

Diplomarbeit

am

Institut für Technische Akustik

TU-Berlin

**Zusammenhangsanalyse
zwischen
physikalischen Merkmalen
und
Hauptkomponenten der Beurteilungsattribute
von Umweltgeräuschen**

Betreuer:

Prof. C. Maschke

Holger Prante

Verfasser:

Kai Johannsen

Berlin, den 27.10.1997

1 Einleitung	1
2 Ansätze zur Erforschung der Hörwahrnehmungsdimensionen	6
2.1 Physikalisch-technische Ansätze.....	6
2.1.1 Übersicht	6
2.1.2 Lautstärke	7
2.1.3 Tonhöhe.....	9
2.1.4 Rauigkeit	10
2.1.5 Schärfe	11
2.1.6 Schwankungsstärke	12
2.1.7 Tonhaltigkeit.....	12
2.1.8 Klanghaftigkeit.....	13
2.1.9 Impulshaftigkeit	13
2.1.10 Dichte.....	13
2.2 Psychologische Ansätze (semantisches Differential).....	14
2.2.1 Solomon.....	14
2.2.2 V. Bismarck	15
2.2.3 Japanische Untersuchungen	15
2.2.4 Weitere Arbeiten	15
3 Statistische Verfahren	17
3.1 Clusteranalyse	17
3.1.1 K-Means-Clusteranalyse	17
3.1.2 Hierarchische Clusteranalyseverfahren.....	18
3.1.3 Faktorenanalyse	19
3.2 Korrelationsanalyse.....	21
3.3 Regressionsanalyse.....	21
3.3.1 Einfache lineare Regression	22
3.3.2 Multiple lineare Regression	23
4 Verwendete Hilfsmittel	25
4.1 Geräte für die Geräuschaufnahmen.....	25
4.2 Geräte für den Hörversuch	26
4.3 Software	27

5 Befragung zu Geräuscheigenschaften	29
5.1 Vorgehensweise	29
5.2 Versuchspersonenkollektiv	29
5.3 Zugeordnete Adjektivpaare	30
5.3.1 Clusteranalyse der Geräuscheigenschaften.....	30
5.3.2 Auswahl der Adjektivpaare	36
5.4 Auswahl der Geräusche.....	40
6 Aufnahme und Bearbeitung der Geräusche	44
6.1 Durchführung der Geräuschaufnahmen.....	44
6.2 Verarbeitung der Geräuschaufnahmen.....	46
6.2.1 Festlegung der Geräuschlänge	46
6.2.2 Auswahl repräsentativer Zeitabschnitte.....	46
6.2.3 Wiedergabepegel der Geräusche	47
6.2.4 Veränderung der Geräusche	47
6.2.5 Kalibrierung der WAV-Dateien	48
6.3 Bestimmung der psychoakustischen Parameter der Geräusche	48
6.3.1 Berücksichtigung der Kopfhörerübertragungsfunktion.....	49
6.3.2 Vorgehensweise	50
6.3.3 Ergebnisse	51
7 Hörversuch	55
7.1 Vorüberlegungen.....	55
7.1.1 Anzahl der Versuchspersonen	55
7.1.2 Art der Versuchspersonen	56
7.1.3 Darbietung der Geräusche.....	57
7.1.4 Orientierungsphase.....	58
7.1.5 Instruktion der Versuchspersonen	58
7.1.6 Skala für das Semantische Differential	58
7.1.7 Beschriftung der Skala.....	58
7.1.8 Gesamtdauer des Hörversuchs	59
7.2 Durchführung des Hörversuchs.....	59
7.2.1 Aufnahme der Hörschwelle	59
7.2.2 Orientierungsphase.....	59
7.2.3 Hörversuch	60

7.3 Versuchsergebnisse	60
7.3.1 Versuchspersonenkollektiv.....	60
7.3.2 Allgemeine statistische Beschreibung der Versuchsergebnisse.....	64
7.3.3 Faktorenanalyse	72
7.3.4 Berechnung der Faktorwerte	76
7.3.5 Bestimmung von Geräuschprototypen	79
7.3.6 Zusammenfassung.....	83
8 Zusammenhangsanalyse	85
8.1 Korrelationsanalyse.....	85
8.2 Regressionsanalyse.....	88
8.2.1 Vorgehensweise bei der Regressionsanalyse	88
8.2.2 Ergebnisse der Regressionsanalyse	89
9 Zusammenfassung und Ausblick.....	98
10 Literaturverzeichnis	101

1 Einleitung

Die Psychoakustik beschäftigt sich mit der Wahrnehmung von Schallsignalen. Die vorliegende Arbeit geht der Frage nach, ob sich die Hörwahrnehmung in verschiedene Komponenten (Dimensionen) aufteilen läßt, vergleichbar etwa mit der Aufteilung der Geschmackswahrnehmung in bitter, süß, salzig und sauer. Zum einen ist dann von Interesse, wieviele Dimensionen es gibt und wie sich aus ihnen der Gesamteindruck eines Geräusches bestimmt. Zum anderen, wie diese Dimensionen mit psychoakustischen Reizparametern zusammenhängen. Dies sind Fragen, die bis heute noch nicht befriedigend aufgeklärt sind.

Gut erforscht sind bisher die psychoakustischen Wahrnehmungsgrößen Tonhöhe und Lautheit [53]. Alle Komponenten der Hörwahrnehmung, die nicht durch diese psychoakustischen Größen abgedeckt sind, wurden in der Vergangenheit oft mit dem weiten Begriff der Klangfarbe erfaßt [38]+[45]. Später wurden auch die Wahrnehmungsgrößen Schärfe [5]+[8], Rauigkeit [4] und Schwankungsstärke [53] mit synthetischen Schallen untersucht und definiert.

Auch andere Bereiche in der Akustik beschäftigen sich mit der Hörwahrnehmung. In der Regel werden dort bestimmte Geräuscheigenschaften durch Worte beschrieben. So finden im HiFi-Bereich oft Kategorien wie Klarheit, Räumlichkeit, Durchsichtigkeit, Transparenz und Volumen Anwendung. Bei der Beschreibung der Qualität von Hörgeräten wird mit Begriffen wie Sprachverständlichkeit, Angenehmheit und Helle gearbeitet [30]. Auch in der Raumakustik sind ähnliche Begriffe verbreitet: Sprachverständlichkeit, Deutlichkeit, Klarheit und Halligkeit [20]+[35]. Diese Beispiele beschäftigen sich mit der akustischen Wahrnehmung bestimmter Objekte und sind aus diesem Grund auf Anwendungen in dem jeweiligen Gebiet beschränkt.

Geht es darum die Lärmbelästigung zu beschreiben, so werden in der Regel Begriffe wie Lästigkeit, Impulshaltigkeit, Tonhaltigkeit und Schwankungsstärke verwendet.

In jüngster Zeit beschäftigen sich viele Veröffentlichungen mit der Erfassung der akustischen Qualität bestimmter Produkte, z.B. Automobile, Warnsignale usw. Die Ergebnisse dieser Arbeiten sollen dazu führen, die Akzeptanz der Produkte und damit ihre Absatzmenge zu erhöhen. Speziell in der japanischen Automobilindustrie wird die Untersuchungsmethode mit dem semantischen Differential häufig eingesetzt [29],[37]+[48]. Auch hier liegen die Ergebnisse oft in Form von Empfindungsdimensionen (Geräuschattributen, wie z.B. Erstklassigkeit oder Mächtigkeit) vor.

In der vorliegenden Arbeit werden Dimensionen der Hörwahrnehmung mit berechenbaren psychoakustischen Parametern in Verbindung gebracht. Hierzu werden zunächst die wichtigen Komponenten der Hörwahrnehmung bestimmt.

Zunächst werden bisher unternommene Schritte zur Bestimmung der Wahrnehmungsdimensionen beschrieben. Grundsätzlich kann zwischen zwei Richtungen unterschieden werden. Zum einen der technisch orientierte Weg der "Münchener Schule", wie im folgenden die in Arbeitsgruppen um Prof. Terhardt und Prof. Zwicker entstandenen Arbeiten bezeichnet werden [3],[4],[5],[8],[9],[25],[31],[49],[52],[53],[54]. Zum anderen der psychologisch orientierte Weg über eine Befragung mit dem semantischen Differential mit anschließender Faktorenanalyse[9],[11],[34],[36],[37],[40],[46],[48]. Beide Methoden haben Vor- und Nachteile. So können mit der ersten Methode, unter Verwendung künstlicher Schalle und schrittweiser Änderung von Geräuschparametern, mathematische Zusammenhänge gewonnen werden, die die Reizgrößen mit Wahrnehmungsgrößen verknüpfen. Der Nachteil besteht darin, daß die so gewonnenen Größen zunächst nur für die Wahrnehmung von künstlichen Geräuschen zutreffen. Auch die daraus entwickelten Berechnungsverfahren sind in der Regel nicht ohne weiteres auf natürliche Geräusche übertragbar.

Die Methode mit dem semantischen Differential kann auch mit natürlichen Geräuschen durchgeführt werden. Der Nachteil besteht hier darin, daß ein Zusammenhang zwischen den gewonnenen Faktoren und psychoakustischen Geräuschparametern nur sehr schwer zu ermitteln ist.

In der vorliegenden Arbeit soll ein Zusammenhang zwischen den Ergebnissen beider Methoden gefunden werden.

Zur Ermittlung der Dimensionen der Hörempfindung wird die Methode des semantischen Differentials verwendet. Die im Hörversuch zur Anwendung kommenden Geräusche und Adjektive werden so ausgewählt, daß möglichst viele Dimensionen der Hörwahrnehmung abgedeckt sind. Aus diesem Grund wird zunächst eine Befragung von Versuchspersonen durchgeführt. Das Ergebnis dieser Befragung besteht zum einen in der Zusammenfassung verschiedener Geräuscheigenschaften zu Gruppen. Zum anderen werden diese Gruppen gut repräsentierende Adjektivpaare und Geräusche ausgewählt.

Ein anderes Versuchspersonenkollektiv bewertet danach in einem Hörversuch die Geräusche über die Adjektivpaare mit dem semantischen Differential. Die Daten des Hörversuchs werden zur Erreichung einer leichteren Interpretierbarkeit einer Faktorenanalyse unterzogen, die die Dimensionen der Hörwahrnehmung ergibt. Für

diese Dimensionen können Geräuschprototypen benannt werden, die die jeweilige Geräuscheigenschaft gut repräsentieren. In Zukunft können diese Geräuschprototypen bei der Suche nach Verfahren zur Berechnung psychoakustischer Parameter hilfreich sein.

In einem folgenden Schritt werden mit den von der "Münchener Schule" entwickelten Berechnungsverfahren für die im Hörversuch verwendeten Geräusche psychoakustischen Parameter berechnet.

Die Ermittlung der Zusammenhänge zwischen den im Hörversuch ermittelten Faktoren und Attributen und den psychoakustischen Parametern erfolgt hier mit Hilfe der Korrelations- und Regressionsanalyse.

Nach dieser Zusammenhangsanalyse können Aussagen darüber getroffen werden, wie gut die Berechnungsverfahren psychoakustischer Parameter bei natürlichen Geräuschen anwendbar sind. Sind große Zusammenhänge erkennbar, dann können mithilfe der Regressionsanalyse Formeln bestimmt werden, mit denen sich die Dimensionen der Hörermpfindung aus den psychoakustischen Parametern vorhersagen lassen.

Bestehen nur geringe Zusammenhänge, so ist es die Aufgabe zukünftiger Arbeiten, diese Komponenten der Hörwahrnehmung durch geeignetere Berechnungsverfahren zu erfassen. Hier können die in dieser Arbeit ermittelten Geräuschprototypen hilfreich sein.

Die Vorgehensweise dieser Arbeit ist in den zwei folgenden Flußdiagrammen veranschaulicht.

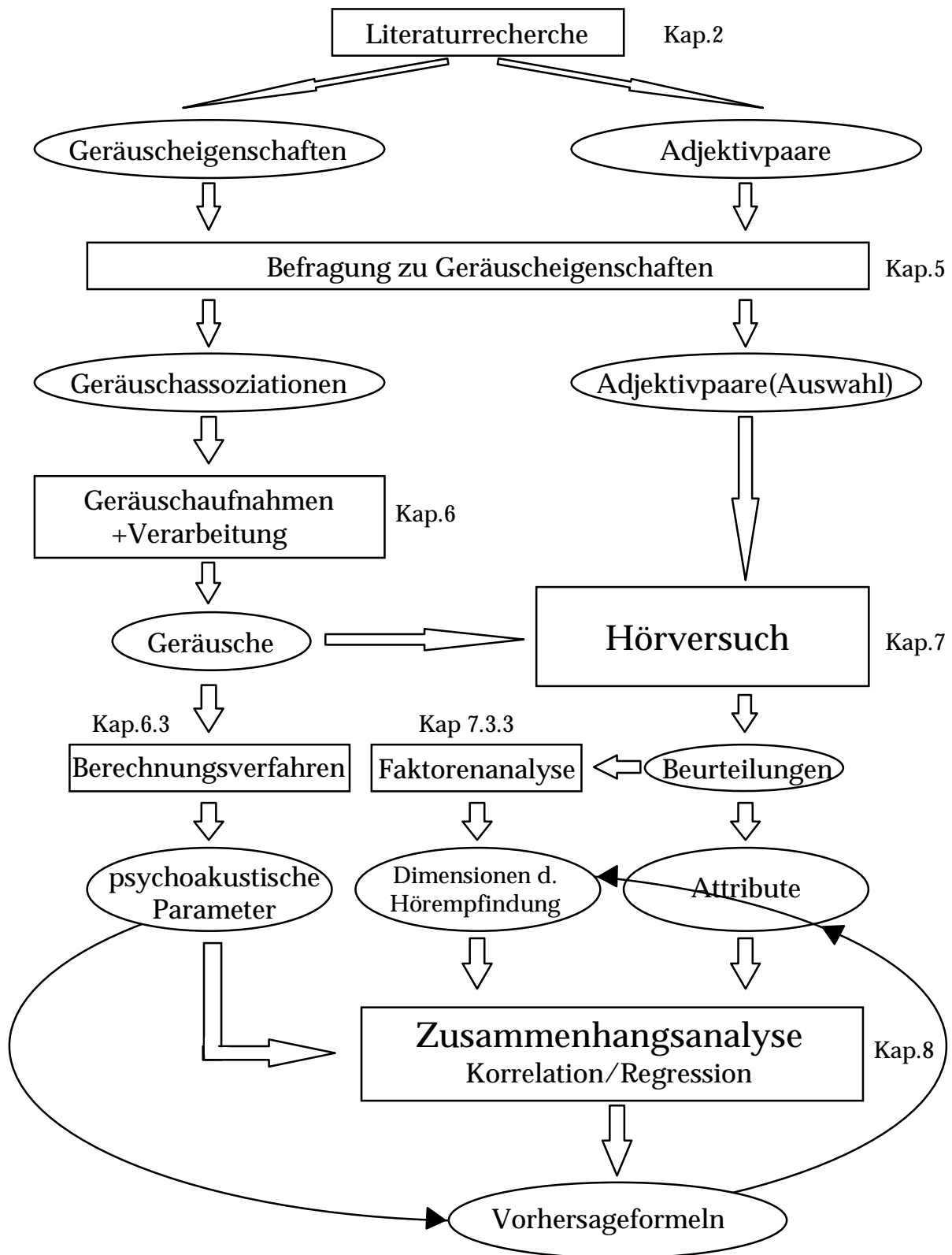


Abbildung 1-1: Flußdiagramm zur Vorgehensweise

In den rechteckigen Feldern sind die in dieser Arbeit durchgeführten Schritte aufgeführt. Ovale Felder enthalten Ergebnisse dieser Schritte. Die Kapitelnummern sind jeweils angegeben.

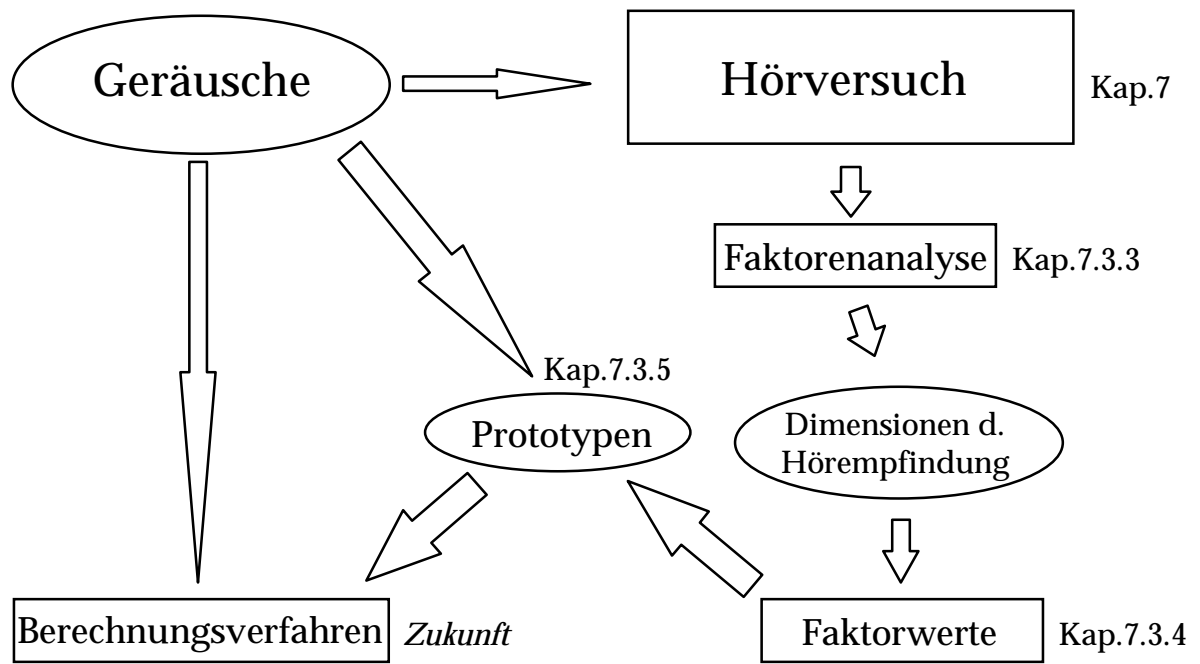


Abbildung 1-2: Flußdiagramm zur Bedeutung der Geräuschprototypen

Rechteckige Felder beschreiben die im Verlauf der Arbeit durchgeführten Schritte, ovale Felder beschreiben Ergebnisse. Mit Prototypen können in Zukunft Berechnungsverfahren psychoakustischer Parameter entwickelt oder überprüft werden.

2 Ansätze zur Erforschung der Hörwahrnehmungsdimensionen

Im folgenden werden die bis heute verfolgten Ansätze zur Erklärung und Beschreibung der Hörwahrnehmung¹ dargestellt.

Die Beschreibung physikalisch-technische Ansätze erfolgt im ersten Abschnitt. Hier wird auf die von der "Münchener Schule" definierten Wahrnehmungsgrößen eingegangen.

Der zweite Abschnitt beschreibt psychologische Ansätze. Thema ist hier die Ermittlung von Dimensionen der Hörwahrnehmung mittels des semantischen Differentials. Eine grundlegende Arbeit auf diesem Gebiet stammt von v. Bismarck [9]. Der Abschnitt geht auch auf die Anwendung dieser Vorgehensweise auf spezielle Fragestellungen der Product Sound Quality ein, wie sie z.B. in jüngster Zeit in verschiedenen japanischen Studien von Kuwano [36]+[37] und Namba [40] verfolgt wurde.

Alle beschriebenen Arbeiten wurden speziell nach Geräuscheigenschaften und Adjektivpaaren zur Verwendung im späteren Hörversuch durchsucht.

2.1 Physikalisch-technische Ansätze

Die in diesem Abschnitt beschriebenen Wahrnehmungsgrößen gehen, bis auf die Dichte, auf die "Münchener Schule" zurück. Das Material wurde im wesentlichen aus [52]+[53] entnommen. Dieses Kapitel stellt nur einen groben Überblick dar. Vertiefende Darstellungen sind in [3],[4],[5],[8],[9],[31] und [49] genauer nachzulesen.

2.1.1 Übersicht

Es werden verschiedene unabhängige Wahrnehmungsgrößen unterschieden, die in einem definiertem Zusammenhang zu psychoakustischen Reizparametern stehen (siehe Tabelle 2-1).

Tabelle 2-1: Reizgrößen und Wahrnehmungsgrößen

In der linken Spalte sind die physikalischen Parameter (Reizgrößen), in der rechten Spalte psychoakustischen Parameter (Wahrnehmungsgrößen) dargestellt. Die (vorgeschlagenen) Einheiten sind in eckigen Klammern angegeben. In einer dritten Spalte ist der Abschnitt verzeichnet, der sich mit

¹ Im folgenden werden sowohl die Begriffe Wahrnehmung und Empfindung verwendet. Hierbei steht die Wahrnehmung für die reine Sinnesreizung. Die Empfindung umfaßt die Wahrnehmung und verknüpft mit dieser emotionale Urteile. Es ist nicht immer Eindeutig zwischen beiden zu unterscheiden. In diesen Fällen wird der Begriff Empfindung verwendet.

den jeweiligen Wahrnehmungsgrößen beschäftigt.

Reizgrößen	Wahrnehmungsgrößen	Abschnitt
Schalldruckpegel [dB]	Lautheit [sone] Lautstärke [phon]	2.1.2
Frequenz [Hz]	Tonheit [bark] Verhältnistonhöhe [mel]	2.1.3
Modulationsgrad [%] Modulationsfrequenz [Hz]	Rauhigkeit [asper]	2.1.4
Frequenz [Hz]	Schärfe [acum]	2.1.5
Modulationsgrad [%] Modulationsfrequenz [Hz]	Schwankungsstärke [vacil]	2.1.6
	Tonhaltigkeit	2.1.7
	Klanghaftigkeit [dB]	2.1.8
Impulsdauer [s]	Impulshaftigkeit [IU]	2.1.9
Schalldruckpegel [dB] Frequenz [Hz]	Dichte [dasy]	2.1.10

Die Wahrnehmungsgrößen gehen durch eine Wahrnehmungsfunktion aus einer oder mehreren Reizgrößen hervor. Durch die Verwendung von einfachen synthetischen Schallen und die Durchführung von Hörversuchen wurden diese Wahrnehmungsfunktionen ermittelt. Sie gelten zunächst nur für synthetische Schalle.

2.1.2 Lautstärke

Die Wahrnehmung der Lautstärke hängt vom Schalldruckpegel, von der Frequenz und von der Bandbreite der Signale ab.

Als Lautstärkepegel eines Schalles in phon wird der Schalldruckpegel eines 1-kHz-Tones bezeichnet, der die gleiche Lautstärkewahrnehmung hervorruft wie dieser. Für die Verwendung von reinen Tönen ergeben sich Kurven gleicher Lautstärke (Abbildung 2-1).

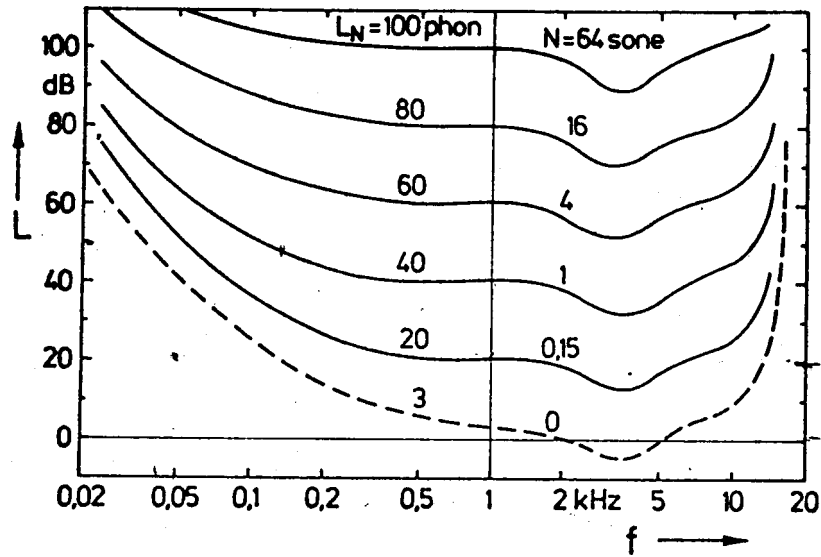


Abbildung 2-1: Kurven gleicher Lautstärke (aus [52], S. 74)

Die Kurven sind sowohl mit dem Lautstärkepegel [phon] als auch mit der Lautheit [sone] bezeichnet. Der Bezugspegel ist der eines 1-kHz-Tones. Die gestrichelt eingezeichnete Kurve stellt die Ruheshörschwelle dar.

