

Subjektive Evaluierung von Mikrofonen

DIPLOMARBEIT

vorgelegt am

Institut für Elektronische Musik und Akustik
der Universität für Musik und darstellende Kunst in Graz

von

Barbara Semmler

im

März 2008

Betreuer

o.Univ.-Prof. Mag. DI Dr.techn. Robert Höldrich
DI Markus Noisternig

in Kooperation mit

AKG Acoustics GmbH Wien

Betreuer

Dr. Martin Opitz
Ing. Hannes Lehdorfer



UNIVERSITÄT
FÜR MUSIK UND
DARSTELLENDEN KUNST
GRAZ - AUSTRIA

Dank

gilt besonders meinen Eltern, die mir dieses Studium erst ermöglicht haben

meinen Betreuern am IEM in Graz und bei AKG in Wien, sowie allen Personen, die mir vor Ort mit Rat und Tat beiseite standen

den zahlreichen Testpersonen am IEM sowie bei AKG

den Musikerinnen und Musikern, die sich unentgeltlich zu den Aufnahmen bereit erklärt haben: Mario Grünwald, Sascha Hois, Klaus Hostniker, Jürgen Konrad, Johanna Kotschy, Michael Ringer, Manfred Stern, Ronald Schulz, Alois Sontacchi, Pei-jung Wu, Chia-Tyan Yang und Franz Zotter

Zusammenfassung

Die Qualität von Mikrofonen im Studio- und Recordingbereich wird letztendlich durch die Kunden subjektiv beurteilt. Um über diese individuellen Bewertungen allgemeine und objektive Aussagen gewinnen zu können, werden in dieser Arbeit mehrere Hörversuche entworfen und geeignete statistische Verfahren auf diese angewandt.

Es werden Klangfarbenunterschiede von Mikrofonen untersucht und einer Präferenzwertung gegenübergestellt. Unter anderem werden folgende Fragestellungen behandelt: „Wie lassen sich klanglich verschiedene Mikrofone im perzeptiven Wahrnehmungsraum der Testpersonen platzieren? Wie können diese, die Unterschiede kennzeichnenden, Parameter benannt werden? Welche Mikrofone werden klanglich subjektiv präferiert und wodurch lässt sich dies erklären?“.

Um eine faire Gegenüberstellung der Mikrofone zu gewährleisten, wird eine geeignete Rahmenkonstruktion zum Positionieren der Mikrofone für simultane Aufnahmen entwickelt. Zwei prinzipiell unterschiedliche Hörtests werden entworfen und mit einem großen Panel an sogenannten „Expert-Listeners“ (sowohl am IEM Graz als auch bei AKG Wien) durchgeführt. Die statistischen Analysen der Hörversuche umfassen hauptsächlich die Varianzanalyse (ANOVA), die Hauptkomponentenanalyse (PCA), die Regressionsanalyse und die Multidimensionale Skalierung (MDS).

Durch die unterschiedliche Herangehensweise sowohl in den Hörversuchen als auch in den statistischen Auswertungen werden die klanglichen Unterschiede von mehreren Seiten betrachtet. Dadurch kann überprüft werden, ob sich eine aussagekräftige Einschätzung, „was ein gut klingendes Mikrofon ausmacht“, ableiten lässt.

Abstract

In general, the customers evaluate the quality of microphones individually and subjectively. Within this thesis, several listening tests are designed in order to obtain objective statements. Adequate statistical analysis methods are applied to the data.

The subjects evaluate the microphones with respect to their differences in timbre and their subjective preferences. The following questions are discussed: “How can we place these microphones that differ in the quality of sound in the perceptual space of the listener? How can we label the parameters that characterize the differences? Which microphones are preferred und how is this explained?”

An appropriate frame construction holding the microphones is designed for simultaneous recordings that ensure an equitable comparison of the microphones. Two generally different listening tests are developed and carried out by a sizeable test panel of expert listeners (at the IEM Graz and at AKG Vienna). The statistical analysis of the tests comprises mainly the Analysis of Variances (ANOVA), the Principle Component Analysis (PCA), the Regression Analysis und the Multidimensional Scaling (MDS).

By the diversity of approach both of the listening tests and the statistical analysis, the differences in sound are observed in different views. Thereby we try to distinguish what a “well sounding microphone” might be.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	13
2 Hörversuche	14
2.1 Versuche im Vorfeld	15
2.1.1 Aufnahmen für die Vortests.....	15
2.1.2 ABX-Vergleich.....	18
2.1.2.1 Prinzip.....	18
2.1.2.2 Durchführung	20
2.1.2.3 Ergebnisse.....	20
2.1.3 Hörtraining des „Testpanel AKG“	25
2.1.4 Aufstellen von Attributen	26
2.1.4.1 Vorgehensweise	26
2.1.4.2 Ergebnisse.....	27
2.1.5 Vortest	30
2.1.5.1 Durchführung	30
2.1.5.2 Ergebnisse.....	32
2.2 Programmmaterial für die Haupttests.....	33
2.2.1 Auswahl der Mikrofone	33
2.2.2 Auswahl der Instrumente	37
2.2.3 Mikrofonhalterung	37
2.2.3.1 Design	38
2.2.4 Aufnahmesituation	39
2.2.4.1 Hallradius des „Cube“	40
2.2.4.2 Pegelanpassung der Testsignale.....	41
2.3 Profil der Testpersonen	42
2.4 Hörversuch Teil 1	43
2.4.1 Testdesign	43
2.4.1.1 Software „ASEM“	45
2.4.2 Abhörsituation	47
2.5 Hörversuch Teil 2	48
2.5.1 Testdesign	48
2.5.2 Abhörsituation	51
3 Statistische Analysen	52
3.1 Multivariate Analysemethoden	52

3.1.1	Strukturen-prüfende Verfahren	52
3.1.1.1	Varianzanalyse	53
3.1.1.2	Regressionsanalyse	56
3.1.1.2.1	Stabilität des Systems	60
3.1.2	Strukturen-entdeckende Verfahren	61
3.1.2.1	Clusteranalyse	61
3.1.2.2	Hauptkomponentenanalyse	62
3.1.2.3	Multidimensionale Skalierung	64
3.1.2.3.1	Interpretation der Dimensionen	69
3.2	Analyse Hörtest 1	71
3.2.1	Datenaufbereitung	71
3.2.2	Ein- und zweifaktorielle Varianzanalyse	73
3.2.2.1	Faktor „Mikrofon“	73
3.2.2.1.1	Korrelationen	84
3.2.2.1.2	Zusammenfassung	89
3.2.2.2	Faktoren „Mikrofon“ und „Instrument“	90
3.2.2.3	Faktor „Membrangröße“	97
3.2.2.4	Faktoren „Membrangröße“ und „Instrument“	110
3.2.3	Hauptkomponentenanalyse	112
3.2.3.1	Faktorenerlegung	112
3.2.3.1.1	Überprüfung auf Stabilität	114
3.2.3.2	Interpretation der Faktoren	116
3.2.4	Multiple lineare Regression	118
3.2.4.1	Einleitung	118
3.2.4.2	Erstes Regressionsmodell	118
3.2.4.2.1	Prüfung des Modells	123
3.2.4.3	Modifiziertes Regressionsmodell	125
3.2.4.4	Zusammenfassung	127
3.3	Analyse Hörtest 2	129
3.3.1	Datenaufbereitung	129
3.3.2	Multidimensionale Skalierung	132
3.3.2.1	Zweidimensionale Konfiguration	132
3.3.2.2	Dreidimensionale Konfiguration	136
3.3.2.3	Interpretierbarkeit der Dimensionen	139
3.3.2.4	Analyse der Präferenz eines Mikrofons	139
4	Erkenntnisse aus den Hörversuchen	144
4.1	Ergebnisse des ersten Hörversuchs	145
4.1.1	Eigenschaftsbeurteilungen der Mikrofone	145

4.1.2 Präferenzwertung der Mikrofone	147
4.1.3 Erkenntnisse aus der zweifaktoriellen ANOVA	148
4.2 Gegenüberstellung von Hörtest 1 und Hörtest 2	150
5 Zusammenfassung und Ausblick.....	163
Literaturverzeichnis.....	165
Abbildungsverzeichnis.....	167
Tabellenverzeichnis.....	174
Anhang	177

1 Einleitung

Das Mikrofon dient als Bindeglied und Schnittstelle zwischen Live-Darbietung und Aufnahme. In vielen musikalischen Produktionen, z.B. im Bereich der Klassik, wird angestrebt, die Signale unverfälscht und naturgetreu zu transportieren. Andererseits hat man vor allem in der Populärmusik längst erkannt, dass durch gezielte Verzerrung des Frequenzspektrums interessante klangliche Charaktere entstehen, die vorteilhaft genutzt werden können. So haben viele TontechnikerInnen und MusikerInnen ihre individuellen Favoriten, wenn es um die Wahl des geeigneten Mikrofons für das jeweilige Instrument geht. Aber nach welchen Kriterien gefällt ein Mikrofon gut? Und ist die Präferenz eines Mikrofons vom Instrument abhängig?

Um diesen Fragen nachzugehen, müssen die grundlegenden Eigenschaften von Klang eingehend untersucht werden.

„Timbre is a multidimensional stimulus - it cannot be correlated with any single physical dimension.“¹

Es gilt herauszufinden, durch welche Merkmale Klang im Wesentlichen beschrieben und erfasst werden kann.

In dieser Arbeit werden die subjektiven Wahrnehmungen der Probanden auf unterschiedliche Weise getestet. Auf Basis von

- Eigenschaftsbeurteilungen der Objekte und
- Beurteilung der Ähnlichkeiten zwischen den Objekten

werden die Positionen der Mikrofone im Wahrnehmungsraum der Testpersonen bestimmt. Diese Abbildung soll Auskunft geben, nach welchen klanglichen Kriterien ein Mikrofon subjektiv gut gefällt.

¹ Erickson 1975

2 Hörversuche

In dieser Arbeit werden zwei unterschiedliche Hörversuche durchgeführt und untersucht.

Im ersten Test werden die klanglichen Eigenschaften eines Mikrofons anhand vorgegebener Attribute bewertet. Diese Klang beschreibenden Merkmale werden gemeinsam mit dem Testpanel in einem mehrteiligen Verfahren ausgewählt. Die Bewertung der Testsignale erfolgt mittels Ratingverfahren auf stufenlosen Skalen.

Im zweiten Hörversuch hingegen werden Ähnlichkeiten bzw. Unähnlichkeiten der Mikrofone zueinander beurteilt. Diese Ähnlichkeiten werden in Distanzmaße transformiert und geben in der Analyse bildlich den Wahrnehmungsraum der Probanden wieder.

Die Mikrofone werden in beiden Tests auch nach ihrer Präferenz bewertet. Als Ergebnis wird eine Rangfolge für jedes Testsignal ausgegeben. Diese Einstufung gibt an, welches Mikrofon für das jeweilige Instrument bevorzugt wird.

Um die Klangfarbe unterschiedlicher Mikrofone im Paarvergleich beurteilen zu können, müssen diese durch gleiche Stimuli angeregt werden. Bei durch Musiker dargebotenen Stimuli erfordert dies simultane Aufnahmen. Für eine geeignete Anordnung der Mikrofone wird eigens eine Mikrofonhalterung angefertigt. Es werden neun Instrumente in unterschiedlichen Spieltechniken aufgenommen und deren Lautheit angepasst.

Die Hörversuche dieser Arbeit werden als Blindtests durchgeführt.

2.1 Versuche im Vorfeld

Zu Beginn stellt sich die prinzipielle Frage: „Sind Klangfarbenunterschiede zwischen den einzelnen Mikrofonen signifikant hörbar?“ Nur dann wäre es sinnvoll dieses Klangmaterial bei einem Hörversuch einzusetzen.

Um der Frage nachzugehen, werden zwei Tests durchgeführt:

Der erste Hörversuch ist ein ABX-Vergleich. Dabei wird grundsätzlich getestet, ob sich jeweils zwei Signale signifikant voneinander unterscheiden. Es wird untersucht, welche Programmdarbietung zum Testen von Klangfarbenunterschieden geeignet ist bzw. welches Instrument oder welche Spieltechnik wenig Unterscheidung zulässt.

Der zweite Hörversuch besteht aus der Bewertung der Klangbeispiele mittels Attributen und der Bewertung der Präferenz der Mikrofone. Dieser wird über die Varianzanalyse ausgewertet. Der Test gilt als „Vorläufer“ des späteren Hörversuch 1 und soll erste Ergebnisse liefern und Verbesserungsmöglichkeiten aufzeigen.

2.1.1 Aufnahmen für die Vortests

Die Aufnahmen für diese Testversuche finden im „Cube“, einem mittelgroßen Aufführungsraum des Instituts für elektronische Musik und Akustik in Graz statt.

Die ausgewählten Mikrofone sind allesamt Instrumentalmikrofone mit Nierencharakteristik und teilen sich in 2 Großmembran- (GM) und 3 Kleinmembranmikrofone (KM) auf (siehe Abb. 1). Für diese ersten Aufnahmen werden die Mikrofone mittels Stativen eng nebeneinander aufgestellt (die Höhe beträgt 1,25 m) und im Nahfeld in einem Abstand von 1,60 m zum jeweiligen Instrument platziert.

Folgende Mikrofone werden verwendet:

- C 414 B-XLS (GM)
- C 4000 B (GM)
- SE 300 mit der Kapsel CK 91 (KM)²
- C 451 B (KM)
- C 1000 S (KM)

Die zu vergleichenden Mikrofone sind ausschließlich Produkte der Firma AKG.



Abbildung 1 Mikrofonauswahl für den Vortest

Ausgewählte Instrumente:

- Violine
- Cello
- B-Klarinette
- Bass-Klarinette
- Posaune
- Klavier (Flügel)
- Triangel

Die Abbildungen 2 bis 4 zeigen die Aufnahmesituation im „Cube“:

² Das „SE 300“ mit der Nierenkapsel „CK 91“ wird in dieser Arbeit auch „C 391“ genannt.



Abbildung 2 Aufnahmen für den Vortest, Cello



Abbildung 3 Aufnahmen für den Vortest, Posaune



Abbildung 4 Aufnahmen für den Vortest, Klavier

Das aufgenommene Material wird in Samples von einer Länge zwischen 6 und 15 Sekunden geschnitten. Die Pegelanpassung wird für diesen Vortest subjektiv mittels Gehör durchgeführt.

2.1.2 ABX-Vergleich

2.1.2.1 Prinzip

Bei einem ABX-Test werden zwei verschiedene Signale (A und B) dargeboten. Danach folgt Signal X, welches mit einem der beiden Signale ident ist. Es muss nun entschieden werden, ob X dem Signal A oder Signal B entspricht. Die Anzahl an Durchläufen (Trials) soll genügend groß sein, um hinreichende Aussagekraft zu gewährleisten.

Es wird die Hypothese aufgestellt, dass ein statistisch signifikant hörbarer Unterschied zwischen der Komponente A und der Komponente B besteht. Die Nullhypothese im Gegenzug lautet: „A und B klingen gleich.“

Nach Durchlaufen der gewählten Anzahl an Trials werden die Treffer (Hits) ausgewertet. Es wird eine sogenannte „Ratewahrscheinlichkeit“ ermittelt, die angibt, dass ein Proband zu einem bestimmten Prozentsatz beim Zuordnen der Klangbeispiele geraten hat. Diese Wahrscheinlichkeit lässt sich aus der Binomialverteilung herleiten.³

Je größer die Anzahl an Trials, umso aussagekräftiger sind die Urteile bezüglich signifikanter Unterscheidung und der Wahrscheinlichkeit, dass der Proband nach dem Zufallsprinzip geantwortet hat, einzuschätzen. Als Richtwert sollen mindestens 16 Trials durchlaufen werden.⁴

³ Carlstrom 2001

⁴ Carlstrom 2001

In Tabelle 1 sind die Ratewahrscheinlichkeiten für 16 Trials dargestellt.⁵

Hits von 16	Ratewahrscheinlichkeit in %
9	39,9
10	22,6
11	10,6
12	3,8
13	1
14	0,2
15	< 0,1
16	< 0,1

Tabelle 1 Ratewahrscheinlichkeiten für ABX-Vergleiche

Für diesen Blindtest wird die Software „ABX-Comparator“ (siehe Abb. 5) gewählt. Sie wurde von David Carlstrom entwickelt und kann kostenlos über das Internet bezogen werden.⁶

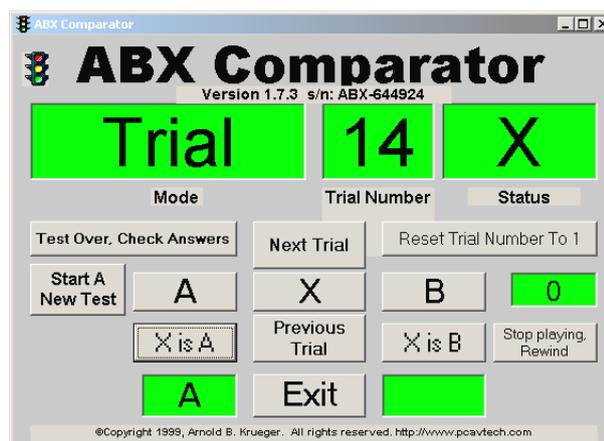


Abbildung 5 Testoberfläche des ABX-Comparator (Carlstrom 2001)

⁵ Das verwendete Berechnungstool ist zu finden auf <http://www.ff123.net/abx/abx.php> (30.01.08)

⁶ Download unter <http://www.pcabx.com/> (29.01.08)

2.1.2.2 Durchführung

Für den Vergleich werden insgesamt 36 unterschiedliche Programmdarbietungen aller sieben Instrumente ausgewählt. Dies ergibt bei fünf Mikrofonen zehn unterschiedliche Mikrofonpaarungen pro Instrument und Spieltechnik. Daraus resultiert eine Anzahl von 360 Testpaaren für diesen Hörversuch.

Da das aufgenommene Programmmaterial sehr umfangreich ist, werden in einem ersten ABX-Vergleich 36 Hörproben mit weniger Trials (6) getestet und, um die Aussagekraft zu erhöhen, in einem zweiten Test weniger unterschiedliche Signale (15) mit einer hohen Anzahl an Durchläufen (16) pro Mikrofonpaar wiederholt.

Da dieser Hörversuch von einer Testperson durchgeführt wurde, sind die Ergebnisse mit Vorbehalt zu betrachten.

2.1.2.3 Ergebnisse

In den folgenden Analysen sind die Mittelwerte und Varianzen der ABX-Vergleiche dargestellt.⁷

⁷ In Kap. 3.1.1.1 kann die Theorie zur Varianzanalyse nachgelesen werden.

Zunächst sind die Ergebnisse für jede mögliche Mikrofonpaarung abgebildet (Abb. 6).

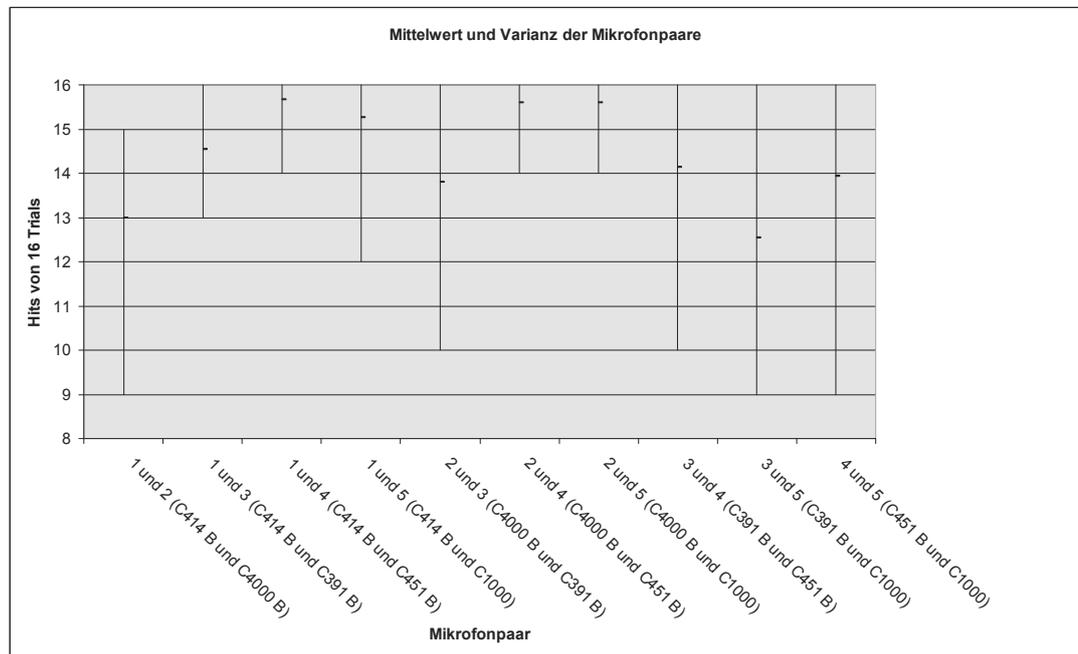


Abbildung 6 Mittelwerte und Varianzen der Mikrofonpaare aus dem ABX-Vergleich

Die Mittelwerte der Mikrofonvergleiche liegen zwischen 12,53 und 15,60 mit stark variierender Streuung um diesen.⁸

Folgende Paarungen zeigen mit 15,60 den höchsten Mittelwert bei geringer Varianz (0,40 – 0,52):

„C 414 B“ und „C 451 B“

“C 4000 B” und “C 451 B”

“C 4000 B” und “C 1000 S”

Diese Mikrofone unterscheiden sich am deutlichsten voneinander.

Die Paare „C 414 B u. C 391 B“ und „C 414 B u. C 1000 S“ folgen oben genannten mit Mittelwerten von 14,53 und 15,27. Die Varianzen betragen 1,41 und 1,07.

Am ehesten geraten wird beim Vergleich von „C 391 B“ und „C 1000 S“. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Zuordnung zufällig gewählt wird, liegt bei etwa 4 %.

⁸ Die Tabellen zur deskriptiven Statistik befinden sich im Anhang.

In Abbildung 7 wird die Unterscheidbarkeit der einzelnen Mikrofone in Gruppen analysiert.

Ein Beispiel: Es wird der Mittelwert und die Varianz der Wertungen aller Mikrofonpaare berechnet, in denen das „C 414 B“ vorkommt.

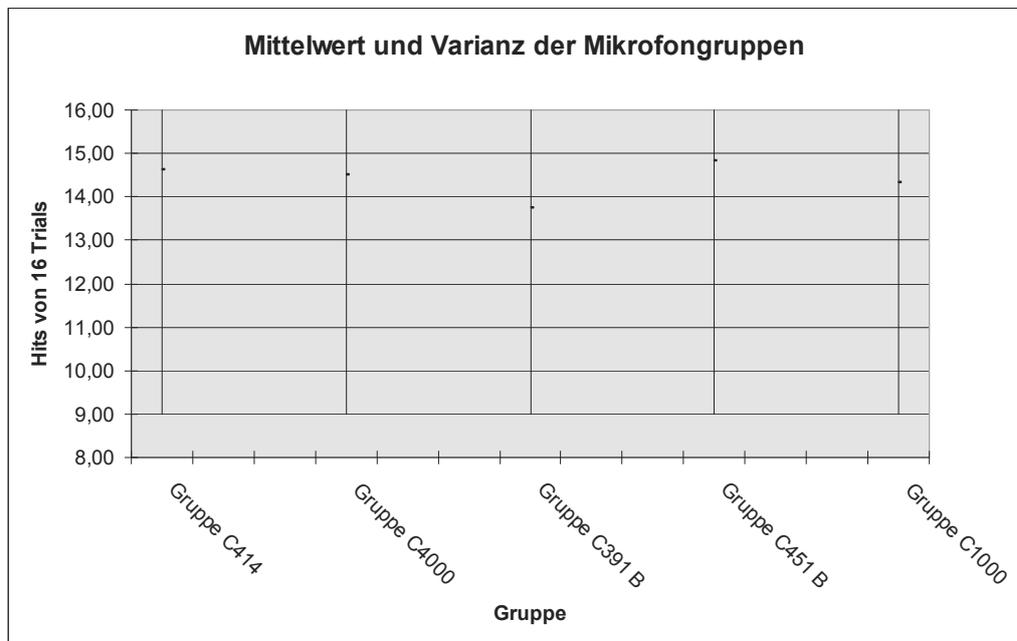


Abbildung 7

Mittelwerte und Varianzen aus dem ABX-Vergleich über Mikrofongruppen

Die Streuung ist in allen Klassen mit Varianzen zwischen 2,88 und 4,53 relativ groß. Die Mittelwerte liegen zwischen 13,75 und 14,62.

Aufgrund der geringen Mittelwertunterschiede und der deutlich größeren Abweichungen, sind keine signifikanten Differenzen zwischen den Mikrofongruppen beobachtbar. Jedes dieser Mikrofone lässt sich im Mittel sehr gut von den übrigen unterscheiden (Die Wahrscheinlichkeit, dass geraten wurde, liegt bei 1 % und darunter).

In der folgenden Darstellung werden die Stichproben hinsichtlich des Faktors Membrangröße untersucht.

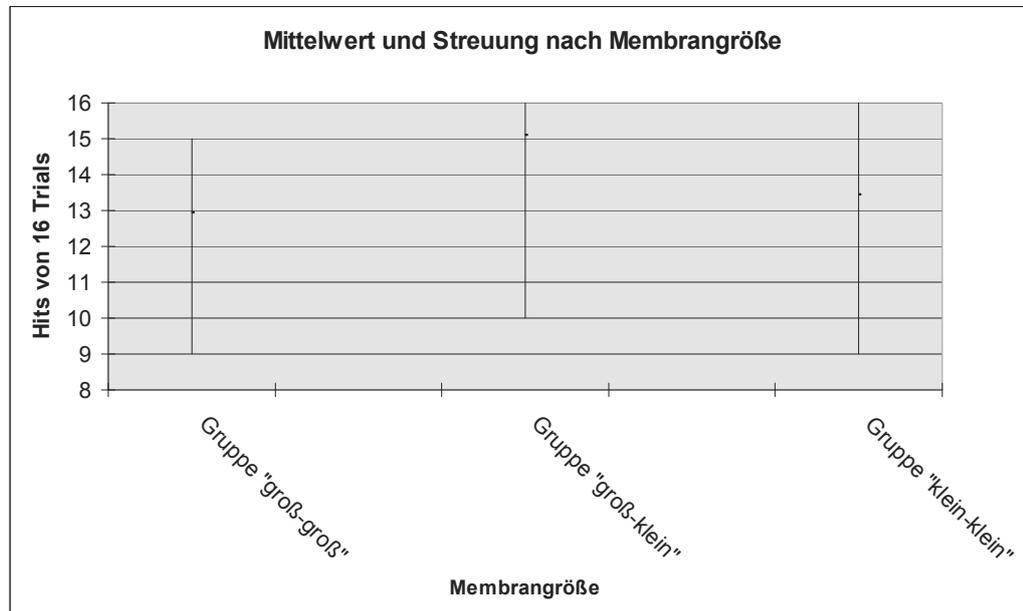


Abbildung 8

Mittelwerte und Varianzen aus dem ABX-Vergleich nach Membrangrößen

Die Unterscheidung zwischen einem Großmembran- und einem Kleinmembranmikrofon gelingt deutlich besser. Der Mittelwert liegt hier bei 15,09 mit einer Varianz von 1,82. Die Mittelungen für die Gruppierungen „groß-groß“ und „klein-klein“ liegen bei 12,92 und 13,44 mit größeren Varianzen von 4,39 und 5,07.

Die Ratewahrscheinlichkeiten sind sehr gering und liegen bei etwa 1 % und darunter.

In Abbildung 9 sind die Mittelwerte und Varianzen für die einzelnen Programmdarstellungen dargestellt.

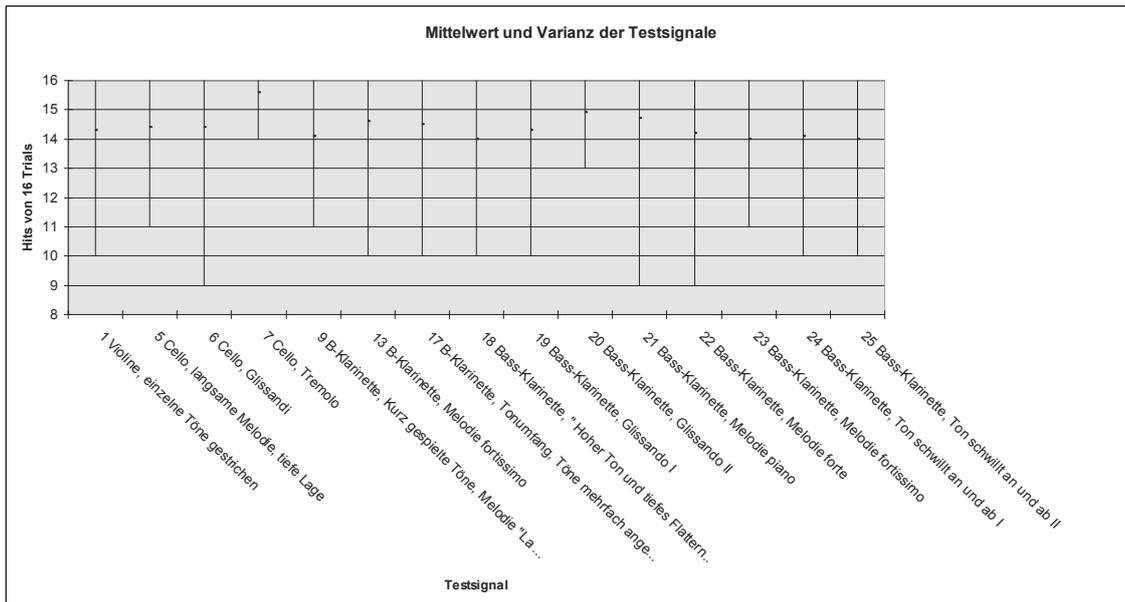


Abbildung 9 Mittelwerte und Varianzen aus dem ABX-Vergleich nach Klangbeispielen

Große Mittelwerte und gleichzeitig geringe Streuungen sind bei den Klangbeispielen „Cello Tremolo“ (MW 15,6 und Varianz 0,49) und „Bass-Klarinette Glissando II“ (MW 14,9 und 0,99) zu beobachten. Die Mittelwerte der übrigen Klangbeispiele liegen zwischen 14 und 15 mit teilweise großen Varianzen (zwischen 2,22 und 7,96).

Bei Betrachtung der Mittelwerte sind die Wahrscheinlichkeiten, dass die Zuordnung zufällig erfolgte, wiederum sehr gering ($< 0,2\%$).

Als letzter Schritt wird die Wechselwirkung zwischen den einzelnen Mikrofontypen und Testsignalgruppen untersucht.⁹ Dabei zeigt sich die Tendenz, dass die Streuung der Kleinmembranmikrofone bezogen auf das Klangmaterial variiert: Die Mikrofone „C 391 B“, „C 451 B“ und „C 1000 S“ weisen beim Cello die geringste und bei der Bass-Klarinette die größte Streuung auf.

⁹ Die Diagramme dieser Analyse befinden sich im Anhang.

Wie bereits erwähnt, müssen diese Analysen mit Vorbehalt betrachtet werden, da die Ergebnisse nur durch die Urteile einer Testperson zustande kommen. Für die Aussagekraft der Untersuchung spricht wiederum die hohe Anzahl an Trials, durch welche die Ratewahrscheinlichkeit sehr gut bestimmt werden kann.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Unterschiede zwischen Großmembranmikrofonen und Mikrofonen mit kleiner Membran am deutlichsten zu hören sind.

Einige Programmdarbietungen weisen eine relativ große Streuung auf (vorwiegend B-Klarinette und Bass-Klarinette). Aber auch deren Mittelwerte sind so hoch, dass davon ausgegangen werden kann, dass sie durchaus zur Beurteilung von Klangunterschieden herangezogen werden können.

2.1.3 Hörtraining des „Testpanel AKG“

Zur Vorbereitung der Probanden auf die Hörversuche wird im Vorfeld eine zweiteilige Gehörschulung durchgeführt.

Im ersten Teil werden die Testpersonen dazu aufgefordert, sich Frequenzboosts konzentriert anzuhören. Diese werden entweder über Rosa Rauschen oder über musikalische Klangbeispiele dargeboten (Samples aus „Golden Ears“ von Dave Moulton). Um das Frequenzspektrum genauer kennen zu lernen, wird vor jedem dieser Klangbeispiele den Probanden die jeweilige Mittenfrequenz mitgeteilt.

Der zweite Teil besteht aus einem Gehörtrainingsprogramm des Harman-Konzerns („So you want to be a Harman Listener“ von Sean Olive). Dabei müssen Frequenzboosts den jeweiligen Mittenfrequenzen zugeordnet werden. Jeder Proband soll dabei ein bestimmtes Level erreichen.

2.1.4 Aufstellen von Attributen

In den Hörversuchen sollen Klangeindrücke subjektiv bewertet werden. Dabei muss die Bedeutung der verwendeten Eigenschaften für alle Probanden klar verständlich sein.

Auf der Suche nach geeigneten Vokabeln zur Beschreibung von Klang werden in dieser Arbeit die Testpersonen in ein mehrteiliges Verfahren zur Auswahl der verwendeten Attribute mit einbezogen.

Aus diesen Attributen werden gegensätzliche Eigenschaftspaare gebildet, sogenannte Semantische Differenziale. Diese stellen entlang von Bewertungsskalen Extreme dar und zeigen so die Richtung und Intensität von Eindrücken auf.

2.1.4.1 Vorgehensweise

Zu Beginn wird ein sogenanntes Sound-Context-Free-Experiment durchgeführt.¹⁰

Der Proband soll in Form eines Brainstormings Attribute nennen, die er/sie gerne einsetzt, wenn es um die Beschreibung von musikalischem Klang geht.

- Aufschreiben von Gruppen von Synonymen
- Finden von Gruppen von Antonymen

Im zweiten Schritt werden unterschiedliche Klangbeispiele vorgeführt. Der Proband soll Attribute, die seiner Meinung nach den jeweiligen Klang charakterisieren, nennen.

Anschließend werden die angegebenen Vokabeln mittels Fragebogen bewertet. Die Testperson soll auf einer Skala eine Bewertung vornehmen, wie geeignet sie das jeweilige Attribut zur Beschreibung von Klang empfindet.

¹⁰ Moravec, Stepanek 2003

Verwendete Fragestellungen:¹¹

1. „Ich verwende dieses Attribut zur musikalischen Klangbeschreibung nie, manchmal, oft oder sehr oft.“
2. „Ich halte das Attribut hinsichtlich einer musikalischen Klangbeschreibung für ungeeignet, teilweise geeignet, geeignet oder sehr geeignet.“
3. „Ich halte das Antonym zum folgenden Attribut für sehr geeignet, ungeeignet, teilweise geeignet oder geeignet.“

Nach Auswertung der Fragebögen werden die häufigsten Nennungen in der Gruppe diskutiert. Die ausgewählten Attribute werden zu Semantischen Differenzialen zusammengefasst und zur Bezeichnung der Skalen verwendet.

2.1.4.2 Ergebnisse

Aus dem „Sound-Context-Free-Experiment“ und dem „Vokabular durch Beschreiben von ausgewählten Klangbeispielen“ ergeben sich folgende häufig verwendete Attribute der acht Testpersonen des AKG-Testpanels (Abb. 10).

¹¹ Moravec, Stepanek 2005

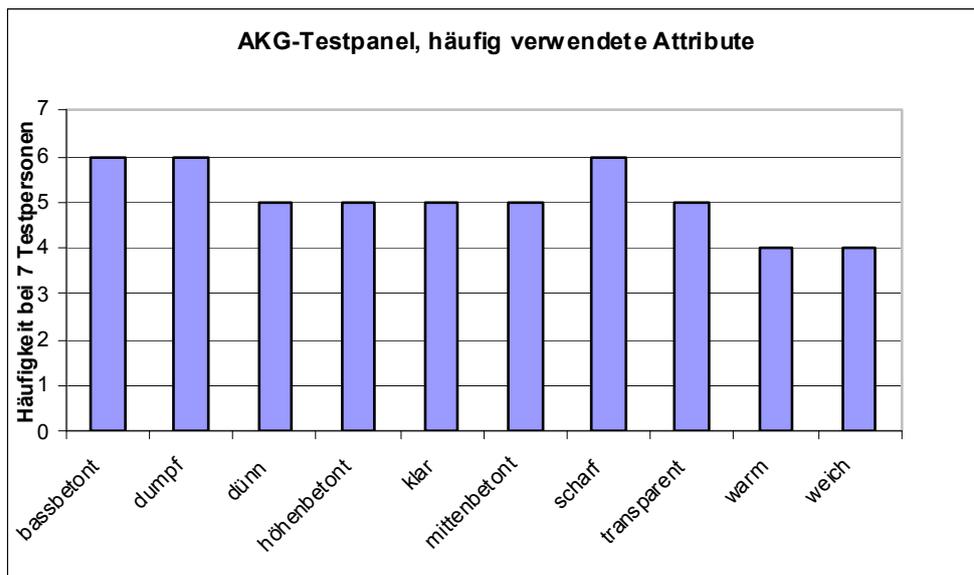


Abbildung 10

Histogramm der häufigsten Attribute aus dem Sound-Context-Free-Experiment

„Tiefenbetont“, „dumpf“ und „scharf“ sind die am häufigsten verwendeten Attribute aus dem Sprachgebrauch der Testpersonen zum Beschreiben von Klang, gefolgt von „dünn“, höhenbetont“, „klar“, „mittenbetont“ und „transparent“.

Diese Attribute werden nun bezüglich ihrer Eignung bewertet.¹²

Aus der Fragestellung

„Ich halte das Attribut hinsichtlich einer musikalischen Klangbeschreibung für ungeeignet, teilweise geeignet, geeignet oder sehr geeignet“

werden folgende Vokabeln als „geeignet“ bzw. „sehr geeignet“ empfunden:

- „tiefenbetont“
- „dumpf“
- „klar“
- „mittenbetont“
- „brilliant“
- „höhenbetont“
- „transparent“
- „präsent“

¹² Die Diagramme dazu befinden sich im Anhang.

„Ich halte das Antonym zum folgenden Attribut für sehr geeignet, ungeeignet, teilweise geeignet oder geeignet“

– Die Frage zur Eignung eines Antonyms zu einem vorgegebenen Attribut liefert folgende häufig gewählte Attributpaarungen:

„tiefenbetont“ und „Tiefen fehlen“ bzw. „schwach ausgeprägte Tiefen“
„dumpf“ und „scharf“
„transparent“ und „verwaschen“
„klar“ und „unpräzise“
„dünn“ und „satt“
„mittenbetont“ und „Mitten fehlen“
„weich“ und „scharf“
„höhenbetont“ und „Höhen fehlen“ bzw. „schwach ausgeprägte Höhen“
„höhenbetont“ und „dumpf“

Aus der Diskussion in der Gruppe über die Bedeutung einzelner Begriffe bzw. über die Redundanz von ähnlichen Begriffen ergeben sich folgende Überlegungen:

- „Tiefenbetont“ und „dumpf“ sind zwei eigenständige Begriffe mit unterschiedlicher Bedeutung. Als „tiefenbetont“ wird eher eine Anhebung unter 100 Hz empfunden. „Dumpf“ hingegen ist ein Klang, wenn er wenig Höhen aufweist.
- „Transparent“ und „klar“ sind sich in der Bedeutung sehr ähnlich. Nach einer Abstimmung wird von der Gruppe eindeutig „transparent“ bevorzugt.
- „Brilliant“ und „höhenbetont“ beschreiben nicht denselben Eindruck: „Höhenbetont“ ist eher ein neutraler Begriff, während „brilliant“ eine Bewertung in Bezug auf etwas angibt. Die Gruppe entscheidet sich gegen den Begriff „brilliant“
- Das Attribut „scharf“ ist in der Bedeutung klar und als Begriff „negativ besetzt“.
- Statt „präsent“ wird der Begriff „direkt“ gewählt.
- Das Attribut „warm“ wird abgelehnt.

Die ausgesuchten Vokabeln sind unterschiedlicher Natur. Attribute wie „Höhenbetonung“ und „Tiefenbetonung“ können als „technisch“ bezeichnet werden. Dabei ist die Anhebung eines hohen bzw. tiefen, eher breitbandigen Frequenzbereichs gemeint.

Hingegen sind Bezeichnungen wie „dünn“, „satt“, „dumpf“, „verwaschen“, „scharf“ usw. zwar oft im Sprachgebrauch von Musikschaffenden oder Toningenieuren zu finden, sie

sind jedoch nicht eindeutig definiert. Daher wird vor dem Hörversuch darauf Wert gelegt, dass durch gemeinsame Definition und Besprechen der Eigenschaften eine klare und einheitliche Vorstellung der verwendeten Begriffe vorliegt.

Außerdem unterscheiden sich die Attribute hinsichtlich ihrer affektiven Bedeutung. Etwas, das wahrgenommen wird, erhält immer eine mehr oder weniger große emotionale Gewichtung.¹³ In Hinblick auf die hier verwendeten klanglichen Eigenschaften bedeutet dies, dass manche Begriffe negativ oder positiv besetzt sein können.

Zum Beispiel wirkt ein „dünnere“ oder „verwaschener“ Klang nicht besonders attraktiv. Auch die Attribute „dumpf“, „scharf“, „unpräzise“, „schwach“ und „Tiefen/Mitten/Höhen fehlen“ sind der Kategorie der negativ besetzten Begriffe zu zuordnen.

Hingegen sind „klar“, „transparent“, „weich“ und „stark“ Eigenschaften, die als positiv empfunden werden.

2.1.5 Vortest

Dieser erste Hörversuch hat das Ziel, das geplante Testdesign zu prüfen. Es wird untersucht, ob Klangfarbenunterschiede der einzelnen Beispiele für alle Testpersonen gut zu hören und zu bewerten sind. Das Feedback der Probanden nach der Durchführung ist dabei ein wesentlicher Bestandteil.

2.1.5.1 Durchführung

Für diesen Hörversuch werden Motive in Legato-Spieltechnik einer B-Klarinette, eines Cellos und einer Violine als Klangmaterial gewählt. Die fünf gewählten Mikrofone (siehe Kap. 2.1.1) ergeben fünf Testsignale pro Instrument. Jedes Testsignal wird hinsicht-

¹³ Siehe Zeitler 2002, S. 39 f.

lich fünf Attribute zur klanglichen Beschreibung sowie seiner Präferenz entlang einer stufenlosen Skala bewertet.

Die Fragestellungen lauten:

1. Beurteilen Sie den Klang hinsichtlich Tiefenbetonung.
schwach – neutral – stark
2. Beurteilen Sie das Klangbild.
dünn – satt
3. Beurteilen Sie das Klangbild.
verwaschen – transparent
4. Beurteilen Sie den Klang hinsichtlich hoher Frequenzen.
dumpf – neutral – höhenbetont
5. Beurteilen Sie das Klangbild.
dumpf – neutral – scharf
6. Wie gefällt Ihnen der Klang des Beispiels?
gar nicht – mittelmäßig – sehr gut

Der Hörversuch findet im „AKG Reference Listening Room“ der Firma AKG Acoustics GmbH in Wien statt (siehe Abb. 11). Dort steht ein aktiver Studiomonitor der Firma JBL (LSR 6328P) sowie eine Audiokarte von RME (Hammerfall DSP Multiface) zur Verfügung. Die Signale werden mono mit definierter Abhörlautstärke abgespielt. Diese wird mittels Pegelmessgerät auf einen Schalldruckpegel von $L_{AF} = 75$ dB (Abstand Monitor – Hörer 1,20 m) festgelegt.

Als Testoberfläche kommt die Software ASEM zum Einsatz. Auf dieses Programm wird in Kapitel 2.4.1.1 näher eingegangen.¹⁴



Abbildung 11 Abhörsituation im „Reference Listening Room“ bei AKG in Wien

2.1.5.2 Ergebnisse

Die Auswertung erfolgt über eine einfaktorielle Varianzanalyse. Zusammengefasst sind die Bewertungen in Tabelle 2 zu sehen:¹⁵

	Tiefen	Höhen	verw.- transp.	dumpf- scharf	dünn – satt
C 1000 S	schwach	stärker	eher transp.	scharf	eher dünn
C 391 B	neutral	neutral	neutral	eher neutral	neutral
C 4000 B	neutral	eher dumpf	eher verw.	dumpf	neutral
C 414 B	neutral	dumpf	eher verw.	dumpf	neutral
C 451 B	schwach	stark	eher transp.	scharf	neutral

Tabelle 2 Vortest: Eigenschaftsbewertungen der Mikrofone im Mittel über alle Instrumente

¹⁴ siehe Weber 2005

¹⁵ Die Mittelwertplots (mit Standardabweichung) der Analyse ist im Anhang ersichtl.

Deutlich signifikante Unterschiede sind im Mittel bei den Variablen „Höhenbetonung“ und „dumpf – scharf“ zu beobachten.

Bei „Tiefenbetonung“ und „dünn – satt“ treten geringe Mittelwertunterschiede und relativ große Standardabweichungen auf.

Das „C 4000 B“ und das „C 414 B“ werden sehr ähnlich bewertet. Bezüglich der hohen Frequenzen sind sie als eher „dumpf“ eingestuft. Bei der Variable „verwaschen - transparent“ werden sie als eher „verwaschen“ empfunden.

Das „C 1000 S“ hingegen klingt stärker „höhenbetont“, eher „transparent“, „scharf“ und eher „dünn“. Die Tiefen sind schwach ausgeprägt. Diesem Mikrofon ist das „C 451 B“ klanglich sehr ähnlich.

2.2 Programmmaterial für die Haupttests

In dieser Arbeit werden ausschließlich Instrumentalmikrofone evaluiert. Um einen direkten Vergleich zu ermöglichen, müssen die Instrumente über die zu testenden Mikrofone simultan aufgenommen werden. Dazu wird eine spezielle Halterung angefertigt. Diese ermöglicht auch eine rekonstruierbare Anordnung für eventuelle zukünftige Vergleiche.

Neun Instrumente werden über sieben Mikrofone unterschiedlicher Bauart und Preisklasse aufgenommen. Da diese innerhalb des Hallradius platziert sein sollen, wird vor der Aufnahme die Nachhallzeit des Raumes gemessen und daraus der Hallradius berechnet.

2.2.1 Auswahl der Mikrofone

Die zu testenden Mikrofone sind allesamt Kondensatormikrofone (Abb. 12 bis 18). Sie sind entweder in Nierencharakteristik ausgeführt oder können durch einfaches Um-

schalten oder Tauschen der Mikrofonkapsel in anderen Richtcharakteristiken betrieben werden. Bezüglich ihrer Membrangröße werden sie in zwei Klassen geteilt: Großmembran- und Kleinmembranmikrofone.

Ausgewählte Mikrofone mit großer Membran:

- C 414 B-XLS - umschaltbar auf Niere, Hyperniere, Acht und Kugel
- C 4000 B - umschaltbar auf Niere, Hyperniere und Kugel
- Solidtube - Röhrenmikrofon in Nierencharakteristik

Auswahl an Kleinmembranmikrofonen:

- C 480 B - Speiseteil mit den Kapseln CK 61 (Niere), CK 62 (Kugel) und CK 63 (Hyperniere)
- SE 300 B - Speiseteil mit den Kapseln CK 91 (Niere), CK 92 (Kugel), CK 93 (Hyperniere) und CK 94 (Acht)
- C 451 B - Nierencharakteristik
- C 1000 S - Nierencharakteristik



Abbildung 12 C 414 B-XLS mit umschaltbarer Richtcharakteristik



Abbildung 13 SE 300 B mit der Kugelkapsel CK 92



Abbildung 14 C 451 B mit Nierencharakteristik



Abbildung 15 C 480 B mit Nierenkapsel CK 61



Abbildung 16 Kleinmembranmikrofon C 1000 S in Nierencharakteristik



Abbildung 17 C 4000 B - Großmembran in Nierencharakteristik



Abbildung 18 Röhren-Großmembranmikrofon Solidtube (Niere)

2.2.2 Auswahl der Instrumente

Es werden sowohl Streichinstrumente als auch Blas- und Saiteninstrumente aufgenommen. Folgende Instrumente werden ausgewählt:

- Cello, Violine, Kontrabass
- Saxophon, Flöte, Klarinette
- Posaune
- Klavier
- Shaker

Als Musiker können sowohl Studenten der Kunstuniversität Graz als auch Professionisten gewonnen werden. Für ein umfangreiches Programmmaterial werden diese gebeten, Melodien und pulshafte Klänge in verschiedenen Spieltechniken wiederzugeben. So werden u.a. kurze musikalische Motive in Legato- oder Staccato-Spielweise, Glissandi, „Flutterzunge“ oder Triller, variierend in der Lautstärke (pianissimo bis fortissimo), aufgenommen.

2.2.3 Mikrofonhalterung

Für die simultanen Aufnahmen müssen die Membranen der Mikrofone in definierten Abständen nahe beieinander angeordnet sein. Dadurch wird gewährleistet, dass der Schall nahezu koinzident auf alle Mikrofone einfällt.

Es muss außerdem darauf geachtet werden, dass die akustische Abschattung, verursacht durch die Gehäuse der Mikrofone, gering ausfällt. Andernfalls könnte die Klangfarbe eines Mikrofons verzerrt dargestellt werden.

Ein weiteres Kriterium für die Herstellung einer solchen Halterung ist die Rekonstruierbarkeit der Anordnung.

2.2.3.1 Design

Um die Abstände der Membranen zueinander gering zu halten, werden diese radial zueinander angeordnet. Die Kleinmembranmikrofone sind im Zentrum verteilt, während die größeren Mikrofone kreisförmig um diese herum platziert werden (siehe Abb. 19 und 20).



Abbildung 19

Draufsicht der Mikrofonhalterung
(Grafik: Josef Weiss, AKG Acoustics
GmbH Wien)

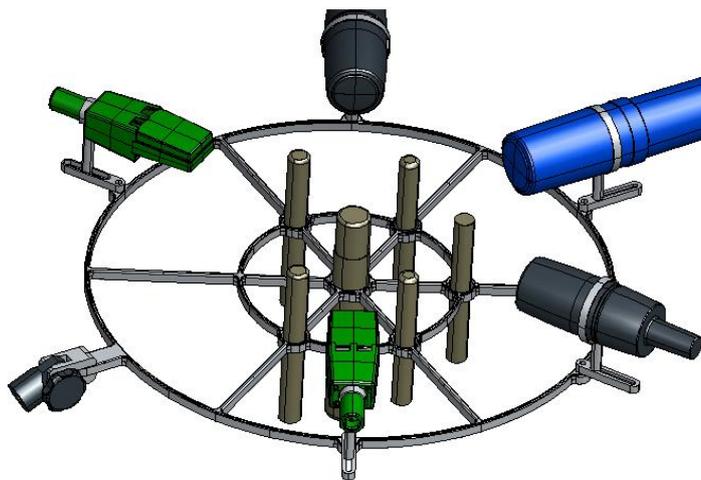


Abbildung 20

Seitenansicht der Mikrofonanordnung (Grafik:
Josef Weiss, AKG Acoustics GmbH Wien)

Die Halterung wird in der Fertigung der Firma AKG in Wien aus einem Stück Aluminium gefräst, was für Stabilität und Belastbarkeit sorgt.

Die Kleinmembranmikrofone werden direkt in die Halterung eingeschoben und mit einem Zwischenstück fixiert. Die umliegenden Mikrofone werden mit dem Gewinde ihrer Spinne an einer verstellbaren Schiene angeschraubt, die das Verschieben der Mikrofone von einigen Zentimetern erlaubt.

Das schwenkbare Gewinde ist mit einer Rasterung von fünf Grad ausgeführt, wodurch eine bessere Belastbarkeit gegeben ist. Die Halterung kann mit diesem Gewinde an einem geeigneten Stativ angebracht werden.

2.2.4 Aufnahmesituation

Aufgenommen wird wiederum im „Cube“ des IEM in Graz. Als Vorverstärker wird der Digimax (2x 8-Kanal) der Firma Presonus verwendet. Um das Eigenrauschen des Verstärkers zu minimieren und gleiche Bedingungen für die Aufnahmen zu schaffen, werden alle Eingangskanäle mit derselben Verstärkung betrieben. Die Lautheit der Signale wird in der Nachbearbeitung angepasst.

Zur A/D-Wandlung stehen zwei RME ADI-8 DS zur Verfügung.

Dem Abstand Quelle – Mikrofonhalterung gehen zwei Überlegungen voraus:

Die gewählten Mikrofone werden vorwiegend als Stützmikrofone für unterschiedliche Instrumente eingesetzt und sollen in erster Linie den Direktanteil des Signals aufnehmen. Daher muss die Mikrofonhalterung innerhalb des Hallradius platziert sein.

Außerdem soll annähernd koinzidenter Schalleinfall gewährleistet werden. Wenn die Mikrofonhalterung nahe an der Quelle positioniert ist, können die Richtcharakteristik des jeweiligen Instruments und die mehr oder weniger großen Distanzen der Mikrofone zueinander bewirken, dass der Schall unterschiedlich auf die Mikrofone auftrifft. Daher darf die Anordnung nicht zu nahe der Quelle positioniert sein.

Um diesen beiden Bedingungen gerecht zu werden, wird der Hallradius des Aufnahme-
raumes ermittelt und die Mikrofonanordnung im äußeren Bereich des Direktschallfeldes
platziert.

2.2.4.1 Hallradius des „Cube“

Der Hallradius r_H als Grenze zwischen Diffus- und Direktschallfeld wird über die Nach-
hallzeit und das Raumvolumen berechnet.

$$r_H = 0,057 \cdot \sqrt{\frac{V}{T_{60}}} \quad \text{in [m]}$$

Zur Ermittlung der Nachhallzeit wird die Raumimpulsantwort h (Room Impulse Res-
ponse, RIR) des „Cube“ gemessen. Der Raum wird über einen Sinus-Sweep mit
2 Sekunden Länge angeregt und dessen Antwort über ein Messmikrofon aufgenom-
men. Für stabilere Ergebnisse wird die RIR viermal gemessen, spektral überlagert und
zur weiteren Berechnung gemittelt.

Aus der „Early Decay Curve“ (EDC) wird schließlich mittels Schröder-Rückwärts-
Integration die Nachhallzeit T_{60} bestimmt.

$$\text{EDC}(t) \triangleq \int_t^{\infty} h^2(\tau) d\tau$$

Zur Berechnung des Volumens werden die Raummaße soweit möglich mittels Maß-
band gemessen. Das geschätzte Volumen des „Cube“ liegt bei 575 m^3 .

Bei der Messung der RIR werden die Abstände von der Quelle zum Messmikrofon vari-
iert. In Tabelle 3 sind die Nachhallzeiten und Hallradien des „Cube“ für unterschiedliche
Entfernungen von Lautsprecher zu Mikrofon dargestellt.

Abstand Quelle – Mic [m]	T ₆₀ [s]	r _H [m]
1	0.3940	1.9812
1.5	0.4426	1.8693
1.75	0.4669	1.8199
2	0.5045	1.7509

Tabelle 3 Nachhallzeiten und Hallradien des „Cube“ für unterschiedliche Messabstände

Aufgrund dieser Ergebnisse werden die Mikrofone für die Aufnahmen der Testsignale in einem Abstand von 1,70 m zum jeweiligen Instrument positioniert. Bei dieser Distanz befindet sich die Anordnung gerade noch im Direktschallfeld, ist aber andererseits auch möglichst weit von der Quelle entfernt.

2.2.4.2 Pegelanpassung der Testsignale

Für die Aufnahmen sind alle Kanäle auf dieselbe Vorverstärkung eingestellt. Aufgrund der unterschiedlichen Empfindlichkeiten der Mikrofone müssen die Pegel anschließend auf eine gleich empfundene Lautstärke angepasst werden. Dabei sind die Eigenschaften des menschlichen Gehörs zu berücksichtigen.

Für diese Pegelanpassung wird von jedem Testsignal die Lautheit N (in sone) ermittelt. Dieser psychoakustische Parameter gibt an, wie laut ein Schallereignis subjektiv empfunden wird.

$$N = 2^{\frac{L_N - 40}{10}}$$

L_N ... Lautstärkepegel [phon]

In dieser Arbeit wird das Lautheitsmessverfahren nach Zwicker angewandt.¹⁶ Als Näherung für die Frequenzgruppen wird das jeweilige Signal in 28 Terzbänder geteilt und

¹⁶ Die genormten Messverfahren zur Lautheitsmessung sind in DIN 45631 und ISO 532 B beschrieben.

deren Pegel gemäß der Übertragungscharakteristik des Ohres korrigiert. Anschließend werden die Lautheit und der Lautstärkepegel berechnet.

Nach einem Vergleich der unterschiedlichen Lautheiten der Testsignale wird ein Korrekturfaktor zur Anpassung ermittelt.

2.3 Profil der Testpersonen

Wie bereits erwähnt, werden zwei vom Prinzip unterschiedliche Hörversuche durchgeführt. Der erste Test findet in Wien mit einer kleineren Anzahl an Probanden statt, während der zweite Hörversuch in Graz von erheblich mehr Testpersonen durchlaufen wird.

Das "Testpanel AKG" besteht aus acht Mitarbeitern der Firma AKG Acoustics GmbH Wien.

Vorab wird eine Befragung der Teilnehmer durchgeführt. Diese ergibt, dass jede der Versuchspersonen sich sowohl beruflich als auch in der Freizeit kritisch mit Klang und Musik auseinandersetzt und bereits mehrfach an unterschiedlichen Hörversuchen teilgenommen hat.

Für den Hörversuch 2 am Institut für Elektronische Musik und Akustik in Graz steht eine größere Anzahl an Probanden zur Verfügung: 20 Studienkolleginnen und -kollegen nehmen an den Tests teil.

Als Voraussetzung zur Teilnahme wird die bestandene Aufnahmeprüfung für die Studienrichtung „Elektrotechnik-Toningenieur“ an der TU und KU Graz festgelegt, da das Bestehen der Prüfung kritisches Beurteilen von Klang sowie ein gutes Gehör der Studenten verlangt.

Es ist zu erwähnen, dass auch ich als Versuchsleiterin an beiden Blindtests teilgenommen habe.

2.4 Hörversuch Teil 1

In diesem ersten Hörversuch werden eine attributorientierte Befragung sowie eine Präferenzwertung der Mikrofone durchgeführt. Die acht Testpersonen der Firma AKG sollen sieben Mikrofone mit Nierencharakteristik hinsichtlich verschiedener klanglicher Eigenschaften anhand sechs unterschiedlicher Programmdarbietungen einschätzen. Die Bewertung erfolgt auf stufenlosen Skalen im Programm „ASEM“.

2.4.1 Testdesign

Folgende Mikrofone werden getestet:

- C 1000 S
- C 414 B-XLS
- C 451 B
- C 480 B
- SE 300 B mit CK 91
- Solidtube
- C 4000 B

Da diese Mikrofone bei musikalischen Produktionen hauptsächlich als Stützmikrofone Verwendung finden, werden für den Vergleich die Aufnahmen mit Nierenmikrofonen ausgewählt.

Die Programmdarbietungen sind in Tabelle 4 dargestellt.

Instrument	Spieltechnik	Dauer [s]
Cello	Tremolo (2 Tonhöhen)	8
Flöte	Melodie legato	10
Klavier	Melodie legato	7
Kontrabass	Melodie staccato	7
Posaune	Melodie legato	8
Saxophon	Melodie legato	12

Tabelle 4 Gewählte Testsignale des Hörtest 1

Die Fragestellungen in diesem Hörversuch lauten:

1. Beurteilen Sie den Klang hinsichtlich Tiefenbetonung.
schwach – neutral – tiefenbetont
2. Beurteilen Sie den Klang hinsichtlich Höhenbetonung.
schwach – neutral – höhenbetont
3. Beurteilen Sie das Klangbild.
verwaschen – transparent
4. Beurteilen Sie das Klangbild.
dumpf – neutral – scharf
5. Beurteilen Sie das Klangbild.
dünn – satt

Zur Bewertung der Präferenz:

6. Wie gefällt Ihnen der Klang des Beispiels?
gar nicht – mittelmäßig – sehr gut

Im Vergleich zum Vortest gibt es geringfügige Änderungen, die die Semantischen Differenziale in der Fragestellung betreffen:

Die Skala der Variable „Höhenbetonung“ wird in diesem Versuch mit den Eigenschaften „schwach – neutral – höhenbetont“ bezeichnet, während im Vortest das Attribut „dumpf“ für schwach ausgeprägte Höhen herangezogen wird.

In der Variable „Tiefenbetonung“ wird in diesem Test statt der Eigenschaft „stark“ die Bezeichnung „tiefenbetont“ verwendet.

Der Hörversuch ist sehr umfangreich und wird daher für drei Tage anberaumt. An jedem der Tage bewerten die Probanden jeweils zwei Instrumente mit einer Dauer von je ca. 30 Minuten.

2.4.1.1 Software „ASEM“

„ASEM“ steht für „AKG – Subjective Evaluation of Microphones“ und wurde eigens für diesen Hörversuch aus dem bereits bestehenden Programm „ASEP“ entwickelt. „ASEP“ wurde von Gerd Weber im Rahmen seiner Diplomarbeit „Subjektive Evaluierung von Kopfhörern“ an der TU Graz in Kooperation mit der Firma AKG programmiert.¹⁷ Die Modifikation der Software für diese Arbeit wurde ebenfalls von Gerd Weber durchgeführt.

Das Programm besteht aus drei eigenständigen Funktionsblöcken:

- Testdesigner- und Konfigurations-Tool: In diesem Bereich wird die Testoberfläche erstellt. Dabei werden die Parameter für die einzelnen Masken ausgewählt: Die Klangbeispiele werden zugewiesen, die Fragen formuliert und die Skalen benannt.
- Processing-Tool: Hier werden die entwickelten Hörversuche durchgeführt.
- Statistik-Tool: Dieses Tool verwaltet die gewonnenen Daten. Diese können direkt mittels Varianzanalyse untersucht werden.

¹⁷ Siehe Weber 2005

In Abbildung 21 ist die Testoberfläche des Processing-Tools dargestellt.

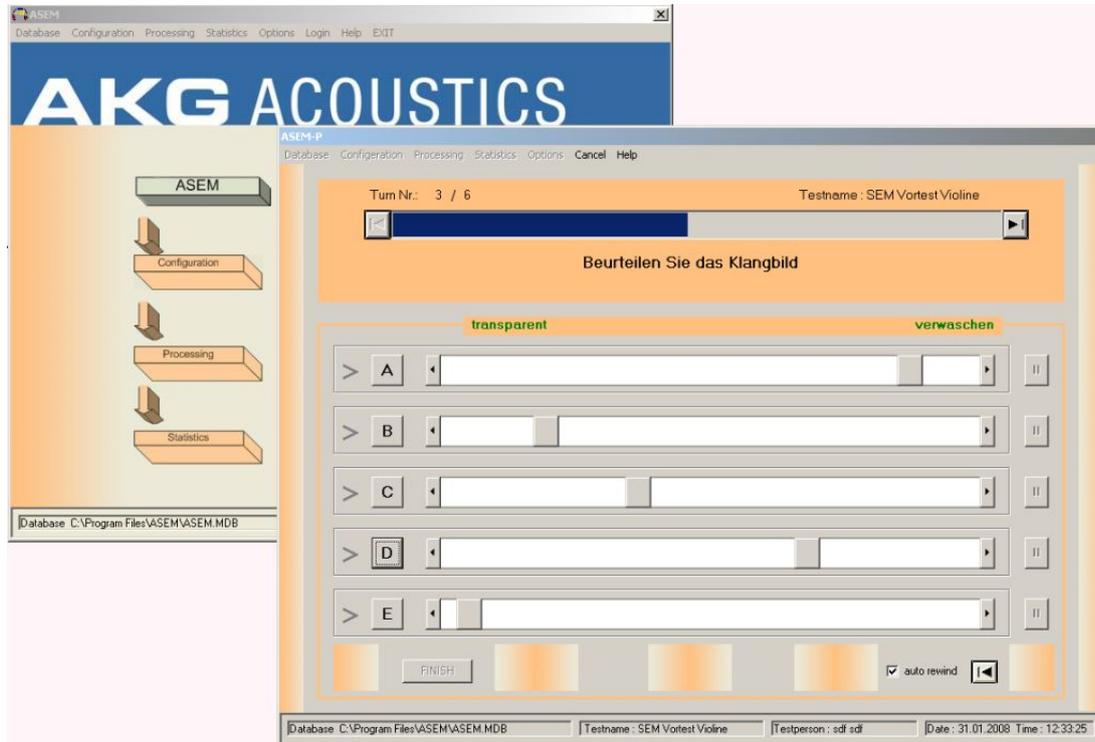


Abbildung 21 Testoberfläche der Software ASEM

Pro Maske können fünf Klangbeispiele auf stufenlosen Skalen (Bereich zwischen 0 und 10) bewertet werden. Nach Durchlaufen der fünf Testsignale besteht die Möglichkeit die Einstufung zu korrigieren, bevor die nächste Fragestellung erfolgt.

Da pro Maske nur fünf Signale möglich sind, jedoch sieben Mikrofone getestet werden sollen, werden pro Fragestellung und Instrument zwei Masken durchlaufen.

Ein Mikrofon („C 4000 B“) hat die Funktion eines Ankers, d.h. es ist in beiden Masken pro Fragestellung platziert und wird somit zweimal getestet. Dadurch kann in der Analyse überprüft werden, ob die Testpersonen und die Bewertungen der beiden Masken zueinander in Relation gesetzt werden können.

2.4.2 Abhörsituation

Der Hörtest findet in derselben Testumgebung wie der Vortest statt. Die genaue Beschreibung der Abhörsituation ist in Kapitel 2.1.5.1 zu finden.

Die Abbildungen 22 und 23 zeigen die Testsituation im „AKG Reference Listening Room“ der Firma AKG in Wien.

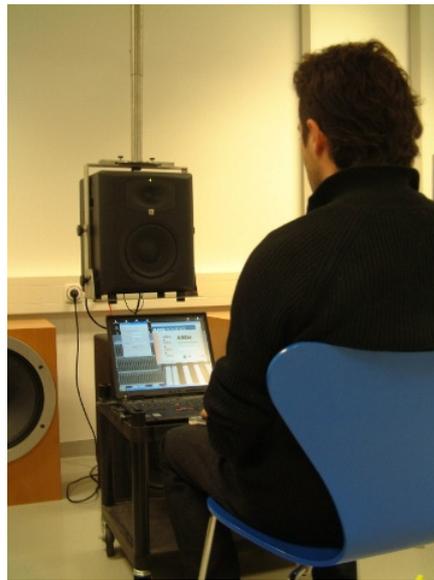


Abbildung 22 Abhörsituation im Hörtest 1, AKG Reference Listening Room



Abbildung 23 Abhörsituation im Hörtest 1

2.5 Hörversuch Teil 2

Dieser Hörtest findet am Institut für elektronische Musik und Akustik in Graz statt. Die 20 Probanden beurteilen mittels Ratingverfahren die empfundenen Distanzen (Ähnlichkeiten) von neun Mikrofonen mit Nieren- oder Kugelcharakteristik. Bei diesem Versuch werden aufgrund des großen Umfangs, den das Ratingverfahren verlangt, nur drei Instrumente getestet. Im Anschluss wird die Präferenz bewertet, indem die Mikrofone mittels Ranking in eine Rangfolge gebracht werden.

