eine Farbe assoziiert werden kann (Spence et al., 2010), ist die Verknüpfung von crossmodalen Korrespondenzen zwischen auditiven und visuellen Stimuli bisher hauptsächlich unter Laborbedingungen erforscht worden. Ein direkter Bezug von zum Beispiel der Verknüpfung von Musik und Farben ist in der Praxis, zum Beispiel bei Musik-Veranstaltungen, bisher noch nicht gegeben. Dabei können in Laborstudien zwar die Versuchsdurchläufe der einzelnen Proband*innen exakter nachgeahmt werden, da ein Großteil von äußeren Einflussfaktoren ausgeschlossen werden kann, jedoch können, bezogen auf Veranstaltungen, nicht alle Stimuli (vor allem die visuellen Stimuli) durch zum Beispiel die Scheinwerfer umgesetzt werden und sind somit realitätsfern.

Die empirische Untersuchung dieser Bachelorarbeit beschäftigt sich dementsprechend mit crossmodalen Korrespondenzen in einer realen, praxisnahen Versuchsumgebung und auditiven und visuellen Reizen, wie sie für zum Beispiel Besucher*innen einer Musik-Veranstaltung auftreten könnten. Mithilfe der Ergebnisse soll herausgefunden werden, ob jene bereits erfassten, häufig zu der Musik wahrgenommenen Assoziationen auch für Farben in veranstaltungsnahen Versuchsumgebungen auftreten und somit auch die Farben die, durch Musik wahrgenommenen, Emotionen beeinflussen kann. Ebenso wird versucht, bereits vorhandene Korrespondenzen in der Praxis zu erkennen, den Nutzen dieser Erkenntnisse zu verstehen und die Annahmen der bis dato nicht final ergründbaren Ursachen zu betrachten. Die Erkenntnisse über die Vorkommnisse von crossmodalen Korrespondenzen zwischen Musik und Farben in der Beleuchtung von unter anderem Musik-Veranstaltungen könnten dabei helfen, Licht nicht nur nach dem persönlichen Geschmack der Lichtdesigner*innen zu nutzen (Siniscalco, 2021), sondern mit dem Einsatz von Farben die Musik und ihre akustischen Eigenschaften zu unterstützen und gegebenenfalls Emotionen explizit lenken zu können.

2 Theorie und Forschungsstand

2.1 Theoretischer und empirischer Hintergrund

2.1.1 Crossmodale Korrespondenzen zwischen auditiven und visuellen Stimuli

Crossmodale Korrespondenzen lassen sich bereits seit Jahrzehnten in zahlreichen Studien zwischen simplen und komplexen, auditiven und visuellen Stimuli bei einer Vielzahl von Menschen feststellen (Evans & Treisman, 2010; Lindborg & Friberg, 2015; Spence, 2011, 2020b). Auch wenn die genauen Ursachen der Entstehung crossmodaler Korrespondenzen noch ungeklärt sind, beruhen die Begründungen meistens auf einem strukturellen, statistischen, semantischen (Spence, 2011) oder durch Emotionen herbeigeführten Hintergrund (Lindborg & Friberg, 2015; Palmer et al., 2013; Spence, 2020a; Whiteford et al., 2018). Eine genauere Betrachtung des aktuellen Forschungsstandes der durch Emotionen herbeigeführten crossmodalen Korrespondenzen wird in Kapitel 2.1.2 vorgenommen. Da die Fähigkeit Stimuli auch in mehreren sensorischen Modalitäten miteinander zu verknüpfen auch bei Menschen mit Synästhesie gegeben ist, sei hier darauf hingewiesen, dass Menschen mit Synästhesie die Verknüpfung der sensorischen Modalitäten automatisch und absolut wahrnehmen, wohingegen crossmodale Korrespondenzen nur relativ miteinander verknüpft sind (Spence, 2020b; Whiteford et al., 2018). Inwiefern crossmodale Korrespondenzen kulturübergreifend auftreten, ist aktuell noch nicht eindeutig zu erkennen (Spence, 2020a).

Zwischen zahlreichen akustischen Eigenschaften und den unterschiedlichen Farbdimensionen – Farbton, Farbhelligkeit und Farbsättigung (Wilms & Oberfeld, 2018) – lassen sich in Studien häufig gleiche Korrelationen feststellen. Während zum Beispiel die Korrelation, dass eine Tonhöhenanhebung konstant und relativ mit einer Anhebung der Helligkeit assoziiert wird, die am häufigsten dokumentierte crossmodale Korrespondenz zwischen auditiven und visuellen Stimuli (Marks et al., 2003) darstellt und auch eine Anhebung der Lautstärke mit helleren Farben assoziiert wird (Marks et al., 2003; Spence, 2011), ist der Einfluss des Tempos auf die Farbwahrnehmung noch umstritten. Während einige Studien zeigen, dass ein schnelles Tempo in Kombination mit dem Tongeschlecht Dur mit einer hohen Farbsättigung und ein langsames Tempo in Kombination mit dem Tongeschlecht Moll mit geringerer Farbsättigung verbunden wird und sogar spezifische Assoziationen mit Farbtönen und Farbhelligkeiten festgestellt werden (Palmer et al., 2013; Schloss & Tsang, 2010; Sun et al., 2018; Whiteford et al., 2018), kann in einer anderen Studie keine signifikante Auswirkung des Tempos auf die Wahrnehmung der Farbe beobachtet werden (Lindborg & Friberg, 2015).

Auch in dieser Bachelorarbeit werden Zusammenhänge zwischen verschiedenen akustischen Eigenschaften (zum Beispiel der Schärfe, dem Tempo und der Brillanz) und den Farbdimensionen betrachtet, wobei unter anderem die Erkenntnisse aus den genannten Laborstudien in einer realitätsnahen Versuchsumgebung untersucht werden.

2.1.2 Einfluss von Emotionen auf crossmodale Korrespondenzen

Vor allem die Hypothese der durch Emotionen herbeigeführten crossmodale Korrespondenzen, besonders in Bezug auf kongruente Korrelationen der unterschiedlichen Farbdimensionen mit auditiven (musikalischen) Stimuli (Schloss & Tsang, 2010), wird in den letzten Jahren in Studien intensiv beleuchtet (Bhattacharya & Lindsen, 2016; Jiang & Zhao, 2019; Lindborg & Friberg, 2015). Häufig werden in diesen Studien allerdings nicht alle drei Variablen (Musik, Farben, Emotionen) gleichzeitig abgefragt, sondern Farben und Musik separat voneinander betrachtet, mit Emotionen bewertet und unabhängig davon abgefragt, welche der gezeigten Farben am besten und am schlechtesten zu einzelnen Musikausschnitten passen (Palmer et al., 2013; Palmer & Schloss, 2010; Pesek et al., 2014; Whiteford et al., 2018). Möglich ist das vor allem durch das gleichzeitige Präsentieren der visuellen Stimuli und der damit verbundenen direkten Vergleichbarkeit für die Proband*innen auf einem Bildschirm (Palmer et al., 2013; Palmer & Schloss, 2010). Da das Auswählen einer passenden Farbe, bezogen auf die Beleuchtung von Musik-Veranstaltungen oder die Ambientebeleuchtung von Veranstaltungsstätten, für Besucher*innen von Veranstaltungen sehr praxisfern ist, ist das Ziel dieser Bachelorarbeit, den Zusammenhang von Musik, Farben und Emotionen auch in realeren Versuchsumgebungen beziehungsweise Versuchsaufbauten und mit komplexeren auditiven (musikalischen) Stimuli nachvollziehen zu können.

Auch wenn die Emotion in Studien häufig als das Bindeglied zwischen auditiven und visuellen Stimuli (Whiteford et al., 2018) betrachtet wird, da sowohl zum Beispiel Musik (Lundqvist et al., 2009; Pesek et al., 2014) als auch zum Beispiel Farben (Bresin, 2005; D'Andrade & Egan, 1974; Jiang & Zhao, 2019; Vryzas et al., 2017) Emotionen ausdrücken können, und klare Tendenzen darauf hindeuten, dass die beobachteten Korrelationen auf Emotionen basieren (Palmer et al., 2013; Whiteford et al., 2018), kann eine direkte Verknüpfung zwischen auditiven und visuellen Stimuli noch nicht endgültig ausgeschlossen werden (Bhattacharya & Lindsen, 2016; Palmer et al., 2013). Obwohl für die Hypothese der durch Emotionen herbeigeführten crossmodalen Korrespondenzen vor allem die Musik den Auslöser für eine Emotion beschreiben soll (Whiteford et al., 2018), ist bei bidirektionaler Betrachtung ebenso festzustellen, dass auch Farben Emotionen wiedergeben und beeinflussen können (Kaya & Epps, 2004; Palmer & Schloss, 2010).

Studien betrachten sowohl diskrete als auch dimensionale Emotionen. Auch wenn diskrete Emotionen, wie zum Beispiel „fröhlich“ und „traurig“ oder auch „ruhig“ und „energisch“, Emotionen sind, die von Proband*innen sprachlich gegebenenfalls besser zu verstehen sind, erfolgt die begriffliche Einordnung häufig subjektiv und hat vor allem bei der Übertragung in andere Sprachen eine große Bandbreite und meist keine genaue Definition und Übersetzung (D’Andrade & Egan, 1974; Moon et al., 2015). Daher wird oft auf das *Russell Circumplex Modell* zurückgegriffen (Bhattacharya & Lindsen, 2016; Strle et al., 2018; Whiteford et al., 2018), welches bipolar den Ausschlag der Emotionen in den unterschiedlichen Dimensionen *Valenz* (V+/ V-), entspricht der Wertigkeit, und *Arousal* (A-/ A+), entspricht der Erregung, beschreibt (siehe Abbildung 1).

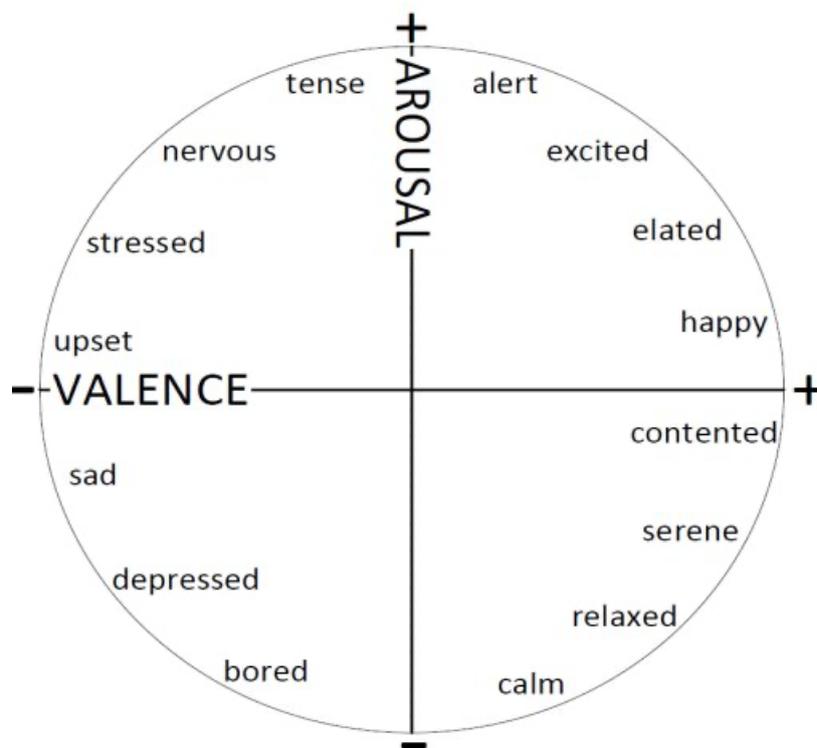


Abbildung 1: Russell Circumplex Modell inkl. der in dieser Studie abgefragten diskreten und dimensional Emotionen (Liapis & Xenos, 2013)

Auch in dieser Bachelorarbeit wird auf das *Russell Circumplex Modell* mit den beiden Dimensionen Valenz und Arousal zurückgegriffen. Dabei werden skalenhaft sowohl die durch die Musik als auch durch die Farben ausgedrückten Emotionen von „negativ – positiv“ und „passiv – aktiv“ abgefragt. Zur Überprüfung der Plausibilität werden zusätzlich, den beiden Dimensionen nah angesiedelte, diskrete Emotionen („fröhlich“ [V+A+] – „traurig“ [V-A-], „ruhig“ [V+A-] – „energisch“ [V-A+]) abgefragt.

Laut Wilms und Oberfeld (2018) werden Valenz und Arousal zwar durch alle drei Farbdimensionen gemeinsam beeinflusst, ein Einfluss auf die dimensionale Emotion Arousal ist

jedoch nur in Kombination mit einer hohen Farbsättigung gegeben. Dementsprechend wird in dieser Bachelorarbeit ebenfalls untersucht, in welcher Gewichtung und Kombination die einzelnen Farbdimensionen einen Einfluss auf die Emotionen haben.

Viele Studien nutzen bei der Erforschung zu crossmodalen Korrespondenzen zwischen Musik und Farben als auditive Stimuli Musikausschnitte klassischer Musik (Boh, 2022; Palmer et al., 2013; Schloss & Tsang, 2010). Da sich allerdings auch für verschiedene Musikgenres unterschiedliche Farbassoziationen feststellen lassen (Strle et al., 2018), werden in dieser Bachelorarbeit als auditive Stimuli Musikausschnitte eines anderen Musikgenres verwendet, um zu untersuchen, ob Korrelation zwischen akustischen Eigenschaften und Farben auch Genreübergreifend erkannt werden können.

2.1.3 Übertragbarkeit crossmodaler Korrespondenzen auf die Beleuchtung von Musik-Veranstaltungen

Häufig werden crossmodale Korrespondenzen in Versuchen unter Laborbedingungen untersucht. Das gibt zwar Aufschluss darüber, welche Stimuli-Paare miteinander verknüpft werden oder kongruent miteinander sind, allerdings werden dabei reale Bedingungen nicht mit einbezogen (Spence, 2011). Dadurch lassen sich die Korrespondenzen nicht simpel in die Praxis übertragen.

Bis dato gibt es nur wenige Studien, die realere Versuchsumgebung nutzen oder versuchen diesen näher zu kommen. Dabei könnten sich crossmodale Korrespondenzen auch in der Beleuchtung von Musik-Veranstaltungen als praktikabel erweisen, denn zahlreiche dieser Laborstudien haben bereits gezeigt, dass Farben unsere Wahrnehmungen (Lo & Steemers, 2020; Vryzas et al., 2017) und sogar körperliche Reaktionen (Matveev et al., 2016) beeinflussen können. So könnte auch die gewählte Farbe der Konzert- oder Ambientebeleuchtung die Emotionen der Besucher*innen bewusst steuern (Moon et al., 2015), sodass sogar die Dramaturgie der Veranstaltung und auch die musikalischen Eigenschaften unterstützt oder in ihrer Wahrnehmung gelenkt werden. Auch die Atmosphäre eines Raumes kann zum Steuern der Stimmung beitragen (Fischer, 2009).

Einige Studien befassen sich hierzu bereits mit dem Einfluss der Farbe auf die auditive Wahrnehmung eines Raumes und auch auf die akustischen Eigenschaften (Boh, 2022; Chen & Cabrera, 2020). Für diese Studien wurden existierende Konzerthäuser in virtueller Realität nachgebildet, der eigentliche Versuch konnte dadurch dennoch im Labor durchgeführt werden. In diesen Studien wird zwar festgestellt, dass die Farbe des Veranstaltungsraumes durchaus einen Einfluss auf die empfundenen Klangcharakteristiken hat

(Boh, 2022), einen Einfluss der Farbe des Veranstaltungsraumes auf die empfundene Lautheit scheint es aber nicht zu geben (Chen & Cabrera, 2020).

Denkbar ist, dass – basierend auf Erkenntnissen über crossmodale Korrespondenzen zwischen auditiven und visuellen Stimuli und deren Verknüpfungen zu Emotionen – sogar automatisierte Lichtsteuerungen entwickelt werden könnten (Hsiao et al., 2017; Moon et al., 2015).

Ziel dieser Bachelorarbeit ist es demnach herauszufinden, ob auch die Farbe der Ambientebeleuchtung einen Einfluss auf die empfundenen Emotionen und akustischen Eigenschaften hat und ob sich die bereits bekannten crossmodalen Korrespondenzen zwischen Musikausschnitten und Farben auch in realen Versuchsumgebungen wiederfinden lassen. Ebenso soll geprüft werden, ob auch die Emotion der Musikausschnitte und die Emotion der Farben der Ambientebeleuchtung durch unterschiedliche Stimuli-Kombinationen verändert wahrgenommen wird.

2.1.4 Übertragung von visuellen Laborstimuli in reale Versuchsumgebungen

Während auditive Stimuli simpel statt auf Kopfhörern oder Studiomonitoren auf zum Beispiel der hausinternen Audio-Anlage einer Veranstaltungsstätte abgespielt werden können, lassen sich die visuellen Stimuli nicht simpel auf die Beleuchtung der Veranstaltungsstätte übertragen.

Da Farbmischungen bei LED-Scheinwerfern je nach Hersteller variieren können, lassen sich nicht immer alle Farben von jedem Scheinwerfer gleichermaßen darstellen (Hillig, 2014). Ebenso können Helligkeiten zwar durch Dimmer-Werte der Scheinwerfer beeinflusst werden, dadurch verändert sich allerdings nicht nur die Farbhelligkeit, sondern die grundsätzliche Helligkeit und somit Sichtbarkeit der Umgebung. Auch die Farbsättigung kann bei Scheinwerfern zwar mit Hilfe von professionellen Lichtsteuerpulten angepasst werden, allerdings geschieht dies auf Basis der Anpassung der Farbton-Werte. Ebenso kann physikalisch gesehen ein Lichtstrahl, und somit auch die Lichtstrahlen von Scheinwerfern, ausgenommen von weißem Licht (Hillig, 2014), keine achromatischen Farben wiedergeben. Dadurch lassen sich auch die achromatischen Farben Schwarz und Grau, die in manchen Studien mit einbezogen werden (Bhattacharya & Lindsen, 2016; Holm et al., 2009), nicht darstellen. Für das Induzieren von Schwarz müsste die Scheinwerfer-Helligkeit auf 0% gestellt werden, da sich Schwarz auch als die vollständige Abwesenheit des sichtbaren Lichts beschreiben lässt, was ebenfalls eine Veränderung der Helligkeit und somit Sichtbarkeit der Umgebung mit sich bringen würde. Dadurch lassen sich Studienversuche unter Laborbedingungen oder am Computerbildschirm nicht genau auf reale

veranstaltungsbezogene Versuchsaufbauten übertragen. Die wahrgenommene Farbsättigung und Farbhelligkeit werden in dem Fragebogen dieser Bachelorarbeit dennoch abgefragt, da die Wahrnehmung von Farbsättigung und Farbhelligkeit bereits durch den Farbton beeinflusst sein könnte (Greule, 2021).

