

# **Analyse der Parametrisierung von Lichtstimmungsbildern zur Verwendung in Neuronalen Netzen**

## **Bachelorthesis**

zur Erlangung des akademischen Grades B.Sc.

**Jan Brenner**



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Fakultät Design, Medien und Information  
Department Medientechnik

Erstprüfer: Prof. Dr. Roland Greule

Zweitprüfer: Dipl.-Ing. (FH) Tobias Wursthorn

Hamburg, 25.04.2022

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Theoretische Grundlagen</b>	<b>8</b>
2.1	Neuronale Netzwerke . . . . .	8
2.1.1	Definition . . . . .	8
2.1.2	Geschichtliche Entwicklung von Künstlichen Neuronalen Netzwerken . . . . .	8
2.1.3	Grundlegender Aufbau eines Neuronalen Netzwerks . . . . .	10
2.1.4	Supervised vs Unsupervised Learning . . . . .	12
2.1.5	Convolutional Neural Networks . . . . .	13
2.1.6	Sequence-to-Sequence Neural Networks . . . . .	13
2.1.6.1	Recurrent Neural Networks . . . . .	14
2.1.6.2	Long-Short-Term-Memory Networks . . . . .	14
2.1.6.3	Transformer Networks . . . . .	14
2.2	Parametrisierung . . . . .	15
2.3	Lichtstimmungsbilder . . . . .	15
2.3.1	Definition . . . . .	15
2.3.2	Der Raum . . . . .	16
2.3.3	Das Setup . . . . .	17
2.3.3.1	Lichtstrahlrichtungen . . . . .	17
2.3.3.2	Verschiedene Arten von Scheinwerfern . . . . .	23
2.3.4	Die Funktionen von Scheinwerfern . . . . .	29
2.3.4.1	Intensität . . . . .	29
2.3.4.2	Farbe . . . . .	29
2.3.4.3	Position . . . . .	30
2.3.4.4	Abstrahlwinkel . . . . .	30
2.3.4.5	Gobo . . . . .	30
2.3.4.6	Beam . . . . .	31
2.4	Emotionen . . . . .	31
<b>3</b>	<b>Analyse</b>	<b>34</b>
3.1	Motivation . . . . .	34
3.2	Wahl der Parameter . . . . .	34
3.2.1	Intensität . . . . .	35
3.2.1.1	Helligkeitseindruck . . . . .	35
3.2.1.2	Helligkeitskontrast . . . . .	35

## Inhaltsverzeichnis

3.2.2	Farbe . . . . .	35
3.2.2.1	Farbe Primär . . . . .	36
3.2.2.2	Farbe Sekundär . . . . .	36
3.2.2.3	Farbhomogenität . . . . .	37
3.2.3	Position . . . . .	37
3.2.3.1	Anteil Vorderlicht . . . . .	38
3.2.3.2	Anteil Toplicht . . . . .	38
3.2.3.3	Anteil Hinterlicht . . . . .	38
3.2.3.4	Anteil Gegenlicht . . . . .	38
3.2.3.5	Anteil Kicker . . . . .	38
3.2.3.6	Anteil Seitenlicht . . . . .	38
3.2.3.7	Anteil Gassenlicht . . . . .	39
3.2.3.8	Bildgröße . . . . .	39
3.2.4	Abstrahlwinkel . . . . .	39
3.2.5	Struktur . . . . .	39
3.2.6	Effekte . . . . .	40
3.2.6.1	Beweglichkeit . . . . .	40
3.2.6.2	Dimmer-Effekte . . . . .	40
3.2.7	Zusammenfassung der Parameter . . . . .	40
3.3	Wahl der Emotionen . . . . .	41
3.3.1	Trauer . . . . .	41
3.3.2	Freude . . . . .	41
3.3.3	Wut . . . . .	41
3.3.4	Macht . . . . .	42
3.3.5	Liebe . . . . .	42
3.4	Erwartungen an Lichtstimmungsbilder . . . . .	42
3.4.1	Vorgehen bei der Personenbefragung . . . . .	42
3.4.2	Ergebnisse der Personenbefragung . . . . .	43
3.4.2.1	Trauer . . . . .	43
3.4.2.2	Freude . . . . .	44
3.4.2.3	Wut . . . . .	45
3.4.2.4	Macht . . . . .	45
3.4.2.5	Liebe . . . . .	46
3.4.2.6	Vergleich der Personengruppen . . . . .	47
3.5	Analyse von Musikbeispielen . . . . .	47
3.5.1	Wahl der Beispiele . . . . .	48
3.5.2	Beispiele für das Vorgehen bei der Analyse . . . . .	48
3.5.2.1	Beispiel 1 . . . . .	48
3.5.2.2	Beispiel 2 . . . . .	50
3.5.3	Ergebnisse der Analyse . . . . .	51
3.5.3.1	Trauer . . . . .	51
3.5.3.2	Freude . . . . .	53
3.5.3.3	Wut . . . . .	55
3.5.3.4	Macht . . . . .	56

## Inhaltsverzeichnis

3.5.3.5	Liebe . . . . .	58
3.5.3.6	Vergleich weiterer Daten . . . . .	59
3.5.4	Vergleich mit den Erwartungen . . . . .	60
3.6	Analyse von Beispielen durch zusätzliche Personen . . . . .	61
3.6.1	Vorgehen der Analyse durch weitere Personen . . . . .	61
3.6.2	Ergebnis der Analyse durch weitere Personen . . . . .	62
<b>4</b>	<b>Fazit</b>	<b>63</b>
<b>5</b>	<b>Ausblick</b>	<b>65</b>
5.1	Verbessern der Versuchs . . . . .	65
5.2	Erweitern des Versuchs . . . . .	65
5.3	Weitere Untersuchungen . . . . .	66
5.4	Verwendung der Daten in Neuronalen Netzwerken . . . . .	66
<b>A</b>	<b>Anhang</b>	<b>67</b>
A.1	Daten der Personenbefragung . . . . .	67
A.2	Graphen zur Personenbefragung . . . . .	68
A.3	Liste der analysierten Beispiele . . . . .	69
A.4	Daten der Analyse . . . . .	70
A.5	Graphen zur Analyse . . . . .	71
A.6	Daten der Fremdanalyse . . . . .	72
A.7	Graphen zur Fremdanalyse . . . . .	74
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>75</b>
	<b>Literatur</b>	<b>77</b>

## Abstract

This thesis addresses the parameterization of lighting looks with respect to a later use in neural networks. Initially, a set of parameters was determined that describes lighting looks on a meta-level and is thus independent of specific lighting fixtures and devices. In addition, it was investigated whether these meta-parameters can be used to find a regularity in the design of lighting looks for different emotions.

For this purpose, a three-part experiment was conducted. In the first part, test subjects were asked to classify their expectations of lighting looks for different emotions into the parameters. The basis for this is always a song performed on a stage. In the second part of the experiment, 75 real song performances expressing five emotions were examined and classified into the parameters. In the third part, 25 of the examples from the previous part of the experiment were evaluated by five additional people to get an impression of how subjective or objective the parameters are. In each of the experiments, people with technical and design backgrounds were interviewed, as well as lay people.

The results show that some parameters work well for describing lighting looks and others less well. Also, only in certain areas regularities can be found in the looks to certain emotions.

## Zusammenfassung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Parametrisierung von Lichtstimmungsbildern in Hinblick auf eine spätere Verwendung in Neuronalen Netzwerken. Dabei wurde ein Satz von Parametern bestimmt, der Lichtstimmungsbilder auf einer Metaebene beschreibt und somit unabhängig von spezifischen verwendeten Scheinwerfern und Geräten ist. Zusätzlich wurde untersucht, ob sich Anhand dieser Metaparameter eine Regelmäßigkeit in der Gestaltung von Lichtstimmungsbildern zu unterschiedlichen Emotionen finden lässt.

Hierzu wurde ein dreiteiliger Versuch durchgeführt. Dabei wurden im ersten Teil Testpersonen gebeten ihre Erwartungen an Lichtstimmungen zu den unterschiedlichen Emotionen in die Parameter einzuordnen. Basis hierbei soll immer ein Song sein, der auf einer Bühne performt wird. Im zweiten Teil des Versuchs wurden 75 reale Song-Performances zu fünf Emotionen untersucht und in die Parameter eingeordnet. Im dritten Teil wurden 25 der Beispiele des vorherigen Versuchsteils von fünf zusätzlichen Personen ausgewertet, um einen Eindruck zu erlangen, wie subjektiv oder objektiv die Parameter sind. Bei den Versuchen wurden jeweils Personen mit technischem und designerischem Background sowie Laien befragt.

Die Ergebnisse zeigen, dass einige Parameter gut zur Beschreibung von Lichtstimmungsbildern funktionieren und andere weniger gut. Auch lassen sich nur in bestimmten Bereichen Regelmäßigkeiten in den Bildern zu bestimmten Emotionen finden.

# 1 Einleitung

In den letzten Jahren hat sich die Forschung und Entwicklung im Gebiet der Künstlichen Intelligenz (KI) rasant weiterentwickelt. KI-gestützte Systeme sind heutzutage allgegenwärtig und haben sowohl in Haushalten als auch in der Industrie Einzug in viele Bereiche des Alltags gefunden. Offensichtlich wurde diese Technologie spätestens bei der Verbreitung von Sprachassistenten wie Siri und Alexa. Künstliche Intelligenzen werden jedoch vor allem in Hintergrundprozessen schon lange als Hilfsmittel verwendet. So unterstützen KI-Systeme zum Beispiel in der Logistik und im Bankwesen die Optimierung von Prozessen und ermöglichen im Onlinehandel die Analyse von Nutzerdaten und erlauben somit beispielsweise zielgruppenorientierte Produktempfehlungen. Auch in der Strafverfolgung und dem Katastrophenschutz finden vermehrt Künstliche Intelligenzen Einzug. Ein weiteres großes Themengebiet ist die Text- und Sprachübersetzung. Die Liste der Beispiele ist beliebig erweiterbar und wächst von Tag zu Tag. [Luber und Litzel 2018; Woll 2019]

Die Besonderheit an Systemen mit Künstlichen Intelligenzen im Vergleich zu Systemen, die klassische Algorithmen verwenden, ist die Fähigkeit selbstständig zu lernen und sich weiterzuentwickeln. So müssen nicht alle Regeln vorher definiert und alle möglichen Fälle vorher bedacht und programmiert werden, sondern können vom System gelernt und dynamisch angepasst werden. Basis für die meisten Künstlichen Intelligenzen sind Neuronale Netzwerke. Diese Netzwerke können sehr einfach, aber auch hoch komplex aufgebaut sein und haben die Eigenschaft, dass sie aus gegebenen Daten lernen und sich entwickeln können.

Auch in der Medientechnik haben KI-gestützte Systeme und damit Neuronale Netzwerke Einzug in viele Gebiete gefunden. So sind sie fester Bestandteil in aktuellen Programmen zur Bild- und Videobearbeitung [Profifoto 2021] und finden auch im Bereich der Audioproduktion zunehmend Verwendung in Form von Werkzeugen zur Klangbearbeitung, Klanganalyse und Klangerstellung [schoesslers 2018]. Betrachtet man jedoch den Bereich des Lichts und vor allem der Lichtsteuerung, so sucht man vergeblich nach solchen Werkzeugen.

Diese wissenschaftliche Arbeit beschäftigt sich mit einem Vorstoß in die Lücke der fehlenden KI-gestützten Werkzeuge im Lichtbereich und der Frage, ob und wie Parameter zur Lichtbeschreibung erstellt werden können, damit ein Neuronales Netzwerk mit diesen arbeiten und lernen kann.

Es wird zunächst eine kurze Einführung in verschiedene Themengebiete gegeben, die für das Verständnis der Arbeit wichtig sind. Der darauffolgende Teil beschäftigt sich mit der Analyse und versucht folgende Fragen zu klären:

## 1 Einleitung

- Wie kann ein Lichtstimmungsbild auf Metaebene mit Hilfe von Parametern beschrieben werden?
- Gibt es eindeutige Erwartungen an diese Parameter in Bezug auf Lichtstimmungen zu bestimmten Emotionen?
- Lassen sich an realen Beispielen Regelmäßigkeiten in den Parameterwerten bei Lichtstimmungen zu bestimmten Emotionen finden und decken diese sich mit den Erwartungen?
- Sind die gewählten Parameter subjektiv oder objektiv?

Als Basis zur Beantwortung dieser Fragen werden eine Eigenanalyse sowie Fremdanalysen weiterer Personen von Beispielen angefertigt und Personenbefragungen durchgeführt.

Im Anschluss an die Analyse gibt es einen kurzen Ausblick auf mögliche weitere Untersuchungen, Optimierungs- und Forschungsschritte in diesem Bereich.

## 2 Theoretische Grundlagen

Zum besseren Verständnis der Analyse in dieser Arbeit sollen zunächst verschiedene Begrifflichkeiten erklärt und theoretische Grundlagen gegeben werden.

### 2.1 Neuronale Netzwerke

Wird in dieser Arbeit von Neuronalen Netzwerken oder Neuronalen Netzen gesprochen, so sind hiermit Künstliche Neuronale Netzwerke (kurz: KNN) gemeint.

#### 2.1.1 Definition

Künstliche Neuronale Netzwerke sind Forschungsgegenstand der Neuroinformatik und ein Teilgebiet der Künstlichen Intelligenz (KI). Sie bestehen aus Aneinanderreihungen von mathematischen Funktionen und ähneln in ihrer Grundidee dem Aufbau eines Biologischen Neuronalen Netzwerkes, wie es in den Gehirnen von Menschen und Tieren zu finden ist. Sowohl das biologische Vorbild als auch das Künstliche Neuronale Netzwerk bestehen aus einer Vielzahl miteinander verbundener Neuronen, die anhand von Trainingsdaten lernen und somit verschiedene Problemstellungen lösen können. [Luber und Litzel 2018]

Anwendung finden Künstliche Neuronale Netzwerke heutzutage in vielen unterschiedlichen Bereichen wie beispielsweise in der Bild-, Schrift- und Stimmenerkennung, der maschinellen Übersetzung von Texten und Sprache sowie bei Frühwarnsystemen und beim autonomen Fahren.

#### 2.1.2 Geschichtliche Entwicklung von Künstlichen Neuronalen Netzwerken

Die ersten Anfänge in der Entwicklung von Künstlichen Neuronalen Netzwerken gab es bereits in den 1940er Jahren. Damals versuchten Forscher erstmals die Funktion von biologischen Neuronen im Gehirn mit elektrischen Schaltungen nachzubilden. Jedoch gab es erst im Jahr 1957 den ersten Durchbruch mit dem Mark I Perceptron Neurocomputer, der mit einem sehr einfachen Aufbau aus einem Neuron Eingabedaten in zwei Klassen einordnen konnte und ein sehr rudimentäres Lernverhalten durch Minimierung der Fehler vorheriger Versuche aufzeigte. Aufbauend auf diesem ersten Erfolg versuchten Forscher in den folgenden Jahren viele verschiedene Probleme mit der Hilfe von einfachen Neuronalen Netzwerken zu lösen, die in ihrem Umfang und ihrer Wirksamkeit jedoch noch sehr beschränkt waren. [Hertwig 2018]

In den 1970er Jahren kam es schließlich zum sogenannten „Artificial Intelligence Winter“. Die ersten Erfolge mit den frühen Neuronalen Netzwerken hatten sehr große Erwartungen und Hoffnungen auf eine rasche Weiterentwicklung geweckt, die jedoch nicht im erhofften Maße eingetreten sind. Das Resultat war die Einstellung von Forschungsgeldern und somit vorerst das Ende der großangelegten Entwicklung von komplexeren Neuronalen Netzen. [Hertwig 2018]

Erst Mitte der 1980er Jahre gab es wieder Projekte, die ernsthafte Aufmerksamkeit bekamen. Gründe waren einerseits die Entwicklung des Backpropagation-Algorithmus im Jahre 1974. [Pestel 1999] Dieser Algorithmus wird in mehrschichtigen Neuronalen Netzwerken zum Training genutzt, indem vorhergegangene Fehler zurück in das Netz getragen werden. Nachdem diese Methode zunächst nicht den großen Durchbruch erzielte, gewann sie 12 Jahre später durch erneute Publikationen und Weiterentwicklungen rasant an Bedeutung. Ein weiterer wichtiger Punkt für die Renaissance der Künstlichen Neuronalen Netzwerke waren die 1985 durch John Hopfield eingeführten Hopfield-Netze, die die Möglichkeit besaßen, schwierige Optimierungsaufgaben wie das Traveling-Salesman-Problem<sup>1</sup> zu lösen. [Gauglitz und Jürgens 2016, S. 6]

Einen weiteren großen Durchbruch erzielte der französische Informatiker Yann LeCun in den 1990er Jahren durch die Entwicklung von Convolutional Neural Networks, die ihre Stärke in der Bilderkennung haben und fortan für die Erkennung von handgeschriebenen Zahlen auf Schecks verwendet wurden. [Hertwig 2018]

Obwohl die Forschung im Bereich der Neuronalen Netzwerke seitdem fortan weiterging, verloren sie in den 2000er Jahren wieder streckenweise an Bedeutung. Zu diesem Zeitpunkt waren die Netze erneut an ihre Grenzen gestoßen: Sie konnten nur schwer für größere Problemstellungen trainiert werden. Der Rechenaufwand war mit den Strukturen der bestehenden Netze und der verfügbaren Rechenpower nur schwer zu bewerkstelligen. Abhilfe schafften hier 2012 Neuerungen im Bereich Deep Learning und den Künstlichen Neuronalen Netzen. Es wurden neue Algorithmen entwickelt, die es ermöglichten leistungsstarke Grafikkarten (GPUs) zum Trainieren der Netze zu verwenden. GPUs eignen sich besonders für das Training von Neuronalen Netzwerken, da sie sehr schnell bei der Berechnung von parallelen Matrixmultiplikationen sind, die den Hauptbestandteil des Trainingsprozesses darstellen. Die Folge war eine Senkung der Trainingszeit um den Faktor 1000. [Hertwig 2018]

Seit diesem Zeitpunkt haben richtig trainierte Neuronale Netzwerke die Fähigkeit in speziellen Bereichen, wie der Mustererkennung, bessere Ergebnisse zu liefern als der Mensch. [Angelica 2012]

---

<sup>1</sup>Das Traveling-Salesman-Problem ist eine algorithmische Problemstellung mit dem Ziel die kürzeste oder effizienteste Route zwischen einer Reihe verteilter Punkte zu finden. Hierbei darf jeder Punkt nur einmal vorkommen und der Endpunkt muss gleich dem Startpunkt sein. Vergleichbar ist das Problem mit einem Handelsvertreter, der am effizientesten verschiedene Städte besuchen möchte und am Ende zurück in seiner Heimatstadt ankommen soll. Diese Problemstellung lässt sich auf viele unterschiedliche Anwendungsbereiche übertragen. [TechTargetContributor 2020]

### 2.1.3 Grundlegender Aufbau eines Neuronalen Netzwerks

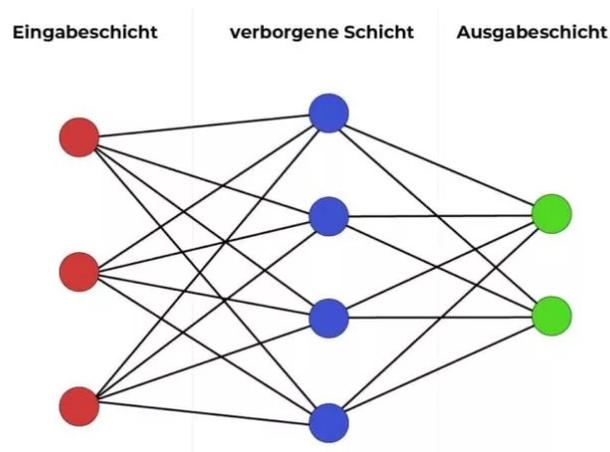
Jedes Neuronale Netzwerk hat eine definierte Menge an Eingabewerten und eine definierte Menge an Ausgabewerten. Zwischen diesen Werten liegt das Netzwerk. Ein richtig trainiertes Neuronales Netz kann vereinfacht wie eine mathematische Funktion angesehen werden:

$$x \rightarrow f \rightarrow y \Rightarrow f(x) = y$$

Genau wie bei anderen mathematischen Funktionen kann ein Eingabewert  $x$  immer nur zu einem Ausgabewert  $y$  führen, jedoch können mehrere Eingabewerte  $x$  zu dem gleichen Ausgabewert  $y$  führen.

Die Anzahl der Eingabewerte und Ausgabewerte muss für ein bestimmtes Netz definiert werden und können nach dem Start des Lernprozesses nicht mehr verändert werden. Die Eingabe- und Ausgabewerte können je nach verwendetem Netzwerk und Anwendungsbereich unterschiedliche Formate haben. Hier sind einfache Zahlenwerte, Vektoren, Matrizen, aber auch Bilder, Sounddateien und weiteres möglich. Ein besonders simples und häufig verwendetes Format ist der Zahlenbereich von 0 bis 1.

Neuronale Netzwerke bestehen aus Knotenpunkten, die Neuronen genannt werden, und sind in Schichten (Layern) aufgebaut. Jedes Netz hat eine Eingangsschicht (Input-Layer) bestehend aus den Input-Neuronen und eine Ausgangsschicht (Output-Layer) bestehend aus den Output-Neuronen. Zwischen der Eingangsschicht und der Ausgangsschicht kann sich je nach Netz eine unterschiedlich große Anzahl an verborgenen Schichten (Hidden-Layer) bestehend aus Hidden-Neuronen befinden. [Wuttke 2021] Ein Netzwerk, das nur aus Eingangsschicht und Ausgangsschicht besteht, wird 1-Layer-Netzwerk genannt. Kommt ein Hidden-Layer dazu, so wird es als 2-Layer-Netzwerk bezeichnet usw. Jedes Neuron einer Schicht ist mit jedem Neuron der nächsten Schicht verbunden. (Siehe Abbildung 2.1)



**Abbildung 2.1:** Schematischer Aufbau eines einfachen Neuronalen 2-Layer-Netzwerks [Wuttke 2021]

## 2 Theoretische Grundlagen

Jedes Neuron hat einen Ausgang und für jedes Neuron der vorherigen Schicht einen Eingang. Jeder Eingang ist mit einem sogenannten Gewicht  $w$  versehen, welches einer Zahl in einem definierten Wertebereich, zum Beispiel  $-1 \rightarrow 1$ , entspricht. Alle Eingangswerte  $x$  werden mit ihrem jeweiligen Gewicht  $w$  multipliziert und zusammen mit dem Schwellwert  $b$ , auch Bias genannt, der ebenfalls einer Zahl aus einem definierten Wertebereich entspricht, aufaddiert. Die Gewichte geben an, wie relevant ein Eingabewert für das Ergebnis am Ausgang des Neurons ist. Der Schwellwert erhöht die Flexibilität des Netzwerks, indem die gewichtete Summe positiv oder negativ verschoben werden kann. [Gebel 2020]

$$z = \sum_{i=1}^n x_i \cdot w_i + b$$

mit  $z$  = Ausgabewert

$x_i$  = Eingabewerte

$w_i$  = Gewichte

$b$  = Schwellwert

Das Ergebnis  $z$  der Addition durchläuft im nächsten Schritt eine Aktivierungsfunktion. Aufgabe der Aktivierungsfunktion ist es zu entscheiden, ob das Neuron einen Wert  $y \neq 0$  ausgibt und wenn ja, in welchem Bereich dieser sich befindet. Eine Aktivierungsfunktion, die vor allem in den einfachen frühen Neuronalen Netzen oft verwendet wird, ist die Sigmoidfunktion. Diese Funktion ermöglicht es einen beliebigen Wert in einen gewünschten Wertebereich (z. B.  $0 \rightarrow 1$ ) zu übertragen.

$$y = \sigma(z) \Rightarrow y = \sigma\left(\sum_{i=1}^n x_i \cdot w_i + b\right)$$

$y$  ist der Ausgabewert des Neurons und wird auch Aktivierung genannt.

Das Hinzufügen von Hidden-Layern kann die Präzision des Netzwerkes und damit die Genauigkeit der Ergebnisse deutlich verbessern. Hierbei wird für jede Schicht eine neue zusätzliche Gewichtung der Daten aus der vorherigen Schicht vorgenommen. Die Anzahl der verwendeten Neuronen pro Hidden-Layer kann je Schicht variieren und muss nicht im Zusammenhang mit der nächsten oder vorherigen Schicht stehen. In der Regel geht eine große Anzahl von Hidden-Layern mit jeweils vielen Neuronen mit einer deutlichen Verbesserung der Ergebnisse einher. Jedoch potenziert sich die Anzahl an zu berechnenden Gewichten und Schwellwerten und damit erhöht sich der Rechenaufwand signifikant. Somit muss bei der Erstellung neuer Netzwerke abgewogen werden, was der optimale Kompromiss zwischen Genauigkeit und Rechenleistung ist. Besitzt ein Neuronales Netzwerk viele Hidden-Layer, so bezeichnet man den Prozess auch als Deep Learning. [Johnson 2020]

Bei der Initialisierung eines Neuronalen Netzwerks sind die idealen Gewichte und Schwellenwerte noch unbekannt und werden zufällig vergeben. Anhand einer möglichst großen Zahl an Trainingsdaten kann das Netzwerk angelernet werden. Im einfachsten Fall bestehen die Daten aus einem Datensatz an Eingabedaten und einem mit Label versehenen Ausgabewert.

Gibt man die ersten Trainingsdaten in das Netzwerk, so werden durch die zufällige Initialisierung sehr wahrscheinlich noch keine korrekten Ergebnisse erzeugt. Der erste Schritt im Lernprozess ist die Errechnung der sogenannten Kosten des Beispiels. Mit den Kosten ist die Abweichung der erzeugten Ergebnisse von den gewünschten Ergebnissen gemeint. Mathematisch errechnen sich die Kosten durch die Addition der Quadrate der einzelnen Differenzen zwischen den erwarteten Werten und den erzielten Werten. Je geringer die Kosten des Beispiels, desto geringer ist die Abweichung zwischen den Ergebnissen. Der Durchschnittswert der Kosten für alle Trainingsdaten gibt die aktuelle Qualität des Netzwerks an. Ziel ist es, die Qualität zu erhöhen. Die Schwierigkeit hierbei ist vor allem der Einfluss aller Gewichte und Schwellenwerte auf die Eingangswerte der folgenden Layer. Erreicht wird diese Qualitätsverbesserung mit Hilfe des Gradientenverfahrens. Hierbei werden iterativ Minima für alle justierbaren Werte gesucht bis keine oder nur noch sehr geringe Verbesserungen des Netzwerks festzustellen sind. [3Blue1Brown 2017a] Dieser Prozess kann je nach Größe des Neuronalen Netzwerks und Menge der Trainingsdaten sehr lange dauern. Eine Möglichkeit den Prozess zu beschleunigen ist es, die Trainingsdaten in kleinere Blöcke einzuteilen und diese separat zur Berechnung der Kostenfunktion zu verwenden. [3Blue1Brown 2017b]

### 2.1.4 Supervised vs Unsupervised Learning

Beim Anlernen von Neuronalen Netzwerken gibt es verschiedene Methoden. Die zwei wichtigsten Methoden sind das Supervised Learning und das Unsupervised Learning.

Der im Abschnitt 2.1.3 beschriebene Lernprozess entspricht dem Supervised Learning. Bei dieser Methode wird zum Anlernen ein Datensatz aus Eingabewerten zusammen mit gelabelten Ausgabewerten in das Netzwerk gegeben. Anhand dieser Daten lernt das Neuronale Netz, welche Eingabewerte zu welchem Ergebnis am Ausgang führen sollen, und passt die Gewichte und Schwellenwerte dementsprechend an. Am Ende eines idealen Lernprozesses mit Supervised Learning kann das Netzwerk neue ungelabelte Eingaben in die vorgegebenen und gelernten Kategorien einordnen und so beispielsweise erkennen, ob sich auf einem Bild ein Auto, Hund oder Flugzeug befindet. [Klose 2015]

Dem gegenüber steht der Lernprozess des Unsupervised Learnings. Hier bekommt das Neuronale Netzwerk zum Lernen ebenfalls viele Trainingsdaten, diese sind jedoch nicht mit einem Label versehen. Somit gibt man dem Netzwerk auch keine vorgefertigten Kategorien zum Einordnen der Daten vor. Bei der Analyse der Daten erkennt das Netz selbstständig Muster, Zusammenhänge und Gemeinsamkeiten in den Datensätzen und schafft eigene Kategorien zur Einsortierung. Im Regelfall

gibt man dem Netzwerk vorher die Anzahl an gewünschten Kategorien vor, in welche die Daten eingeordnet werden sollen. Am Ende eines idealen Lernprozesses mit Unsupervised Learning kann das Neuronale Netz neue Eingaben in selbsterstellte Muster und Kategorien einordnen. [Klose 2015] Diese Form des Lernens wird beispielsweise in Clusteranalysen, wo es darum geht Daten zu gruppieren und neue Zusammenhänge zu erkennen, die nicht direkt ersichtlich sind, oder auch bei Assoziationsanalysen verwendet, wo es darum geht zum Beispiel das Kaufverhalten von Kunden zu analysieren und Vorhersagen über weitere interessante Produkte für die Kunden zu tätigen. [datasolut 2020]

### 2.1.5 Convolutional Neural Networks

Klassische Neuronale Netzwerke stoßen an ihre Grenzen, wenn es um die Verarbeitung von komplexeren Bildern oder Sprache geht. Lösungen schaffen hier die Convolutional Neural Networks (CNN). Im Gegensatz zu herkömmlichen Netzwerken betrachten die CNNs die Eingabewerte, zum Beispiel die Pixel eines Bildes, nicht einzeln, sondern gruppenweise und vergleichen sie innerhalb der Convolutional-Layer mit erlernten Filtern. So können diese Netze beispielsweise Muster in Bildern unabhängig von der Position innerhalb des Bildes und unabhängig von der Farbe erkennen. Vom Grundprinzip handelt es sich bei den Convolution-Layern um klassische Hidden-Layer, die jedoch nur zum Teil lokal vermascht sind. So lässt sich zusätzlich der Rechenaufwand verglichen mit den klassischen Neuronalen Netzwerken deutlich reduzieren. Um den Effekt noch zu verstärken werden Pooling-Layer verwendet. Diese Schichten reduzieren die Auflösung der erkannten Merkmale und eliminieren somit überflüssige Informationen. Convolutional-Layer und Pooling-Layer können mehrfach hintereinander auftreten und die erkannten Muster so weiter zu komplexeren Strukturen zusammensetzen. Am Ende des Netzwerks steht wieder eine vollständig vermaschte Ausgangsschicht. [Luber und Litzel 2019]

### 2.1.6 Sequence-to-Sequence Neural Networks

Die bisher betrachteten Neuronale Netzwerke haben das Status-to-Status-Prinzip verwendet. Das bedeutet, dass jeder Satz an Eingabewerten, wie zum Beispiel alle Pixel eines Bildes oder ein Wort bei der Übersetzung, einzeln betrachtet wurden. In vielen Anwendungsbereichen führt dieses Verfahren aber nicht zum gewünschten Ergebnis. Als Beispiel soll hier ein Neuronales Netz betrachtet werden, das die Aufgabe hat Texte zu übersetzen. Bei der Status-to-Status-Methode würde das Netzwerk jedes Wort einzeln betrachten und übersetzen. Das führt bei der Übersetzung von zusammenhängenden Texten aber zu verschiedenen Problemen. Da der Zusammenhang der Wörter dem Netzwerk nicht bekannt ist, kann die Bedeutung eines Wortes unklar sein. So wäre dem Netzwerk in dem Satz „*Ich gehe heute zur Bank*“ unklar, ob mit dem Wort „*Bank*“ die Sitzbank oder das Geldinstitut gemeint ist. Zusätzlich spielt die Grammatik eines Satzes eine wichtige Rolle bei der Übersetzung. Auch hier funktioniert oft eine Wort-für-Wort-Übersetzung nicht ohne den

gesamten Satz zu betrachten.

Um diese Probleme zu lösen gibt es die Sequence-to-Sequence Neural Networks. Diese Netzwerke überführen nicht einen einzelnen Eingangsstatus auf einen einzelnen Ausgangsstatus, sondern betrachten komplette Sequenzen an Eingaben und geben auch wieder komplette Sequenzen aus.