Aus Abbildung 2-1 ist zu erkennen, daß das Ohr bei einer Frequenz von 4 kHz am empfindlichsten ist. Zu höheren und tieferen Frequenzen steigen die Kurven gleicher Lautstärke an, d.h. der Schalldruck muß hier erhöht werden, um eine gleiche Lautstärkewahrnehmung hervorzurufen.

Die Lautheitsfunktion (Abbildung 2-2) ergibt sich durch Variation des Schalldruckpegels eines 1 kHz-Tones in der Art, daß gerade Verdoppelungen der Lautheit empfunden werden. Für einen 1-kHz-Ton mit einem Schalldruckpegel von 40 dB wird eine Lautheit von 1 sone definiert. Für Schalldruckpegel größer als 40 dB wird eine Erhöhung des Schalldruckpegels um 10 dB als Verdoppelung der Lautheit empfunden.

Neben der Abhängigkeit der Lautheit von der Frequenz und dem Schalldruckpegel ist auch die Bandbreite eines Signals von Einfluß. So führt eine Vergrößerung der Bandbreite nur dann zu einer Erhöhung der Lautheit, wenn die Bandbreite einen bestimmten Grenzwert (die Frequenzgruppenbreite) überschreitet. Die Frequenzgruppen können relativ gut durch Terzbandbreiten angenähert werden. Ein weiterer wichtiger Effekt in Zusammenhang mit der Lautheit besteht in der Verdeckung und Drosselung. Ein Ton oder ein Signal kann durch ein anderes Signal in seiner Lautheit vermindert werden (Drosselung). Wird dieser Ton nicht mehr wahrgenommen, so wird dies als Verdeckung bezeichnet.

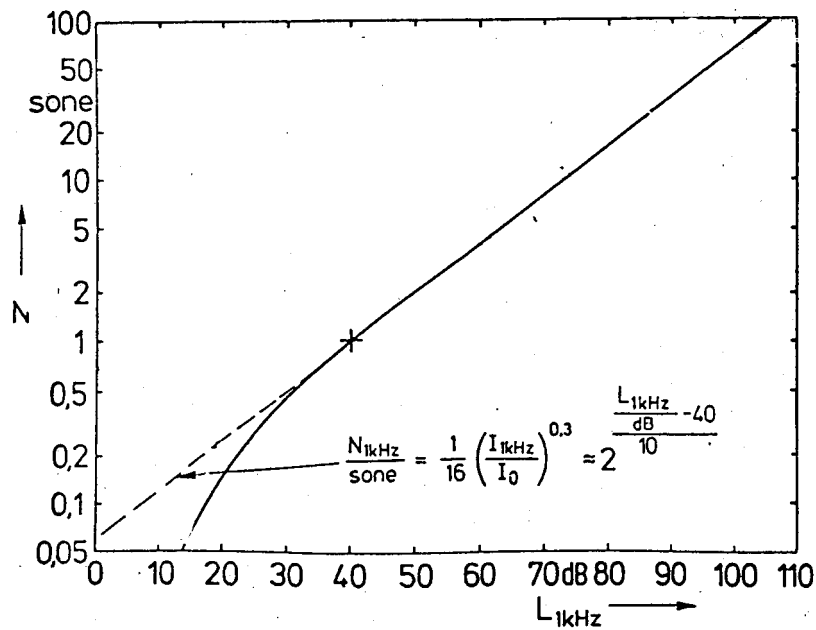


Abbildung 2-2: Lautheitsfunktion (Aus [52] Seite 81).

Hier ist die Lautheitsfunktion für einen 1 kHz-Ton angegeben (durchgezogene Linie). Oberhalb von 40 dB entspricht eine Erhöhung von 10 dB einer Verdoppelung der empfundenen Lautheit. Unterhalb von 40 dB genügen niedrigere Schallpegeldifferenzen zur Bewirkung einer empfundenen Verdoppelung.

Soll die Lautheit eines Signals berechnet werden, so müssen alle die oben beschriebenen Zusammenhänge berücksichtigt werden. In einem Verfahren der Berechnung der Lautheit nach Zwicker [32] ist dies umgesetzt worden.

2.1.3 Tonhöhe

Die Tonhöhenwahrnehmung ist im wesentlichen von der Frequenz abhängig. Durch Experimente mit reinen Tönen kann folgende Wahrnehmungsfunktion ermittelt werden (Abbildung 2-3).

Für einen 125 Hz-Ton wird die Verhältnistönhöhe H mit 125 mel definiert. Bis ca. 1 kHz wird eine Verdoppelung der Frequenz als Verdoppelung der Tonhöhe empfunden. Darüber sind größere Frequenzsprünge notwendig, um eine Tonheitsverdoppelung zu bewirken.

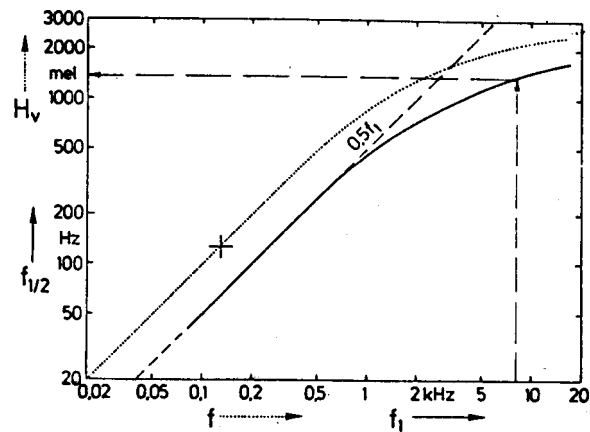


Abbildung 2-3: Tonhöhenwahrnehmungsfunktion (aus [52], S. 58)

Aufgetragen ist hier die Funktion, die zu einer Frequenz f_1 (Abszisse) die Frequenz des Tones $f_{1/2}$ (Ordinate) angibt, welcher die doppelte Tonhöhenwahrnehmung hervorruft. Die gestrichelt eingetragene Kurve entspricht der Verhältnistönhöhe H in mel.

2.1.4 Rauigkeit

Zusammenhänge zwischen der Rauigkeit und psychoakustischen Parametern wurden für amplitudenmodulierte Töne und breitbandiges Rauschen bestimmt. Für einen 1-kHz-Ton mit einem Pegel von 60 dB, der mit einer Modulationsfrequenz von 70 Hz und einem Modulationsgrad von 1 amplitudenmoduliert wird, ist eine Rauigkeit von 1 asper definiert.

Die empfundene Rauigkeit ist stark von der Trägerfrequenz, der Modulationsfrequenz und dem Modulationsgrad abhängig (siehe Abbildung 2-4). Die Abhängigkeit vom Schalldruckpegel ist weniger stark ausgeprägt. Eine Erhöhung des Schalldruckpegels um 40 dB bewirkt eine Verdoppelung der Rauigkeit. Bei Frequenzmodulationen treten höhere Rauigkeitswahrnehmungen auf, als bei der Amplitudenmodulation.

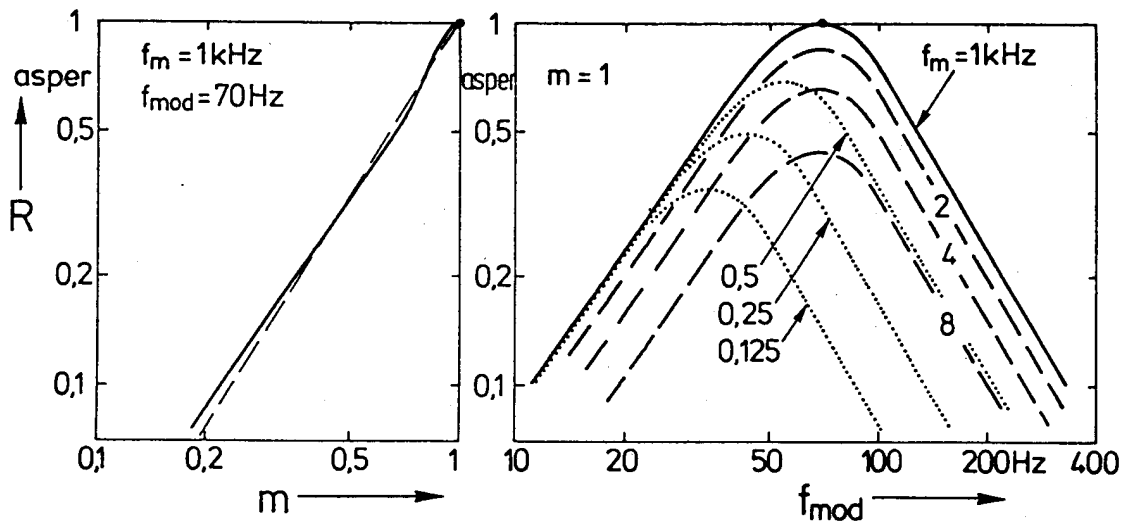


Abbildung 2-4: Rauigkeit R (aus [52], S. 107).

Rauigkeit eines sinusförmig amplitudenmodulierten Tones in Abhängigkeit vom Modulationsgrad m und der Modulationsfrequenz f_{mod} . Die Mittenfrequenz f_m ist hier Parameter.

2.1.5 Schärfe

Die Schärfe hängt von der Frequenzzusammensetzung eines Schalles ab. Allgemein ist die Schärfe um so höher, je mehr hohe Frequenzen im Signal enthalten sind. Einem Schmalbandrauschen ($\Delta f \leq \Delta f_G$) der Mittenfrequenz 1 kHz und einem Schalldruckpegel von 60 dB wird eine Schärfe von 1 acum zugeordnet (Siehe auch Abbildung 2-5).

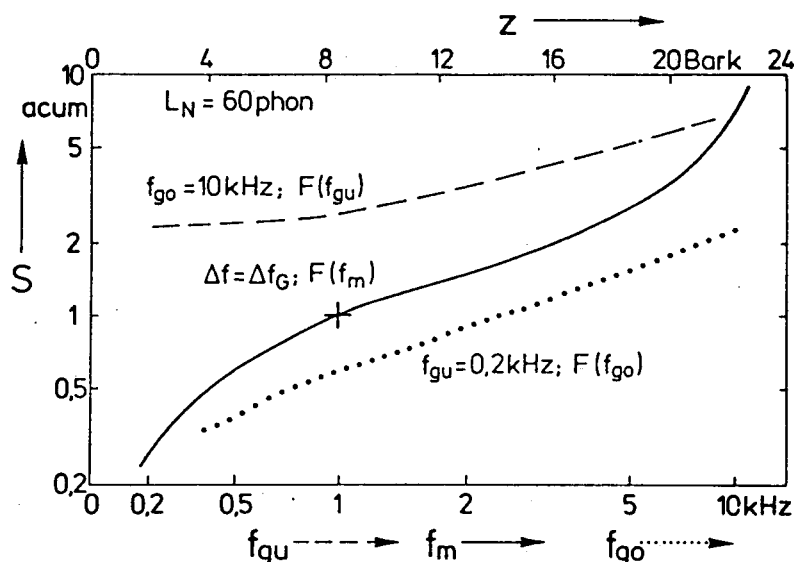


Abbildung 2-5: Schärfe S (aus [52], S. 84).

Die Schärfe von Schmalbandrauschen (durchgezogen), Tiefpaßrauschen (punktiert) und Hochpaßrauschen (gestrichelt) als Funktion der Mittenfrequenz f_m , der oberen Grenzfrequenz f_{go} bzw. der unteren Grenzfrequenz f_{gu} .

2.1.6 Schwankungsstärke

Bei amplituden- oder frequenzmodulierten Schallsignalen, bei denen die Modulationsfrequenz maximal 20 Hz beträgt, wird nicht eine Rauigkeit des Schalls wahrgenommen, sondern eine Fluktuation. Einem 1 kHz-Ton mit einem Schalldruckpegel von 60 dB, der mit einem Modulationsgrad von 1 und einer Modulationsfrequenz von 4 Hz amplitudenmoduliert wird, wird eine Schwankungsstärke von 1 vacil zugeordnet [53]. Bei einer Modulationsfrequenz von 4 Hz ergibt sich sowohl für die Amplitudenmodulation als auch für die Frequenzmodulation die maximale Schwankungsstärke (siehe auch Abbildung 2-6).

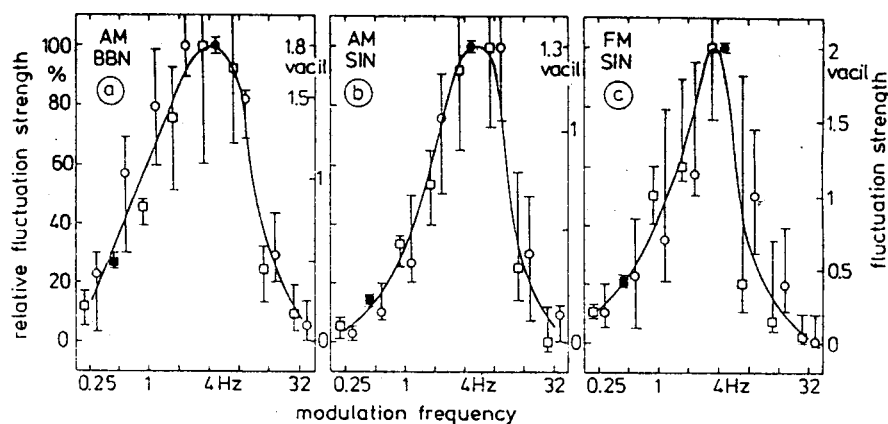


Abbildung 2-6: Schwankungsstärke (aus [53], S.223).

Die Schwankungsstärke eines amplitudenmodulierten Breitbandrauschens (a), eines amplitudenmodulierten Sinustons (b) und eines frequenzmodulierten Sinustons (c) in Abhängigkeit von der Modulationsfrequenz. Die Ordinaten sind nicht gleich skaliert. Für Frequenzmodulationen ergeben sich höhere Schwankungsstärken.

2.1.7 Tonhaltigkeit

Die Tonhaltigkeit (Pitch Strength), von anderen Autoren auch als Tonalität bezeichnet [49], gibt die Ausprägtheit der Wahrnehmung der Tonalität eines Schalles an. Ein 1 kHz-Ton wird sehr stark tonal wahrgenommen. Andere Signale, z.B. Klänge oder Hochpassrauschen, werden weniger stark tonal bzw. nur noch schwach tonal wahrgenommen. Für diese Wahrnehmungsgröße ist es nicht möglich, einen mathematischen Zusammenhang abzuleiten. Es kann lediglich eine Reihenfolge der einzelnen Signaltypen bezüglich der Tonhaltigkeit erstellt werden. Aus diesem Grund wurde der Tonhaltigkeit bisher keine Einheit zugewiesen. Für einzelne Signaltypen lassen sich Wahrnehmungsfunktionen darstellen [52].

2.1.8 Klanghaftigkeit

Nach Aures besteht ein Zusammenhang zwischen der Klanghaftigkeit und dem sensorischen Wohlklang [5]. Der sensorische Wohlklang setzt sich nach dieser Untersuchung aus der Rauigkeit, der Schärfe, der Klanghaftigkeit und der Lautheit zusammen. Die Klanghaftigkeit konnte in dieser Untersuchung jedoch noch nicht in Zusammenhang mit den psychoakustischen Reizparametern gebracht werden. In einer späteren Veröffentlichung hat Aures ein Berechnungsverfahren der Klanghaftigkeit vorgestellt [5]. In diesem Verfahren werden aus dem Amplitudenspektrum eines Signals zwei Spektren extrahiert. In dem einem befinden sich alle reinen Sinus- bzw. Schmalbandanteile, in dem anderen die Rauschanteile. Die Differenz des Gesamtpegels beider Spektren in dB wird nach Tonhöhenkorrektur und Korrektur der Verdeckungsphänomene als Maß für die Klanghaftigkeit angenommen.

2.1.9 Impulshaftigkeit

In einer aktuellen Untersuchung von Heldmann [31] wird die psychoakustische Wahrnehmungsgröße Impulshaftigkeit definiert. Als Einheit wird IU (impetus unit) vorgeschlagen. 1 IU wird einem 1 kHz-Tonpuls mit der Impulsdauer von 20 ms und einem Impulspegel von 73 dB zugeordnet, dessen zeitliche Änderung der Einhüllenden gaußförmig auf einer Zeitskala von 3.5 ms verläuft.

2.1.10 Dichte

Die Dichte als psychoakustische Wahrnehmungsgröße wurde von Guirao und Stevens [27] definiert. Diese Studie ermittelte sowohl für die Frequenz als auch für den Schalldruckpegel einen positiven Zusammenhang zur Dichte. Als Einheit wurde das griechische Wort für Dichte "dasy" vorgeschlagen. Ein 1-kHz-Ton mit einem Schalldruckpegel von 40 dB hat nach dieser Arbeit eine Dichte von 1 dasy. Die Untersuchung wurde jedoch nur mit reinen Tönen und Bandpassrauschen durchgeführt. Das Bandpassrauschen hat im Vergleich zu reinen Tönen eine höhere Dichte.

Für diese Wahrnehmungsgröße existiert noch kein Berechnungsverfahren.

2.2 Psychologische Ansätze (semantisches Differential)

Eine weitere Möglichkeit Wahrnehmungsdimensionen zu erforschen, besteht in Untersuchungen mit dem semantischen Differential.

Bei einer solchen Untersuchung muß die Versuchsperson Geräusche auf einer Skala zwischen zwei gegensätzlichen Adjektiven (z.B. scharf-stumpf) einordnen.

Verwendet werden in der Regel 7-stufige-Skalen. Die Untersuchung wird in der Regel mit mehr als 10 Adjektivpaaren durchgeführt. Danach können mithilfe der Faktorenanalyse Komponenten der Wahrnehmung (Faktoren) bestimmt werden, durch die sich ein bestimmter Anteil der Varianz des gesamten Datensatzes erklären läßt.

Die Schwierigkeit bei dieser Methode besteht darin, die gefundenen Faktoren mit den psychoakustischen Reizparametern der Geräusche zu verbinden.

2.2.1 Solomon

Die erste Untersuchung der Wahrnehmung von Geräuschen mit dem semantischen Differential erfolgte im Jahre 1958 durch Solomon [46]. Die Untersuchung wurde ausschließlich mit Unterwassergeräuschen durchgeführt. Es wurden 50 Adjektivpaare verwendet². Bei dieser Untersuchung wurden 8 Faktoren extrahiert, die 42% der Varianz erklären. Die Faktoren wurden mit folgenden Begriffen bezeichnet: Größe, Ästhetik, Klarheit, Sicherheit, Entspannung, Bekanntheit und Stimmung. Da diese Untersuchung nur Unterwassergeräusche umfaßt, können nicht ohne Einschränkungen Rückschlüsse auf die Wahrnehmung normaler Umweltschalle getroffen werden. Bei dieser Untersuchung ist auffällig, daß nach der Rotation keine hohen Ladungen bei den einzelnen Faktoren vorlagen (ca. 0.5). Dies und die Tatsache, daß 8 Faktoren nur 42% der Varianz aufklären, läßt die Frage aufkommen, ob die Faktorenanalyse korrekt durchgeführt wurde. Trotzdem ist diese Arbeit für die angewandte Untersuchungsmethode wegweisend.

² Die in den einzelnen Studien verwendeten Adjektivpaare sind im Anhang B aufgeführt.

2.2.2 V. Bismarck

V. Bismarck verwendete das semantische Differential in einer Untersuchung zur Klangfarbe stationärer synthetischer Schalle. 35 Schalle gleicher Lautheit wurden mit 30 Adjektivpaaren auf einer 7-stufigen Skala untersucht. Eine Faktorenanalyse hatte 4 Faktoren zum Ergebnis, die 90 % der Varianz erklären. Die Faktoren wurden folgenden Wahrnehmungsattributen zugeordnet: scharf, kompakt, voll und farblos, wobei die Schärfe als wichtigster unabhängiger Faktor bezeichnet werden kann.

2.2.3 Japanische Untersuchungen

Eine aktuelle Arbeit von Takao/Hashimoto [48] beschäftigte sich mit der Auswahl von Adjektivpaaren zur Klangbewertung von Autoinnengeräuschen. Es wurden 6 verschiedene Autoinnengeräusche mit dem semantischen Differential anhand von 70 Adjektivpaaren untersucht. Die Durchführung einer Clusteranalyse hatte 12 Cluster zum Ergebnis, die folgenden Empfindungsattributen zugeordnet wurden: Tiefe, Eindringlichkeit, Dumpfheit, Lebhaftigkeit, Schönheit, Erstklassigkeit, Spannung, Behaglichkeit, Schwere, Rauigkeit, Lärm/Härte und metallische Empfindung.

Eine weitere japanische Studie [37] von Fahrzeuginnengeräuschen mit 14 Adjektivpaaren führte zu 3 Faktoren: Mächtigkeit, Metallhaftigkeit und Angenehmheit. Die gleichen Dimensionen ergaben sich bei einer Untersuchung von Helikoptergeräuschen von Namba et.al. [40]. Eine Analyse von Warnsignalen [36] mit 17 Adjektivpaaren ergab zusätzlich zu den drei oben genannten Faktoren noch einen als Aktivität bezeichneten Faktor und den Faktor Gefährlichkeit.

2.2.4 Weitere Arbeiten

Eine Untersuchung von Björk [11] beschäftigte sich mit der Wahrnehmung von natürlichen Geräuschen. 24 Adjektivpaare konnten auf 5 Faktoren reduziert werden, die folgendermaßen bezeichnet wurden: 1. Beurteilung (auch Angenehmheit), 2. Aktivität, 3. Mächtigkeit, 4. Einfachheit und 5. Geschwindigkeit (schnell/langsam). Im Unterschied zu allen anderen Studien wurde in dieser Arbeit versucht, die gefundenen Faktoren mit psychoakustischen Reizparametern in Verbindung zu bringen.

gen. So konnten Zusammenhänge zwischen dem 1. Faktor (Angenehmheit) und der Rauigkeit, zwischen dem 2. Faktor (Aktivität) und der Schärfe und dem 3. Faktor (Mächtigkeit) und der Lautheit ermittelt werden.

Drei Faktoren, die 90% der Varianz der Einzelurteile erklären, konnten in einer Untersuchung mit Umwelt- und künstlichen Geräuschen von Kerrick et. al. [34] extrahiert werden. Hier wurden nur 15 Adjektivpaare verwendet. Die Faktoren wurden nicht näher bezeichnet. Eine Beachtung der veröffentlichten Faktorladungen liefert folgende Faktoren: Aktivität, Angenehmheit und Höhe.

Weitere Untersuchungen und deren Ergebnisse sind in tabellarischer Übersicht im Anhang B abgedruckt. Dort sind auch alle Adjektivpaare und Faktorbezeichnungen der oben genannten Untersuchungen zusammengefaßt.

Aus den genannten Untersuchungen wurden sowohl Geräuscheigenschaften als auch Adjektivpaare entnommen, die in der Befragung zu Geräuscheigenschaften (Kapitel 5) zugeordnet werden sollten.

3 Statistische Verfahren

Im folgenden Abschnitt werden die in der vorliegenden Arbeit angewendeten statistischen Methoden beschrieben. Im einzelnen sind dies die Clusteranalyse, die in den Kapiteln 5 und 7 Anwendung findet, und die Faktorenanalyse (Kapitel 7.2.3) als Methoden der Datenreduktion, die Korrelationsanalyse und die Regressionsanalyse als Mittel der Zusammenhangsanalyse, die im Kapitel 8 durchgeführt wird. Ein größerer Überblick wird in der verwendeten Literatur [6]+[17] vermittelt. Bei der Durchführung der Analysen kam das Softwarepaket SPSS für Windows, Version 6.0.1. zur Anwendung [47].

3.1 Clusteranalyse

Die Clusteranalyse stellt eine Methode dar, bestimmte ähnliche Elemente eines Datensatzes zu Gruppen (sogenannten Clustern) zusammenzufassen. Zwei Verfahren sollen im folgenden beschrieben werden: die K-Means-Clusteranalyse und die hierarchische Clusteranalyse.

3.1.1 K-Means-Clusteranalyse

Die K-Means-Clusteranalyse geht von einer vorgegebenen Anzahl n von Clustern aus und versucht Cluster zu finden, deren Elemente einen möglichst niedrigen Abstand von den jeweiligen Clustermittelpunkten haben. Dies wird nach und nach durch Vertauschen einzelner Elemente zwischen den Clustern erreicht.

Die Mittelpunkte der Cluster werden hierbei durch Mittelwertbildung der einzelnen Elemente bestimmt. Die Abstände zwischen den einzelnen Elementen und den Clustermittelpunkten werden in der Regel durch die quadrierte euklidische Distanz definiert. Die K-Means-Clusteranalyse liefert für verschiedene Anfangssortierungen der Eigenschaften verschiedene Clusterzuordnungen, da als Anfangsclustermittelpunkte die ersten n Elemente der Liste angenommen werden. Um diesem Umstand entgegenzuwirken, gibt es die Möglichkeit einer iterativen Vorgehensweise. Bereits nach wenigen Iterationen werden in der Regel keine Veränderungen der Cluster mehr beobachtet.

