Technische Universität Berlin
Fakultät I
Institut für Sprache und Kommunikation
Fachgebiet Audiokommunikation

Zur Auswirkung von Tonträgerartefakten auf die Beurteilung von Musikaufnahmen

Masterarbeit

vorgelegt von

Stephan Kasnitz

[redacted]

Abgabe am: 25.03.2013

Erstgutachter: Prof. Dr. Stefan Weinzierl

Zweitgutachter: Dr. Hans-Joachim Maempel

Erklärung

Die selbstständige und eigenhändige Anfertigung versichere ich an Eides statt.

Stephan Kasnitz

Berlin, den 25. März 2013

Danksagung

Ich möchte mich bei Prof. Dr. Stefan Weinzierl für hilfreiche Anregungen und das Interesse an meiner Arbeit bedanken. Für die Kooperation bei der Durchführung von Hörversuchen bedanke ich mich bei Teresa Samulewicz. Henrik von Coler danke ich für die Anreize bei der Implementierung der verwendeten Algorithmen. Besonderer Dank gilt meinem Betreuer Dr. Hans-Joachim Maempel für anregende Diskussionen und zahlreiche Hinweise in ausführlichen Gesprächen. Für die tatkräftige Unterstützung und die selbstlose Hilfestellung möchte ich Katharina Auffarth danken. Abschließend bedanke ich mich bei allen Personen die an meinem Hörversuch teilgenommen haben.

Zusammenfassung

Diese Arbeit beschreibt eine experimentelle Untersuchung die empirisch der Fragestellung nachgeht, ob eine Abhängigkeit zwischen musikalischer Interpretationsbewertung und der Klangqualität einer Musikaufnahme besteht. Dazu wird die Replikation einer Untersuchung angestrebt, in der die These aufgestellt wurde, dass die Botschaft von aufgezeichneter Musik als ein Komplex von Aufführung und Klang wahrgenommen wird. Das Resultat der zu replizierenden Untersuchung, welche allerdings auf methodisch unzureichenden Standards basiert, erscheint zunächst unplausibel, da objektiv schlechter klingende Stücke bevorzugt wurden. Das Ziel dieser Untersuchung ist es, herauszufinden ob sich diese Ergebnisse replizieren lassen und mögliche Wirkungsursachen näher zu beschreiben.

In diesem Zusammenhang findet zunächst eine Beschreibung des Mediums statt, dessen historische Tonträgerartefakte simuliert werden sollen. Diese werden anschließend auf ihre audiotechnischen Spezifikationen hin analysiert und klassifiziert. Im weiteren Vorgehen erfolgt eine Implementation der analysierten Artefakte anhand von Verfahren aus der digitalen Signalverarbeitung. Unter Zuhilfenahme des erzeugten Algorithmus werden Musikaufnahmen, die dem aktuellen Standard der Produktionstechnik entsprechen, antiquiriert.

Ob die Verwendung bzw. Nachahmung historischer Audiotechnik eine Implikation zu vergangenen Epochen herstellen und somit auch die Beurteilung der Interpretation durch die Musiker und andere ästhetische und emotionale Merkmale beeinflussen kann, wird anschließend in einem Hörversuch eruiert. Dazu wird ein spezielles Erhebungsinstrument konstruiert, welches mit Hilfe der semantischen Differentialtechnik u.a. auf die Bewertung der Interpretation und das Klangbild abzielt. Im weiteren Verlauf der Untersuchung findet eine Dimensionsanalyse der im Erhebungsinstrument verwendeten Skalen statt.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung **1**
1.1. Themenrelevanz . . . 1
1.2. Grundlage der Untersuchung . . . 2
1.3. Fragestellung . . . 4

2. Zur Geschichte der Musikproduktion **5**
2.1. Beginn der Tonaufzeichnung . . . 5
2.2. Der Anfang einer Industrie . . . 7
2.3. Eine typische Aufnahmesituation um 1920 . . . 8

3. Untersuchungsmethode **10**
3.1. Zur Auswahl der Stimuli . . . 11
3.2. Aufnahmeartefakte . . . 13
3.2.1. Globale Verschlechterungen . . . 13
3.2.2. Lokale Verschlechterungen . . . 14
3.3. Vorgehensweise bei der Simulation . . . 15
3.3.1. Stereo zu Mono . . . 16
3.3.2. Signalbandbreite . . . 16
3.3.3. Verzerrung . . . 18
3.3.4. Klicks . . . 20
3.3.5. Rumpeln . . . 21
3.3.6. Rauschen . . . 22
3.3.7. Wow und Flutter . . . 24
3.3.8. Impulsantwort eines Hornlautsprechers . . . 25
3.4. Vergleiche mit Referenzdaten . . . 29
3.4.1. RMS und Lautheit . . . 29
3.4.2. Spektrum . . . 34

4. Hauptuntersuchung **35**
4.1. Hypothesen und Fragen . . . 35
4.2. Versuchsdesign . . . 35
4.3. Erhebungsinstrument . . . 36
4.3.1. Semantisches Differential . . . 36
4.3.2. Skalenkonstruktion . . . 38
4.4. Stichprobe . . . 40
4.5. Versuchsdurchführung . . . 40
4.5.1. Technischer Versuchsaufbau . . . 41
4.5.2. Instruktionen . . . 42

5. Ergebnisse **43**
5.1. Deskriptive Statistiken . . . 43
5.2. Inferenzstatistik . . . 51
5.3. Faktorenanalyse . . . 55
5.4. Interpretation . . . 59

6. Diskussion und Ausblick **62**

Literatur 64

Tabellenverzeichnis 66

Abbildungsverzeichnis 67

A. Instruktionen und Fragebogen 68

B. Daten Deskriptive Statistik 71

C. Daten Inferenzstatistik 82

D. Daten Faktoranalyse 90

E. Matlab Quellcode 96

1. Einleitung

Mit Beginn des 20. Jahrhunderts hat eine Veränderung in der Rezeption von Musik begonnen. Fortan war es zusätzlich möglich, Musik im heimischen Wohnzimmer, fernab von bisherigen Aufführungsorten wie beispielsweise Kirchen, Orchestersälen oder Konzerthäusern, zu konsumieren. Zwar lässt sich der Anfang von aufgezeichnetem Schall, mit dem Zinnfolien Phonographen nach Beardsley und Leech-Wilkinson (2009) auf das Jahr 1877 datieren, so wurde allerdings erst zu der Jahrhundertwende, mit dem Grammophon und den Wachsplatten, ernstzunehmende Qualität in der Produktions- und Übertragungstechnologie für Musik entwickelt. Zu den wichtigsten 'Pionieren' in der Erforschung von Systemen zur, aus heutiger Sicht, rudimentären Schallspeicherung zählen u.a. Thomas Alva Edison, Alexander Graham Bell, Charles Tainter und Emil Berliner. Mit dem technischen Fortschritt, der Tonaufzeichnung auf einem Medium, änderte sich nicht nur die Verfügbarkeit von Musik grundlegend. Durch die stetige Weiterentwicklung von Technologien zu der 'Vermittlung' von Musik, entstand auch ein Medienkonsumverhalten auf Seiten der Rezipienten, sowie eine Distributionswirtschaft mit vornehmlich ökonomischen Interessen. Bei Maempel (2007, S.160) wird dazu erwähnt, „Musik ist heute in der Regel Medienmusik."
Im Zuge der gesteigerten finanziellen Lukrativität von Musik und der damit verbundenen wirtschaftlichen Relevanz für die Plattenfirmen, entstanden neue Berufsfelder, die sich der professionellen Produktion von Tonträgern widmeten. Dazu gehören Tonmeister, die einen musikalischen Schwerpunkt haben und Toningenieure die, ähnlich wie Entwickler der Audiogeräteindustrie, den technischen Aspekt verfolgen. Allen gemein ist die permanente Beeinflussung des erzeugten Klangbilds während einer Produktion. Durch die möglichen Bearbeitungen am jeweiligen Audiomaterial hat sich die Musik verändert. Zwischen der Interpretation von Noten durch Musiker und der letztendlichen Rezeption der Musik beim Hörer kann ein großer Unterschied in Bezug auf künstlerische Leistungen sowie ästhetischer und emotionaler Wirkung liegen. Im Vergleich zu einer direkt dargebotenen 'Live-Musik' kann im Studio immer nur eine Abbildung dessen produziert werden, weswegen die Bezeichnung der originalgetreuen Wiedergabe nur bedingt zutreffen kann. Die Frage die sich an diesem Punkt stellt ist, ob sich durch gezielte Veränderungen im Klangbild ein Unterschied in der Bewertung der musikalischen Fähigkeiten derselben Interpretationen ergeben kann. Diese These wurde von Boss (1995) in seinem Vortrag „Das Medium ist die Botschaft (Marshall McLuhan) - zur Frage der Interpretation auf Tonträgern", aufgestellt. Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist eine Replikation seines Versuchs.

1.1. Themenrelevanz

Die Frage nach der Beurteilung eines Kunstwerks, der zu sendenden Botschaft der Musik oder auch der Bedeutung eines Stücks, jeweils auf interpretatorischer Ebene in Abhängigkeit von dem verwendeten Medium, konnte in der Wissenschaft noch nicht beantwortet werden. Diese grundlegend relevante Fragestellung der Musikpsychologie, im Zeitalter der Medienmusik, richtet sich auch auf die Rolle des Tonmeisters bzw. des Produzenten. Dieser ist zuständig für Aufnahmeleitung, Klanggestaltung sowie Montage und übt durch seine Tätigkeiten nach Maempel (2011, S.170) eine „sekundäre Interpretation" aus. Der Beantwortung der Frage, ob der musikalische Inhalt nicht von primärer und sekundärer Interpretation zu trennen ist, soll mit dieser Arbeit ein Stück näher gekommen werden.

1.2. Grundlage der Untersuchung

Wie eingangs erwähnt, stellt die Untersuchung des Tonmeisters Gidi Boss aus dem Jahr 1995 den Ausgangspunkt dieser Arbeit dar. In dem Experiment wurden die durch die Aufnahme bedingten Unterschiede im Klang, bei Probanden als Unterschiede musikalischer Fähigkeiten der Interpreten wahrgenommen. Dabei wurde von Boss (1995, S.215) die These aufgestellt, dass „die Wahrnehmung von Musikinterpretation auf Tonträgern nicht nur von der musikalischen Aufführung, sondern auch vom Klang als solchem abhängig ist“.

Methodik nach Boss

In der Untersuchung von Boss wurden Studenten und Professoren von Musikhochschulen zwei Musikbeispiele aus dem Bereich der Kunstmusik in zwei Versionen vorgestellt. Als Stimuli dienten die Stücke:

1. Klaviersonate Nr. 59, Hob. XVI/49 (3. Satz) von Joseph Haydn und
2. Ständchen Nr. 4 aus Schwanengesang op. posth. von Franz Schubert.

Was den Versuchspersonen verborgen blieb, beide Versionen waren das Resultat verschiedener Aufnahmemethoden, realisiert durch unterschiedliche Mikrofonierungen in einem Mehrspurverfahren, der selben Aufführung.

Die Probanden haben die Versionen abwechselnd jeweils dreimal gehört. Das erste Hören war das „unbefangene Zuhören“, beim zweiten Hören lagen die Noten vor und abschließend erfolgte das „nachträgliche Hören“ (vgl. Boss (1995, S.216)).

In jedem Durchgang wurden Merkmale erfasst, die sich auf die Beurteilung der musikalischen Interpretation bezogen. Diese Interpretationsbewertung wurde auf fünfstufigen Ratingskalen nach folgenden Parametern 'technischer Natur' abgefragt:

- Tempo,
- Artikulation,
- Agogik,
- Dynamik,
- Technik,
- Phrasierung,
- Struktur,
- Ausdruck und
- Stilgerechtigkeit.

Dem Fragebogen zum zweiten Stück wurden die Items Intonation, Textauslegung und Begleitung hinzugefügt und zielten auf die Rolle des Sängers, sowie die des begleitenden Pianisten, ab.

Das ästhetische Urteil wurde anhand von weiteren acht Gegensatzpaaren „subjektiver Natur“ erfasst Boss (1995, S.220):

- langweilig - interessant,
- gleichgültig - faszinierend,
- spielerisch - stilistisch,
- prätentiös - überlegt,
- kitschig - ästhetisch,
- statisch - lebhaft,
- emotional - rationalistisch und
- amateurisch - professionell.

Abschließend wurde nach Präferenz der jeweiligen Interpretation gefragt und zusätzlich wurden demografische Daten der Teilnehmer erfasst. Der Umfang der Datenerhebung umfasste 90 vollständig ausgefüllte Fragebögen.

Aus den verschiedenen Ratings auf den Skalen schlussfolgert Boss (1995, S.223), dass die 'alten' Versionen, im Gegensatz zu den 'neuen' Versionen, im Bezug auf fast alle Parameter unterschiedlich bewertet wurden. Außerdem konnte eine Bevorzugung, anhand der Angaben zur Präferenz, für die jeweilige Version B ('alt') ausgemacht werden. Im Stück von Haydn bevorzugten 22% die Version A und 78% die Version B. Bei Schubert waren 19% für die Version A und 81% für die Version B.

Die zuvor beschriebene Methode ist kritisch anzusehen, da keine unabhängigen Stichproben untersucht wurden. Es wurden Messwiederholungen durchgeführt, weshalb nicht auszuschließen ist, dass die Ergebnisse einerseits durch Lern- und Ermüdungseffekte beeinflusst worden sind, andererseits könnte es den Versuchspersonen durch die wiederholte Darbietung möglich gewesen sein, die Fragestellung zu durchschauen.
Des Weiteren fand in der Datenauswertung kein Signifikanztest zur Überprüfung von Mittelwertunterschieden statt. Dieser ist zwingend erforderlich um ausschließen zu können, dass Ergebnisse rein zufällig sind und um zuvor aufgestellte Hypothesen zu belegen. Diese statistische Betrachtung der Daten fehlt in der vorliegenden Untersuchung gänzlich.
Neben den unzureichenden Standards in der methodischen Auswertung kann außerdem das Erhebungsinstrument kritisiert werden. Dadurch, dass die verwendeten Skalen in der Interpretationsbewertung keine eindeutigen Pole aufweisen, die aufzeigen in welche Richtung die Fragestellung zielt, sondern über eine fünfstufige Ratingskala zwischen gut und schlecht unterschieden wird, ist anzuzweifeln, was überhaupt gemessen wurde.
Ein zusätzliches Problem welches die Ergebnisse beeinflusst haben könnte, stellt sich durch das Urteilsverhalten der Probanden dar. In Bortz und Döring (2006, S.184) wird darauf hingewiesen, dass durch selbstwertdienliche Beurteilungen eine Verzerrung der Ergebnisse möglich ist. So ist anzunehmen, dass die 'alt' klingenden Versionen als bedeutsame Interpretationen, die nur auf einem historischen Tonträger zu finden sind, aufgefasst wurden. Diese nicht zu kennen mochte sich, nach Maempel (2001, S.9), möglicherweise kein Experte für Musik eingestehen.

1.3. Fragestellung

Das Ziel dieser Masterarbeit ist eine differenzierte Betrachtung möglicher Wirkungsursachen der zuvor beschriebenen Ergebnisse. Dafür soll eine erweiterte Replikation des Versuchs von Boss durchgeführt werden: Als zusätzliche experimentelle Dimension wird die Zeit der Komposition und der der verwendeten Technik mit eingebracht. Dabei wird sich die interessante Frage stellen, ob der Zusammenhang zwischen der jeweiligen Epoche von Komposition und Technik, die Beurteilung der musikalischen Fähigkeiten replizierend beeinflussen kann. Anders formuliert, inwiefern haben die Faktoren Technik und Kompositionszeitraum signifikanten Einfluss auf die Bewertung musikalischer Fähigkeiten. Eine eventuell auftretende Wechselwirkung zwischen der Zeit und der Technik wäre ein weiterer interessanter Aspekt.
Um auf eine differenzierte Wirkungsursache schließen zu können, muss versucht werden, die Interpretation der Musiker und die verwendete Technik in ihrer Wirkung zu dissoziieren. Dafür muss geklärt werden, ob die Beurteilung durch die Probanden darauf zurückzuführen ist, dass die Stücke durch eine Reminiszenz an eine bestimmte zeitliche Epoche erinnern, oder die Beurteilung von akustischen Parametern (z.B. dumpf, hell), beeinflusst durch die Übertragungstechnik der Aufnahme, abhängig ist. Um sich dieser Fragestellung anzunähern gilt es, die unabhängigen Variablen Leistungsfähigkeit des Übertragungssystems und Implikation der Zeit in einem geeigneten Versuchsdesign, möglichst unabhängig voneinander, exemplarisch zu variieren.

Aufbau der vorliegenden Arbeit

Um den Entstehungsprozess der eingangs erwähnten Medienkultur und der sich daraus ergebenen Beeinflussung des Klangbilds zu erläutern, soll das nachfolgende Kapitel 2 dienen. Unter dem Aspekt der technologischen Entwicklung wird auf die ersten Gerätschaften zur Schallspeicherung, -aufnahme und -wiedergabe eingegangen und die damit verbundene Initialzündung für die Musikindustrie beschrieben. Den Ablauf einer Produktion im Studio um 1920 beschreibt der letzte Abschnitt des zweiten Kapitels.
Das Kapitel 3 nähert sich der eigentlichen Fragestellung an und beschreibt die Untersuchungsmethode. Dazu werden entsprechende Stimuli ausgewählt und vorgestellt, als auch die Artefakte und audiotechnischen Beeinträchtigungen studiert, wie sie auf Tonträgern zu Beginn des letzten Jahrhunderts vorhanden waren, um einen möglichen Reminiszenzeffekt mit einzubeziehen. Im Anschluss daran wird beschrieben, wie bei der Simulation der Artefakte vorgegangen wurde. Darüber hinaus findet ein Vergleich mit Referenzdaten statt und bildet gleichzeitig den Abschluss von Kapitel 3.
Die methodische Herangehensweise dieser Untersuchung wird in Kapitel 4 ausgearbeitet. Dabei werden zunächst die Hypothesen formuliert, um daraufhin das Versuchsdesign und die Konstruktion des Erhebungsinstrumentes näher zu erläutern. Den Abschluss des vierten Kapitels bildet die Kriterienauswahl der Stichprobe sowie Angaben und Hinweise zur Durchführung der Versuche.
Bevor im letzten Kapitel 6 die Ergebnisse diskutiert werden und ein Ausblick auf weitere Forschungen gegeben wird, widmet sich das Kapitel 5 der Präsentation der Ergebnisse mit Hilfe deskriptiver Methoden und der Inferenzstatistik. Die Interpretation der Ergebnisse im letzten Abschnitt schließt das Kapitel 5 ab.

Zunächst soll ein Zeitsprung in den Übergang vom 19. zum 20. Jahrhundert erfolgen, um die vorherrschende Ästhetik und den Stand der Technologie der Musikproduktion zu dieser Zeit zu erörtern.

2. Zur Geschichte der Musikproduktion

In diesem Kapitel wird auf die historische Entwicklung der technischen Aufnahme- und Wiedergabeverfahren eingegangen. Dazu werden die ersten Maschinen beschrieben mit denen es möglich war Töne aufzuzeichnen und welche Persönlichkeiten an der Entwicklung entscheidenden Anteil hatten. Weiterhin wird die Entstehung der Distributions- und Musikindustrie näher beleuchtet. Anschließend wird auf eine typische Aufnahmesituation in den frühen zwanziger Jahren des letzten Jahrhunderts eingegangen um die Beschaffenheit einer Aufnahme zu beschreiben, wie sie später in dieser Untersuchung simuliert werden soll. Die Beschreibung endet am Übergang von akustischen zu elektrischen Aufnahmen, da erstgenannte Technik als Referenz dienen soll. Alle Angaben und Abbildungen in diesem Kapitel beruhen auf Beardsley und Leech-Wilkinson (2009).

2.1. Beginn der Tonaufzeichnung

Die Geschichte der Tonaufzeichnung und -wiedergabe begann im Jahr 1877, als Thomas Edison den Phonographen erfand (vgl. Abbildung 1). Im Wesentlichen bestand dieser aus einer Walze, bezogen mit einer Zinnfolie, die durch eine Kurbel in Rotation und seitliche Bewegung versetzt wurde. Der Schall wurde von einer Nadel übertragen, die am Ende einer Membran befestigt war. Auf der anderen Seite der Membran befand sich das Mundstück, in das hineingesprochen werden musste. Die Schallwellen wurden auf die Membran gebündelt und sorgten für eine Vibration, wodurch eine Variation im Druck der Nadel auf die Folie entstand. Durch die Bewegung des Zylinders wurde eine Nut in die Folie eingeprägt, welche die Druck-Muster der Schallwellen approximierte. Für die Wiedergabe wurde die Nadel am Anfang der Nut platziert und die Trommel erneut 'abgewickelt'. Die Wellenformen der Nut in der Folie versetzten die Membran über die Nadel in Schwingung und regten die Luft im Mundstück an, was zu der Reproduktion des Tons führte.

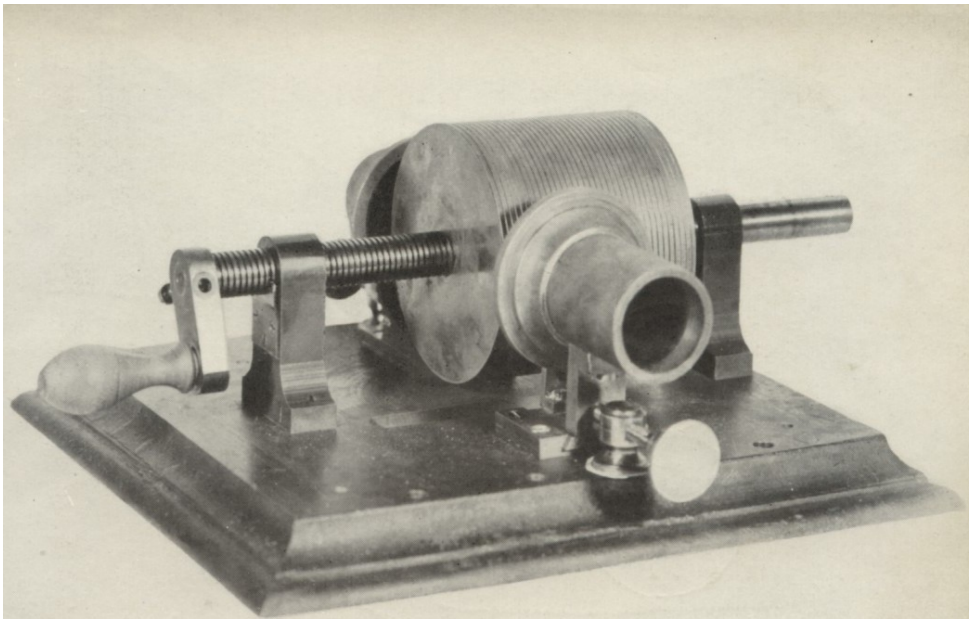

Abbildung 1: Edison's 'Zinnfolien-Phonograph' 1877
nach Beardsley und Leech-Wilkinson (2009)

Ungefähr zehn Jahre später wurde der Phonograph von Graham Bell und Charles Tainter weiterentwickelt. Zu diesem Zeitpunkt waren die klanglichen Resultate noch miserabel und die Aufnahmen verschlissen sofort. Die Entwicklungsarbeiten führten zum Prinzip des Wachszylinders. Entscheidende Neuerungen waren dabei, dass ein abnehmbarer Zylinder aus Hartwachs die Folie ersetzte und der 'Abnehmer' nun über den Zylinder gezogen wurde. Mit der Verbesserung der Aufzeichnungs- und Wiedergabeköpfe wurde erstmals ein wiedererkennbarer Ton aufgezeichnet.

Zwischen 1887 und 1893 entwickelte Emil Berliner das Grammophon (vgl. Abbildung 2) mit der dazugehörigen Platte als Aufzeichnungs- und Wiedergabemedium, um das Patent von Edison's Zylinder zu umgehen. Die Platte war einfacher wiederzugeben und konnte kostengünstig in Massen produziert werden. Die Nadel bewegte sich über das Medium, nahm dabei die Schwingungen der Membran auf und schnitt eine Nut, die in lateraler Ebene oszillierte, anstatt in der herkömmlichen vertikalen Ebene. So wurden Spuren auf einer Metallscheibe erzeugt, welche von einer dünnen Schicht Lampenruß überzogen war. Nach der Aufzeichnung wurde die Platte in ein Säurebad gegeben. Dort wurde an den zuvor freigelegten Stellen eine Nut in das Metall geätzt. Dadurch entstand ein 'positives Master', welches bereits abgespielt werden konnte. Berliner erkannte schon frühzeitig die Begrenzung zur Massenproduktion, die durch die individuelle Aufzeichnung im Wachs-Zylinder-Verfahren bestand. Er entdeckte, dass durch Galvanisierung der Originale einfache Kopien gemacht werden konnten, indem er ein 'negativ Master' produzierte, welches anstatt der Rillen entsprechende Erhöhungen aufwies. Diese metallischen Negative wurden als Stempel eingesetzt, um identische Kopien in einer mit Dampf beheizten Presse herzustellen.

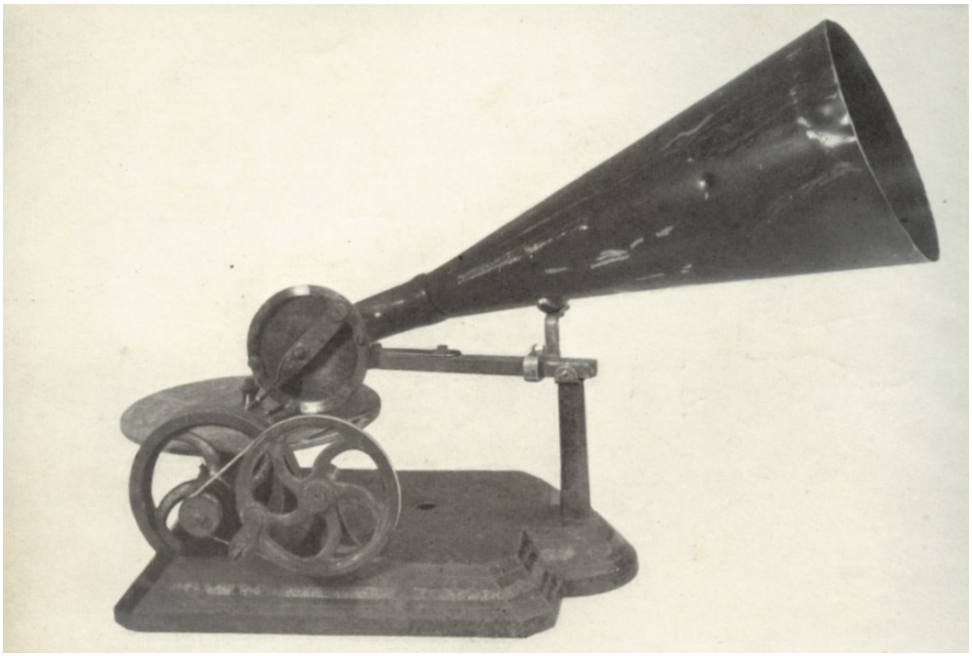

Abbildung 2: Berliner Grammophone 1888
nach Beardsley und Leech-Wilkinson (2009)

2.2. Der Anfang einer Industrie

Die frühen Platten zeigten, dass die Aufnahme von Musik ein durchaus erfolgreiches Geschäft sein konnte. Allerdings waren die Grammophone und der Herstellungsprozess der Platten noch zu unausgereift, um seriöse Musikproduktion als ökonomisch funktionierendes Vorhaben zu betreiben. Ein wichtiger Schritt zu technischen Verbesserungen war die Idee, wie sie auch Bell und Tainter gehabt haben, dass Wachs ein ideales Material für die Aufnahmen sei. Nachdem die Probleme des zu galvanisierenden finalen Wachsmasters und die rechtlichen Angelegenheiten zum Patent von Bell und Tainter gelöst waren, begann das Grammophon als ernsthaftes Wiedergabegerät für Musik wahrgenommen zu werden.

Die erhöhte Wiedergabetreue des Wachsmasters, welches das unausgereifte säuregeätzte System im Jahr 1901 ersetzte, war ein großer technischer Fortschritt. Mit diesem Verfahren konnten namhafte Interpreten, die bis dahin im Grammophon nicht mehr als nur ein Spielzeug sahen, davon überzeugt werden, Aufnahmen zu machen. Durch die Aufnahmen von u.a. Schaljapin, Melba und Patti wandelte sich die Wahrnehmung von einer 'sprechenden Maschine' hin zu einem Gerät, das bereit dafür war, die Wohnzimmer zu beschallen. Der Anstieg der Plattengröße von zunächst sieben auf zehn und bald darauf auf zwölf Zoll war ein weiterer wichtiger Faktor, da damit eine längere Abspieldauer einher ging.

Mit dem neuen Aufnahmeverfahren reisten Will und Fred Gaisberg, welche eigentlich Berliner's Agenten waren und ab diesem Zeitpunkt für 'Gramophone und Typewriter Co.' (wurde zu HMV und heißt heute EMI) tätig waren, durch Europa, Indien und Russland um die neue Technik anzupreisen. Zurückgekehrt mit verschiedenen Aufnahmen von Opernsängern wie Tamagano, Battistini u.a., oftmals in Hotelzimmern entstanden, ließen sich diese in relativ hohen Stückzahlen absetzen.

Im Jahr 1902 fanden die ersten Aufnahmen mit Caruso statt. In Verbindung mit der immensen Popularität der Verismo Opern von Puccini, Leoncavallo und Mascagni, dessen Interpret er war, wurde das Grammophon zum Vehikel für klassische Musik. Carusos erste Veröffentlichungen waren Bestseller und obwohl er viel aufgenommen hatte, mussten im November des Jahres weitere Aufzeichnungen produziert werden, da einige Wachsmaster bereits abgenutzt waren. Zu diesem Zeitpunkt war es noch nicht möglich mehrere Stempel aus einem Master zu produzieren.

Nach dieser Zeit entwickelte sich die vorhandene Technik in kleineren Schritten und die Lebhaftigkeit der frühen Aufnahmen ging mit der folgenden Standardisierung ein Stück weit verloren, da ein weicher Klang, aus Gründen der Abnutzung, gefragt war. Denn je lauter und lebendiger Aufnahmen waren, desto eher hatte die Platte, bei der Wiedergabe mit dem schweren und steifen Tonarm dieser Tage, unter Abnutzungserscheinungen zu leiden. Abgenutzte Platten waren keine gute Werbung für die Plattenfirmen. Dies mündete in einem Verschleißtest. Jede Platte musste die 50 malige Wiedergabe überstehen bevor sie in den Handel kam. Aus diesem Grund waren viele Aufnahmen der 'Gramophone Company' (HMV) und 'Victor' ab 1904 als weniger fortschrittlich einzustufen als deren Vorgänger.

2.3. Eine typische Aufnahmesituation um 1920

Um ein Gefühl für die Art und Weise zu bekommen, wie sich eine Aufnahmeprozedur damals ereignete und welche technischen Prozesse darin involviert waren, soll der folgende Absatz eine solche Situation um etwa 1920 beschreiben.

Das Medium der Aufnahme war eine Form von Hartwachs, welches durch spezielle Filterung mit größtmöglicher Nachgiebigkeit industriell hergestellt wurde. Nach dem Abkühlen und Aushärten in kreisförmigen Behältern wurde die Oberfläche auf einer Drehbank behandelt, um diese so glatt wie möglich zu erzeugen. Die daraus resultierten Wachsrohlinge wurden in Kisten verpackt und an die Studios geliefert.
Zum Aufnehmen wurde der Rohling auf dem Drehteller der Aufnahmemaschine platziert, welcher theoretisch mit einer Umdrehungsgeschwindigkeit von 78 Umdrehungen pro Minute lief. In der Praxis variierte dieser Wert häufig. Die komplette Drehtischanordnung bewegte sich seitlich unter dem Schneidekopf, so dass eine Rille vom äußeren Rand zur Mitte hin in das Wachs geschnitten wurde. Die Schneidevorrichtung war dabei fixiert, da sie direkt mit dem Horn verbunden war. Die Nadel wurde durch eine Membran (üblicherweise aus Glas) bewegt und in Abhängigkeit von der Effizienz der Verbindung wurde der Druck übertragen. Der ankommende Schall, auf der anderen Seite der Membran, wurde über Rohrverbindungen vom schmalen Ende des Horns übertragen. Das Horn war auf den Künstler gerichtet und wurde so positioniert, dass eine bestmögliche Aufnahme des abgegebenen Schalls erreicht wurde. Die Eigenresonanzen des Horns wurden durch Umwicklung mit Klebeband versucht zu dämpfen (vgl. Abbildung 3). Um eine optimale Klangbalance aufzunehmen, war eine eher unkonventionelle Anordnung der Musiker notwendig.

Abbildung 3: Während einer Aufnahme 1914
nach Beardsley und Leech-Wilkinson (2009)

Mehrere Hörner konnten verwendet werden um größere Klangkörper (höhere Anzahl an Instrumentalisten) oder aber verschiedene Teile des Pianos aufzunehmen. Die Hörner wurden dabei untereinander über y-förmige Metall-Steckverbinder verbunden, welche über einen Gummischlauch mit dem 'Empfänger-Horn' verbunden waren. Die Hörner befanden sich in einer Aufhängung bzw. einem stützenden Stativ, um die Belastung auf die Schneidevorrichtung zu minimieren (vgl. Abbildung 4).

In fast allen Fotos dieser Zeit befinden sich die Aufnahmemaschinen hinter Vorhängen, außerhalb des Blickfeldes. Gründe waren u.a. die Reduktion etwaiger Störgeräusche und die Wahrung von Betriebsgeheimnisse. Denn die Ausrüstung für die Aufnahmen waren zu dieser Zeit kein Bestand einer Serienfertigung, jede Firma hatte ihr eigens angefertigtes Material.

Abbildung 4: Typische akustische Orchesteraufnahme bei Victor
nach Beardsley und Leech-Wilkinson (2009)

Nach dem ersten Weltkrieg, in den frühen zwanziger Jahren, hatten erste Radio Stationen begonnen zu senden. Die erzielte Audioqualität, durch die Aufnahmen mit Mikrofonen und der Wiedergabe durch Lautsprecher, war der der Grammophone weit überlegen. Dies führte dazu, dass Firmen wie z.B. HMV um 1924 experimentell neue Techniken erforschten. Im Jahre 1926 stellten die Ingenieure Maxfield und Harrison von den 'Bell Telephone Laboratories' das Paper „High Quality Recording and Reproducing of Music and Speech“ vor. Darin wurden umfangreich elektrische Aufnahmeverfahren beschrieben und gleichzeitig kam es zur Festlegung eines neuen Standards (Westrex). Dadurch gelang es eine vorher nicht dagewesene Qualität an elektrischen Aufnahmen zu erreichen. Akustische Aufnahmen waren über Nacht hinfällig geworden.

3. Untersuchungsmethode

Die vorliegende Arbeit stellt eine empirische Untersuchung dar, die den Einfluss des Klangbilds auf die Beurteilung der musikalischen Fähigkeiten analysiert. Unter der Annahme, dass die Beurteilung der musikalischen Fähigkeiten in Abhängigkeit des Klangbilds variiert, wurde in einem experimentellen Verfahren die intersubjektive Verbindlichkeit und das Ausmaß dieser Annahme überprüft.

Um etwaige Störvariablen zu minimieren, sowie die interne Validität (Eindeutigkeit der Ergebnisse) zu gewährleisten, wurde der Hörversuch in einer künstlichen labor-ähnlichen Umgebung, einem Tonstudio, durchgeführt. Dabei wurde der Stellenwert der externen Validität (Generalisierung der Ergebnisse außerhalb einer Laborumgebung) untergeordnet eingestuft, da die Beurteilung eines Musikstücks im Allgemeinen das präzise Hören ohne Störeinflüsse voraussetzt. Die Festlegung der Stichprobe (vgl. Abschnitt 4.4), bestehend aus Experten, trug außerdem zu der internen Validität bei, war aufgrund der erforderlichen Kenntnisse, bezüglich der abgefragten Termini, allerdings unabdingbar.

Zur Beschreibung des individuellen Hörurteils wurde ein spezielles methodische Messinstrument, unter Berücksichtigung ähnlicher Untersuchungsgegenstände, entwickelt. Die Anwendung des semantischen Differentials erlaubte dabei die quantitative Einschätzung von Objekten der menschlichen Rezeption (vgl. dazu Abschnitt 4.3).

Um eine reliable Untersuchung zu gewährleisten stellt das folgende Kapitel die Dokumentation weiterer, im Vorfeld diskutierter Überlegungen, bezogen auf die zu verwendeten Stimuli dar. Dabei war es das Ziel, die abhängigen Variable zu operationalisieren, sprich den scheinbar paradoxen Sachverhalt einer positiveren Beurteilung der musikalischen Fähigkeiten zu messen, indem das Klangbild (unabhängige Variable) einer gezielten Manipulation/ Verschlechterung, je nach Gruppenzugehörigkeit des jeweiligen Probanden, unterzogen wurde.

Motiviert, die Wirkung der genannten Einflussfaktoren in Zusammenhang zu bringen, entstand die Idee das experimentelle Design um die Dimension der Zeit zu erweitern. Zu diesem Zweck wurde neben der grundlegenden Auswahl der Stimuli, betreffend der Instrumentation, auch darüber nachgedacht, welche Epoche die musikalischen Werke vertreten sollten (vgl. Abschnitt 3.1). Die Realisation der benötigten Musikbeispiele stellte einen weiteren Punkt der Abwägung dar. Dazu zählte besonders die sachliche Betrachtung des ökonomischen Aufwands der betrieben werden konnte, um geeignete Stimuli zu erhalten. Da eine Aufnahme, wie sie in der replizierenden Untersuchung stattfand, in dieser Untersuchung den Rahmen der Möglichkeiten übertroffen hätte, wurde nach alternativen Methoden geforscht. Mit dem Wissen bezüglich der historischen Entstehung, Verbreitung und der technischen Spezifikationen der Tonträgerindustrie, konnte gezielt auf einen Epochenstandard hin gearbeitet werden. Dieser wiederum verlangte es die Gegebenheiten des Mediums genau zu studieren (vgl. Abschnitt 3.2), um eine möglichst plausible Simulation einer vergangenen Aufnahmeära zu schaffen. Wie diese theoretische Herangehensweise letztendlich praktisch umgesetzt wurde, beschreibt der letzte Teil (vgl. Abschnitt 3.3) dieses Kapitels. Zunächst werden die verwendeten Stimuli vorgestellt und die Überlegungen erläutert, die zur Auswahl geführt haben.

3.1. Zur Auswahl der Stimuli

Vorab wurden die verwendeten Stimuli in der vorangegangenen Untersuchung von Boss (1995) betrachtet. Mit der *Klaviersonate Nr.59* (XVI/49), komponiert um 1790 von Joseph Haydn und dem *Ständchen Nr. 4*, aus der Liedsammlung 'Schwanengesang' (D957) um 1828 von Franz Schubert komponiert, sind beide Werke zeitlich der 'Wiener Klassik' zuzuordnen. Das bedeutet, dass beide Werke einer musikalischen Epoche entstammen. Da das Versuchsdesign dieser Untersuchung um die zeitliche Dimension erweitert wurde (nähere Erläuterungen im Abschnitt 4.2), galt es geeignete Reize zu finden, welche unterschiedliche Epochen der Musikgeschichte repräsentierten. Diese Epochen wiederum, sollten im Zusammenhang mit der verwendeten Aufnahmetechnik stehen, um die Einhaltung der geforderten Differenzierung zwischen Zeit und Technik, als mögliche Wirkungsursache zu gewährleisten.

Aus diesen Gedanken heraus wurde entschieden, Kompositionen aus demselben Genre zu wählen, welche ungefähr im 18. Jahrhundert, zu Beginn des 20. Jahrhunderts sowie im 21. Jahrhundert entstanden sind. Das Genre wurde, in Anlehnung an die vorausgegangene Untersuchung, zur Kunstmusik verortet.
Die gewählten Epochen repräsentieren dabei, mit Ausnahme der alten Komposition, die angestrebten Produktionstechniken. So kann der Beginn der Musikindustrie und damit einhergehend, die Einführung genormter Standards der Aufnahmetechnik, in etwa auf den Beginn des 20. Jahrhunderts bestimmt werden. Bei der Vorstellung des Klangs aus dieser Zeit, sollten sich stark in der Bandbreite reduzierte, mit Schellackplatten-Rauschen behaftete Grammophonaufnahmen, vermischt mit Artefakten wie Knistern, Rumpeln und Rauschen, vor dem inneren Ohr einstellen (spezifische Ausführung dazu im Abschnitt 3.2). Das 21. Jahrhundert dagegen stellt den heutigen Standard der Audiotechnik mit keinerlei wahrnehmbaren Artefakten oder Limitierungen in Bandbreite und Dynamik dar.