### 2.1.6.1 Recurrent Neural Networks

Recurrent Neural Networks (RNN) sind die häufigsten Neuronalen Netzwerke nach dem Sequence-to-Sequence-Prinzip. Sie sind in der Lage aktuelle Eingabedaten anhand der vorherigen Eingabedaten zu bewerten. Hierbei werden einzelne Encoder- und Decoder-Netzwerke benutzt. Das Encoder-Netzwerk hat die Aufgabe die zusammenhängende Sequenz in einen fixen Vektor zu übersetzen und an das Decoder-Netzwerk zu übergeben. Hier werden die Daten des Vektors nacheinander verarbeitet und wieder als zusammenhängende Sequenz ausgegeben. [Culurciello 2019]

### 2.1.6.2 Long-Short-Term-Memory Networks

Einfache Recurrent Neural Networks funktionieren sehr gut für kurze Sequenzen. Werden die Sequenzen jedoch sehr lang, so treten vermehrt Schwierigkeiten auf. Je länger die Sequenz wird, desto mehr Schwierigkeiten haben RNNs den Bezug zu den Anfangswerten der Sequenz zu behalten. Abhilfe schaffen hier die Long-Short-Term-Memory Networks (LSTM-Networks). LSTM-Networks sind speziell für die Verarbeitung von langen Sequenzen designt und nutzen unterschiedliche Strukturen, Gates genannt, die es ermöglichen Daten nach ihrer Wichtigkeit zu gewichten, zu speichern, zu vergleichen und zu filtern. [Singh 2020]

### 2.1.6.3 Transformer Networks

Ein zusätzlicher Nachteil von RNNs, der auch durch die Einführung von LSTM-Networks nicht behoben werden konnte, ist die Geschwindigkeit, mit der diese Netzwerke arbeiten. Bedingt durch ihren Aufbau brauchen diese Netze beim Training für große Sequenzen lange Berechnungszeiten, die nicht alleine durch zusätzliche Rechenpower beseitigt werden können. Dieses Problem kann jedoch mit den 2017 eingeführten Transformer Networks behoben werden. Dieser Typ von Neuronalen Netzwerken ermöglicht es die Berechnung von Daten auch über den Zeitraum einer Sequenz zu parallelisieren. Transformer Networks speichern die Reihenfolge der Daten in den Daten selbst und helfen somit dem Netzwerk zu lernen welche Rolle die Reihenfolge bei bestimmten Daten spielt.

Ein weiteres wichtiges Stichwort für die Funktion von Transformer Networks ist die sogenannte Attention. Die Attention ist ein Konzept, das auch schon in bestimmten RNNs Anwendung gefunden hat, in Transformer Networks jedoch weiter ausgebaut wurde. Durch die Attention kann das Netzwerk den Zusammenhang von Daten erkennen und somit eine Entscheidung über die richtige Reihenfolge der Daten anhand erlernter Regeln treffen. Ausgebaut wurde dieses Konzept durch die

Einführung von Self-Attention. Bei der Self-Attention lernt das Netzwerk nicht nur die richtige Reihenfolge der Daten, sondern auch deren Bedeutung im Bezug auf andere Daten. So kann ein auf Sprache trainiertes Netzwerk beispielsweise die Bedeutung von Worten anhand der umgebenden Worte verstehen und Synonyme lernen und nutzen. [Markowitz 2021]

## 2.2 Parametrisierung

Der Begriff Parametrisierung bezeichnet im Allgemeinen das Beschreiben eines Sachverhaltes mit Hilfe von Parametern. Im Sinne dieser Arbeit sind mit Parametern Einflussgrößen gemeint, die charakteristisch für Lichtstimmungsbilder sind und diese beschreiben. [Nordinghaus-Martin 2022]

Jeder Parameter soll einen definierten Wertebereich haben, in welchem dieser sich bewegen kann. Zur weiteren Verarbeitung sollen diese Wertebereiche eindimensional sein und somit entlang einer Linie verlaufen. Vereinfacht können diese Parameter somit als „Schieberegler“ verstanden werden.

## 2.3 Lichtstimmungsbilder

*„Grundsätzlich gleichen sich die Arbeitsschritte für die Gestaltung von Bildern mit Licht. Mit Scheinwerfern spiegeln und lenken wir das virtuelle Licht auf die Szenenfläche, um sie mit atmosphärischem Leben zu erfüllen.“* [Keller 1999, S. 179]

### 2.3.1 Definition

Das Lichtstimmungsbild beschreibt eine Momentaufnahme der Bühne oder des Raums, die einen bestimmten visuellen Eindruck erzeugen soll. Hierbei kann die zeitliche Dauer variieren. Ein Lichtstimmungsbild kann sowohl für eine komplette Theaterszene, einen gesamten Song oder die dauerhafte Beleuchtung eines Gebäudes stehen, aber auch nur für wenige Sekunden, zum Beispiel der Anfang des Refrains eines Songs.

Ursprünglich stammt der Begriff aus dem Theater. Hier wurde erstmals im 16. Jahrhundert Licht nicht mehr rein zur Erhellung der Bühne genutzt, sondern auch für separierte Beleuchtung der Kulisse und einfache Effekte wie Sterne und Blitze eingesetzt. Eine große technische Hürde war damals noch die geringe Lichtausbeute der eingesetzten Kerzen, Fackeln und Öllampen. [Keller 1999, S. 16] Im Laufe des 18. Jahrhunderts verhalfen der vermehrte Einsatz von Malerei im Bühnenbild und die Entwicklung besserer Öllampen dazu, dass erstmals differenzierte Lichtstimmungen wie Zwielight, Dämmerung und Finsternis erzeugt werden konnten. Schließlich führten die Erfindung von Gaslampen und dem elektrischen Licht im Zuge der technischen Industrialisierung im 19. Jahrhundert Werkzeuge ein, die es

ermöglichten, das Licht vielseitig und kreativ als Teil der Inszenierung einzusetzen und auch innerhalb eines Theaterstücks verschiedene Lichtstimmungsbilder zu erzeugen. [Keller 1999, S. 20]

Während in der Konzertbranche Licht anfangs noch keinen großen Stellenwert besaß und rein zum Aufhellen der Künstler eingesetzt wurde, entwickelte sich seit Mitte der 1960er Jahre auch hier Licht als ein bewusst eingesetztes Showelement. Als einer der großen Vorreiter gilt der Lichtdesigner Chip Monck, der für das Licht von Harry Belafonte verantwortlich war, welcher als einer der ersten Künstler sein eigenes Lichtequipment mitbrachte. [Greule 2021, S. 240] Heutzutage ist ein elementares Ziel einer Lichtshow im Konzertbereich die Musik zu unterstützen und mit Hilfe von passenden Lichtstimmungsbildern und Effekten Emotionen zu erzeugen und zu übertragen.

Ein großer Unterschied zwischen Lichtstimmungsbildern im Theater und im modernen Pop-/Rockkonzert ist die Beziehung zum Realismus. In Theaterinszenierungen ist es oft Ziel einen realistischen visuellen Eindruck zu erzeugen. So wird künstliches Licht verwendet, um reale Lichtquellen, wie die Sonne, den Mond oder eine Straßenlaterne zu imitieren. Beim Pop-/Rockkonzert ist das eher selten der Fall. Hier ist es üblicher die Lichteffekte zu „überspitzen“ und Lichtstimmungen zu nutzen, die beim Publikum Assoziationen mit Emotionen oder Bildern wecken. Christian Jooß-Bernau schreibt dazu:

*„Viele der kulturellen Codes, die ein Pop-Konzert in seiner Beleuchtung verwendet, hat die Pop-Kultur erst selber geschaffen. So verweisen Stroboskopblitze oder eine Spiegelkugel, rasche Farbwechsel oder Laserinstallationen nicht auf einen lange angelegten kulturellen Code, sondern entspringen einer jungen ästhetischen Entwicklung, deren Semantik nicht starr, sondern einer Bedeutungsfluktuation unterworfen ist.“* [Jooß-Bernau 2010, S. 31]

Für das Lichtstimmungsbild spielen neben den verschiedenen Eigenschaften des Lichts, wie Helligkeit und Farbe, auch das Setup der Lampen und der Raum eine Rolle. Auf diese Begriffe wird in den folgenden Abschnitten weiter eingegangen.

Ein alternativer Begriff für das Lichtstimmungsbild ist der „Look“.

### 2.3.2 Der Raum

Mit dem Raum ist zum Einen der architektonische Raum, aber auch weitergedacht die gesamte Umgebung gemeint, in der ein Lichtstimmungsbild auftritt. Als architektonischer Raum wird der Raum bestehend aus Wänden, Boden, Decke, Fenster etc. bezeichnet. Dieser kann im Theater oder Film eine große Rolle spielen, muss er aber nicht zwangsläufig. Der architektonische Raum kann der reale Raum, wie der Theatersaal, oder ein künstlicher Raum, erzeugt durch Kulisse, Bilder oder Projektion, sein.

Im Pop-/Rockkonzert spielt der architektonische Raum oft eine weniger wichtige Rolle. Hier ist die gesamte Umgebung, in der das Konzert stattfindet, eher von

Bedeutung. Eine Lichtshow kann anders wirken, abhängig davon, ob sie in einem kleinen Club, in einer großen Halle oder Open-Air in einem Stadion stattfindet. Gleichmaßen ändert die Größe des Publikums, das Vorhandensein von Tageslicht oder die Verwendung von Nebel oder Dunst als Medium zum Sichtbarmachen der Lichtstrahlen die Wirkung der Lichtshow und muss beim Erstellen der Lichtstimmungsbilder bedacht werden.

### 2.3.3 Das Setup

Das Setup der Scheinwerfer und Geräte ist ein entscheidender Faktor bei der Erstellung von Lichtstimmungsbildern. Zum Setup gehören die Anzahl der verwendeten Geräte, welche Geräte verwendet werden und wie diese im Raum verteilt sind.

#### 2.3.3.1 Lichtrichtungen

Ein wichtiger Schritt im Lichtdesign und der Planung des Setups sind die Lichtrichtungen, die genutzt werden sollen. Sie spielen eine entscheidende Rolle bei der Wahl von Art und Anzahl der Scheinwerfer sowie der Position der Geräte.

Verschiedene Lichtrichtungen haben sich mit der Zeit zur Beleuchtung von Personen und Objekten auf einer Bühne etabliert. Die gängigsten Lichtrichtungen werden im Folgenden näher betrachtet.

#### Vorderlicht

Das Vorderlicht ist die am häufigsten verwendete Lichtrichtung, wenn es um das Ausleuchten von Personen oder Objekten geht. Das Licht kommt in einem schrägen Winkel von oben, idealerweise zusätzlich in einem Winkel von ca.  $45^\circ$  von beiden Seiten. Das Vorderlicht bietet einen guten Kompromiss, um eine natürlich wirkende Ausleuchtung von Personen zu erzielen, ohne zu viel vom Hintergrund mit aufzuhellen. Die entstehenden Schatten sind relativ lang und können als störend empfunden werden. [Greule 2021, S. 226]



(a) Vorderlicht für eine Person



(b) Vorderlicht für eine Band

**Abbildung 2.2:** Beispiele für Vorderlicht

## Oberlicht und Toplicht

Das Oberlicht hat einen deutlich steileren Einfallswinkel als das Vorderlicht. [Greule 2021, S. 226] Hierdurch ist es möglich Personen und Objekte deutlicher vom Raum abzutrennen. Es bilden sich jedoch Schatten unter Gesichtern, die unnatürlich wirken können. [Bernstädt 2020]



(a) Oberlicht für eine Person



(b) Oberlicht für eine Band

**Abbildung 2.3:** Beispiele für Oberlicht

Eine besondere Form des Oberlichtes ist das Kopflicht, auch Toplicht genannt. Hier kommt das Licht direkt senkrecht von oben und kann Personen und Objekte perfekt im Raum separieren. Gesichter bleiben dabei jedoch meist dunkel und schwer erkennbar. [Greule 2021, S. 227]

Das Toplicht wird häufig auch genutzt, um Bühnenbereiche auszuleuchten und zum Beispiel mit Licht einzufärben, ohne dabei die umgebenden Wände oder Objekte zu treffen. (Siehe Abbildung 2.4 (b))



(a) Toplicht für eine Person



(b) Toplicht zur Einfärbung einer Bühne

**Abbildung 2.4:** Beispiele für Toplicht

## Hinterlicht, Gegenlicht und Kicker

Das Hinterlicht ist der Gegenpart zu dem Vorderlicht und fällt in einem schrägen Winkel von hinten oben auf die Person oder das Objekt. Kombiniert mit dem Vorderlicht hilft es der Raumwahrnehmung und hebt das beleuchtete Objekt oder die Person vom Hintergrund ab. Bei der Verwendung von Hinterlicht allein bleiben Personen von vorne dunkel. Es bilden sich Schatten in Richtung des Publikums. [Greule 2021, S. 227]

Bei Pop-/Rockkonzerten wird das Hinterlicht zusätzlich als Effekt genutzt. Hierbei wird das Licht Richtung Publikum gerichtet und dient nicht mehr alleine dem Zweck der Beleuchtung von Personen oder Objekten. Dies wird als „Audience-Look“ bezeichnet. [Greule 2021, S. 250] (Siehe Abbildung 2.5 (b))



(a) Hinterlicht für eine Person



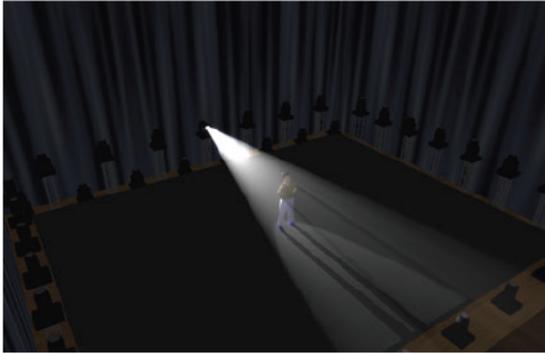
(b) Hinterlicht als Effekt bei einem Konzert

**Abbildung 2.5:** Beispiele für Hinterlicht

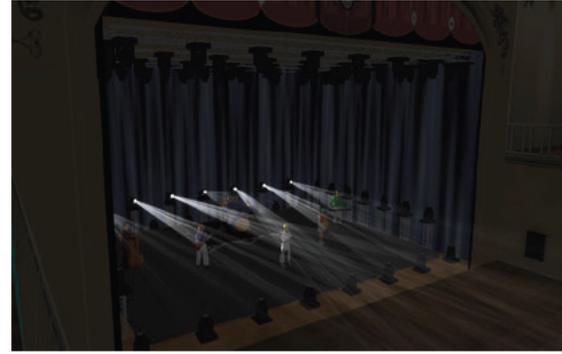
Wird der Scheinwerfer weit nach unten gezogen und befindet sich aus Sichtachse des Publikums direkt hinter einer Person oder einem Objekt, so spricht man von einem Gegenlicht. Das Gegenlicht erzeugt Silhouetten und macht es ohne zusätzliche Beleuchtung von vorne unmöglich, zum Beispiel das Gesicht einer Person zu erkennen. [Bernstädt 2020]

Eine Lichtquelle, die von hinten und unterhalb der Sichtachse leuchtet, wird als Kicker bezeichnet. Im Gegensatz zum Gegenlicht wirft ein Kicker keinen Schatten auf den Boden. [Greule 2021, S. 231]

Eine Abwandlung des Kickers wird oft bei Konzerten oder TV-Shows verwendet. Hier werden meist eng gebündelte Lichtstrahlen („Beams“) benutzt, um vom Boden in die Luft zu leuchten und die Bühne so größer wirken zu lassen. Es wird auch von einem „aufstrebenden Look“ gesprochen. [Greule 2021, S. 250] (Siehe Abbildung 2.7 (b))



(a) Gegenlicht für eine Person



(b) Gegenlicht für eine Band

**Abbildung 2.6:** Beispiele für Gegenlicht



(a) Kicker für eine Person



(b) Beam-Effekt bei einem Konzert

**Abbildung 2.7:** Beispiele für Kicker

### Seitenlicht und Gassenlicht

Als Seitenlicht wird ein Licht bezeichnet, das von schräg oben seitlich auf eine Person oder ein Objekt fällt. Es kann in Kombination mit Licht von vorne zusätzliche Plastizität erzeugen. [Greule 2021, S. 228]

Ähnlich wie das Toplicht wird auch das Seitenlicht auf Theaterbühnen und bei Konzerten genutzt, um der Bühne eine bestimmte Optik oder bestimmte Farbe zu geben. (Siehe Abbildung 2.8 (b))

Eine besondere Form des Seitenlichts ist das Gassenlicht. Beim Gassenlicht leuchten die Scheinwerfer in einem  $90^\circ$ -Winkel seitlich auf die Person oder das Objekt. Dadurch kann eine Beleuchtung erzielt werden, die keinen störenden Lichteffect und keine Schatten auf dem Boden erzeugt. [Bernstädt 2020] Das Gassenlicht wird häufig im Tanztheater und Ballett benutzt, um die Tanzenden von der Kulisse hervorzuheben. [Greule 2021, S. 229]



(a) Seitenlicht für eine Person



(b) Seitenlicht zur Beleuchtung einer Konzertbühne

**Abbildung 2.8:** Beispiele für Seitenlicht



(a) Gassenlicht für eine Person



(b) Unterschiedlich farbiges Gassenlicht bei einem Konzert

**Abbildung 2.9:** Beispiele für Gassenlicht

### Rampenlicht

Die Scheinwerfer für das Rampenlicht befinden sich an der vorderen Bühnenkante und beleuchten somit von vorne unten die Person oder das Objekt. Das erzeugt einen unnatürlichen „verkehrt“ wirkenden Effekt, da es entgegen der natürlichen Lichtrichtung der Sonne scheint. Das kann für besondere Aufmerksamkeit beim Publikum sorgen. [Greule 2021, S. 229]

Das Rampenlicht wurde vor allem in der frühen Zeit der Theaterbeleuchtung häufig verwendet, da es die einfachste Möglichkeit war, um viel Licht nah an die Akteure zu bekommen. [Keller 1999, S. 16]



(a) Rampenlicht für eine Person



(b) Rampenlicht für eine Band

**Abbildung 2.10:** Beispiele für Rampenlicht

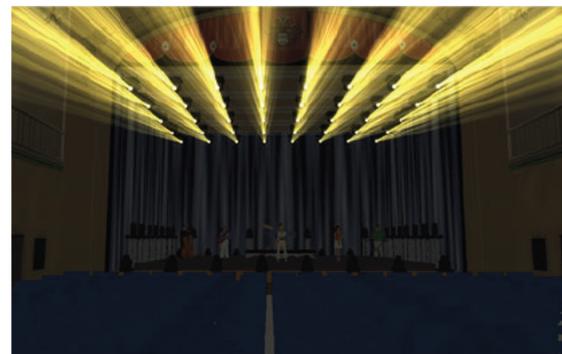
### Weitere spezielle Lichtrichtungen

Vor allem im Pop-/Rockkonzert und bei TV-Shows haben sich noch weitere spezielle Lichtrichtungen etabliert. Zu nennen sind hier beispielsweise der „Fächer-Look“, bei dem gebündelte Lichtstrahlen gruppiert und aufgefächert vom Boden Richtung Decke/Himmel oder vom Dach Richtung Boden geleuchtet werden. [Greule 2021, S. 250] (Siehe Abbildung 2.11 (a))

Ein weiteres Beispiel ist der „Roof-Look“. Hier werden Lichtstrahlen von Scheinwerfern aus dem Bühnendach genutzt, um parallel zu diesem zu leuchten. Es entsteht der Eindruck einer „Decke aus Licht“. Das führt zu einem die Bühne einrahmenden Effekt. [Greule 2021, S. 250] (Siehe Abbildung 2.11 (b))



(a) Ein Fächer-Look

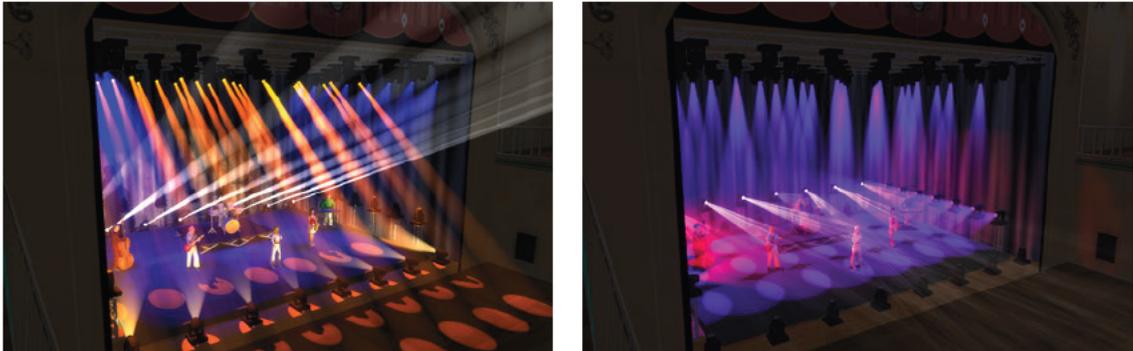


(b) Ein Roof-Look

**Abbildung 2.11:** Zwei Beispiele für spezielle Lichtrichtungen bei einem Konzert

### Kombination verschiedener Lichtrichtungen

In den meisten Anwendungsfällen wird nicht eine einzelne Lichtrichtung für die Beleuchtung genutzt, sondern eine Kombination aus verschiedenen. Hierbei können je nach gewünschtem Look auch verschiedene Farben und Effekte je Richtung verwendet werden. Die Abbildung 2.12 zeigt zwei Beispiele für Lichtstimmungsbilder durch die Kombination von unterschiedlichen Lichtrichtungen und Effekten.



(a) Kombination aus Rampenlicht, Hinterlicht, Seitenlicht und Kicker  
(b) Kombination aus Gassenlicht, Toplight und Gegenlicht

**Abbildung 2.12:** Beispiele für die Kombination von Lichtrichtungen zur Erstellung von Lichtstimmungsbildern

#### 2.3.3.2 Verschiedene Arten von Scheinwerfern

Mittlerweile gibt es auf dem Markt unzählige Möglichkeiten bei der Auswahl der richtigen Scheinwerfer und Mittel zur Bühnenbeleuchtung. Im Folgenden werden die wichtigsten Arten von Scheinwerfern aufgezählt und kurz erläutert.

##### Konventionelle Scheinwerfer

Die konventionellen Scheinwerfer sind die am wenigsten komplexen Geräte. Hierzu zählen einfache Linsenscheinwerfer, wie Stufenlinsen-Scheinwerfer, Plankonvex-Scheinwerfer, Parabolspiegel-Scheinwerfer oder Profil-Scheinwerfer. Die Lichtquellen können Glühlicht, Halogen, Entladungslampen oder mittlerweile überwiegend LED-Leuchtmittel sein. [Greil und Lorenz 2019, S. 31]

Wird von „Konventionellem Licht“ gesprochen, so ist oft Glühlicht oder Halogen als Lichtquelle gemeint.

Der erste Scheinwerfertyp, der im Musikbereich im großen Stil eingesetzt wurde, ist der Parabolspiegel-Scheinwerfer oder kurz PAR-Scheinwerfer (*parabolic aluminized reflector*). Hierbei handelt es sich um ein einfaches Leuchtmittel, das zusammen mit dem Reflektor und der Linse eine Einheit bildet und in einem einfachen Alu-

miniumgehäuse sitzt. PAR-Scheinwerfer sind besonders kostengünstig und können daher in großer Anzahl eingesetzt werden. [Greil und Lorenz 2019, S. 22]



(a) PAR-Scheinwerfer [LTT 2022a]



(b) PAR64-Leuchtmittel. Die 64 steht für die Größe des Durchmessers in 1/8-Zoll [LTT 2022b]

**Abbildung 2.13:** PAR-Scheinwerfer

Fluter sind ein weiterer Scheinwerfertyp, der besonders einfach und kostengünstig ist. Sie bestehen oft nur aus einem Gehäuse, einem Leuchtmittel und einem Reflektor und verzichten auf komplexe Optiken und Linsen. Fluter werden meist dort eingesetzt, wo große Flächen ohne Rücksicht auf Streulichteffekte ausgeleuchtet werden sollen. [Greule 2021, S. 152]

Eine besondere Form des Fluters ist der Blinder. Blinder werden oft bei Konzerten benutzt, um das Publikum zu beleuchten oder zu blenden. Sie bestehen je nach Bauform aus 2, 4 oder 8 einzelnen Leuchtmitteln in einem simplen Gehäuse. [Greule 2021, S. 154]



(a) Einfacher Halogenfluter [Fink 2020]



(b) LED-Fluter [LMP 2022]



(c) 8er-Blinder [Highlite 2022]

**Abbildung 2.14:** Verschiedene Arten von Flutern

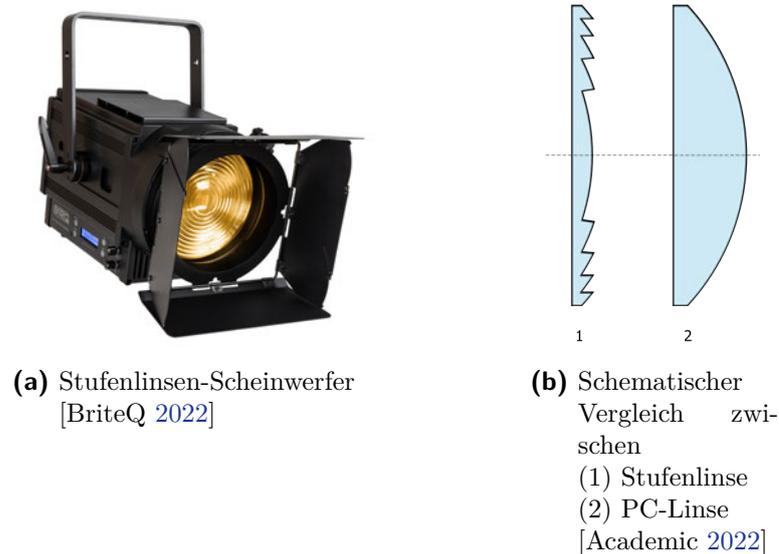
Als nächstes sollen die Linsenscheinwerfer mit komplexerer Optik betrachtet werden. Hierbei wird grundsätzlich zwischen Stufenlinsen-Scheinwerfern, Plankonvex-

Scheinwerfern und Profil-Scheinwerfern unterschieden.

Stufenlinsen-Scheinwerfer werden auch Fresnel-Scheinwerfer genannt. Sie besitzen ein meist auf einem Schlitten bewegliches Leuchtmittel im Gehäuse und eine in Stufen angeordnete Linse (siehe Abbildung 2.15 (b)). Durch die Variation des Abstandes zwischen Leuchtmittel und Linse kann der Abstrahlwinkel des Scheinwerfers angepasst werden. [Greil und Lorenz 2019, S. 25]

Plankonvex-Scheinwerfer, kurz auch PC-Scheinwerfer genannt, haben einen ähnlichen Aufbau wie die Stufenlinsen-Scheinwerfer. Hier unterscheidet sich lediglich die Linse, die eine plankonvexe Form aufweist. Diese Linsen sind teurer in der Herstellung und deutlich schwerer als die Stufenlinsen, haben aber eine bessere Abbildungsqualität. [Greil und Lorenz 2019, S. 26]

Sowohl Stufenlinsen- als auch Plankonvex-Scheinwerfer zeichnen weiche Lichtkanten aus. Diese Scheinwerfer eignen sich besonders gut zur Ausleuchtung von Flächen. [Greule 2021, S. 159]



**Abbildung 2.15:** Einfache Linsenscheinwerfer

Der letzte Typ der Linsenscheinwerfer ist der Profil-Scheinwerfer. Diese Scheinwerfer besitzen ein optisches System bestehend aus mehreren Linsen, durch das sie klar definierte scharfe Lichtkanten erzeugen können. Bei Profil-Scheinwerfern ist das Leuchtmittel starr, jedoch können die Linsen bewegt werden, um so den Abstrahlwinkel anzupassen und den Lichtkegel zu fokussieren. [Greil und Lorenz 2019, S. 27]

Eine besondere Bauform des Profil-Scheinwerfers ist der Verfolger-Scheinwerfer. Diese Scheinwerfer werden genutzt um Akteure auf der Bühne manuell mit einem Lichtkegel zu verfolgen. Sie sind auf optimale manuelle Bedienbarkeit und große Distanzen ausgelegt. [Greule 2021, S. 160]



(a) Profil-Scheinwerfer *Source Four* der Firma ETC [ETC 2022]



(b) Verfolger-Scheinwerfer des Typs *Super Trouper* [Strong-Lighting 2022]

**Abbildung 2.16:** Verschiedene Profil-Scheinwerfer

### Movinglights

Während die konventionellen Scheinwerfer starr sind und im Vorfeld manuell eingeleuchtet werden müssen, zeichnet die Movinglights ihre durch verschiedene Motoren erzielte Beweglichkeit und Vielseitigkeit aus. Obwohl Movinglights meist deutlich kostspieliger sind, lösen sie mittlerweile in vielen Bereichen die konventionellen Geräte ab. Ein Grund ist ihre Flexibilität und der oft große Funktionsumfang, auf den im Abschnitt 2.3.4 weiter eingegangen wird. Als Leuchtmittel dienen Entladungslampen oder LED. Weitere Leuchtmittel, wie Halogen, sind nur in seltenen Einzelfällen zu finden. Die meisten Movinglights können grob in vier Kategorien eingeteilt werden: Scanner, Spot-/Profil-Movingheads, Wash-Movingheads und Beam-Movingheads.

Scanner sind die bautechnisch einfachsten Movinglights. Bei diesen Geräten handelt es sich um fest montierte Scheinwerfer, die nach der abbildenden Linse einen beweglichen Spiegel nutzen, um das Licht in die gewünschte Richtung zu lenken. Scanner können den Lichtstrahl sehr schnell im Raum bewegen und haben eine geringe Einbauhöhe. Daher eignen sie sich besonders für Räume mit niedriger Deckenhöhe, wie Clubs und Diskotheken. [Greule 2021, S. 162–163] Der Nachteil ist jedoch, dass durch den verwendeten Spiegel ein größerer Anteil der Helligkeit verloren geht als bei den anderen Movinglights und dass der Bewegungsradius des Lichtstrahls und der Abstrahlwinkel eingeschränkter sind. [Zoellner 2021]

Spot-/Profil-Movingheads sind die Kategorie, die meist den größten Funktionsumfang bieten. Diese Movinglights sind mit einer plankonvexen Linse ausgestattet und haben ein optisches System ähnlich dem des Profil-Scheinwerfers. Genau wie dieser haben sie die Möglichkeit scharfe Lichtkanten zu erzeugen. [Greule 2021, S. 163–165] Im Gegensatz zum Scanner bewegt sich hier der gesamte Lampenkopf



**Abbildung 2.17:** Scanner [ROBE 2022b]

samt Leuchtmittel, optischem System und allem, was dazwischen liegt. Das führt zu einem deutlich größeren Bewegungsbereich des Scheinwerfers.



**Abbildung 2.18:** Spot-Movinghead [podiumtechnik 2022]

Wash-Movingheads sind die beweglichen Verwandten der Stufenlinsen- und Plankonvex-Scheinwerfer. Sie zeichnen weiche Lichtkanten aus. Damit sind sie besonders für die Ausleuchtung von Flächen gut geeignet. Zwei unterschiedliche Bauformen haben sich bei Wash-Movingheads in den letzten Jahren etabliert. Die erste Variante ähnelt optisch stark dem Spot-/Profil-Movinghead, unterscheidet sich aber im optischen System und Funktionsumfang. Die zweite Variante verzichtet auf eine zentrale Optik und setzt auf viele einzelne LEDs mit eigenen Linsen. [Greule 2021, S. 165–166] (Siehe Abbildung 2.19)

Die vierte Kategorie der Movinglights sind die Beam-Movingheads. Diese Scheinwerfer weisen große Ähnlichkeit mit den Spot-/Profil-Movingheads auf, unterscheiden sich aber im Anwendungsbereich. Beam-Movingheads können in der Regel sehr enge und helle Lichtstrahlen erzeugen und werden bei großen Shows in oft großer Stückzahl im Gegenlicht verwendet. [Greule 2021, S. 167] Sie sind das optimale Werkzeug für zum Beispiel die Erstellung von Fächer-Looks. (Siehe 2.3.3.1)



(a) Wash-Movinghead mit zentraler Optik [ROBE 2022a]



(b) Wash-Movinghead mit einzelnen LEDs. Jede LED nutzt eine eigene Optik [ROBE 2022c]

**Abbildung 2.19:** Verschiedene Wash-Movingheads



**Abbildung 2.20:** Beam-Movinghead [prolight 2022]

### Effekt-Scheinwerfer

Neben den oben genannten konventionellen Scheinwerfern und Movinglights gibt es noch eine Vielzahl unterschiedlicher Effekt-Scheinwerfer. Hier kommen regelmäßig neue Geräte auf den Markt, die neue Funktionen besitzen oder bekannte Funktionen neu kombinieren und erweitern. Durch die große Menge an verschiedenen Modellen ist eine vollständige Auflistung schwierig.