3.1.2 Hierarchische Clusteranalyseverfahren

Bei den hierarchischen Clusteranalyseverfahren wird zwischen agglomerativen und divisiven Verfahren unterschieden. Im folgenden sollen nur die agglomerativen Verfahren beschrieben werden. Diese Methode geht davon aus, daß zunächst alle Elemente in einzelnen Clustern vorliegen. Es werden dann Schritt für Schritt die Cluster zusammengefasst, die den kleinsten Abstand voneinander haben. Nach dem letzten Schritt liegen alle Eigenschaften in einem Cluster vor. Die einzelnen Verfahren unterscheiden sich lediglich in der Art, wie der Abstand berechnet wird.

Single-Linkage-Verfahren

Das Single-Linkage-Verfahren verwendet den kleinsten Abstand zwischen zwei Elementen aus verschiedenen Clustern als Abstand der Cluster. Aus diesem Grund neigt das Single-Linkage-Verfahren zur Kettenbildung, d.h. nacheinander werden alle einzelnen Eigenschaften in der Regel einem immer größer werdenden Cluster zugeordnet.

Das Single-Linkage-Verfahren wird darum auch zur Erkennung von Ausreißern in einem Datensatz verwendet. Ausreißer werden in der Regel zum Schluß zum Cluster zusammengefasst. Nach der Eingruppierung eines Ausreißers in ein Cluster ergibt sich im Dendrogramm ein Sprung (siehe unten).

Complete-Linkage-Verfahren

Das Complete-Linkage-Verfahren verwendet im Gegensatz zum Single-Linkage-Verfahren als Clusterabstand den größten Abstand von Elementen aus zwei Clustern. Bei diesem Verfahren werden in der Regel kleine Cluster gebildet.

Ward-Verfahren

Beim Ward-Verfahren werden die Cluster zusammengefasst, die die Streuung des zusammengefassten Clusters am wenigsten erhöhen. Das Ward-Verfahren wird im allgemeinen als das Verfahren mit den besten Fusionierungseigenschaften angesehen. Hier werden in der Regel gleichmäßig große Gruppen gebildet.

Dendrogramme

Als Ergebnis einer hierarchischen Clusteranalyse wird in der Regel ein sogenanntes Dendrogramm abgebildet. Hier wird der beim Zusammenfassen zweier Cluster zwischen diesen berechnete Abstand dargestellt. Es ergibt sich, da letztendlich alle Elemente in einem Cluster vorliegen, ein fingerförmiges Bild. Die schematische Darstellung eines Dendrogramms findet sich in Abbildung 3-1.

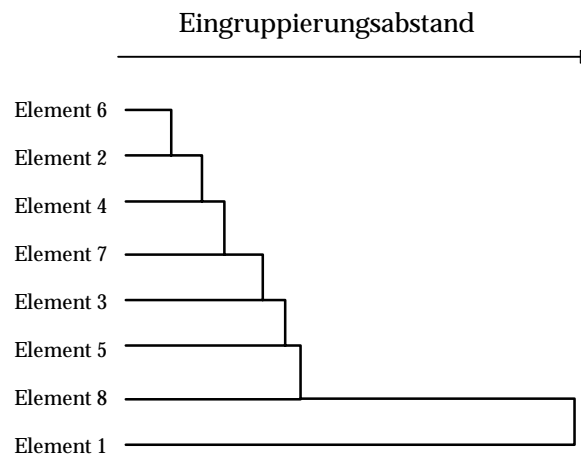


Abbildung 3-1: Beispiel für ein Dendrogramm

Die Elemente sind für diesen Fall in der Reihenfolge von oben nach unten eingruppiert worden (ansteigende Eingruppierungsabstände). Das Element 1 ist als Ausreißer zu bezeichnen.

3.1.3 Faktorenanalyse

Eine Faktorenanalyse dient ähnlich wie die Clusteranalyse der Datenreduktion. Der Unterschied zur Clusteranalyse besteht darin, daß hier keine exakten Gruppen gebildet werden. Hier wird der Datenraum auf wenige Achsen reduziert, auf denen sich die Ursprungselemente abbilden.

Prinzip der Faktorenanalyse

Nach Befragungen liegen oft eine große Anzahl Angaben (Variablen) vor, die von einem Versuchspersonenkollektiv gemacht wurden. Diese Datenmengen können meist nicht sinnvoll interpretiert werden. Die Idee der Faktorenanalyse besteht darin, daß hinter den Antworten der Versuchspersonen nur eine geringere Anzahl von

Motivationen (Faktoren) steckt, durch die sich die Antworten erklären lassen. Jede Antwort kommt als Linearkombination der einzelnen Faktoren zustande. Es liegen beispielsweise die Angaben der Versuchspersonen in einer Matrix mit n Spalten (Variablen) und m Zeilen vor. Die Zahl m steht für die Versuchspersonenanzahl. Die Matrix stellt einen n -dimensionalen Raum mit m Punkten dar. Nun ist es denkbar, daß verschiedene Dimensionen so ähnlich sind, daß sie sich zu einer neuen Dimension (einem Faktor) zusammenfassen lassen. Dieser neue Faktor würde im Idealfall alle diese Dimensionen ohne Verlust darstellen. In der Praxis ist dies nicht zu erwarten. Hier wird sich oft damit begnügt, daß ein genügend großer Anteil der alten Dimensionen durch diesen Faktor erklärt wird. Am Ende einer Faktorenanalyse stehen eine bestimmte Anzahl Faktoren, die einen bestimmten Anteil der ursprünglichen Varianz erklären. Die Zahl der Faktoren ist erheblich geringer als die Zahl der Ursprungsdimensionen.

Faktorladungen

Die Faktorladungen geben an, wie stark die Ursprungsdimensionen in dem jeweiligen Faktor repräsentiert sind. Die Faktorladungen bilden die Koordinaten jedes einzelnen Faktorvektors.

Anzahl der Faktoren

Für die Bestimmung der effizientesten Zahl der Faktoren gibt es verschiedene Methoden. Ein Kriterium läßt alle Faktoren zu, die mindestens die Varianz einer Ursprungsdimension erklären (Eigenwerte > 1). Eine andere Möglichkeit besteht darin, in einer Grafik, in der die aufgeklärte Varianz (bzw. Eigenwerte) der einzelnen Faktoren über alle Faktoren aufgetragen ist (Scree-Plot), den "Knick" zu bestimmen. Alle Faktoren vor diesem "Knick" werden zugelassen, die hinter dem Knick liegenden Faktoren können als zufällig zustande gekommen angesehen werden.

Rotation

Da die sich ergebenden Faktoren nicht immer gut interpretierbar sind, schließt sich an eine Faktorenanalyse in der Regel eine Transformation der Faktorenkoordinaten an, so daß sich die neu entstehenden Achsen besser interpretieren lassen. Dieser

Vorgang wird als Rotation bezeichnet. Es gibt prinzipiell verschiedene Möglichkeiten die Rotation durchzuführen. Am verbreitetsten ist die Varimax-Rotation, nach deren Durchführung wechselseitig senkrecht (orthogonal) aufeinander stehende Faktoren entstehen, die jeweils die maximale Varianz der Originaldaten aufklären. Da diese Faktoren orthogonal sind, ist einsichtig, daß sich die Gesamtvarianzaufklärung aller Faktoren aus der Summe der Varianzaufklärung der einzelnen Faktoren ergibt.

3.2 Korrelationsanalyse

Ergebnis einer Korrelationsanalyse sind Korrelationskoeffizienten, die die Größe des Zusammenhangs zwischen zwei Variablen angeben.

Berechnung

Die Korrelationskoeffizienten r zwischen zwei Variablen x, y werden durch folgende Formel berechnet:

$$r = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sigma_x \cdot \sigma_y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{n \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y},$$

- mit \bar{x}, \bar{y} : Mittelwerte der Variablen x und y ,
 σ_x, σ_y : Varianzen der Variablen x und y ,
 $\text{cov}(x, y)$: Kovarianz zwischen den Variablen x und y ,
 n : Anzahl der Werte.

Interpretation

Korrelationskoeffizienten können Werte zwischen 1 und -1 annehmen. Bei 1 und -1 liegt ein linearer Zusammenhang zwischen den Variablen vor, der durch eine Gerade mit positiver bzw. negativer Steigung angegeben werden kann. Ist $r=0$, so besteht kein Zusammenhang zwischen den Variablen. Der auch als Determinationskoeffizient bezeichnete quadrierte Korrelationskoeffizient (r^2), gibt den Anteil der gemeinsamen Varianz beider Variablen an. Dieser Wert zeigt an, wieviel Prozent der Varianz der einen Variablen durch die andere erklärt werden kann.

3.3 Regressionsanalyse

Ziel der Regressionsanalyse ist es, eine Prognosevariable aus einer bzw. mehrerer Variablen zu berechnen. Besteht die Berechnungsvorschrift aus einer Geradengleichung, so handelt es sich um lineare Regression. Sollen in die Gleichung mehrere Variablen eingehen, so wird eine multiple lineare Regression durchgeführt. In den folgenden Abschnitten wird zunächst die einfache lineare Regression und dann die multiple lineare Regression behandelt.

3.3.1 Einfache lineare Regression

Die einfache lineare Regression unterstellt einen linearen Zusammenhang zwischen zwei Variablen x, y , der durch folgende Gleichung beschrieben werden kann:

$$\hat{y} = m \cdot x + n.$$

Das "Dach" über der Variablen y (Prognosevariable) soll darauf hindeuten, daß dieser perfekte lineare Zusammenhang wegen z.B. Meßfehlern in der Regel nicht vorliegt. Mit der Prädiktorvariablen x kann die Variable y also nicht genau bestimmt werden. Es tritt ein sogenannter Vorhersagefehler $y - \hat{y}$ (Residuum) auf. Ziel der Regressionsanalyse ist es, die Konstanten n und m in der Art zu bestimmen, daß die Summe der quadrierten Vorhersagefehler minimal wird:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 = \min.$$

Eine Größe zur Beschreibung der Enge des linearen Zusammenhangs ist der in Abschnitt 3.2 beschriebene Korrelationskoeffizient r . Allgemein gilt, je näher der Betrag des Korrelationskoeffizienten an der Zahl 1 liegt, desto geringer ist der minimale Vorhersagefehler. Bei einem $|r| = 1$ kann eine Geradengleichung bestimmt werden, so daß der Vorhersagefehler 0 wird.

Statistische Absicherung

Die Variablen x und y sind in der Regel durch eine repräsentative Stichprobe aus der Grundgesamtheit hervorgegangen. Nach Aufstellen der Regressionsgleichung stellt sich die Frage, inwieweit diese Gleichung auf die Grundgesamtheit übertragbar ist. Im folgenden wird kurz auf die Kenngrößen der Genauigkeit der Vorhersage eingegangen.

1. Standardschätzfehler

Der Standardschätzfehler ist ein Maß für die Streuung der Werte um die Regressionsgrade. Je kleiner der Schätzfehler, desto größer ist die Vorhersagegenauigkeit.

2. Konfidenzintervalle für die berechneten Konstanten m und n

Aus dem Standardschätzfehler, dem Stichprobenumfang und einem aus der t-Verteilung abgelesenen Wert können Konfidenzintervalle für die Konstanten m und n berechnet werden.

3. Signifikanzniveaus der Koeffizienten

Enthält das Konfidenzintervall um m die Zahl 0, so sind keine signifikanten Vorhersagen der Prognosevariablen durch die Prädiktorvariable möglich. SPSS berücksichtigt diesen Umstand und gibt Signifikanzniveaus für den Fall an, daß die Null gerade nicht enthalten ist.

Für die Berechnung dieser Größen müssen zwei Bedingungen erfüllt sein:

1. Die beiden Variablen x und y sind bivariat normalverteilt.
Dies kann vereinfacht durch die Überprüfung der Normalverteilung der einzelnen Variablen geschehen.
2. Die für gleiche x-Werte vorliegenden unterschiedlichen y-Werte müssen
 - normalverteilt sein und
 - homogene (annähernd gleiche) Varianzen aufweisen.
(Homoskedastizität)

3.3.2 Multiple lineare Regression

Im Unterschied zur einfachen linearen Regression wird bei der multiplen Regression die Prognosevariable durch mehrere Prädiktorvariablen, die linear miteinander verknüpft sind, vorhergesagt:

$$\hat{y} = m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2 + \dots + m_n \cdot x_n + \text{const.}$$

Die Enge des Zusammenhangs wird in diesem Fall durch den kombinierten Korrelationskoeffizienten R repräsentiert. Dies ist der theoretische Korrelationskoeffizient zwischen y und \hat{y} .

Anzahl der Prädiktorvariablen

In der Regel steigt durch Hinzufügen einer weiteren Prädiktorvariablen der kombinierte Korrelationskoeffizient. Theoretisch könnte so durch die Auswahl unendlich vieler Prädiktorvariablen die zu bestimmende Variable exakt vorhergesagt werden. Die Anzahl der Prädiktorvariablen sollte jedoch zur Vermeidung von Ineffizienz gering gehalten werden. Ein wirksames Kriterium zur Gewährleistung der Effizienz stellt die Kontrolle der Korrelationen der Prädiktorvariablen dar. Bestehen hohe Korrelationen, so liegt Multikollinearität vor. Eine oder mehrere Prädiktorvariablen müssen dann aus der Gleichung entfernt werden.

4 Verwendete Hilfsmittel

Im folgenden werden die für die Geräuschaufnahmen (Kapitel 6) und für den Hörversuch (Kapitel 7) verwendeten Geräte beschrieben. In einem weiteren Abschnitt wird auf die verwendete Software eingegangen.

4.1 Geräte für die Geräuschaufnahmen

Die Geräusche wurden mit einem Kunstkopf der Firma Head Acoustics (Type HMS II) aufgenommen. Das komplette Kunstkopfsystem besteht aus einem Kunstkopf, einem Vorverstärker mit Entzerrern für beide Kanäle, einem Schalldruckpegelmesser und einem Kopfhörerverstärker.

Zusätzlich fand ein DAT-Recorder der Firma Sony (TD-7) und ein Elektrostatkopfhörer der Firma Stax Verwendung.

An den Funktionsgruppen des Kunstkopfsystems kann der Schalldruckpegelbereich in 10 dB-Schritten auf 94-144 dB Obergrenze eingestellt werden. Die Verwendung eines Hochpaßfilters der Grenzfrequenz 22.4 oder 200 Hz ist möglich.

Zur Signalentzerrung stehen die Möglichkeiten ID (Independent of Direction), FF (Free Field) und Lin (Linear) zur Verfügung. Auch ein Kalibrierton (250 Hz/ 94 dB) kann zur Aufzeichnung angeschaltet werden.

Da der eingebaute Schalldruckpegelmesser hier keine Anwendung fand, wird auf eine Erläuterung der dort möglichen Einstellungen verzichtet.

Der Kalibrierton liefert an den Ausgängen ein Signal, den ein 250 Hz-Sinuston mit einem Schalldruckpegel von 94 dB erzeugen würde. Hierbei wird die in dem Moment vorgenommene Pegelbereicheinstellung berücksichtigt.

Die verschiedenen Entzerrungsfilter dienen dazu, bei bestimmten Standardbeschallungssituationen, ein mit einem normalen Meßmikrofon vergleichbares Meßergebnis zu liefern. Hier werden 2 Fälle unterschieden: Die Beschallung im Freifeld und im Diffusfeld. Bei einer ebenen Beschallung des Kunstkopfes von vorn unter Freifeldbedingungen (z.B. im reflexionsarmen Raum) sollte sich unter Benutzung des Freifeldentzerrers ein linearer Frequenzgang ergeben [26]. Eine Messung im reflexionsarmen Raum konnte dies nicht bestätigen (siehe Abbildung 4-1, schwarze Kurve). Besonders bei ca. 2 kHz ergaben sich Abweichungen von 10 dB.

Mit der Entzerrung ID wird nur der Resonanz des Gehörgangs und allen richtungsunabhängigen Effekten entgegengewirkt. Das Ergebnis einer Messung im Hallraum zeigt einen glatteren Frequenzgang als die Freifeldentzerrung im reflexionsarmen Raum (Abbildung 4-1, rote Kurve).

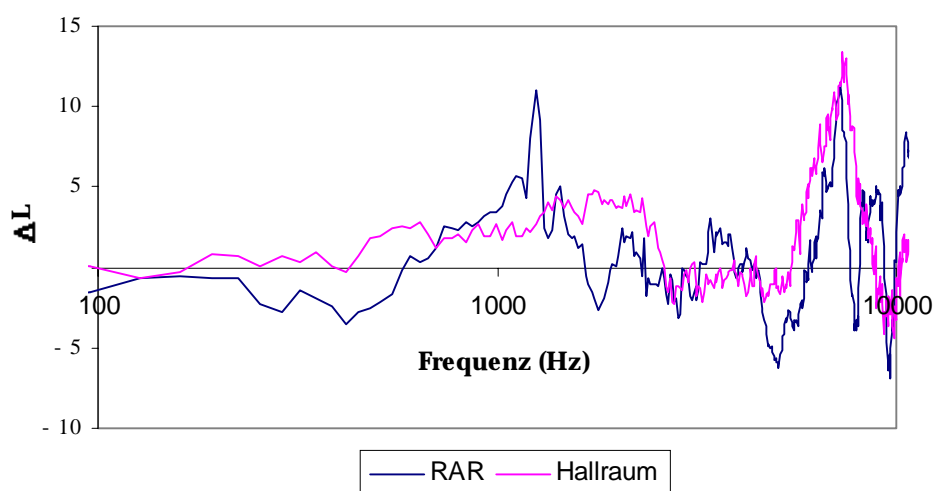


Abbildung 4-1: Übertragungsfunktion des Kunstkopfs

Die Übertragungsfunktion für die Freifeldentzerrung wurde im reflexionsarmen Raum (RAR) ermittelt. Die Messung der Übertragungsfunktion mit der ID-Entzerrung fand im Hallraum statt.

4.2 Geräte für den Hörversuch

Folgende Geräte wurden für den Hörversuch verwendet:

- PC, Pentium (mit Soundkarte Tripledat/optische Schnittstelle)
- DAT-Recorder: Sony Digital Audio Tape Deck DTC-790
- Kopfhörerverstärker: HMA II
- Kopfhörer: Stax
- Künstliches Ohr: Brüel & Kjær Type 4153
- Mikrofonvorverstärker: Brüel & Kjær Typ 2669B
- Kondensatormikrofon: Brüel & Kjær Typ 4134
- Schallpegelmesser: Norsonic Sound Meter Type 108
- Eichschallquelle: Rhode & Schwarz Typ Eleb. 201544390
- Audiometer: Dorn Typ AT 335 P

Die Geräusche wurden von einem PC abgespielt. Verwendung fand der digitale (optische) Ausgang der Soundkarte, da auf dem analogen Ausgang Störgeräusche vorlagen. Das Signal wurde dann über einen DAT-Recorder der Firma Sony DA-gewandelt und über Kopfhörerverstärker (Head Acoustics) mit dem Kopfhörer der Firma Stax den Versuchspersonen dargeboten.

Vor der Durchführung des Hörversuchs wurde bei jeder Versuchsperson die Hörschwelle für beide Ohren ermittelt. Hier fand ein Audiometer der Firma Dorn Verwendung.

4.3 Software

Statistik

Die Clusteranalysen (Abschnitt 5.3.1 und 7.3), die Faktorenanalyse (Abschnitt 7.3.3), die Korrelationsanalyse (Abschnitt 8.1), die Regressionsanalyse (Abschnitt 8.2) sowie die Berechnung von Häufigkeiten, Mittelwerten und Standardabweichungen erfolgten mit dem Programmpaket SPSS für Windows (Version 6.0.1.) [47].

Geräuschbearbeitung

Zum Schneiden der Geräusche und zur Pegelveränderung, sowie zur Konvertierung der Samplefrequenz wurde die Software zur Triple-DAT-Soundkarte verwendet.

Psychoakustische Parameter

Die Tabelle 4-1 gibt an, welche Programme zur Berechnung der psychoakustischen Parameter der Geräusche verwendet wurden.

Tabelle 4-1: Programme zur Berechnung psychoakustischer Parameter

Für jeden in Kapitel 6.3 ermittelten psychoakustischen Parameter sind in der Tabelle die Quelle des Berechnungsverfahrens und die Umsetzung als Computerprogramm (Implementation) angegeben.

Parameter	Berechnungsverfahren	Implementation
Lautheit	E. Zwicker [32]	E. Kabot, R. Weber; Uni Oldenburg
Schärfe	W. Aures [3],[5]	P. Daniel; Uni Oldenburg
Rauhigkeit	P. Daniel [21]	P. Daniel; Uni Oldenburg
Tone to Noise	DIN 45 681 (Entw.) [22]	T. Dreesen [24]#
Prominent Ratio	G. Bienvenue, M. Nobile [7]	T. Dreesen [24]#
Schwankungsstärke	E. Zwicker [53]	E. Kabot; Uni Oldenburg

Erweiterung: E. Kabot, H. Prante.

Hörversuch

Zum Abspielen der Geräusche, zum Randomisieren der Geräuschreihenfolge und zur Eingabe und Speicherung der Antworten der Versuchspersonen im Hörversuch wurde das Programm PSYCON verwendet. Dieses Programm wurde im Rahmen einer Diplomarbeit [50] am Institut für Technische Akustik der TU-Berlin zur Durchführung psychoakustischer Experimente entwickelt.

Außerdem fand ein weiteres Programm Verwendung, in dem den einzelnen WAV-Dateien MIDI-Noten zugeordnet werden konnten (Steinberg Waveplayer).

5 Befragung zu Geräuscheigenschaften

Die Befragung zu Geräuscheigenschaften hatte zwei Ziele. Zum einen wurden aus den in der Literaturrecherche ermittelten Adjektivpaaren diejenigen ausgewählt, die im folgenden Hörversuch Verwendung fanden. Zum anderen dienten die in der Befragung angegebenen Geräuschoziationen als Ausgangspunkt zur Auswahl der Geräusche für den Hörversuch.

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie die Befragung durchgeführt wurde. Die Ergebnisse der Befragung wurden zunächst einer Clusteranalyse unterzogen, in der die 29 Geräuscheigenschaften auf 12 Gruppen reduziert werden konnten. Dann erfolgte die Auswahl der Adjektive und Geräusche für den Hörversuch mit bestimmten Kriterien.

5.1 Vorgehensweise

Es wurden 17 Personen im Alter zwischen 23 und 33 Jahren befragt. 29 Geräuscheigenschaften sollten Adjektivpaare zugeordnet werden. Dabei waren 154 Adjektivpaare vorgegeben. Es konnten auch nicht in der Liste enthaltene Adjektive zugeordnet werden. Auch sollten Geräusche, die den Versuchspersonen spontan zu den Geräuscheigenschaften einfallen, aufgeschrieben werden (Geräuschoziationen). Zusätzlich wurde in dem Fragebogen nach allgemeinen Gewohnheiten und persönlichen Daten gefragt. Die verwendeten Fragebögen sowie die Liste der Adjektivpaare befinden sich im Anhang C+D.

5.2 Versuchspersonenkollektiv

Das Durchschnittsalter der befragten Personen betrug 28 Jahre. An der Befragung nahmen zur Hälfte Frauen und Männer teil. 10 Befragte waren Studenten, alle anderen Personen hatten einen Hochschulabschluss. 7 Befragte gaben an, Musiker zu sein. In der Befragung nach der Güte des eigenen Gehörs, wurden eher gute Einschätzungen angegeben. So lag der Mittelwert auf einer 5-stufigen Skala von 1 bis 5 bei 3,4, das bedeutet zwischen "mittel" und "gut". Ein ähnliches Ergebnis erbrachte die Frage nach der Schulung des eigenen Gehörs.

5.3 Zugeordnete Adjektivpaare

Die Adjektivpaare, die die Versuchspersonen den einzelnen Geräuscheinrichtungen zugeordnet haben, wurden zunächst nach Häufigkeit ausgewertet. Für jede Geräuscheinrichtung ergab sich eine Liste von genannten Adjektiven und die Gesamthäufigkeit der Nennungen für diese Eigenschaft. Die vorgegebenen Adjektivpaare stellten hierbei in der Regel den Anteil mit der größten Häufigkeit dar.

Zu den 154 vorgegebenen Adjektivpaaren kamen durch selbst von Versuchspersonen eingebrachte Adjektive noch 194 weitere hinzu. Die Gesamtzahl der Adjektive betrug danach 348. Es ergab sich eine Matrix, deren Spalten die 29 Geräuscheinrichtungen und deren Zeilen die 348 Adjektivpaare darstellten. In den einzelnen Zellen waren die Häufigkeiten der Nennung der jeweiligen Adjektive pro Geräuscheinrichtung eingetragen. Um eine bessere Übersicht zu gewinnen, mußte zunächst der Datenumfang reduziert werden. Das erfolgte in zwei Schritten. Die Geräuscheinrichtungen wurden mit Hilfe einer Clusteranalyse zu Gruppen zusammengefaßt (siehe unten). Auf diesem Wege wurde eine Reduktion der Komponenten des "virtuellen Wahrnehmungsraumes" erreicht.