2.5.1 Testdesign

Für die Analyse mittels Multidimensionaler Skalierung wird eine Objektzahl von größer als acht empfohlen.¹⁸ Aus diesem Grund werden in diesem Hörversuch nicht nur sieben Mikrofone in Nierencharakteristik getestet, sondern auch zwei Aufnahmen mit Kugelcharakteristik zum Vergleich dazugenommen.

Die Testsignale stammen von Aufnahmen mit folgenden Mikrofonen:

Nierencharakteristik:

- C 414 B
- C 4000 B
- C 451 B
- C 480 B
- C 1000 S
- SE300 mit CK 91
- Solidtube

¹⁸ Siehe Backhaus 1993, S. 483

Kugelcharakteristik:

- C 414 B
- C 480 B

Der Hörversuch besteht aus drei Tests mit folgenden Klangbeispielen (Tab. 5):

Instrument	Spieltechnik	Dauer [s]
Cello	Tremolo (2 Tonhöhen)	8
Klavier	Melodie legato	7
Saxophon	Melodie legato	12

Tabelle 5 Testsignale des Hörversuch 2

Die Testsignale werden manuell über CD-Tracks angewählt und die Bewertungen in Fragebögen eingetragen.

Der Test ist in dreiteilig aufgebaut:

1. Anhören und Verinnerlichen der neun Klangbeispiele
2. Bewertung von Ähnlichkeiten im Paarvergleich
3. Präferenzwertung der Klangbeispiele

Ad 1) Der Proband soll sich mit dem Programmmaterial vertraut machen und die hörbaren Unterschiede wahrnehmen, um die Skala gut ausnützen zu können.

Ad 2) Es sind 36 Paare hinsichtlich ihrer Ähnlichkeit einzuschätzen. Dabei wird das Ratingverfahren angewandt (siehe Kap. 3.1.2.3). Jeweils zwei Klangbeispiele werden hintereinander angeboten und deren wahrgenommene Distanz auf einer neunstufigen Skala bewertet (Abb. 24).

Paarvergleich Track 22

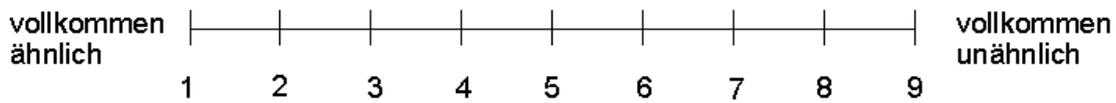


Abbildung 24

9-stufige Skala zur Bewertung der Ähnlichkeit zweier Signale

Ad 3) Die Klangbeispiele werden nach Präferenz gereiht. An erster Stelle steht das Mikrofon, dessen Klang am besten gefällt, und an neunter Stelle jenes, das dem Probanden am wenigsten zusagt (siehe Abb. 25).

Diagramm zur Rangwertung der Testsignale. Eine vertikale Linie verbindet zwei Textblöcke: 'gefällt sehr gut' oben und 'gefällt wenig/ gar nicht' unten. Ein vertikaler Doppelpfeil zeigt die Richtung der Bewertung an. Rechts neben der Linie sind neun nummerierte Einträge für CD Tracks angegeben, jeweils gefolgt von einer leeren Zeile für die Notation: '1) CD Track Nr. ____' bis '9) CD Track Nr. ____'.

Abbildung 25 Rangwertung der Testsignale

Die Testdauer beträgt für jedes Instrument zwischen 25 und 30 Minuten. Zwischen den Durchläufen wird eine Pause von wenigen Minuten eingelegt, sodass ein konzentriertes Hören über die gesamte Dauer möglich ist.

2.5.2 Abhörsituation

Im Gegensatz zum ersten Hörversuch, bei dem mono über einen Studiomonitor abgehört wird, wird hier über einen Kopfhörer (K 701 Reference von AKG) getestet. Dadurch können die Tests raumunabhängig durchgeführt werden.

Die Klangbeispiele werden über einen CD-Player der Marke Sony und einem Kopfhörerverstärker der Firma Behringer wiedergegeben. Die Urteile werden von den Probanden in einen Fragebogen eingetragen.

3 Statistische Analysen

3.1 Multivariate Analysemethoden

Bei multivariat verteilten Beobachtungen wird das gleichzeitige Zusammenwirken von mehreren Variablen analysiert. Die Rohdaten müssen je nach Analyseverfahren auf einem bestimmten Skalenniveau vorliegen. Nicht-metrisch sind die Nominal- und die Ordinalskala, während die Intervallskala und Ratioskala metrische Daten liefern. Die metrischen Skalen sind im Skalenniveau höher einzuordnen, demnach ist der Informationsgehalt der Daten größer und es lassen sich mehr Rechenoperationen und statistische Maße auf die Daten anwenden.¹⁹

Multivariate Analysemethoden lassen sich in zwei Gruppen teilen: In strukturenprüfende und strukturen-entdeckende Verfahren. Während man bei den strukturenprüfenden Methoden mögliche kausale Zusammenhänge formuliert und prüft, deckt man bei den strukturen-entdeckenden Verfahren Kausalitäten und Wechselwirkungen zwischen Variablen oder zwischen Objekten auf.

3.1.1 Strukturen-prüfende Verfahren

Bei strukturen-prüfenden Analysen wird eine Annahme über mögliche Zusammenhänge von Variablen getroffen. Der Variablenraum wird in abhängige und unabhängige Variablen kategorisiert und die Hypothesen anhand geeigneter Verfahren überprüft.

Zu diesen Methoden zählen unter anderem die

- Varianzanalyse
- Regressionsanalyse

3.1.1.1 Varianzanalyse

Bei der Varianzanalyse (ANOVA, Analysis of Variances) wird der Einfluss von einer oder mehreren unabhängigen Variablen auf eine abhängige Variable (univariate Analyse) oder mehrere abhängige Variablen (multivariate Analyse) untersucht.²⁰ Die abhängigen Variablen (auch Faktoren genannt) sind auf nicht-metrischem Messniveau, während die unabhängigen Variablen metrische Daten beinhalten.

Mit diesem Verfahren wird die Unterschiedlichkeit von Gruppen beobachtet, indem deren Mittelwerte sowie Abweichungen von diesem (Varianz) berechnet werden. Mithilfe von Prüfgrößen wird ein signifikanter Unterschied bestätigt oder verworfen. Diese Prüfgrößen testen, ob die Varianz zwischen den Gruppen größer ist als die Varianz innerhalb der Gruppen. Wenn sie sich signifikant unterscheiden, kann angenommen werden, dass in den Gruppen unterschiedliche Gesetzmäßigkeiten wirken.²¹

Eine dieser Prüfgrößen ist die Irrtumswahrscheinlichkeit oder auch p-Wert genannt, der aus der F-Verteilung entnommen werden kann. Diese Verteilung, auch Fisher-Verteilung genannt, bildet die Wahrscheinlichkeitsverteilung einer stetigen Zufallsvariablen ab.

Signifikanz zwischen zwei Variablen liegt vor, wenn der p-Wert kleiner oder gleich dem vorher gewählten Signifikanzniveau ist. Das Signifikanzniveau α bezeichnet die maximal zulässige Irrtumswahrscheinlichkeit und wird in vielen Untersuchungen a priori auf 5 % festgelegt. In diesem Fall spricht man bei einem p-Wert von kleiner oder gleich 0,05 von einem signifikanten Ergebnis.

¹⁹ Backhaus et al. 1993

²⁰ Bühl, Zöfel 2002

²¹ Backhaus et al. 1993

Als weitere hilfreiche Größe in der Varianzanalyse ist das Konfidenzintervall zu nennen. Dieses Intervall bezeichnet jenen Vertrauensbereich, der die Präzision der Lage-schätzung eines Mittelwertes anzeigt. Es zeigt mit der zuvor festgelegten Wahrscheinlichkeit die wahre Lage des Parameters an. Mithilfe des Konfidenzintervalls kann in Diagrammen direkt die Signifikanz abgelesen werden.²²

Während der globale F-Test allgemein prüft, ob sich Gruppen signifikant voneinander unterscheiden, können sogenannte Post-Hoc-Tests herangezogen werden, um die Unterschiede zwischen den Gruppen genauer darzustellen. Bei dieser Analyse werden multiple Mittelwertvergleiche durchgeführt, die einen Korrekturfaktor für das mehrfache Testen enthalten. Der in dieser Arbeit verwendete Scheffé-Test gilt als konservativ, d.h. er stellt hohe Anforderungen an die Anerkennung einer signifikanten Differenz.²³

Zurück zur Streuung der Daten: Ziel der Varianzanalyse ist es, die Abweichung vom Mittelwert einer oder mehrerer abhängiger Variablen durch den Einfluss einer oder mehrerer unabhängiger Variablen zu erklären. In den meisten Untersuchungen bleibt ein mehr oder weniger großer Rest an ungeklärter Varianz übrig (siehe Abb. 26).

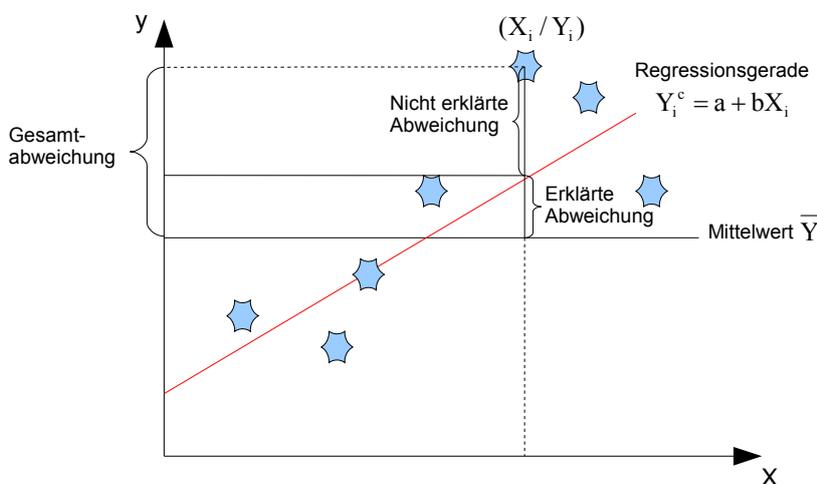


Abbildung 26 Darstellung der Varianz

Gesamtabweichung = erklärte Abweichung + nicht erklärte Abweichung

²² Hartung, Elpelt 1995

²³ Statsoft Inc. 2005

Da die Varianz eine andere Dimension als das betrachtete Merkmal besitzt, wird durch das Ziehen der Quadratwurzel die Standardabweichung definiert:²⁴

$$s = \sqrt{s^2}$$

Der in den Analysen vorkommende Standardfehler sei auch erwähnt. Er gibt die Streuung der Stichproben-Mittelwerte von gleich großen, zufällig aus einer Grundgesamtheit gezogenen Stichproben um den wahren Grundgesamtheitsmittelwert an und wird folgendermaßen berechnet:²⁵

$$\text{Stdf.} = \sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

Er ist umso kleiner, je mehr Einzelwerte zur Verfügung stehen und bestimmt so die Qualität des ermittelten Mittelwertes.

Eine weitere Größe zur Untersuchung einer Stichprobe stellt der Median x_{Med} dar. Er ist jener Zentralwert, bei dem mindestens 50 % aller Beobachtungen kleiner oder gleich und mindestens 50 % aller Beobachtungen größer oder gleich x_{Med} sind. Der Datensatz wird durch diesen in zwei Teile zerlegt.²⁶ Wenn die Varianz einer Stichprobe sehr groß ist, kann durch das Betrachten des Medians eine weitere Perspektive des Antwortverhaltens bezogen werden.

Als Voraussetzungen für die Varianzanalyse sind die Varianzhomogenität und Normalverteilung der Stichprobenvariablen zu nennen. Sind diese Bedingungen nicht erfüllt, bieten sich verteilungsfreie, non-parametrische Verfahren an, die zwar robust sind, aber weniger genau rechnen.

²⁴ Assenmacher 1996

²⁵ Spiegel, Stephens 2003

²⁶ Assenmacher 1996

3.1.1.2 Regressionsanalyse

In der Regressionsanalyse wird der funktionale, lineare Zusammenhang zwischen zwei oder mehreren Merkmalen, die mindestens intervallskaliert sein müssen, untersucht. Ziele sind hier das Erkennen von Zusammenhängen, die Schätzung der Art und Größe der Zusammenhänge und die Prognose fehlender oder zukünftiger Werte.²⁷

Diese Ursache-Wirkung-Beziehung findet zwischen einer abhängigen Variable (Regressand) und einer oder mehreren unabhängigen Variablen (Regressoren, erklärende Variablen) statt.

Die gesuchte Regressionsgleichung lautet:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_j X_j + U$$

Y ... abhängige Variable

β_0 ... konstantes Glied der Regressionsfunktion

β_j ... Regressionskoeffizient

X_i ... unabhängige Variable

U ... Residuum

In sogenannten Streudiagrammen (Scatterplots) wird der funktionale Zusammenhang zweier Variablen veranschaulicht. Je nach Form und Steigung der Punktwolke (empirische Daten) wird eine Korrelation der Merkmale sichtbar. Obige Regressionsgleichung spiegelt sich in der grafischen Darstellung in einer Trendlinie wider. Je dichter sich die Punkte an der Regressionsgeraden befinden, desto größer ist die Korrelation der beiden Stichproben. Eine positive Steigung der Geraden weist auf eine positive Korrelation hin und eine negative Steigung auf eine negative Übereinstimmung.

²⁷ Hudec, Neumann

Der Anstieg der Geraden folgt der Beziehung:

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}$$

In Abbildung 27 ist ein Scatterplot abgebildet. Die durchgezogene Gerade stellt die ermittelte Regressionslinie dar, während die strichlierten Linien den Bereich des 95%-Konfidenzintervall abgrenzen.

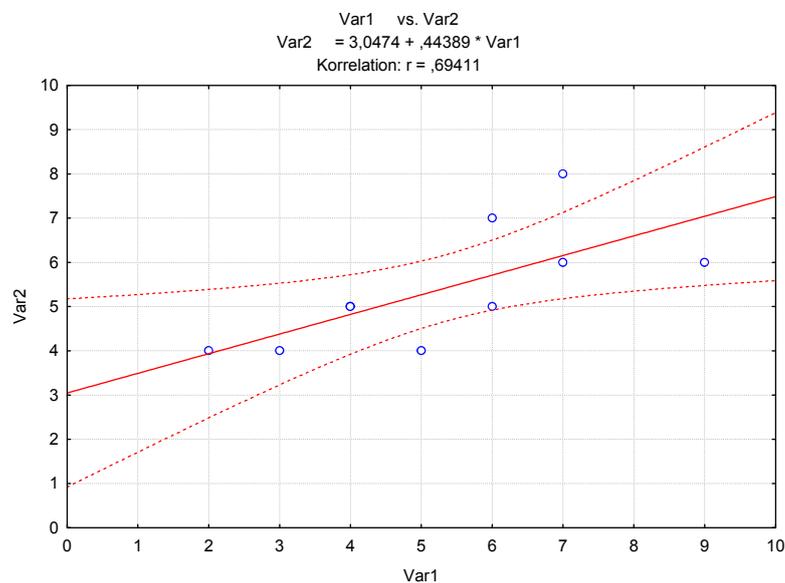


Abbildung 27 Streudiagramm zweier Variablen mit Regressionsgeraden

Der Pearson'sche Korrelationskoeffizient r ist ein dimensionsloses Maß, das den Grad dieses linearen Zusammenhangs misst. Er kann Werte zwischen -1 und 1 annehmen.

Der Wertebereich für r ist Tabelle 6 zu entnehmen.²⁸

²⁸ Pavetic 2006

Wertebereich	
$r = 1$	Es liegt eine perfekt positive Beziehung vor, alle Punkte liegen auf einer steigenden Geraden
$r \sim 1$	Es liegt eine starke positive Beziehung vor, fast alle Punkte liegen auf einer steigenden Geraden
$r = 0$	Es liegt keine statistische Beziehung vor, die Punkte ordnen sich annähernd kreisförmig an
$r \sim -1$	Es liegt eine starke negative Beziehung vor, fast alle Punkte liegen auf einer fallenden Geraden
$r = -1$	Es liegt eine perfekt negative Beziehung vor, alle Punkte liegen auf einer fallenden Geraden

Tabelle 6 Wertebereiche für den Pearson'schen Korrelationskoeffizienten r

In Tabelle 7 wird die Stärke der Beziehung Zahlenbereichen zugewiesen:²⁹

r	Stärke der Beziehung
0,2	schwach
von 0,2 bis 0,4	niedrig
von 0,4 bis 0,7	mäßig
von 0,7 bis 0,9	hoch
über 0,9	sehr hoch

Tabelle 7 Ausprägungen für den Pearson'schen Korrelationskoeffizienten r

Nach der Schätzung der Regressionsfunktion wird diese auf ihre Gültigkeit überprüft.

²⁹ Pavetic 2006

Dabei wird zwei Fragestellungen nachgegangen:³⁰

Führt der vermutete lineare Zusammenhang in der Stichprobe zu einer befriedigenden Erklärung der Stichprobenwerte?

Stellt die Regressionsfunktion der Stichprobe eine brauchbare Schätzfunktion für den „wahren“ Zusammenhang in der Grundgesamtheit dar?

Die Qualität der Regressionsgleichung, also wie gut sich die berechnete Funktion an die empirische Punkteverteilung anpasst, kann über das Bestimmtheitsmaß geprüft werden. Dieses Maß misst den Anteil der Gesamtstreuung der abhängigen Variablen, der durch die unabhängigen Variablen erklärt wird und ergibt sich aus dem Verhältnis der Streuung der Schätzungen zur Streuung der Datenpunkte selbst.

$$R^2 = \frac{S_{\hat{y}}^2}{S_y^2}$$

Da bei gegebener Stichprobengröße mit jedem hinzukommenden Regressor ein mehr oder weniger großer Erklärungsanteil hinzugefügt wird, muss das Bestimmtheitsmaß um eine Korrekturgröße verringert werden. Diese Korrekturgröße ist umso größer, je größer die Zahl der Regressoren und je kleiner die Zahl der Freiheitsgrade ist.³¹

Das korrigierte Bestimmtheitsmaß kann maximal 1 ergeben. Dies ist dann der Fall, wenn die Datenpunkte genau auf der Regressionsgeraden liegen, sodass diese mit den Schätzungen genau übereinstimmen.

Weitere Koeffizienten aus den Ergebnistabellen:³²

- R: multipler Korrelationskoeffizient. Der Koeffizient ist ein Maß für die Stärke der linearen Beziehung zwischen den Variablen.
- F, FG und p-Wert: Der F-Wert, die Freiheitsgrade FG und der sich ergebende p-Wert werden für den globalen F-Test der Beziehung zwischen der abhängigen Variablen und der Menge der unabhängigen Variablen verwendet.
- Standardfehler der Schätzung: Dieser bewertet die mittlere Abweichung der beobachteten Werte von der Regressionsgeraden.

³⁰ Backhaus et al. 1993

³¹ Backhaus et al. 1993

³² StatSoft Inc. 2005

- B: Regressionskoeffizient. Dieser Koeffizient kommt in der Regressionsgleichung zum Einsatz.
- BETA: Standardisierter Regressionskoeffizient. Der Mittelwert wird auf 0 und die Standardabweichung auf 1 transformiert. Der BETA-Koeffizient gibt die relativen Beiträge der unabhängigen Variablen zur Prognose der abhängigen Variablen an.

3.1.1.2.1 Stabilität des Systems

Zwei wesentliche Voraussetzungen für ein stabiles Ergebnis sind zum einen ein genügend großer Stichprobenumfang und zum anderen das Ausschließen von Kollinearitäten und Multikollinearitäten innerhalb der untersuchten Variablen.

Bezüglich der Stichprobengröße soll das Verhältnis aus unabhängigen Variablen zur Anzahl der Beobachtungen mindestens 1:5 betragen.³³ In dieser Untersuchung ist die Voraussetzung erfüllt. Es werden fünf unabhängige Variablen untersucht und in jeder Variablen beträgt die Anzahl der Fälle 336.

Zur Kollinearität: In einem idealen Regressionsmodell korrelieren die unabhängigen Variablen hoch mit der geschätzten Variable, untereinander besteht allerdings nur ein geringer Zusammenhang.³⁴ Kollinearitäten treten auf, wenn Regressoren eine starke lineare Abhängigkeit aufweisen, d.h. wenn sich eine Variable als lineare Funktion der übrigen Variablen darstellen lässt. Mit zunehmender Kollinearität werden in der Analyse die Standardfehler der Regressionskoeffizienten größer und damit deren Schätzung unzuverlässiger. Durch Auswertung der Korrelationsmatrix können Kollinearitäten identifiziert werden.

Die Untersuchung auf Multikollinearität (Zusammenhänge zwischen mehreren Variablen) erfolgt über die Betrachtung der Redundanz der einzelnen Variablen. Dies geschieht, indem man den jeweiligen Toleranz-Wert betrachtet. Die Toleranz ist definiert als der Anteil der Variabilität der ausgewählten unabhängigen Variable, der nicht durch die anderen unabhängigen Variablen erklärt werden kann.³⁵ Je größer die Toleranz, desto höher ist der Informationsgehalt, den diese Variable demnach zur Erklärung der

³³ Hair et al. 1998

³⁴ Hair et al. 1998

abhängigen Variable beisteuert. Je niedriger die Toleranz, desto eher kann die Variable in der Regressionsgleichung vernachlässigt werden. Die Toleranz kann Werte zwischen Null und Eins annehmen.

3.1.2 Strukturen-entdeckende Verfahren

Diese Analyseverfahren werden zur Entdeckung von Zusammenhängen zwischen Variablen oder Objekten angewandt. Charakteristisch hierbei ist, dass der Anwender zu Beginn der Analyse noch keine Vorstellungen darüber besitzt, welche Beziehungszusammenhänge in einem Datensatz existieren.

Zu den strukturen-entdeckenden Verfahren zählen unter anderem die Clusteranalyse, die Faktorenanalyse und die Multidimensionale Skalierung.

3.1.2.1 Clusteranalyse

Ziel der Clusteranalyse ist die Bündelung von Daten: Es werden Objekte so zu Gruppen (Clustern) zusammengefasst, dass die Objekte in einer Gruppe möglichst ähnlich und die Gruppen untereinander möglichst unähnlich sind.³⁶ Diese Anordnung wird grafisch in einem Baumdiagramm dargestellt, in dem die Objekte und die berechneten euklidischen Distanzen der Objekte zueinander aufgetragen werden (Abb. 28).

³⁵ Svatek 2006

³⁶ Backhaus et al. 1993

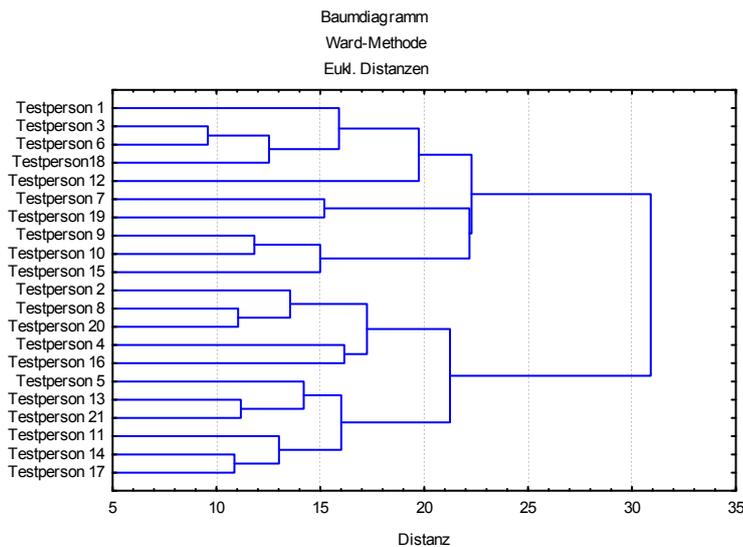


Abbildung 28 Baumdiagramm aus der Clusteranalyse

In dieser Arbeit wird der Ward-Algorithmus angewandt.³⁷ Dieser bildet gleich große Gruppen (Elementenzahl pro Gruppe). Als Ausgangsmaterial zur Erstellung der Cluster dienen die quadrierten euklidischen Distanzen zwischen den Objekten.

3.1.2.2 Hauptkomponentenanalyse

In diesem Verfahren wird eine größere Anzahl von Variablen anhand der gegebenen Fälle auf eine kleinere Anzahl unabhängiger Faktoren (Hauptkomponenten) zurückgeführt. Dabei wird die Korrelation zwischen den Variablen untersucht und diejenigen, die untereinander stark korrelieren, zu einem Faktor zusammengefasst. Diese ermittelten Hauptkomponenten sollen die beobachteten Zusammenhänge zwischen den gegebenen Variablen möglichst vollständig erklären. Anschließend ist man daran interessiert, die Komponenten zu benennen, um eine gute Beschreibung der vorhandenen Daten über diese Faktoren zu ermöglichen.

In Abbildung 29 sind die untersuchten Variablen entlang der Achsen zweier extrahierter Faktoren aufgetragen.

³⁷ Backhaus et al. 1993

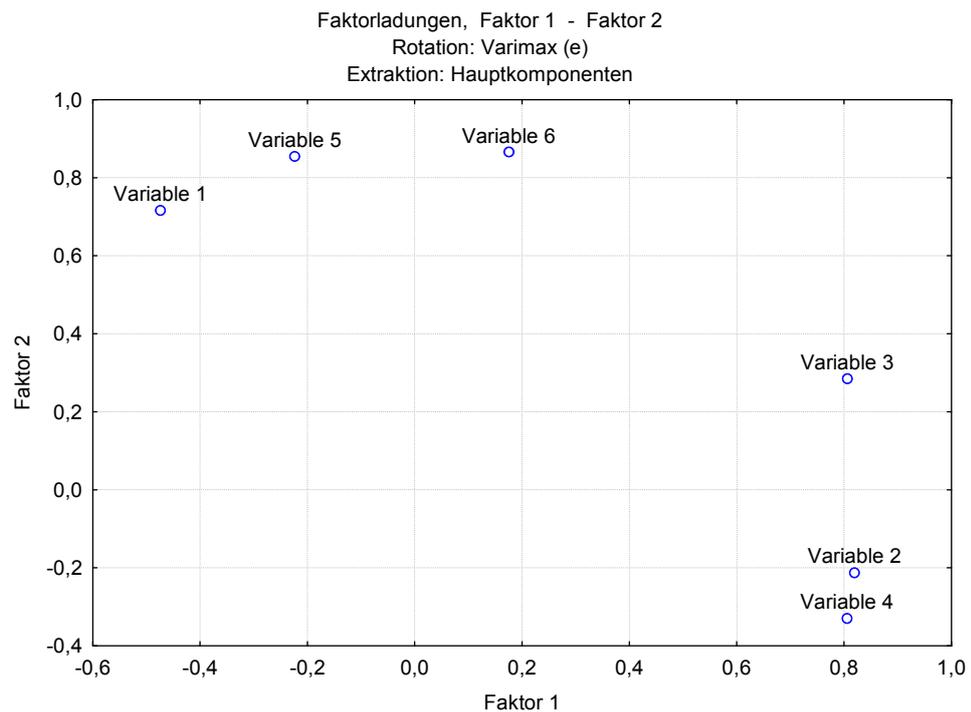


Abbildung 29 Positionierung der Variablen entlang der ermittelten Hauptkomponenten

Folgende Rechenschritte werden in der Faktorenanalyse durchlaufen:³⁸

- Standardisieren der Daten (z-Transformation)
- Berechnung der Korrelationskoeffizienten zwischen den beteiligten Variablen
- Bestimmung der Eigenwerte und den dazugehörigen Eigenvektoren
- Extrahieren der Faktoren

Im letzten Schritt werden Faktoren gebildet, die mit zunehmender Zahl jeweils weniger Varianz erklären.³⁹ Über die Anzahl der für die Analyse maßgeblichen Komponenten entscheidet das sogenannte Kaiserkriterium: Es werden so viele Faktoren extrahiert, wie Eigenwerte mit einem Wert größer als 1 vorliegen. Die Summe der Eigenwerte entspricht der Anzahl der Variablen.

Die zu diesen Eigenwerten gehörenden Eigenvektoren bilden die Hauptkomponenten. Die Elemente der Eigenvektoren werden als Faktorladungen bezeichnet. Diese sind als Korrelationskoeffizienten zu verstehen, die ein Maß für die Stärke und die Richtung der

³⁸ Bühl, Zöfel 2002

³⁹ „erklärte Varianz“ siehe Kap. 3.1.1.1

Zusammenhänge zwischen den Hauptkomponenten und den ursprünglichen Variablen angeben. Daher liefern die Faktorladungen die wichtigste Information zur Interpretation der Faktoren.

Eine weitere Größe dieser Analyse stellt die Kommunalität dar. Sie drückt jenen Anteil aus, der aus der entsprechenden Anzahl an Faktoren reproduziert werden kann. Somit zeigt sie jenen Umfang an Varianzerklärung an, den die Faktoren gemeinsam für eine Ausgangsvariable liefern. Sehr kleine Kommunalitäten können ein Hinweis darauf sein, dass diese Variablen durch das Faktorenmodell nicht gut erfasst werden.⁴⁰

3.1.2.3 Multidimensionale Skalierung

Mithilfe der Multidimensionalen Skalierung (MDS) wird versucht, die subjektive Wahrnehmung von Objekten durch Personen „abzubilden“. Die zugrunde liegende Idee ist, dass verschiedene Objekte eine bestimmte Position im Wahrnehmungsraum einer Person einnehmen. Dieser Raum ist in der Regel mehrdimensional, d.h. die Objekte werden von Personen im Hinblick auf verschiedene Dimensionen beurteilt.⁴¹

⁴⁰ Backhaus et al. 1993

⁴¹ Backhaus et al. 1993, S. 431 ff.

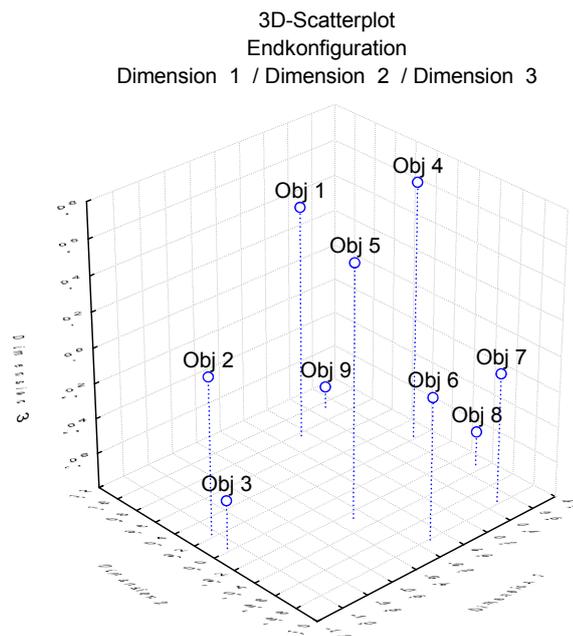


Abbildung 30 Positionierung der Objekte im dreidimensionalen Wahrnehmungsraum

Zur Positionierung der Objekte in diesem Wahrnehmungsraum stehen zwei Möglichkeiten zur Datengewinnung zur Verfügung:

- Eigenschaftsbeurteilungen der Objekte
- Beurteilung der Ähnlichkeiten zwischen den Objekten

In dieser Arbeit wird letztere Methode angewandt. Hier soll der Proband die subjektiv empfundene Ähnlichkeit bzw. Unähnlichkeit zwischen den Objekten einschätzen. Aus diesen Urteilen wird eine Unähnlichkeitsmatrix erstellt, welche die geometrische Konfiguration der relativen Lage der Objekte beinhaltet. Die Anzahl der Dimensionen bestimmt die Übersichtlichkeit und Genauigkeit des Modells. Nach Bestimmung der Anzahl der Dimensionen wird der Wahrnehmungsraum abgebildet. Als letzter Schritt wird dieser interpretiert, indem versucht wird, die Dimensionen sinnvoll zu benennen.

Ähnlichkeitsurteile stellen die Rohdaten der MDS dar. Sie können auf unterschiedliche Arten gewonnen werden:⁴²

- Methode der Rangreihung: Die Objektpaare werden nach aufsteigender bzw. absteigender Ähnlichkeit in eine Rangfolge gebracht.
- Ankerpunktmethode: Jedes Objekt dient genau einmal als Vergleichsobjekt, um die restlichen Objekte gemäß ihrer Ähnlichkeit zum Ankerpunkt in eine Rangfolge zu bringen.
- Ratingverfahren: Die Objektpaare werden einzeln auf einer Ähnlichkeitsskala eingestuft.

In Tabelle 8 sind die notwendigen Paarvergleiche der einzelnen Methoden dargestellt.

Verfahren	Anzahl Paarvergleiche
Rangreihung	$K*(K-1)/2$
Ankerpunktmethode	$K*(K-1)$
Ratingverfahren	$K*(K-1)/2$

Tabelle 8 Anzahl der Paarvergleiche zur Gewinnung von Ähnlichkeitsdaten

mit K ... Anzahl der Objekte

In dieser Arbeit wird zur Datengewinnung das Ratingverfahren angewandt. Es lässt sich am schnellsten durchführen, da jedes Objektpaar isoliert beurteilt wird und nicht mit anderen Paaren verglichen werden muss. Daher ist dieses Verfahren bei einer großen Anzahl von Objekten zu bevorzugen. Es besteht jedoch der Nachteil, dass es die am wenigsten genauen Daten liefert, da aufgrund der Vielzahl der Testpaare im Laufe des Tests verschiedene Paare gleiche Ähnlichkeitswerte erhalten (Ties). Je größer die Zahl der Objekte und je geringer die Stufigkeit der Ratingskala, desto mehr Ties treten auf. Um die Stabilität der Lösung wieder zu erhöhen, können die Ähnlichkeitsdaten über die Personen aggregiert werden, z.B. durch Bildung von Medianen oder Mittelwerten.

Die Ähnlichkeitsurteile der Testpersonen werden nach Überprüfung auf Ausreißer mittels Clusteranalyse und Betrachtung der Histogramme bezüglich Normalverteilung ge-

⁴² Backhaus et al. 1993

mittelt und zu einer Ähnlichkeitsmatrix zusammengefasst. Aus dieser werden nach Wahl des Distanzmodells die Distanzen der Objekte zueinander berechnet, sodass ähnliche Objekte dicht beieinander und unähnliche Objekte weit auseinander liegen.

Unterschiedliche Metriken zur Berechnung der Distanzen:⁴³

- Euklidische Metrik: Die Distanz zweier Punkte wird nach ihrer kürzesten Entfernung zueinander beschrieben („Luftlinie“).
- City-Block-Metrik: Die Distanz wird als Summe der absoluten Abstände zwischen zwei Punkten ermittelt.
- Minkowski-Metrik: Für zwei Punkte wird die Distanz als Differenz der Koordinatenwerte über alle Dimensionen berechnet.

In dieser Arbeit wird die Euklidische Metrik (siehe Abbildung 31) gewählt, da sie aufgrund der Anordnung der Objekte („Luftlinie“) eine gute Übersicht liefert und dadurch eine intuitive Interpretation der Dimensionen erlaubt. Außerdem ist diese Metrik aufgrund des Varimaxkriteriums rotationsinvariant, d.h. die Konfiguration kann um den Ursprung beliebig gedreht werden.

Die Distanzen dieser Metrik folgen der Beziehung:

$$d_{kl} = \left[\sum_{r=1}^R (x_{kr} - x_{lr})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

d_{kl} ... Distanz der Punkte k, l
 x_{kr}, x_{lr} ... Koordinaten der Punkte k, l
auf der r-ten Dimension
(r = 1, 2, ..., R)

⁴³ Backhaus et al. 1993

Ein Beispiel soll die Berechnung verdeutlichen:

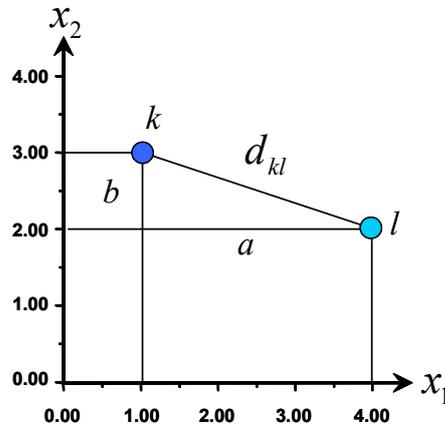


Abbildung 31 Beispiel für die Euklidische Metrik [aus Meinhardt 2006]

mit

$$a = x_{k1} - x_{l1}$$

$$b = x_{k2} - x_{l2}$$

$$d_{kl} = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Nach Wahl des Distanzmodells wird eine Konfiguration ermittelt, deren Distanzen möglichst folgende Monotoniebedingung erfüllen sollen:⁴⁴

$$\text{Wenn } u_{kl} > u_{ij}, \text{ dann } d_{kl} > d_{ij}$$

u_{kl}, u_{ij} ... Unähnlichkeiten der Objekte k und l bzw. i und j

d_{kl}, d_{ij} ... Distanzen der Objekte k und l bzw. i und j

Demnach soll die Rangfolge der Distanzen möglichst gut die Rangfolge der ermittelten Unähnlichkeiten wiedergeben.

Das Ermitteln dieser Konfiguration ist ein iterativer Prozess. Eine Ausgangskonfiguration mit beliebigen Koordinatenwerten wird schrittweise verbessert bis die monotone Transformation abgeschlossen ist.

Um die Qualität der Übereinstimmung zwischen den Distanzen in der Konfiguration und den wahrgenommenen Unähnlichkeiten zu veranschaulichen, werden diese im sogenannten Shepard-Diagramm aufgetragen (Unähnlichkeiten auf der Abszisse, Distanzen auf der Ordinate). Wenn die Rangfolge der Distanzen der Rangfolge der Unähnlichkeiten entspricht, entsteht ein monoton steigender Verlauf. Ist dies nicht der Fall, kann eine Verbesserung möglicherweise durch Veränderung der Ausgangskonfiguration erreicht werden. Um diese Abweichungen beschreiben zu können, wird eine neue Gruppe von Größen eingeführt, die sogenannten Disparitäten. Diese liefern Zahlen, die möglichst wenig von den Distanzen abweichen und die Monotoniebedingung erfüllen.

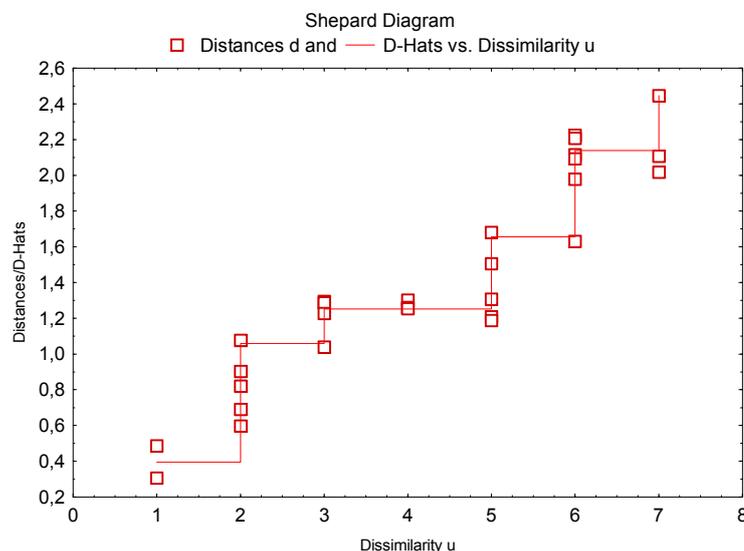


Abbildung 32 Beispiel für ein Shepard-Diagramm
[aus Meinhardt 2006]

3.1.2.3.1 Interpretation der Dimensionen

Üblicherweise werden zwei oder drei Dimensionen zum Erstellen der Endkonfiguration gewählt, jedoch ist die Interpretation von 3-dimensionalen Darstellungen erheblich schwieriger. Welche Dimensionalität letztendlich verwendet werden kann, hängt vom Grad der Anpassung ab. Ein solches Kriterium stellt der STRESS-Wert dar. Die Größe des Maßes wird bestimmt durch die Differenzen zwischen Distanzen und Disparitäten.

⁴⁴ Backhaus et al. 1993

Im Fall einer exakt monotonen Anpassung entsprechen alle Distanzen den Disparitäten und der STRESS nimmt den Wert 0 an.

Anpassungsqualität nach Kruskal:⁴⁵

STRESS-Wert	Anpassungsgüte
0	Keine eindeutige Lösung (mehr als eine Lösung möglich)
$0 < \text{STRESS} < 0,1$	Hervorragend
$0,1 \leq \text{STRESS} \leq 0,2$	Akzeptabel

Tabelle 9 Anpassungsqualität der Endkonfiguration nach Kruskal

Der Coefficient of Alienation K (Unschärfemaß) ist ein Maß für die unerklärte Streuung.

Ein weiteres Kriterium für die Festlegung der Anzahl der Dimensionen ist die Anschaulichkeit und Interpretierbarkeit der Endkonfiguration.⁴⁶ Oft ergibt sich durch Variation der Anzahl ein solideres und besser interpretierbares Ergebnis.

Die Anwendung der MDS hat gegenüber anderen Verfahren, die sich auf Eigenschaftsurteile stützen, bestimmte Vorteile:

Zum Einen können die relevanten Eigenschaften unbekannt sein, zum Anderen erfolgt keine Beeinflussung des Ergebnisses durch die Auswahl der Eigenschaften und deren Verbalisierung.

Ein Nachteil dieser Methode allerdings ist, dass die Ergebnisse schwieriger zu interpretieren sind, da kein Bezug zwischen den ermittelten Dimensionen des Wahrnehmungsraumes und den empirisch erhobenen Eigenschaften der Objekte besteht, wie es bei der Faktorenanalyse der Fall ist.

⁴⁵ Weinreich, Zwanziger 2006

⁴⁶ Hupfeld 2002

3.2 Analyse Hörtest 1

In der Analyse dieses Hörversuchs werden unterschiedliche Methoden angewandt.

Die Varianzanalyse zeigt hinsichtlich verschiedener klanglicher Qualitäten signifikante Unterschiede zwischen den Mikrofonen auf. Weiters werden über eine Analyse der Korrelationen Zusammenhänge zwischen den Variablen sichtbar gemacht.

Die Hauptkomponentenanalyse untersucht, ob sich die fünf Variablen sinnvoll auf wenige Hauptfaktoren reduzieren lassen, sodass die klanglichen Eigenschaften von Mikrofonen kompakter beschrieben werden können.

Die multiple Regressionsanalyse widmet sich verstärkt den Wechselbeziehungen zwischen Attributen und untersucht weiters den Zusammenhang zwischen der Präferenz eines Mikrofonens und den unterschiedlichen klanglichen Merkmalen.

Bevor die Berechnungen durchgeführt werden, muss das erhobene Datenmaterial überprüft und korrigiert werden.

3.2.1 Datenaufbereitung

Zunächst werden die Stichproben personenzentriert. Dabei werden die Daten mittels eines Faktors K korrigiert, der sich aus der Differenz des Mittelwertes der jeweiligen Testperson über das jeweilige Attribut und des Mittelwertes aller Testpersonen über das jeweilige Attribut berechnet.

$$K = \overline{A_i(p)} - \overline{\overline{A_i}} \quad \text{mit}$$

$$\overline{A_i(p)} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N A_i(p, k) \quad \text{und}$$

$$\overline{\overline{A_i}} = \frac{1}{N \cdot M} \sum_{k=1}^N \sum_{p=1}^M A_i(p, k)$$

$\overline{A_i(p)}$... Mittelwert einer Testperson über das jew. Attribut
 $\overline{\overline{A_i}}$... Mittelwert aller Testpersonen über das jew. Attribut
 i ... Laufvariable
 p ... Testperson
 k ... Datenwert

Diese Modifikation bewirkt, dass die absoluten Abstände der Probanden zueinander angeglichen und die Standardabweichungen geringfügig verkleinert werden.

Da für jedes Instrument zwei Hörversuche durchgeführt werden müssen, um eine größere Anzahl an Mikrofonen testen zu können, wird das „C 4000 B“ als Anker in beiden Tests bewertet. Zur Überprüfung des Antwortverhaltens werden die Mittelwerte und die Streuung der Bewertungen aus beiden Tests gegenübergestellt. In nachfolgender Abbildung ist der Anker im ersten Hörversuch als „C4000_N_T1“ dargestellt und wird im zweiten Test als „C4000_N_T2“ bezeichnet.

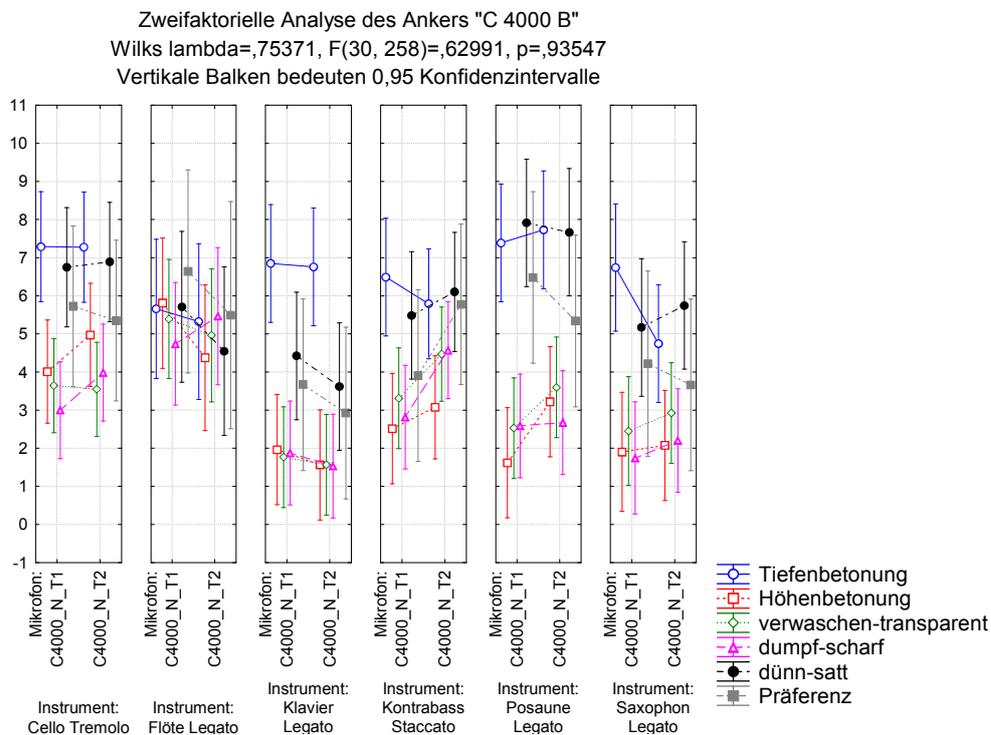


Abbildung 33

Zweifaktorielle Analyse des Ankers „C 4000 B“

Es können keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bewertungen entdeckt werden, sodass für die eigentliche Analyse die Beurteilungen des „C 4000 B“ durch einfache Mittelung zusammengefasst werden können.

Die weitere Untersuchung der Stichproben mittels Shapiro-Wilk-Test ergibt, dass die Daten normalverteilt sind.

Die Überprüfung auf Varianzenhomogenität erfolgt über einen Test nach Levene. Die Variablen „dünn – satt“ und „Präferenz“ zeigen eine inhomogene Verteilung der Varianzen. Bezüglich „Präferenz“ lässt sich dies folgendermaßen erklären: Es gibt kein Mikrofon, das bei allen Instrumenten gleich stark präferiert wird.

Zur Überprüfung des Antwortverhaltens der Testpersonen wird die Clusteranalyse angewandt. Mithilfe dieser Methode soll untersucht werden, ob die Probanden homogen antworten. Eine Testperson, deren Bewertungen völlig unkorreliert zu den anderen Beurteilungen aufscheinen, müsste dann aus dem Datensatz ausgeklammert werden. Die Daten werden instrumentenspezifisch betrachtet. Aus den Baumdiagrammen ist ersichtlich, dass keine Person aufgrund ihrer Beurteilungen hervorsticht und das Testpanel homogen antwortend auftritt.

3.2.2 Ein- und zweifaktorielle Varianzanalyse

3.2.2.1 Faktor „Mikrofon“

Die einzelnen Variablen zur Klangbeschreibung bzw. die Variable „Präferenz“ werden zunächst einfaktoriell hinsichtlich des Faktors „Mikrofon“ untersucht. Mit Hilfe des Post-Hoc-Tests nach Scheffè wird gezeigt, welche Mikrofone sich bezüglich des jeweiligen Parameters signifikant voneinander unterscheiden (diese Paarungen sind rot markiert).

Die folgenden Diagramme zeigen die Mittelwerte über alle Instrumente mit dem zugehörigen Konfidenzintervallen (95%).⁴⁷

Unabhängige Variable „Tiefenbetonung“

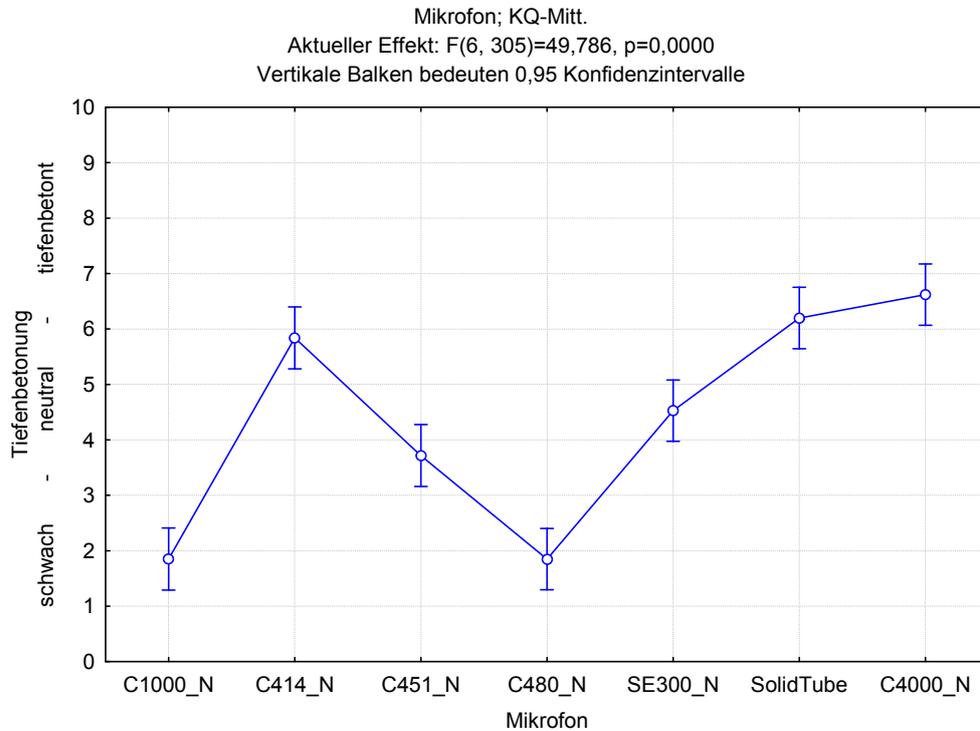


Abbildung 34 Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „Tiefenbetonung“

Mikrofon; KQ-Mitt. Aktueller Effekt: F(6, 305)=49,786, p=0,0000						
Zelle Nr.	Mikrofon	Tiefenbetonung Mittel	Tiefenbetonung Stdf.	Tiefenbetonung -95,00%	Tiefenbetonung +95,00%	N
1	C1000_N	1,851125	0,283736	1,292798	2,409453	44
2	C414_N	5,839762	0,283736	5,281434	6,398090	44
3	C451_N	3,717035	0,283736	3,158707	4,275362	44
4	C480_N	1,849730	0,280566	1,297641	2,401819	45
5	SE300_N	4,527508	0,280566	3,975419	5,079597	45
6	SolidTube	6,198619	0,280566	5,646530	6,750708	45
7	C4000_N	6,619730	0,280566	6,067641	7,171819	45

Tabelle 10 Mittelwerte, Standardfehler und Konfidenzintervall der Variable „Tiefenbetonung“

⁴⁷ Die Plots der Mittelwerte mit zugehöriger Standardabweichung befinden sich im Anhang.

Mit schwach ausgeprägten Tiefen werden das „C 1000 S“ und das „C 480 B“ eingestuft. Im Mittelfeld und damit als neutral hinsichtlich der tiefen Frequenzen bewertet, liegen das „C 414 B“ und das „C 391 B“. Das „Solidtube“ sowie das „C 4000 B“ werden stärker tiefenbetont bewertet.

Scheffe Test; Var.: Tiefenbetonung Wahrscheinlichkeiten für Post hoc-Tests								
Zelle Nr.	Mikrofon	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		1,8511	5,8398	3,7170	1,8497	4,5275	6,1986	6,6197
1	C1000_N		0,000000	0,001814	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	C414_N	0,000000		0,000148	0,000000	0,098202	0,991720	0,700773
3	C451_N	0,001814	0,000148		0,001630	0,659821	0,000002	0,000000
4	C480_N	1,000000	0,000000	0,001630		0,000000	0,000000	0,000000
5	SE300_N	0,000000	0,098202	0,659821	0,000000		0,008067	0,000159
6	SolidTube	0,000000	0,991720	0,000002	0,000000	0,008067		0,980125
7	C4000_N	0,000000	0,700773	0,000000	0,000000	0,000159	0,980125	

Tabelle 11 Scheffè-Test der einfaktoriellen Betrachtung der Variable „Tiefenbetonung“

Keine signifikanten Unterschiede bezüglich „Tiefenbetonung“ zeigen folgende Mikrofonpaare:

- „C 480 B“ und „C 1000 S“
- „C 391 B“ und „C 414 B“
- „Solidtube“ und „C 414 B“
- „C 4000 B“ und „C 414 B“
- „C 391 B“ und „C 451 B“
- „C 4000 B“ und „Solidtube“

Unabhängige Variable „Höhenbetonung“

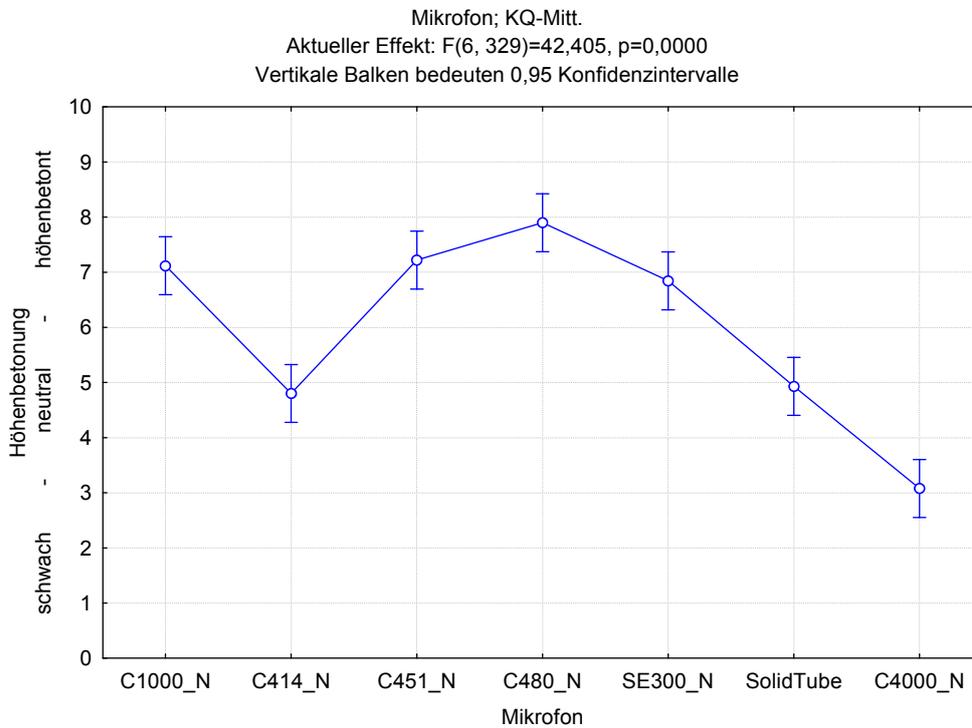


Abbildung 35 Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „Höhenbetonung“

Mikrofon; KQ-Mitt. Aktueller Effekt: F(6, 329)=42,405, p=0,0000						
	Mikrofon	Höhenbetonung Mittel	Höhenbetonung Std.	Höhenbetonung -95,00%	Höhenbetonung +95,00%	N
1	C1000_N	7,120833	0,267392	6,594820	7,646846	48
2	C414_N	4,802083	0,267392	4,276070	5,328096	48
3	C451_N	7,220833	0,267392	6,694820	7,746846	48
4	C480_N	7,900000	0,267392	7,373987	8,426013	48
5	SE300_N	6,845833	0,267392	6,319820	7,371846	48
6	SolidTube	4,931250	0,267392	4,405237	5,457263	48
7	C4000_N	3,077083	0,267392	2,551070	3,603096	48

Tabelle 12 Mittelwerte, Standardfehler und Konfidenzintervall der Variable „Höhenbetonung“

Am stärksten höhenbetont tritt das „C 480 B“ auf, gefolgt von „C 1000 S“, „C 451 B“ und „C 391 B“. Als Mikrofon mit der geringsten Ausprägung in den Höhen wird das „C 4000 B“ empfunden.

Scheffe Test; Var.: Höhenbetonung Wahrscheinlichkeiten für Post hoc-Tests							
Mikrofon	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
	7,1208	4,8021	7,2208	7,9000	6,8458	4,9312	3,0771
1 C1000_N		0,000003	0,999993	0,643699	0,997432	0,000015	0,000000
2 C414_N	0,000003		0,000001	0,000000	0,000088	0,999968	0,002449
3 C451_N	0,999993	0,000001		0,779544	0,986067	0,000004	0,000000
4 C480_N	0,643699	0,000000	0,779544		0,258760	0,000000	0,000000
5 SE300_N	0,997432	0,000088	0,986067	0,258760		0,000367	0,000000
6 SolidTube	0,000015	0,999968	0,000004	0,000000	0,000367		0,000689
7 C4000_N	0,000000	0,002449	0,000000	0,000000	0,000000	0,000689	

Tabelle 13 Scheffè-Test der einfaktoriellen Betrachtung der Variable „Höhenbetonung“

Folgende Mikrofone sind nicht signifikant voneinander verschieden:

- „C 451 B“ und „C 1000 S“
- „C 480 B“ und „C 1000 S“
- „C 391 B“ und „C 1000 S“
- „Solidtube“ und „C 414 B“
- „C 480 B“ und „C 451 B“
- „C 391 B“ und „C 451 B“
- „C 391 B“ und „C 480 B“

Unabhängige Variable „verwaschen - transparent“

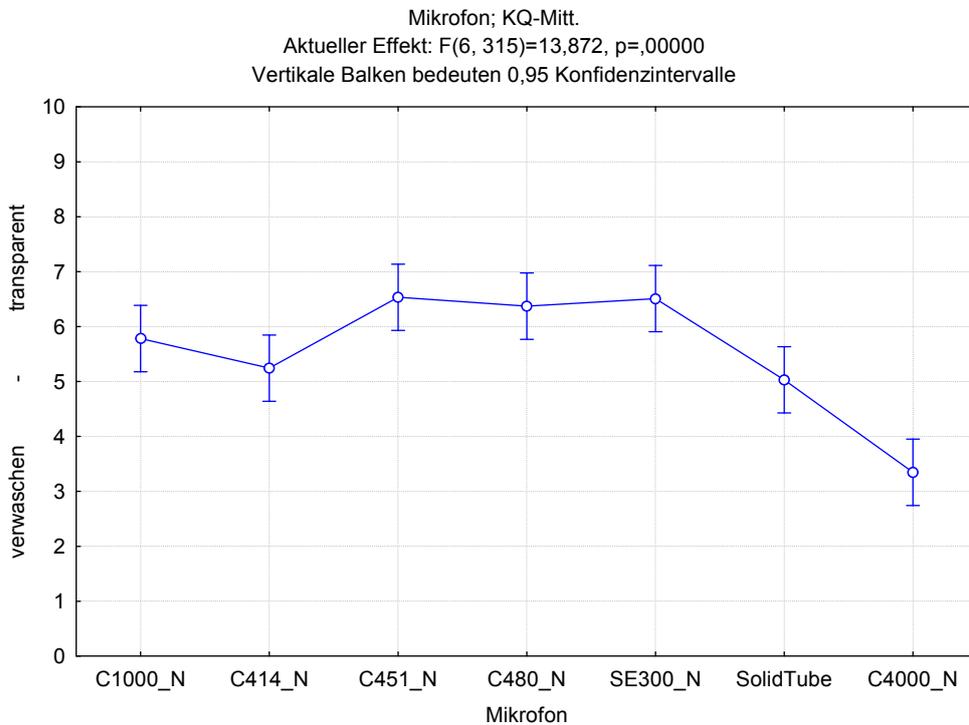


Abbildung 36 Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „verwaschen - transparent“

Mikrofon; KQ-Mitt. Aktueller Effekt: F(6, 315)=13,872, p=,00000						
	Mikrofon	verw.-transp. Mittel	verw.-transp. Stdf.	verw.-transp. -95,00%	verw.-transp. +95,00%	N
1	C1000_N	5,782609	0,306827	5,178918	6,386299	46
2	C414_N	5,243478	0,306827	4,639788	5,847169	46
3	C451_N	6,534783	0,306827	5,931092	7,138473	46
4	C480_N	6,371739	0,306827	5,768049	6,975429	46
5	SE300_N	6,510870	0,306827	5,907179	7,114560	46
6	SolidTube	5,030435	0,306827	4,426744	5,634125	46
7	C4000_N	3,347826	0,306827	2,744136	3,951516	46

Tabelle 14 Mittelwerte, Standardfehler und Konfidenzintervall der Variable „verwaschen – transparent“

Das „C 4000 B“ zeigt die stärkste Tendenz in Richtung „verwaschen“. Die übrigen Mikrofone liegen vorwiegend im Mittelfeld zwischen 5 und 6,5 und zeigen keine signifikanten Unterschiede.

Scheffe Test; Var.: verwaschen-transparent							
Wahrscheinlichkeiten für Post hoc-Tests							
Mikrofon	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
	5,7826	5,2435	6,5348	6,3717	6,5109	5,0304	3,3478
1 C1000_N		0,956125	0,807652	0,932998	0,830829	0,807653	0,000036
2 C414_N	0,956125		0,185795	0,346382	0,205600	0,999729	0,004805
3 C451_N	0,807652	0,185795		0,999943	1,000000	0,064929	0,000000
4 C480_N	0,932998	0,346382	0,999943		0,999978	0,148694	0,000000
5 SE300_N	0,830829	0,205600	1,000000	0,999978		0,074034	0,000000
6 SolidTube	0,807653	0,999729	0,064929	0,148694	0,074034		0,022027
7 C4000_N	0,000036	0,004805	0,000000	0,000000	0,000000	0,022027	

Tabelle 15 Scheffè-Test der einfaktoriellen Betrachtung der Variable „verwaschen – transparent“

Bei diesem Attributpaar zeigt sich das „C 4000 B“ von allen anderen Mikrofonen als eindeutig verschieden. Ansonsten sticht kein Paar hinsichtlich Signifikanz hervor.

Unabhängige Variable „dumpf - scharf“

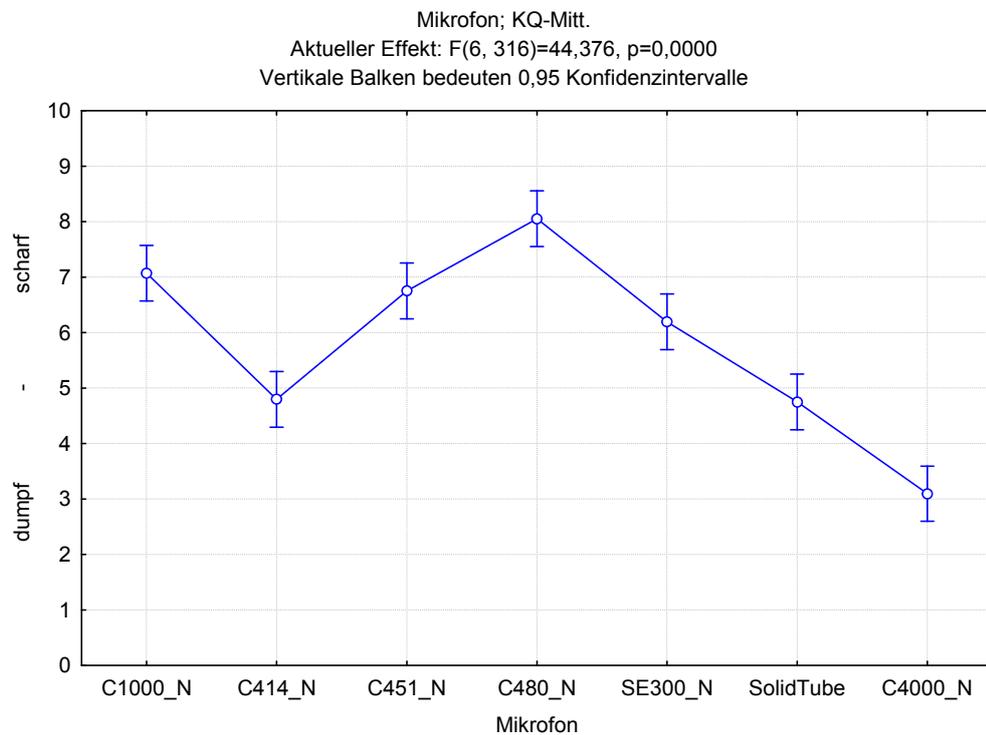


Abbildung 37 Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „dumpf – scharf“

Mikrofon; KQ-Mitt. Aktueller Effekt: F(6, 316)=44,376, p=0,0000						
	Mikrofon	dumpf-scharf Mittel	dumpf-scharf Std.	dumpf-scharf -95,00%	dumpf-scharf +95,00%	N
1	C1000_N	7,072845	0,255143	6,570851	7,574839	46
2	C414_N	4,798932	0,255143	4,296938	5,300926	46
3	C451_N	6,753280	0,255143	6,251286	7,255274	46
4	C480_N	8,054978	0,255143	7,552985	8,556972	46
5	SE300_N	6,196283	0,255143	5,694289	6,698277	46
6	SolidTube	4,750631	0,255143	4,248637	5,252625	46
7	C4000_N	3,098092	0,252414	2,601467	3,594717	47

Tabelle 16 Mittelwerte, Standardfehler und Konfidenzintervall der Variable „dumpf – scharf“

Das „C 4000 B“ wird am ehesten als „dumpf“ klingend eingeschätzt. Als „neutral“ werden das „C 414 B“ und das „Solidtube“ gewertet. Tendenziell „scharf“ klingen das „C 1000 S“, „C 451 B“ und „C 391 B“. Die stärkste Ausprägung in Richtung scharfer Klang weist das „C 480 B“ auf.