Als ein besonderer Effekt-Scheinwerfer, der sich schon früh etabliert hat, soll jedoch das Stroboskop genannt werden. Das Stroboskop dient dazu in regelbarer Geschwindigkeit kurze sehr helle Lichtblitze zu erzeugen. Erzielt wird dieser Effekt klassisch durch Xenon-Leuchtmittel, mittlerweile jedoch auch vermehrt mit LEDs. [Greule 2021, S. 161]



**Abbildung 2.21:** Stroboskop mit Xenon-Leuchtmittel [Martin 2022]

### Sonstige Lichtquellen

Scheinwerfer sind nur ein Mittel der Lichtgestaltung auf Bühnen. Weitere Lichtquellen, die Verwendung finden, sind Projektionen und LED-Wände, die das Lichtstimmungsbild um Video-Content und Video-Effekte ergänzen, sowie Pyrotechnik.

### 2.3.4 Die Funktionen von Scheinwerfern

In diesem Abschnitt sollen die gängigsten Funktionen von modernen Scheinwerfern kurz erklärt werden. Genau wie das Angebot an verschiedensten Geräten, ändert sich auch der Funktionsumfang neuer Scheinwerfer regelmäßig. Ein paar Funktionen haben sich aber besonders etabliert und sind in den meisten Multifunktions-Scheinwerfern wiederzufinden.

#### 2.3.4.1 Intensität

Die Intensität ist die grundlegendste aller Funktionen und beschreibt, wie hell der Scheinwerfer leuchtet. Die Intensität kann unterschiedlich geregelt werden. Glühlampen, Halogen und LEDs können in der Regel elektronisch gedimmt werden. Bei Scheinwerfern mit Entladungslampen kommen oft mechanische Dimmer zum Einsatz.

#### 2.3.4.2 Farbe

Die zweite Funktion ist die Farbe. Hier kommen je nach Scheinwerfer-Typ additive (LED) oder subtraktive (Glühlampe, Halogen, Entladungslampe) Farbmischungen zum Einsatz. Bei einfachen konventionellen Scheinwerfern kann eine Änderung der Farbe durch den Einsatz von Farbfolien erreicht werden. Komplexere Scheinwerfer, wie die meisten Movinglights, besitzen eine eingebaute Farbmischung, die entweder eine Auswahl an Festfarben bietet oder mittels steuerbarer Farbscheiben auch das Mischen beliebiger Farben ermöglicht.

### 2.3.4.3 Position

Bei Movinglights kommt die Position als weitere steuerbare Funktion hinzu. Die Position von Scheinwerfern wird mit zwei Steuerparametern angegeben. Die Pan-Bewegung beschreibt die Drehung des Lampenkopfes, die Tilt-Bewegung beschreibt die Neigung des Lampenkopfes. Die Bewegung der Lampe sind in der Regel auf eine bestimmte Gradzahl begrenzt, einige spezielle Effekt-Scheinwerfer bieten aber auch die Möglichkeit einer Endlos-Rotation in der Pan- und/oder Tilt-Bewegung.

### 2.3.4.4 Abstrahlwinkel

Der Abstrahlwinkel beschreibt den Winkel, mit dem der Lichtstrahl aus der Linse des Scheinwerfers austritt. Bei vielen konventionellen Scheinwerfern kann der Abstrahlwinkel manuell verändert werden. Movinglights bieten oft die Möglichkeit den Abstrahlwinkel motorisch und so auch während der Show zu verändern. Der Abstrahlwinkel wird oft auch als Zoom bezeichnet.

Bei Scheinwerfern mit komplexeren optischen Systemen kann zusätzlich noch die Fokusebene des Scheinwerfer angepasst werden. Die Fokusebene beschreibt, in welchem Abstand des Scheinwerfers das Licht scharf erscheint. So kann zum Beispiel ein Gobo durch Variation der Fokusebene scharf oder unscharf dargestellt werden.

### 2.3.4.5 Gobo

Gobo steht für „Graphical optical blackout“ und beschreibt kleine Schablonen aus Metall oder Glas, die in den Strahlengang des Scheinwerfers eingeführt werden. Gobos maskieren somit den Lichtstrahl und ermöglichen so die Darstellung von verschiedenen Mustern. (Siehe Abbildung 2.22)



**Abbildung 2.22:** Gobo-Look auf einer Bühne

Die Funktionsweise ist ähnlich wie bei einem Diaprojektor. [Allbuyone 2016] Gobos benötigen ein komplexeres optisches System, da sie sich in der Abbildungsebene zwischen verschiedenen Linsen befinden müssen. Daher sind Gobos nur bei Profil-Scheinwerfern und Spot-/Profil-Movingheads sowie einigen Beam-Movingheads und Scannern zu finden. Movinglights bieten zudem oft die Möglichkeit die Gobos endlos rotieren zu lassen und somit einen bewegten Effekt im Lichtstrahl zu erzeugen.

### 2.3.4.6 Beam

Mit Beam sind eine Vielzahl an weiteren Funktionen zusammengefasst, die im Strahlengang des Scheinwerfers stattfinden.

Durch den Einsatz von Torblenden oder Blendenschiebern kann das aus dem Scheinwerfer austretende Licht an verschiedenen Seiten begrenzt werden und somit gezielt nur bestimmte Flächen beleuchtet werden. Eine Iris kann zusätzlich verwendet werden, um den Lichtstrahl rundherum zu begrenzen und somit enger/kleiner zu machen.

Viele Movinglights bieten die Möglichkeit ein Prisma in den Strahlengang des Scheinwerfers einzuführen. Das Prisma führt dazu, dass sich der Lichtstrahl in mehrere kleine Lichtstrahlen aufbricht, die in unterschiedlichem Winkel aus dem Gerät austreten. Die Anzahl dieser Lichtstrahlen wird durch den Aufbau des Prismas und der Anzahl der verwendeten Prisma-Facetten bestimmt.

Durch die Verwendung eines Frostfilters kann das gesamte austretende Licht weicher gemacht werden. Je nach Stärke des Frostfilters führt das zu einer leichten Unschärfe der Kanten (zum Beispiel auch bei verwendeten Gobos) oder zu einem starken verwaschen des Lichtkegels, ähnlich dem Einsatz einer Fresnel-Linse.

Die letzte Funktion, die hier betrachtet werden soll, ist der Shutter. Der Shutter kann ein mechanisches Bauteil des Scheinwerfers sein oder elektronisch simuliert werden. Der mechanische Shutter ist eine Blechscheibe, die sich vor den Strahlengang schiebt und somit den Austritt des Lichtes unterbindet. Durch schnelles Öffnen und Schließen des Shutters kann ein Effekt ähnlich dem eines Stroboskops erzeugt werden.

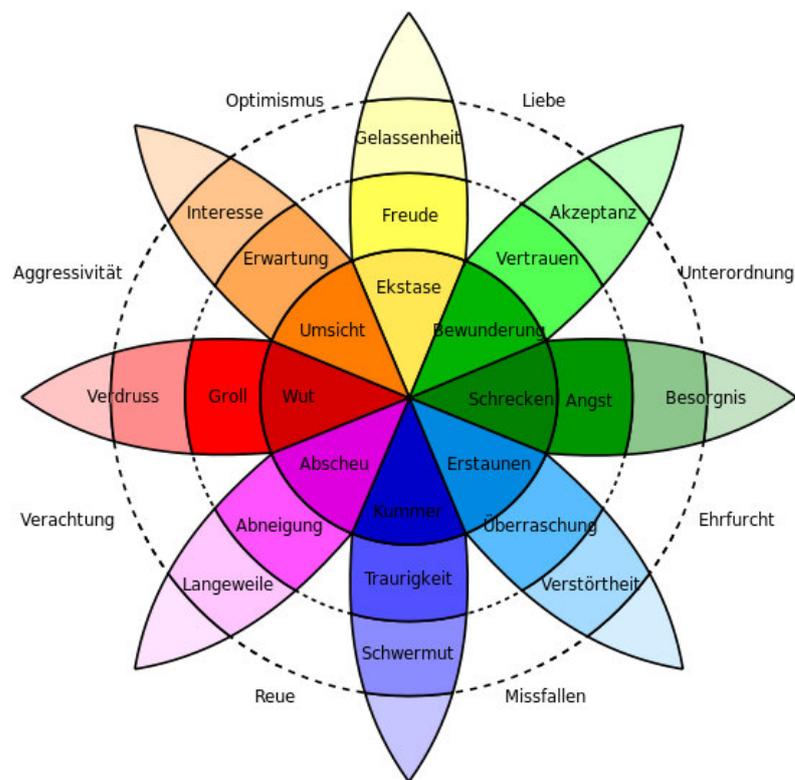
## 2.4 Emotionen

Emotionen beschreiben die innere Empfindung und die daraus resultierende Reaktion. Emotionen bestehen aus einer Kombination von physiologischen Reaktionen, Gefühlen und kognitiven Prozessen. Gefühle sind somit nur ein Teil von Emotionen und begrifflich nicht mit diesen gleichzusetzen. Zu physiologischen Reaktionen gehören zum Beispiel Lachen, Weinen oder das Bekommen einer Gänsehaut. Gefühle können beispielsweise Freude, Wut oder Angst sein. Die kognitiven Prozesse sind Denkprozesse, wie das Treffen von Entscheidungen oder das Interpretieren der Geschehnisse. [Maier u. a. 2018]

Es gibt unterschiedliche Theorien über die Entstehung und Klassifizierung von

Emotionen. Eine der bekannteren Theorien ist die Emotionstheorie des amerikanischen Psychologen Robert Plutchik. Laut Plutchik haben Emotionen eine genetische Grundlage und lassen sich in acht primäre Emotionen einteilen. Alle weiteren Emotionen beschreibt er als Mischung oder Kombination der primären Emotionen. [Knipprath 2021]

Abbildung 2.23 zeigt eine schematische Darstellung der Emotionen nach Robert Plutchik. Das Modell besteht aus acht verschiedenen Zacken. In der Mitte befinden sich die Basisemotionen in ihrer intensivsten Form. Weiter nach außen nimmt die Intensität der jeweiligen Emotion ab. Benachbarte Zacken sind sich am ähnlichsten, während gegenüberliegende Zacken gegensätzliche Emotionen darstellen. Die Begriffe zwischen den Zacken beschreiben Emotionen, die laut Plutchik durch die Kombination der umgebenden Basisemotionen entstehen. [Knipprath 2021]



**Abbildung 2.23:** Rad der Emotionen nach Robert Plutchik [Metoaster 2012]

Emotionen können durch Licht hervorgerufen werden. Das kann beabsichtigt oder unbeabsichtigt passieren. Katrin Blawat schreibt dazu:

*„Licht ist mehr als Helligkeit: Es macht uns glücklich oder traurig, es stresst und beruhigt. Licht ist ein Mittel, unsere Psyche zu steuern, und es beeinflusst unsere Gesundheit. Ärzte und Ingenieure träumen von einer Welt, in der richtige Lampen Kranke heilen - und müde Schüler munter machen.“* [Blawat 2008]

Im Lichtdesign werden Lichtstimmungsbilder oft mit der Intention kreiert bestimmte Emotionen hervorzurufen. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass Emotionen immer individuell sind und dass das gleiche Bild und zum Beispiel die Verwendung einer bestimmten Farbe unterschiedliche Reaktionen bei verschiedenen Personen hervorrufen kann. Hier sind vor allem persönliche Erfahrungen und Erlebnisse sowie die eigene Wahrnehmung von Bedeutung. [Keller 1999, S. 38]

Auch kann die kulturelle Herkunft des Publikums eine Rolle bei der Empfindung bestimmter Eindrücke spielen. So werden warme Farben und warmweißes Licht oft von Menschen aus kälteren oder gemäßigten Zonen der Erde als angenehm und gemütlich empfunden, während Menschen aus sehr warmen Zonen oft kalte Farben und kaltweißes Licht bevorzugen.

## 3 Analyse

Es soll analysiert werden, ob und wie sich ein Lichtstimmungsbild in Parametern ausdrücken lässt. Hierbei ist wichtig, dass die Parameter das Bild auf einer Metaebene beschreiben und sich somit von spezifischen verwendeten Geräten lösen. Außerdem soll auf Basis von Musikbeispielen von verschiedenen Emotionen nach Regelmäßigkeiten bei der Gestaltung von Lichtstimmungsbildern gesucht werden.

### 3.1 Motivation

Um einem Neuronalen Netzwerk das Lernen mit bestimmten Daten zu ermöglichen ist es notwendig, dass diese Daten als Metadaten vorliegen. Im Falle der Lichtstimmungsbilder sollen diese Daten musikbegleitende Lichtshows mit zugeordneten Emotionen sein. Dazu sollen Beispiele zu verschiedenen Emotionen betrachtet und von Hand analysiert werden, um Trainingsdaten für das Neuronale Netzwerk zu erzeugen. Es handelt sich somit um ein Prinzip des Supervised Learnings. Das trainierte Netzwerk soll dann anhand der gelernten Daten Vorschläge auf Basis der Eingabe einer gewünschten Emotion erzeugen oder neue Beispiele analysieren und kategorisieren.

Lichtstimmungsbilder können sehr unterschiedlich sein und sind unter anderem stark abhängig von dem Lampensetup und den verwendeten Geräten. Auch der Raum selber kann den Look beeinflussen. Ziel ist es somit eine Beschreibung zu finden, die unterschiedliche Lichtstimmungsbilder gleichermaßen abdecken kann. In dieser Analyse wird sich dabei auf klassische Konzert-/Festival-Bühnen beschränkt.

### 3.2 Wahl der Parameter

Bei der Wahl der Parameter sind bestimmte Punkte zu beachten. So müssen die Parameter möglichst eindeutig sein. Die Analyse eines Lichtstimmungsbilds sollte bei unterschiedlichen Personen zu gleichen oder zumindest sehr ähnlichen Ergebnissen führen. Um die Daten für das Neuronale Netzwerk verständlich zu machen, sollten sie in einem eindeutigen und konsistenten Format vorliegen. Die Anzahl der Parameter sollte so klein wie möglich gehalten werden, um den Rechenaufwand eines Neuronalen Netzwerks gering zu halten, aber groß genug, um die Lichtstimmungsbilder ausreichend beschreiben zu können.

Als Format werden eindimensionale Parameter gewählt, die jeweils einen Bereich zwischen 0 und 1 abbilden.

Anhand der in Abschnitt 2.3.4 beschriebenen Scheinwerferfunktionen werden die nun folgenden Parameter aufgestellt. Dabei gelten die Parameter immer für die gesamte Bühne. Betrachtet wird das Effekt- und Dekolicht auf der Bühne. Die zweckmäßige Ausleuchtung von Personen (auch als Weißlicht bezeichnet) wird nicht für die Einordnung in die Parameter verwendet. Ausnahme bilden hier Lichtstimmungsbilder, bei denen die Personenbeleuchtung ein wichtiges gestalterisches Merkmal der Szene bildet. Ein Beispiel wäre eine Szene, in der ein Künstler oder eine Künstlerin nur von einem Spotlight beleuchtet wird und die restliche Bühne dunkel ist.

#### **3.2.1 Intensität**

Die Intensität gibt die Helligkeit der einzelnen Scheinwerfer an. Um das gesamte Lichtstimmungsbild zu beschreiben werden jedoch nicht die einzelnen Geräte betrachtet, sondern die Helligkeit auf der gesamten Bühne. Diese wird mit den zwei Parametern Helligkeitseindruck und Helligkeitskontrast beschrieben.

##### **3.2.1.1 Helligkeitseindruck**

Der Helligkeitseindruck gibt an, wie hell die Bühne visuell wirkt. Hierbei spielen physikalische Lichtwerte weniger eine Rolle, sondern der visuelle Eindruck. Dieser Eindruck kann sich bei gleicher Helligkeit der Bühne zum Beispiel je nach Umgebungshelligkeit unterscheiden.

Ein Wert von 0 entspricht hierbei einer sehr dunklen Bühne, auf der (fast) nichts mehr zu sehen ist. Der Wert 1 beschreibt eine visuell sehr helle Bühne.

##### **3.2.1.2 Helligkeitskontrast**

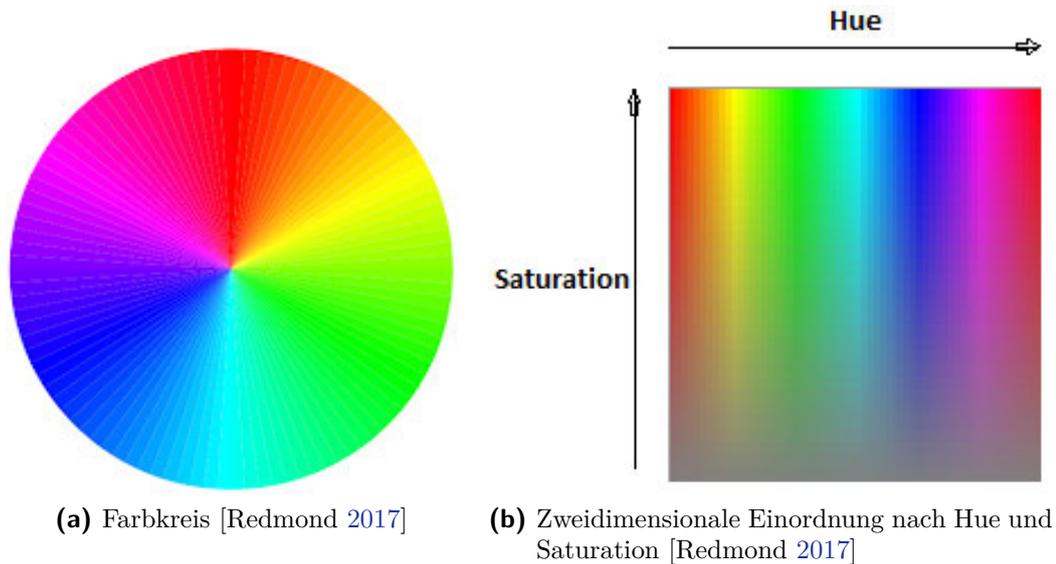
Mit dem Helligkeitskontrast werden Helligkeitsunterschiede innerhalb der Bühne beschrieben. Ein Wert von 0 entspricht einem minimalen Kontrast und damit einer Bühne, die auf der ganzen Fläche homogen die gleiche Helligkeit hat. Der Wert 1 beschreibt den maximalen Kontrast innerhalb der Bühne. Der Kontrast ist hoch, wenn innerhalb der Bühne große Helligkeitsunterschiede zu finden sind, also sich vergleichsweise helle mit vergleichsweise dunklen Stellen abwechseln.

#### **3.2.2 Farbe**

Die Parameter zur Farbe beschreiben ebenfalls den gesamten Eindruck der Bühne. Die Menge an verschiedenen Farben kann sehr unterschiedlich sein und kann sich auf eine beschränken oder auch sehr viele darstellen. Im Rahmen dieser Analyse werden Weißtöne ebenfalls als Farben gezählt und nach Neutralweiß, Kaltweiß und Warmweiß unterschieden. In den meisten Beispielen von musikbegleitenden Lichtshows werden zwei bis drei Farben gleichzeitig verwendet. Daher beschreiben die Parameter zwei Farben mit jeweils zwei Parametern genau und decken den Fall von mehr Farben mit dem zusätzlichen Parameter der Farbhomogenität ab. Die Farbe wird somit mit fünf Parametern beschrieben.

### 3.2.2.1 Farbe Primär

Mit den ersten beiden Parametern wird die primäre Farbe beschrieben. Die primäre Farbe ist die Farbe, die in dem betrachteten Lichtstimmungsbild visuell am dominantesten ist. Beschrieben wird die Farbe nach dem HS-System (Hue und Saturation) mit zwei Parametern. (Siehe Abbildung 3.1)



**Abbildung 3.1:** Das HS-System

#### Hue

Der Hue-Wert entspricht dem Farbton und wird üblicherweise in Form eines Farbkreises und damit in einem Bereich zwischen 0 und 360 beschrieben. (Siehe Abbildung 3.1 (a)) Um diese Werte in den Bereich von 0 bis 1 zu transferieren wird der Hue-Wert jeweils durch 360 geteilt.

#### Saturation

Der Saturation-Wert gibt die Sättigung der Farbe an. Da dieser Wert üblicherweise von 0 bis 100 angegeben wird, wird der Wert durch 100 geteilt, um wieder in den Bereich von 0 bis 1 zu gelangen.

### 3.2.2.2 Farbe Sekundär

Mit den nächsten beiden Parametern wird die sekundäre Farbe beschrieben. Die sekundäre Farbe beschreibt die visuell zweit-dominanteste Farbe. Werden mehrere Farben verwendet und sind absolut gleichwertig, so wird eine dieser Farben zufällig gewählt. Findet im gesamten Lichtstimmungsbild nur eine Farbe Verwendung, so entsprechen die Parameterwerte der sekundären Farbe den Werten der primären

Farbe. Die sekundäre Farbe wird, wie die primäre Farbe, durch Hue und Saturation bestimmt.

#### **Hue**

Der Hue-Wert entspricht dem Farbton und wird üblicherweise in Form eines Farbkreises und damit in einem Bereich zwischen 0 und 360 beschrieben. (Siehe Abbildung 3.1 (a)) Um diese Werte in den Bereich von 0 bis 1 zu transferieren wird der Hue-Wert jeweils durch 360 geteilt.

#### **Saturation**

Der Saturation-Wert gibt die Sättigung der Farbe an. Da dieser Wert üblicherweise von 0 bis 100 angegeben wird, wird der Wert durch 100 geteilt, um wieder in den Bereich von 0 bis 1 zu gelangen.

#### **3.2.2.3 Farbhomogenität**

Die Farbhomogenität beschreibt die Gesamtheit der verwendeten Farben und gibt somit an wie „bunt“ das Lichtstimmungsbild ist. Der Wert gibt die Menge der verwendeten Farben und die Abweichung von den bestimmten sekundären und primären Farben an. Der Wert von 1 entspricht der maximalen Homogenität und wird dann verwendet, wenn nur die primäre und sekundäre Farbe verwendet wird und keine weitere. Der Wert 0 gibt die minimale Homogenität an. Diese wird erreicht, wenn das Bild maximal bunt ist. Zum Beispiel bei der Verwendung eines Regenbogen-Farbeffektes. Weichen die Farben nur leicht von den zuvor gewählten Farben ab, so ist die Homogenität tendenziell höher. Weichen sie stark ab und gibt es viele unterschiedliche Farben, so ist die Homogenität tendenziell niedriger.

#### **3.2.3 Position**

Bei der Position geht es weniger um die Positionsbewegung der einzelnen Scheinwerfer, sondern eher um die Position der Scheinwerfer auf der Bühne und daraus resultierend die Lichtrichtungen im Lichtstimmungsbild. Da Scheinwerfer prinzipiell überall im Bühnen- und Zuschauerraum positioniert sein können, sowohl im Dach, auf dem Boden oder an den Wänden der Bühne, ergibt sich eine sehr große Anzahl an möglichen Lichtrichtungen, die in einem dreidimensionalen Raum angeordnet sind. Diese Lichtrichtungen sind schwer in einem eindimensionalen Parameter auszudrücken. Daher werden die sieben häufigsten Lichtrichtungen im Konzertbereich benannt und der jeweilige Anteil dieser Lichtrichtung in je einem Parameter ausgedrückt (Erklärung von Lichtrichtungen in Abschnitt 2.3.3.1). Dabei ist der Anteil nicht prozentual zu allen Lichtrichtungen zu sehen, sondern beschreibt, wie prägnant der Eindruck der jeweiligen Richtung im Bezug auf das vorhandene Bühnenbild und das Lampensetup ist. Somit ist auch ein maximaler Wert von 1 bei mehreren Lichtrichtungen möglich.

Zusätzlich wird ein Parameter eingeführt, der die Bildgröße beschreibt und somit einen Aufschluss über die Verteilung und Richtung des Lichts auf der Bühne gibt. Es ergeben sich acht Parameter für die Beschreibung der Position und Lichtrichtung.

#### **3.2.3.1 Anteil Vorderlicht**

Zu dem Parameter Vorderlicht zählt im Allgemeinen jegliches Licht, das von der Bühnenvorderkante oder dem Publikumsraum auf die Bühne leuchtet. Hierbei ist es wichtig zu beachten, dass das zweckmäßige Personen-/Weißlicht zur Ausleuchtung der Akteure oder der Bühne nicht beachtet wird.

#### **3.2.3.2 Anteil Toplicht**

Zum Toplicht zählen alle Scheinwerfer, die direkt von oben oder im Sinne des Oberlichts mit einem sehr steilen Winkel von oben vorne auf die Bühne leuchten.

#### **3.2.3.3 Anteil Hinterlicht**

Der Parameter Hinterlicht beschreibt jegliches Licht, das von oben hinten auf die Bühne fällt. Dabei müssen die Scheinwerfer nicht zwingend oben im Dach der Bühne befestigt sein, das Licht muss aber in einem nach unten geneigten Winkel auf die Bühne fallen.

#### **3.2.3.4 Anteil Gegenlicht**

Das Gegenlicht beschreibt Scheinwerfer, die sich an der hinteren Bühnenwand befinden und geradeaus in den Publikumsbereich leuchten. Dazu zählen klassischerweise Scheinwerfer direkt hinter den Künstlern, aber auch im weiteren Sinne allgemein solche, die zum Beispiel über den Künstlern befestigt sind und geradeaus leuchten.

#### **3.2.3.5 Anteil Kicker**

Der Begriff des Kickers wird üblicherweise in der Personenbeleuchtung verwendet, soll hier aber grundsätzlich Scheinwerfer meinen, die sich auf Bodenhöhe befinden und in einem Winkel Richtung Dach/Himmel leuchten. Sie bilden damit optisch das Gegenstück zu dem Hinterlicht.

#### **3.2.3.6 Anteil Seitenlicht**

Das Seitenlicht beschreibt jegliches Licht, das seitlich von oben auf die Bühne leuchtet.

### 3.2.3.7 Anteil Gassenlicht

Der Parameter Gassenlicht beschreibt alle Scheinwerfer, die seitlich an der Bühne platziert sind und in einem geraden oder leicht nach oben geneigten Winkel auf die Bühne leuchten. Üblicherweise sind die Geräte auf Höhe der Akteure oder direkt auf dem Boden platziert.

### 3.2.3.8 Bildgröße

Mit dem Parameter der Bildgröße soll beschrieben werden, wie das Licht die Größe der Bühne visuell verändert. Der Wert von 0 bedeutet hierbei, dass die Bühne maximal visuell verkleinert wird. Das wird beispielsweise dadurch erreicht, dass alle verwendeten Scheinwerfer gebündelt auf einen sehr kleinen Punkt auf der Bühne leuchten und so einen sehr reduzierten Größeneindruck der Bühne erzeugen. Ein Wert von 0,5 bedeutet, dass die Bühne visuell unverändert in ihrer Größe ist. Die Scheinwerfer leuchten somit die gesamte Bühne aus und verkleinern oder vergrößern sie nicht. Der maximale Wert von 1 bedeutet die maximale visuelle Vergrößerung der Bühne. Das kann dadurch erreicht werden, dass viele Scheinwerfer Richtung Publikum, aus den Seiten der Bühne heraus und in den Himmel oder in Richtung des Daches ausgerichtet werden.

### 3.2.4 Abstrahlwinkel

Der Abstrahlwinkel gibt an, in welchem Winkel das Licht aus den Scheinwerfern austritt. Dies wird oft auch als Zoom der Lampen bezeichnet. Der Abstrahlwinkel wird in einem Parameter beschrieben. Hierbei bedeutet ein Wert von 0 einen sehr großen und damit weiten Abstrahlwinkel. Der Wert 1 bedeutet einen sehr kleinen, engen Abstrahlwinkel und beschreibt damit sehr enge Licht-Beams. Da in einem Lichtstimmungsbild auch unterschiedliche Abstrahlwinkel zeitgleich vorkommen können wird zur Einordnung des Parameterwertes der Abstrahlwinkel gewählt, der visuell am auffälligsten oder prägnantesten ist.

### 3.2.5 Struktur

Mit Struktur werden alle Lampenfunktion bezeichnet, die den Licht-Beam an sich beeinflussen und diesem optische Struktur oder Kontur geben. Das kann erreicht werden durch die Verwendung von Gobos, Animationsrädern, Prismen, Blendschiebern und weiteren ähnlichen Elementen. Der Parameter gibt an, wie viel Struktur im gesamten Lichtstimmungsbild vorhanden ist und wie stark der strukturelle Effekt ist, wobei 0 keine Struktur und 1 sehr viel Struktur entspricht. Weiche, unscharfe und leichte Konturen haben tendenziell einen niedrigeren Wert als klarer definierte, scharfe und starke Konturen.

### 3.2.6 Effekte

Moderne Scheinwerfer ermöglichen eine Vielzahl an unterschiedlichen Effekten, die sich nicht alle sinnvoll in Gänze in Parametern ausdrücken lassen. Daher werden die gängigsten Effekte in zwei Parametern zusammengefasst.

#### 3.2.6.1 Beweglichkeit

Der Parameter der Beweglichkeit gibt eine allgemeine Auskunft darüber, wie dynamisch eine Szene ist. Ein Wert von 0 entspricht hierbei einer statischen und damit unbewegten Szene und ein Wert von 1 beschreibt eine sehr hektische Szene mit vielen und/oder großen Bewegungen. Die Betrachtung bezieht sich immer auf das gesamte Lichtstimmungsbild. Große Bewegung erzeugen einen höheren Wert als kleine Bewegungen und schnelle Bewegungen erzeugen einen höheren Wert als langsamere Bewegungen.

#### 3.2.6.2 Dimmer-Effekte

Der Parameter Dimmer-Effekte fasst alle Effekte und Funktionen zusammen, die mit dem Dimmer oder Shutter der Scheinwerfer erzeugt werden. Der Wert 0 entspricht einem Lichtstimmungsbild ohne Dimmer-Effekte. Niedrige Werte entsprechen langsamen, weichen Effekten und hohe Werte bedeuten schnelle, harte Effekte. Mit dem Wert von 1 wird das Maximum und damit ein Stroboskop-Effekt ausgedrückt. Der Parameter bezieht sich auf das gesamte Lichtstimmungsbild und muss nicht auf alle Scheinwerfer in der Szene zutreffen.

### 3.2.7 Zusammenfassung der Parameter

Zusammenfassend ergibt sich ein Satz aus 19 Parametern zur Beschreibung eines Lichtstimmungsbildes:

- Helligkeitseindruck
- Helligkeitskontrast
- Farbe Primär Hue
- Farbe Primär Saturation
- Farbe Sekundär Hue
- Farbe Sekundär Saturation
- Farbhomogenität
- Anteil Vorderlicht
- Anteil Toplicht

- Anteil Hinterlicht
- Anteil Gegenlicht
- Anteil Kicker
- Anteil Seitenlicht
- Anteil Gassenlicht
- Bildgröße
- Abstrahlwinkel
- Struktur
- Beweglichkeit
- Dimmer-Effekte

### **3.3 Wahl der Emotionen**

In der Analyse sollen Lichtstimmungsbilder zu Musikbeispielen mit unterschiedlichen Emotionen betrachtet werden. Dabei sollen die Emotionen ein möglichst großes Spektrum abdecken (siehe auch Abschnitt 2.4). Die Wahl fällt dabei auf die folgenden fünf Emotionen.

#### **3.3.1 Trauer**

Die erste Emotion ist Trauer und soll Musikbeispiele umfassen, die von Traurigkeit, Verzweiflung oder Einsamkeit handeln.

#### **3.3.2 Freude**

Die nächste Emotion ist Freude und bildet damit den Gegenpol zur Trauer. Hier werden Beispiele betrachtet, die allgemein von Fröhlichkeit oder positiven Erlebnissen und Gefühlen handeln. Die Freude soll hier vor allem als Lebensfreude verstanden werden und weniger als Freude, die aus der Liebe entsteht.