Die Anforderungen an die Instrumentation der Stücke ergab sich zum einen aus der Vorgabe der zu replizierenden Studie und zum anderen musste an dieser Stelle die Gleichartigkeit der Stimuli innerhalb dieser Untersuchung beachtet werden um mögliche moderierende Variablen konstant zu halten. Bei zu großer Variation der musikalischen Besetzung hätte das Risiko auf erhebliche nicht zu kontrollierende Effekte bestanden, welche die Ergebnisse verfälscht und eine gezielte Analyse erschwert hätten. Aufgrund dessen gab es bei der Auswahl die Restriktion, nur nach Liedern mit der instrumentalen Besetzung von Piano und Gesang zu suchen. Darüber hinaus sollte das Stimmgeschlecht der Interpretin bzw. des Interpreten nicht variieren, ebenso sollte die Stimmlage nach Möglichkeit dieselbe sein. Der Sänger bzw. die Sängerin per se, musste unbedingt, zumindest auf den beiden neueren Stücken, durch verschiedene Personen verkörpert werden. Hätte die Versuchsperson im Falle einer simulierten historischen Aufnahme den gleichen Interpreten erkannt, hätte dies verraten, dass es sich um eine nachträglich bearbeitete Aufnahme handelt.

Die Stimuli

Die folgende Auflistung gibt Informationen über die ausgewählten Stücke, welche als Stimuli in dieser Untersuchung dienten, wieder. Die Daten stammen aus dem jeweiligen Begleitheft der CD.

1. 'Ich liebe dich' (WoO123)

- Sängerin: Karita Mattila (Sopran)
- Pianist: Ilmo Ranta
- Komponist: Ludwig van Beethoven (1770-1827)
- Text: Karl Herrosee
- Komposition: 1797
- Aufnahme: 1997
- Albumtitel: Wilde Rose (ODE 897-2)
- VÖ: 1997 Ondine Inc., Helsinki

2. 'Hoch in der Frühe' (op.17)

- Sängerin: Claudia Barainsky (Sopran)
- Pianist: Axel Bauni
- Komponist: Karol Szymanowski (1882-1937)
- Text: Richard Dehmel
- Komposition: 1907
- Aufnahme: 1998
- Albumtitel: Lieder (C 480 981 A)
- VÖ: 1999 ORFEO International Music GmbH, München

3. 'Nightpiece' (editiert)

- Sängerin: Christine Schäfer (Sopran)
- Pianist: Axel Bauni
- Komponist: Aribert Reimann (*1936)
- Text: James Joyce
- Komposition: 1992
- Aufnahme: 1995
- Albumtitel: Lieder (C 412 961 A)
- VÖ: 1996 ORFEO International Music GmbH, München

Das dritte Stück 'Nightpiece' ist in der Originalfassung 15:31 Minuten lang und wurde im Rahmen der Untersuchung jedoch auf 2:06 Minuten gekürzt, um eine vergleichbare Spieldauer aufzuweisen. Nachdem die Stimuli festgelegt wurden, konnte die Aufmerksamkeit auf die klanglichen Aspekte, stellvertretend für die angestrebte Epoche, gerichtet werden. Dazu werden im nächsten Abschnitt die möglichen Artefakte auf einem Grammophon Tonträger näher betrachtet.

3.2. Aufnahmeartefakte

Wie in Kapitel 2 erwähnt wurde handelt es sich bei dem Wiedergabemedium, welches in dieser Arbeit simuliert werden soll, um eine Grammophonplatte, aus den zwanziger Jahren des letzten Jahrhunderts. Dabei wird versucht den Klang akustischer Aufnahmen, ohne Mikrofone, möglichst plausibel nachzubilden.

Im Folgenden werden die verschiedenen Beeinträchtigungen der Audioqualität nach Välimäki et al. (2008, S.116) und Godsill und Rayner (1998, S.6), in globale und lokale Verschlechterungen unterteilt. Globale Verschlechterungen betreffen alle Samples der Wellenform. Dazu gehören Hintergrundgeräusche, nichtlineare Verzerrungen sowie Laufzeitschwankungen (Wow und Flutter). Unter lokalen Verschlechterungen werden Unterbrechungen, die nur einige Samples der Wellenform betreffen, verstanden.

3.2.1. Globale Verschlechterungen

Globale Verschlechterungen können klassifiziert werden in:

1. Abweichung der Übertragungsfunktion,
2. Limitierung der Bandbreite,
3. Dynamikumfang,
4. Verzerrung,
5. Tonhöhenschwankungen und
6. Rauschen.

[1] Die Abweichung der Übertragungsfunktion bezieht sich auf die charakteristische Übertragungsfunktion des Grammophonhorns. Die Anhebung und Dämpfung des Pegels bei bestimmten Frequenzen (vgl. Abschnitt 3.3.8) erzeugt den kennzeichnenden Klang. Die Übertragungsfunktion des Mediums ist zusätzlich abhängig vom Grad der Abnutzungserscheinungen der Plattenoberfläche. Diese wird bestimmt durch die Häufigkeit der Verwendung und wie stark der Abnehmer dabei auf die Oberfläche eingewirkt hat.

[2] Einen weiteren Aspekt stellt die Limitierung der Bandbreite dar. Heutzutage kann auf einer CD der komplette Hörbereich von 20 Hz bis 20 kHz abgebildet und gespeichert werden. Die Bandbreite von historischen Aufnahmen dagegen ist schmalbandiger und weist einen kompletten Verlust der oberen und unteren Frequenzbereiche auf (vgl. Abschnitt 3.3.2). Die Begrenzung der Bandbreite auf diesem analogen Speichermedium ist zum einen bedingt durch Größe und Geschwindigkeit der Platte und zum anderen durch die Größe und Form der Nadel, welche sowohl bei der Aufzeichnung als auch bei der Reproduktion des Klangs verwendet wurde.

[3] Der Dynamikumfang ist definiert als das Verhältnis von maximalem Signalpegel zu minimalem Signalpegel bzw. Rauschpegel. Der Dynamikumfang des menschlichen Gehörs beträgt ungefähr 120 dB, der einer CD beträgt 96 dB. Bei Grammophon Platten mit erhöhtem Rauschpegel kann der maximale Dynamikumfang nach Britannica (2007) zu 70 dB bestimmt werden.

[4] Die Verzerrung ist eine Art der Beeinträchtigung, die nach Godsill und Rayner (1998, S.7) nichtlineare Defekte beinhaltet und durch amplitudenabhängige Übersteuerungen (Clipping) und Deformation sowie Anriss der Rillenwand (der Spur) verursacht wird. Die Beschaffenheit der verwendeten Nadel beim Schneide- und Wiedergabeprozess kann ebenfalls Einfluss auf den Grad der Verzerrung haben.

[5] In vielen historischen Aufnahmen können nach Välimäki et al. (2008, S.117) Tonhöhenschwankungen gefunden werden, die in der musikalischen Darbietung so nie stattgefunden haben. Diese werden verursacht durch Gleichlaufschwankungen im Antrieb und durch Exzentrizität der Bohrung. Dies kann zur Verschiebung der Tonhöhe in allen Frequenzkomponenten führen (vgl. Godsill und Rayner (1998, S.6)). Der hörbare Effekt von Tonhöhenschwankungen ist nach Sakai (1970, S.290f.) bei reinen Tönen am stärksten wahrnehmbar (der Schwellenwert liegt bei 0,5% der Geschwindigkeitsvariation). Bei musikalischen Signalen liegt die Schwelle der Hörbarkeit, je nach Material zwischen ungefähr 0.1 und 0.5 %.

[6] Auf analogen Tonträgern ist häufig ein Rauschen wahrnehmbar, welches bei Godsill und Rayner (1998, S.6) auch als Zischen bezeichnet wird. Dieses variierende Hintergrundgeräusch kann aus verschiedenen Quellen wie dem Rauschen der Elektronik, Irregularitäten im Speichermedium oder aus Umgebungsgeräuschen während der Aufnahme stammen.

3.2.2. Lokale Verschlechterungen

Lokale Verschlechterungen betreffen nur bestimmte Samples der Wellenform:

1. Sprünge (tracking errors)
2. Klicks
3. Rumpeln (low frequency pulses, thumps)

[1] Sprünge entstehen wenn große Unstetigkeiten in der Rille vorliegen und die Nadel in anliegende Rillen springt. Dadurch kann es passieren, dass die Nadel ein bestimmtes Stück auf der Platte immer wieder abspielt bis sie von allein oder durch Fremdeinwirkung in die 'richtige' Rille läuft. Springt die Nadel in die nächste Rille kann es passieren, dass ein Stück der Wiedergabe ausgelassen wird.

[2] Das am häufigsten anzutreffende Problem in historischen Aufnahmen stellt sich durch Klicks dar. Diese können als impulsive Störungen wahrgenommen werden und variieren in der Zeit und Amplitude mit einer Dauer von weniger als 1 ms. Die Ursachen dafür können abermals sehr verschieden sein. Der häufigste Grund sind Schmutz- und Staubflecken, welche sich zwischen den Rillen befinden oder auf Granularität/ Körnigkeit im Material, welches zum Pressen der Platte verwendet wurde, zurückgeführt werden können (vgl. Godsill und Rayner (1998, S.6)).

[3] Massive Beschädigungen der Rillenwände können zu tieffrequenten Impulsen (Rumpeln) führen. Dieses Rumpeln bezieht sich nach Välimäki et al. (2008, S.117) auf tiefe Kratzer in der Oberfläche oder Verbindungsstücke nach dem Zusammenkleben von zerbrochenen Platten. Während der Wiedergabe wird der Arm der Nadel durch die Unstetigkeiten angeregt und die langsam fluktuierende Impulsantwort des Arms überlagert das 'saubere' Audiosignal additiv.

3.3. Vorgehensweise bei der Simulation

Auf der Suche nach einer plausiblen Simulation von historischen Tonträgerartefakten stellte sich zunächst die Frage welche Möglichkeiten der Realisierung sich anbieten. Eine komplette Aufnahme von geeigneten Stücken mit der verwendeten Technik aus der jeweiligen Epoche war aus ökonomischer Sicht nicht möglich und hätte den Rahmen des Aufwands für diese Arbeit bei weitem überschritten. Die Verwendung von speziellen Plugins in einer DAW, wie z.B. dem 'Izotpoe Vinylizer' (IzotopeInc (2011)), führte zu nicht brauchbaren Ergebnissen und erschien im resultierenden Klangbild als nicht ausreichend plausibel. Des Weiteren können die Schritte der Signalverarbeitung, die in einem solchen Plugin stattfinden, nicht nachvollzogen werden, worunter vor allem die Reliabilität sowie eine mögliche Dokumentation gelitten hätten.

Die hier verwendete Vorgehensweise stellt zum Teil die Anwendung der Untersuchung von Välimäki et al. (2008) dar. Einige Schritte wurden jedoch modifiziert und an die hier speziell vorliegenden Anforderungen angepasst. Die Abbildung 5 stellt das Blockschaltbild der Bearbeitung des Audiomaterials schematisch dar. Die folgenden Abschnitte erläutern die einzelnen Schritte näher und geben Aufschluss über die verwendeten Parameter. Der komplette Quellcode für die Umsetzung und Implementierung in Matlab ist dem Anhang E zu entnehmen.

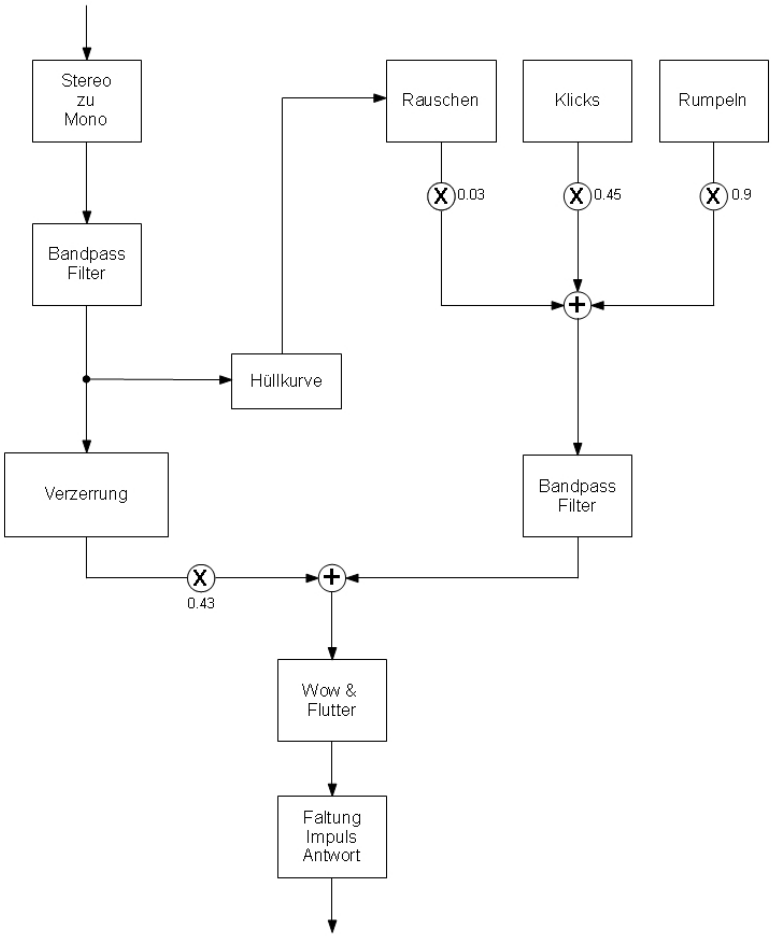

Abbildung 5: Blockschaltbild der Simulation

Auf die Simulation von Sprüngen in der Platte wurde in dieser Arbeit verzichtet, da dieser Artefakt nicht grundsätzlich auf jedem Tonträger vorzufinden ist, sondern nur bestimmte stark verschmutzte oder beschädigte Tonträger betrifft. Allgemein ist die vorgestellte Herangehensweise nur als ein Model zu verstehen, da viele Details vom Ausgangsmaterial und der genauen Epoche, auf welche klanglich abgezielt werden soll, abhängig sind.

3.3.1. Stereo zu Mono

Um aus einer Stereo Datei eine Mono Datei zu erzeugen kann entweder die Hälfte der Summe aus beiden Kanälen oder jeweils der linke bzw. der rechte Kanal genutzt werden. In dieser Ausarbeitung lag die Entscheidung bei der Wahl des linken Kanals. Die Begründung liegt darin, dass während der Aufnahme vermutlich eine Stereo Anordnung der Mikrofone gewählt wurde und beim Summieren der beiden Kanäle möglicherweise Interferenzen durch Laufzeit- und Phasendifferenzen auftreten könnten.

3.3.2. Signalbandbreite

Damit das Audiosignal den technischen Gegebenheiten eines Grammophons gerecht wird, muss die Bandbreite erheblich verringert werden. Dieser Vorgang, der spektralen Beeinflussung, wird über ein digitales Filter realisiert. Zunächst werden die allgemeingültigen Parameter eines Filters beschrieben und im Anschluss daran, wird auf das hier verwendete Bandpassfilter näher eingegangen.

Bei einem Filter handelt es sich um ein System, welches nur bestimmte Frequenzkomponenten unterhalb (Tiefpass), oberhalb (Hochpass) oder aber innerhalb eines bestimmten Bereiches (Bandpass) passieren lässt. Bei der Grenzfrequenz (f_g bzw. $\omega_g = 2\pi f_g$) ist die Energie des gefilterten Signals auf die Hälfte reduziert. Das bedeutet, dass die Spannung auf den $1/\sqrt{2} = 0,707$-fachen Wert absinkt, was wiederum mit einem Pegelabfall von 3dB gleichzusetzen ist. Ein Filter, dessen Ausgangsspannung oberhalb der Grenzfrequenz umgekehrt proportional zur Frequenz ($\sim 1/\omega$) ist, wird als Filter 1.Ordnung bezeichnet. In diesem Fall beträgt die Flankensteilheit, auch Güte genannt, 6dB/Oktave (Görne (2008, S.147)). Durch den Betragsfrequenzgang $|H(f)|$ wird das jeweilige Filter charakterisiert. Digitale Filter können mit Hilfe von rekursiven (IIR) Algorithmen, also unendlich langen Impulsantworten, oder nichtrekursiven Algorithmen (FIR) mit endlich langen Impulsantworten, realisiert werden.

Das für diesen Zweck verwendete rekursive IIR (Infinite Impuls Response) Filter ist vom Typ Butterworth. Die Polgüte Q ist bei der Butterworth-Approximation ebenfalls $1/\sqrt{2}$ und sowohl im Durchlass- als auch im Sperrbereich weist die Übertragungsfunktion einen maximal flachen Verlauf auf (Zölzer et al. (2005, S.126)). Durch die Differenzengleichung der Form:

$$y(n) = \sum_{k=0}^{\inf} h(k)x(n-k) = \sum_{k=0}^{N-1} b(k)x(n-k) - \sum_{k=1}^{M} a(k)y(n-k) \tag{1}$$

wird die unendliche, zeitdiskrete Faltungssumme über die gewichtete Summe der Abtastwerte des Eingangs- und Ausgangssignals berechnet (Maempel et al. (2008, S.827)).

In Matlab wird ein Butterworth-Filter allgemein mit dem Befehl *[b,a] = butter(n,Wn,'ftype')* ausgeführt, wobei 'b' und 'a' die Filterkoeffizienten darstellen, 'n' die Ordnung und 'Wn' die normalisierte Cutoff Frequenz zwischen 0 und 1. Mit dem Parameter 'ftype' kann der Filtertyp bestimmt werden. Im vorliegenden Fall wurde als Typ 'Bandpass' gewählt. Dabei ist darauf zu achten, dass der Parameter 'Wn' aus einem Vektor von unterer und oberer Grenzfrequenz besteht. Die Übertragungsfunktion im Z-Bereich lässt sich allgemein wie folgt darstellen:

$$H(z) = \frac{b(1) + b(2)z^{-1} + ... + b(n+1)z^{-n}}{1 + a(2)z^{-1} + ... + a(n+1)z^{-n}} \tag{2}$$

Die verwendeten Cutoff Frequenzen werden in Välimäki et al. (2008, S.130) mit 200Hz und 3kHz angegeben. In dem Artikel „Defects in Gramophone Records“ auf der Internetseite vom *'Research Centre for the History and Analysis of Recorded Music'* CHARM (2009) wird die Bandbreite mit 200Hz bis 5kHz deklariert.

Die letztendlich verwendeten Werte von $f_{g,unten}$ = 300Hz sowie $f_{g,oben}$ = 2800 Hz haben sich durch oben genannte Vorgaben und aus dem Vergleich mit weiteren Referenzdaten (siehe Abschnitt 3.4.2) ergeben. Um der geforderten Flankensteilheit gerecht zu werden, wurde ein Filter 3.Ordnung (18dB/Oktave) programmiert.
Die Abbildung 6 zeigt im oberen Bild das ungefilterte Nutzsignal, in der Mitte die Übertragungsfunktion des Filters und im unteren Bild das gefilterte Nutzsignal.

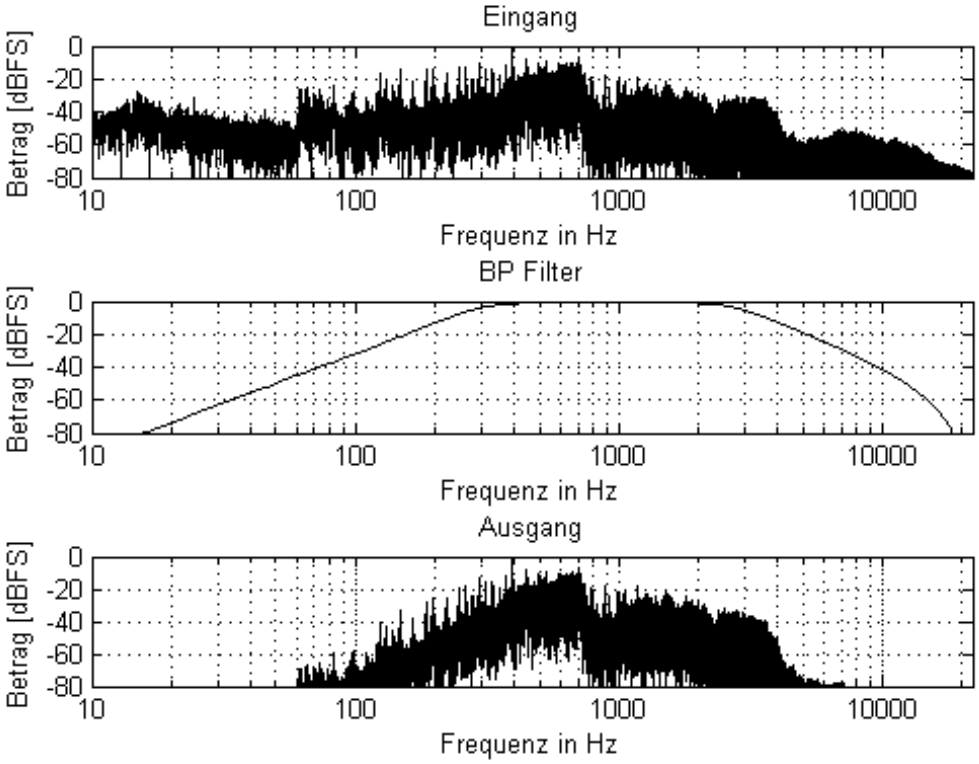

Abbildung 6: Bandpass des Nutzsignals

3.3.3. Verzerrung

Um eine geeignete Verzerrung des Nutzsignals zu realisieren, wurden zwei verschiedene Verzerrungskennlinien nach Välimäki et al. (2008, S.121) implementiert. Die Gleichung (3) simuliert nichtlineare Verzerrungen in den lauten Passagen des Eingangssignals x(n):

$$y(n) = \frac{tanh(x(n) \cdot B_{laut})}{tanh(B_{laut})} \tag{3}$$

Die Tangens Hyperbolicus Funktion weist einerseits eine lineare Übertragung für niedrige Signalwerte auf und führt andererseits zu einer Sättigung von hohen Signalwerten. Mit dem Faktor B_{laut} und der Normalisierung kann der Grad der Verzerrung auf das Ausgangssignal y(n) kontrolliert werden.
Für die leisen Passagen wurde Gleichung (4) verwendet. Diese kann mit dem Faktor B_{leise} nach Bedarf parametrisiert werden.

$$y = sign[x(n)] \cdot abs[x(n)]^{B_{leise}} \tag{4}$$

Die Kombination aus beiden nichtlinearen Verzerrungen führte mit Hilfe geeigneter Einstellungen der Parameter B_{laut} und B_{leise} zu akzeptablen Resultaten. Den Effekt auf ein sinusförmiges Signal stellt die Abbildung 7 dar.

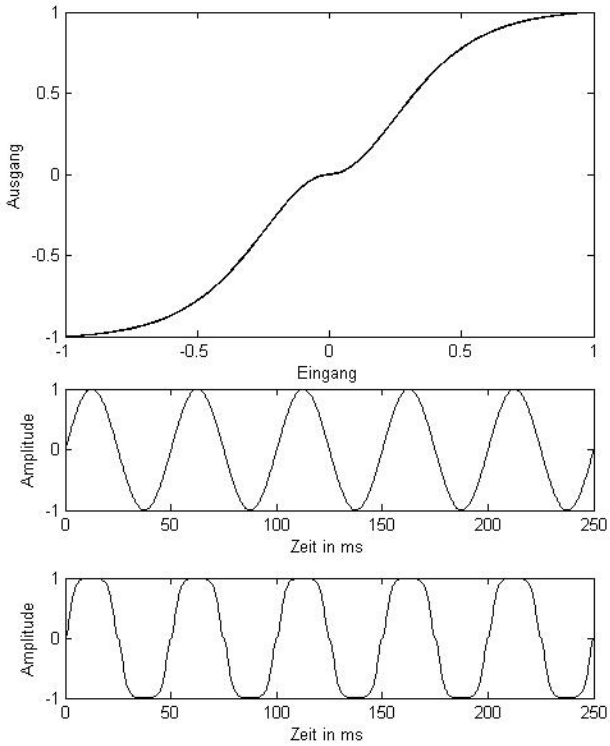

Abbildung 7: Nichtlineare Verzerrung
Oben: Verzerrungskennlinie mit $B_{laut} = 2.7$ und $B_{leise} = 2$.
Mitte: Unverzerrter Sinus. Unten: Verzerrtes Ausgangssignal.

Nach mehreren informellen Hörversuchen zu den Stimuli stellte sich heraus, dass die Werte für die Faktoren B_{leise} und B_{laut} zum Zwecke dieser Untersuchung geringer sein mussten als in der betrachteten Untersuchung. Besonders der Faktor B_{leise} führte zu drastischen Verzerrungen, welche das Ausgangssignal als nicht plausibel erscheinen ließen. In der Abbildung (8) ist die resultierende Verzerrungskennlinie mit den Werten 1.01 für den Faktor B_{leise} und 1.6 für den Faktor B_{laut} ersichtlich. Die Abbildung 9 präsentiert den Stimulus 2 vor und nach der Bearbeitung.

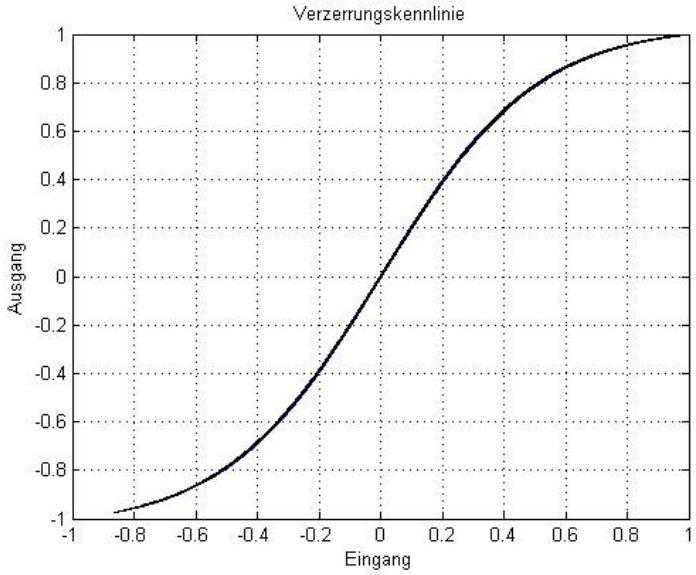

Abbildung 8: Verzerrungskennlinie für die Stimuli

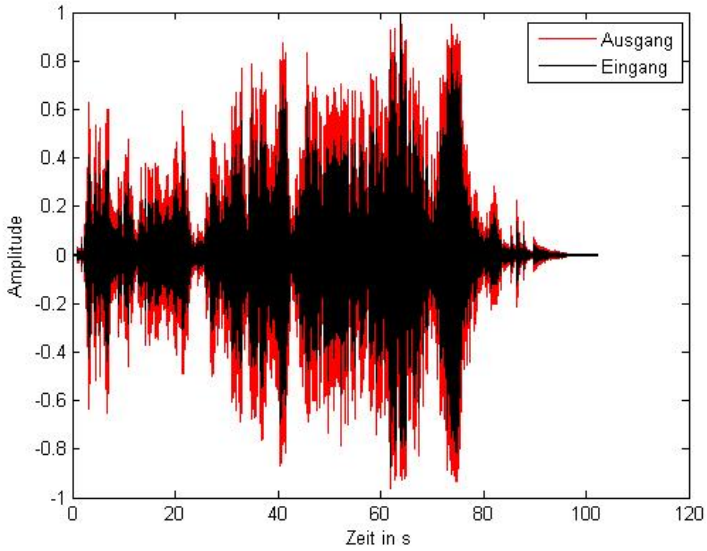

Abbildung 9: Vergleich des Stimuli 2
Vor und nach der Verzerrung

3.3.4. Klicks

Um diese lokale Art von impulsiven Verschlechterungen zu simulieren, wurden die Amplituden wie auch die Zeit zwischen den Klicks, auf Grundlage verschiedener Wahrscheinlichkeitsverteilungen, berechnet. In Välimäki et al. (2008, S.125) wird die Herangehensweise in die Schritte Sammlung von Daten, Modellierung und Reproduktion unterteilt. Zunächst wurden aus historischen Aufnahmen Klicks extrahiert und statistisch charakterisiert um sie anschließend reliabel zu reproduzieren. Mit Hilfe des Wahrscheinlichkeitsplot Korrelationskoeffizienten wurde die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion bestimmt, welche am besten für die vorliegenden Daten geeignet ist.
So wurden die Amplituden mit einer Lognormalverteilung simuliert. Die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion ist gegeben durch die Gleichung:

$$f(x/\mu,\sigma) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{[-(lnx-\mu)^2/2\sigma^2]} \tag{5}$$

Die Zeit zwischen den Klicks wird am ehesten durch die Gamma Verteilung beschrieben, deren Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion ist der folgenden Gleichung zu entnehmen:

$$f(x/a,b) = \frac{1}{b^a\Gamma(a)} x^{a-1} e^{x/b} \tag{6}$$

Um den erzeugten Klicks mehr Dynamik zu verleihen wurden sie anschließend mit einem Butterworth Tiefpass Filter mit randomisierter oberer Grenzfrequenz, welche sich alle tausend Samples verändert, gefiltert. In Abbildung 10 sind die simulierten Klicks des Stimuli 2 zu sehen.

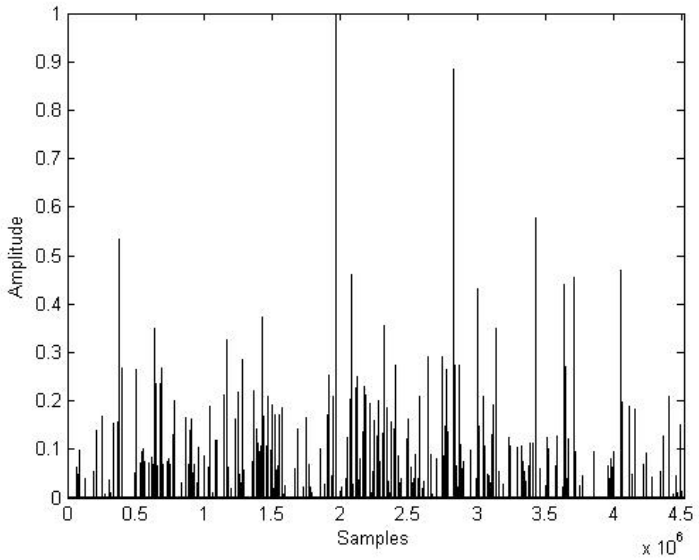

Abbildung 10: Simulierte Klicks
Mit $\mu = 1.281$ und $\sigma = 0.939$ für die Lognormalverteilung
und $a = 0.338$ bzw. $b = 276.683$ für die Gammaverteilung

3.3.5. Rumpeln

Unter dem Begriff Rumpeln werden, wie in Abschnitt 3.2.2 beschrieben, tieffrequente Störungen verstanden. Um diese zu simulieren wird eine ähnliche Struktur wie in Välimäki et al. (2008, S.126) verwendet. Dazu wird von einem exponentiell abklingenden Sinussignal der Form:

$$y(t) = A \cdot e^{-t/T} \cdot sin(\omega t + \varphi) \tag{7}$$

ausgegangen. Dabei ist nach Papula (2009, S. 289) A die Amplitude, T die Abklingdauer, t der Zeitvektor, ω die Kreisfrequenz ($2\pi f$) und φ die Phase.
Die Werte für die Dauer, die Position und die Frequenz werden wiederum mit Hilfe folgender Dichtefunktion für die Normalverteilung bestimmt:

$$f(x/\mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(\frac{x-\mu}{\sigma})^2} \tag{8}$$

Die Dauer eines Rumplers ist in Välimäki et al. (S.132 2008, Abb.22) mit ungefähr 350ms angegeben. Nach verschiedenen Einstellungen der Parameter wurde hier der Mittelwert von 250ms mit einer Standardabweichung von ungefähr 23ms gewählt. Zwischen den Rumplern sollten mindestens 0.77s vergehen, da die Geschwindigkeit einer Grammophone Platte 78 UpM (Umdrehung pro Minute) beträgt und dies die Zeit einer Umdrehung entspricht.

Für die Amplitude wurde ein Mittelwert von 0.5 (Standardabweichung 0.15) in der normierten Darstellung gewählt. Bei der Summierung aller Artefakte (siehe Abb.5) wurden die Rumpler mit dem Faktor 0,9 multipliziert. Abbildung 11 stellt einen möglichen Rumpler da. Die Anzahl der auftretenden Rumpler wurde pro Stimuli auf maximal zehn begrenzt.

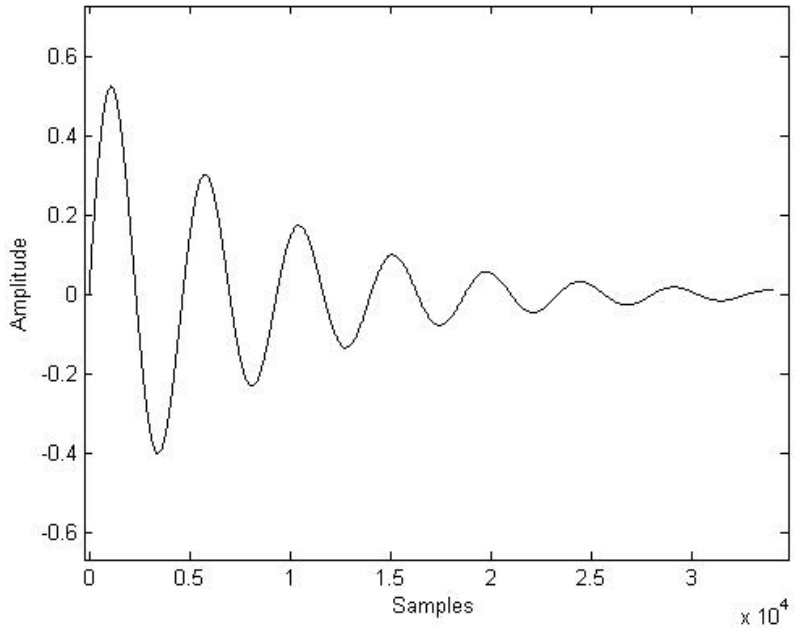

Abbildung 11: Simulierter Rumpler

3.3.6. Rauschen

Für die Simulation des Rauschens auf dem Tonträger wurde zunächst von einem weißen Rauschen ausgegangen. Dies wird in Matlab mit dem Befehl *randn* erzeugt und beinhaltet eine randomisierte, normalverteilte Wertegenerierung um einen Mittelwert μ mit der Standardabweichung σ. Nach Analyse und Hörvergleich mit der Referenz hat sich allerdings ergeben, dass ein so erzeugtes weißes Rauschen ein zu stationäres Klangbild aufweist. Deshalb wurde zunächst ein Vektor erzeugt, welcher wiederum randomisierte Werte für die Standardabweichung generiert. Der Rauschprozess wurde dann in Blöcke der Länge von 512 Samples unterteilt und jedem Block ein unterschiedlicher Wert für die Standardabweichung zugeteilt. Die Abbildung 12 zeigt den Vergleich der beiden Rauschfunktionen. Im oberen Teil ist ein einfaches weißes Rauschen mit dem Mittelwert $\mu = 1$ und der Standardabweichung $\sigma = 1$ ersichtlich, der untere Teil stellt den, in Blöcke zerlegten, Rauschprozess mit variierenden Standardabweichungen dar.

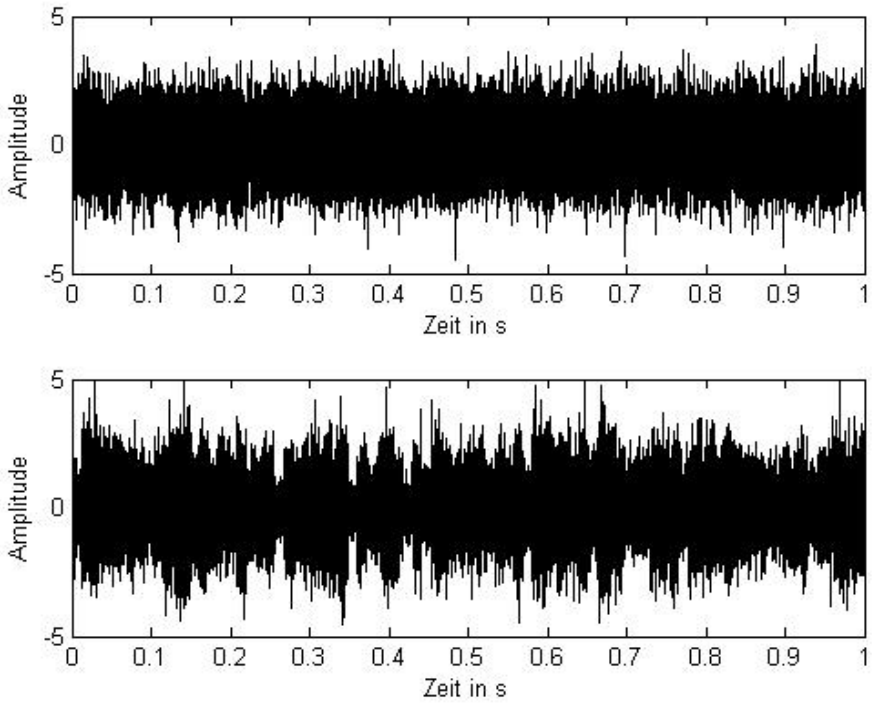

Abbildung 12: Vergleich von verschiedenen Rauschfunktionen

Um eine Modulation der Lautstärke des Rauschens zu erhalten wurde, mit Hilfe eines gleitenden Mittelwertfilters, die zeitliche Einhüllende aus dem Nutzsignal extrahiert und dem Rauschprozess auferlegt. Dies bewirkt eine geringfügige Lautstärkevariation des Rauschens, welche dem Verlauf des Nutzsignals entspricht und dafür sorgt, dass die künstlich erzeugten Artefakte plausibler erscheinen. Zusätzlich wurde das Rauschen mit dem Matlab Befehl *ssbmod* und der Frequenz 1,3Hz in der Amplitude moduliert, um zu simulieren, dass das Rauschen mit jeder Umdrehung der Platte geringfügig variiert. Abschließend wird das Rauschen bei einer Grenzfrequenz von 1kHz mit einem Butterworth-Filter zweiter Ordnung hochpassgefiltert.

Weitere Bearbeitung der Artefakte

Nachdem alle notwendigen Artefakte generiert wurden, konnten diese unter Berücksichtigung der jeweiligen Gewichtung (siehe Abbildung 5) aufaddiert werden. Bevor die Artefakte auf das Nutzsignal addiert wurden, filterte zum einen ein Hochpass (Butterworth 1.Ordnung) die Tiefen unterhalb der Grenzfrequenz f_g = 700Hz heraus und zum anderen wurden die hohen Frequenzen oberhalb von f_g = 4200Hz mit einem Tiefpass (Butterworth 2.Ordnung) gefiltert um dem zu simulierenden Medium gerecht zu werden. Die Übertragungsfunktion des Filters ist in Abbildung 13 zu sehen. Die Werte für die Grenzfrequenzen wurden experimentell und in Abgleich mit der Referenz ermittelt. Abschließend wurde das verzerrte Nutzsignal mit dem Faktor 0.43 multipliziert und auf den Artefaktvektor aufaddiert. Abbildung 14 zeigt die resultierenden Artefakte im Verhältnis zum verzerrten Nutzsignal.