In der empirischen Untersuchung dieser Bachelorarbeit werden die Farben des *RGB-Farbraumes* (siehe Abbildung 2) verwendet, da sich an Scheinwerfern oder auch mit Hilfe von Lichtsteuerpulten die Rot-, Grün- und Blau- Werte der Farben einstellen lassen (Hillig, 2014).

Farbe	R	G	B
Rot	255	0	0
Grün	0	255	0
Blau	0	0	255
Gelb	255	255	0
Cyan	0	255	255
Magenta	255	0	255
Weiß	255	255	255

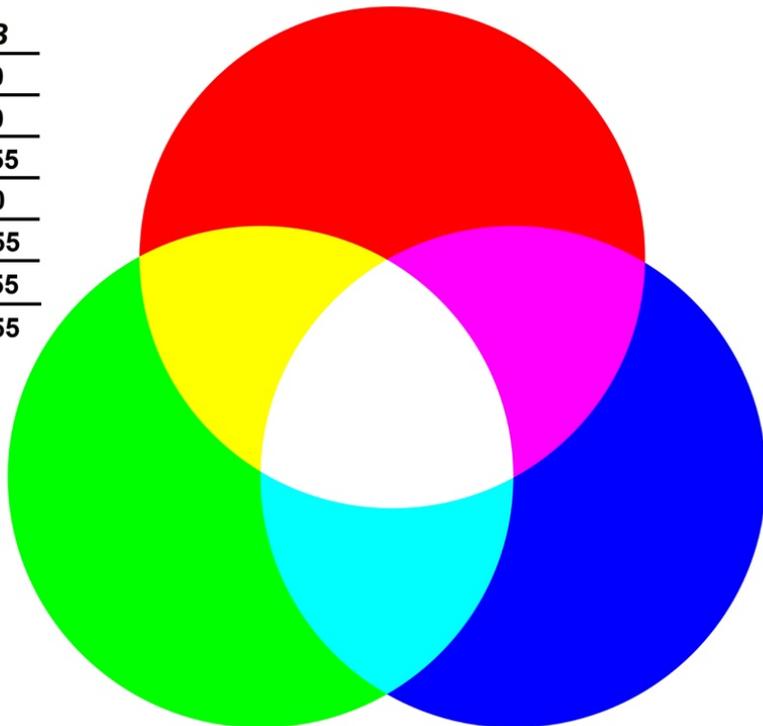


Abbildung 2: RGB-Farbraum und Farbwerte-Tabelle; eigene Darstellung basierend auf Greule (2021)

Der *RGB-Farbraum* basiert auf den Lichtfarben Rot (R), Grün (G) und Blau (B), welche additiv, durch die Überlagerung der einzelnen Lichtstrahlen der unterschiedlichen verbauten LED, auch die Möglichkeiten bietet, Farben wie Gelb, Cyan, Magenta oder Weiß durch Anpassen der RGB-Farbtton-Werte (siehe Abbildung 2) mischen zu können (Burger & Burge, 2015).

Das in einigen Studien verwendete Repräsentationsschema und die Anordnung der Farben auf einem Bildschirm (Palmer et al., 2013; Palmer & Schloss, 2010), werden von Lindborg und Friberg (2015) kritisiert, da es die Wahl der Antworten beeinflussen könnte. Aus diesem Grund wird bei der empirischen Untersuchung dieser Bachelorarbeit darauf geachtet, alle visuellen und auch auditiven Stimuli willkürlich zu präsentieren.

2.2 Fragestellung und Hypothesen

Zahlreiche Studien zu crossmodalen Korrespondenzen zeigen, dass Verknüpfungen zwischen Musik und Farben existieren. Häufig werden dabei Verknüpfungen aufgrund der durch die Musik und Farben wahrgenommenen Emotionen vermutet. Welche Emotion dabei wahrgenommen oder induziert wird, könnte dabei von den akustischen Eigenschaften aber auch anderen Faktoren wie zum Beispiel dem Musikgenre abhängen.

Der Fokus in der empirischen Untersuchung in dieser Bachelorarbeit liegt darauf, ob sich crossmodale Korrespondenzen auch außerhalb von Laborbedingungen feststellen lassen. Dabei werden unterschiedliche Hypothesen zur Farbe der Ambientebeleuchtung und akustischen Eigenschaften in realer Versuchsumgebung beziehungsweise einem realen Versuchsaufbau untersucht.

Dafür wird zunächst betrachtet, ob eine Übereinstimmung der ausgedrückten Emotionen der Farbe und der ausgedrückten Emotionen der Musik ein Zusammenpassen von Musik und Farbe der Ambientebeleuchtung einer Veranstaltungsstätte begünstigen (H1a, H1b).

- H1a: Je geringer die Differenz der Valenz einer Farbe und eines Musikausschnittes, desto besser werden Musik und Farbe als passend eingestuft.
- H1b: Je geringer die Differenz des Arousal einer Farbe und eines Musikausschnittes, desto besser werden Musik und Farbe als passend eingestuft.

Ferner wird untersucht, ob es einen Zusammenhang zwischen der Farbhelligkeit der Ambientebeleuchtung und den wahrgenommenen akustischen Eigenschaften sowie der wahrgenommenen Valenz des Musikstückes gibt (H2).

- H2: Je heller die Farbe der Ambientebeleuchtung wahrgenommen wird, desto brillanter, schärfer, lauter, heller und positiver wird die Musik wahrgenommen.

Inwiefern die Sättigung der Farbe der Ambientebeleuchtung mit der Wahrnehmung der Musik auch hinsichtlich der dimensionalen Emotion Arousal einhergeht, soll ebenso untersucht werden (H3).

- H3: Je gesättigter die Farbe der Ambientebeleuchtung wahrgenommen wird, desto wärmer, schneller und energischer/ aktiver wird die Musik wahrgenommen.

Aus den Hypothesen H2 und H3 könnte außerdem ersichtlich werden, ob die einzelnen Farbdimensionen (Farbhelligkeit und Farbsättigung), ohne verändert zu werden, unterschiedliche durch die durch Musik ausgedrückten Emotionen wahrgenommen und somit von den dimensionalen Emotionen Valenz und Arousal beeinflusst werden. Ebenso könn-

te ersichtlich werden, wie die unterschiedlichen Farbtöne in ihrem Helligkeitsempfinden voneinander abweichen.

Zuletzt soll betrachtet werden, ob durch eine Veränderung der Stimuli-Kombination von Musik und Farben eine Veränderung der wahrgenommenen Emotionen ersichtlich wird (H4).

- H4: Musik und Farben beeinflussen sich gegenseitig in den unterschiedlichen dimensional Emotionen Valenz und Arousal.

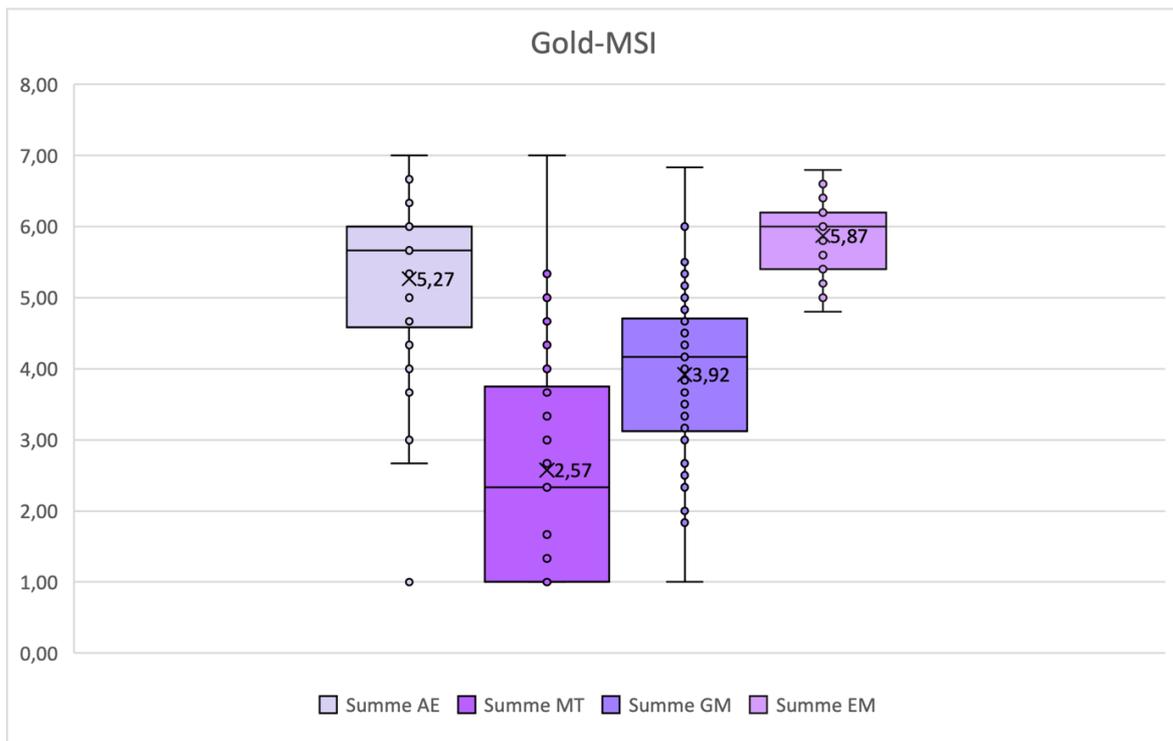
3 Methoden

3.1 Proband*innen

Über einen Messenger-Dienst wurden potenzielle Proband*innen eingeladen, sich online über ein Terminvergabeportal für die freiwillige, nicht entlohnte Teilnahme an dem Versuch anzumelden. Alle Proband*innen wurden im Vorfeld über die Dauer (von ca. 20 Minuten) sowie die behandelte Thematik des Versuches und die aktuellen Datenschutzbestimmungen aufgeklärt.

Insgesamt konnten 57 Proband*innen für den Versuch rekrutiert werden, von denen zwei Personen aufgrund ihres minderjährigen Alters nicht in die Wertung mit aufgenommen wurden. Eine Person wurde aufgrund einer Farbsehstörung oder Synästhesie im Vorfeld von dem Versuch ausgeschlossen. Die daraus resultierenden 54 Proband*innen (51,9% männlich, 44,4% weiblich und 2% divers) waren im Alter von 22 bis 73 Jahren (Durchschnittsalter: 31,5 Jahre, $SD = 11,3$) und zu 94,5% deutscher oder deutsch-europäischer Herkunft. 7,4% der Proband*innen gaben an, an einer Hörschwäche zu leiden.

Basierend auf den Angaben zum *Goldsmith Musical Sophisticated Index (Gold-MSI)*, der mit Hilfe einer sieben-stufigen Skala (Minimum: 1; Maximum: 7) als Selbstbewertungsinstrument zur Erfassung der musikalischen Expertise der Proband*innen dient (Müllensiefen et al., 2014), wurden die Kategorien „aktiver Umgang mit Musik“ (AE), „musikalische Ausbildung“ (MT), „Emotionen“ (EM) und die „allgemeine Musikerfahrenheit“ (GM) betrachtet (siehe Abbildung 3). Es zeigt sich, dass 85% der 54 Proband*innen einen erhöhten aktiven Umgang mit Musik (Durchschnitt 5,27; $SD = 1,2$) haben. 76% der Proband*innen sind gemäß der Auswertung kaum musikalisch ausgebildet (Durchschnitt 2,57; $SD = 1,6$). Die allgemeine Musikerfahrung ist mit einem Durchschnitt von 3,92 ($SD = 1,2$) zu keinem Extrem hin ausgeprägt. Vor allem die Kategorie „Emotionen“ befindet sich bei 100% der Proband*innen im erhöhten Bereich (Durchschnitt: 5,87; $SD = 0,48$).

Abbildung 3: Summenvariablen zum *Gold-MSI*

3.2 Design der Untersuchung

Nach dem Beantworten eines Fragenkataloges zu demografischen Variablen (Alter, Herkunft, Geschlecht) und auch Variablen des *Gold-MSI*, ließen die Proband*innen jeweils acht aus insgesamt 24 möglichen Stimuli-Szenen auf sich wirken. Jede Stimuli-Szene beinhaltete dabei eine Kombination aus einer von sechs möglichen Farben der statischen Ambientebeleuchtung (visueller Stimulus) und einem von vier möglichen, einer Emotion zugeordneten, Musikausschnitten (auditiver Stimulus), die randomisiert und zufällig für die Proband*innen ausgewählt wurden. Eine genauere Betrachtung der einzelnen Stimuli und Kombinationsmöglichkeiten sowie der technischen Umsetzung erfolgt in Kapitel 3.3. Parallel zur Wirkung der einzelnen Stimuli-Szenen, wurde jeweils ein weiterer Fragenkatalog mit 21 Fragen zu folgenden Attributen beantwortet:

1. Zusammenpassen von Musik und Farbton (1) sowie Musik und Farbhelligkeit (2)
2. Beeinflussung des Eindrucks einer Stimuli-Szene durch den Nebel (3)
3. Akustische Eigenschaften: Tempo (4), Lautstärke (5), wahrgenommene Wärme der Musik (6), wahrgenommene Helligkeit der Musik (7), Schärfe (8), Brillanz (9)
4. Emotionen der Musik: Valenz diskret (10), Arousal diskret (11), Arousal dimensional (12), Valenz dimensional (13)
5. Eigenschaften der Farben: Farbhelligkeit (14), Farbsättigung (15), wahrgenommene Wärme der Farbe (16)

6. Emotionen der Farbe: Valenz diskret (17), Arousal diskret (18), Arousal dimensional (19), Valenz dimensional (20)
7. Bekanntheit des auditiven Stimulus (21)

Fast alle Fragen wurden, teilweise bipolar, mit einer siebenstufigen Skala dargestellt, lediglich die Frage nach der Bekanntheit des auditiven Stimulus war eine Entscheidungsfrage mit den Antwortmöglichkeiten „Ja“ und „Nein“. Der vollständige, detaillierte Fragenkatalog befindet sich in Anhang 1.

Insgesamt wurden pro Proband*in acht Durchläufe durchgeführt, um acht der 24 Stimuli-Szenen bewerten zu können.

3.3 Material und technische Umsetzung

3.3.1 Visuelle Stimuli

Da die visuellen Stimuli häufig auf einem Computerbildschirm oder im Labor präsentiert werden, wurden in diesem Versuch die Stimuli realitätsnah in der Veranstaltungsstätte *Rotunde* in Bochum, Deutschland präsentiert.

Als visuelle Stimuli wurden sechs verschiedenfarbige Beleuchtungsszenen genutzt, die die Versuchsumgebung ambient beleuchteten (siehe Abbildung 4). Die Helligkeit der Scheinwerfer und ebenso die Sättigung blieben während der jeweiligen Stimuli-Szenen konstant auf 100%. Zur Farbtoneinstellung wurden die Scheinwerfer über ihre Rot- (R), Grün- (G), und Blaukanäle (B) innerhalb des *RGB-Farbraumes* mit Hilfe des Lichtsteuerpultes *grandMA 2 (Version 3.9.60.63)* der Firma *MA Lighting per DMX* angesteuert. Dabei wurden die Basisfarben Rot, Grün und Blau, sowie die Mischfarben Amber, Cyan und Magenta produziert (siehe Tabelle 1) und je Farbe in der *grandMA 2* Software eine Beleuchtungsszene, beziehungsweise sogenannte *Sequenz*, erstellt. Für einen Probedurchlauf, den alle Proband*innen durchführen mussten, wurde eine neutrale, weiße Lichtszene gewählt. Als Standardszene zwischen den einzelnen Durchläufen wurde eine weitere weiße Lichtszene programmiert, wobei hierfür zur besseren Unterscheidung teilweise andere Scheinwerfertypen verwendet wurden (siehe Anhang 2).



Abbildung 4: Visuelle Stimuli des Versuches dieser Bachelorarbeit – statische verschieden farbige Beleuchtungsszenen (C1-C6)

Da nicht alle in diesem Versuch eingesetzten Scheinwerfer vom gleichen Hersteller sind, mussten für manche Scheinwerfer die RGB-Werte angepasst werden, um ein einheitliches Farbbild zu erlangen. Um einen abrupten Farbwechsel zu verhindern, wurde mit Hilfe des Lichtsteuerpultes eine Einblendung von insgesamt 2,5 Sekunden für jeden Szenen- beziehungsweise Lichtwechsel programmiert. Für eine detaillierte Auflistung der genutzten Scheinwerfer, sowie Scheinwerfer-Positionen siehe Anhang 3.

Farbton	R	G	B
Rot (C1)	255	0	0
Amber (C2)	255	191	0
Grün (C3)	0	255	0
Cyan (C4)	0	255	255
Blau (C5)	0	0	255
Magenta (C6)	255	0	255
Weiß	255	255	255

Tabelle 1: Standardisiert RGB-Farbwerte der in diesem Versuch angewendeten Farbtöne

Aufgrund der Tatsache, dass sich je Proband*in die auditiven oder die visuellen Stimuli wiederholen konnten, wurde zwischen den einzelnen Stimuli-Szenen automatisiert eine neutrale Lichtszene mit weißem Licht abgespielt, um das Ende einer Stimuli-Szene deutlich hervorzuheben sowie ein Beeinflussen der zuvor gezeigten Farbe auf die wechselnde Szene zu verhindern.

Bei den meisten Musik-Veranstaltungen wird als Effekt, vor allem aber zur besseren Sichtbarkeit der Lichtstrahlen, Nebel eingesetzt. Um die Versuchsumgebung entsprechend möglichst realitätsnah zu gestalten, aber auch einheitlich und möglichst flächendeckend zu beleuchten, wurde in diesem Versuch ein mit Nebelfluid arbeitender Dunstzeuger des Modells *Tour Hazer II* der Firma *Smoke Factory* eingesetzt, der durchgehend in manuellem Betrieb auf eine erzeugte Nebelmenge (Pumpenwert P) von 30% und einer Lüfterdrehzahl (Lüfterwert F) von 55%, den Raum gleichermaßen in eine Art Nebel tauchte.

3.3.2 Auditive Stimuli

Als auditive Stimuli wurden auf der Musikplattform www.epidemicsound.com vier verschiedene lizenzfreie Musikstücke aus dem Musikgenre *Alternative* ausgewählt (siehe Anhang 4), die durch die Musikplattform einer diskreten Emotion zugeordnet sind und die im Versuch abgefragten dimensional Emotionen Valenz ($V-/ V+$) und Arousal ($A+/ A-$) des *Russell Circumplex Modells* widerspiegeln können. Die vier Musikstücke (S1- S4) sind den Emotionen „Wütend“/ „Exzentrisch“ ($V-A+$; S1) „Fröhlich“ ($V+A+$; S2), „Traurig“/ „Verträumt“ ($V-A-$; S3) und „Hoffnungsvoll“ ($V+A-$; S4) zugeordnet, wodurch die bipolaren Ausschläge der beiden Dimensionen vertreten werden konnten. Es wurden Musikausschnitte ohne Gesang ausgewählt, um eine Herbeiführung crossmodaler Korrespondenzen mit semantischer Ursache ausschließen zu können.