#### **3.3.3 Wut**

Als dritte Emotion sollen Beispiele betrachtet werden, die von Wut oder Hass handeln.

### 3.3.4 Macht

Die nächste Emotion die betrachtet werden soll, ist Macht. Hier werden Beispiele betrachtet, die von Macht, Stärke oder Stolz handeln. Im weiteren Sinne sind auch Beispiele gemeint, die sich um Überlegenheit, Erhabenheit oder etwas Imposantes drehen.

### 3.3.5 Liebe

Als letzte Emotion soll Liebe betrachtet werden. Hierbei ist die positive, freudige Liebe, Romantik oder Zärtlichkeit gemeint und weniger negative Aspekte wie beispielsweise Liebeskummer.

## 3.4 Erwartungen an Lichtstimmungsbilder

Vor der Untersuchung konkreter Beispiele soll ermittelt werden, wie die Erwartungen an Lichtstimmungsbilder zu den in Abschnitt 3.3 gewählten Emotionen sind. Dafür wurde eine Personenbefragung durchgeführt, bei der 15 Personen gebeten wurden anhand der in Abschnitt 3.2 bestimmten Parameter ihre Erwartungen an Lichtstimmungsbilder einzuordnen. Es wurden insgesamt neun Personen mit einem technischen und drei Personen mit einem designerischen Bezug zu Eventlicht sowie drei Laien auf dem Gebiet befragt. Zwei Personen waren weiblich, der Rest männlich. Elf Personen haben ihr Alter in den 20ern angegeben, je zwei Personen in den 30ern und 40ern.

### 3.4.1 Vorgehen bei der Personenbefragung

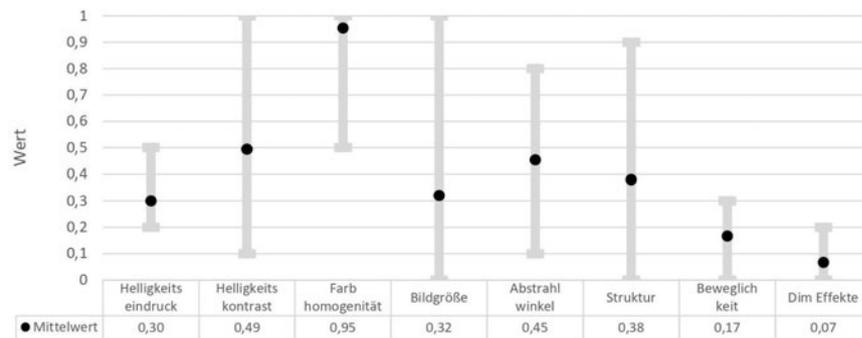
Alle Testpersonen wurden gebeten sich eine Bühne vorzustellen, auf der ein beliebiger Künstler, eine Künstlerin oder eine Band spielt. Einzige Vorgabe an die Bühne war, dass es sich um eine klassische Festival-/Konzertbühne und grob um Musik aus dem Pop-/Rock-Bereich handeln soll. Weitere Vorgaben für das Aussehen, das Scheinwerfer-Setup oder die Größe von Bühne und Band wurden nicht gegeben.

Als nächster Schritt wurden die Testpersonen gebeten, jeweils ihre Erwartungen an das Lichtstimmungsbild zu einem Musikstück zu den fünf Emotionen Trauer, Freude, Wut, Macht und Liebe in die Parameter einzuordnen. Hierbei wurden die Parameter erläutert und eventuelle fachspezifische Begriffe erklärt ohne eine Beeinflussung der Testpersonen vorzunehmen. Die einzelnen Emotionen wurden nacheinander behandelt ohne sie im Vorfeld alle zu benennen. Die Testpersonen wurden gebeten tendenziell intuitiv zu antworten und nicht zu intensiv über die einzelnen Parameter nachzudenken.

### 3.4.2 Ergebnisse der Personenbefragung

Eine vollständige Tabelle mit allen Werten der Personenbefragung befindet sich im Anhang im Abschnitt A.1. Im Abschnitt A.2 befindet sich eine Aufarbeitung aller Werte in Graphen. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse folgt getrennt nach den fünf betrachteten Emotionen in den folgenden Abschnitten.

#### 3.4.2.1 Trauer



**Abbildung 3.2:** Mittelwerte und Varianzen bei den Erwartungen zur Emotion Trauer

Beim Helligkeitseindruck herrscht bei den befragten Personen weitestgehend Einigkeit. Hier ergibt sich im Schnitt ein Wert von 0,3 und damit eine vergleichsweise dunkle Bühne. Der Helligkeitskontrast liegt etwa bei 0,5 im Durchschnitt. Es werden sowohl hohe als auch niedrigere Werte genannt. Somit gibt es keine eindeutigen Erwartungen in diesem Bereich.

Bei den Farben dominieren gesättigte Blautöne gepaart mit kaltweißen oder warmweißen Akzenten. Allgemein wird eine hohe Farbhomogenität erwartet.

Große Unterschiede ergeben sich bei den Erwartungen zu den Lichtrichtungen. Hier werden alle möglichen Lichtrichtungen in ähnlichem Maße benannt. Einzig das Seitenlicht wird, wenn es überhaupt vorkommt, eher mit geringeren Anteilen benannt. Einigkeit gibt es wiederum bei der Tatsache, dass tendenziell nur wenige Lichtrichtungen gleichzeitig erwartet werden. Die Bildgröße liegt mit einem Durchschnittswert von 0,3 eher im unteren Bereich. Es wird also eher eine visuelle Verkleinerung erwartet. Einzelne Ausreißer in Richtung einer starken Vergrößerung der Bühne bilden die Ausnahme.

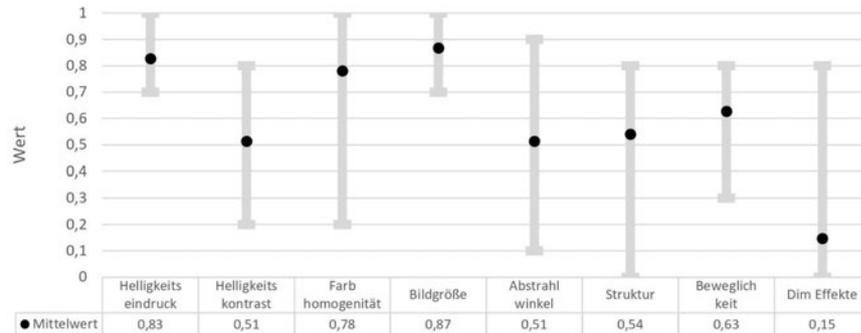
Beim allgemeinen Abstrahlwinkel der Scheinwerfer pendeln die genannten Werte zwischen 0,1 und 0,8, wobei die meisten Werte dazwischen liegen. Es gibt somit keine eindeutige Erwartung, aber eine Tendenz zu mittleren Abstrahlwinkeln.

Die Struktur wird im Durchschnitt mit ca. 0,4 angegeben. Auch hier gibt es Ausreißer in beide Richtungen, die Mehrheit der befragten Personen ist sich aber einig, dass Struktur im erwarteten Lichtstimmungsbild enthalten ist.

Die Beweglichkeit wird statisch oder mit leichter Dynamik erwartet. Der genannte Höchstwert ist 0,3 und der Durchschnitt liegt bei 0,17. Ähnlich sieht es bei den

Dimmer-Effekten aus. Auch hier werden keine oder maximal weiche Effekte mit einem Wert von bis zu 0,2 erwartet.

### 3.4.2.2 Freude



**Abbildung 3.3:** Mittelwerte und Varianzen bei den Erwartungen zur Emotion Freude

Die Erwartungen zur Freude bilden in großen Teilen einen Gegenpol zur Trauer. Die Bühne wird von allen Personen als sehr hell mit einem Durchschnittswert von 0,83 angenommen. Der Helligkeitskontrast liegt im Schnitt mit 0,51 bei einem ähnlichen Wert wie die Trauer.

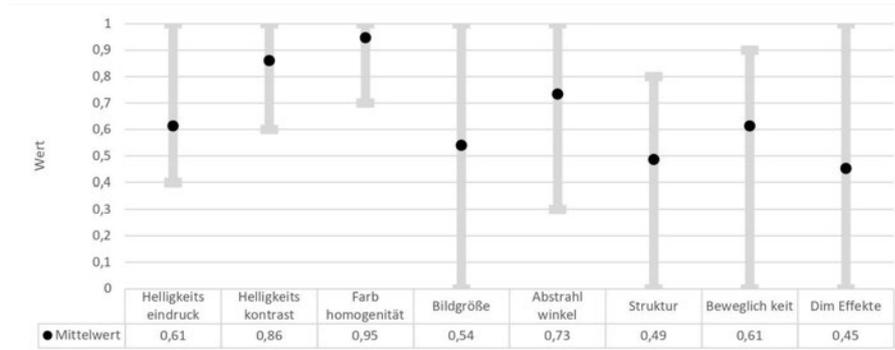
Bei den Farben dominieren helle und kontrastreiche Farbtöne. Die meisten Personen nennen Gelb als primäre Farbe. Als sekundäre Farben werden Rot, Magenta und Weißtöne erwartet. Das in der Trauer dominante Blau wird nicht genannt. Bei der Farbhomogenität herrscht eine deutlich höhere Varianz als bei der Trauer. Lichtstimmungsbilder zur Emotion Freude werden somit allgemein als bunter angenommen, der Durchschnittswert liegt mit 0,78 jedoch immer noch relativ hoch.

Bei den Lichtrichtungen gibt es, ähnlich zur Trauer, auch keine eindeutigen Erwartungen. Alle Lichtrichtungen werden in ähnlichem Ausmaß genannt. Jedoch werden hier als Gegensatz oft auch mehr Lichtrichtungen gleichzeitig erwartet. Die Bildgröße wird von allen Personen als groß bezeichnet. Mit einem gemittelten Wert von 0,87 wird hier also eine deutliche visuelle Vergrößerung der Bühne erwartet.

Der Abstrahlwinkel der Scheinwerfer liegt wieder deutlich im mittleren Bereich mit einzelnen Ausreißern in den hohen und niedrigen Bereich.

Ähnlich sind die Ergebnisse bei der Struktur. Mit im Schnitt 0,54 liegt der Wert im mittleren Bereich, allerdings mit einer vergleichsweise hohen Varianz der Werte um das Mittel. Analog zur Trauer wird aber von fast allen Personen Struktur erwartet.

Die erwartete Beweglichkeit liegt mit 0,63 im oberen mittleren Bereich und damit deutlich hektischer als die Trauer. Bei den Dimmer-Effekten gibt es keine Einigkeit. Es werden sowohl keine, leichte und starke Effekte genannt.



**Abbildung 3.4:** Mittelwerte und Varianzen bei den Erwartungen zur Emotion Wut

### 3.4.2.3 Wut

Der erwartete Helligkeitseindruck zur Emotion Wut liegt gemittelt mit 0,61 im mittleren Bereich. Der Helligkeitskontrast wird allgemein als sehr hoch angenommen. Der Durchschnittswert liegt hier bei 0,86.

Als primäre Farbe wird überwiegend Rot mit kalt- oder neutralweißen Akzenten genannt. Die Farbhomogenität wird mit 0,95 als sehr hoch angenommen.

Ähnlich zu den vorherigen Emotionen werden die meisten Lichtrichtungen von den befragten Personen in ähnlichem Ausmaß genannt. Einzig das Seitenlicht wird von keiner Person erwartet. Kombination von mehreren Lichtrichtungen kommt nur in geringerem Maße vor. Bei der Bildgröße gibt es keine eindeutigen Ergebnisse. Es werden Werte im mittleren und hohen und vereinzelt im niedrigen Bereich erwartet.

Der Abstrahlwinkel wird mit einem mittleren bis hohen Wert eingeordnet. Ungefähr die Hälfte der befragten Personen erwartet enge bis sehr enge Licht-Beams. Der Durchschnittswert liegt bei 0,73.

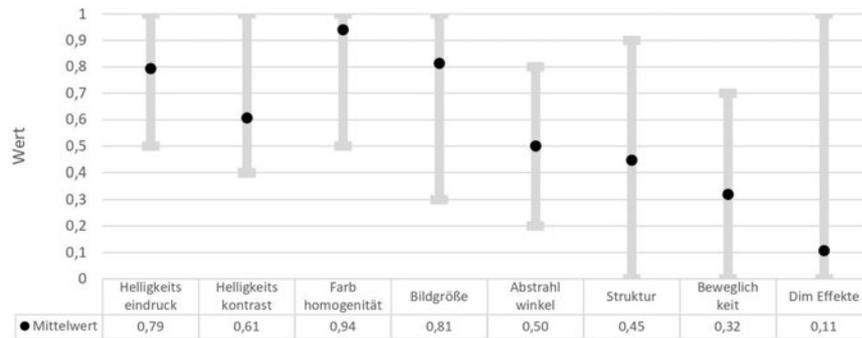
Bei der Struktur des Lichts wird beinahe der gesamte Wertebereich abgedeckt. Eine Tendenz gibt es zu hohen mittleren Werten jedoch mit einigen Ausreißern in den niedrigen Bereich. Daraus resultiert ein Durchschnittswert von 0,49.

Die erwartete Beweglichkeit liegt mit im hohen mittleren Bereich. Lediglich drei Personen erwarten ein statisches Bild oder nur leichte Bewegungen. Keinen Konsens gibt es bei den Dimmer-Effekten. Etwa die Hälfte erwartet keine Effekte und etwa die andere Hälfte erwartet sehr starke, stroboskopartige Effekte. Mittlere Werte werden kaum genannt.

### 3.4.2.4 Macht

Bei der Emotion Macht wird mit einem Durchschnittswert von 0,79 eine hohe Helligkeit erwartet. Der Helligkeitskontrast liegt mit 0,61 im mittleren Bereich.

Es dominieren Weiß- oder Blautöne, vereinzelt kombiniert mit Rot- oder Gelbtönen. Allgemein ist die Varianz in den Farben leicht höher als bei den vorherigen Emotionen. Die Farbhomogenität wird mit durchschnittlich 0,94 wieder hoch angenommen.



**Abbildung 3.5:** Mittelwerte und Varianzen bei den Erwartungen zur Emotion Macht

Bei den Lichtrichtungen werden ebenfalls alle Möglichkeiten ähnlich oft genannt, wobei auffällig ist, dass bei dieser Emotion besonders oft viele Lichtrichtungen kombiniert werden. Der Gesamteindruck der Bühne wird also als sehr füllig im Bezug auf die verwendeten Scheinwerfer gesehen. Das spiegelt auch die Bildgröße wider. Hier wird mit einem gemittelten Wert von 0,81 eine visuelle Vergrößerung der Bühne erwartet. Lediglich eine Person gibt an, eher eine Verkleinerung zu erwarten.

Der Abstrahlwinkel liegt mit einem Durchschnittswert von genau 0,5 im Mittel. Die einzelnen Werte bewegen sich hierbei von 0,2 bis 0,8 und bilden somit einen Bereich von weit aufgezoomten Scheinwerfern bis zu Abstrahlwinkeln, die sich einem engeren Licht-Beam annähern.

Der Parameter der Struktur deckt, ähnlich wie bei der Emotion Wut, einen großen Bereich ab. Es gibt Werte im sehr hohen, mittleren und niedrigen Bereich. Eine Regelmäßigkeit lässt sich hier nicht bestimmen.

Bei der Beweglichkeit gibt es ebenfalls unterschiedliche Erwartungen. Einige Personen erwarten eher ein statisches Lichtbild, während andere leichte oder sogar stärkere Bewegungen erwarten. Der maximale Wert liegt hierbei bei 0,7, der Mittelwert bei 0,32. Dimmer-Effekte werden eher nicht erwartet. Ausnahme ist eine Person, die starke Stroboskop-Effekte nennt.

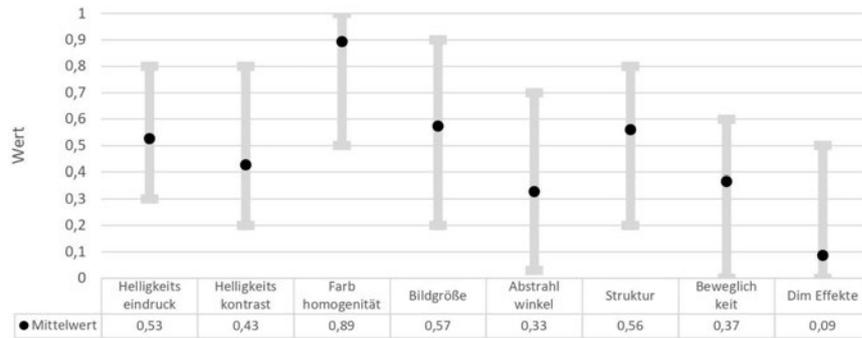
### 3.4.2.5 Liebe

Das Lichtstimmungsbild zu Liebe wird vom Helligkeitseindruck im Mittelfeld gesehen. Der Durchschnittswert der genannten Erwartungen liegt bei 0,53. Auch beim Helligkeitskontrast wird mit 0,43 ein mittlerer Wert erwartet.

Als primäre Farben dominieren klar gesättigte Rottöne. Gepaart werden diese mit Magentönen oder Warmweiß. Auch unterschiedliche Pastelltöne werden genannt. Die Farbhomogenität liegt gemittelt bei 0,89 und damit in einem hohen Bereich.

Die meisten Lichtrichtungen werden erwartet. Hinterlicht und Toplicht werden häufiger genannt, Kicker werden eher selten erwartet. Grundsätzlich werden nur wenige Richtungen gleichzeitig genannt. Die Bildgröße pendelt sich mit 0,57 im Mittelfeld ein. Die meisten Personen erwarten nur eine geringfügige visuelle Verkleinerung oder Vergrößerung der Bühne.

### 3 Analyse



**Abbildung 3.6:** Mittelwerte und Varianzen bei den Erwartungen zur Emotion Liebe

Beim Abstrahlwinkel liegen die genannten Werte zwischen dem niedrigen Bereich und dem mittleren Bereich. Hohe Werte und damit enge Abstrahlwinkel werden eher nicht erwartet. Der Durchschnittswert liegt bei 0,33.

Es werden tendenziell niedrige bis hohe mittlere Werte bei der Struktur erwartet. Gemittelt liegt hier der Wert bei 0,56. Keine Person erwartet hierbei ein Bild ohne Struktur in den Scheinwerfern.

Die erwartete Beweglichkeit liegt bei durchschnittlich 0,37. Der höchste Wert liegt bei 0,6. Nur eine Person erwartet ein statisches Bild. Die meisten befragten Personen erwarten keine Dimmer-Effekte. Lediglich drei Personen haben hier weiche bis mittlere Dimmer-Effekte angegeben.

#### 3.4.2.6 Vergleich der Personengruppen

Befragt wurden sowohl Personen mit technischem oder designerischem Background als auch Laien. Bei den Ergebnissen der Befragung sind nur wenige Unterschiede in den Antworten feststellbar.

Personen mit einem designerischen Background haben tendenziell Farben und Strukturen genauer beschrieben als die beiden anderen Personengruppen. Auch haben diese Personen vermehrt Pastelltöne genannt. Laien haben vor allem bei der Benennung von Lichtrichtungen größere Schwierigkeiten gehabt.

Weitere signifikante Unterschiede waren nicht erkennbar. Auch das Geschlecht und Alter der befragten Personen hat keinen sichtbaren Einfluss auf die Antworten gehabt.

## 3.5 Analyse von Musikbeispielen

Im nächsten Schritt der Analyse wurden Lichtstimmungsbilder zu unterschiedlichen Musikbeispielen zu den fünf in Abschnitt 3.3 gewählten Emotionen untersucht und in die Parameter eingeordnet. Als Basis für die Untersuchung dienen Konzertmitschnitte auf der Videoplattform YouTube.

### 3.5.1 Wahl der Beispiele

Bei der Wahl der Beispiele für die Analyse wurde versucht eine möglichst heterogene Auswahl zu treffen. Betrachtet wurden Lichtshows ab dem Jahr 2000. Frühere Lichtshows wurden nicht betrachtet, da oft die technischen Möglichkeiten nicht mit späteren Shows vergleichbar sind. Es wurden Musikbeispiele aus unterschiedlichen Genres und unterschiedlichen Regionen der Erde betrachtet, um zu überprüfen, ob es sichtbare kulturelle Unterschiede bei der Erstellung von Lichtshows und Lichtstimmungsbildern gibt. Ebenfalls wurde darauf geachtet, dass die Beispiele in einer ausreichenden Qualität vorliegen und alle wichtigen Elemente der Bühne zu erkennen sind. Bühnen, die auf Grund ihrer Form oder Beschaffenheit zu schwer zu beschreiben oder vergleichen sind oder sich in hellem Sonnenlicht befinden, wurden nicht betrachtet. Außerdem wurde darauf geachtet, dass Videoflächen keinen zu großen visuellen Anteil haben und somit das Licht verdrängen. Als letztes Kriterium wurde darauf geachtet, dass eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass die Lichtshow bewusst gestaltet ist und nicht einem reinen Zufallsprinzip folgt.

Untersucht wurden insgesamt 75 Musikbeispiele, davon jeweils 15, die sich eindeutig den fünf Emotionen Trauer, Freude, Wut, Macht und Liebe zuordnen lassen. Hierbei wurde je ein spezifischer Ausschnitt im Video gesucht, der einen Grund-Look zeigt, welcher sich als Lichtstimmungsbild der Emotion zuordnen lässt. Es wurde versucht die Elemente der Lichtshow nach dem Grund-Look und speziellen Effekten auf musikalische Besonderheiten (zum Beispiel Flashes auf den Beat der Musik) zu trennen und nur Ersteres zu bewerten.

Eine vollständige Auflistung aller Musikbeispiele mit Link und Timestamp befindet sich im Anhang im Abschnitt A.3.

### 3.5.2 Beispiele für das Vorgehen bei der Analyse

Zum besseren Verständnis der Analyseergebnisse wird an zwei Beispielen das Vorgehen der Analyse demonstriert.

#### 3.5.2.1 Beispiel 1

Das erste Analyse-Beispiel ist ein Beispiel zur Emotion Trauer. Das Musikstück ist „Ichiban no Takaramono“ von LiSA. Stattgefunden hat die Performance im Jahr 2020 in Japan und somit in der Region Ostasien. Das Genre ist J-Pop. Analysiert wird das in Abbildung 3.7 dargestellte Lichtstimmungsbild.

Auf den ersten Blick fällt auf, dass die Bühne sehr dunkel gehalten ist. Die Sängerin ist gut sichtbar während große Teil der umgebenden Bühne kaum noch sichtbar, jedoch nicht vollständig unsichtbar sind. Für den Helligkeitseindruck wird somit ein Wert von 0,2 gewählt. Neben der Sängerin sind auch vereinzelt weitere Punkte, zum Beispiel die Musiker sichtbar und heben sich leicht vom dunklen Hintergrund ab. Zusammenfassend wird 0,6 als Wert für den Helligkeitskontrast gewählt. Es gibt



**Abbildung 3.7:** Analyse-Beispiel 1: LiSA - Ichiban no Takaramono [LiSAlivevideos 2021]

mehrere Stellen der Bühne, die sich von der Helligkeit abheben, der Helligkeitsunterschied zum Hintergrund ist aber eher geringer.

Als Primärfarbe wird ein zu 80 % gesättigtes, tiefes Blau bestimmt. Diese Farbe ist überall präsent, wo die Bühne beleuchtet wird, und bildet so die Grundfarbe der Szene. Aus der Farbe resultiert somit ein Hue-Wert von 0,611 und ein Saturation-Wert von 0,8. Die Sekundärfarbe ist Neutralweiß bis leichtes Kaltweiß. Diese Farbe wird als Gegenlicht bei der Sängerin verwendet und lässt sie somit aus dem Blau hervorstechen. Der Hue-Wert ist hier 0,5 und der Saturation-Wert 0,05. Da neben den beiden genannten Farben keine weiteren Farben erkennbar sind, hat die Farbhomogenität den maximalen Wert von 1.

Sehr signifikant in der Szene ist das verwendete Gegenlicht. Da diese Lichtrichtung einen sehr großen visuellen Anteil an den Richtungen aller verwendeten Scheinwerfer hat, wird hier der maximale Wert von 1 gewählt. Als einzige weitere Lichtrichtung sind Toplichter zu erkennen, die die blauen Lichtspots auf der Bühne erzeugen. Diese haben nur einen sehr geringen visuellen Anteil am Gesamtlook und bekommen daher einen Wert von 0,2. Alle weiteren Lichtrichtung sind nicht vertreten und haben daher den Wert 0. Für die Bildgröße wird eine 0,3 vergeben. Die Bühne wird visuell erkennbar verkleinert, da ein Großteil des Bildes sich auf den Spot um die Sängerin fokussiert. Da das Gegenlicht aber über die Künstlerin hinaus das Publikum beleuchtet wird die Verkleinerung leicht aufgebrochen.

Der Abstrahlwinkel der Scheinwerfer bekommt einen Wert von 0,4. Die im Look visuell wichtigsten Scheinwerfer sind das weiße Gegenlicht und diese wirken vom Öffnungswinkel eher geöffnet, ohne jedoch zu breit zu werden.

In den Gegenlichtscheinwerfern sind deutlich Gobos zu erkennen, die einen Mid-Air-Effekt erzeugen. Diese haben erkennbare Konturen, ohne jedoch „messerscharf“ zu sein. Als Wert für die Struktur wird somit eine 0,7 vergeben.

Die gesamte Szene ist statisch und ohne weitere Effekte. Die Werte für Beweglichkeit und Dimmer-Effekte sind also 0.

#### 3.5.2.2 Beispiel 2

Das zweite Analyse-Beispiel ist ein Beispiel zur Emotion Freude. Das Musikstück ist „I Don't Feel Hate“ von Jendrik. Stattgefunden hat die Performance im Jahr 2021 in Deutschland. Das Genre ist Pop/Schlager. Analysiert wird das in Abbildung 3.8 dargestellte Lichtstimmungsbild.



**Abbildung 3.8:** Analyse-Beispiel 2: Jendrik - I Don't Feel Hate [ICHFINDSCHLAGERTOLL 2021]

Im Vergleich zum ersten Beispiel ist die Bühne hier deutlich heller. Auch ist kein wirklicher Kontrast erkennbar. Die gesamte Bühne ist gleich hell erkennbar. Es ergibt sich daher 0,7 als Wert für den Helligkeitseindruck und 0 für den Helligkeitskontrast.

Die dominante Farbe in dem Lichtstimmungsbild ist eindeutig Gelb. Diese Farbe wird mit Hue 0,166 und voller Sättigung 1 beschrieben. Als weitere Farben treten Cyan und Magenta auf, die jeweils in gleicher Menge vorhanden sind. Intuitiv wurde hier Magenta als sekundäre Farbe gewählt, da sie subjektiv eher ins Auge sticht. Das kann jedoch abhängig vom Betrachter sein. Aus dem gewählten Magenta ergibt sich der Hue-Wert 0,833 mit einer Sättigung von 1. Die Farbhomogenität bekommt mit 0,4 einen eher niedrigen Wert. Zwar werden nur drei Farben verwendet, diese

befinden sich jedoch auf dem Farbkreis weit voneinander entfernt und lassen das Bild so bunt wirken.

Als Lichtrichtungen finden vor allem Hinterlicht und Kicker Verwendung. Da diese einen großen visuellen Teil des Bildes ausmachen, werden sie jeweils mit dem maximalen Wert von 1 versehen. Zusätzlich gibt es im Dach noch Scheinwerfer, die einen Roof-Look erzeugen. Diese werden dem Gegenlicht zugewiesen, haben aber einen kleineren visuellen Anteil als die beiden anderen Lichtrichtungen. Als Wert wird hier 0,5 gewählt. Die verschiedenen LED-Streifen werden eher wie Videoflächen betrachtet und keiner Lichtrichtung zugewiesen. Das gesamte Lichtstimmungsbild wirkt groß. Durch die Licht-Beams, die Richtung Dach und Publikum leuchten, wird die Bühne optisch vergrößert. Es wird daher ein Wert von 0,8 für die Bildgröße gewählt.

Der Abstrahlwinkel der Lampen bekommt eine 0,8. Der Look wird auffällig von Licht-Beams durchzogen, die einen relativ engen Abstrahlwinkel haben.

Da keinerlei Gobos oder andere strukturgebenden Elemente verwendet werden, ist der Wert für den Parameter Struktur 0.

Die komplette Szene ist statisch und verwendet keine Bewegungseffekte. Somit ist auch die Beweglichkeit 0.

Im Bild nicht zu erkennen, jedoch im Videoausschnitt deutlich, sind starke Dimmer-Effekte. Hier kommen schnelle harte Chaser zum Einsatz. Der Wert für die Dimmer-Effekte ist daher 0,8.

### 3.5.3 Ergebnisse der Analyse

Analog zum Vorgehen bei den Beispielen im vorherigen Abschnitt wurden 75 Musikbeispiele ausgewertet. Eine vollständige Tabelle der Auswertungsergebnisse befindet sich im Abschnitt A.4 des Anhangs. Im Abschnitt A.5 befindet sich eine Aufarbeitung der Ergebnisse in Graphen. In den folgenden Abschnitten werden die analysierten Ergebnisse getrennt nach den betrachteten Emotionen zusammengefasst.

#### 3.5.3.1 Trauer

Bei den 15 analysierten Lichtstimmungsbildern zur Emotion Trauer ergeben sich Helligkeitseindrücke zwischen 0,1 und 0,7. Die meisten Beispiele befinden sich hierbei im unteren mittleren Bereich. Es ergibt sich ein Mittelwert von 0,35. Ein ähnlicher Wert ergibt sich mit 0,33 auch für den Helligkeitskontrast. Ein Ausreißer ist hierbei der Song „Ohne dich“ von der Band Rammstein, der mit 0,9 einen auffällig hohen Kontrast-Wert hat.

Die primäre Farbwahl liegt bei fast allen Beispielen bei einem gesättigten Blau. Ein Beispiel nutzt Kaltweiß als Primärfarbe, ein Beispiel setzt auf ein gesättigtes Rot. Kombiniert wird die primäre Farbe in den meisten Fällen mit Rot oder mit neutralen bis kalten Weißtönen. Einige Beispiele nutzen Blau als einzige Farbe. Die



(a) Younha - Wasted [monmon2013S01 2014]



(b) Kendrick Lamar - U [dboyfit 2016]

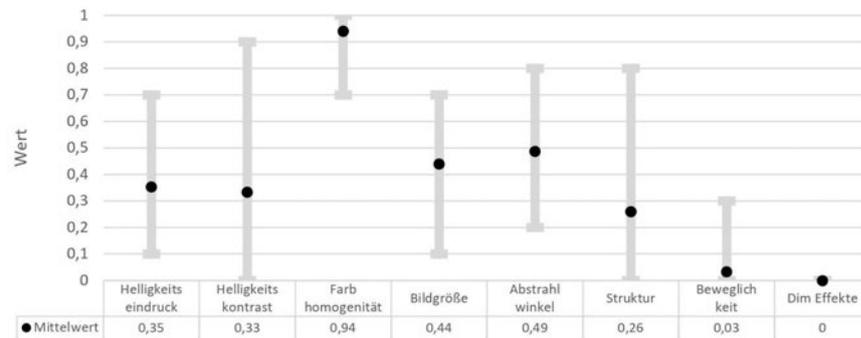


(c) Dua Lipa - Homesick [BBCMusic 2017]



(d) Alan Walker ft. Iselin Solheim - Faded [KyotoRecords 2020]

**Abbildung 3.9:** Lichtstimmungsbilder zur Emotion Trauer



**Abbildung 3.10:** Mittelwerte und Varianzen der Analyse zur Emotion Trauer

Farbhomogenität liegt mit durchschnittlich 0,94 in einem sehr hohen Bereich. Die Emotion Trauer kommt in allen Beispielen nur mit wenigen Farben aus.

Als Lichtrichtungen dominieren Toplicht und Hinterlicht. Vorderlicht, Gegenlicht, Kicker und Seitenlicht finden vereinzelt Verwendung. Gassenlicht wird in keinem der Beispiele verwendet. In vielen Fällen werden mehrere Lichtrichtungen kombiniert, der Look bleibt jedoch eher aufgeräumt, ohne das Bild zu voll wirken zu lassen. Die Bildgröße liegt mit durchschnittlich 0,44 im mittleren Bereich. Die Bühne wird weitestgehend visuell in ihrer Größe belassen oder nur leicht vergrößert

oder verkleinert.