Anschließend wurden Adjektivpaare mit wenigen Nennungen von der weiteren Untersuchung ausgeschlossen.

5.3.1 Clusteranalyse der Geräuscheinrichtungen

Zur Erlangung eines besseren Überblicks über die in der Befragung ermittelten Daten, sollen verschiedene Geräuscheinrichtungen zusammengefaßt werden. Es wurde hier auf Clusteranalyseverfahren (Kapitel 3.1) zurückgegriffen

K-Means-Clusteranalyse

Um einen Überblick zu erhalten wurde zunächst eine K-Means-Cluster-Analyse durchgeführt (siehe Kapitel 3.1). Nach drei Schritten trat bei allen durchgeführten Analysen keine Veränderung der Clusterzugehörigkeiten mehr auf. Es wurden 11 Einzelanalysen mit verschiedenen vorgegebenen Clusteranzahlen (3-13) durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5-1 zusammengefaßt.

Tabelle 5-1: Ergebnisse der K-Means-Clusteranalyse

Die Geräuscheigenschaften (linke Spalte) wurden verschiedenen Clustern zugeordnet. Die Clusteranzahl ist in der obersten Zeile angegeben. Gleiche Cluster sind zur besseren Übersicht mit der gleichen Farbe gekennzeichnet.

Clusterzahl	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Rauhigkeit	2	2	1	4	1	4	4	9	9	9	13
Nähe	3	3	3	6	6	2	9	10	11	12	12
Impulshaltigkeit	1	4	3	5	3	1	5	5	11	12	12
Angenehmheit	3	3	3	6	6	2	6	6	6	11	11
Behaglichkeit	3	3	3	6	6	2	6	6	6	11	11
Lärmigkeit	1	4	5	1	2	6	9	4	10	10	10
Lautheit	1	4	5	1	2	6	9	4	10	10	10
Lästigkeit	1	4	3	1	2	6	9	10	10	10	10
Helle	2	1	3	3	7	3	8	8	4	1	9
Schärfe	2	1	3	5	4	3	3	3	4	1	9
Spannung	2	1	3	5	4	3	3	3	4	1	9
Gefährlichkeit	1	4	3	1	4	3	3	3	4	1	9
Eindringlichkeit	1	4	3	1	4	3	3	3	4	1	9
Durchsichtigkeit	2	1	4	3	7	7	8	8	8	8	8
Klarheit	2	1	3	3	7	7	8	8	8	8	8
Schönheit	2	2	3	4	1	8	4	6	5	7	7
Klanghaftigkeit	2	2	3	4	1	8	2	2	5	7	7
Tonhaltigkeit	2	2	3	4	1	8	2	2	2	7	7
Schwankungsstärke	2	2	3	5	3	1	7	7	7	3	6
Erstklassigkeit	1	4	3	1	4	8	9	10	5	5	5
Tiefe	2	1	3	2	5	5	1	1	1	4	4
Schwere	2	1	2	2	5	5	1	1	1	4	4
Mächtigkeit	1	4	3	2	5	5	1	4	1	4	4
Dumpfheit	2	1	3	2	5	8	1	1	1	7	3
Härte	2	1	3	2	4	8	2	2	2	2	3
Metallhaftigkeit	2	2	3	4	4	3	3	3	4	1	3
Dichte	1	1	3	2	5	8	2	2	2	2	2
Fülle	1	1	3	2	5	5	2	2	2	2	2
Lebhaftigkeit	2	1	3	5	3	1	5	5	3	6	1

Von 3 bis zu 13 Clustern (Spalten von links nach rechts) findet hier eine immer feinere Aufspaltung der Eigenschaften statt. Bestimmte Eigenschaften werden immer zusammen zu einer Gruppe zugeordnet. Diese sind im einzelnen:

- Angenehmheit und Behaglichkeit (grün)
- Lärmigkeit und Lautheit (rot)
- Schärfe und Spannung (violett)
- Gefährlichkeit und Eindringlichkeit (violett)
- Durchsichtigkeit und Klarheit (hellblau) #
- Klanghaftigkeit und Tonhaltigkeit (blau/dunkelblau) #
- Tiefe und Schwere (olivgrün) #
- Dichte und Fülle (dunkelblau) #

Bei diesen Eigenschaften trat eine Zuordnung auf, in denen diese nicht in das gleiche Cluster eingeteilt wurden.

Andere Eigenschaften sind je nach Anzahl der Cluster in verschiedenen Gruppen eingeordnet und können deshalb nicht eindeutig zugeordnet werden (Rauhigkeit, Nähe, Impulshaltigkeit, Schwankungsstärke, Erstklassigkeit und Lebhaftigkeit). Aufgrund dieser Tatsache wurden noch hierarchische Clusteranalyseverfahren angewendet.

Hierarchische Clusteranalyse

Hier werden 3 Schritte durchgeführt. Zunächst findet zur Eliminierung von Ausreißern das Single-Linkage-Verfahren Anwendung. Danach wird sowohl das Complete-Linkage- als auch das Ward-Verfahren durchgeführt.

1. Eliminierung von Ausreißern

Eine Voraussetzung zur Durchführung von hierarchischen Clusteranalyseverfahren besteht darin, daß im Datensatz keine Elemente enthalten sein dürfen, die zu allen anderen Elementen einen großen Abstand haben. Diese Elemente werden auch als Ausreißer bezeichnet.

Ein Verfahren, welches besonders zur Erkennung von Ausreißern im Datensatz geeignet ist, ist das Single-Linkage-Verfahren. Dieses Verfahren wurde hier angewandt. In dem vorliegenden Fall konnten keine Ausreißer erkannt werden.

2. Complete-Linkage-Verfahren

Die Durchführung einer Clusteranalyse mit dem Complete-Linkage-Verfahren ergab das in Abbildung 5-1 dargestellte Dendrogramm.

Bei Einteilung des Dendrogramms in 12 Cluster ergeben sich bis auf 2 Cluster inhaltlich passende Gruppierungen. Als nicht so gut interpretierbar ist der Cluster 3 anzusehen, der die Härte und Metallhaftigkeit und die Dichte und Fülle in eine Gruppe zusammenlegt. Außerdem ist die Trennung von Schönheit, Angenehmheit und Behaglichkeit inhaltlich als nicht sinnvoll anzusehen. Interpretierbare Ergebnisse erbrachte das Ward-Verfahren.

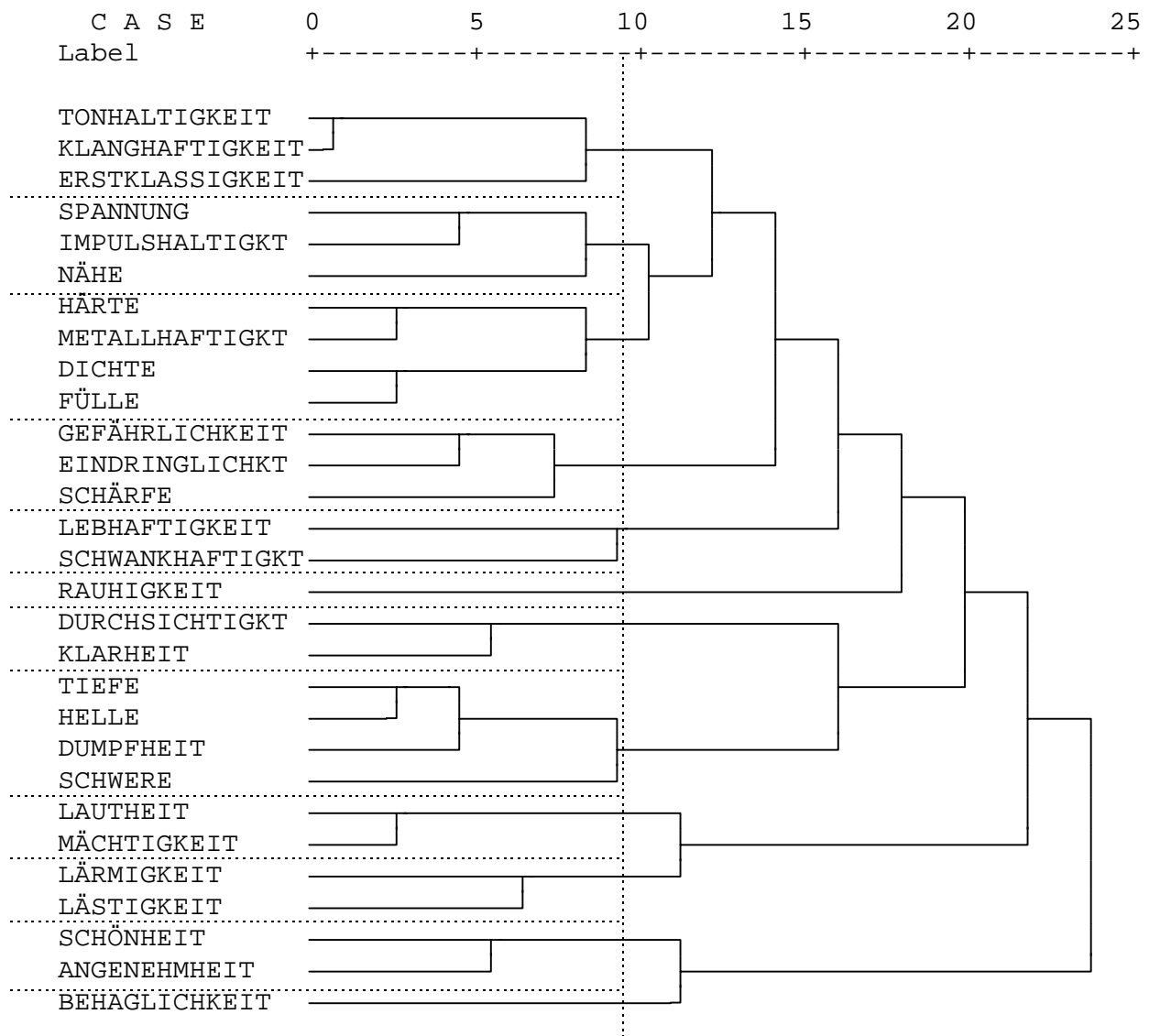


Abbildung 5-1: Dendrogramm nach dem Complete Linkage Verfahren

Das Trennungsniveau zur Einteilung in 12 Cluster und die sich daraus ergebenden Clusterzugehörigkeiten sind durch gestrichelte Striche markiert.

3. Ward-Verfahren

Beim Ward-Verfahren ergeben sich bei Einteilung in 12 Cluster die gleichen Gruppierungen wie beim Complete-Linkage-Verfahren, bis auf die Tatsache, daß der Cluster 3 (siehe oben) aufgeteilt wird und die Behaglichkeit mit zu dem Cluster Schönheit und Angenehmheit gelegt wird (Abbildung 5-2).

Eine Verschiebung des Clustertrennungsniveaus zu einer feineren Aufteilung ist nicht sinnvoll, da bei diesem Schritt die Klanghaftigkeit von der Erstklassigkeit getrennt werden würde bzw. die Lebhaftigkeit von der Schwankungsstärke. Eine Verschiebung des Niveaus, so daß sich eine gröbere Gruppeneinteilung ergeben würde ist auch aus inhaltlichen Gründen abzulehnen, da dann der Cluster Klanghaftigkeit mit dem Cluster Dichte zusammengefasst werden würde.

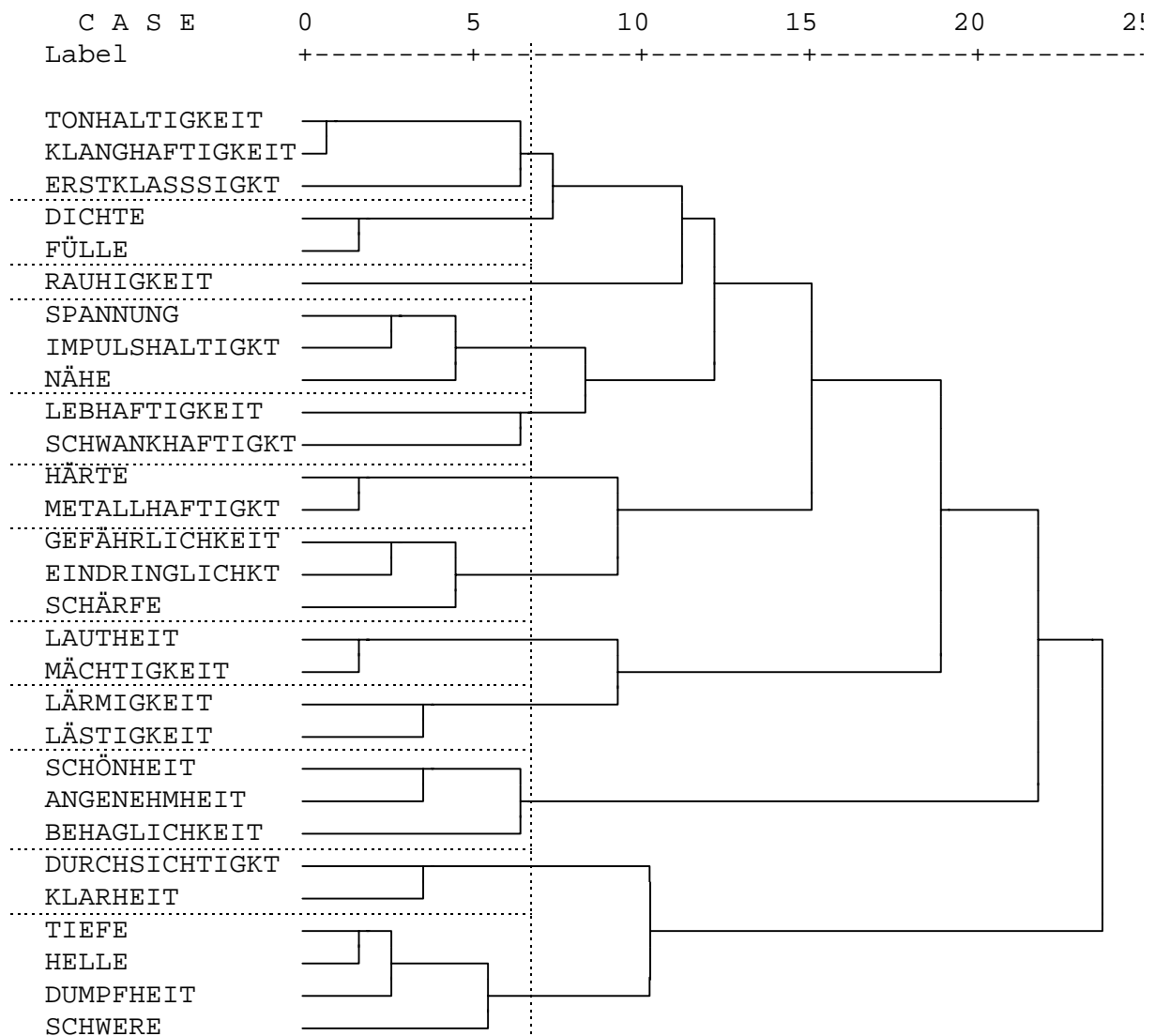


Abbildung 5-2: Dendrogramm nach der Ward-Methode

Das Trennungsniveau zur Einteilung in 12 Cluster (senkrechte Linie) und die sich daraus ergebenden Clusteraufteilungen (waagerechte Linien) sind eingezeichnet.

Ergebnis

Mit dem Ward-Verfahren werden unter Einteilung in 12 Cluster inhaltlich optimale Ergebnisse erreicht.

Die sich ergebenden 12 Cluster sind in Tabelle 5-2 dargestellt. Die Numerierung der Cluster erfolgte aufgrund des sich nach dem Ward-Verfahren ergebenden Dendrogramms und stellt keine Auflistung nach Wichtigkeit dar. Für den weiteren Verlauf der Untersuchung muß bedacht werden, daß das Ergebnis nur aus einer Befragung und keinem Hörversuch resultiert. Es ist nicht immer sicher, ob sich die einzelnen Versuchspersonen wirklich auf fiktive Geräusche bezogen haben. Es ist vorstellbar, daß von Versuchspersonen die Adjektive den Worten der Geräuscheigenschaften zugeordnet wurden. Das könnte z.B. der Grund dafür sein, daß Härte und Metallhaftigkeit in einem Cluster zusammengefaßt werden. Eine Tatsache,

die dieser Vermutung widerspricht, ist allerdings darin zu sehen, daß das Adjektivpaar mächtig-schwach nicht die größte Nennungshäufigkeit bei der Eigenschaft Mächtigkeit hat, sondern bei den Eigenschaften Dichte und Schwere.

Tabelle 5-2: Clusterbezeichnungen

Dargestellt sind die mit dem Ward-Verfahren ermittelten Cluster. Im folgenden werden zur Beschreibung der Cluster die in der Spalte "Bezeichnung" aufgeführten Abkürzungen verwendet.

Cluster-Nr.	Eigenschaften	Bezeichnung
1	Tonhaltigkeit Klanghaftigkeit Erstklassigkeit	TonKlanErst
2	Dichte Fülle	FüllDicht
3	Rauhigkeit	Rauh
4	Spannung Impulshaltigkeit Nähe	ImpSpaNäh
5	Lebhaftigkeit Schwankungsstärke	LebSchwank
6	Härte Metallhaftigkeit	MetaHärt
7	Gefährlichkeit Eindringlichkeit Schärfe	EinSchaGef
8	Lautheit Mächtigkeit	LautMächt
9	Lärmigkeit Lästigkeit	LärmLäst
10	Schönheit Angenehmheit Behaglichkeit	AnBeSchön
11	Durchsichtigkeit Klarheit	DurchKlar
12	Tiefe Helle Dumpfheit Schwere	SchwEilDumTie

5.3.2 Auswahl der Adjektivpaare

Nachdem die Anzahl der Geräuscheigenschaften auf wenige Gruppen reduziert wurde, konnte die Auswahl der Adjektive für die einzelnen Cluster erfolgen. Kriterien für die Auswahl der Adjektive waren wieder die durch die Befragung ermittelten Häufigkeiten der Adjektivnennungen. Eine Auswahl sollte in der Art erfolgen, daß alle 12 Gruppen abgedeckt werden und daß die für eine Gruppe ausgewählten Adjektive möglichst nur diese repräsentieren.

Vorauswahl

Nach Durchführung der Clusteranalyse wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit nur Adjektivpaare ausgewählt, die mindestens eine Häufigkeit von 3 für mindestens eine Eigenschaft hatten. Diese 75 Adjektivpaare bilden die 1. Spalte der Tabelle 5-3. In den anderen Spalten wurden die Nennungshäufigkeiten der Adjektivpaare für die einzelnen Geräuscheigenschaften eingetragen. Zur besseren Übersichtlichkeit sind die Felder mit Häufigkeiten größer 1 farblich hervorgehoben: 2=gelb, 3=blau, 4=dunkelblau, 5,6=hellrot, 7,8=dunkelrot.

Die Geräuscheigenschaften wurden nach Clusterzugehörigkeit sortiert. Zusätzlich sind in dieser Tabelle in der letzten Zeile die Gesamthäufigkeiten der Nennungen aller Adjektivpaare pro Geräuscheigenschaft angegeben. In den letzten drei Spalten sind die Gesamthäufigkeiten der Adjektivpaare über alle Geräuscheigenschaften 'Summe', die Maximalzahl der Häufigkeit für eine Eigenschaft 'Max' sowie eine Angabe der Spezifität eines Adjektivpaares 'Spez', die sich aus dem Quotienten 'Max' durch 'Summe' ergibt, angegeben. Auf die Diagonalform des oberen Teils der Tabelle wird später eingegangen.

Die Adjektivpaare mit den meisten Nennungen sind solche, die üblicherweise zur Beschreibung der zwei wichtigsten Eigenschaften von Schallen (Intensität und Frequenz) verwendet werden. Im einzelnen sind diese:

1. laut-leise	42 Nennungen
2. dunkel-hell	39 Nennungen
3. hoch-tief	34 Nennungen

Die meisten Adjektivpaare wurden folgenden Geräuscheigenschaften zugeordnet:

1. Angenehmheit	55 Adjektivpaare
2. Behaglichkeit	47 Adjektivpaare
3. Schönheit	47 Adjektivpaare
4. Schwankungsstärke	47 Adjektivpaare
5. Lärmigkeit	46 Adjektivpaare

Bis auf die 4. Geräuscheigenschaft sind dies keine offensichtlich psychoakustischen Größen, vielmehr handelt es sich hierbei um Eigenschaften, die stark von persönlichen Einstellungen und Emotionen abhängen. Ein Grund für die hohen Nennungshäufigkeiten gerade dieser Eigenschaften ist darin zu sehen, daß es den Versuchspersonen hier leichter fiel, Adjektive zuzuordnen.

Die Eigenschaft mit den wenigsten Adjektivpaarnennungen ist die Tonhaltigkeit (19). Da speziell die einzelnen Cluster mit den Adjektivpaaren abgedeckt werden sollten, wurden die Häufigkeiten der Adjektivpaare für die einzelnen Cluster addiert.

Daraus ergab sich eine Tabelle, in der für die einzelnen Cluster Summenhäufigkeiten angegeben sind (Tabelle 5-4).

Diese Tabelle ist wie Tabelle 5-3 aufgebaut. Die zur Übersichtlichkeit verwendete Farbcodierung wurde wie folgt vorgenommen: 1=grau, 2=hellgelb, 3=dunkelgelb, 4=olivgrün, 5=grün, 6=dunkelgrün, 7=blau, 8,9=rot, größer 9=braun.

Endauswahl

Die Adjektive wurden so ausgewählt, daß alle Cluster mit mindestens einem Adjektivpaar repräsentiert sind. Die ausgewählten Adjektivpaare sollten möglichst große Häufigkeiten für das zu repräsentierende Cluster und gleichzeitig bei anderen Clustern niedrige Häufigkeiten aufweisen. Es wurden folgende Auswahlkriterien angewendet:

1. Hohe Häufigkeiten für das jeweilige Cluster
2. Möglichst wenige Nennungen bei anderen Clustern
(hohe Spezifität)³
3. Durch beide Adjektivpaare pro Cluster sollten alle Eigenschaften des Clusters abgedeckt sein.
4. Die Paare sollten inhaltlich zu dem Cluster passen
5. Paare mit "lästig" fallen weg⁴

³ Die Häufigkeit der Nennungen für das anzusprechende Cluster sollte mindestens 3 mal so groß sein, wie die Häufigkeit für eine andere Einzeleigenschaft.

⁴ Lästigkeit bezieht sich nicht nur auf das Geräusch, sondern auf die Situation, in der das Geräusch gehört wird.