Das Musikgenre *Alternative* wurde ausgewählt, da dies vom musikalischen Stil, den im Programm der Veranstaltungsstätte stattfindenden Konzerte am nächsten kommt und somit realitäts- und praxisnäher präsentiert werden konnte als andere Musikgenres.

Da die vier Musikstücke unterschiedliche Längen haben, der Eindruck durch die gespielte Stimuli-Szene aber nicht durch eine unterschiedliche Stimuli-Dauer beeinflusst werden sollte, wurden in *Figure 53 QLab V5.1.1* die Musikstücke auf eine Länge von 1:30 Minuten zugeschnitten und mit einer kurzen Ein- und Ausblendung versehen, sodass es zu keinem abrupten Starten oder Stoppen der auditiven Stimuli kam. Ebenso konnte so den Proband*innen ein grober Bearbeitungszeitraum vorgegeben werden, durch den die Proband*innen möglichst intuitiv den Fragenkatalog beantworten konnten. *QLab* wurde außerdem eingesetzt, um über sogenannte programmierte *Cues* die einzelnen Musikausschnitte zu starten. Eine detaillierte Beschreibung der technischen Umsetzung befindet sich in Kapitel 3.3.3.

Die Musikausschnitte wurden über vier, in den Raumecken hängenden, Mittel-Hochton-Lautsprecher des Modells *Arcs Focus* der Firma *L-Acoustics* sowie vier *Subwoofer* des Modells *SB18* der Firma *L-Acoustics* wiedergegeben und über das Tonmischpult *Sound-*

craft UI24R auf eine im Raum gemessene Lautstärke von im Mittel 80 dB(A) eingepegelt. Die genauen Hänge- und Standpunkte der Lautsprecher sind Anhang 2 und Anhang 3 zu entnehmen.

3.3.3 Technische Umsetzung

Einige Komponenten mussten bei dem Versuchsaufbau und der technischen Umsetzung beachtet werden, damit die Veranstaltungsumgebung möglichst realitätsnah präsentiert werden kann und sich die Proband*innen möglichst intuitiv einen Eindruck über die gespielte machen können. Dementsprechend waren eine Randomisierung sowie eine zufällige Wiedergabe der gezeigten Stimuli-Szenen notwendig. Die Proband*innen sollten dabei die Stimuli-Szenen selbstständig starten können, um Versuchserklärungen sowie Fragen vollständig betrachten und beantworten zu können. Ebenfalls sollte ein realitätsferner Aufbau mit zum Beispiel Tisch und Computer vermieden werden, sodass die Steuerung aber auch die Beantwortung der Fragen kabellos von einem Endgerät erfolgen konnte.

Die Proband*innen wurden mit Hilfe eines Tablets des Herstellers *Apple* mit einer Bildschirmdiagonale von 12,9“ durch den Versuch geführt. Hierfür wurde mit Hilfe des Weboberflächen basierten Umfragetools *Unipark* von *Tivian* ein Umfrageprojekt erstellt, über das randomisiert acht aus 24 möglichen Stimuli-Szenen in Form von Fragebogenseiten ausgewählt wurden. Die Proband*innen wurden durch das Umfragetool mit Anweisungs- und Fragebogenseiten, Schritt für Schritt durch einen Probedurchlauf sowie die acht Hauptdurchläufe des Versuches geleitet. Um eine Fehlbedienung zu vermeiden, wurde auf dem Tablet ein geführter Modus eingestellt, der das Verlassen der Weboberfläche von *Unipark* verhindern konnte. Aufgrund des zu großen Seitenformates des Umfrageprojektes beziehungsweise der einzelnen Fragebogenseiten war im Vorfeld darauf verzichtet worden, die Umfrage auf den privaten Smartphones der Proband*innen durchzuführen.

Die Ansteuerung der Stimuli-Szenen erfolgten ebenfalls über das Umfragetool. Hierfür wurden die Proband*innen auf den einzelnen, zu den Stimuli-Szenen angelegten, Fragebogenseiten aufgefordert, durch Drücken eines „Play“-Buttons die Stimuli-Szene zu starten beziehungsweise wiederzugeben. Durch einen, im Hintergrund des „Play“-Textfeldes implementierten, *HTTP-Request* an einen, mithilfe der Software *Bitfocus Companion Version 2.4.2* in einer *HTML-Seite* emulierten, *Trigger-Button* konnte die Ansteuerung der auditiven und visuellen Stimuli erfolgen. Entsprechend der Anzahl der Stimuli-Szenen wurden 24 *Trigger-Buttons* mit *OSC* beziehungsweise *Telnet* Kommandos zur Ansteuerung der *Cues* in *QLab* beziehungsweise der Ansteuerung der *Sequenzen* im Lichtsteuerpult *grandMA 2* angelegt. *Companion* und *QLab* wurden auf einem separaten Computer ausgelagert, sodass das von den Proband*innen verwendete Tablet lediglich für die *Unipark*

Oberfläche zur Verfügung stand. Alle verwendeten Geräte mussten sich im gleichen Netzwerk befinden. Ebenfalls wurde in *Companion* eine Abstimmung über das gleichzeitige Starten der Stimuli-Szenen mit Hilfe einer Verzögerung vorgenommen. Eine schematische Darstellung ist in Abbildung 5 zu betrachten.

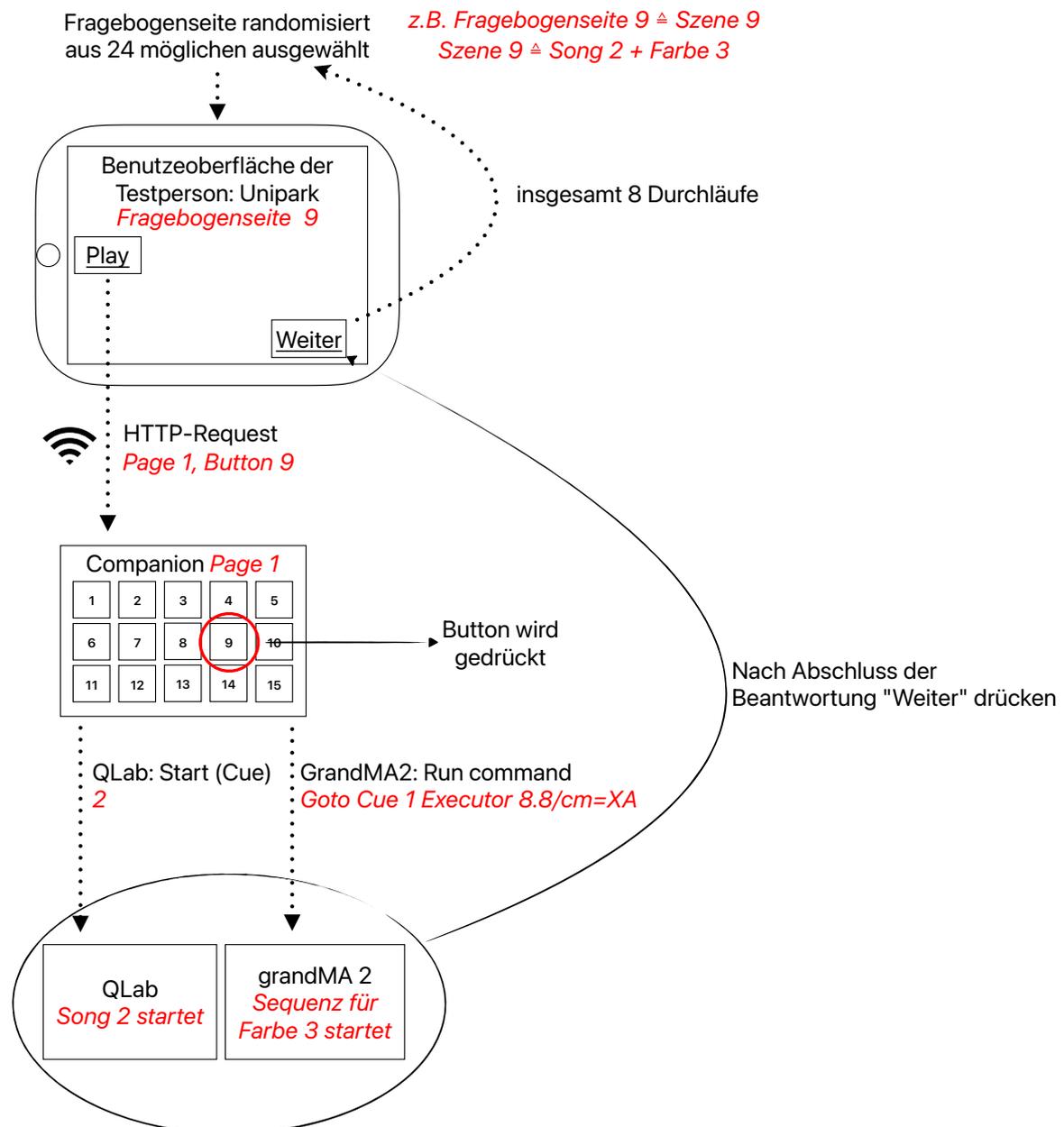


Abbildung 5: Schematische Darstellung der Stimuli-Ansteuerung; eigene Darstellung

Eine detaillierte Erläuterung des zu implementierenden Quellcodes in den einzelnen Textfeldern der jeweiligen Fragebogenseiten zu den Stimuli-Szenen ist Anhang 4 zu entnehmen.

Durch vier auditive und sechs visuelle Stimuli ließen sich insgesamt 24 unterschiedliche Stimuli-Szenen generieren (siehe Tabelle 2). Dadurch wurden insgesamt 24 Fragebogen-seiten mit den jeweils gleichen Fragen und dem gleichen Aufbau erstellt, über die die Ansteuerung der jeweiligen 24 Stimuli-Szenen möglich war.

	Rot (C1)	Amber (C2)	Grün (C3)	Cyan (C4)	Blau (C5)	Magenta (C6)
Song 1 (S1) V-A+	S1C1	S1C2	S1C3	S1C4	S1C5	S1C6
Song 2 (S2) V+A+	S2C1	S2C2	S2C3	S2C4	S2C5	S2C6
Song 3 (S3) V-A-	S3C1	S3C2	S3C3	S3C4	S3C5	S3C6
Song 4 (S4) V+A-	S4C1	S4C2	S4C3	S2C4	S4C5	S4C6

Tabelle 2: Mögliche Kombinationen für Stimuli-Szenen

Der Dunsterzeuger *Tour Hazer II* der Firma *Smoke Factory* wurde in manuellem Betrieb (P: 30%, F: 55%) verwendet, um die Versuchsumgebung möglichst flächendeckend und realitätsnah zu beleuchten. Um weitere beeinflussende Lichtquellen, wie zum Beispiel den Bildschirm des Lichtsteuerpultes, auszuschließen, aber auch um zu gewährleisten, dass wartende Proband*innen unvoreingenommen in den Versuch gehen, wurde der Zugang des Versuchsraumes zusätzlich mit einem Bühnenvorhang (300 g/ m²) abgehängt, wodurch möglichst wenig Schall, aber auch möglichst wenig Licht nach außen durchdringen und parallel weitere Lichtquellen von außen nicht in den Versuchsraum strahlen konnten.

3.4 Versuchsablauf

Die Proband*innen wurden zu Beginn über den Aufbau sowie die Dauer des Versuches von ungefähr 20 Minuten in Kenntnis gesetzt und beantworteten anschließend, außerhalb der eigentlichen Versuchsumgebung, im Foyer der Veranstaltungsstätte, auf einem Tablet einen ersten Fragebogen-Teil mit demographischen Fragen sowie Fragen des *Gold-MSI*. Anschließend wurden die Proband*innen einzeln in den Versuchsraum, den Hauptveranstaltungsraum der Veranstaltungsstätte, geführt. Die Proband*innen wurden von da an mit Hilfe des Tablets durch den Versuch geleitet. Zunächst wurde ihnen eine Erläuterung so-

wie Anweisung zu dem Versuch in Form eines Textes auf dem Tablet präsentiert. Mit Drücken eines „Weiter“ Buttons konnten die Proband*innen nach vollständigem Lesen des Textes auf die nächsten Fragebogenseiten des Umfragetools gehen.

Nach der Versuchserläuterung wurde zunächst ein Probedurchlauf über den Button „Play“ gestartet, bei dem der Ablauf des Versuches deutlich werden sollte, aber auch aufkommende Fragen geklärt werden konnten. Der Aufbau der Probe-Fragebogenseite sowie der Ablauf des Probedurchlaufes waren mit dem Aufbau der Haupt-Fragebogenseite und dem Ablauf der Hauptdurchläufe identisch. Der einzige Unterschied bestand in der zusätzlich eingefügten Frage, ob die Proband*innen den Ablauf verstanden haben. Dadurch sollte bei der Versuchsauswertung eine nicht korrekte Durchführung ausgeschlossen werden können. Wurden der Aufbau des Versuches und die einzelnen Fragen des Probedurchlaufes verstanden, konnten die Proband*innen in die acht Hauptdurchläufe des Versuches starten.

Während im Probedurchlauf immer dieselbe Stimuli-Kombination präsentiert wurde, bestehend aus einem 1:30 Minute langen Musikausschnitt und einer weißen, neutralen Beleuchtungsszene, wurden die 24 möglichen Stimuli-Szenen, die bereits in Kapitel 3.3.3 tabellarisch aufgelistet sind (Tabelle 2), in den acht Hauptdurchläufen durch das Umfrage-tool randomisiert ausgewählt.

Die acht Hauptdurchläufe bestanden jeweils aus einer Fragebogenseite, über die die Stimuli-Szene gestartet werden konnte, sowie den in Kapitel 3.2 erläuterten Fragen. Die Beantwortung erfolgte parallel zur Betrachtung der Stimuli-Szene, damit die Antworten möglichst intuitiv gegeben werden konnten. Die Proband*innen konnten dazu auf einem mittig der Licht- und Schallquellen platzierten Stuhl Platz nehmen.

Pro Durchlauf wurde eine Stimuli-Szene mit einer Länge von 1:30 Minuten präsentiert. Um das Ende einer Stimuli-Szene deutlich zu machen, wurde die Musik ausgeblendet und das Licht in eine weiße, neutrale Beleuchtungsszene verändert, die sich zusätzlich durch den Einsatz anderer Scheinwerfer von den präsentierten Stimuli-Szenen abgesetzt hat. Die Proband*innen wurden zu Beginn des Versuches über diese Veränderungen in Kenntnis gesetzt und waren dazu aufgefordert, die nächste Stimuli-Szene erst zu starten, wenn die davor präsentierte Stimuli-Szene beendet wurde.

Sobald nach acht Durchläufen alle Fragen beantwortet waren, wurden die Proband*innen über ein Textfeld auf dem Tablet darauf hingewiesen sich zurück in das Foyer der Veranstaltungsstätte zu begeben. Die Versuchsdurchführung war nun abgeschlossen.

3.5 Statistische Auswertung

Um die in Kapitel 2.2 beschriebenen Fragestellung und Hypothesen zu überprüfen, wurden zunächst alle in Unipark generierten Daten sortiert und zusammengefasst, um sie anschließend statistisch auswerten zu können.

Da es während der Versuchsdurchführung aufgrund von den Proband*innen angemerkten versehentlicher falschen Aussagen beziehungsweise falscher Versuchsdurchführung zu drei Fehlversuchen gekommen ist, wurden die entsprechenden Proband*innen-IDs aussortiert, um eine Verfälschung der Versuchsergebnisse zu vermeiden. Ebenso sind die Versuchsdurchläufe von zwei Personen aufgrund ihres minderjährigen Alters, sowie von einer Person aufgrund einer Farbsehstörung oder Synästhesie von der Versuchsauswertung ausgeschlossen worden.

Eine Auswertungstabelle wurde nach Proband*innen-ID, Farbton (C1- C6; siehe Tabelle 2) und Nummer des Musikausschnittes (S1- S4; siehe Tabelle 2) sortiert. Da nicht allen Proband*innen alle möglichen Stimuli-Szenen präsentiert wurden, wurden pro Proband*innen-ID für die Fragenkataloge der nicht präsentierten Stimuli-Szenen sogenannte „Missing Values“ automatisiert durch Unipark eingefügt. Diese wurden zur besseren Übersichtlichkeit, aber auch weil sie für die Auswertung nicht notwendige Variablen darstellen, aussortiert. Für die Überprüfung der Hypothesen nicht benötigte, durch Unipark automatisiert abgespeicherte, Daten wurden ebenfalls in der Auswertungstabelle aussortiert, wie zum Beispiel die Dauer der Bearbeitung, die Session-ID oder das Datum. Da sich die einzelnen Stimuli pro Proband*in wiederholen konnten, allerdings für jede Stimuli-Szene gefragt wurde, ob der gespielte Musikausschnitt bereits vor der Studie bekannt war, wurde mit Hilfe der Seiten-Historie in Unipark die Plausibilität und Korrektheit der Antwort überprüft und gegebenenfalls eine Korrektur der Spalte durchgeführt.

Für alle Proband*innen wurden die Antwortzellen der verneinten *Gold-MSI* Fragen entsprechend ihrer „True“ und „False“ Werte angepasst. Hierbei wird die Skalierung der Antwortskala (mögliches Minimum: 1, mögliches Maximum: 7) umgekehrt, sodass der höchste angegebene Wert der niedrigsten Wertung entspricht und der niedrigste angegebene Wert der höchsten Wertung. Anschließend wurden zu jeder Proband*innen-ID eine Summenvariable zu den in diesem Versuch abgefragten *Gold-MSI* Kategorien „aktiver Umgang mit Musik“ (AE), „musikalische Ausbildung“ (MT), „Emotionen“ (EM) und „allgemeine Erfahrungheit“ (GM) angelegt.

Für alle demografischen Fragen sowie den Fragen zum *Gold-MSI* wurden die Mittelwerte, Standardabweichungen, Minima und Maxima sowie Häufigkeiten und Häufigkeiten in Prozent berechnet.