Der Abstrahlwinkel pendelt sich bei einem Mittelwert von 0,49 und damit in der Mitte ein. Beispiele mit extrem weiten oder engen Abstrahlwinkeln gibt es nicht.

Bei der Struktur gibt es größere Unterschiede. Eine Hälfte der Beispiele setzt auf Looks ohne Struktur. Etwa ein Viertel nutzt eher viel Struktur und ein Viertel nur sehr leichte Strukturen wie vereinzelte unscharfe Gobos.

Die meisten Lichtstimmungsbilder sind statisch. Nur drei Beispiele nutzen sehr leichte Bewegungseffekte. Dimmer- oder Shutter-Effekte werden in keinem Beispiel verwendet.

Allgemein herrscht eine vergleichsweise hohe Übereinstimmung der Bilder zur Trauer. Vor allem bei den Farben, Helligkeiten und Effekten lassen sich deutliche Regelmäßigkeiten erkennen. Lichtrichtungen und die Struktur zeigen dagegen größere Varianzen auf. Es gibt keine Genres oder Regionen, die bei den Ergebnissen deutlich erkennbar abweichen.

### 3.5.3.2 Freude



(a) Beyoncé - Love On Top [Beyoncé 2012]



(b) B.A.P. - Feel So Good [KBSWORLDTV 2016]



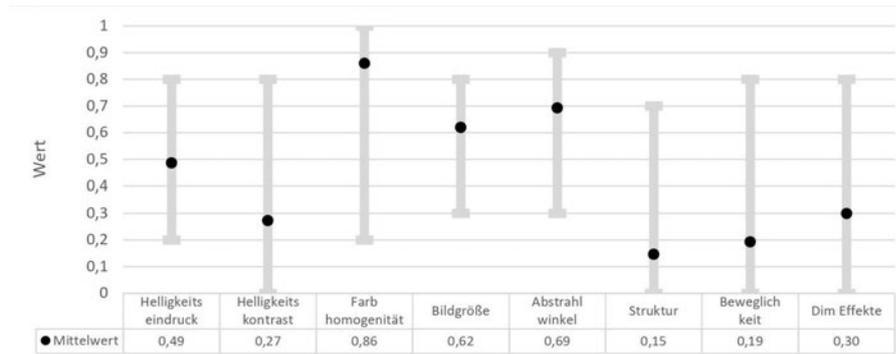
(c) Coldplay - Amazing Day [ColdplayLive(Unofficial) 2018]



(d) Kesha & Macklemore - Good Old Days [DanCox 2018]

**Abbildung 3.11:** Lichtstimmungsbilder zur Emotion Freude

Der Helligkeitseindruck bei der Emotion Freude liegt mit einem Mittelwert von 0,49 in der Mitte der Skala. Hier gibt es mit Werten von 0,2 und 0,8 sowohl vereinzelte Beispiele im eher dunklen und eher hellen Bereich. Beim Helligkeitskontrast



**Abbildung 3.12:** Mittelwerte und Varianzen der Analyse zur Emotion Freude

gibt es größere Unterschiede. Die Tendenz liegt hier mit durchschnittlich 0,27 im unteren Bereich. Etwa die Hälfte der Beispiele hat Werte von maximal 0,2. Dagegen erreicht der Song „Happy“ von Pharrell Williams sogar einen hohen Kontrast-Wert von 0,8.

Die Wahl der Farben zeigt ein großes Spektrum. Bei der primären Farbe nutzen viele Beispiele Gelbtöne, jedoch werden auch Blau-, Magenta-, Rot- und verschiedene Weißtöne verwendet. Als sekundäre Farbe kommen ebenfalls verschiedenste Farben zum Einsatz. Nur Grüntöne scheinen eher unbeliebt zu sein. Die Farbhomogenität ist im Schnitt mit 0,86 hoch. Zwei Beispiele landen im mittleren Bereich. Der Song „Love On Top“ von Beyoncé erreicht mit 0,2 einen auffällig niedrigen Farbhomogenitäts-Wert. Hier wird eine große Palette an Farben verwendet. Das Lichtstimmungsbild wirkt dadurch vergleichsweise bunt.

Bei den Lichtrichtungen wird vor allem das Hinterlicht gewählt. Alle 15 Beispiele nutzen dieses. Auch Gegenlicht und Kicker sind beliebt. Dagegen werden Vorderlicht, Seitenlicht, Gasse und Toplicht wenig verwendet. Es gibt sowohl Beispiele, die mit einer Lichtrichtung auskommen, als auch Beispiele, die mehrere kombinieren. Die Bildgröße liegt mit einem Durchschnitt von 0,62 in einem mittleren Bereich mit einer Tendenz zu einer leichten optischen Vergrößerung der Bühne durch das Licht.

Mit einem Mittelwert von 0,69 liegt der Wert für den Abstrahlwinkel in einem hohen mittleren Bereich. Mehrere Beispiele greifen hier auf enge Abstrahlwinkel und damit schärfere Licht-Beams zurück.

Zwei Drittel der betrachteten Lichtstimmungsbilder nutzen keine weitere Struktur im Licht. Das übrige Drittel nutzt Struktur in einem mittleren Wertebereich.

Bei der Beweglichkeit setzen drei Beispiele auf stärkere Bewegungseffekte. Die restlichen Looks sind statisch oder nutzen nur leichte, langsame Bewegung. Es werden sowohl starke als auch leichte oder keine Dimmer-Effekte verwendet. Der Durchschnittswert liegt hier bei 0,3.

Zusammenfassend lassen sich bei den Lichtstimmungsbildern zur Emotion Freude weniger Regelmäßigkeiten als bei der Trauer finden. Vor allem bei den Farben, Helligkeiten und verwendeten Effekten gibt es wenig Einigkeit. Wie bei der Trauer gibt es keine Genres oder Regionen mit deutlich erkennbaren Abweichungen.

3.5.3.3 Wut



(a) Kraftklub - Dein Lied [MichaelStarKid 2018]



(b) Rage Against The Machine - Killing In The Name Of [RageAgainsttheMachine 2015]



(c) 4minute - Hate [ARIRANGK-POP 2016]



(d) LaFee - Heul doch [fr3akjesus 2020]

Abbildung 3.13: Lichtstimmungsbilder zur Emotion Wut

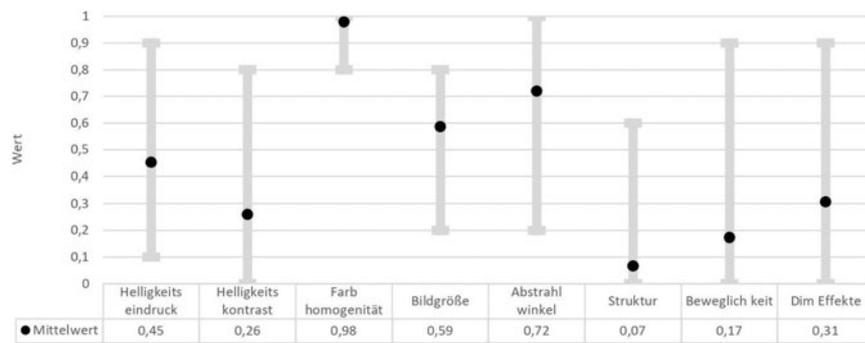


Abbildung 3.14: Mittelwerte und Varianzen der Analyse zur Emotion Wut

Bei der Emotion Wut gibt es eine auffällig hohe Streuung der Werte für den Helligkeitseindruck. Der Mittelwert liegt bei 0,45, es gibt jedoch sowohl einige sehr hohe als auch einige sehr niedrige Werte. Beim Helligkeitskontrast sind die meisten analysierten Beispiele in einem niedrigen bis niedrigen mittleren Bereich. Zwei Songs nutzen stärkere Helligkeitskontraste in den Lichtstimmungen. Der Durchschnittswert liegt hier bei 0,26.

Als Primärfarbe dominieren Rottöne. Vereinzelt wird Neutralweiß, Lila oder Blau verwendet. Als Farbkontrast werden Weiß- oder Blautöne verwendet. Die Farbhomogenität liegt mit durchschnittlich 0,98 in einem sehr hohen Bereich. Es werden somit allgemein nur wenige Farben zeitgleich genutzt.

Bei den Lichtrichtungen wird vor allem viel Hinterlicht verwendet. Mehrere Beispiele nutzen auch Gegenlicht, Gassenlicht oder Kicker. Seitenlicht und Vorderlicht werden kaum genutzt. Es werden häufiger mehrere Lichtrichtungen kombiniert. Der Mittelwert für die Bildgröße liegt bei 0,59. Die meisten Lichtstimmungsbilder vergrößern die Bühne visuell. Nur bei zwei Beispielen gibt es eine visuelle Verkleinerung.

Beim Abstrahlwinkel werden hohe Werte und damit enge Abstrahlwinkel bevorzugt. Nur die beiden Beispiele, die auch die Bühne visuell verkleinern, nutzen weitere Abstrahlwinkel. Der Durchschnittswert liegt bei 0,72.

Struktur wird bei der Wut kaum verwendet. Der Schnitt liegt bei einem Wert von 0,07. 13 von 15 Beispielen haben hierbei einen Wert von 0.

Bei den Effekten gibt es mehr Varianz. Viele Looks sind statisch, zwei Beispiele nutzen jedoch stärkere und drei Beispiele leichtere Bewegungseffekte. Somit ergibt sich ein Mittelwert von 0,17. Die Hälfte der Lichtstimmungen nutzt keine Dimmereffekte. Ein Viertel greift auf weiche und ein Viertel auf starke Effekte zurück. Der Durchschnittswert liegt bei 0,31.

Große Regelmäßigkeit gibt es bei den Looks zur Wut bei der Farbe und dem Fehlen von Struktur. Bei den weiteren Parametern gibt es teilweise große Abweichungen. Regionale Unterschiede oder Abweichungen in bestimmten Genres sind wieder nicht zu erkennen.

#### 3.5.3.4 Macht

Der Helligkeitseindruck liegt bei der Emotion Macht mit einem Mittelwert von 0,5 genau in der Mitte. Einige Beispiele setzen hier auf höhere Werte von bis zu 0,8, andere auf niedrigere Werte bis zu 0,2. Der Helligkeitskontrast liegt in einem niedrigen bis mittleren Bereich. Hier liegt der Durchschnitt bei 0,28.

Bei den Farben werden viel Kaltweiß und Magenta als Primärfarbe genutzt. Auch Rot und Blau findet in einigen Beispielen Verwendung. Als Sekundärfarbe wird Neutral- oder Kaltweiß am häufigsten gewählt. Einige Beispiele nutzten auch Rot- oder Orangetöne. Die Farbhomogenität liegt im Schnitt mit 0,91 in einem hohen Bereich. Die verwendeten Farben befinden sich in der Regel in einem kleinen Farbbereich.

Hinterlicht, Gegenlicht und Kicker dominieren als Lichtrichtungen. Gassenlicht hat bei fünf Beispielen ebenfalls einen Anteil. Wenig bis keine Verwendung finden Vorderlicht, Toplicht und Seitenlicht. In der Regel werden zwei bis drei Lichtrichtungen kombiniert. Die Bildgröße ist mit einem Durchschnittswert von 0,75 in einem hohen Bereich. Alle betrachteten Lichtstimmungsbilder vergrößern die Bühne visuell.

Der Abstrahlwinkel der Scheinwerfer hat im Mittel ebenfalls einen hohen Wert



(a) Muse - Knights Of Cydonia [MaJoséArroyo 2013]



(b) Yuqi - Giant [ChicViolet 2021]



(c) Toby Keith - How Do You Like Me Now [whatblock 2019]



(d) Skillet - Feel Invincible [WesleyArledgeMusic 2022]

Abbildung 3.15: Lichtstimmungsbilder zur Emotion Macht

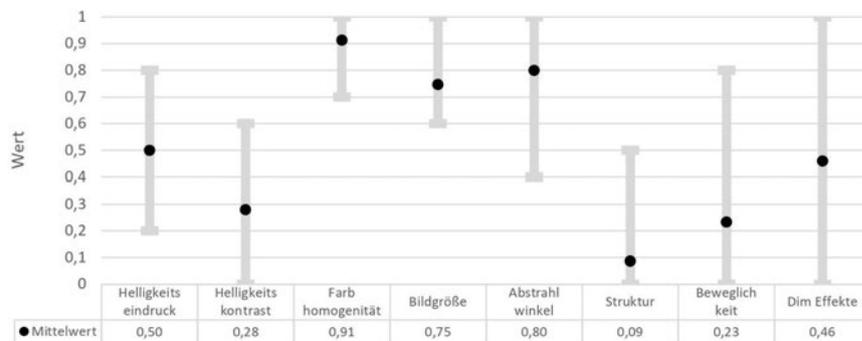


Abbildung 3.16: Mittelwerte und Varianzen der Analyse zur Emotion Macht

von 0,8. Fast alle Beispiele nutzen enge, teilweise sehr enge Licht-Beams. Drei Beispiele erreichen den Höchstwert.

Struktur wird in den Lichtstimmungsbildern zur Macht kaum verwendet. Nur vier Bilder nutzen Struktur bei geringen bis mittleren Werten. Es ergibt sich im Durchschnitt ein Wert von 0,09.

Effekte werden in unterschiedlicher Stärke eingesetzt. Bei der Beweglichkeit setzen etwa die Hälfte der Beispiele auf einen statischen Look. Die andere Hälfte nutzt teilweise leichte und teilweise starke Bewegungseffekte. Ähnlich ist es bei den

Dimmer-Effekten. Hier werden sowohl starke Stroboskop-Effekte als auch leichte oder keine Effekte benutzt. Die Mittelwerte liegen bei 0,23 für die Beweglichkeit und 0,46 für die Dimmer-Effekte.

Zusammenfassend gibt es vor allem bei Bildgröße, Abstrahlwinkel und Struktur große Gemeinsamkeiten in den Beispielen. Bei den Farben kristallisieren sich einige wenige verwendete Möglichkeiten heraus. Uneinigkeit gibt es besonders bei der Helligkeit und den verwendeten Bewegungs- und Dimmer-Effekten. Eindeutige Abweichungen bei bestimmten Genres oder Regionen gibt es wie bei den vorherigen Emotionen nicht.

### 3.5.3.5 Liebe



(a) EXID - I Love You [SBSKPOP 2018]



(b) Café Tacvba - Eres [CaféTacvba 2019]



(c) Beyoncé - Crazy In Love [GabrielaMota 2017]

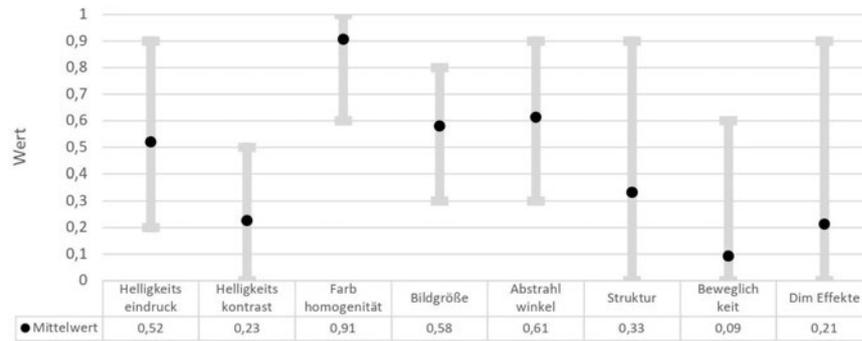


(d) Justin Timberlake - My Love [JustinTimberlakeTV 2016]

**Abbildung 3.17:** Lichtstimmungsbilder zur Emotion Liebe

Als letzte Emotion wird Liebe betrachtet. Hier liegt der Helligkeitseindruck im Durchschnitt bei 0,52. Die meisten Beispiele befinden sich in einem mittleren Bereich, vereinzelte nutzen hohe Helligkeiten. Sehr niedrige Werte werden nicht verwendet. Der Helligkeitskontrast liegt in einem niedrigen bis niedrigen mittleren Bereich. Hier liegt der Durchschnitt bei 0,23.

Als primäre Farben dominieren Farben im Farbbereich von Lila, Magenta und Rot. Blau findet zweimal und Kaltweiß einmal Verwendung. Bei den sekundären



**Abbildung 3.18:** Mittelwerte und Varianzen der Analyse zur Emotion Liebe

Farben werden verschiedene Weißtöne, Lila oder Magenta verwendet. Die Farbhomogenität liegt im Mittel bei 0,91 und damit in einem hohen Bereich.

Bei den Lichtrichtungen wird vor allem Hinterlicht genutzt. Auch Toplicht, Gegenlicht und Kicker haben bei vielen Beispielen einen größeren Anteil. Vorderlicht, Seitenlicht und Gasse findet nur wenig Verwendung. Es werden oft mehrere Lichtrichtungen kombiniert. Die Bildgröße liegt im Schnitt mit 0,58 im mittleren Bereich. Die Bühne wird visuell in ihrer Größe belassen oder nur leicht verändert.

Mit 0,61 liegt auch der Parameter für die Abstrahlwinkel in einem mittleren Bereich. Extrem enge oder weite Winkel werden nicht genutzt.

Bei der Struktur gibt es größere Unterschiede. Einige Lichtstimmungsbilder verwenden starke Gobo- und Animationseffekte, während andere ohne Struktur auskommen. Der Mittelwert liegt bei 0,33.

Beweglichkeit wird eher wenig bis gar nicht genutzt. Zehn der Beispiele sind statisch und nur ein Beispiel hat mit einem Wert von 0,6 eine Beweglichkeit im mittleren Bereich. Der Durchschnitt über alle Beispiele zur Liebe liegt bei 0,09. Bei den Dimmer-Effekten werden Werte im unteren bis mittleren Bereich erzielt. Auffällig sind die Beispiele „Crazy In Love“ von Beyoncé und „My Love“ von Justin Timberlake, die mit 0,8 und 0,9 sehr hohe Werte haben. Der Mittelwert aller betrachteten Beispiele liegt bei 0,21.

Vor allem bei den Farben, Bildgrößen, Abstrahlwinkeln der Scheinwerfer und der Beweglichkeit der Bilder ist eine Regelmäßigkeit zu erkennen. Struktur und Dimmer-Effekte zeigen dagegen eher viel Varianz. Auch bei der Emotion Liebe sind keine eindeutigen Abweichungen bei bestimmten Genres oder Regionen erkennbar.

### 3.5.3.6 Vergleich weiterer Daten

Zu jedem betrachteten Lichtstimmungsbild wurde das Genre der Musik, das Jahrzehnt der Entstehung der Show und die Region, in dem die Performance stattgefunden hat, erfasst, um diese Bereiche auf Unterschiede zu untersuchen. Dabei wurden nur Shows betrachtet, die zwischen den Jahren 2000 und 2022 entstanden sind. Als Regionen wurden Nordamerika (US), Latein- und Südamerika (LA), Ostasien (EA), Europa (EU) und als Spezialfall Deutschland (DE) betrachtet. Es wurden

unterschiedlichste Genres betrachtet, wobei der größte Teil der Beispiele aus dem Pop-/Rock-Bereich kommt.

Bei der Betrachtung der Jahrzehnte fallen keine eindeutigen Abweichungen auf. Allgemein lässt sich hier aber ein Trend zur verstärkten Verwendung von Videoflächen als Teil der Bühnen erkennen.

Ebenfalls lassen sich bei den Musikgenres kaum Unterschiede feststellen. Ruhigere Lieder nutzen eher leichtere Effekte und weitere Abstrahlwinkel, hektischere Lieder eher stärkere Effekte und engere Abstrahlwinkel. Jedoch gibt es jeweils auch Gegenbeispiele.

Bei den unterschiedlichen Regionen fallen ebenfalls wenige Unterschiede auf. Nordamerikanische, europäische und deutsche Lichtshows ähneln sich in den meisten Parametern. Auch bei den lateinamerikanischen Beispielen gab es keine auffälligen Unterschiede. Die ostasiatischen Shows fallen durch die besonders intensive Nutzung von LED-Wänden als Videoflächen auf. Hier nutzen selbst kleinere Shows oft schon große LED-Wände. Zusätzlich lässt sich eine Tendenz zu bunteren Lichtstimmungsbildern erkennen, wobei die Unterschiede zu den anderen Regionen in den letzten Jahren geringer zu werden scheinen. Generell ist eine „Verwestlichung“ der Live-Shows in allen Regionen erkennbar. Viele Looks und Show-Konzepte orientieren sich mittlerweile an den gängigen Formaten US-amerikanischer oder europäischer Shows, wobei es ebenfalls auch Shows mit deutlich erkennbaren eigenen kulturellen Einflüssen gibt.

#### 3.5.4 Vergleich mit den Erwartungen

Im nächsten Schritt sollen die Erwartungen aus Abschnitt 3.4 mit den Ergebnissen der Analyse verglichen werden.

Auffällig große Übereinstimmung gibt es beim Vergleich zwischen den Erwartungen und den analysierten Beispielen bei den Farben. Bei allen fünf betrachteten Emotionen entsprechen die in den Erwartungen genannten Farben größtenteils den Farben der betrachteten Lichtstimmungsbilder. Auch bei der Farbhomogenität stimmen die Werte größtenteils überein. Nur bei der Emotion Freude wird eine deutlich niedrigere Homogenität erwartet. Ebenfalls große Übereinstimmungen gibt es bei den Dimmer-Effekten.

Beim Helligkeitseindruck und -kontrast weichen die Ergebnisse jedoch eher ab. Freude, Wut und Macht sind im Schnitt deutlich weniger hell als erwartet. Trauer und Liebe erreichen bei der Auswertung ähnliche Werte wie bei den Erwartungen. Bei allen Emotionen wird ein höherer Helligkeitskontrast angenommen.

Keine erkennbaren Gemeinsamkeiten gibt es zwischen den Erwartungen und den analysierten Ergebnissen bei den Lichtrichtungen. Generell zeigen hier alle Werte wenig eindeutige Muster. Die Bildgröße stimmt dagegen bei vier Emotionen annähernd überein. Einzig bei der Emotion Freude wird eine stärkere visuelle Vergrößerung der Bühne erwartet.

Wenig Übereinstimmung gibt es wieder bei den Parametern zum Abstrahlwinkel, der Struktur und der Beweglichkeit. Hier weichen die Werte der Erwartungen

teilweise deutlich von den analysierten Beispielen ab. Es werden tendenziell eher weitere Abstrahlwinkel und deutlich mehr Struktur erwartet. Die Beweglichkeit ist oft deutlich geringer als bei den Erwartungen genannt.

Es fällt auf, dass sich bei der Emotion Trauer die Erwartungen in den meisten Parametern mit den analysierten Beispielen decken. Hier scheint es eher einen allgemeinen Konsens über die Gestaltung eines Lichtstimmungsbildes zu geben. Bei den anderen Emotionen sind die Ergebnisse im Vergleich hingegen weniger eindeutig. Vor allem die Freude zeigt sehr große Varianzen.

## 3.6 Analyse von Beispielen durch zusätzliche Personen

Viele der betrachteten Parameter basieren auf visuellen Eindrücken und Empfindungen. Da die Abstufung der Skala bei den Parametern nicht genau definiert ist und sich je nach den Erfahrungen und Vorstellungen der betrachtenden Person unterscheiden kann, soll in einem zusätzlichen Versuch überprüft werden, wie subjektiv oder objektiv die Einordnung von Lichtstimmungsbildern in die einzelnen Parameter ist.

### 3.6.1 Vorgehen der Analyse durch weitere Personen

Fünf Personen wurden gebeten 25 der 75 Musikbeispiele nach den gleichen Parametern zu beurteilen. Alle Personen haben dieselben Beispiele bewertet. Die Beispiele wurden zufällig ausgewählt, wobei jeweils fünf Songs zu den fünf Emotionen gewählt wurden. Die ausgewählten Beispiele sind in der Liste aller Musikbeispiele im Abschnitt A.3 des Anhangs mit einem „X“ markiert. Ein Beispiel konnte von einer Testperson nicht ausgewertet werden, da das Video zum Zeitpunkt der Analyse nicht mehr verfügbar war.

Allen Versuchspersonen wurden die Parameter zum Verständnis erklärt. Insgesamt haben zwei Laien, zwei Personen mit technischem Hintergrund und eine Person mit designerischem Hintergrund die Analyse vorgenommen.

Die Parameter zu den Lichtrichtungen wurden bei dieser Analyse nicht betrachtet. Grund hierfür ist die Schwierigkeit der Einordnung der Lichtrichtungen in die jeweilige Skala. Des Weiteren zeigen die Ergebnisse der Analyse aus Abschnitt 3.5, dass es generell keine eindeutigen Regelmäßigkeiten bei der Verwendung von Lichtrichtungen gibt.

Als Referenz dienen die Daten der Eigenanalyse. Eine Tabelle mit allen Werten befindet sich im Abschnitt A.6 des Anhangs. Hierbei sind die mit „R“ bezeichneten Daten die Referenzwerte. Abschnitt A.7 zeigt eine Aufarbeitung der Daten in Graphen.

### 3.6.2 Ergebnis der Analyse durch weitere Personen

Bei den meisten Parametern lassen sich ähnliche Tendenzen erkennen. Die Abstufung der Skalen der einzelnen Parameter ist aber teilweise unterschiedlich.

Die Bewertung des Helligkeitseindrucks ist bei den meisten Beispielen ähnlich und zeigt größtenteils Abweichungen in den Werten zwischen 0,2 bis 0,4. Die maximale Differenz zwischen den genannten Werten liegt bei 0,5. Größere Unterschiede gibt es bei der Betrachtung des Helligkeitskontrastes. Hier haben einzelne Werte eine Differenz von bis zu 0,8. Viele Beispiele zeigen jedoch ebenfalls eine ähnliche Tendenz. Gründe für die unterschiedlichen Ergebnisse beim Helligkeitseindruck und -kontrast könnten neben persönlichen Empfindungen auch das Medium, auf dem die Lichtstimmungsbilder betrachtet wurden, sein. Da Bildschirme oft Bildmaterial sehr unterschiedlich darstellen, kann eine Verzerrung der Ergebnisse entstehen. Neben der Helligkeit gilt dies vor allem auch für die Betrachtung der Farben.

Bei den Farben werden größtenteils sehr ähnliche Werte genannt. In einigen Fällen variiert die Wahl, welche Farbe als primäre und sekundäre Farbe erkannt wird. Bei Beispielen mit mehr als zwei Farben werden teilweise unterschiedliche Farben als prägnanter wahrgenommen. Bei der Farbhomogenität lassen sich dagegen sehr große Unterschiede erkennen. Hier zeigen die Werte teilweise eine Differenz von 0,8. Das Ergebnis legt nahe, dass die Skala für die Farbhomogenität nicht klar genug definiert wurde und großen Spielraum für eigene Interpretationen lässt.

Die Analyse der Bildgröße zeigt Ergebnisse, die in den meisten Fällen nahe beieinander liegen. Stark gegensätzliche Ansichten gibt es hier bei keinem Beispiel. Dass die Ergebnisse bei einigen Lichtstimmungsbildern weiter auseinander gehen, kann auch daran liegen, dass bei diesen Beispielen keine oder kaum eindeutige Kameraperspektiven zur genauen Bestimmung der Bildgröße zur Verfügung standen.

Der Parameter für den Abstrahlwinkel der Scheinwerfer führt bei den unterschiedlichen Testpersonen zu keinen eindeutigen Ergebnissen. Hier weichen bei vielen Beispielen die Werte stark voneinander ab. Gründe könnten sowohl die Uneindeutigkeit der Skala als auch das Auftreten vieler Abstrahlwinkel innerhalb eines Lichtstimmungsbildes sein.

Bessere Ergebnisse liefert der Parameter für die Struktur. Hier liegen die Ergebnisse meist näher beieinander. Die Abweichungen der Werte liegen zwischen 0,2 und 0,4 für Bilder die Struktur enthalten.

Bei den Effekten gibt es für die meisten Beispiele ähnliche Tendenzen bei der Einordnung in die Parameter. Stark gegensätzliche Ergebnisse gibt es kaum. Die maximale Abweichung der Werte bei den einzelnen Musikbeispielen liegt sowohl für die Beweglichkeit als auch für die Dimmer-Effekte bei 0,4.

Allgemein ist erkennbar, dass es bei einigen Parametern Unklarheit bei der Abstufung der Skala gibt. Gerade für Laien ist eine Bestimmung der Werte teilweise schwierig, da es an Erfahrung und Kenntnis über die Möglichkeiten von Scheinwerfern fehlt. Zudem sind einige Parameter stärker von visueller und persönlicher Wahrnehmung abhängig.

## 4 Fazit

Im Rahmen der Arbeit wurde die Parametrisierung von Lichtstimmungsbildern in Hinblick auf eine Verwendung in Neuronalen Netzwerken untersucht. Dabei wurden Parameter festgelegt, die die Lichtstimmungsbilder auf einer Metaebene beschreiben sollen.

Die durchgeführte Analyse von musikbegleitenden Lichtshows zeigt, dass eine Beschreibung von Lichtstimmungsbildern auf einer Metaebene und damit unabhängig von dem Aufbau der Bühne und den verwendeten Scheinwerfern und Geräten grundsätzlich funktioniert. Hierbei werden die Bildern in einem notwendigen Maß vereinfacht, um die Anzahl der Parameter möglichst gering zu halten.

Die festgelegten Parameter funktionieren dabei unterschiedlich gut. Helligkeit, Farben und weitere Elemente der Bilder, wie Struktur, Effekte und Abstrahlwinkel können mit wenigen Werten das generelle Aussehen des Lichtstimmungsbildes beschreiben. Vor allem die Lichtrichtungen führen aber zu Problemen. Durch die große Menge an Möglichkeiten von Lichtrichtungen und der Verteilung dieser in einem dreidimensionalen Raum ist es schwer, einfache eindimensionale passende Parameter zu benennen. Zudem werden Lichtrichtungen bei der Erstellung von Looks nur zum Teil als bewusste Designentscheidungen gewählt. In vielen Beispielen geben die Gegebenheiten der Bühne und des Raums die möglichen Lichtrichtungen vor. Lichtrichtungen haben damit neben dem designerischen Zweck oft auch einen pragmatischen Zweck. Einzig der Parameter der Bildgröße hat bei den Beispielen gut zur Beschreibung funktioniert. Er gibt mit nur einem Wert an, wie sich die Lichtkegel der Scheinwerfer im Raum verteilen.

Als weitere Frage wurde untersucht, ob sich anhand der Parameter Regelmäßigkeiten in den Lichtstimmungsbildern zu verschiedenen Emotionen finden lassen und ob sich die Ergebnisse mit den Erwartungen von verschiedenen Personen decken.

Die Untersuchung zeigt, dass es nur bedingte Regelmäßigkeiten, aber auch nur bedingt gleiche Erwartungen gibt. Vor allem bei der Emotion Trauer gibt es einen großen Konsens bei den Erwartungen und bei den untersuchten Beispielen. Bei den anderen Emotionen gibt es aber weniger eindeutige Ergebnisse. Die Emotion selbst gibt somit noch keinen eindeutigen „Bauplan“ für die Lichtstimmungsbilder vor. Hier spielen weitere Faktoren wie zum Beispiel die Art der Musik, das Konzept der Band und nicht zuletzt der persönliche Geschmack und die persönliche Handschrift des Designers oder der Designerin eine entscheidende Rolle. Es lässt sich somit kein allgemeines „Kochbuch für Lichtstimmungen“ mit Rezepten zu jeder Emotion aufstellen, wohl aber eine Sammlung von Ideen und einfachen Startpunkten für das Lichtdesign.

Der letzte Teil der Untersuchung hat klargestellt, dass die Parameter in ihrer jetzigen Form noch sehr ungenau definiert sind und die Einordnung von Beispielen in diese oft eher subjektiv als objektiv ist. Um eindeutige Ergebnisse zu erlangen ist es also notwendig die Parameter genauer zu definieren, um somit einem Neuronalen Netzwerk das Lernen mit diesen Daten zu ermöglichen.

Die Arbeit dient in erster Linie einem „Proof of Concept“. Die festgelegten Parameter und die durchgeführten Analysen sind ein erster Schritt, um die Machbarkeit einer Parametrisierung von Lichtstimmungsbildern zu überprüfen, können und sollten aber durch zukünftige Untersuchungen erweitert und verbessert werden. Hierzu werden im Kapitel 5 ein paar Ideen für die zukünftige Forschung gegeben.