Scheffe Test; Var.: dumpf-scharf Wahrscheinlichkeiten für Post hoc-Tests							
Mikrofon	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
	7,0728	4,7989	6,7533	8,0550	6,1963	4,7506	3,0981
1 C1000_N		0,000001	0,992383	0,288034	0,436307	0,000001	0,000000
2 C414_N	0,000001		0,000085	0,000000	0,022340	1,000000	0,001299
3 C451_N	0,992383	0,000085		0,045753	0,880682	0,000047	0,000000
4 C480_N	0,288034	0,000000	0,045753		0,000260	0,000000	0,000000
5 SE300_N	0,436307	0,022340	0,880682	0,000260		0,015125	0,000000
6 SolidTube	0,000001	1,000000	0,000047	0,000000	0,015125		0,002121
7 C4000_N	0,000000	0,001299	0,000000	0,000000	0,000000	0,002121	

Tabelle 17 Scheffè-Test der einfaktoriellen Betrachtung der Variable „dumpf – scharf“

Folgende Mikrofonpaare weisen laut Tabelle 17 keinen signifikanten Unterschied auf:

- „C 451 B“ und „C 1000 S“
- „C 480 B“ und „C 1000 S“
- „C 391 B“ und „C 1000 S“
- „Solidtube“ und „C 414 B“
- „C 391 B“ und „C 451 B“

Unabhängige Variable „dünn - satt“

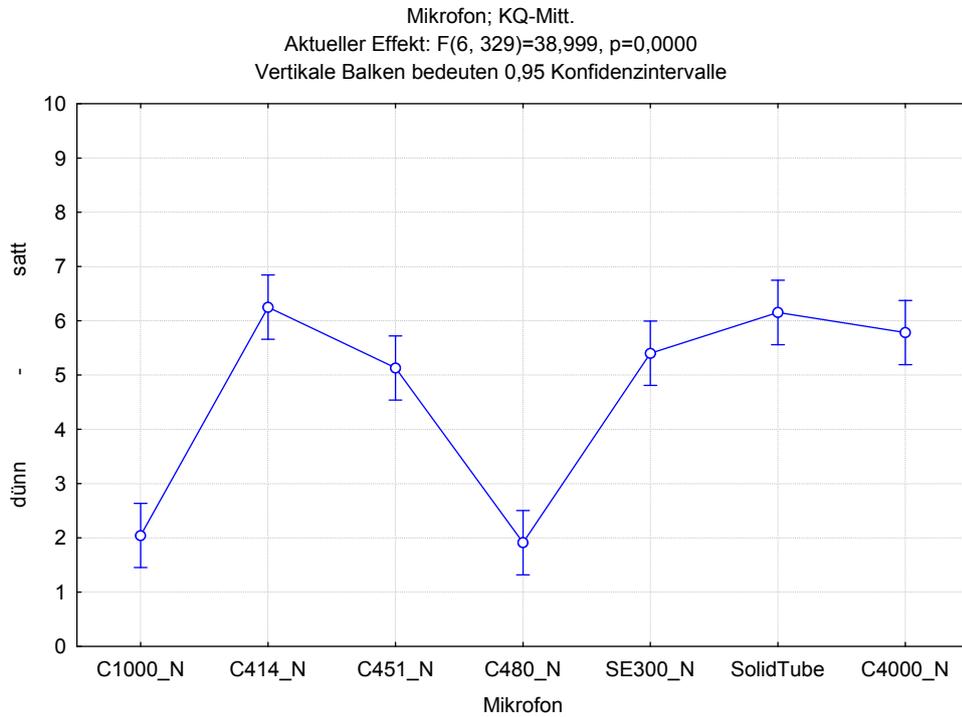


Abbildung 38 Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „dünn – satt“

Mikrofon; KQ-Mitt. Aktueller Effekt: $F(6, 329)=38,999, p=0,0000$						
Zelle Nr.	Mikrofon	dünn-satt Mittel	dünn-satt Stdf.	dünn-satt -95,00%	dünn-satt +95,00%	N
1	C1000_N	2,045833	0,300885	1,453931	2,637735	48
2	C414_N	6,252083	0,300885	5,660181	6,843985	48
3	C451_N	5,131250	0,300885	4,539348	5,723152	48
4	C480_N	1,912500	0,300885	1,320598	2,504402	48
5	SE300_N	5,402083	0,300885	4,810181	5,993985	48
6	SolidTube	6,154167	0,300885	5,562265	6,746069	48
7	C4000_N	5,783333	0,300885	5,191431	6,375235	48

Tabelle 18 Mittelwerte, Standardfehler und Konfidenzintervall der Variable „dünn – satt“

Als „dünn“ klingend werden das „C 1000 S“ und das „C 480 B“ bewertet. Die übrigen Mikrofone sind im mittleren Bereich abgebildet und werden demnach als „neutral“ empfunden.

Scheffe Test; Var.: dünn-satt							
Wahrscheinlichkeiten für Post hoc-Tests							
Mikrofon	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
	2,0458	6,2521	5,1313	1,9125	5,4021	6,1542	5,7833
1 C1000_N		0,000000	0,000000	0,999981	0,000000	0,000000	0,000000
2 C414_N	0,000000		0,329469	0,000000	0,677985	0,999997	0,975954
3 C451_N	0,000000	0,329469		0,000000	0,998791	0,450200	0,884409
4 C480_N	0,999981	0,000000	0,000000		0,000000	0,000000	0,000000
5 SE300_N	0,000000	0,677985	0,998791	0,000000		0,792615	0,991894
6 SolidTube	0,000000	0,999997	0,450200	0,000000	0,792615		0,993024
7 C4000_N	0,000000	0,975954	0,884409	0,000000	0,991894	0,993024	

Tabelle 19 Scheffè-Test der einfaktoriellen Betrachtung der Variable „dünn – satt“

Signifikant voneinander verschieden sind folgende Mikrofone:

- „C 414 B“ und „C 1000 S“
- „C 451 B“ und „C 1000 S“
- „C 391 B“ und „C 1000 S“
- „Solidtube“ und „C 1000 S“
- „C 4000 B“ und „C 1000 S“
- „C 480 B“ und „C 414 B“
- „C 480 B“ und „C 451 B“
- „C 391 B“ und „C 480 B“
- „Solidtube“ und „C 480 B“
- „C 4000 B“ und „C 480 B“

Unabhängige Variable „Präferenz“

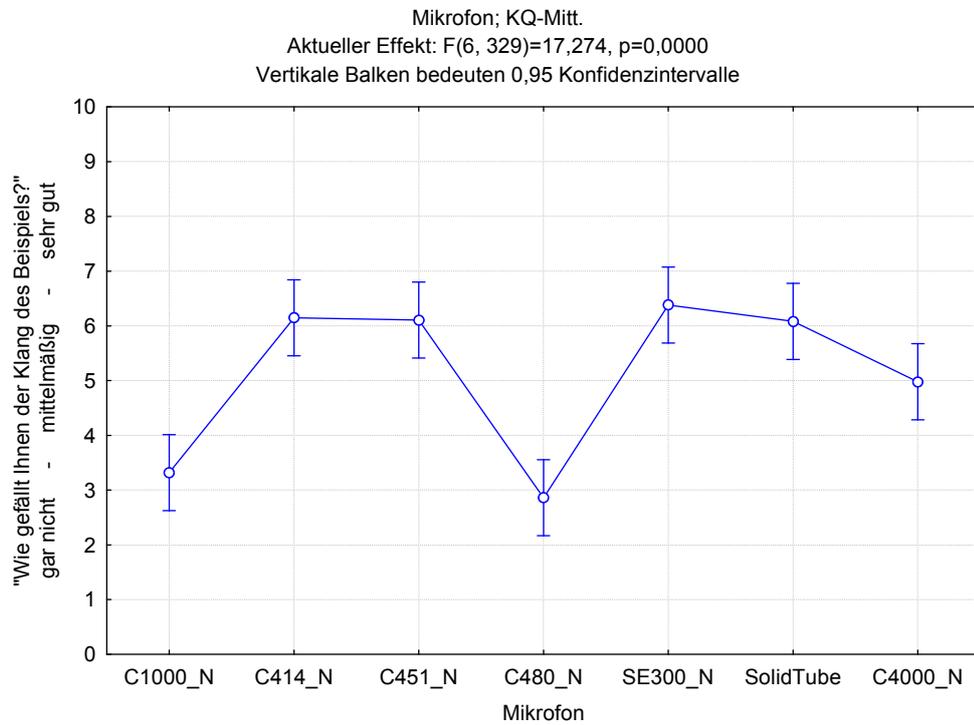


Abbildung 39 Einfaktorielle Varianzanalyse der Präferenz

Mikrofon; KQ-Mitt. Aktueller Effekt: $F(6, 329)=17,274, p=0,0000$						
Zelle Nr.	Mikrofon	Präferenz Mittel	Präferenz Stdf.	Präferenz -95,00%	Präferenz +95,00%	N
1	C1000_N	3,318750	0,353042	2,624245	4,013255	48
2	C414_N	6,147917	0,353042	5,453412	6,842421	48
3	C451_N	6,106250	0,353042	5,411745	6,800755	48
4	C480_N	2,860417	0,353042	2,165912	3,554921	48
5	SE300_N	6,381250	0,353042	5,686745	7,075755	48
6	SolidTube	6,083333	0,353042	5,388829	6,777838	48
7	C4000_N	4,979167	0,353042	4,284662	5,673671	48

Tabelle 20 Mittelwerte, Standardfehler und Konfidenzintervall der Präferenz

Am wenigsten gefällt im Mittel über alle Instrumente das „C 1000 S“ sowie das „C 480 B“. Im Mittelfeld liegt das „C 4000 B“. Eine Tendenz in Richtung „Der Klang gefällt gut“ weisen das „C 414 B“, „C 451 B“, „C 391 B“ und das „Solidtube“ auf.

Scheffe Test; Var.: Präferenz							
Wahrscheinlichkeiten für Post hoc-Tests							
Mikrofon	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
	3,3187	6,1479	6,1063	2,8604	6,3812	6,0833	4,9792
1 C1000_N		0,000027	0,000040	0,990761	0,000003	0,000049	0,090127
2 C414_N	0,000027		1,000000	0,000000	0,999797	1,000000	0,485389
3 C451_N	0,000040	1,000000		0,000000	0,999472	1,000000	0,532632
4 C480_N	0,990761	0,000000	0,000000		0,000000	0,000001	0,007201
5 SE300_N	0,000003	0,999797	0,999472	0,000000		0,999164	0,250039
6 SolidTube	0,000049	1,000000	1,000000	0,000001	0,999164		0,558737
7 C4000_N	0,090127	0,485389	0,532632	0,007201	0,250039	0,558737	

Tabelle 21 Scheffè-Test der einfaktoriellen Betrachtung der Präferenz

Signifikante Unterschiede weisen folgende Mikrofonpaare auf:

- „C 414 B“ und „C 1000 S“
- „C 451 B“ und „C 1000 S“
- „C 391 B“ und „C 1000 S“
- „Solidtube“ und „C 1000 S“
- „C 480 B“ und „C 414 B“
- „C 480 B“ und „C 451 B“
- „C 391 B“ und „C 480 B“
- „Solidtube“ und „C 480 B“
- „C 4000 B“ und „C 480 B“

3.2.2.1.1 Korrelationen

Über die Analyse der Korrelationen können Beziehungen zwischen Variablen veranschaulicht werden. Als ersten Anhaltspunkt für mögliche Korrelationen zwischen den Variablen werden mehrdimensionale Mittelwertplots der einfaktoriellen Analyse betrachtet. Vermutete Zusammenhänge, etwa dass ein tiefenbetonter Klang auch „satt“ empfunden wird, können so grafisch veranschaulicht werden. Eine genauere Überprüfung eines linearen Zusammenhangs erfolgt über die Berechnung des Pearson’schen Korrelationskoeffizienten. Grafisch werden die Zusammenhänge der Stichproben in Streudiagrammen (Scatterplots) dargestellt.

Wenn zwei Variablen eine starke Abhängigkeit zeigen, kann dies darauf hinweisen, dass eine der beiden Fragestellungen redundanten Informationsgehalt aufweist. Die Korrelationswerte folgender Vergleiche sind in Tabelle 22 ersichtlich.

Gegenüberstellung der Variablen „Tiefenbetonung“ und „Höhenbetonung“

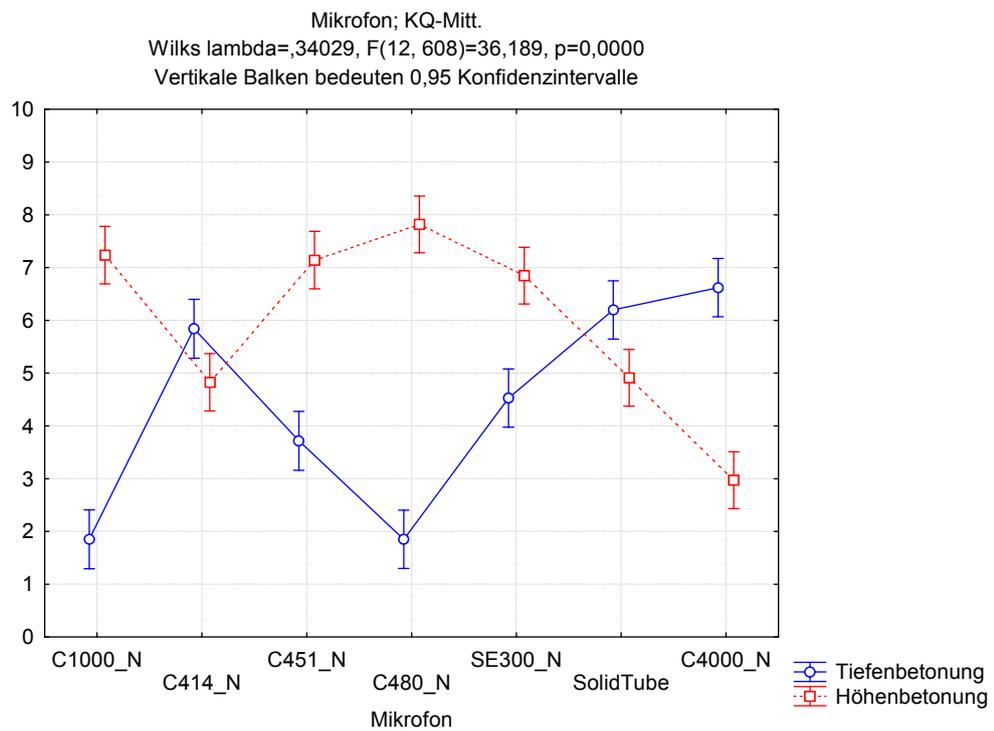


Abbildung 40 Mehrdimensionale Darstellung der Variablen „Tiefenbetonung“ und „Höhenbetonung“

Auf den ersten Blick würde man meinen, dass bei einem Mikrofon, welches als „stark höhenbetont“ empfunden wird, auch die Tiefen schwach ausgeprägt sind und umgekehrt. Allerdings sind die beiden Fragestellungen nach „Tiefenbetonung“ und „Höhenbetonung“ nur mäßig miteinander korreliert (negative Korrelation bei 43 %, siehe Tabelle 22).

Mehrdimensionales Plot der Merkmale „Tiefenbetonung“ und „dünn – satt“

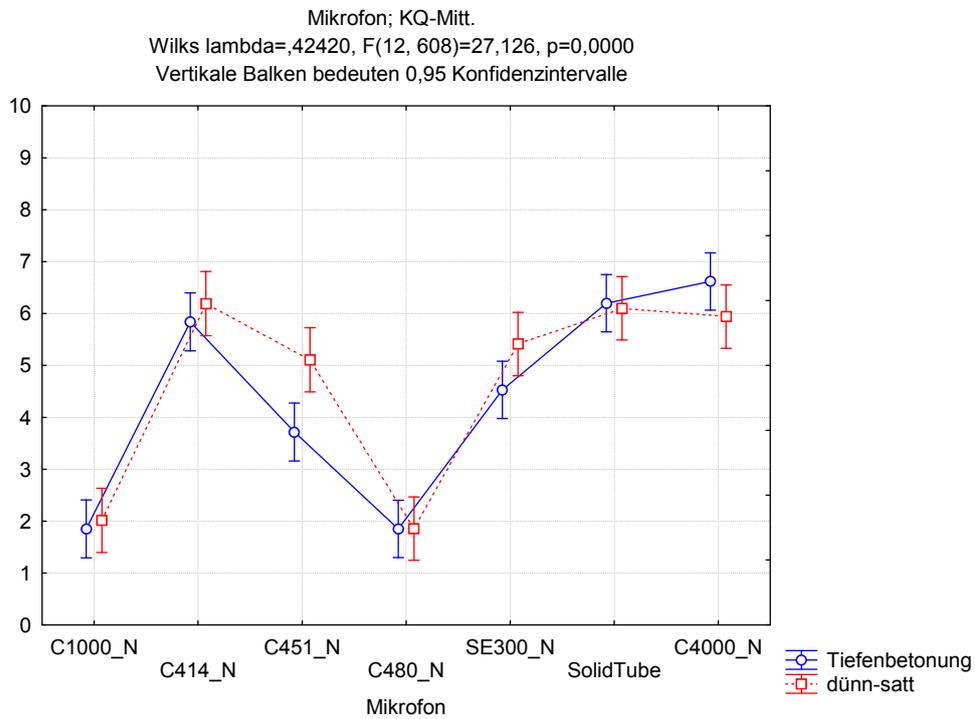


Abbildung 41 Mehrdimensionale Darstellung der Variablen „Tiefenbetonung“ und „dünn – satt“

Eine höhere Übereinstimmung ist zwischen den Variablen „Tiefenbetonung“ und „dünn – satt“ gegeben. Der Korrelationswert liegt bei 67 %. Demnach kann man von einem Trend sprechen, dass ein „dünn“ klingendes Mikrofon auch schwach ausgeprägte Tiefen aufweist. Ein eher „tiefenbetonter“ Klang wird als eher „satt“ empfunden.

Gegenüberstellung von „Höhenbetonung“, „verwaschen – transparent“ und „dumpf – scharf“

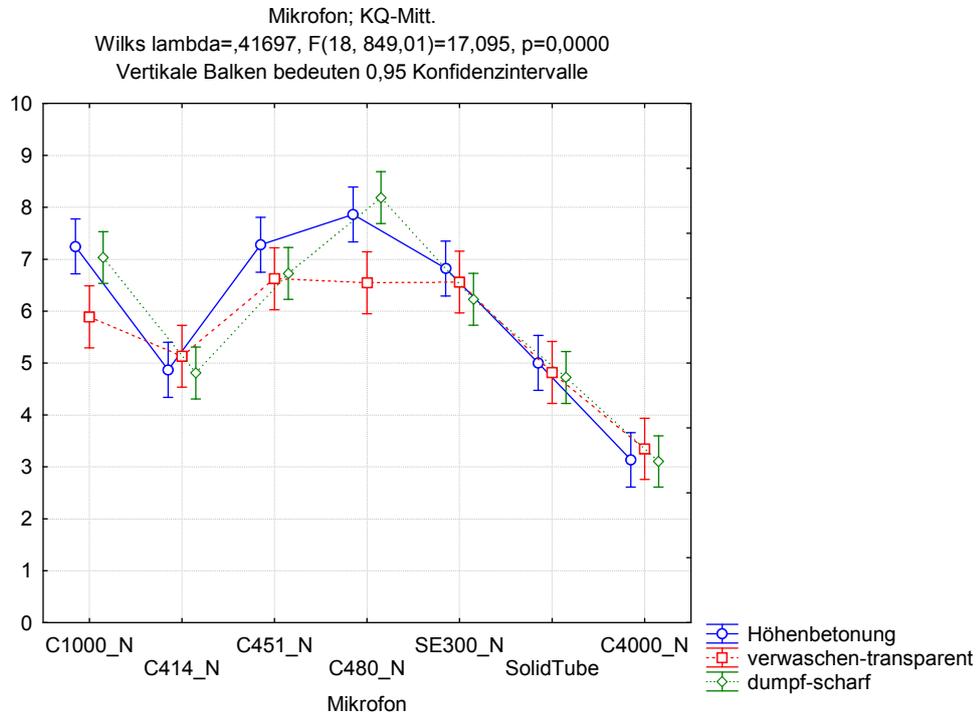


Abbildung 42 Mehrdimensionale Darstellung der Variablen „Höhenbetonung“, „verwaschen – transparent“ und „dumpf – scharf“

Ebenso ist bei den Variablen „Höhenbetonung“ und „dumpf – scharf“ eine hohe Übereinstimmung vor (68 %), während die Variable „verwaschen – transparent“ mit den anderen beiden zwar bildlich gut übereinstimmt, rechnerisch aber nur mäßig korreliert (zu 43 % und 45 %). Beim „C 480 B“ ist hier die größte Abweichung festzustellen.

In Abbildung 43 ist eine Matrix-Anordnung von Streudiagrammen zu sehen, die je nach Form und Steigung der Punktwolke Korrelationen zweier statistischer Merkmale auf einen Blick veranschaulichen.

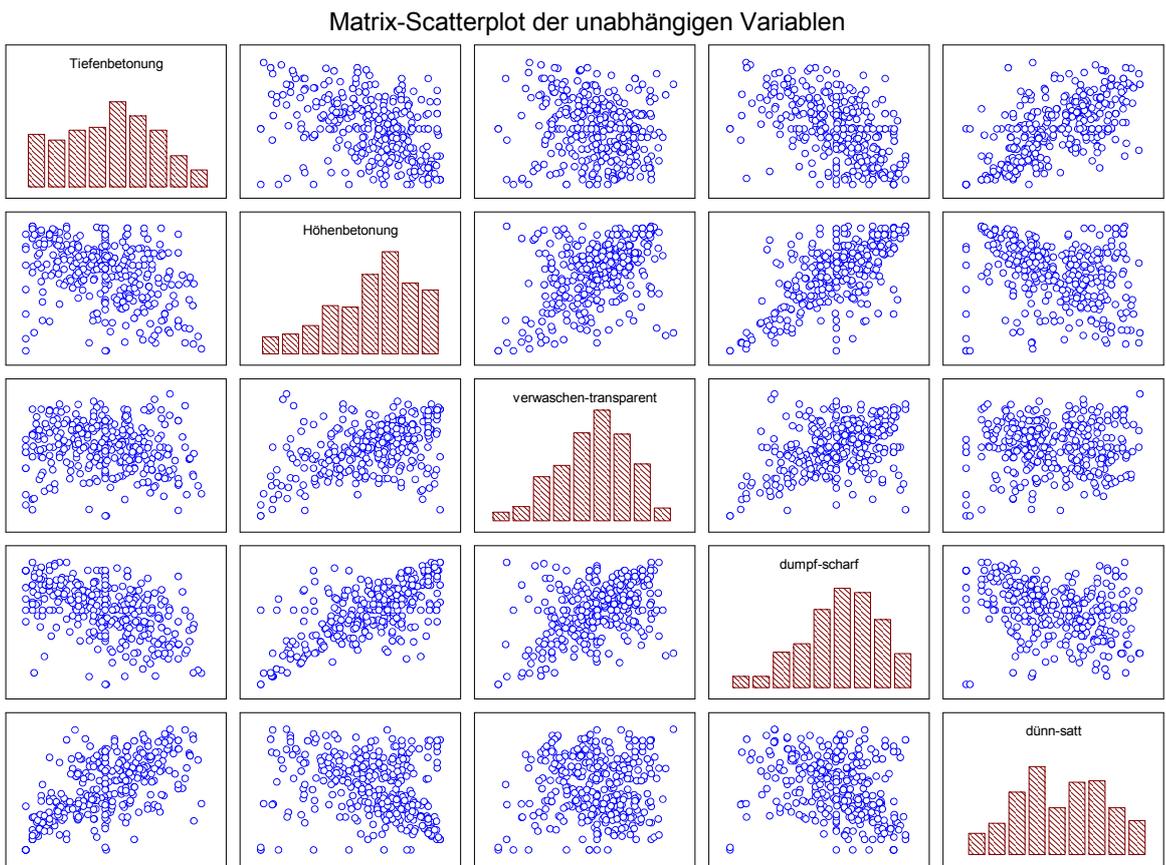


Abbildung 43 Streudiagramme zum Veranschaulichen der Korrelationen der Variablen

Variable	Korrelationen				
	Tiefenbetonung	Höhenbetonung	verw.-transp.	dumpf-scharf	dünn-satt
Tiefenbetonung	1,00	-0,43	-0,19	-0,55	0,67
Höhenbetonung	-0,43	1,00	0,45	0,68	-0,32
verw.-trans.	-0,19	0,45	1,00	0,43	-0,01
dumpf-scharf	-0,55	0,68	0,43	1,00	-0,38
dünn-satt	0,67	-0,32	-0,01	-0,38	1,00

Tabelle 22 Pearson'sche Korrelationskoeffizienten

Die Variablen „Höhenbetonung“ und „dumpf – scharf“ sowie „Tiefenbetonung“ und „dünn – satt“ formen am ehesten Keulen, was sich im berechneten Korrelationskoeffizienten widerspiegelt (siehe Tab. 22). „Höhenbetonung“ und „dumpf – scharf“ korrelieren zu 68 % miteinander, „Tiefenbetonung“ und „dünn – satt“ zu 67 %.

Am wenigsten Übereinstimmung zeigen die Frage nach der „Tiefenbetonung“ und das Attributpaar „verwaschen – transparent“. Zwischen diesen beiden Variablen ist mit 19 % Korrelation ein schwacher Zusammenhang gegeben.

3.2.2.1.2 Zusammenfassung

Das „C 414 B“ und das „C 480 B“ unterscheiden sich in fast allen Variablen signifikant voneinander. Während das „C 414 B“ hinsichtlich Frequenzbetonung, Schärfe und Transparenz als neutral eingestuft wird und eher „satt“ klingt, wird das „C 480 B“ als eher „höhenbetont“, „transparent“, „scharf“, „dünn“ und als ein Mikrofon mit „schwach ausgeprägten Tiefen“ bewertet. Bezüglich Präferenz gefällt das „C 414 B“ eindeutig besser. Die Einstufung erfolgt zwischen „mittelmäßig“ und „sehr gut“, während das „C 480 B“ in Richtung „Der Klang gefällt gar nicht“ tendiert.

Auch das „C 4000 B“ unterscheidet sich über alle Betrachtungen hinweg konstant von zwei Mikrofonen: Dem „C 1000 S“ und dem „C 480 B“. Letztere werden mit „schwach ausgeprägten Tiefen“, als „eher höhenbetont“, „eher transparent“, „scharf“ und „dünn“ empfunden. Das „C 4000 B“ hingegen wird als „stärker tiefenbetont“, „mit weniger ausgeprägten Höhen“, „eher verwaschen“, „dumpf“ und „satt“ klingend eingestuft. Dieses wird auch gegenüber den beiden anderen Mikrofonen eindeutig bevorzugt.

Die Betrachtung der Korrelationen zwischen den Attributen ergeben folgende Zusammenhänge:

Eine mäßig negative Korrelation ist zwischen den Variablen „Höhenbetonung“ und „Tiefenbetonung“ zu beobachten.

Positive lineare Abhängigkeiten finden sich einerseits zwischen den Variablen „Tiefenbetonung“ und „dünn – satt“ und andererseits zwischen „Höhenbetonung“, „verwaschen – transparent“ und „dumpf – scharf“. Diese Korrelationen sind als mäßig bis stark einzustufen.

3.2.2.2 Faktoren „Mikrofon“ und „Instrument“

In der zweifaktoriellen Varianzanalyse wird die Wechselwirkung zwischen den Faktoren „Mikrofon“ und „Instrument“ ausgewertet. Folgenden Überlegungen wird dabei nachgegangen:

Sind instrumentenspezifisch unterschiedliche Beurteilungen zu beobachten oder werden die Mikrofone unabhängig vom Programmmaterial bewertet?

Und hinsichtlich der Frage nach der Präferenz eines Mikrofon: Gibt es ein Mikrofon, dass für alle Instrumente gleichermaßen geeignet ist?

Oder umgekehrt, gibt es ein Mikrofon, das stark polarisiert und demnach für ein Instrument oder eine Instrumentengruppe besonders geeignet ist?

Die folgenden Analysen (Abb. 44 bis 49) sind mit einem gewissen Vorbehalt zu betrachten, denn laut Signifikanztest (nach Scheffè) gibt es bei keiner Variable innerhalb einer Mikrofongruppe einen eindeutigen Unterschied zwischen den Instrumenten. Dies wird vermutlich darauf zurückzuführen sein, dass dieser Post-Hoc-Test auch die Größe der Stichprobe berücksichtigt und diese in die Wahrscheinlichkeit, dass die Berechnung der Stichprobe auch für die Grundpopulation gültig ist, mit einfließen lässt. Nachdem in diesem Hörversuch die Anzahl der Probanden mit acht Personen klein ist und in der zweifaktoriellen Betrachtung der Mittelwertunterschiede sich die Stichproben durch den zusätzlichen Faktor noch einmal teilen, liefert der Scheffè-Test keine Signifikanzen innerhalb einer Mikrofongruppe, die auf eine Gesamtheit schließen lassen.

Instrumentenspezifische Betrachtung der „Tiefenbetonung“⁴⁸

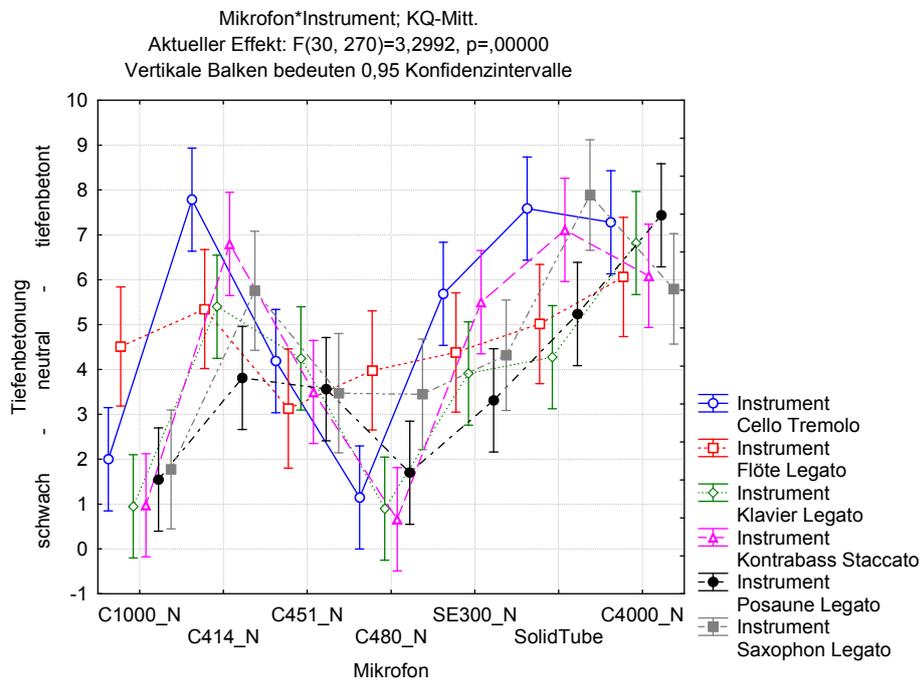


Abbildung 44 Zweifaktorielle Varianzanalyse der Variable „Tiefenbetonung“

Folgende Mittelwertunterschiede sind in Abbildung 44 zu beobachten:

Das „C 1000 S“ wird beim Klangbeispiel „Flöte Legato“ als neutral klingend eingestuft, während das Mikrofon bei den Tests mit anderen Instrumenten mit schwach ausgeprägten Tiefen beurteilt wird.

Das „C 414 B“ liegt in den Bewertungen bei Kontrabass und Cello deutlich höher als bei der Bewertung des Posaunen-Klangbeispiels. Letzteres geht in Richtung geringer Ausprägung der Tiefen, während das Mikrofon bei Kontrabass und Cello tendenziell als „stark tiefenbetont“ empfunden wird.

Flöte und Saxophon werden beim „C 480 B“ als eher neutral eingestuft, während die Klangbeispiele Cello, Klavier und Kontrabass mit „schwach ausgeprägten Tiefen“ beurteilt werden.

⁴⁸ Die Tabellen und Diagramme der Mittelwerte und Standardabweichungen befinden sich im Anhang.

Beim „Solidtube“ unterscheiden sich die Programmdarbietungen von Cello und Klavier deutlich. Das Cello wird tiefenbetonter wahrgenommen.

Eine Annahme bestätigt sich in dieser Darstellung: Das Klangbeispiel der Flöte scheint wenig geeignet zur Beurteilung der Tiefenbetonung zu sein, da das es zuwenig tieffrequente Anteile liefert. Die Mittelwerte weichen gering voneinander ab und die Streuungen sind relativ groß.

Instrumentenspezifische Betrachtung der „Höhenbetonung“⁴⁹

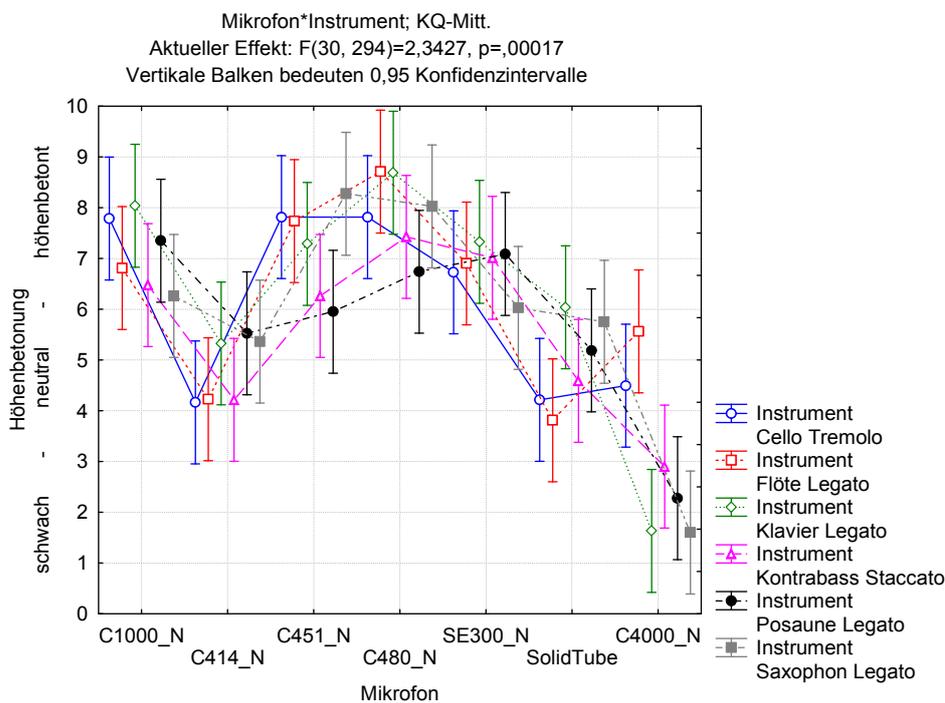


Abbildung 45 Zweifaktorielle Varianzanalyse der Variable „Höhenbetonung“

Bei der Frage nach den hohen Frequenzen sind nur beim Mikrofon „C 4000 B“ signifikante Unterschiede zwischen Instrumenten zu beobachten: Cello und Flöte werden als „neutral“ bewertet, während die Höhen bei den übrigen Instrumenten als „geringer ausgeprägt“ empfunden werden.

Geringe Standardabweichungen sind für Posaune und Saxophon ersichtlich.

⁴⁹ Die Tabellen und Diagramme der Mittelwerte und Standardabweichungen befinden sich im Anhang.

Instrumentenspezifische Betrachtung von „verwaschen – transparent“⁵⁰

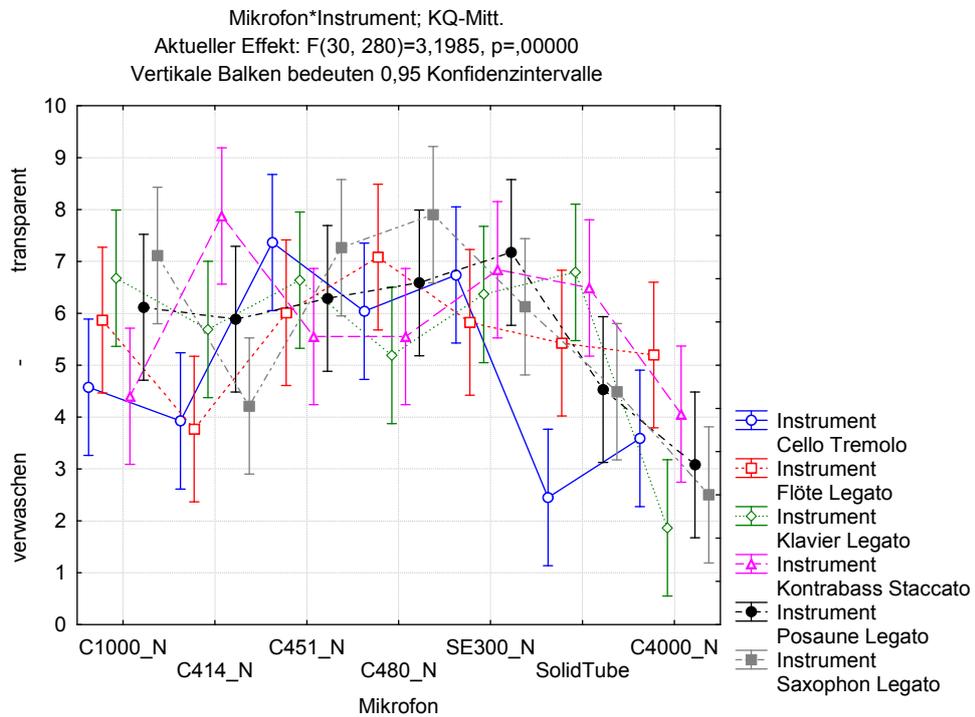


Abbildung 46 Zweifaktorielle Varianzanalyse der Variable „verwaschen – transparent“

Signifikante Unterschiede treten beim „C 414 B“ zwischen Kontrabass und der Gruppe Cello, Flöte und Saxophon auf. Beim Kontrabass klingt das „C 414 B“ eher „verwaschen“ während die genannte Gruppe eher „transparent“ bewertet wird.

Ebenso ist dies beim Solidtube zwischen Cello und der Gruppe Flöte, Klavier und Kontrabass der Fall. Das „Solidtube“ wird beim Klangbeispiel Cello im Gegensatz zur Gruppe als eher „verwaschen“ eingestuft.

Geringe Standardabweichungen sind bei den Instrumenten Cello und Posaune gegeben. Die Klangbeispiele von Cello, Klavier und Saxophon zeigen eine gute Ausnutzung der vorgegebenen Skala und scheinen demnach gut geeignet zur Bewertung der Mikrofone hinsichtlich „verwaschen – transparent“.

Flöte und Kontrabass scheinen als Testsignale hier weniger qualifiziert zu sein, da die Mittelwerte weniger voneinander abweichen und die Streuungen relativ groß sind.

⁵⁰ Die Tabellen und Diagramme der Mittelwerte und Standardabweichungen befinden sich im Anhang.

Instrumentenspezifische Betrachtung von „dumpf – scharf“⁵¹

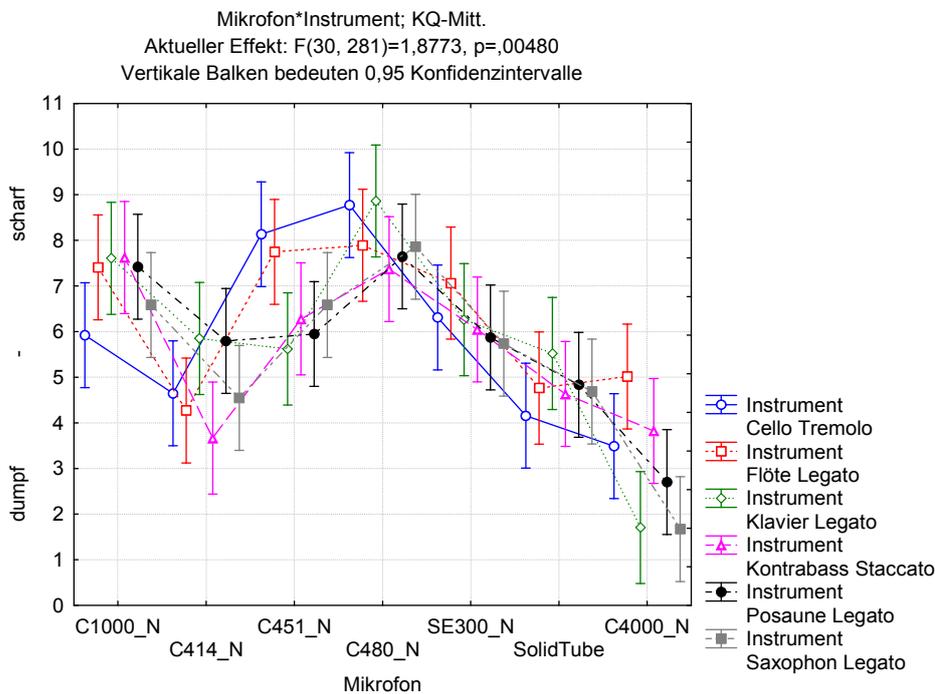


Abbildung 47 Zweifaktorielle Varianzanalyse der Variable „dumpf – scharf“

Die Klangbeispiele Cello und Klavier werden beim „C 451 B“ eindeutig unterschiedlich bewertet. Während das Mikrofon bei der Aufnahme mit Klavier im Mittelfeld liegt und somit als „neutral“ empfunden wird, wird dasselbe Mikrofon beim Klangbeispiel Cello als eher „scharf“ klingend bewertet.

Beim Kontrabass liegen die Mittelwerte der Mikrofone im „neutralen“ Bereich relativ nahe beieinander, während beim Klangbeispiel Klavier die gesamte Skala zur Bewertung verwendet wird.

⁵¹ Mittelwerte und dazugehörige Standardabweichungen sind im Anhang ersichtlich

Instrumentenspezifische Betrachtung von „dünn – satt“

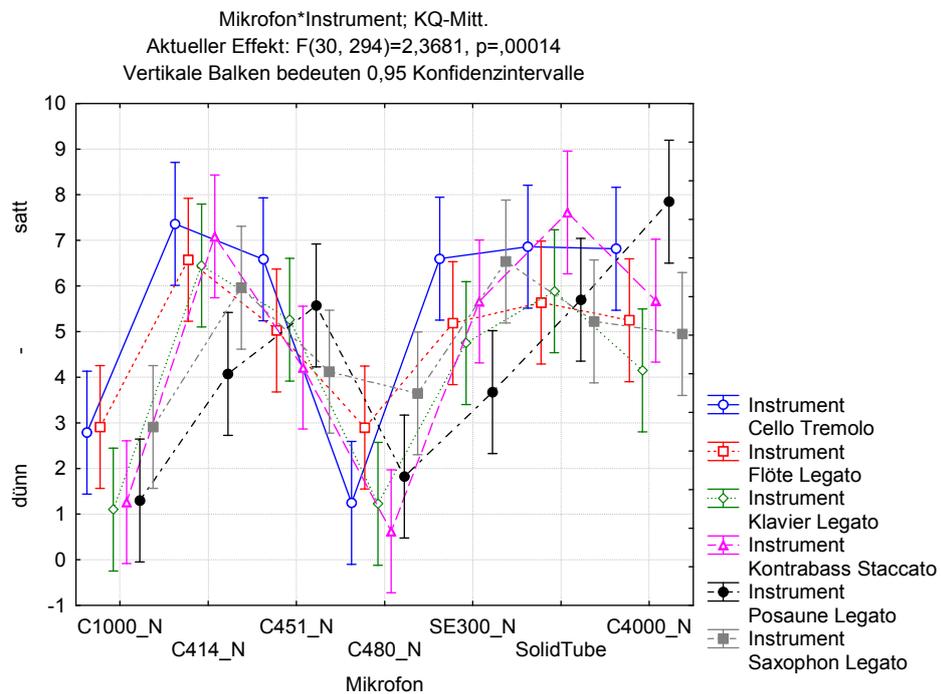


Abbildung 48 Zweifaktorielle Varianzanalyse der Variable „dünn – satt“

Deutliche instrumentenspezifische Unterschiede sind bei folgenden Mikrofonen zu verzeichnen:

- „C 414 B“ (zwischen Posaune und den Instrumenten Cello, Kontrabass)
- „C 480 B“ (zwischen Kontrabass und Saxophon)
- „C 391 B“ (zwischen Posaune und den Instrumenten Cello, Saxophon)
- „C 4000 B“ (zwischen Posaune und den Instrumenten Klavier, Saxophon)

Die Klangbeispiele der Posaune und des Saxophons sind hier häufig genannt. Während die Posaune in dieser Attributwertung recht stark polarisiert (Werte zwischen 1,3 und 7,8), sieht es beim Saxophon so aus, als wäre das Instrument weniger geeignet um ein Mikrofon bezüglich „dünnem“ und „sattem“ Klangbild zu bewerten. Der Wertebereich der Mittelwerte des Saxophons liegt zwischen 2,9 und 6,5.

Die geringste Standardabweichung weisen das Cello und die Posaune auf. Diese und auch der Kontrabass und das Klavier zeigen eine gute Ausnutzung der vorgegebenen Skala und sind demnach gut geeignet zur Klangbewertung mittels „dünn – satt“.

Große Streuungen und geringe Mittelwertunterschiede zeigt das Testsignal Flöte. Es scheint demnach zur Beurteilung von „dünn – satt“ nicht passend zu sein.

Die Analysen nach Attributen zusammengefasst ergibt, dass relativ wenig instrumentenspezifische Unterschiede zu beobachten sind. Mit wenigen Ausnahmen wird meist ein Mikrofon sowohl bei einem als auch bei einem anderen Instrument annähernd gleich eingestuft.

Instrumentenspezifische Betrachtung der Präferenz⁵²

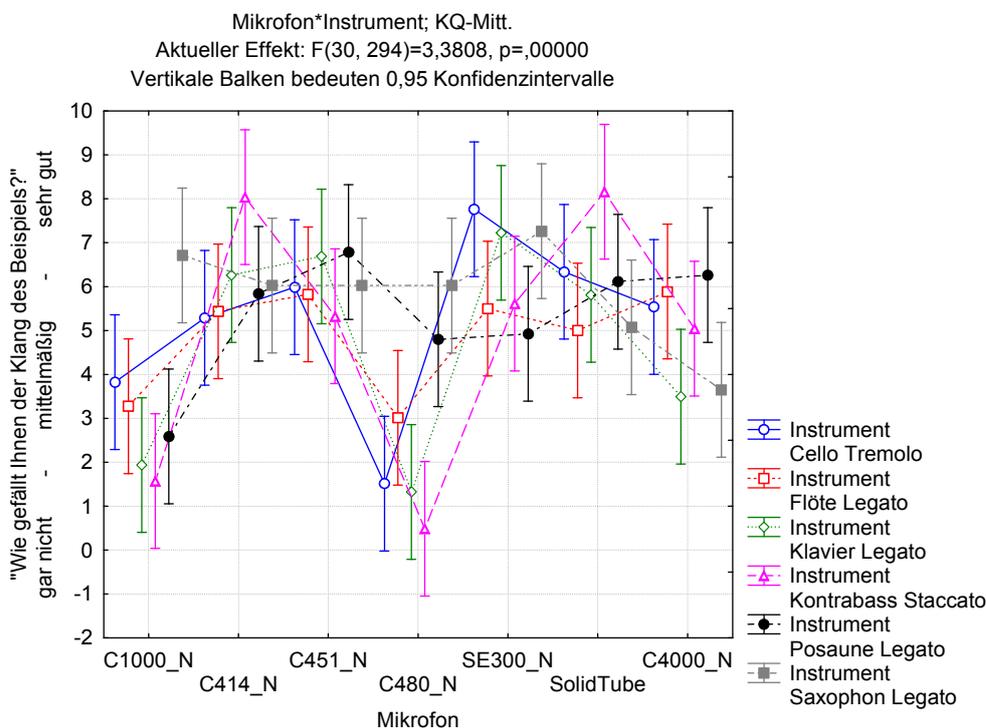


Abbildung 49 Zweifaktorielle Varianzanalyse der Präferenz

Das Saxophon-Klangbeispiel und die Posaune fallen insofern auf, als dass sie wenig polarisieren. Das Saxophon weicht am stärksten beim „C 4000 B“ in Richtung „Der Klang gefällt nicht“ von den anderen Mikrofonen ab, bei denen sich der Trend in Richtung „Der Klang gefällt sehr gut“ abzeichnet.

Beim Testsignal Kontrabass wird das „C 480 B“ sehr schlecht bewertet (Mittelwert bei 0,48), dicht gefolgt von den Bewertungen bei Klavier und Cello (Mittelwerte bei 1,3 und

⁵² Mittelwerte und Standardabweichungen sind im Anhang ersichtlich

1,5). Hier gibt es einen signifikanten Unterschied zur Posaune, deren Klang als „mittelmäßig“ über dieses Mikrofon bewertet wird.

Generell zeigt sich in der Analyse der Präferenz die Tendenz, dass ein Mikrofon über alle Instrumente ähnlich bewertet wird.

Die Bewertungsmöglichkeiten werden bei folgenden Instrumenten gut ausgenutzt: Cello, Kontrabass und Klavier.

Bei den Klangbeispielen von Flöte und Saxophon, aber auch bei denen der Posaune, scheint den Probanden die Bewertung schwerer zu fallen. Die Streuungen sind relativ groß und die Mittelwerte unterscheiden sich weniger als bei den anderen Instrumenten.

3.2.2.3 Faktor „Membrangröße“

Die varianzanalytische Untersuchung des Faktors „Membrangröße“ geht einerseits der Frage nach, ob klanglich tatsächlich signifikante Unterschiede zwischen den beiden Kategorien Kleinmembran und Großmembran zu verzeichnen sind. Weiters wird der Faktor hinsichtlich der Präferenz untersucht, um zu klären, ob über alle Daten gemittelt eine dieser beiden Klassen bevorzugt wird.

Variable „Tiefenbetonung“

In Abbildung 50 ist das Box-Whisker-Plot der Variable „Tiefenbetonung“ zu sehen. In dieser Darstellung sind der Mittelwert, der Standardfehler und die Standardabweichung eingetragen.

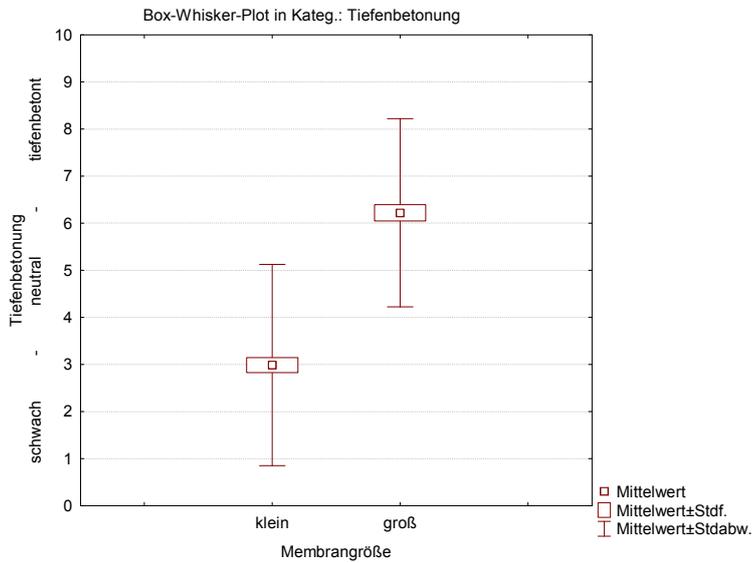


Abbildung 50 Mittelwerte und Standardabweichungen der Membrangrößen, Variable „Tiefenbetonung“

In Tabelle 23 sind die zum Plot gehörenden Zahlenwerte abgebildet.

Membran	Tiefenbetonung	Tiefenbetonung	Tiefenbetonung
	Mittelw.	Stdabw.	Stdf.
klein	2,988622	2,136460	0,160134
groß	6,222203	1,998622	0,172655
Alle	4,377404	2,622269	0,148457

Tabelle 23 Deskriptive Statistik des Faktors „Membrangröße“, Variable „Tiefenbetonung“

Der Faktor Membrangröße spielt bei der Frage nach der „Tiefenbetonung“ eine untergeordnete Rolle. Die Streuung um den Mittelwert ist groß und die Standardabweichungen von Großmembran und Kleinmembran überschneiden sich.

In der folgenden Grafik ist ein Box-Whisker-Plot mit den Medianen, Quartilen und Maximalwerten der Daten abgebildet.

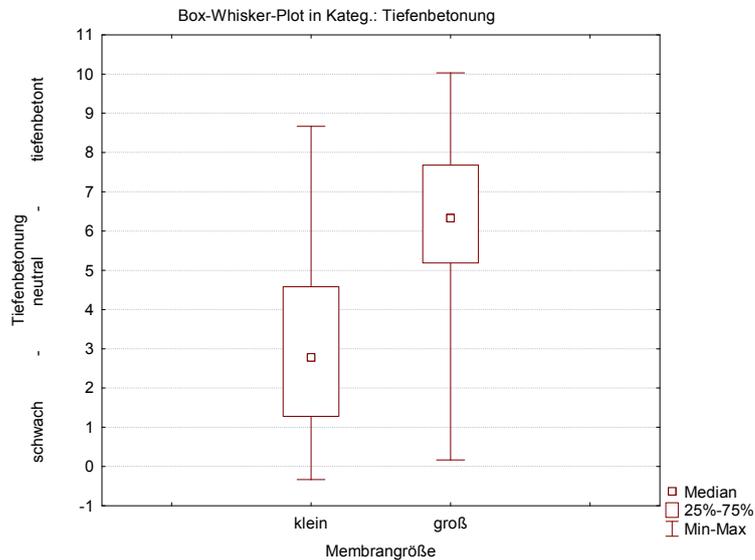


Abbildung 51 Box-Whisker-Plot des Faktors „Membrangröße“, Variable „Tiefenbetonung“

Membran	Tiefenbet. Minimum	Tiefenbet. Maximum	Tiefenbet. Q25	Tiefenbet. Median	Tiefenbet. Q75
	klein	-0,329739	8,67026	1,278594	2,783468
groß	0,170261	10,03098	5,188341	6,332761	7,678594
Alle	-0,329739	10,03098			

Tabelle 24 Deskriptive Statistik zur Analyse des Faktors „Membrangröße“, Variable „Tiefenbetonung“

Aus dieser Perspektive betrachtet ist zu sehen, dass die Spannweiten (Min. – Max.) zwar gänzlich überlappen, jedoch sich die unteren und oberen Quartile eindeutig unterscheiden. Somit ist eine Tendenz zu beobachten, dass Mikrofone mit großer Membran eher als tiefenbetont eingestuft werden als Kleinmembranmikrofone.

Variable „Höhenbetonung“

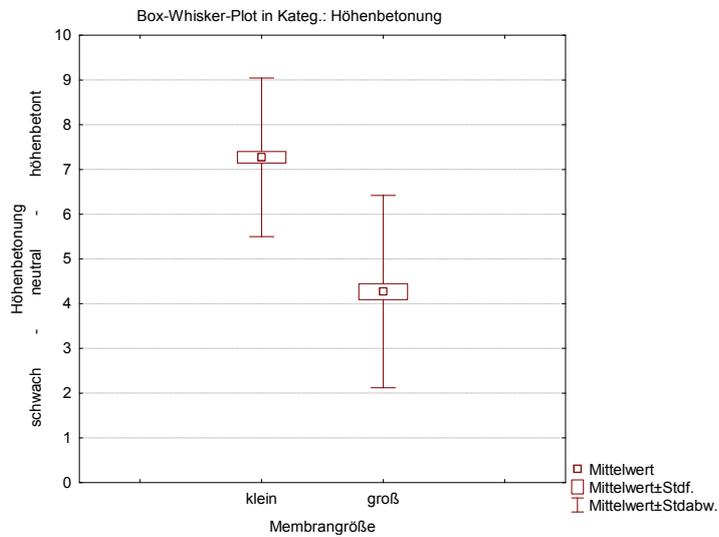


Abbildung 52 Mittelwerte und Standardabweichungen der Membrangrößen, Variable „Höhenbetonung“

Membrangröße	Höhenbetonung	Höhenbetonung	Höhenbetonung
	Mittelw.	Stdabw.	Stdf.
klein	7,271875	1,773488	0,127990
groß	4,270139	2,148525	0,179044
Alle	5,985417	2,444784	0,133374

Tabelle 25 Deskriptive Statistik des Faktors „Membrangröße“, Variable „Höhenbetonung“

Wie bei der vorhergehenden Betrachtung gibt es auch hinsichtlich dieser Fragestellung keinen signifikanten Unterschied bezüglich der Standardabweichung von Großmembran- und Kleinmembranmikrofonen.

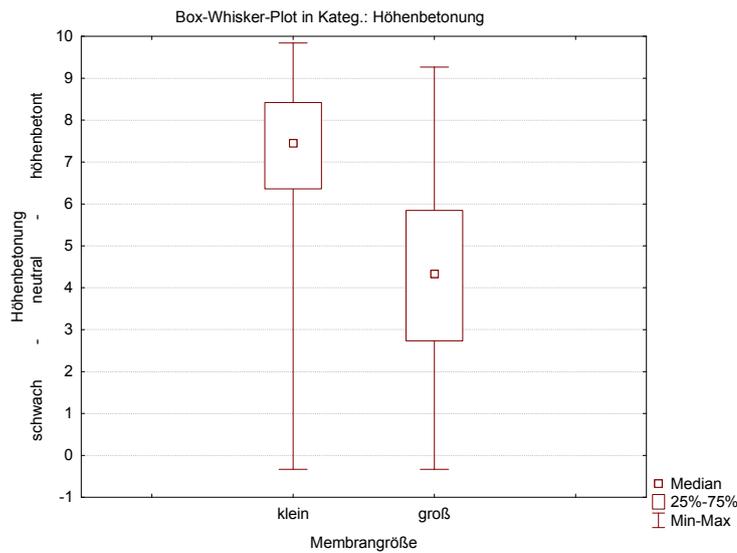


Abbildung 53 Box-Whisker-Plot des Faktors „Membrangröße“, Variable „Höhenbetonung“

Membran	Höhenbet. Minimum	Höhenbet. Maximum	Höhenbet. Q25	Höhenbet. Median	Höhenbet. Q75
klein	-0,333631	9,843750	6,359821	7,449107	8,422322
groß	-0,333631	9,266369	2,734821	4,333036	5,846131
Alle	-0,333631	9,843750			

Tabelle 26 Deskriptive Statistik zur Analyse des Faktors „Membrangröße“, Variable „Höhenbetonung“

Bei Betrachtung des Median-Box-Plots überlappen wiederum die Spannweiten und die 25%-Quartile und 75%-Quartile unterscheiden sich signifikant. Demnach kann man hier von einer Tendenz sprechen, dass Kleinmembranmikrofone eher als höhenbetont bewertet werden als Mikrofone mit einer großen Membran.

Die Interpercentilabstände sind unterschiedlich groß: Bei den Kleinmembranmikrofonen verdichten sich 50 % der Daten in einer kürzeren Range, während die Daten der Großmembranen sich großflächiger streuen. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass Mikrofone mit großer Membran unterschiedlicher bezüglich Höhenbetonung empfunden werden, während bei Kleinmembranmikrofonen die Beurteilung stärker zu „höhenbetont“ tendiert.

Variable „verwaschen - transparent“

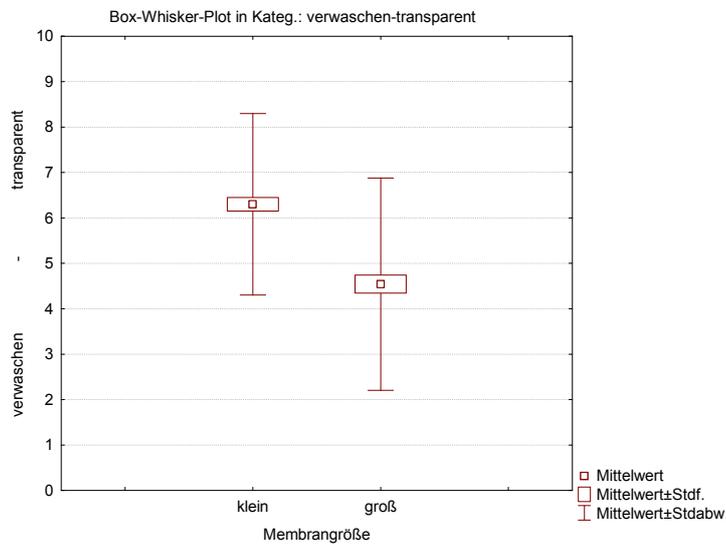


Abbildung 54 Mittelwerte und Standardabweichungen der Membrangrößen, Variable „verwaschen – transparent“

Membran	verwaschen-transparent	verwaschen-transparent	verwaschen-transparent
	Mittelw.	Stdabw.	Stdf.
klein	6,300000	1,998965	0,147366
groß	4,540580	2,338554	0,199071
Alle	5,545963	2,317870	0,129170

Tabelle 27 Deskriptive Statistik des Faktors „Membrangröße“, Variable „verwaschen – transparent“

Der Mittelwert der Kleinmembranen tendiert mäßig in Richtung „transparent“, während die Großmembranen im Mittel leicht „verwaschen“ klingen. Allerdings ist wiederum kein signifikanter Unterschied der beiden Gruppen zu erkennen.

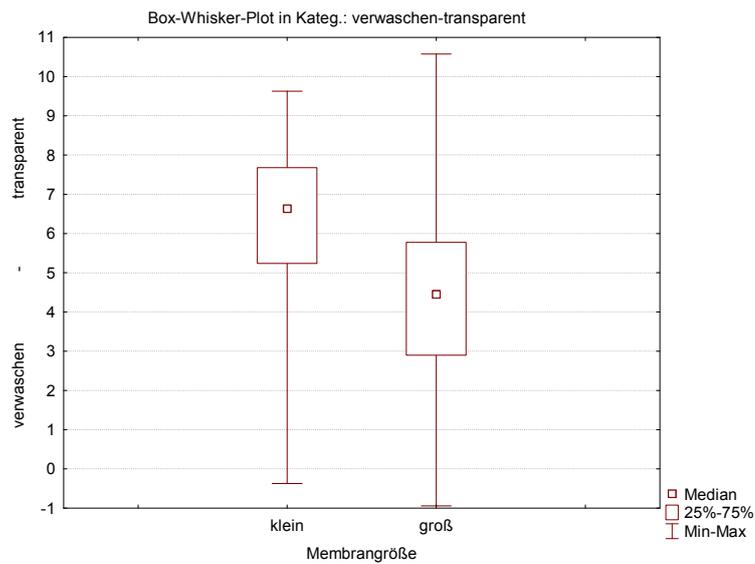


Abbildung 55 Box-Whisker-Plot des Faktors „Membrangröße“, Variable „verwaschen – transparent“

Membran	verw.-transp.	verw.-transp.	verw.-transp.	verw.-transp.	verw.-transp.
	Minimum	Maximum	Q25	Median	Q75
klein	-0,371180	9,62882	5,239772	6,639772	7,678106
groß	-0,939752	10,57811	2,900248	4,454296	5,778106
Alle	-0,939752	10,57811			

Tabelle 28 Deskriptive Statistik zur Analyse des Faktors „Membrangröße“, Variable „verwaschen – transparent“

Auch bei Betrachtung des Median-Box-Plots ist kein klar ersichtliches Ergebnis zu beobachten. Wie oben erwähnt, ist maximal von einer Tendenz sprechen, dass Großmembranmikrofone eher „verwaschen“ bis „neutral“ klingen und die Mikrofone mit kleiner Membran eher „neutral“ bis „transparent“.

Variable „dumpf - scharf“

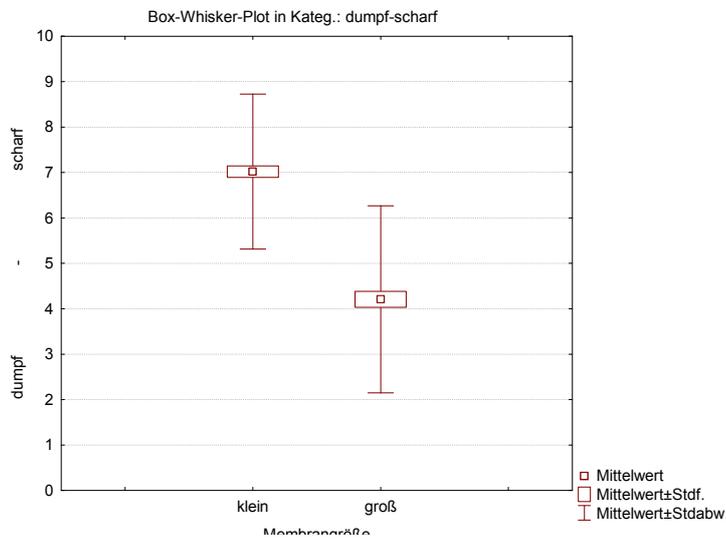


Abbildung 56 Mittelwerte und Standardabweichungen der Membrangrößen, Variable „dumpf – scharf“

Membran	dumpf-scharf	dumpf-scharf	dumpf-scharf
	Mittelw.	Stdabw.	Std.
klein	7,019347	1,705840	0,125756
groß	4,207843	2,059175	0,174657
Alle	5,809443	2,326969	0,129476

Tabelle 29 Deskriptive Statistik des Faktors „Membrangröße“, Variable „dumpf – scharf“

Die Mittelwerte und die Streuung liegen etwas weiter auseinander als bei der vorigen Variable zu sehen war. Kleinmembranmikrofone klingen eher „scharf“ und Mikrofone mit großer Membran eher „neutral“ bis „dumpf“.

Allerdings gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen.

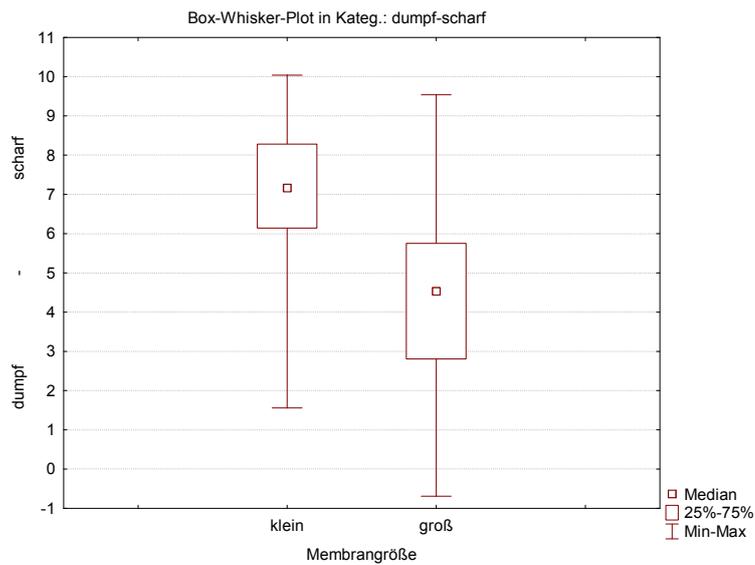


Abbildung 57 Box-Whisker-Plot des Faktors „Membrangröße“, Variable „dumpf – scharf“

Membran	dumpf-scharf	dumpf-scharf	dumpf-scharf	dumpf-scharf	dumpf-scharf
	Minimum	Maximum	Q25	Median	Q75
klein	1,561824	10,04040	6,145752	7,161824	8,281467
groß	-0,690557	9,54040	2,809443	4,529681	5,754681
Alle	-0,690557	10,04040			

Tabelle 30 Deskriptive Statistik zur Analyse des Faktors „Membrangröße“, Variable „dumpf – scharf“

Die unteren und oberen Quartile unterscheiden sich hier eindeutig. Großmembranen tendieren zu „dumpf“ und Kleinmembranmikrofone zeigen in Richtung „scharf“.