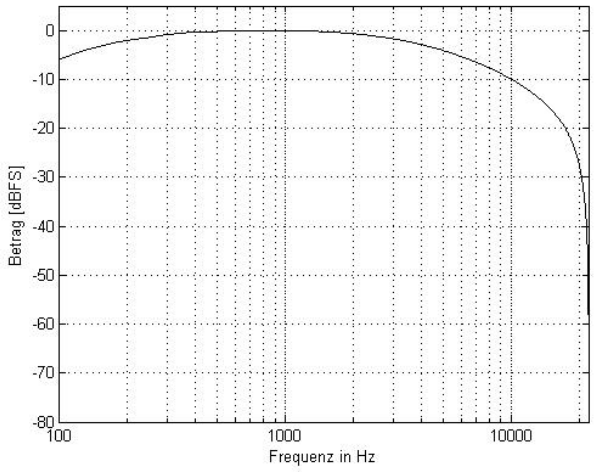

Abbildung 13: Übertragungsfunktion des Bandpassfilters der Artefakte

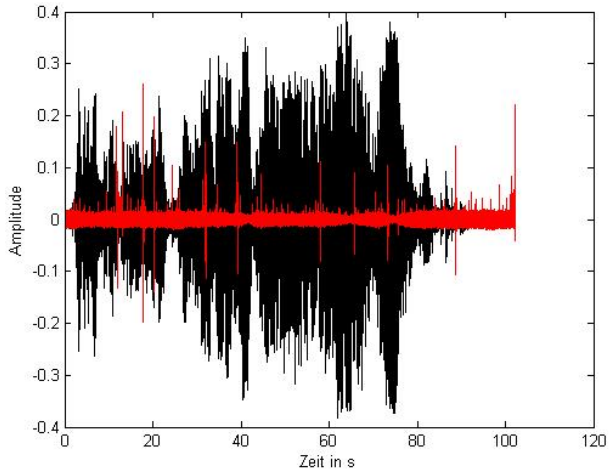

Abbildung 14: Verzerrtes Nutzsignal und simulierte Artefakte

3.3.7. Wow und Flutter

Wie in Abschnitt 3.2.1 bereits angesprochen, handelt es sich bei Wow und Flutter um Variationen in der Tonhöhe des Audiosignals. Unter Wow werden dabei langsame Tonhöhenänderungen in Abhängigkeit von der Abspielgeschwindigkeit verstanden und Flutter bezeichnet eher schnellere Veränderungen der Tonhöhe. In beiden Fällen sind die Einflüsse periodischer Natur und führen zu unerwünschten Veränderungen aller Frequenzkomponenten.

In Välimäki et al. (2008, S.121) wird die Simulation von Wow und Flutter in die beiden grundlegenden Schritte 'Time Warping' und 'Resampling' unterteilt. Unter dem Begriff 'Time Warping' kann eine Wertefolge in unterschiedlichen Abständen verstanden werden, welche wiederum durch das 'Resampling' auf das Audiosignal übertragen wird. Ohne Berücksichtigung von Rauschen, kann das Spektrum eines Audiosignals wie folgt beschrieben werden:

$$F = p(n)F_0 \tag{9}$$

Mit F_0 als zentrale Frequenz, p(n) als über die Zeit variierender Faktor, welcher die Tonhöhe beeinflusst und F als finale Frequenz. Um das folgende physikalische Modell abzuleiten dient eine Platte mit außenmittiger (exzentrischer) Bohrung als Grundlage. Ausgehend von dieser Platte mit dem Radius b, dem Mittelpunkt O und konstanter Winkelgeschwindigkeit ϕ. Die Samples s_i der späteren Wellenform korrespondieren mit äquidistanten Abständen auf dem Plattenrand (in Abbildung 15 durch die gestrichelte Linie zwischen B und C dargestellt). Wird nun davon ausgegangen, dass der Mittelpunkt um a verschoben ist, bewirkt dies bei konstanter Rotationsgeschwindigkeit ungleichmäßige Abstände in der Sample Sequenz s_i, da der Radius c größer ist als der Radius b. Um diese Tonhöhenvariation zu erzeugen muss also die Zeit zwischen den Samples s_i neu berechnet werden oder aber neue Indizes gefunden werden. Es werden folgende vereinfachte Annahmen getroffen: Die Kreisfrequenz des Grammophone ist konstant, der Tonabnehmer (cartridge) und die Nadel folgen der Rille reibungslos und die Rille wird als Kreis angenommen (obwohl es eigentlich eine Spirale ist).

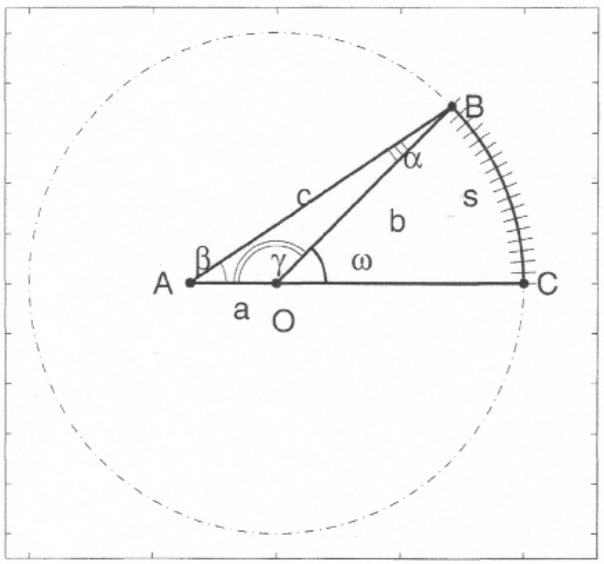

Abbildung 15: Geometrie einer exzentrischen Bohrung
nach Välimäki et al. (2008, S.123)

Wird nun das Dreieck AOB in Abbildung 15 betrachtet, ergibt sich der Winkel β aus der konstanten Winkelgeschwindigkeit, dem Versatz a und dem Radius b der Platte. Der sich über die Zeit ändernde Winkel ω muss über $\pi - \gamma$ gelöst werden. Mit dem Sinussatz,

$$\frac{sin(\beta)}{b} = \frac{sin(\alpha)}{a} \tag{10}$$

kann α bestimmt werden zu:

$$\alpha = arcsin[asin(\beta)/b]. \tag{11}$$

Mit der Summe der Dreiecke

$$\gamma = \pi - \beta - \alpha \tag{12}$$

kann ω final bestimmt werden:

$$\omega = \pi - \gamma = \beta + \alpha = \beta + arcsin[asin(\beta)/b]. \tag{13}$$

Wenn β in kleinen Schritten erhöht wird und diese Schritte von der Umdrehungsgeschwindigkeit der Platte abhängen, liefert Gleichung (13) die Winkel, an denen die Samples entnommen werden können. Da der Radius b normalerweise viel größer ist als die Distanz a, ergibt sich aus der Gleichung (13) näherungsweise eine sinusförmige Tonhöhen-Variationskurve ('Pitch Variation Curve').
Im weiteren wird dieses Modell für die PVC noch verallgemeinert und auf nur eine Ursache für Wow begrenzt. Durch die Kenntnis, dass die Beeinflussungen des Audiosignals von geringer und periodischer Natur sind, kann eine sinusförmige Funktion mit variabler Frequenz *f(n)*, sowie die Hüllkurve *A(n)*, die PVC simulieren:

$$p(n) = 1 + A(n)sin[2\pi f(n)n/f_s]. \tag{14}$$

Dieses Simulationsmodell gliedert sich in zwei Abschnitte: Die Variation der Frequenz und die Variation der Hüllkurve der Tonhöhenkurve. Beide Kurven sind in der gleichen Weise geformt. Ausgehend von diesem Modell wurden in der vorliegenden Untersuchung verschiedene Parameter für die Hüllkurve und die Frequenz getestet. Nach einstimmigen Urteilen in mehreren informellen Hörtests lag die Enetscheidung bei dem Verrzicht auf eine Variation der Modulationsfrequenz, da die Variation im endgültigen Stimuli nicht hörbar war. Stattdessen wurde die Modulationsfrequenz, abgeleitet aus der Umdrehungsgeschwindigkeit (T = 0.77s), auf 1.3Hz festgelegt. Die Modulationstiefe wurde experimentell auf einen Wert von 30 Samples bestimmt.

3.3.8. Impulsantwort eines Hornlautsprechers

Um den letzten Schritt der Simulation zu gestalten, wurde die externe Software McBean (2013) benutzt. Mit dieser Software ist es möglich die Impulsantworten verschiedener Hornlautsprecher zu berechnen. Dazu wurden in der Eingabemaske (Abb. 16) u.a. folgende Daten benötigt:

- **Ang**: Gibt die Raumposition an und hat damit Einfluss auf den Wirkungsgrad
- **Eg**: Eingangsspannung in V
- **RG**: Innenwiderstand der Quelle in Ohm
- **S1 - S2**: Erster möglicher Abschnitt für ein Horn oder Reflexkanal in cm^2
- **S2 - S3**: Zweiter möglicher Abschnitt für ein Horn oder Reflexkanal in cm^2

- **S3 - S4**: Dritter möglicher Abschnitt für ein Horn oder Reflexkanal in cm^2
  In diesem Feld kann durch Doppelklick zusätzlich zwischen konischem, exponentiellem oder parabolischem Verlauf gewählt werden. Weiterhin kann in der dritten Spalte die Länge in cm angegeben werden.
- **S4 - S5**: Vierter möglicher Abschnitt für ein Horn oder Reflexkanal in cm^2
- **Sd**: Membranfläche des Lautsprechers in cm^2
- **Cms**: Mechanische Nachgiebigkeit in m/N
- **Mmd**: Bewegliches Gewicht (Membran und Spule) in g
- **Re**: Gleichstromwiderstand der Spule in Ω
- **Bl**: Antriebskraft des Systems in N/A
- **Rms**: Mechanische Verluste in Kg/s
- **Le**: Schwingspuleninduktivität in mH

Weiterhin können mit Parametern wie **Vrc** (Volumen der Rückkammer), **Lrc** (Tiefe des rückseitigen Gehäuses) und **Frc** (Dämmung) Angaben zum Gehäuse gemacht werden, welche bei dieser Untersuchung jedoch nicht benötigt wurden.

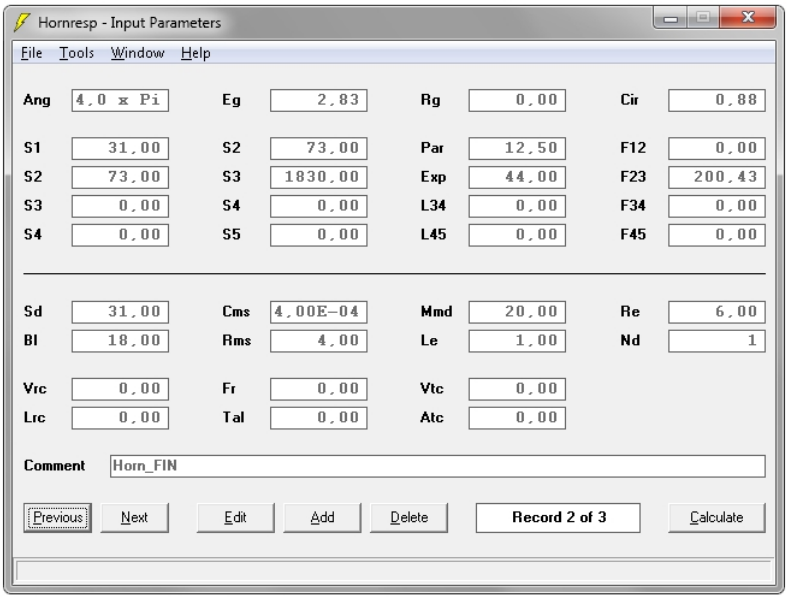

Abbildung 16: Eingabemaske von Hornresp

Die Abbildung 16 stellt neben der Eingabemaske auch die verwendeten Parameter für das hier verwendete Horn da. Dabei handelt es sich um eine Bauform wie sie nach Bilton (2012) bei den Grammophonen der Serie Victor II, III und M verwendet wurden. Die Raumposition wurde als Freiaufstellung gewählt, da diese Position als neutralste erschien. Die Abbildung 17 zeigt die Symmetrie und Maße der verwendeten Bauform.

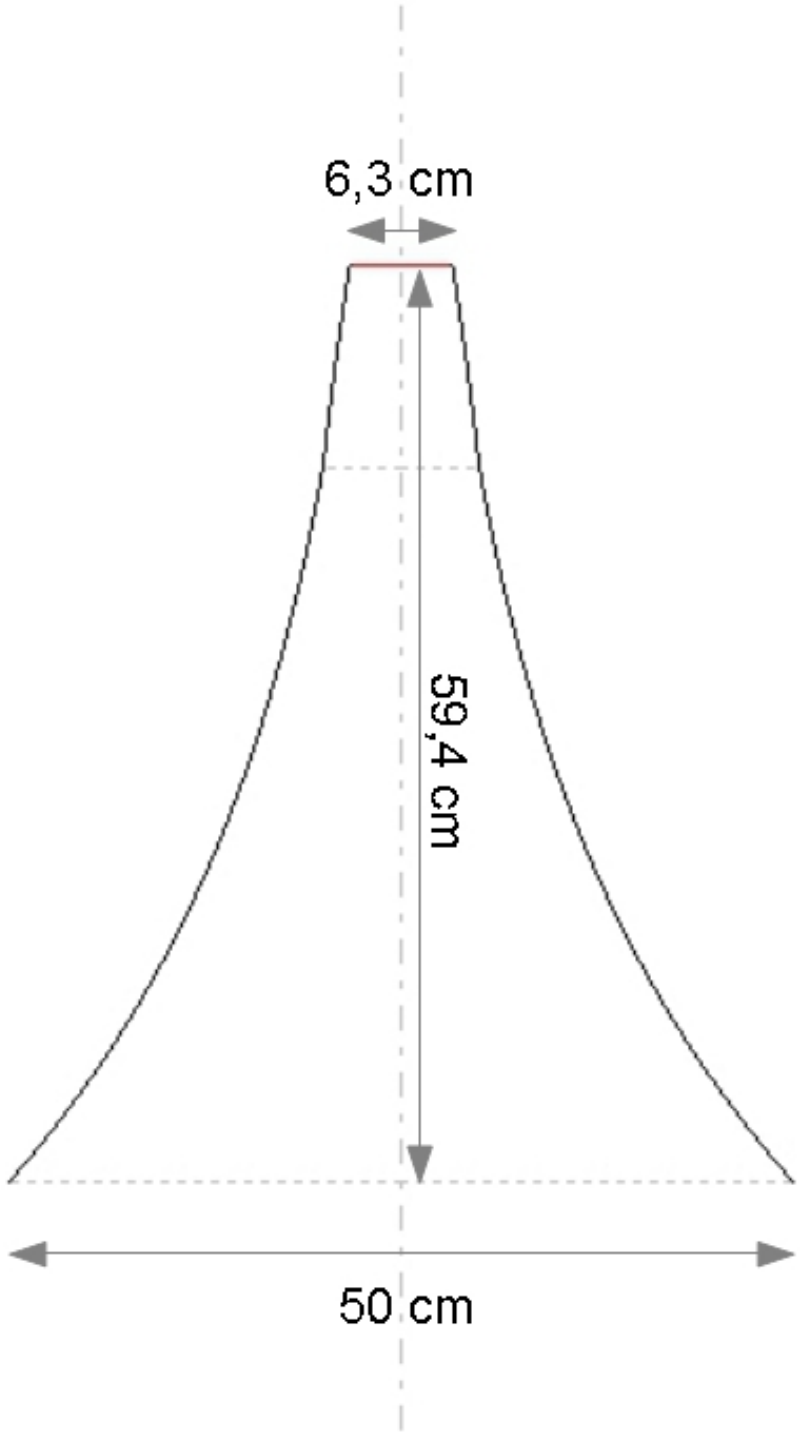

Abbildung 17: Bauform des Hornlautsprechers

Nach Eingabe der erforderlichen Daten des Lautsprechers, konnte zunächst die akustische Impedanz bestimmt werden. Daraus wurden die Übertragungskoeffizienten nach Fletcher und Rossing (1998, S.205ff) wie folgt bestimmt:

$$t = 1 + r = \frac{2Z(f)}{Z(f) + Z_0} \tag{15}$$

mit
r = Reflexionskoeffizient,
$Z(f)$ = akustische Impedanz des Horns und
Z_0 = charakteristische Impedanz der Röhre an die das Horn angeschlossen ist, welche sich wiederum berechnet zu:

$$Z_0 = \frac{\rho c}{S} \tag{16}$$

mit
ρ = Dichte des Mediums in der Röhre (hier Luft),
c = Schallgeschwindigkeit und
S = Querschnittsfläche der Röhre.

Mit Hilfe der Übertragungskoeffizienten konnte anschließend über eine IFFT (Inverse Fast Fourier Transformation) die Impulsantwort generiert werden. Zuvor mussten die Daten aus Hornresp noch interpoliert werden, was in Matlab über den *spline* Befehl geschah.
Um den finalen Klang eines Grammophons zu erhalten, wurde die Impulsantwort des Hornlautsprechers mit dem Gemisch aus verzerrtem Nutzsignal und Artefakten gefaltet. Abbildung 18 zeigt die akustische Impedanz des Hornlautsprechers und Abbildung 19 stellt dessen Übertragungsfunktion dar.

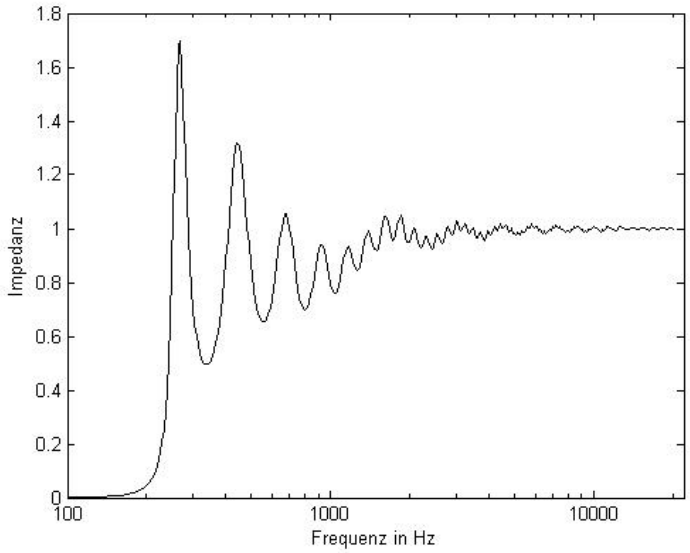

Abbildung 18: Akustische Impedanz des Hornlautsprechers

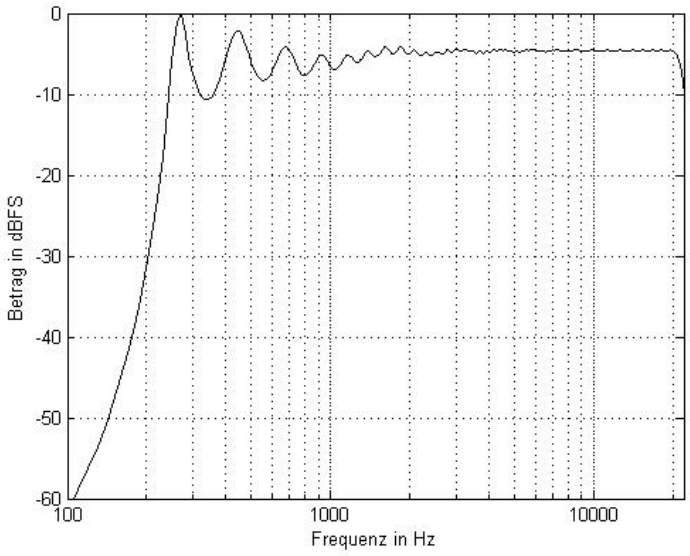

Abbildung 19: Übertragungsfunktion des Horns

3.4. Vergleiche mit Referenzdaten

Als Referenzstück diente dieser Untersuchung der Titel 'Lass With The Delicate Air' von den Künstlern Elsie Suddaby und Madame Adami aus dem Jahr 1925. Das Stück ist in der Audiothek des Forschungszentrums für Geschichte und Analyse von aufgenommener Musik (The AHRC Research Centre for the History and Analysis of Recorded Music) unter CHARM (2009) abrufbar.
Die Veröffentlichung des Stückes ist auf das Jahr 1925 datiert. Angesichts der Tatsache, dass für Produktion, Distribution und Reklame des Produktes eine gewisse Zeit beansprucht wird, ist davon auszugehen, dass es sich beim verwendeten Verfahren um eine der letzten Aufnahmen eines akustischen Grammophons handelt, da erst im Laufe des Jahres die Entwicklung hin zu elektrischen Aufnahmeverfahren mit Mikrofonen Einzug hielt.
Um zum einen für die Simulation benötigte Parameter, z.B. die der Bandbreite und zum anderen ein Maß für die Vergleichbarkeit der Lautstärken im Hörversuch zu erhalten, wurde die Referenz als auch die verwendeten Stimuli, wie in den folgenden Abschnitten beschrieben, genauer betrachtet.

3.4.1. RMS und Lautheit

In der allgemeinen Audiotechnik werden physikalische Größen über das logarithmische Verhältnismaß Dezibel (dB) bestimmt. Der Aussteuerungspegel liefert Informationen über die maximal auftretenden Spitzen im Signal. Es wird dabei unterschieden zwischen den relativen Pegeln, welche ein Verhältnis zweier Größen ausdrücken, wie dem Leistungspegel:

$$L = 10 \log \frac{P1}{P2} \tag{17}$$

bzw. dem Spannungspegel:

$$L = 20 \log \frac{U_1}{U_2} \tag{18}$$

Außerdem gibt es absolute Pegel, welche hingegen einen festen Bezugswert aufweisen und durch einen Index nach der Pseudoeinheit db gekennzeichnet sind. In digitalen Systemen ist der Pegel in Abhängigkeit von der Anzahl verwendeter Spannungsstufen (M) und der Wortbreite des Systems (N) wie folgt beschrieben:

$$L_{FS} = 20 \log \frac{M}{2^N - 1} \tag{19}$$

Dabei beschreibt ein Pegel von 0 dBFS (Dezibel Fullscale) das Maximum des darstellbaren Zahlenbereichs. Um Übersteurungen zu vermeiden wird ein Übersteuerungsbereich (Headroom) festgelegt.
Nach Maempel et al. (2008, S.559) ist mit einer Spitzenpegelmessung eine Beurteilung der Wahrnehmung (Lautheit) jedoch nicht möglich, denn Audiomaterial mit gleichem Spitzenpegel kann einen sehr unterschiedlichen Lautheitseindruck hervorrufen.
Ein Maß für den Energiegehalt einer Schwingung liefert der Effektivwert. Der s.g. RMS (Root Mean Square) entspricht der mittleren Amplitude des gleichgerichteten Schwingungsverlaufs. Die Berechnung erfolgt über die Quadratwurzel aus dem quadrierten und zeitlich gemittelten Schwingungsverlauf:

$$U_{eff} = U_s \cdot \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T U_{(t)}^2 dt} \tag{20}$$

In Friesecke (2003, S. 21) wird erwähnt, dass das menschliche Ohr Lautheit über eine längere Mittelungszeit und nicht an Pegelspitzen empfindet. Aus diesem Grund ist der Effektivwert eines Signals mit einer gehörangepassten Mittelungszeit als ein Teil der Lautheitsbestimmung relevant.
Um die verschiedenen Stimuli in ihrer empfundenen Lautstärke weiterhin anzupassen, werden sie innerhalb einer Versuchsgruppe auf ihre Lautheiten hin optimiert. Dabei wird unter dem Kunstwort 'Lautheit' im allgemeinen Sprachgebrauch die empfundene Lautstärke verstanden. Spezieller betrachtet beschreibt Lautheit ein subjektives, psychoakustisches Phänomen bei der Rezeption eines Audiosignals. Die Lautheitsempfindung kann dabei als sehr komplexe Eigenschaft des Gehörs verstanden werden und basiert auf mehreren Faktoren. In Strößner (2011, S.16) wird darauf hingewiesen, dass Lautheit auf der subjektiven- (persönliche Vorlieben), der emotionalen- (Gefallen), der objektiven- (z.B Schallpegel) und der Wahrnehmungsebene (Psychoakustik) beschrieben werden kann. Zu den subjektiven und emotionalen Faktoren gehören dabei auch kontextuelle Aspekte wie das Alter, Geschlecht und Gemütszustand. Die Psychoakustik versucht dagegen eine objektive Betrachtung anhand von Pegeln, z.B. der Intensität, sowie der Frequenzzusammensetzung und dem zeitlichen Verlauf eines Schallereignisses. Über diese Zusammenhänge lassen sich Verallgemeinerungen anstellen und dienen als Grundlage für ein objektives Messverfahren der komplexen subjektiven Empfindung von Lautstärke.
Ohne auf die zahlreichen Modelle näher einzugehen, sei an dieser Stelle auf die grundlegende Unterscheidung von Single-Band (keine frequenzbezogene Aufteilung) und Multi-Band Modellen (Signal wird in mehrere Frequenzbänder aufgeteilt) nach Nielsen und Skovenborg (2004, S.5) hingewiesen. Nähere Informationen zu den populärsten Methoden (z.B. Zwicker, CBS, IRT und RTW) finden sich u.a. in Brixen (2012, S.83), Maempel et al. (2008, S.562), Dickreiter et al. (2008, S.1143).
Obwohl sich im Laufe der letzten Jahrzehnte verschiedene Verfahren entwickelt haben, konnte sich keines dieser Verfahren international durchsetzen. Um die Bestimmung des subjektiven Parameters Lautheit mit einer objektiven Messgröße festzulegen, liegt nun, mit Erscheinen der **ITU-R BS.1770**, zum ersten Mal ein internationaler Standard vor. Die „International Telecommunication Union“ (ITU) hat dafür verschiedene Modelle zur Lautheitsmessung verglichen, mit dem Ziel, einen robusten Algorithmus zu entwickeln, welcher sich einfach implementieren lässt.

Bei dem Algorithmus handelt es sich zunächst um eine Berechnung des energieäquivalenten Mittelwertes, welcher schon zuvor standardmäßig wie folgt berechnet wurde:

$$L_{eq} = 10 \cdot \log \frac{1}{T} \int_0^T \frac{x^2(t)}{x_{ref}^2(t)} dt \tag{21}$$

Zusätzlich zur zeitlichen Mittelung wurden Frequenzbewertungsfilter eingesetzt, welche sich an den Kurven gleicher Lautheit orientieren, um die frequenzabhängige Empfindlichkeit des Gehörs zu berücksichtigen. Die Bewertungskurven wurden als A-, B-, C- und D-Kurven in DIN EN 61672-1 standardisiert (Abb. 20) Möser (2004, S.11).
Welche Kurve zum Einsatz kommt hängt von den Lautstärkepegeln ab. So wird nach Maempel et al. (2008, S.56) die A-Kurve bei niedrigen, die B-Kurve bei mittleren und die C-Kurve bei hohen Schallpegeln eingesetzt.

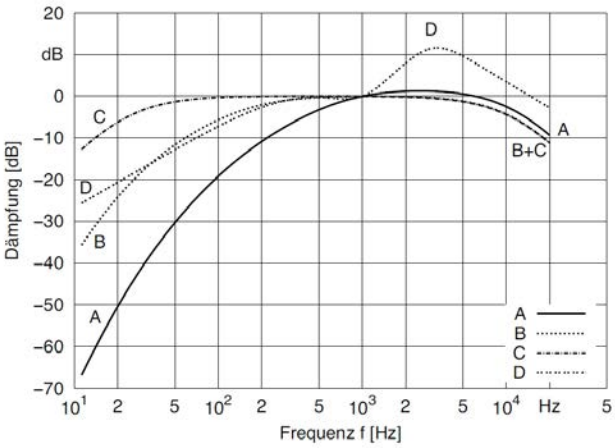

Abbildung 20: A-, B-, C- und D-Filterkurven

Neu in der aktuellen ITU Empfehlung ist jedoch die Bewertung mit zwei speziellen Filtern. Das sog. RLB-Filter (revised low frequency B-curve) entspricht einem Kompromiss aus der B- und C-Kurve. Der größte Unterschied liegt vor allem im tieffrequenten Bereich der B-Kurve. Ein weiterer Vorfilter berücksichtigt die akustische Wirkung des Kopfes als schallharte Kugel im Frequenzgang (siehe Abb. 21). Die Kombination der beiden Filterkurven wird als 'K-Weighting' bezeichnet.
Über das bewertete Signal wird dann mit folgender Formel das quadratische Mittel gebildet:

$$z_i = \frac{1}{T} \int_0^T y_i^2 dt \tag{22}$$

Die Gesamtlautheit wird dann durch die Leistungssumme der Einzelkanäle gebildet:

$$Loudness = -0,691 + 10 \log_{10} \sum_{N}^{i=1} G_i \cdot z_i \tag{23}$$

Die Konstante von -0,691 wurde so gewählt, dass ein 1 kHz Sinussignal mit 0 dBFS zu einem Lautheitswert von -3 LKFS führt. Für die Lautheitswerte wird in [BS.1770] die Einheit LKFS vorgeschlagen (Loudness k-weighted related to full scale).

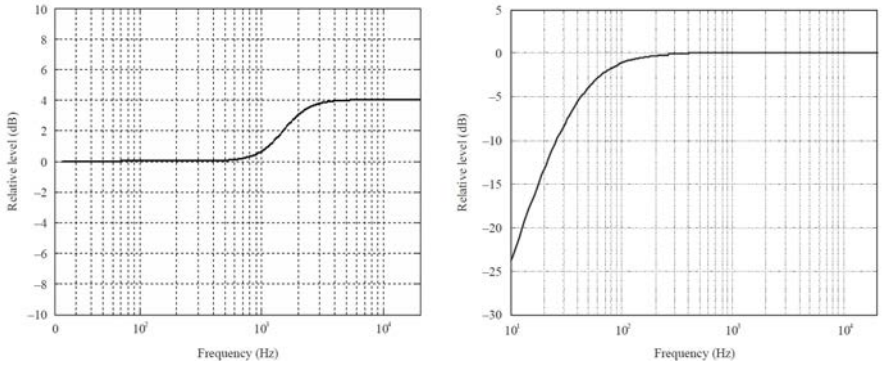

Abbildung 21: RLB-Filter
nach ITU-R BS.1770, S.3 & 5

Die **EBU R 128** ist eine Norm der EBU (European Broadcasting Union) und wurde 2008 von der Arbeitsgruppe P/Loud ausgearbeitet. Dabei galt es die ITU-Methode für den Rundfunkeinsatz zu untersuchen und Spezifikationen zu schaffen, die einen genormten Einsatz in den Rundfunkanstalten möglich machen. Dazu wurden für die Messung der Lautheit, im EBU-Mode, drei Modi mit verschiedenen Zeitfenstern festgelegt:

- Momentary-Loudness - Zeitfenster von 400 ms
- Short Term-Loudness - Zeitfenster von 3 s
- Integrated - Start/Pause/Reset und Gating-Methode

Der Momentary- und Short Term-Modus eignet sich um die aktuelle Lautheit des Signals zu beobachten, wohingegen die Integrated-Messung Auskunft über die Lautheit des ganzen Programmes gibt. Der Integrated-Modus beschreibt eine Langzeitmessung und hat die Funktionen Start, Pause und Zurücksetzen. Die Einheiten für Lautheit werden mit einer Dezimalstelle angegeben und sind wie folgt festgelegt:

- absolut: Lk = xx.x LUFS
- relativ: Lk = xx.x LU

Ein relativer Wert von 0 LU entspricht im EBU-Mode dem Target Level von -23 LUFS. Bei den Einheiten gibt es eine Unterscheidung zu [BS.1770]. Dort wird der absolute Wert mit der Einheit LKFS festgelegt. In Anlehnung an internationale Namenskonventionen wurde von der EBU die Einheit LUFS für den absoluten Wert festgelegt.

Für die Messungen der Lautheiten (siehe Tabelle 1) wurde das Freeware Plugin 'HOFA 4U Meter, Fader & MS-Pan' gewählt, welches die zuvor beschriebenen EBU Standards erfüllt und bei HOFA (2013) kostenlos zur Verfügung gestellt wird. Die Abbildung 22 zeigt die grafische Oberfläche des Plugins.

Abbildung 22: HOFA PlugIn
Mit der Anzeige von separaten Pegel- und Lautheitsanzeigen

Tabelle 1: Lautheiten nach EBU R 128 und RMS

Jahr	Komponist	Stück	Modus	LUFS	LU
1795	Beethoven	Ich liebe dich	Original	-22,9	14
			Simulation	-22,9	12
1907	Szymanowski	Hoch in der Frühe	Original	-22,8	17
			Simulation	-22,9	13
1992	Reimann	Nightpiece	Original	-22,9	20
			Simulation	-22,9	13
1925	Arne	LassWithTheDelicateAir	Referenz	-21,4	14

Die Tabelle 1 stellt die absolute Maßeinheit der Lautheiten (LUFS), die relative Maßeinheit der Lautheiten (LU) und die RMS Werte nach der Lautheitsoptimierung in Cubase dar. Der gewählte 'EBU Mode' war dabei 'Integral' und die verwendete 'EBU Scale' war 'LUFS 18'. Die RMS Werte der Originaldateien wurden mit einer Pegeladdition für unkorrelierte (inkohärente) Quellen nach

$$L_A und L_B = 10 \log_{10}(10^{\frac{L_A}{10}} + 10^{\frac{L_B}{10}}) \tag{24}$$

aus dem linken und dem rechten Kanal des Stereomaterials berechnet. Zu sehen ist, dass sich alle verwendeten Stimuli im geforderten Toleranzbereich für die absolute Lautheit von +1/-1 LUFS befinden. Aufgrund des abweichenden Materials, über die zeitlich verschiedenen Epochen, ist eine gewisse Streuung in der Loudness Range zu erkennen. Im Vergleich von Original zu Simulation ist jedoch eine Stetigkeit erkennbar. So sind die simulierten Beispiele zum Teil deutlich in der Dynamik verringert, was wiederum auf die Bearbeitung in Matlab zurückzuführen ist und dem Richtwert aus der Referenz Rechnung trägt.

3.4.2. Spektrum

Um die benötigte Bandbreite der resultierenden Stimuli zu bestimmen wurde sich, wie oben erwähnt, einerseits an den Vorgaben aus der Literatur und andererseits an der Bandbreite des Referenzmaterials orientiert. Ein Vergleich der jeweiligen Spektren liefert Abbildung 23. Im linken Teil der Abbildung ist der Vergleich zwischen dem ersten Stimuli und der Referenz ersichtlich. Dort fällt eine minimale Abweichung in den tiefen Frequenzen, sowie eine Abweichung des Energiegehaltes zwischen 1kHz und 3kHz auf. Die spektrale Verteilung im mittleren Bild der Abbildung 23, von Stimuli 2 und der Referenz kann bis auf eine leichte Erhöhung um 250Hz als nahezu identisch angesehen werden. Im letzten Vergleich, auf der rechten Seite, ist ebenfalls eine geringfügige Abweichung unterhalb von 200Hz erkennbar.

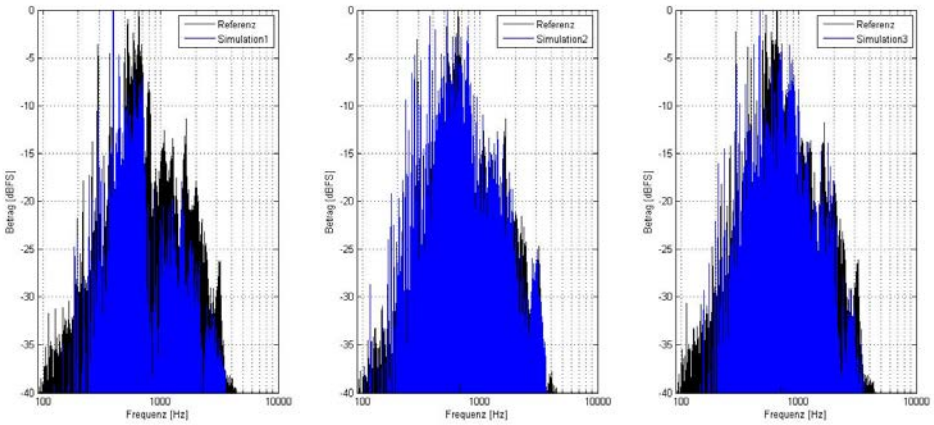

Abbildung 23: Vergleich der Spektren von Stimuli und Referenz

4. Hauptuntersuchung

Dieses Kapitel beschreibt die grundlegende Methodik dieser Arbeit. Zunächst werden im Abschnitt 4.1 die Hypothesen formuliert und nachfolgend das Versuchsdesign erläutert (Abschn. 4.2). Anschließend erfolgt eine Beschreibung zur Konstruktion des Erhebungsinstrumentes (Abschn. 4.3) mit einem Exkurs zur semantischen Differentialtechnik und der Skalenkonstruktion. Bevor der letzte Abschnitt 4.5 die Durchführung der Versuche beschreibt, wird die dafür benötigte Stichprobe vorgestellt (Abschn. 4.4).

4.1. Hypothesen und Fragen

Die Hypothesen dieser Untersuchung leiten sich aus der Theorie nach Boss (1995) ab und lassen sich wie folgt formulieren:

Nullhypothese H_0**:** $\mu_0 = \mu_1$

Die unabhängigen Stichproben des Umfangs n weisen keinen signifikanten Unterschied im Mittelwert auf, folglich sind die Populationen 'Technik Neu' und 'Technik Alt' im Bezug auf die Beurteilung der musikalischen Fähigkeiten identisch.

Alternativhypothese $H_1 : \mu_0 \neq \mu_1$

Eine Mittelwertdifferenz führt zu der Annahme, dass eine Variation des Faktors Technik zu einem signifikanten Unterschied der musikalischen Bewertung führt. Die Hypothese ist gerichtet (H_1: $\mu_0 > \mu_1$), da die Bewertung der musikalischen Fähigkeiten für die Gruppe 'Technik Alt' besser ausfällt als für die Gruppe 'Technik Neu'. Aufgrund des nicht bezifferten Unterschiedes in den Populationen kann die Hypothese als nicht spezifisch betrachtet werden.

Des weiteren lassen sich offen gestellte Fragen an die Daten,

1. zur Möglichkeit der Reduktion der Dimensionalität des Erhebungsinstruments,
2. zum Zusammenhang mehrerer Merkmale und den Einfluss auf die Kriteriums Variable und
3. zur Urteilstendenz von persönlichen Merkmalen, in Bezug auf soziodemografische Daten formulieren.

4.2. Versuchsdesign

Um den Einfluss zwischen dem Zeitpunkt der Komposition und der simulierten Technik auf die Beurteilung der musikalischen Fähigkeiten zu untersuchen, wurde ein 3x2 Design entwickelt (siehe Tabelle 2). Jede der sechs Bedingungsvariationen stellte somit eine unterschiedliche Kombination aus repräsentierter musikalischer Epoche und simulierter Technik dar.

Tabelle 2: Versuchsdesign

	Technik			
	A		B	
18. Jahrhundert	**I**	$S1_{(neu)}$	**II**	$S1_{(alt)}$
19. Jahrhundert	**III**	$S2_{(neu)}$	**IV**	$S2_{(alt)}$
20. Jahrhundert	**V**	$S3_{(neu)}$	**VI**	$S3_{(alt)}$

Die Teilnehmer wurden in zwei unabhängige Stichproben (A & B) mit jeweils konstanter Vorspielreihenfolge der Stimuli zu jeder Bedingungsvariation, aufgeteilt. Aus Gründen der Forschungsökonomie wurde sich an dieser Stelle auf eine zweistufige Variation beschränkt: Der Gruppe A wurden drei Stücke in neuer Technik präsentiert und demzufolge der Gruppe B die Kompositionen in simulierter alter Technik. Innerhalb der Messwiederholungen kam es durch die wiederholende Vorspielreihenfolge der Stimuli zu einem Sequenzeffekt, welcher allerdings konstant war und dessen Größe bedingt durch die Unterschiede der Stücke als vernachlässigbar angenommen werden kann. Der Sequenzeffekt wurde in Kauf genommen, da der Reiz in Bedingungsvariation VI durchgehend am Ende der Vorspielreihenfolge positioniert sein musste, um den Gegenstand der Untersuchung nicht zu verraten. Angesichts der Tatsache, dass das Stück erst Ende des 20. Jahrhunderts komponiert wurde und in einer technischen Ästhetik präsentiert wird, welche dem Beginn des 20. Jahrhunderts entspricht, stellt diese Bedingungsvariation einen Konfliktreiz dar.