Für die in diesem Versuch abgefragten Emotionen „negativ – positiv“ (dimensional) und „traurig – fröhlich“ (diskret) zur Valenz sowie „passiv – aktiv“ (dimensional) und „ruhig – energisch“ (diskret) zum Arousal wurden sowohl für die Musikausschnitte als auch für die Farben zur Auswertung je eine Summenvariable zur Valenz der Musik (Musik-Valenz) und eine Summenvariable zur Valenz der Farbe (Farb-Valenz) sowie eine Summenvariable zum Arousal der Musik (Musik-Arousal) und eine Summenvariable zum Arousal der Farbe (Farb-Arousal) zu den einzelnen Proband*innen-IDs erstellt.

$$\text{MusikValenz} = \text{diskrete Valenz}_{\text{Musik (Frage 10)}} + \text{dimensionale Valenz}_{\text{Musik (Frage 13)}}$$

$$\text{FarbValenz} = \text{diskrete Valenz}_{\text{Farbe (Frage 17)}} + \text{dimensionale Valenz}_{\text{Farbe (Frage 20)}}$$

$$\text{MusikArousal} = \text{diskretes Arousal}_{\text{Musik (Frage 11)}} + \text{dimensionales Arousal}_{\text{Musik (Frage 12)}}$$

$$\text{FarbArousal} = \text{diskretes Arousal}_{\text{Musik (Frage 18)}} + \text{dimensionales Arousal}_{\text{Musik (Frage 19)}}$$

Ebenso wurde zu den gebildeten Summenvariablen der Betrag der Differenz zwischen Musik-Valenz und Farb-Valenz sowie der Betrag der Differenz zwischen Musik-Arousal und Farb-Arousal erstellt, um feststellen zu können, inwiefern sich die dimensionalen Emotionen der Musik zu den dimensionalen Emotionen der Farben unterscheiden und somit die Hypothesen H1a und H1b überprüfen zu können.

$$\text{Differenz}_{\text{Valenz}} = |\text{MusikValenz} - \text{FarbValenz}|$$

$$\text{Differenz}_{\text{Arousal}} = |\text{MusikArousal} - \text{FarbArousal}|$$

Da äußere nicht betrachtete Einflüsse die Aussagen der Proband*innen zu einzelnen Stimuli-Szenen beeinflussen konnten, wurde zur Überprüfung der Hypothesen H1- H4 sowie zur Feststellung von gegebenenfalls weiteren Korrelationen ein linear gemischtes Modell angewendet. Die Proband*innen-IDs wurde dementsprechend als Beobachtungseinheit, das *Subjekt*, eingestuft und als zufälliger Effekt in das Modell aufgenommen, werden aber im Verlauf der Auswertung nicht weiter betrachtet. Als abhängige Variablen wurden, entsprechend den Hypothesen, die einzelnen in dem Fragebogen abgefragten Emotionen und Eigenschaften der Musik sowie der Farben, aber auch das Zusammenpassen von Musik und der Farbe sowie der Farbhelligkeit, und die erstellten Summen- und Differenzvariablen eingesetzt. Als fester Effekt wurden, ebenfalls entsprechend der Hypothesen,

die Differenzvariable zur Valenz (für H1a) und die Differenzvariable zum Arousal (für H1b) sowie die Farbeigenschaften (für H2 und H3) verwendet. Für Hypothese 4 wurden zusätzlich die geschätzten Randmittel und paarweisen Vergleiche zu den Summenvariablen von Valenz und Arousal, auch hinsichtlich Abweichungen bezogen auf die einzelnen Kombinationen der Musikausschnitte und Farben, betrachtet.

Für die Auswertung des linear gemischten Modells werden die Signifikanz (p), der Bestimmtheitskoeffizient Pseudo-R-Quadrat-Maß (R^2_m) sowie die Werte des Schätzers (b) betrachtet.

4 Ergebnisse

4.1 Deskriptive Statistiken

Um sicher zu gehen, dass der Versuch durch die Proband*innen korrekt durchgeführt wurde und mögliche Unklarheiten bezüglich der im Versuch gestellten Fragen und genutzten Begrifflichkeiten im Vorhinein noch klären zu können, erfolgte zum Ende des Probendurchlaufes die Abfrage, ob die Proband*innen alles verstanden haben. 100% der Proband*innen gaben an, keine Unklarheiten bezüglich des Versuches zu haben.

Um in diesem Versuch eine möglichst flächendeckende Beleuchtung der Versuchsumgebung, die von 90,7% der Proband*innen laut Angaben im Fragenkatalog schon einmal besucht wurde, zu erlangen, wurde ein Dunsterzeuger eingesetzt. Ob der gleichmäßig im Raum verteilte Dunst dabei einen Einfluss auf den Eindruck der gespielten Stimuli-Szene hat, kann bei einem Mittelwert von 4,47 (SD = 1,5) nicht deutlich herausgestellt werden.

Zur Frage nach dem Besuch von Live-Veranstaltungen, gaben 31,5% der Proband*innen an, in den vergangenen 12 Monaten 11 oder mehr Live-Veranstaltungen besucht zu haben (siehe Abbildung 6). Lediglich 5,6% der Proband*innen haben an keinerlei Live-Veranstaltungen in den vergangenen 12 Monaten teilgenommen.

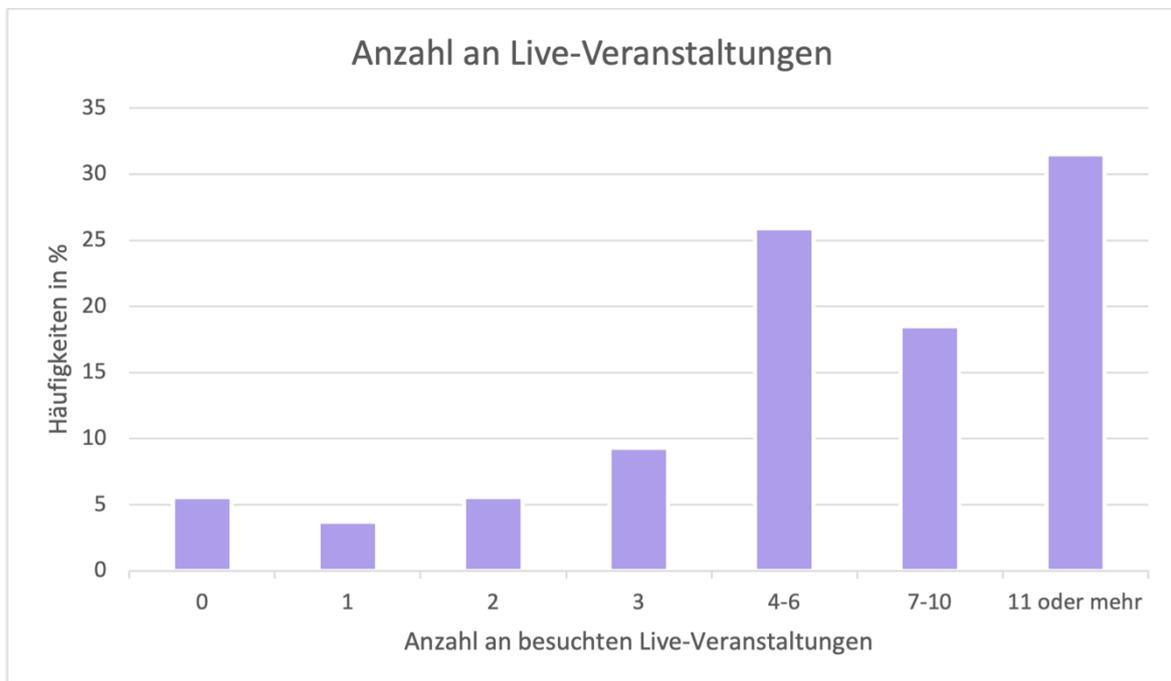


Abbildung 6: Häufigkeiten der besuchten Live-Veranstaltungen der Proband*innen (in %)

Da den Proband*innen nur je acht aus 24 der möglichen Stimuli-Szenen vorgespielt wurden, konnten nach der Teilnahme von 54 wertbaren Proband*innen (432 Fälle) in Summe nicht alle Stimuli gleich häufig präsentiert werden. Bei der Häufigkeit der gezeigten Farben

der Ambientebeleuchtung kommt es bei den insgesamt 432 gezeigten Fällen jedoch lediglich zu einer Abweichung von maximal 4,2 % (siehe Abbildung 7). Hierbei wurde die Farbe Magenta mit 14,8 % (entspricht 64 Fällen) am wenigsten präsentiert und die Farbe Blau mit 19% (entspricht 82 Fällen) am häufigsten.

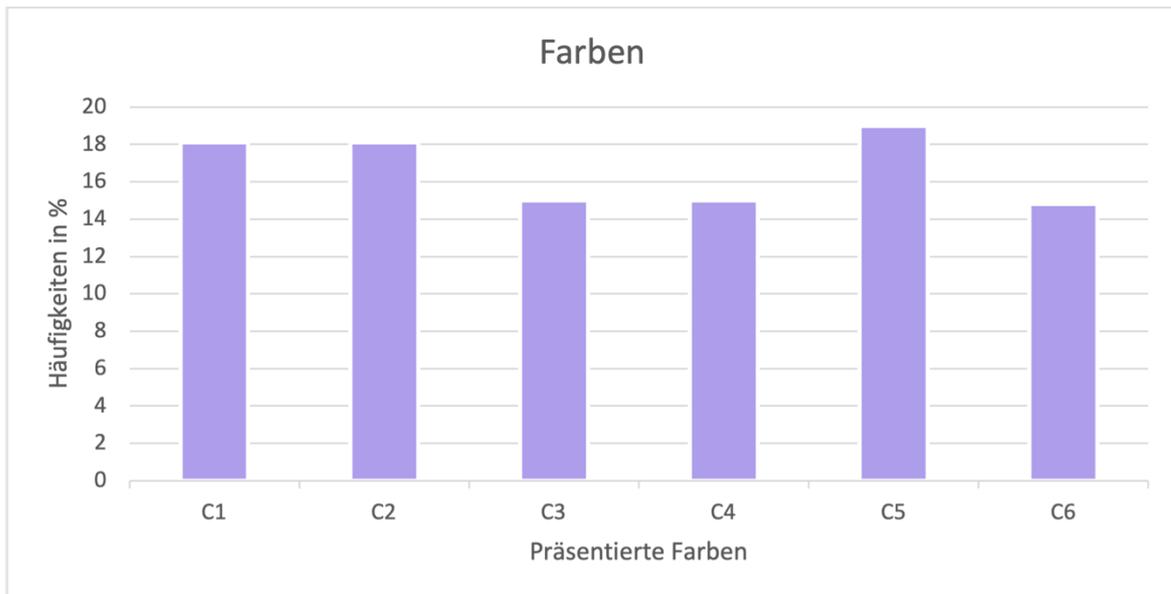


Abbildung 7: Häufigkeiten der einzelnen präsentierten Farben (in %)

Bei der Häufigkeit der präsentierten Musikausschnitte lässt sich eine maximale Abweichung von 5,5 % feststellen (siehe Abbildung 8). Der Musikausschnitt S3 im dimensionalen Emotionsbereich V-A- wurde mit 122 Fällen (28,2%) am häufigsten, der Musikausschnitt S4 im dimensionalen Emotionsbereich V+A- mit 98 Fällen (22,7 %) am wenigsten präsentiert. Dabei gaben nach Überprüfung der Plausibilität die Proband*innen in 94,4 % der Fälle an, den Musikausschnitt der gespielten Stimuli-Szene vor dieser Studie noch nicht gehört zu haben. In 2,8 % der Fälle waren den Proband*innen die Musikausschnitte der gezeigten Stimuli-Szene bekannt. In weiteren 2,8 % der Fälle wurden keine Angabe zu der Bekanntheit der Musikausschnitte gemacht. Aufgrund der niedrigen Anzahl an Proband*innen, denen die Musikausschnitte laut Angabe im Fragenkatalog bekannt war, wird in der weiteren Auswertung das Verknüpfen von Erinnerungen auf explizit diese, im Versuch genutzten, Musikausschnitte ausgeschlossen.

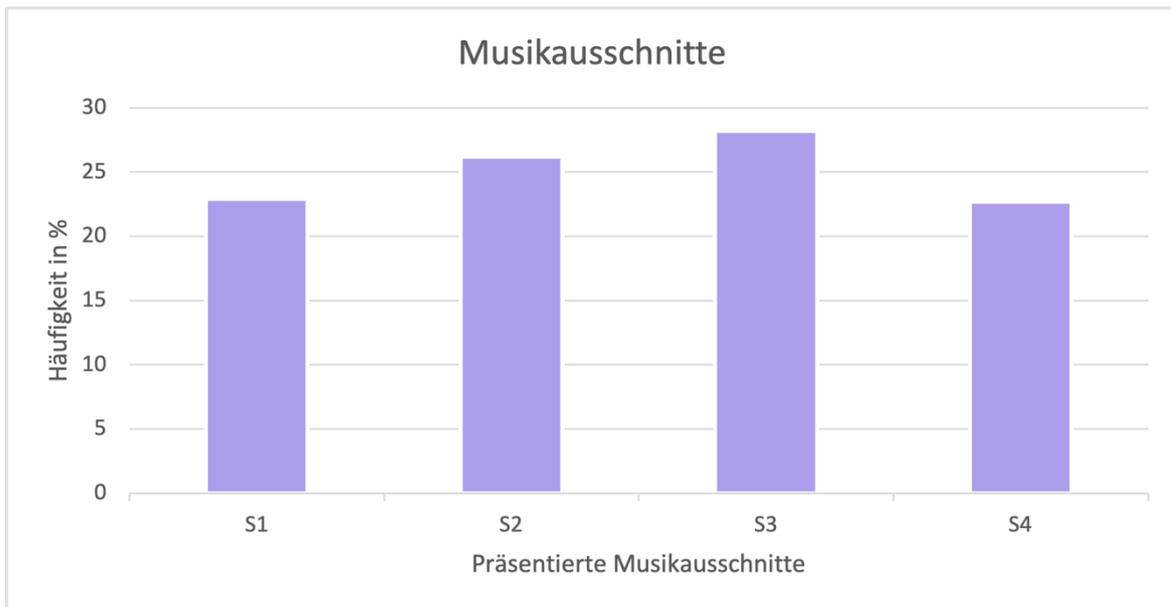


Abbildung 8: Häufigkeiten der präsentierten Musikausschnitte (in %)

4.2 Hypothesenprüfungen

4.2.1 Hypothesen H1a und H1b

Für Hypothese 1 wird geprüft, inwiefern das Zusammenpassen von Musik und Farbe der Ambientebeleuchtung eines Veranstaltungsortes sowohl von der Differenz zwischen Musik-Valenz und Farb-Valenz (H1a) als auch von der Differenz zwischen Musik-Arousal und Farb-Arousal (H1b) abhängig ist.

Mit einer hohen statistischen Signifikanz ($p = < 0,001$) und einem Bestimmtheitskoeffizienten von $R^2_m = 0,104$ lässt sich mit Hilfe des negativen Schätzers ($b = - 0,293$) feststellen, dass mit geringerer Differenz von Musik-Valenz zu Farb-Valenz, die Stimuli-Szene als passender eingestuft wurde. Ähnliche Ergebnisse lassen sich für eine geringere Differenz zwischen Musik-Arousal und Farb-Arousal in Bezug auf das Zusammenpassen der Stimuli-Szene feststellen (siehe Tabelle 3).

Abh. Variable	p	b	R^2_m
Differenz Valenz	< 0,001	- 0,293	0,104
Differenz Arousal	< 0,001	- 0,219	0,100

Tabelle 3: Ergebnisse zur Untersuchung des Zusammenpassens von Musikausschnitt und Farbe in Abhängigkeit von der Differenz zwischen Musik-Valenz und Farb-Valenz und der Differenz zwischen Musik-Arousal und Farb-Arousal

4.2.2 Hypothese H2

Für Hypothese 2 (H2) wird geprüft, ob Zusammenhänge zwischen der wahrgenommenen Farbhelligkeit und den wahrgenommenen akustischen Eigenschaften (Brillanz, Schärfe, Lautheit) sowie der wahrgenommenen Helligkeit des Musikausschnittes und der Musik-Valenz beziehungsweise den abgefragten Emotionen „negativ – positiv“ bestehen.

Ein hoher statistisch signifikanter Zusammenhang kann zwischen allen akustischen Eigenschaften (Brillanz, Schärfe, Lautheit) festgestellt werden. Es ist zu erkennen, dass mit einem Anstieg der wahrgenommenen Farbhelligkeit, ein Musikausschnitt sowohl brillanter ($R^2_m = 0,025$; $b = 0,121$; $p = < 0,001$) als auch schärfer ($R^2_m = 0,044$; $b = 0,172$; $p = < 0,001$) wahrgenommen wurde. Die akustische Eigenschaft Lautheit ist ebenfalls mit $p = 0,003$ ($R^2_m = 0,016$; $b = 0,102$) als hoch signifikant anzusehen (siehe Tabelle 4), so dass festgestellt werden kann, dass mit erhöhter wahrgenommener Farbhelligkeit die Lautheit ebenfalls erhöht wahrgenommen wurde.

Abh. Variablen zur Musikwahrnehmung	p	b	R^2_m
Brillanz	< 0,001	0,121	0,025
Schärfe	< 0,001	0,172	0,044
Lautheit	0,003	0,102	0,016
Musik-Helligkeit	< 0,001	0,215	0,058
Musik-Valenz	< 0,001	0,290	0,034
„negativ – positiv“	0,010	0,990	0,015

Tabelle 4: Ergebnisse zur Untersuchung des Einflusses der wahrgenommenen Farbhelligkeit auf akustische Eigenschaften und die Wahrnehmung der Musik-Valenz

Die wahrgenommene Farbhelligkeit beeinflusst die wahrgenommene Helligkeit eines Musikausschnittes ebenfalls statistisch hoch signifikant ($p = < 0,001$; $b = 0,215$; $R^2_m = 0,058$).

Für die Überprüfung des Einflusses der Farbhelligkeit auf die Valenz der Musik wurden sowohl die Summenvariable der Musik-Valenz als auch die in der Hypothese 2 separat abgefragte Emotionen „negativ – positiv“ der Musikausschnitte betrachtet. Die Musik-Valenz erreicht dabei mit $p = < 0,001$ ($b = 0,290$; $R^2_m = 0,034$) eine höhere statistische Signifikanz als die Emotionen „negativ – positiv“ der Musikausschnitte mit $p = 0,01$ ($b = 0,99$; $R^2_m = 0,015$).

4.2.3 Hypothese H3

Für Hypothese 3 (H3) wird geprüft, ob die wahrgenommene Farbsättigung einen Einfluss auf das wahrgenommene Tempo, das Arousal der Musik und auch auf die wahrgenommene Wärme der präsentierten Musikausschnitte hat.

Bei der Überprüfung des Zusammenhangs zwischen dem Tempo und der wahrgenommenen Farbsättigung wurde keine Konvergenz erreicht. Daraufhin wurde mit einem allgemeinen univariaten Modell die Unabhängigkeit der Variable zur Proband*innen-ID (*Subjekt*) festgestellt. Für den Zusammenhang zwischen der Farbsättigung und dem Tempo wird ein signifikantes Ergebnis erreicht ($p = 0,032$; $b = 0,124$; $R^2_m = 0,011$).