Variable „dünn - satt“

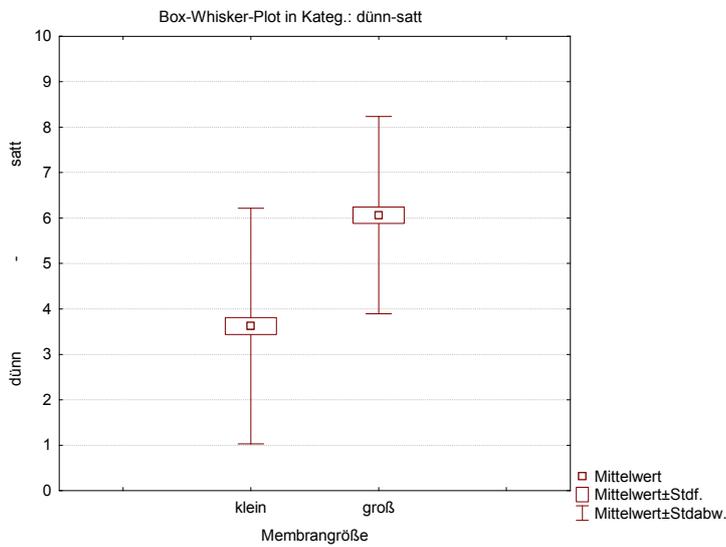


Abbildung 58 Mittelwerte und Standardabweichungen der Membrangrößen, Variable „dünn – satt“

Membran	dünn-satt	dünn-satt	dünn-satt
	Mittelw.	Stdabw.	Stdf.
klein	3,622917	2,591805	0,187047
groß	6,063194	2,170160	0,180847
Alle	4,668750	2,702411	0,147429

Tabelle 31 Deskriptive Statistik des Faktors „Membrangröße“, Variable „dünn – satt“

Auch hier ist kein signifikanter Unterschied zwischen den Membrangrößen zu beobachten. Jedoch tendiert der Mittelwert der Gruppe „Kleinmembran“ hin zu „dünn“ klingend, während die Gruppe „Großmembran“ im Mittel knapp über „neutral“ in Richtung „satt“ liegt.

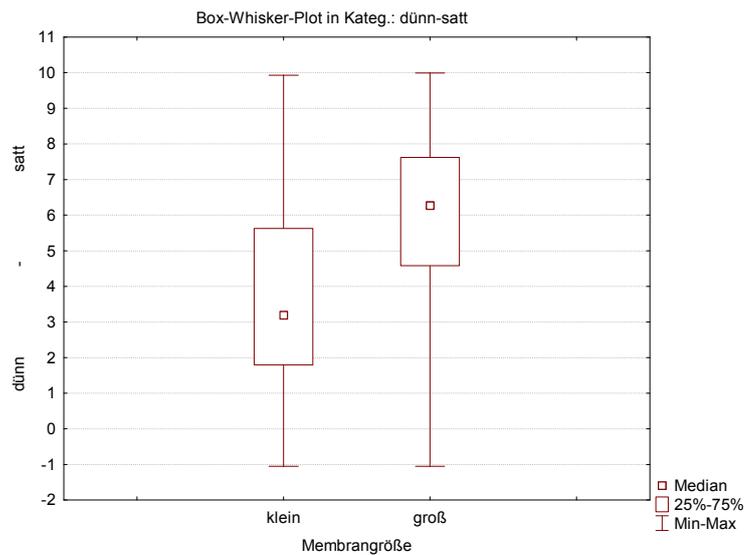


Abbildung 59 Box-Whisker-Plot des Faktors „Membrangröße“, Variable „dünn – satt“

Membran	dünn-satt	dünn-satt	dünn-satt	dünn-satt	dünn-satt
	Minimum	Maximum	Q25	Median	Q75
klein	-1,04911	9,929464	1,791369	3,194345	5,628274
groß	-1,04911	9,991369	4,582440	6,275298	7,622917
Alle	-1,04911	9,991369			

Tabelle 32 Deskriptive Statistik zur Analyse des Faktors „Membrangröße“, Variable „dünn – satt“

Zwar überlappen die Boxen mit 50% der Daten, die Mediane weisen jedoch auf einen mäßigen Trend hin, dass Kleinmembranmikrofone eher „dünn“ klingen als jene mit großen Membranen.

Variable „Präferenz“

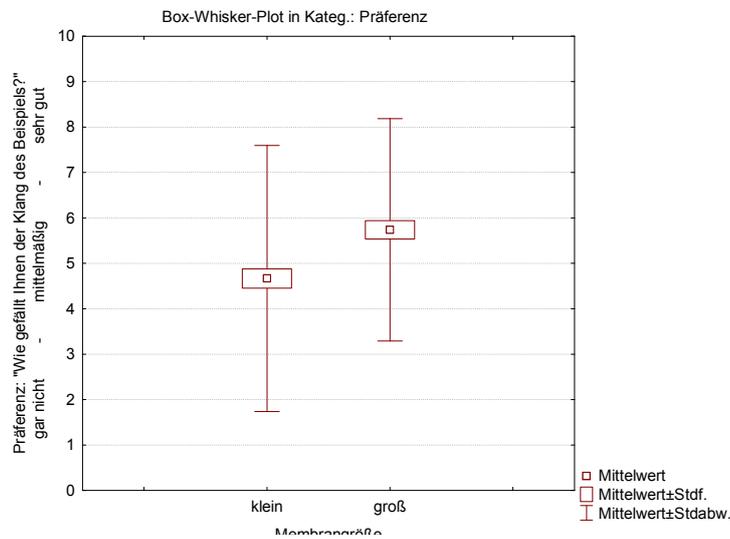


Abbildung 60 Mittelwerte und Standardabweichungen der Membrangrößen, Präferenz

Membran	Präferenz	Präferenz	Präferenz
	Mittelw.	Stdabw.	Stdf.
klein	4,666667	2,927943	0,211306
groß	5,736806	2,447643	0,203970
Alle	5,125298	2,779646	0,151642

Tabelle 33 Deskriptive Statistik des Faktors „Membrangröße“, Präferenz

Wiederum gibt es keinen deutlich erkennbaren Unterschied zwischen beiden Membrangrößen. Die Mittelwerte liegen nahe beieinander und die Standardabweichungen sind ähnlich groß. Es kann keine Aussage getroffen werden, welche Membrangröße bei Mikrofonen bevorzugt wird.

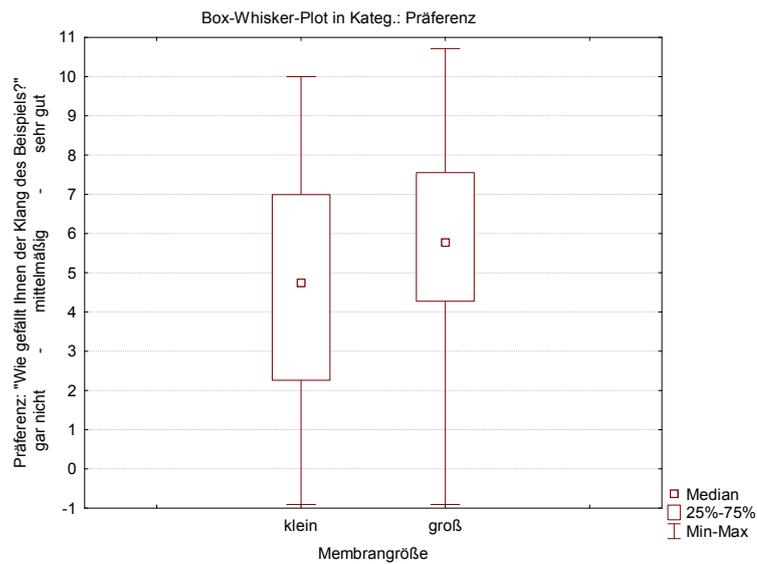


Abbildung 61 Box-Whisker-Plot des Faktors „Membrangröße“, Präferenz

Membran	Präferenz	Präferenz	Präferenz	Präferenz	Präferenz
	Minimum	Maximum	Q25	Median	Q75
klein	-0,902083	9,99911	2,263988	4,749107	6,992559
groß	-0,902083	10,71458	4,275298	5,774107	7,555059
Alle	-0,902083	10,71458			

Tabelle 34 Deskriptive Statistik zur Analyse des Faktors „Membrangröße“, Präferenz

Auch in diesem Plot liegen die Mediane nahe beisammen und erneut befinden sich die Spannweiten in einem ähnlichen Bereich. Der Faktor Membrangröße hat demnach keinen Einfluss darauf, ob ein Mikrofon besser gefällt oder nicht.

3.2.2.4 Faktoren „Membrangröße“ und „Instrument“

Diese instrumentenspezifische Betrachtung soll den Faktor „Membrangröße“ detaillierter untersuchen. Es wird analysiert, ob die Urteile über alle Instrumente hinweg konstant sind oder ob es Unterschiede gibt. Interessant ist nicht zuletzt auch die Frage nach der Präferenz:

Welche Kategorie wird für welches Instrument bevorzugt?

Es folgt eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse. Zur ausführlichen Betrachtung sind die grafischen Darstellungen sowie sämtliche Tabellen im Anhang abgebildet.

Attribut „Tiefenbetonung“

Ein signifikanter Unterschied in der Gruppe Membrangröße ist bei Cello und Kontrabass zu verzeichnen. Großmembranmikrofone werden bei diesen Instrumenten eindeutig als stärker „tiefenbetont“ empfunden. Auch die Streuung um den Mittelwert ist hier gering. Die Mikrofone mit kleiner Membran zeigen eine größere Streuung und die Werte befinden sich im Bereich zwischen „schwach ausgeprägten Tiefen“ und „neutral“.

Attribut „Höhenbetonung“

Bei dieser Variable zeigt sich durchgängig für alle Instrumente, dass Kleinmembranmikrofone als „höhenbetont“ eingestuft werden und die Höhen bei Mikrofonen mit großer Membran als „wenig ausgeprägt“ empfunden werden. Der größte Mittelwertunterschied ist beim Klavier mit einer Differenz von 3,6 zu beobachten.

Attributpaar „verwaschen – transparent“

Cello und Saxophon liefern klare Mittelwertunterschiede bei relativ geringer Streuung. Bei beiden Instrumenten werden die Kleinmembranen eher als „transparent“ eingestuft, während die Großmembranmikrofone eindeutig in Richtung „verwaschen“ beurteilt werden.

Attributpaar „dumpf – scharf“

Es zeigen sich bei allen Instrumenten einheitliche Unterschiede. Die Kategorie „Großmembran“ befindet sich im „neutralen“ bis leicht „dumpfen“ Bereich, während die Kleinmembranen zu „scharf“ tendieren.

Attributpaar „dünn – satt“

Hier stechen die Bewertungen in den Tests mit Cello und Kontrabass hervor: Bei diesen beiden sind die Mittelwertunterschiede mit Differenzen von 2,8 und 3,9 im Vergleich zu den anderen Instrumenten besonders groß und bedeuten, dass Großmembranen als „satt“ klingend empfunden werden, während die Kleinmembranmikrofone klanglich „dünn“ sind.

Variable „Präferenz“

Mit Ausnahme der Bewertungen der Kontrabass-Klangbeispiele treten geringe Mittelwertunterschiede zwischen den Klassen „Großmembran“ und „Kleinmembran“ auf. Bei diesem Instrument zeigt sich jedoch signifikant, dass Mikrofone mit großer Membran bevorzugt werden.

3.2.3 Hauptkomponentenanalyse

Die Hauptkomponentenanalyse wird angewandt um die Anzahl der Variablen zu reduzieren. Es werden Strukturen in den Beziehungen der Variablen zueinander untersucht und redundante Fragestellungen aufgedeckt.

Bezug nehmend auf die subjektive Evaluierung von Mikrofonen sollen die wesentlichen Merkmale, welche die klanglichen Eigenschaften eines Mikrofons charakterisieren, extrahiert und benannt werden. Wenn das Ergebnis zeigt, dass eine sinnvolle Reduktion der Variablen möglich ist, kann die Eigenschaftsbeurteilung von Mikrofonen in weiterer Folge kompakter gestaltet werden.

Der zweite Teil der Analyse beobachtet mögliche Zusammenhänge der Variablen zueinander. Da diese Thematik bereits in Kapitel 3.2.2.1.1 behandelt wird, werden die Korrelationsberechnungen hier nicht mehr gesondert angeführt.

3.2.3.1 Faktorenzerlegung

Zunächst werden die wesentlichen Hauptkomponenten berechnet. Diese werden mithilfe des Kaiser-Kriteriums ermittelt: Jene Faktoren, deren Eigenwerte größer als eins sind werden beibehalten, die Übrigen werden verworfen.

In Abbildung 62 sind die extrahierten Komponenten den Eigenwerten gegenübergestellt. Diese Faktoren erklären mit zunehmender Zahl jeweils weniger Varianz (in Prozent dargestellt).⁵³

⁵³ Die Tabellen zur deskriptiven Statistik sind im Anhang ersichtlich

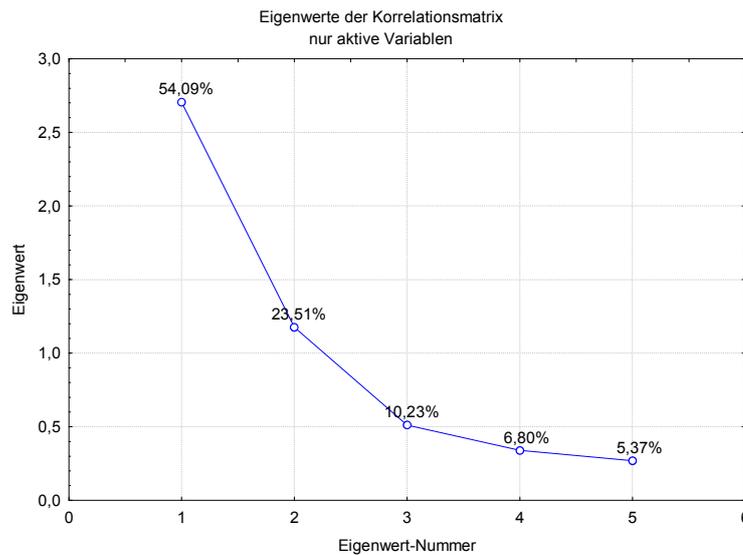


Abbildung 62 Extraktion der Hauptkomponenten nach dem Kaiserkriterium

Zwei Komponenten haben Eigenwerte größer als eins und werden nach dem Kaiser-Kriterium beibehalten. Diese beiden Hauptfaktoren erklären die gesamte Varianz zu 77,6 %.

Nun werden die Variablen auf die Faktorebene projiziert (Abb. 63).

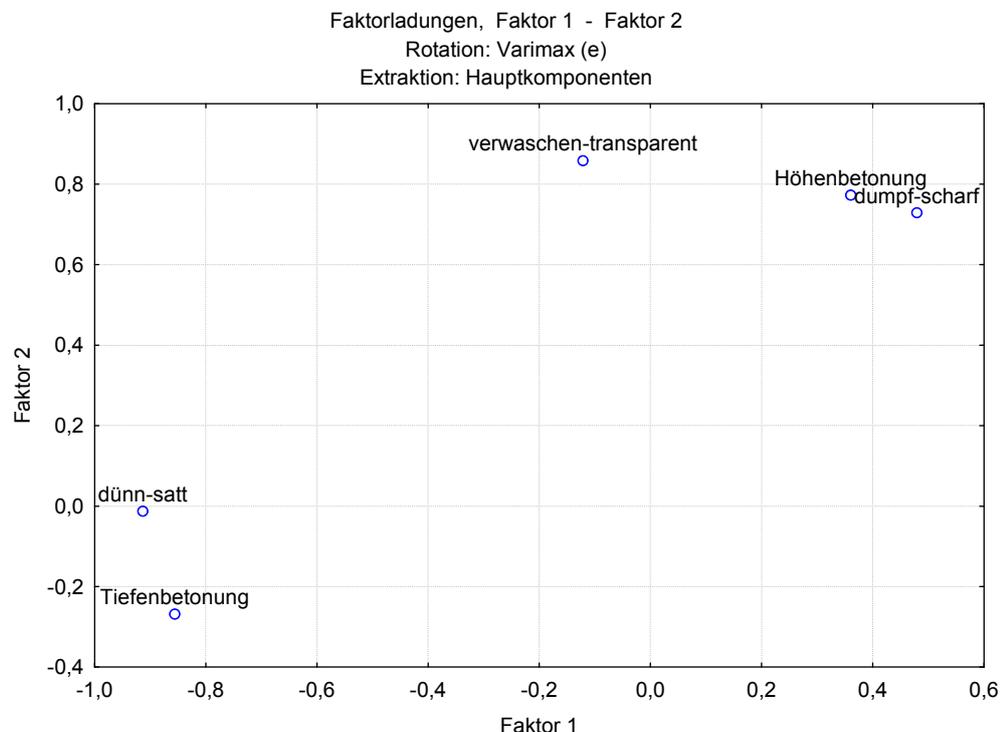


Abbildung 63 Faktorladungen der klanglichen Merkmale

In der Darstellung sieht man sehr schön, dass sich zwei Gruppen bilden: Auf der linken Seite unten befinden sich die Variablen „dünn – satt“ und „Tiefenbetonung“.

Rechts oben häufen sich „verwaschen – transparent“, „Höhenbetonung“ und „dumpf – scharf“.

Diese Positionen bestätigen auch die bereits in Kapitel 3.2.2.1.1 betrachteten Korrelationsanalysen.

Die Kommunalitäten der Variablen in Tabelle 35 stehen für die erklärten Anteile der Varianzen. Dabei ist zu beobachten, dass die Varianz für die Variablen „Tiefenbetonung“ und „dünn – satt“ bereits größtenteils durch den ersten Faktor erklärt wird, während sich die Varianz der übrigen drei Variablen nur durch das Hinzufügen des zweiten Faktors bestimmen lässt.

Variable	Kommunalitäten Extraktion: Hauptkomponenten Rotation: Biquartimax (e)		
	Von 1 Faktor	Von 2 Faktoren	Multiple R-Quadr.
Tiefenbetonung	0,732589	0,804338	0,556847
Höhenbetonung	0,130000	0,727934	0,503596
verwaschen-transparent	0,014698	0,752137	0,266426
dumpf-scharf	0,229769	0,761120	0,565861
dünn-satt	0,834565	0,834714	0,474599

Tabelle 35 Kommunalitäten der Hauptkomponenten

3.2.3.1.1 Überprüfung auf Stabilität

Dieses Modell wird mehrfach hinsichtlich Stabilität untersucht.

In einem ersten Schritt wird jeweils eine Testperson ausgeschlossen und die Extraktion der Faktoren neu berechnet. Dabei bleibt die Anzahl der Hauptkomponenten jeweils gleich zwei mit einem kumulativen Anteil der erklärten Varianz zwischen 76 und 79 Prozent. Auch die Plots der Faktorladungen zeigen keine wesentliche Änderung in der Anordnung der Variablen.

Eine Ausnahme gibt es jedoch: Bei Weglassen von Testperson 5 bleibt nach der Berechnung und dem Anwenden des Kaiser-Kriteriums nur ein Eigenwert größer als eins

über. Der zweite Faktor hat diese Voraussetzung mit einem Eigenwert von 0,92 jedoch nur knapp verfehlt. Das Antwortverhalten der Testpersonen kann daher als stabil bezeichnet werden.

Zudem werden mögliche Änderungen der Korrelationen zwischen den Variablen nach Ausschluss von jeweils einem Instrument (Cello, Saxophon und Kontrabass) untersucht. Hierbei werden keine bedeutenden Veränderungen der Werte festgestellt.

Die nächste Untersuchung auf Stabilität begründet sich auf Hinweise der Probanden. Nach den Hörversuchen konnten sie Kommentare zu diesen abgeben. Nach Zusammenfassung der Aussagen werden folgende Daten ausgeschlossen:

- Flöte und Saxophon bei Variable „Tiefenbetonung“
- Kontrabass und Saxophon bei Variable „dumpf – scharf“
- Posaune bei Variable „verwaschen – transparent“

Wiederum können keine nennenswerten Unterschiede zur anfangs berechneten Faktorenanalyse festgestellt werden.

Ein letzter Versuch die Stabilität der ersten Auswertung in Frage zu stellen, basiert auf den Ergebnissen der zweifaktoriellen ANOVA. Es werden jene Daten ausgeschlossen, welche geringe Mittelwertunterschiede, große (überlappende) Streuungen und/oder geringe Ausnutzung der Skala aufweisen.

Diese sind

- bei Flöte die Daten der Variablen „Tiefenbetonung“ und „dünn – satt“
- bei Posaune die Stichproben „Höhenbetonung“ und „verwaschen – transparent“
- und bei Saxophon die Daten aus „dünn – satt“

Auch bei Weglassen dieser Information bleibt die Anzahl der Hauptkomponenten konstant bei zwei mit einem nahezu gleichen Wert bezüglich der erklärten Varianz von 77 %.

Die Anordnung der Variablen auf der Faktorenebene unterscheidet sich kaum von der ursprünglichen Projektion.

Aufgrund dieser mehrfachen Überprüfung kann die Faktorenanalyse dieses Hörversuchs als stabil bezeichnet werden.

3.2.3.2 Interpretation der Faktoren

Die beiden Hauptkomponenten, die zu einem großen Anteil die klanglichen Eigenschaften von Mikrofonen repräsentieren, sollen nun passend benannt werden.

In der Darstellung der Variablen auf der Faktorenebene mit Einheitskreis (Abb. 64) werden jene Variablen, welche die Merkmale am besten repräsentieren, näher am Einheitskreis positioniert, als die Variablen, welche die Faktoren weniger gut ausdrücken.

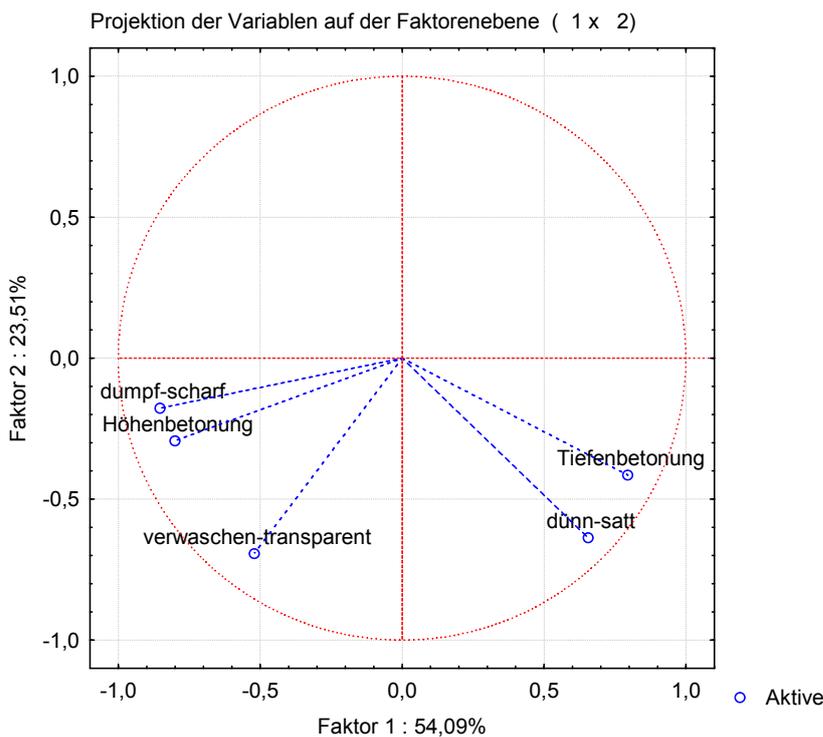


Abbildung 64

Positionierung der Variablen auf der Faktorenebene mit Einheitskreis

In der Grafik liegt keine Variable signifikant näher am Einheitskreis als die anderen. Zahlenmäßig spiegelt sich diese Korrelation der Faktoren mit den Variablen in den Faktorladungen wider. Diese sind in Tabelle 36 abgebildet.

Variable	Faktorladungen (Varimax (e)) Extraktion: Hauptkomponenten (Markierte Ladungen >,700000)	
	Faktor 1	Faktor 2
Tiefenbetonung	-0,855870	-0,268002
Höhenbetonung	0,360427	0,773321
verwaschen-transparent	-0,121376	0,858723
dumpf-scharf	0,479221	0,729018
dünn-satt	-0,913543	-0,012373
Erkl.Var	1,941367	1,938877
Ant.Ges.	0,388273	0,387775

Tabelle 36 Faktorladungen der extrahierten Hauptkomponenten

In Faktor 1 dominiert die Variable „dünn – satt“ mit einer etwas größeren Faktorladung als „Tiefenbetonung“.

Der zweite Faktor korreliert am stärksten mit „verwaschen - transparent“, gefolgt von „Höhenbetonung“ und „dumpf – scharf“.

Nachdem die Faktorladungen sehr eng beieinander liegen, wird es am sinnvollsten sein, Überbegriffe zu finden, welche die Reduktion der Variablen passend beschreiben. Nach einiger Überlegung scheinen die Bezeichnungen „Klangfarbe“ und „Klangbild“ geeignet, um die beiden Hauptkomponenten der klanglichen Eigenschaften von Mikrofonen wieder zu geben.

Während „Klangfarbe“ dem Wort nach eine „Färbung“ des Frequenzspektrums ausdrückt, geht die Bezeichnung „Klangbild“ auf die „Klarheit“ und „Präzision“ des dargebotenen Signals ein.

Der Faktor „Klangfarbe“ bezieht „blumige“ Bezeichnungen wie „dünn“, „satt“, „dumpf“ und „scharf“ sowie „technische“ Attribute „Höhenbetonung“ und „Tiefenbetonung“ ein. (Wie in der Varianzanalyse (Kap. 3.2.2.1.1) zu sehen ist, besteht zwischen diesen Attributen eine mehr oder weniger starke Abhängigkeit. Daher werden die Variablen „Höhenbetonung“ und „dumpf – scharf“ auch in diese Komponente hereingenommen, auch sie laut Faktorladungen dem zweiten Faktor zu zuordnen sind.)

Der zweite Faktor „Klangbild“ bezieht sich auf der einen Seite auf die Eigenschaft „transparent“ und auf der gegenüberliegenden Seite der Achse auf das Attribut „verwaschen“.

3.2.4 Multiple lineare Regression

3.2.4.1 Einleitung

Mittels der Multiplen linearen Regressionsanalyse soll analysiert werden, ob es funktionale Zusammenhänge zwischen den in den Hörtests untersuchten klanglichen Parametern und der Präferenz eines Mikrofons gibt. Wenn eine solche Ursache-Wirkungs-Beziehung bestätigt wird, kann diese Schätzfunktion für Prognosen herangezogen werden.

Die zu untersuchende Fragestellung lautet allgemein:

Wie stark wirken sich die im Hörversuch definierten Klangfarbenurteile (mehrere unabhängige Variablen) auf die Bewertung der Präferenz (abhängige Variable) eines Mikrofons aus?

Vermutete Zusammenhänge sind:

- Je eher ein Klang in Richtung „transparent“ bewertet wird, desto eher gefällt dieser.
- Ein Mikrofon, das als „dumpf“ klingend empfunden wird, wird weniger präferiert.
- Ein „dünner“ Klang gefällt weniger gut, während ein „satter“ Klang hinsichtlich Präferenz höher eingestuft wird.

3.2.4.2 Erstes Regressionsmodell

In einem ersten Berechnungsversuch werden alle fünf unabhängigen Variablen der abhängigen Variable „Präferenz“ gegenübergestellt und mögliche funktionale Beziehungen zueinander untersucht.

N=285	Regression Zusammenf. für abh. Variable: Präferenz R= ,67429841 R ² = ,45467834 korr. R ² = ,44490555 F(5,279)=46,525 p<0,0000 Stdf. der Schätzung: 2,0436					
	BETA	Stdf. von BETA	B	Stdf. von B	t(279)	p-Niveau
Konstante			0,315375	0,599829	0,52577	0,599463
Tiefenbetonung	0,126476	0,066412	0,133438	0,070068	1,90442	0,057885
Höhenbetonung	0,028787	0,062749	0,033176	0,072317	0,45876	0,646762
verwaschen-transparent	0,351960	0,051618	0,421092	0,061757	6,81853	0,000000
dumpf-scharf	-0,084286	0,067098	-0,100328	0,079869	-1,25616	0,210109
dünn-satt	0,484355	0,060993	0,496926	0,062576	7,94117	0,000000

Tabelle 37 Regressionskoeffizienten der einzelnen unabhängigen Variablen bezüglich der Präferenz eines Mikrofonen

In obiger Tabelle sind die Variablen „verwaschen – transparent“ und „dünn – satt“ rot hervorgehoben, da die beiden statistische Signifikanz aufweisen. Ihre Regressionskoeffizienten (BETA-Werte) sind die höchsten und somit liefern die beiden Variablen den größten Beitrag zur Prognose der Präferenz eines Mikrofonen.

Die übrigen drei Variablen sind statistisch nicht signifikant und haben äußerst niedrige Regressionskoeffizienten. Demnach spielen sie in der Regressionsgleichung keine wesentliche Rolle.

Der Test auf Güte ergibt eine Prüfgröße von $F = 46,52$. Diese Prüfgröße hat einen p-Wert von annähernd Null, somit ist die Anpassung des Modells signifikant gut gelungen. Das korrigierte Bestimmtheitsmaß beträgt 0,44. Dies besagt, dass nur 44 % der gesamten Streuung der abhängigen Variable durch die unabhängigen Variablen erklärt werden. Der größere Teil der Abweichungen (rund 56 %) ist auf Einflüsse zurück zu führen, die in diesem Hörversuch nicht berücksichtigt werden. Weiters ist der Standardfehler der Schätzung mit einem Wert von 2,04 hoch. Ein linearer Zusammenhang zwischen der Präferenz und den angeführten Variablen ist in diesem Test demnach nur schwach ausgeprägt.

Es folgen einige Scatterplots, welche die Korrelationen zwischen der Präferenz und jeweils einer unabhängigen Variable veranschaulichen. Die blauen Kreise stellen die beobachteten Datenpunkte dar. Je näher diese an der roten Regressionslinie liegen, also je enger sich eine Keule formt, desto stärker stehen die Variablen in einer definierten, linearen Beziehung zueinander (siehe Regressionsgleichung). Die Gerade hat je nach Vorzeichen der Korrelation eine positive oder negative Steigung.

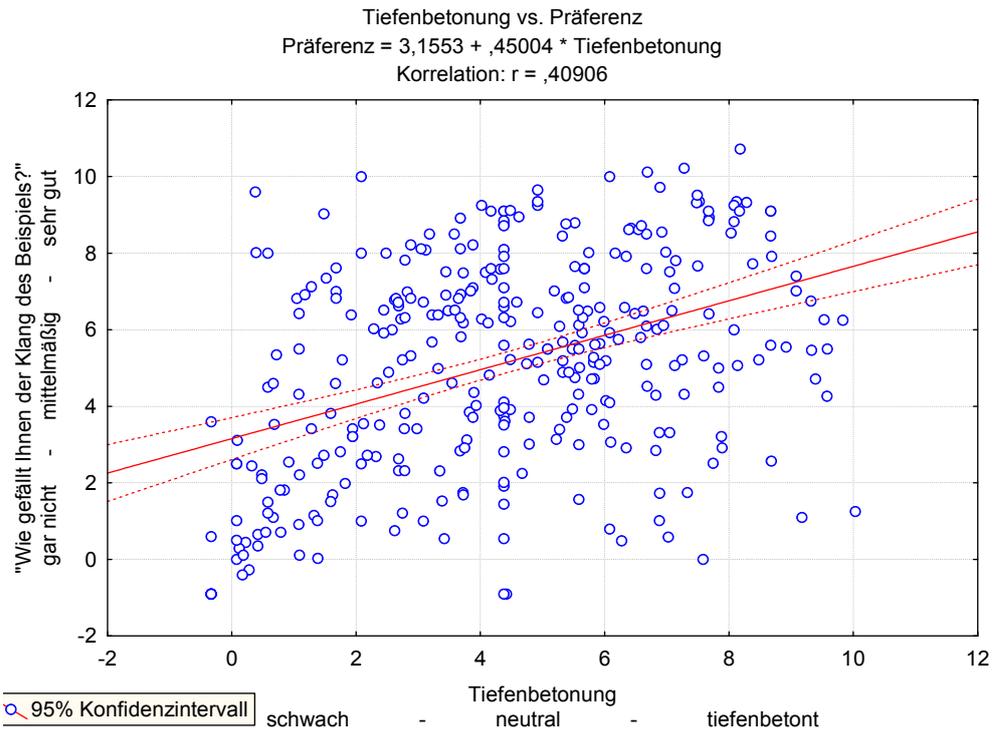


Abbildung 65 Scatterplot mit Trendlinie der Variablen „Tiefenbetonung“ und „Präferenz“

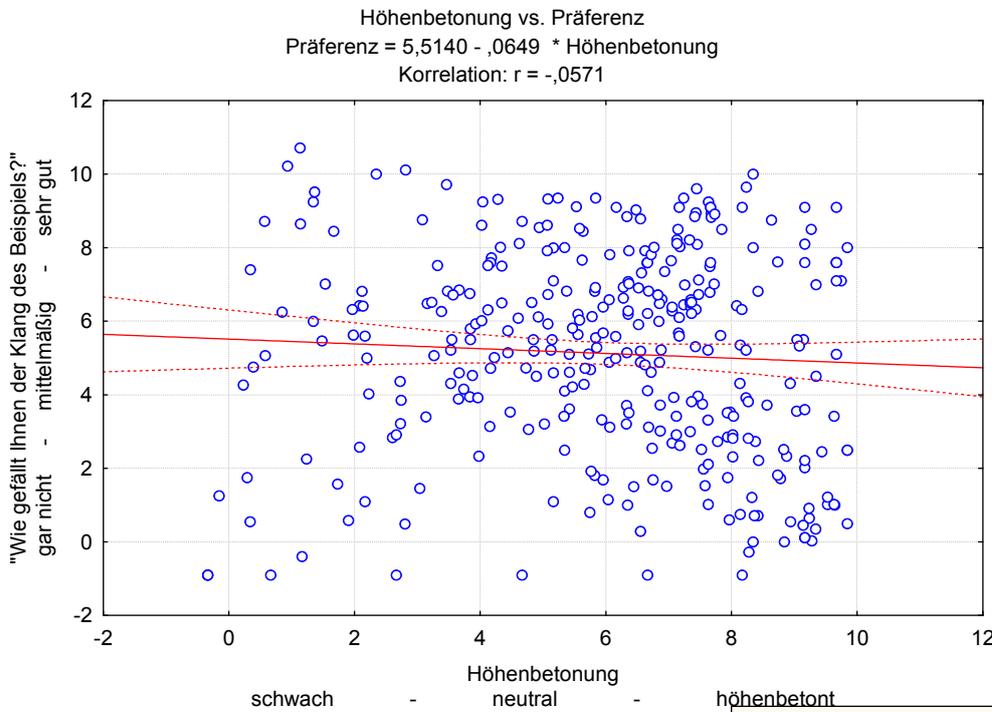


Abbildung 66 Scatterplot mit Trendlinie der Variablen „Höhenbetonung“ und „Präferenz“

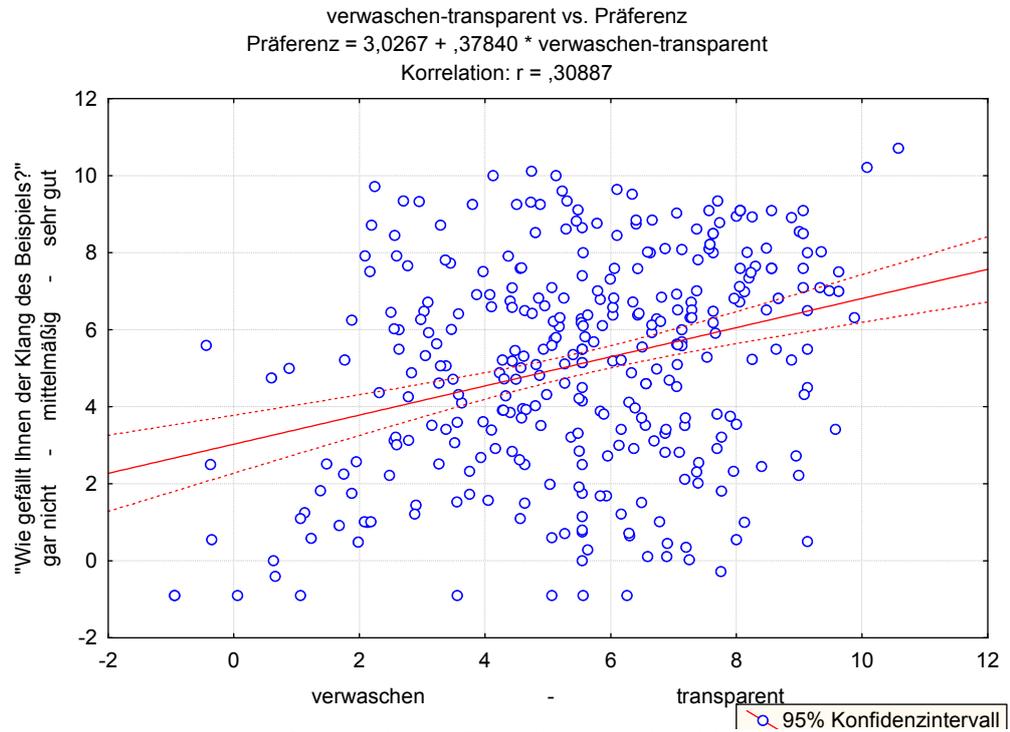


Abbildung 67

Scatterplot mit Trendlinie der Variablen „verwaschen – transparent“ und „Präferenz“

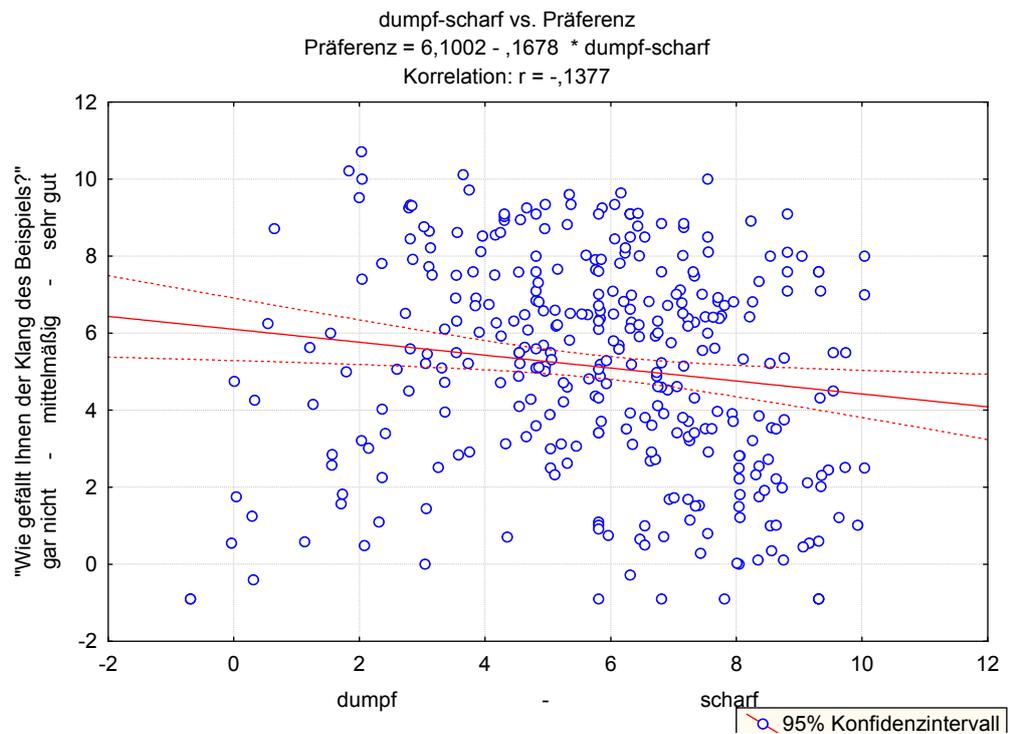


Abbildung 68

Scatterplot mit Trendlinie der Variablen „dumpf – scharf“ und „Präferenz“

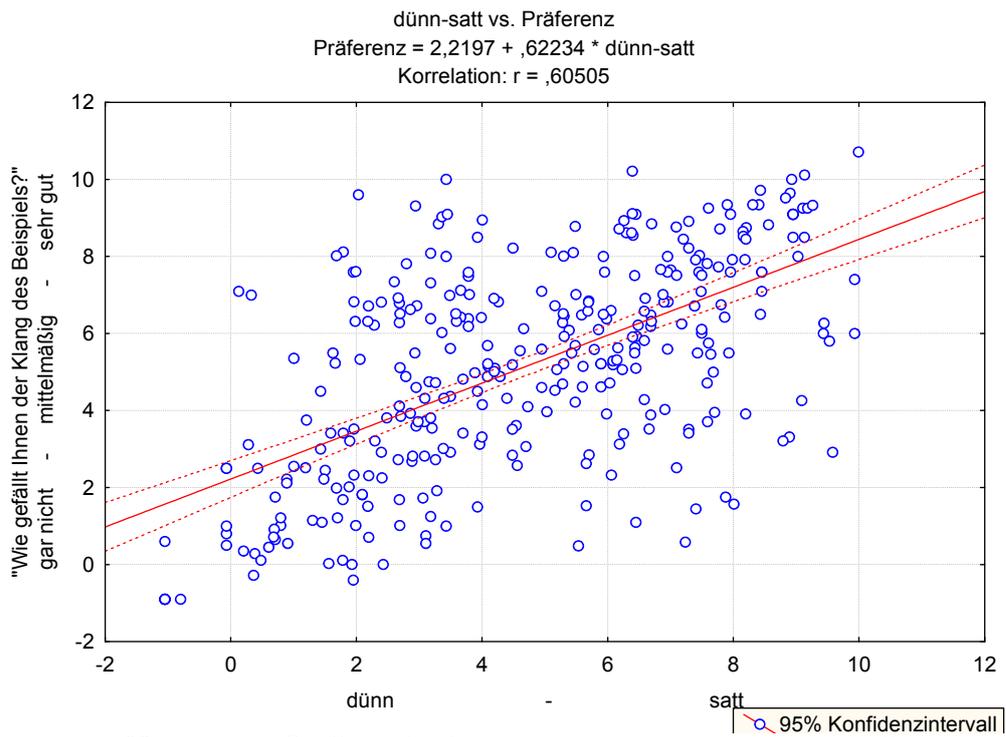


Abbildung 69 Scatterplot mit Trendlinie der Variablen „dünn – satt“ und „Präferenz“

Abbildung 65 zeigt die Regressionsgerade für die Präferenz eines Mikrofons in Abhängigkeit von der Tiefenbetonung. Der Regressionskoeffizient in der Gleichung ist mit einem Wert von 0,37 niedrig. Allerdings lässt der Korrelationswert von rund 41 % die Vermutung zu, dass die beiden Variablen mäßig linear zusammenhängen.

Bei der Betrachtung des Scatterplots für die Präferenz in Abhängigkeit von der Höhenbetonung (Abb. 66) lässt sich keine keulenförmige Annäherung an die Trendlinie erkennen. Der BETA-Wert ist sehr gering (-0,05) und auch der Korrelationskoeffizient deutet mit einem Wert von -0,06 darauf hin, dass es keinen Zusammenhang zwischen einem höhenbetonten Klang und der Präferenz eines Mikrofons gibt.

Die Fragestellung in Bezug auf „verwaschener“ bzw. „transparenter“ Klang und die Präferenz eines Mikrofons zeigt in Abbildung 67 schon eher eine Korrelation, wenn diese mit 31 % auch nur schwach ausgeprägt ist. Es gibt einige Ausreißer, aber die Keulenform ist dennoch zu erkennen.

Die Berechnungen für „dumpf – scharf“ in Bezug auf „Präferenz“ (siehe Abb. 68) zeigen ähnlich niedrige Werte wie die Koeffizienten der Variable „Höhenbetonung“. Es gibt keinen linearen Zusammenhang zwischen den genannten Variablen.

Die Datenpunkte von „dünnem“ bzw. „sattem“ Klangbild korrelieren am stärksten mit der Variable „Präferenz“ (Abb. 69). Der Korrelationsfaktor beträgt 0,61 und die Punktwolke der beobachteten Werte formt am deutlichsten eine Keule entlang der positiv steigenden Regressionsgeraden. Der Zusammenhang kann als mäßig eingestuft werden.

3.2.4.2.1 Prüfung des Modells

Wie stabil diese Berechnungen einzuschätzen sind, kann man überprüfen, indem man das System auf Kollinearitäten bzw. Multikollinearitäten analysiert. Wenn zwei oder mehrere unabhängige Variablen einen starken Zusammenhang aufweisen, können diese die Analyse stark beeinträchtigen und es sollte eine der beiden Variablen für die Berechnung ausgeschlossen werden.

Einen ersten Anhaltspunkt liefert die Auswertung der Korrelationsmatrix. Ist zwischen zwei Variablen eine hohe Korrelation (üblicherweise ein Koeffizient von 0,9 und höher) zu beobachten, ist dies ein Hinweis darauf, dass sich die Variablen beträchtlich kollinear verhalten.⁵⁴

Das folgende Matrix-Scatterplot veranschaulicht eine Übersicht der Korrelationen.

⁵⁴ Svatek 2006

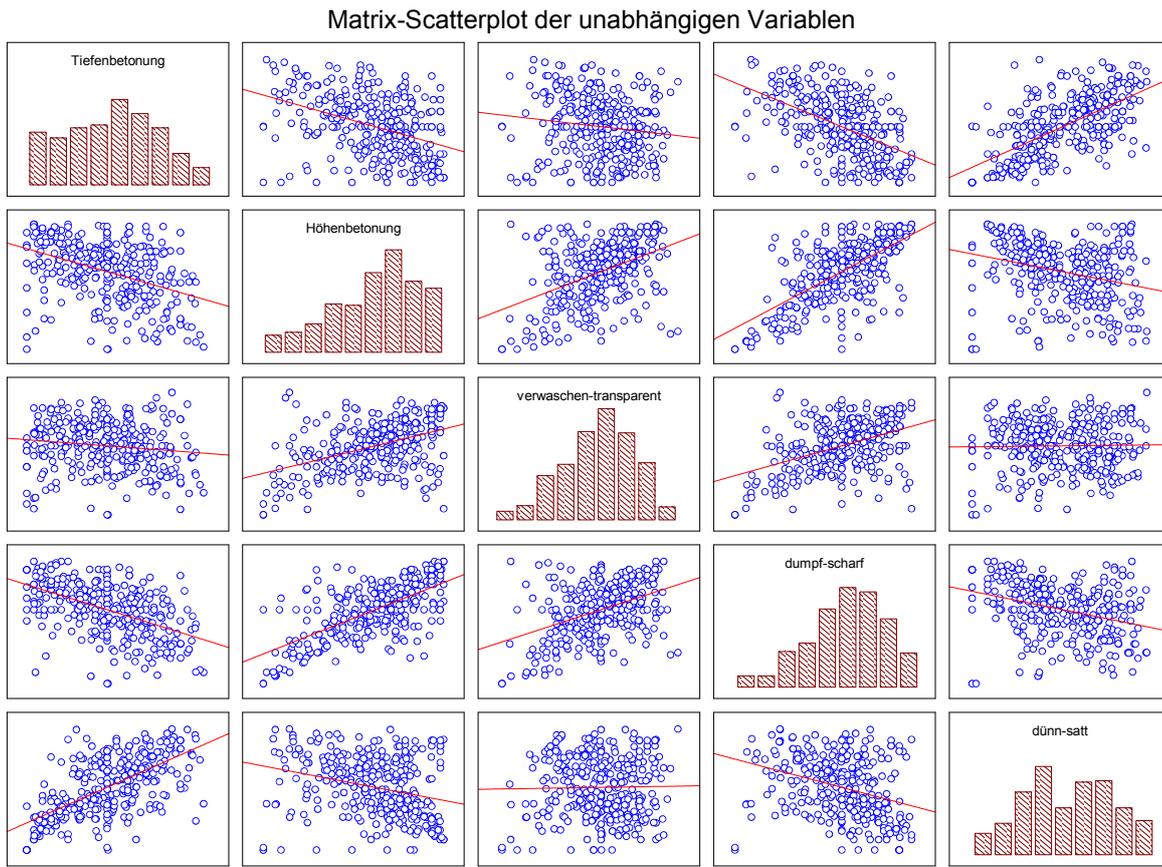


Abbildung 70 Scatterplots zur Darstellung der Korrelationen der unabhängigen Variablen

In dieser Darstellung ist auf den ersten Blick sehr schön zu sehen, was sich auch in der Tabelle unterhalb anhand der Zahlenwerte zeigt: Eine gute Anpassung an die Trendlinie gelingt für die Variablenpaarungen „Höhenbetonung“ und „dumpf – scharf“, „Tiefenbetonung“ und „dünn – satt“, sowie „Tiefenbetonung“ und „dumpf – scharf“.

Variable	Korrelationen der unabhängigen Variablen				
	Tiefenbetonung	Höhenbetonung	verw.-transp.	dumpf-scharf	dünn-satt
Tiefenbetonung	1,000000	-0,409785	-0,136271	-0,515655	0,642279
Höhenbetonung	-0,409785	1,000000	0,442126	0,660088	-0,278481
verw.-transp.	-0,136271	0,442126	1,000000	0,434668	0,018674
dumpf-scharf	-0,515655	0,660088	0,434668	1,000000	-0,333711
dünn-satt	0,642279	-0,278481	0,018674	-0,333711	1,000000

Tabelle 38 Pearson'sche Korrelationswerte der unabhängigen Variablen

In obiger Tabelle zeigt sich die stärkste Ausprägung in der Beziehung zwischen „Höhenbetonung“ und „dumpf – scharf“ mit einer Korrelation von 0,66, gefolgt von den Variablen „Tiefenbetonung“ und „dünn – satt“ mit einer Korrelation von 64 %. Weiters ist

mit 52 % Korrelation eine Abhängigkeit zwischen „Tiefenbetonung“ und „dumpf – scharf“ zu verzeichnen. Diese Zusammenhänge sind als mäßig einzustufen.

Die beobachteten Abhängigkeiten werden nun in Hinblick auf Multikollinearität überprüft. Dazu werden die berechneten Toleranzen analysiert.

Variable	Redundanz der unabh. Variablen ; AV: Präferenzen R-Quadr.-Spalte enthält R-Quadr. der entspr. Variablen mit allen anderen unabh. Variablen			
	Toleranz	R-Quadr.	Partiell Kor.	Semipart Kor.
Tiefenbetonung	0,443153	0,556847	0,113280	0,084195
Höhenbetonung	0,496404	0,503596	0,027455	0,020282
verwaschen-transparent	0,733574	0,266426	0,377938	0,301450
dumpf-scharf	0,434139	0,565861	-0,074992	-0,055535
dünn-satt	0,525401	0,474599	0,429370	0,351082

Tabelle 39 Toleranzen der unabhängigen Variablen

Das Attributpaar „verwaschen – transparent“ zeigt in obiger Tabelle eine eher höhere Toleranz (0,73) und enthält somit wesentlichen Informationsgehalt zur Erklärung der Präferenz eines Mikrofonen. Die Toleranzwerte der übrigen Variablen befinden sich bei etwa 50 %.

3.2.4.3 Modifiziertes Regressionsmodell

Betrachtet man im ersten Modell mögliche Kollinearitäten, so zeigen sich bei einigen Variablen mäßige Abhängigkeiten: „Tiefenbetonung“ korreliert mit „dünn – satt“ negativ zu 59 % und „Höhenbetonung“ mit „dumpf – scharf“ ebenfalls negativ zu 50 %. Für ein modifiziertes Modell wird nun jeweils eine Variable aus der Untersuchung ausgeschlossen.

Die Auswahl erfolgt anhand folgender Kriterien:

Die Variable „dünn – satt“ zeigt bereits in der ersten Berechnung ein statistisch signifikantes Niveau, während der p-Wert von „Tiefenbetonung“ knapp über der 0,05-Grenze liegt. Der BETA-Wert von „dünn – satt“ ist wesentlich höher als der von „Tiefenbetonung“, was einen weiteren Hinweis für die Auswahl von „dünn – satt“ für das zweite

Regressionsmodell darstellt. Bei Betrachtung der Toleranzen zeigt „dünn – satt“ wiederum den höheren Wert. Dies bedeutet, dass die Variable „dünn – satt“ weniger redundante Information liefert als die Variable „Tiefenbetonung“. Demnach wird Letztere ausgeschlossen und die Variable „dünn – satt“ beibehalten.

Die Variablen „Höhenbetonung“ und „dumpf – scharf“ sind bezüglich eines funktionalen Zusammenhangs mit der „Präferenz“ beide statistisch nicht signifikant und haben ähnlich niedrige BETA-Werte. Da „Höhenbetonung“ einen geringfügig höheren Toleranzwert zeigt und damit als etwas weniger redundant einzustufen ist als „dumpf – scharf“, wird die Variable „Höhenbetonung“ beibehalten.

In diesem zweiten Regressionsmodell werden nun der abhängigen Variable „Präferenz“ nur mehr drei statt fünf unabhängige Variablen gegenübergestellt: „Höhenbetonung“, „verwaschen – transparent“ und „dünn – satt“.

Die Standardregression des modifizierten Datensatzes ergibt folgende Koeffizienten:

Regression Zusammenf. für abh. Variable: Präferenz R= ,67477627 R ² = ,45532301 korr. R ² = ,45040123 F(3,332)=92,512 p<0,0000 Stdf. der Schätzung: 2,0607						
N=336	BETA	Stdf. von BETA	B	Stdf. von B	t(332)	p-Niveau
Konstante			0,379016	0,429314	0,88284	0,377962
Höhenbetonung	-0,030163	0,047659	-0,034294	0,054187	-0,63288	0,527247
verwaschen-transparent	0,311175	0,045782	0,381220	0,056087	6,79689	0,000000
dünn-satt	0,590838	0,042756	0,607725	0,043978	13,81895	0,000000

Tabelle 40 Regressionskoeffizienten der unabhängigen Variablen im modifizierten Modell

Wiederum zeigen dieselben beiden Attributpaarungen statistische Signifikanz: „Verwaschen – transparent“ und „dünn – satt“. Der Regressionskoeffizient der Variablen „dünn – satt“ hat sich um den Wert 0,1 im Vergleich zur ersten Berechnung erhöht, während der BETA-Wert für die beiden anderen Variablen nahezu gleich geblieben ist.

Das korrigierte Bestimmtheitsmaß hat sich weder verbessert noch verschlechtert und der Standardfehler ist auch ähnlich der ersten Analyse.

Allerdings lässt die Betrachtung der Redundanzen mehr Stabilität in der Berechnung dieses Modells vermuten:

Variable	Redundanz der unabh. Variablen ; AV: Präferen R-Quadr.-Spalte enthält R-Quadr. der entspr. Variablen mit allen anderen unabh. Variablen			
	Toleranz	R-Quadr.	Partiell Kor.	Semipart Kor.
Höhenbetonung	0,722278	0,277722	-0,034713	-0,025634
verwaschen-transparent	0,782728	0,217272	0,349503	0,275303
dünn-satt	0,897457	0,102543	0,604282	0,559726

Tabelle 41 Toleranzen der unabhängigen Variablen im modifizierten Modell

Die Toleranzwerte in obiger Abbildung haben sich bei allen drei Variablen erhöht. Die größte Differenz zur ersten Berechnung zeigt sich bei „dünn – satt“ mit einer Toleranz von rund 0,9 statt einem Wert von 0,53 aus der ersten Analyse.

Für ein weiteres Berechnungsmodell werden versuchsweise acht Fälle ausgeschlossen, die bei Betrachtung der abhängigen Variable Präferenz große Mahalanobis-Distanzen aufweisen und demnach als Ausreißer einzustufen sind.⁵⁵ Das berechnete Modell zeigt jedoch auch hier keine Verbesserungen gegenüber der ersten Regressionsanalyse. Wiederum sind nur die Variablen „dünn-satt“ und „verwaschen-transparent“ statistisch signifikant und die Regressionskoeffizienten und das korrigierte Bestimmtheitsmaß nehmen nahezu die gleichen Werte wie in der ersten Berechnung an.

3.2.4.4 Zusammenfassung

Das zweite Regressionsmodell gewährleistet zwar nicht unmittelbar bessere Prognosen (die beiden Regressionsmodelle liefern nahezu dieselben Ergebnisse), allerdings erscheint die modifizierte Berechnung stabiler aufgrund der höheren Toleranzwerte.

Als statistisch signifikant erweisen sich in beiden Modellen nur zwei Variablen: „verwaschen – transparent“ und „dünn – satt“. Diese liefern auch bezüglich Regressionskoeffizienten, Korrelationskoeffizienten und Toleranzen die höchsten Werte.

Die Schätzfunktionen lauten somit:

$$\text{Präferenz} = 3,0267 + ,37840 * \text{verwaschen-transparent}$$

$$\text{Präferenz} = 2,2197 + ,62234 * \text{dünn-satt}$$

Diese Berechnungen sind allerdings kritisch zu betrachten. Der Standardfehler der Schätzung ist relativ hoch, was auf eine größere Streuung der Daten hinweist. Auch das Bestimmtheitsmaß ist mit 0,44 relativ gering, sodass im ersten Modell nur 44 Prozent der Gesamtstreuung der Variable „Präferenz“ durch die Variablen „Tiefenbetonung“, „Höhenbetonung“, „verwaschen-transparent“, „dumpf-scharf“ und „dünn-satt“ erklärt werden.

Der Ausschluss der Variablen „Tiefenbetonung“ und „dumpf – scharf“ für die modifizierte Analyse ergibt wieder nur 45 % an erklärter Streuung der Präferenz, was bestätigt, dass ein wesentlicher Informationsgehalt dieser Variablen bereits durch die anderen Variablen ausgedrückt wird.

Dass der Bestimmtheitsgrad relativ gering ist, bedeutet nun, dass auf die Präferenz eines Mikrofons noch andere Einflussgrößen wesentlich wirken, welche in diesem Hörversuch nicht berücksichtigt werden. Diese unerklärten Abweichungen gehen in die Regressionsgleichung zahlenmäßig als Residuum ein.

⁵⁵ Svatek 2006

3.3 Analyse Hörtest 2

Für die Auswertung dieses Hörversuchs stehen die Beurteilungen von 20 Testpersonen zur Verfügung. Wie in Kapitel 2.5 bereits beschrieben, bestehen die Stichproben zum einen aus Urteilen bezüglich Ähnlichkeit bzw. Unähnlichkeit der neun Mikrofone zueinander. Diese werden im sogenannten Ratingverfahren ermittelt. Der zweite Teil der Tests umfasst eine Rangwertung der Testsignale nach der Präferenz. Das hier verwendete Programmmaterial stammt aus simultanen Aufnahmen der Instrumente Cello, Klavier und Saxophon. Untersucht werden hier nicht nur Mikrofone mit Nierencharakteristik, wie es in der Auswertung des ersten Hörversuchs der Fall ist, sondern auch zwei Mikrofone mit Kugelcharakteristik („C 480 B“ und „C 414 B“).

In dieser Analyse wird zunächst das Verfahren der Multidimensionalen Skalierung angewandt (Theorie siehe Kapitel 3.1.2.3). Die Distanzen der Objekte zueinander werden sowohl in einem zwei- als auch in einem dreidimensionalen Wahrnehmungsraum abgebildet. Zunächst wird beobachtet, welche Anordnungen sich ergeben und ob die Positionierung der Mikrofone in den Konfigurationen der drei Instrumente dieselbe ist bzw. wodurch sie sich unterscheiden. Der Interpretation der Dimensionen widmet sich Kapitel vier.

Danach werden die Rangfolgen der Mikrofone hinsichtlich der Präferenz ausgewertet und mittels einfaktorieller Varianzanalyse untersucht, welches Mikrofon für welches Instrument die besten Bewertungen erhält und welches am wenigsten gefällt.

3.3.1 Datenaufbereitung

Ausgangspunkt für die Berechnung der Multidimensionalen Skalierung im Programm „Statistica“ ist eine Matrix, welche die Distanzmaße der neun Mikrofone enthält. Dazu sollen die Bewertungen der 20 Testpersonen gemittelt werden.

Um einen Überblick über die Urteile der Paarvergleiche zu bekommen, sind in den folgenden Diagrammen die Mittelwerte sowie die Streubereiche ohne Ausreißer abgebildet.

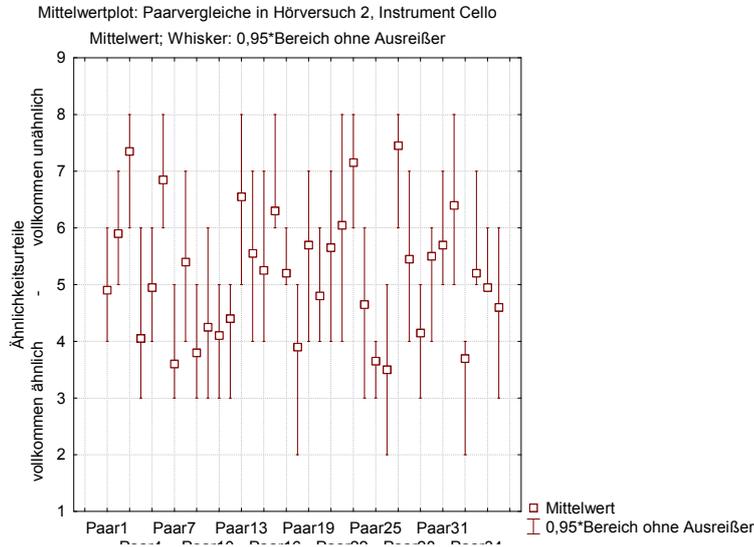


Abbildung 71 Mittelwerte und Streuungen der Paarvergleiche (Instrument Cello)

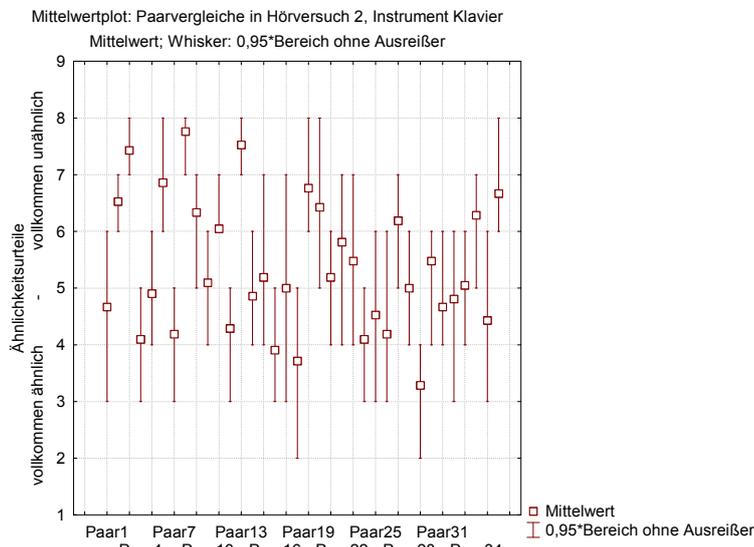


Abbildung 72 Mittelwerte und Streuungen der Paarvergleiche (Instrument Klavier)

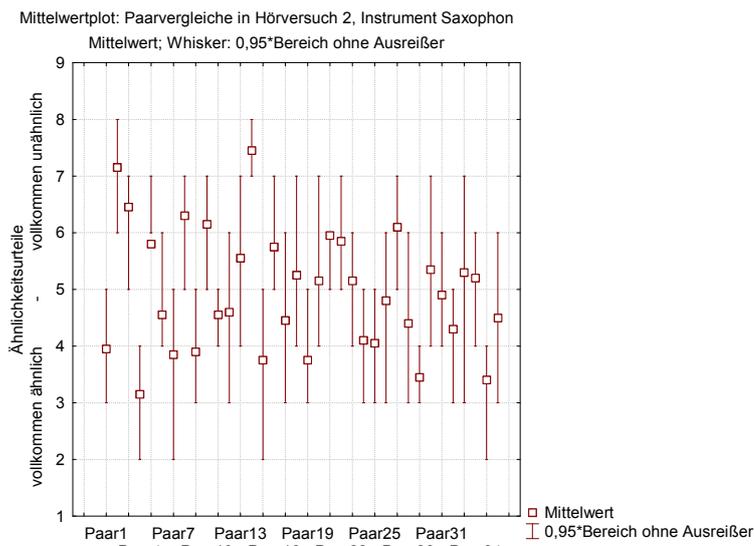


Abbildung 73 Mittelwerte und Streuungen der Paarvergleiche (Instrument Saxophon)

Wie in den Abbildungen 71 bis 73 zu sehen ist, werden viele Paare in den drei Tests analog bewertet. Sowohl bei Cello, Klavier als auch bei Saxophon werden die meisten Mikrofonpaare annähernd gleich eingeschätzt. Die Standardabweichungen liegen zwischen Werten von 0,98 bis 2,58 und sind in den Tabellen zur deskriptiven Statistik im Anhang ersichtlich.

Die Überprüfung auf Normalverteilung mittels Shapiro-Wilk-Test ergibt, dass die Daten größtenteils normalverteilt sind. Bei Betrachtung der Histogramme der nicht normalverteilten Datensätze sind „klare Mittelwerte“ ersichtlich, was zur Entscheidung führt, dass auch für diese Paarungen eine Mittelung durchgeführt werden darf.

Mittels Clusteranalyse sollen die Stichproben analysiert werden, ob die Testpersonen homogen antworten oder ob eine Testperson durch ihr Antwortverhalten hervorsticht und daher ausgeschlossen werden soll. Die Abbildungen dazu befinden sich wiederum im Anhang. Nach Analyse der Clusterbäume kann die Anzahl an Testpersonen beibehalten werden.

Anschließend werden die Daten der 20 Testpersonen für die eigentliche Auswertung gemittelt. Es wird jeweils eine Distanzmatrix für die Hörversuche Cello, Klavier und Saxophon erstellt, sowie eine aus den drei Instrumenten gemittelte Matrix.

3.3.2 Multidimensionale Skalierung

Mit den Distanzmatrizen als Eingangsdatenmaterial kann in „Statistica“ die Multidimensionale Skalierung durchgeführt werden. In dieser Untersuchung werden die Wahrnehmungsräume sowohl in zwei- als auch in dreidimensionaler Skalierung berechnet und abgebildet. Die Anpassungsgüte und Interpretierbarkeit der Dimensionen wird im Folgenden diskutiert.