Tabelle 5-4: Häufigkeiten der Adjektivpaare nach Clustern

Cluster-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Summe	Max	Spez
PAARE	TonKl anErst	FüllDi cht	Rauh	ImpSp a Näh	LebSc h wank	MetaH ärt	EinSch a Gef	LautM ächt	LärmL äst	AnBeS chön	Durch Klar	SchwE llDum Tie			
harmonisch-unharmonisch	8	1	2	0	1	0	0	0	0	5	2	1	20	8	0.40
charakterlos-charaktervoll	6	1	0	0	0	0	1	2	1	2	0	1	14	6	0.43
aufgelockert-kompakt	0	5	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	8	5	0.63
reich-schlicht	0	4	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	6	4	0.67
glatt-rauh	2	0	8	0	1	2	1	0	0	3	0	0	17	8	0.47
gleitend-kratzend	0	0	6	1	1	1	1	0	0	0	0	0	10	6	0.60
aufregend-beruhigend	2	0	0	6	0	0	2	0	1	3	0	0	14	6	0.43
fern-nah	0	0	0	4	1	0	1	3	1	0	0	0	10	4	0.40
dynamisch-statisch	0	0	1	4	14	0	1	1	0	2	0	0	23	14	0.61
gleichbleibend-schwankend	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	6	6	1.00
dampf-metallisch	0	1	0	0	0	9	2	1	0	0	0	3	16	9	0.56
kantig-rund	1	0	0	0	1	4	1	0	0	0	0	0	7	4	0.57
scharf-stumpf	0	2	1	1	0	3	10	0	1	0	1	2	21	10	0.48
kreischend-ruhig	0	1	0	0	3	2	9	1	2	0	0	0	18	9	0.50
laut-leise	0	2	0	3	0	3	6	13	10	2	1	2	42	13	0.31
kräftig-schwach	0	2	0	1	3	1	1	6	0	0	0	3	17	6	0.35
erwünscht-unerwünscht	1	0	0	1	1	0	2	0	6	2	0	0	13	6	0.46
angenehm-unangenehm	1	1	2	3	1	0	0	0	8	11	0	1	28	11	0.39
behaftlich-unbehaftlich	1	0	0	1	0	0	2	0	3	11	0	1	19	11	0.58
häßlich-schön	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2	1	12	8	0.67
klar-trüb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	5	15	9	0.60
deutlich-undeutlich	2	0	0	2	1	1	2	0	1	2	6	1	18	6	0.33
hoch-tief	1	3	0	1	1	2	5	3	0	1	1	16	34	16	0.47
dampf-klingend	6	0	1	0	0	3	1	2	1	0	1	15	30	15	0.50
Summe	32	23	21	28	37	32	48	32	35	54	24	52	418		
abstoßend-anziehend	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4	0	0	8	4	0.50
alltäglich-besonders	2	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	6	3	0.50
angenehm-lästig	1	0	1	0	0	0	1	0	5	7	0	0	15	7	0.47
angespannt-entspannt	1	0	0	4	0	1	0	0	2	5	0	0	13	5	0.38
aufdringlich-zurückhaltend	2	0	0	3	1	0	5	1	2	1	0	1	16	5	0.31
befriedigend-unbefriedigend	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	6	4	0.67
beruhigend-nervös	1	0	1	1	0	0	3	0	3	3	1	1	14	3	0.21
dicht-dünn	0	6	1	0	0	2	1	2	0	0	1	4	17	6	0.35
drängend-erleichternd	0	4	0	3	0	0	3	1	2	2	0	0	15	4	0.27
dröhnend-nicht dröhnend	2	2	1	1	0	2	0	4	4	0	0	3	19	4	0.21
dunkel-hell	1	1	1	2	3	2	6	1	1	1	6	14	39	14	0.36
einengend-geräumig	0	4	0	3	0	1	1	0	0	1	0	3	13	4	0.31
eng-weit	2	4	0	4	3	0	0	1	3	0	2	3	22	4	0.18
fein-grob	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	1	2	7	3	0.43
flach-räumlich	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	2	3	8	3	0.38
freundlich-unfreundlich	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	0	1	7	5	0.71
frisch-verschlafen	1	1	0	0	3	0	0	0	0	2	1	2	10	3	0.30
fröhlich-traurig	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	2	5	3	0.60
gedämpft-klingend	2	0	0	0	0	2	1	0	0	1	1	6	13	6	0.46
gefährlich-sicher	1	0	0	4	0	1	6	0	0	0	0	0	12	6	0.50
gemütlich-ungemütlich	0	0	0	1	0	1	0	0	1	5	0	0	8	5	0.63
glänzend-matt	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	2	6	4	0.67
gleichmäßig-ungleichmäßig	1	0	1	1	3	0	1	0	0	0	0	0	7	3	0.43
groß-klein	0	2	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1	7	4	0.57
hart-sanft	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	0	1	7	5	0.71
hart-weich	2	3	0	3	1	8	0	0	0	8	0	0	25	8	0.32
hochklassig-minderwertig	6	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	8	6	0.75
kalt-warm	1	0	1	3	0	4	0	0	0	11	0	1	21	11	0.52
klar-unklar	1	2	0	1	0	0	1	1	0	2	8	4	20	8	0.40
klar-verschwommen	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	2	8	8	5	0.63
konzentriert-verstreut	2	2	0	3	1	1	1	0	0	0	0	0	10	3	0.30
lärmig-leise	1	1	0	0	0	0	0	4	5	0	0	0	11	5	0.45
lästig-nicht lästig	1	1	0	1	1	0	1	1	8	1	0	0	15	8	0.53
laut-still	0	1	0	1	1	0	0	5	1	2	0	0	11	5	0.45
lebendig-tot	1	0	0	2	4	0	1	0	0	1	1	2	12	4	0.33
leer-voll	6	8	0	0	1	0	0	2	0	0	2	2	21	8	0.38
leicht-schwer	0	2	0	0	1	0	0	0	1	1	5	10	20	10	0.50
mächtig-schwach	2	6	0	0	0	1	2	3	0	0	0	6	20	6	0.30
nervig	1	2	0	1	1	0	3	0	5	0	0	0	13	5	0.38
nervtötend-wohlklingend	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1.00
prächtig-schlicht	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	6	4	0.67
rauh-sanft	1	0	4	1	0	0	2	0	0	3	0	0	11	4	0.36
regelmäßig-unregelmäßig	1	0	1	3	1	0	1	0	0	0	0	0	7	3	0.43
rein-unrein	4	0	0	0	2	0	1	0	0	3	7	1	18	7	0.39
roh-verfeinert	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	6	3	0.50
ruhig-unruhig	0	0	1	6	3	1	0	0	0	8	0	0	19	8	0.42
schreckerregend-nicht schrec	0	0	0	1	0	1	4	0	0	0	0	0	6	4	0.67
schrill-tief	0	1	1	1	0	3	13	1	5	0	0	4	29	13	0.45
schwach-stark	2	0	1	0	0	0	3	7	1	0	0	0	14	7	0.50
seicht-tief	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	1.00	
vertraut-unvertraut	0	0	0	3	0	0	1	0	0	4	0	0	8	4	0.50
Summe	88	78	43	90	73	68	110	73	84	149	69	140	1065		

Die 24 nach diesen Kriterien ausgewählten Adjektivpaare sind im oberen Teil der Tabelle 5-3 und Tabelle 5-4 dargestellt. Da die Adjektive in beiden Tabellen nach Clusterzugehörigkeit sortiert sind, ergibt sich die auffällige Diagonalform. Diese bestätigt auch grob die Einhaltung der Auswahlkriterien 1-3. Clusterzuordnungen der einzelnen Paare sind hierbei durch Umrandungen hervorgehoben.

Bei genauerem Hinsehen fällt auf, daß nicht für alle Cluster Paare gefunden werden konnten, die alle obigen Bedingungen erfüllten. Besonders die zweite Bedingung (hohe Spezifität) konnte für folgende Adjektivpaare nicht erfüllt werden:

- harmonisch-unharmonisch
- glatt-rauh
- fern-nah
- laut-leise
- kräftig-schwach
- angenehm-unangenehm
- klar-trüb
- dumpf-klingend

Bei diesen Adjektivpaaren ist das Kriterium (siehe Fußnote 3) nicht erfüllt. Aufgrund der Wichtigkeit dieser Adjektive und aufgrund mangelnder Alternativen wurden die Paare trotzdem ausgewählt. Beim späteren Hörversuch ist diesen Adjektivpaaren besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Speziell das Adjektivpaar angenehm-unangenehm ist hier sehr breit gestreut.

Ergebnis

Für die 12 Cluster wurden 24 Adjektivpaare (je 2) so ausgewählt, daß sowohl alle Cluster abgedeckt waren, als auch eine möglichst hohe Trennschärfe gegeben war.

5.4 Auswahl der Geräusche

In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie die Auswahl der Geräusche für den Hörversuch erfolgte. Die Vorgehensweise entspricht der im vorigen Abschnitt angewendeten.

Vorauswahl

Über alle Eigenschaften summiert, wurden insgesamt 263 Geräusche angegeben. Ähnliche Geräuschnennungen wurden dabei schon zu einer Gruppe zusammenge-

fasst (z.B. Flugzeug, startendes Flugzeug und Düsenflugzeug). Zunächst wurden wieder Geräusche auf die einzelnen Eigenschaften gruppiert und nach Häufigkeit der Nennungen je Eigenschaft sortiert (Anhang F). Im nächsten Schritt wurden alle Assoziationen, die keine Geräusche darstellen (z.B. Nebel) sowie alle mit Musik oder Instrumenten verbundenen Assoziationen (z.B. Bruckner-Symphonie) entfernt. Die Musikassoziationen wurden nicht berücksichtigt, da mit ihnen im späteren Hörversuch mit einer großen Streuung aufgrund der individuellen Geschmacksunterschiede zu rechnen ist.

Für die einzelnen Geräuscheigenschaften wurde zunächst eine Vorauswahl von Geräuschen getroffen, die sich nach folgenden Kriterien (in absteigender Wichtigkeit) vollzog:

1. Häufigkeit der Nennungen
2. Repräsentativität für die Eigenschaft
3. Unabhängigkeit von persönlichen Vorlieben einzelner Versuchspersonen
4. Möglichkeit einer Aufnahme mit Kunstkopf

Das Ergebnis dieser Vorauswahl waren 41 Geräusche, die im Anhang G tabellarisch aufgeführt sind. In dieser Tabelle ist für jedes Geräusch die Häufigkeit der Nennung pro Geräuscheigenschaft aufgelistet. Die Geräusche mit den meisten Gesamtnennungen (13) waren Hammer auf Amboß für die Eigenschaften Härte und Metallhaftigkeit und Meeresrauschen für die Eigenschaften Angenehmheit und Behaglichkeit. Die größte Häufigkeit für eine einzelne Eigenschaft hatte der Zahnarztbohrer für die Eigenschaft Eindringlichkeit.

Die Gesamthäufigkeit der Nennungen von Assoziationen pro Geräuscheigenschaft ist in der letzten Zeile angegeben. Eigenschaften wie Lebhaftigkeit, Metallhaftigkeit, Eindringlichkeit, Lärmigkeit und Gefährlichkeit hatten hier die größten Häufigkeiten (ca. 10). Zu der Eigenschaft Spannung wurden keine verwertbaren Assoziationen angegeben. Für die Eigenschaft Erstklassigkeit verblieb nach den genannten Kriterien als einziges Geräusch der Wasserfall mit einer Nennung.

In Bezug auf den späteren Hörversuch sind diese Eigenschaften als problematisch anzusehen, d.h. diese werden bei unserer Auswahl von Geräuschen nur schlecht abgedeckt. Eventuell werden sie ohne explizite Nennung von anderen Geräuschen der Auswahl angesprochen.

Endauswahl

Wie bei der Auswahl der Adjektivpaare wurde auch hier eine Tabelle erstellt, in der die Summenhäufigkeiten für jedes Cluster dargestellt werden (Tabelle 5-5).

Tabelle 5-5: Häufigkeiten der Geräuschassoziationen

Für die 41 Geräusche der Vorauswahl (linke Spalte) ermittelten Häufigkeiten für die einzelnen Cluster (erste Zeile). In den rosafarbenen Zeilen 'Summe' sind die Summenhäufigkeiten aller Geräusche für jedes Cluster angegeben. Wie bei Tabelle 5-4 bilden die drei letzten Spalten Summenhäufigkeiten, Maximalhäufigkeit und Spezifität der einzelnen Geräusche. Zur besseren Übersicht, sind die Häufigkeiten farblich hervorgehoben: 1=grau, 2=gelb, 3=grün, 4=dunkelgrün, 5-7=rot, größer 7=braun.

Nr.	Clusterbez.	TonKl	FüllDi	Rauh	ImpSp	LebSc	MetaH	EinSc	LautM	LärmL	AnBe	Durch	SchwE	Sum	Max	Spez.
		anErst	cht		aNäh	hwank	ärt	haGef	ächt	äst	Schön	Klar	llDumTie			
	Assoziation	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	Glocken	5	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	10	5	0.50
2	Ventilator	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1.00
3	Sprechchor (Hertha)	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0.67
4	Wartehalle	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1.00
5	Tesafilm abwickeln	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1.00
6	Reifen auf Schotter	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1.00
7	Mücke	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1.00
8	Hufgetrappel	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1.00
9	Schreibmaschine	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1.00
10	Kinderschreien	0	0	0	0	4	0	0	1	1	0	0	0	6	4	0.67
11	Windgeräusch	0	2	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	6	3	0.50
12	Hammer/Amboß	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	1	0	13	12	0.92
13	Blechdose	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	2	1.00
14	Bohrer(Zahnarzt)	0	0	1	0	0	0	7	1	1	0	0	0	10	7	0.70
15	Kreissäge	0	0	0	0	0	0	5	0	2	0	0	0	7	5	0.71
16	Preßluft ausströmend	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	2	1.00
17	Wasserfall	1	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3	8	3	0.38
18	Schiffssirene	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	2	1.00
19	Verkehrslärm	0	0	0	0	2	0	0	0	7	0	0	0	9	7	0.78
20	Meeresrauschen	0	1	0	0	1	1	0	0	0	9	0	1	13	9	0.69
21	Klangschale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	2	1.00
22	Glas anschlagen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	5	4	0.80
23	Stein in den Brunnen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	1.00
24	Glöckchen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	1.00
25	Gummihammer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	1.00
	Summe	8	8	4	6	11	16	14	7	11	11	6	12	114		
26	Bienengesumme	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	1	0.50
27	Biergarten	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1.00
28	Donner	0	1	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	9	4	0.44
29	Feuer(knistern)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0	5	4	0.80
30	Flaschensortieranlage	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1.00
31	Flüstern	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1.00
32	Gemurmel	0	0	0	0	4	0	0	0	2	0	0	0	6	4	0.67
33	HundlöweTierfauchen	0	0	0	0	1	0	3	1	0	0	0	0	5	3	0.60
34	Hupen	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	2	0.67
35	Kirmes	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1.00
36	Melonenreifetest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1.00
37	Nebelhorn	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	6	5	0.83
38	Rascheln/Knistern	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1.00
39	Sense/Messer schärfen	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	2	1.00
40	Trommeln(rückwärts)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1.00
41	Vogelgezwitscher	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	1	2	7	3	0.43
	Summe	8	13	4	9	20	16	25	12	16	17	7	20	167		

Die endgültig ausgewählten Geräusche sind im oberen Teil der Tabelle 5-5 abgebildet. Da die Geräusche nach Clusterzugehörigkeit sortiert sind, ergibt sich wieder die Diagonalförmigkeit.

Für die Auswahl der Geräusche wurden ähnlich wie bei der Auswahl der Adjektivpaare folgende Kriterien zugrundegelegt:

1. Hohe Häufigkeiten für das jeweilige Cluster.
2. möglichst wenige Nennungen bei anderen Clustern (hohe Spezifität).
3. Es sollten pro Cluster alle Eigenschaften abgedeckt sein.
4. Die Geräusche sollten inhaltlich zu dem Cluster passen.

Bei der Auswahl der Adjektivpaare konnte nicht für alle eine hohe Spezifität erreicht werden. Hier ist eher der dritte Punkt (Abdeckung aller Cluster) das Problem. Der Grund dafür ist darin zu sehen, daß bei Geräuschen keine Vorgaben gemacht wurden und darum die Häufigkeiten insgesamt sehr viel niedriger sind. Auch hier wurde eine Größenordnung von zwei Geräuschen pro Cluster angestrebt. Dies war allerdings aus den oben genannten Gründen nicht möglich. So mußten gerade für Cluster mit 3 oder 4 Eigenschaften 3 oder 4 Geräusche ausgewählt werden, um alle Eigenschaften der Cluster abdecken zu können.

Die Auswahl ergab 25 Geräusche, die sich auf alle Eigenschaften, mit Ausnahme der Spannung, verteilten. Folgende Eigenschaften wurden bei der Auswahl der Geräusche nur mit einer Häufigkeit von 1 abgedeckt:

- Erstklassigkeit
- Gefährlichkeit
- Klarheit

Es ist jedoch zu erwarten, daß diese Eigenschaften durch die Geräusche auch ohne explizite Nennung durch die Versuchspersonen abgedeckt werden. Bei der späteren Auswertung des Hörversuchs ist dieser Punkt jedoch erneut zu diskutieren.

Ergebnis

Die Befragung von 17 Versuchspersonen zu Geräuscheigenschaften ergab eine Datenreduktion von 29 Geräuscheigenschaften in 12 Clustern. Für jedes Cluster wurden anhand der Nennungshäufigkeiten zwei Adjektivpaare ausgewählt, die in einem späteren Hörversuch (Abschnitt 7) verwendet werden sollten. Die Auswahl der 25 Geräusche erfolgte durch Auswertung der von den Versuchspersonen angegebenen Geräuschassoziationen. Die Qualität der Auswahl ist in beiden Fällen durch die beschriebene Diagonalform zu erkennen.

6 Aufnahme und Bearbeitung der Geräusche

Im folgenden Abschnitt wird die Vorgehensweise bei der Aufnahme der Geräusche, die ein Ergebnis der in Abschnitt 5.4 erfolgten Auswahl darstellen, beschrieben. Es wird erläutert, wie und warum die Geräusche verändert wurden, bis schließlich alle Geräuschbeispiele zur Präsentation im Hörversuch vorbereitet waren. Anschließend wird auf die Bestimmung der psychoakustischen Parameter der Geräusche eingegangen, die im Kapitel 8 Bestandteil einer Zusammenhangsanalyse sind.

6.1 Durchführung der Geräuschaufnahmen

Die Geräuschaufnahmen wurden mit dem in Abschnitt 4.1 beschriebenen System durchgeführt. Bei der Wahl des Aufnahmeortes und dem Abstand zur Geräuschquelle wurde speziell darauf geachtet, eine für die Geräuschsituation typische Aufnahmeposition zu finden. Dies ist wichtig, weil bei der Aufnahmetechnik mit Kunstkopf beim späteren Abspielen eine gute Ortung der Signale zu erwarten ist. Vor jeder Aufnahme wurde zunächst der sinnvolle Pegelbereich am Vorverstärker eingestellt. Dann wurde der DAT-Recorder dementsprechend angesteuert und die Justierschraube mit Klebeband fixiert. Vor und nach jeder Aufnahme wurde der Kalibrierton auf das Band gespielt. Dies ist vor allem deshalb wichtig, da die Geräusche im Hörversuch in Originallautstärke dargeboten werden sollen. Für Aufnahmeorte im Freien wurde in der Regel die Freifeldentzerrung (FF) gewählt, sonst die richtungsunabhängige Entzerrung (ID). Während der Aufnahme wurde ein Aufnahmeprotokoll (siehe Anhang M) mit allen wichtigen Angaben aufgenommen. In der Tabelle 6-1 sind alle aufgenommenen Geräusche mit Angaben zur Quellentfernung aufgelistet.

Bei allen Aufnahmen, mit Ausnahme der des Glöckchens, wurde der Hochpaßfilter von 22.4 Hz verwendet. Durch Verwendung des 200 Hz-Hochpaßfilters beim Glöckchen wurde ein signalfremdes Brummen eliminiert.

Tabelle 6-1: Aufnahmeparameter der Geräusche

In der Tabelle sind die aufgenommenen Geräusche, der Aufnahmeort (innen oder außen), die Signalverzerrung (ID oder FF) und der Abstand Quelle-Kunstkopf (Quellabstand) verzeichnet. In zwei weiteren Spalten sind die Namen der WAV-Dateien und die im weiteren verwendeten Abkürzungen der Geräusche verzeichnet.

Geräusch	Aufnahmeort	Signalverzerrung	Quellabstand	Dateiname	Abkürzung
Blechdose	Innen	ID	1.3 m	dose0.wav	dose
Brunnen (Stein fällt)	Außen	FF	10 m	brunn.wav	brun
Glas (anschlagen)	Innen	ID	60 cm	glas0.wav	glas
Glöckchen	Innen	ID+HP 200Hz	2 m	gloek.wav	gloe
Glocken	Außen	FF	ca.60 m	glock.wav	gloc
Gummihammer	Innen	ID	0 m	hammr.wav	hamm
Hammer-Amboß	Innen	ID	2 m	smied.wav	smie
Hufgetrappel	Außen	FF	5 m	hufen.wav	hufe
Kinderschreien	Außen	FF	ca.10 m	kinda.wav	kind
Klangschale	RAR ⁵	FF	60 cm	klang.wav	klan
Kreissäge	Innen	ID	2 m	saege.wav	saeg
Lüfter	Innen	ID	3 m	lueft.wav	luef
Meeresrauschen	Außen	FF	5 m	meeer.wav	meer
Preßluft	Innen	ID	50 cm	press.wav	pres
Reifen auf Schotter	Außen	FF	2.5 m	schot.wav	scho
Schiffssirene	Außen	FF	ca. 250 m	typho.wav	typh ⁶
Schreibmaschine	Innen	ID	50 cm	schrb.wav	schr
Sprechchor-Hertha	Außen	FF	ca. 100 m [*]	herta.wav	hert
Tesafilm abwickeln	Innen	ID	50 cm	tesaf.wav	tesa
Verkehrslärm	Außen	FF	5 m	verkr.wav	verk
Wartehalle	Innen	ID	ca. 10 m [*]	halle.wav	hall
Wasserfall	Außen	ID ⁷	ca. 2 m	wassa.wav	wass
Wespe am Ohr	Außen	FF	0 m	wespe.wav	wesp
Windheulen	Innen	ID	ca. 5 m	windd.wav	wind
Zahnarztbohrer	Innen	ID	2 m	zahna.wav	zahn
Kalibrierton	Intern	-	-	calib.wav	-

⁵ reflexionsarmer Raum.

⁶ Typhon: Schiffssirene (griech. Wirbelwind) [51].

^{*} Eine Angabe ist hier schwierig, da hier die Geräuschquellen sehr zahlreich waren und unterschiedliche Abstände hatten.

⁷ Durch viele Wände war hier eher ein diffuses Schallfeld vorhanden.

6.2 Verarbeitung der Geräuschaufnahmen

Nach der Aufnahme der Geräusche mußten verschiedene Schritte unternommen werden, bis diese in der im Hörversuch präsentierten Form vorlagen. Es waren Überlegungen zur Geräuschlänge und zum Wiedergabepegel im Hörversuch notwendig. Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse dieser Überlegungen dargestellt, und die Vorgehensweise beschrieben mit der diese umgesetzt wurden.

Nach der Aufnahme lagen alle Geräusche mit einer Samplefrequenz von 48 kHz auf DAT-Cassetten vor. Diese wurden digital auf die Festplatte eines PCs überspielt. Es wurde darauf geachtet, daß bei jedem Geräusch der zugehörige Kalibrierton überspielt wurde.

6.2.1 Festlegung der Geräuschlänge

Vor der Weiterverarbeitung der Geräuschdateien mußte zunächst die Darbietungsdauer für jedes Geräusch im späteren Hörversuch festgelegt werden. Alle Geräusche sollen mit der gleichen Dauer dargeboten werden, um keine unterschiedlichen Beurteilungen durch die unterschiedliche Länge der Geräusche zu bewirken. Die Signale sollten nicht unnötig lang sein, um die Gesamtdauer des Hörversuchs gering zu halten. Trotzdem sollten alle Geräuscheigenschaften für jedes Geräusch vollständig erfaßt werden. Als am problematischsten in dieser Beziehung erwiesen sich schwankende Geräusche wie z.B. der Verkehrslärm oder das Kinderschreien. Soll für diese Geräusche die Schwankungsstärke erfaßt werden, so muß ein genügend langer Zeitausschnitt dargeboten werden. Die Präsentationsdauer für den Hörversuch wurde unter Berücksichtigung dieses Problems auf 5 s festgelegt.

6.2.2 Auswahl repräsentativer Zeitabschnitte

Im nächsten Schritt wurden für jedes Geräusch repräsentative Zeitabschnitte von 5 Sekunden ausgewählt.

Das Schiffshupengeräusch war zu lang, so daß innerhalb der 5 Sekunden entweder der Anfang oder der Nachhall abgeschnitten werden mußte. Da der Nachhall als für die Geräuschsituation wichtig erachtet wurde, wurde der Anfang geschnitten und mit einer dem Schiffshupeneinsatz sehr ähnlichen Hüllkurve versehen. Bei sehr kurzen Aufnahmesignalen (Glas, Glöckchen, Gummihammer, Preßluft, Schmied, Tesafilm und Wespe) wurde das darzubietende Geräusch in der Regel aus zwei Abschnitten der Aufnahme zusammengeschnitten. Es wurde besonders darauf geachtet,

daß die Schnittstellen nicht hörbar waren. Als einziges Geräusch wurde die Blechdose stärker verändert. Das kurze Klicken einer Blechdose, die zerdrückt wird, wurde als viel zu kurz angesehen, um einen Eindruck der Metallhaftigkeit zu erwecken. Aus diesem Grund wurden ca. 15 solcher einzelnen Klicks zu einem Geräusch mit einer Länge von ca. 2 Sekunden zusammengeschnitten. Nach einer Pause wurde dieses Geräusch noch mal wiederholt, um die 5 Sekunden Geräuschlänge zu erreichen.

6.2.3 Wiedergabepiegel der Geräusche

Es wurden zwei Möglichkeiten der Präsentation der Geräusche im Hörversuch ins Auge gefasst, die Präsentation in Originallautstärke oder mit gleicher Lautheit. Die Präsentation aller Geräusche mit gleicher Lautheit ist aus zwei Gründen abzulehnen. So kommt es vermutlich durch die Veränderung der Schalldruckpegel der Geräusche zu Einbußen der Natürlichkeit. Außerdem würde auf diese Art ein wichtiger Faktor der Hörwahrnehmung aus dem Datensatz entfernt werden: die Lautheit. Aus diesem Grunde sollten die Geräusche in Originallautstärke dargeboten werden.