4.3. Erhebungsinstrument

Die folgenden Abschnitte dokumentieren die theoriegeleitete Entwicklung des verwendeten Erhebungsinstruments, dem Fragebogen, welcher zusammen mit den Probanden als Messinstrument dieser Untersuchung bezeichnet werden kann.
Zunächst wird allgemein auf die semantische Differentialtechnik eingegangen, welche es nach De la Motte-Haber (1985, S.441) insbesondere vermag, „konnotative Bedeutungen“, „musikalische Ausdruckscharaktere“ und „emotionale Qualitäten von Musik“ zu erfassen. Mit Hilfe dieser Technik soll anhand von geeigneten Adjektivpaaren die Reaktion der Probanden auf einer bipolaren Skala verortet und die individuellen Hörerurteile komplex operationalisiert anhand der Ausprägung vorgegebener Merkmale erfasst werden. Weiterhin wird beschrieben, welche Adjektivpaare als relevant betrachtet wurden und nach welchen Kriterien die Skalenkonstruktion erfolgte.

4.3.1. Semantisches Differential

In der Musikwissenschaft werden die meisten empirisch-experimentellen Untersuchungen mit dem semantischen Differential (SD) durchgeführt, welches von Osgood et al. (1957) entwickelt wurde. Im deutschsprachigen Raum hat es durch Hofstätter (1957) als Polaritätsprofil oder Eindrucksdifferential Verbreitung gefunden (vgl. Bortz und Döring (2006, S.185)).

Bei der Methode nach Osgood handelt es sich um ein Skalierungselement, dass den konnotativen Aspekt, bzw. den afffektiven Gehalt von Konzepten erfassen soll. Unter Konzepten wird dabei das Reizmaterial verstanden, welches i. allg. durch Objekte, abstrakte Begriffe oder auch Situationen gegeben sein kann, sich im Zusammenhang mit dieser Arbeit jedoch primär durch die Musik darstellt. Nach Osgood besteht jedes Konzept aus einem ’Kern’ und wird umgeben von einer ’Aura’.

Diese 'Aura' kann als, durch den Probanden, individuelle Prägung oder Färbung des Konzeptes verstanden werden. Mit Hilfe des SD soll nach Marti et al. (1989, S.10) die 'Aura' eines Konzeptes, also die Eindrucksstruktur oder der Bedeutungsgehalt eines Reizes quantifiziert werden. Die Quantifizierung der jeweiligen Reize erfolgt durch die Lokalisation der verschiedenen Konzepte im semantischen Raum.

„Urteilsgrundlage ist die metaphorische Beziehung bzw. gefühlsmäßige Affinität des Urteilsgegenstandes zu den Urteilsskalen und weniger der sachliche oder denotative Zusammenhang, der häufig nicht gegeben ist.“ (vgl. Bortz und Döring (2006, S.185))

Das SD hat folgende Form: Mehrere Adjektiv- oder Substantivpaare, welche als Gegensätze (z.B. 'hell' - 'dunkel') konzipiert sind, werden als Polaritäten untereinander aufgeführt. Zur Einstufung des Urteilsobjektes werden die beiden Adjektive grafisch so angeordnet, dass sie die Endpole einer mehrstufigen Skala markieren. Der Proband kreuzt auf der spezifischen Dimension dieser bipolaren Ratingskalen den Punkt an, der seiner Meinung nach die bestmögliche Lage des Konzeptes/Reizmaterial beschreibt. Nach Beurteilung eines ganzen SD zu einem Konzept, also mehreren Polaritäten (auch Items genannt), lassen sich die Beurteilungen in einem Polaritätsprofil grafisch veranschaulichen.
Die Ähnlichkeit der Profile verschiedener Urteilsgegenstände lässt sich nun über die Korrelationsrechnung bestimmen. Da die konnotativen Reaktionen der Versuchspersonen nicht beliebig komplex sind, kann eine Faktorenanalyse der Korrelationen, zu zwei bis vier Dimensionen führen. Könnten die Reaktionen nicht auf diese Faktoren reduziert werden, sondern in ihrer kompletten Anzahl von Polaritäten hin untersucht werden, würde dies nach Marti et al. (1989, S.11f) zu folgenden Unannehmlichkeiten führen:

1. Die Dimensionen und Polaritäten weisen einen unterschiedlichen Spezifitätsgrad auf. In der Regel sind die Bezeichnungen einzelner Polaritäten unspezifischer; ergo ist die Bezeichnung einer Dimension zu spezifisch.

2. Die Unabhängigkeit einzelner Polaritäten als Faktoren wären höchstwahrscheinlich nicht gegeben. Dieser Effekt hätte zur Folge, dass die Interpretation als 'Raum' als nicht mehr gerechtfertigt erscheint.

3. Eine übersichtliche grafische Darstellung wäre nicht mehr möglich.

4. Der Rechenaufwand zur Bestimmung der Entfernungen würde drastisch ansteigen.

Osgood stellte fest, dass die Reaktionen zu einem 'semantischen Raum' mit den Dimensionen **Evaluation** (Valenz oder Bewertung), **Potency** (Macht) und **Activity** (Aktivität oder Erregung) reduziert werden können. Dieser semantische Raum wird vereinfacht auch als **'EPA-Struktur'** bezeichnet. Durch die Unabhängigkeit der Dimensionen können sie orthogonal aufeinander gestellt werden und spannen so einen dreidimensionalen Raum auf, in dem alle Konzepte lokalisierbar sind.

Um auf den Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit einzugehen wurde statt dem vorgeschlagenen universellen semantischen Differentials ein kontextspezifisches Polaritätsprofil eingesetzt. Dadurch wurden die denotativen, direkten Beziehungen der Urteilsobjekte, der Musik, zu den Urteilsskalen erfasst. Damit geht einher, dass sich zwangsläufig andere 'semantische Räume' als bei einem universellen semantischen Differential ergeben.

4.3.2. Skalenkonstruktion

Um geeignete Adjektivpaare zum Zwecke der Skalenkonstruktion zu finden, wurden zunächst themenrelevante Untersuchungen inhaltsanalytisch ausgewertet. Die Technik der hier verwendeten Inhaltsanalyse geht auf Mayring (2010) zurück. Das systematische Vorgehen erfordert nach Mayring einen Ablauf nach expliziten Regeln.

„Diese Regelhaftigkeit ermöglicht es, dass auch andere die Analyse verstehen, Nachvollziehen und überprüfen können. Erst dadurch kann Inhaltsanalyse sozialwissenschaftlichen Methodenstandards (intersubjektive Nachprüfbarkeit) genügen.“ (Mayring (2010, S.12f))

Das Ziel ist die Entwicklung einer systematischen Interpretation nach einem vorab festgelegten Ablaufmodell. Mit entsprechender Dokumentation kann sicher gestellt werden, dass weitere Auswerter die Analyse zu einem späteren Zeitpunkt nicht nur nachvollziehen, sondern auch ähnlich durchführen kann.

Einen zentralen Punkt der Inhaltsanalyse stellt nach Mayring (2010, S.49) das Kategoriensystem dar. So wurde in Anbetracht der replizierenden Studie zunächst überprüft welche Kategorien vorlagen. Diese gliederten sich in die Interpretationsbewertung 'technischer Natur', das ästhetische Urteil sowie die Frage nach der Präferenz. Nach dem Ansatz der Frequenzanalyse wurden dann in themenrelevanten Untersuchungen, die Konstrukte zur Bewertung musikalischen Inhalts ausgewertet. Hierbei stand die Häufigkeit der Verwendung einzelner Variablen der spezifischen Aussagekraft, bezogen auf die vorliegende Fragestellung, gegenüber.
In Anlehnung an die zu replizierende Studie und Erweiterung des Erhebungsinstrumentes, wurden die hier verwendeten Kategorien, Gefallen der Komposition, Interpretation, Klangbild, ausgedrückte Emotionen und Gesamteindruck, bestimmt.
Klangbeschreibende Merkmale wurden überwiegend aus der Untersuchung zur Musikproduktion und -rezeption, *Klanggestaltung und Popmusik* von Maempel (2001) sowie der Untersuchung *Der Einfluss des Pre-Masterings auf die ästhetische Beurteilung von Musik*, von Obara (2010) zusammengetragen. Für die EPA Indikatoren und die emotionalen Merkmale wurde neben den bereits genannten u.a. die Untersuchung *Der Einfluß des Vertrautheitsgrades auf die Beurteilung von Musik*, von Jost (1969) und die zu replizierende Studie von Boss (1995) betrachtet. Letztere Untersuchung lieferte ebenfalls Merkmale für die musikalisch-strukturelle Kategorie. Die interpretatorischen Items beruhen allerdings zum größten Teil auf dem Ergebnis der Panel-Diskussion, *Zur Erklärbarkeit der Qualitäten musikalischer Interpretationen durch akustische Signalmaße* in Maempel und Weinzierl (2011, S.217). Dabei wurden Experten, bestehend aus Dirigenten, Tonmeistern, professionellen Musikern und Musikwissenschaftlern mit der Beurteilung von musikalischen Interpretationen aus dem klassisch-romantischen Repertoires beauftragt.

Eine komplette Übersicht über die kategorisierten Items, konstruiert unter Beachtung der nachfolgenden Hinweise, liefert die Tabelle 3.

Tabelle 3: Semantisches Differential

	Klassifikation	Attribute	Ausprägung		
1	Komposition	Gefallen	gefällt mir	-	gefällt mir nicht
2	Interpretation	Tempo	schnell	-	langsam
3		Dynamik	gering	-	hoch
4		Binnendynamik	hoch	-	gering
5		Artikulation	gebunden	-	abgesetzt
6		Artikulatorische Bandbreite	groß	-	klein
7		Phrasierung	weiträumig	-	kleinteilig
8		Phrasierung	schwach	-	stark
9		Agogik	viel	-	wenig
10		Rhythmisierung	unprägnant	-	prägnant
11		Klangfarbe	weich	-	hart
12		Klangfarbe	dunkel	-	hell
13		Klangfarbe	schlank	-	voll
14		Klangfarbliche Bandbreite	klein	-	groß
15		Intonation	sauber	-	unsauber
16		Textdeklamation	deutlich	-	undeutlich
17		Musikalischer Ausdruck	schwach	-	stark
18		Spieltechnik	gut	-	schlecht
19	Klangbild	Klangqualität	schlecht	-	gut
20		Lautstärke	leise	-	laut
21		Technische Dynamik	groß	-	klein
22		Höhenanteil	viel	-	wenig
23		Tiefenanteil	wenig	-	viel
24		Stereobreite	schmal	-	breit
25		Halligkeit	klar	-	verschwommen
26		Entfernung	nah	-	fern
27		Lautstärkebalance (Klavier/Gesang)	ausgewogen	-	unausgewogen
28		Klarheit	klar	-	verschwommen
29		Knacken	laut	-	leise
30		Knistern	leise	-	laut
31		Rumpeln	laut	-	leise
32		Gleichlaufschwankungen	viel	-	wenig
33		Verzerrung	schwach	-	stark
34	Emotion	Stimmung	heiter	-	melancholisch
35		Anspannug	gelöst	-	angespannt
36		Berührtsein	berührt mich	-	berührt mich nicht
37	Gesamteindruck	Gefallen (E)	gefällt mir	-	gefällt mir nicht
38		Kraft (P)	stark	-	schwach
39		Lebendigkeit (A)	statisch	-	lebhaft
40		Erregung (A)	aufregend	-	beruhigend

Hinweise zur Konstruktion

Nach Kane (1971, S.137ff) ist die Reihenfolge für die Beurteilung der Objekte, sowie Polung der Skalen unerheblich. Eine Variation der Skalenpole kann sogar zu steigender Konzentration auf Seiten der Probanden führen. In von Moreau (1996, S.44) wird auf die Probleme bei der Konstruktion von Gegensatzpaaren hingewiesen: „Diese müssen erstens von wirklich allen Personen als Gegensatzpaare verstanden werden, und sie dürfen zweitens nicht zu extreme oder negative Bedeutungen enthalten, da die Versuchspersonen sonst zu sehr der Gefahr der Tendenz zur Mitte ausgesetzt sind.“
Des weiteren wird bei Bortz (2006) erwähnt, dass dieselbe Ratingskala zuweilen verschieden aufgefasst werden bzw. die Bedeutung einer Ratingskala von der Art der zu beurteilenden Objekte abhängt (Rater-Concept-Scale-Interaction). Außerdem wird beschrieben, wie das SD bei Versuchsteilnehmern durch ungewohnte Urteile gelegentlich auf Akzeptanzprobleme stoßen kann. In diesem Fall wird empfohlen den Probanden während der Instruktion 'vorzuwarnen' und darauf hinzuweisen, dass nichts falsch beantwortet werden kann und es lediglich um deren Meinung bzw. den persönlichen Eindruck geht (vgl. Bortz und Döring (2006, S.187)).

Der Fragebogen setzt sich schlussendlich aus 40 Gegensatzpaaren (Tabelle 3) zusammen und bildet mit den Angaben zur Demografie (siehe Anhang A) des jeweiligen Probanden das Erhebungsinstrument.

4.4. Stichprobe

Um sicherzustellen, dass der allgemeine Untersuchungsgegenstand bzw. die spezielle Fragestellung nach der Bewertung von Musik auf künstlerisch/ ästhetischen und audiotechnischen Kriterien basierend, auf Seiten der Probanden verstanden wird, wurde sich vorab für eine Expertenbefragung entschieden. Aus diesem Grund beschränkte sich die Auswahl möglicher Versuchsteilnehmer auf Menschen, die großflächig betrachtet im Bereich der Musik und deren Produktion tätig waren. Dazu zählten u.a. Musikwissenschaftler, Tonmeister, Instrumentalisten, Toningenieure, Techniker aus dem Bereich Instrumentenbau und Studenten des Fachgebiets Audiokommunikation sowie der Universität der Künste (angehende Tonmeister und 'Sound Studies').
Da zunächst von einer mittleren Effektgröße ausgegangen wurde, konnte der zu erzielende Stichprobenumfang nach Bortz und Döring (S.628 2006, Tabelle 9.7) für die spätere Varianzanalyse (df=1, α = 0,05 und 1-β = 0,8) auf Signifikanz mit 64 Probanden beziffert werden. Für die vorliegende Untersuchung mit zwei unabhängigen Stichproben bedeutete dies einen optimalen Gesamtumfang von 128 Probanden.

4.5. Versuchsdurchführung

Zur Durchführung der Versuche wurden zahlreiche Probanden über verschiedene Kommunikationskanäle rekrutiert. Der größte Teil wurde dabei über diverse Mailverteiler entsprechender universitärer Einrichtungen erreicht. Darüber hinaus konnten einige Teilnehmer über Aushänge in Musik- und weiteren Hochschulen, sowie über die Nutzung sozialer Netzwerke zur Teilnahme begeistert werden. Durch die persönliche Nachfrage im engeren wie weiteren Bekanntenkreis konnten zudem eine weitere Anzahl an Probanden rekrutiert werden.
Alle Versuchsteilnehmer wurden daraufhin zufällig den Gruppen des Versuchsdesigns (Tabelle 2) zugeordnet. Alle weiteren Abläufe des Versuchs, sowie des technischen Aufbaus der Gerätschaften ist den folgenden Abschnitten zu entnehmen.

4.5.1. Technischer Versuchsaufbau

Die Messungen fanden im kleinen elektronischen Studio (Raum E-N 325) der TU Berlin, am Fachgebiet für Audiokommunikation und -technologie statt. Das Studio hat eine Größe von 46 m^2, weist eine diffuse, trockene Akustik auf und erfüllt die Anforderungen an Abhörräume für Hörversuche nach ITU-R BS.1116-1. Der technische Versuchsaufbau bestand dabei aus

- einem MacPro Computer,
- zwei TFT Bildschirmen,
- einem motorisiertem DAW Controller (iCon QCon) und
- zwei Aktivmonitoren (Meyer UPL-1).

Vorab wurden die Stimuli auf der Festplatte des Studiorechners, welcher sich aus akustischen Gründen im benachbarten 'Serverraum' befindet, gespeichert. Über das vom Fachgebiet selbst entwickelte Matrix System zum Verbinden, optischen Kontrollieren und Aussteuern der Signale wurde das Audiomaterial an die Lautsprecher übertragen. Diese befanden sich dabei in folgender Anordnung.

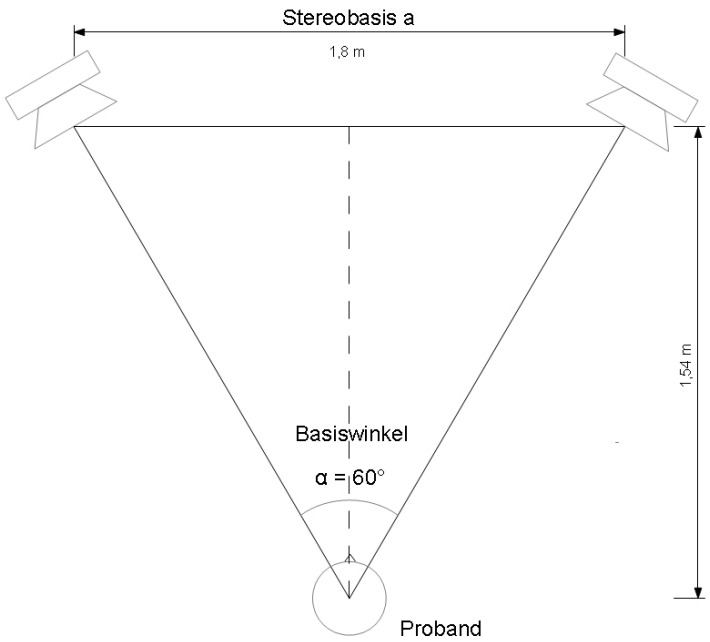

Abbildung 24: Stereofone Lautsprecherwiedergabe

Die Abbildung 24 zeigt die stereofone Lautsprecherwiedergabe, d.h. die Aufstellung der Lautsprecher in Abhängigkeit zur Abhörposition. Mit Hilfe des DAW Controllers wurde die Lautstärke an der Abhörposition justiert. Dies geschah über den energieäquivalenten Mittelwert des Pegels L_{eq}, gemittelt über die Zeitspanne von T = 10s. Dieser A-gewichtete Breitbandschallpegel wurde zur Überprüfung und Vergleichbarkeit mit dem Schallpegelmesser 'NTi Audio XL 2' zu 77,2 dBA, für die Passage beginnend bei 1:20 bis 1:30 im unbearbeiteten Stimulus 'Ich liebe Dich' von Beethoven, bestimmt. Alle Testreihen fanden in der Zeit von August 2012 bis Februar 2013 statt.

4.5.2. Instruktionen

Im Vorfeld wurde sich bewusst, im Gegensatz zur replizierenden Studie, gegen eine Auslage der jeweiligen Partitur entschieden, da diese vom eigentlichen Fokus der Untersuchung, dem Hören und Bewerten der Musik ablenken könne. Weiterhin wurde mit Bedacht nur auf die nötigsten Vorabinformationen bezüglich des musikalischen Inhalts hingewiesen. Da insbesondere Werturteile von vorherigen Erfahrungen bestimmt sind und durch künstliche Variation der Kenntnisse, die Urteile über Musik verzerrt werden können. „Weiß man, daß es sich um ein bedeutendes Werk handelt, so schätzen es beinahe alle Versuchspersonen als 'kunstvoll' ein.“(De La Motte-Haber (1973, S.170))

Die Probanden wurden zum grundlegenden Ablauf der Messung schriftlich (siehe Anhang A) instruiert. Zusätzlich wurde darauf hingewiesen, dass sobald etwas unklar oder nicht verständlich sei, jederzeit nachgefragt werden könne. Um der eventuellen Verunsicherung seitens der Probanden entgegenzuwirken wurde betont, dass es sich bei der Beurteilung der Stücke um die subjektive Einschätzung handle und demnach nichts falsch gemacht werden könne. Nachdem der Proband zusammen mit dem Versuchsleiter den Fragebogen inspiziert hatte, wurde auf die Gegenseitigkeit der Skalenpole hingewiesen, mit der Aufforderung diese auch auszuschöpfen, um den weiter oben beschriebenen Floor/ Ceiling-Effekt und die Tendenz zur Mitte beim Antworten möglichst zu vermeiden.

Zum Ablauf wurde die maximal zweifache Wiedergabe eines jeden Musikbeispiels, sowie die Anzahl von insgesamt drei Stimuli erwähnt. Zwischen der Wiedergabe eines Stimulus Pärchens konnten Pausen mit selbst gewählter Länge eingelegt werden um die individuell optimale Beantwortung des Fragebogens zu gewährleisten. Im Anschluss wurden die demographischen Daten des jeweiligen Probanden in dem dafür vorgesehenen Dokument (siehe Anhang A) notiert. Die Versuchsdauer betrug im Mittel ungefähr 30 Minuten.

5. Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse im Kontext des jeweils gewählten statistischen Verfahrens präsentiert und im letzten Abschnitt 5.4 interpretiert. Die Auswertungsmethoden gliedern sich dabei zunächst in die Methoden der deskriptiven Statistik (vgl. Abschnitt 5.1). Darüber hinaus werden in diesem Abschnitt explorative Methoden angewandt, die zum Finden von Ausreißern, fehlenden Werten und subjektiv falschen Angaben dienen. Der Abschnitt 5.2 prüft die aufgestellten Hypothesen mit inferenzstatistischen Verfahren und prüft dessen Voraussetzungen. Im vorletzten Abschnitt 5.3 wird das Erhebungsinstrument auf eine mögliche Dimensionsreduktion der Skalen, mit Hilfe einer Hauptkomponentenanalyse, geprüft. Zur Auswertung der Daten wurde die Statistiksoftware SPSS 19 verwendet.

5.1. Deskriptive Statistiken

Um ein Gefühl für die Daten zu erhalten, werden diese zunächst deskriptiv untersucht. Insgesamt wurden von 76 Versuchsteilnehmern 9722 Einzelbewertungen erhoben und 82 fehlende Werte wurden zwecks statistischer Auswertung durch den jeweiligen Gruppenmittelwert ersetzt. Die erhobenen Daten wiesen keinerlei Muster auf, die subjektiv unwahre Angaben vermuten ließen. Durch die Begrenzung der Skala von -2 bis 2 waren keine statistischen Ausreißer möglich (ausgenommen die geschätzten Jahreszahlen zur Einspielung und der Uraufführung).

Das Durchschnittsalter der Probanden, die sich in 27 Frauen und 49 Männer aufteilten, lag bei 32 Jahren. Die Häufigkeitsverteilung des Alters ist in Abbildung 25 dargestellt. 63 (82,9%) Probanden gaben an ein Instrument zu spielen und 41 (53,9%) Probanden hatten bereits Erfahrung in der Musikproduktion. Abbildung 26 stellt die Häufigkeitsverteilung der Instrumentenerfahrung in Jahren dar.

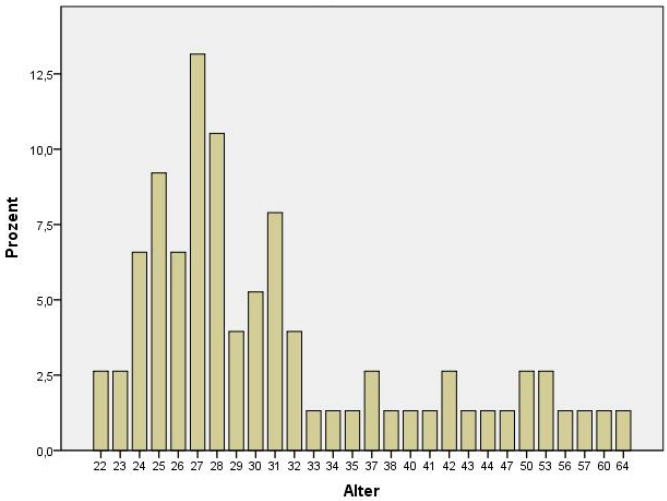

Abbildung 25: Häufigkeitsverteilung des Alters

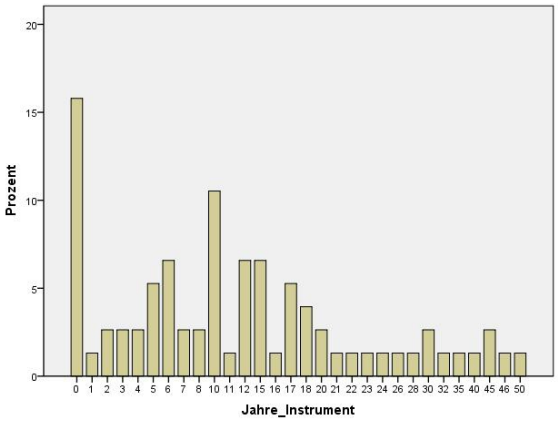

Abbildung 26: Häufigkeitsverteilung der Instrumentenerfahrung in Jahren

Zur Befragung der derzeitig ausgeübten Tätigkeit gaben 40 Personen (52,6%) an zu studieren. Die Angaben zu den Studiengängen setzen sich zusammen aus 30 Studenten der Audiokommunikation (39,5%), 15 Studenten der Musikwissenschaft (19,7%), sechs Studenten der Medienwissenschaft (7,9%), drei Tonmeister (3,9%), drei Studenten der Hörtechnik & Audiologie (3,9%) sowie 15 Angaben zu sonstigen Studiengängen (19,7%).
Die weiteren 36 Personen wurden nach ihrem Beruf unterteilt: 25 relevante Berufe (32,9%), 10 nicht relevante Berufe (13,2%) sowie eine fehlende Angabe. Zu den relevanten Berufen wurden Tätigkeiten als Tonmeister, wissenschaftliche Mitarbeiter und Dozenten des Fachbereichs AKT, Instrumentenbauer und Restaurateure, Musikwissenschaftler, Tontechniker und professionelle Musiker gezählt. Zu den 10 Personen die keinen, für diese Untersuchung, relavanten Beruf ausübten, ergab sich die Berechtigung zur Teilnahme am Versuch, einerseits durch langjährige instrumentale Erfahrung oder andererseits durch Kenntnisse in der Musikproduktion.

Alle weiteren Angaben zur deskriptiven Statistik können im Detail dem Anhang B entnommen werden.

Jahreszahlen

Um zu überprüfen wie plausibel den Versuchsteilnehmern der Gruppe 'Technik Alt' die Stimuli erschienen, wurde am Ende eines jeden Fragebogens nach der Einschätzung zum Jahr der Einspielung im Studio gefragt. Tabelle 4 zeigt, dass die Produktionen für die Gruppe 'Technik Alt', im Gegensatz zur Gruppe 'Neu', im Mittel über alle Stücke, als 46 Jahre älter eingeschätzt wurden.

Tabelle 4: Statistik zum Jahr der Einspielung

	Technik Neu			Technik Alt		
	Stück 1	Stück 2	Stück 3	Stück 1	Stück 2	Stück 3
Mittelwert	1987	1986	1991	1939	1939	1947
Spannweite	112	72	52	80	80	95
Minimum	1900	1940	1960	1900	1900	1900
Maximum	2012	2012	2012	1980	1980	1995

Abbildung 27 stellt die Jahreszahlen zur Einspielung der beiden Gruppen in einem Boxplot gegenüber. Grundsätzlich werden in einem Boxplot mit der oberen Grenze des Kastens das 75% Perzentil und mit der unteren Grenze das 25% Perzentil dargestellt. Demzufolge befinden sich 50% der Werte in der Box. Die schwarze Linie innerhalb der Box gibt den Median (oder auch 0,5 Quantil) wieder. Die Querstriche geben die größten und kleinsten Gruppenwerte an. Mit einem 'o' werden die Ausreißer dargestellt und liegen zwischen 1,5 und 3 Boxenlängen über den Perzentilen. Extreme Werte, welche durch ein '*' gekennzeichnet sind, liegen mehr als 3 Boxlängen entfernt.

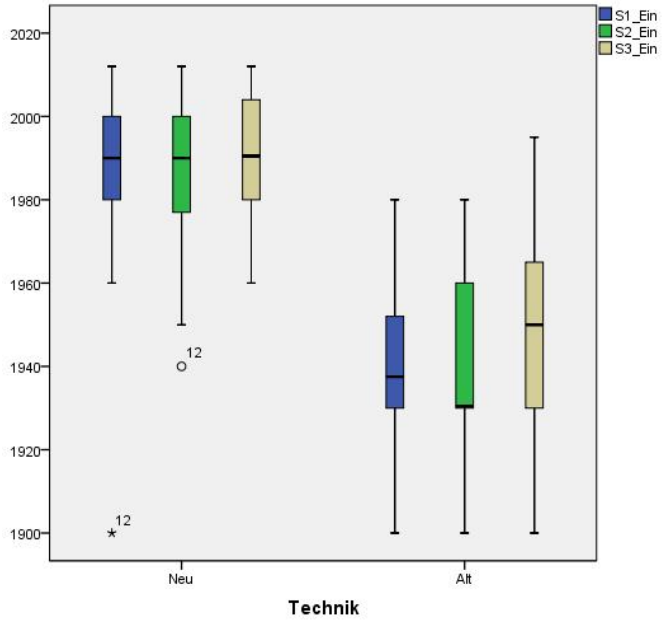

Abbildung 27: Boxplot der Jahreszahlen zur Einspielung

Wie auf dem Boxplot zu erkennen ist, wird die Einspielung der Stücke, bedingt durch die Zugehörigkeit der jeweiligen Gruppe, als deutlich unterschiedlich eingeschätzt. Der Produktionszeitraum für die Gruppe 'Technik Neu' kann aus der Darstellung im Mittel auf das Ende der 80er Jahre des 20. Jahrhunderts bestimmt werden. Wie in Abschnitt 3.1 nachzulesen ist, liegen die tatsächlichen Produktionszeiträume (1995-1998) nur wenige Jahre darüber. Bis auf Proband Nr. 12 können keine wesentlichen Ausreißer und Extremwerte gefunden werden.
In der Gruppe 'Technik Alt' ist eine deutlich höhere Streuung der Angaben zu beobachten. Der Tabelle 4 ist ein Mittelwert des Produktionszeitraums zwischen 1939 (Stück 1 und 2) und 1947 (Stück 3) zu entnehmen. Die Mediane der Boxen für Stück 1 und 3 geben diesen Sachverhalt annähernd wieder, der Median in der Box 2 liegt dagegen etwas darunter (1931) und weicht somit deutlicher vom Mittelwert ab. Insgesamt werden die drei Stücke als signifikant älter in der Produktion eingeschätzt. Jedoch ist die Tendenz zu erkennen, dass sich die Verteilung der Angaben für die Stücke, besonders für das Stück 3, vermehrt auch in die jüngere Zeit streuen.

Zusätzlich wurde nach dem Jahr der Uraufführung gefragt, welches in der Regel nahe am Kompositionsjahr liegt und somit das Alter des Stückes darstellt. Mit dieser Erhebung können indirekt Rückschlüsse auf die musikhistorische Expertise der Probanden gezogen werden.

Tabelle 5: Statistik zum Jahr der Uraufführung

	Technik Neu			Technik Alt		
	Stück 1	Stück 2	Stück 3	Stück 1	Stück 2	Stück 3
Mittelwert	1862	1912	1925	1849	1908	1927
Spannweite	245	248	410	430	170	190
Minimum	1750	1752	1600	1520	1800	1800
Maximum	1995	2000	2010	1950	1970	1990

Tabelle 5 gibt die statistischen Daten zur Befragung nach den Jahreszahlen der geschätzten Uraufführungen wieder. An dieser Stelle ist kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen zu erkennen. Tendenziell wurde das sinkende Alter der drei Stücke in beiden Gruppen richtig vermutet. Ebenfalls in Abschnitt 3.1 können die tatsächlichen Jahreszahlen für die Kompositionen nachgelesen werden. Verglichen mit den Mittelwerten lässt sich für das Stück 1 eine Differenz von 65 Jahren (Gruppe Neu) und 52 Jahren (Gruppe Alt), für das Stück 2 von 5 Jahren (Gruppe Neu) und 1 Jahr (Gruppe Alt) sowie für das Stück 3 die Differenzen von 67 Jahren (Gruppe Neu) und 65 Jahren (Gruppe Alt) notieren.

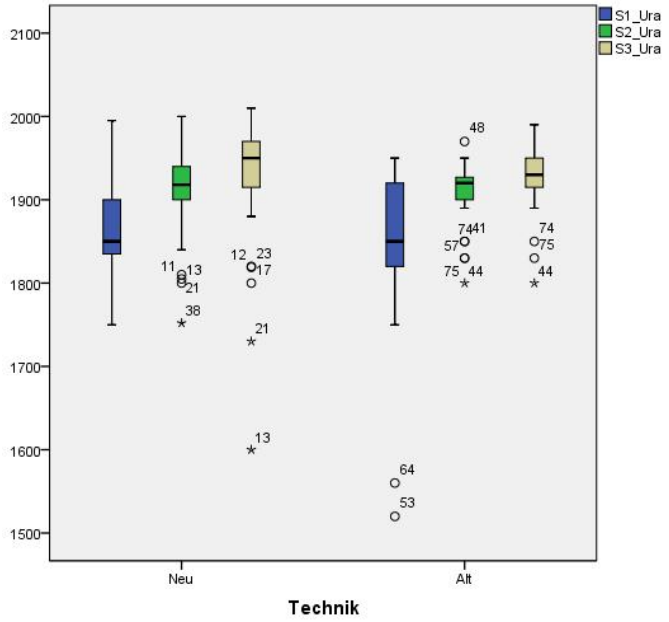

Abbildung 28: Boxplot der Jahreszahlen zur Uraufführung

Der Boxplot in Abbildung 28 stellt die zuvor beschriebene Ähnlichkeit der Daten zwischen den beiden Gruppen, in Bezug auf die Jahreszahlen der Uraufführung, grafisch dar. Durch die Skalierung der Ordinatenachse fällt die deutlich höhere Spannweite der Daten auf. In beiden Gruppen können einige Ausreißer und Extremwerte verzeichnet werden.

Die Interpretation zu den aufgezeigten Daten können dem Abschnitt 5.4 am Ende dieses Kapitels entnommen werden.

Polaritätsprofile

Um sich dem eigentlichen Untersuchungsgegenstand anzunähern, der Frage ob eine Verringerung der Audioqualität in Form von Tonträgerartefakten einen Einfluss auf die Beurteilung der musikalischen Fähigkeiten hat, werden zunächst die Mittelwerte aller Stücke in Abhängigkeit der verwendeten Technik betrachtet. Dazu stellt Abbildung 29 das Polaritätsprofil aller abgefragten Variablen dar. Es ist zu erkennen, dass sich in der Sektion der Interpretationsbewertung zunächst nur wenig deutliche Unterschiede (z.B. Textdeklamation) finden lassen. Werden dagegen die Variablen zum Klangbild betrachtet, fallen dort deutlich unterschiedliche Bewertungen der Variablen für die verschiedenen Gruppen auf. Die Abschnitte der dargestellten Emotionen und des Gesamteindrucks weisen dagegen sehr ähnliche Tendenzen auf.

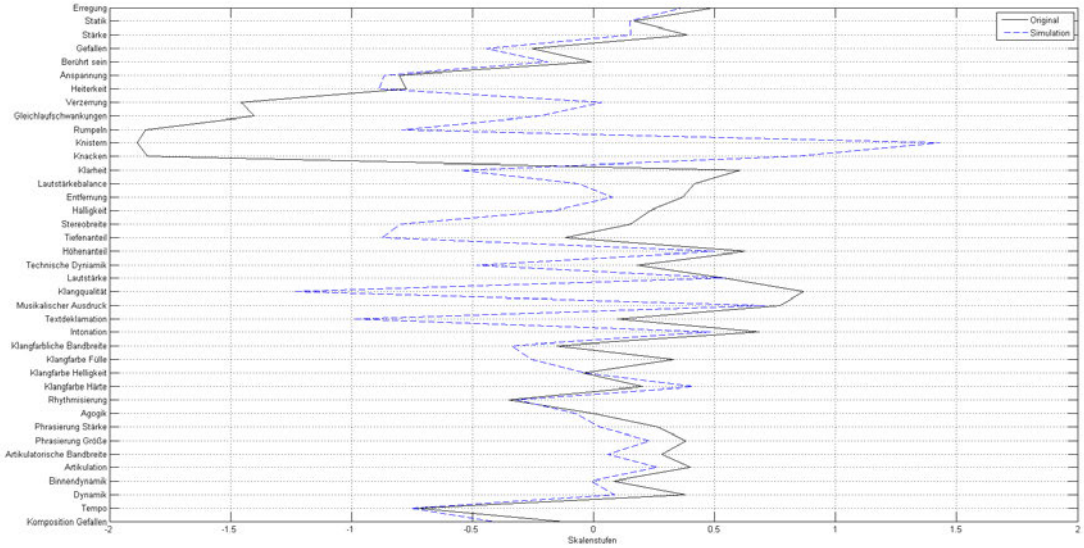

Abbildung 29: Polaritätsprofil über alle Stücke in Abhängigkeit der Technik

Nach diesem ersten Eindruck der Unterschiede zwischen den Gruppen der Technik, soll nun der Einfluss des Faktors 'Zeit' in die Betrachtung mit einbezogen werden. Dazu stellen die folgenden drei Abbildungen die Mittelwerte der Bewertungen für das Stück 1 (Abbildung 30), das Stück 2 (Abbildung 31), sowie das Stück 3 (Abbildung 32) jeweils in Abhängigkeit der Technik gegenüber.