3.3.2.1 Zweidimensionale Konfiguration

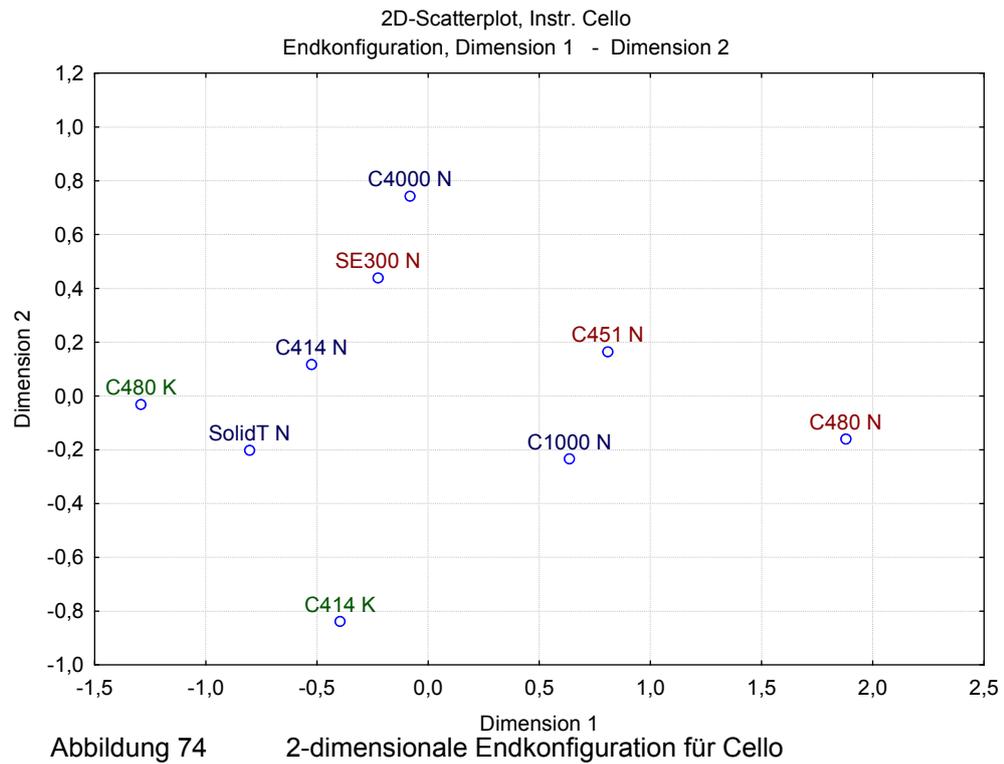
Die Anpassungsqualität der zweidimensionalen Endkonfiguration lässt sich aus dem STRESS-Wert (siehe Tab. 42) ablesen.

2-dimens. Endkonfiguration	STRESS
Cello	0,107
Klavier	0,075
Saxophon	0,101
Mittel über die Instrumente	0,078

Tabelle 42 Anpassungsqualitäten der Endkonfigurationen

Die Konfiguration für Klavier sowie für die über die drei Instrumente gemittelten Daten ergeben STRESS-Werte unter 0,1 und somit eine sehr gute Anpassung. Die Werte für Klavier und Saxophon liegen bei 0,1, was noch als akzeptabel eingestuft wird. Im nächsten Kapitel ist zu sehen, dass die STRESS-Faktoren des dreidimensionalen Modells kleiner sind und die Adaptionen für alle drei Instrumente und die Mittelung sehr gut gelungen sind. Jedoch ist die Interpretation der drei Dimensionen schwieriger als die Analyse der zwei Dimensionen.

In den Abbildungen 74 bis 76 sind die Endkonfigurationen für Cello, Klavier und Saxophon zu sehen. Darin werden die Großmembranmikrofone (Nierencharakteristik) blau dargestellt, Mikrofone mit kleiner Membran (ebenfalls Niere) rot und die beiden Mikrofone mit Kugelcharakteristik (ein Kleinmembran- und ein Großmembranmikrofon) sind in grüner Schrift gehalten.



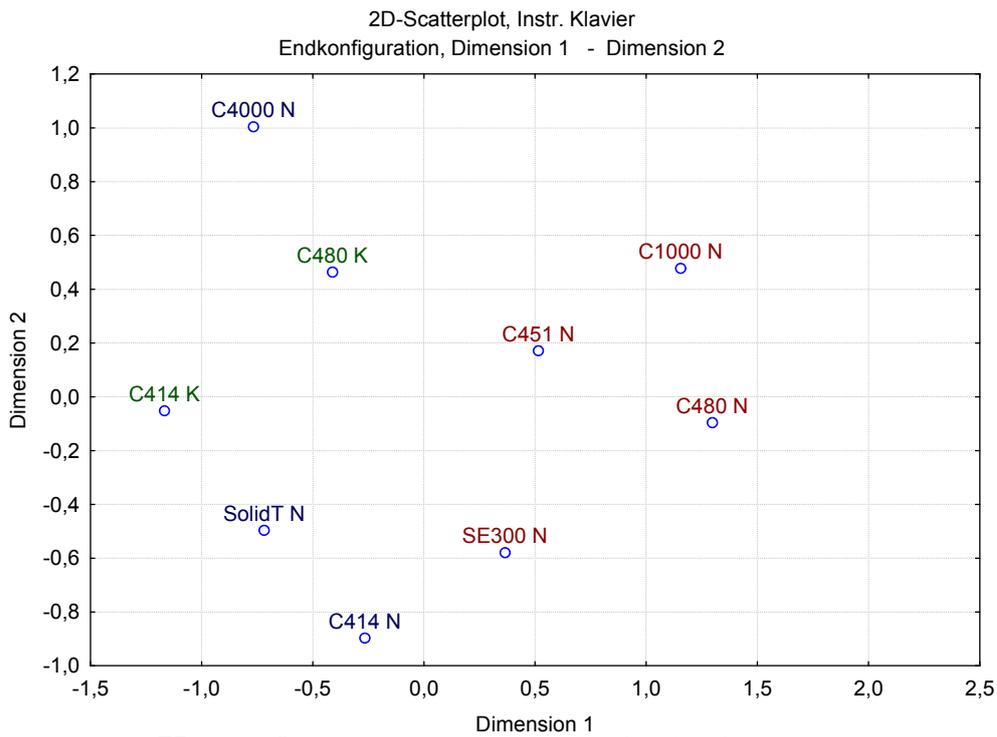


Abbildung 75 2-dimensionale Endkonfiguration für Klavier

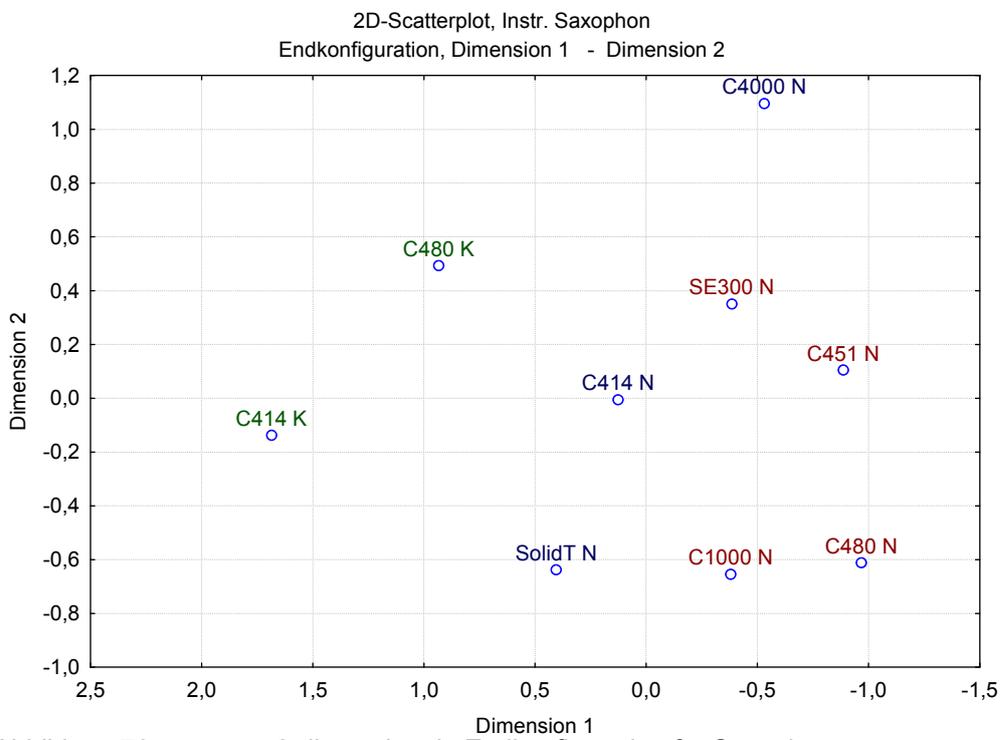


Abbildung 76 2-dimensionale Endkonfiguration für Saxophon

Das „Solidtube“ befindet sich bei allen drei Instrumenten immer in der Nähe der Mikrofone mit Kugelcharakteristik, das „C 414 B“ (Niere) immer nahe am „SE 300“ mit Nierenkapsel. Das „C 451 B“ ist in allen drei Darstellungen in der Nähe des „C 480 B“ mit Nierencharakteristik zu sehen. Letzteres wiederum befindet sich immer in relativer Nähe zum „C 1000 S“ und zeigt zum „C 4000 B“ und zum „C 414 B“ (Kugel) eine große Distanz.

In der räumlichen Abbildung für Saxophon und Cello liegen das „C 1000 S“ und das „Solidtube“ nah beieinander, während die beiden in der Klavier-Konfiguration weit voneinander entfernt sind.

Genauso verhält es sich mit den Mikrofonen „C 4000 B“ und „SE 300 B“: Bei der Berechnung für Klavier liegen sie weit auseinander, während sie in den anderen beiden Konfigurationen einander am nächsten sind.

Das „C 4000 B“ fällt in allen drei Wahrnehmungsräumen insofern auf, als dass es sich immer am Rand befindet.

Auch Gruppenbildungen von Großmembran- und Kleinmembranmikrofonen sind in allen Konfigurationen zu beobachten: Zumindest bezogen auf eine Dimension sind die Mikrofone dieser beiden Kategorien jeweils eng aneinander gereiht.

Die Abstände zwischen den Mikrofonen sind in der Konfiguration für Cello kleiner, während die Objekte in der Darstellung des Klavier-Klangbeispiels am weitesten voneinander entfernt sind.

Es folgt die Grafik für den Wahrnehmungsraum der über die drei Instrumente gemittelten Daten:

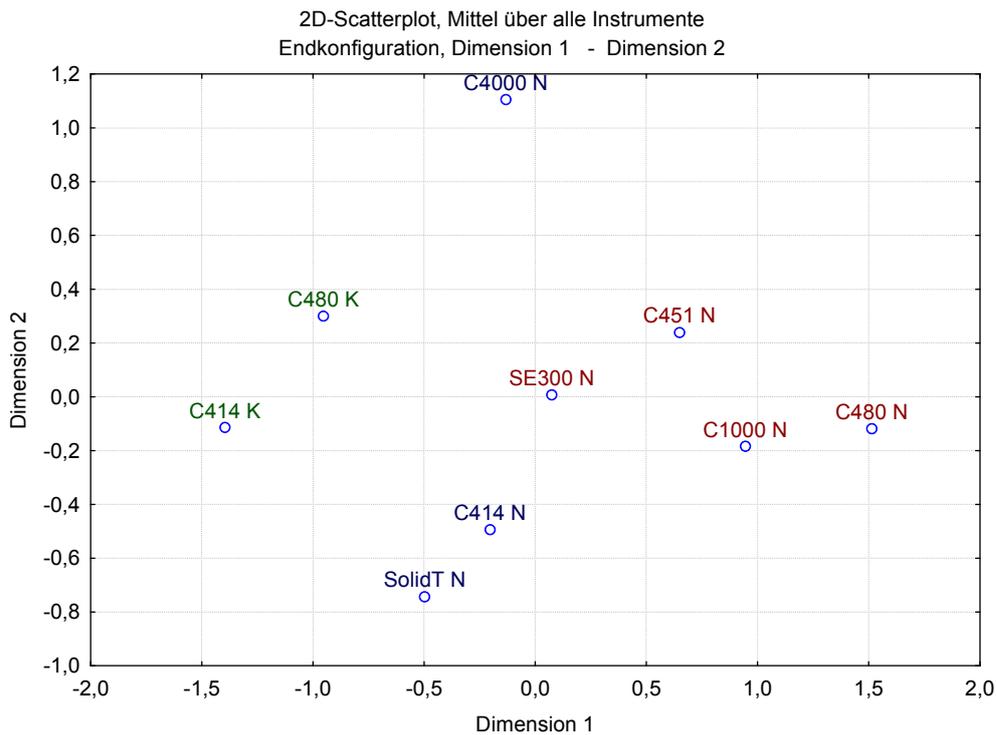


Abbildung 77 2-dimensionale Endkonfiguration im Mittel die Instrumente Cello, Klavier und Saxophon

In dieser Darstellung zeigen sich obengenannte Gruppierungen sehr deutlich. Die Kleinmembranmikrofone liegen nah beieinander und die zwei Großmembranen liegen etwas abseits. Die zwei Mikrofone mit Kugelcharakteristik befinden sich gemeinsam auf einer Seite und das „C 4000 B“ ist von den anderen Objekten weit entfernt platziert.

3.3.2.2 Dreidimensionale Konfiguration

In der dreidimensionalen Darstellung der Ähnlichkeitsurteile zeigt sich wie erwartet ein verbesserter STRESS-Wert (siehe Tab. 43), was eine höhere Anpassungsqualität der Distanzen an das Modell bedeutet.

3-dimens. Endkonfiguration	STRESS
Cello	0,048
Klavier	0,040
Saxophon	0,059
Mittel über die Instrumente	0,035

Tabelle 43 STRESS-Werte der 3-dimensionalen Endkonfigurationen

Die STRESS-Werte liegen allesamt nahe Null, somit ist die Anpassung als hervorragend einzustufen.

In den dreidimensionalen Darstellungen der Instrumente (diese sind im Anhang ersichtlich) befindet sich das „C 4000 B“ wiederum abseits der restlichen Objekte.

Weiters ist das „C 1000 S“ - zumindest bezogen auf eine Achse - in allen Konfigurationen in der Nähe des „C 480 B“ (Niere) sowie auch nahe dem „C 451 B“.

In der Darstellung für Saxophon bildet sich entlang der z-Achse eine Gruppe bestehend aus „C 4000 B“, „SE 300 B“ (Niere), „C 480 B“ (Niere) und „Solidtube“, während auf der gegenüberliegenden Seite der Achse die Mikrofone „C 451 B“, „C 480 B“ (Kugel), „C 1000 S“ und „C 414 B“ (Niere) nah beieinander liegen.

In der Konfiguration für das Klavier-Klangbeispiel sind das „C 451 B“ und das „C 480 B“ (Kugel) nahe zusammen. In den anderen Konfigurationen kommt das „C 414 B“ (Niere) dazu und bildet mit den beiden entlang der z-Achse eine Gruppe.

In der folgenden Abbildung ist der dreidimensionale Wahrnehmungsraum der gemittelten Daten zu sehen:

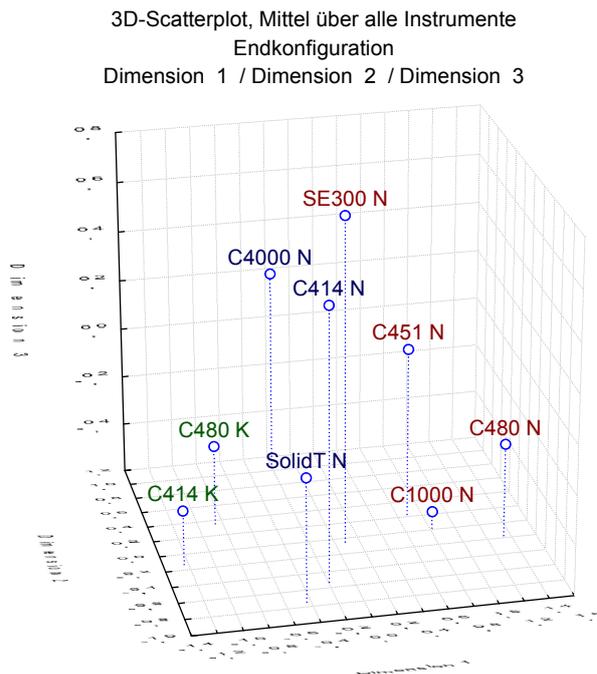


Abbildung 78 Dreidimensionaler Wahrnehmungsraum gemittelt über alle Instrumente

In dieser dreidimensionalen Darstellung bilden sich wieder Gruppen bezüglich der Kategorien Membrangröße und Richtcharakteristik, sowie es auch in der zweidimensionalen Abbildung zu beobachten ist: Entlang der x-Achse (Dimension 1) formt sich die Gruppe der Kugelmikrofone, die der Großmembranmikrofone und die der Kleinmembranen. Die Gruppe der Mikrofone mit Kugelcharakteristik ist sogar hinsichtlich aller drei Dimensionen nah beieinander liegend.

Auch das „C 480 B“ (Niere) ist in allen drei Richtungen nahe dem „C 1000 S“ sowie dem „C 480 B“ (Niere).

Die Shepard-Diagramme aller dreidimensionalen Konfigurationen sowie die Tabellen mit den Distanzen befinden sich im Anhang.

3.3.2.3 Interpretierbarkeit der Dimensionen

Die zweidimensionale Skalierung hat generell den Vorteil, dass sie sich gegenüber dem dreidimensionalen Raum anschaulicher darstellt und leichter zu interpretieren ist. In dieser Untersuchung sind die STRESS-Werte der zweidimensionalen Konfigurationen sehr gut bis akzeptabel, während in der dreidimensionalen Darstellung durchwegs eine sehr gute Anpassung gelungen ist.

In Kapitel 4.2 wird über eine Gegenüberstellung der Wahrnehmungsräume aus der Multidimensionalen Skalierung mit den Ergebnissen der ANOVA und der Faktorenanalyse aus dem ersten Hörtest ein Versuch unternommen, die Dimensionen sinnvoll zu benennen.

3.3.2.4 Analyse der Präferenz eines Mikrofons

Die neun Mikrofone werden im Hörversuch für jedes Instrument in eine Rangfolge gebracht. Am ersten Platz soll das Mikrofon positioniert sein, welches der Testperson für das jeweilige Instrument am besten gefällt. An die neunte Stelle wird jenes Mikrofon gereiht, das am wenigsten zusagt.

Die Stichproben der zwanzig Probanden werden mittels einfaktorieller Varianzanalyse ausgewertet. In den Abbildungen 79 bis 81 sind Box-Plots mit den Mittelwerten und Standardabweichungen der Mikrofone für jedes Instrument zu sehen. Die Tabellen der deskriptiven Statistik (Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanztest nach Scheffè) zu den Plots befinden sich im Anhang.

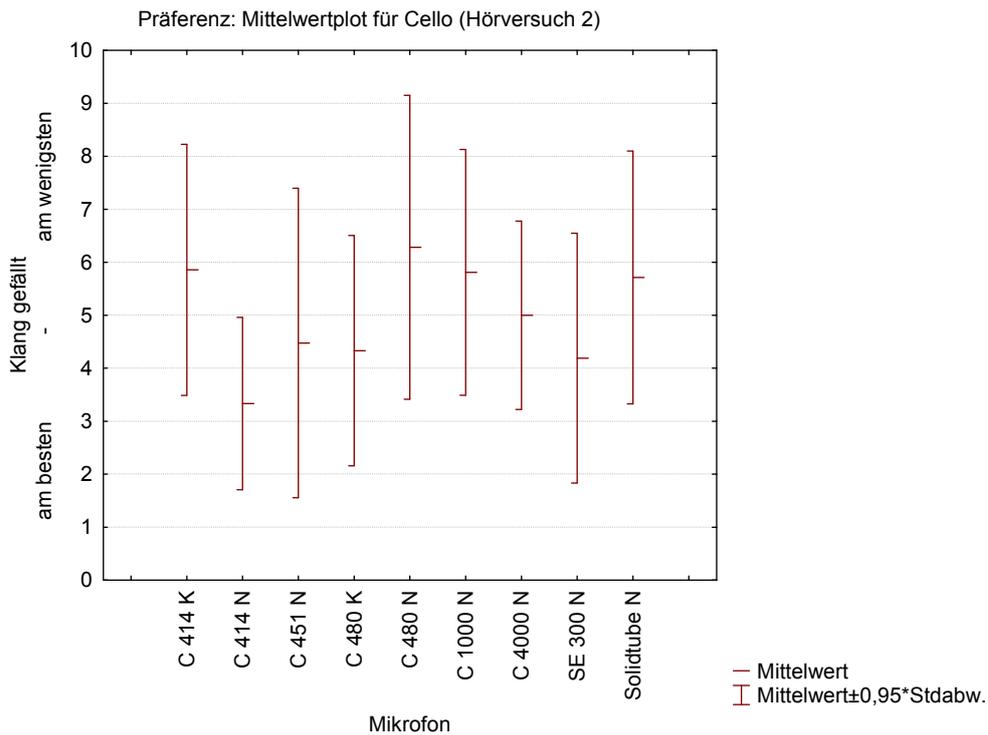


Abbildung 79 Mittelwerte und Standardabweichungen der Präferenz, Instrument Cello

Das „C 414 B“ (Niere) gefällt mit einem Mittelwert von 3,33 über alle Testpersonen am besten. Auch die Standardabweichung ist hier mit 1,71 eher gering. Es folgen in der Rangwertung die Mikrofone „SE 300“ (Niere), „C 480 B“ (Kugel), „C 451 B“ (Niere) und „C 4000 B“ (Niere). Am wenigsten gefällt beim Cello-Klangbeispiel das „C 480 B“ mit Nierencharakteristik mit einem Mittelwert von 6,29 und einer recht großen Standardabweichung von 3,02.

Der Signifikanztest nach Scheffè liefert keine eindeutigen Mittelwertunterschiede, vermutlich aufgrund der großen Standardabweichungen.

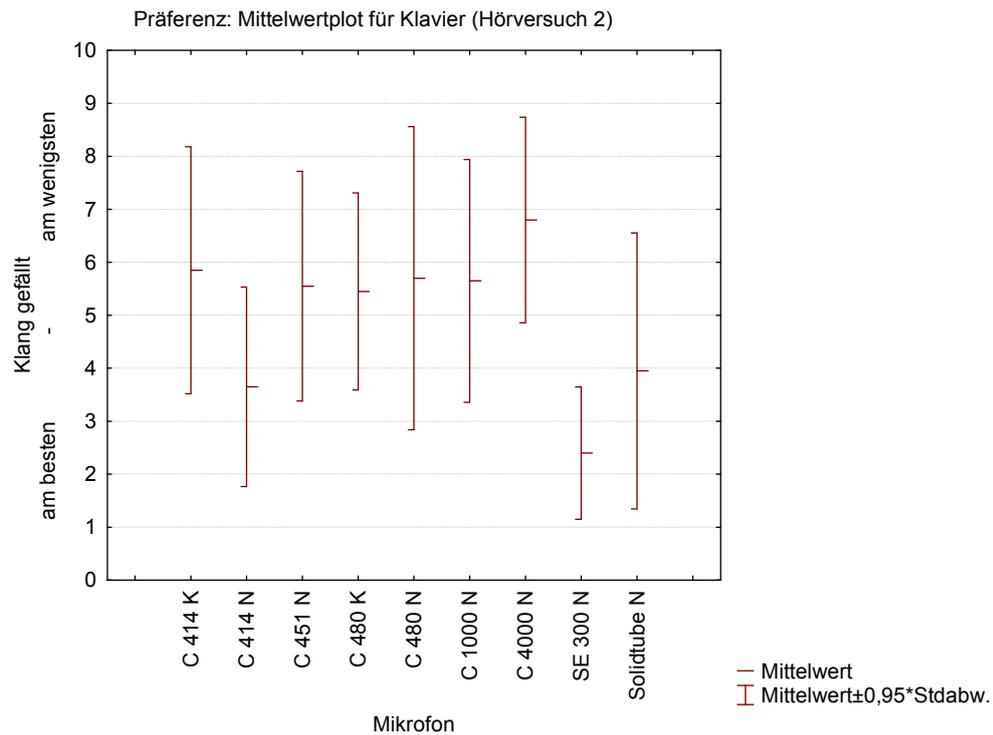


Abbildung 80 Mittelwerte und Standardabweichungen der Präferenz, Instrument Klavier

Beim Instrument Klavier wird eindeutig das „SE 300“ mit Nierenkapsel präferiert. Mit einem Mittelwert bei 2,4 in der Rangwertung und einer niedrigen Standardabweichung von 1,31 gefällt dieses Mikrofon am besten. Auffällig ist auch, dass der maximale Wert bei fünf liegt, während die anderen Mikrofone weitaus größere Spannweiten zeigen.

Es folgen in der Rangfolge das „C 414 B“ mit eingestellter Nierencharakteristik und das „Solidtube“.

Im Mittel am schlechtesten bewertet wird das „C 4000 B“ mit einem Wert von 6,8 und einer Standardabweichung von 2,04.

Das „SE 300“ (Niere) unterscheidet sich laut Scheffè-Test signifikant von allen anderen Mikrofonen mit Ausnahme des „C 414 B“ (Niere). Eine weitere eindeutige Unterscheidung gibt es zwischen „C 4000 B“ (Niere) und „C 414 B“ (Niere).

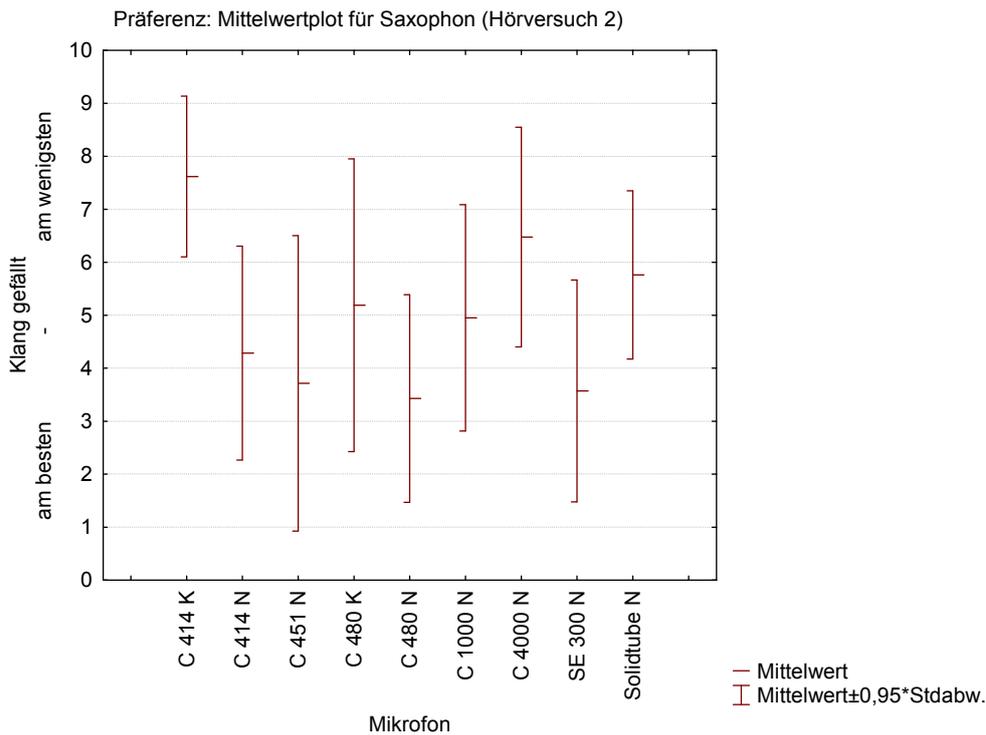


Abbildung 81 Mittelwerte und Standardabweichungen der Präferenz, Instrument Saxophon

Beim Saxophon-Klangbeispiel gefällt das „C 480 B“ (Nierencharakteristik) mit einem Mittelwert von 3,43 und einer Standardabweichung von 2,06 am besten. Dicht gefolgt von „SE 300 B“, ebenfalls Niere, und „C 451 B“ mit Mittelwerten von 3,57 und 3,71. Deutlich vom Rest der Gruppe weicht das „C 414 B“ mit Kugelcharakteristik ab: Es liegt an letzter Stelle in der Rangreihung mit einem Mittelwert von 7,62 und einer relativ geringen Standardabweichung von 1,60.

Im Scheffé-Test sind Signifikanzen zwischen folgenden Mikrofonen ersichtlich:

- „C 414 B“ (Kugel) und „C 414 B“ (Niere)
- „C 414 B“ (Kugel) und „C 451 B“
- „C 414 B“ (Kugel) und „C 480 B“ (Niere)
- „C 414 B“ (Kugel) und „SE 300 B“ (Niere)
- „C 4000 B“ und „C 480 B“ (Niere)
- „C 4000 B“ und „SE 300 B“ (Niere)

In Kapitel 4.2 wird diese Auswertung der Präferenz den Ergebnissen der Regressionsanalyse des Hörtest 1 gegenübergestellt, um der Frage, nach welchen Kriterien ein Mikrofon bevorzugt wird, weiter nachzugehen.

4 Erkenntnisse aus den Hörversuchen

In diesem Kapitel werden wesentliche Resultate aus den Analysen des vorherigen Abschnitts kompakt zusammengefasst.

Dabei werden die getesteten Mikrofone anhand ihrer klanglichen Eigenschaften charakterisiert. Außerdem wird ein weiteres Mal auf die Präferenz eingegangen, indem aufgelistet wird, welches Mikrofon die Probanden für welches Instrument bevorzugen.

Die Ergebnisse aus Hörtest 1 und Hörtest 2 werden einander gegenüber gestellt. Dabei wird untersucht, ob nach einem Vergleich der Analysen eine globale Aussage getroffen werden kann. Folgende Fragen werden in diesem Zusammenhang gestellt:

- Auf welche Faktoren lassen sich die klanglichen Merkmale eines Mikrofons reduzieren?
- Mithilfe welcher Attribute lässt sich ein Wahrnehmungsraum für Mikrofone aufspannen?

Zunächst wird auf die Auswertung des ersten Hörversuchs eingegangen.

4.1 Ergebnisse des ersten Hörversuchs

4.1.1 Eigenschaftsbeurteilungen der Mikrofone

Die Analyse der Mikrofone hinsichtlich unterschiedlicher Attributwertungen ist in Kapitel 3.2.2.1 dargestellt. Aus der Varianzanalyse werden signifikante Unterschiede im Klang der Mikrofone abgeleitet und dargestellt.

Die im Hörtest 1 angewendeten subjektiven Bewertungskriterien zur Beurteilung der Klangeigenschaften der Mikrofone sind in Abbildung 82 und Tabelle 44 dargestellt. Die Mittelwerte wurden über alle unterschiedlichen Instrumente gebildet (Cello, Flöte, Klavier, Kontrabass, Posaune und Saxophon)

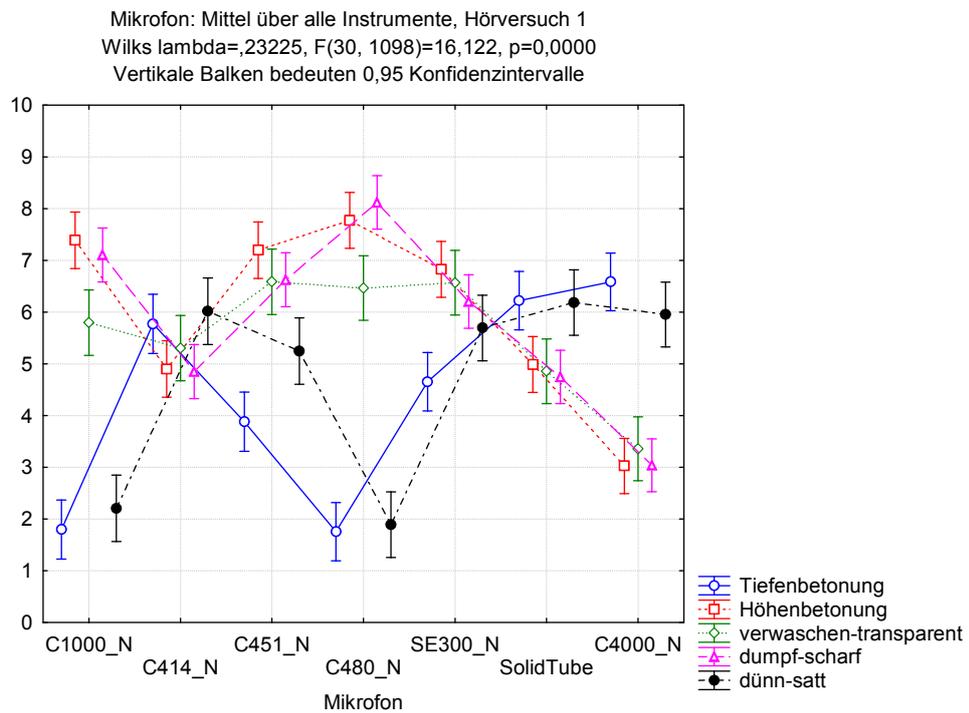


Abbildung 82 Mehrdimensionales Plot der Eigenschaftsbeurteilungen aus Hörtest 1

	Tiefen	Höhen	verw. – transp.	dumpf – scharf	dünn – satt
C 1000 S	schwach	stärker	neutral	eher scharf	dünn
C 414 B	neutral	neutral	neutral	neutral	eher satt
C 451 B	schwächer	stärker	eher transp.	eher scharf	neutral
C 480 B	schwach	stark	eher transp.	scharf	dünn
SE 300 B	neutral	stärker	eher transp.	eher scharf	neutral
Solidtube	stärker	neutral	neutral	neutral	eher satt
C 4000 B	stärker	schwach	eher verw.	eher dumpf	neutral

Tabelle 44 Gegenüberstellung der klanglichen Bewertungen der Mikrofone

Das „C 1000 S“ ist in den Tiefen schwach ausgeprägt und klingt „stärker höhenbetont“, „eher scharf“ und „dünn“. Bezüglich „verwaschen – transparent“ ist das Mikrofon im Mittelfeld platziert und als „neutral“ eingestuft.

Das Mikrofon „C 414 B“ wird hinsichtlich der Variablen „Tiefenbetonung“, „Höhenbetonung“, „verwaschen – transparent“ und „dumpf – scharf“ als „neutral“ bewertet. Auf der Skala der Variable „dünn – satt“ wird es als „eher satt“ klingend empfunden.

Das „C 451 B“ ist bezüglich der tiefen Frequenzen weniger stark ausgeprägt, während die „Höhenbetonung“ als „eher stärker“ eingestuft wird. Weiters wird es als „eher transparent“, „eher scharf“ und hinsichtlich der Attributpaarung „dünn – satt“ als „neutral“ beurteilt.

Das „C 480 B“ ist in den Tiefen schwach und in den Höhen stark ausgeprägt. Es klingt zudem „eher transparent“, „scharf“ und „dünn“.

Das Mikrofon „SE 300 B“ wird bezüglich der tiefen Frequenzen und in der Bewertung der Variable „dünn – satt“ als „neutral“ eingestuft, während es in den Höhen stärker ausgeprägt ist. Weiters wird es als „eher transparent“ und „eher scharf“ empfunden.

Das „Solidtube“ wird als „neutral“ hinsichtlich der Variablen „Höhenbetonung“, „verwaschen – transparent“ und „dumpf – scharf“ beurteilt. Die Tiefen sind stärker ausgeprägt und es klingt „eher satt“.

Das „C 4000 B“ ist in den Höhen geringer ausgeprägt, hingegen sind die Tiefer stärker betont. Es klingt zudem „eher verwaschen“, „eher dumpf“ und wird bezüglich „dünn – satt“ als „neutral“ bewertet.

4.1.2 Präferenzwertung der Mikrofone

Im Hörversuch sollen die Probanden die Frage beantworten, ob ihnen der Klang des jeweiligen Beispiels gut oder weniger gut gefällt. Nach einer Mittelung der subjektiven Bewertungen ergibt sich folgende Rangwertung:

Rang	Cello	Flöte	Klavier	Kontra- bass	Posaune	Saxophon
1	SE 300 B	C 4000 B	SE 300 B	Solidtube	C 451 B	C 480 B
2	Solidtube	C 451 B	C 451 B	C 414 B	C 4000 B	SE 300 B
3	C 451 B	SE 300 B	C 414 B	SE 300 B	Solidtube	C 451 B
4	C 4000 B	C 414 B	Solidtube	C 451 B	C 414 B	C 414 B
5	C 414 B	Solidtube	C 4000 B	C 4000 B	SE 300 B	C 1000 S
6	C 1000 S	C 1000 S	C 1000 S	C 1000 B	C 480 B	Solidtube
7	C 480 B	C 480 B	C 480 B	C 480 B	C 1000 S	C 4000 B

Tabelle 45 Präferenzwertung der Mikrofone aus Hörtest 1 nach Instrumenten

Das „SE 300 B“ befindet sich bei Cello und Klavier jeweils auf Rang 1.

Die Instrumente Cello, Flöte, Klavier und Kontrabass zeigen in den letzten beiden Rängen auffällige Übereinstimmungen: Das „C 480 B“ und das „C 1000 S“ befinden sich in allen vier Tests an letzter bzw. vorletzter Stelle.

4.1.3 Erkenntnisse aus der zweifaktoriellen ANOVA

Aus der Varianzanalyse mit den Faktoren „Mikrofon“ und „Instrument“ ist ersichtlich, ob die Mikrofone über alle Klangbeispiele hinweg konsistent beurteilt werden. Außerdem lässt sich abschätzen, welche Instrumente zum Vergleich von Mikrofonen gut geeignet sind.

In Tabelle 46 sind jene Mikrofone aufgelistet, die abhängig von der Variable stark polarisieren.

Welches Mikrofon liefert bei verschiedenen Instrumenten unterschiedliche Ergebnisse?

Variable	Mikrofon
Tiefenbetonung	C 414 B, C 480 B, Solidtube, C 1000 S
Höhenbetonung	C 451 B, C 4000 B
verwaschen – transparent	Solidtube, C 4000 B, C 1000 S, C 414 B
dumpf – scharf	C 451 B, C 4000 B
dünn – satt	C 414 B, C 391 B, C 4000 B
Präferenz	C 1000 S, Solidtube

Tabelle 46 Mikrofone, die aus der Untersuchung als polarisierend hervorgehen

Auffallend oft wird das „C 4000 B“ genannt. Aber auch das „C 1000 S“ und das „C 414 B“ treten häufiger auf. Deren Beurteilungen sind nicht über alle Instrumente als konstant zu werten.

Welches Instrument liefert für verschiedene Mikrofone stark unterschiedliche Bewertungen und ist demnach gut für einen Hörtest in diesem Rahmen geeignet?

Variable	Instrument
Tiefenbetonung	Cello, Kontrabass
Höhenbetonung	Klavier, Saxophon
verwaschen – transparent	Klavier, Saxophon, Cello
dumpf – scharf	Klavier, Saxophon, Posaune
dünn – satt	Cello, Kontrabass, Posaune
Präferenz	Kontrabass, Cello, Klavier

Tabelle 47 Instrumente mit großen Mittelwertdifferenzen und geringen Standardabweichungen

In Tabelle 47 sind fünf von sechs im Hörversuch vorkommende Instrumente aufgezählt. Diese sind demnach gut zur klanglichen Bewertung dieser Art von Untersuchung geeignet.

Die Flöte scheint bei keiner der Variablen auf.

Welche Instrumente sind für die Bewertung welcher klanglichen Eigenschaften aufgrund geringer Mittelwertunterschiede und verhältnismäßig großen Standardabweichungen weniger geeignet?

Variable	Instrument
Tiefenbetonung	Flöte
verwaschen – transparent	Flöte
dumpf – scharf	Flöte, Cello
dünn – satt	Flöte, Saxophon

Tabelle 48 Zur Bewertung klanglicher Eigenschaften weniger geeignete Instrumente

In Tabelle 48 zeigt sich eindeutig, dass die Flöte zur Eigenschaftsbeurteilung von Mikrofonen wenig geeignet ist. Bei vier von sechs Bewertungsmöglichkeiten zeigen die Daten wenig Mittelwertunterschiede und große Standardabweichungen. Daraus lässt sich schließen, dass bei Aufnahmen mit diesem Instrument keine klaren Unterschiede zwischen den Mikrofonen hörbar sind.

4.2 Gegenüberstellung von Hörtest 1 und Hörtest 2

Nun werden die Ergebnisse der Varianzanalyse den ermittelten Wahrnehmungsräumen gegenübergestellt, welche aus den Daten des zweiten Hörtests mithilfe der Multidimensionalen Skalierung ermittelt wurden (siehe Kapitel 3.3).

Für diesen Vergleich werden in beiden Fällen die Daten von Cello, Klavier und Saxophon herangezogen. Da in dieser Gegenüberstellung nur Nierenmikrofone untersucht werden, müssen die Konfigurationen des Hörtest 2 mittels Multidimensionaler Skalierung neu berechnet werden. Das „C 414 B“ und „C 480 B“ in Kugelcharakteristik werden dabei ausgeklammert.

Die Anpassungsqualitäten der ermittelten Wahrnehmungsräume sind in Tabelle 49 zu sehen:

2-dimens. Endkonfiguration (nur Nierenmikr.)	STRESS
Cello	0,035
Klavier	0,022
Saxophon	0,131
Mittel über die Instrumente	0,024

Tabelle 49 Anpassungsqualitäten der Endkonfigurationen der Nierenmikrofone

Die STRESS-Werte in diesen Konfigurationen haben sich gegenüber den Berechnungen mit den Kugelmikrofonen stark verbessert. Mit Ausnahme des Saxophon-Wertes sind diese für eine 2-dimensionale Darstellung sehr gut geeignet. Der STRESS-Wert der Konfiguration für Saxophon liegt deutlich über 0,1. Demnach ist hier die Anpassungsgüte als akzeptabel zu bezeichnen.

Klangliche Eigenschaften der Mikrofone im Mittel über Cello, Klavier und Saxophon

Für den Vergleich der Analysen ist es erforderlich, die ANOVA für die gemittelten Werte aus Cello, Klavier und Saxophon zu berechnen, da in Hörtest 2 auch nur Klangbeispiele dieser drei Instrumente getestet werden. In Abbildung 83 sind die Mittelwerte und Konfidenzintervalle dieser Berechnung dargestellt.

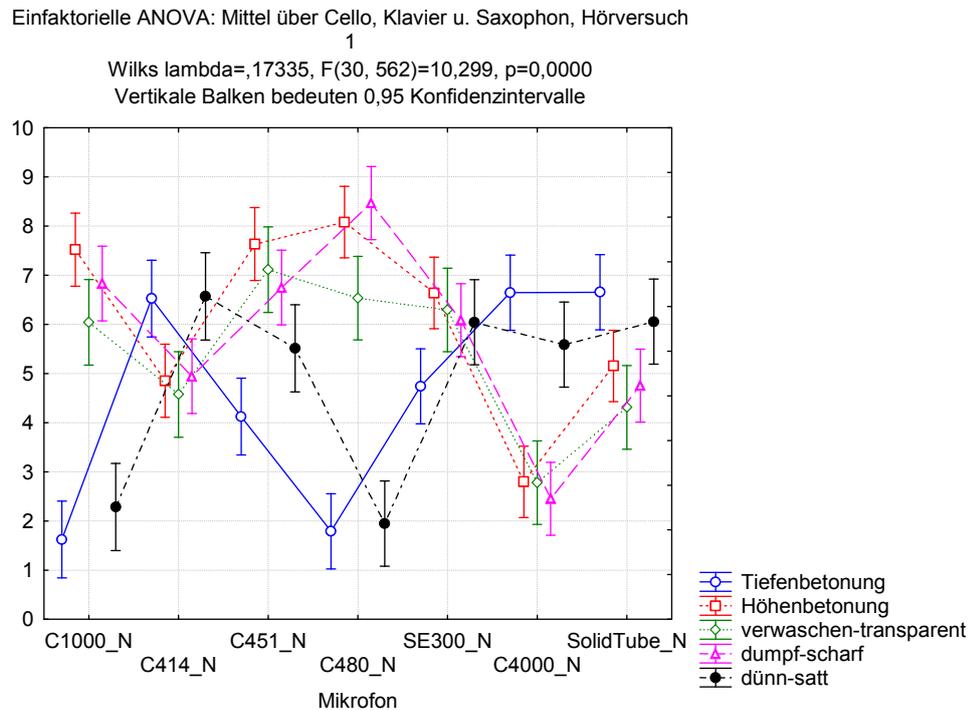


Abbildung 83 Mehrdimensionale Darstellung der Eigenschaftsurteile im Mittel über Cello, Klavier und Saxophon

In folgender Tabelle sind die Mikrofone einander aufgrund ihrer Ausprägungen gegenüber gestellt.

	Tiefen	Höhen	verw. – transp.	dumpf – scharf	dünn – satt
C 1000 S	schwach	stark	eher transp.	eher scharf	dünn
C 414 B	stärker	neutral	neutral	neutral	eher satt
C 451 B	schwächer	stark	eher transp.	eher scharf	neutral
C 480 B	schwach	stark	eher transp.	scharf	dünn
SE 300 B	neutral	stärker	eher transp.	eher scharf	eher satt
Solidtube	stärker	neutral	neutral	neutral	eher satt
C 4000 B	stärker	schwach	eher verw.	dumpf	neutral

Tabelle 50 Gegenüberstellung der klanglichen Bewertungen der einzelnen Mikrofone

Im Vergleich zu den Ergebnissen der Mittelung aller Instrumente sind beim Mittel über Cello, Klavier und Saxophon folgende geringfügige Unterschiede zu verzeichnen:

„C 1000 S“: stärker „höhenbetont“, eher „transparent“ als „neutral“

„C 414 B“: stärker „tiefenbetont“

„C 451 B“: stärker „höhenbetont“

„SE 300 B“: eher „satt“ als „neutral“

„C 4000 B“: stärker in Richtung „dumpf“

Klangliche Unterschiede der Mikrofone

Die Mikrofone „C 1000 S“ und „C 4000 B“ werden in Hörtest 1 klanglich gegensätzlich empfunden. Das „C 1000 S“ zeigt gering ausgeprägte Tiefen und wird als „stark höhenbetont“, „eher transparent“, „eher scharf“ und „dünn“ klingend eingeschätzt. Gegenteilig das „C 4000 B“: Es weist geringere hohe Frequenzanteile auf und klingt „stärker tiefenbetont“, „eher verwaschen“ und „dumpf“.

Weitere Paarungen, die sich klanglich wesentlich unterscheiden sind:

„C1000 S“ und „Solidtube“

„Solidtube“ und „C 480 B“

„C 4000“ und „C 451 B“

„SE 300 B“ und „C 4000 B“

Diese Paare setzen sich jeweils aus einem Kleinmembran- und einem Großmembranmikrofon zusammen.

Diese Kontraste spiegeln sich auch im Wahrnehmungsraum der Probanden in Hörtest 2 wider. Oben genannte gegensätzlich klingende Mikrofone sind in Abbildung 84 in größerer Entfernung zueinander positioniert, während Mikrofone, die sich klanglich ähneln, nahe beieinander liegen.

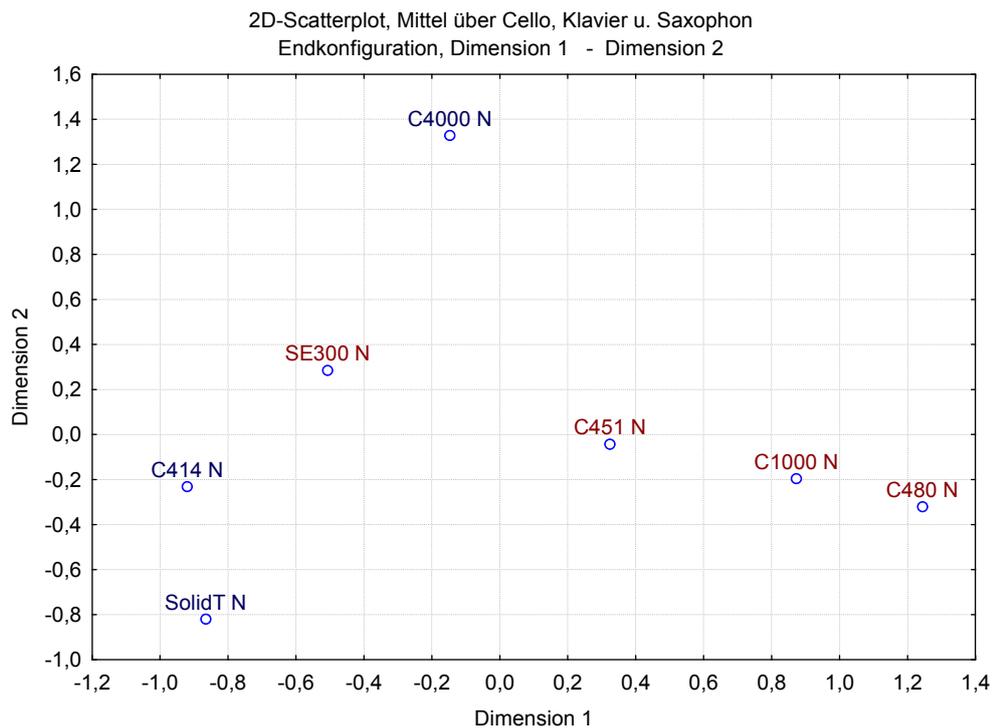


Abbildung 84 2-dimensionale Endkonfiguration im Mittel über Cello, Klavier und Saxophon

Gegenüberstellung der Präferenzwertungen

In folgender Tabelle sind die Bewertungen der Mikrofone hinsichtlich Präferenz aus beiden Hörversuchen instrumentenspezifisch dargestellt. Der Vergleich zeigt die Rangwertung der Mikrofone anhand der Klangbeispiele von Cello, Klavier und Saxophon.

Rang	Cello	Cello	Klavier	Klavier	Saxophon	Saxophon
	Hörvers. 1	Hörvers. 2	Hörvers. 1	Hörvers. 2	Hörvers. 1	Hörvers. 2
1	SE 300 B	C 414 B	SE 300 B	SE 300 B	SE 300 B	C 480 B
2	Solidtube	SE 300 B	C 451 B	C 414 B	C 1000 S	SE 300 B
3	C 451 B	C 451 B	C 414 B	Solidtube	C 414 B C 451 B C 480 B	C 451 B
4	C 4000 B	C 4000 B	Solidtube	C 451 B		C 414 B
5	C 414 B	Solidtube	C 4000 B	C 1000 S		C 1000 S
6	C 1000 S	C 1000 S	C 1000 S	C 480 B	Solidtube	Solidtube
7	C 480 B	C 480 B	C 480 B	C 4000 B	C 4000 B	C 4000 B

Tabelle 51 Vergleich der Präferenzwertungen aus Hörtest 1 und Hörtest 2

Das SE 300 B mit der Kapsel CK 91 liegt bei vier von sechs Hörtests an erster Stelle. In den anderen beiden Hörversuchen („Cello HV 2“ und „Saxophon HV 2“) befindet es sich auf Rang zwei.⁵⁶

Die letzten Plätze der Rangwertungen teilen sich das „C 480 B“ und das „C 4000 B“. Letzteres liegt in den Hörtests „Klavier HV 2“, „Saxophon HV 1“ und „Saxophon HV 2“ an siebter Stelle. Das „C 480 B“ wird in den beiden Cello-Hörtests und dem Hörversuch 1 mit Klavier-Klangbeispiel am wenigsten bevorzugt.

Auffallend sind die zahlreichen Übereinstimmungen der beiden Hörtests beim Klangbeispiel Cello: An dritter, vierter, sechster und siebter Stelle sind jeweils dieselben Mikrofone platziert („C 451 B“, „C 4000 B“, „C 1000 S“ und „C 480 B“).

Auch in der Rangfolge der Mikrofon-Bewertungen anhand des Saxophons sind an letzter und vorletzter Stelle jeweils die gleichen Mikrofone positioniert („C 4000 B“ und „Solidtube“).

⁵⁶ HV steht für „Hörversuch“

In Hörtest 1 (Klangbeispiel Saxophon) werden drei Mikrofone gleichermaßen bewertet: „C 414 B“, „C 451 B“ und „C 480 B“. Sie befinden sich mit einem Mittelwert von 6,03 an dritter Stelle.

Instrumentenspezifischer Vergleich von Wahrnehmungsraum und Attributbewertung

In den Abbildungen 85 bis 92 sind die Varianzanalysen der Instrumente Cello, Klavier und Saxophon aus dem ersten Hörversuch den Konfigurationen der Multidimensionalen Skalierung des zweiten Hörtests gegenüber gestellt. Wo es passend erscheint, sind Eigenschafts-Achsen in das 2D-Scatterplot eingezeichnet. So wird nach einer Möglichkeit gesucht, die Ergebnisse der beiden Hörtests miteinander zu verknüpfen und die Aussagekraft der Evaluierung zu untersuchen.

Instrument Cello:

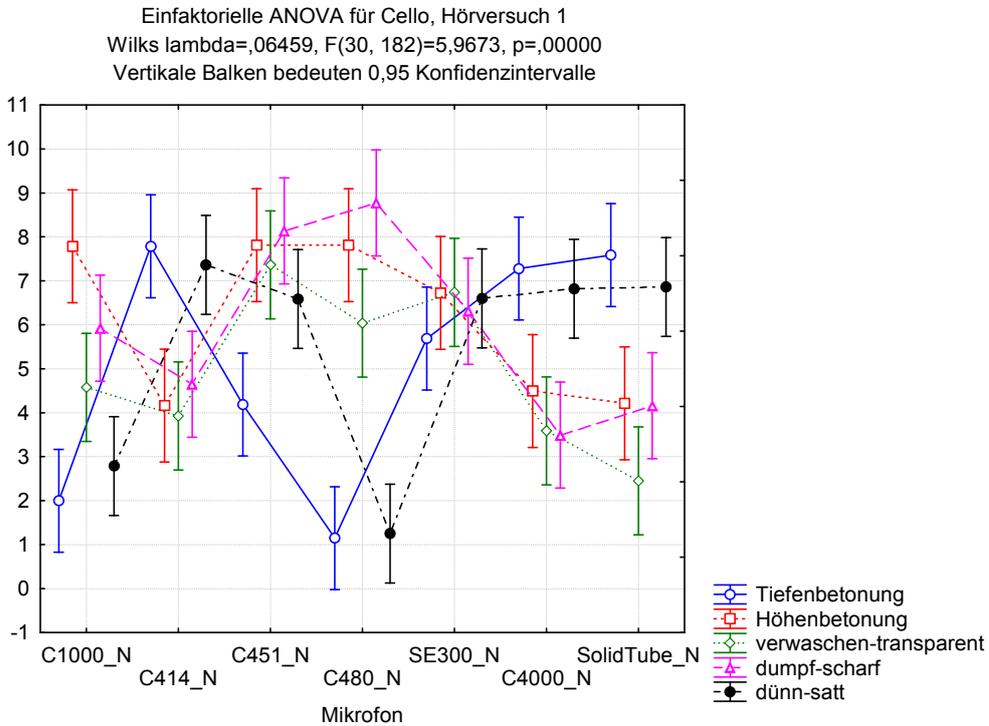


Abbildung 85 Mehrdimensionale Darstellung der klanglichen Bewertungen aus Hörtest 1, Instrument Cello

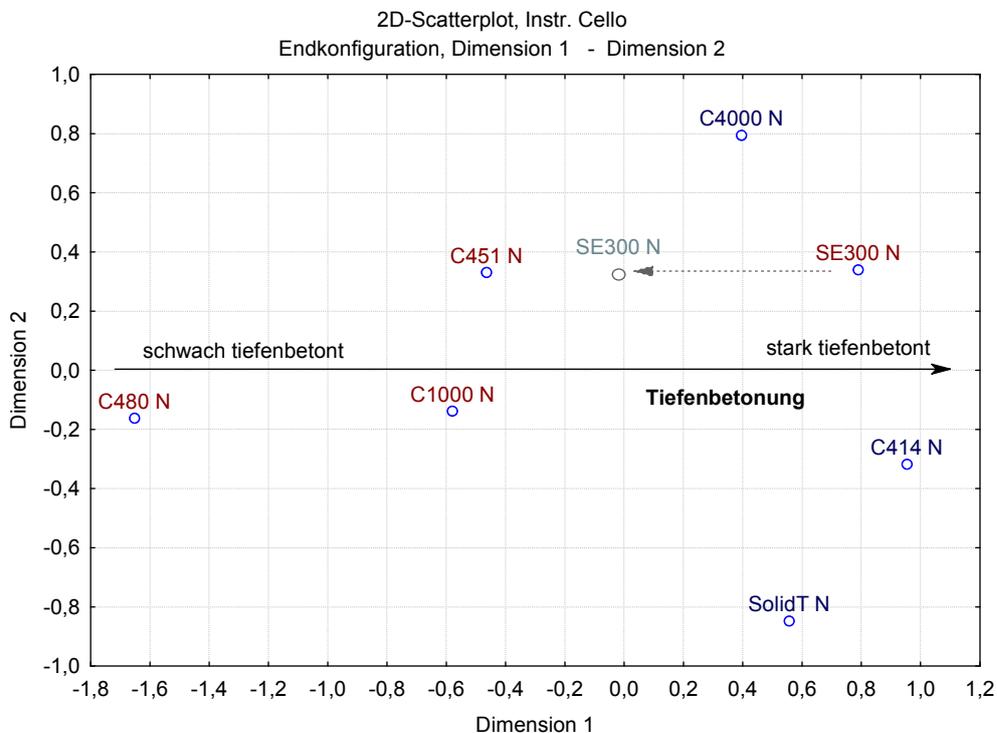


Abbildung 86 Interpretation des zweidimensionalen Wahrnehmungsraumes, Instrument Cello

Instrument Klavier:

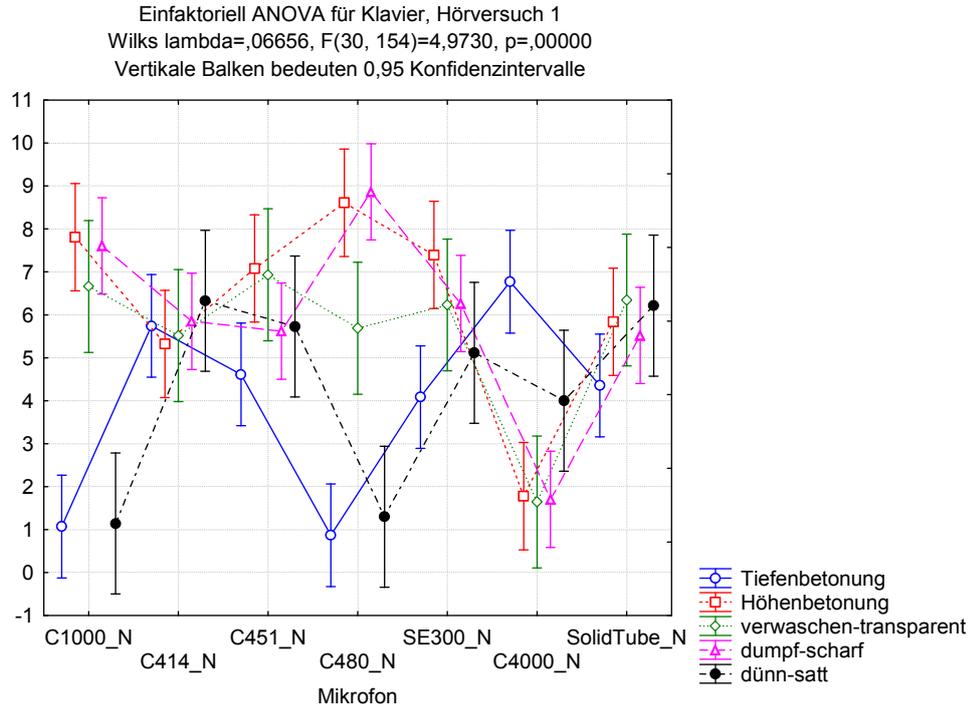


Abbildung 87 Mehrdimensionale Darstellung der klanglichen Bewertungen aus Hörtest 1, Instrument Klavier

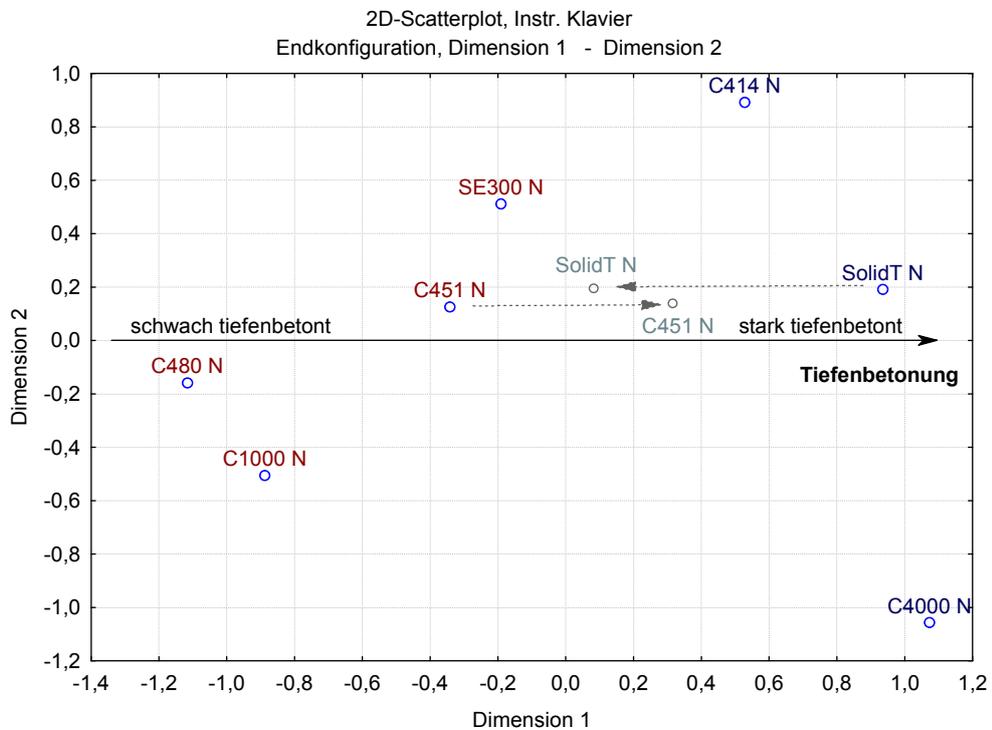


Abbildung 88 Interpretation des zweidimensionalen Wahrnehmungsraumes, Instrument Klavier

Instrument Saxophon:

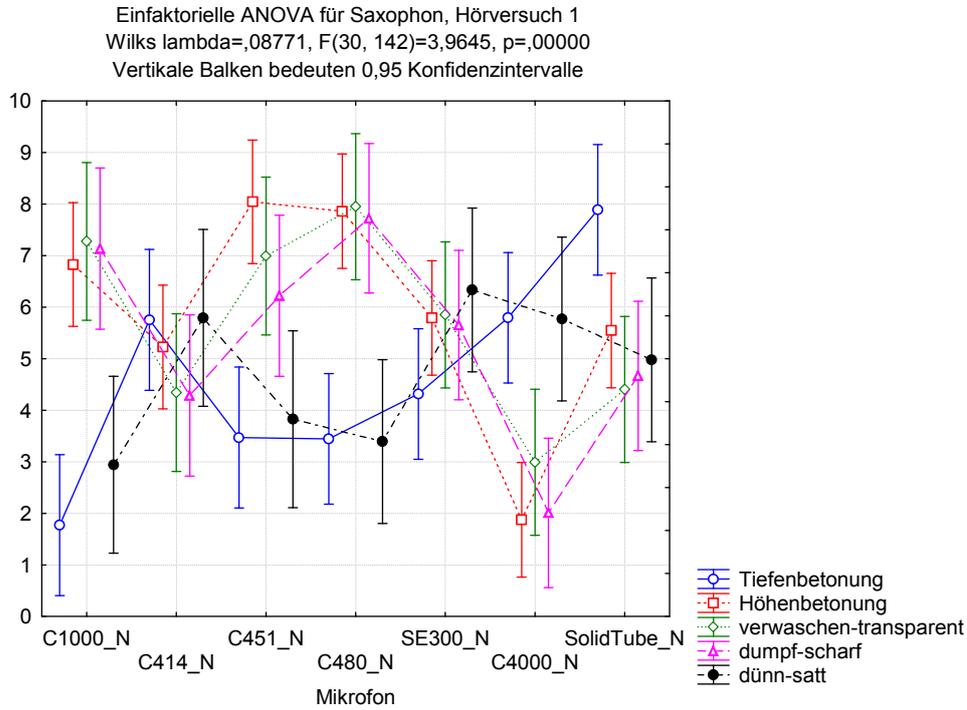


Abbildung 89 Mehrdimensionale Darstellung der klanglichen Bewertungen aus Hörtest 1, Instrument Saxophon

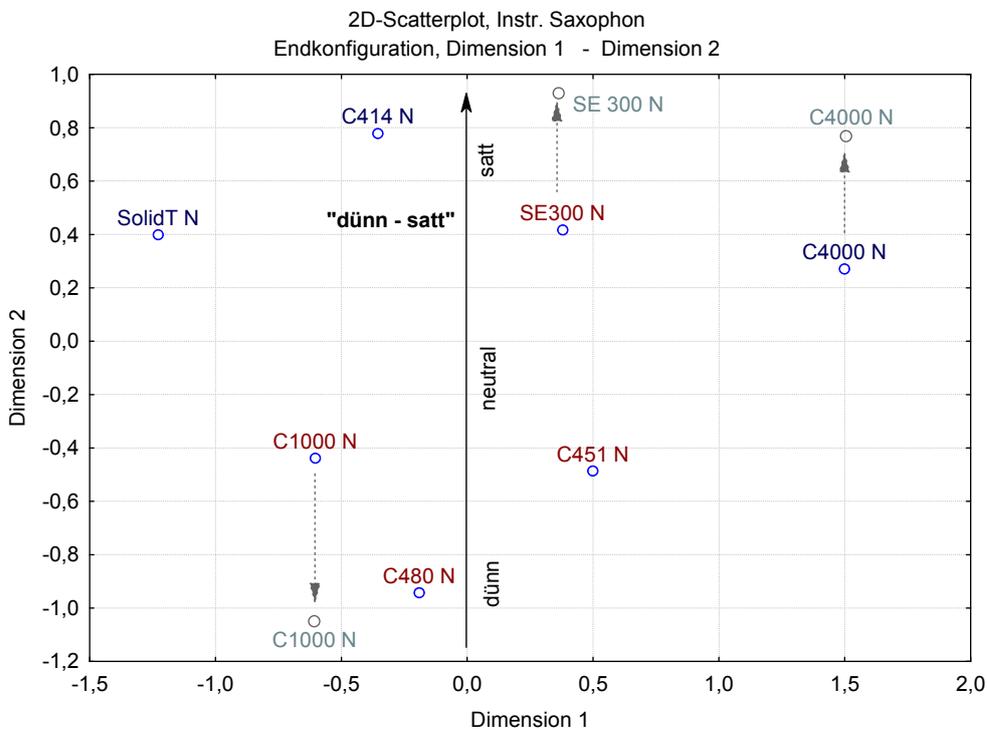


Abbildung 90 Interpretation des zweidimensionalen Wahrnehmungsraumes, Instrument Saxophon

Gegenüberstellung der gemittelten Daten:

Einfaktorielle ANOVA: Mittel über Cello, Klavier u. Saxophon, Hörversuch 1

Wilks lambda=,17335, F(30, 562)=10,299, p=0,0000

Vertikale Balken bedeuten 0,95 Konfidenzintervalle

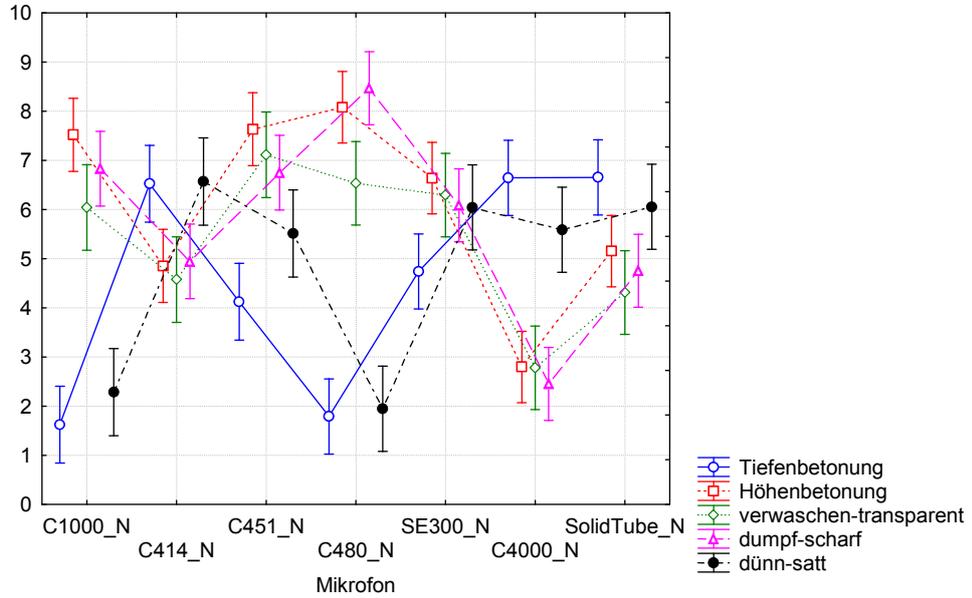


Abbildung 91

Mehrdimensionale Darstellung der klanglichen Bewertungen aus Hörtest 1, gemittelt über Cello, Klavier und Saxophon

2D-Scatterplot, Mittel über Cello, Klavier u. Saxophon

Endkonfiguration, Dimension 1 - Dimension 2

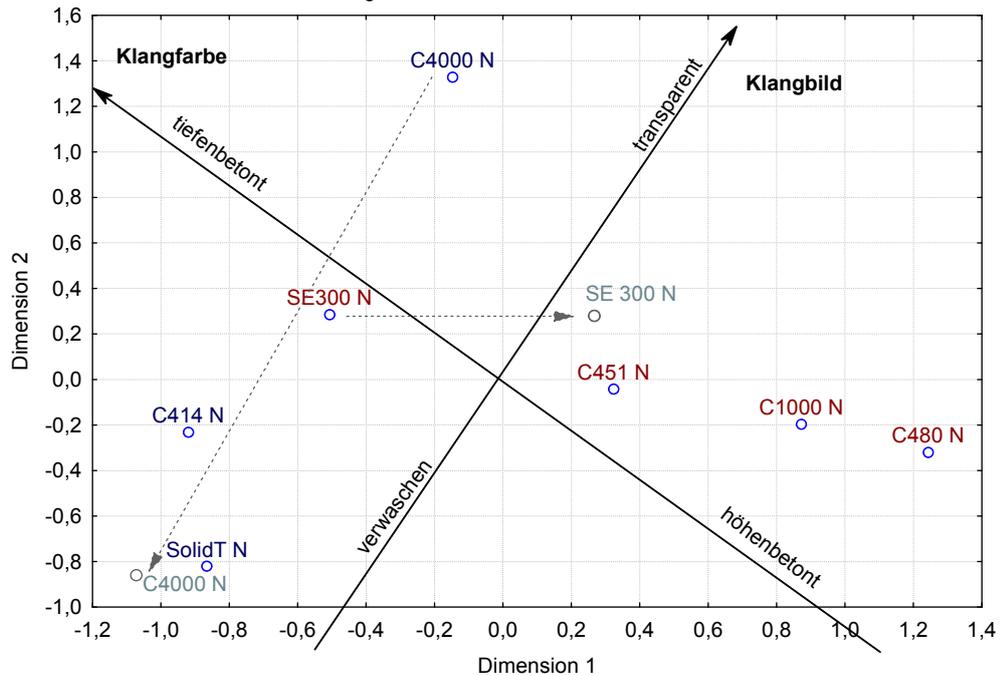


Abbildung 92

Interpretation des zweidimensionalen Wahrnehmungsraumes, Mittel über Cello, Klavier und Saxophon

In den 2D-Scatterplots der einzelnen Instrumente ist es kaum möglich, die Ergebnisse aus dem Hörtest 1 passend einfließen zu lassen und dessen Attributbewertungen mittels Achsen einzuzeichnen. Die Variable „Tiefenbetonung“ kann bei Cello und Klavier eingezeichnet werden und die Achse „dünn – satt“ bei Saxophon. Dies ist allerdings nur möglich, wenn der Wahrnehmungsraum verändert wird und ein oder zwei Mikrofone umpositioniert werden.