# 5 Ausblick

Die in dieser Arbeit durchgeführte Untersuchung hat einen ersten Einblick in die mögliche Parametrisierung von Lichtstimmungsbildern gegeben. In diesem Abschnitt sollen einige Ideen und Anregungen für die weitere Forschung auf dem Gebiet gegeben werden.

## 5.1 Verbessern der Versuchs

Im Rahmen des Versuchs wurden insgesamt 19 Parameter aufgestellt. Diese Parameter basieren größtenteils auf visuellen Eindrücken und Empfindungen und können von Person zu Person anders verstanden werden. Hier wäre eine genauere Definition der jeweiligen Skala sinnvoll. Möglich wären eine genauere Beschreibung oder Beispielbilder als Referenz für die einzelnen Werte.

Die Analyse wurden anhand von Videobeispielen der Plattform YouTube durchgeführt. Das Angebot an Videos ist hier eher beschränkt und kann als ungewollte Vorauswahl der Beispiele gesehen werden. Außerdem können die Beispiele durch die verwendeten Kameras oft in ihrem Eindruck verfälscht werden. Ein Lichtstimmungsbild wirkt schnell in den Farben verzerrt oder durch die Blende der Kamera heller oder dunkler als bei der direkten Betrachtung vor Ort. Hier wären Beispiele aus anderen Quellen oder eine direkte Betrachtung von Shows vor Ort ein möglicher Ansatz zur Verbesserung.

Die Auswahl und Anzahl der befragten Personen ist in dieser Arbeit noch relativ gering. Um die Untersuchung repräsentativer zu machen, ist eine größere Auswahl an Testprobanden sinnvoll.

Auch die Anzahl der untersuchten Beispiele könnte vergrößert werden. Zudem würde eine noch größere Heterogenität bei den Beispielen hilfreich sein. Dazu ist die Betrachtung von mehr Beispielen aus noch mehr Genres und weiteren Regionen der Erde ein sinnvoller Schritt.

## 5.2 Erweitern des Versuchs

Neben den im Versuch analysierten Musikbeispielen ist auch die Untersuchung weiterer Beispiele interessant. So wäre eine Untersuchung von Lichtstimmungsbildern zum Beispiel aus den Bereichen Theater, Musical, Film, Zirkus und ähnlichem möglich.

Zusätzlich könnten neben den betrachteten Emotionen Trauer, Freude, Wut, Macht und Liebe auch weitere Emotionen untersucht werden.

## 5.3 Weitere Untersuchungen

Auch weiterführende Untersuchungen in anderen Bereichen können hier sehr interessant sein. Ein Beispiel wären Forschungen im Bereich Eyetracking. Mithilfe dieser Technik könnte beispielsweise untersucht werden, welche Elemente eines Lichtstimmungsbildes unterschiedliche Personengruppen wahrnehmen und wie sich die Wahrnehmung bei Beispielen zu unterschiedlichen Emotionen oder unterschiedlichen Bühnen und Räumen verändert.

## 5.4 Verwendung der Daten in Neuronalen Netzwerken

Als letztes bleibt die tatsächliche Verwendung der Daten und Parameter in Neuronalen Netzwerken. In dieser Arbeit wurden Parameter zur Beschreibung von Lichtstimmungsbildern erstellt und in eine einheitliche Form mit eindimensionalen Werten gebracht. Ein wichtiger Folgeschritt ist nun das Erstellen eines tatsächlichen Neuronalen Netzwerks, das mit dieser Art Daten lernen kann. Dabei stellen sich einige grundlegende Fragen:

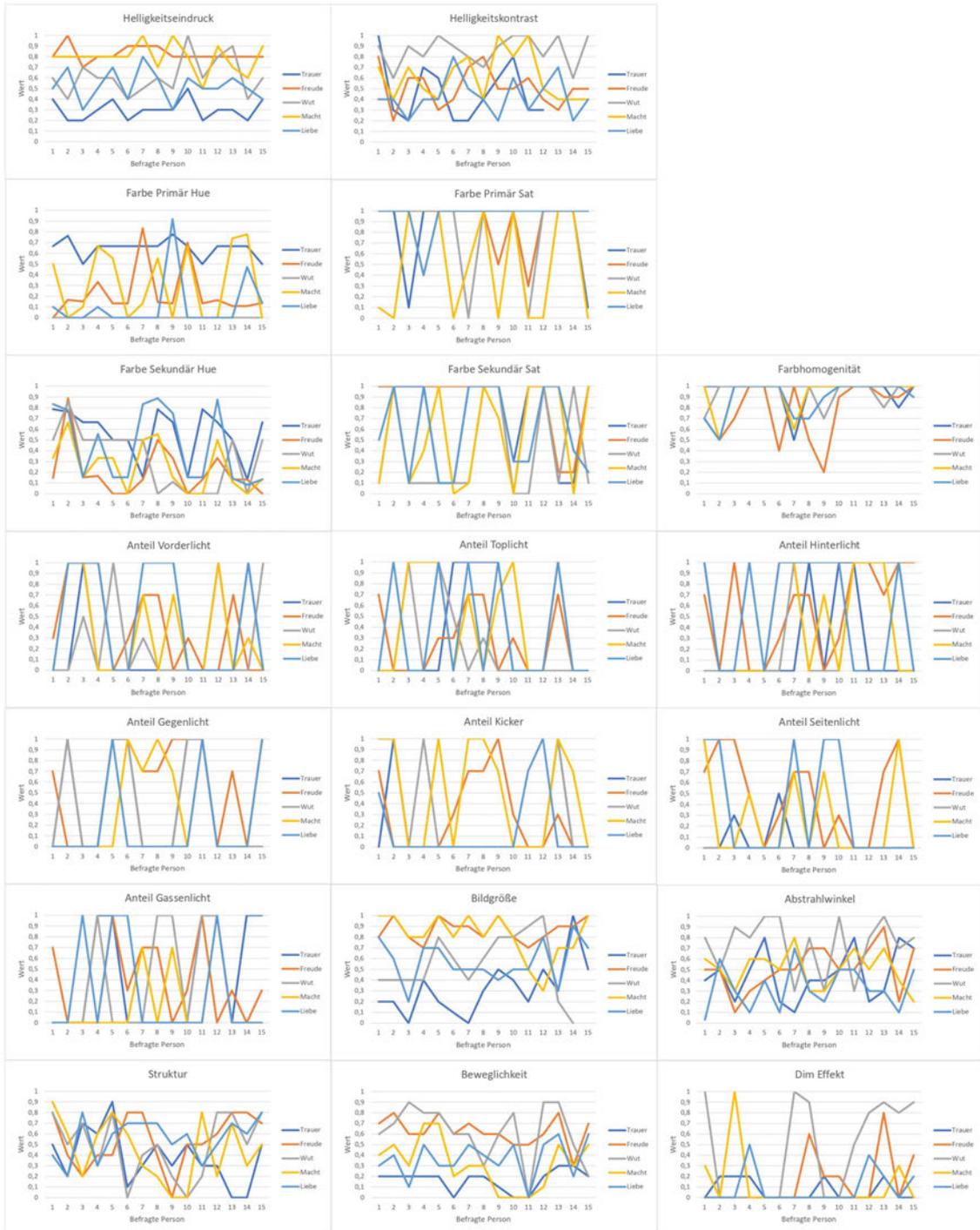
- Welche Art von Neuronalem Netzwerk ist sinnvoll und wie soll es aufgebaut sein?
- Was genau bekommt das Netzwerk als Eingabe und was gibt es als Ausgabe raus?
- Wie viele Trainingsdaten sind notwendig und woher kommen diese?
- Wie können mit den abstrakten Metaparametern wieder unterschiedliche reale Scheinwerfer-Setups angesprochen werden?

# A Anhang

## A.1 Daten der Personenbefragung

Ge	Nr.	schlecht	Gruppe	Alter	Emotion	Helligkeits eindruck	Helligkeits kontrast	Farbe Pri. Hue	Farbe Pri. Sat	Farbe Sek. Hue	Farbe Sek. Sat	Farb homo genität	Anteil Vorder licht	Anteil Top licht	Anteil Hinte r	Anteil Gegen licht	Anteil Kicke r	Anteil Seiten licht	Anteil Gasse	Bild größe	Abstrahl winkel	Struktur	Beweglich keit	Dim Effekte
m	1	Techniker	30s	Trauer	0,4	1	0,666	1	0,786	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,4	0,5	0,2	0
m	1	Techniker	30s	Freude	0,8	0,8	0	1	0,147	1	0,7	0,3	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,5	0,8	0,7	0
m	1	Techniker	30s	Wut	0,6	0,9	0	1	0,5	0,1	0,7	0	0	0	0	1	0	0	0,4	0,8	0,8	0,6	1	
m	1	Techniker	30s	Macht	0,8	0,7	0,5	0,1	0,333	0,1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0,6	0,9	0,4	0,3	0,3
m	1	Techniker	30s	Liebe	0,5	0,4	0,1	1	0,833	0,5	0,7	0	0	1	0	0,5	1	0	0,8	0,03	0,4	0,3	0	
m	2	Laie	30s	Trauer	0,2	0,3	0,764	1	0,764	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0,2	0,5	0,2	0,2	0,2	
m	2	Laie	30s	Freude	1	0,2	0,1666	1	0,888	1	0,5	1	0	0	0	0	1	0	1	0,5	0,4	0,8	0	
m	2	Laie	30s	Wut	0,4	0,6	0	1	0,853	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0,4	0,5	0,5	0,7	0	
m	2	Laie	30s	Macht	0,8	0,4	0	0	0,666	1	0,5	1	0	0	0	1	0	0	1	0,5	0,6	0,5	0	
m	2	Laie	30s	Liebe	0,7	0,4	0	1	0,777	1	0,5	1	1	0	0	0	1	0	0,6	0,6	0,2	0,4	0	
m	3	Laie	20s	Trauer	0,2	0,2	0,5	0,1	0,666	1	1	1	0	0	0	0	0,3	0	0	0,2	0,7	0,2	0,2	0,2
m	3	Laie	20s	Freude	0,7	0,6	0,153	1	0,153	0,1	0,7	1	0	1	0	0	0	1	0,8	0,1	0,2	0,6	0	
m	3	Laie	20s	Wut	0,7	0,9	0	1	0,5	0,1	1	0,5	1	0	0	0	0	0	0,4	0,9	0,7	0,9	0	
m	3	Laie	20s	Macht	0,8	0,7	0,1	1	0,153	0,1	1	1	1	0	0	0	0	0	0,8	0,3	0,2	0,3	1	
m	3	Laie	20s	Liebe	0,3	0,2	0	1	0,153	0,1	1	1	0	0	0	0	0	1	0,2	0,3	0,8	0,1	0	
m	4	Laie	20s	Trauer	0,3	0,7	0,666	1	0,666	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0,4	0,5	0,6	0,2	0,2	
m	4	Laie	20s	Freude	0,8	0,6	0,333	1	0,166	1	1	1	0	0	0	0	0,5	0	0,7	0,3	0,4	0,6	0	
m	4	Laie	20s	Wut	0,6	0,8	0	1	0,5	0,1	1	0	0	0	0	1	0	1	0,4	0,8	0,3	0,8	0	
m	4	Laie	20s	Macht	0,8	0,5	0,666	0,4	0,333	0,4	1	0	1	0	0	0	0,5	0	0,8	0,6	0,6	0,7	0	
m	4	Laie	20s	Liebe	0,5	0,4	0,1	0,4	0,555	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0,7	0,1	0,3	0,5	0,5	
m	5	Techniker	20s	Trauer	0,4	0,6	0,666	1	0,5	0,1	1	0	0	0	1	0	0	1	0,2	0,8	0,9	0,2	0	
m	5	Techniker	20s	Freude	0,8	0,3	0,133	1	0	1	1	0	0,3	0	1	0	0	1	1	0,4	0,4	0,8	0	
m	5	Techniker	20s	Wut	0,6	1	0	1	0,5	0,1	1	1	1	0	1	0	0	0	0,4	1	0,8	0,8	0	
m	5	Techniker	20s	Macht	0,8	0,4	0,555	1	0,333	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0,6	0,8	0,7	0	
m	5	Techniker	20s	Liebe	0,7	0,4	0	1	0,153	0,1	1	0	1	0	1	0	0	1	0,7	0,4	0,6	0,3	0	
m	6	Techniker	20s	Trauer	0,2	0,2	0,666	1	0,5	0,1	1	0	1	0	1	0	0,5	0	0,1	0,2	0,1	0	0	
m	6	Techniker	20s	Freude	0,9	0,4	0,133	1	0	1	0,4	0,3	0,3	0,3	1	0,3	0,3	0,3	0,9	0,5	0,8	0,6	0	
m	6	Techniker	20s	Wut	0,4	0,9	0	1	0,5	0,1	1	0	0,5	0	1	0	0	0	0,8	1	0	0,6	0	
m	6	Techniker	20s	Macht	0,8	0,7	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0,8	0,5	0,6	0,2	0	
m	6	Techniker	20s	Liebe	0,4	0,8	0	1	0,153	0,1	1	0	0	1	0	0	0	1	0,5	0,1	0,7	0,3	0	
w	7	Techniker	20s	Trauer	0,1	0,2	0,666	1	0,153	1	0,5	0	1	0	0	0	0	0	0	0,1	0,3	0,2	0	0
w	7	Techniker	20s	Freude	0,9	0,7	0,833	1	0,133	1	1	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	0,5	0,8	0,7	0	
w	7	Techniker	20s	Wut	0,5	0,8	0	0	0,5	0,1	1	0,3	0	1	0	0	0	0	0,6	0,3	0,4	0,6	1	
w	7	Techniker	20s	Macht	1	0,8	0,133	0,5	0,5	0,1	0,6	0,7	0,7	1	0,7	1	0,7	0,7	1	0,8	0,3	0,3	0	
w	7	Techniker	20s	Liebe	0,8	0,5	0	1	0,833	1	0,7	1	1	1	0	0	1	0	0,5	0,7	0,7	0,5	0	
m	8	Techniker	20s	Trauer	0,3	0,4	0,666	1	0,786	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0,3	0,4	0,5	0,2	0	
m	8	Techniker	20s	Freude	0,9	0,8	0,147	1	0,5	1	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,4	0,6	0,6	
m	8	Techniker	20s	Wut	0,6	0,7	0	1	0	1	1	0	0,3	0	0	0	0	1	0,4	0,8	0,5	0,3	0,9	
m	8	Techniker	20s	Macht	0,7	0,4	0,555	1	0,555	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0,8	0,3	0,2	0,3	0	
m	8	Techniker	20s	Liebe	0,6	0,4	0	1	0,888	1	0,7	1	0	1	0	0	0	0	0,5	0,3	0,7	0,4	0	
m	9	Techniker	20s	Trauer	0,3	0,6	0,777	1	0,666	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0,5	0,4	0,3	0,1	0,2	
m	9	Techniker	20s	Freude	0,8	0,5	0,133	0,5	0,333	1	0,2	0	0	0	1	1	0	0	1	0,7	0	0,6	0,2	
m	9	Techniker	20s	Wut	0,5	0,9	0	1	0,111	1	0,7	0	0	0	0	0	0	1	0,6	0,3	0,2	0,6	0	
m	9	Techniker	20s	Macht	1	1	0	0	0,153	0,7	1	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1	0,3	0	0	0	
m	9	Techniker	20s	Liebe	0,3	0,2	0,917	1	0,75	1	0,9	1	1	1	0	0	1	0	0,4	0,2	0,5	0,3	0	
m	10	Designer	40s	Trauer	0,5	0,8	0,666	1	0,153	0,3	1	0	0	1	1	0	0,3	0	0,4	0,5	0,5	0	0	
m	10	Designer	40s	Freude	0,8	0,5	0,7	1	0	0	0,9	0,3	0,3	0,3	1	0,3	0,3	0,3	0,8	0,5	0,5	0,5	0,2	
m	10	Designer	40s	Wut	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0,8	1	0	0,8	0	
m	10	Designer	40s	Macht	0,8	0,8	0,666	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0,8	0,5	0	0	0	
m	10	Designer	40s	Liebe	0,6	0,6	0	1	0,153	0,3	1	0	0	1	0	0	1	0	0,5	0,5	0,6	0,5	0	
m	11	Designer	40s	Trauer	0,2	0,3	0,5	0,3	0,786	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0,2	0,8	0,3	0	0	
m	11	Designer	40s	Freude	0,8	0,6	0,133	0,3	0,133	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0,7	0,5	0,5	0,5	0	
m	11	Designer	40s	Wut	0,6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0,8	0,3	0,2	0	0,5
m	11	Designer	40s	Macht	0,5	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0,5	0,7	0,8	0	0	
m	11	Designer	40s	Liebe	0,5	0,3	0	1	0,153	0,3	1	0	0	0	1	0,7	0	0	0,5	0,5	0,3	0	0	
m	12	Techniker	20s	Trauer	0,3	0,3	0,666	1	0,666	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0,5	0,2	0,3	0,2	0	
m	12	Techniker	20s	Freude	0,8	0,4	0,166	1	0,333	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0,8	0,7	0,6	0,6	0	
m	12	Techniker	20s	Wut	0,8	0,8	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0,9	0,8	0,8	0,9	0,8	
m	12	Techniker	20s	Macht	0,9	0,5	0	0	0,5	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0,3	0,5	0,2	0,1	0	
m	12	Techniker	20s	Liebe	0,5	0,5	0	1	0,875	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0,8	0,3	0,5	0,5	0,4	
m	13	Designer	20s	Trauer	0,3	0,8	0,666	1	0,5	0,1	1	0	1	0	0	1	0	0	0,3	0,3	0	0,3	0,2	
m	13	Designer	20s	Freude	0,8	0,3	0,111	1	0,133	0,2	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,3	0,7	0,3	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	
m	13	Designer	20s	Wut	0,9	1	0	1	0,5	0,1	0,8	0	0	1	0	1	0	0	1	0,8	0,9	0,9	0,9	
m	13	Designer	20s	Macht	0,7	0,4	0,738	1	0,111	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0,7	0,7	0,5	0	0	
m	13	Designer	20s	Liebe	0,6	0,7	0	1	0,144	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0,3	0,3	0,7	0,6	0,2	
m	14	Techniker	20s	Trauer	0,2	0,1	0,666	1	0,133	0,1	0,8	1	0	0	0	0	0	1	1	0,8	0	0,3	0	0
m	14	Techniker	20s	Freude	0,8	0,5	0,111	1	0,133	0,2	0,9	0	0	1	0	0	1	0	0,9	0,2	0,8	0,3	0	
m	14	Techniker	20s	Wut	0,4	0,6	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0,2	0,7	0,5	0,5	0,8	
m	14	Techniker	20s	Macht	0,6	0,4	0,777	1	0	0	1	0,3	0	0	0	0,7	1	0	0,7	0,4	0,3	0,3	0,3	
m	14	Techniker	20s	Liebe	0,5	0,2	0,47																	

## A.2 Graphen zur Personenbefragung



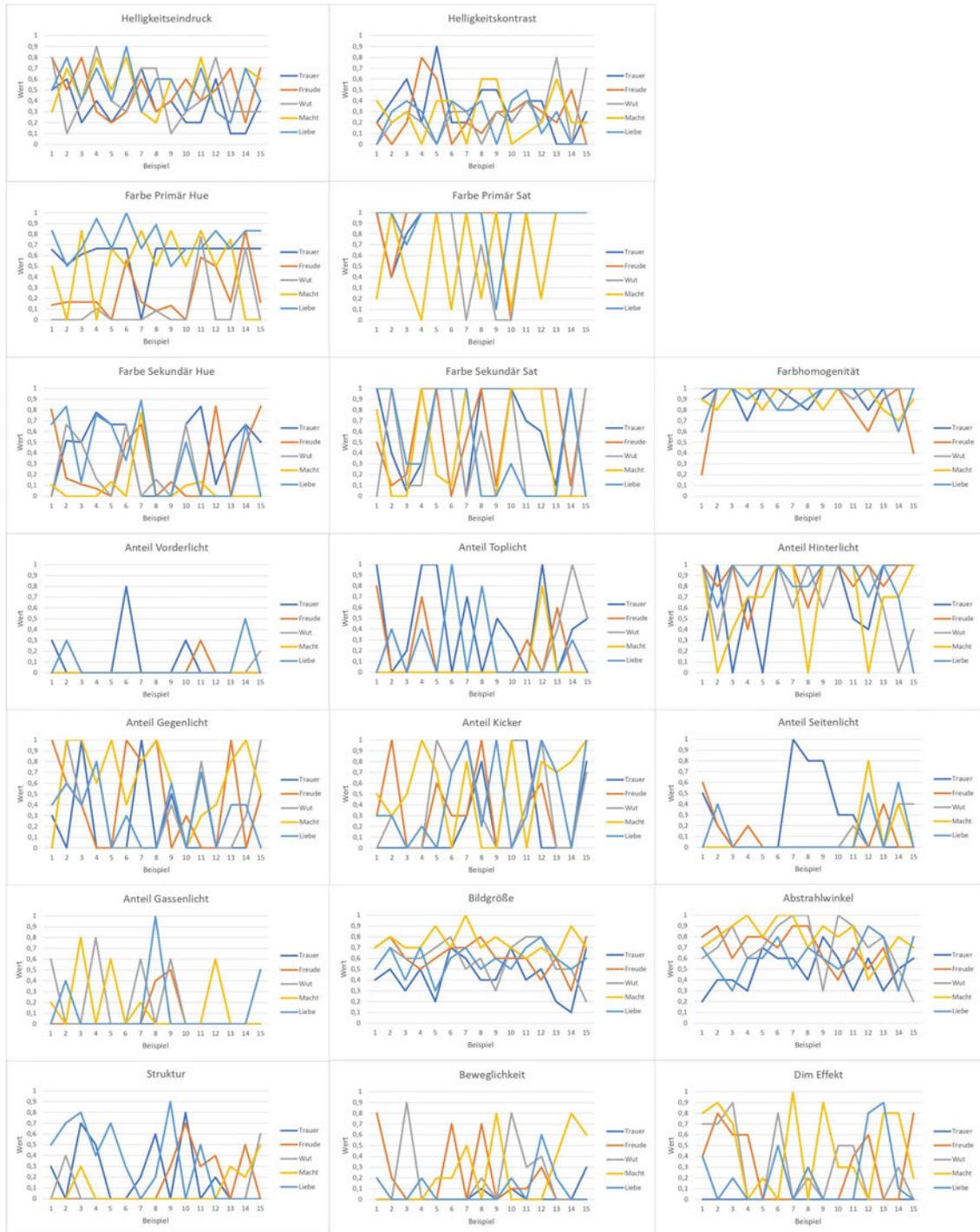
## A.3 Liste der analysierten Beispiele

Nr.	Emotion	Songtitel	Interpret	Genre	Entstehungszeit	Region	Time stamp	Link	Fremd analyse
1	Trauer	Sorry seems to be the hardest word	Elton John	Pop	00s	US	01:21	<a href="https://youtu.be/_oR-zQbpx9s?t=81">https://youtu.be/_oR-zQbpx9s?t=81</a>	
2	Trauer	Wasted	Younha	K-Pop	10s	EA	01:00	<a href="https://youtu.be/h5wz8PcIDr8?t=60">https://youtu.be/h5wz8PcIDr8?t=60</a>	X
3	Trauer	Ichiban No Takaramono	LISA	J-Pop	20s	EA	00:26	<a href="https://youtu.be/yu_8bMe9EZU?t=26">https://youtu.be/yu_8bMe9EZU?t=26</a>	X
4	Trauer	Ich will nur das du weißt	SDP	Pop	10s	DE	05:03	<a href="https://youtu.be/k0469N4wROI?t=303">https://youtu.be/k0469N4wROI?t=303</a>	X
5	Trauer	Ohne dich	Rammstein	NDH	10s	DE	00:35	<a href="https://youtu.be/zWRx270usic?t=35">https://youtu.be/zWRx270usic?t=35</a>	X
6	Trauer	Im Himmel geht es weiter	Matthias Reim	Schlager	10s	DE	01:00	<a href="https://youtu.be/sXoshA13RYQ?t=60">https://youtu.be/sXoshA13RYQ?t=60</a>	
7	Trauer	Corre	Jesse & Joy	Pop	10s	LA	01:35	<a href="https://youtu.be/rxRcdmm8Y-M?t=95">https://youtu.be/rxRcdmm8Y-M?t=95</a>	
8	Trauer	U	Kendrick Lamar	Hip-Hop	10s	US	28:50	<a href="https://youtu.be/AJe-nguc26?t=1730">https://youtu.be/AJe-nguc26?t=1730</a>	
9	Trauer	Love Hurts	Nazareth	Rock	10s	EU	01:19	<a href="https://youtu.be/lXb3PP65cIM?t=79">https://youtu.be/lXb3PP65cIM?t=79</a>	
10	Trauer	Homesick	Dua Lipa	Pop	10s	EU	00:00	<a href="https://youtu.be/fruj1di0JM">https://youtu.be/fruj1di0JM</a>	
11	Trauer	Hurt	Christina Aguilera	Pop	00s	US	01:12:37	<a href="https://youtu.be/JhmqC80-1vg?t=4357">https://youtu.be/JhmqC80-1vg?t=4357</a>	
12	Trauer	Another Love	Tom Odell	Pop	20s	EU	00:30	<a href="https://youtu.be/Vh5dA26o7sc?t=30">https://youtu.be/Vh5dA26o7sc?t=30</a>	
13	Trauer	My Immortal	Evanescence	Rock	10s	US	02:51	<a href="https://youtu.be/gRUN_AKq4l?t=171">https://youtu.be/gRUN_AKq4l?t=171</a>	
14	Trauer	Loving Memory	Alter Bridge	Rock	00s	US	00:30	<a href="https://youtu.be/yF9s6aVf1?t=30">https://youtu.be/yF9s6aVf1?t=30</a>	
15	Trauer	Faded	Alan Walker ft. Iselin Solheim	Electro	20s	US	01:00	<a href="https://youtu.be/TTKuRpzafU?t=60">https://youtu.be/TTKuRpzafU?t=60</a>	X
101	Freude	Love on Top	Beyoncé	Pop	10s	US	01:08	<a href="https://youtu.be/ByLstFofo?t=68">https://youtu.be/ByLstFofo?t=68</a>	X
102	Freude	Feel so good	B.A.P.	K-Pop	10s	EA	01:00	<a href="https://youtu.be/we0c-p_vvrk?t=60">https://youtu.be/we0c-p_vvrk?t=60</a>	
103	Freude	Shine On	The Kooks	Rock	00s	EU	01:48	<a href="https://youtu.be/7XO1gpxXAKQ?t=108">https://youtu.be/7XO1gpxXAKQ?t=108</a>	
104	Freude	Happy	Pharrell Williams	Pop	10s	EU	01:03:53	<a href="https://youtu.be/D86Y-9e6pl?t=3833">https://youtu.be/D86Y-9e6pl?t=3833</a>	
105	Freude	Schönste Zeit	Bosse	Pop	10s	DE	0:26:14	<a href="https://youtu.be/Bb1iUrYd60?t=1574">https://youtu.be/Bb1iUrYd60?t=1574</a>	
106	Freude	Vivir Mi Vida	Marc Anthony	Pop	20s	LA	01:36	<a href="https://youtu.be/YKiukNE0T_c?t=96">https://youtu.be/YKiukNE0T_c?t=96</a>	
107	Freude	Il est là	Irie Révoltes	Reggae	10s	DE	02:20:54	<a href="https://youtu.be/AZ_Pkg5K70?t=8454">https://youtu.be/AZ_Pkg5K70?t=8454</a>	X
108	Freude	Feuerwerk	Wincent Weiß	Pop	10s	DE	01:29	<a href="https://youtu.be/HBEpOPMY7EK?t=89">https://youtu.be/HBEpOPMY7EK?t=89</a>	X
109	Freude	Amazing Day	Coldplay	Pop	10s	DE	01:00	<a href="https://youtu.be/lHhkt6Lqiyk?t=60">https://youtu.be/lHhkt6Lqiyk?t=60</a>	
110	Freude	Dieses Leben	Juli	Pop	10s	DE	00:00	<a href="https://youtu.be/QyJ3x1MOEVI">https://youtu.be/QyJ3x1MOEVI</a>	
111	Freude	On Top Of The World	Imagine Dragons	Pop	10s	US	03:46	<a href="https://youtu.be/D3eTFG6vSiM?t=226">https://youtu.be/D3eTFG6vSiM?t=226</a>	
112	Freude	Just Fine	Mary J Blige	R&B	10s	US	01:27	<a href="https://youtu.be/oD_Dka-gjkk?t=87">https://youtu.be/oD_Dka-gjkk?t=87</a>	X
113	Freude	It's A Great Day To Be Alive	Travis Tritt	Country	10s	US	01:18	<a href="https://youtu.be/Jvp5xniplE?t=78">https://youtu.be/Jvp5xniplE?t=78</a>	
114	Freude	Good Old Days	Kesha & Macklemore	Pop	10s	US	01:12	<a href="https://youtu.be/N28SU-hjki?t=72">https://youtu.be/N28SU-hjki?t=72</a>	
115	Freude	I Don't Feel Hate	Jendrik	Pop	20s	DE	00:04	<a href="https://youtu.be/XOLKxs6cy4?t=274">https://youtu.be/XOLKxs6cy4?t=274</a>	X
201	Wut	Dein Lied	Kraftklub	Rock	10s	DE	04:34	<a href="https://youtu.be/PM45D0Q3umw?t=274">https://youtu.be/PM45D0Q3umw?t=274</a>	
202	Wut	We Are Never Getting Back Together	Taylor Swift	Pop	20s	US	02:01	<a href="https://youtu.be/eZRs0sMrqI?t=121">https://youtu.be/eZRs0sMrqI?t=121</a>	
203	Wut	So What	Pink	Rock	10s	US	01:21	<a href="https://youtu.be/RaCbtFXXTaw?t=81">https://youtu.be/RaCbtFXXTaw?t=81</a>	
204	Wut	The Kill	30 Seconds to Mars	Rock	10s	US	02:21	<a href="https://youtu.be/95YIW-m0I38?t=141">https://youtu.be/95YIW-m0I38?t=141</a>	
205	Wut	Killing in the Name of	Rage Against The Machine	Rock	10s	US	02:37	<a href="https://youtu.be/R88lUBvbpo?t=157">https://youtu.be/R88lUBvbpo?t=157</a>	X
206	Wut	Given Up	Linkin Park	Rock	10s	US	09:51	<a href="https://youtu.be/yTax_1Xvsto?t=591">https://youtu.be/yTax_1Xvsto?t=591</a>	
207	Wut	IDGAF	Dua Lipa	Pop	10s	EU	00:14	<a href="https://youtu.be/vnbNrsDAgdA?t=14">https://youtu.be/vnbNrsDAgdA?t=14</a>	X
208	Wut	Hate	4minute	K-Pop	10s	EA	00:35	<a href="https://youtu.be/te2TsvY_o9M?t=35">https://youtu.be/te2TsvY_o9M?t=35</a>	X
209	Wut	Ok	Farin Urlaub Racing Team	Rock	00s	DE	00:27	<a href="https://youtu.be/f-a7aUh90lk?t=27">https://youtu.be/f-a7aUh90lk?t=27</a>	X
210	Wut	Carnaza	Anier	Hip-Hop	10s	EU	00:51	<a href="https://youtu.be/5p09MQ8vZ5E?t=51">https://youtu.be/5p09MQ8vZ5E?t=51</a>	
211	Wut	Heul Doch	Lafée	Rock	00s	DE	01:04	<a href="https://youtu.be/YW41hr9Croxw?t=64">https://youtu.be/YW41hr9Croxw?t=64</a>	X
212	Wut	Zombie	The Cranberries	Rock	10s	EU	01:02	<a href="https://youtu.be/4xExiaYddUjI?t=62">https://youtu.be/4xExiaYddUjI?t=62</a>	
213	Wut	You Rascal You	Hanni El Khatib	Rock	10s	EU	01:20	<a href="https://youtu.be/hfiq1Qm4Kog?t=80">https://youtu.be/hfiq1Qm4Kog?t=80</a>	
214	Wut	Cleaning Out My Closet	Eminem	Hip-Hop	10s	US	00:51	<a href="https://youtu.be/zulrhw3dY?t=51">https://youtu.be/zulrhw3dY?t=51</a>	
215	Wut	I Can Do Better	Avril Lavigne	Rock	00s	US	00:04	<a href="https://youtu.be/05bZ7sp-42MM?t=4">https://youtu.be/05bZ7sp-42MM?t=4</a>	
301	Macht	Knights of Cydonia	Muse	Rock	10s	US	03:01	<a href="https://youtu.be/g8lU8gH9iSw?t=181">https://youtu.be/g8lU8gH9iSw?t=181</a>	
302	Macht	Giant	Yugi	Rock	20s	EA	02:10	<a href="https://youtu.be/yE8pGz7XCF?t=130">https://youtu.be/yE8pGz7XCF?t=130</a>	X
303	Macht	Roar	Katy Perry	Pop	10s	US	00:49	<a href="https://youtu.be/Rh47oT5Rf-w?t=49">https://youtu.be/Rh47oT5Rf-w?t=49</a>	
304	Macht	Power	Little Mix	Pop/Hip-Hop	10s	EU	03:01	<a href="https://youtu.be/TmPWCt2v7WA?t=181">https://youtu.be/TmPWCt2v7WA?t=181</a>	
305	Macht	We Are The Champions	Queen + Adam Lambert	Rock	10s	US	03:49	<a href="https://youtu.be/wdfE68SR-uY?t=229">https://youtu.be/wdfE68SR-uY?t=229</a>	
306	Macht	Good Feeling	Flo Rida	Hip-Hop	10s	EU	00:26	<a href="https://youtu.be/tJ6d4r0ctc?t=26">https://youtu.be/tJ6d4r0ctc?t=26</a>	X
307	Macht	All I Do Is Win	DJ Khaled	Hip-Hop	10s	US	00:33	<a href="https://youtu.be/EVwBglYK8k?t=33">https://youtu.be/EVwBglYK8k?t=33</a>	
308	Macht	Wir sind die Besten	Die Ärzte	Rock	10s	DE	03:20	<a href="https://youtu.be/jJ20rEWCpwc?t=200">https://youtu.be/jJ20rEWCpwc?t=200</a>	
309	Macht	Applause	Lady Gaga	Pop	10s	US	01:51	<a href="https://youtu.be/oSvzWQdJ3KU?t=111">https://youtu.be/oSvzWQdJ3KU?t=111</a>	
310	Macht	The Champion	Carrie Underwood	Pop	10s	US	00:50	<a href="https://youtu.be/tn-PW1Cd0Rk?t=50">https://youtu.be/tn-PW1Cd0Rk?t=50</a>	X
311	Macht	How Do You Like Me Now	Toby Keith	Country	10s	US	00:28	<a href="https://youtu.be/fW0VGjwEKs?t=28">https://youtu.be/fW0VGjwEKs?t=28</a>	X
312	Macht	Warriors	Lexi Liu	Pop	20s	EA	01:15	<a href="https://youtu.be/ihxiDjg5Eps?t=75">https://youtu.be/ihxiDjg5Eps?t=75</a>	X
313	Macht	Stronger	Kelly Clarkson	Pop	20s	US	00:58	<a href="https://youtu.be/Hu7pvkK_Wug?t=58">https://youtu.be/Hu7pvkK_Wug?t=58</a>	
314	Macht	Feel Invincible	Skillet	Rock	20s	US	00:44	<a href="https://youtu.be/1e_ykXAM5g?t=44">https://youtu.be/1e_ykXAM5g?t=44</a>	
315	Macht	Legendary	Welshly Arms	Rock	10s	US	02:23	<a href="https://youtu.be/fGGZkHfcYg4?t=143">https://youtu.be/fGGZkHfcYg4?t=143</a>	
401	Liebe	I Love You	EXID	K-Pop	20s	EA	00:00	<a href="https://youtu.be/F80NY8c3ssE">https://youtu.be/F80NY8c3ssE</a>	
402	Liebe	Entra En Mi Vida	Sin Bandera	Pop	10s	LA	01:26	<a href="https://youtu.be/mHqSA0a7vVY?t=86">https://youtu.be/mHqSA0a7vVY?t=86</a>	
403	Liebe	Eres	Café Tacvba	Rock	10s	LA	00:50	<a href="https://youtu.be/PIA9o1rw-rY?t=50">https://youtu.be/PIA9o1rw-rY?t=50</a>	X
404	Liebe	The Light	Common	Hip-Hop	00s	US	00:33	<a href="https://youtu.be/Y5eOgAoWZ5o?t=33">https://youtu.be/Y5eOgAoWZ5o?t=33</a>	
405	Liebe	Ich will immer wieder	Helene Fischer	Schlager	00s	DE	00:02	<a href="https://youtu.be/bl9id4ANNY?t=2">https://youtu.be/bl9id4ANNY?t=2</a>	
406	Liebe	500 Meilen	Santiano	Folk	10s	DE	00:42	<a href="https://youtu.be/BbStPSY9Sw?t=42">https://youtu.be/BbStPSY9Sw?t=42</a>	X
407	Liebe	Liebe	Sido	Hip-Hop	10s	DE	07:26	<a href="https://youtu.be/Gq_npaMk0lo?t=446">https://youtu.be/Gq_npaMk0lo?t=446</a>	
408	Liebe	Love Me Like You Do	Ellie Goulding	Pop	10s	EU	01:55	<a href="https://youtu.be/rT2W4BYgEww?t=115">https://youtu.be/rT2W4BYgEww?t=115</a>	X
409	Liebe	Shape Of You	Ed Sheeran	Pop	10s	US	00:43	<a href="https://youtu.be/ocPa8w0UHks?t=43">https://youtu.be/ocPa8w0UHks?t=43</a>	X
410	Liebe	Ein Kompliment	Sportfreunde Stiller	Pop	10s	DE	00:56	<a href="https://youtu.be/odxvH_Epjbk?t=56">https://youtu.be/odxvH_Epjbk?t=56</a>	
411	Liebe	Ich lass für dich das Licht an	Revolverheld	Rock	10s	DE	03:13	<a href="https://youtu.be/CDp2g0j_GmA?t=193">https://youtu.be/CDp2g0j_GmA?t=193</a>	X
412	Liebe	Crazy in Love	Beyoncé	Pop	10s	US	00:24	<a href="https://youtu.be/s7Ag8z5HJTY?t=24">https://youtu.be/s7Ag8z5HJTY?t=24</a>	
413	Liebe	My Love	Justin Timberlake	Pop	10s	US	01:02	<a href="https://youtu.be/_Q-QpI7P0?t=62">https://youtu.be/_Q-QpI7P0?t=62</a>	
414	Liebe	Just The Way You Are	Bruno Mars	Pop	10s	US	00:36	<a href="https://youtu.be/sTUwQ3jWjKo?t=36">https://youtu.be/sTUwQ3jWjKo?t=36</a>	
415	Liebe	Follow You	Imagine Dragons	Pop	20s	US	01:23	<a href="https://youtu.be/k3zimSRKqNw?t=83">https://youtu.be/k3zimSRKqNw?t=83</a>	