Ähnliches ist bei der Überprüfung des Zusammenhangs zwischen der Farbsättigung und dem wahrgenommenen Musik-Arousal beziehungsweise den Emotionen „ruhig – energisch“ der Musikausschnitte zu erkennen (siehe Tabelle 5). Die Unabhängigkeit der Variable zur Proband*innen-ID (*Subjekt*) konnte, nachdem mittels linear gemischtes Modells keine Konvergenz erreicht wurde, mit einem allgemeinen univariaten Modell festgestellt werden. Die Signifikanz ist mit $p = 0,025$ ($b = 0,134$; $R^2_m = 0,012$) für die Emotionen „ruhig – energisch“ der Musikausschnitte als auch für das Musik-Arousal mit $p = 0,016$ ($b = 0,264$; $R^2_m = 0,013$) gegeben.

Ebenso ist mittels linear gemischten Modells festzustellen, dass ein Musikausschnitt mit hoher statistischer Signifikanz ($p = <0,001$; $b = 0,146$; $R^2_m = 0,024$) wärmer wahrgenommen wird, wenn die Farbe als gesättigter wahrgenommen wird.

Abh. Variablen zur Musikwahrnehmung	p	b	R^2_m
Tempo*	0,032	0,124	0,011
„ruhig – energisch“*	0,025	0,134	0,012
Musik-Arousal*	0,016	0,264	0,013
„kalt – warm“	< 0,001	0,146	0,024

Tabelle 5: Ergebnisse zur Untersuchung des Einflusses der wahrgenommenen Farbsättigung auf unterschiedliche wahrgenommene akustische Eigenschaften und die Emotionen der Musikausschnitte. *keine Konvergenz erreicht

4.2.4 Hypothese H4

Für Hypothese 4 (H4) wird geprüft, inwiefern die verschiedenen Musikausschnitte und Farbtöne in unterschiedlicher Kombination die wahrgenommenen dimensional Emotionen Valenz und Arousal sowohl von den Musikausschnitten als auch von den Farbtönen

beeinflussen. Hierfür wurden die erstellten Summenvariablen zur Auswertung hinzugezogen und die geschätzten Randmittel betrachtet.

Betrachtung der wahrgenommenen Musik-Valenz

Bei der Betrachtung der Musik-Valenz kann eine durch die Proband*innen unterschiedlich wahrgenommene Valenz für die verschiedenen Musikausschnitte (S1- S4) festgestellt werden. Während die Musik-Valenz (mögliches Minimum: 2; mögliches Maximum: 14) für den Musikausschnitt S3 mit einem Mittelwert von 7,776 am geringsten ausfällt, ist für den Musikausschnitt S2, mit einem Mittelwert von 12,246, die höchste Musik-Valenz gegeben (siehe Tabelle 6).

	C1 (9,738)	C2 (10,242)	C3 (9,906)	C4 (9,444)	C5 (9,275)	C6 (9,829)
S1 (9,279)	10,092	9,182	8,771	9,176	8,949	9,504
S2 (12,246)	11,779	12,581	12,360	12,330	12,203	12,273
S3 (7,776)	7,371	8,560	8,754	7,436	7,052	7,485
S4 (9,655)	9,711	10,643	9,794	8,832	8,898	10,053

Tabelle 6: Mittelwerte der zum Musikausschnitt (S1-S4) wahrgenommenen dimensionalen Emotion Valenz in Verbindung mit den unterschiedlichen Farbtönen (C1-C6)

Sowohl die Mittelwerte für die wahrgenommene Musik-Valenz von S1 als auch die wahrgenommene Musik-Valenz von S4 befinden sich mit den Mittelwerten von 9,279 (S1) und von 9,655 (S4) ungefähr mittig zu der in den Musikausschnitten S2 und S3 wahrgenommenen Musik-Valenz. Der Einfluss der Farbtöne auf die abhängige Variable der wahrgenommenen Musik-Valenz ist mit $p = 0,023$ ($R^2_m = 0,452$) statistisch signifikant. Bei der Betrachtung der geschätzten Randmittel der jeweiligen Musik-Valenzen zu den einzelnen Farbtönen (C1-C6) ist jedoch festzustellen, dass die Mittelwerte zwischen den unterschiedlichen Farbtönen kaum abweichen. Der niedrigste Mittelwert der wahrgenommenen Musik-Valenz ist für den Farbton Blau (C5) mit 9,275 gegeben, der höchste Mittelwert ist mit 10,242 für den Farbton Amber (C2) festzustellen. Bei der detaillierteren Betrachtung der einzelnen Mittelwerte für die wahrgenommene Musik-Valenz bezogen auf die einzelnen Stimuli-Kombinationen sind ebenso keine extremen Abweichungen zu verzeichnen (siehe Abbildung 9). Die größte Abweichung der Mittelwerte ist mit einem Wert von 1,811 für die wahrgenommenen Musik-Valenzen bei dem Musikausschnitt S4 zwischen dem Farbton Amber (C2), mit einem Mittelwert von 10,643, und dem Farbton Cyan (C4), mit

einem Mittelwert von 8,832, festzustellen. Die Mittelwerte der wahrgenommenen Musik-Valenz schwanken für die unterschiedlichen Farbtöne bei dem Musikausschnitt S2 am geringsten.

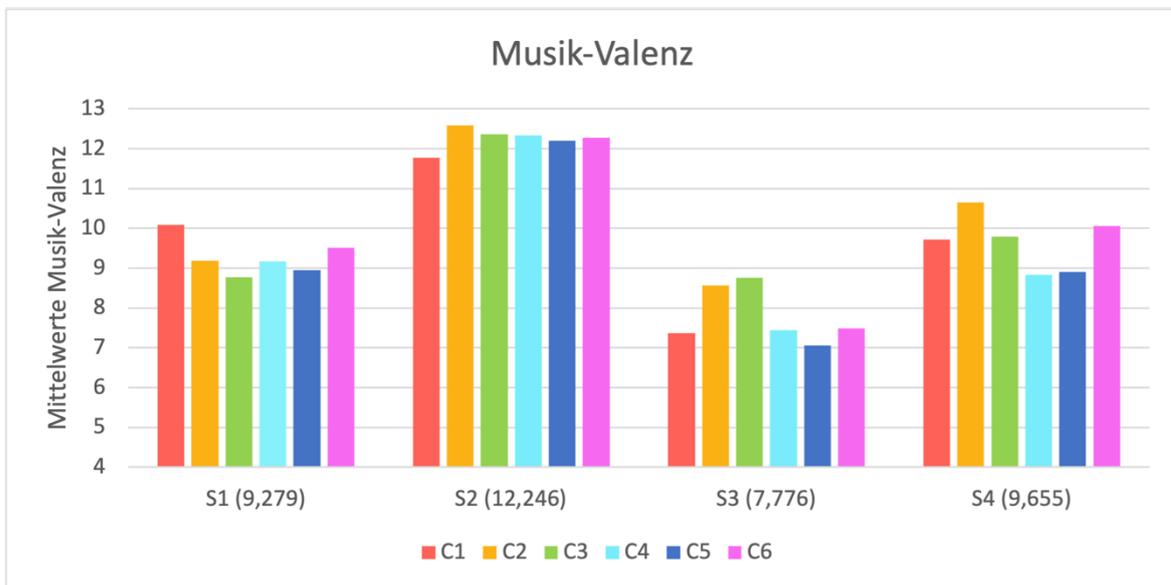


Abbildung 9: Mittelwerte der zum Farbtone wahrgenommenen Musik-Valenz

Statistisch ist für die Musik-Valenz kein signifikanter Interaktionseffekt zwischen den einzelnen Musikausschnitten und den einzelnen Farbtönen (Musikausschnitt * Farbtone) gegeben (siehe Tabelle 7).

Faktoren	p	R^2_m
Musikausschnitt	< 0,001	0,452
Farbtone	0,023	
Musikausschnitt * Farbtone	0,174	

Tabelle 7: Einfluss des jeweiligen Faktors auf die abhängige Variable Musik-Valenz

Betrachtung des wahrgenommenen Musik-Arousal

Für die dimensionale Emotion Arousal der Musikausschnitte lässt sich statistisch hoch signifikant feststellen ($p = < 0,001$; $R^2_m = 0,719$), dass für die verschiedenen Musikausschnitte das Musik-Arousal (mögliches Minimum: 2; mögliches Maximum: 14) durch die Proband*innen unterschiedlich wahrgenommen wurde (siehe Tabelle 8).

	C1 (9,490)	C2 (9,831)	C3 (9,463)	C4 (9,331)	C5 (9,285)	C6 (9,475)
S1 (11,991)	12,795	12,579	11,269	12,178	11,211	11,915
S2 (12,575)	12,393	12,843	12,840	12,467	12,800	12,110
S3 (5,378)	4,836	5,374	5,540	5,557	5,361	5,602
S4 (7,972)	7,939	8,527	8,204	7,122	7,768	8,275

Tabelle 8: Mittelwerte der zum Musikausschnitt (S1-S4) wahrgenommenen dimensionalen Emotion Arousal in Verbindung mit den unterschiedlichen Farbtönen (C1-C6)

Während für den Musikausschnitt S3 mit einem Wert von 5,378 im Mittel das kleinste Musik-Arousal zu verzeichnen ist, lässt sich für den Musikausschnitt S2 mit einem Wert von 12,575 im Mittel das größte Musik-Arousal feststellen. Für den Musikausschnitt S1 ist ebenfalls ein hohes Musik-Arousal zu erkennen (Mittelwert: 11,991), wohingegen für den Musikausschnitt S4 im Mittel (Mittelwert: 7,972) kein ausgeprägtes Musik-Arousal ersichtlich werden kann. Die Mittelwerte des wahrgenommenen Musik-Arousals bezogen auf die Farbtöne unterscheiden sich mit einem Wertebereich von 9,285 (C5) – 9,831 (C2) kaum. Auch bei der detaillierten Betrachtung der einzelnen Mittelwerte des wahrgenommene Musik-Arousals zu den zu den Musikausschnitten kombinierten Farbtönen, lassen sich kaum Abweichungen feststellen (siehe Abbildung 10). Es lässt sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Farbton und der abhängigen Variablen des Musik-Arousals erkennen ($p = 0,542$; $R^2_m = 0,719$).

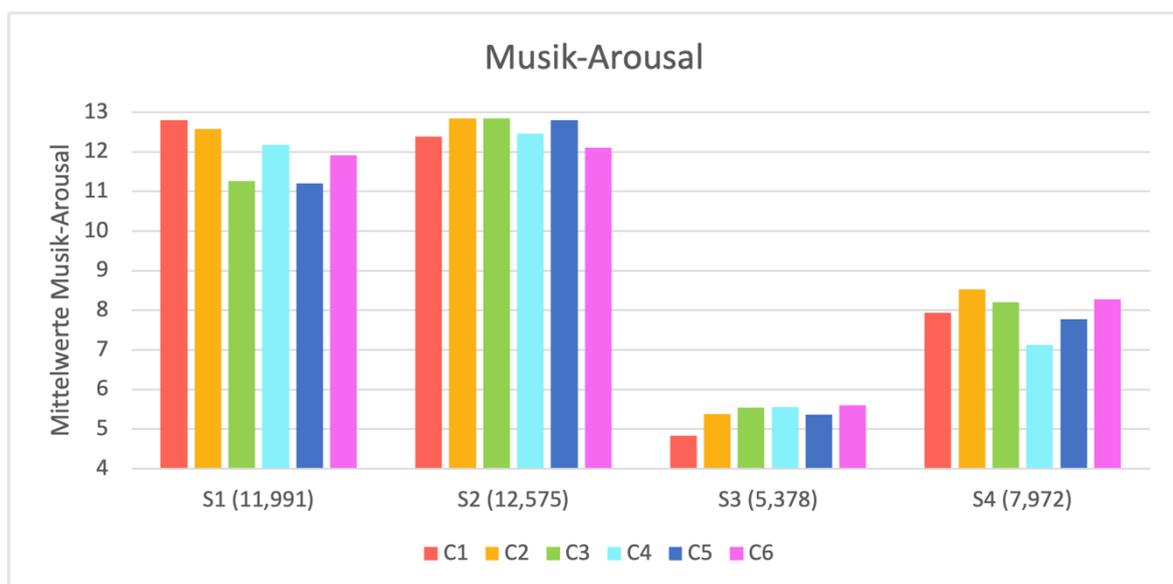


Abbildung 10: Mittelwerte der zum Farbtönen wahrgenommenen Musik-Arousal

Ein Interaktionseffekt zwischen den einzelnen Musikausschnitten und Farbtönen (Musikausschnitt * Farbton) ist auch für das Musik-Arousal statistisch nicht vorhanden (siehe Tabelle 9).

Faktor	p	R^2_m
Musikausschnitt	< 0,001	0,719
Farbton	0,542	
Musikausschnitt * Farbton	0,338	

Tabelle 9: Einfluss des jeweiligen Faktors auf die abhängige Variable Musik-Arousal

Betrachtung der wahrgenommenen Farb-Valenz

Bei der Betrachtung der wahrgenommenen Farb-Valenz (mögliches Minimum: 2; mögliches Maximum: 14) lässt sich feststellen, dass für die verschiedenen Farbtöne mit einer statistisch hohen Signifikanz von $p = < 0,001$ ($R^2_m = 0,299$) unterschiedliche Farb-Valenzen wahrgenommen wurden. Dabei ist zu erkennen, dass der Farbton Blau (C5) mit einem Mittelwert von 7,553 die kleinste Farb-Valenz verzeichnet, während für den Farbton Amber (C2), mit einem Mittelwert von 11,186, die größte Farb-Valenz vorliegt (siehe Tabelle 10). Der Farbton Cyan (C4) ist neben dem Farbton Blau (C5) der einzige Farbton, der im negativen Wertebereich (< 8) anzufinden ist. Alle anderen in diesem Versuch genutzten Farbtöne befinden sich mit ihren Mittelwerten von 9,222 (C1) – 10,348 (C6) im positiven Wertebereich (> 8).

	C1 (9,222)	C2 (11,186)	C3 (10,095)	C4 (7,960)	C5 (7,553)	C6 (10,348)
S1 (9,516)	9,720	10,971	10,220	8,468	7,780	9,939
S2 (10,042)	9,621	12,376	10,723	8,394	8,033	11,107
S3 (8,551)	7,891	9,787	9,925	7,485	6,895	9,324
S4 (9,467)	9,657	11,611	9,512	7,493	7,504	11,023

Tabelle 10: Mittelwerte der zum Farbton (C1-C6) wahrgenommenen dimensional Emotion Valenz in Verbindung mit den unterschiedlichen Musikausschnitten (S1-S4)

Die unterschiedlich wahrgenommenen Farb-Valenzen zeigen bei der Auswertung im Zusammenhang mit den Musikausschnitten eine statistisch hohe Signifikanz ($p = < 0,001$; $R^2_m = 0,299$). So wird im Mittel (Mittelwert: 10,042) für den Musikausschnitt S2 die höchst-

te Farb-Valenz verzeichnet, während für den Musikausschnitt S3 im Mittel (Mittelwert: 8,551) die niedrigste Farb-Valenz festgestellt wird.

Bei der detaillierten Betrachtung bezüglich der Ausprägungen der Farb-Valenz in Kombination mit den einzelnen Musikausschnitten sind nur teilweise Abweichungen zwischen den Mittelwerten zu erkennen. So findet sich die größte Abweichung der Mittelwerte zwischen den Musikausschnitten S2 und S3 in einer Höhe von 2,589 bei dem Farbton Amber (C2) wieder (siehe Abbildung 11). Ebenfalls ist zu erkennen, dass die größte Abweichung der wahrgenommenen Farb-Valenz am häufigsten zwischen den Musikausschnitten S2 und S3 gegeben ist, mindestens aber einer der beiden Musikausschnitte eines der gemittelten Minima oder Maxima darstellt.

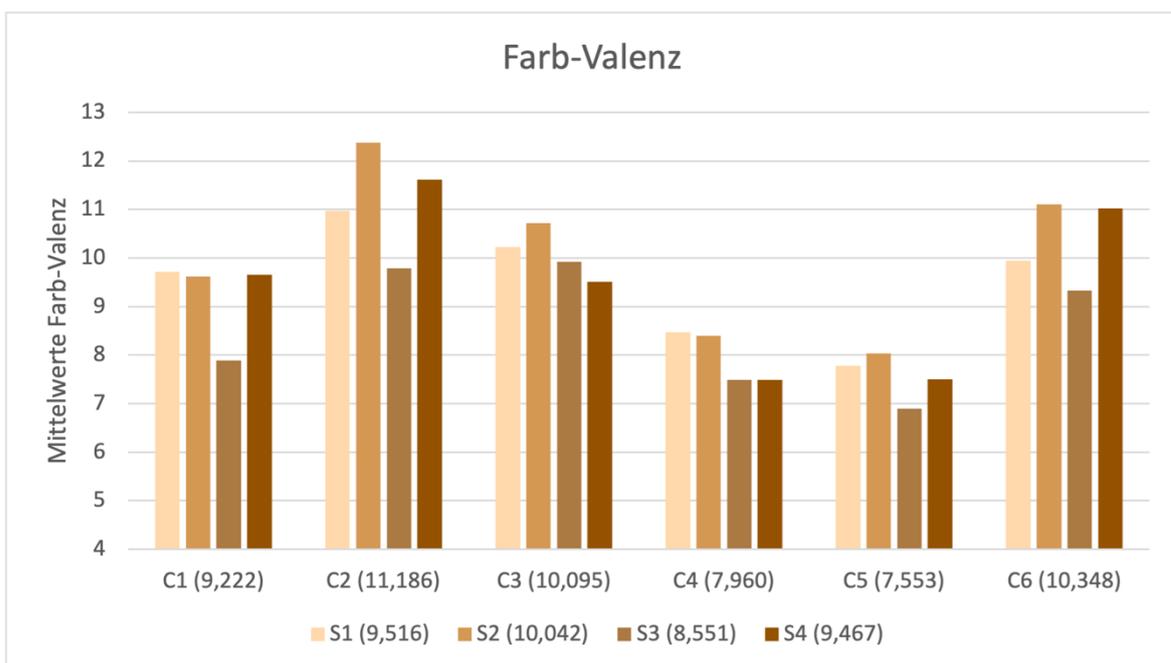


Abbildung 11: Mittelwerte der zum Musikausschnitt wahrgenommenen Farb-Valenz

Ein Interaktionseffekt zwischen den einzelnen Musikausschnitten und einzelnen Farbtönen (Musikausschnitt * Farbton) kann nach der statistischen Auswertung für die Farb-Valenz nicht ersichtlich werden (siehe Tabelle 11).