Ähnlich der instrumentenspezifischen Betrachtung ist die Situation für die gemittelte Konfiguration. Auch hier müssen zwei Objekte verschoben werden, um Attribute passend einzeichnen zu können.

Wesentlich gegenüber den vorigen Vergleichen ist hier, dass zwei Eigenschafts-Achsen eingetragen werden können. Nachdem diese zueinander orthogonal stehen und die Konfiguration rotationsinvariant ist, können die Dimensionen des Wahrnehmungsraumes anhand der eingezeichneten Attribute benannt werden.

Eine Eigenschafts-Achse orientiert sich an den Bewertungen der Variablen „verwaschen – transparent“. Wie bereits im Kapitel der Hauptkomponentenanalyse (Kap. 3.2.3) beschrieben, wird diesen Attributen der Begriff „Klangbild“ zugeordnet.

Die zweite Achse kann aus den Variablen „Tiefenbetonung“, „Höhenbetonung“ und „dünn – satt“ abgeleitet werden und wird mit dem Überbegriff „Klangfarbe“ bezeichnet.

Die dreidimensionale Konfiguration der gemittelten Daten ist in Abbildung 93 dargestellt.

3-dimensionale Konfiguration der gemittelten Daten
 Endkonfiguration
 Dimension 1 / Dimension 2 / Dimension 3

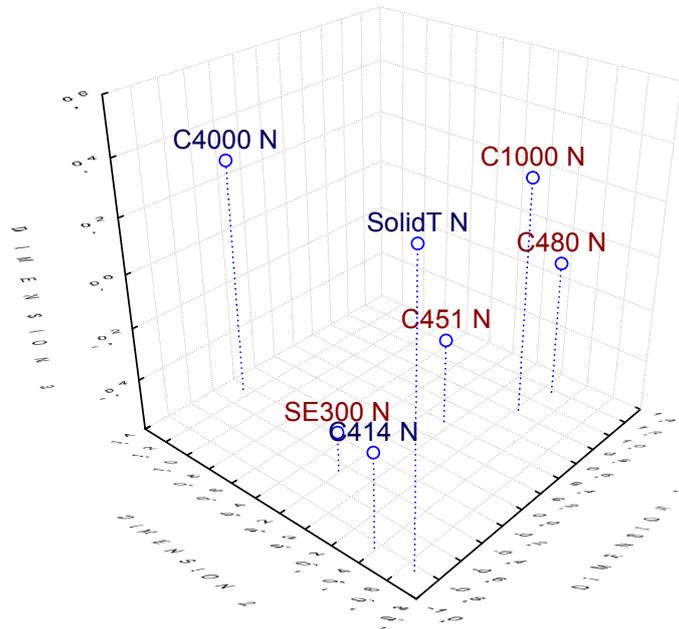


Abbildung 93 Dreidimensionaler Wahrnehmungsraum
 im Mittel über Cello, Klavier und Saxophon

Wie bei der zweidimensionalen Anordnung wird auch hier der Versuch unternommen, die Dimensionen des Wahrnehmungsraumes zu interpretieren.

Die Anordnung der Mikrofone entlang Dimension eins stimmt größtenteils mit den Bewertungen aus „Höhenbetonung“ und „Tiefenbetonung“ überein. Diese Attribute beziehen sich auf die „Klangfarbe“ eines Signals.

Die Achsenbezeichnung der ersten Dimension könnte lauten:

Links - „tiefenbetont“ bzw. „geringe Ausprägung der Höhen“,
 rechts - „höhenbetont“ bzw. „geringe Ausprägung der Tiefen“

Die dritte Dimension lässt sich vorwiegend über das Attributpaar „verwaschen – transparent“ erklären.

Die Achsenbezeichnung von Dimension drei könnte lauten:

Oben - „verwaschen“,

unten - „transparent“

Für die zweite Dimension lässt sich aufgrund der Eigenschaftsbeurteilungen aus Hörtest 1 keine passende Bezeichnung finden.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die klanglichen Dimensionen der Endkonfigurationen der einzelnen Instrumente weniger gut interpretiert werden können als der Wahrnehmungsraum der gemittelten Daten. Während bei den Abbildungen der Instrumente trotz Umpositionierung von einzelnen Mikrofonen nur jeweils eine Achse benannt werden kann, werden in der Konfiguration der Mittelung zwei Attribute eingetragen.

Die dreidimensionale Darstellung der gemittelten Daten zeigt im Vergleich zur zweidimensionalen Abbildung einen geringeren STRESS-Wert. Somit ist die Anpassung der Endkonfiguration besser gelungen. Allerdings müsste zur Interpretation aller drei Achsen ein weiteres, bisher nicht berücksichtigtes Merkmal zur Beschreibung von Klang gefunden werden.

Hingegen können die Dimensionen der zweidimensionalen Darstellung weitgehend mit den Ergebnissen der Hauptkomponentenanalyse in Einklang gebracht und sinnvoll benannt werden. Die STRESS-Werte sind auch für diese Endkonfigurationen so gering, dass man die Anpassung als gut gelungen bezeichnen kann.

5 Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit werden Klangfarbenunterschiede von ausgewählten Mikrofonen mithilfe verschiedenartiger statistischer Analyseverfahren untersucht.

Die Varianzanalyse zeigt Mittelwertunterschiede hinsichtlich definierter klanglicher Merkmale auf. Dabei wird festgestellt, dass sich ein Großmembranmikrofon am deutlichsten klanglich von einem Mikrofon mit kleiner Membran unterscheidet. Dies zeigt sich auch in der Analyse mittels Multidimensionaler Skalierung: Die beiden Klassen bilden im Wahrnehmungsraum Gruppen, d. h. Mikrofone mit gleicher Membrangröße sind sich auch klanglich am ähnlichsten.

Bei Betrachtung der Präferenzwertung sind einige Mikrofone über mehrere Instrumente hinweg sehr ähnlich positioniert. Die Mikrofone „C 480 B“, „C 4000 B“ und „C 1000 S“ sind in den Rangwertungen meist weiter hinten platziert. Während das „SE 300 B“ ganz klar als „Sieger“ hervorgeht: Bei vier von acht Präferenzwertungen liegt es auf Rang eins, bei zwei an zweiter Stelle und bei weiteren zwei Wertungen auf Rang drei. Diesem Ergebnis nach gibt es durchaus ein Mikrofon, das für unterschiedliche Instrumente gleichermaßen bevorzugt wird.

Aus der Regressionsanalyse geht hervor, dass die Präferenz eines Mikrofons von den in dieser Arbeit verwendeten Eigenschaften am ehesten durch die Semantischen Differenziale „verwaschen – transparent“ und „dünn – satt“ prognostiziert werden kann. Allerdings bleibt rund ein Drittel der Varianz ungeklärt, d.h. es müssten weitere, in dieser Arbeit nicht berücksichtigte, klangliche Merkmale gefunden werden, um die Präferenz eines Mikrofons präziser vorhersagen zu können.

Die Hauptkomponentenanalyse beschäftigt sich mit den Korrelationen innerhalb der Variablen und versucht die wesentlichen klanglichen Eigenschaften zu filtern. Dabei

werden zwei Faktoren extrahiert, die mit den Überbegriffen „Klangfarbe“ und „Klangbild“ benannt werden. Diese Bezeichnungen beschreiben zum einen eine Änderung des Frequenzspektrums („Klangfarbe“) und zum anderen die „Präzision“ („Klangbild“) eines Klanges.

Eine weitere Erkenntnis aus den Analysen betrifft die Programmdarbietungen der Hörversuche: Die Flöte scheint zum Testen von Klangfarbenunterschieden wenig geeignet zu sein. Die Klangbeispiele der übrigen Instrumente hingegen schaffen klare Differenzierungsmöglichkeiten, um Mikrofone einem Vergleichstest unterziehen zu können.

Für zukünftige Hörversuche wäre es interessant, Mikrofone anderer Hersteller mit einzubeziehen. Die Unterschiede in der Bauweise wären ein interessanter und zu berücksichtigender Faktor.

Außerdem könnten im Bereich der Vokalmikrofone Vergleiche angestellt werden. Allerdings müsste dafür die Aufnahmesituation neu überdacht werden. Es wäre sinnvoll, die Mikrofonanordnung für die simultanen Aufnahmen nahe dem/der Sänger/in zu platzieren.

Des Weiteren könnte die Untersuchung zur Prognose der Präferenz fortgesetzt werden. Eventuell wird die Vorhersage durch Hinzufügen eines weiteren klanglichen Merkmals verbessert.

Literaturverzeichnis

- Assenmacher, W. (1996): Deskriptive Statistik: Springer Lehrbuch.
- Backhaus, K.; Erichson, B.; Plinke, W.; Weiber, R. (1993): Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. 8. Aufl.: Springer Lehrbuch.
- Bech, S.; Zacharov, N. (2006): Perceptual Audio Evaluation. Theory, Method and Application. John Wiley & Sons Ltd Verlag, Chichester.
- Bühl, A.; Zöfel, P. (2002): SPSS 11. Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows. 8. Aufl.: Pearson Studium.
- Carlstrom, D. (2001): ABX-Statistics.
http://www.provide.net/~djcarlst/abx_p9.htm (29.01.08)
- Erickson, R. (1975): Sound Structure in Music. University of California Press. Berkeley
- Hair, Anderson, Tatham and Black (1998): Multivariate Data Analysis. Prentice Hall, New Jersey.
- Hartung, J.; Elpelt, B. (1995): Multivariate Statistik. Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik. 5. Aufl.: R. Oldenbourg Verlag München Wien.
- Hudec, M.; Neumann, C.: Regression. Eine anwendungsorientierte Einführung. Institut für Statistik der Universität Wien.
- Hupfeld, J. (2002): Multidimensionale Skalierung. Universität Bern.
- Ludwig-Mayerhofer, W.: Mittelwertvergleiche, Teil II: Varianzanalyse. Vorlesung aus Statistik II. Universität Siegen.

- McAdams, S.; Winsberg, S.; Donnadieu, S.; de Soete, G.; Krimphoff, J. (1995): Perceptual Scaling of Synthesized Musical Timbres: Common Dimensions, Specificities and Latent Subject Class. IRCAM Centre Pompidou, Psychological Research.
- Meinhardt, G. (2006): Multivariate Analysemethoden. Vorlesung. Johannes Gutenberg Universität Mainz.
- Moravec, O.; Stepanek, J. (2003): Collection of Verbal Descriptions of Musical Sound Timbre in Czech Language. Sound Studio of the Faculty of Music, Prag.
- Moravec, O.; Stepanek, J. (2005): Verbal Descriptions of Musical Sound Timbre and Musician's Opinion of their Usage. Academy of Performing Arts, Prag.
- Pavetic, M. (2006) Skriptum der „Empirischen Sozialforschung“, Kap. 6, Universität Duisburg-Essen: http://www.fb1.uni-essen.de/empiri_sozialforschung/materialien/mp/skript6.pdf (06.12.2007)
- Spiegel, M. R.; Stephens, L. J. (2003): Statistik. 1200 praxisnahe Übungen mit Lösungen. 1. Aufl. Bonn: mitp-Verlag.
- StatSoft Inc. (2005): STATISTICA 7.1: Elektronisches Handbuch.
- Svatek, C. (2006): Multiples Regressionsmodell zur Bewertung akustischer Wandler. Diplomarbeit. Fachhochschule Technikum Wien.
- Weber, G. (2005): Subjektive Evaluierung von Kopfhörern. Diplomarbeit. Betreut von Ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerhard Graber. TU Graz, IBK.
- Weinreich, A.; Zwanziger, C. (2006): Multidimensionale Skalierung (MDS). Institut für Psychologie der Universität Graz.
- Zeitler, A. (2002): Auditory Pleasantness. Methodological Considerations in the Application of Psychophysical Scaling Methods for Sound Quality Evaluation. Logos Verlag Berlin.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Mikrofonauswahl für den Vortest	16
Abbildung 2: Aufnahmen für den Vortest, Cello	17
Abbildung 3: Aufnahmen für den Vortest, Posaune	17
Abbildung 4: Aufnahmen für den Vortest, Klavier	17
Abbildung 5: Testoberfläche des ABX-Comparator.....	19
Abbildung 6: Mittelwerte und Varianzen der Mikrofonpaare aus dem ABX- Vergleich.....	21
Abbildung 7: Mittelwerte und Varianzen aus dem ABX-Vergleich über Mikrofongruppen	22
Abbildung 8: Mittelwerte und Varianzen aus dem ABX-Vergleich nach Membrangrößen	23
Abbildung 9: Mittelwerte und Varianzen aus dem ABX-Vergleich nach Klangbeispielen	24
Abbildung 10: Histogramm der häufigsten Attribute aus dem Sound-Context- Free-Experiment	28
Abbildung 11: Abhörsituation im „Reference Listening Room“ bei AKG in Wien	32
Abbildung 12: C 414 B-XLS mit umschaltbarer Richtcharakteristik.....	34
Abbildung 13: SE 300 B mit der Kugelkapsel CK 92	35
Abbildung 14: C 451 B mit Nierencharakteristik.....	35
Abbildung 15: C 480 B mit Nierenkapsel CK 61	35
Abbildung 16: Kleinmembranmikrofon C 1000 S in Nierencharakteristik	36
Abbildung 17: C 4000 B - Großmembran in Nierencharakteristik	36
Abbildung 18: Röhren-Großmembranmikrofon Solidtube (Niere)	36
Abbildung 19: Draufsicht der Mikrofonhalterung	38
Abbildung 20: Seitenansicht der Mikrofonanordnung	38
Abbildung 21: Testoberfläche der Software ASEM	46
Abbildung 22: Abhörsituation im AKG Reference Listening Room.....	47
Abbildung 23: Abhörsituation im Hörtest 1	47
Abbildung 24: 9-stufige Skala zur Bewertung der Ähnlichkeit zweier Signale ..	50
Abbildung 25: Rangwertung der Testsignale.....	50
Abbildung 26: Darstellung der Varianz	54
Abbildung 27: Streudiagramm zweier Variablen mit Regressionsgeraden.....	57
Abbildung 28: Baumdiagramm aus der Clusteranalyse	62
Abbildung 29: Positionierung der Variablen entlang der ermittelten Hauptkomponenten.....	63
Abbildung 30: Positionierung der Objekte im dreidimensionalen Wahrnehmungsraum	65

Abbildung 31: Beispiel für die Euklidische Metrik	68
Abbildung 32: Beispiel für ein Shepard-Diagramm	69
Abbildung 33: Zweifaktorielle Analyse des Ankers „C 4000 B“	72
Abbildung 34: Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „Tiefenbetonung“ ...	74
Abbildung 35: Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „Höhenbetonung“ ...	76
Abbildung 36: Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „verwaschen - transparent“	78
Abbildung 37: Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „dumpf – scharf“	79
Abbildung 38: Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „dünn – satt“	81
Abbildung 39: Einfaktorielle Varianzanalyse der Präferenz	83
Abbildung 40: Mehrdimensionale Darstellung der Variablen „Tiefenbetonung“ und „Höhenbetonung“	85
Abbildung 41: Mehrdimensionale Darstellung der Variablen „Tiefenbetonung“ und „dünn – satt“	86
Abbildung 42: Mehrdimensionale Darstellung der Variablen „Höhenbetonung“, „verwaschen – transparent“ und „dumpf – scharf“	87
Abbildung 43: Streudiagramme zum Veranschaulichen der Korrelationen der Variablen	88
Abbildung 44: Zweifaktorielle Varianzanalyse der Variable „Tiefenbetonung“ .	91
Abbildung 45: Zweifaktorielle Varianzanalyse der Variable „Höhenbetonung“ .	92
Abbildung 46: Zweifaktorielle Varianzanalyse der Variable „verwaschen – transparent“	93
Abbildung 47: Zweifaktorielle Varianzanalyse der Variable „dumpf – scharf“ ..	94
Abbildung 48: Zweifaktorielle Varianzanalyse der Variable „dünn – satt“	95
Abbildung 49: Zweifaktorielle Varianzanalyse der Präferenz	96
Abbildung 50: Mittelwerte und Standardabweichungen der Membrangrößen, Variable „Tiefenbetonung“	98
Abbildung 51: Box-Whisker-Plot des Faktors „Membrangröße“, Variable „Tiefenbetonung“	99
Abbildung 52: Mittelwerte und Standardabweichungen der Membrangrößen, Variable „Höhenbetonung“	100
Abbildung 53: Box-Whisker-Plot des Faktors „Membrangröße“, Variable „Höhenbetonung“	101
Abbildung 54: Mittelwerte und Standardabweichungen der Membrangrößen, Variable „verwaschen – transparent“	102
Abbildung 55: Box-Whisker-Plot des Faktors „Membrangröße“, Variable „verwaschen – transparent“	103
Abbildung 56: Mittelwerte und Standardabweichungen der Membrangrößen, Variable „dumpf – scharf“	104
Abbildung 57: Box-Whisker-Plot des Faktors „Membrangröße“, Variable „dumpf – scharf“	105
Abbildung 58: Mittelwerte und Standardabweichungen der Membrangrößen, Variable „dünn – satt“	106
Abbildung 59: Box-Whisker-Plot des Faktors „Membrangröße“, Variable „dünn – satt“	107
Abbildung 60: Mittelwerte und Standardabweichungen der Membrangrößen, Präferenz	108

Abbildung 61: Box-Whisker-Plot des Faktors „Membrangröße“, Präferenz....	109
Abbildung 62: Extraktion der Hauptkomponenten nach dem Kaiserkriterium.	113
Abbildung 63: Faktorladungen der klanglichen Merkmale.....	113
Abbildung 64: Positionierung der Variablen auf der Faktorebene mit Einheitskreis	116
Abbildung 65: Scatterplot mit Trendlinie der Variablen „Tiefenbetonung“ und „Präferenz“	120
Abbildung 66: Scatterplot mit Trendlinie der Variablen „Höhenbetonung“ und „Präferenz“	120
Abbildung 67: Scatterplot mit Trendlinie der Variablen „verwaschen – transparent“ und „Präferenz“	121
Abbildung 68: Scatterplot mit Trendlinie der Variablen „dumpf – scharf“ und „Präferenz“	121
Abbildung 69: Scatterplot mit Trendlinie der Variablen „dünn – satt“ und „Präferenz“	122
Abbildung 70: Scatterplots zur Darstellung der Korrelationen der unabhängigen Variablen.....	124
Abbildung 71: Mittelwerte und Streuungen der Paarvergleiche (Instrument Cello).....	130
Abbildung 72: Mittelwerte und Streuungen der Paarvergleiche (Instrument Klavier)	130
Abbildung 73: Mittelwerte und Streuungen der Paarvergleiche (Instrument Saxophon).....	131
Abbildung 74: 2-dimensionale Endkonfiguration für Cello.....	133
Abbildung 75: 2-dimensionale Endkonfiguration für Klavier	134
Abbildung 76: 2-dimensionale Endkonfiguration für Saxophon	134
Abbildung 77: 2-dimensionale Endkonfiguration im Mittel die Instrumente Cello, Klavier und Saxophon	136
Abbildung 78: Dreidimensionaler Wahrnehmungsraum gemittelt über alle Instrumente	138
Abbildung 79: Mittelwerte und Standardabweichungen der Präferenz, Instrument Cello.....	140
Abbildung 80: Mittelwerte und Standardabweichungen der Präferenz, Instrument Klavier	141
Abbildung 81: Mittelwerte und Standardabweichungen der Präferenz, Instrument Saxophon	142
Abbildung 82: Mehrdimensionales Plot der Eigenschaftsbeurteilungen aus Hörtest 1	145
Abbildung 83: Mehrdimensionale Darstellung der Eigenschaftsurteile im Mittel über Cello, Klavier und Saxophon.....	151
Abbildung 84: 2-dimensionale Endkonfiguration im Mittel über Cello, Klavier und Saxophon.....	153
Abbildung 85: Mehrdimensionale Darstellung der klanglichen Bewertungen aus Hörtest 1, Instrument Cello.....	156
Abbildung 86: Interpretation des zweidimensionalen Wahrnehmungsraumes, Instrument Cello.....	156

Abbildung 87: Mehrdimensionale Darstellung der klanglichen Bewertungen aus Hörtest 1, Instrument Klavier	157
Abbildung 88: Interpretation des zweidimensionalen Wahrnehmungsraumes, Instrument Klavier.....	157
Abbildung 89: Mehrdimensionale Darstellung der klanglichen Bewertungen aus Hörtest 1, Instrument Saxophon.....	158
Abbildung 90: Interpretation des zweidimensionalen Wahrnehmungsraumes, Instrument Saxophon	158
Abbildung 91: Mehrdimensionale Darstellung der klanglichen Bewertungen aus Hörtest 1, gemittelt über Cello, Klavier und Saxophon.....	159
Abbildung 92: Interpretation des zweidimensionalen Wahrnehmungsraumes, Mittel über Cello, Klavier und Saxophon	159
Abbildung 93: Dreidimensionaler Wahrnehmungsraum im Mittel über Cello, Klavier und Saxophon	161
Abbildung 94: ABX-Test: Analyse nach Instrumentengruppen	179
Abbildung 95: ABX-Test: Wechselwirkung des C 414 B-XLS mit den Instrumentengruppen	179
Abbildung 96: ABX-Test: Wechselwirkung des C 4000 B mit den Instrumentengruppen	180
Abbildung 97: ABX-Test: Wechselwirkung des C 391 B mit den Instrumentengruppen	180
Abbildung 98: ABX-Test: Wechselwirkung des C 451 B mit den Instrumentengruppen	181
Abbildung 99: ABX-Test: Wechselwirkung des C 1000 S mit den Instrumentengruppen	181
Abbildung 100: Vocabulary Profiling: Häufigkeiten der Attribute zur klanglichen Beschreibung	182
Abbildung 101: Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „bassbetont“	182
Abbildung 102: Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „klar“	183
Abbildung 103: Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „dumpf“	183
Abbildung 104: Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „warm“	183
Abbildung 105: Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „mittenbetont“	184
Abbildung 106: Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „brilliant“	184
Abbildung 107: Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „höhenbetont“	184
Abbildung 108: Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „weich“	185
Abbildung 109: Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „direkt“	185
Abbildung 110: Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „transparent“	185

Abbildung 111: Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „seidig“	186
Abbildung 112: Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „spitz“	186
Abbildung 113: Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „präsent“	186
Abbildung 114: Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „dunkel“	187
Abbildung 115: Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des semantischen Differenzials „bassbetont – Bässe fehlen“	187
Abbildung 116: Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des semantischen Differenzials „dumpf – scharf“	187
Abbildung 117: Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des semantischen Differenzials „transparent – verzerrt“	188
Abbildung 118: Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des semantischen Differenzials „transparent – verwaschen“	188
Abbildung 119: Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des semantischen Differenzials „klar – unpräzise“	188
Abbildung 120: Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des semantischen Differenzials „dünn – satt“	189
Abbildung 121: Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des semantischen Differenzials „scharf – bassbetont“	189
Abbildung 122: Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des semantischen Differenzials „mittenbetont – Mitten fehlen“	189
Abbildung 123: Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des semantischen Differenzials „weich – scharf“	190
Abbildung 124: Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des semantischen Differenzials „höhenbetont – Höhen fehlen“	190
Abbildung 125: Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des semantischen Differenzials „höhenbetont – dumpf“	190
Abbildung 126: Vortest: Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „Tiefenbetonung“	191
Abbildung 127: Vortest: Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „Höhenbetonung“	191
Abbildung 128: Vortest: Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „verwaschen – transparent“	192
Abbildung 129: Vortest: Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „dumpf – scharf“	192
Abbildung 130: Vortest: Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „dünn – satt“	193
Abbildung 131: Hörtest 1: Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „Tiefenbetonung“	193
Abbildung 132: Hörtest 1: Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „Höhenbetonung“	194
Abbildung 133: Hörtest 1: Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „verwaschen – transparent“	194

Abbildung 134: Hörtest 1: Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „dumpf – scharf“	195
Abbildung 135: Hörtest 1: Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „dünn – satt“	195
Abbildung 136: Hörtest 1: Einfaktorielle Varianzanalyse der Präferenz	196
Abbildung 137: Hörtest 1: Zweifaktorielle Varianzanalyse der Variable „Tiefenbetonung“	196
Abbildung 138: Hörtest 1: Zweifaktorielle Varianzanalyse der Variable „Höhenbetonung“	197
Abbildung 139: Hörtest 1: Zweifaktorielle Varianzanalyse der Variable „verwaschen – transparent“	197
Abbildung 140: Hörtest 1: Zweifaktorielle Varianzanalyse der Variable „dumpf – scharf“	198
Abbildung 141: Hörtest 1: Zweifaktorielle Varianzanalyse der Variable „dünn – satt“	198
Abbildung 142: Hörtest 1: Zweifaktorielle Varianzanalyse der Präferenz	199
Abbildung 143: Hörtest 1: Varianzanalyse des Faktors „Membrangröße“, Variable „Tiefenbetonung“	202
Abbildung 144: Hörtest 1: Varianzanalyse des Faktors „Membrangröße“, Variable „Höhenbetonung“	202
Abbildung 145: Hörtest 1: Varianzanalyse des Faktors „Membrangröße“, Variable „verwaschen – transparent“	203
Abbildung 146: Hörtest 1: Varianzanalyse des Faktors „Membrangröße“, Variable „dumpf – scharf“	203
Abbildung 147: Hörtest 1: Varianzanalyse des Faktors „Membrangröße“, Variable „dünn - satt“	204
Abbildung 148: Hörtest 1: Varianzanalyse des Faktors „Membrangröße“, Präferenz	204
Abbildung 149: Hörtest 2: Clusteranalyse der Testpersonen, Instrument Cello	209
Abbildung 150: Hörtest 2: Clusteranalyse der Testpersonen, Instrument Klavier	209
Abbildung 151: Hörtest 2: Clusteranalyse der Testpersonen, Instrument Saxophon	210
Abbildung 152: Hörtest 2: Shepard-Diagramm der zweidimensionalen Konfiguration für Cello	211
Abbildung 153: Hörtest 2: Shepard-Diagramm der zweidimensionalen Konfiguration für Klavier	211
Abbildung 154: Hörtest 2: Shepard-Diagramm der zweidimensionalen Konfiguration für Saxophon	212
Abbildung 155: Hörtest 2: Shepard-Diagramm der zweidimensionalen Konfiguration, Mittel über alle Instrumente	213
Abbildung 156: Hörtest 2: Dreidimensionale Endkonfiguration für Cello	213
Abbildung 157: Hörtest 2: Shepard-Diagramm der dreidimensionalen Konfiguration, Instrument Cello	214
Abbildung 158: 3-dimensionale Endkonfiguration für Klavier, Hörtest 2	215

Abbildung 159: Hörtest 2: Shepard-Diagramm der dreidimensionalen Konfiguration, Instrument Klavier	216
Abbildung 160: 3-dimensionale Endkonfiguration für Saxophon, Hörtest 2....	216
Abbildung 161: Hörtest 2: Shepard-Diagramm der dreidimensionalen Konfiguration, Instrument Saxophon	217
Abbildung 162: Hörtest 2: Shepard-Diagramm der dreidimensionalen Konfiguration, Mittel über alle Instrumente	218

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ratewahrscheinlichkeiten für ABX-Vergleiche.....	19
Tabelle 2: Vortest: Eigenschaftsbewertungen der Mikrofone im Mittel über alle Instrumente	32
Tabelle 3: Nachhallzeiten und Hallradien des „Cube“ für unterschiedliche Messabstände.....	41
Tabelle 4: Gewählte Testsignale des Hörtest 1.....	44
Tabelle 5: Testsignale des Hörversuch 2	49
Tabelle 6: Wertebereiche für den Pearson’schen Korrelationskoeffizienten r ..	58
Tabelle 7: Ausprägungen für den Pearson’schen Korrelationskoeffizienten r ..	58
Tabelle 8: Anzahl der Paarvergleiche zur Gewinnung von Ähnlichkeitsdaten .	66
Tabelle 9: Anpassungsqualität der Endkonfiguration nach Kruskal	70
Tabelle 10: Mittelwerte, Standardfehler und Konfidenzintervall der Variable „Tiefenbetonung“	74
Tabelle 11: Scheffè-Test der einfaktoriellen Betrachtung der Variable „Tiefenbetonung“	75
Tabelle 12: Mittelwerte, Standardfehler und Konfidenzintervall der Variable „Höhenbetonung“	76
Tabelle 13: Scheffè-Test der einfaktoriellen Betrachtung der Variable „Höhenbetonung“	77
Tabelle 14: Mittelwerte, Standardfehler und Konfidenzintervall der Variable „verwaschen – transparent“	78
Tabelle 15: Scheffè-Test der einfaktoriellen Betrachtung der Variable „verwaschen – transparent“	79
Tabelle 16: Mittelwerte, Standardfehler und Konfidenzintervall der Variable „dumpf – scharf“	80
Tabelle 17: Scheffè-Test der einfaktoriellen Betrachtung der Variable „dumpf – scharf“	80
Tabelle 18: Mittelwerte, Standardfehler und Konfidenzintervall der Variable „dünn – satt“	81
Tabelle 19: Scheffè-Test der einfaktoriellen Betrachtung der Variable „dünn – satt“	82
Tabelle 20: Mittelwerte, Standardfehler und Konfidenzintervall der Präferenz.	83
Tabelle 21: Scheffè-Test der einfaktoriellen Betrachtung der Präferenz	84
Tabelle 22: Pearson’sche Korrelationskoeffizienten	88
Tabelle 23: Deskriptive Statistik des Faktors „Membrangröße“, Variable „Tiefenbetonung“	98
Tabelle 24: Deskriptive Statistik zur Analyse des Faktors „Membrangröße“, Variable „Tiefenbetonung“	99

Tabelle 25: Deskriptive Statistik des Faktors „Membrangröße“, Variable „Höhenbetonung“	100
Tabelle 26: Deskriptive Statistik zur Analyse des Faktors „Membrangröße“, Variable „Höhenbetonung“	101
Tabelle 27: Deskriptive Statistik des Faktors „Membrangröße“, Variable „verwaschen – transparent“	102
Tabelle 28: Deskriptive Statistik zur Analyse des Faktors „Membrangröße“, Variable „verwaschen – transparent“	103
Tabelle 29: Deskriptive Statistik des Faktors „Membrangröße“, Variable „dumpf – scharf“	104
Tabelle 30: Deskriptive Statistik zur Analyse des Faktors „Membrangröße“, Variable „dumpf – scharf“	105
Tabelle 31: Deskriptive Statistik des Faktors „Membrangröße“, Variable „dünn – satt“	106
Tabelle 32: Deskriptive Statistik zur Analyse des Faktors „Membrangröße“, Variable „dünn – satt“	107
Tabelle 33: Deskriptive Statistik des Faktors „Membrangröße“, Präferenz	108
Tabelle 34: Deskriptive Statistik zur Analyse des Faktors „Membrangröße“, Präferenz	109
Tabelle 35: Kommunalitäten der Hauptkomponenten.....	114
Tabelle 36: Faktorladungen der extrahierten Hauptkomponenten	117
Tabelle 37: Regressionskoeffizienten der einzelnen unabhängigen Variablen bezüglich der Präferenz eines Mikrofons	119
Tabelle 38: Pearson'sche Korrelationswerte der unabhängigen Variablen	124
Tabelle 39: Toleranzen der unabhängigen Variablen	125
Tabelle 40: Regressionskoeffizienten der unabhängigen Variablen im modifizierten Modell	126
Tabelle 41: Toleranzen der unabhängigen Variablen im modifizierten Modell	127
Tabelle 42: Anpassungsqualitäten der Endkonfigurationen	132
Tabelle 43: STRESS-Werte der 3-dimensionalen Endkonfigurationen.....	137
Tabelle 44: Gegenüberstellung der klanglichen Bewertungen der Mikrofone.	146
Tabelle 45: Präferenzwertung der Mikrofone aus Hörtest 1 nach Instrumenten	147
Tabelle 46: Mikrofone, die aus der Untersuchung als polarisierend hervorgehen	148
Tabelle 47: Instrumente mit großen Mittelwertdifferenzen und geringen Standardabweichungen	149
Tabelle 48: Zur Bewertung klanglicher Eigenschaften weniger geeignete Instrumente	149
Tabelle 49: Anpassungsqualitäten der Endkonfigurationen der Nierenmikrofone	150
Tabelle 50: Gegenüberstellung der klanglichen Bewertungen der einzelnen Mikrofone	152
Tabelle 51: Vergleich der Präferenzwertungen aus Hörtest 1 und Hörtest 2..	154
Tabelle 52: Mittelwerte und Varianzen der einzelnen Mikrofonpaare aus dem ABX-Vergleich	177

Tabelle 53: Mittelwerte und Varianzen des ABX-Vergleichs nach Membrangrößen.....	177
Tabelle 54: Mittelwerte und Varianzen der Mikrofongruppen aus dem ABX-Vergleich	178
Tabelle 55: Mittelwerte und Varianzen der Testsignale aus dem ABX-Vergleich	178
Tabelle 56: ANOVA der Faktoren „Mikrofon“ und „Instrument“: Mittelwerte der Variablen	200
Tabelle 57: ANOVA der Faktoren „Mikrofon“ und „Instrument“: Mittelwert, Standardabweichungen und Konfidenzintervalle der Variable „Präferenz“	201
Tabelle 58: Hörtest 1: Eigenwerte der extrahierten Faktoren.....	205
Tabelle 59: Hörtest 1: Faktorladungen der beiden Hauptkomponenten	205
Tabelle 60: Faktorkoordinaten der klanglichen Merkmale	205
Tabelle 61: Hörversuch 2: Deskriptive Statistik der Paarvergleiche, Instrument Cello	206
Tabelle 62: Hörversuch 2: Deskriptive Statistik der Paarvergleiche, Instrument Klavier	207
Tabelle 63: Hörversuch 2: Deskriptive Statistik der Paarvergleiche, Instrument Saxophon	208
Tabelle 64: Hörtest 2: Distanzen der zweidimensionalen Endkonfiguration (Nieren- und Kugelcharakteristik), Instrument Cello	210
Tabelle 65: Hörtest 2: Distanzen der zweidimensionalen Endkonfiguration (Nieren- und Kugelcharakteristik), Instrument Klavier.....	211
Tabelle 66: Hörtest 2: Distanzen der zweidimensionalen Endkonfiguration(Nieren- und Kugelcharakteristik), Instrument Saxophon	212
Tabelle 67: Hörtest 2: Distanzen der zweidimensionalen Endkonfiguration (Nieren- und Kugelcharakteristik), gemittelt über alle Instrumente	212
Tabelle 68: Hörtest 2: Distanzen der dreidimensionalen Endkonfiguration (Nieren- und Kugelcharakteristik), Instrument Cello	214
Tabelle 69: Hörtest 2: Distanzen der dreidimensionalen Endkonfiguration (Nieren- und Kugelcharakteristik), Instrument Klavier.....	215
Tabelle 70: Hörtest 2: Distanzen der dreidimensionalen Endkonfiguration (Nieren- und Kugelcharakteristik), Instrument Saxophon	217
Tabelle 71: Hörtest 2: Distanzen der dreidimensionalen Endkonfiguration (Nieren- und Kugelcharakteristik), im Mittel über alle Instrumente	217
Tabelle 72: Hörversuch 2: Präferenzwertung für Cello.....	218
Tabelle 73: Hörversuch 2: Scheffè-Test für die Variable „Präferenz“, Instrument Cello	218
Tabelle 74: Hörversuch 2: Präferenzwertung für Klavier.....	219
Tabelle 75: Hörversuch 2: Scheffè-Test für die Variable „Präferenz“, Instrument Klavier	219
Tabelle 76: Hörversuch 2: Präferenzwertung für Saxophon	219
Tabelle 77: Hörversuch 2: Scheffè-Test für die Variable „Präferenz“, Instrument Saxophon	220
Tabelle 78: Hörtest 1: Mittelwerte der Eigenschaftsurteile über die Instrumente Cello, Klavier und Saxophon.....	220

Anhang

Ad. Kapitel 2.1.2: ABX-Vergleich

Mikrofonpaar	Mittelwert	Varianz
C 414 B u. C 4000 B	13,00	4,71
C 414 B u. C 391 B	14,53	1,41
C 414 B u. C 451 B	15,67	0,52
C 414 B u. C 1000 S	15,27	1,07
C 4000 B u. C 391 B	13,80	4,46
C 4000 B u. C 451 B	15,60	0,40
C 4000 B u. C 1000 S	15,60	0,40
C 391 B u. C 451 B	14,13	2,98
C 391 B u. C 1000 S	12,53	5,27
C 451 B u. C 1000 S	13,93	6,07

Tabelle 52 Mittelwerte und Varianzen der einzelnen Mikrofonpaare aus dem ABX-Vergleich

Gruppe nach Membrangröße	Mittelwert	Varianz
„groß – groß“	12,92	4,39
„groß – klein“	15,09	1,82
„klein – klein“	13,44	5,07

Tabelle 53 Mittelwerte und Varianzen des ABX-Vergleichs nach Membrangröße

Mikrofongruppe	Mittelwert	Varianz
C 414 B	14,62	2,88
C 4000 B	14,50	3,68
C 391 B	13,75	3,92
C 451 B	14,83	3,02
C 1000 S	14,33	4,53

Tabelle 54 Mittelwerte und Varianzen der Mikrofongruppen aus dem ABX-Vergleich

Testsignal	Mittelwert	Varianz
1 Violine, einzelne Töne gestrichen	14,3	3,57
5 Cello, langsame Melodie, tiefe Lage	14,4	3,60
6 Cello, Glissandi	14,4	6,04
7 Cello, Tremolo	15,6	0,49
9 B-Klarinette, kurz gespielte Töne	14,1	4,10
13 B-Klarinette, Melodie fortissimo	14,6	3,16
17 B-Klarinette, Tonleiter	14,5	4,50
18 Bass-Klarinette, „hoher Ton, tiefes Flattern“	14	4,67
19 Bass-Klarinette, Glissando I	14,3	3,34
20 Bass-Klarinette, Glissando II	14,9	0,99
21 Bass-Klarinette, Melodie piano	14,7	4,46
22 Bass-Klarinette, Melodie forte	14,2	7,96
23 Bass-Klarinette, Melodie fortissimo	14	2,22
24 Bass-Klarinette, an- und abschwelliger. Ton I	14,1	3,66
25 Bass-Klarinette, an- und abschwelliger. Ton II	14	5,78

Tabelle 55 Mittelwerte und Varianzen der Testsignale aus dem ABX-Vergleich

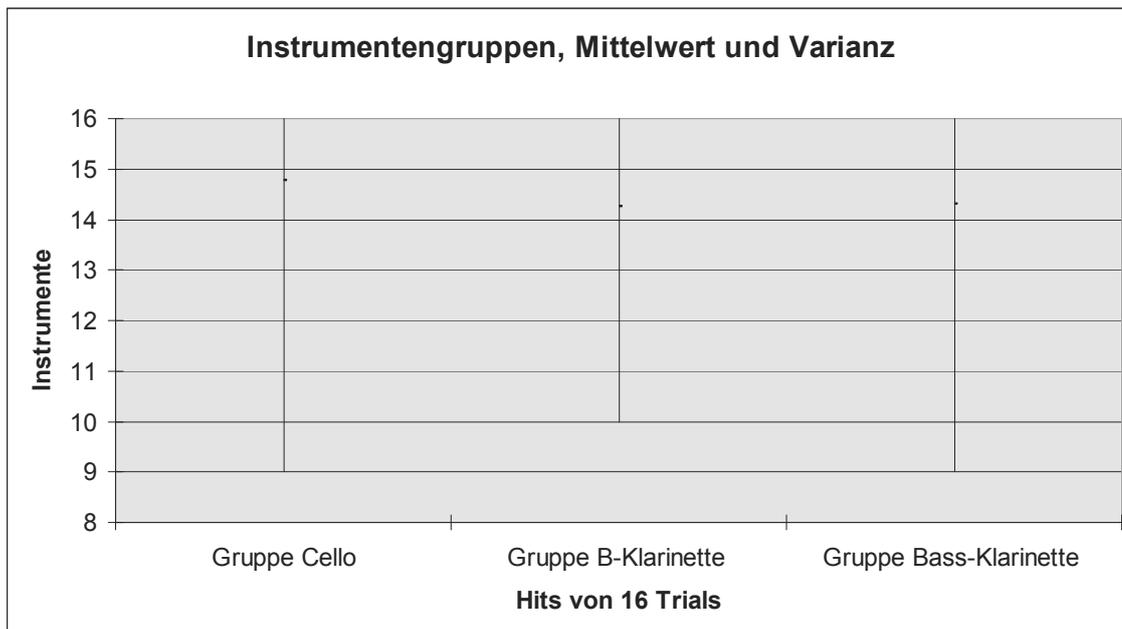


Abbildung 94

ABX-Test: Analyse nach Instrumentengruppen

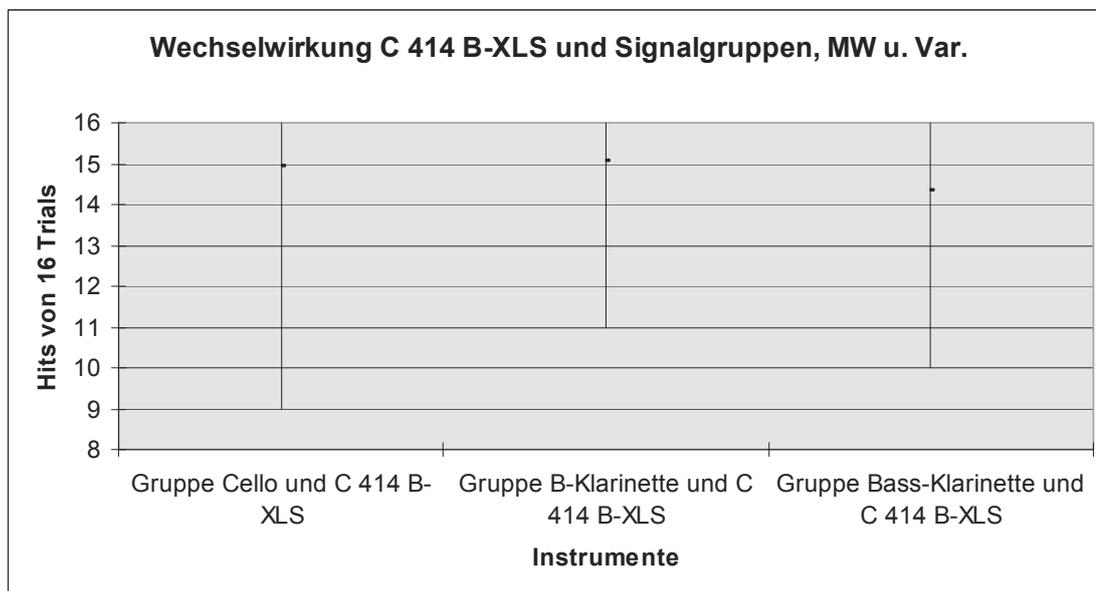


Abbildung 95

ABX-Test: Wechselwirkung des C 414 B-XLS mit den Instrumentengruppen

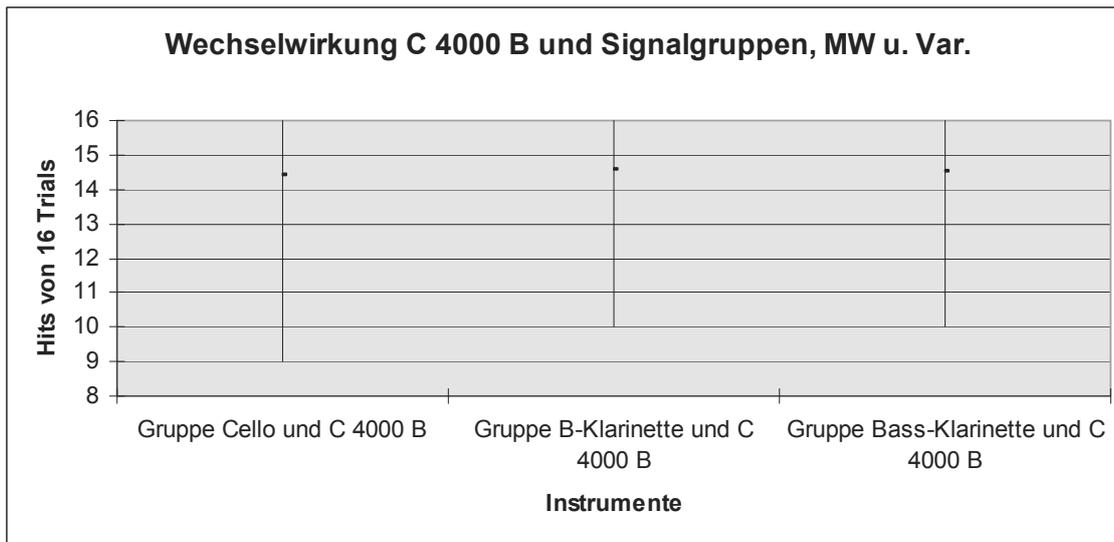


Abbildung 96

ABX-Test: Wechselwirkung des C 4000 B mit den Instrumenten-
gruppen

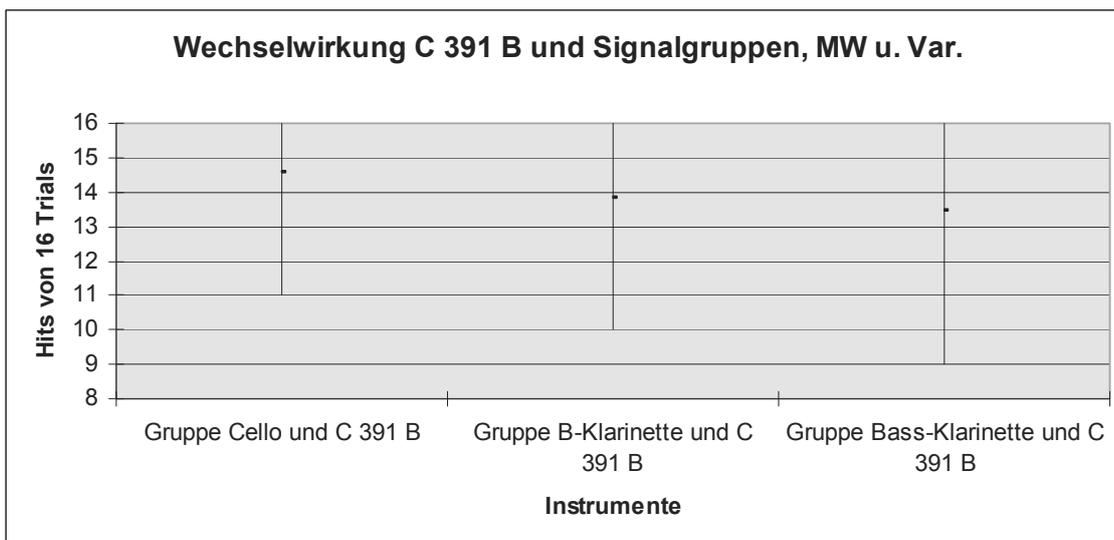


Abbildung 97

ABX-Test: Wechselwirkung des C 391 B mit den Instrumenten-
gruppen

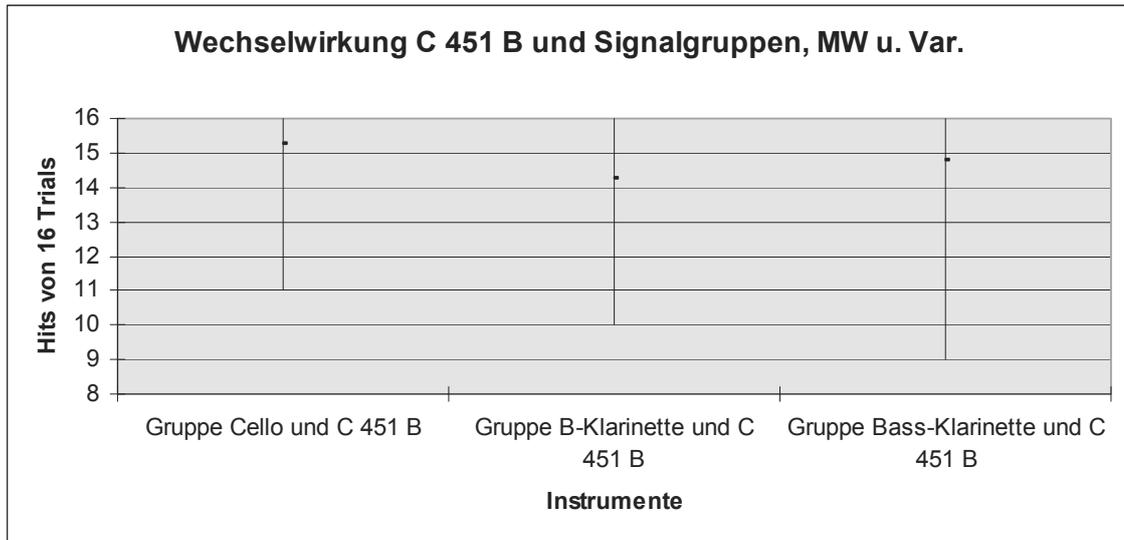


Abbildung 98

ABX-Test: Wechselwirkung des C 451 B mit den Instrumentengruppen

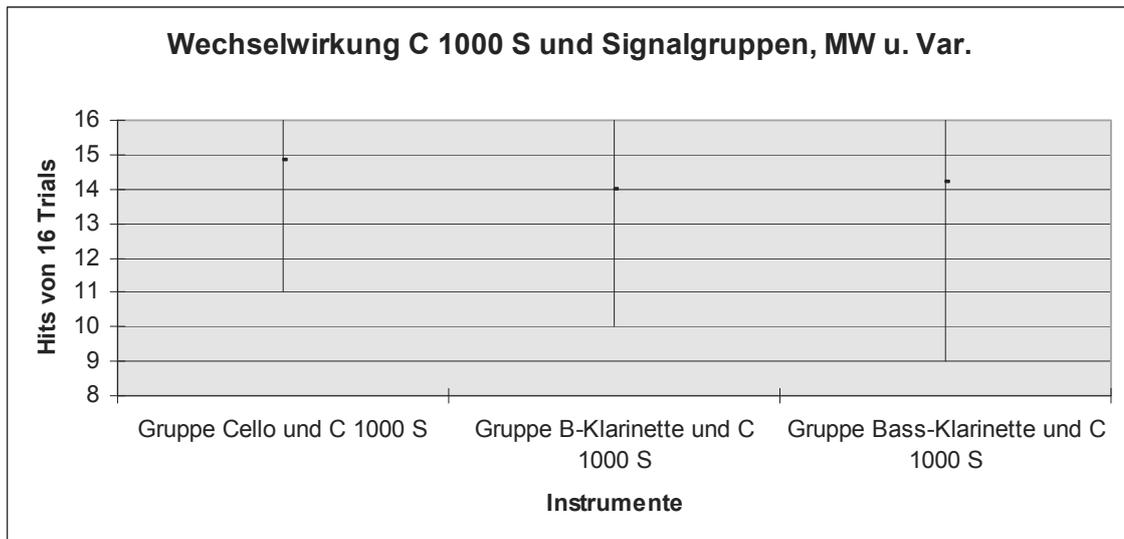


Abbildung 99

ABX-Test: Wechselwirkung des C 1000 S mit den Instrumentengruppen

Ad. Kapitel 2.1.4: Aufstellen von Attributen

„Ich verwende dieses Attribut zur musikalischen Klangbeschreibung nie, manchmal, oft oder sehr oft.“

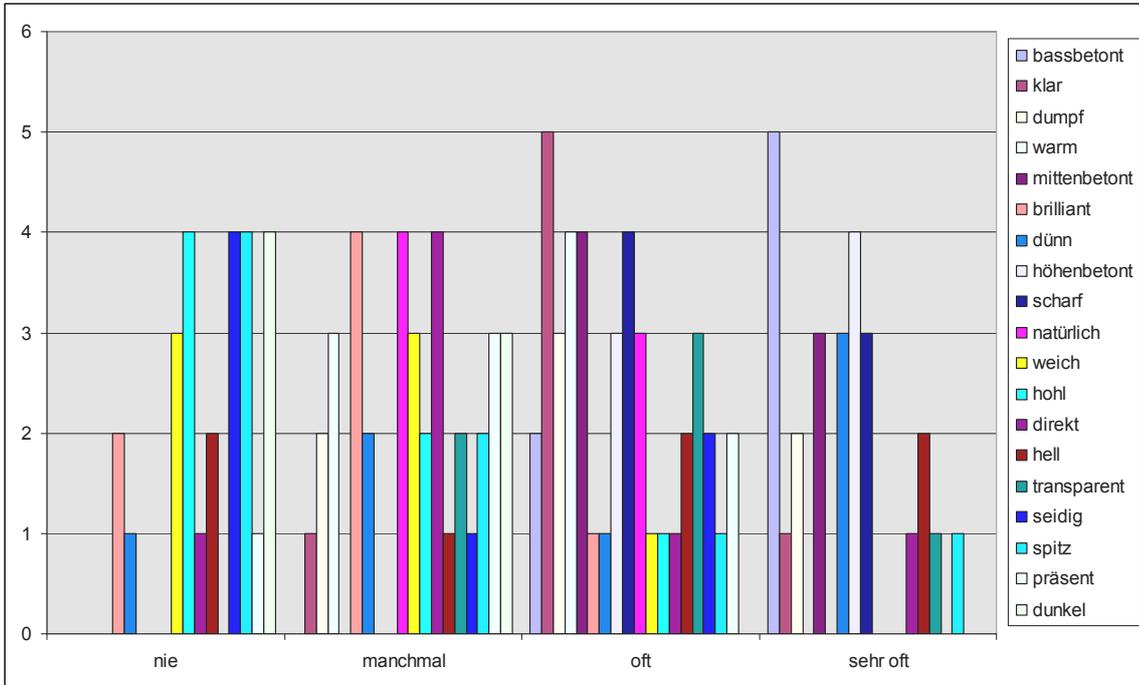


Abbildung 100 Vocabulary Profiling: Häufigkeiten der Attribute zur klanglichen Beschreibung

„Ich halte das Attribut hinsichtlich einer musikalischen Klangbeschreibung für ungeeignet, teilweise geeignet, geeignet oder sehr geeignet.“

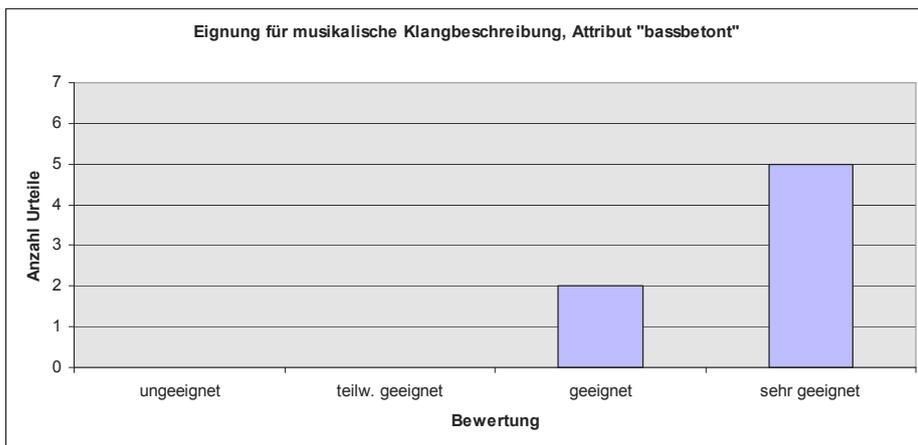


Abbildung 101 Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „bassbetont“

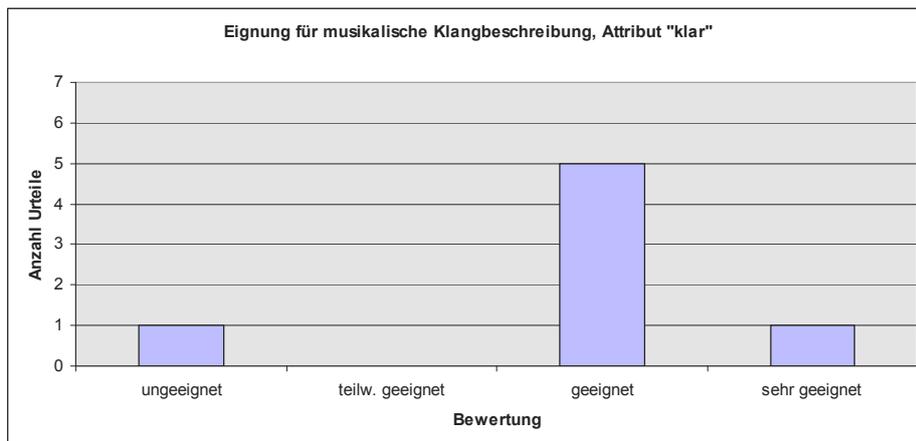


Abbildung 102 Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „klar“

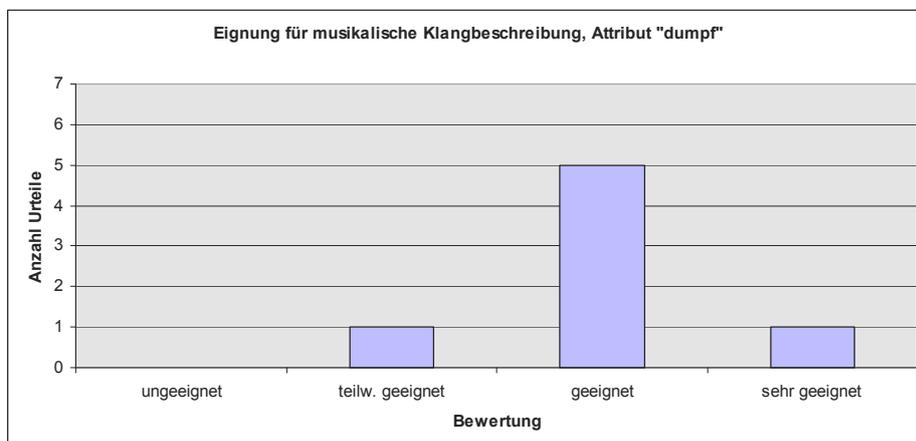


Abbildung 103 Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „dumpf“

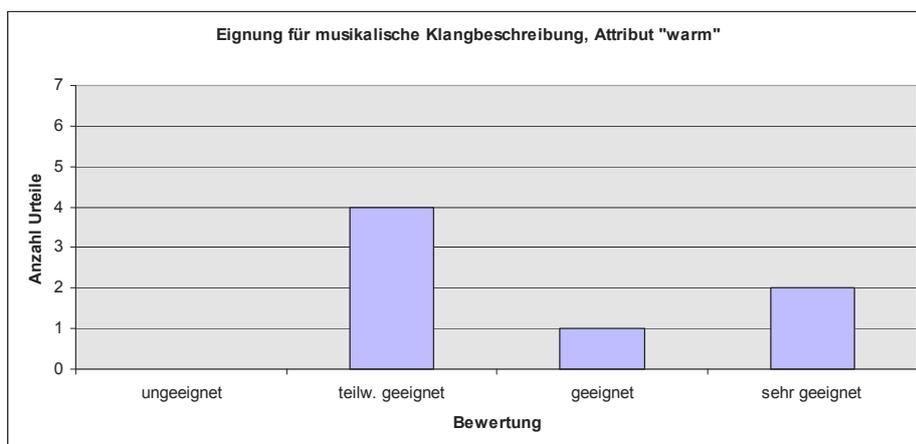


Abbildung 104 Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „warm“

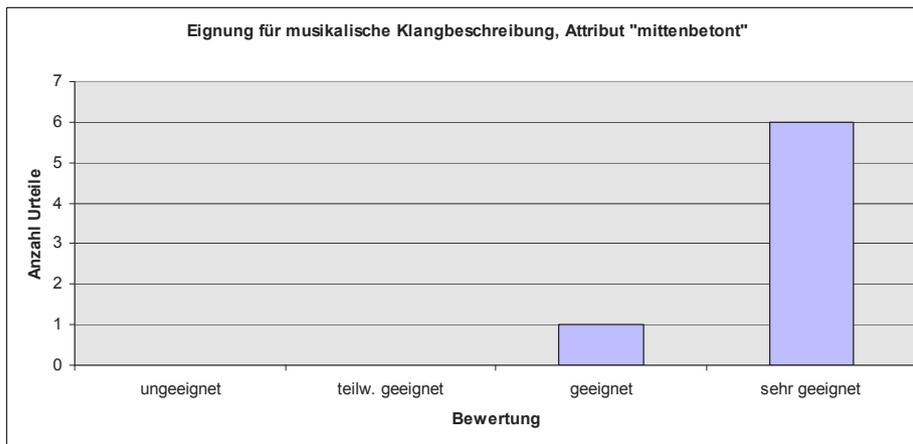


Abbildung 105 Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „mittenbetont“