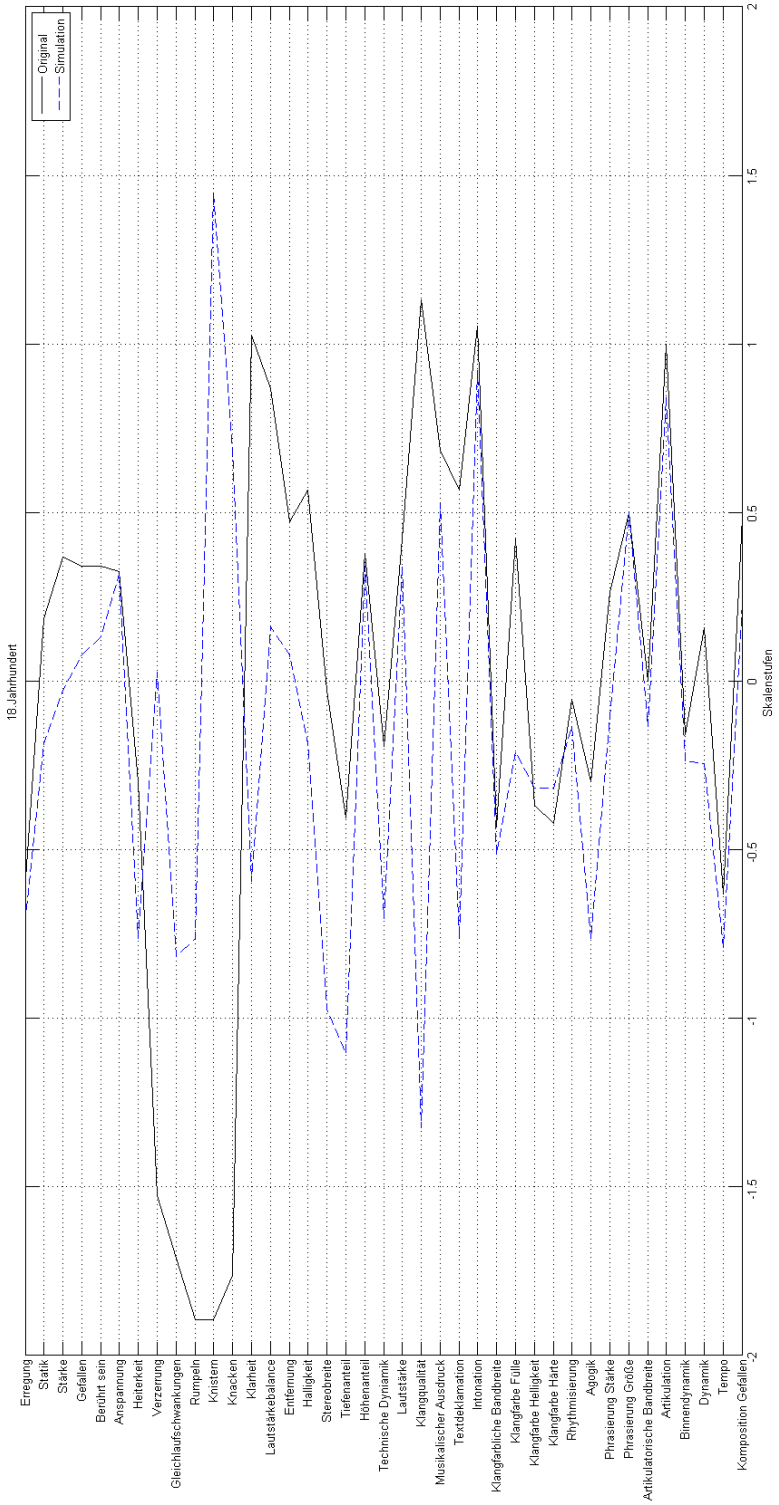

Abbildung 30: Polaritätsprofil von Stück 1 (18.Jahrhundert)

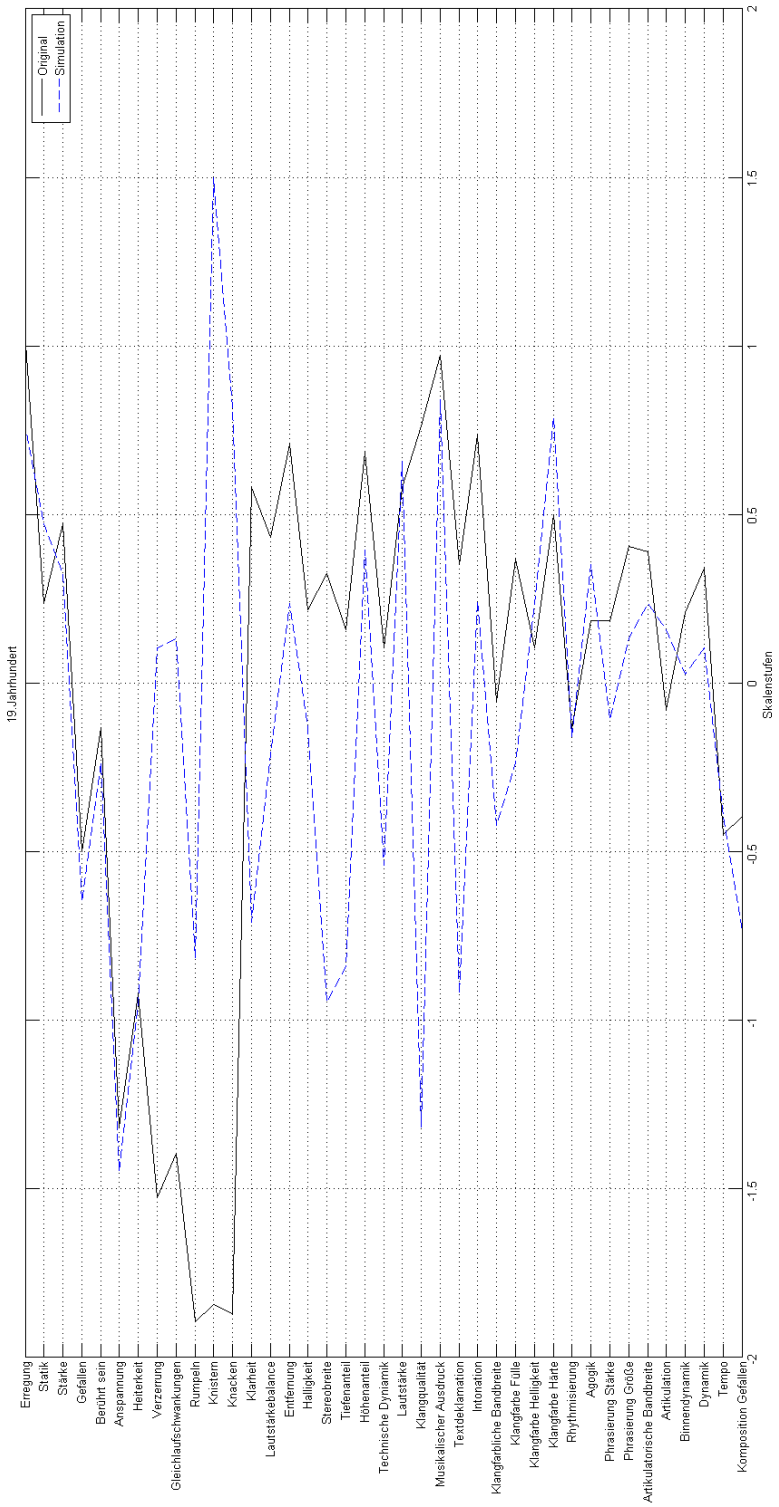

Abbildung 31: Polaritätsprofil von Stück 2 (20.Jahrhundert)

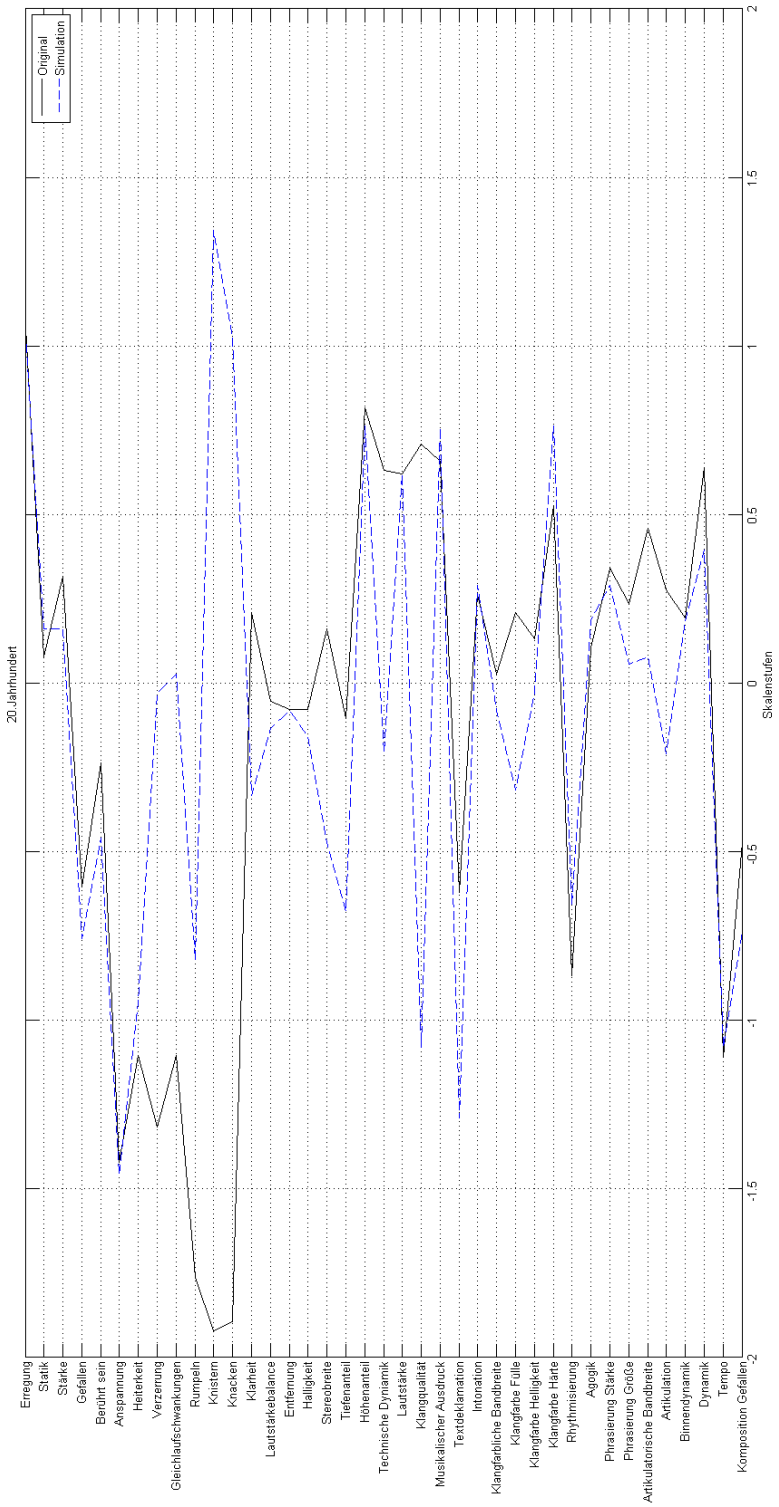

Abbildung 32: Polaritätsprofil von Stück 3 (21.Jahrhundert)

Aus den einzelnen Polaritätsprofilen geht hervor, was sich bereits in der Abbildung 29 angedeutet hat. Bis auf wenige Variablen (z.B. Fülle der Klangfarbe und Textdeklamation) können augenscheinlich keine prägnanten Unterschiede in den Interpretationsbewertungen notiert werden. In der Kategorie des Klangbildes gibt es dagegen über alle Epochen deutliche Unterschiede der Bewertungen in Abhängigkeit der Technik. Ausgenommen davon sind die Variablen Lautstärke und Höhenanteil sowie die Halligkeit in Stück 2 und Halligkeit, Entfernung und Laustärkebalance in Stück 3. Wie ebenfalls aus dem Vergleich der Mittelwerte über alle Stücke zu erwarten war, können in den Feldern der dargestellten Emotionen und im Gesamteindruck unter Einbeziehen des Faktors 'Zeit' keine deutlichen Unterschiede gefunden werden.

Alle Daten der Mittelwertvergleiche sind in tabellarischer Form dem Anhang B zu entnehmen.

5.2. Inferenzstatistik

Wie in der vorangegangenen Auswertung bereits ersichtlich wurde, weisen die Daten nur für einige Variablen der Interpretationsbewertung unterschiedliche Mittelwerte in den Teilgruppen auf. Um nun die in Abschnitt 4.1 aufgestellten Hypothesen zu überprüfen, werden in diesem Abschnitt die Unterschiede auf Signifikanz getestet und die Frage beantwortet, in wie weit die Ergebnisse auf die Grundgesamtheit verallgemeinert werden können.

Wie bereits erwähnt, lässt sich die Nullhypothese wie folgt formulieren: Es gibt keinen signifikanten Unterschied der Mittelwerte zwischen den Gruppen Technik 'Neu' und Technik 'Alt', in Bezug auf die Bewertung musikalischer Fähigkeiten auf der Interpretationsebene (H_0: $\mu_0 = \mu_1$). Dagegen gestellt ist die gerichtete aber unspezifische Alternativhypothese: Die Bewertung der musikalischen Fähigkeiten fällt für die Gruppe Technik 'Alt' signifikant besser aus, als für die Gruppe Technik 'Neu' ($H_1 : \mu_0 < \mu_1$).

Das gewählte Signifikanzniveau α liegt bei 5% und bezeichnet die festgelegte Wahrscheinlichkeit, mit welcher die Ablehnung der Nullhypothese zu einem Fehler 1.Art, der fälschlichen Entscheidung zugunsten von H_1, führt. Bei der Irrtumswahrscheinlichkeit β handelt es sich dagegen um die Wahrscheinlichkeit mit der die Alternativhypothese H_1 irrtümlich verworfen wird. Diese Wahrscheinlichkeit kann im Vorfeld nur bei spezifischer H_1 bestimmt werden, was in dieser Untersuchung nicht zutrifft. Subtrahiert man β von 1 ergibt sich die sogenannte Teststärke (Power), mit der wiederum die Wahrscheinlichkeit bezeichnet wird, mit der bei einem Test die Nullhypothese berechtigterweise zurückgewiesen wird.

Da die Alternativhypothese gerichtet ist ($\mu_0 < \mu_1$), wird der einseitige T-Test für unabhängige Stichproben verwendet. Für die Durchführung eines T-Tests müssen die folgenden Voraussetzungen erfüllt sein:

1. Beide Stichproben müssen voneinander unabhängige Zufallsstichproben sein.
2. Homogene Fehlervarianzen der Faktorstufen, d.h. die Varianzen der abhängigen Variable, müssen in allen Teilen gleich sein.
3. Die Residuen (Fehlerkomponenten) der abhängigen Variable, innerhalb jeder Faktorstufe, müssen normalverteilt sein.

Die erste Voraussetzung ist durch die zufällige Zuweisung der Versuchspersonen ('random sampling') zu den Faktorstufen sichergestellt. Die zweite Testvoraussetzung kann mit dem 'Levene-Test' auf Gleichheit der Varianzen überprüft werden. Dieser Test vergleicht die Streuung zweier Gruppen paarweise mit den Hypothesen:

- H_0 : Die Varianzen beider Gruppen sind in der Grundgesamtheit gleich ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$).
- H_1 : Die Varianzen beider Gruppen sind in der Grundgesamtheit unterschiedlich ($\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$).

Mit dem T-Test für unabhängige Stichproben kann in SPSS gleichzeitig ein Levene-Test auf Gleichheit der Varianzen durchgeführt werden. Dieser Test wurde für alle Stücke in Abhängigkeit des Faktors 'Technik' durchgeführt. Tabelle 6 stellt die signifikant unterschiedlichen Variablen der Interpretationsbewertung dar. In der Ausgabe ist darauf zu achten, dass der p-Wert durch zwei dividiert werden muss, da die Alternativhypothese gerichtet ist und nach Bortz und Döring (2006, S.497) mit einem einseitigen Signifikanztest geprüft wird. Alle weiteren Ergebnisse des T-Tests sind dem Anhang C zu entnehmen.

Tabelle 6: Signifikante Variablen in der Interpretationsbewertung

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
									95% Konfidenzintervall der Differenz	
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	Untere	Obere
S1_IN_Dyn	Varianzen sind gleich	,312	,578	1,912	74	,060	,40105	,20976	-,01690	,81901
	Varianzen sind nicht gleich			1,912	73,728	,060	,40105	,20976	-,01693	,81904
S1_IN_Phra2	Varianzen sind gleich	,126	,723	1,799	74	,076	,368	,205	-,040	,776
	Varianzen sind nicht gleich			1,799	73,624	,076	,368	,205	-,040	,776
S1_IN_Ago	Varianzen sind gleich	,606	,439	1,970	74	,053	,4658	,2364	-,0053	,9369
	Varianzen sind nicht gleich			1,970	72,543	,053	,4658	,2364	-,0055	,9371
S1_IN_Kla3	Varianzen sind gleich	3,511	,065	2,799	74	,007	,632	,226	,182	1,081
	Varianzen sind nicht gleich			2,799	70,026	,007	,632	,226	,182	1,082
S1_IN_Text	Varianzen sind gleich	9,868	,002	4,759	74	,000	1,33079	,27964	,77359	1,88799
	Varianzen sind nicht gleich			4,759	68,150	,000	1,33079	,27964	,77279	1,88879
S2_IN_Kla3	Varianzen sind gleich	,410	,524	2,423	74	,018	,605	,250	,108	1,103
	Varianzen sind nicht gleich			2,423	73,046	,018	,605	,250	,107	1,103
S2_IN_Int	Varianzen sind gleich	,006	,938	2,042	74	,045	,49368	,24176	,01196	,97541
	Varianzen sind nicht gleich			2,042	73,997	,045	,49368	,24176	,01196	,97541
S2_IN_Text	Varianzen sind gleich	5,657	,020	5,231	74	,000	1,27237	,24325	,78768	1,75706
	Varianzen sind nicht gleich			5,231	69,299	,000	1,27237	,24325	,78713	1,75761
S3_IN_Art	Varianzen sind gleich	,003	,960	1,750	74	,084	,48842	,27912	-,06774	1,04458
	Varianzen sind nicht gleich			1,750	73,995	,084	,48842	,27912	-,06774	1,04458
S3_IN_Kla3	Varianzen sind gleich	1,302	,258	2,199	74	,031	,526	,239	,049	1,003
	Varianzen sind nicht gleich			2,199	72,365	,031	,526	,239	,049	1,003
S3_IN_Text	Varianzen sind gleich	11,187	,001	2,757	74	,007	,66789	,24226	,18518	1,15061
	Varianzen sind nicht gleich			2,757	62,779	,008	,66789	,24226	,18374	1,15205

Wie die Tabelle 6 zeigt, muss die Nullhypothese für die Textdeklamation ('Text') auf den entsprechenden Signifikanzniveaus (α = 0,002; 0,020; 0,001) für alle drei Stücke verworfen werden. Das führt zur Annahme, dass die Bewertungen in den Gruppen eine unterschiedliche Streuung aufweisen und die Daten die Testvoraussetzung nicht erfüllen.

Für alle weiteren Variablen wird die Nullhypothese auf Varianzgleichheit beibehalten. Es wird davon ausgegangen, dass die Bewertungen in beiden Gruppen gleich stark streuen. Die Voraussetzung der Varianzgleichheit ist für diese Fälle erfüllt.

Die Voraussetzung der Normalverteilung der Residuen wird mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test und dem Shapiro-Wilk-Test geprüft. Die nachfolgende Tabelle 7 zeigt das Ergebnis anhand der Variable 'Klangfarbe Fülle'. In beiden Testverfahren muss die Nullhypothese verworfen werden, d.h. es ist von keiner Normalverteilung der Residuen auszugehen, somit ist die dritte Voraussetzung nicht erfüllt. Dies gilt auch für alle weiteren Variablen aus Tabelle 6.

Tabelle 7: Test auf Normalverteilung der Variable 'Klangfarbe Fülle'

Tests auf Normalverteilung

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Residuen	,134	76	,002	,955	76	,009

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

Weiterhin gibt SPSS das 'Q-Q-Diagramm' in der Abbildung 33 aus. Darin werden die beobachteten Werte (Punkte) mit den theoretischen Werten (Gerade) verglichen, die sich ergäben, wenn die Residuen normalverteilt wären.

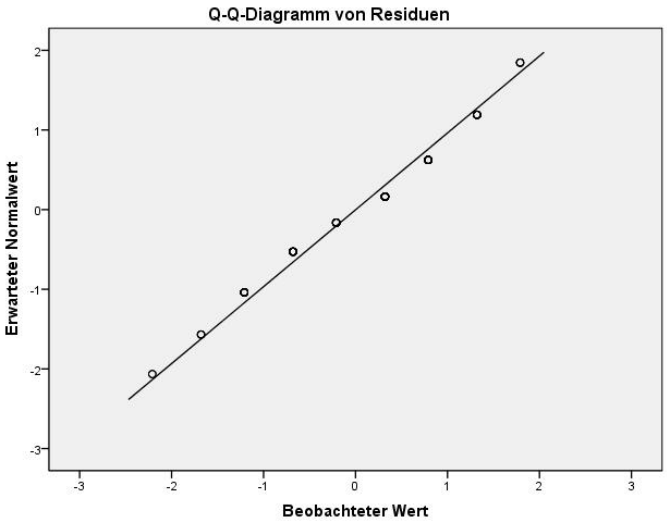

Abbildung 33: Verteilung der Residuen für die Variable 'Klangfarbe Fülle'

Mit Berücksichtigung der verletzten Voraussetzung, muss an dieser Stelle ein voraussetzungsärmeres Verfahren zur weiteren Überprüfung der zentralen Tendenz gewählt werden. Dies führt zum nicht-parametrischen bzw. verteilungsfreien 'Mann-Whitney-Test'. Aus Tabelle 8 geht hervor, dass das Testkriterium als konservativer angesehen werden kann, was zur Folge hat, dass die Variable zur Stärke der Phrasierung in Stück 1 ('Phra2') keinen signifikanten Unterschied mehr aufweist. Die berechneten Ränge können ebenfalls dem Anhang C entnommen werden.

Tabelle 8: Nicht-Parametrische Tests

Statistik für Test[a]

	S1_IN_Dyn	S1_IN_Phra2	S1_IN_Ago	S1_IN_Kla3	S1_IN_Text	S2_IN_Kla3	S2_IN_Int	S2_IN_Text	S3_IN_Art	S3_IN_Kla3	S3_IN_Text
Mann-Whitney-U	538,500	576,000	538,500	479,000	345,500	507,500	534,000	306,000	558,500	530,000	508,000
Wilcoxon-W	1279,500	1317,000	1279,500	1220,000	1086,500	1248,500	1275,000	1047,000	1299,500	1271,000	1249,000
Z	-1,996	-1,597	-1,976	-2,653	-4,048	-2,309	-2,026	-4,458	-1,739	-2,073	-2,347
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,046	,110	,048	,008	,000	,021	,043	,000	,082	,038	,019

a. Gruppenvariable: Technik

Mit der Erkenntnis welche Items in den Populationen Technik 'Neu' und 'Alt' als signifikant unterschiedlich bewertet wurden, stellt sich nun die Frage, in welcher Größenordnung die Ergebnisse einzuordnen sind. Zur Beantwortung dieser Frage wird die Effektgröße bestimmt. Dabei handelt es sich nach Baur und Fromm (2008, S.265) um einen Wert, der es erlaubt, empirisch ermittelte Differenzen im Vergleich verschiedener Untersuchungen einzuschätzen. Um die Effektgröße zu bestimmen, wird die Differenz der Mittelwerte durch die Standardabweichung dividiert:

$$\widehat{\delta} = \frac{\overline{x_A} - \overline{x_B}}{\widehat{\sigma}} \tag{25}$$

Ist bekannt, dass die Streuungen in den Populationen unterschiedlich sind, müssen nach Bortz und Döring (2006, S.607) zwei getrennte Streuungsberechnungen vorgenommen werden. Die Zusammenfassung lässt sich wie folgt berechnen:

$$\widehat{\sigma} = \sqrt{\frac{\widehat{\sigma}_A^2 + \widehat{\sigma}_B^2}{2}} \tag{26}$$

Neben den p-Werten sind in Tabelle 9 alle berechneten Effektgrößen aufgeführt. Nach Abbildung 33 werden die Abweichungen der Residuen von der Normalverteilung als nicht extrem eingeschätzt. Da die Verletzung dieser Voraussetzung die Ergebnisse nach Fromm (2010, S.29) nicht besonders stark beeinträchtigt und diese mit einem verteilungsfreien Verfahren überprüft wurden, werden auch die Werte für η^2 aus der einfaktoriellen Varianzanalyse angegeben. Zusätzlich werden die nachträglich ermittelten Werte für die Teststärken dargestellt. Auf die restlichen Resultate zu den klangbeschreibenden und emotionalen Merkmalen, sowie zum Gesamteindruck wird am Ende dieses Kapitels eingegangen.

Tabelle 9: Effektgrößen und Teststärken

Stück	Item	p-Wert	Effektgröße	β	Power	η^2
1	Dynamik	0,023	0,44	0,4	0,6	0,05
	Agogik	0,024	0,45	0,39	0,61	0,05
	Klangfarbe Fülle	0,004	0,64	0,13	0,87	0,10
	Textdeklamation	≈0	1,09	0	1	0,23
2	Klangfarbe Fülle	0,01	0,56	0,22	0,78	0,07
	Intonation	0,002	0,47	0,35	0,65	0,05
	Textdeklamation	≈0	1,2	0	1	0,27
3	Artikulation	0,041	0,4	0,47	0,53	0,04
	Klangfarbe Fülle	0,019	0,5	0,3	0,7	0,06
	Textdeklamation	0,01	0,63	0,14	0,86	0,09

5.3. Faktorenanalyse

Das primäre Ziel einer Faktorenanalyse besteht nach Bortz und Schuster (2010, S.385) darin, einem größeren Variablensatz eine ordnende Struktur zu unterlegen. In der vorliegenden Untersuchung stellt sich die Frage nach der Dimensionsreduktion des Erhebungsinstrumentes, bzw. in welchem Ausmaß verschiedene Variablen etwas Gemeinsames messen. Unter diesem Aspekt werden die Korrelationskonstellationen aller Items betrachtet und geprüft, ob es einen Zusammenhang gibt und ob dieser durch eine geringere Anzahl an Hauptkomponenten (Faktoren) erklärbar ist. Nachfolgend wird die Vorgehensweise exemplarisch für das zweite Stück beschrieben. Im Abschnitt 5.4 werden die Ergebnisse aller Stücke diskutiert.

Wie zuvor erwähnt, ist die Berechnung der Korrelationen zwischen allen Items die Grundlage dieses Verfahrens. Die Hypothese, dass in der Grundgesamtheit alle Korrelationskoeffizienten den Wert Null haben, prüft der *Bartlett-Test*. Da die Signifikanz bei diesem Test über alle Stücke, sowohl zur Interpretations- als auch zur Klangsektion, Null ist, kann von einer bestehenden Korrelation zwischen einigen Variablen ausgegangen werden. Wie den Daten im Anhang D zu entnehmen ist, weisen u.a. die Items Dynamik und Binnendynamik mit einem Wert von r = 0,531 eine deutliche Korrelation auf, welche (hoch-)signifikant ist.

Ein weiteres Maß für die Eignung einer Korrelationsmatrix zu der Faktorenanalyse stellt sich durch das *Kaiser-Meyer-Olkin-Kriterium* dar. Dieses basiert auf den partiellen Korrelationen zwischen den Itempaaren und gibt Werte zwischen 0 und 1 aus. Umso höher die Werte desto besser ist die Korrelationsmatrix für eine Faktorenanalyse geeignet. Die Ergebnisse des KMO-Tests und der Beurteilung nach Brosius (2011, S.796) sind in Tabelle 10 angeführt.

Tabelle 10: Ergebnisse des KMO-Tests

Stück	Itemskala	KMO	Beurteilung
1	Interpretation	0,52	schlecht
	Klangbild	0,80	recht gut
2	Interpretation	0,69	mäßig
	Klangbild	0,78	mittelprächtig
3	Interpretation	0,58	schlecht
	Klangbild	0,76	mittelprächtig

Wie die Tabelle 10 zeigt, sind die Interpretationsbewertungen nur schlecht bis mäßig für eine Faktorenanalyse geeignet. Deshalb wird im Anschluss darauf verzichtet und lediglich eine Hauptkomponentenanalyse zum Klangbild erläutert.

Um die Anzahl und die Interpretation der Dimensionen im Datensatz bestimmen zu können, werden verschiedene Aspekte zwischen Faktoren und Items betrachtet:

- Faktorladungen: Beschreiben wie hoch ein Item auf den jeweiligen Faktor lädt.
- Rotierte Komponentenmatrix: Stellt die Transformation der Faktorladungsmatrix dar.
- Kommunalitäten: Geben an, welcher Betrag der Streuung eines Items durch alle Faktoren gemeinsam erklärt wird.
- Eigenwerte bringen die Bedeutung eines Faktors zum Ausdruck und geben an, welcher Betrag der Gesamtstreuung aller Variablen durch einen Faktor erklärt wird.

Faktoren zur Klangqualität

Im Zusammenhang zwischen der Faktorextraktion für die klangbeschreibenden Merkmale und den zuvor beschriebenen Aspekten zur Interpretation der Dimensionen, folgt eine spezifische Erläuterung am Beispiel des ersten Stücks. Dazu wurden zwei Faktoren bestimmt, welche nach Tabelle 11 zu Beginn die Eigenwerte von 5,4 sowie 1,8 aufwiesen (rechte Spalte) und damit vor (Mitte), wie auch nach (linke Spalte) der Rotation nahezu 48% der Gesamtvarianz erklären. Abbildung 34 stellt die Eigenwerte aller Faktoren grafisch dar. Es ist zu erkennen, dass eine deutliche Abflachung nach dem zweiten Faktor auftritt, worin die Begründung der gewählten Anzahl liegt. Ob diese Lösung inhaltlich sinnvoll interpretierbar ist und ausreichende statistische Kennwerte aufweist, zeigt sich in der Analyse der Faktorladungen.

Tabelle 11: Erklärte Gesamtvarianz zum Klangbild

Erklärte Gesamtvarianz

	Anfängliche Eigenwerte			Summen von quadrierten Faktorladungen für Extraktion			Rotierte Summe der quadrierten Ladungen		
Komponente	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %
1	5,405	36,034	36,034	5,405	36,034	36,034	4,548	30,323	30,323
2	1,791	11,940	47,974	1,791	11,940	47,974	2,648	17,651	47,974
3	1,355	9,032	57,006						
4	1,097	7,314	64,320						
5	1,000	6,665	70,985						
6	,838	5,590	76,575						
7	,763	5,086	81,661						
8	,633	4,222	85,883						
9	,495	3,298	89,181						
10	,465	3,103	92,284						
11	,348	2,318	94,602						
12	,304	2,030	96,632						
13	,279	1,861	98,493						
14	,138	,917	99,410						
15	,088	,590	100,000						

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.

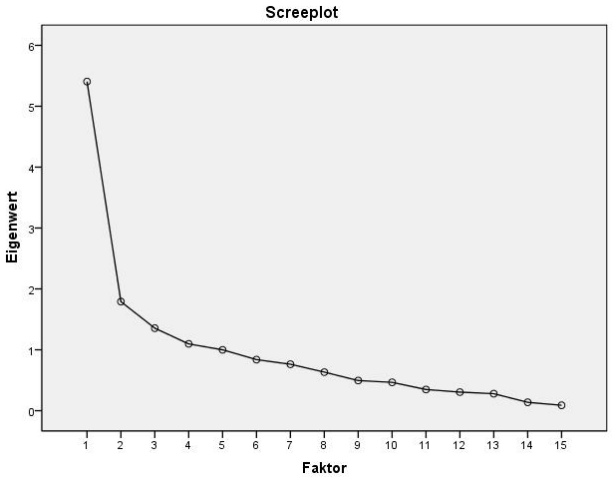

Abbildung 34: Screeplot zu den Eigenwerten der Faktoren

Hauptsächlich Aufschluss über die Beziehungen zwischen den Items und den Faktoren geben die Faktorladungen. Diese werden in einer Komponentenmatrix dargestellt (vgl. Tabelle 12). Sie erlauben die inhaltliche Interpretation, indem die Items betrachtet werden, die hoch auf einen Faktor 'laden' und dabei versucht wird, den inhaltlich gemeinsamen Nenner zu bestimmen.
Aus Tabelle 12 geht hervor, dass die Variablen Knistern ('Kni'), Knacken ('Kna'), Verzerrung ('Dis'), Tiefenanteil ('Tie'), Gleichlaufschwankungen ('Gle') und Rumpeln ('Rum') hoch auf den ersten Faktor laden. Die Variablen Höhenanteil ('Hoe'), Halligkeit ('Hal'), Entfernung ('Ent') und Stereobreite ('Ste') laden dagegen hoch auf den zweiten Faktor. Die Variablen Klangqualität ('Qual'), Klarheit ('Kla'), Dynamik ('Dyn'), Lautstärkebalance ('LSB') und Lautstärke ('LS') wurden von der weiteren Analyse ausgeschlossen, da sie entweder zu uneindeutig auf beide Faktoren laden oder aber die Ladungen als nicht hoch genug eingestuft wurden.

Tabelle 12: Rotierte Komponentenmatrix zum Klangbild

	Komponente	
	1	2
S1_KL_Kni	,825	-,312
S1_KL_Kna	,823	-,329
S1_KL_Qual	-,751	,540
S1_KL_Dis	,726	
S1_KL_Tie	,651	
S1_KL_Gle	,643	
S1_KL_Rum	,630	
S1_KL_Kla	-,555	,522
S1_KL_Dyn	-,427	
S1_KL_LSB	-,412	
S1_KL_Hoe		,786
S1_KL_Hal		,602
S1_KL_Ent		,564
S1_KL_Ste		,563
S1_KL_LS		

Abschließend werden die Komponenten im rotierten Raum dargestellt (vgl. Abbildung 35). Faktor 1 bildet die horizontale Achse. Alle Items die hoch auf diesen Faktor laden, liegen nahe an der Achse und weit vom Ursprung entfernt. Im Gegensatz dazu liegen alle Items, die hoch auf Faktor 2 laden, nahe an der vertikalen Achse und ebenfalls weit vom Ursprung entfernt. Ebenfalls zu erkennen ist, dass einige Variablen wie z.B. die Klangqualität, uneindeutig in Bezug auf beide Faktoren laden und sich deshalb fast auf einer 45° Linie zwischen den Achsen befinden.

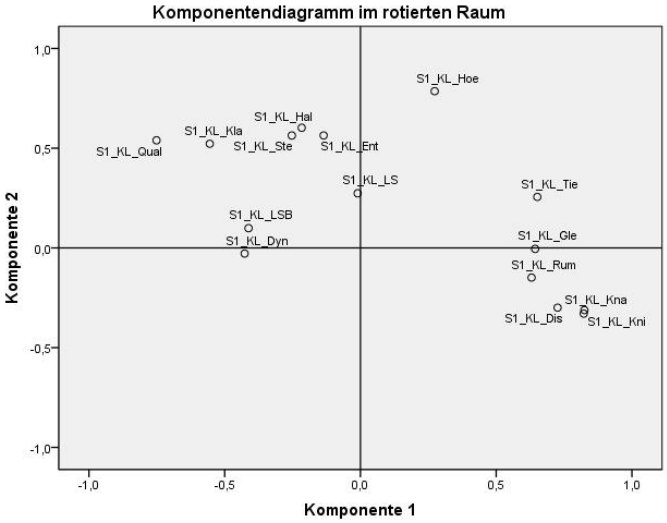

Abbildung 35: Komponentendiagramm im rotierten Raum

Für die Analyse der Faktoren gibt SPSS verschiedene Maße aus. Von Bedeutung sind nach Fromm (2010, S.78) u.a. der 'Trennschärfekoeffizient', welcher angibt, wie gut ein jeweiliges Item zur Skala passt und 'Cronbachs Alpha', was als Maßzahl für die interne Konsistenz der Skala betrachtet werden kann. Ersterer ist der folgenden Tabelle 13 in Spalte vier zu entnehmen. Das 'Cronbachs Alpha' wurde für das Stück 1 zu 0,848 und 0,584, für Stück 2 zu 0,895 und 0,453 sowie für das Stück 3 zu 0,831 und 0,676 für jeweils zwei Faktoren bestimmt.

Tabelle 13: Item-Skala-Statistiken

	Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item-Skala-Korrelation	Quadrierte multiple Korrelation	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
S1_KL_Tie	-4,1053	28,789	,409	,252	,858
S1_KL_Kna	-2,8212	20,434	,851	,778	,774
S1_KL_Kni	-3,1370	18,367	,770	,732	,802
S1_KL_Rum	-2,0317	26,450	,583	,386	,833
S1_KL_Gle	-2,0975	26,796	,547	,353	,838
S1_KL_Dis	-2,6107	23,641	,699	,499	,810

Im nächsten Abschnitt erfolgt die Interpretation der vorliegenden Ergebnisse. Außerdem wird auf weitere Resultate eingegangen, welche in diesem Abschnitt aus Gründen der Übersicht nur am Rande Erwähnung fanden.

5.4. Interpretation

Im Abschnitt 4.4 wurde der optimale Stichprobenumfang mit 128 Versuchspersonen beziffert. Dieser Wert stützte sich auf eine mittlere Effektgröße (0,5) bei einer Varianzanalyse über zwei Gruppen mit einem Zählerfreiheitsgrad von df=1. Diese Anzahl an Probanden konnten im Laufe der Versuchsdurchführung nicht rekrutiert werden. Stattdessen nahmen 78 Personen am Hörversuch teil, was sich in den nicht erfüllten Voraussetzungen, der angenommenen Normalverteilung der Residuen und der zum Teil nicht homogenen Fehlervarianzen widerspiegelte. Dessen ungeachtet bedarf es bei einem einseitigen T-Test nach Bortz und Schuster (2010, S.126) bei α=0,05 und einer Teststärke von 0,7, sowie der Annahme von mittleren Effekten (0,5), einen gesamten Stichprobenumfang von 78 Personen.
Zur Wahl der Effektgröße lässt sich an dieser Stelle auf die Relevanz sozialwissenschaftlicher Untersuchungen hinweisen: Das kleine Effekte im Rahmen der Möglichkeiten dieser Arbeit nicht aufgedeckt werden können ist insofern nicht von Bedeutung, da sie in der realen Auswirkung keine nennenswerte Rolle spielen. Anders ist es z.B. in der Prüfung von Medikamenten oder der Materialprüfung an Flugzeugen, wo auch die kleinsten Effekte verheerende Folgen haben können.

Die vorliegende experimentelle Untersuchung kann als erweiterte Replikation der Untersuchung von Boss (1995) betrachtet werden und überprüft allgemein die Hypothese, ob die Beurteilung von musikalischen Fähigkeiten in Abhängigkeit zur dargebotenen Audioqualität der Stücke steht. Spezieller formuliert, die Bewertung der interpretatorischen Fähigkeiten steigt mit der Zunahme von Tonträgerartefakten und Verzerrungen, bei gleichzeitiger Verringerung von Bandbreite und Dynamik an.
Wie die Tabelle 8 (vgl. S.58) zeigt, lassen sich in den Gruppen Technik 'Alt' und 'Neu' nur für einige wenige Variablen signifikante Unterschiede auf der Interpretationsebene nachweisen und somit die Nullhypothese verwerfen. Die Textdeklamation und die Fülle der Klangfarbe sind dabei als einzige Variablen über alle drei Stücke hinweg, hoch signifikant (ausgenommen Klangfarbefülle von Stück 3 mit p = 0,019) unterschiedlich bewertet worden. In beiden Fällen kann der Unterschied in der Bewertung auf das Klangbild zurückgeführt werden. So erschweren einerseits die zugefügten Artefakte wie Knistern, Knacken und Rauschen das Verstehen von Sprache und andererseits verringert sich mit der Bandbreite gleichzeitig die Fülle der Klangfarbe. Die gefundenen Effekte für die Klangfarben Fülle mit 0,64 (Stück 1), 0,56 (Stück 2) und 0,5 (Stück 3), lassen sich wie erwartet einer mittleren Größe zuordnen. Für die Textdeklamation können die Effektgrößen mit 1,09 (Stück 1), 1,2 (Stück 2) und 0,63 (Stück 3) beziffert werden und mit Ausnahme des letzten Wertes als große Effekte eingeordnet werden. Die Werte über eins gehen zurück auf die getrennten Streungsberechnungen in den Populationen. Die weiteren signifikanten Variablen der Dynamik und Agogik jeweils in Stück 1, der Intonation in Stück 2 und der Artikulation in Stück 3 lassen kein spezifisches Muster über den Faktor der Zeit erahnen und sind zudem, bezogen auf die Effektgröße, quantitativ geringer zu klassifizieren (vgl. Tab. 9). Als Erklärung für den Unterschied in der Beurteilung der Intonation von Stück 2, könnte die Tatsache dienen, dass der musikalische Inhalt zum Teil im atonalen Bereich der Harmonik liegt und Versuchspersonen dieses, vom Komponisten bewusst gewählte Stilmittel, als Fehlinterpretation eingeschätzt haben.

Für den Großteil der Variablen aus der Interpretationsbewertung kann die Nullhypothese, die Populationen Technik 'Neu' und 'Alt' sind im Bezug auf die Beurteilung der musikalischen Fähigkeiten identisch, nicht verworfen werden. Daraus lässt sich schließen, dass weder der Faktor der verwendeten Technik, noch der der repräsentierenden musikalischen Epoche einen ausreichenden Einfluss auf die Beurteilung der musikalischen Fähigkeiten hat.

Allerdings weisen Bortz und Schuster (2010, S.106) darauf hin, das ein nicht-signifikantes Ergebnis kein Beleg dafür ist, dass die Nullhypothese richtig ist. An dieser Stelle hilft ein Blick auf die Teststärke (1-β), welche die Wahrscheinlichkeit bezeichnet, einen in der Population vorhandenen Unterschied zu finden. Mit der Software 'G-Power' (vgl. Buchner et al. (2013)) lässt sich diese Wahrscheinlichkeit nachträglich zu 99,7%, bei den Werten α = 0,05, n = 78 und einer Effektgröße von 0,5 berechnen. Mit anderen Worten können Effekte in der mittleren Größenordnung mit 99,7 prozentiger Wahrscheinlichkeit aufgedeckt werden. Bei kleineren Effekten in der Größenordnung von 0,2 liegt diese Wahrscheinlichkeit nur noch bei 54%. Wie zu Beginn dieses Abschnitts erwähnt sind derart kleine Effekte aufgrund von fehlender praktischer Relevanz nicht von Bedeutung.