6.2.4 Veränderung der Geräusche

Nach dem Angleichen der Pegel der einzelnen Geräusche, so daß deren Kalibriertöne die gleiche Amplitude hatten, wurden alle Signale und ein Kalibrierton in WAV-Dateien gespeichert. Die Bezeichnung der WAV-Dateien ist in der Tabelle 6-1 angegeben.

Bei einigen Geräuschen wurde, entgegen den im vorigen Abschnitt angestellten Überlegungen, aus verschiedenen Gründen eine Pegelveränderung vorgenommen. So wurden die Dose, die Preßluft, die Schreibmaschine und die Kreissäge um 10 dB abgesenkt, da sie unerträglich laut waren. Der Schmiedehammer wurde aus dem gleichen Grund um 7 dB abgesenkt. Der Wasserfall war im Vergleich mit dem Verkehrslärm zu laut und wurde darum um 5 dB abgesenkt. Das Hufgetrappel wurde zur Erhöhung des Eindrucks der Impulshaftigkeit um 10 dB verstärkt. Es wurde darauf geachtet, daß die Geräusche weiterhin natürlich klangen.

Zur Darbietung im Hörversuch mußten die WAV-Dateien konvertiert werden, da bei dem verwendeten Waveplayer nur Aufnahmen mit einer Abtastrate von 44.1 kHz abgespielt werden konnten.

Im Anschluß wurden zu plötzlich einsetzende Signale⁸ am Anfang und Ende mit einer gaußförmigen Hüllkurve versehen. Die Dauer der Ein-/Ausblendzeit betrug 200 ms.

6.2.5 Kalibrierung der WAV-Dateien

Vor der Durchführung der Versuche wurde der Pegel aller WAV-Dateien so verändert, daß der Kalibrierton (calib.wav) am linken Kopfhörer einen Schalldruckpegel von 94 dB erzeugte, da alle Geräusche, bis auf die im vorigen Abschnitt beschriebenen, in Originallautstärke präsentiert werden sollten. Der Versuchsaufbau zur Kalibrierung ist in der folgenden Abbildung dargestellt. Die verwendeten Geräte sind in Kapitel 4.2 aufgeführt.

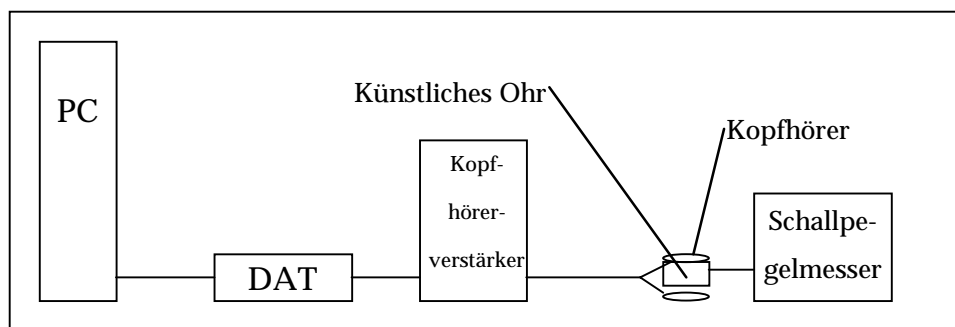


Abbildung 6-1: Aufbau zur Kalibrierung

6.3 Bestimmung der psychoakustischen Parameter der Geräusche

Nachdem die Geräusche in der Endform vorlagen, konnten die psychoakustischen Parameter der Geräusche bestimmt werden. Die Vorgehensweise und die Ergebnisse sind im folgenden Abschnitt beschrieben. Die psychoakustischen Parameter werden zur Durchführung der Zusammenhangsanalyse (Kapitel 8) benötigt.

⁸ Diese Geräusche waren: Glocken, Wartehalle, Fußballstadion, Lüfter, Meeresrauschen, Kreissäge, Schotterweg, Schreibmaschine, Verkehrslärm, Wasserfall, Wespe, Windgeheul und Zahnarztbohrer.

6.3.1 Berücksichtigung der Kopfhörerübertragungsfunktion

Da im Hörversuch die Geräusche über einen Kopfhörer dargeboten werden, zur Berechnung der psychoakustischen Parameter jedoch die WAV-Dateien verwendet werden sollen, muß die Kopfhörerübertragungsfunktion berücksichtigt werden. Aus einer Messung mit dem künstlichen Ohr ging die in Abbildung 6-2 dargestellte Übertragungsfunktion des Kopfhörers hervor.

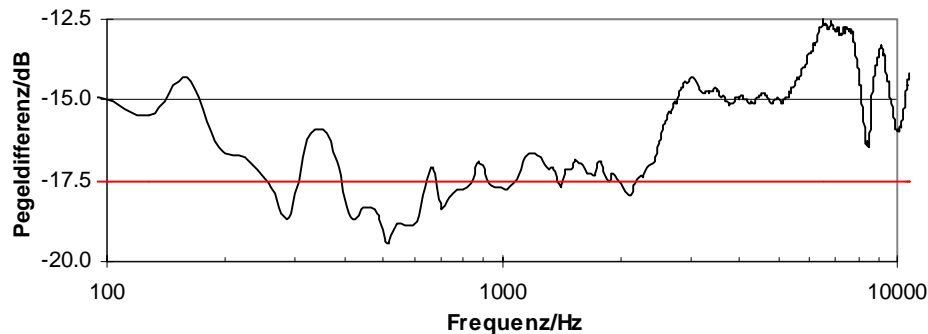


Abbildung 6-2: Übertragungsfunktion des Kopfhörers

Die Übertragungsfunktion weist im gesamten Bereich eine maximale Abweichung von ± 5 dB auf. Die rote Linie kennzeichnet den für den Kalibrierton (250 Hz) vorliegenden Wert der Übertragungsfunktion.

Bei Frequenzen oberhalb von 2500 Hz (rote Linie) treten Verstärkungen auf. Vor Berechnung der psychoakustischen Parameter muß diese Übertragungsfunktion berücksichtigt werden, da sonst speziell für die Schärfe falsche Werte berechnet werden. Da die technischen Hilfsmittel (Konstruktion eines Filters mit der oben dargestellten Übertragungsfunktion) nicht vorhanden waren, mußte auf eine Korrektur der WAV-Dateien verzichtet werden.

Für die Intensitätsparameter (siehe Fußnote 10) und die Schärfe ist eine Verfälschung zu erwarten. Die Schärfe der WAV-Dateien ist als niedriger einzustufen als bei der Übertragung mit dem Kopfhörer, da eine Höhenanhebung erfolgt. Bei den Intensitätsparametern können sich positive und negative Abweichungen ergeben, je nach dem Frequenzbereich der Geräuschkomponenten. Da die Kalibrierung des Versuchsaufbaus bei 250 Hz erfolgte, ist für Geräusche, die Frequenzanteile außerhalb des Bereichs von 250-2500 Hz (oberhalb der roten Linie) haben, mit einer Erhöhung der Intensitätsparameter zu rechnen.

6.3.2 Vorgehensweise

Bei der Auswertung der psychoakustischen Parameter wurde nur ein Kanal der WAV-Dateien ausgewertet. Es wurde der linke Kanal gewählt, weil bei der Wespe das Geräusch nur auf der linken Seite vorlag.

Folgende Parameter wurden von verschiedenen Programmen (siehe Kapitel 4.3) aus den WAV-Dateien für 50 ms-Intervalle berechnet:

- Linearer Schalldruckpegel (L in dB)
- A-bewerteter Schalldruckpegel (LA in dB(A))
- Lautstärkepegel (LN in phon)
- Lautheit (N in sone)
- Schärfe (S in acum)
- Rauigkeit (R in asper)⁹
- Tonhaltigkeit (Tone to Noise (TN) in dB; Prominent Ratio (PR) in dB)
- Schwankungsstärke (SST in vacil)

Neben den Werten für jedes Zeitintervall berechnete das Programm für die Intensitätsparameter¹⁰ und die Schärfe einen Einzahlwert für das Gesamtgeräusch (Mittelwert). Bei dem Programm zur Berechnung der Schwankungsstärke konnte das auf 4s voreingestellte Beurteilungsintervall verändert werden. Da die Ergebnisse des Programms für das voreingestellte Intervall schlecht interpretierbare Werte lieferte, wurde die Intervalllänge variiert. Es wurden Schwankungsstärken für Intervalle von 4s, 2s und 1s berechnet (im folgenden mit SST₄, SST₂ und SST₁ bezeichnet).

Folgende Parameter wurden aus den Meßwerten der Programme berechnet:

- 4er-, 25er-, 50er-, 75er- und 90er-Perzentile (außer bei der Schwankungsstärke).
- Mittelwerte für die Rauigkeit und die Tonhaltigkeitsparameter.
- Maximalwerte für die Schwankungsstärke.
- Die Differenz ΔL , ΔN aus dem 25er- und 75er-Perzentil bei den Intensitätsparametern.

⁹ Hier wurden aus Zeitgründen 100 ms-Intervalle zur Berechnung herangezogen.

¹⁰ Im folgenden werden die Parameter Schalldruckpegel, A-bewerteter Schalldruckpegel, Lautstärkepegel und Lautheit mit dem Begriff Intensitätsparameter zusammengefaßt.

Folgende Besonderheiten wurden bei der Berechnung der Werte beachtet:

- Bei den Intensitätsparametern auftretende Werte unter 20 dB wurden vor der Berechnung der Perzentile durch einen anzunehmenden Grundrauschpegel von 20 dB ersetzt.
- Bei den Berechnungsverfahren der Tonhaltigkeit wurde neben der Angabe der Pegeldifferenz aus tonalen und rauschhaften Spektralanteilen die Mittenfrequenz des Frequenzbandes ausgewertet, in dem der höchste tonale Anteil vorlag. Um auszuschließen, daß unsinnige Werte zur Berechnung herangezogen werden, wurden alle Pegeldifferenzen für Mittenfrequenzen oberhalb 8 kHz (höchste tonale Anteile bei der Kreissäge) zu Null gesetzt. Auch nicht sinnvolle negative Pegeldifferenzen wurden durch Null ersetzt.
- Bei der Ermittlung der Maximalwerte für die Schwankungsstärke wurden nur Zeiten zwischen 0.2s und 4.8 s berücksichtigt, um einen Einfluß der Gaußhüllkurve auszuschließen.

6.3.3 Ergebnisse

In Tabelle 6-2 sind für alle Geräusche ausgewählte Parameter dargestellt.

Es wurde hier der A-bewertete Schalldruckpegel ausgewählt, da dieser im vorliegenden Pegelbereich die Lautheitswahrnehmung des Gehörs relativ gut beschreibt. Eine vollständige Tabelle aller berechneten Parameter befindet sich im Anhang L.

Für den Schotterweg, das Glöckchen und das Windgeräusch wurden mit 62 dB(A) die niedrigsten Pegel gemessen. Der höchste Pegel ergab sich für Hertha mit 91.6 dB(A).

Für die Schärfe ergeben sich maximale Werte für die Kreissäge, die Preßluft und den Zahnarztbohrer von 7-8 acum. Minimale Schärfewerte ergeben sich für den Wind und die Klangschale. Dies stimmt sehr gut mit dem subjektiven Höreindruck überein.

Bei der Rauigkeit werden durch das Programm keine interpretierbaren Zahlen berechnet. Bei der Dose, dem Gummihammer und dem Schmiedehammer werden von dem Programm überhaupt keine Werte berechnet. Für den Großteil der Geräusche liegt die Rauigkeit weit unter 1 asper. Maximale Rauigkeiten von 6 asper werden der Schreibmaschine und dem Hufgetrappel zugeordnet. Diese Werte können durch die Hörwahrnehmung nicht bestätigt werden. Einzig beim Schotterweg ergibt sich ein mit dem Höreindruck übereinstimmender Wert von 2.5 asper.

Tabelle 6-2: Psychoakustische Parameter der Geräusche (Auswahl).

In der Tabelle sind für alle Geräusche (abgekürzte Bezeichnungen) der A-bewertete Schalldruckmittlungspegel L_{Am} , die Gesamtschärfe S_{ges} , das 4er-Perzentil der Rauigkeit R_4 , die Mittelwerte der Tonhaltigkeitsparameter Tone to Noise TN_m und Prominent Ratio PR_m , die Schwankungsstärken für das 4s- und 1s-Intervall SST_4 und SST_1 und die Differenz des 25er- und 75er-Perzentils des A-bewerteten Schalldruckpegels ΔL_A dargestellt.

Geräusch	L_{Am} dB(A)	S_{ges} acum	R_4 asper	TN_m dB	PR_m dB	SST_4 vacil	SST_1 vacil	ΔL_A dB
brunn	69.6	3.1	0.279	2.0	3.4	0.68	2.24	17.8
dose	77.4	4.8	.	0.0	6.1	0.68	3.02	10.1
glas	66.4	4.1	1.280	18.6	24.7	0.63	2.58	23.1
gloc	82.9	2.4	0.090	12.7	17.4	1.29	2.06	8
gloe	62.4	4.7	0.351	23.3	18.8	0.65	2.71	23.5
hall	72.0	2.6	0.080	0.3	6.0	0.68	1.24	2.5
hamm	64.3	1.6	.	0.0	3.2	0.68	2.89	1.5
hert	91.6	4.5	0.377	0.0	4.4	1.47	0.99	0.8
hufe	75.6	3.3	6.136	0.0	4.6	3.01	2.99	9.7
kind	68.6	2.4	0.236	0.2	12.6	0.62	2.28	5.1
klan	74.5	1.5	0.051	19.2	30.9	2.17	1.49	7.7
luef	69.8	2.3	0.040	11.5	10.9	1.1	0.82	0.8
meer	73.3	3.6	0.094	0.0	0.0	0.46	1.1	4.7
pres	83.6	8.3	0.099	0.4	5.0	0.68	2.39	51.3
saeg	85.9	7.6	0.080	5.6	11.4	0.37	0.88	2
scho	62.1	2.7	2.486	0.0	0.5	2.14	2.76	5.7
schr	73.6	5.8	6.146	0.0	4.3	2.88	3.02	14.7
smie	78.1	4.9	.	11.5	7.8	0.68	1.37	34
tesa	74.2	5.2	0.052	0.8	3.7	1.02	2.36	36.1
typh	85.6	2.5	0.225	6.0	5.9	0.68	2.33	25.4
verk	73.5	2.8	0.124	0.3	2.6	1.44	1.02	1.6
wass	81.7	4.1	0.102	0.0	4.5	1.16	1.01	0.7
wesp	65.9	1.6	0.221	2.1	7.0	0.68	2.43	12
wind	62.4	1.4	0.058	2.9	8.1	0.97	1.28	4.9
zahn	82.0	7.0	0.179	1.1	19.4	1.42	1.22	2.9

Bei den Parametern für die Tonhaltigkeit ergibt sich der höchste Wert für die Klangschale (31 dB). Der niedrigste Wert ist für das Meeresrauschen mit 0 dB berechnet. In der Regel sind erklärbare Ergebnisse zu verzeichnen. So ergeben sich hohe Werte für Geräusche mit starken tonalen Anteilen. Die Werte beider Parameter (TN und PR)

sind relativ gut vergleichbar, wobei anzumerken ist, daß die Werte beim PR im Mittel um 5 dB höher sind. Beim Zahnarztbohrer ergibt sich die größte Diskrepanz zwischen beiden Verfahren von 18 dB.

Bei der Schwankungsstärke sind hier Werte der von Zwicker [53] eingeführten Berechnungsart mit einem 4-Sekunden-Beurteilungszeitraum, dem mit 1 Sekunde gegenübergestellt. Beide liefern tendenziell nachvollziehbare Werte, obwohl auch hier einige Ungereimtheiten auftreten.

Der niedrigste Wert für SST_4 ergibt sich für die Kreissäge (0.4 vacil), der höchste Wert für das Hufgetrappel (3 vacil). Dies deckt sich relativ gut mit dem subjektiven Eindruck.

Es gibt jedoch auch Beispiele bei denen das Programm keine interpretierbaren Ergebnisse liefert. Das Meeresrauschen und das Kinderschreien wird z.B. mit 0.5 bzw. 0.6 vacil berechnet. Diese Geräusche sind jedoch als schwankungsstark anzusehen. Das Programm liefert hier falsche Ergebnisse. Möglicherweise wirkt sich hier die geringe Geräuschkdauer von nur 5 Sekunden negativ aus. Geräusche die vom Programm als sehr schwankungsstark berechnet werden sind z.B. das Hufgetrappel, die Schreibmaschine, der Verkehrslärm und die Klangschale. Bis auf die Klangschale sinnvolle Zuordnungen. Ein Wert von ca. 0.68 vacil kann als Rauschgrenze angesehen werden, wenn die Häufigkeit des Auftretens beachtet wird.

Die Berechnung mit dem 1-Sekunden-Intervall liefert allgemein höhere Werte. Höchste Werte ergeben sich hier wieder für die Schreibmaschine und das Hufgetrappel. Der Lüfter und die Kreissäge werden als stationäre Geräusche erkannt. Das Programm errechnet hier minimale Werte.

Große Unterschiede zwischen den beiden Verfahren gibt es bei folgenden Geräuschen:

- Brunnen, Glas, Glöckchen, Gummihammer, Preßluft, Schmiedehammer, Schiffshupe und Tesafilm. → Bei diesen Geräuschen ergeben sich mit SST_1 hohe Werte, mit SST_4 quasi Null. Fast alle diese Geräusche sind dadurch gekennzeichnet, daß sie mit einer Pause präsentiert werden und hohe Dynamikschwankungen vollziehen.
- Wespe, Klangschale, Kinderschreien, Dose. → Bei diesen Geräuschen ist den Werten von SST_1 der Vorzug zu geben.

Die Pegeldifferenz als weiteres Kriterium für die Schwankungsstärke ist kein Ausweg aus den zuvor beschriebenen Problemen.

Minimale Werte von ca. 0 dB ergeben sich hier für Hertha, den Lüfter und den Wasserfall. Die größte Pegeldifferenz ist für die Preßluft berechnet worden (ca. 50 dB). Geräusche mit relativ hoher zu erwartender Schwankungsstärke werden hier nicht

erfaßt (z.B. die Wespe, das Meeresrauschen oder das Kinderschreien). Andere werden aufgrund einmaliger zeitlicher Vorgänge als zu hoch angegeben (z.B. die Preßluft oder das Glöckchen).

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Intensitätsparameter, die Schärfe und die Tonhaltigkeitsparameter relativ gut mit den Erwartungen übereinstimmen. Für die Schwankungsstärke ergeben sich für manche Geräuscharten falsche Einschätzungen und bei der Rauigkeit erfolgen Zuordnungen, die als nicht sinnvoll anzusehen sind. Offensichtlich gibt es bei der Berechnung der Rauigkeit große Schwierigkeiten bei der Übertragung des für synthetische Schalle (modulierte Töne) entwickelten Verfahrens auf Umweltschalle.

Die hier errechneten psychoakustischen Parameter bilden einen Bestandteil der im Abschnitt 8 durchgeführten Zusammenhangsanalyse.

7 Hörversuch

Die im Kapitel 6 bereitgestellten Geräusche konnten nun mit den im Kapitel 5.3.2 ausgewählten Adjektivpaaren in einem Hörversuch bewertet werden. Hier waren zunächst einige Vorüberlegungen notwendig. Diese werden zunächst beschrieben. Nach der Beschreibung der Durchführung des Hörversuchs wird auf die Auswertung der Ergebnisse eingegangen. Diese erfolgt zunächst allgemein nach Mittelwerten. Danach werden die Daten einer Faktorenanalyse unterzogen. In einem letzten Schritt werden den so ermittelten Dimensionen der Hörempfindung Geräuschprototypen zugeordnet.

7.1 Vorüberlegungen

Vor der Durchführung des Hörversuchs mußten folgende Fragen geklärt werden:

- Wieviele Versuchspersonen werden benötigt ?
- Welche Versuchspersonen sollen zugelassen werden ?
- Wie sollen die Geräusche dargeboten werden (Reihenfolge, Wiederholungen, Orientierungsphase) ?
- Wie soll die Instruktion der Versuchspersonen aussehen ?
- Auf welcher Skala sollen die Urteile erfolgen ?
- Wie kann die Skala mit den insgesamt 24 Adjektiven beschriftet werden ?
- Welche Gesamtdauer hat der Hörversuch ?

7.1.1 Anzahl der Versuchspersonen

Die Anzahl der Versuchspersonen N sollte hoch genug sein, um bestimmte Mittelwertunterschiede in den Urteilen als signifikant bezeichnen zu können.

Um eine Aussage dazu treffen zu können, muß von einer bestimmten Standardabweichung ausgegangen werden, die zunächst unbekannt ist. In einem ähnlichen Hörversuch unter Verwendung einer 5-stufigen Skala ergaben sich im Mittel Standardabweichungen von 1^{11} . Dieser Wert wird als Schätzwert der Varianz σ in diesem

¹¹ Persönliche Auskunft von H. Prante.

Hörversuch angenommen. Sollen bestimmte Mittelwertunterschiede $\Delta\bar{x}$ signifikant sein, so muß die folgende Ungleichung erfüllt sein [17]:

$$\left| \frac{\Delta\bar{x}}{\sigma / \sqrt{n-1}} \right| \geq t_{(n-1)},$$

$t_{(n-1)}$ ist der für $n-1$ Freiheitsgrade aus der Tabelle der t-Verteilung abgelesene t-Wert [17].

Soll bei einer Standardabweichung von 1 ein Mittelwertunterschied von 0.5 Kategorien für ein Signifikanzniveau $\alpha=5\%$ ¹² noch signifikant sein, so ist diese Ungleichung ab einer Personenanzahl von 19 erfüllt. Aus diesem Grund wurde eine Versuchspersonenanzahl von 20 angestrebt.

7.1.2 Art der Versuchspersonen

Eine Stichprobe von 20 Personen soll repräsentative Aussagen für die Grundgesamtheit zulassen. Nun ist die Frage, für welche Grundgesamtheit die Stichprobe homogen ist. Sind z.B. unter den Versuchspersonen nur Studenten, so ist davon auszugehen, daß sich die Aussagen, die aus der Stichprobe gewonnen werden, zunächst nur für die Grundgesamtheit aller Studenten Gültigkeit hat. Aus diesem Grund wurde eine möglichst gemischte Stichprobe bezüglich der Kategorien männlich/weiblich, Studenten/Nichtstudenten und Musiker/Nichtmusiker angestrebt.

Eine weitere Frage war, ob Versuchspersonen mit einem Hörschaden zugelassen werden sollten. In der Literatur wurde zwar eine Aussage gefunden, nach der die Hördimensionen bei Schwerhörigen und Normalhörenden gleich sind [30], jedoch treten zwischen diesen beiden Gruppen Unterschiede quantitativer Art auf. Darum sollten nur Versuchspersonen am Versuch teilnehmen, die keinen Hörverlust von mehr als 20 dB im interessierenden Frequenzbereich (100 Hz bis 10 kHz) haben.

¹² Es handelt sich um einen 2-seitigen Test, da die Mittelwertsdifferenz positiv oder negativ sein kann.

7.1.3 Darbietung der Geräusche

Da alle 25 Geräusche mit allen 24 ausgewählten Adjektivpaaren bewertet werden sollen, gibt es drei verschiedene Möglichkeiten die zeitliche Abfolge festzulegen:

1. Bewertung zunächst eines Geräuschs mit allen Adjektivpaaren, dann für das nächste Geräusch usw.
2. Bewertung aller Geräusche mit zunächst einem Adjektivpaar, dann für das nächste Adjektivpaar usw.
3. Immer neue Adjektivpaar- und Geräuschkombinationen.

Die erste Möglichkeit ist sehr ermüdend für die Versuchspersonen, da sie für längere Zeiträume immer das gleiche Geräusch vorgespielt bekommen. Beim Punkt 3 müssen sie sich die Versuchspersonen nach jedem Urteil auf ein neues Adjektivpaar einstellen. Als günstigste Variante ist daher die Möglichkeit 2 anzusehen. Hier können sich die Versuchspersonen auf ein Adjektivpaar einhören und konzentrieren.

Um den Einfluß der Reihenfolge der Geräuscharbietung und der Adjektivpaare zu minimieren, soll die Auswahl für beides zufällig erfolgen.

Um die Möglichkeit zu haben, die Entscheidungssicherheit der einzelnen Versuchspersonen zu beurteilen (intraindividuelle Schwankungen), wurden Wiederholungen einzelner Geräusche eingeplant. Dies ist auch ein Kriterium für den Einfluß der Reihenfolge, da bei Wiederholungen das vorangegangene Geräusch ein anderes ist.