Faktor	p	R^2_m
Musikausschnitt	< 0,001	0,299
Farbton	< 0,001	
Musikausschnitt * Farbton	0,557	

Tabelle 11: Einfluss des jeweiligen Faktors auf die abhängige Variable Farb-Valenz

Betrachtung des wahrgenommenen Farb-Arousals

Für die verschiedenen Farbtöne lassen sich für das Farb-Arousal unterschiedliche Mittelwerte (mögliches Minimum: 2; mögliches Maximum: 4) feststellen. So wird für den Farbton Grün (C3) das höchste Farb-Arousal (Mittelwert: 10,129) festgestellt, während für den Farbton Blau (C5) das niedrigste Farb-Arousal (Mittelwert: 7,960) zu erkennen ist (siehe Tabelle 12). Eine hohe statistische Signifikanz ($p = < 0,001$; $R^2_m = 0,272$) kann allerdings auch im Zusammenhang mit den Musikausschnitten festgestellt werden (siehe Tabelle 13).

	C1 (9,383)	C2 (9,803)	C3 (10,129)	C4 (8,825)	C5 (7,960)	C6 (9,883)
S1 (10,846)	11,770	10,324	11,286	9,745	9,934	12,016
S2 (10,144)	10,450	11,818	10,819	9,394	7,914	10,468
S3 (7,179)	6,219	7,067	8,958	7,291	6,021	7,519
S4 (9,153)	9,095	10,003	9,454	8,870	7,970	9,528

Tabelle 12: Mittelwerte der zum Farbton (C1-C6) wahrgenommenen dimensional Emotion Arousal in Verbindung mit den unterschiedlichen Musikausschnitten (S1-S4)

So ist für den Musikausschnitt S1 das höchste wahrgenommene Farb-Arousal zu erkennen (Mittelwert: 10,846), während für den Musikausschnitt S3 mit einem Mittelwert von 7,179 das geringste Farb-Arousal zu finden ist. Bei der detaillierten Betrachtung der einzelnen Zusammenhänge zwischen dem Farb-Arousal in Kombination mit den einzelnen Musikausschnitten fällt auf, dass für die jeweiligen Farbtöne das wahrgenommene Farb-Arousal immer dann am geringsten ist, wenn ein Farbton in Kombination mit dem Musikausschnitt S3 präsentiert wird (siehe Abbildung12). Dabei ist für die einzelnen Farbtöne bei Cyan (C4) der geringste Unterschied des wahrgenommenen Farb-Arousal in Kombination mit den Musikausschnitten zu vermerken (Differenz des niedrigsten und höchsten Mittelwertes: 2,454). Bei dem Farbton Rot (C1) lassen sich die größten Unterschiede (Differenz des niedrigsten und höchsten Mittelwertes: 5,551) des wahrgenommenen Farb-Arousal in Kombination mit den einzelnen Musikausschnitten feststellen.

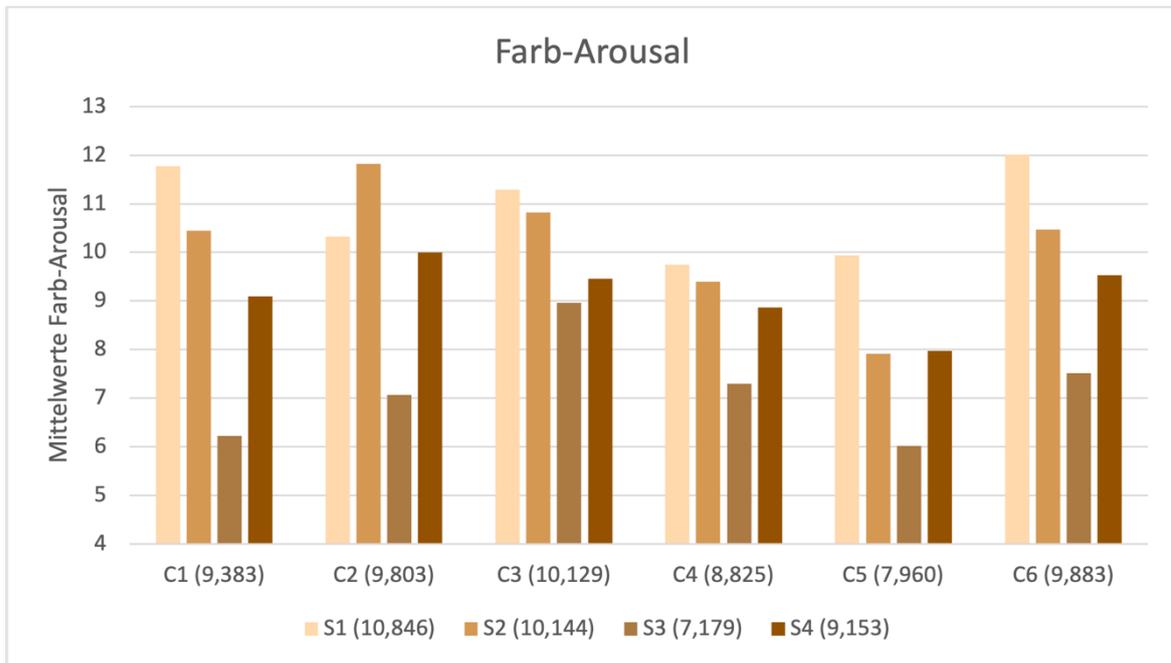


Abbildung 12: Mittelwerte der zur Farbe wahrgenommenen dimensionalen Emotion Arousal

Dabei ist für die einzelnen Farbtöne bei Cyan (C4) der geringste Unterschied des wahrgenommenen Farb-Arousal in Kombination mit den Musikausschnitten zu vermerken (Differenz des niedrigsten und höchsten Mittelwertes: 2,454). Bei dem Farbton Rot (C1) lassen sich die größten Unterschiede (Differenz des niedrigsten und höchsten Mittelwertes: 5,551) des wahrgenommenen Farb-Arousal in Kombination mit den einzelnen Musikausschnitten feststellen (siehe Abbildung 12). Dennoch kann auch hier statistisch kein Interaktionseffekt für die einzelnen Musikausschnitte und Farbtöne (Musikausschnitt * Farbton) erkannt werden (siehe Tabelle 13).

Faktor	p	R^2_m
Musikausschnitt	< 0,001	0,272
Farbton	< 0,001	
Musikausschnitt * Farbton	0,094	

Tabelle 13: Einfluss des jeweiligen Faktors auf die abhängige Variable Farb-Arousal

4.3 Weitere Ergebnisse

Bei der weiteren statistischen Auswertung lassen sich zwischen der Farbhelligkeit und der wahrgenommenen Farb-Valenz sowie dem wahrgenommenen Farb-Arousal statistisch hoch signifikante Korrelationen erkennen (siehe Tabelle 14). Je heller die Farbe der Ambientebeleuchtung wahrgenommen wird, desto positiver und aktiver wird die Farbe wahr-

genommen. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Farbhelligkeit und dem Musik-Arousal wird ebenso ersichtlich ($p = 0,002$; $b = 0,326$; $R^2_m = 0,002$). Weitere Zusammenhänge zwischen der Farbhelligkeit und zum Beispiel anderen akustischen Eigenschaften konnten nicht erkannt werden.

Abh. Variablen zur Wahrnehmung	p	b	R^2_m
Farb-Valenz	< 0,001	0,52	0,098
Farb-Arousal	< 0,001	0,585	0,085
Musik-Arousal	0,002	0,326	0,022

Tabelle 14: Ergebnisse zur Untersuchung des Einflusses der wahrgenommenen Farbhelligkeit auf weitere abhängige Variablen

Für die Farbsättigung lassen sich lediglich zu den einzelnen im Versuch diskreten und dimensional abgefragten Emotionen „negativ – positiv“ und „traurig – fröhlich“ der Musikausschnitte sowie zur Musik-Valenz mit $p = < 0,001$ hoch signifikante Ergebnisse erkennen (siehe Tabelle15).

Abh. Variablen zur Wahrnehmung	p	b	R^2_m
„negativ – positiv“	< 0,001	0,151	0,033
„traurig – fröhlich“	< 0,001	0,185	0,037
Musik-Valenz	< 0,001	0,338	0,043

Tabelle 15: Ergebnisse zur Untersuchung des Einflusses der wahrgenommenen Farbsättigung auf weitere abhängige Variablen

Bei der Betrachtung der wahrgenommenen Farbhelligkeit lässt sich erkennen, dass die Proband*innen die verschiedenen Farbtöne, mit einer statistisch hohen Signifikanz ($p = < 0,001$; $R^2_m = 0,372$), unterschiedlich bezüglich ihrer Farbhelligkeit einstufen. Dabei fällt auf, dass der Wert des Schätzers für die Farbtöne Rot (C1), Grün (C3) und Blau (C5) ein negatives Vorzeichen besitzt, der Wert des Schätzers für die Mischfarbtöne Amber (C2) und Cyan (C4) ein positives Vorzeichen aufweist (siehe Tabelle16). Dementsprechend lässt sich erkennen, dass die in diesem Versuch eingesetzten Mischfarbtöne der Ambientebeleuchtung als heller wahrgenommen werden als die Farbtöne Rot (C1), Grün (C3) und Blau (C5). Bei detaillierter Betrachtung ist festzustellen, dass der Farbton Rot (C1) in der Farbhelligkeit am dunkelsten wahrgenommen wird und der Farbton Cyan (C4) in der Farbhelligkeit am hellsten wahrgenommen wird.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
b	- 1,671	0,064	- 0,624	0,684	- 1,500	0 ^b
Mittelwert	3,446	5,560	4,932	5,817	3,539	4,844

Tabelle 16: Werte des Schätzers sowie Mittelwerte zu den einzelnen wahrgenommenen Farbhelligkeiten der Farbtöne (C1-C6); b. Dieser Parameter wird auf null gesetzt, da er redundant ist

Für die verschiedenen Farbtöne lassen sich ebenso unterschiedlich wahrgenommenen Farbsättigungen feststellen. Auch hier zeigt sich ein statistisch hoch signifikanter Zusammenhang ($p = < 0,001$; $R^2_m = 0,201$) zwischen den Farbtönen und den wahrgenommenen Farbsättigungen. Die Werte des Schätzers befinden sich hierbei allerdings alle im negativen Bereich (siehe Tabelle 17). Die Mittelwerte (mögliches Minimum: 1; mögliches Maximum: 7) zeigen, dass der Farbton Rot (C1) im Mittel mit der höchsten Farbsättigung wahrgenommen wird (Mittelwert: 5,626) und der Farbton Cyan (C4) mit der geringsten Farbsättigung wahrgenommen wird (Mittelwert: 3,703).

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
b	- 0,370	- 0,796	- 1,037	- 1,895	- 1,230	0 ^b
Mittelwert	5,626	4,953	4,941	3,703	4,538	5,483

Tabelle 17: Werte des Schätzers sowie Mittelwerte zu den einzelnen wahrgenommenen Farbsättigungen der Farbtöne (C1-C6); b. Dieser Parameter wird auf null gesetzt, da er redundant ist

5 Diskussion

In der empirischen Untersuchung dieser Bachelorarbeit wurde der Einfluss der Farbe der Ambientebeleuchtung auf die emotionale Wahrnehmung der Musik untersucht. Der Fokus wurde dabei auf die Vorkommnisse crossmodaler Korrespondenzen und deren Verknüpfung zu Emotionen in realitätsnaher Versuchsumgebung gelegt.

In einer Veranstaltungsstätte wurde hierzu ein Versuch mit 54 Versuchspersonen durchgeführt, welchen jeweils acht aus 24 möglichen Stimuli-Kombinationen präsentiert wurden, zu denen je ein Fragenkatalog mit 21 Fragen beantwortet werden musste. Mit Hilfe dieses Fragenkataloges sollten nach Prüfung mittels eines linear gemischten Modells die Hypothesen H1- H4 Aufschluss darüber geben, inwiefern die Farbe der Ambientebeleuchtung einen Einfluss auf die emotionale Wahrnehmung der Musik hat und ob crossmodale Korrespondenzen zwischen Musik und Farben auch existieren, wenn die Stimuli unabhängig von jeglichen Laborbedingungen präsentiert werden. Ebenso soll die Auswertung dieser Studie zeigen, wie Proband*innen und somit gegebenenfalls auch Besucher*innen von Veranstaltungen die Farben der Ambientebeleuchtung wahrnehmen und ob sich daraus ein zukünftiger Nutzen für die Veranstaltungsbranche beziehungsweise Veranstaltungstechniker*innen und Lichtdesigner*innen ziehen lässt.

Während in vielen Laborstudien von Proband*innen ein passender visueller Stimulus aus einer Farbpalette, die auf einem Bildschirm dargestellt ist, gewählt werden soll (Palmer et al., 2013; Sun et al., 2018), konnte in diesem Versuch immer nur eine direkte Kombination aus einem auditiven und einem visuellen Stimulus präsentiert und die Möglichkeit, eine passende Farbe zu einem auditiven Stimulus auszuwählen, nicht gegeben werden. In der empirischen Untersuchung dieser Bachelorarbeit wurden stattdessen die dimensional Emotionen Valenz und Arousal jeweils zu den abgespielten Musikausschnitten und zu der wiedergegebenen Farbe abgefragt und die Annahme aufgestellt, dass ein Musikausschnitt und die Farbe der Ambientebeleuchtung vor allem dann als passend eingestuft werden, wenn eine Übereinstimmung der Emotionen vorliegt (H1). Nach statistischer Auswertung dieser Annahme lässt sich feststellen, dass mit hoher statistischer Signifikanz vor allem dann die Stimuli-Kombination als passend eingestuft wird, wenn sowohl die Differenz von der durch die Musik und Farben wahrgenommenen dimensional Emotion Valenz als auch die Differenz von der durch die Musik und Farben wahrgenommenen dimensional Emotion Arousal gering ist. Die Varianzaufklärung von je rund 10 % weist hier auf einen für die Veranstaltungstechnik relevanten Effekt des Zusammenspiels von Musik und Farben in der Lichtnutzung und dem Lichtdesign und den damit einhergehenden möglichen Einfluss der Gesamtbewertung einer Veranstaltung hin. Auch wenn in dieser Studie nicht die seitens der Proband*innen subjektiv passenden Farben zu der Musik

gewählt werden mussten, wie es in manchen Studien Aufgabe der Proband*innen war (Palmer et al., 2013; Sun et al., 2018; Whiteford et al., 2018), lässt sich aufgrund der Tatsache, dass eine Stimuli-Kombination dann als passend eingestuft wurde, je mehr die Emotionen von Musik und Farben übereinstimmen, vermuten, dass crossmodale Korrespondenzen durch Emotionen herbeigeführt werden. Inwiefern sich die wahrgenommenen Emotionen gegenseitig beeinflussen und ob Abweichungen der Differenzen zwischen dem Arousal und der Valenz die Wahrnehmung des Zusammenpassens stören, wurde in dieser Studie nicht betrachtet.

Visuelle Stimuli aus Laborbedingungen in realen Versuchsumgebungen, wie der in dieser empirischen Untersuchung genutzten Veranstaltungsstätte, lassen sich nicht exakt wiedergeben, da die Möglichkeiten der Scheinwerfer beziehungsweise des Lichts diesbezüglich begrenzt sind. Ein exaktes Replizieren der meisten Laborstudien ist daher nicht möglich. Dennoch wurde die Wahrnehmung der Farbdimensionen – Farbsättigung und Farbhelligkeit – in dieser Bachelorarbeit betrachtet und überprüft, inwiefern in einer veranstaltungsnahen Versuchsumgebung die beiden Farbdimensionen mit der Wahrnehmung der akustischen Eigenschaften sowie den wahrgenommenen Emotionen der Musik korrespondieren (H2 und H3).

Dafür wurden die in diesem Versuch genutzten Scheinwerfer auf eine konstante Helligkeit beziehungsweise einen konstanten Dimmer-Wert von 100% eingestellt. Während bei Sun et al. (2018) keine oder nur sehr schwache Korrespondenzen mit der wahrgenommenen Schärfe der Musik erkannt wurden, lässt sich bei der Betrachtung der Ergebnisse dieser empirischen Untersuchung feststellen, dass die Wahrnehmungen der akustischen Eigenschaft Schärfe, Brillanz und Lautheit sowie die wahrgenommene Helligkeit der Musik signifikant mit der wahrgenommenen Farbhelligkeit korrespondieren (H2). Der Zusammenhang, dass helle Farben mit lauterem auditiven Stimuli assoziiert werden, lässt sich ebenso bidirektional in anderen Studien bei der Assoziation von helleren Farben zu einer Lautstärke-Anhebung feststellen (Marks et al., 2003; Spence, 2011). Dies lässt einen für die Beleuchtung von Musik-Veranstaltungen relevanten Effekt erkennen. So könnte durch das Variieren von Dimmer-Werten, zum Beispiel während eines Konzertes, die akustische Eigenschaft der Lautheit unterstützt werden, indem in leisen Musikpassagen das Licht gedimmt wird und bei lauten Musikpassagen auf eine hellere Beleuchtung zurückgegriffen wird. Auch wenn in diesem empirischen Versuch lediglich statisches Licht genutzt wurde, deutet die Korrespondenz zwischen Farbhelligkeit und Lautheit darauf hin, dass beispielsweise die Anwendung von Stroboskop-Effekten oder anderen Blitz- oder Dimmer-Effekten in der Beleuchtung die Wahrnehmung von impulshaltiger Musik intensiviert.

In zahlreichen Studien wurde bereits ein Zusammenhang zwischen einer positiven Valenz, beziehungsweise der positiven Einordnung der diskreten Emotionen „traurig – fröhlich“, und helleren Farbassoziationen hervorgehoben (Bhattacharya & Lindsen, 2016; Lindborg & Friberg, 2015; Wilms & Oberfeld, 2018), was sich auch anhand der Ergebnisse dieser empirischen Untersuchung bestätigen lässt. Ebenso ist an den Ergebnissen dieser Studie zu erkennen, dass sich die verschiedenen präsentierten Farben der Ambientebeleuchtung, trotz konstanter eingestellter Scheinwerferhelligkeit, in den wahrgenommenen Farbhelligkeiten unterscheiden. Dabei stellt sich heraus, dass die standardisierten Mischfarben des *RGB-Farbraumes* als heller wahrgenommen werden als Rot, Grün und Blau. Inwiefern die durch die Farben wahrgenommenen Emotionen mit einem Absenken der Scheinwerfer-Helligkeit beeinflusst werden, könnte in weiteren Studien untersucht werden.