Wie die Ergebnisse im Anhang C darlegen, wurden in der Batterie des Klangbilds deutliche Unterschiede festgestellt. So wurden bis auf die Variablen der Lautstärke (in allen Stücken), des Höhenanteils (in allen Stücken), der Halligkeit (Stück 2 und 3) sowie der Entfernung und Lautstärkebalance (jeweils in Stück 3) alle weiteren Variablen überwiegend hoch signifikant unterschiedlich bewertet. Die Tatsache, dass die Bewertung der Lautstärke in den Stücken 1 und 2 nur sehr geringe Mittelwertunterschiede und im Stück 3 absolut identische Mittelwerte aufweisen, ist auf die in Abschnitt 3.4.1 beschriebene Lautheitsanpassung zurückzuführen. Ebenfalls sehr geringe Mittelwertunterschiede in der Bewertung des Höhenanteils könnte dem Umstand der mangelnden auditiven Diskriminanz geschuldet sein. D.h. obwohl die Bandbreite in den Stimuli der Gruppe Technik 'Alt' erheblich verringert wurde, sind diese 'fehlenden' Frequenzkomponenten durch die Artefakte wie Rauschen und Knistern perzeptiv ersetzt worden. Auf die drei weiteren, nicht signifikanten Unterschiede im Klangbild wird nicht weiter eingegangen, da diese nur vereinzelnd auftraten. Allgemein kann die überwiegend signifikante Unterscheidung des Klangbilds als erwartungstreu beschrieben werden, was sich auch aus den geschätzten Jahreszahlen zur jeweiligen Einspielung der Stücke ableiten lässt.

Um einen Indikator für die Plausibilität der bearbeiteten Stimuli zu erhalten, wurde am Ende einer Bewertung nach der Einspielung und der Uraufführung der jeweiligen Stücke gefragt. Vorab sei angemerkt, dass es nur einer Versuchsperson gelang, zu einem Stück, die korrekten Angaben zu dem Interpreten und dem Titel zu machen. Dies schließt den 'Halo-Effekt' weitestgehend aus, welcher nach Jost (1969, S.85) eine wesentliche Rolle bezüglich der Bewertung, auf Seiten der Beurteiler spielen kann. Die Ergebnisse der angegebenen Jahreszahlen wurden in zwei Boxplots (vgl. Abbildung 27 und 28 auf S.49f.) dargestellt. Bezogen auf die Jahreszahlen zur Einspielung, lässt sich die weitaus größere Streuung der Angaben in der Gruppe Technik 'Alt', als Hinweis auf das Durchschauen der technischen Bearbeitung einiger Probanden, interpretieren. Diese wird besonders im 'Konfliktreiz' deutlich, welcher, abgesehen vom Ausreißer im Stück 1, auch die größte Spannweite der Daten aufweist. Nichtsdestotrotz kann aus den signifikant unterschiedlichen Mittelwerten zur Einspielung geschlussfolgert werden, dass es durch die Simulation in weiten Teilen gelungen ist, eine technische Ästhetik aus dem Beginn des letzten Jahrhunderts herzustellen.
Die Angaben zu den geschätzten Uraufführungen weisen dagegen keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen auf. Die erhöhte Anzahl an Ausreißern und Extremwerten weisen dabei auf deutliche Unterschiede in der musikwissenschaftlichen Expertise hin. Insgesamt zeigt sich aber eine korrekte Tendenz der Einschätzung für alle drei Stücke in beiden Gruppen.

Im ersten Abschnitt des Kapitels 4 wurden neben den Hypothesen auch offen gestellte Fragen an die Daten formuliert. Die erste Frage zielt dabei auf eine mögliche Reduktion der Dimensionalitäten des Erhebungsinstruments ab. Zu diesem Zweck wurde im vorangegangenen Abschnitt 5.3 eine Faktorenanalyse durchgeführt. Wie sich gezeigt hat, ergab die Kategorie der Interpretationsbewertungen keine sinnvolle Möglichkeit eine reduzierte Anzahl an Variablen zu generieren. Da es sich bei der Faktorenanalyse um ein Verfahren handelt, das latente Variablen extrahiert, welche nicht direkt messbar sind aber hinter eine Reihe von Ergebnissen anderer Variablen liegen können, ist davon auszugehen, dass keine der Variablen etwas Gemeinsames misst. Ein Blick auf die Korrelationstabellen im Anhang D bestärkt diese Annahme, da keine auffällig hohen Korrelationen vorliegen.
Im Kontrast dazu stehen einige Variablen der Kategorie Klangbild. Es konnten zwei Faktoren extrahiert werden, wobei der jeweils erste Faktor über alle drei Stücke mit relativ guten Werten für 'Cronbachs Alpha' (0,848; 0,895; 0,831) eine sinnvolle Dimensionsreduktion andeutet. Werden die Variablen ('Knistern', 'Knacken', 'Verzerrung', 'Tiefenanteil', 'Gleichlaufschwankungen' und 'Rumpeln') die diesen Faktor bestimmen näher betrachtet, ließe sich dahinter eine latente Variable vermuten, welche mit der Bezeichnung 'Artefakte' zusammengefasst werden kann.

Die weiteren offen gestellten Fragen bezogen sich einerseits auf den Zusammenhang verschiedener Merkmale und deren Einfluss auf die Kriteriumsvariable, sowie andererseits auf die Urteilstendenzen persönlicher Merkmale, in Bezug auf soziodemografische Daten. Es konnten weder beachtliche Zusammenhänge von unabhängigen Variablen auf abhängige Variablen der Interpretationsbeurteilung, welche an dieser Stelle primär von Bedeutung gewesen wären, gefunden werden, noch haben sich deutliche Effekte im Zusammenhang von demografischen Daten und Urteilstendenzen ergeben.

In den Ergebnissen wurde die Darstellung der Mittelwertunterschiede für die Sektion der dargestellten Emotionen und des Gesamteindrucks vernachlässigt, da diese nicht von primären Interesse sind. Es sei aber angemerkt, dass sich im ersten Stück signifikante Unterschiede in der Bewertung der Heiterkeit, der Stärke und der Lebhaftigkeit ergaben. So führte die Bearbeitung des Audiomaterials dazu, dass die Stimuli der Gruppe Technik 'Alt' als melancholischer im Ausdruck der Emotionen und als schwächer und statischer im Gesamteindruck bewertet wurden. Diese Tendenzen lassen sich in den übrigen Stücken allerdings nicht finden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die beschriebenen Effekte in Boss (1995), im Rahmen der Möglichkeiten dieser Untersuchung, nicht nachgewiesen werden konnten. Mit der Fülle der Klangfarbe und der Textdeklamation ließen sich nur zwei Variablen in allen repräsentierten Epochen finden, die auf eine signifikant unterschiedliche Beurteilung der Interpretationen hindeuten. Diese Unterschiede lassen sich allerdings, wie oben beschrieben, durch die audiotechnische Bearbeitung erklären. Mit den überwiegend hoch signifikanten Unterschieden in der Bewertung des Klangbilds kann eine plausible Simulation der angestrebten technischen Ästhetik angenommen werden. Diese Annahme wird mit den signifikanten Mittelwertunterschieden, zu der Frage nach der Einspielung, untermauert. Die Faktorenanalyse hat gezeigt, dass das Erhebungsinstrument lediglich in der Itembatterie des Klangbilds um eine latente Variable, bezogen auf die Artefakte, reduziert werden könnte.

6. Diskussion und Ausblick

Mit der vorliegenden experimentellen Arbeit wurde empirisch die Auswirkung von Tonträgerartefakten auf die Beurteilung von Musikaufnahmen untersucht. Wie sich herausstellte konnte der Effekt, der bevorzugten Bewertung auf interpretatorischer Ebene, als auch der Präferenz, für 'alt' klingende Musikstücke, nicht replizierend nachgewiesen werden.

Mit einem größeren Stichprobenumfang wäre die Aufdeckung kleiner Effekte, wenn es sie denn gibt, möglich gewesen. Da Effekte in solch einer Größenordnung allerdings keine praktische Relevanz besitzen (vgl. Abschnitt 5.4) ist es fraglich, ob ein größerer Stichprobenumfang zu aufschlussreicheren Ergebnissen geführt hätte.

Bezogen auf die verwendeten Stimuli muss angemerkt werden, dass die Variation der Einstellungen für die Parameter in den Algorithmen drastischer hätten ausfallen können. Zwar basierte der überwiegende Teil der Werte auf Wahrscheinlichkeitsverteilungen, die in einem bestimmten Rahmen auf dem Zufall basieren, jedoch zeichnete sich im Gesamtbild der Artefakte ein geringfügig zu statisches Klangbild, bezogen auf die verschiedenen Stimuli, ab. Speziell die Simulation der Rumpler hätte im resultierenden Klangbild mit mehr akustischer Ausdrucksstärke auftreten können, was durch eine einfache Pegelanhebung hätte erreicht werden können. Möglicherweise hätten selbst produzierte und nachbearbeitete Aufnahmen zu anderen Resultaten geführt. Die Einschätzungen der Produktionsjahre der hier verwendeten Stimuli (vgl. Abschnitt 5.1) zeigten jedoch, dass die angestrebte Simulation von historischen Tonträgerartefakten, einen überwiegend plausiblen Eindruck auf Seiten der Versuchspersonen hervorgerufen hat.

Um den Faktor der Zeit mit in die Untersuchung einzubringen, wurde bei der Auswahl der Stücke darauf geachtet, dass diese jeweils eine musikhistorische Epoche repräsentieren. Das Genre wurde dabei auf die Kunstmusik verortet. Mit dem ausgewählten Stimuli für das 18. Jahrhundert wurde ein vergleichbarer Reiz wie in der zu replizierenden Studie gewählt. Bei dem zweiten und dritten Stück handelte es sich um 'neue' Musik. In diesen Stücken wird die Grenze der Harmonik in den atonalen Bereich teilweise überschritten. Es ist davon auszugehen, dass dieses Stilmittel eine bewusste Entscheidung des Komponisten war. Dadurch ergaben sich bei einigen Probanden Schwierigkeiten bei der Bewertung interpretatorischer Merkmale, wie beispielsweise der Intonation. Für unerfahrene Hörer waren dies mitunter 'schief' klingende Phrasen und erschwerten die Beurteilung der musikalischen Fähigkeiten. Da die Zuordnung der Probanden zur jeweiligen Gruppe des Versuchsdesign allerdings auf dem Zufall beruhte und diese Rückmeldung von Versuchspersonen, wenn auch nur von geringer Anzahl, beider Gruppen geäußert wurden, kann ein entscheidender Einfluss auf die Ergebnisse nahezu ausgeschlossen werden.

Einen Hinweis auf das Zustandekommen der abweichenden Ergebnisse, in der Untersuchung von Boss, kann zunächst auf das Versuchsdesign zurückgeführt werden. Wie eingangs erwähnt wurden Messwiederholungen durchgeführt, was zu Ermüdungs- und Lerneffekten geführt haben kann (vgl. Abschnitt 1.2). Des weiteren war es den Probanden gestattet die Beurteilung im zweiten Durchgang mit vorliegender Partitur fortzuführen. Dies kann im Falle der 'schlechter' klingenden Stimuli dazu geführt haben, dass durch psychoakustische Maskierungseffekte, bedingt durch die Artefakte, sowohl die Analyse der zeitlichen Struktur als auch differenzierende Aspekte in der Frequenzauflösung erschwert wurden.

Bei gleichzeitiger Information, mit Hilfe der Partitur, könnten die musikalischen Fähigkeiten besser bewertet worden sein, da mögliche auditive Wahrnehmungsverluste durch visuelle ausgeglichen wurden. Grundsätzlich gilt die Annahme das ein simultaner visueller Reiz, wie er durch eine Partitur gegeben ist, von der eigentlichen Aufgabe, dem Hinhören, ablenkt. Aus diesem Grund wurde sich in dieser Untersuchung gegen eine Auslage der Partitur entschieden.

Ebenfalls zu Beginn dieser Untersuchung wurde auf die Möglichkeit selbstwertdienlicher Beurteilungstendenzen der Probanden hingewiesen. In De La Motte-Haber (1973, S.163ff.) wird auf die Urteilsfärbung von Experten unter dem Einfluss von Vorurteilen eingegangen. Unter der Annahme, dass das zu bewertende Musikstück für ein historisch besonders wertvolles Aufnahmerelikt gehalten wurde, könnte der Aufwand der Archivierung und Erhaltung eines Solchen, mit außergewöhnlichen musikalische Leistungen in Verbindung gebracht werden.

Die gewonnenen Erkenntnisse aus dieser Untersuchung lassen weitere Forschung auf dem Gebiet der Interpretationsbewertung in Abhängigkeit von historischen Medien, wie dem einer Grammophonplatte, nur als bedingt notwendig erscheinen. Jedoch wären Untersuchungen im Bezug auf aktuell 'relevante' Medien und damit einhergehende Artefakte (wie sie z.B. im Zuge der digitalen Kodierung auftreten) vorstellbar. Die Berücksichtigung von speziellen Abhörsituationen und damit verbundenen Wiedergabesystemen stellen nach Erachten des Autors ein weites Feld an interessanten Untersuchungsmöglichkeiten hinsichtlich der Interpretationsbewertungen dar. Die Ausweitung der Forschung auf Musik, die nicht dem Genre der Kunstmusik zugeordnet werden kann, stellt einen weiteren denkbaren Untersuchungsgegenstand dar.

Literatur

N. Baur und S. Fromm. *Datenanalyse mit SPSS für Fortgeschrittene*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, 2008.

R. Beardsley und D. Leech-Wilkinson. A Brief History of Recording. Centre for the History and Analysis of Recorded Music, Online, 2009. Abrufbar unter http://www.charm.kcl.ac.uk/history/p20_4_1; besucht am 20.03.2012.

L. Bilton. Victor petalled horn. Online, 2012. Abrufbar unter http://www.intertique.com/VictorBlueHorn.html; besucht am 30.01.2013.

J. Bortz und N. Döring. *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. Springer, Berlin, 4. überarbeitete Auflage, 2006.

J. Bortz und C. Schuster. *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. Springer, Heidelberg, 7. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, 2010.

G. Boss. Das Medium ist die Botschaft (Marshall McLuhan) - zur Frage der Interpretaion auf Tonträgern. *Bericht zur 18. Tonmeistertagung Karlsruhe 1994*, Seiten 215–234, 1995.

Encyclopedia Britannica. compact disc. Online, 2007. Abrufbar unter http://www.britannica.com/EBchecked/topic/129497/compact-disc; besucht am 22.03.2013.

E. Brixen. *Audio Metering*. Focal Press. Elsevier, Oxford, 2012.

F. Brosius. *SPSS 19*. mitp/bhv, Heidelberg, München, Landsberg, Frechen, Hamburg, 2011.

A. Buchner, F. Faul, und E. Erdfelder. Gpower: A general power analysis program. Online, 2013. Abrufbar unter http://www.psycho.uni-duesseldorf.de/aap/projects/gpower/; besucht am 13.03.2013.

CHARM. Centre for the History and Analysis of Recorded Music. Online, 2009. Abrufbar unter http://www.charm.kcl.ac.uk/index.html; besucht am 04.04.2012.

H. De La Motte-Haber. Der Einfluß psychologischer Variablen auf das ästhetische Urteil. In D. Droysen, Hrsg., *Jahrbuch des Staatlichen Instituts für Musikforschung Preußischer Kulturbesitz 1972*, Kapitel 4, Seiten 163–174. Merseburger, Berlin, 1973.

H. De la Motte-Haber. *Handbuch der Musikpsychologie*. Laaber, Laaber, 1985.

M. Dickreiter, V. Dittel, W. Hoeg, und M. Wöhr. *Handbuch der Tonstudiotechnik*. De Gruyter, München, 2008.

N.H. Fletcher und T.D. Rossing. *The Physics of Musical Instruments*. Springer, New York, 1998.

A. Friesecke. *Metering: Studio-Anzeigen lesen und verstehen ; vom VU-Meter bis zum Analyser ; Technik, Formate, Normen*. PPVMedien, Bergkirchen, 2003.

S. Fromm. *Datenanalyse mit SPSS für Fortgeschrittene 2: Multivariate Verfahren für Querschnittsdaten*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 2010.

S.J. Godsill und P.J.W. Rayner. *Digital Audio Restoration - A Statistical Model Based Approach*. Springer, Berlin, 1998.

T. Görne. *Tontechnik*. Carl Hanser, Leipzig, 2008.

GmbH HOFA. HOFA 4U FREE VST AU Plugins. Online, 2013. Abrufbar unter http://hofa.de/pages/startseite.php; besucht am 28.01.2013.

IzotopeInc. iZotope Vinyl. Online, 2011. Abrufbar unter http://www.izotope.com/products/audio/vinyl/; besucht am 30.01.2013.

E. Jost. Der Einfluß des Vertrautheitsgrades auf die Beurteilung von Musik. In D. Droysen, Hrsg., *Jahrbuch des Staatlichen Instituts für Musikforschung Preußischer Kulturbesitz 1968*, Kapitel 3, Seiten 65–86. Walter de Gruyter & Co, Berlin, 1969.

R.B. Kane. Minimizing Order Effects in the Semantic Differential. *Educational and Psychological Measurement*, 1:137–144, 1971.

H.J. Maempel. *Klanggestaltung und Popmusik. Eine experimentelle Untersuchung*. Synchron, Heidelberg, Dezember 2001.

H.J. Maempel. Technologie und Transformation. Aspekte des Umgangs mit Musikproduktions- und -übertragungstechnik. In H. Motte-Haber und H. Neuhoff, Hrsg., *Handbuch der systematischen Musikwissenschaft*, Kapitel 4, Seiten 160–180. Laaber, Laaber, 2007.

H.J. Maempel. Musikaufnahmen als Datenquellen der Interpretationsanalyse. In H. von Loesch und S. Weinzierl, Hrsg., *Gemessene Interpretation. Computergestützte Aufführungsanalyse im Kreuzverhör der Disziplinen*, Kapitel 11, Seiten 157–171. Schott, Mainz, 2011.

H.J. Maempel und S. Weinzierl. Zur Erklärbarkeit der Qualitäten musikalischer Interpretationen durch akustische Signalmaße. In H. von Loesch und S. Weinzierl, Hrsg., *Gemessene Interpretation. Computergestützte Aufführungsanalyse im Kreuzverhör der Disziplinen*, Kapitel 15, Seiten 213–236. Schott, Mainz, 2011.

H.J. Maempel, S. Weinzierl, und P. Kaminski. Audiobearbeitung. In S. Weinzierl, Hrsg., *Handbuch der Audiotechnik*, Kapitel 13, Seiten 719–784. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 2008.

S. Marti, F. Jeker, und C. Arn. Musik und Videoclips: Beeinflusst ein Videoclip die Beurteilung von Musik? Vordiplomarbeit, Psychologisches Institut der Universität Bern, 1989.

P. Mayring. *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. Beltz, Weinheim, Basel, 11. aktualisierte und überarbeitete Auflage, 2010.

D.J. McBean. Horn Loudspeaker Response Analysis Program. Online, 2013. Abrufbar unter http://www.hornresp.net.ms/; besucht am 30.01.2013.

M. Möser. *Technische Akustik*. VDI-Buch. Springer, Berlin, Heidelberg, 6. erweiterte und aktualisierte Auflage, 2004.

S.H. Nielsen und E. Skovenborg. Evaluation of different loudness models with music and speech material. In *Audio Engineering Society Convention 117*, 10 2004.

M. Obara. Der Einfluss des Pre-Masterings auf die ästhetische Beurteilung von Musik. Magisterarbeit, Technische Universität, Fakultät 1, Fachgebiet Audiokommunikation, Berlin, 2010.

L. Papula. *Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler. Band 1: Ein Lehr- und Arbeitsbuch für das Grundstudium*. Vieweg, Wiesbaden, 12. überarbeitete und erweiterte Auflage, 2009.

H. Sakai. Perceptibility of Wow and Flutter. *J. Audio Eng. Soc.*, 18:290–298, Juni 1970.

J. Strößner. Integration von Lautheitsmessung und -pegelung in digitale Live- und Produktionsmischpulte. Masterarbeit, Hochschule der Medien Stuttgart, Fakultät Electronic Media, Studiengang Elektronische Medien, Stuttgart, 2011.

V. Välimäki, S. González, O. Kimmelma, und J. Parvainen. Digital Audio Antiquing-Signal Processing Methods for Imitating the Sound Quality of Historical Recordings. *J. Audio Eng. Soc.*, 56:115–138, März 2008.

D. von Moreau. Entwicklung und Evaluation eines Beschreibungssystems (MAKS) zum Ausdrucks- und Kommunikationsverhalten in der Musiktherapie. Diplomarbeit, Bayerische Julius Maximilians Universität, Psychologisches Institut 1, Würzburg, 1996.

U. Zölzer, M. Bossert, und N. Fliege. *Digitale Audiosignalverarbeitung*. Teubner Informationstechnik. Vieweg+Teubner, Wiesbaden, 2005.

Tabellenverzeichnis

1. Lautheiten nach EBU R 128 und RMS 33
2. Versuchsdesign 36
3. Semantisches Differential 39
4. Statistik zum Jahr der Einspielung 44
5. Statistik zum Jahr der Uraufführung 46
6. Signifikante Variablen in der Interpretationsbewertung 52
7. Test auf Normalverteilung der Variable 'Klangfarbe Fülle' 53
8. Nicht-Parametrische Tests 54
9. Effektgrößen und Teststärken 54
10. Ergebnisse des KMO-Tests 55
11. Erklärte Gesamtvarianz zum Klangbild 56
12. Rotierte Komponentenmatrix zum Klangbild 57
13. Item-Skala-Statistiken 58

Abbildungsverzeichnis

1. Edison's 'Zinnfolien-Phonograph' 1877 5
2. Berliner Grammophone 1888 6
3. Während einer Aufnahme 1914 8
4. Typische akustische Orchesteraufnahme bei Victor 9
5. Blockschaltbild der Simulation 15
6. Bandpass des Nutzsignals 17
7. Nichtlineare Verzerrung 18
8. Verzerrungskennlinie für die Stimuli 19
9. Vergleich des Stimuli 2 19
10. Simulierte Klicks 20
11. Simulierter Rumpler 21
12. Vergleich von verschiedenen Rauschfunktionen 22
13. Übertragungsfunktion des Bandpassfilters der Artefakte 23
14. Verzerrtes Nutzsignal und simulierte Artefakte 23
15. Geometrie einer exzentrischen Bohrung 24
16. Eingabemaske von Hornresp 26
17. Bauform des Hornlautsprechers 27
18. Akustische Impedanz des Hornlautsprechers 28
19. Übertragungsfunktion des Horns 29
20. A-, B-, C- und D-Filterkurven 31
21. RLB-Filter 32
22. HOFA PlugIn 33
23. Vergleich der Spektren von Stimuli und Referenz 34
24. Stereofone Lautsprecherwiedergabe 41
25. Häufigkeitsverteilung des Alters 43
26. Häufigkeitsverteilung der Instrumentenerfahrung in Jahren 44
27. Boxplot der Jahreszahlen zur Einspielung 45
28. Boxplot der Jahreszahlen zur Uraufführung 46
29. Polaritätsprofil über alle Stücke in Abhängigkeit der Technik 47
30. Polaritätsprofil von Stück 1 (18.Jahrhundert) 48
31. Polaritätsprofil von Stück 2 (20.Jahrhundert) 49
32. Polaritätsprofil von Stück 3 (21.Jahrhundert) 50
33. Verteilung der Residuen für die Variable 'Klangfarbe Fülle' 53
34. Screeplot zu den Eigenwerten der Faktoren 57
35. Komponentendiagramm im rotierten Raum 58

A. Instruktionen und Fragebogen

Fachgebiet Audiokommunikation
Audio communication group

Hörversuch

Liebe Versuchsteilnehmer,

im Rahmen meiner Masterarbeit untersuche ich die Wahrnehmung von Musik. Sie werden gleich drei Musikstücke hören. Bitte beurteilen Sie jedes Musikstück anhand der vorgegebenen Beurteilungsaspekte. Je nach Richtung und Ausprägung des jeweiligen Beurteilungsaspekts kann das Kreuz weiter links oder rechts gesetzt werden.

Nehmen Sie sich ausreichend Zeit zum Urteilen. Sie hören das jeweilige Stück zwei mal hintereinander. Den zweiten Durchgang können Sie zur Vervollständigung oder Kontrolle des Fragebogens nutzen. Sie dürfen Ihre Urteile bei Bedarf auch für vorangegangene Musikstücke korrigieren.
Nun vergewissern Sie sich bitte, dass Ihnen jeder Beurteilungsaspekt verständlich ist. Bei Rückfragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung.

Alle erhobenen Daten werden streng vertraulich behandelt.

Herzlichen Dank für Ihre Teilnahme!

Stephan Kasnitz

Komp.	**Komposition**							
	Gefallen :	gefällt mir	O	O	O	O	O	gefällt mir nicht
Interpretation	**Interpretation**							
	Tempo :	schnell	O	O	O	O	O	langsam
	Dynamik :	gering	O	O	O	O	O	hoch
	Binnendynamik :	gering	O	O	O	O	O	hoch
	Artikulation :	gebunden	O	O	O	O	O	abgesetzt
	Artikulatorische Bandbreite :	groß	O	O	O	O	O	klein
	Phrasierung :	weiträumig	O	O	O	O	O	kleinteilig
	Phrasierung :	schwach	O	O	O	O	O	stark
	Agogik :	viel	O	O	O	O	O	wenig
	Rhythmisierung :	unprägnant	O	O	O	O	O	prägnant
	Klangfarbe :	weich	O	O	O	O	O	hart
	Klangfarbe :	dunkel	O	O	O	O	O	hell
	Klangfarbe :	schlank	O	O	O	O	O	voll
	Klangfarbliche Bandbreite :	klein	O	O	O	O	O	groß
	Intonation :	sauber	O	O	O	O	O	unsauber
	Textdeklamation :	deutlich	O	O	O	O	O	undeutlich
	Musikalischer Ausdruck :	schwach	O	O	O	O	O	stark
Klangbild	**Klangbild**							
	Klangqualität :	schlecht	O	O	O	O	O	gut
	Lautstärke :	leise	O	O	O	O	O	laut
	Technische Dynamik :	groß	O	O	O	O	O	klein
	Höhenanteil :	klein	O	O	O	O	O	groß
	Tiefenanteil :	klein	O	O	O	O	O	groß
	Stereobreite :	schmal	O	O	O	O	O	breit
	Halligkeit :	klar	O	O	O	O	O	verschwommen
	Entfernung :	nah	O	O	O	O	O	fern
	Lautstärkebalance (Klavier/Gesang) :	ausgewogen	O	O	O	O	O	unausgewogen
	Klarheit :	klar	O	O	O	O	O	verschwommen
	Knacken :	laut	O	O	O	O	O	leise
	Knistern :	laut	O	O	O	O	O	leise
	Rumpeln :	laut	O	O	O	O	O	leise
	Gleichlaufschwankungen :	schwach	O	O	O	O	O	stark
	Verzerrung :	schwach	O	O	O	O	O	stark
Emotion	**Emotion**							
		heiter	O	O	O	O	O	melancholisch
		gelöst	O	O	O	O	O	angespannt
		berührt mich	O	O	O	O	O	berührt mich nicht
Gesamteindruck	**Gesamteindruck**							
		gefällt mir	O	O	O	O	O	gefällt mir nicht
		stark	O	O	O	O	O	schwach
		statisch	O	O	O	O	O	lebhaft
		aufregend	O	O	O	O	O	beruhigend

Ist Ihnen das Musikstück bekannt? O Ja
O Nein

Wenn ja, nennen Sie bitte den Komponisten und den Titel : _____

Schätzen Sie das Jahr der Uraufführung: _____

Schätzen Sie das Jahr der Einspielung: _____

Bitte beantworten Sie abschließend folgende Fragen zu Ihrer Person.			
VP-Nr:			Datum:
Name :			
Alter :			
Geschlecht :	o weiblich	o männlich	
Derzeitige Tätigkeit			
Spielen Sie ein Instrument?	O Ja O Nein		
Wenn ja, seit wie vielen Jahren?			
Haben Sie Erfahrungen in der Musikproduktion?	O Ja O Nein		
Was haben Sie studiert?	O Musik	O Musikwissenschaft	O Sound Studies
	O Tonmeister	O Toningenieur	O AKT
	O _____		O nicht studiert

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

B. Daten Deskriptive Statistik

Häufigkeiten

		Alter	Geschlecht	Beruf	Instrument	Jahre_Instrument	Produktion	Studium
N	Gültig	76	76	76	76	76	76	76
	Fehlend	0	0	0	0	0	0	0

Alter

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	22	2	2,6	2,6	2,6
	23	2	2,6	2,6	5,3
	24	5	6,6	6,6	11,8
	25	7	9,2	9,2	21,1
	26	5	6,6	6,6	27,6
	27	10	13,2	13,2	40,8
	28	8	10,5	10,5	51,3
	29	3	3,9	3,9	55,3
	30	4	5,3	5,3	60,5
	31	6	7,9	7,9	68,4
	32	3	3,9	3,9	72,4
	33	1	1,3	1,3	73,7
	34	1	1,3	1,3	75,0
	35	1	1,3	1,3	76,3
	37	2	2,6	2,6	78,9
	38	1	1,3	1,3	80,3
	40	1	1,3	1,3	81,6
	41	1	1,3	1,3	82,9
	42	2	2,6	2,6	85,5
	43	1	1,3	1,3	86,8
	44	1	1,3	1,3	88,2
	47	1	1,3	1,3	89,5
	50	2	2,6	2,6	92,1
	53	2	2,6	2,6	94,7
	56	1	1,3	1,3	96,1
	57	1	1,3	1,3	97,4
	60	1	1,3	1,3	98,7
	64	1	1,3	1,3	100,0
	Gesamt	76	100,0	100,0	

Geschlecht

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	weiblich	27	35,5	35,5	35,5
	männlich	49	64,5	64,5	100,0
	Gesamt	76	100,0	100,0	

Beruf

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Student	40	52,6	52,6	52,6
	relevant	25	32,9	32,9	85,5
	nicht relevant	10	13,2	13,2	98,7
	keine Angabe	1	1,3	1,3	100,0
	Gesamt	76	100,0	100,0	

Instrument

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	nein	13	17,1	17,1	17,1
	ja	63	82,9	82,9	100,0
	Gesamt	76	100,0	100,0	

Produktionserfahrung

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	nein	35	46,1	46,1	46,1
	ja	41	53,9	53,9	100,0
	Gesamt	76	100,0	100,0	

Studium

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Musikwissenschaft	15	19,7	19,7	19,7
	Tonmeister	2	2,6	2,6	22,4
	Medien	1	1,3	1,3	23,7
	AKT	31	40,8	40,8	64,5
	Toningenieur	1	1,3	1,3	65,8
	Sonstiges	22	28,9	28,9	94,7
	nicht studiert	4	5,3	5,3	100,0
	Gesamt	76	100,0	100,0	

Jahre_Instrument

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	0	12	15,8	15,8	15,8
	1	1	1,3	1,3	17,1
	2	2	2,6	2,6	19,7
	3	2	2,6	2,6	22,4
	4	2	2,6	2,6	25,0
	5	4	5,3	5,3	30,3
	6	5	6,6	6,6	36,8
	7	2	2,6	2,6	39,5
	8	2	2,6	2,6	42,1
	10	8	10,5	10,5	52,6
	11	1	1,3	1,3	53,9
	12	5	6,6	6,6	60,5
	15	5	6,6	6,6	67,1
	16	1	1,3	1,3	68,4
	17	4	5,3	5,3	73,7
	18	3	3,9	3,9	77,6
	20	2	2,6	2,6	80,3
	21	1	1,3	1,3	81,6
	22	1	1,3	1,3	82,9
	23	1	1,3	1,3	84,2
	24	1	1,3	1,3	85,5
	26	1	1,3	1,3	86,8
	28	1	1,3	1,3	88,2
	30	2	2,6	2,6	90,8
	32	1	1,3	1,3	92,1
	35	1	1,3	1,3	93,4
	40	1	1,3	1,3	94,7
	45	2	2,6	2,6	97,4
	46	1	1,3	1,3	98,7
	50	1	1,3	1,3	100,0
	Gesamt	76	100,0	100,0	

Gruppenstatistiken

	Status	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Ko_Ge	Neu	114	-,1273	1,30822	,12253
	Alt	114	-,4123	1,24667	,11676
Tempo	Neu	114	-,7290	,75634	,07084
	Alt	114	-,7544	,74740	,07000
Dynamik	Neu	114	,3796	,91394	,08560
	Alt	114	,0856	1,07762	,10093
Binnendynamik	Neu	114	,0823	1,00574	,09420
	Alt	114	-,0082	1,06843	,10007
Artikulation	Neu	114	,3996	1,11684	,10460
	Alt	114	,2632	1,08939	,10203
Art_Bandbreite	Neu	114	,2828	1,08243	,10138
	Alt	114	,0602	1,02451	,09595
Phra_Größe	Neu	114	,3808	1,02464	,09597
	Alt	114	,2304	1,14435	,10718
Phra_Stärke	Neu	114	,2632	1,00488	,09412
	Alt	114	,0254	1,10084	,10310
Agogik	Neu	114	-,0026	1,08117	,10126
	Alt	114	-,0742	1,22846	,11506
Rhythmisierung	Neu	114	-,3521	1,21890	,11416
	Alt	114	-,3170	1,22858	,11507
Klangfarbe_Härte	Neu	114	,20	1,049	,098
	Alt	114	,41	1,063	,100
Klangfarbe_Helligkeit	Neu	114	-,04	1,025	,096
	Alt	114	-,04	1,120	,105
Klangfarbe_Fülle	Neu	114	,33	1,001	,094
	Alt	114	-,25	1,063	,100
Klangfarbe_Band	Neu	114	-,1529	1,01546	,09511
	Alt	114	-,3385	1,00090	,09374
Intonation	Neu	114	,6842	1,06693	,09993
	Alt	114	,4846	1,13781	,10657
Textdeklamation	Neu	114	,0991	1,37201	,12850
	Alt	114	-,9912	,93596	,08766
MuAusdruck	Neu	114	,7719	1,03081	,09654
	Alt	114	,7084	,94712	,08871
KlangQualität	Neu	114	,8696	,97346	,09117
	Alt	114	-1,2396	,79018	,07401
Lautstärke	Neu	114	,5405	,84181	,07884
	Alt	114	,5405	,72915	,06829
TechDynamik	Neu	114	,1809	,97465	,09128
	Alt	114	-,4832	,92815	,08693
Hoehen	Neu	114	,6261	,92387	,08653
	Alt	114	,5000	1,00662	,09428
Tiefen	Neu	114	-,1176	,91975	,08614
	Alt	114	-,8744	1,02320	,09583

	Status	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Stereobreite	Neu	114	,1533	,96141	,09004
	Alt	114	-,7978	,93289	,08737
Halligkeit	Neu	114	,2350	1,08928	,10202
	Alt	114	-,1579	,97381	,09121
Entfernung	Neu	114	,37	,943	,088
	Alt	114	,08	,952	,089
LSB	Neu	114	,4161	1,23178	,11537
	Alt	114	-,0612	1,09147	,10223
Klarheit	Neu	114	,6053	1,22379	,11462
	Alt	114	-,5461	,93872	,08792
Knacken	Neu	114	-1,84	,390	,036
	Alt	114	,84	,898	,084
Knistern	Neu	114	-1,89	,346	,032
	Alt	114	1,43	,809	,076
Rumpeln	Neu	114	-1,8509	,46530	,04358
	Alt	114	-,8005	1,12730	,10558
Gleichlauf	Neu	114	-1,40	1,011	,095
	Alt	114	-,22	1,309	,123
Verzerrung	Neu	114	-1,4561	,81077	,07594
	Alt	114	,0343	1,09653	,10270
Melancholie	Neu	114	-,7746	,86062	,08060
	Alt	114	-,8855	,80655	,07554
Anspannung	Neu	114	-,8042	1,19131	,11158
	Alt	114	-,8637	1,16015	,10866
BerührtSein	Neu	114	-,0088	1,24443	,11655
	Alt	114	-,1882	1,24507	,11661
Gefallen	Neu	114	-,2544	1,19595	,11201
	Alt	114	-,4422	1,16630	,10923
Stärke	Neu	114	,3860	,97317	,09115
	Alt	114	,1528	,99764	,09344
Lebendigkeit	Neu	114	,1667	1,12034	,10493
	Alt	114	,1505	1,09884	,10292
Erregung	Neu	114	,5000	1,11506	,10444
	Alt	114	,3689	1,12333	,10521
Kenntnis	Neu	114	,04	,185	,017
	Alt	114	,01	,094	,009
KoTi	Neu	114	,01	,094	,009
	Alt	114	,00	,000	,000
Uraufführung	Neu	114	1899,87	69,207	6,482
	Alt	114	1894,56	68,440	6,410
Einspielung	Neu	114	1987,90	17,535	1,642
	Alt	114	1941,50	22,283	2,087

	Status	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
S1_Ko_Ge	Neu	38	,4866	1,05579	,17127
	Alt	38	,2368	1,10121	,17864
S1_IN_Tem	Neu	38	-,63	,714	,116
	Alt	38	-,79	,474	,077
S1_IN_Dyn	Neu	38	,1579	,88612	,14375
	Alt	38	-,2432	,94169	,15276
S1_IN_BiDyn	Neu	38	-,16	1,001	,162
	Alt	38	-,24	,913	,148
S1_IN_Art	Neu	38	1,00	,805	,131
	Alt	38	,84	,638	,103
S1_IN_ArtBa	Neu	38	,0000	,95860	,15551
	Alt	38	-,1353	,90530	,14686
S1_IN_Phra1	Neu	38	,50	,862	,140
	Alt	38	,50	,830	,135
S1_IN_Phra2	Neu	38	,26	,860	,140
	Alt	38	-,11	,924	,150
S1_IN_Ago	Neu	38	-,297	,9548	,1549
	Alt	38	-,763	1,1012	,1786
S1_IN_Rhy	Neu	38	-,0526	1,25089	,20292
	Alt	38	-,1353	,99083	,16073
S1_IN_Kla1	Neu	38	-,42	1,081	,175
	Alt	38	-,32	,989	,160
S1_IN_Kla2	Neu	38	-,37	,942	,153
	Alt	38	-,32	1,016	,165
S1_IN_Kla3	Neu	38	,42	,858	,139
	Alt	38	-,21	1,094	,178
S1_IN_KlaBa	Neu	38	-,4324	,94556	,15339
	Alt	38	-,5134	,85808	,13920
S1_IN_Int	Neu	38	1,05	,928	,151
	Alt	38	,92	1,148	,186
S1_IN_Text	Neu	38	,5676	1,38604	,22485
	Alt	38	-,7632	1,02494	,16627
S1_IN_MuAus	Neu	38	,68	,842	,137
	Alt	38	,53	,893	,145
S1_KL_Qual	Neu	38	1,1353	,81081	,13153
	Alt	38	-1,3242	,57205	,09280
S1_KL_LS	Neu	38	,42	,683	,111
	Alt	38	,34	,708	,115

S1_KL_Dyn	Neu	38	-,1942	,76475	,12406
	Alt	38	-,7026	,92605	,15022
S1_KL_Hoe	Neu	38	,3784	,88077	,14288
	Alt	38	,3421	,96636	,15676
S1_KL_Tie	Neu	38	-,4055	,75192	,12198
	Alt	38	-1,1053	,92384	,14987
S1_KL_Ste	Neu	38	-,03	,854	,139
	Alt	38	-,97	,885	,144
S1_KL_Hal	Neu	38	,5676	1,02774	,16672
	Alt	38	-,1842	1,11149	,18031
S1_KL_Ent	Neu	38	,47	,862	,140
	Alt	38	,08	,882	,143
S1_KL_LSB	Neu	38	,8684	1,01798	,16514
	Alt	38	,1621	1,12739	,18289
S1_KL_Kla	Neu	38	1,0263	,97223	,15772
	Alt	38	-,5945	,88408	,14342
S1_KL_Kna	Neu	38	-1,76	,490	,079
	Alt	38	,68	,962	,156
S1_KL_Kni	Neu	38	-1,89	,388	,063
	Alt	38	1,45	,891	,145
S1_KL_Rum	Neu	38	-1,89	,311	,050
	Alt	38	-,76	1,173	,190
S1_KL_Gle	Neu	38	-1,71	,611	,099
	Alt	38	-,82	1,159	,188
S1_KL_Dis	Neu	38	-1,53	,725	,118
	Alt	38	,03	1,174	,190
S1_EM_1	Neu	38	-,297	1,0098	,1638
	Alt	38	-,763	,7862	,1275
S1_EM_2	Neu	38	,3242	1,11632	,18109
	Alt	38	,3158	,98927	,16048
S1_EM_3	Neu	38	,34	,966	,157
	Alt	38	,13	1,166	,189
S1_Ges_Gef	Neu	38	,34	,966	,157
	Alt	38	,08	1,100	,178
S1_Ges_Sta	Neu	38	,3684	,78572	,12746
	Alt	38	-,0279	,91492	,14842
S1_Ges_Leb	Neu	38	,18	,955	,155
	Alt	38	-,18	,926	,150
S1_Ges_Er	Neu	38	-,61	,916	,149
	Alt	38	-,71	,768	,125