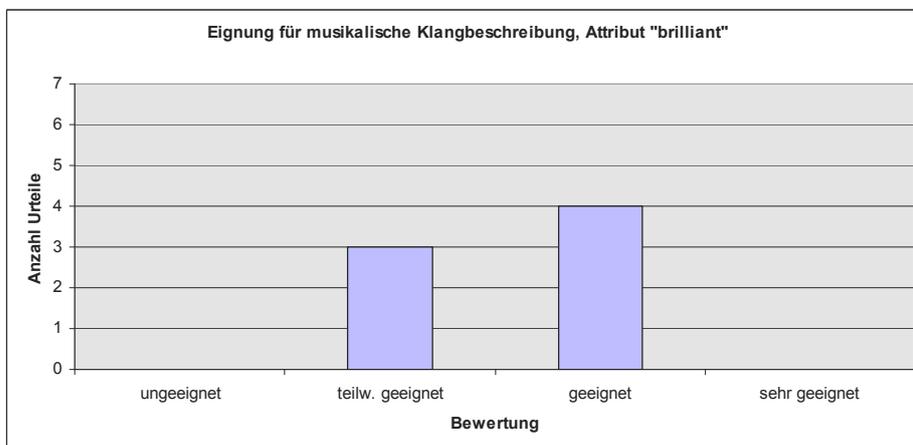


Abbildung 106 Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „brilliant“

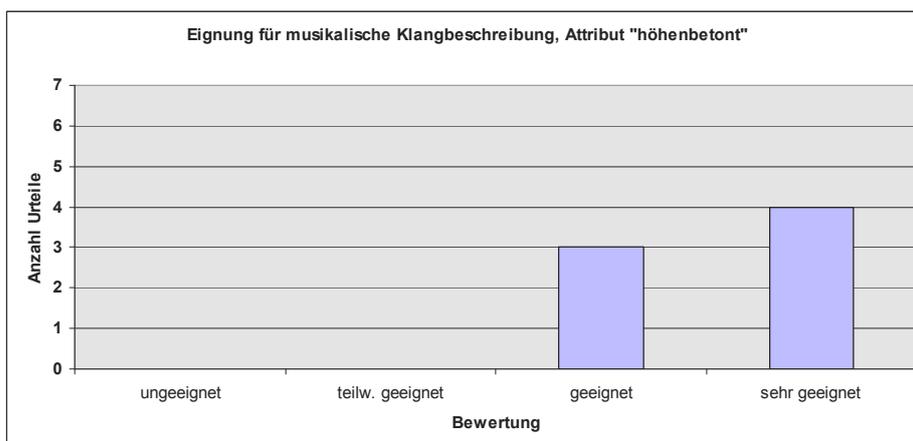


Abbildung 107 Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „höhenbetont“

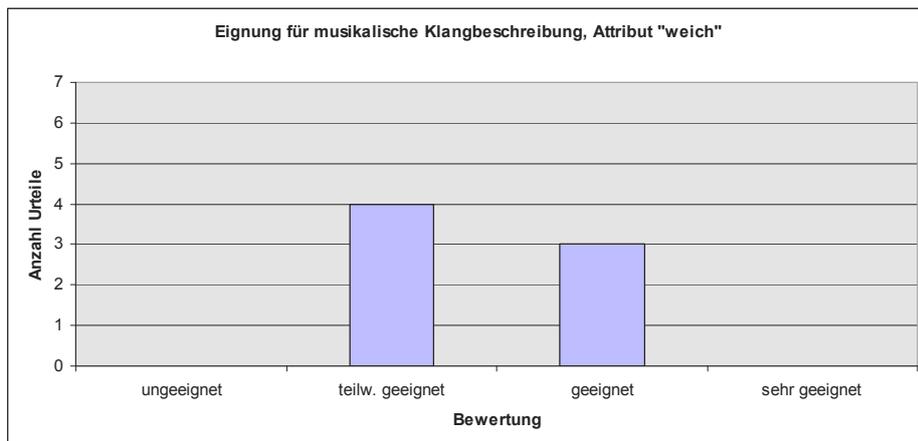


Abbildung 108 Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „weich“

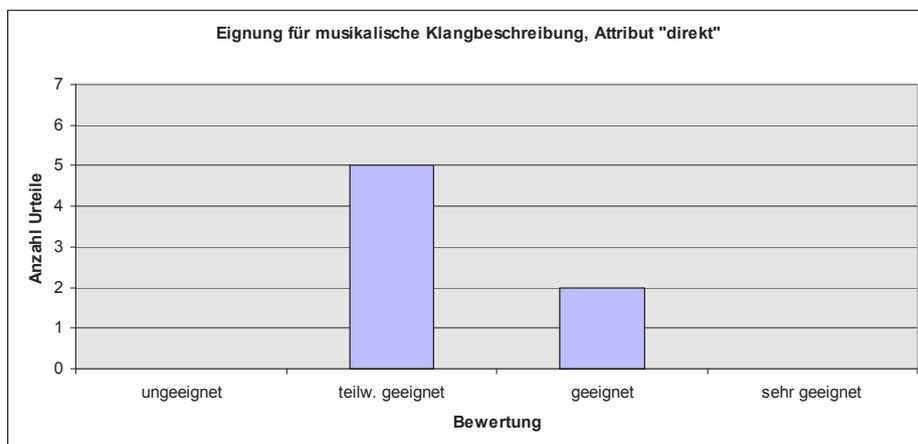


Abbildung 109 Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „direkt“

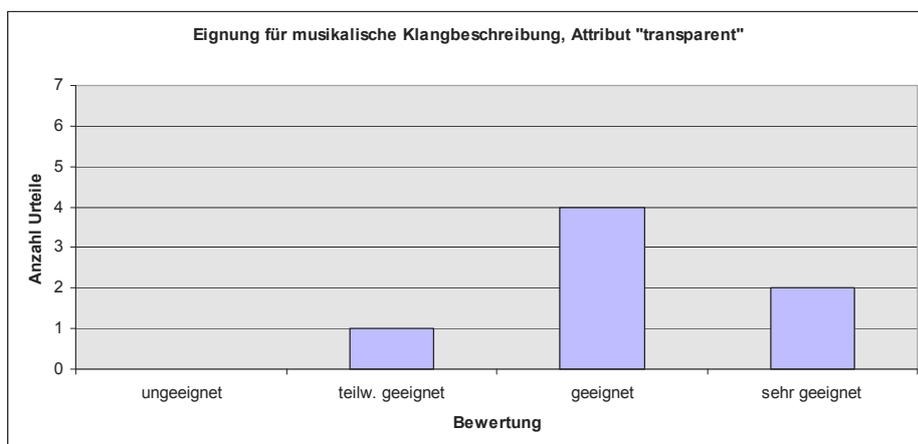


Abbildung 110 Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „transparent“

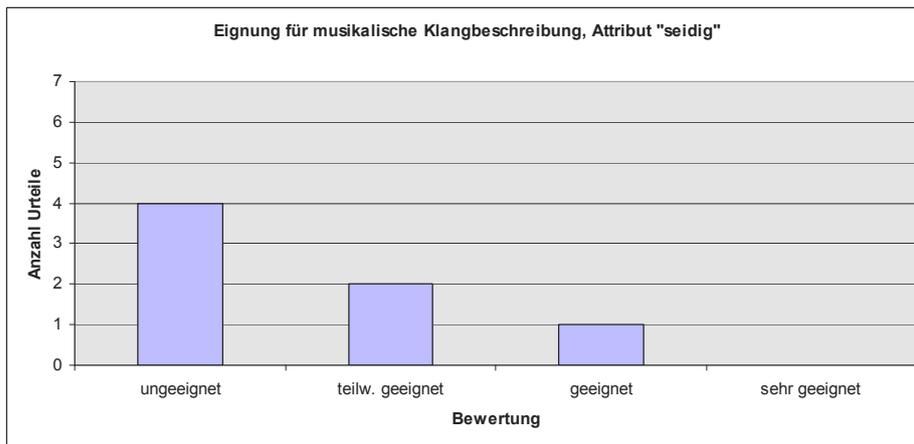


Abbildung 111 Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „seidig“

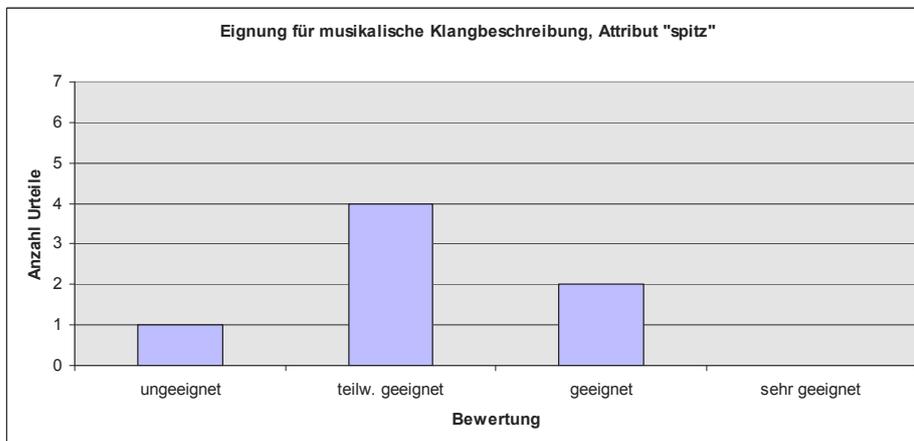


Abbildung 112 Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „spitz“

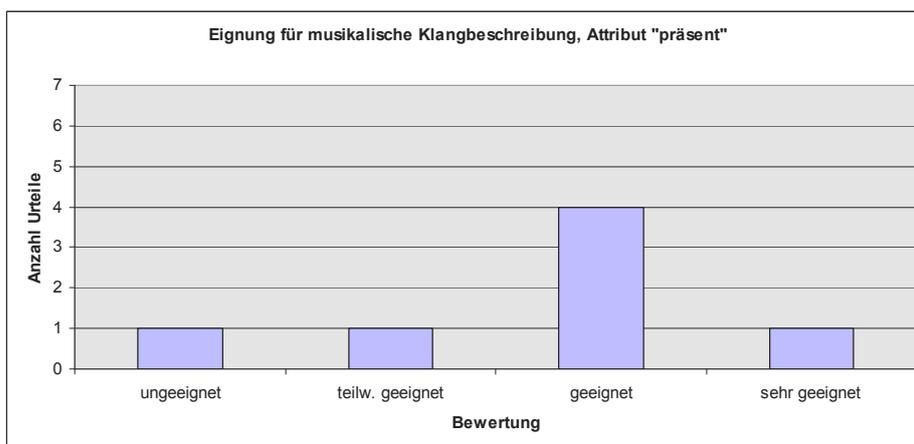


Abbildung 113 Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „präsent“

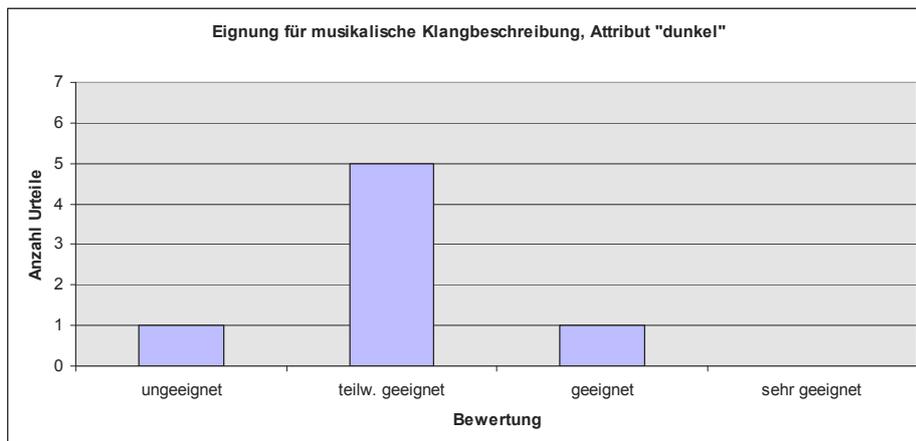


Abbildung 114 Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des Attributs „dunkel“

„Ich halte das Gegenwort (GW) zum folgenden Attribut (A) für sehr geeignet, ungeeignet, teilweise geeignet oder geeignet.“

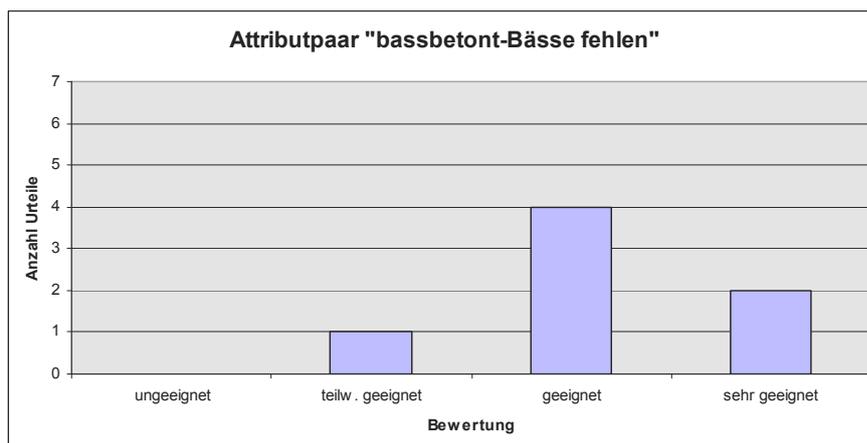


Abbildung 115 Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des semantischen Differenzials „bassbetont – Bässe fehlen“

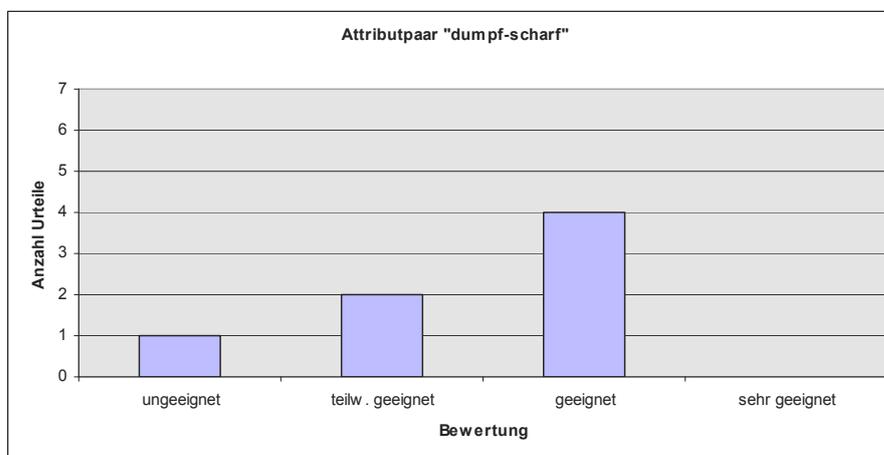


Abbildung 116 Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des semantischen Differenzials „dumpf – scharf“

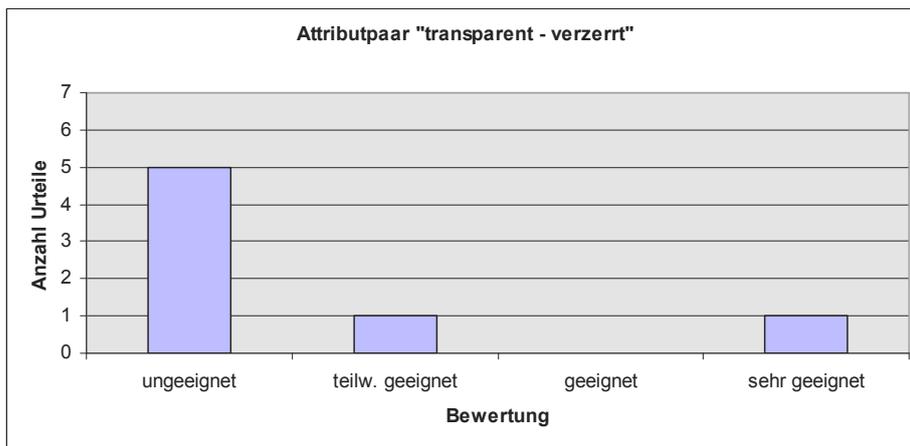


Abbildung 117 Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des semantischen Differenzials „transparent – verzerrt“

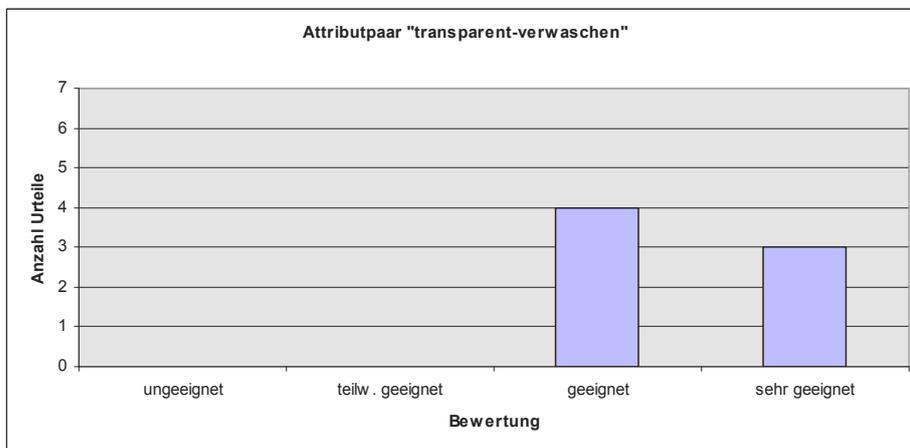


Abbildung 118 Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des semantischen Differenzials „transparent – verwaschen“

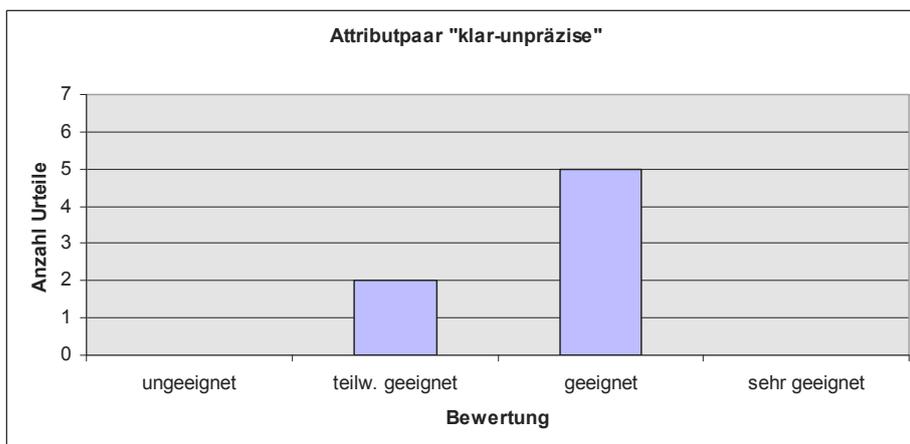


Abbildung 119 Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des semantischen Differenzials „klar – unpräzise“

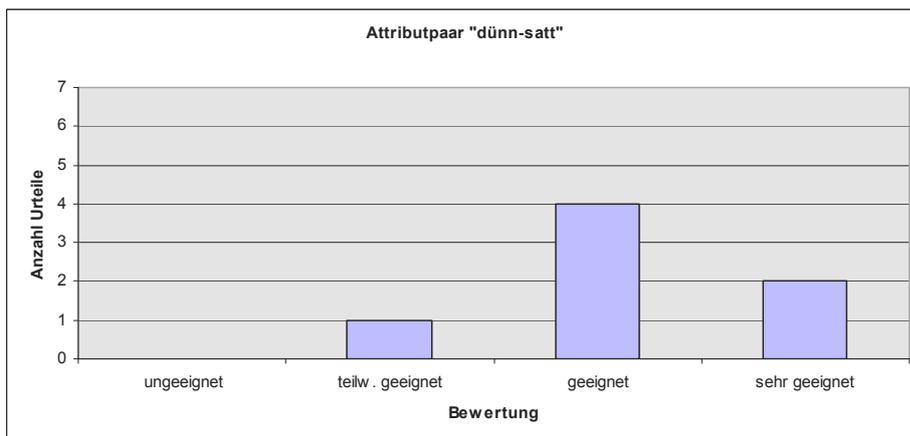


Abbildung 120 Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des semantischen Differenzials „dünn – satt“

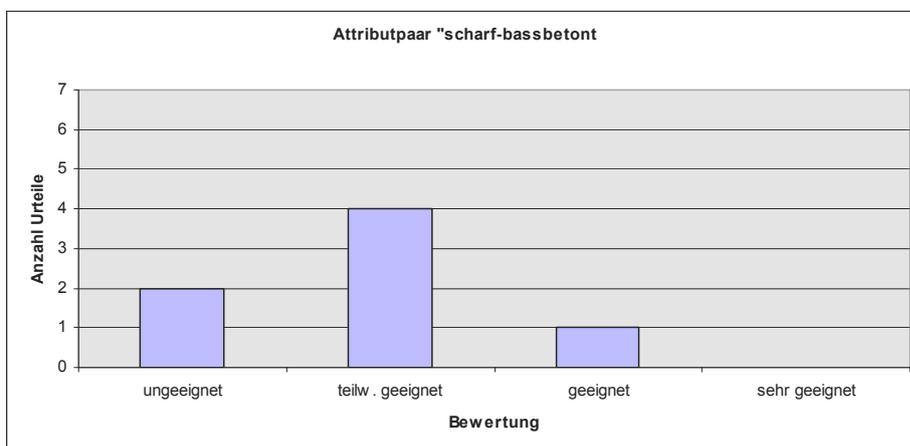


Abbildung 121 Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des semantischen Differenzials „scharf – bassbetont“

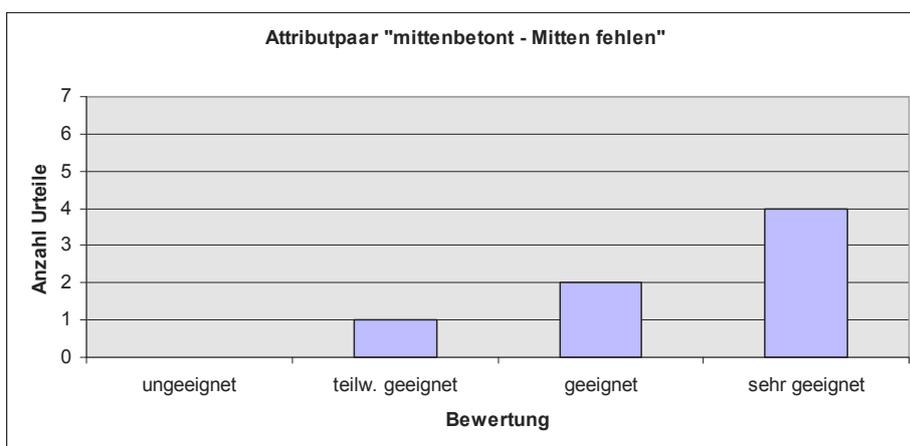


Abbildung 122 Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des semantischen Differenzials „mittenbetont – Mitten fehlen“

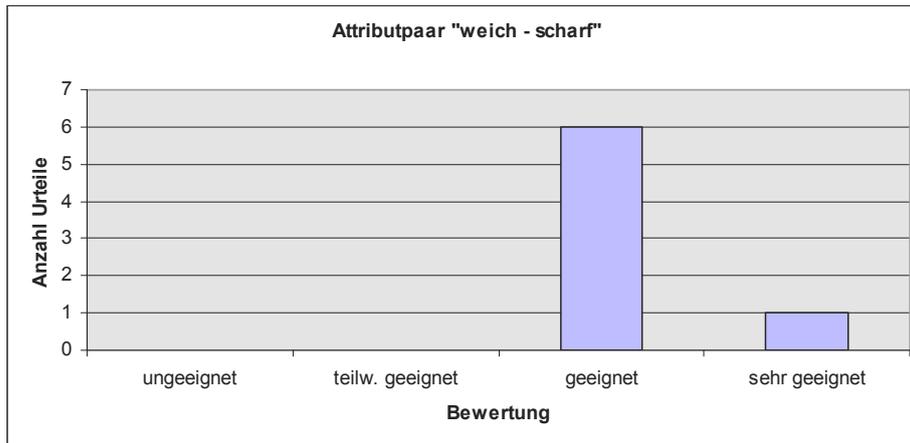


Abbildung 123 Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des semantischen Differenzials „weich – scharf“

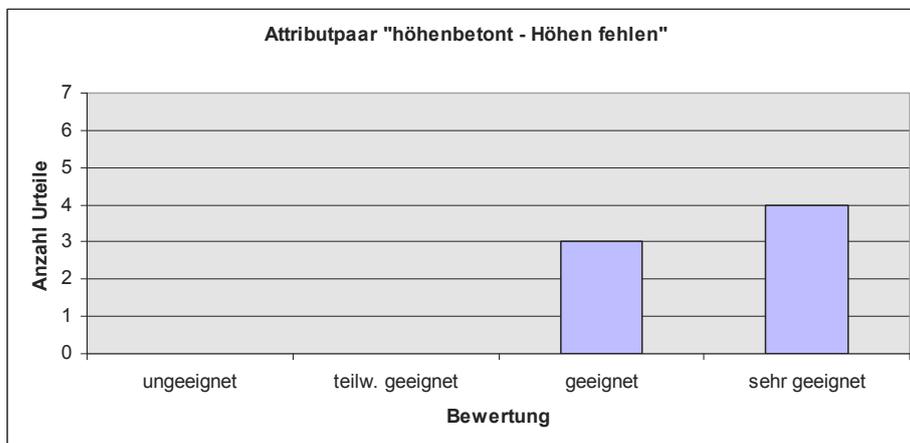


Abbildung 124 Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des semantischen Differenzials „höhenbetont – Höhen fehlen“

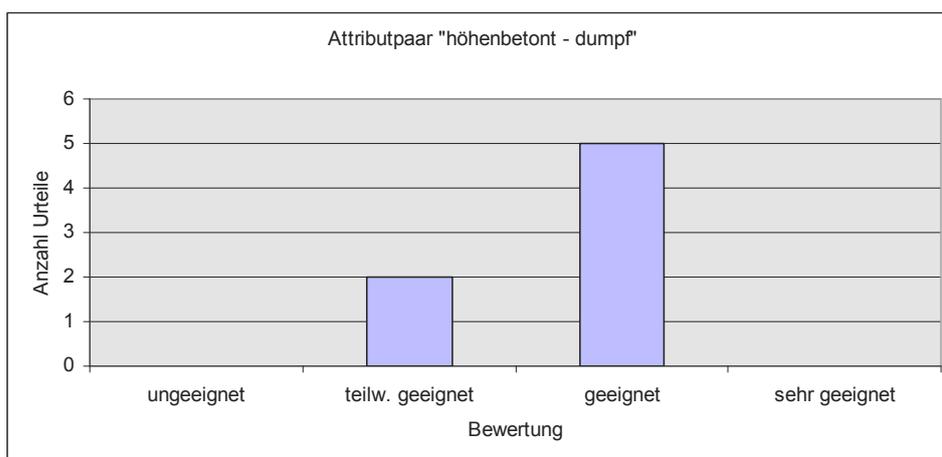


Abbildung 125 Vocabulary Profiling: Bewertung der Eignung des semantischen Differenzials „höhenbetont – dumpf“

Kapitel 2.1.5: Ergebnisse des Vortests

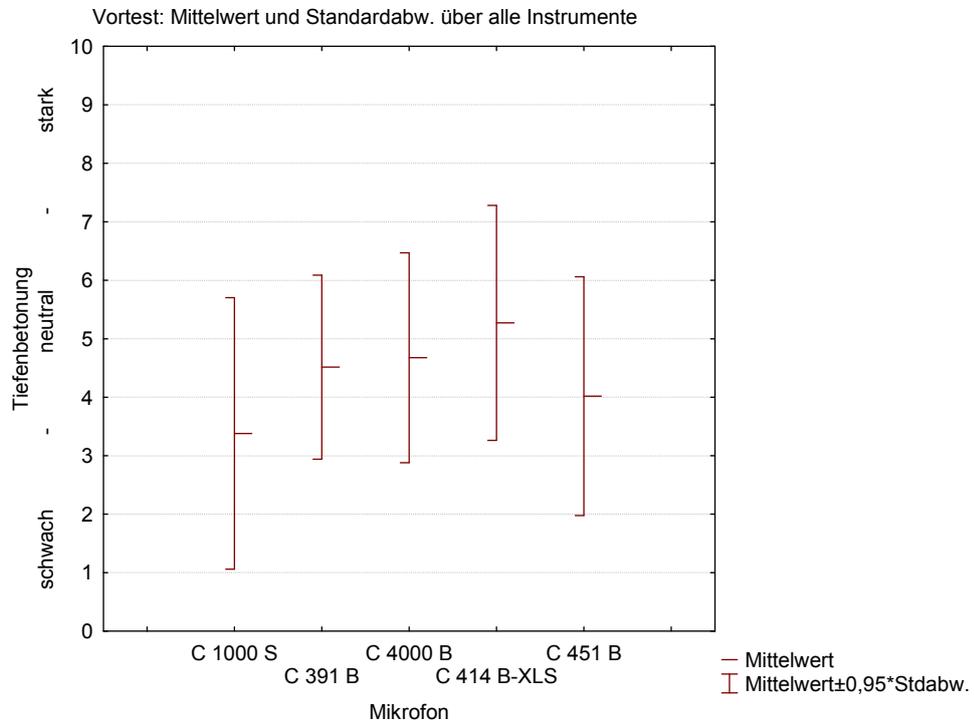


Abbildung 126 Vortest: Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „Tiefenbetonung“

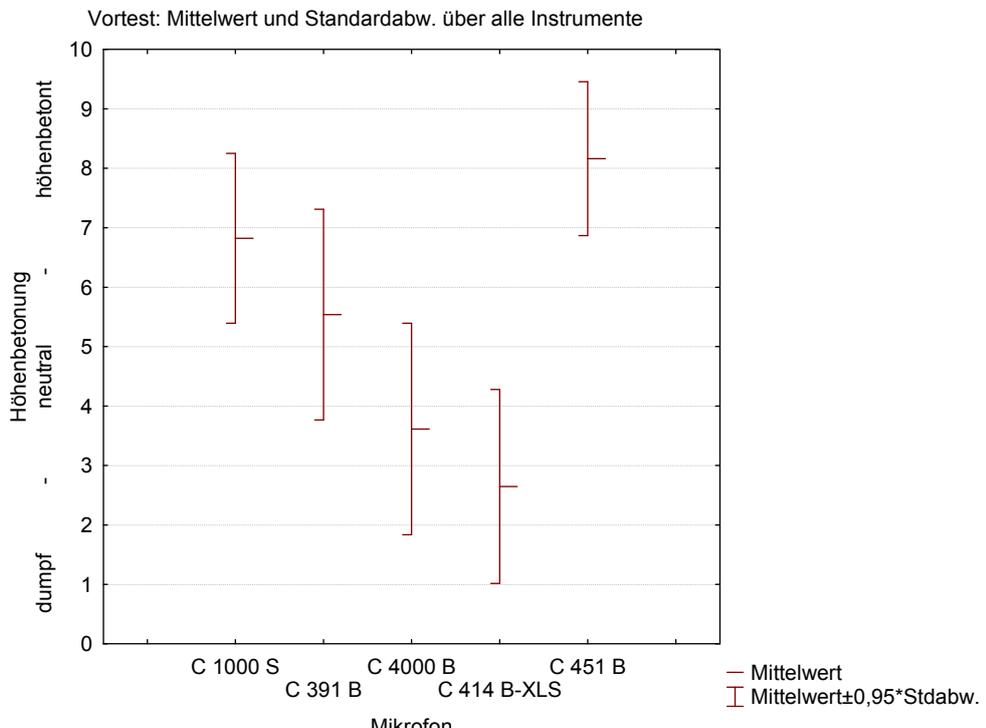


Abbildung 127 Vortest: Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „Höhenbetonung“

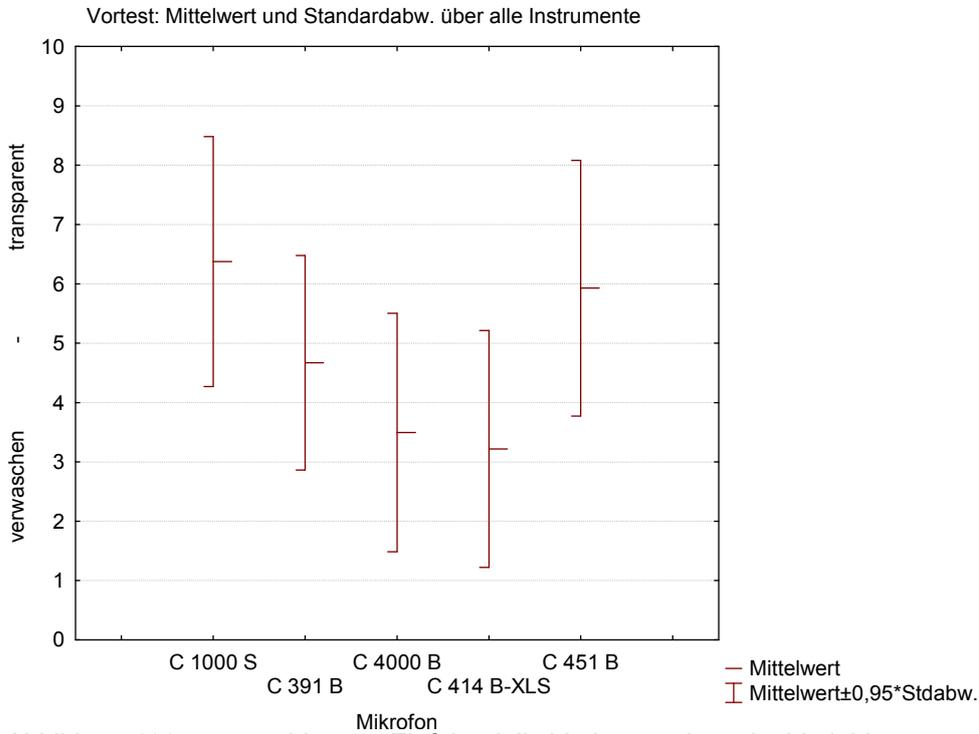


Abbildung 128

Vortest: Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „verwaschen – transparent“

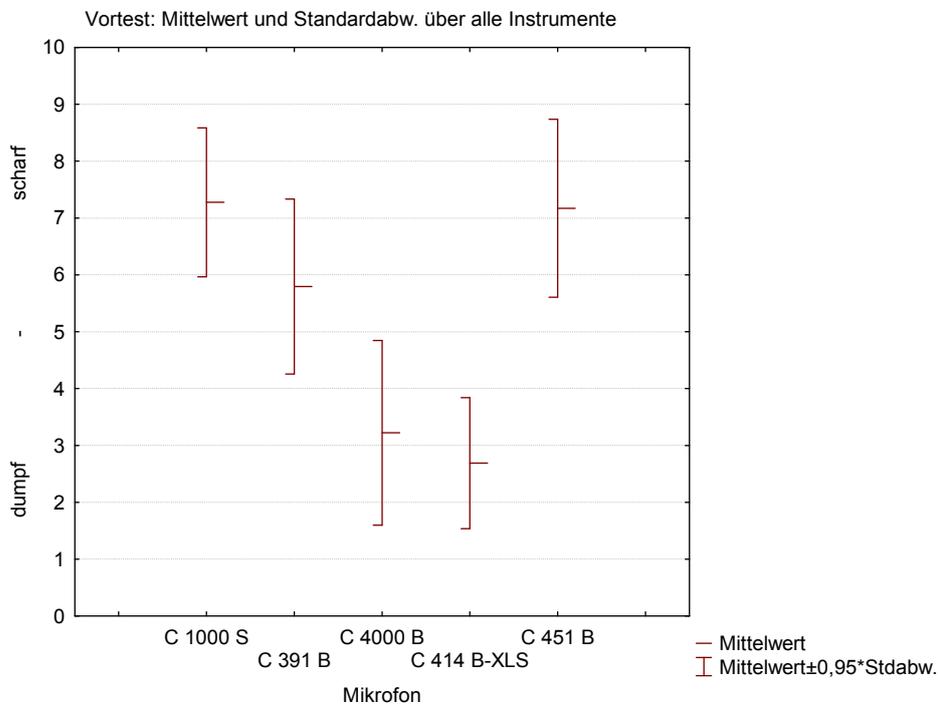


Abbildung 129

Vortest: Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „dumpf – scharf“

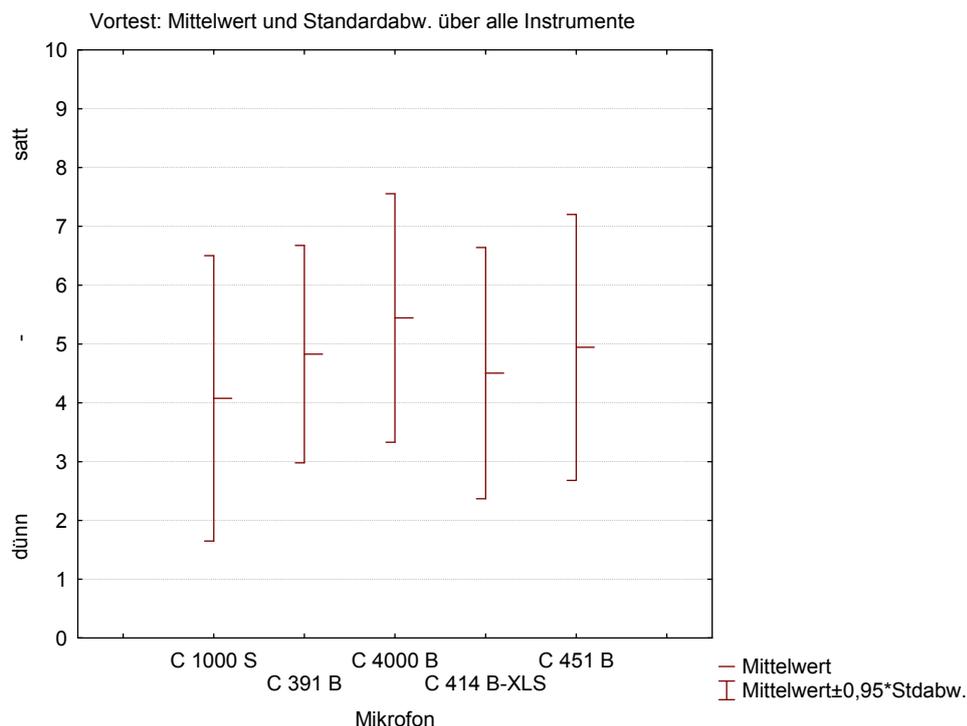


Abbildung 130 Vortest: Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „dünn – satt“

Ad. Kapitel 3.2.2.1: Einfaktorielle Varianzanalyse

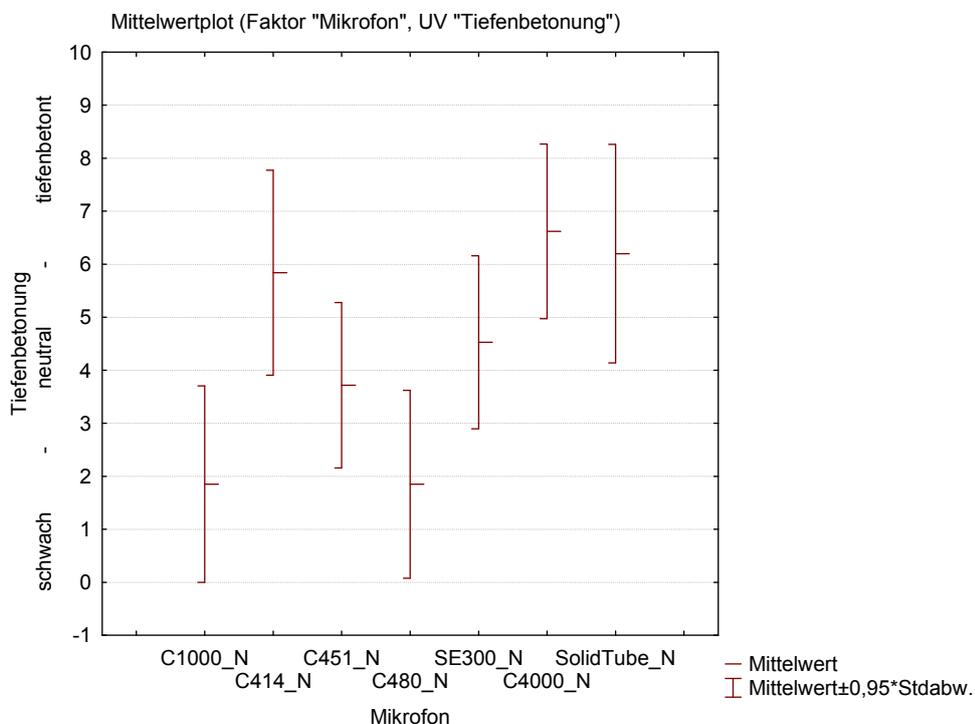


Abbildung 131 Hörtest 1: Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „Tiefenbetonung“

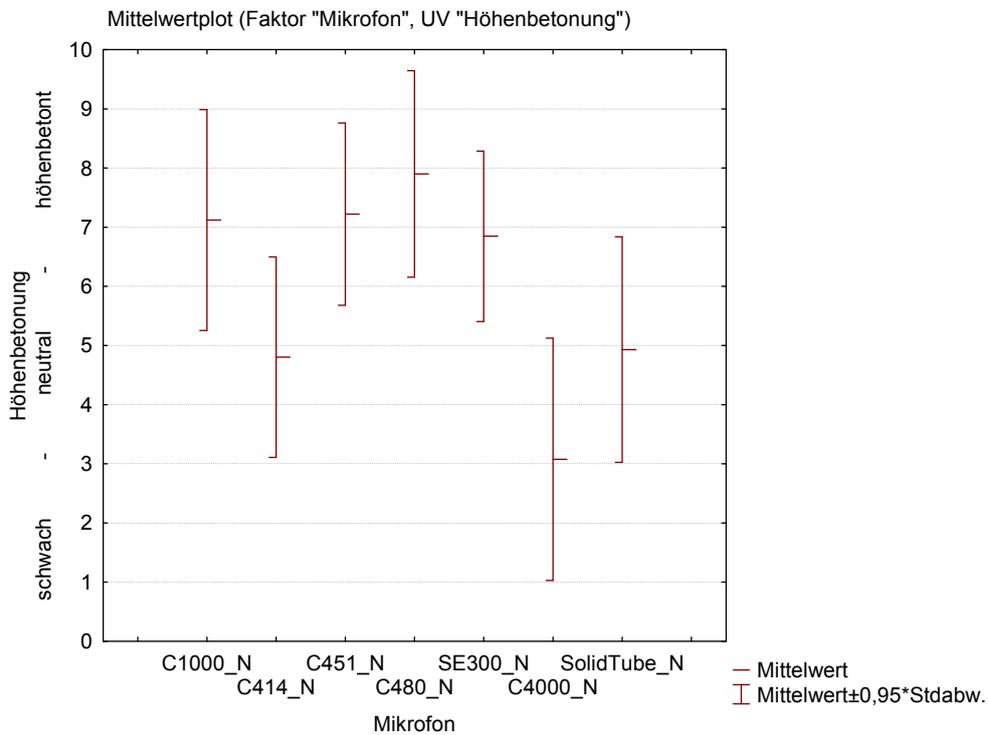


Abbildung 132 Hörtest 1: Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „Höhenbetonung“

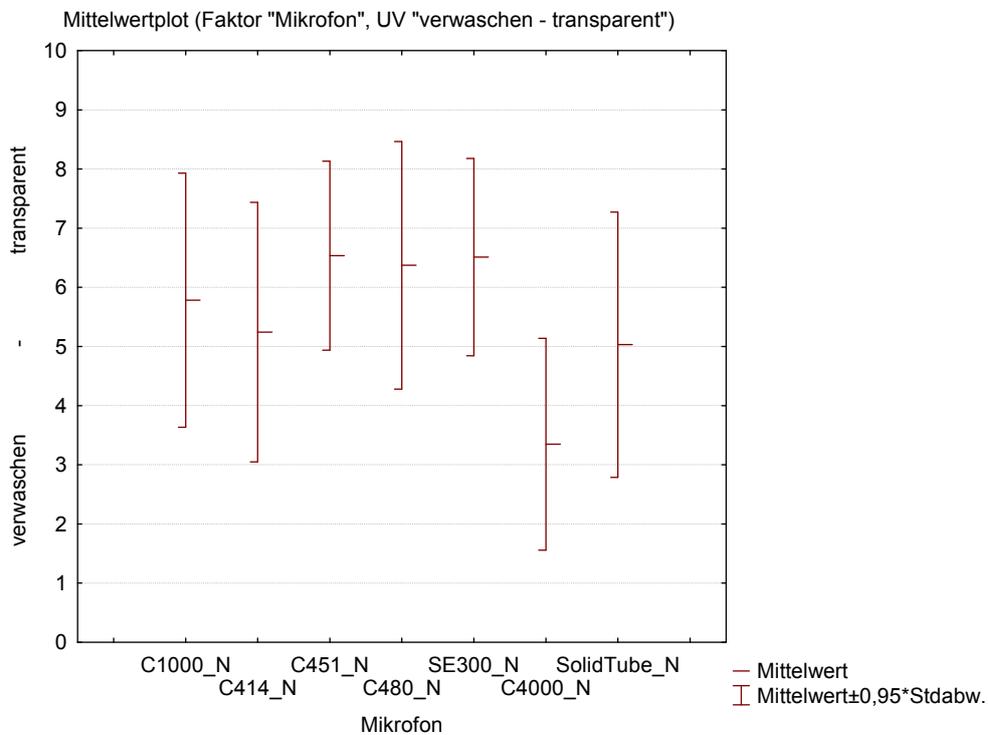


Abbildung 133 Hörtest 1: Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „verwaschen – transparent“

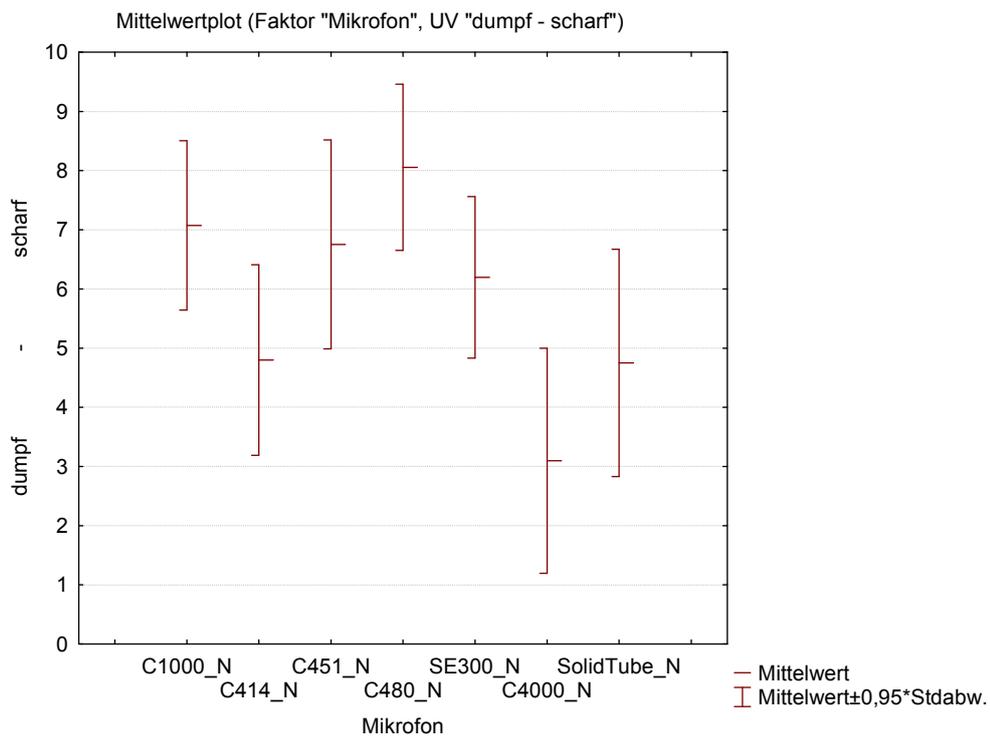


Abbildung 134 Hörtest 1: Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „dumpf – scharf“

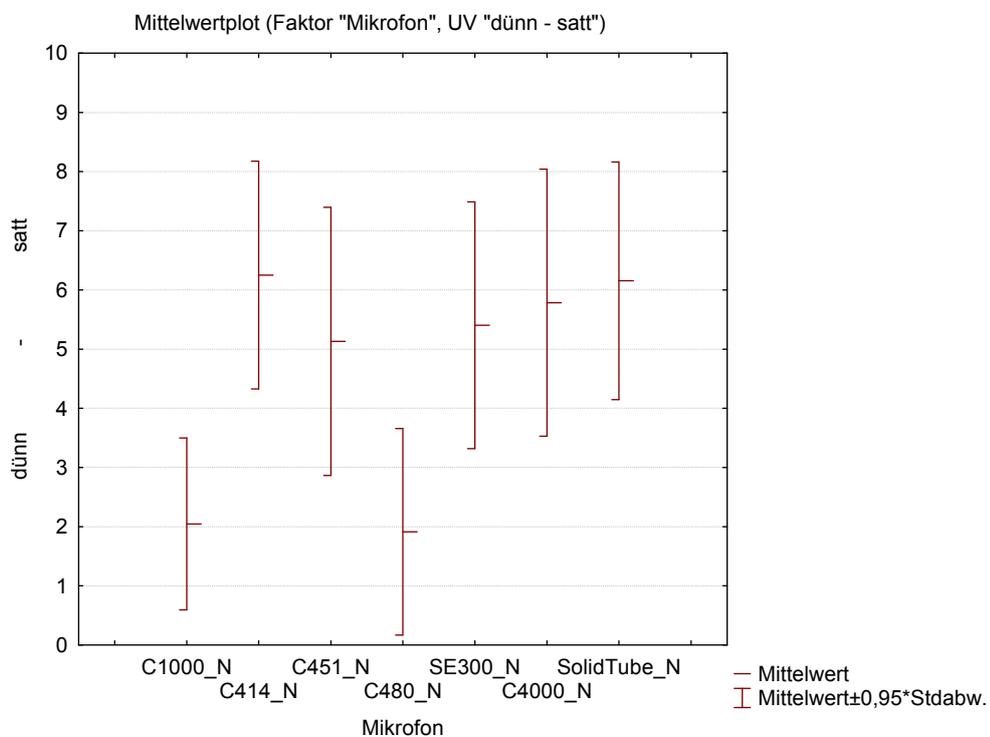


Abbildung 135 Hörtest 1: Einfaktorielle Varianzanalyse der Variable „dünn – satt“

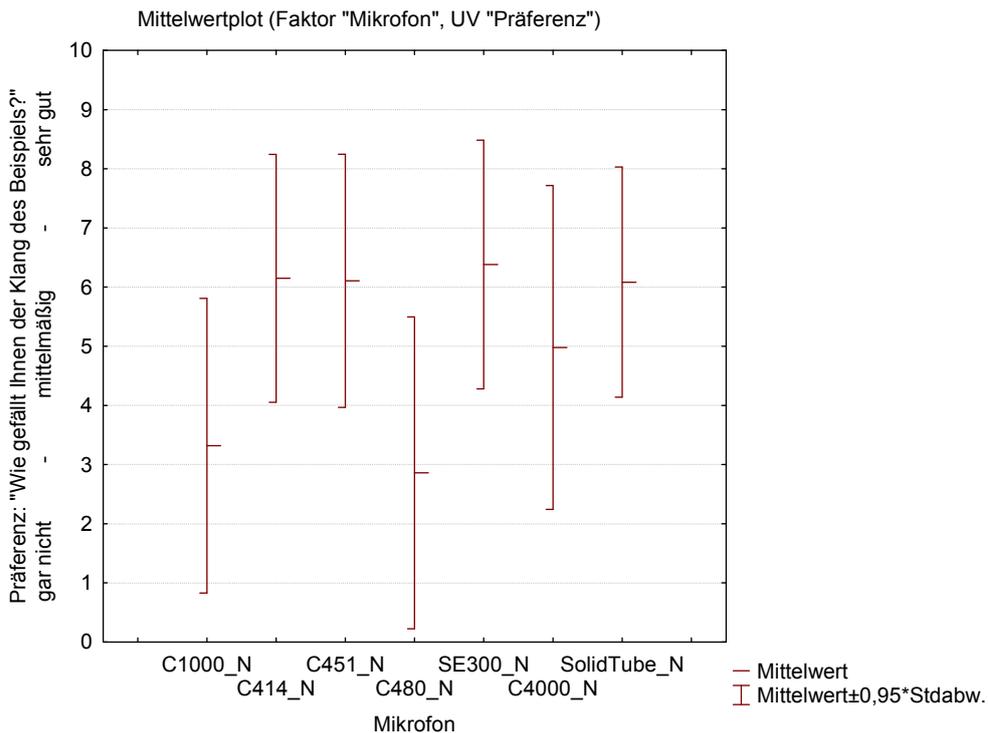


Abbildung 136 Hörtest 1: Einfaktorielle Varianzanalyse der Präferenz

Ad. Kapitel 3.2.2.2: Instrumentenspezifische Darstellung

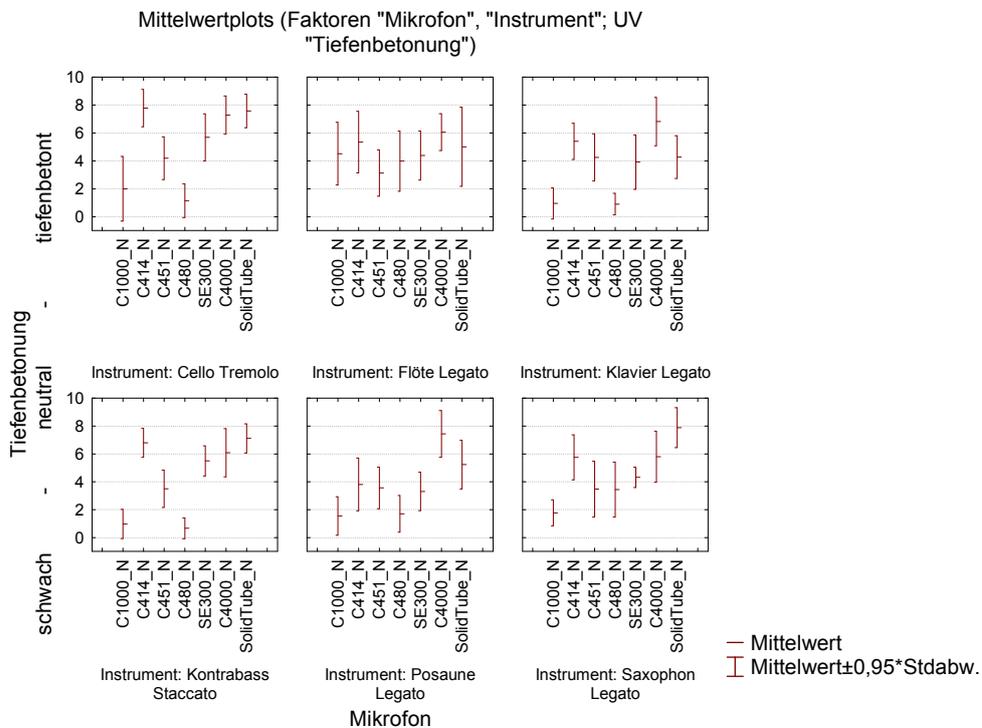


Abbildung 137 Hörtest 1: Zweifaktorielle Varianzanalyse der Variable „Tiefenbetonung“

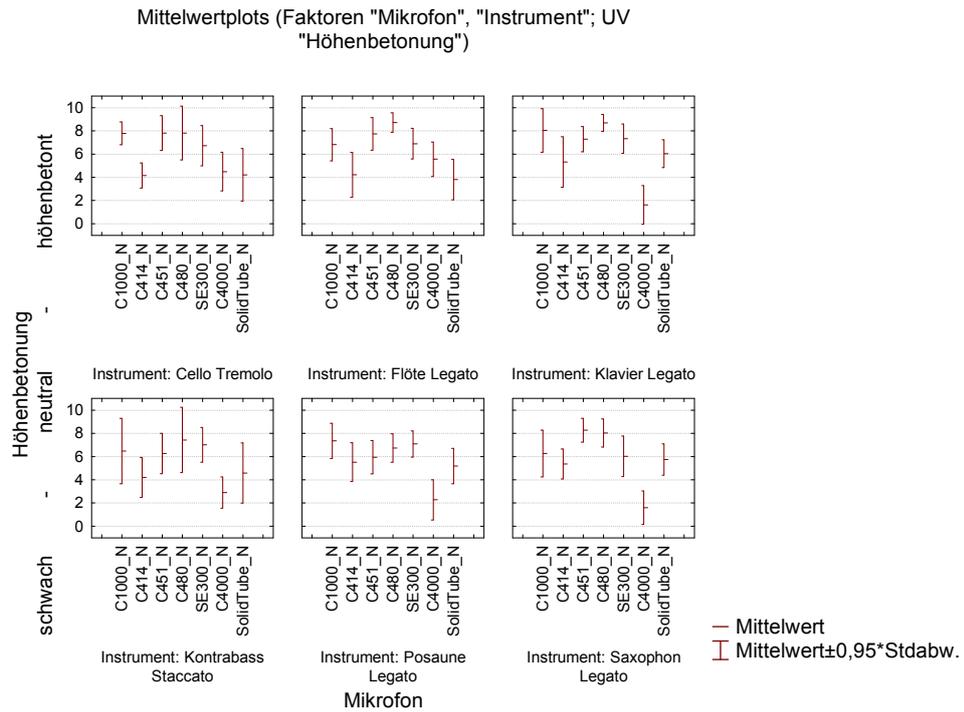


Abbildung 138 Hörtest 1: Zweifaktorielle Varianzanalyse der Variable „Höhenbetonung“

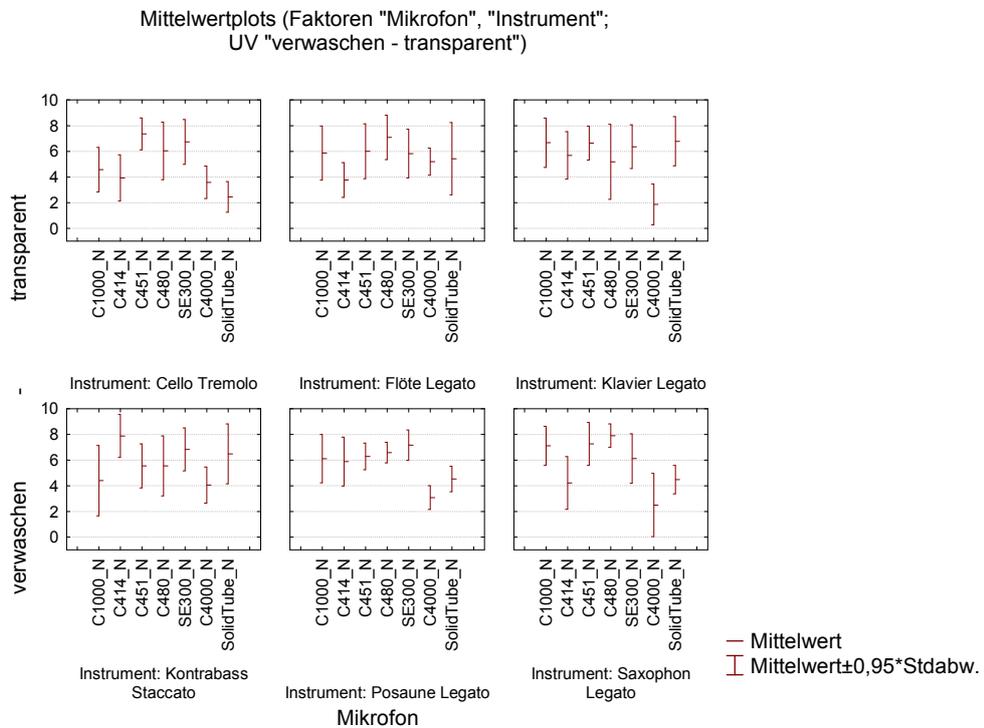


Abbildung 139 Hörtest 1: Zweifaktorielle Varianzanalyse der Variable „verwaschen – transparent“

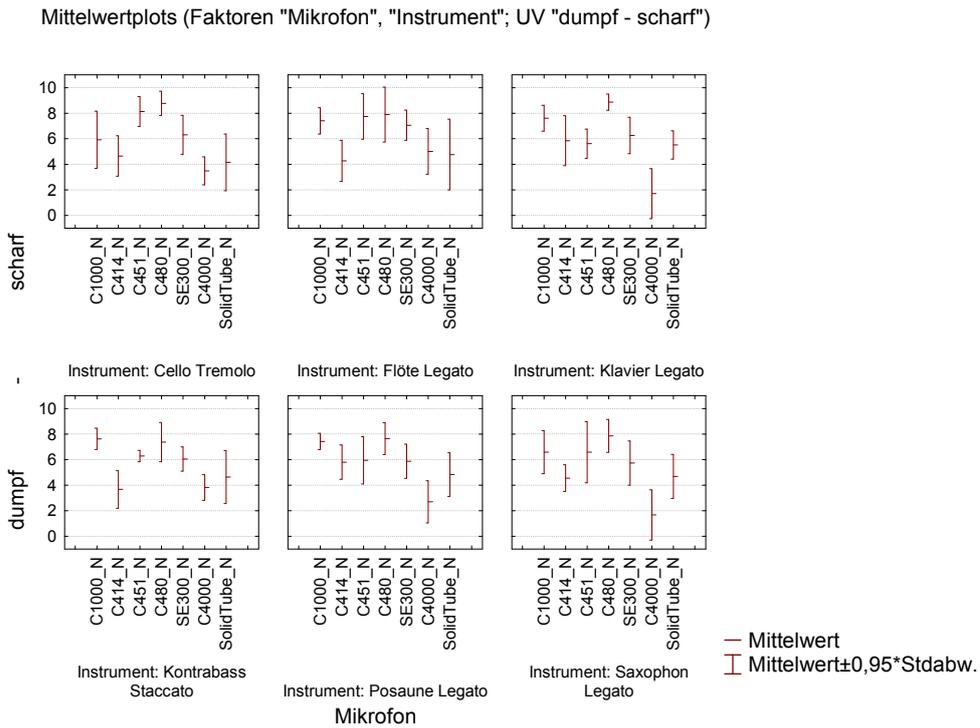


Abbildung 140 Hörtest 1: Zweifaktorielle Varianzanalyse der Variable „dumpf – scharf“

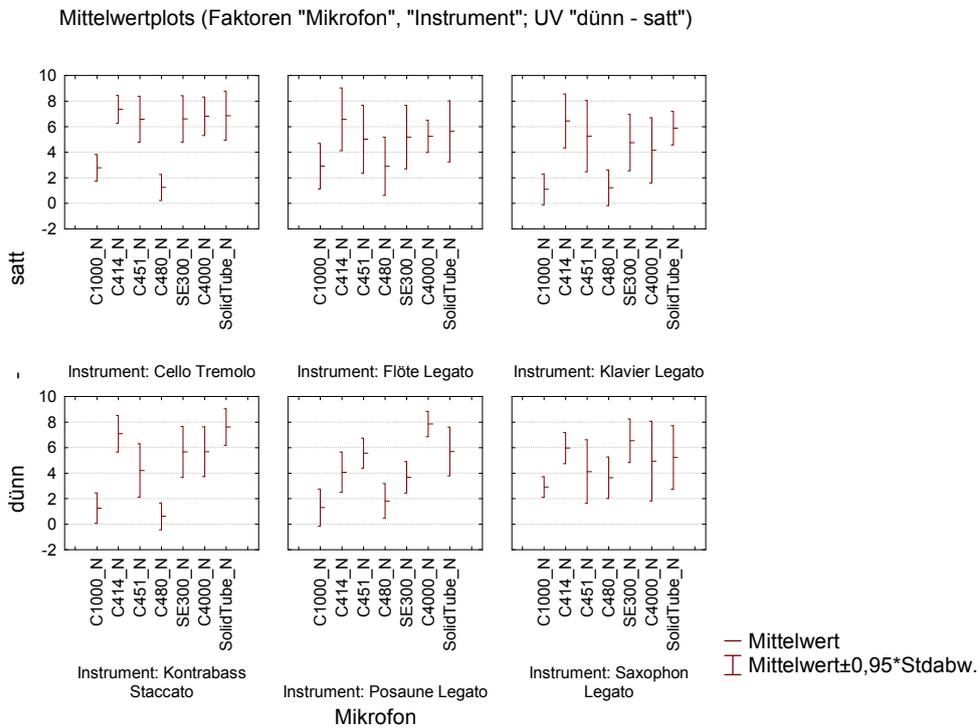


Abbildung 141 Hörtest 1: Zweifaktorielle Varianzanalyse der Variable „dünn – satt“

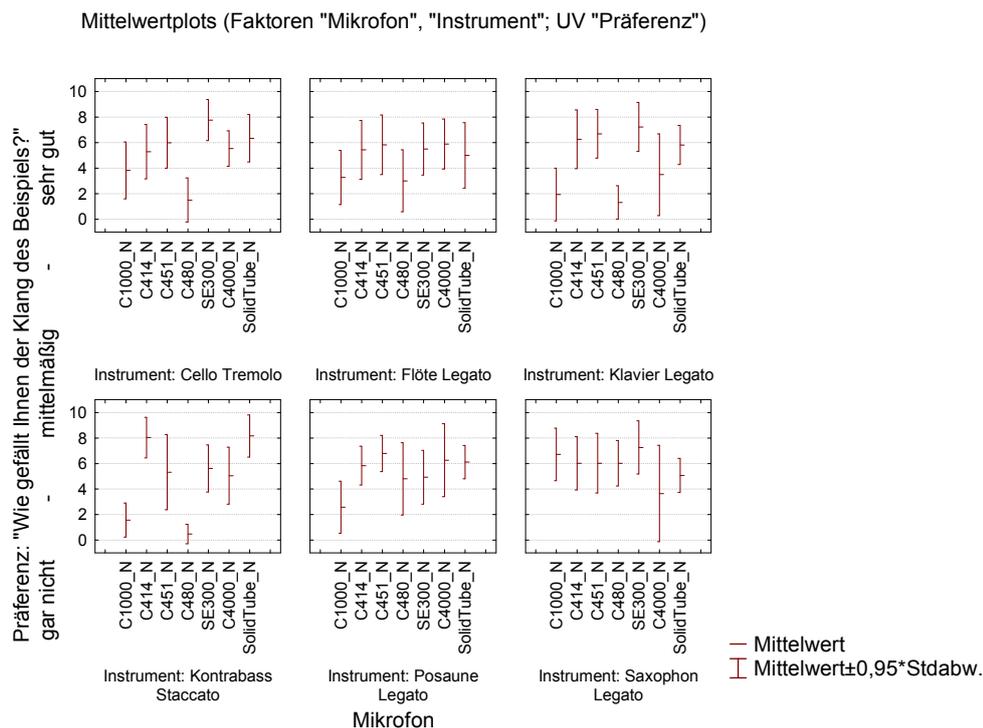


Abbildung 142

Hörtest 1: Zweifaktorielle Varianzanalyse der Präferenz

Mikrofon*Instrument; KQ-Mitt. Aktueller Effekt: F(30, 270)=3,2992, p=,00000 Typ VI Dekomposition (Effektive Hypothese)								
	Mikrofon	Instr.	Tiefenbet. MW	Höhenbet. MW	erw.-transp MW	umpf-schar MW	dünn-satt MW	Präferenz MW
1	C1000_N	Cello	2,00	7,79	4,58	5,92	2,79	3,83
7	C414_N	Cello	7,79	4,16	3,93	4,65	7,36	5,29
13	C451_N	Cello	4,19	7,81	7,36	8,14	6,59	5,99
19	C480_N	Cello	1,15	7,81	6,04	8,77	1,25	1,51
25	SE300_N	Cello	5,69	6,72	6,74	6,31	6,60	7,76
31	SolidTube	Cello	7,59	4,21	2,45	4,16	6,86	6,34
37	C4000_N	Cello	7,28	4,49	3,59	3,49	6,82	5,54
2	C1000_N	Flöte	4,51	6,81	5,87	7,41	2,91	3,27
8	C414_N	Flöte	5,35	4,22	3,77	4,27	6,58	5,44
14	C451_N	Flöte	3,13	7,74	6,01	7,75	5,03	5,82
20	C480_N	Flöte	3,98	8,71	7,08	7,89	2,90	3,01
26	SE300_N	Flöte	4,38	6,90	5,83	7,06	5,19	5,50
32	SolidTube	Flöte	5,01	3,81	5,43	4,76	5,64	5,00
38	C4000_N	Flöte	6,06	5,56	5,20	5,02	5,25	5,89
3	C1000_N	Klavier	0,95	8,04	6,68	7,61	1,10	1,94
9	C414_N	Klavier	5,40	5,32	5,69	5,85	6,45	6,26
15	C451_N	Klavier	4,25	7,29	6,64	5,62	5,26	6,69
21	C480_N	Klavier	0,90	8,69	5,19	8,86	1,23	1,33
27	SE300_N	Klavier	3,91	7,32	6,36	6,26	4,75	7,22
33	SolidTube	Klavier	4,27	6,04	6,79	5,52	5,89	5,81
39	C4000_N	Klavier	6,82	1,63	1,86	1,71	4,15	3,49
4	C1000_N	Kontrab.	0,97	6,47	4,40	7,62	1,26	1,57
10	C414_N	Kontrab.	6,80	4,21	7,88	3,67	7,09	8,04
16	C451_N	Kontrab.	3,50	6,26	5,55	6,28	4,21	5,33
22	C480_N	Kontrab.	0,66	7,43	5,55	7,37	0,63	0,49
28	SE300_N	Kontrab.	5,50	7,01	6,84	6,05	5,66	5,61
34	SolidTube	Kontrab.	7,11	4,59	6,49	4,64	7,61	8,16
40	C4000_N	Kontrab.	6,09	2,90	4,06	3,82	5,68	5,04
5	C1000_N	Posaune	1,55	7,35	6,11	7,42	1,30	2,59
11	C414_N	Posaune	3,81	5,52	5,89	5,80	4,07	5,84
17	C451_N	Posaune	3,56	5,95	6,29	5,95	5,57	6,79
23	C480_N	Posaune	1,70	6,74	6,59	7,65	1,82	4,80
29	SE300_N	Posaune	3,31	7,09	7,17	5,87	3,68	4,92
35	SolidTube	Posaune	5,24	5,19	4,53	4,84	5,70	6,11
41	C4000_N	Posaune	7,44	2,27	3,08	2,70	7,85	6,26
6	C1000_N	Saxophon	1,77	6,26	7,11	6,59	2,91	6,71
12	C414_N	Saxophon	5,75	5,36	4,21	4,55	5,96	6,03
18	C451_N	Saxophon	3,47	8,28	7,26	6,59	4,12	6,03
24	C480_N	Saxophon	3,45	8,02	7,90	7,86	3,65	6,03
30	SE300_N	Saxophon	4,32	6,03	6,13	5,74	6,54	7,26
36	SolidTube	Saxophon	7,89	5,75	4,49	4,69	5,22	5,07
42	C4000_N	Saxophon	5,80	1,60	2,50	1,67	4,95	3,65