## A.4 Daten der Analyse

Song	Nr.	Genre	Entstehungszeit	Region	Emotion	Helligkeitsindruck	Helligkeitskontrast	Farbe Pri.	Farbe Pri. Sat	Farbe Sek. Hue	Farb homo genität	Anteil Vorderlicht	Anteil Toplicht	Anteil Hinterlicht	Anteil Gegenlicht	Anteil Kicker	Anteil Seitenlicht	Anteil Gasse	Abstrahlwinkel	Bewegung	Dim Effekte			
1	1	Pop	00s	US	Trauer	0,5	0,2	0,655	1	0	1	0,9	0,3	1	0,3	0,3	0	0,5	0	0,4	0,2	0,3	0	0
101	1	Pop	10s	US	Freude	0,8	0,2	0,138	1	0,805	0,5	0,2	0	0,8	1	1	0,3	0,6	0	0,7	0,8	0	0,8	0,4
201	1	Rock	10s	DE	Wut	0,8	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0,6	0,5	0,6	0	0	0,7
301	1	Rock	10s	US	Macht	0,3	0,4	0,5	0,2	0,105	0,8	0,9	0	0	1	0	0,5	0	0,2	0,7	0,7	0	0	0,8
401	1	K-Pop	20s	EA	Liebe	0,5	0	0,833	1	0,666	1	0,6	0	0	1	0,4	0,3	0	0	0,5	0,7	0,5	0,2	0,4
2	2	K-Pop	10s	EA	Trauer	0,6	0,4	0,516	0,4	0,516	0,4	1	0	0	1	0	0	0,2	0	0,5	0,4	0	0	0
102	2	K-Pop	10s	EA	Freude	0,5	0	0,166	0,4	0,166	0,1	1	0	0	0,8	0,6	1	0,2	0	0,8	0,9	0	0,2	0,8
202	2	Pop	20s	US	Wut	0,1	0,2	0	1	0,666	1	1	0	0	0,3	1	0,3	0	0	0,7	0,7	0,4	0	0,7
302	2	Rock	20s	EA	Macht	0,7	0,2	0	1	0	0	0,8	0	0	1	0,3	0	0	0,8	0,8	0	0	0	0,9
402	2	Pop	10s	LA	Liebe	0,8	0,3	0,5	1	0,833	1	1	0,3	0,4	0,6	0,6	0,3	0,4	0,4	0,7	0,5	0,7	0	0
3	3	J-Pop	20s	EA	Trauer	0,2	0,6	0,611	0,8	0,5	0,05	1	0	0,2	0	1	0	0	0	0,3	0,4	0,7	0	0
103	3	Rock	00s	EU	Freude	0,8	0,2	0,166	1	0,111	0,2	1	0	0	1	0,4	0	0	0	0,6	0,6	0	0	0,6
203	3	Rock	10s	US	Wut	0,4	0,3	0	1	0,5	0,1	1	0	0	1	0,4	0	0	0	0,6	0,9	0	0,9	0,9
303	3	Pop	10s	US	Macht	0,4	0,3	0,833	0,4	0	1	0	0	0,4	1	0,5	0	0,8	0,7	0,9	0,3	0	0,7	
403	3	Rock	10s	LA	Liebe	0,4	0,4	0,666	0,7	0,1333	0,3	1	0	0	1	0,4	0	0	0,4	0,3	0,8	0	0,2	0,2
4	4	Pop	10s	DE	Trauer	0,4	0,2	0,666	1	0,777	0,3	0,7	0	1	0,7	0	0	0	0,5	0,3	0,5	0	0	0
104	4	Pop	10s	EU	Freude	0,3	0,8	0,166	1	0,072	1	1	0	0,7	0,4	0	0	0,2	0	0,5	0,8	0	0	0,6
204	4	Rock	10s	US	Wut	0,9	0,2	0,105	1	0,166	0,1	1	0	0	1	0,8	0	0	0,8	0,6	0,6	0	0	0
304	4	op/Hip-Ho	10s	EU	Macht	0,8	0	0	0	0	1	1	0	0	0,7	0,6	1	0	0	0,7	1	0	0	0
404	4	Hip-Hop	00s	US	Liebe	0,7	0,3	0,944	1	0,75	0,3	0,9	0	0,4	0,8	0,8	0,2	0	0	0,7	0,6	0,4	0,2	0
5	5	NDH	10s	DE	Trauer	0,2	0,9	0,666	1	0,666	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0,2	0,7	0	0	0
105	5	Pop	10s	DE	Freude	0,2	0,6	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0,6	0	0	0,6	0,8	0	0	0
205	5	Rock	10s	US	Wut	0,4	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0,7	0,7	0	0	0
305	5	Rock	10s	US	Macht	0,5	0,4	0,666	1	0,133	0,2	0,8	0	0	0,7	1	0,7	0	0,6	0,9	0,8	0	0,2	0,2
405	5	Schlager	00s	DE	Liebe	0,4	0	0,666	1	0,666	1	1	0	0	1	0	0	0	0,3	0,6	0,7	0	0	0
6	6	Schlager	10s	DE	Trauer	0,4	0,2	0,666	1	0,666	1	1	0,8	0	1	0	0	0	0	0,7	0,6	0	0	0
106	6	Pop	20s	LA	Freude	0,3	0	0,555	1	0,5	0	1	0	0	1	1	0,3	0	0	0,7	0,7	0	0,7	0
206	6	Rock	10s	US	Wut	0,3	0,3	0	1	0,666	1	0,8	0	0	1	0	0,7	0	0	0,8	0,9	0	0	0,8
306	6	Hip-Hop	10s	EU	Macht	0,8	0,4	0,5	0,1	0	0,1	1	0	0	1	0,4	0	0	0	0,7	1	0	0,2	0
406	6	Folk	10s	DE	Liebe	0,9	0,4	1	1	0,333	1	0,8	0	1	1	0,3	0,7	0	0	0,6	0,8	0,3	0	0,5
7	7	Pop	10s	LA	Trauer	0,7	0,2	0	1	0	0	0,9	0	0,7	1	1	0,3	1	0	0,6	0,6	0,2	0	0
107	7	Reggae	10s	DE	Freude	0,6	0,2	0,166	1	0,666	0,527	1	0	0	1	0,8	0,3	0	0	0,7	0,9	0	0	0
207	7	Pop	10s	EU	Wut	0,7	0,3	0	0	0	1	0	0	0	0,6	0	1	0	0,6	0,5	1	0	0	0
307	7	Hip-Hop	10s	US	Macht	0,3	0	0,833	1	0,777	1	1	0	0	1	0,8	0,8	0	0,2	1	1	0	0,5	1
407	7	Hip-Hop	10s	DE	Liebe	0,3	0,3	0,666	1	0,888	1	0,8	0	0	0,8	0	1	0	0	0,7	0,5	0	0	0
8	8	Hip-Hop	10s	US	Trauer	0,3	0,5	0,666	1	0	1	0,8	0	0	1	0	0,8	0,8	0	0,4	0,4	0,6	0,1	0
108	8	Pop	10s	DE	Freude	0,3	0,1	0,083	1	0	1	1	0	0	0,6	1	1	0	0,4	0,8	0,9	0	0,7	0,3
208	8	K-Pop	10s	EA	Wut	0,7	0	0,083	0,7	0,155	0,6	1	0	0	1	0	0,3	0	0	0,6	1	0	0,2	0,2
308	8	Rock	10s	DE	Macht	0,2	0,6	0,5	0,2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0,7	0,7	0	0	0
408	8	Pop	10s	EU	Liebe	0,6	0,4	0,888	1	0	0,9	0	0,8	0,8	0	0,2	0	1	0,5	0,7	0,2	0	0,3	
9	9	Rock	10s	EU	Trauer	0,4	0,5	0,666	1	0	1	1	0	0,5	1	0,5	0	0,8	0	0,4	0,8	0	0	0
109	9	Pop	10s	DE	Freude	0,4	0,3	0,133	1	0,133	0,1	1	0	0	1	0	0	0	0,5	0,6	0,6	0,3	0	0
209	9	Rock	00s	DE	Wut	0,1	0,3	0	0	0	0	1	0	0	0,6	0,4	0	0	0,6	0,3	0,3	0	0	0
309	9	Pop	10s	US	Macht	0,6	0,6	0,833	1	0	0,8	0	0	1	0,6	0	0	0	0,8	0,9	0	0,8	0,9	0,8
409	9	Pop	10s	US	Liebe	0,6	0	0,5	0,1	0	0	1	0	0	1	0,6	1	0	0	0,6	0,6	0,9	0	0
10	10	Pop	10s	EU	Trauer	0,2	0,2	0,666	1	0,666	1	1	0,3	0,3	1	0	1	0,3	0	0,7	0,6	0,8	0,1	0
110	10	Pop	10s	DE	Freude	0,6	0,3	0	0	0	1	1	0	0	1	0,3	0	0	0	0,6	0,4	0,7	0,1	0
210	10	Hip-Hop	10s	EU	Wut	0,3	0,2	0	0	0,666	1	1	0	0	1	0	0	0	0,7	1	0	0,8	0,5	0
310	10	Pop	10s	US	Macht	0,3	0	0,5	0,1	0,1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0,7	0,8	0	0	0,3
410	10	Pop	10s	DE	Liebe	0,3	0,4	0,666	1	0,5	0,3	1	0	0	1	0	0	0	0,5	0,5	0	0,2	0	0
11	11	Pop	00s	US	Trauer	0,2	0,4	0,666	1	0,833	0,7	1	0	0	0,5	0	1	0,3	0	0,4	0,3	0	0	0
111	11	Pop	10s	US	Freude	0,4	0,4	0,583	1	0	1	0,8	0,3	0,3	0,8	0	0,4	0	0	0,6	0,7	0,3	0,1	0,4
211	11	Rock	00s	DE	Wut	0,4	0,4	0,777	1	0	0,9	0	0	1	0,8	0,4	0,2	0	0,8	0,9	0	0,3	0,5	
311	11	Country	10s	US	Macht	0,8	0,1	0,833	1	0,133	1	1	0	0	1	0,3	0	0	0	0,6	0,9	0	0	0,3
411	11	Rock	10s	DE	Liebe	0,7	0,5	0,666	1	0	0	1	0	0	1	0,7	0,3	0	0	0,7	0,6	0,5	0	0
12	12	Pop	20s	EU	Trauer	0,6	0,4	0,666	1	0,111	0,6	0,8	0	1	0,4	0	0	0	0,5	0,6	0,2	0	0	0
112	12	R&B	10s	US	Freude	0,5	0,3	0,5	0,2	0,833	1	0,6	0	0	1	0	0,6	0	0,4	0,5	0,4	0,3	0,6	0,6
212	12	Rock	10s	EU	Wut	0,8	0,2	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0,8	0,7	0	0,4	0
312	12	Pop	20s	EA	Macht	0,3	0,2	0,5	0,2	0	1	1	0	0,8	0	0,4	0,8	0,8	0,6	0,7	0,4	0	0	0
412	12	Pop	10s	US	Liebe	0,3	0,1	0,833	1	0	0	1	0	0	0,7	0	1	0,5	0	0,8	0,9	0	0,6	0,8
13	13	Rock	10s	US	Trauer	0,1	0	0,666	1	0,5	0,1	1	0	0	1	0	0	0	0	0,2	0,3	0	0	0
113	13	Country	10s	US	Freude	0,7	0,2	0,166	1	0	1	0,9	0	0,6	0,8	1	0	0,4	0	0,6	0,7	0	0	0
213	13	Rock	10s	EU	Wut	0,3	0,8	0	1	0	0	1	0	0,4	0,6	0	0	0	0	0,5	0,8	0	0	0
313	13	Pop	20s	US	Macht	0,2	0,6	0,75	1	0	0	0,8	0	0	0,7	0,8	0,7	0	0	0,6	0,6	0,3	0,4	0,8
413	13	Pop	10s	US	Liebe	0,2	0,3	0,666	1	0	0	1	0	0	1	0,4	0,7	0	0	0,6	0,8	0	0,2	0,9
14	14	Rock	00s	US	Trauer	0,1	0	0,666	1	0,666	1	1	0	0,4	1	0	0	0	0	0,1	0,5	0	0	0
114	14	Pop	10s	US	Freude	0,2	0,5	0,833	1	0,5	0,1	1	0	0	1	0	0	0	0,3	0,3	0,5	0	0	0
214</																								

## A.5 Graphen zur Analyse



## A.6 Daten der Fremdanalyse

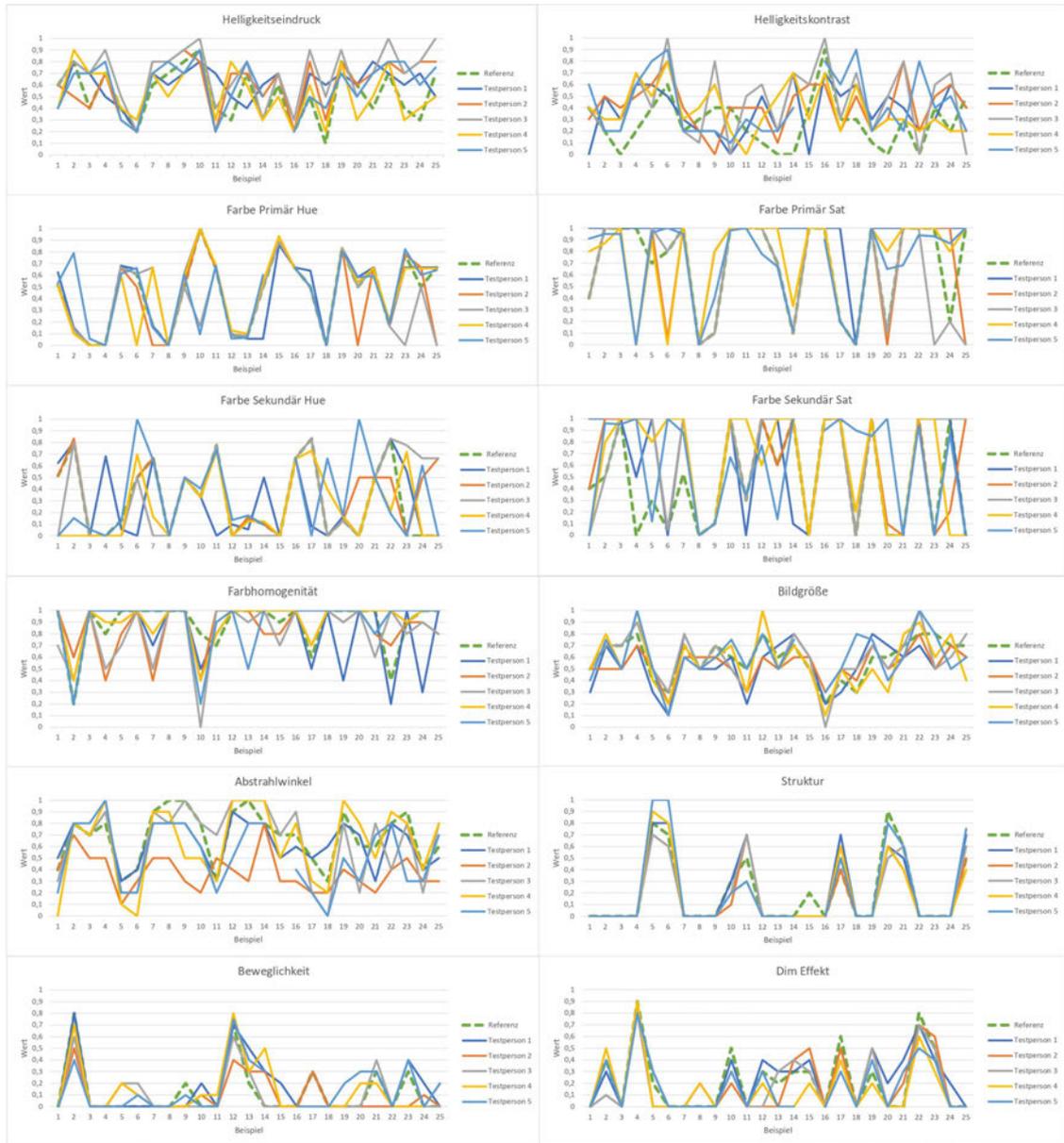
Song nummer	Testperson Nr.	Ge schlecht	Personen Alter	Personen Emotion	Helligkeits eindruck	Helligkeits kontrast	Farbe Pri. Hue	Farbe Pri. Sat	Farbe Sek. Hue	Farbe Sek. Sat	Farb homogenität	Bildgröße	Abstrahl winkel	Struktur	Beweglich keit	Dim Effekte		
2	1	R	R	R	Trauer	0,6	0,4	0,516	0,4	0,516	0,4	1	0,5	0,4	0	0		
2	1	1	m	20s	Techniker	Trauer	0,4	0	0,625	1	0,625	1	1	0,3	0,5	0	0	
2	1	2	m	30s	Laie	Trauer	0,6	0,3	0,516	0,4	0,516	0,4	1	0,5	0,4	0	0	
2	1	3	w	30s	Laie	Trauer	0,6	0,4	0,516	0,4	0	0	0,7	0,5	0,3	0	0	
2	1	4	m	20s	Techniker	Trauer	0,4	0,4	0,51	0,8	0	0	1	0,5	0	0	0	
2	1	5	m	20s	Designer	Trauer	0,4	0,6	0,533	0,91	0	0	1	0,4	0,2	0	0	
101	2	R	R	R	Freude	0,8	0,2	0,138	1	0,805	0,5	0,2	0,7	0,8	0	0,8	0,4	
101	2	1	m	20s	Techniker	Freude	0,8	0,5	0,153	1	0,806	1	0,6	0,7	0,8	0	0,8	0,3
101	2	2	m	30s	Laie	Freude	0,5	0,5	0,138	1	0,833	1	0,6	0,5	0,7	0	0,5	0,1
101	2	3	w	30s	Laie	Freude	0,8	0,2	0,138	1	0,805	0,5	0,4	0,7	0,8	0	0,6	0,1
101	2	4	m	20s	Techniker	Freude	0,9	0,3	0,1	0,87	0	0,8	0,4	0,8	0,8	0	0,7	0,5
101	2	5	m	20s	Designer	Freude	0,7	0,2	0,789	0,95	0,153	0,96	0,2	0,75	0,8	0	0,4	0,4
205	3	R	R	R	Wut	0,4	0	0	1	0	1	1	0,7	0,7	0	0	0	
205	3	1	m	20s	Techniker	Wut	0,7	0,3	0	1	0	1	1	0,5	0,7	0	0	0
205	3	2	m	30s	Laie	Wut	0,4	0,4	0	1	0	1	1	0,5	0,5	0	0	0
205	3	3	w	30s	Laie	Wut	0,7	0,2	0	1	0	1	1	0,7	0,7	0	0	0
205	3	4	m	20s	Techniker	Wut	0,7	0,3	0	1	0	1	1	0,5	0,7	0	0	0
205	3	5	m	20s	Designer	Wut	0,7	0,2	0,056	0,95	0,056	0,95	1	0,5	0,8	0	0	0
302	4	R	R	R	Macht	0,7	0,2	0	1	0	0	0,8	0,8	0,8	0	0	0,9	
302	4	1	m	20s	Techniker	Macht	0,5	0,6	0	1	0,681	0,5	1	0,7	0,9	0	0	0,8
302	4	2	m	30s	Laie	Macht	0,7	0,5	0	0	0	1	0,4	0,7	0,5	0	0	0,8
302	4	3	w	30s	Laie	Macht	0,9	0,7	0	0	0	1	0,5	0,9	0,9	0	0	0,8
302	4	4	m	20s	Techniker	Macht	0,7	0,7	0	0	0	1	0,9	1	1	0	0	0,9
302	4	5	m	20s	Designer	Macht	0,8	0,6	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0,8
403	5	R	R	R	Liebe	0,4	0,4	0,666	0,7	0,1333	0,3	1	0,4	0,3	0,8	0	0,2	
403	5	1	m	20s	Techniker	Liebe	0,4	0,6	0,681	1	0,056	1	1	0,3	0,3	0,8	0	0,3
403	5	2	m	30s	Laie	Liebe	0,3	0,6	0,666	1	0	1	0,8	0,5	0,1	0,7	0,2	0
403	5	3	w	30s	Laie	Liebe	0,5	0,4	0,666	1	0	1	0,7	0,5	0,2	0,7	0,2	0
403	5	4	m	20s	Techniker	Liebe	0,4	0,5	0,6	0,9	0	0,8	0,9	0,4	0,1	0,9	0,2	0
403	5	5	m	20s	Designer	Liebe	0,3	0,8	0,614	0,96	0,128	0,12	1	0,5	0,2	1	0	0,3
3	6	R	R	R	Trauer	0,2	0,6	0,611	0,8	0,5	0,05	1	0,3	0,4	0,7	0	0	0
3	6	1	m	20s	Techniker	Trauer	0,2	0,5	0,653	1	0	0	1	0,1	0,4	0,8	0	0
3	6	2	m	30s	Laie	Trauer	0,2	0,8	0,5	0,05	0,5	0,05	1	0,2	0,3	0,6	0,1	0
3	6	3	w	30s	Laie	Trauer	0,2	1	0,611	0,8	0,5	0,05	1	0,3	0,2	0,6	0,2	0
3	6	4	m	20s	Techniker	Trauer	0,3	0,8	0	0	0,7	1	1	0,2	0	0,8	0,1	0
3	6	5	m	20s	Designer	Trauer	0,2	0,9	0,664	1	1	1	1	0,1	0,2	1	0,1	0
107	7	R	R	R	Freude	0,6	0,2	0,166	1	0,666	0,527	1	0,7	0,9	0	0	0	0
107	7	1	m	20s	Techniker	Freude	0,7	0,3	0,167	1	0,667	1	0,7	0,8	0,8	0	0	0
107	7	2	m	30s	Laie	Freude	0,8	0,4	0	1	0,666	1	0,4	0,6	0,5	0	0	0
107	7	3	w	30s	Laie	Freude	0,8	0,2	0,666	1	0	1	0,5	0,8	0,9	0	0	0
107	7	4	m	20s	Techniker	Freude	0,7	0,3	0,666	1	0,166	1	0,8	0,7	0,9	0	0	0
107	7	5	m	20s	Designer	Freude	0,7	0,2	0,153	0,95	0,65	0,88	1	0,6	0,8	0	0	0
207	8	R	R	R	Wut	0,7	0,3	0	0	0	0	1	0,5	1	0	0	0	0
207	8	1	m	20s	Techniker	Wut	0,6	0,2	0	0	0	0	1	0,5	0,8	0	0	0,2
207	8	2	m	30s	Laie	Wut	0,8	0,2	0	0	0	0	1	0,6	0,5	0	0	0
207	8	3	w	30s	Laie	Wut	0,8	0,1	0	0	0	0	1	0,5	0,8	0	0	0
207	8	4	m	20s	Techniker	Wut	0,5	0,4	0	0	0	0	1	0,5	0,9	0	0	0,2
207	8	5	m	20s	Designer	Wut	0,8	0,2	0	0	0	0	1	0,5	0,8	0	0	0
306	9	R	R	R	Macht	0,8	0,4	0,5	0,1	0,5	0,1	1	0,7	1	0	0,2	0	0
306	9	1	m	20s	Techniker	Macht	0,7	0,2	0,611	0,8	0,5	0,1	1	0,5	0,8	0	0	0
306	9	2	m	30s	Laie	Macht	0,9	0	0,5	0,1	0,5	0,1	1	0,6	0,3	0	0	0
306	9	3	w	30s	Laie	Macht	0,9	0,8	0,5	0,1	0,5	0,1	1	0,7	1	0	0	0
306	9	4	m	20s	Techniker	Macht	0,7	0,6	0,588	0,8	0,5	0,1	1	0,6	0,5	0	0	0
306	9	5	m	20s	Designer	Macht	0,7	0,2	0,606	0,4	0,5	0,1	1	0,6	0,8	0	0,1	0
406	10	R	R	R	Liebe	0,9	0,4	1	1	0,333	1	0,8	0,6	0,8	0,3	0	0,5	0
406	10	1	m	20s	Techniker	Liebe	0,8	0	1	1	0,333	1	0,5	0,6	0,6	0,3	0,2	0,4
406	10	2	m	30s	Laie	Liebe	0,8	0,4	1	1	0,333	1	0,4	0,5	0,2	0,1	0,1	0,2
406	10	3	w	30s	Laie	Liebe	1	0	0,166	1	0,333	1	0	0,5	0,8	0,2	0	0,3
406	10	4	m	20s	Techniker	Liebe	0,9	0,2	1	1	0,33	1	0,4	0,7	0,5	0,2	0,1	0,3
406	10	5	m	20s	Designer	Liebe	0,9	0,1	0,094	0,98	0,406	0,67	0,2	0,75	0,6	0,2	0	0,3
4	11	R	R	R	Trauer	0,4	0,2	0,666	1	0,777	0,3	0,7	0,5	0,3	0,5	0	0	0
4	11	1	m	20s	Techniker	Trauer	0,7	0,2	0,667	1	0	0	0,8	0,2	0,3	0,7	0	0
4	11	2	m	30s	Laie	Trauer	0,2	0,4	0,666	1	0,777	0,3	1	0,3	0,5	0,7	0	0
4	11	3	w	30s	Laie	Trauer	0,4	0,5	0,666	1	0,777	0,3	1	0,3	0,7	0,7	0	0
4	11	4	m	20s	Techniker	Trauer	0,3	0	0,69	1	0,73	1	0,8	0,3	0,3	0,3	0,1	0
4	11	5	m	20s	Designer	Trauer	0,2	0,3	0,681	1	0,736	0,35	0,9	0,5	0,2	0,3	0	0
108	12	R	R	R	Freude	0,3	0,1	0,083	1	0	1	1	0,8	0,9	0	0,7	0,3	0
108	12	1	m	20s	Techniker	Freude	0,5	0,5	0,097	1	0,097	1	1	0,6	0,9	0	0,7	0,4
108	12	2	m	30s	Laie	Freude	0,7	0,4	0,083	1	0	1	1	0,6	0,4	0	0,4	0
108	12	3	w	30s	Laie	Freude	0,6	0,6	0,083	1	0	1	1	1	1	0	0,6	0
108	12	4	m	20s	Techniker	Freude	0,8	0,3	0,125	1	0	0,6	1	1	1	0	0,8	0,2
108	12	5	m	20s	Designer	Freude	0,5	0,2	0,058	0,78	0,136	0,77	1	0,8	0,5	0	0,75	0,3

Fortsetzung der Tabelle auf der nächsten Seite.