	Status	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
S2_Ko_Ge	Neu	38	-,39	1,346	,218
	Alt	38	-,74	1,155	,187
S2_IN_Tem	Neu	38	-,45	,602	,098
	Alt	38	-,39	,855	,139
S2_IN_Dyn	Neu	38	,34	,815	,132
	Alt	38	,11	1,060	,172
S2_IN_BiDyn	Neu	38	,2105	1,01763	,16508
	Alt	38	,0279	1,05231	,17071
S2_IN_Art	Neu	38	-,08	1,024	,166
	Alt	38	,16	1,079	,175
S2_IN_ArtBa	Neu	38	,3889	1,12172	,18197
	Alt	38	,2368	,94252	,15290
S2_IN_Phra1	Neu	38	,4055	,97147	,15759
	Alt	38	,1353	1,18919	,19291
S2_IN_Phra2	Neu	38	,1842	1,06175	,17224
	Alt	38	-,1082	1,03411	,16776
S2_IN_Ago	Neu	38	,1842	1,06175	,17224
	Alt	38	,3513	,96468	,15649
S2_IN_Rhy	Neu	38	-,1353	1,14283	,18539
	Alt	38	-,1579	1,26334	,20494
S2_IN_Kla1	Neu	38	,50	,862	,140
	Alt	38	,79	,811	,132
S2_IN_Kla2	Neu	38	,11	1,008	,163
	Alt	38	,24	1,125	,183
S2_IN_Kla3	Neu	38	,37	1,025	,166
	Alt	38	-,24	1,149	,186
S2_IN_KlaBa	Neu	38	-,05	1,038	,168
	Alt	38	-,42	1,056	,171
S2_IN_Int	Neu	38	,7368	1,05739	,17153
	Alt	38	,2432	1,05024	,17037
S2_IN_Text	Neu	38	,3513	1,19042	,19311
	Alt	38	-,9211	,91183	,14792
S2_IN_MuAus	Neu	38	,97	1,052	,171
	Alt	38	,84	,945	,153
S2_KL_Qual	Neu	38	,76	,913	,148
	Alt	38	-1,32	,739	,120
S2_KL_LS	Neu	38	,58	,683	,111
	Alt	38	,66	,708	,115

S2_KL_Dyn	Neu	38	,1053	,98061	,15908
	Alt	38	-,5405	,82510	,13385
S2_KL_Hoe	Neu	38	,68	,842	,137
	Alt	38	,39	1,079	,175
S2_KL_Tie	Neu	38	,16	,945	,153
	Alt	38	-,84	1,027	,167
S2_KL_Ste	Neu	38	,3242	,84001	,13627
	Alt	38	-,9461	,83653	,13570
S2_KL_Hal	Neu	38	,2163	1,04326	,16924
	Alt	38	-,1316	,93494	,15167
S2_KL_Ent	Neu	38	,71	,802	,130
	Alt	38	,24	,998	,162
S2_KL_LSB	Neu	38	,4324	1,24207	,20149
	Alt	38	-,2105	1,11883	,18150
S2_KL_Kla	Neu	38	,58	1,287	,209
	Alt	38	-,71	,898	,146
S2_KL_Kna	Neu	38	-1,87	,343	,056
	Alt	38	,82	,801	,130
S2_KL_Kni	Neu	38	-1,84	,370	,060
	Alt	38	1,50	,604	,098
S2_KL_Rum	Neu	38	-1,89	,388	,063
	Alt	38	-,82	1,087	,176
S2_KL_Gle	Neu	38	-1,39	1,028	,167
	Alt	38	,13	1,212	,197
S2_KL_Dis	Neu	38	-1,53	,687	,111
	Alt	38	,11	1,085	,176
S2_EM_1	Neu	38	-,92	,632	,102
	Alt	38	-,95	,769	,125
S2_EM_2	Neu	38	-1,32	,702	,114
	Alt	38	-1,45	,645	,105
S2_EM_3	Neu	38	-,13	1,339	,217
	Alt	38	-,24	1,261	,205
S2_Ges_Gef	Neu	38	-,5000	1,31004	,21252
	Alt	38	-,6487	1,14411	,18560
S2_Ges_Sta	Neu	38	,4737	,97916	,15884
	Alt	38	,3242	1,01486	,16463
S2_Ges_Leb	Neu	38	,24	1,240	,201
	Alt	38	,47	1,084	,176
S2_Ges_Er	Neu	38	1,03	,636	,103
	Alt	38	,76	,913	,148

	Status	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
S3_Ko_Ge	Neu	38	-,47	1,310	,212
	Alt	38	-,74	1,245	,202
S3_IN_Tem	Neu	38	-1,1082	,79810	,12947
	Alt	38	-1,0789	,71212	,11552
S3_IN_Dyn	Neu	38	,6389	,99057	,16069
	Alt	38	,3947	1,15172	,18683
S3_IN_BiDyn	Neu	38	,1942	,98143	,15921
	Alt	38	,1842	1,20484	,19545
S3_IN_Art	Neu	38	,2779	1,22168	,19818
	Alt	38	-,2105	1,21161	,19655
S3_IN_ArtBa	Neu	38	,4595	1,12933	,18320
	Alt	38	,0789	1,19417	,19372
S3_IN_Phra1	Neu	38	,2368	1,21776	,19755
	Alt	38	,0558	1,33446	,21648
S3_IN_Phra2	Neu	38	,34	1,097	,178
	Alt	38	,29	1,293	,210
S3_IN_Ago	Neu	38	,1053	1,18069	,19153
	Alt	38	,1892	1,31186	,21281
S3_IN_Rhy	Neu	38	-,87	1,119	,182
	Alt	38	-,66	1,361	,221
S3_IN_Kla1	Neu	38	,53	,922	,150
	Alt	38	,76	,998	,162
S3_IN_Kla2	Neu	38	,13	1,070	,174
	Alt	38	-,03	1,174	,190
S3_IN_Kla3	Neu	38	,21	1,119	,181
	Alt	38	-,32	,962	,156
S3_IN_KlaBa	Neu	38	,0263	1,02632	,16649
	Alt	38	-,0811	1,04954	,17026
S3_IN_Int	Neu	38	,26	1,083	,176
	Alt	38	,29	1,113	,181
S3_IN_Text	Neu	38	-,6216	1,25959	,20433
	Alt	38	-1,2895	,80229	,13015
S3_IN_MuAus	Neu	38	,6579	1,16888	,18962
	Alt	38	,7568	,99744	,16181
S3_KL_Qual	Neu	38	,71	1,137	,184
	Alt	38	-1,08	,997	,162
S3_KL_LS	Neu	38	,6216	1,09917	,17831
	Alt	38	,6216	,74802	,12134

S3_KL_Dyn	Neu	38	,6316	,99786	,16187
	Alt	38	-,2063	,98033	,15903
S3_KL_Hoe	Neu	38	,82	1,010	,164
	Alt	38	,76	,943	,153
S3_KL_Tie	Neu	38	-,1053	,98061	,15908
	Alt	38	-,6758	1,09184	,17712
S3_KL_Ste	Neu	38	,1621	1,15111	,18673
	Alt	38	-,4737	1,00638	,16326
S3_KL_Hal	Neu	38	-,08	1,124	,182
	Alt	38	-,16	,886	,144
S3_KL_Ent	Neu	38	-,0789	,99679	,16170
	Alt	38	-,0811	,96921	,15723
S3_KL_LSB	Neu	38	-,0526	1,27231	,20640
	Alt	38	-,1353	1,01774	,16510
S3_KL_Kla	Neu	38	,2105	1,27678	,20712
	Alt	38	-,3332	1,01342	,16440
S3_KL_Kna	Neu	38	-1,89	,311	,050
	Alt	38	1,03	,915	,148
S3_KL_Kni	Neu	38	-1,92	,273	,044
	Alt	38	1,34	,909	,147
S3_KL_Rum	Neu	38	-1,7632	,63392	,10283
	Alt	37	-,8232	1,16597	,19168
S3_KL_Gle	Neu	38	-1,11	1,226	,199
	Alt	38	,03	1,365	,221
S3_KL_Dis	Neu	38	-1,3158	,98927	,16048
	Alt	38	-,0287	1,05230	,17071
S3_EM_1	Neu	38	-1,1053	,68928	,11182
	Alt	38	-,9461	,86824	,14085
S3_EM_2	Neu	38	-1,4211	,79293	,12863
	Alt	38	-1,4595	,75676	,12276
S3_EM_3	Neu	38	-,2368	1,34434	,21808
	Alt	38	-,4595	1,26480	,20518
S3_Ges_Gef	Neu	38	-,6053	1,07903	,17504
	Alt	38	-,7568	1,10050	,17852
S3_Ges_Sta	Neu	38	,3158	1,14148	,18517
	Alt	38	,1621	1,05301	,17082
S3_Ges_Leb	Neu	38	,0789	1,17131	,19001
	Alt	38	,1621	1,19715	,19420
S3_Ges_Er	Neu	38	1,0789	,81809	,13271
	Alt	38	1,0539	,76920	,12478

C. Daten Inferenzstatistik

T-Test Stück1

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
									95% Konfidenzintervall der Differenz	
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	Untere	Obere
S1_Ko_Ge	Varianzen sind gleich	,014	,905	1,009	74	,316	,24974	,24748	-,24338	,74285
	Varianzen sind nicht gleich			1,009	73,869	,316	,24974	,24748	-,24339	,74286
S1_IN_Tem	Varianzen sind gleich	7,619	,007	1,136	74	,260	,158	,139	-,119	,435
	Varianzen sind nicht gleich			1,136	64,335	,260	,158	,139	-,120	,436
S1_IN_Dyn	Varianzen sind gleich	,312	,578	1,912	74	,060	,40105	,20976	-,01690	,81901
	Varianzen sind nicht gleich			1,912	73,728	,060	,40105	,20976	-,01693	,81904
S1_IN_BiDyn	Varianzen sind gleich	,376	,542	,359	74	,720	,079	,220	-,359	,517
	Varianzen sind nicht gleich			,359	73,392	,720	,079	,220	-,359	,517
S1_IN_Art	Varianzen sind gleich	,030	,862	,947	74	,347	,158	,167	-,174	,490
	Varianzen sind nicht gleich			,947	70,309	,347	,158	,167	-,174	,490
S1_IN_ArtBa	Varianzen sind gleich	,134	,715	,632	74	,529	,13526	,21389	-,29093	,56145
	Varianzen sind nicht gleich			,632	73,759	,529	,13526	,21389	-,29095	,56148
S1_IN_Phra1	Varianzen sind gleich	,000	1,000	,000	74	1,000	,000	,194	-,387	,387
	Varianzen sind nicht gleich			,000	73,895	1,000	,000	,194	-,387	,387
S1_IN_Phra2	Varianzen sind gleich	,126	,723	1,799	74	,076	,368	,205	-,040	,776
	Varianzen sind nicht gleich			1,799	73,624	,076	,368	,205	-,040	,776
S1_IN_Ago	Varianzen sind gleich	,606	,439	1,970	74	,053	,4658	,2364	-,0053	,9369
	Varianzen sind nicht gleich			1,970	72,543	,053	,4658	,2364	-,0055	,9371
S1_IN_Rhy	Varianzen sind gleich	3,725	,057	,319	74	,750	,08263	,25887	-,43317	,59844
	Varianzen sind nicht gleich			,319	70,315	,751	,08263	,25887	-,43362	,59889
S1_IN_Kla1	Varianzen sind gleich	,270	,605	-,443	74	,659	-,105	,238	-,579	,368
	Varianzen sind nicht gleich			-,443	73,422	,659	-,105	,238	-,579	,369
S1_IN_Kla2	Varianzen sind gleich	,319	,574	-,234	74	,816	-,053	,225	-,501	,395
	Varianzen sind nicht gleich			-,234	73,580	,816	-,053	,225	-,501	,395
S1_IN_Kla3	Varianzen sind gleich	3,511	,065	2,799	74	,007	,632	,226	,182	1,081
	Varianzen sind nicht gleich			2,799	70,026	,007	,632	,226	,182	1,082
S1_IN_KlaBa	Varianzen sind gleich	,644	,425	,391	74	,697	,08105	,20714	-,33167	,49378
	Varianzen sind nicht gleich			,391	73,313	,697	,08105	,20714	-,33174	,49384
S1_IN_Int	Varianzen sind gleich	2,673	,106	,549	74	,584	,132	,240	-,346	,609
	Varianzen sind nicht gleich			,549	70,899	,584	,132	,240	-,346	,609
S1_IN_Text	Varianzen sind gleich	9,868	,002	4,759	74	,000	1,33079	,27964	,77359	1,88799
	Varianzen sind nicht gleich			4,759	68,150	,000	1,33079	,27964	,77279	1,88879
S1_IN_MuAus	Varianzen sind gleich	,342	,561	,793	74	,430	,158	,199	-,239	,554
	Varianzen sind nicht gleich			,793	73,747	,430	,158	,199	-,239	,554
S1_KL_Qual	Varianzen sind gleich	2,364	,128	15,279	74	,000	2,45947	,16097	2,13873	2,78022
	Varianzen sind nicht gleich			15,279	66,521	,000	2,45947	,16097	2,13813	2,78082
S1_KL_LS	Varianzen sind gleich	,005	,942	,495	74	,622	,079	,160	-,239	,397
	Varianzen sind nicht gleich			,495	73,904	,622	,079	,160	-,239	,397
S1_KL_Dyn	Varianzen sind gleich	2,301	,134	2,610	74	,011	,50842	,19483	,12022	,89662
	Varianzen sind nicht gleich			2,610	71,446	,011	,50842	,19483	,11999	,89685
S1_KL_Hoe	Varianzen sind gleich	,399	,530	,171	74	,865	,03632	,21211	-,38632	,45895
	Varianzen sind nicht gleich			,171	73,372	,865	,03632	,21211	-,38638	,45901
S1_KL_Tie	Varianzen sind gleich	,010	,921	3,621	74	,001	,69974	,19323	,31471	1,08476
	Varianzen sind nicht gleich			3,621	71,070	,001	,69974	,19323	,31445	1,08502

T-Test Stück1

S1_KL_Ste	Varianzen sind gleich	,000	,984	4,749	74	,000	,947	,199	,550	1,345
	Varianzen sind nicht gleich			4,749	73,906	,000	,947	,199	,550	1,345
S1_KL_Hal	Varianzen sind gleich	,082	,776	3,062	74	,003	,75184	,24557	,26252	1,24116
	Varianzen sind nicht gleich			3,062	73,550	,003	,75184	,24557	,26247	1,24121
S1_KL_Ent	Varianzen sind gleich	,222	,639	1,974	74	,052	,395	,200	-,004	,793
	Varianzen sind nicht gleich			1,974	73,961	,052	,395	,200	-,004	,793
S1_KL_LSB	Varianzen sind gleich	1,786	,185	2,866	74	,005	,70632	,24641	,21533	1,19730
	Varianzen sind nicht gleich			2,866	73,242	,005	,70632	,24641	,21525	1,19738
S1_KL_Kla	Varianzen sind gleich	,002	,968	7,603	74	,000	1,62079	,21317	1,19603	2,04555
	Varianzen sind nicht gleich			7,603	73,341	,000	1,62079	,21317	1,19597	2,04561
S1_KL_Kna	Varianzen sind gleich	16,397	,000	-13,982	74	,000	-2,447	,175	-2,796	-2,099
	Varianzen sind nicht gleich			-13,982	54,975	,000	-2,447	,175	-2,798	-2,097
S1_KL_Kni	Varianzen sind gleich	19,186	,000	-21,191	74	,000	-3,342	,158	-3,656	-3,028
	Varianzen sind nicht gleich			-21,191	50,556	,000	-3,342	,158	-3,659	-3,025
S1_KL_Rum	Varianzen sind gleich	41,526	,000	-5,750	74	,000	-1,132	,197	-1,524	-,739
	Varianzen sind nicht gleich			-5,750	42,181	,000	-1,132	,197	-1,529	-,734
S1_KL_Gle	Varianzen sind gleich	18,585	,000	-4,209	74	,000	-,895	,213	-1,318	-,471
	Varianzen sind nicht gleich			-4,209	56,092	,000	-,895	,213	-1,321	-,469
S1_KL_Dis	Varianzen sind gleich	14,788	,000	-6,936	74	,000	-1,553	,224	-1,999	-1,107
	Varianzen sind nicht gleich			-6,936	61,670	,000	-1,553	,224	-2,000	-1,105
S1_EM_1	Varianzen sind gleich	4,273	,042	2,244	74	,028	,4658	,2076	,0521	,8795
	Varianzen sind nicht gleich			2,244	69,802	,028	,4658	,2076	,0517	,8799
S1_EM_2	Varianzen sind gleich	,267	,607	,035	74	,972	,00842	,24197	-,47371	,49055
	Varianzen sind nicht gleich			,035	72,945	,972	,00842	,24197	-,47382	,49067
S1_EM_3	Varianzen sind gleich	1,402	,240	,857	74	,394	,211	,246	-,279	,700
	Varianzen sind nicht gleich			,857	71,526	,394	,211	,246	-,279	,700
S1_Ges_Gef	Varianzen sind gleich	,168	,683	1,108	74	,271	,263	,238	-,210	,736
	Varianzen sind nicht gleich			1,108	72,794	,272	,263	,238	-,210	,737
S1_Ges_Sta	Varianzen sind gleich	,019	,892	2,026	74	,046	,39632	,19564	,00650	,78614
	Varianzen sind nicht gleich			2,026	72,349	,046	,39632	,19564	,00635	,78628
S1_Ges_Leb	Varianzen sind gleich	,052	,821	1,708	74	,092	,368	,216	-,061	,798
	Varianzen sind nicht gleich			1,708	73,931	,092	,368	,216	-,061	,798
S1_Ges_Er	Varianzen sind gleich	1,269	,264	,543	74	,589	,105	,194	-,281	,492
	Varianzen sind nicht gleich			,543	71,798	,589	,105	,194	-,281	,492

T-Test Stück2

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
									95% Konfidenzintervall der Differenz	
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	Untere	Obere
S2_Ko_Ge	Varianzen sind gleich	2,802	,098	1,189	74	,238	,342	,288	-,231	,916
	Varianzen sind nicht gleich			1,189	72,327	,238	,342	,288	-,232	,916
S2_IN_Tem	Varianzen sind gleich	4,312	,041	-,310	74	,757	-,053	,170	-,391	,285
	Varianzen sind nicht gleich			-,310	66,409	,757	-,053	,170	-,391	,286
S2_IN_Dyn	Varianzen sind gleich	3,135	,081	1,092	74	,278	,237	,217	-,195	,669
	Varianzen sind nicht gleich			1,092	69,400	,279	,237	,217	-,196	,669
S2_IN_BiDyn	Varianzen sind gleich	,025	,874	,769	74	,444	,18263	,23747	-,29054	,65580
	Varianzen sind nicht gleich			,769	73,917	,444	,18263	,23747	-,29055	,65581
S2_IN_Art	Varianzen sind gleich	,869	,354	-,982	74	,329	-,237	,241	-,717	,244
	Varianzen sind nicht gleich			-,982	73,797	,329	-,237	,241	-,718	,244
S2_IN_ArtBa	Varianzen sind gleich	2,191	,143	,640	74	,524	,15211	,23767	-,32147	,62568
	Varianzen sind nicht gleich			,640	71,866	,524	,15211	,23767	-,32171	,62592
S2_IN_Phra1	Varianzen sind gleich	1,626	,206	1,085	74	,281	,27026	,24910	-,22608	,76661
	Varianzen sind nicht gleich			1,085	71,167	,282	,27026	,24910	-,22641	,76693
S2_IN_Phra2	Varianzen sind gleich	,603	,440	1,216	74	,228	,29237	,24043	-,18670	,77144
	Varianzen sind nicht gleich			1,216	73,949	,228	,29237	,24043	-,18671	,77145
S2_IN_Ago	Varianzen sind gleich	,944	,334	-,718	74	,475	-,16711	,23271	-,63080	,29659
	Varianzen sind nicht gleich			-,718	73,330	,475	-,16711	,23271	-,63087	,29666
S2_IN_Rhy	Varianzen sind gleich	,630	,430	,082	74	,935	,02263	,27635	-,52801	,57328
	Varianzen sind nicht gleich			,082	73,269	,935	,02263	,27635	-,52810	,57337
S2_IN_Kla1	Varianzen sind gleich	1,242	,269	-1,508	74	,136	-,289	,192	-,672	,093
	Varianzen sind nicht gleich			-1,508	73,722	,136	-,289	,192	-,672	,093
S2_IN_Kla2	Varianzen sind gleich	,931	,338	-,537	74	,593	-,132	,245	-,620	,357
	Varianzen sind nicht gleich			-,537	73,115	,593	-,132	,245	-,620	,357
S2_IN_Kla3	Varianzen sind gleich	,410	,524	2,423	74	,018	,605	,250	,108	1,103
	Varianzen sind nicht gleich			2,423	73,046	,018	,605	,250	,107	1,103
S2_IN_KlaBa	Varianzen sind gleich	,311	,579	1,533	74	,129	,368	,240	-,110	,847
	Varianzen sind nicht gleich			1,533	73,979	,129	,368	,240	-,110	,847
S2_IN_Int	Varianzen sind gleich	,006	,938	2,042	74	,045	,49368	,24176	,01196	,97541
	Varianzen sind nicht gleich			2,042	73,997	,045	,49368	,24176	,01196	,97541
S2_IN_Text	Varianzen sind gleich	5,657	,020	5,231	74	,000	1,27237	,24325	,78768	1,75706
	Varianzen sind nicht gleich			5,231	69,299	,000	1,27237	,24325	,78713	1,75761
S2_IN_MuAus	Varianzen sind gleich	,540	,465	,573	74	,568	,132	,229	-,326	,589
	Varianzen sind nicht gleich			,573	73,162	,568	,132	,229	-,326	,589
S2_KL_Qual	Varianzen sind gleich	,487	,487	10,907	74	,000	2,079	,191	1,699	2,459
	Varianzen sind nicht gleich			10,907	70,913	,000	2,079	,191	1,699	2,459
S2_KL_LS	Varianzen sind gleich	,005	,942	-,495	74	,622	-,079	,160	-,397	,239
	Varianzen sind nicht gleich			-,495	73,904	,622	-,079	,160	-,397	,239
S2_KL_Dyn	Varianzen sind gleich	1,180	,281	3,106	74	,003	,64579	,20790	,23155	1,06003
	Varianzen sind nicht gleich			3,106	71,898	,003	,64579	,20790	,23135	1,06023
S2_KL_Hoe	Varianzen sind gleich	4,295	,042	1,304	74	,196	,289	,222	-,153	,732
	Varianzen sind nicht gleich			1,304	69,860	,197	,289	,222	-,153	,732

T-Test Stück2

S2_KL_Tie	Varianzen sind gleich	,034	,854	4,416	74	,000	1,000	,226	,549	1,451
	Varianzen sind nicht gleich			4,416	73,491	,000	1,000	,226	,549	1,451
S2_KL_Ste	Varianzen sind gleich	,145	,704	6,605	74	,000	1,27026	,19231	,88707	1,65346
	Varianzen sind nicht gleich			6,605	73,999	,000	1,27026	,19231	,88707	1,65346
S2_KL_Hal	Varianzen sind gleich	,938	,336	1,531	74	,130	,34789	,22725	-,10492	,80071
	Varianzen sind nicht gleich			1,531	73,128	,130	,34789	,22725	-,10501	,80080
S2_KL_Ent	Varianzen sind gleich	4,352	,040	2,280	74	,025	,474	,208	,060	,888
	Varianzen sind nicht gleich			2,280	70,728	,026	,474	,208	,059	,888
S2_KL_LSB	Varianzen sind gleich	,839	,363	2,371	74	,020	,64289	,27118	,10255	1,18324
	Varianzen sind nicht gleich			2,371	73,206	,020	,64289	,27118	,10246	1,18333
S2_KL_Kla	Varianzen sind gleich	8,415	,005	5,066	74	,000	1,289	,255	,782	1,797
	Varianzen sind nicht gleich			5,066	66,118	,000	1,289	,255	,781	1,798
S2_KL_Kna	Varianzen sind gleich	13,958	,000	-19,003	74	,000	-2,684	,141	-2,966	-2,403
	Varianzen sind nicht gleich			-19,003	50,112	,000	-2,684	,141	-2,968	-2,401
S2_KL_Kni	Varianzen sind gleich	27,129	,000	-29,094	74	,000	-3,342	,115	-3,571	-3,113
	Varianzen sind nicht gleich			-29,094	61,293	,000	-3,342	,115	-3,572	-3,112
S2_KL_Rum	Varianzen sind gleich	26,401	,000	-5,763	74	,000	-1,079	,187	-1,452	-,706
	Varianzen sind nicht gleich			-5,763	46,294	,000	-1,079	,187	-1,456	-,702
S2_KL_Gle	Varianzen sind gleich	,835	,364	-5,921	74	,000	-1,526	,258	-2,040	-1,013
	Varianzen sind nicht gleich			-5,921	72,076	,000	-1,526	,258	-2,040	-1,012
S2_KL_Dis	Varianzen sind gleich	5,896	,018	-7,830	74	,000	-1,632	,208	-2,047	-1,216
	Varianzen sind nicht gleich			-7,830	62,562	,000	-1,632	,208	-2,048	-1,215
S2_EM_1	Varianzen sind gleich	1,039	,311	,163	74	,871	,026	,161	-,295	,348
	Varianzen sind nicht gleich			,163	71,301	,871	,026	,161	-,296	,348
S2_EM_2	Varianzen sind gleich	,005	,942	,851	74	,397	,132	,155	-,176	,440
	Varianzen sind nicht gleich			,851	73,484	,397	,132	,155	-,177	,440
S2_EM_3	Varianzen sind gleich	,278	,599	,353	74	,725	,105	,298	-,489	,700
	Varianzen sind nicht gleich			,353	73,737	,725	,105	,298	-,489	,700
S2_Ges_Gef	Varianzen sind gleich	2,545	,115	,527	74	,600	,14868	,28215	-,41352	,71089
	Varianzen sind nicht gleich			,527	72,683	,600	,14868	,28215	-,41369	,71106
S2_Ges_Sta	Varianzen sind gleich	,096	,757	,653	74	,516	,14947	,22877	-,30635	,60530
	Varianzen sind nicht gleich			,653	73,905	,516	,14947	,22877	-,30636	,60531
S2_Ges_Leb	Varianzen sind gleich	1,070	,304	-,887	74	,378	-,237	,267	-,769	,295
	Varianzen sind nicht gleich			-,887	72,704	,378	-,237	,267	-,769	,296
S2_Ges_Er	Varianzen sind gleich	7,053	,010	1,457	74	,149	,263	,181	-,097	,623
	Varianzen sind nicht gleich			1,457	66,058	,150	,263	,181	-,097	,624

T-Test Stück3

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
									95% Konfidenzintervall der Differenz	
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	Untere	Obere
S3_Ko_Ge	Varianzen sind gleich	,219	,641	,898	74	,372	,263	,293	-,321	,847
	Varianzen sind nicht gleich			,898	73,812	,372	,263	,293	-,321	,847
S3_IN_Tem	Varianzen sind gleich	,407	,525	-,168	74	,867	-,02921	,17351	-,37495	,31652
	Varianzen sind nicht gleich			-,168	73,059	,867	-,02921	,17351	-,37502	,31660
S3_IN_Dyn	Varianzen sind gleich	1,388	,242	,991	74	,325	,24421	,24643	-,24682	,73524
	Varianzen sind nicht gleich			,991	72,380	,325	,24421	,24643	-,24700	,73542
S3_IN_BiDyn	Varianzen sind gleich	3,269	,075	,040	74	,968	,01000	,25209	-,49230	,51230
	Varianzen sind nicht gleich			,040	71,092	,968	,01000	,25209	-,49264	,51264
S3_IN_Art	Varianzen sind gleich	,003	,960	1,750	74	,084	,48842	,27912	-,06774	1,04458
	Varianzen sind nicht gleich			1,750	73,995	,084	,48842	,27912	-,06774	1,04458
S3_IN_ArtBa	Varianzen sind gleich	,095	,759	1,427	74	,158	,38053	,26663	-,15074	,91179
	Varianzen sind nicht gleich			1,427	73,771	,158	,38053	,26663	-,15077	,91182
S3_IN_Phra1	Varianzen sind gleich	,375	,542	,618	74	,539	,18105	,29307	-,40289	,76500
	Varianzen sind nicht gleich			,618	73,389	,539	,18105	,29307	-,40297	,76508
S3_IN_Phra2	Varianzen sind gleich	1,625	,206	,191	74	,849	,053	,275	-,495	,601
	Varianzen sind nicht gleich			,191	72,101	,849	,053	,275	-,496	,601
S3_IN_Ago	Varianzen sind gleich	,388	,535	-,293	74	,770	-,08395	,28631	-,65443	,48654
	Varianzen sind nicht gleich			-,293	73,194	,770	-,08395	,28631	-,65454	,48664
S3_IN_Rhy	Varianzen sind gleich	7,641	,007	-,736	74	,464	-,211	,286	-,780	,359
	Varianzen sind nicht gleich			-,736	71,334	,464	-,211	,286	-,780	,359
S3_IN_Kla1	Varianzen sind gleich	,012	,913	-1,074	74	,286	-,237	,220	-,676	,202
	Varianzen sind nicht gleich			-1,074	73,542	,286	-,237	,220	-,676	,203
S3_IN_Kla2	Varianzen sind gleich	,774	,382	,613	74	,542	,158	,258	-,355	,671
	Varianzen sind nicht gleich			,613	73,372	,542	,158	,258	-,356	,671
S3_IN_Kla3	Varianzen sind gleich	1,302	,258	2,199	74	,031	,526	,239	,049	1,003
	Varianzen sind nicht gleich			2,199	72,365	,031	,526	,239	,049	1,003
S3_IN_KlaBa	Varianzen sind gleich	,012	,913	,451	74	,653	,10737	,23813	-,36712	,58186
	Varianzen sind nicht gleich			,451	73,963	,653	,10737	,23813	-,36713	,58186
S3_IN_Int	Varianzen sind gleich	,083	,774	-,104	74	,917	-,026	,252	-,528	,476
	Varianzen sind nicht gleich			-,104	73,944	,917	-,026	,252	-,528	,476
S3_IN_Text	Varianzen sind gleich	11,187	,001	2,757	74	,007	,66789	,24226	,18518	1,15061
	Varianzen sind nicht gleich			2,757	62,779	,008	,66789	,24226	,18374	1,15205
S3_IN_MuAus	Varianzen sind gleich	1,337	,251	-,397	74	,693	-,09895	,24927	-,59563	,39774
	Varianzen sind nicht gleich			-,397	72,213	,693	-,09895	,24927	-,59584	,39794
S3_KL_Qual	Varianzen sind gleich	2,405	,125	7,296	74	,000	1,789	,245	1,301	2,278
	Varianzen sind nicht gleich			7,296	72,758	,000	1,789	,245	1,301	2,278
S3_KL_LS	Varianzen sind gleich	6,879	,011	,000	74	1,000	,00000	,21568	-,42976	,42976
	Varianzen sind nicht gleich			,000	65,219	1,000	,00000	,21568	-,43072	,43072
S3_KL_Dyn	Varianzen sind gleich	,633	,429	3,692	74	,000	,83789	,22692	,38574	1,29005
	Varianzen sind nicht gleich			3,692	73,977	,000	,83789	,22692	,38574	1,29005
S3_KL_Hoe	Varianzen sind gleich	,059	,809	,235	74	,815	,053	,224	-,394	,499
	Varianzen sind nicht gleich			,235	73,653	,815	,053	,224	-,394	,499
S3_KL_Tie	Varianzen sind gleich	,290	,592	2,396	74	,019	,57053	,23807	,09617	1,04489
	Varianzen sind nicht gleich			2,396	73,162	,019	,57053	,23807	,09607	1,04498

T-Test Stück3

S3_KL_Ste	Varianzen sind gleich	,800	,374	2,563	74	,012	,63579	,24804	,14156	1,13001
	Varianzen sind nicht gleich			2,563	72,703	,012	,63579	,24804	,14142	1,13016
S3_KL_Hal	Varianzen sind gleich	2,158	,146	,340	74	,735	,079	,232	-,384	,542
	Varianzen sind nicht gleich			,340	70,171	,735	,079	,232	-,384	,542
S3_KL_Ent	Varianzen sind gleich	,118	,732	,009	74	,993	,00211	,22554	-,44729	,45150
	Varianzen sind nicht gleich			,009	73,942	,993	,00211	,22554	-,44730	,45151
S3_KL_LSB	Varianzen sind gleich	2,421	,124	,313	74	,755	,08263	,26430	-,44401	,60927
	Varianzen sind nicht gleich			,313	70,595	,755	,08263	,26430	-,44443	,60969
S3_KL_Kla	Varianzen sind gleich	4,046	,048	2,056	74	,043	,54368	,26444	,01679	1,07058
	Varianzen sind nicht gleich			2,056	70,374	,043	,54368	,26444	,01633	1,07103
S3_KL_Kna	Varianzen sind gleich	19,648	,000	-18,633	74	,000	-2,921	,157	-3,233	-2,609
	Varianzen sind nicht gleich			-18,633	45,438	,000	-2,921	,157	-3,237	-2,605
S3_KL_Kni	Varianzen sind gleich	29,454	,000	-21,199	74	,000	-3,263	,154	-3,570	-2,956
	Varianzen sind nicht gleich			-21,199	43,638	,000	-3,263	,154	-3,573	-2,953
S3_KL_Rum	Varianzen sind gleich	13,427	,000	-4,353	73	,000	-,93991	,21593	-1,37027	-,50956
	Varianzen sind nicht gleich			-4,321	55,251	,000	-,93991	,21753	-1,37580	-,50403
S3_KL_Gle	Varianzen sind gleich	,790	,377	-3,802	74	,000	-1,132	,298	-1,725	-,539
	Varianzen sind nicht gleich			-3,802	73,154	,000	-1,132	,298	-1,725	-,538
S3_KL_Dis	Varianzen sind gleich	,002	,967	-5,493	74	,000	-1,28711	,23430	-1,75395	-,82026
	Varianzen sind nicht gleich			-5,493	73,720	,000	-1,28711	,23430	-1,75398	-,82023
S3_EM_1	Varianzen sind gleich	1,343	,250	-,885	74	,379	-,15921	,17983	-,51754	,19912
	Varianzen sind nicht gleich			-,885	70,380	,379	-,15921	,17983	-,51785	,19942
S3_EM_2	Varianzen sind gleich	,223	,639	,216	74	,830	,03842	,17781	-,31587	,39271
	Varianzen sind nicht gleich			,216	73,839	,830	,03842	,17781	-,31588	,39273
S3_EM_3	Varianzen sind gleich	1,317	,255	,744	74	,460	,22263	,29943	-,37399	,81925
	Varianzen sind nicht gleich			,744	73,726	,460	,22263	,29943	-,37403	,81929
S3_Ges_Gef	Varianzen sind gleich	,061	,806	,606	74	,546	,15158	,25002	-,34660	,64976
	Varianzen sind nicht gleich			,606	73,971	,546	,15158	,25002	-,34660	,64976
S3_Ges_Sta	Varianzen sind gleich	,283	,596	,610	74	,544	,15368	,25193	-,34830	,65567
	Varianzen sind nicht gleich			,610	73,524	,544	,15368	,25193	-,34835	,65572
S3_Ges_Leb	Varianzen sind gleich	,039	,844	-,306	74	,760	-,08316	,27170	-,62453	,45821
	Varianzen sind nicht gleich			-,306	73,965	,760	-,08316	,27170	-,62453	,45822
S3_Ges_Er	Varianzen sind gleich	,083	,773	,137	74	,891	,02500	,18216	-,33796	,38796
	Varianzen sind nicht gleich			,137	73,721	,891	,02500	,18216	-,33799	,38799

Ränge

	Techn k	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
S1_IN_Dyn	Neu	38	43,33	1646,50
	Alt	38	33,67	1279,50
	Gesamt	76		
S1_IN_Phra2	Neu	38	42,34	1609,00
	Alt	38	34,66	1317,00
	Gesamt	76		
S1_IN_Ago	Neu	38	43,33	1646,50
	Alt	38	33,67	1279,50
	Gesamt	76		
S1_IN_Kla3	Neu	38	44,89	1706,00
	Alt	38	32,11	1220,00
	Gesamt	76		
S1_IN_Text	Neu	38	48,41	1839,50
	Alt	38	28,59	1086,50
	Gesamt	76		
S2_IN_Kla3	Neu	38	44,14	1677,50
	Alt	38	32,86	1248,50
	Gesamt	76		
S2_IN_Int	Neu	38	43,45	1651,00
	Alt	38	33,55	1275,00
	Gesamt	76		
S2_IN_Text	Neu	38	49,45	1879,00
	Alt	38	27,55	1047,00
	Gesamt	76		
S3_IN_Art	Neu	38	42,80	1626,50
	Alt	38	34,20	1299,50
	Gesamt	76		
S3_IN_Kla3	Neu	38	43,55	1655,00
	Alt	38	33,45	1271,00
	Gesamt	76		
S3_IN_Text	Neu	38	44,13	1677,00
	Alt	38	32,87	1249,00
	Gesamt	76		

ONEWAY ANOVA

S1 IN Dyn

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Eta-Quadrat
Zwischen den Gruppen	3,056	1	3,056	3,656	,060	0,05
Innerhalb der Gruppen	61,863	74	,836			
Gesamt	64,919	75				5,48%

S1 IN Ago

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Eta-Quadrat
Zwischen den Gruppen	4,122	1	4,122	3,881	,053	0,05
Innerhalb der Gruppen	78,598	74	1,062			
Gesamt	82,720	75				4,98%

S1 IN Kla3

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Eta-Quadrat
Zwischen den Gruppen	7,579	1	7,579	7,835	,007	0,10
Innerhalb der Gruppen	71,579	74	,967			
Gesamt	79,158	75				9,57%

S1 IN Text

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Eta-Quadrat
Zwischen den Gruppen	33,649	1	33,649	22,647	,000	0,23
Innerhalb der Gruppen	109,950	74	1,486			
Gesamt	143,599	75				23,43%

S2 IN Kla3

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Eta-Quadrat
Zwischen den Gruppen	6,961	1	6,961	5,872	,018	0,07
Innerhalb der Gruppen	87,711	74	1,185			
Gesamt	94,671	75				7,35%

S2 IN Int

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Eta-Quadrat
Zwischen den Gruppen	4,631	1	4,631	4,170	,045	0,05
Innerhalb der Gruppen	82,179	74	1,111			
Gesamt	86,810	75				5,33%

S2 IN Text

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Eta-Quadrat
Zwischen den Gruppen	30,760	1	30,760	27,360	,000	0,27
Innerhalb der Gruppen	83,196	74	1,124			
Gesamt	113,955	75				27,00%

S3 IN Art

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Eta-Quadrat
Zwischen den Gruppen	4,533	1	4,533	3,062	,084	0,04
Innerhalb der Gruppen	109,538	74	1,480			
Gesamt	114,071	75				3,97%

S3 IN Kla3

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Eta-Quadrat
Zwischen den Gruppen	5,263	1	5,263	4,837	,031	0,06
Innerhalb der Gruppen	80,526	74	1,088			
Gesamt	85,789	75				6,13%

S3 IN Text

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Eta-Quadrat
Zwischen den Gruppen	8,476	1	8,476	7,601	,007	0,09
Innerhalb der Gruppen	82,518	74	1,115			
Gesamt	90,994	75				9,31%