Ein weiterer Effekt im Hörversuch kann sein, daß die Versuchspersonen für jedes Adjektivpaar eine Eingewöhnungszeit benötigen. Es soll daher das erste Geräusch wiederholt werden, um diesen Sachverhalt zu überprüfen. Das zweite zu wiederholende Geräusch ist das Geräusch Nummer 7, bei dem die Eingewöhnungszeit keinen Einfluß mehr haben sollte. Die Anzahl der Wiederholungen wurde für beide Geräusche mit zwei festgelegt, um den Zeitrahmen des Versuchs nicht zu sprengen. Eine Skizze zur Darbietungsreihenfolge findet sich in Abbildung 7-1.

Geräusch-Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8	1	9	10	11	12	7	13	14	15	16	1	17	18	19	20	7	21	22	23	24
Position:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28

Abbildung 7-1: Darbietungsreihenfolge der Geräusche

In der oberen Zeile sind die Geräuschnummern, in der unteren die Position der Darbietung dargestellt. Die Geräuschnummern werden für jedes Adjektivpaar zufällig bestimmt. Die beiden wiederholten Geräusche sind farblich hervorgehoben.

Für jedes Geräusch soll individuell die Möglichkeit einer maximal zweimaligen Wiederholung bestehen.

7.1.4 Orientierungsphase

Damit die Versuchspersonen einen Überblick erhalten, welche Geräusche beurteilt werden sollen und sie sich an die Skala gewöhnen können, ist eine Orientierungsphase geplant, in der ihnen alle Geräusche der Reihenfolge nach vorgespielt werden. Hierbei sollen die Versuchspersonen auch über die jeweilige Geräuschsituation aufgeklärt werden. Dies ist wichtig, da die Bekanntheit eines Geräuschs einen Einfluß auf die Beurteilung hat [43].

7.1.5 Instruktion der Versuchspersonen

Die Instruktion der Versuchspersonen soll für alle Personen gleich sein, um einen ungleichmäßigen Einfluß der Anleitung auf die Antworten auszuschließen. Eine Instruktion wurde deshalb in schriftlicher Form erarbeitet (siehe Anhang E).

7.1.6 Skala für das Semantische Differential

Die Adjektivpaare stehen an zwei gegensätzlichen Polen einer 7-stufigen Skala. In Anlehnung an von Bismarck [9] findet hier folgende am Beispiel des Adjektivpaares nah-fern dargestellte Skala Verwendung:

1 sehr nah	2 nah	3 etwas nah	4 neutral	5 etwas fern	6 fern	7 sehr fern
------------------	----------	-------------------	--------------	--------------------	-----------	-------------------

Die Wahl der Zahlen 1-7 erfolgte aus Gründen der einfacheren Werteeingabe in den PC. Zur späteren Auswertung wurden die Zahlen auf das inhaltlich sinnvollere symmetrische Intervall [3,...,-3] umgewandelt (Begründung siehe nächsten Absatz).

7.1.7 Beschriftung der Skala

Bei der Beschriftung der Skala wurde das Adjektiv nach links gestellt, welches auf die ausgewählte Geräuscheigenschaft zutrifft. Das ist auch der Grund für die Umwandlung der Antworturteile auf das oben angegebene Intervall. Das auf die Geräuscheigenschaft zutreffende Adjektiv soll eine positive Wertung erhalten.

7.1.8 Gesamtdauer des Hörversuchs

Alle 25 Geräusche sollen mit allen 24 Adjektivpaaren beurteilt werden. Zusätzlich sollen pro Adjektivpaar zwei Geräusche wiederholt werden. Jedes Geräusch hat eine Dauer von 5 Sekunden. Da es für jedes Geräusch eine zweimalige Wiederholungsmöglichkeit geben soll, wurde mit einer mittleren Entscheidungszeit von 5 Sekunden gerechnet. Es ergibt sich damit eine Dauer von:

$$(25+2 \times 2) \times 24 \times (5s+5s) = 6960 \text{ Sekunden bzw. } 116 \text{ Minuten.}$$

Auf drei Termine aufgeteilt ergibt das ca. 40 min pro Termin. Beim ersten Termin kommt noch die Orientierungsphase von ca. 5 min dazu.

Dies ist für die Versuchspersonen als zumutbar anzusehen. Eine starke Ermüdung der Versuchspersonen ist für diese Versuchsdauer nicht zu erwarten.

7.2 Durchführung des Hörversuchs

7.2.1 Aufnahme der Hörschwelle

Beim ersten Termin wurde von jeder Person die Ruhehörschwelle für beide Ohren ermittelt. Zunächst wurde bei den Frequenzen 0.125, 1, 2, 4 und 6 kHz sehr grob die Hörschwelle gemessen. Ergaben sich hierbei Werte, die in der Nähe der Normhörschwelle lagen, wurde davon ausgegangen, daß auch bei den anderen Frequenzen kein Hörverlust größer als 20 dB vorlag. War dies nicht der Fall, so wurde bei allen Frequenzen¹³ sehr sorgfältig die Hörschwelle untersucht. Alle Personen, die bei mindestens einer Frequenz einen Hörverlust von mehr als 20 dB hatten, wurden vom Hörversuch ausgeschlossen. Dies waren von 32 getesteten Personen 12.

Nach Messung der Hörschwelle hatten die Versuchspersonen Zeit, sich die Anleitung (siehe Anhang E) durchzulesen.

7.2.2 Orientierungsphase

In der Orientierungsphase wurden den Probanden alle Geräusche in alphabetischer Reihenfolge vorgespielt. Mit einem Wort wurde vor jeder Darbietung die Geräuschsituation beschrieben. Die verwendeten Begriffe können dem Anhang N entnommen

¹³ 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 750 Hz, 1 kHz, 1,5 kHz, 2 kHz, 3 kHz, 4 kHz, 6 kHz, 8 kHz und 10 kHz.

werden. Für jedes Geräusch sollte die Versuchsperson angeben, wie häufig sie im Alltag mit der Geräuschsituation konfrontiert ist. Als Antworten standen folgende Möglichkeiten zur Verfügung: nie, selten, regelmäßig, häufig.

Die Orientierungsphase wurde nur beim ersten Termin dargeboten.

7.2.3 Hörversuch

Der eigentliche Hörversuch fand in 3 Teilen in der Regel an verschiedenen Tagen statt. In jedem Teil wurden 8 Adjektivpaare beurteilt. Die Reihenfolge der Adjektivpaare war zufällig. Nach 4 Adjektiven gab es eine Pause von 5 Minuten. In der Pause fand beim 1. Termin ein Interview statt, in dem sowohl Angaben zur Person als auch Aussagen zu Auffälligkeiten während des Hörversuchs erfragt wurden.

Die Geräusche wurden in der unter 7.1.3 beschriebenen Art präsentiert.

7.3 Versuchsergebnisse

Die Ergebnisse wurden zunächst bezüglich des Versuchspersonenkollektivs ausgewertet. Ausreißer sollten eliminiert und auffällige Teilgruppen identifiziert werden. Zur Bestimmung der intraindividuellen Schwankungen und der Eingewöhnungsphänomene, wurden die Urteile der wiederholten Geräusche herangezogen.

Die weitere Auswertung erfolgte anhand einer erstellten Mittelwertmatrix und bezüglich der auftretenden Standardabweichungen. Nach Durchführung der Faktorenanalyse konnten den so ermittelten Dimensionen der Hörempfindung Geräusche zugeordnet werden, die diese gut repräsentieren (Prototypen).

7.3.1 Versuchspersonenkollektiv

Allgemeines

Von den 20 Versuchspersonen waren 10 Studenten. Die Hälfte aller Probanden waren Musiker. 9 Personen bezeichneten sich als geschulte Hörer. 6 Probanden waren weiblich, was einem Anteil von 30% entspricht. Es nahmen nur Versuchspersonen mit gesunden Ohren teil.

Homogenität der Probandengruppe

Zur Überprüfung, ob bestimmte Versuchspersonen sich stark von den anderen abheben (Ausreißer), wurden verschiedene Clusteranalysen durchgeführt. Da mit SPSS keine Clusteranalyse mit Matrizen¹⁴ durchgeführt werden kann, mußte hier zeilen- bzw. spaltenweise vorgegangen werden. Es wurden zum einen für jedes Adjektivpaar alle Versuchspersonen anhand der Urteile zu den einzelnen Geräuschen geclustert (Spalten). Zum anderen wurden die Versuchspersonen für jedes Geräusch anhand der Urteile bei den einzelnen Adjektivpaaren geclustert (Zeilen). Verwendet wurde hier das Single-Linkage-Verfahren, welches im Kapitel 5.3.1 näher beschrieben ist. Als Ausreißer wurden alle Versuchspersonen bezeichnet, die im Dendrogramm einen Sprung von mehr als 5 Einheiten (20%) aufwiesen. Als Beispiel ist im folgenden das Dendrogramm für das Adjektivpaar harmonisch-unharmonisch angegeben. Versuchsperson Nr. 15 ist hier als Ausreißer zu bezeichnen.

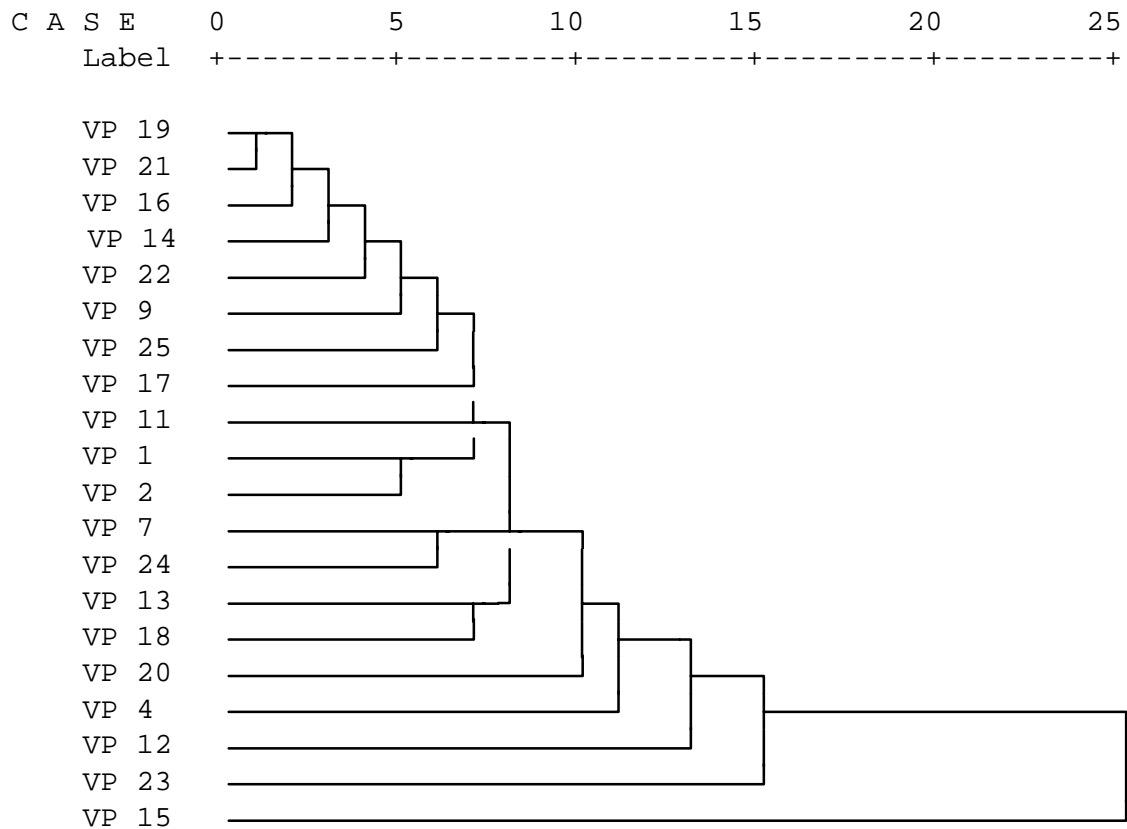


Abbildung 7-2: Dendrogramm einer Clusteranalyse mit dem Single-Linkage-Verfahren.

Die Versuchspersonennummern stehen unter der Bezeichnung Label.
Die Versuchsperson 15 ist hier als Ausreißer zu bezeichnen.

¹⁴ Das Ergebnis des Hörversuchs bestand für jede Versuchsperson aus einer Matrix, deren Zeilen die Geräuschbewertungen und deren Spalten die einzelnen Adjektivpaare darstellen.

Folgende Versuchspersonen wurden auf Grund der Clusteranalyse als Ausreißer für bestimmte Adjektivpaare bzw. Geräusche erkannt (siehe Tabelle 7-1).

Tabelle 7-1: Versuchspersonen (Ausreißer)

In der linken/dritten Spalte sind die Geräusche/Adjektivpaare verzeichnet, in denen Ausreißer auftraten. Die als Ausreißer klassifizierten Versuchspersonen-Nr. sind in Spalten 2 und 4 eingetragen.

Geräusch	Vp.-Nr.	Adjektivpaar	Vp.-Nr.
Dose	23	harmonisch	15
Glas	1, 9, 16	charaktervoll	17
Glocke	12, 22	kompakt	16, 4
Glöckchen	1	reich	15
Halle	18, 19, 23	aufregend	23
Hammer	23	nah	23
Hufgetrappel	9, 21, 23	metallisch	14
Kinderschreien	4, 22	rund	23
Klangschale	9	scharf	14
Lüfter	13, 23	kreischend	1
Meer	15	erwünscht	7
Schotter	4, 9, 16, 23	schön	7, 22
Schreibmaschine	9, 23	klar	2, 9
Schmied	17	deutlich	19
Tesafilm	12		
Verkehrslärm	15, 23		
Wasserfall	11, 16		
Zahnarzt	17		

Im nächsten Schritt wurde für jede Versuchsperson die Gesamthäufigkeit der Ausreißerklassifizierung bestimmt (Häufigkeit des Auftretens in Tabelle 7-1). Für einzelne Versuchspersonen ergeben sich folgende Häufigkeiten:

Vp.-Nr.	1	2	4	7	9	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	22	23
Häufigkeit	3	1	3	2	6	1	2	1	2	3	4	3	1	2	1	3	11

Besonders hervorstechend ist hier Versuchsperson-Nr. 23, die 11 mal als Ausreißer klassifiziert wurde. Dies entspricht ca. 22% der Fälle¹⁵. Da jedoch keine Versuchsperson

¹⁵ Die Gesamtzahl aller Möglichkeiten besteht in 24 Adjektivpaaren und 25 Geräuschen, also 49.

son gleichmäßig untypisch geurteilt hat, wurde der gesamte Datensatz zur weiteren Auswertung¹⁶ herangezogen.

Auffällige Teilgruppen

In weiteren Clusteranalysen wurde versucht zu ermitteln, ob bestimmte Teilgruppen (Musiker, geschulte Hörer, Männer, Studenten) der Stichprobe ähnlich urteilen. Hierzu wurden die Versuchspersonen für jedes Adjektiv über die Urteile bei allen Geräuschen nach dem Ward-Verfahren geclustert. Es konnte hierbei keine eindeutige Gruppenbildung beobachtet werden. Als stärkste Gruppenclustering kann die Analyse für das Adjektivpaar “hoch-tief“ angesehen werden, bei dem alle weiblichen Nichtmusiker in ein Cluster zugeordnet wurden (siehe Abbildung 7-3).

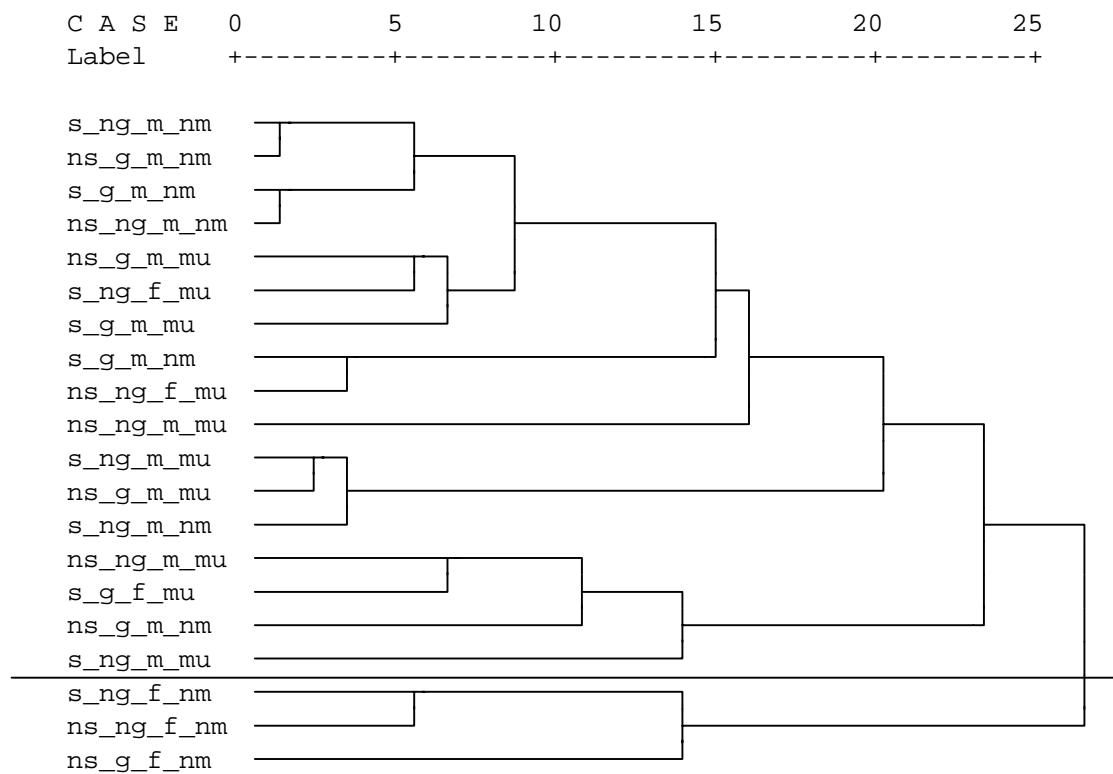


Abbildung 7-3: Dendrogramm einer Clusteranalyse für das Adjektiv hoch.

Die Bezeichnungen unter “Label“ bedeuten: s/ns: Studenten/Nichtstudent; g/ng: geschulte Hörer/ungeschulte Hörer; m/f: männlich/weiblich; mu/nm: Musiker/Nichtmusiker. Die eingezeichnete Linie trennt alle weiblichen Nichtmusiker von dem restlichen Versuchspersonenkollektiv.

Da sich keine Cluster für Teilgruppen bilden, ist davon auszugehen, daß es sich hierbei um eine relativ homogene Stichprobe handelt. Dies wird auch durch die Ausführungen im vorigen Abschnitt und im Abschnitt 7.3.3 bestätigt.

¹⁶ Siehe dazu auch Abschnitt 7.3.3 Faktorenanalyse.

7.3.2 Allgemeine statistische Beschreibung der Versuchsergebnisse

Intraindividuelle Schwankungen

Aus den Urteilen, die bei Wiederholung einzelner Geräusche abgegeben wurden, konnten Rückschlüsse auf Eingewöhnungsschwierigkeiten und Unsicherheiten bei der Urteilsfindung gewonnen werden.

Es wurden für jedes Adjektivpaar zwei Geräusche zweimal wiederholt. Das erste Wiederholungsgeräusch diente zur Erfassung der Eingewöhnung, das zweite zur Erfassung allgemeiner Entscheidungsprobleme (siehe Abschnitt 7.1.3).

Die Entscheidungssicherheit der einzelnen Versuchspersonen war größtenteils hoch. Folgende Tabelle gibt Aufschluß über die Standardabweichung der Urteile bei den wiederholten Geräuschen (Tabelle 7-2).

Tabelle 7-2: Häufigkeiten der auftretenden Standardabweichungen für die wiederholten Urteile

Es ist hier jeweils die Standardabweichung aus den drei Urteilen der wiederholten Geräusche berechnet worden. Wiederholung 1 bezeichnet das Geräusch, welches an Position 1, 9 und 19 dargeboten wurde; Wiederholung 2 wurde an Position 7, 14 und 24 präsentiert (siehe Abbildung 7-1). Da die Urteile auf einer 7-stufigen Skala erfolgten und die Standardabweichung für 3 Urteile berechnet wurde, ergaben sich diskrete Standardabweichungen (0, 0.58, 0.71...). In den untersten zwei Zeilen sind die Summen und prozentualen Anteile über alle Versuchspersonen angegeben.

VP.-NR.	Standardabweichung Wiederholung 1										Standardabweichung Wiederholung 2							
	0	0.6	0.71	1	1.15	1.53	1.73	2.08	2.31	3.21	0	0.58	0.71	1	1.15	1.53	1.73	2.31
1	10	11		2	1						10	12			2			
2	18	5		1							13	9			1		1	
4	18	6									21	3						
7	8	12		1	2		1				11	12		1				
9	7	10		1	2	3		1			9	10		1	4			
11	10	13			1						14	10						
12	12	9		1	1		1				12	9	1	1	1			
13	8	8			5	1	1			1	9	14			1			
14	12	10				1	1				17	6		1				
15	3	18		1	1	1					5	14		3	2			
16	6	14		2	1	1					6	11		5	1			1
17	14	4		1	2	1	2				13	8		1	1		1	
18	16	8									16	5	1	1			1	
19	15	9									13	10			1			
20	17	6			1						16	6			2			
21	21	3									15	6			3			
22	20	4									13	5			5			1
23	14	8			1				1		11	10				1	2	
24	12	8		2	2						8	13			2	1		
25	10	12	1	1							15	9						
Sum	251	178	1	13	20	8	6	1	1	1	247	182	2	14	26	2	5	2
%	52	37	0.2	3	4.2	1.7	1.3	0.2	0.2	0.2	51	38	0.4	3	5.4	0.4	1	0.4

An der Tabelle ist zu erkennen, daß für fast alle Wiederholungen (90%) die Standardabweichung kleiner oder gleich 0.58 ist (das entspricht 2 Mal das gleiche Urteil, beim dritten Mal eine Abweichung von einer Kategorie). Bestimmte Versuchspersonen weichen von diesem Verhalten ab. Für Versuchsperson 13 ergibt sich bei der Wiederholung 1 eine maximale Standardabweichung von 3.21. Bei einem Drittel der Urteile liegt hier die Standardabweichung über 1. Die gleiche Versuchsperson ist für das als zweites wiederholte Geräusch als sehr entscheidungssicher zu bezeichnen. Dies kann dadurch erklärt werden, daß diese Person eine Eingewöhnungsphase für jedes Adjektivpaar benötigt, nach der die Urteile dann sehr sicher werden. Der umgekehrte Fall ist bei der Versuchsperson 22 zu beobachten. Bei dem zweitwiederholten Geräusch ist der Proband relativ unsicher. Beim erstwiederholten Geräusch werden 20 von 24 immer gleich bewertet. Vermutlich hat die Versuchsperson relativ schnell gelernt, daß immer das erste Geräusch wiederholt wird und war dann in der Lage, sich das Urteil zu merken. Eine Versuchsperson, die in beiden Fällen relativ unsicher urteilt ist Nummer 9. Allgemein ist die Antwortsicherheit als sehr befriedigend zu bezeichnen.

Interviews

Bei den Interviews wurden nur wenige gleiche Aussagen von mehreren Versuchspersonen geäußert. Im Folgenden wird kurz auf diese eingegangen. Beim Pressluftgeräusch wurde ein unnatürliches Knacken unbekannter Ursache von ca. einem Drittel der Versuchspersonen bemerkt. Die Dose und der Wasserfall wurden als unnatürlich wahrgenommen. Beim Brunnen zerfällt das Geräusch in einen dumpfen und einen hellen Anteil. In der Regel wurde der dumpfe Teil von den Versuchspersonen beurteilt. Die Preßluft, die Kreissäge und Hertha wurden übereinstimmend als unangenehm laut bezeichnet. Bei den Adjektivpaaren wurde reich-schlicht als schweres Paar angegeben. Da sich bei den Geräuschen keine großen spezifischen Streuungen ergaben, wurden den Angaben der Hörhäufigkeiten keine weitere Beachtung geschenkt (siehe S.71).

Mittelwerte der Urteile

Die Mittelwerte aller Urteile zu den einzelnen Geräuschen sind in Tabelle 7-3 dargestellt.

Tabelle 7-3: Mittelwerte der Urteile

Es können Werte zwischen -3 (unteres Adjektiv gültig) und +3 (oberes Adjektiv gültig) angenommen werden. Die Farben bedeuten: dunkelrot: positives Vorzeichen und gerundet 3; hellrot positives Vorzeichen und gerundet 2; analog bei blau, nur daß hier das Vorzeichen negativ ist.