Neben der konstanten Farbhelligkeit wurde auch die Farbsättigung in diesem Versuch nicht angepasst, dennoch die Sättigung der Farbe in der Auswertung betrachtet und mit unterschiedlichen Variablen (wahrgenommene Wärme der Musik, Tempo, Musik-Arousal) in Zusammenhang gebracht (H3). Einen hoch signifikanten Effekt im Zusammenhang mit der Farbsättigung zeigt dabei die „kalt – warm“ Wahrnehmung der Musik. Je gesättigter die Farben wahrgenommen werden, desto wärmer nehmen wir auch die Musik wahr. Auch hier zeigt sich ein relevanter Effekt der Lichtnutzung und des Lichtdesigns für Musik-Veranstaltungen. Ebenso lässt sich mit statistischer Signifikanz ein Zusammenhang zwischen Tempo und Farbsättigung erkennen, wodurch die Ergebnisse aus einer anderen Studie widerlegt werden (Lindborg & Friberg, 2015). Auch unter Betrachtung des niedrigen Bestimmtheitskoeffizienten erweist sich die Rolle der Farbsättigung als Faktor in der Beeinflussung des wahrgenommenen Tempos der Musik. Hierzu könnte in zukünftigen empirischen Untersuchungen ein Versuchsaufbau mit beweglichem Licht sowie Lichteffekten erfolgen, um zu überprüfen, ob diese das wahrgenommene Tempo der Musik beeinflussen. Obwohl die Verknüpfung von gesättigten Farben zu einem hohen wahrgenommenen Musik-Arousal in einigen Studien gegeben ist (Hsiao et al., 2017; Lindborg & Friberg, 2015; Pesek et al., 2014; Strle et al., 2018; Wilms & Oberfeld, 2018), kann in dieser empirischen Untersuchung kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden. Dies könnte vor allem damit zusammenhängen, dass in dieser Studie keine Veränderung der Farbsättigung vorgenommen wurde, während in den meisten jener Studien, die einen Zusammenhang erkennen konnten, explizit unterschiedliche Farbsättigungen präsentiert wurden, somit für Proband*innen eine Assoziation und bewusster Wahrnehmung der Farbsättigung erfolgen konnte und auch signifikantere Verknüpfungen ersichtlich werden konnten. Anhand weiterer Ergebnisse dieser empirischen Untersuchung lässt sich erken-

nen, dass Musikausschnitte positiver wahrgenommen werden, wenn die Farbe als gesättigt wahrgenommen wird, auch wenn die Farbsättigung auf einem konstanten Wert von 100% eingestellt war. Somit lässt sich feststellen, dass die Wahrnehmung der Musik-Valenz zwar mit der Farbsättigung einhergeht, die Farbsättigung allerdings keinen Einfluss auf das wahrgenommene Musik-Arousal hat.

Da sich für die Farbhelligkeit Zusammenhänge zwischen der wahrgenommenen Musik-Valenz aber auch des wahrgenommenen Musik-Arousals wiederfinden lassen, für die Farbsättigung allerdings nur die Verknüpfung zu der wahrgenommenen Musik-Valenz gegeben ist, stellt sich vor allem die Farbhelligkeit als wichtige Komponente im Zusammenspiel von Licht und Musik heraus. So korreliert die Wahrnehmung von Valenz und Arousal der Musik mit der Farbhelligkeit, während die Farbsättigung allein nur auf die wahrgenommene Musik-Valenz Einfluss hat. Ob eine Veränderung der Farbton-Werte und somit ein indirektes Erzeugen unterschiedlicher Farbsättigungen des Lichts der Scheinwerfer andere Ergebnisse im Zusammenhang von Musik und Farben zeigen würde, könnte in zukünftigen empirischen Untersuchungen betrachtet werden.

Da in vielen Studien die Proband*innen aus einer Auswahl von visuellen Stimuli Verknüpfungen zu einem festen auditiven Stimulus wählen müssen (Palmer et al., 2013; Schloss & Tsang, 2010; Whiteford et al., 2018), ist in dieser empirischen Untersuchung der Fokus auf die zum visuellen Stimuli verknüpften auditiven Eigenschaften und Emotionen gelegt worden (H4). Dabei wurden die Wahrnehmungen der dimensionalen Emotionen der Musikausschnitte aber auch der Farbe für die unterschiedlichen Stimuli-Kombinationen ermittelt und Unterschiede sowie Abweichungen der Werte betrachtet. Es fällt auf, dass die Emotionen, die durch die Musik wahrgenommen werden, vor allem zwischen den einzelnen Musikausschnitten variieren. Dies zeigt, dass die zu den einzelnen Quadranten des *Russell Circumplex Modells*, und somit den verschiedenen dimensionalen Emotionen zugehörigen, ausgewählten Musikausschnitte – wie erwartet – den unterschiedlichen Emotionen zugeordnet wurden. Dabei wurden zwar nicht die erhofften Minima und Maxima der Ausprägung von Valenz und Arousal der Musik erreicht und die Musikausschnitte somit in Summe positiver als erwartet wahrgenommen, jedoch kann dies auch durch das gewählte Musikgenre *Alternative* bedingt sein, da Emotionen in den verschiedenen Musikgenres unterschiedlich stark ausgeprägt sein können (Strle et al., 2018).

Bei der Betrachtung der einzelnen zu einem Musikausschnitt wahrgenommenen Musik-Valenzen in Kombination mit einem Farbton, lässt sich statistisch ein signifikanter Effekt feststellen, jedoch können nicht für alle Musikausschnitte Abweichungen der geschätzten Randmittel erkannt werden. Dabei fällt auf, dass bei dem Musikausschnitt S2 (zugeordnet zu V+A+) keine großen Abweichungen zu erkennen sind, während es vor allem dann

Schwankungen der Musik-Valenz zu geben scheint, wenn die Musikausschnitte negativen Emotionen zugeteilt sind. Da die Abweichungen innerhalb der Musikausschnitte allerdings nicht extrem sind, kann vermutet werden, dass der Farbton der Ambientebeleuchtung die Wirkung der Musik-Valenz zwar verdeutlicht, diese allerdings nicht direkt durch den Farbton gesteuert werden kann. Das wahrgenommene Musik-Arousal variiert, wie auch die Musik-Valenz, je nach Musikausschnitt wie erwartet. Da das Musik-Arousal allerdings für keinerlei Farbtöne ausgeprägt zu sein scheint, ist davon auszugehen, dass das Musik-Arousal nicht von dem Farbton beeinflusst wird. Da ebenfalls keine statistische Signifikanz zu verzeichnen ist, lässt sich für das Musik-Arousal keine Beeinflussung durch den Farbton der Ambientebeleuchtung feststellen.

Betrachtet man die unterschiedlich wahrgenommenen Farb-Valenzen, so stellt man fest, dass auch durch Farben unterschiedliche Emotionen wahrgenommen werden können. Der statistisch hoch signifikante Zusammenhang zwischen dem Musikausschnitt und den Farbtönen zeigt allerdings auch, dass die Musik unsere Wahrnehmung der Farben beeinflussen kann. So lässt sich beim Betrachten der geschätzten Randmittel feststellen, dass sich die kleinsten, zu den einzelnen Farbtönen wahrgenommenen, Farb-Valenzen häufig zu jenen Musikausschnitten finden lassen, die ein geringeres Musik-Arousal verzeichnen, während sich die größten, zu den einzelnen Farbtönen wahrgenommenen, Farb-Valenzen, zu jenen Musikausschnitten finden lassen, die ein höheres Musik-Arousal verzeichnen. Eine Abhängigkeit der Farb-Valenz zu der Valenz der einzelnen Musikausschnitte lässt sich beim Betrachten der geschätzten Randmittel nicht feststellen. Betrachtet man das Farb-Arousal, so stellt man eine ähnliche Abhängigkeit zum Arousal der einzelnen Musikausschnitte fest. Während die kleinsten, zu den einzelnen Farbtönen wahrgenommenen, Farb-Arousal zu jenen Musikausschnitten, die einem niedrigen Grad der Erregung zugeteilt sind, anzufinden sind, sind die größten, zu den einzelnen Farbtönen wahrgenommenen, Farb-Arousal zu jenen Musikausschnitten, die einem hohen Grad der Erregung zugeteilt sind, anzufinden. Bei den geschätzten Mittelwerten des wahrgenommenen Farb-Arousals ist zu erkennen, dass je nach kombiniertem Musikausschnitt der Grad der Erregung des Farbtons stark schwankt. Diese Abweichungen und Übereinstimmungen zu dem Musik-Arousal der einzelnen Musikausschnitte deuten, in Kombination mit dem statistisch hoch signifikanten Zusammenhang zwischen dem Musikausschnitt und den abhängigen Variablen der Valenz und des Arousals der Farben, auf eine Beeinflussung der wahrgenommenen Farb-Valenz sowie dem wahrgenommenen Farb-Arousal durch das Arousal der einzelnen Musikausschnitte hin. Die Valenz der einzelnen Musikausschnitte scheint dabei weder die Farb-Valenz noch das Farb-Arousal zu beeinflussen.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass crossmodale Korrespondenzen zwischen Musik und Farben auch in realer Versuchsumgebung existieren. Da die Musikausschnitte und Farben hinsichtlich ihrer Emotionen nicht, wie in anderen Studien (zum Beispiel Lindborg & Friberg, 2015; Schloss & Tsang, 2010; Whiteford et al., 2018), separat voneinander betrachtet und bewertet wurden, ist nicht gesichert, dass trotz unabhängiger Fragestellung und klarer Bezugsnennung der zu bewertenden Emotionen die Proband*innen die beiden Stimuli separat voneinander betrachtet haben, ohne die Bewertung des jeweils anderen Stimulus miteinzubeziehen. Eine grobe Vorgabe der Bearbeitungszeit sollte zwar bewirken, dass die Proband*innen möglichst intuitiv antworten, eine Überprüfung mittels Vergleichswerten, durch einzelne, unabhängige Bewertungen der wahrgenommenen Emotionen zu den einzelnen auditiven und visuellen Stimuli, konnte jedoch nicht vorgenommen werden. In zukünftigen Studien könnte dementsprechend vor dem Präsentieren der Stimuli-Kombination ein separater Versuchsteil hinzugefügt werden, bei dem die visuellen und auditiven Stimuli unabhängig voneinander bezüglich der durch die Stimuli wahrgenommenen Emotionen und Eigenschaften bewertet werden sollen. Dies könnte mehr Aufschluss darüber geben, wie stark eine Stimuli-Kombination die emotionale Wahrnehmung aber auch die Wahrnehmung der akustischen Eigenschaften sowie Farbeigenschaften beeinflusst und in welcher Gewichtung die unterschiedlichen Emotionen zu einer veränderten Wahrnehmung beitragen. Dennoch sind in diesem Versuch Übereinstimmungen und einhergehend damit das Empfinden über das Zusammenpassen einer Stimuli-Kombination zu erkennen, was auf die Existenz von crossmodalen Korrespondenzen, die durch Emotionen herbeigeführt werden, hindeutet – auch, weil sich semantische oder statistische Ursprünge der Verknüpfungen in diesem Versuch ausschließen lassen. Ob dabei die Emotion lediglich das Bindeglied zwischen Musik und Farbe ist oder Ausdruck der direkten Verknüpfung zwischen Musik und Farbe ist, kann in dieser Studie nicht eindeutig festgestellt werden.

Hier sei darauf hingewiesen, dass für alle Proband*innen, die an dieser empirischen Untersuchung teilgenommen haben, die Summenvariable des *Gold-MSI* zu Emotionen positiv ausgeprägt ist und somit ein hohes Emotionsempfinden bezüglich der Musik zu erwarten war, wodurch die Emotionswahrnehmung in dieser Untersuchung besonders ausgeprägt sein könnte. Ob dabei regelmäßige Konzert-Besucher*innen ein anderes oder ausgeprägteres Empfinden zum Beispiel bezüglich des Zusammenpassens von Musik und Farbe haben, wurde, aufgrund der hohen Anzahl der durch die Proband*innen besuchten Konzerte in den vergangenen 12 Monaten, in dieser empirischen Untersuchung nicht betrachtet.

Da sich in diesem Versuch ähnliche Korrespondenzen wie in anderen Studien, die auditive Stimuli anderer Musikgenres verwenden (Bresin, 2005; Schloss & Tsang, 2010), finden lassen, ist zu erkennen, dass crossmodale Korrespondenzen Musikgenre-übergreifend auftreten. Inwiefern durch das Musikgenre die Ausprägung gewichtet ist, sollte Teil weiterer Studien sein, auch da sich durch die Ergebnisse des Versuches dieser Bachelorarbeit erahnen lässt, dass Emotionen durch das Musikgenre unterschiedlich stark empfunden werden könnten. Ob crossmodale Korrespondenzen auch kulturübergreifend gelten, lässt sich in diesem Versuch aufgrund der hohen Anzahl an Proband*innen aus dem deutsch-europäischen Raum nicht erkennen.

Zukünftig könnten automatisierte Lichtsteuerungen auf Basis der Erkenntnisse des Zusammenspiels von Musik und Farben, über zum Beispiel *Music Emotion Recognition*, die Emotionen der Musik automatisiert erkennen und auf Basis dieser in Echtzeit Lichtfarben zur Beleuchtung ausgewählt werden. Dazu wurden bereits erste Pilotprojekte gestartet (Hsiao et al., 2017; Moon et al., 2015), die die Urausprägung der Emotion der Musik zwar nicht beeinflussen, aber unterstützen und bestärken könnten (Moon et al., 2015).

Die Annahme dieser Bachelorarbeit, dass die Emotionen der Musik durch die Farben der Ambientebeleuchtung auch in veranstaltungsnaher und damit realer Versuchsumgebung beeinflusst werden, lässt sich anhand der Ergebnisse der statistischen Auswertung bestätigen. Es ist ersichtlich, dass das Zusammenspiel der Emotionen von Farben und Musik zum Zusammenpassen beider Stimuli beiträgt und somit auch die Gesamtbewertung einer Lichtshow durch die Besucher*innen von Veranstaltungen mit Hilfe der Kombination aus Licht und Musik gesteigert werden kann. Ebenso lässt sich erkennen, dass das Licht die Urausprägung der Emotionen der Musik zwar nicht vorgibt, aber durchaus unterstützen und in der Wahrnehmung intensivieren kann. Ob bei der Ausprägung der durch die Farben und Musik wahrgenommenen Emotionen und Eigenschaften die Veranstaltungsstätte selbst aufgrund der Architektur oder der Gegebenheiten des Gebäudes (Raumgröße, Deckenhöhe, Boden- und Wandbeschaffenheit) einen Einfluss hat, lässt sich in dieser Studie allerdings nicht bestimmen. Hierfür könnten weitere Versuche, mit gleichem Versuchsaufbau, in weiteren realen Versuchsumgebungen beziehungsweise Veranstaltungsstätten durchgeführt und miteinander verglichen werden.

6 Schlussfolgerung

Die empirische Untersuchung dieser Bachelorarbeit zeigt, dass crossmodale Korrespondenzen auch in realen, veranstaltungsnahen Versuchsumgebungen für die Stimul-Kombination von Musikausschnitten und farbiger Ambientebeleuchtung existieren. Hierbei sind Musik und Farben vor allem dann als passend miteinander verknüpft, wenn sich die dimensionalen Emotionen der präsentierten Stimuli gering voneinander unterscheiden. Dies unterstreicht die Vermutung, dass durch Emotionen herbeigeführte crossmodale Korrespondenzen existieren.

Die Farbhelligkeit ist mit der Wahrnehmung der akustischen Eigenschaften wie der Schärfe, der Brillanz oder auch der Lautheit verknüpft. Während die Farbhelligkeit ebenso einen Einfluss auf das Arousal der Musik hat, spiegelt sich eine Veränderung der Farbsättigung und des Farbtons eher in der Valenz der Musik wider. Die Farbsättigung scheint in diesem Versuch kaum Einfluss auf wahrgenommene akustische Eigenschaften zu haben, lediglich für die „kalt – warm“ Wahrnehmung der Musik lässt sich ein ausgeprägter Zusammenhang erkennen. Demnach stellt sich die Farbhelligkeit als einflussreichere Komponente im Zusammenhang mit den akustischen Eigenschaften heraus und kann entsprechend in der Praxis bei der Beleuchtung musikalischer Veranstaltungen einen großen Beitrag zu den wahrgenommenen akustischen Eigenschaften leisten, wohingegen die Farbsättigung eher die emotionale Wertigkeit der Musik unterstützen kann.

Da die verschiedenen Farbtöne für die dimensionalen Emotionen der Farbe unterschiedlich ausgeprägt sind, stellt sich der Farbton im Zusammenhang mit der emotionalen Wahrnehmung der Musik als unterstützend heraus. Bei der bidirektionalen Betrachtung ist allerdings festzustellen, dass durch verschiedene Musikausschnitte die Farben unterschiedlich in ihrer Emotion wahrgenommen werden und vor allem das Arousal der Musik einen Einfluss auf die Valenz und das Arousal der Farbe hat, während die Valenz der Musik die dimensionalen Emotionen der Farben nicht beeinflusst.

Die Erkenntnisse dieser Studie zeigen, dass die Farbe zwar nicht die emotionale Wahrnehmung der Musik vorgeben, jedoch die Wahrnehmung der einzelnen akustischen Eigenschaften sowie Emotionen in ihrer Ausprägung durch die Farben beeinflusst werden kann. Bei bidirektionaler Betrachtung ist zu erkennen, dass die Musik wiederum Einfluss auf die zu der Farbe wahrgenommenen Emotionen hat. Unter Einbeziehung der bereits erwähnten Ergebnisse früherer Studien lässt sich feststellen, dass crossmodale Korrespondenzen Musikgenre-übergreifend auftreten. Die wahrgenommenen Emotionen können je nach Musikgenre aber unterschiedlich stark ausgeprägt sein.