Tabelle 56 ANOVA der Faktoren „Mikrofon“ und „Instrument“: Mittelwerte der Variablen

Mikrofon*Instrument; KQ-Mitt. Aktueller Effekt: F(30, 294)=3,3808, p=,00000							
	Mikrofon	Instrument	Präferenz Mittel	Präferenz Std.	Präferenz -95,00%	Präferenz +95,00%	N
1	C1000_N	Cello Tremolo	3,83	0,78	2,29	5,36	8
2	C1000_N	Flöte Legato	3,27	0,78	1,74	4,81	8
3	C1000_N	Klavier Legato	1,94	0,78	0,40	3,47	8
4	C1000_N	Kontrabass Staccato	1,57	0,78	0,04	3,11	8
5	C1000_N	Posaune Legato	2,59	0,78	1,05	4,12	8
6	C1000_N	Saxophon Legato	6,71	0,78	5,18	8,25	8
7	C414_N	Cello Tremolo	5,29	0,78	3,75	6,82	8
8	C414_N	Flöte Legato	5,44	0,78	3,90	6,97	8
9	C414_N	Klavier Legato	6,26	0,78	4,73	7,80	8
10	C414_N	Kontrabass Staccato	8,04	0,78	6,50	9,57	8
11	C414_N	Posaune Legato	5,84	0,78	4,30	7,37	8
12	C414_N	Saxophon Legato	6,03	0,78	4,49	7,56	8
13	C451_N	Cello Tremolo	5,99	0,78	4,45	7,52	8
14	C451_N	Flöte Legato	5,82	0,78	4,29	7,36	8
15	C451_N	Klavier Legato	6,69	0,78	5,15	8,22	8
16	C451_N	Kontrabass Staccato	5,33	0,78	3,79	6,86	8
17	C451_N	Posaune Legato	6,79	0,78	5,25	8,32	8
18	C451_N	Saxophon Legato	6,03	0,78	4,49	7,56	8
19	C480_N	Cello Tremolo	1,51	0,78	-0,02	3,05	8
20	C480_N	Flöte Legato	3,01	0,78	1,48	4,55	8
21	C480_N	Klavier Legato	1,33	0,78	-0,21	2,86	8
22	C480_N	Kontrabass Staccato	0,49	0,78	-1,05	2,02	8
23	C480_N	Posaune Legato	4,80	0,78	3,27	6,33	8
24	C480_N	Saxophon Legato	6,03	0,78	4,49	7,56	8
25	SE300_N	Cello Tremolo	7,76	0,78	6,23	9,30	8
26	SE300_N	Flöte Legato	5,50	0,78	3,97	7,03	8
27	SE300_N	Klavier Legato	7,22	0,78	5,69	8,76	8
28	SE300_N	Kontrabass Staccato	5,61	0,78	4,08	7,15	8
29	SE300_N	Posaune Legato	4,92	0,78	3,39	6,46	8
30	SE300_N	Saxophon Legato	7,26	0,78	5,73	8,80	8
31	SolidTube	Cello Tremolo	6,34	0,78	4,80	7,87	8
32	SolidTube	Flöte Legato	5,00	0,78	3,47	6,53	8
33	SolidTube	Klavier Legato	5,81	0,78	4,28	7,35	8
34	SolidTube	Kontrabass Staccato	8,16	0,78	6,63	9,70	8
35	SolidTube	Posaune Legato	6,11	0,78	4,58	7,65	8
36	SolidTube	Saxophon Legato	5,07	0,78	3,54	6,61	8
37	C4000_N	Cello Tremolo	5,54	0,78	4,00	7,07	8
38	C4000_N	Flöte Legato	5,89	0,78	4,35	7,42	8
39	C4000_N	Klavier Legato	3,49	0,78	1,96	5,03	8
40	C4000_N	Kontrabass Staccato	5,04	0,78	3,51	6,58	8
41	C4000_N	Posaune Legato	6,26	0,78	4,73	7,80	8
42	C4000_N	Saxophon Legato	3,65	0,78	2,12	5,18	8

Tabelle 57 ANOVA der Faktoren „Mikrofon“ und „Instrument“: Mittelwert, Standardabweichung und Konfidenzintervall der Variable „Präferenz“

Ad. Kapitel 3.2.2.3: Mittelwert und Standardabweichung der Faktoren „Instrument“ und „Membrangröße“

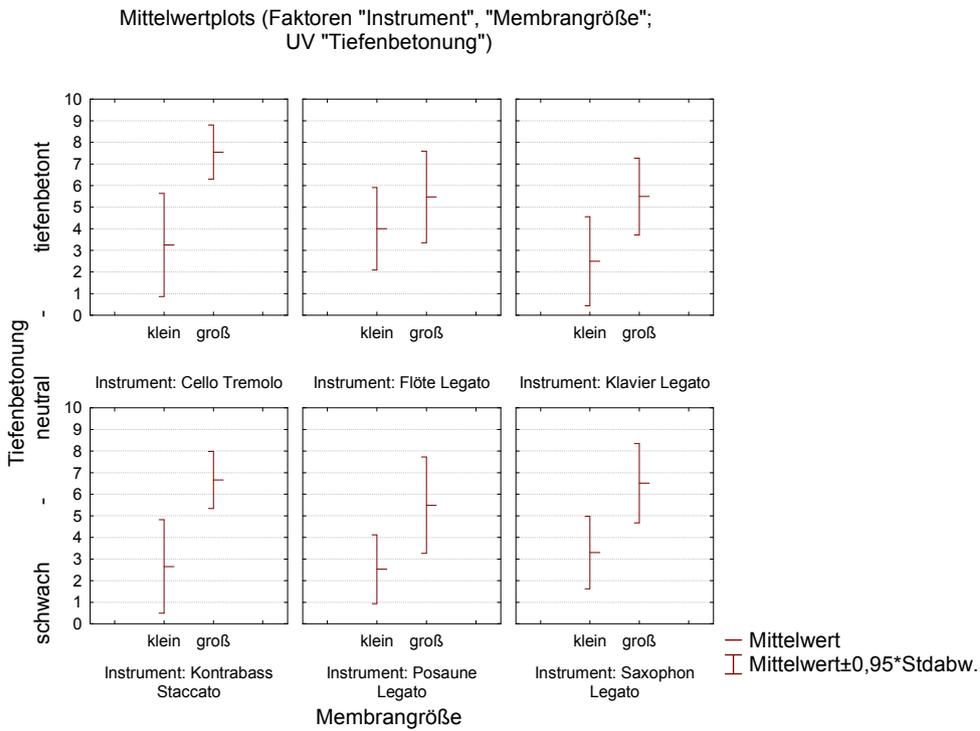


Abbildung 143 Hörtest 1: Varianzanalyse des Faktors „Membrangröße“, Variable „Tiefenbetonung“

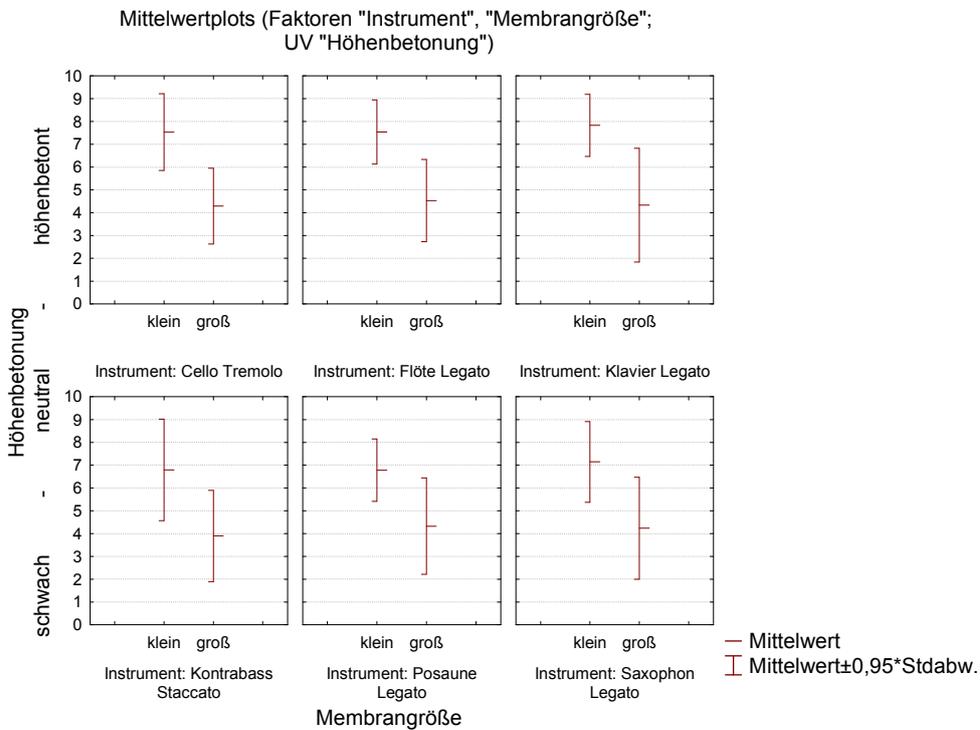


Abbildung 144 Hörtest 1: Varianzanalyse des Faktors „Membrangröße“, Variable „Höhenbetonung“

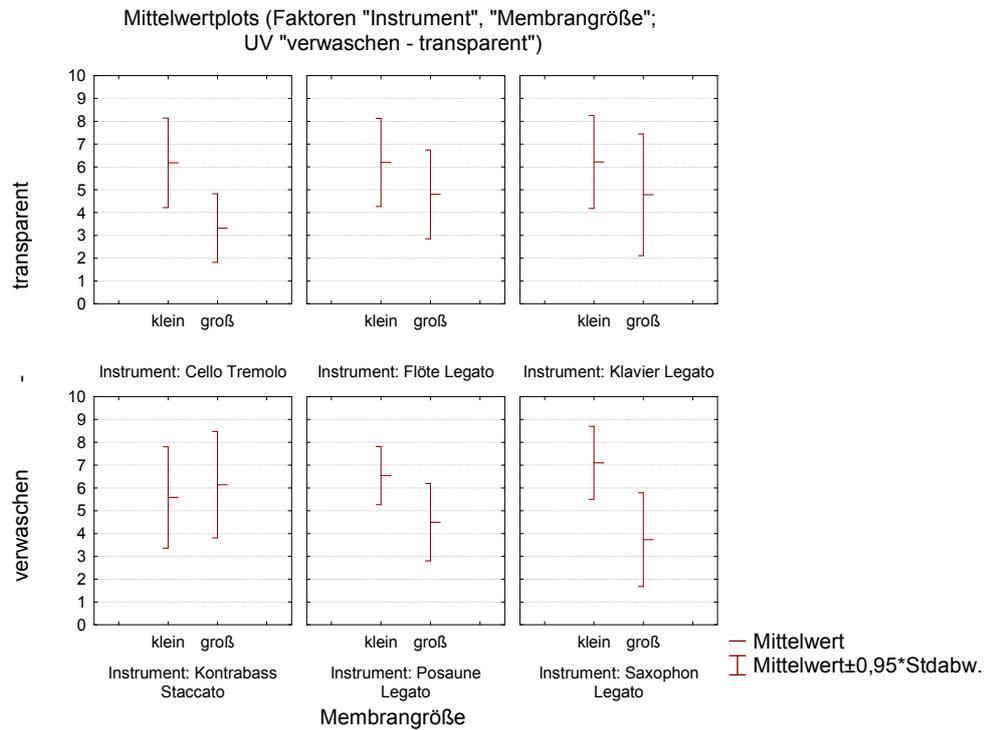


Abbildung 145 Hörtest 1: Varianzanalyse des Faktors „Membrangröße“, Variable „verwaschen – transparent“

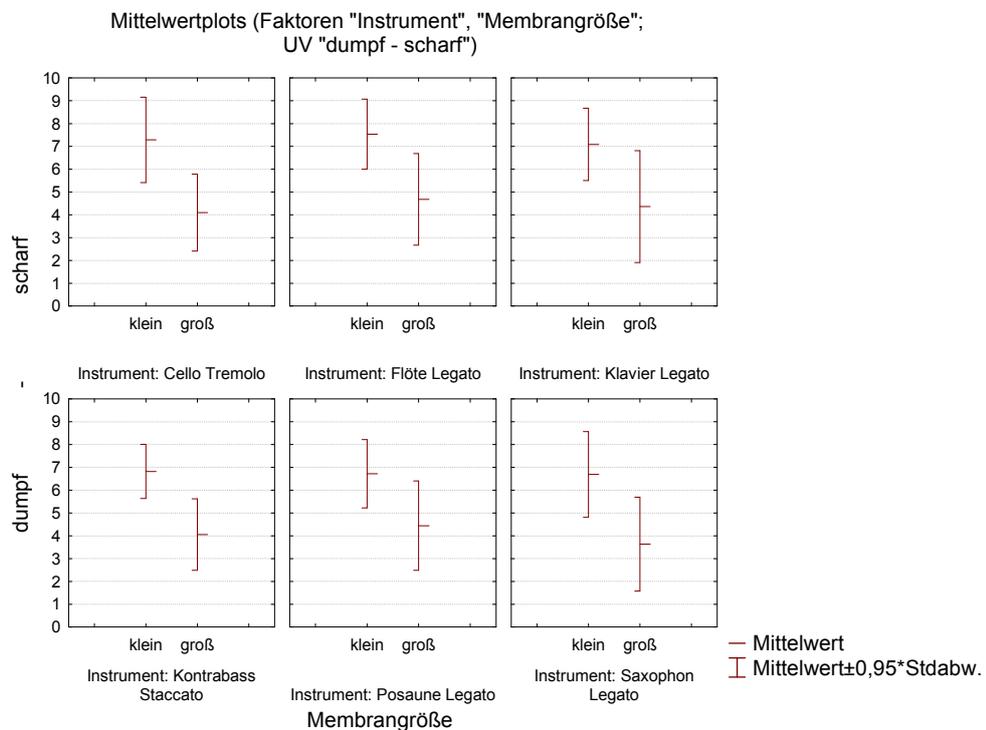


Abbildung 146 Hörtest 1: Varianzanalyse des Faktors „Membrangröße“, Variable „dumpf – scharf“

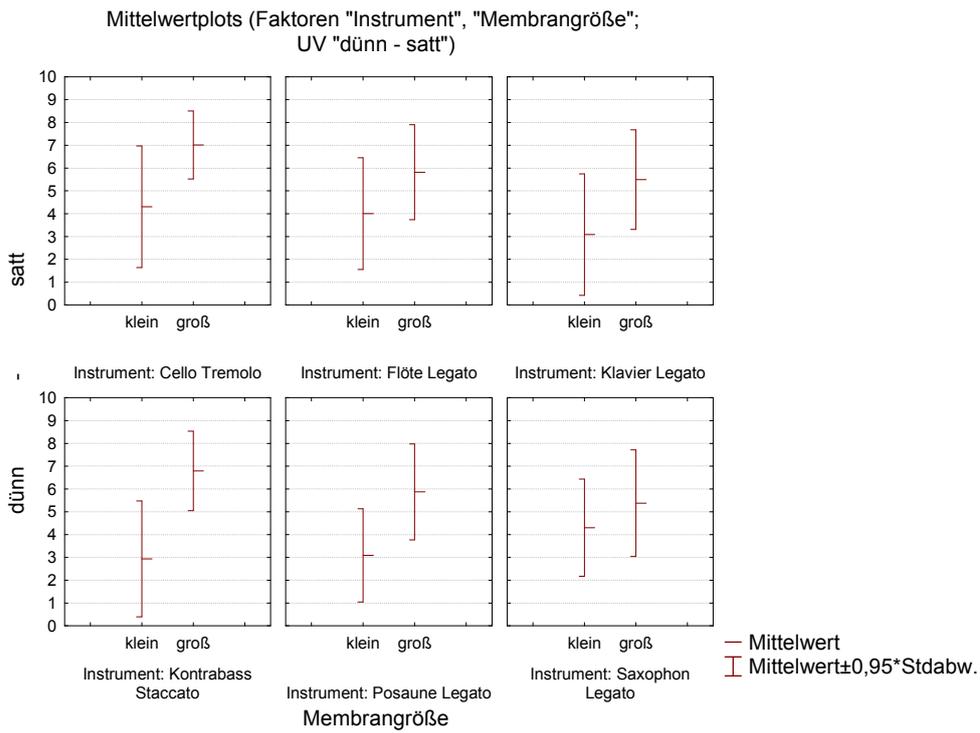


Abbildung 147 Hörtest 1: Varianzanalyse des Faktors „Membrangröße“, Variable „dünn - satt“

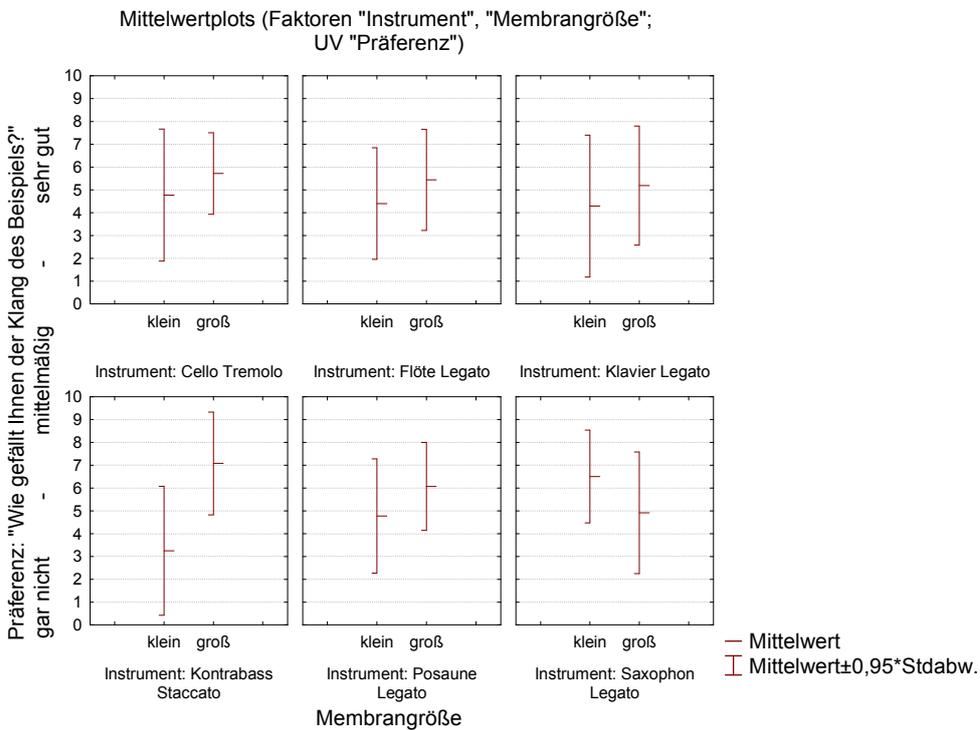


Abbildung 148 Hörtest 1: Varianzanalyse des Faktors „Membrangröße“, Präferenz

Ad. Kapitel 3.2.3: Deskriptive Statistik zur Faktorenanalyse

Wert-Nummer	Eigenwerte der Korrelationsmatrix und Statistiken nur aktive Variablen			
	Eigenwert	% Gesamt Varianz	Kumul. Eigenwert	Kumul. %
1	2,704659	54,09319	2,704659	54,0932
2	1,175584	23,51168	3,880243	77,6049
3	0,511277	10,22554	4,391520	87,8304
4	0,339777	6,79554	4,731297	94,6259
5	0,268703	5,37406	5,000000	100,0000

Tabelle 58 Hörtest 1: Eigenwerte der extrahierten Faktoren

Variable	Faktorladungen (Varimax (e)) Extraktion: Hauptkomponenten (Markierte Ladungen >,700000)	
	Faktor 1	Faktor 2
Tiefenbetonung	-0,855870	-0,268002
Höhenbetonung	0,360427	0,773321
verwaschen-transparent	-0,121376	0,858723
dumpf-scharf	0,479221	0,729018
dünn-satt	-0,913543	-0,012373
Erkl.Var	1,941367	1,938877
Ant.Ges.	0,388273	0,387775

Tabelle 59 Hörtest 1: Faktorladungen der beiden Hauptkomponenten

Variable	Faktorkoordinaten der Variable	
	Faktor 1	Faktor 2
Tiefenbetonung	0,795036	-0,415038
Höhenbetonung	-0,801443	-0,292613
verwaschen-transparent	-0,520818	-0,693459
dumpf-scharf	-0,854210	-0,177329
dünn-satt	0,655240	-0,636690

Tabelle 60 Faktorkoordinaten der klanglichen Merkmale

Ad. Kapitel 3.3.1: Deskriptive Statistik für die Paarvergleiche des Hörversuch 2

Variable	Deskriptive Statistik, Instr. Cello			
	Mittelw.	Minimum	Maximum	Stdabw.
Paar1	4,900000	2,000000	7,000000	1,744163
Paar2	5,900000	2,000000	8,000000	1,997367
Paar3	7,350000	4,000000	9,000000	1,631112
Paar4	4,050000	1,000000	8,000000	2,258901
Paar5	4,950000	2,000000	9,000000	2,064104
Paar6	6,850000	2,000000	9,000000	2,058998
Paar7	3,600000	2,000000	7,000000	1,635140
Paar8	5,400000	2,000000	8,000000	1,902906
Paar9	3,800000	2,000000	7,000000	1,641565
Paar10	4,250000	1,000000	8,000000	2,124419
Paar11	4,100000	1,000000	7,000000	1,889026
Paar12	4,400000	2,000000	8,000000	1,759186
Paar13	6,550000	3,000000	9,000000	1,791060
Paar14	5,550000	1,000000	8,000000	1,932411
Paar15	5,250000	2,000000	8,000000	2,022895
Paar16	6,300000	2,000000	9,000000	1,922170
Paar17	5,200000	2,000000	8,000000	1,852452
Paar18	3,900000	1,000000	8,000000	2,221901
Paar19	5,700000	1,000000	9,000000	2,364207
Paar20	4,800000	2,000000	7,000000	1,765160
Paar21	5,650000	2,000000	8,000000	2,033276
Paar22	6,050000	1,000000	9,000000	2,459675
Paar23	7,150000	1,000000	9,000000	1,980829
Paar24	4,650000	1,000000	8,000000	2,033276
Paar25	3,650000	2,000000	6,000000	1,348488
Paar26	3,500000	1,000000	8,000000	1,986799
Paar27	7,450000	3,000000	9,000000	1,700619
Paar28	5,450000	2,000000	8,000000	1,877148
Paar29	4,150000	1,000000	8,000000	2,207046
Paar30	5,500000	2,000000	9,000000	2,438723
Paar31	5,700000	2,000000	8,000000	1,922170
Paar32	6,400000	2,000000	9,000000	1,957442
Paar33	3,700000	2,000000	9,000000	1,922170
Paar34	5,200000	2,000000	9,000000	2,375312
Paar35	4,950000	1,000000	8,000000	1,986136
Paar36	4,600000	1,000000	8,000000	2,161871

Tabelle 61 Hörversuch 2: Deskriptive Statistik der Paarvergleiche, Instrument Cello

Variable	Deskriptive Statistik, Instr. Klavier			
	Mittelw.	Minimum	Maximum	Stdabw.
Paar1	4,666667	1,000000	9,000000	2,057507
Paar2	6,523810	3,000000	8,000000	1,470342
Paar3	7,428571	4,000000	9,000000	1,434274
Paar4	4,095238	1,000000	7,000000	1,578124
Paar5	4,904762	2,000000	9,000000	1,757975
Paar6	6,857143	3,000000	9,000000	1,740279
Paar7	4,190476	1,000000	8,000000	1,913610
Paar8	7,761905	6,000000	9,000000	0,995227
Paar9	6,333333	2,000000	9,000000	1,825742
Paar10	5,095238	2,000000	9,000000	2,047065
Paar11	6,047619	2,000000	9,000000	2,108938
Paar12	4,285714	2,000000	9,000000	1,847779
Paar13	7,523810	6,000000	9,000000	0,980767
Paar14	4,857143	2,000000	9,000000	1,982062
Paar15	5,190476	1,000000	9,000000	2,159144
Paar16	3,904762	1,000000	7,000000	2,022493
Paar17	5,000000	1,000000	9,000000	2,323790
Paar18	3,714286	1,000000	8,000000	1,978455
Paar19	6,761905	4,000000	9,000000	1,729299
Paar20	6,428571	1,000000	9,000000	2,087377
Paar21	5,190476	2,000000	8,000000	1,778175
Paar22	5,809524	2,000000	9,000000	2,112322
Paar23	5,476190	2,000000	9,000000	2,337072
Paar24	4,095238	1,000000	8,000000	2,165751
Paar25	4,523810	1,000000	9,000000	2,135862
Paar26	4,190476	1,000000	8,000000	2,315579
Paar27	6,190476	3,000000	9,000000	1,778175
Paar28	5,000000	2,000000	8,000000	1,843909
Paar29	3,285714	1,000000	7,000000	1,764734
Paar30	5,476190	3,000000	9,000000	1,721019
Paar31	4,666667	2,000000	8,000000	1,770122
Paar32	4,809524	1,000000	8,000000	2,441701
Paar33	5,047619	2,000000	9,000000	1,774153
Paar34	6,285714	3,000000	9,000000	1,927248
Paar35	4,428571	1,000000	8,000000	2,181088
Paar36	6,666667	3,000000	9,000000	1,622755

Tabelle 62 Hörversuch 2: Deskriptive Statistik der Paarvergleiche, Instrument Klavier

Variable	Deskriptive Statistik, Instr. Saxophon			
	Mittelw.	Minimum	Maximum	Stdabw.
Paar1	3,950000	1,000000	7,000000	1,669384
Paar2	7,150000	4,000000	9,000000	1,565248
Paar3	6,450000	3,000000	9,000000	1,731291
Paar4	3,150000	1,000000	6,000000	1,565248
Paar5	5,800000	3,000000	8,000000	1,576138
Paar6	4,550000	2,000000	9,000000	1,731291
Paar7	3,850000	1,000000	8,000000	2,109502
Paar8	6,300000	2,000000	9,000000	1,780006
Paar9	3,900000	1,000000	8,000000	1,997367
Paar10	6,150000	3,000000	8,000000	1,424411
Paar11	4,550000	2,000000	7,000000	1,503505
Paar12	4,600000	1,000000	9,000000	2,210025
Paar13	5,550000	1,000000	9,000000	2,350252
Paar14	7,450000	5,000000	9,000000	1,099043
Paar15	3,750000	1,000000	8,000000	1,970172
Paar16	5,750000	3,000000	8,000000	1,712954
Paar17	4,450000	1,000000	8,000000	1,959457
Paar18	5,250000	1,000000	9,000000	2,403397
Paar19	3,750000	2,000000	7,000000	1,618154
Paar20	5,150000	2,000000	9,000000	2,323224
Paar21	5,950000	2,000000	9,000000	2,139233
Paar22	5,850000	2,000000	8,000000	1,814416
Paar23	5,150000	2,000000	8,000000	1,899446
Paar24	4,100000	1,000000	7,000000	1,970840
Paar25	4,050000	1,000000	8,000000	2,114486
Paar26	4,800000	2,000000	8,000000	2,067289
Paar27	6,100000	2,000000	9,000000	1,970840
Paar28	4,400000	1,000000	7,000000	1,818038
Paar29	3,450000	2,000000	5,000000	1,099043
Paar30	5,350000	1,000000	9,000000	2,300458
Paar31	4,900000	2,000000	8,000000	1,943951
Paar32	4,300000	2,000000	7,000000	1,688974
Paar33	5,300000	1,000000	9,000000	2,577228
Paar34	5,200000	2,000000	9,000000	1,794729
Paar35	3,400000	1,000000	7,000000	1,698296
Paar36	4,500000	1,000000	9,000000	1,986799

Tabelle 63 Hörversuch 2: Deskriptive Statistik der Paarvergleiche, Instrument Saxophon

Ad. Kapitel 3.3.1: Clusteranalyse zur Überprüfung der IEM-Testdaten

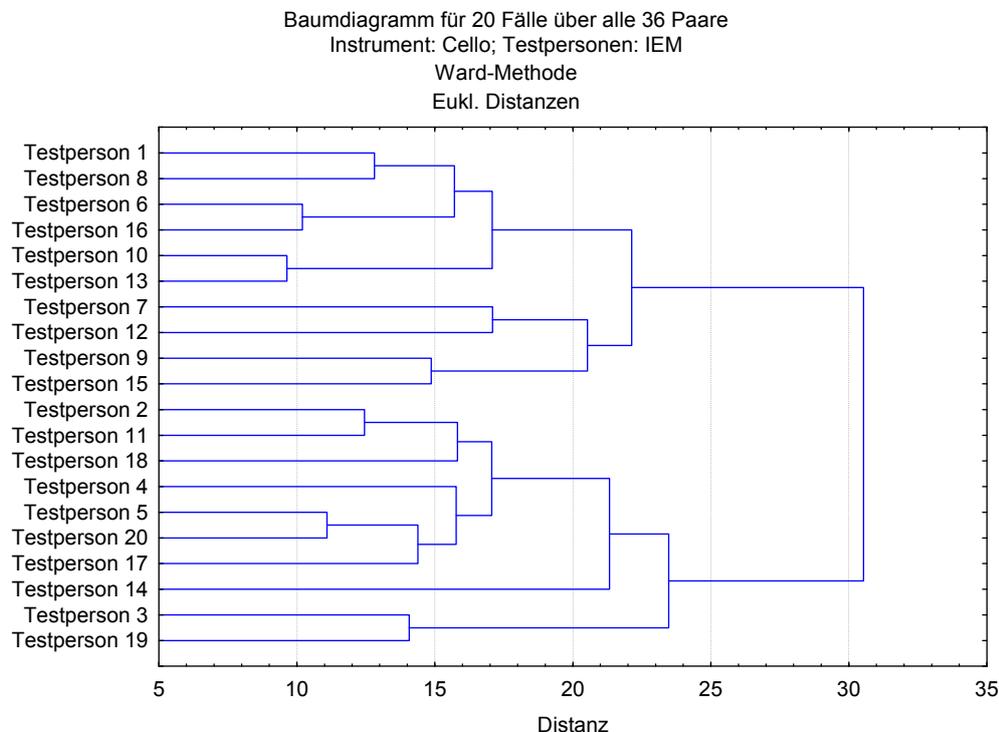


Abbildung 149 Hörtest 2: Clusteranalyse der Testpersonen, Instrument Cello

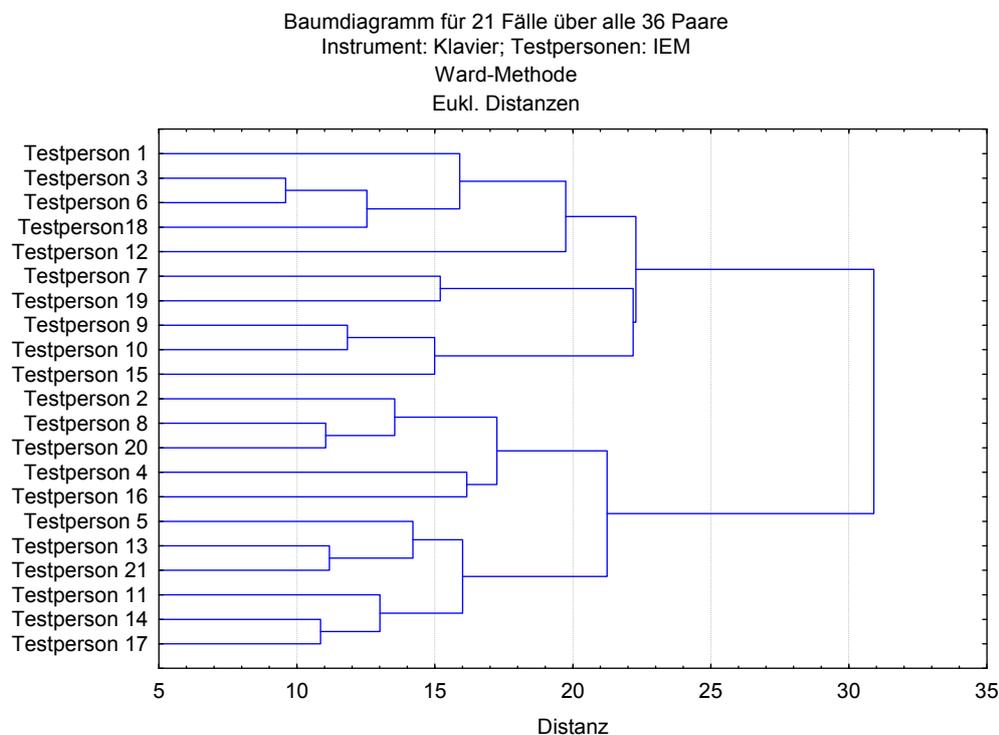


Abbildung 150 Hörtest 2: Clusteranalyse der Testpersonen, Instrument Klavier

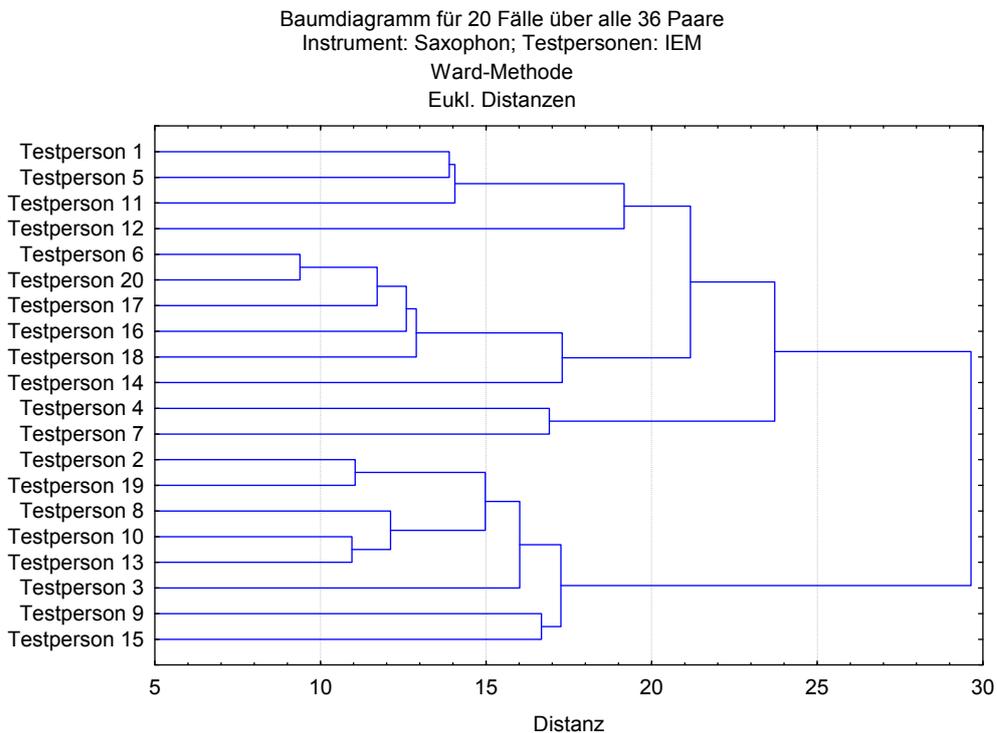


Abbildung 151 Hörtest 2: Clusteranalyse der Testpersonen, Instrument Saxophon

Ad. Kapitel 3.3.2: Multidimensionale Skalierung

Distanzen in 2-dimensionaler Endkonfiguration, Instr. Cello D-Stern: Phi = 2,298544; Alienation = ,1678564 D-Dach: Phi = ,9347220; Stress = ,1074234									
	C414 K	C414 N	C451 N	C480 K	C480 N	C1000 N	C4000 N	SE300 N	SolidT N
C414 K	0,00	0,96	1,57	1,20	2,37	1,20	1,61	1,29	0,76
C414 N	0,96	0,00	1,33	0,78	2,42	1,21	0,77	0,44	0,42
C451 N	1,57	1,33	0,00	2,11	1,12	0,43	1,06	1,07	1,65
C480 K	1,20	0,78	2,11	0,00	3,17	1,94	1,44	1,17	0,52
C480 N	2,37	2,42	1,12	3,17	0,00	1,25	2,16	2,19	2,68
C1000 N	1,20	1,21	0,43	1,94	1,25	0,00	1,21	1,09	1,44
C4000 N	1,61	0,77	1,06	1,44	2,16	1,21	0,00	0,34	1,19
SE300 N	1,29	0,44	1,07	1,17	2,19	1,09	0,34	0,00	0,86
SolidT N	0,76	0,42	1,65	0,52	2,68	1,44	1,19	0,86	0,00

Tabelle 64 Hörtest 2: Distanzen der zweidimensionalen Endkonfiguration (Nieren- und Kugelcharakteristik), Instrument Cello

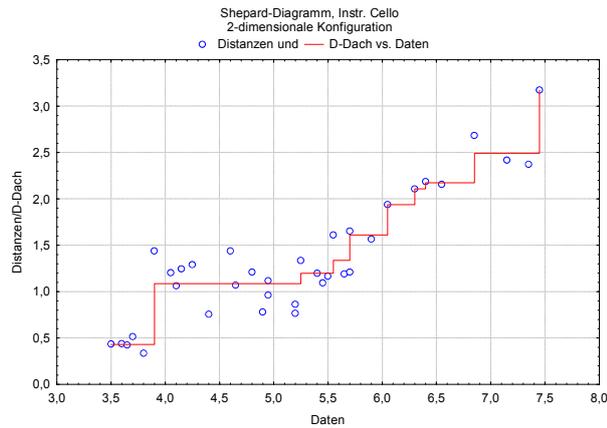


Abbildung 152 Hörtest 2: Shepard-Diagramm der zwei-dimensionalen Konfiguration für Cello

Distanzen in 2-dimensionaler Endkonfiguration, Instr. Klavier D-Stern: $\Phi = 1,134984$; Alienation = ,1181654 D-Dach: $\Phi = ,4538670$; Stress = ,0748552									
	C414 K	C414 N	C451 N	C480 K	C480 N	C1000 N	C4000 N	SE300 N	SolidT N
C414 K	0,00	1,24	1,70	0,91	2,46	2,38	1,13	1,62	0,63
C414 N	1,24	0,00	1,32	1,37	1,76	1,98	1,97	0,71	0,61
C451 N	1,70	1,32	0,00	0,97	0,83	0,71	1,53	0,76	1,40
C480 K	0,91	1,37	0,97	0,00	1,80	1,57	0,65	1,30	1,01
C480 N	2,46	1,76	0,83	1,80	0,00	0,59	2,34	1,05	2,06
C1000 N	2,38	1,98	0,71	1,57	0,59	0,00	1,99	1,32	2,11
C4000 N	1,13	1,97	1,53	0,65	2,34	1,99	0,00	1,95	1,50
SE300 N	1,62	0,71	0,76	1,30	1,05	1,32	1,95	0,00	1,09
SolidT N	0,63	0,61	1,40	1,01	2,06	2,11	1,50	1,09	0,00

Tabelle 65 Hörtest 2: Distanzen der zweidimensionalen Endkonfiguration (Nieren- und Kugelcharakteristik), Instrument Klavier

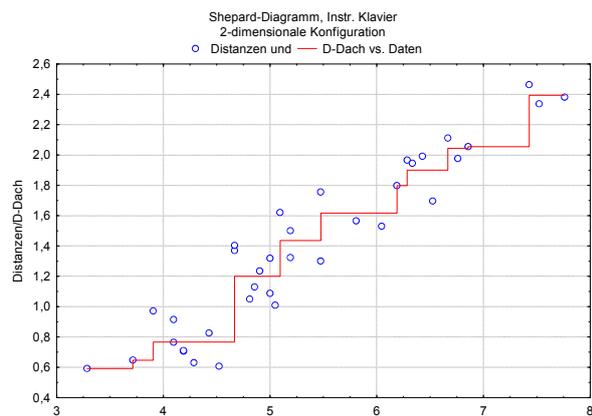


Abbildung 153 Hörtest 2: Shepard-Diagramm der zwei-dimensionalen Konfiguration für Klavier

Distanzen in 2-dimensionaler Endkonfiguration, Instr. Saxophon D-Stern: Phi = 1,451110; Alienation = ,1335466 D-Dach: Phi = ,8222564; Stress = ,1007537									
	C414 K	C414 N	C451 N	C480 K	C480 N	C1000 N	C4000 N	SE300 N	SolidT N
C414 K	0,00	1,57	2,58	0,98	2,70	2,13	2,54	2,13	1,38
C414 N	1,57	0,00	1,02	0,95	1,25	0,82	1,28	0,62	0,69
C451 N	2,58	1,02	0,00	1,86	0,72	0,91	1,05	0,56	1,49
C480 K	0,98	0,95	1,86	0,00	2,20	1,74	1,58	1,33	1,25
C480 N	2,70	1,25	0,72	2,20	0,00	0,59	1,76	1,13	1,37
C1000 N	2,13	0,82	0,91	1,74	0,59	0,00	1,76	1,01	0,78
C4000 N	2,54	1,28	1,05	1,58	1,76	1,76	0,00	0,76	1,97
SE300 N	2,13	0,62	0,56	1,33	1,13	1,01	0,76	0,00	1,27
SolidT N	1,38	0,69	1,49	1,25	1,37	0,78	1,97	1,27	0,00

Tabelle 66 Hörtest 2: Distanzen der zweidimensionalen Endkonfiguration (Nieren- und Kugelcharakteristik), Instrument Saxophon

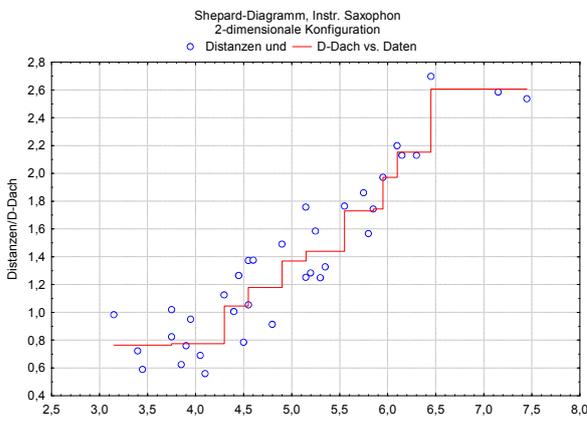


Abbildung 154 Hörtest 2: Shepard-Diagramm der zweidimensionalen Konfiguration für Saxophon

Distanzen in 2-dimensionaler Endkonfiguration, Mittel über alle Instrumente D-Stern: Phi = 1,418010; Alienation = ,1320215 D-Dach: Phi = ,4968352; Stress = ,0783184									
	C414 K	C414 N	C451 N	C480 K	C480 N	C1000 N	C4000 N	SE300 N	SolidT N
C414 K	0,00	1,25	2,08	0,61	2,91	2,34	1,76	1,48	1,10
C414 N	1,25	0,00	1,12	1,09	1,76	1,19	1,60	0,57	0,39
C451 N	2,08	1,12	0,00	1,60	0,94	0,52	1,17	0,62	1,51
C480 K	0,61	1,09	1,60	0,00	2,50	1,96	1,15	1,07	1,14
C480 N	2,91	1,76	0,94	2,50	0,00	0,57	2,05	1,44	2,11
C1000 N	2,34	1,19	0,52	1,96	0,57	0,00	1,68	0,89	1,55
C4000 N	1,76	1,60	1,17	1,15	2,05	1,68	0,00	1,12	1,88
SE300 N	1,48	0,57	0,62	1,07	1,44	0,89	1,12	0,00	0,94
SolidT N	1,10	0,39	1,51	1,14	2,11	1,55	1,88	0,94	0,00

Tabelle 67 Hörtest 2: Distanzen der zweidimensionalen Endkonfiguration (Nieren- und Kugelcharakteristik), gemittelt über alle Instrumente

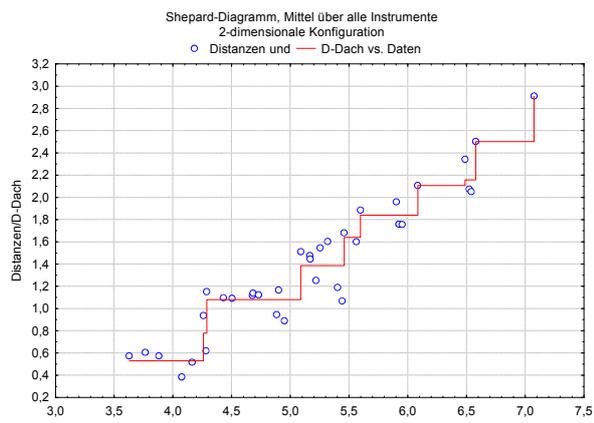


Abbildung 155 Hörtest 2: Shepard-Diagramm der zwei-dimensionalen Konfiguration, Mittel über alle Instrumente

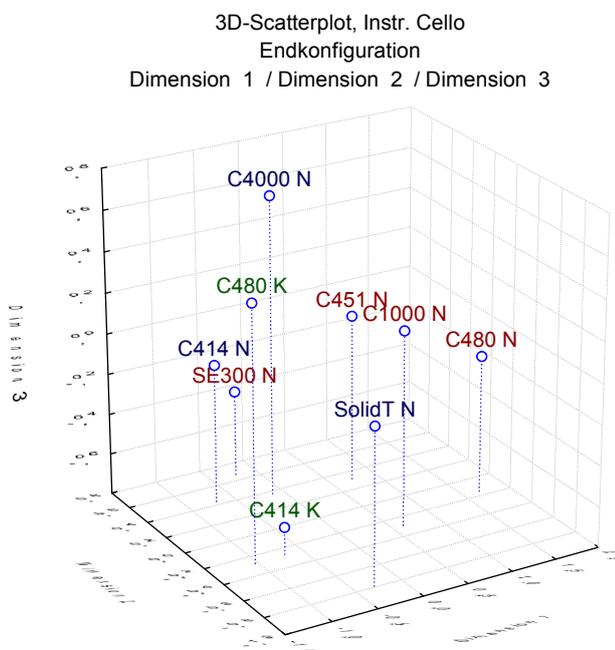


Abbildung 156 Hörtest 2: Dreidimensionale Endkonfiguration für Cello

Distanzen in 3-dimensionaler Endkonfiguration, Instr. Cello D-Stern: Phi = ,5629811; Alienation = ,0832965 D-Dach: Phi = ,1886872; Stress = ,0482646									
	C414 K	C414 N	C451 N	C480 K	C480 N	C1000 N	C4000 N	SE300 N	SolidT N
C414 K	0,00	0,89	1,69	1,17	2,44	1,55	1,58	1,09	0,91
C414 N	0,89	0,00	1,45	0,97	2,45	1,53	0,97	0,59	1,29
C451 N	1,69	1,45	0,00	1,92	1,06	0,63	1,08	1,10	1,51
C480 K	1,17	0,97	1,92	0,00	2,78	1,68	1,14	1,50	1,02
C480 N	2,44	2,45	1,06	2,78	0,00	1,11	2,04	2,09	2,08
C1000 N	1,55	1,53	0,63	1,68	1,11	0,00	1,12	1,39	1,06
C4000 N	1,58	0,97	1,08	1,14	2,04	1,12	0,00	1,09	1,36
SE300 N	1,09	0,59	1,10	1,50	2,09	1,39	1,09	0,00	1,50
SolidT N	0,91	1,29	1,51	1,02	2,08	1,06	1,36	1,50	0,00

Tabelle 68 Hörtest 2: Distanzen der dreidimensionalen Endkonfiguration (Nieren- und Kugelcharakteristik), Instrument Cello

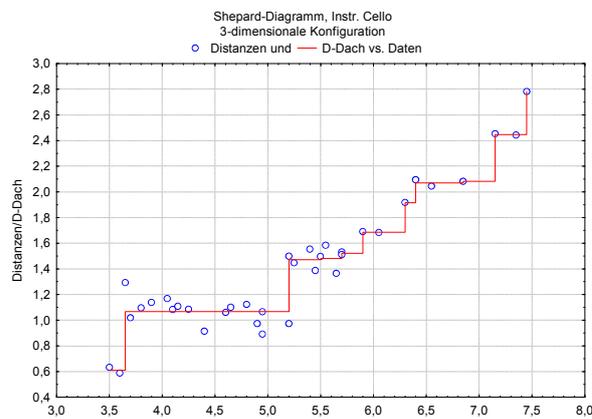


Abbildung 157 Hörtest 2: Shepard-Diagramm der dreidimensionalen Konfiguration, Instrument Cello

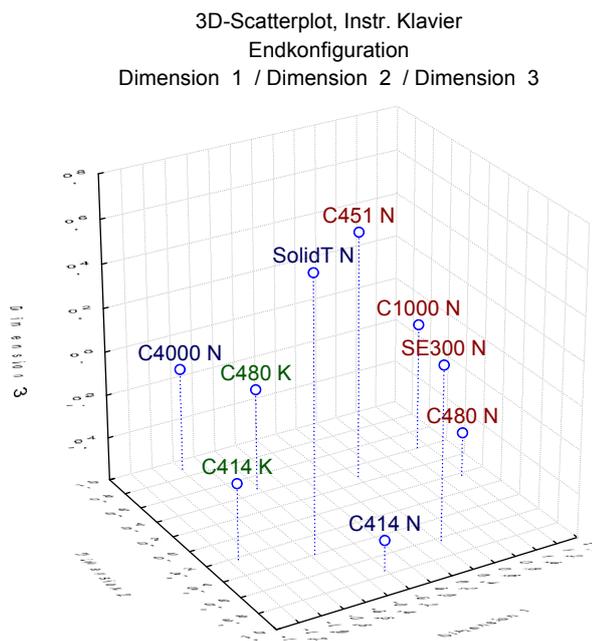


Abbildung 158 3-dimensionale Endkonfiguration für Klavier, Hörtest 2

Distanzen in 3-dimensionaler Endkonfiguration, Instr. Klavier D-Stern: Phi = ,4391617; Alienation = ,0735826 D-Dach: Phi = ,1316628; Stress = ,0403171									
	C414 K	C414 N	C451 N	C480 K	C480 N	C1000 N	C4000 N	SE300 N	SolidT N
C414 K	0,00	1,08	1,80	0,99	2,31	2,33	1,18	1,67	1,08
C414 N	1,08	0,00	1,56	1,27	1,56	1,82	1,78	0,93	1,22
C451 N	1,80	1,56	0,00	1,08	1,23	0,89	1,50	0,96	1,19
C480 K	0,99	1,27	1,08	0,00	1,68	1,53	0,58	1,41	1,16
C480 N	2,31	1,56	1,23	1,68	0,00	0,58	2,18	1,12	2,05
C1000 N	2,33	1,82	0,89	1,53	0,58	0,00	1,96	1,26	1,96
C4000 N	1,18	1,78	1,50	0,58	2,18	1,96	0,00	1,98	1,52
SE300 N	1,67	0,93	0,96	1,41	1,12	1,26	1,98	0,00	1,11
SolidT N	1,08	1,22	1,19	1,16	2,05	1,96	1,52	1,11	0,00

Tabelle 69 Hörtest 2: Distanzen der dreidimensionalen Endkonfiguration (Nieren- und Kugelcharakteristik), Instrument Klavier

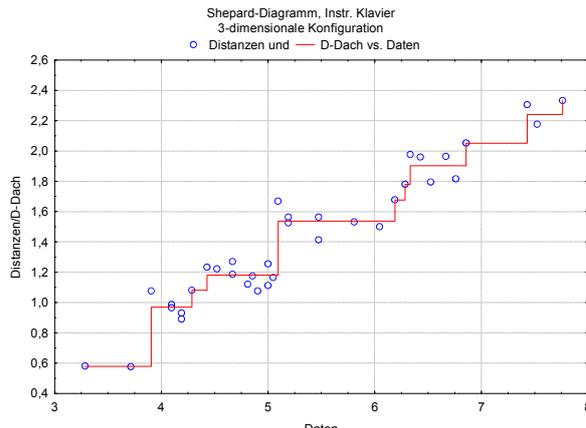


Abbildung 159 Hörtest 2: Shepard-Diagramm der drei-dimensionalen Konfiguration, Instrument Klavier

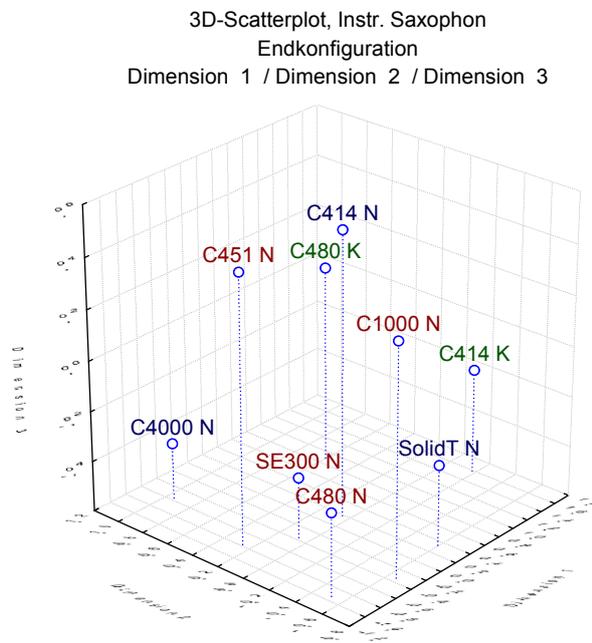


Abbildung 160 3-dimensionale Endkonfiguration für Saxophon, Hörtest 2

Distanzen in 3-dimensionaler Endkonfiguration, Instr. Saxophon D-Stern: Phi = ,6704172; Alienation = ,0908825 D-Dach: Phi = ,2776127; Stress = ,0585433									
	C414 K	C414 N	C451 N	C480 K	C480 N	C1000 N	C4000 N	SE300 N	SolidT N
C414 K	0,00	1,59	2,49	1,10	2,54	2,04	2,44	1,97	1,32
C414 N	1,59	0,00	0,99	0,97	1,48	0,90	1,48	1,04	1,04
C451 N	2,49	0,99	0,00	1,73	1,08	1,03	1,10	0,94	1,59
C480 K	1,10	0,97	1,73	0,00	2,19	1,77	1,60	1,47	1,40
C480 N	2,54	1,48	1,08	2,19	0,00	0,85	1,51	0,82	1,27
C1000 N	2,04	0,90	1,03	1,77	0,85	0,00	1,77	0,99	0,90
C4000 N	2,44	1,48	1,10	1,60	1,51	1,77	0,00	0,90	1,79
SE300 N	1,97	1,04	0,94	1,47	0,82	0,99	0,90	0,00	0,97

Tabelle 70 Hörtest 2: Distanzen der dreidimensionalen Endkonfiguration (Nieren- und Kugelcharakteristik), Instrument Saxophon

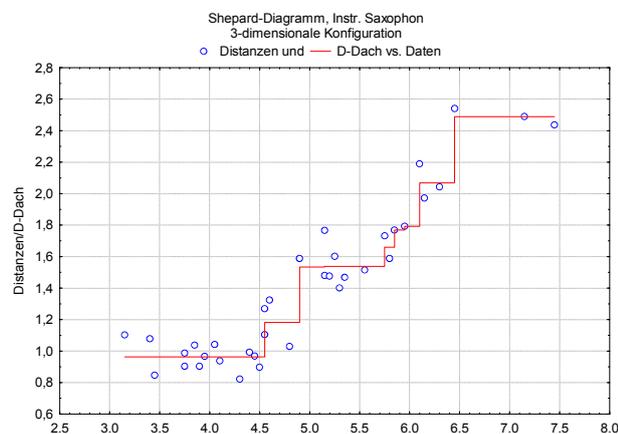


Abbildung 161 Hörtest 2: Shepard-Diagramm der dreidimensionalen Konfiguration, Instrument Saxophon

Distanzen in 3-dimensionaler Endkonfiguration, Mittel über alle Instrumente D-Stern: Phi = ,2368558; Alienation = ,0540556 D-Dach: Phi = ,0964356; Stress = ,0345045									
	C414 K	C414 N	C451 N	C480 K	C480 N	C1000 N	C4000 N	SE300 N	SolidT N
C414 K	0,00	1,42	2,01	0,62	2,58	2,07	1,67	1,71	1,05
C414 N	1,42	0,00	1,23	1,36	1,73	1,54	1,60	0,60	0,68
C451 N	2,01	1,23	0,00	1,59	0,83	0,66	1,21	0,91	1,49
C480 K	0,62	1,36	1,59	0,00	2,27	1,73	1,07	1,43	1,19
C480 N	2,58	1,73	0,83	2,27	0,00	0,64	2,01	1,57	1,87
C1000 N	2,07	1,54	0,66	1,73	0,64	0,00	1,63	1,44	1,53
C4000 N	1,67	1,60	1,21	1,07	2,01	1,63	0,00	1,23	1,83
SE300 N	1,71	0,60	0,91	1,43	1,57	1,44	1,23	0,00	1,19
SolidT N	1,05	0,68	1,49	1,19	1,87	1,53	1,83	1,19	0,00

Tabelle 71 Hörtest 2: Distanzen der dreidimensionalen Endkonfiguration (Nieren- und Kugelcharakteristik), gemittelt über alle Instrumente

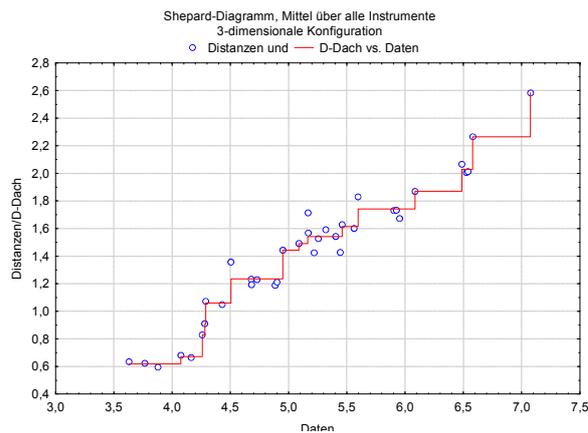


Abbildung 162 Hörtest 2: Shepard-Diagramm der dreidimensionalen Konfiguration, Mittel über alle Instrumente

Variable	Präferenz: Deskriptive Statistik für Cello - Hörversuch 2			
	Mittelw.	Minimum	Maximum	Stdabw.
C 414 K	5,857143	1,000000	9,000000	2,495711
C 414 N	3,333333	1,000000	7,000000	1,712698
C 451 N	4,476190	1,000000	9,000000	3,076021
C 480 K	4,333333	1,000000	9,000000	2,287648
C 480 N	6,285714	1,000000	9,000000	3,018988
C 1000 N	5,809524	1,000000	9,000000	2,441701
C 4000 N	5,000000	2,000000	9,000000	1,870829
SE 300 N	4,190476	1,000000	9,000000	2,482318
Solidtube	5,714286	1,000000	9,000000	2,512824

Tabelle 72 Hörversuch 2: Präferenzwertung für Cello

Scheffe Test; Var.: Präferenz; Instr.: Cello										
	Mikrofon	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
		5,8571	3,3333	4,4762	4,3333	6,2857	5,8095	5,0000	4,1905	5,7143
1	C 414 K		0,21	0,91	0,86	1,00	1,00	1,00	0,78	1,00
2	C 414 N	0,21		0,97	0,99	0,07	0,24	0,78	1,00	0,29
3	C 451 N	0,91	0,97		1,00	0,69	0,93	1,00	1,00	0,95
4	C 480 K	0,86	0,99	1,00		0,59	0,88	1,00	1,00	0,91
5	C 480 N	1,00	0,07	0,69	0,59		1,00	0,94	0,48	1,00
6	C 1000 N	1,00	0,24	0,93	0,88	1,00		1,00	0,81	1,00
7	C 4000 N	1,00	0,78	1,00	1,00	0,94	1,00		1,00	1,00
8	SE 300 N	0,78	1,00	1,00	1,00	0,48	0,81	1,00		0,86
9	Solidtube N	1,00	0,29	0,95	0,91	1,00	1,00	1,00	0,86	

Tabelle 73 Hörversuch 2: Scheffè-Test für die Variable „Präferenz“, Instrument Cello

Variable	Präferenz: Deskriptive Statistik für Klavier - Hörversuch			
	Mittelw.	Minimum	Maximum	Stdabw.
C 414 K	5,850000	1,000000	9,000000	2,455391
C 414 N	3,650000	1,000000	8,000000	1,980829
C 451 N	5,550000	1,000000	9,000000	2,282081
C 480 K	5,450000	2,000000	9,000000	1,959457
C 480 N	5,700000	1,000000	9,000000	3,010508
C 1000 N	5,650000	1,000000	9,000000	2,412140
C 4000 N	6,800000	2,000000	9,000000	2,041671
SE 300 N	2,400000	1,000000	5,000000	1,313893
Solidtube	3,950000	1,000000	9,000000	2,742934

Tabelle 74 Hörversuch 2: Präferenzwertung für Klavier

Scheffe Test; Var.: Präferenz; Instr.: Klavier										
	Mikrofon	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
		5,8500	3,6500	5,5500	5,4500	5,7000	5,6500	6,8000	2,4000	3,9500
1	C 414 K		0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,01	0,55
2	C 414 N	0,33		0,55	0,63	0,44	0,48	0,02	0,93	1,00
3	C 451 N	1,00	0,55		1,00	1,00	1,00	0,93	0,02	0,77
4	C 480 K	1,00	0,63	1,00		1,00	1,00	0,90	0,03	0,83
5	C 480 N	1,00	0,44	1,00	1,00		1,00	0,97	0,01	0,67
6	C 1000 N	1,00	0,48	1,00	1,00	1,00		0,96	0,01	0,70
7	C 4000 N	0,99	0,02	0,93	0,90	0,97	0,96		0,00	0,06
8	SE 300 N	0,01	0,93	0,02	0,03	0,01	0,01	0,00		0,80
9	Solidtube N	0,55	1,00	0,77	0,83	0,67	0,70	0,06	0,80	

Tabelle 75 Hörversuch 2: Scheffè-Test für die Variable „Präferenz“, Instrument Klavier

Variable	Präferenz: Deskriptive Statistik für Saxophon			
	Mittelw.	Minimum	Maximum	Stdabw.
C 414 K	7,619048	2,000000	9,000000	1,596126
C 414 N	4,285714	1,000000	9,000000	2,124685
C 451 N	3,714286	1,000000	9,000000	2,935010
C 480 K	5,190476	1,000000	9,000000	2,908935
C 480 N	3,428571	1,000000	7,000000	2,063284
C 1000 N	4,952381	2,000000	9,000000	2,246691
C 4000 N	6,476190	1,000000	9,000000	2,182179
SE 300 N	3,571429	1,000000	8,000000	2,203893
Solidtube	5,761905	3,000000	9,000000	1,670472

Tabelle 76 Hörversuch 2: Präferenzwertung für Saxophon

Scheffe Test; Var.: Präferenz, Instr.: Saxophon										
	Mikrofon	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
		7,6190	4,2857	3,7143	5,1905	3,4286	4,9524	6,4762	3,5714	5,7619
1	C 414 K		0,01	0,00	0,15	0,00	0,07	0,95	0,00	0,53
2	C 414 N	0,01		1,00	0,99	0,99	1,00	0,28	1,00	0,81
3	C 451 N	0,00	1,00		0,81	1,00	0,92	0,05	1,00	0,38
4	C 480 K	0,15	0,99	0,81		0,60	1,00	0,90	0,71	1,00
5	C 480 N	0,00	0,99	1,00	0,60		0,78	0,02	1,00	0,20
6	C 1000 N	0,07	1,00	0,92	1,00	0,78		0,78	0,86	0,99
7	C 4000 N	0,95	0,28	0,05	0,90	0,02	0,78		0,03	1,00
8	SE 300 N	0,00	1,00	1,00	0,71	1,00	0,86	0,03		0,28
9	Solidtube N	0,53	0,81	0,38	1,00	0,20	0,99	1,00	0,28	

Tabelle 77 Hörversuch 2: Scheffè-Test für die Variable „Präferenz“, Instrument Saxophon

Deskriptive Statistik für gemittelte Daten (Cello, Klavier und Saxophon)							
Wilks lambda=,17335, F(30, 562)=10,299, p=0,0000							
Typ VI Dekomposition (Effektive Hypothese)							
Zelle Nr.	Mikrofon	Tiefen Mittel	Höhen Mittel	verw.-transp. Mittel	dumpf-scharf Mittel	dünn-satt Mittel	N
1	C1000_N	1,624817	7,520791	6,042198	6,831367	2,284510	21
2	C414_N	6,524817	4,854124	4,575532	4,945653	6,570224	21
3	C451_N	4,124817	7,635076	7,113627	6,750415	5,513081	21
4	C480_N	1,791341	8,081899	6,535281	8,468412	1,948079	22
5	SE300_N	4,741341	6,640990	6,294372	6,086594	6,043534	22
6	C4000_N	6,645887	2,797808	2,780735	2,452503	5,588988	22
7	SolidTube_N	6,654978	5,154627	4,312554	4,754776	6,057170	22

Tabelle 78 Hörtest 1: Mittelwerte der Eigenschaftsurteile über die Instrumente Cello, Klavier und Saxophon

Dateiname: DA_Subjektive_Evaluierung_von_Mikrofonen_Stand_05_0
3_08.doc
Verzeichnis: D:\AKG_Dipl_Arbeit\diplomarbeit\diplomarbeit_word\gesa
mtes_dokument
Vorlage: C:\Users\Babs\AppData\Local\Temp\Diplomarbeit_LS_Veit
.dot
Titel: Word Vorlage Diplomarbeit
Thema:
Autor: Babs
Stichwörter:
Kommentar:
Erstelldatum: 04.03.2008 23:32:00
Änderung Nummer: 31
Letztes Speicherdatum: 05.03.2008 10:49:00
Zuletzt gespeichert von: Babs
Letztes Druckdatum: 05.03.2008 10:59:00
Nach letztem vollständigen Druck
Anzahl Seiten: 220
Anzahl Wörter: 31.133 (ca.)
Anzahl Zeichen: 196.140 (ca.)