D. Daten Faktoranalyse

Korrelationsmatrix der Interpretationsitems Stück1

		S1_IN_Tem	S1_IN_Dyn	S1_IN_B Dyn	S1_IN_Art	S1_IN_ArtBa	S1_IN_Phra1	S1_IN_Phra2	S1_IN_Ago	S1_IN_Rhy	S1_IN_Kla1	S1_IN_Kla2	S1_IN_Kla3	S1_IN_KlaBa	S1_IN_Int	S1_IN_Text	S1_IN_MuAus
Korrelation	S1_IN_Tem	**1,000**	,028	,054	,053	-,012	,078	-,139	,035	,141	-,104	-,056	-,050	-,137	,239	,098	-,211
	S1_IN_Dyn	,028	**1,000**	,344	,039	,222	-,211	,048	,184	-,157	-,006	-,053	-,124	,208	-,159	-,052	,124
	S1_IN_B Dyn	,054	,344	**1,000**	,093	,015	-,075	,080	,298	,086	-,061	-,246	-,019	,169	-,097	-,051	,147
	S1_IN_Art	,053	,039	,093	**1,000**	,012	,175	,070	,189	-,040	-,342	-,171	,101	-,191	,317	,098	-,029
	S1_IN_ArtBa	-,012	,222	,015	,012	**1,000**	-,090	,215	-,051	,186	,155	,020	,051	,283	,039	,099	,248
	S1_IN_Phra1	,078	-,211	-,075	,175	-,090	**1,000**	-,035	-,093	,050	-,400	-,081	,185	-,140	,206	,198	-,055
	S1_IN_Phra2	-,139	,048	,080	,070	,215	-,035	**1,000**	,321	,321	,060	-,045	,177	,351	,001	,087	,295
	S1_IN_Ago	,035	,184	,298	,189	-,051	-,093	,321	**1,000**	,213	,104	,124	,123	-,049	,025	,063	,031
	S1_IN_Rhy	,141	-,157	,086	-,040	,186	,050	,321	,213	**1,000**	,118	-,045	,227	,070	-,067	,160	,220
	S1_IN_Kla1	-,104	-,006	-,061	-,342	,155	-,400	,060	,104	,118	**1,000**	,085	,012	,341	-,142	-,068	,253
	S1_IN_Kla2	-,056	-,053	-,246	-,171	,020	-,081	-,045	,124	-,045	,085	**1,000**	,090	,010	-,070	,038	-,242
	S1_IN_Kla3	-,050	-,124	-,019	,101	,051	,185	,177	,123	,227	,012	,090	**1,000**	,258	-,011	,135	,137
	S1_IN_KlaBa	-,137	,208	,169	-,191	,283	-,140	,351	-,049	,070	,341	,010	,258	**1,000**	-,066	,003	,323
	S1_IN_Int	,239	-,159	-,097	,317	,039	,206	,001	,025	-,067	-,142	-,070	-,011	-,066	**1,000**	,211	,039
	S1_IN_Text	,098	-,052	-,051	,098	,099	,198	,087	,063	,160	-,068	,038	,135	,003	,211	**1,000**	,056
	S1_IN_MuAus	-,211	,124	,147	-,029	,248	-,055	,295	,031	,220	,253	-,242	,137	,323	,039	,056	**1,000**
Sign fikanz (1-seitig)	S1_IN_Tem		,406	,322	,326	,459	,250	,115	,383	,112	,185	,316	,335	,119	,019	,201	,034
	S1_IN_Dyn	,406		,001	,368	,027	,034	,341	,056	,088	,479	,325	,143	,035	,084	,329	,143
	S1_IN_B Dyn	,322	,001		,212	,449	,260	,246	,004	,231	,299	,016	,434	,072	,202	,331	,103
	S1_IN_Art	,326	,368	,212		,460	,066	,273	,051	,367	,001	,070	,193	,049	,003	,199	,402
	S1_IN_ArtBa	,459	,027	,449	,460		,219	,031	,331	,054	,091	,431	,329	,007	,370	,198	,015
	S1_IN_Phra1	,250	,034	,260	,066	,219		,382	,212	,332	,000	,242	,055	,113	,037	,043	,319
	S1_IN_Phra2	,115	,341	,246	,273	,031	,382		,002	,002	,303	,351	,063	,001	,496	,228	,005
	S1_IN_Ago	,383	,056	,004	,051	,331	,212	,002		,033	,185	,143	,145	,338	,414	,294	,396
	S1_IN_Rhy	,112	,088	,231	,367	,054	,332	,002	,033		,155	,348	,024	,275	,284	,084	,028
	S1_IN_Kla1	,185	,479	,299	,001	,091	,000	,303	,185	,155		,232	,459	,001	,111	,279	,014
	S1_IN_Kla2	,316	,325	,016	,070	,431	,242	,351	,143	,348	,232		,220	,466	,273	,371	,018
	S1_IN_Kla3	,335	,143	,434	,193	,329	,055	,063	,145	,024	,459	,220		,012	,462	,123	,118
	S1_IN_KlaBa	,119	,035	,072	,049	,007	,113	,001	,338	,275	,001	,466	,012		,287	,490	,002
	S1_IN_Int	,019	,084	,202	,003	,370	,037	,496	,414	,284	,111	,273	,462	,287		,034	,370
	S1_IN_Text	,201	,329	,331	,199	,198	,043	,228	,294	,084	,279	,371	,123	,490	,034		,314
	S1_IN_MuAus	,034	,143	,103	,402	,015	,319	,005	,396	,028	,014	,018	,118	,002	,370	,314	

Korrelationsmatrix der Interpretationsitems Stück2

		S2_IN_Tem	S2_IN_Dyn	S2_IN_BiDyn	S2_IN_Art	S2_IN_ArtBa	S2_IN_Phra1	S2_IN_Phra2	S2_IN_Ago	S2_IN_Rhy	S2_IN_Kla1	S2_IN_Kla2	S2_IN_Kla3	S2_IN_KlaBa	S2_IN_Int	S2_IN_Text	S2_IN_MuAus
Korrelation	S2_IN_Tem	**1,000**	,099	-,021	,022	-,112	-,048	,126	,069	,219	-,029	,110	-,127	-,044	,109	,067	,074
	S2_IN_Dyn	,099	**1,000**	,531	-,022	,438	,038	,445	,261	,394	,101	,107	,350	,294	,294	,158	,305
	S2_IN_BiDyn	-,021	,531	**1,000**	-,041	,516	,036	,387	,284	,264	,172	-,055	,200	,319	,377	-,005	,114
	S2_IN_Art	,022	-,022	-,041	**1,000**	-,048	,238	,011	,095	-,060	-,330	-,042	,099	-,063	-,085	,015	,042
	S2_IN_ArtBa	-,112	,438	,516	-,048	**1,000**	-,010	,360	,386	,165	,053	,274	,403	,313	,374	,133	,122
	S2_IN_Phra1	-,048	,038	,036	,238	-,010	**1,000**	,089	-,113	,092	-,089	-,099	,231	,073	,074	,241	,023
	S2_IN_Phra2	,126	,445	,387	,011	,360	,089	**1,000**	,311	,333	,149	,116	,271	,322	,163	,251	,020
	S2_IN_Ago	,069	,261	,284	,095	,386	-,113	,311	**1,000**	,027	,061	,163	,200	,380	-,028	-,009	,038
	S2_IN_Rhy	,219	,394	,264	-,060	,165	,092	,333	,027	**1,000**	-,077	,074	,244	,079	,314	,229	,100
	S2_IN_Kla1	-,029	,101	,172	-,330	,053	-,089	,149	,061	-,077	**1,000**	-,021	-,158	,009	-,074	-,291	-,008
	S2_IN_Kla2	,110	,107	-,055	-,042	,274	-,099	,116	,163	,074	-,021	**1,000**	,258	,262	,045	,102	,116
	S2_IN_Kla3	-,127	,350	,200	,099	,403	,231	,271	,200	,244	-,158	,258	**1,000**	,519	,257	,370	,458
	S2_IN_KlaBa	-,044	,294	,319	-,063	,313	,073	,322	,380	,079	,009	,262	,519	**1,000**	,148	,135	,308
	S2_IN_Int	,109	,294	,377	-,085	,374	,074	,163	-,028	,314	-,074	,045	,257	,148	**1,000**	,321	,248
	S2_IN_Text	,067	,158	-,005	,015	,133	,241	,251	-,009	,229	-,291	,102	,370	,135	,321	**1,000**	,228
	S2_IN_MuAus	,074	,305	,114	,042	,122	,023	,020	,038	,100	-,008	,116	,458	,308	,248	,228	**1,000**
Signifikanz (1-seitig)	S2_IN_Tem		,198	,427	,426	,167	,339	,138	,276	,029	,400	,171	,136	,352	,175	,283	,263
	S2_IN_Dyn	,198		,000	,424	,000	,371	,000	,011	,000	,193	,178	,001	,005	,005	,086	,004
	S2_IN_BiDyn	,427	,000		,364	,000	,377	,000	,006	,011	,068	,320	,042	,002	,000	,484	,163
	S2_IN_Art	,426	,424	,364		,339	,019	,463	,208	,302	,002	,360	,197	,293	,232	,447	,360
	S2_IN_ArtBa	,167	,000	,000	,339		,465	,001	,000	,077	,325	,008	,000	,003	,000	,125	,147
	S2_IN_Phra1	,339	,371	,377	,019	,465		,223	,166	,215	,221	,196	,022	,265	,263	,018	,421
	S2_IN_Phra2	,138	,000	,000	,463	,001	,223		,003	,002	,099	,159	,009	,002	,080	,014	,431
	S2_IN_Ago	,276	,011	,006	,208	,000	,166	,003		,409	,301	,079	,042	,000	,404	,469	,372
	S2_IN_Rhy	,029	,000	,011	,302	,077	,215	,002	,409		,255	,263	,017	,248	,003	,023	,194
	S2_IN_Kla1	,400	,193	,068	,002	,325	,221	,099	,301	,255		,430	,087	,469	,264	,005	,474
	S2_IN_Kla2	,171	,178	,320	,360	,008	,196	,159	,079	,263	,430		,012	,011	,349	,190	,159
	S2_IN_Kla3	,136	,001	,042	,197	,000	,022	,009	,042	,017	,087	,012		,000	,012	,001	,000
	S2_IN_KlaBa	,352	,005	,002	,293	,003	,265	,002	,000	,248	,469	,011	,000		,102	,122	,003
	S2_IN_Int	,175	,005	,000	,232	,000	,263	,080	,404	,003	,264	,349	,012	,102		,002	,015
	S2_IN_Text	,283	,086	,484	,447	,125	,018	,014	,469	,023	,005	,190	,001	,122	,002		,024
	S2_IN_MuAus	,263	,004	,163	,360	,147	,421	,431	,372	,194	,474	,159	,000	,003	,015	,024	

Korrelationsmatrix der Interpretationsitems Stück3

		S3_IN_Tem	S3_IN_Dyn	S3_IN_BiDyn	S3_IN_Art	S3_IN_ArtBa	S3_IN_Phra1	S3_ N_Phra2	S3_IN_Ago	S3_ N_Rhy	S3_ N_Kla1	S3_IN_Kla2	S3_ N_Kla3	S3_IN_KlaBa	S3_ N_Int	S3_ N_Text	S3_IN_MuAus
Korrelation	S3_IN_Tem	**1,000**	,080	,017	,095	,043	,024	-,089	,118	,208	-,043	-,105	,023	,165	,093	,309	-,020
	S3_IN_Dyn	,080	**1,000**	,464	,043	,280	,052	,125	,240	,223	-,013	-,056	,191	,333	,168	,274	-,019
	S3_IN_BiDyn	,017	,464	**1,000**	-,140	,374	,061	,269	,440	,214	,078	,003	,178	,390	,058	,121	,085
	S3_ N_Art	,095	,043	-,140	**1,000**	-,079	,206	-,010	-,137	-,005	-,319	,066	,295	-,031	,123	,078	,042
	S3_IN_ArtBa	,043	,280	,374	-,079	**1,000**	,300	,068	,249	,147	-,009	,055	,251	,453	,217	,118	,142
	S3_ N_Phra1	,024	,052	,061	,206	,300	**1,000**	-,293	-,169	-,133	-,130	-,127	,280	,227	,007	,084	,073
	S3_ N_Phra2	-,089	,125	,269	-,010	,068	-,293	**1,000**	,087	,147	,227	,168	,118	,061	,199	,166	,220
	S3_IN_Ago	,118	,240	,440	-,137	,249	-,169	,087	**1,000**	,133	,089	,054	-,036	,146	-,021	,194	-,121
	S3_IN_Rhy	,208	,223	,214	-,005	,147	-,133	,147	,133	**1,000**	-,029	-,028	,130	,182	,266	,431	,065
	S3_ N_Kla1	-,043	-,013	,078	-,319	-,009	-,130	,227	,089	-,029	**1,000**	-,230	-,239	,004	-,083	,073	,062
	S3_ N_Kla2	-,105	-,056	,003	,066	,055	-,127	,168	,054	-,028	-,230	**1,000**	,359	-,009	,032	-,067	,104
	S3_ N_Kla3	,023	,191	,178	,295	,251	,280	,118	-,036	,130	-,239	,359	**1,000**	,361	,344	,255	,084
	S3_IN_KlaBa	,165	,333	,390	-,031	,453	,227	,061	,146	,182	,004	-,009	,361	**1,000**	,018	,064	,179
	S3_IN_Int	,093	,168	,058	,123	,217	,007	,199	-,021	,266	-,083	,032	,344	,018	**1,000**	,341	,112
	S3_ N_Text	,309	,274	,121	,078	,118	,084	,166	,194	,431	,073	-,067	,255	,064	,341	**1,000**	,103
	S3_IN_MuAus	-,020	-,019	,085	,042	,142	,073	,220	-,121	,065	,062	,104	,084	,179	,112	,103	**1,000**
Signifikanz (1-seitig)	S3_IN_Tem		,247	,442	,208	,358	,419	,222	,154	,036	,358	,183	,421	,077	,211	,003	,433
	S3_IN_Dyn	,247		,000	,355	,007	,328	,142	,018	,026	,454	,315	,049	,002	,073	,008	,435
	S3_IN_BiDyn	,442	,000		,114	,000	,299	,009	,000	,032	,253	,491	,062	,000	,308	,148	,233
	S3_ N_Art	,208	,355	,114		,250	,037	,466	,118	,482	,002	,284	,005	,396	,144	,250	,358
	S3_IN_ArtBa	,358	,007	,000	,250		,004	,281	,015	,102	,470	,319	,014	,000	,030	,155	,111
	S3_ N_Phra1	,419	,328	,299	,037	,004		,005	,073	,126	,132	,138	,007	,024	,475	,235	,265
	S3_ N_Phra2	,222	,142	,009	,466	,281	,005		,227	,103	,024	,074	,155	,299	,043	,076	,028
	S3_IN_Ago	,154	,018	,000	,118	,015	,073	,227		,126	,222	,322	,378	,104	,430	,047	,148
	S3_IN_Rhy	,036	,026	,032	,482	,102	,126	,103	,126		,402	,404	,132	,058	,010	,000	,290
	S3_ N_Kla1	,358	,454	,253	,002	,470	,132	,024	,222	,402		,023	,019	,488	,238	,265	,296
	S3_ N_Kla2	,183	,315	,491	,284	,319	,138	,074	,322	,404	,023		,001	,468	,393	,283	,186
	S3_ N_Kla3	,421	,049	,062	,005	,014	,007	,155	,378	,132	,019	,001		,001	,001	,013	,234
	S3_IN_KlaBa	,077	,002	,000	,396	,000	,024	,299	,104	,058	,488	,468	,001		,440	,291	,061
	S3_IN_Int	,211	,073	,308	,144	,030	,475	,043	,430	,010	,238	,393	,001	,440		,001	,168
	S3_ N_Text	,003	,008	,148	,250	,155	,235	,076	,047	,000	,265	,283	,013	,291	,001		,187
	S3_IN_MuAus	,433	,435	,233	,358	,111	,265	,028	,148	,290	,296	,186	,234	,061	,168	,187	

Korrelationsmatrix der Klanbilditems Stück 1

		S1_KL_Qual	S1_KL_LS	S1_KL_Dyn	S1_KL_Hoe	S1_KL_Tie	S1_KL_Ste	S1_KL_Hal	S1_KL_Ent	S1_KL_LSB	S1_KL_Kla	S1_KL_Kna	S1_KL_Kni	S1_KL_Rum	S1_KL_Gle	S1_KL_Dis
Korrelation	S1_KL_Qual	**1,000**	,103	,333	,214	-,287	,484	,473	,329	,299	,686	-,784	-,840	-,499	-,474	-,678
	S1_KL_LS	,103	**1,000**	-,172	,187	-,105	,088	-,051	,195	-,033	,074	-,125	-,005	-,027	-,101	-,251
	S1_KL_Dyn	,333	-,172	**1,000**	-,020	-,380	,120	,217	-,028	,140	,259	-,208	-,271	-,126	-,019	-,285
	S1_KL_Hoe	,214	,187	-,020	**1,000**	,340	,269	,269	,291	-,056	,187	-,040	,019	-,019	,107	-,134
	S1_KL_Tie	-,287	-,105	-,380	,340	**1,000**	-,063	,002	-,148	-,150	-,262	,456	,348	,185	,220	,391
	S1_KL_Ste	,484	,088	,120	,269	-,063	**1,000**	,248	,221	,127	,309	-,369	-,413	-,284	-,013	-,331
	S1_KL_Hal	,473	-,051	,217	,269	,002	,248	**1,000**	,279	,188	,533	-,321	-,312	-,136	-,147	-,201
	S1_KL_Ent	,329	,195	-,028	,291	-,148	,221	,279	**1,000**	,216	,286	-,308	-,209	-,104	-,109	-,232
	S1_KL_LSB	,299	-,033	,140	-,056	-,150	,127	,188	,216	**1,000**	,255	-,203	-,300	-,266	-,272	-,300
	S1_KL_Kla	,686	,074	,259	,187	-,262	,309	,533	,286	,255	**1,000**	-,589	-,623	-,287	-,278	-,455
	S1_KL_Kna	-,784	-,125	-,208	-,040	,456	-,369	-,321	-,308	-,203	-,589	**1,000**	,842	,580	,515	,624
	S1_KL_Kni	-,840	-,005	-,271	,019	,348	-,413	-,312	-,209	-,300	-,623	,842	**1,000**	,526	,434	,627
	S1_KL_Rum	-,499	-,027	-,126	-,019	,185	-,284	-,136	-,104	-,266	-,287	,580	,526	**1,000**	,450	,462
	S1_KL_Gle	-,474	-,101	-,019	,107	,220	-,013	-,147	-,109	-,272	-,278	,515	,434	,450	**1,000**	,512
	S1_KL_Dis	-,678	-,251	-,285	-,134	,391	-,331	-,201	-,232	-,300	-,455	,624	,627	,462	,512	**1,000**
Signifikanz (1-seitig)	S1_KL_Qual		,189	,002	,032	,006	,000	,000	,002	,004	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	S1_KL_LS	,189		,068	,053	,183	,225	,331	,046	,388	,262	,142	,481	,407	,193	,014
	S1_KL_Dyn	,002	,068		,433	,000	,150	,030	,404	,114	,012	,035	,009	,139	,436	,006
	S1_KL_Hoe	,032	,053	,433		,001	,009	,009	,005	,316	,053	,366	,436	,434	,178	,125
	S1_KL_Tie	,006	,183	,000	,001		,293	,494	,101	,098	,011	,000	,001	,055	,028	,000
	S1_KL_Ste	,000	,225	,150	,009	,293		,015	,028	,137	,003	,001	,000	,007	,455	,002
	S1_KL_Hal	,000	,331	,030	,009	,494	,015		,007	,052	,000	,002	,003	,121	,103	,041
	S1_KL_Ent	,002	,046	,404	,005	,101	,028	,007		,031	,006	,003	,035	,186	,173	,022
	S1_KL_LSB	,004	,388	,114	,316	,098	,137	,052	,031		,013	,040	,004	,010	,009	,004
	S1_KL_Kla	,000	,262	,012	,053	,011	,003	,000	,006	,013		,000	,000	,006	,008	,000
	S1_KL_Kna	,000	,142	,035	,366	,000	,001	,002	,003	,040	,000		,000	,000	,000	,000
	S1_KL_Kni	,000	,481	,009	,436	,001	,000	,003	,035	,004	,000	,000		,000	,000	,000
	S1_KL_Rum	,000	,407	,139	,434	,055	,007	,121	,186	,010	,006	,000	,000		,000	,000
	S1_KL_Gle	,000	,193	,436	,178	,028	,455	,103	,173	,009	,008	,000	,000	,000		,000
	S1_KL_Dis	,000	,014	,006	,125	,000	,002	,041	,022	,004	,000	,000	,000	,000	,000	

Korrelationsmatrix der Klangbildmatrix Stück 2

		S2_KL_Qual	S2_KL_LS	S2_KL_Dyn	S2_KL_Hoe	S2_KL_Tie	S2_KL_Ste	S2_KL_Hal	S2_KL_Ent	S2_KL_LSB	S2_KL_Kla	S2_KL_Kna	S2_KL_Kni	S2_KL_Rum	S2_KL_Gle	S2_KL_Dis
Korrelation	S2_KL_Qual	**1,000**	,101	,282	,333	,380	,588	-,316	-,225	-,268	,615	,763	,768	,487	,526	,639
	S2_KL_LS	,101	**1,000**	,166	,310	,211	,018	,091	,130	,002	,062	-,036	,011	-,093	-,052	,057
	S2_KL_Dyn	,282	,166	**1,000**	,228	,144	,367	-,102	-,042	-,120	,265	,331	,396	,098	,065	,214
	S2_KL_Hoe	,333	,310	,228	**1,000**	-,025	,089	-,018	-,038	,091	,265	,180	,148	-,120	,102	,145
	S2_KL_Tie	,380	,211	,144	-,025	**1,000**	,429	,071	-,056	-,115	,239	,438	,458	,177	,263	,372
	S2_KL_Ste	,588	,018	,367	,089	,429	**1,000**	-,036	-,043	-,181	,375	,668	,606	,360	,370	,400
	S2_KL_Hal	-,316	,091	-,102	-,018	,071	-,036	**1,000**	,325	,340	-,542	-,136	-,183	-,230	-,236	-,127
	S2_KL_Ent	-,225	,130	-,042	-,038	-,056	-,043	,325	**1,000**	,106	-,150	-,213	-,252	-,238	-,056	-,169
	S2_KL_LSB	-,268	,002	-,120	,091	-,115	-,181	,340	,106	**1,000**	-,403	-,292	-,282	-,261	-,265	-,253
	S2_KL_Kla	,615	,062	,265	,265	,239	,375	-,542	-,150	-,403	**1,000**	,511	,475	,329	,347	,449
	S2_KL_Kna	,763	-,036	,331	,180	,438	,668	-,136	-,213	-,292	,511	**1,000**	,929	,542	,595	,631
	S2_KL_Kni	,768	,011	,396	,148	,458	,606	-,183	-,252	-,282	,475	,929	**1,000**	,564	,526	,659
	S2_KL_Rum	,487	-,093	,098	-,120	,177	,360	-,230	-,238	-,261	,329	,542	,564	**1,000**	,463	,468
	S2_KL_Gle	,526	-,052	,065	,102	,263	,370	-,236	-,056	-,265	,347	,595	,526	,463	**1,000**	,572
	S2_KL_Dis	,639	,057	,214	,145	,372	,400	-,127	-,169	-,253	,449	,631	,659	,468	,572	**1,000**
Signifikanz (1-seitig)	S2_KL_Qual		,193	,007	,002	,000	,000	,003	,025	,010	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	S2_KL_LS	,193		,076	,003	,034	,439	,217	,132	,494	,298	,380	,464	,213	,327	,313
	S2_KL_Dyn	,007	,076		,024	,107	,001	,191	,358	,150	,010	,002	,000	,199	,287	,032
	S2_KL_Hoe	,002	,003	,024		,417	,223	,440	,372	,217	,010	,060	,100	,150	,190	,106
	S2_KL_Tie	,000	,034	,107	,417		,000	,272	,315	,161	,019	,000	,000	,064	,011	,000
	S2_KL_Ste	,000	,439	,001	,223	,000		,380	,356	,058	,000	,000	,000	,001	,000	,000
	S2_KL_Hal	,003	,217	,191	,440	,272	,380		,002	,001	,000	,121	,057	,023	,020	,138
	S2_KL_Ent	,025	,132	,358	,372	,315	,356	,002		,182	,098	,032	,014	,019	,316	,072
	S2_KL_LSB	,010	,494	,150	,217	,161	,058	,001	,182		,000	,005	,007	,011	,010	,014
	S2_KL_Kla	,000	,298	,010	,010	,019	,000	,000	,098	,000		,000	,000	,002	,001	,000
	S2_KL_Kna	,000	,380	,002	,060	,000	,000	,121	,032	,005	,000		,000	,000	,000	,000
	S2_KL_Kni	,000	,464	,000	,100	,000	,000	,057	,014	,007	,000	,000		,000	,000	,000
	S2_KL_Rum	,000	,213	,199	,150	,064	,001	,023	,019	,011	,002	,000	,000		,000	,000
	S2_KL_Gle	,000	,327	,287	,190	,011	,000	,020	,316	,010	,001	,000	,000	,000		,000
	S2_KL_Dis	,000	,313	,032	,106	,000	,000	,138	,072	,014	,000	,000	,000	,000	,000	

Korrelationsmatrix der Klangbildmatrix Stück 3

		S3_KL_Qual	S3_KL_LS	S3_KL_Dyn	S3_KL_Hoe	S3_KL_Tie	S3_KL_Ste	S3_KL_Hal	S3_KL_Ent	S3_KL_LSB	S3_KL_Kla	S3_KL_Kna	S3_KL_Kni	S3_KL_Rum	S3_KL_Gle	S3_KL_Dis
Korrelation	S3_KL_Qual	**1,000**	,120	-,481	,227	,223	,455	,346	,237	,355	,558	-,672	-,648	-,295	-,365	-,606
	S3_KL_LS	,120	**1,000**	-,241	,179	,083	-,063	-,162	,189	,058	,136	-,027	-,006	-,236	-,110	-,057
	S3_KL_Dyn	-,481	-,241	**1,000**	-,012	-,222	-,273	-,133	-,113	-,058	-,310	,349	,387	,217	,194	,388
	S3_KL_Hoe	,227	,179	-,012	**1,000**	-,099	,122	-,022	,137	,043	,268	-,078	-,002	-,017	-,156	-,152
	S3_KL_Tie	,223	,083	-,222	-,099	**1,000**	,251	-,025	-,011	,227	,069	-,275	-,268	-,097	-,005	-,167
	S3_KL_Ste	,455	-,063	-,273	,122	,251	**1,000**	,177	-,087	,167	,380	-,339	-,258	,066	-,090	-,244
	S3_KL_Hal	,346	-,162	-,133	-,022	-,025	,177	**1,000**	,168	,373	,516	-,031	-,009	-,087	-,151	-,260
	S3_KL_Ent	,237	,189	-,113	,137	-,011	-,087	,168	**1,000**	,177	,162	-,076	-,052	-,141	-,185	-,230
	S3_KL_LSB	,355	,058	-,058	,043	,227	,167	,373	,177	**1,000**	,435	-,048	-,048	-,199	-,050	-,328
	S3_KL_Kla	,558	,136	-,310	,268	,069	,380	,516	,162	,435	**1,000**	-,253	-,192	-,157	-,222	-,395
	S3_KL_Kna	-,672	-,027	,349	-,078	-,275	-,339	-,031	-,076	-,048	-,253	**1,000**	,936	,453	,443	,522
	S3_KL_Kni	-,648	-,006	,387	-,002	-,268	-,258	-,009	-,052	-,048	-,192	,936	**1,000**	,467	,382	,524
	S3_KL_Rum	-,295	-,236	,217	-,017	-,097	,066	-,087	-,141	-,199	-,157	,453	,467	**1,000**	,430	,440
	S3_KL_Gle	-,365	-,110	,194	-,156	-,005	-,090	-,151	-,185	-,050	-,222	,443	,382	,430	**1,000**	,522
	S3_KL_Dis	-,606	-,057	,388	-,152	-,167	-,244	-,260	-,230	-,328	-,395	,522	,524	,440	,522	**1,000**
Signifikanz (1-seitig)	S3_KL_Qual		,152	,000	,025	,027	,000	,001	,020	,001	,000	,000	,000	,005	,001	,000
	S3_KL_LS	,152		,018	,062	,238	,295	,082	,052	,311	,122	,411	,479	,021	,175	,315
	S3_KL_Dyn	,000	,018		,458	,028	,009	,128	,167	,309	,003	,001	,000	,030	,047	,000
	S3_KL_Hoe	,025	,062	,458		,200	,149	,425	,120	,357	,010	,253	,495	,441	,090	,096
	S3_KL_Tie	,027	,238	,028	,200		,015	,417	,463	,025	,277	,009	,010	,203	,484	,076
	S3_KL_Ste	,000	,295	,009	,149	,015		,064	,229	,077	,000	,001	,013	,286	,221	,017
	S3_KL_Hal	,001	,082	,128	,425	,417	,064		,074	,000	,000	,395	,468	,229	,098	,012
	S3_KL_Ent	,020	,052	,167	,120	,463	,229	,074		,064	,083	,259	,328	,114	,056	,023
	S3_KL_LSB	,001	,311	,309	,357	,025	,077	,000	,064		,000	,340	,342	,043	,334	,002
	S3_KL_Kla	,000	,122	,003	,010	,277	,000	,000	,083	,000		,014	,050	,089	,028	,000
	S3_KL_Kna	,000	,411	,001	,253	,009	,001	,395	,259	,340	,014		,000	,000	,000	,000
	S3_KL_Kni	,000	,479	,000	,495	,010	,013	,468	,328	,342	,050	,000		,000	,000	,000
	S3_KL_Rum	,005	,021	,030	,441	,203	,286	,229	,114	,043	,089	,000	,000		,000	,000
	S3_KL_Gle	,001	,175	,047	,090	,484	,221	,098	,056	,334	,028	,000	,000	,000		,000
	S3_KL_Dis	,000	,315	,000	,096	,076	,017	,012	,023	,002	,000	,000	,000	,000	,000	

E. Matlab Quellcode

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Just for the Appendix %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
clearvars,
close all;
clc;
%% Load File
[Sound,fs,Bits] = wavread('..\Audio\KaritaMattila_Beethoven_Ich_liebe_dich.wav');

%% A - Stereo to Mono
Mono = Sound(:,1);                          % LeftChannel

N = length(Mono);                           % Number of Samples
timeVec = linspace(0,N/fs,N);               % Create TimeVec

%% B - Bandpass
fg_u = 300;
fg_o = 2800;
[b,a] = butter(3,[(fg_u/(fs/2)),(fg_o/(fs/2))],'Bandpass');
Mono_Band = filter(b,a,Mono);

% normalise
Mono_Band=(Mono_Band-mean(Mono_Band))/max(abs((Mono_Band-mean(Mono_Band))));

B_PlotBandpass(b,a,Mono,Mono_Band,fs);        %PLOT

%% C - Distortion
B_loud = 1.6;                               % Loud Passage
B_soft = 1.01;                              % Quiete Passage

% Call Distortion Function
Mono_Dist = C_Distortion(Mono_Band,B_loud,B_soft,timeVec);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% C_Distortion.m %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
function Output_Fin = C_Distortion(Input,B_loud,B_soft,t)

%Allocation
Output = zeros(length(Input),1);
Output_Fin = zeros(length(Input),1);

% get distorted Output
for n = 1:length(Input)
        Output(n) = tanh(Input(n)*B_loud)/tanh(B_loud);         % Loud
        Output_Fin(n) = sign(Output(n))* abs(Output(n)^B_soft); % Quiete
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%% D - Artefacts
[clicks,idx] = D_getClicks(N,fs);           % generate ClickVec

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% D_getClicks.m %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
function [clicks,positions] = D_getClicks(Len,FS)

anz = 500;                                          % Nr of Clicks
%% generate Click Vector
% calculate amplitudes with Lognormal probability density function

mu = 1.2811;
sigma = 0.9387;
amplitudes = random('lognormal',mu,sigma,[1,anz]);


% calculate positions with Gamma probability density function
A = 0.3378;
B = 276.683;
interOnsets = random('gam',A,B,[1,anz]);
positions   =  round((cumsum(interOnsets)/anz)*FS);
```

```

% Offset Detection
offset = find(positions<0);
positions(offset)=0;

% allocate memory
clicks = zeros(1,Len)';

% assign amplitudes to positions
clicks(positions)=amplitudes;

% right length
if max(positions) < Len
   Diff = Len - max(positions);
   clicks(max(positions)+1:end)=clicks(1:Diff);
else
   clicks = clicks(1:Len);
end

% apply time varying filter
sampCount = 1;
while sampCount<length(clicks)-1001
    [bb,aa] = butter(3,rand*0.1+0.2);
    clicks(sampCount:sampCount+1000) = filter(bb,aa,clicks(sampCount:sampCount+1000));
    sampCount = sampCount+1000;
end

% normalise
clicks = (clicks - mean(clicks)) / max(abs((clicks - mean(clicks))));
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

thumps = D_getThumps(N,fs);                   % generate ThumpVec

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% D_getThumps.m %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

function thumps = D_getThumps(Len,FS)

%generate durations - RevolutionTime = 0.77s --> 33957 Samples
mu2 = 11000;                                    % ~ 250 ms
sigma2 = 1000;                                  % ~ 22.7 ms
thump_dur = random('norm',mu2,sigma2,[1,10]);

% calculate amplitudes
mu3 = 0.5;
sigma3 = 0.15;
thump_amp = random('norm',mu3,sigma3,[1,10]);

% calculate positions
interOnsets = random('norm',100,50,[1,10]);
positions   =  round((cumsum(interOnsets)/10)*FS);

% calculate freqz
mu4 = 30;
sigma4 = 5;
thump_freq = random('norm',mu4,sigma4,[1,10]);

% allocate memory
thumps = zeros(1,Len)';

%decay time
T = 0.05; %0.03

% assign thumps to positions and build array
for n = 1:length(thump_dur)
    % sample vec
    t = linspace (0, 0.2, thump_dur(n));
    % signal: decaying oscillation
```

```
    thump = thump_amp(n).*exp(-t/T).*sin(2*pi*thump_freq(n)*t);
    % fill array
    index = positions(n):positions(n)+thump_dur(n)-1;
    thumps(index)=thump;
end

% right length
if max(positions) < Len
   Diff = Len - max(positions);
   thumps(max(positions)+1:end)=thumps(1:Diff);
   else
   thumps = thumps(1:Len);
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

noise = D_getNoise(N,fs,1.3);                % generate NoiseVec with AM

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% D_getNoise.m %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

function [y] = D_getNoise(Len,fs,fc)

x = zeros(Len,1);                              % allocate
y = zeros(Len,1);                              % allocate
N = 512;                                       % Blocksize
Num = floor(Len/N);                            % Nr of Blocks
sd_Vec = 1 + 0.15 * randn(Num,1);              % variable SD

for idx = 1:Num
    % cut out a block from x
    xBlock = x((idx-1)*N+1:idx*N);
    % get sd
    yBlock = xBlock +(0 + sd_Vec(idx) * randn(N,1));
    % write output of vibrato function to output vector
    y((idx-1)*N+1:idx*N) = yBlock;
end

%% Single Sideband Amplitude Moulation
y = ssbmod(y,fc,fs);

%% HighPass
F_cut_high = 1000;
[b_HP,a_HP] = butter(2,F_cut_high/(fs/2),'high');
y = filter(b_HP,a_HP,y);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

[Env] = D_getEnv(Mono_Dist,fs);              % envelope of useful signal

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% D_getEnv.m %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
function [env] = D_getEnv(x1,FS)

len = length(x1);

%% Smoothing
%  Parameter properties
tau = 1000;
beta = exp(-1/(tau*FS*0.001));

env = zeros(len,1);                                % allocate
env_1 = 0;                                         % set first values

% envelope of x1
for k = 1:len
    % first order LP smoother
    env(k) = (1 - beta) * abs(x1(k)) + beta * env_1;
    % save last output
    env_1 = env(k);
```

```matlab
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% Artefacts Vector
ArteVec = zeros(N,1);                    % Allocation

ArteVec = ArteVec + noise*0.03;          % add Noise
ArteVec = ArteVec.*(0.2+Env*0.3);        % Envelope Shaping
ArteVec = ArteVec + clicks*0.45;         % add Clicks
ArteVec = ArteVec + thumps*0.9;          % add Thumps

ArteVec = D_BandArte(ArteVec,fs);        % Bandpass Artefacts

SumSig = Mono_Dist*0.43 + ArteVec;       % Signal + Artefacts

SNR = D_getSNR(Mono_Dist*0.43,ArteVec,16)     % Display SNR

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% D_getSNR.m %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

function SNR = D_getSNR(Signal,Noise,Bits)

%Qunat Noise
delta = 1/(2^Bits);
Wf = (delta^2)/12;

% RMS
RMS_Sig = rms(Signal, 1024, 0, 0);
RMS_Noise = rms(Noise,1024,0,0);

% calculate SNR
SNR = 10*log10(sum(Signal.^2) ./ sum(Noise.^2));

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

D_PlotArtefacts;                         % plot


%% E - Wow
[WowSig] = E_WarpIt(SumSig, fs);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% E_WarpIt.m %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

function [y] = E_WarpIt(x,fs)

fMod = 1.3;                         % modulation frequency
M    = floor(fs*0.001);             % static delay in samples
A    = 30;                          % modulation depth in samples 20

% allocate memory
y = zeros(size(x));
p = zeros(size(x));
buff = zeros(4*M+1, 1);


%%
for n = 1:length(x)
    buff = [x(n); buff(1:length(buff)-1)];

    p(n) =  1+M+ A  *sin(2*pi*fMod/fs*n);

    % buff-Sample number left of this position:
    N = floor(p(n));

    % distance of the previous non integer sample to 'N' (0...1) :
    frac = p(n)-N;

```

```
    % Get the value of the in between sample by linear interpolation
    y(n) = buff(N)*(1-frac) + buff(N+1)*frac;

end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%% F - Frequency Response
IR = F_Horn_IR(fs);                          % calculate IR

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% F_Horn_IR.m %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

function [IR] = F_Horn_IR(FS)

%% Read Impedance Vec % Freqz
[Freq,Ra,Xa,SPL,Ze,Xd,CPhase,WPhase,Delay,Efficiency,Ein,Pin,Iin,IPhase]=...
textread('Horn.txt','%f%f%f%f%f%f%f%f%f%f%f%f%f%f%f','headerlines',1,...
'delimiter','\t');

% how many values
Num = length(Freq);

% calculate chracteristic Impedance
rho = 1.2041;           % kg/m3
c = 343;                % m/s
S = 0.196;

Z_0 = rho*c/S;

%Impedance
Imp = Ra+(1i*Xa);

%allocate
Trans = zeros(1,Num);

% calculate transmission coefficient
for n = 1:Num
    Trans(n) = 2*Ra(n)/(Ra(n)+Z_0);
end

Trans=[0,Trans,0];

% normalise
Trans = Trans/max(Trans);

% Zero Padding & Interpolation
xi = 0:10:FS/2-1;
yi = spline(Freq,Trans,xi);

% build complex Spectrum
Trans_Com = [yi conj(fliplr(yi(1:end)))];
x_com = 0:10:FS-1;

% get IR
IR = (length(x_com)/2)*ifft(Trans_Com);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

GraMono = F_pconv(WowSig,IR);               % convolution

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% F_pconv %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

function output = F_pconv(sig1, sig2)

% Allocate
sig1 = sig1(:);
sig2 = sig2(:);
```

```

%Length L=N*M-1
outlength = length(sig1)+length(sig2)-1;
fftsize = 2^nextpow2(outlength);

%zero padding
sig1 = [sig1; zeros(fftsize-length(sig1),1)];
sig2 = [sig2; zeros(fftsize-length(sig2),1)];

% fft
sig1 = fft(sig1,fftsize); sig2 = fft(sig2,fftsize);

% Get Product of Convolution from inverse Transformation
conv_raw = ifft(sig2.*sig1);

% Signal Output
output = real(conv_raw(1:outlength,:));

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

GraMono = GraMono(1:length(Mono));          % right Length

% normalise
GraMono = (GraMono - mean(GraMono)) / max(abs((GraMono - mean(GraMono))));

%% write File
wavwrite(GraMono,fs,Bits,'GraMo_St_3.wav')
```