I. Literaturverzeichnis

- Bhattacharya, J., & Lindsen, J. P. (2016). Music for a Brighter World: Brightness Judgment Bias by Musical Emotion. *PLOS ONE*, *11*(2), e0148959. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148959>
- Boh, L. (2022). *Effects of room colour characteristics on the evaluation of musical performances*. Studiengang Medientechnik im Fachbereich Medien der Hochschule Düsseldorf.
- Bresin, R. (2005). What is the color of that music performance? *Proceedings of the International Computer Music Conference - ICMC*, 367–370.
- Burger, W., & Burge, M. J. (2015). *Digitale Bildverarbeitung: Eine algorithmische Einführung mit Java*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-04604-9>
- Chen, Y., & Cabrera, D. (2020). Does virtual concert hall color affect loudness? *Forum Acusticum*, 2837–2840.
- D'Andrade, R., & Egan, M. (1974). The Colors of Emotion. *American Ethnologist*, *1*(1), 49–63. <https://doi.org/10.1525/ae.1974.1.1.02a00030>
- Evans, K. K., & Treisman, A. (2010). Natural cross-modal mappings between visual and auditory features. *Journal of Vision*, *10*(1), 6–6. <https://doi.org/10.1167/10.1.6>
- Fischer, E. (2009). *Audio-visuelle Tendenzen. Entwicklungen in der Visualisierung elektronischer Musik und in der Clubkultur*. Universität Wien.
- Greule, R. (2021). *Licht und Beleuchtung im Medienbereich*. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG.
- Hillig, H. D. (2014). *Innovationen und Möglichkeiten der LED-Farbsteuerung -am Beispiel des x7-Farbmischsystems*. Studiengang Medientechnik der Hochschule Mittweida.
- Holm, J., Aaltonen, A., & Siirtola, H. (2009). Associating Colours with Musical Genres. *Journal of New Music Research*, *38*(1), 87–100. <https://doi.org/10.1080/09298210902940094>
- Hsiao, S.-W., Chen, S.-K., & Lee, C.-H. (2017). Methodology for stage lighting control based on music emotions. *Information Sciences*, *412–413*, 14–35. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2017.05.026>

- Jiang, Y., & Zhao, J. (2019). Subjective Evaluation of The Correlation of Pop Music Emotion and Lighting Color. *2019 12th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/CISP-BMEI48845.2019.8965935>
- Kaya, N., & Epps, H. H. (2004). Relationship between color and emotion: A study of college students. *College Student Journal*, *38*(3), 396–405.
- Liapis, A., & Xenos, M. (2013). The physiological Measurements as a Critical Indicator in Users' Experience Evaluation. In *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/2491845.2491883>
- Lindborg, P., & Friberg, A. K. (2015). Colour Association with Music Is Mediated by Emotion: Evidence from an Experiment Using a CIE Lab Interface and Interviews. *PLOS ONE*, *10*(12), e0144013. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144013>
- Lo, V., & Steemers, K. (2020). Methods for assessing the effects of spatial luminance patterns on perceived qualities of concert lighting. *Lighting Research & Technology*, *52*(1), 106–130. <https://doi.org/10.1177/1477153519841098>
- Lundqvist, L.-O., Carlsson, F., Hilmersson, P., & Juslin, P. N. (2009). Emotional responses to music: Experience, expression, and physiology. *Psychology of Music*, *37*(1), 61–90. <https://doi.org/10.1177/0305735607086048>
- Marks, L. E., Ben-Artzi, E., & Lakatos, S. (2003). Cross-modal interactions in auditory and visual discrimination. *International Journal of Psychophysiology*, *50*(1–2), 125–145. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(03\)00129-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(03)00129-6)
- Matveev, N. V., Prokopenko, V. T., Sapunova, N. P., & Fridman, D. A. (2016). Research into the Influence of Light-Music Performances on Psychophysiological States. *Light & Engineering*, *24*(2), 22–24.
- Moon, C. B., Kim, H., Lee, D. W., & Kim, B. M. (2015). Mood lighting system reflecting music mood. *Color Research & Application*, *40*(2), 201–212. <https://doi.org/10.1002/col.21864>
- Müllensiefen, D., Gingras, B., Musil, J., & Stewart, L. (2014). The Musicality of Non-Musicians: An Index for Assessing Musical Sophistication in the General Population. *PLoS ONE*, *9*(2), e89642. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0089642>
- Palmer, S. E., & Schloss, K. B. (2010). An ecological valence theory of human color preference. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *107*(19), 8877–8882. <https://doi.org/10.1073/pnas.0906172107>

- Palmer, S. E., Schloss, K. B., Xu, Z., & Prado-León, L. R. (2013). Music–color associations are mediated by emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(22), 8836–8841. <https://doi.org/10.1073/pnas.1212562110>
- Pesek, M., Godec, P., Poredoš, M., Strle, G., Guna, J., Stojmenova, E., Pogačnik, M., & Marolt, M. (2014). Introducing a Dataset of Emotional and Color Responses to Music. *ISMIR*, 355–360.
- Schloss, K. B., & Tsang, T. (2010). Associations between color and music are mediated by emotion and influenced by tempo. *The Yale Review of Undergraduate Research in Psychology*, 82. https://bpb-us-w2.wpmucdn.com/campuspress.yale.edu/dist/a/1215/files/2015/11/2010_YRURP-Second-Issue-1c48m7l.pdf#page=82
- Siniscalco, A. (2021). Lighting and color design in the live music show between new technologies and practice. *Cultura e Scienza Del Colore - Color Culture and Science Journal*, 13(1), 43. <https://doi.org/10.23738/CCSJ.130105>
- Spence, C. (2011). Crossmodal correspondences: A tutorial review. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 73(4), 971–995. <https://doi.org/10.3758/s13414-010-0073-7>
- Spence, C. (2020a). Assessing the Role of Emotional Mediation in Explaining Crossmodal Correspondences Involving Musical Stimuli. *Multisensory Research*, 33(1), 1–29. <https://doi.org/10.1163/22134808-20191469>
- Spence, C. (2020b). Simple and complex crossmodal correspondences involving audition. *Acoustical Science and Technology*, 41(1), 6–12. <https://doi.org/10.1250/ast.41.6>
- Spence, C., Levitan, C. A., Shankar, M. U., & Zampini, M. (2010). Does Food Color Influence Taste and Flavor Perception in Humans? *Chemosensory Perception*, 3(1), 68–84. <https://doi.org/10.1007/s12078-010-9067-z>
- Strle, G., Pesek, M., & Marolt, M. (2018). Affective Experience of Music: Emotional and Color Perception of Folk and other Musical Genre Musical. *Traditiones*, 47(2), 67. <https://doi.org/10.3986/Traditio2018470204>
- Sun, X., Li, X., Ji, L., Han, F., Wang, H., Liu, Y., Chen, Y., Lou, Z., & Li, Z. (2018). An extended research of crossmodal correspondence between color and sound in psychology and cognitive ergonomics. *PeerJ*, 6, e4443. <https://doi.org/10.7717/peerj.4443>

- Vryzas, N., Liatsou, A., Kotsakis, R., Dimoulas, C., & Kalliris, G. (2017). Augmenting Drama: A Speech Emotion - Controlled Stage Lighting Framework. *Proceedings of the 12th International Audio Mostly Conference on Augmented and Participatory Sound and Music Experiences*, 1–7. <https://doi.org/10.1145/3123514.3123557>
- Whiteford, K. L., Schloss, K. B., Helwig, N. E., & Palmer, S. E. (2018). Color, Music, and Emotion: Bach to the Blues. *I-Perception*, 9(6), 204166951880853. <https://doi.org/10.1177/2041669518808535>
- Wilms, L., & Oberfeld, D. (2018). Color and emotion: Effects of hue, saturation, and brightness. *Psychological Research*, 82(5), 896–914. <https://doi.org/10.1007/s00426-017-0880-8>

II. Anhang 1

Aufbau der Fragebogenseite der Hauptdurchläufe

Wähle die am meisten zutreffende Kategorie:

Hier siebenstufige Skala: Stimme ganz und gar nicht zu, Stimme nicht zu, Stimme eher nicht zu, Weder noch, Stimme eher nicht zu, Stimme zu, Stimme voll und ganz zu

1. Die Farbe der Ambientebeleuchtung hat gut zu dem Musikausschnitt gepasst
2. Die Helligkeit der Ambientebeleuchtung hat gut zu dem Musikausschnitt gepasst
3. Der Nebel hat meinen Eindruck über die gespielte Szene beeinflusst

Ab hier bipolare siebenstufige Skala

Wie würdest du die Musikeigenschaften beschreiben?

4. langsam – schnell
5. leise – laut
6. kalt – warm
7. dunkel – hell
8. dumpf – scharf
9. wenig brillant – brillant

Wie würdest du die Emotion beschreiben, die du in der Musik wahrgenommen hast?

10. traurig – fröhlich
11. ruhig – energisch
12. passiv – aktiv
13. negativ – positiv

Wie würdest du die Musikeigenschaften beschreiben?

14. dunkel – hell
15. entsättigt – gesättigt
16. kalt – warm

Wie würdest du die Emotion beschreiben, die du in der Farbe wahrgenommen hast?

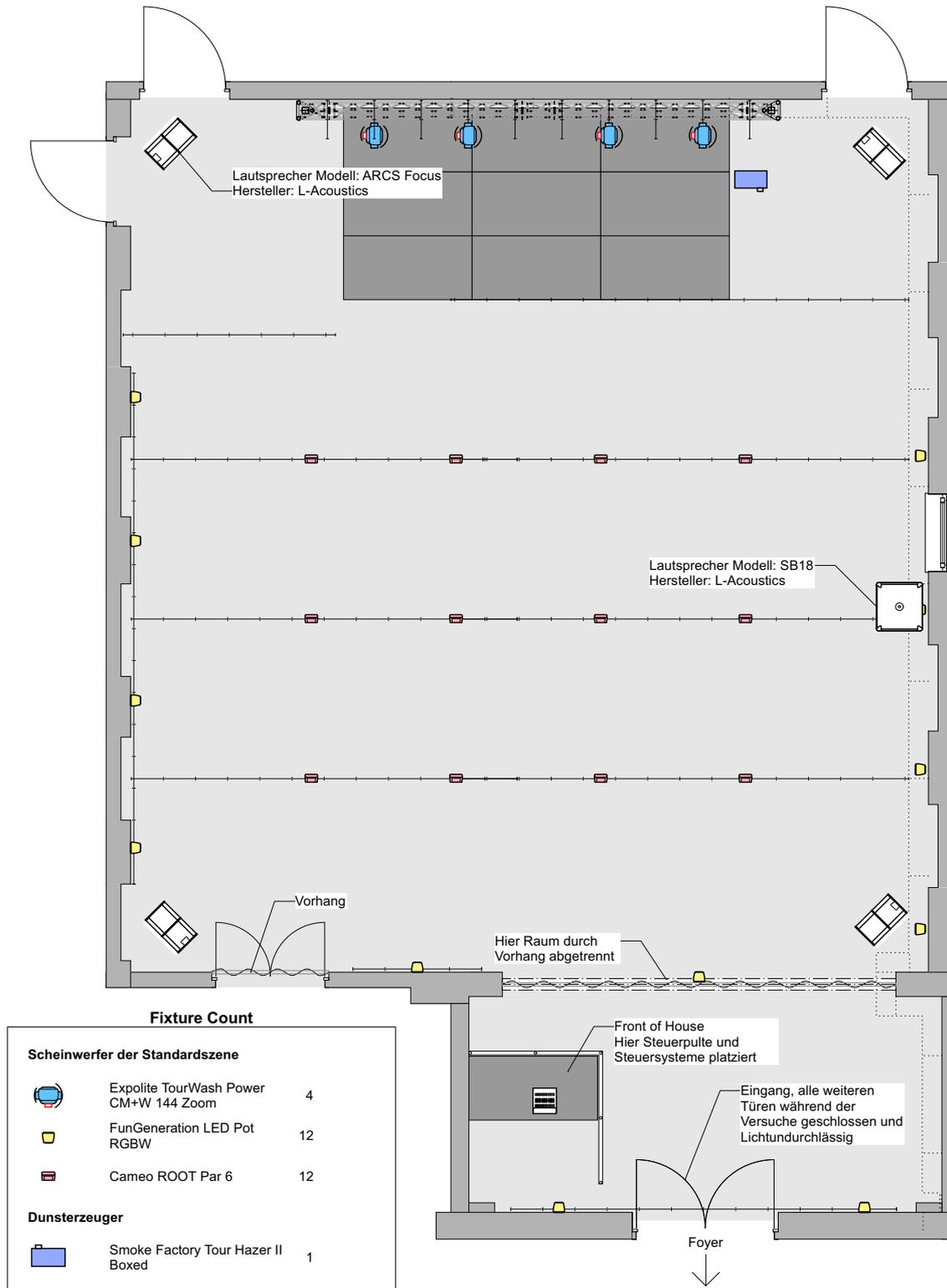
17. traurig – fröhlich
18. ruhig – energisch
19. passiv – aktiv
20. negativ- positiv

Hier Entscheidungsfrage: Ja - Nein

21. Hast du das gespielte Musikstück vor dieser Studie schon einmal gehört?

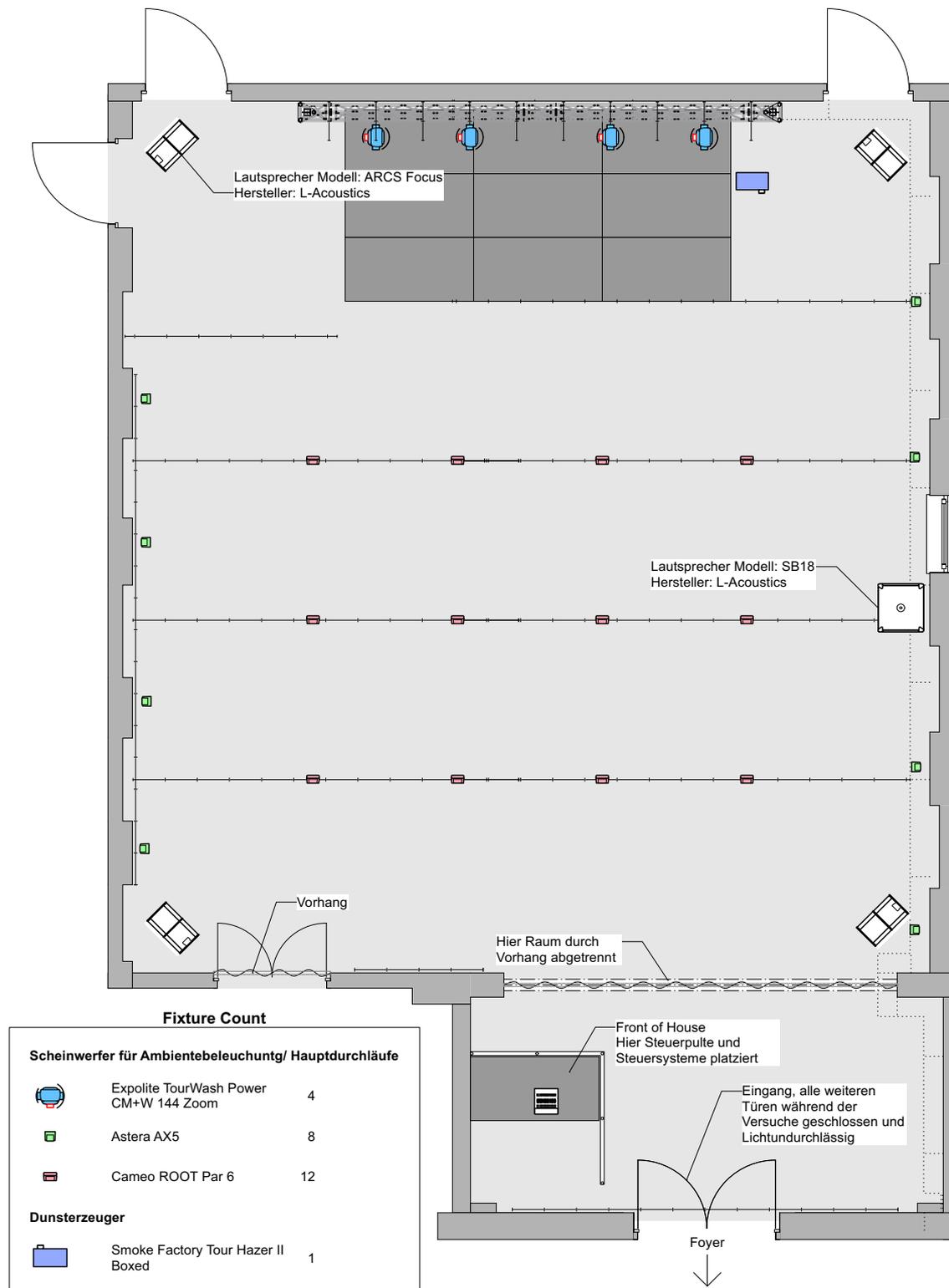
III. Anhang 2

CAD-Plan der Versuchsumgebung inklusive Scheinwerferlegende, Standardszene



IV. Anhang 3

CAD-Plan der Versuchsumgebung inklusive Scheinwerferlegende, Hauptdurchläufe



V. Anhang 4

Auflistung der auditiven Stimuli, inklusive Emotions-Zuordnungen

- Song 1:

Tigerblood Jewel. (2019). Demon [Song]. Epidemic Sound.

<https://www.epidemicsound.com/track/7Zd6d63CgF/>

Zuletzt besucht am: 18.06.2023



- Song 2:

Torch, Marc. (2013). Vision of Division [Song]. Epidemic Sound.

<https://www.epidemicsound.com/track/MJDFv4FJYt/>

Zuletzt besucht am: 18.06.2023



- Song 3:

Tellsonic. (2023). Embrace the Darkness, Embrace the Light [Song]. Epidemic Sound.

<https://www.epidemicsound.com/track/DbvkuPhh9/>

Zuletzt besucht am: 18.06.2023



- Song 4:

Blood Red Sun. (2023). Draw Lines in the Sand (Instrumental Version) [Song]. Epidemic Sound.

<https://www.epidemicsound.com/track/8jgcdUBkka/>

Zuletzt besucht am: 18.06.2023



- Song 5 (Standardszene):

Badskum. (2022). Night Service Cowboy [Song]. Epidemic Sound.

<https://www.epidemicsound.com/track/r5lhGsmWhL/>

Zuletzt besucht am: 18.06.2023



VI. Anhang 5

Erläuterung zur Ansteuerung von *Companion* Version 2.4.2 über das Umfragetool *Unipark von Tivian*

1. Anlegen eines Textfeldes auf Umfrageseite in Unipark, hier folgenden HTML-Code implementieren:

```
<!DOCTYPE html>

<html>

<body>

<br>

<h1>Drücke "PLAY" zur Wiedergabe</h1>

<!-- In Anführungsstrichen gewünschten Button Text einfügen -->

<br>

<h1 id="button">PLAY</h1>

<!-- In Anführungsstrichen gewünschte Element Id Bezeichnung benennen -->

<script>

document.getElementById("button").onclick = function() {myFunction()};

function myFunction() {

const xhr = new XMLHttpRequest();

xhr.open("GET", "https://10.0.31.33:8443/press/bank/1/2");

<!-- Implementierung der Button Press Anforderung an Companion:
https://Domanin und HTTPS Port von Companion/press/bank/Companion
Seite Nummer/Companion Button Nummer -->

xhr.send();
```

```
xhr.responseType = "json";

xhr.onload = () => {

  if (xhr.readyState == 4 && xhr.status == 200) {

    const data = xhr.response;

    console.log(data);

  } else {

    console.log(`Error: ${xhr.status}`);

  }

};

document.getElementById("button").innerHTML = "Beantworte jetzt die
Fragen!";

<!-- Textimplementierung nach Button Klick -->

}

</script>

</body>

</html>
```

2. Content-Security-Policy in Unipark anpassen:

- a. Umfragemenü > Projekteigenschaften > Umfrageeinstellungen > Sicherheit > Content Security Policy
- b. Domain + Port einfügen (hier kursiv):

```
default-src 'self' 'unsafe-inline' 'unsafe-eval' data:
https://ajax.googleapis.com https://10.0.31.33:8443; object-src
'none'; media-src 'self' data: blob;
```

3. Zertifikat für Companion Website vertrauen