# A Anhang

Song nummer	Nr.	Testperson	Ge schlecht	Alter	Personen gruppe	Emotion	Helligkeits eindruck	Helligkeits kontrast	Farbe Pri. Hue	Farbe Pri. Sat	Farbe Sek. Hue	Farbe Sek. Sat	Farb homogenität	Abstrahl Bildgröße	Abstrahl winkel	Beweglich keit	Struktur	Dim Effekte
208	13	R	R	R	R	Wut	0,7	0	0,083	0,7	0,155	0,6	1	0,6	1	0	0,2	0,2
208	13	1	m	20s	Techniker	Wut	0,4	0,2	0,056	1	0,056	1	1	0,7	0,8	0	0,5	0,3
208	13	2	m	30s	Laie	Wut	0,7	0,1	0,083	0,7	0,155	0,6	1	0,5	0,3	0	0,3	0
208	13	3	w	30s	Laie	Wut	0,8	0,2	0,083	0,7	0	1	0,9	0,5	1	0	0,3	0,3
208	13	4	m	20s	Techniker	Wut	0,6	0,5	0,1	1	0,125	1	1	0,5	1	0	0,3	0
208	13	5	m	20s	Designer	Wut	0,8	0,2	0,064	0,67	0,175	0,14	0,5	0,5	0,8	0	0,4	0
310	14	R	R	R	R	Macht	0,3	0	0,5	0,1	0,1	1	1	0,7	0,8	0	0	0,3
310	14	1	m	20s	Techniker	Macht	0,6	0,7	0,056	1	0,5	0,1	1	0,8	0,8	0	0,3	0,3
310	14	2	m	30s	Laie	Macht	0,5	0,5	0,5	0,1	0,1	1	0,8	0,6	0,8	0	0,3	0,4
310	14	3	w	30s	Laie	Macht	0,3	0,7	0,5	0,1	0	1	1	0,8	1	0	0	0,4
310	14	4	m	20s	Techniker	Macht	0,3	0,7	0,54	0,33	0,125	1	1	0,7	1	0	0,5	0
310	14	5	m	20s	Designer	Macht	0,5	0,4	0,603	0,12	0,094	1	1	0,75	0,8	0	0,3	0
408	15	R	R	R	R	Liebe	0,6	0,4	0,888	1	0	0	0,9	0,5	0,7	0,2	0	0,3
408	15	1	m	20s	Techniker	Liebe	0,7	0	0,861	1	0	0	1	0,6	0,5	0	0,2	0,4
408	15	2	m	30s	Laie	Liebe	0,7	0,6	0,888	1	0	0	0,8	0,6	0,3	0	0	0,5
408	15	3	w	30s	Laie	Liebe	0,7	0,6	0,888	1	0	0	0,7	0,6	0,7	0	0	0,3
408	15	4	m	20s	Techniker	Liebe	0,5	0,3	0,936	1	0	0	1	0,5	0,5	0	0	0,2
408	15	5	m	20s	Designer	Liebe												
5	16	R	R	R	R	Trauer	0,2	0,9	0,666	1	0,666	1	1	0,2	0,7	0	0	0
5	16	1	m	20s	Techniker	Trauer	0,2	0,7	0,667	1	0,667	1	1	0,2	0,6	0	0	0
5	16	2	m	30s	Laie	Trauer	0,2	0,6	0,666	1	0,666	1	1	0,3	0,3	0	0	0
5	16	3	w	30s	Laie	Trauer	0,3	1	0,666	1	0,666	1	1	0	0,9	0	0	0
5	16	4	m	20s	Techniker	Trauer	0,2	0,7	0,66	1	0,66	1	1	0,1	0,8	0	0	0
5	16	5	m	20s	Designer	Trauer	0,2	0,8	0,664	0,9	0,664	0,9	1	0,3	0,4	0	0	0
112	17	R	R	R	R	Freude	0,5	0,3	0,5	0,2	0,833	1	0,6	0,4	0,5	0,4	0,3	0,6
112	17	1	m	20s	Techniker	Freude	0,7	0,5	0,639	1	0,083	1	0,5	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5
112	17	2	m	30s	Laie	Freude	0,8	0,2	0,5	0,2	0,833	1	0,7	0,5	0,2	0,4	0,3	0,5
112	17	3	w	30s	Laie	Freude	0,9	0,3	0,5	0,2	0,833	1	1	0,5	0,2	0,5	0	0,4
112	17	4	m	20s	Techniker	Freude	0,6	0,2	0,5	0,2	0,73	1	0,7	0,5	0,3	0,6	0	0,4
112	17	5	m	20s	Designer	Freude	0,5	0,6	0,5	0,2	0	1	1	0,5	0,2	0,5	0	0,3
209	18	R	R	R	R	Wut	0,1	0,3	0	0	0	0	1	0,3	0,3	0	0	0
209	18	1	m	20s	Techniker	Wut	0,6	0,6	0	0	0	0	1	0,5	0,6	0	0	0
209	18	2	m	30s	Laie	Wut	0,3	0,5	0	0	0	0	1	0,4	0,2	0	0	0
209	18	3	w	30s	Laie	Wut	0,5	0,7	0	0	0	0	1	0,5	0	0	0	0
209	18	4	m	20s	Techniker	Wut	0,2	0,6	0	0	0,4	0,2	1	0,3	0,2	0	0	0
209	18	5	m	20s	Designer	Wut	0,4	0,9	0	0	0,664	0,9	1	0,8	0	0	0	0
311	19	R	R	R	R	Macht	0,8	0,1	0,833	1	0,133	1	1	0,6	0,9	0	0	0,3
311	19	1	m	20s	Techniker	Macht	0,7	0,3	0,833	1	0,167	1	0,4	0,8	0,8	0	0	0,5
311	19	2	m	30s	Laie	Macht	0,8	0,2	0,833	1	0,133	1	0,9	0,7	0,4	0	0	0,5
311	19	3	w	30s	Laie	Macht	0,9	0,2	0,833	1	0,133	1	0,9	0,7	0,8	0	0	0,5
311	19	4	m	20s	Techniker	Macht	0,8	0,2	0,82	1	0,165	1	1	0,5	1	0	0	0,2
311	19	5	m	20s	Designer	Macht	0,7	0,2	0,808	1	0,172	0,85	1	0,75	0,5	0	0,2	0,4
409	20	R	R	R	R	Liebe	0,6	0	0,5	0,1	0	0	1	0,6	0,6	0,9	0	0
409	20	1	m	20s	Techniker	Liebe	0,6	0,5	0,583	1	0	0	1	0,7	0,7	0,6	0	0,2
409	20	2	m	30s	Laie	Liebe	0,6	0,3	0	0	0,5	0,1	1	0,5	0,3	0,6	0	0
409	20	3	w	30s	Laie	Liebe	0,5	0,5	0,5	0,1	0	0	1	0,5	0,2	0,5	0	0
409	20	4	m	20s	Techniker	Liebe	0,3	0,3	0,54	0,8	0	0	1	0,3	0,8	0,6	0,2	0
409	20	5	m	20s	Designer	Liebe	0,5	0,4	0,583	0,65	1	1	1	0,4	0,3	0,8	0,3	0
15	21	R	R	R	R	Trauer	0,4	0,3	0,666	1	0,5	0	1	0,7	0,6	0,6	0,3	0
15	21	1	m	20s	Techniker	Trauer	0,8	0,4	0,667	1	0,5	0	1	0,6	0,3	0,5	0	0,4
15	21	2	m	30s	Laie	Trauer	0,7	0,8	0,666	1	0,5	0	0,8	0,6	0,2	0,4	0	0,2
15	21	3	w	30s	Laie	Trauer	0,7	0,8	0,666	1	0,5	0	0,6	0,7	0,8	0,6	0,4	0
15	21	4	m	20s	Techniker	Trauer	0,5	0,3	0,66	1	0,5	0	1	0,8	0,5	0,4	0,2	0
15	21	5	m	20s	Designer	Trauer	0,7	0,2	0,594	0,68	0,5	0	0,8	0,6	0,7	0,6	0,3	0,3
115	22	R	R	R	R	Freude	0,7	0	0,166	1	0,833	1	0,4	0,8	0,8	0	0	0,8
115	22	1	m	20s	Techniker	Freude	0,7	0,2	0,167	1	0,833	1	0,2	0,7	0,8	0	0	0,7
115	22	2	m	30s	Laie	Freude	0,8	0,2	0,166	1	0,5	1	0,7	0,8	0,4	0	0	0,7
115	22	3	w	30s	Laie	Freude	1	0	0,166	1	0,833	1	1	1	0,4	0	0	0,7
115	22	4	m	20s	Techniker	Freude	0,8	0,2	0,211	1	0,211	1	1	0,9	0,9	0	0	0,6
115	22	5	m	20s	Designer	Freude	0,8	0,8	0,189	0,94	0,189	0,94	1	1	0,8	0	0	0,5
211	23	R	R	R	R	Wut	0,4	0,4	0,777	1	0	0	0,9	0,8	0,9	0	0,3	0,5
211	23	1	m	20s	Techniker	Wut	0,6	0,3	0,667	1	0,556	1	1	0,5	0,7	0	0,4	0,4
211	23	2	m	30s	Laie	Wut	0,7	0,5	0,777	1	0	0	0,9	0,5	0,5	0	0	0,6
211	23	3	w	30s	Laie	Wut	0,7	0,6	0	0	0,777	1	0,8	0,5	0,8	0	0	0,5
211	23	4	m	20s	Techniker	Wut	0,3	0,3	0,66	1	0,72	1	0,9	0,6	0,8	0	0	0,3
211	23	5	m	20s	Designer	Wut	0,8	0,4	0,822	0,93	0	0	1	0,8	0,3	0	0,4	0,4
312	24	R	R	R	R	Macht	0,3	0,2	0,5	0,2	0	1	1	0,7	0,4	0	0	0
312	24	1	m	20s	Techniker	Macht	0,7	0,6	0,667	1	0	1	0,3	0,7	0,4	0	0,2	0,2
312	24	2	m	30s	Laie	Macht	0,8	0,6	0,666	1	0,5	0,2	0,9	0,7	0,3	0	0,1	0
312	24	3	w	30s	Laie	Macht	0,8	0,7	0,5	0,2	0,666	1	0,9	0,6	0,2	0	0	0
312	24	4	m	20s	Techniker	Macht	0,4	0,2	0,66	0,8	0	0	1	0,8	0,4	0	0	0
312	24	5	m	20s	Designer	Macht	0,6	0,5	0,603	0,87	0,603	0,87	1	0,5	0,3	0	0	0
411	25	R	R	R	R	Liebe	0,7	0,5	0,666	1	0	0	1	0,7	0,6	0,5	0	0
411	25	1	m	20s	Techniker	Liebe	0,5	0,4	0,667	1	0	0	1	0,6	0,5	0,7	0	0
411	25	2	m	30s	Laie	Liebe	0,8	0,4	0	0	0,666	1	0,8	0,6	0,3	0,5	0	0
411	25	3	w	30s	Laie	Liebe	1	0	0	0	0,666	1	0,8	0,8	0,8	0,6	0	0
411	25	4	m	20s	Techniker	Liebe	0,5	0,2	0,66	1	0	0	1	0,4	0,8	0,4	0,2	0
411	25	5	m	20s	Designer	Liebe	0,75	0,2	0,644	1	0	0	1	0,6	0,7	0,75	0,2	0

## A.7 Graphen zur Fremdanalyse



# Abbildungsverzeichnis

2.1	Schematischer Aufbau eines einfachen Neuronalen 2-Layer-Netzwerks	10
2.2	Beispiele für Vorderlicht	17
2.3	Beispiele für Oberlicht	18
2.4	Beispiele für Toplicht	18
2.5	Beispiele für Hinterlicht	19
2.6	Beispiele für Gegenlicht	20
2.7	Beispiele für Kicker	20
2.8	Beispiele für Seitenlicht	21
2.9	Beispiele für Gassenlicht	21
2.10	Beispiele für Rampenlicht	22
2.11	Zwei Beispiele für spezielle Lichtrichtungen bei einem Konzert	22
2.12	Beispiele für die Kombination von Lichtrichtungen zur Erstellung von Lichtstimmungsbildern	23
2.13	PAR-Scheinwerfer	24
2.14	Verschiedene Arten von Flutern	24
2.15	Einfache Linsenscheinwerfer	25
2.16	Verschiedene Profil-Scheinwerfer	26
2.17	Scanner	27
2.18	Spot-Movinghead	27
2.19	Verschiedene Wash-Movingheads	28
2.20	Beam-Movinghead	28
2.21	Stroboskop mit Xenon-Leuchtmittel	29
2.22	Gobo-Look auf einer Bühne	30
2.23	Rad der Emotionen nach Robert Plutchik	32
3.1	Das HS-System	36
3.2	Mittelwerte und Varianzen bei den Erwartungen zur Emotion Trauer	43
3.3	Mittelwerte und Varianzen bei den Erwartungen zur Emotion Freude	44
3.4	Mittelwerte und Varianzen bei den Erwartungen zur Emotion Wut	45
3.5	Mittelwerte und Varianzen bei den Erwartungen zur Emotion Macht	46
3.6	Mittelwerte und Varianzen bei den Erwartungen zur Emotion Liebe	47
3.7	Analyse-Beispiel 1: LiSA - Ichiban no Takaramono	49
3.8	Analyse-Beispiel 2: Jendrik - I Don't Feel Hate	50
3.9	Lichtstimmungsbilder zur Emotion Trauer	52
3.10	Mittelwerte und Varianzen der Analyse zur Emotion Trauer	52
3.11	Lichtstimmungsbilder zur Emotion Freude	53

## Abbildungsverzeichnis

3.12 Mittelwerte und Varianzen der Analyse zur Emotion Freude . . . .	54
3.13 Lichtstimmungsbilder zur Emotion Wut . . . . .	55
3.14 Mittelwerte und Varianzen der Analyse zur Emotion Wut . . . . .	55
3.15 Lichtstimmungsbilder zur Emotion Macht . . . . .	57
3.16 Mittelwerte und Varianzen der Analyse zur Emotion Macht . . . . .	57
3.17 Lichtstimmungsbilder zur Emotion Liebe . . . . .	58
3.18 Mittelwerte und Varianzen der Analyse zur Emotion Liebe . . . . .	59

# Literatur

- 3Blue1Brown (16. Okt. 2017a). *Gradient descent, how neural networks learn | Chapter 2, Deep learning*. URL: [https://www.youtube.com/watch?v=IHZwWFHwa-w&list=PLJZwtsahywxahwJ9Mu-75weifS0y\\_eLjp&index=7](https://www.youtube.com/watch?v=IHZwWFHwa-w&list=PLJZwtsahywxahwJ9Mu-75weifS0y_eLjp&index=7) (besucht am 01.03.2022).
- (3. Nov. 2017b). *What is backpropagation really doing? | Chapter 3, Deep learning*. URL: [https://www.youtube.com/watch?v=Ilg3gGewQ5U&list=PLJZwtsahywxahwJ9Mu-75weifS0y\\_eLjp&index=8](https://www.youtube.com/watch?v=Ilg3gGewQ5U&list=PLJZwtsahywxahwJ9Mu-75weifS0y_eLjp&index=8) (besucht am 01.03.2022).
- Academic (2022). *Fresnellinse*. URL: <https://de-academic.com/dic.nsf/dewiki/470985> (besucht am 22.02.2022).
- Allbuyone (2016). *Lexikon - Gobo*. URL: <https://www.allbuyone.com/de/backstage/eventlexikon/gobo.html> (besucht am 22.02.2022).
- Angelica, Amara D. (28. Nov. 2012). *How bio-inspired deep learning keeps winning competitions*. URL: <https://web.archive.org/web/20180831075249/http://www.kurzweilai.net/how-bio-inspired-deep-learning-keeps-winning-competitions> (besucht am 28.02.2022).
- ARIRANGK-POP (19. Feb. 2016). *[Simply K-Pop] 4minute 'HATE'*. URL: [https://youtu.be/te2TsvY\\_o9M?t=35](https://youtu.be/te2TsvY_o9M?t=35) (besucht am 19.04.2022).
- BBCMusic (8. Dez. 2017). *Dua Lipa - Homesick*. URL: <https://youtu.be/iruJJ1di0JM> (besucht am 19.04.2022).
- Bernstädt, Herbert (9. Juni 2020). *Lichttechnik: Welche Auswirkung haben verschiedene Lichtpositionen?* URL: <https://wiki.production-partner.de/licht/lichttechnik-welche-auswirkung-haben-verschiedene-lichtpositionen/> (besucht am 20.02.2022).
- Beyoncé (13. Jan. 2012). *Beyoncé - Love On Top (Live at Roseland) - Video*. URL: <https://youtu.be/ByLJstEo0fo?t=68> (besucht am 19.04.2022).
- Blawat, Katrin (30. Nov. 2008). *Helligkeit und Emotion: Licht an, Glück auf!* URL: <https://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/helligkeit-und-emotion-licht-an-glueck-auf-a-590027.html> (besucht am 25.02.2022).
- BriteQ (2022). *BT-THEATRE 250EZ*. URL: <https://briteq-lighting.com/de/bt-theatre-250ez> (besucht am 22.02.2022).
- CaféTavba (27. Sep. 2019). *Café Tavba - Eres (MTV Unplugged)*. URL: <https://youtu.be/PlA9o1rw-rY?t=70> (besucht am 05.04.2022).
- ChicViolet (25. Dez. 2021). *211225 YUQI (G)I-DLE - GIANT (ROCK VER.) | GLOBAL CHINESE MUSIC AWARDS 2021*. URL: <https://youtu.be/bEBpGzZ7xCE?t=130> (besucht am 19.04.2022).

- ColdplayLive(Unofficial) (22. Apr. 2018). *Coldplay - Amazing Day live Telekom Street Gigs Germany 2015*. URL: <https://youtu.be/IHhkt6Lqiyk?t=60> (besucht am 19.04.2022).
- Culurciello, Eugenio (16. Apr. 2019). *Sequence-to-sequence neural networks*. URL: <https://culurciello.medium.com/sequence-to-sequence-neural-networks-3d27e72290fe> (besucht am 01.03.2022).
- DanCox (19. Juli 2018). *Kesha & Macklemore - "Good Old Days"(Live)*. URL: <https://youtu.be/N28SU-hIjkI?t=72> (besucht am 19.04.2022).
- datasolut (27. Aug. 2020). *Überwachtes Lernen (Supervised Learning) einfach erklärt! - Machine Learning Grundlagen*. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=BkDUDi6YDaU> (besucht am 01.03.2022).
- dboyfit (19. Feb. 2016). *Kendrick Lamar - To Pimp A Butterfly full live performance 720p Austin City Limits PBS WEBRip*. URL: <https://youtu.be/AJe-ngucZ6s?t=1730> (besucht am 19.04.2022).
- ETC (2022). *Source Four*. URL: <https://www.etconnect.com/Products/Lighting-Fixtures/Source-Four/> (besucht am 22.02.2022).
- Fink, Martin (Aug. 2020). *Fluter Vergleich LED Halogen Gasentladung HQI*. URL: <https://www.rieste.com/blog/fluter-vergleich-led-halogen-gasentladung-hqi/> (besucht am 22.02.2022).
- fr3akjesus (3. Okt. 2020). *LAFEE - Heul Doch (Live COMET Awards 2007)*. URL: <https://youtu.be/YW41hr9Cxow?t=64> (besucht am 19.04.2022).
- GabrieldaMota (20. Nov. 2017). *Beyoncé - Crazy In Love (On The Run HBO)*. URL: <https://youtu.be/s7Ag8zShJTY?t=24> (besucht am 19.04.2022).
- Gauglitz, Prof. Dr. Guenter und Clemens Jürgens (2016). *Geschichte Neuronaler Netze*. URL: [http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/13/vlu/daten/neuronalenetze/einfuehrung.vlu/Page/vsc/de/ch/13/anc/daten/neuronalenetze/snn1\\_6.vscml.html](http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/13/vlu/daten/neuronalenetze/einfuehrung.vlu/Page/vsc/de/ch/13/anc/daten/neuronalenetze/snn1_6.vscml.html) (besucht am 28.02.2022).
- Gebel, Lukasz (20. Aug. 2020). *Why We Need Bias in Neural Networks*. URL: <https://towardsdatascience.com/why-we-need-bias-in-neural-networks-db8f7e07cb98> (besucht am 28.02.2022).
- Greil, Roland und Marc Lorenz (2019). *Showlicht. vom Scribble zum fertigen Design*. LEIKRO Media GmbH.
- Greule, Roland (2021). *Licht und Beleuchtung im Medienbereich*. Carl Hanser Verlag München.
- Hertwig, Fabian (11. Juli 2018). *Geschichte von Neural Networks und Deep Learning*. URL: <https://www.maibornwolff.de/blog/geschichte-von-neural-networks-und-deep-learning> (besucht am 28.02.2022).
- Highlite (2022). *Showtec Stage Blinder 8 DMX*. URL: <https://www.highlite.com/de/30774-stage-blinder-8-dmx.html> (besucht am 22.02.2022).
- ICHFINDSCHLAGERTOLL (28. Feb. 2021). *Jendrik - I Don't Feel Hate (Live - Schlagerchampions 2021)*. URL: <https://youtu.be/X0LKxs6cyr4?t=12> (besucht am 05.04.2022).

- Johnson, Jonathan (27. Juli 2020). *Whats a Deep Neural Network? Deep Nets Explained*. URL: <https://www.bmc.com/blogs/deep-neural-network/> (besucht am 01.03.2022).
- Jooß-Bernau, Christian (2010). *Das Pop-Konzert als para-theatrale Form*. De Gruyter.
- JustinTimberlakeTV (21. Sep. 2016). *Justin Timberlake - My Love (iTunes Festival 2013)*. URL: [https://youtu.be/\\_Q-QpIP17P0?t=62](https://youtu.be/_Q-QpIP17P0?t=62) (besucht am 19.04.2022).
- KBSWORLDTV (15. März 2016). *B A P - Feel So Good [Music Bank HOT Stage / 2016.03.04]*. URL: [https://youtu.be/we0c-p\\_yvrk?t=60](https://youtu.be/we0c-p_yvrk?t=60) (besucht am 19.04.2022).
- Keller, Max (1999). *Faszination Licht*. Prestel Verlag.
- Klose, Olivia (24. Feb. 2015). *Machine Learning (2) - Supervised versus Unsupervised Learning*. URL: <https://oliviaklose.azurewebsites.net/machine-learning-2-supervised-versus-unsupervised-learning/> (besucht am 01.03.2022).
- Knipprath, Renée (4. Feb. 2021). *Emotionstheorie nach Robert Plutchik*. URL: <https://rknipprath.de/emotionstheorie-nach-robert-plutchik-1927-2006/> (besucht am 25.02.2022).
- KyotoRecords (17. Juni 2020). *Alan Walker Ft Iselin Solheim - Faded (LIVE Performance) X-Games*. URL: <https://youtu.be/TKuRpzaffU?t=60> (besucht am 19.04.2022).
- LiSAlivevideos (27. Aug. 2021). *LiSA - Ichiban no Takaramono - LIVE BIG HALL 2020*. URL: [https://youtu.be/yu\\_8bMe9EZU?t=27](https://youtu.be/yu_8bMe9EZU?t=27) (besucht am 05.04.2022).
- LMP (2022). *LITECRAFT WashX.21*. URL: <https://lmp.de/produkteshop/scheinwerfer-und-komponenten/10325/litecraft-washx.21> (besucht am 22.02.2022).
- LTT (2022a). *EUROLITE PAR-64 Spot Long mit Stecker sil*. URL: [https://www.ltt-versand.de/licht/scheinwerfer/par-scheinwerfer/par-64-scheinwerfer/8125/eurolite-par-64-spot-long-mit-stecker-sil?gclid=Cj0KQCQiAjc2QBhDgARIsAMc3SqRbQt6ls2nxIpYn6hnVeJYEGLFXHjcrtwyqcgS-w30gW85Z0vRy-p4aAg9dEALw\\_wcB](https://www.ltt-versand.de/licht/scheinwerfer/par-scheinwerfer/par-64-scheinwerfer/8125/eurolite-par-64-spot-long-mit-stecker-sil?gclid=Cj0KQCQiAjc2QBhDgARIsAMc3SqRbQt6ls2nxIpYn6hnVeJYEGLFXHjcrtwyqcgS-w30gW85Z0vRy-p4aAg9dEALw_wcB) (besucht am 22.02.2022).
- (2022b). *OMNILUX PAR-64 240V/500W GX16d MFL 300h T*. URL: [https://www.ltt-versand.de/licht/leuchtmittel/par-lampen/par64-lampen/2064/omnilux-par-64-240v/500w-gx16d-mfl-300h-t?gclid=Cj0KQCQiAjc2QBhDgARIsAMc3SqSyrbFnrcKzggByqcMoXtgDavAyOEZdjqsLFy8gd6TFrwrA6a8tHR8aAkm7EALw\\_wcB](https://www.ltt-versand.de/licht/leuchtmittel/par-lampen/par64-lampen/2064/omnilux-par-64-240v/500w-gx16d-mfl-300h-t?gclid=Cj0KQCQiAjc2QBhDgARIsAMc3SqSyrbFnrcKzggByqcMoXtgDavAyOEZdjqsLFy8gd6TFrwrA6a8tHR8aAkm7EALw_wcB) (besucht am 22.02.2022).
- Luber, Dipl.-Ing. (FH) Stefan und Nico Litzel (15. Feb. 2018). *Was ist ein Neuronales Netz?* URL: <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-ein-neuronales-netz-a-686185/> (besucht am 27.02.2022).
- (25. Feb. 2019). *Was ist ein Convolutional Neural Network?* URL: <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-ein-convolutional-neural-network-a-801246/> (besucht am 01.03.2022).

- Maier, Prof. Dr. Günter W. u. a. (16. Feb. 2018). *Emotion*. URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/emotion-35195/version-258683> (besucht am 25.02.2022).
- MaJoséArroyo (26. Feb. 2013). *(HD) Muse - Knights Of Cydonia LIVE AT iTUNES FESTIVAL 2012*. URL: <https://youtu.be/g8IU8gH9iSw?t=181> (besucht am 19.04.2022).
- Markowitz, Dale (19. Aug. 2021). *Transformers, explained: Understand the model behind GPT, BERT, and T5*. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=SZorAJ4I-sA> (besucht am 01.03.2022).
- Martin (2022). *Atomic 3000 DMX*. URL: <https://www.martin.com/en/products/atomic-3000-dmx> (besucht am 22.02.2022).
- Metooaster (21. Okt. 2012). *Robert Plutchiks Rad der Emotionen*. URL: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plutchik-wheel\\_de.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plutchik-wheel_de.svg) (besucht am 25.02.2022).
- MichaelStarKid (12. März 2018). *Kraftklub - Kein Liebeslied / Liebe / Dein Lied ... / Zwickau (11.03.2018)*. URL: <https://youtu.be/PM45DoQ3umw?t=274> (besucht am 19.04.2022).
- monmon2013S01 (16. Okt. 2014). *Younha - Wasted (Oct 16, 2014)*. URL: <https://youtu.be/h5wz8PcIDr8?t=60> (besucht am 19.04.2022).
- Nordinghaus-Martin, Petra (2022). *Parameter*. URL: <http://www.techniklexikon.net/d/parameter/parameter.htm> (besucht am 24.02.2022).
- Pestel, Juliane (1999). *Einführung und Geschichte neuronaler Netze*. URL: [https://www.desy.de/~guenterg/prosem/Einf\\_hrung\\_und\\_Geschichte\\_neuronaler\\_Netze.html](https://www.desy.de/~guenterg/prosem/Einf_hrung_und_Geschichte_neuronaler_Netze.html) (besucht am 28.02.2022).
- podiumtechnik (2022). *JB-Lighting P9 HP*. URL: <https://www.podiumtechnik.nl/p9-330w-beamspot.html> (besucht am 22.02.2022).
- Profifoto (11. Jan. 2021). *Adobe, DxO, Skylum & Co.: Bildbearbeitung mit KI*. URL: <https://www.profifoto.de/neuheiten/software/2021/01/11/bildbearbeitung-mit-ki-3/> (besucht am 11.04.2022).
- prolight (2022). *Xtylos*. URL: <https://www.prolight.com.pl/en/product/xtylos.html> (besucht am 22.02.2022).
- RageAgainsttheMachine (22. Dez. 2015). *Rage Against The Machine - Killing In The Name - Live At Finsbury Park, London / 2010*. URL: <https://youtu.be/R881UBvbjPo?t=157> (besucht am 19.04.2022).
- Redmond, Stephen (2. Jan. 2017). *Hue, Saturation and Luminosity*. URL: <https://www.qliktips.com/2017/01/hue-saturation-and-luminosity.html> (besucht am 04.04.2022).
- ROBE (2022a). *BMFL Wash / Wash XF*. URL: <https://www.robelighting.de/bmfl-wash-wash-xf> (besucht am 22.02.2022).
- (2022b). *SilverScan*. URL: <https://www.robelighting.de/silverscan> (besucht am 22.02.2022).
- (2022c). *Spiider*. URL: <https://www.robelighting.de/spiider> (besucht am 22.02.2022).

- SBSKPOP (25. Nov. 2018). *EXID - I LOVE YOU Inkigayo 20181125*. URL: <https://youtu.be/F80NY8c3ssE> (besucht am 19.04.2022).
- schoesslers (21. Aug. 2018). *KI-Innovationsführer audEERING setzt mit MAGIX Software GmbH neue Maßstäbe bei digitaler Audioproduktion*. URL: <https://schoesslers.com/ki-innovationsfuehrer-audeering-setzt-mit-magix-software-gmbh-neue-massstaebe-bei-digitaler-audioproduktion/> (besucht am 11.04.2022).
- Singh, Prasoon (5. Jan. 2020). *LSTM- Long Short-Term Memory*. URL: <https://medium.com/analytics-vidhya/lstm-long-short-term-memory-5ac02af47606> (besucht am 01.03.2022).
- Strong-Lighting (2022). *Super Trouper*. URL: <https://strong.lighting/portfolio/super-trouper/> (besucht am 22.02.2022).
- TechTargetContributor (Juni 2020). *traveling salesman problem (TSP)*. URL: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/traveling-salesman-problem> (besucht am 11.04.2022).
- WesleyArledgeMusic (9. Jan. 2022). *Skillet - Feel Invincible (Live in Columbus, OH, Winter Jam 2022, 1/8/2022)*. URL: [https://youtu.be/1e\\_ykJXAmSg?t=44](https://youtu.be/1e_ykJXAmSg?t=44) (besucht am 19.04.2022).
- whatblock (30. Juli 2019). *Toby keith how do you like me now Columbus ohio 7/29/19*. URL: <https://youtu.be/fW0VGJqwEKs?t=28> (besucht am 19.04.2022).
- Woll, John (15. Feb. 2019). *Schicksalsentscheider: KI prägt in den USA immer häufiger Urteile*. URL: <https://winfuture.de/news,107444.html> (besucht am 11.04.2022).
- Wuttke, Laurenz (2021). *Künstliche Neuronale Netzwerke: Definition, Einführung, Arten und Funktion*. URL: <https://datasolut.com/neuronale-netzwerke-einfuehrung/> (besucht am 28.02.2022).
- Zoellner, Andreas (1. Apr. 2021). *Kopf oder Spiegel? - Die Unterschiede zwischen Scannern und Moving Heads*. URL: <https://www.stageaid.de/unterschiede-zwischen-scannern-und-moving-heads/> (besucht am 21.02.2022).

Ich versichere, die vorliegende Arbeit selbstständig ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen Quellen und Hilfsmittel als die angegebenen benutzt zu haben. Die aus anderen Werken wörtlich entnommenen Stellen oder dem Sinn nach entlehnten Passagen sind durch Quellenangaben eindeutig kenntlich gemacht.

Ort, Datum

Jan Brenner