Vorzeichen		+																									
Geräusch	harmo-nisch	charaktervoll	kompakt	reich	rauh	kratzend	aufregend	nah	dynamisch	schwanken	metallisch	rund	schärfe	kreisend	laut	kraftig	erwünscht	angenehm	behaglich	schön	klar	deutlich	hoch	dumpf	Mittel	Max	Min
	Glocke	1.8	2.1	-0.7	1.4	-1.1	-1.5	-0.2	-0.6	1.0	1.7	1.6	1.5	-0.1	0.0	1.8	1.9	-0.5	0.4	0.5	1.3	1.4	1.8	0.4	-2.4	0.6	2.1	-2.4
Luefter	-0.3	-1.5	0.6	-1.1	0.6	-0.3	0.5	-0.2	-2.5	-2.8	-0.3	0.5	-0.7	-0.1	-0.2	-0.6	-1.3	-1.3	-1.0	-1.3	-1.5	-0.9	0.1	0.6	-0.6	0.6	-2.8
Hertha	-1.6	0.0	0.9	2.3	1.7	0.8	2.7	1.9	0.8	-0.5	-0.5	-0.4	0.5	2.0	3.0	2.6	-1.7	-1.9	-1.7	-1.4	-1.5	-1.1	0.3	0.3	0.3	3.0	-1.9
Halle	-0.5	-0.1	-1.6	1.7	0.5	-0.5	0.1	0.5	0.7	-0.1	-0.6	0.5	-0.8	-0.4	0.8	-0.3	-0.6	0.0	0.1	0.2	-0.8	-1.8	-0.2	0.4	-0.1	1.7	-1.8
Tesa	-0.7	0.2	0.8	-0.3	1.7	1.5	1.0	1.5	0.1	-0.2	-0.4	-0.5	1.5	1.1	0.6	0.7	-0.6	-0.5	-0.7	-0.8	0.2	0.8	0.8	0.2	0.3	1.7	-0.8
Schotter	0.7	0.1	-1.8	0.5	1.1	0.3	-1.8	0.7	0.8	0.6	-0.5	0.1	-0.2	-1.7	-1.5	-1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	-0.5	-0.5	-0.3	0.6	0.0	1.4	-1.8
Hufe	1.1	1.8	-1.5	1.1	-0.2	-0.2	-1.7	1.0	1.3	0.2	-0.1	-0.5	-0.1	-1.2	0.3	0.2	1.4	1.7	1.5	1.7	1.1	1.3	-0.3	-0.2	0.4	1.8	-1.7
Schreibm	-0.8	1.1	-0.1	-0.8	-0.4	0.3	0.9	1.4	0.7	0.8	1.0	-2.0	1.4	0.4	0.9	0.7	-0.9	-0.6	-0.6	-0.5	1.9	2.5	0.9	-0.3	0.3	2.5	-2.0
Wespe	0.6	1.2	-1.2	0.4	0.8	0.7	1.2	2.6	1.7	2.0	-0.4	0.5	0.2	-0.2	-0.7	-1.3	-1.6	-1.0	-1.3	-0.6	0.1	1.2	0.5	-0.1	0.2	2.6	-1.6
Kinder	-0.6	1.2	-1.8	0.9	-0.6	-0.1	1.0	-0.8	1.6	1.7	0.3	-0.1	1.0	1.5	0.1	-0.3	-0.5	-0.5	-0.3	-0.2	1.2	-0.2	2.2	-1.3	0.2	2.2	-1.8
Wind	1.5	0.8	-0.5	0.0	-0.3	-1.8	-1.4	-1.0	0.2	0.4	-0.6	1.7	-0.5	-1.2	-1.6	-1.8	0.9	0.8	0.5	1.1	-0.9	-0.9	-0.2	0.7	-0.2	1.7	-1.8
Schmied	-0.8	-0.1	1.5	-1.0	-0.6	-0.2	1.4	1.6	-0.2	-0.2	2.8	-2.1	1.6	1.0	1.9	1.9	-1.8	-1.4	-1.3	-1.1	2.0	2.1	1.9	-1.6	0.3	2.8	-2.1
Dose	-1.6	-0.2	-0.8	0.3	0.4	1.3	1.1	1.4	1.1	1.3	2.1	-2.3	1.4	0.6	1.0	0.6	-1.3	-1.1	-0.9	-1.1	1.3	1.0	0.8	-0.4	0.2	2.1	-2.3
Zahmarzt	-1.9	-0.5	0.6	-0.1	1.6	1.6	2.3	2.1	-0.2	-0.5	1.3	-0.5	2.1	2.6	1.6	1.3	-2.8	-2.6	-2.7	-2.6	-0.4	0.1	2.7	-0.3	0.2	2.7	-2.8
Saage	-2.3	-0.5	1.4	0.8	2.1	2.6	2.8	1.7	-0.8	-1.7	2.4	-1.4	2.6	2.9	2.9	2.6	-2.8	-2.7	-2.7	-2.8	0.7	1.3	2.1	-1.1	0.4	2.9	-2.8
Pressluft	-2.2	-1.5	0.7	-0.8	1.6	2.2	2.3	1.9	-1.2	-2.0	0.2	-0.9	2.3	1.7	1.7	1.4	-2.6	-2.3	-2.5	-2.4	-0.2	0.6	2.0	0.4	0.0	2.3	-2.6
Wasserf	-0.6	-0.4	0.7	1.0	2.3	1.1	0.9	1.5	-0.7	-1.9	-0.7	0.6	0.1	0.5	2.3	2.3	-0.3	-0.4	-0.1	-0.4	-1.6	-1.6	-0.5	1.2	0.2	2.3	-1.9
Typhon	0.2	1.9	1.9	1.2	1.1	0.4	0.9	-0.5	-0.7	-1.2	-1.1	0.8	-0.5	0.5	2.5	3.0	-1.0	-0.4	-0.4	-0.1	-0.6	1.2	-2.0	0.4	0.3	3.0	-2.0
Verkehr	-1.4	-0.4	0.0	1.2	1.7	-0.1	1.4	1.2	0.2	0.2	-1.6	0.7	-0.6	0.3	2.0	1.5	-2.4	-1.9	-1.7	-1.7	-1.8	-1.4	-1.8	1.2	-0.2	2.0	-2.4
Meer	1.2	1.1	-1.1	1.1	1.3	-0.3	-1.8	-0.3	0.8	-0.2	-0.8	1.6	0.2	-1.6	0.3	0.4	1.9	1.9	2.1	2.0	-0.7	-0.7	-0.3	0.7	0.4	2.1	-1.8
Klang	2.5	1.7	0.3	0.9	-2.0	-2.1	-1.3	1.2	0.2	-0.6	1.8	2.3	-0.4	1.6	0.4	0.5	0.7	1.3	1.3	1.9	2.2	2.2	0.2	-2.5	0.5	2.5	-2.5
Glas	1.9	0.8	-0.2	-1.0	-1.6	-1.6	-0.2	1.0	0.5	0.2	1.6	0.9	1.0	-1.1	-1.0	-0.9	0.9	0.9	1.0	1.2	2.8	2.0	1.9	-2.7	0.3	2.8	-2.7
Brunnen	0.0	1.0	0.7	1.1	-0.1	-0.7	0.1	0.7	1.5	1.4	-1.7	1.0	-1.4	-0.7	0.9	1.0	0.5	0.4	0.6	0.6	-0.4	-0.1	-2.0	1.4	0.2	1.5	-2.0
Glöckchen	1.0	0.2	0.4	-1.7	-1.3	-0.8	0.6	1.3	-0.1	0.1	2.6	-0.2	1.7	-0.2	-0.1	-0.7	-0.3	-0.4	-0.2	0.2	2.6	2.4	2.5	-2.5	0.3	2.6	-2.5
Hammer	-0.7	-1.7	1.6	-2.6	0.0	-0.1	-0.2	0.5	-0.9	-0.4	-2.8	0.0	-2.4	-1.1	-1.0	-0.2	-0.7	-0.3	0.2	-0.3	-1.0	0.2	-1.7	2.9	-0.5	2.9	-2.8
	unharmonisch	charakterlos	aufgelockert	schlicht	glatt	gleichend	beruhigend	fern	statisch	gleichbleibend	dumpf	kantig	stumpf	ruhig	leise	schwach	unerwünscht	unangenehm	unbehaglich	häßlich	trüb	undeutlich	tief	klingend			
Vorzeichen		-																									
Mittel	-0.1	0.3	0.0	0.3	0.4	0.1	0.5	0.9	0.2	-0.1	0.2	0.1	0.4	0.2	0.7	0.6	-0.6	-0.4	-0.3	-0.2	0.2	0.5	0.4	-0.2	0.2		0.2
Max	2.5	2.1	1.9	2.3	2.3	2.6	2.8	2.6	1.7	2.0	2.8	2.3	2.6	2.9	3.0	3.0	1.9	1.9	2.1	2.0	2.8	2.5	2.7	2.9	2.4		2.4
Min	-2.3	-1.7	-1.8	-2.6	-2.0	-2.1	-1.8	-1.0	-2.5	-2.8	-2.8	-2.3	-2.4	-1.7	-1.6	-1.8	-2.8	-2.7	-2.7	-2.8	-1.8	-1.8	-2.0	-2.7	-2.2		-2.2

Die Tabelle ist in der folgenden Art zu lesen. Oben stehen Adjektive, die im Hörversuch auf der linken Seite der Skala standen. Für diese gelten Werte mit positiven Vorzeichen. Für die Adjektive, die unten in der Tabelle aufgeführt sind, gelten die negativen Vorzeichen. Adjektive eines Attributs¹⁷ stehen sich in der Senkrechten gegenüber. Die Geräusche sind in der linken äußeren Spalte aufgelistet, für jedes Geräusch ist also eine Zeile gültig. In den zwischen den Attributen und Geräuschen liegenden Feldern, stehen die arithmetischen Mittelwerte über alle Versuchspersonen für die jeweilige Kombination.

Unten und rechts sind zusätzlich jeweils für ganze Spalten bzw. Zeilen Mittel-, Maximal- und Minimalwerte der Mittelwerte angegeben.

Zur besseren Übersicht wurden bestimmte Felder farblich in folgender Art markiert:

- dunkelrot: Werte die gerundet 3 ergeben
- hellrot: Werte die gerundet 2 ergeben
- hellblau: Werte die gerundet -2 ergeben
- dunkelblau: Werte die gerundet -3 ergeben.

¹⁷ Die zur Bewertung der Geräusche herangezogenen Adjektivpaare werden im folgenden als Attribute bezeichnet. In der Regel wird dann nur noch das erste Adjektiv angegeben.

Die Clusterbezeichnungen aus Kapitel 5.3.1 sind in der zweiten Zeile angegeben. Die Reihenfolge der für die einzelnen Cluster ausgesuchten Geräusche wurde der Cluster angepaßt, so daß sich bei Gültigkeit der Überlegungen im Abschnitt 5 wieder eine Diagonalform ergeben müßte. Zusätzlich wurden zusammengehörige Geräusche und Cluster in der Mittelwertsfläche dick umrandet.

Aus der Tabelle ablesbare Ergebnisse

In jeder Spalte finden sich für alle Adjektivpaare (außer nah-fern) sowohl blaue als auch rote Felder. Das bedeutet, daß für die Attribute im Mittel die Skala relativ gut ausgenutzt wurde bzw. daß für jedes Adjektivpaar zumindestens ein passendes Geräusch ausgewählt wurde¹⁸. Dieses Ergebnis ist auch an der mittleren Antwortspanne der Attribute von -2.2 bis 2.4 (graue Hervorhebung) ablesbar und daran zu erkennen, daß der Mittelwert über die Mittelwerte der Urteile für die Adjektivpaare in der Regel ca. Null ist.

Eine Ausnahme war z.B. das Attribut fern mit einer größten Wertung von -1. Es wurde offenbar kein Geräusch als fern/sehr fern wahrgenommen.

Es traten mehrere extreme Mittelwerte auf. Auf der positiven Seite sind hier folgende Kombinationen auffällig:

- Hertha mit laut (Mittel=3.0)
- Typhon mit kräftig (Mittel=3.0)
- Hammer mit dumpf (Mittel=2.9).

Negative Extreme:

- Lüfter mit gleichbleibend (Mittel=-2.8)
- Hammer mit dumpf (Mittel=-2.8)
- Säge und Zahnarzt mit unerwünscht (Mittel=-2.8)
- Säge mit häßlich (Mittel=-2.8).

Diese Extremwerte deuten darauf hin, daß hier die Auswahl der Geräusche und Adjektive richtig war. Wäre dies für alle Adjektive/Geräusche der Fall, so müßte sich eine rot gefärbte Diagonale ergeben, da die Geräusche schon nach Clustern sortiert sind und ausgewählte Adjektive oben stehen (positives Vorzeichen). Dies ist tendenziell der Fall. Die im Abschnitt 5.3.2 genannten Adjektive mit geringer Spezifität wurden hier nochmal anhand der Mittelwertstabelle untersucht¹⁹. Es ist für

¹⁸ Die im Abschnitt 5.4 erwähnten Geräuscheigenschaften, die nur schlecht durch die Geräusche abgedeckt waren, wurden wie vermutet durch für andere Eigenschaften ausgewählte Geräusche erfaßt.

¹⁹ Dies kann anhand der Färbungen in den Spalten erfolgen. Treten viele Färbungen außerhalb der stark umrandeten Felder auf, so ist die Spezifität gering.

diese Attribute bezüglich der Spezifität kein großer Unterschied zu anderen Attributen zu erkennen. Nur die Attribute *rauh* und *laut* weisen eine überdurchschnittlich hohe Unspezifität auf.

Im folgenden soll einzeln für jeden Cluster beschrieben werden, ob die im Abschnitt 5 getroffene Auswahl der Geräusche und Adjektive als sinnvoll anzusehen ist.

Cluster TonKlanErst

Für die Klanghaftigkeit wurde hier die Glocke ausgewählt, für die Tonhaltigkeit der Lüfter. Bei den hier verwendeten Attributen (*harmonisch* und *charaktervoll*) wird zwar die Glocke hoch bewertet, der Lüfter erhält jedoch negative Bewertungen. Dies liegt an der Auswahl der Adjektivpaare, die wohl nur positiv belegte, tonhaltige Geräusche berücksichtigen.

Cluster FüllDicht

Für die Fülle und Dichte wurden als Geräusche Hertha und eine Wartehalle ausgewählt. Für das Attribut *reich* erhielten beide hohe Wertungen, was die Auswahl bestätigte. Das Adjektivpaar *kompakt-aufgelockert* ist hier nur bei der Halle empfindlich und zwar auf dem Adjektiv *aufgelockert*.

Cluster Rauh

Die ausgewählten Geräusche (*Tesafilm* und *Schotterweg*) werden zwar auf den Attributen *rauh* und *kratzend* positiv bewertet, andere Geräusche werden jedoch höher bewertet (*Säge*, *Preßluft*, *Wasserfall*). Der *Tesafilm* ist von den zwei Geräuschen der geeignetere Vertreter für die *Rauhigkeit*.

Cluster ImpSpaNäh

Die speziell für die Impulshaltigkeit ausgewählten Geräusche *Hufgetrappel* und *Schreibmaschine* werden hier nicht hoch bewertet. Das liegt am Attributpaar *aufregend-beruhigend*, das speziell beim *Hufgetrappel* nicht zur Erfassung der Impulshaltigkeit geeignet ist. Der *Schmiedehammer* als weiteres impulshaltiges Geräusch wird hier immerhin mit 1.4 bewertet.

Die *Nähe* wird sehr gut durch das ausgewählte Geräusch (die *Wespe*) erfaßt.

Cluster LebSchwank

Hier stellt sich die Auswahl des Windgeräusches als nicht zutreffend heraus. Das *Kinderschreien* ist auf beiden Attributpaaren hoch bewertet. Die für die *Nähe* repräsentative *Wespe* ist auch für die *Lebhaftigkeit* und *Schwankungsstärke* ein geeigneter Vertreter.

Cluster MetaHärt

Hier ist die Auswahl sehr gut getroffen worden. Für beide Attribute ergeben sich Bewertungen von größer als 2. Das Attributpaar rund-kantig ist nach der Vorgabe aus Abschnitt 7.1.6 in der falschen Reihenfolge angegeben, da kantig eher die Metallhaftigkeit/Härte repräsentiert.

Cluster LautMächt

Obwohl auch andere, nicht für dieses Cluster ausgewählte Geräusche, bei den Attributen laut und kräftig hohe Werte haben, ist der Wasserfall und die Schiffshupe eine gute Wahl.

Cluster LärmLäst

Auch hier ist die Zuordnung akzeptabel. Die Position der Adjektive ist hier wie bei rund-kantig invers.

Die für die Cluster AnBeSchön, EinSchaGef, DurchKlar und SchwElldumTie ausgewählten Geräusche können als optimal angesehen werden.

Allgemein hat die im Abschnitt 5 beschriebene Auswahl der Geräusche und Adjektivpaare die erwarteten Ergebnisse in der Regel erbracht.

Standardabweichungen der Urteile

Die Standardabweichungen der Urteile sind in Tabelle 7-4 dargestellt.

Die höchsten Standardabweichungen ergeben sich für die Kombinationen Hertha mit charaktervoll und dem Wasserfall mit dynamisch, wobei die erste sicher aus individuellen Geschmacksgründen so hoch ist. Auf die hohe Standardabweichung beim Attribut dynamisch-statisch wird weiter unten eingegangen.

Die niedrigste Standardabweichung ergab sich für die Kombinationen Hertha mit laut und Typhon mit kräftig, diese waren auch als Extremwerte in der Mittelwertsmatrix auffällig. Hier waren sich die Versuchspersonen in ihrem Urteil einig.

Im unteren Teil der Tabelle sind die Mittelwerte der Standardabweichungen für die einzelnen Attribute angegeben, in der Spalte rechts außen die für die einzelnen Geräusche. Insgesamt ergibt sich eine mittlere Standardabweichung von 1.1 (also ca. eine Antwortkategorie). Dies entspricht etwa dem in Abschnitt 7.1.1 zur Bestimmung der Versuchspersonenanzahl festgelegten Wert.

Tabelle 7-4: Standardabweichungen der Urteile

Hier sind die Standardabweichungen der Urteile für alle Geräusch-Attributpaarkombinationen dargestellt. Die Geräusche sind in alphabetischer Reihenfolge in der ersten Spalte eingetragen. Rote Felder kennzeichnen Standardabweichungen größer als 1,5, blaue Standardabweichungen kleiner 0,5.

Geräusch	harm nisch	chara kter voll	komp akt	reich	rauh	kratze nd	aufreg end	nah	dyna misch	schwa nkend	metall isch	rund	scharf	kreisc hend	laut	kraeffi g	erwue nscht	angen ehm	behag lich	schoe n	klar	deutli ch	hoch	dumpe	Mitt el
Brunnen	1.4	1.4	1.7	1.3	1.3	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3	1.4	1.1	0.9	0.9	0.8	1.1	1.0	1.2	1.2	1.2	1.7	1.2	1.6	1.2
Dose	0.9	1.5	1.2	1.4	1.4	0.9	0.6	0.9	1.2	1.3	0.7	0.7	1.1	0.8	0.7	0.9	1.0	0.8	1.1	1.2	0.7	1.5	0.9	0.9	1.0
Glas	1.0	1.5	1.5	1.5	1.0	0.9	1.2	1.3	1.4	1.2	0.8	1.6	0.8	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	1.0	0.8	0.6	1.0	0.7	0.5	1.0
Glocke	0.8	1.1	1.3	1.5	1.0	1.0	1.2	1.3	1.3	1.1	0.8	1.1	0.9	1.1	0.6	0.8	1.3	0.9	1.2	1.0	1.3	1.1	1.0	0.8	1.0
Glockchen	1.0	1.5	1.5	0.9	1.3	1.0	1.0	0.9	1.6	1.5	0.6	1.4	0.9	1.4	1.3	1.3	0.9	1.0	1.2	1.1	0.6	0.8	0.5	0.9	1.1
Halle	1.3	1.5	1.2	1.1	1.3	0.9	1.1	1.8	1.9	1.7	0.9	1.2	1.0	0.8	1.1	0.9	1.4	0.9	1.3	0.8	1.1	1.5	0.8	1.2	1.2
Hammer	1.0	1.4	1.6	0.7	0.7	0.5	0.6	1.3	1.4	1.8	0.4	1.6	0.7	1.0	1.3	1.3	1.1	0.8	0.8	0.9	1.2	1.7	0.7	0.4	1.0
Hertha	1.1	2.1	1.7	0.7	1.0	1.1	0.5	1.5	1.7	1.6	0.9	1.1	1.5	0.8	0.2	0.6	1.8	1.4	1.0	1.1	0.9	1.8	1.4	1.1	1.2
Hufen	1.2	1.2	1.6	1.3	1.0	0.8	0.7	0.8	0.8	1.4	1.3	1.6	1.1	0.8	0.7	0.9	1.1	0.9	1.1	0.9	0.9	1.5	0.9	0.9	1.0
Kinder	1.1	1.3	1.0	1.2	0.9	1.1	1.0	1.1	1.4	1.4	0.6	1.2	0.9	0.7	1.1	1.0	1.3	1.0	1.3	1.0	1.1	1.6	0.7	1.1	1.1
Klang	0.5	1.1	1.6	1.9	1.2	1.0	1.2	1.1	1.6	1.6	1.1	1.1	1.0	1.1	0.9	1.2	1.3	0.9	1.1	0.9	1.0	1.2	1.1	0.7	1.1
Luefter	1.1	1.7	1.5	1.0	1.3	0.9	1.3	1.5	1.0	0.6	1.0	1.0	1.1	1.2	1.1	1.4	1.0	0.8	1.1	1.1	0.9	1.1	0.9	1.1	1.1
Meer	1.3	1.0	1.3	1.2	1.4	1.6	1.3	1.5	1.9	1.7	1.2	0.9	1.1	1.0	0.9	1.4	0.8	0.9	0.9	0.9	1.2	1.3	1.3	1.0	1.2
Pressluft	1.0	1.3	1.3	1.2	1.1	0.7	0.7	0.8	1.6	1.6	0.8	1.0	1.0	0.7	1.2	1.1	0.5	0.9	0.6	0.8	1.6	1.9	1.1	1.0	1.0
Saege	1.1	1.9	1.6	1.6	1.0	0.7	0.5	1.2	1.9	1.6	0.7	1.4	0.9	0.3	0.4	0.6	0.5	0.9	0.7	0.7	1.2	1.5	0.8	0.9	1.0
Schotter	1.1	1.3	0.9	1.6	1.3	1.6	0.7	1.1	1.1	1.3	1.2	1.4	1.2	0.6	1.0	0.7	1.0	0.9	1.1	1.1	1.1	1.5	0.9	0.9	1.1
Schreibm	1.5	1.4	1.7	1.3	1.2	0.7	1.1	1.1	1.8	1.5	0.9	0.9	1.2	0.6	0.9	1.0	1.1	0.8	1.1	1.1	0.6	0.7	0.6	0.9	1.1
Schmied	1.3	1.9	1.5	1.7	1.6	1.0	0.9	0.9	1.7	1.4	0.4	0.7	1.1	1.1	0.6	0.7	0.7	0.9	1.0	1.4	1.0	1.3	0.8	0.9	1.1
Tesa	1.5	1.3	1.3	1.1	1.3	1.4	0.8	1.0	1.9	1.5	1.1	1.2	1.1	1.0	0.9	1.1	1.2	1.1	0.9	1.3	1.1	1.6	0.9	0.7	1.1
Typhon	1.5	1.4	1.0	1.6	1.3	1.0	1.1	1.5	1.7	1.4	1.2	1.4	1.5	1.3	0.5	0.2	1.2	1.4	1.5	1.3	1.4	1.8	1.1	1.8	1.3
Verkehr	0.9	1.3	1.6	1.1	1.0	1.3	1.2	1.2	1.6	1.6	0.8	1.0	1.2	0.9	0.6	1.2	0.8	0.9	1.1	1.0	0.8	1.5	0.8	1.3	1.1
Wasserf	1.3	1.7	1.8	1.2	0.8	1.3	1.1	1.2	2.0	1.4	0.9	1.1	1.6	1.0	0.6	0.9	1.5	1.2	1.3	1.2	1.4	1.5	1.3	1.1	1.2
Wespe	1.6	1.3	1.1	1.8	1.1	1.0	1.4	1.2	1.0	1.1	0.9	1.4	1.4	1.3	1.1	1.2	1.6	1.6	1.4	1.7	1.2	1.7	1.4	1.4	1.3
Wind	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.2	1.3	1.4	1.8	1.5	1.0	0.9	1.2	1.3	0.9	0.8	1.4	1.5	1.4	1.3	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2
Zahnarzt	1.2	1.9	1.4	1.5	1.1	1.5	0.8	1.1	1.5	1.7	1.2	1.2	1.2	0.6	0.9	1.0	0.4	0.5	0.5	0.5	1.4	1.7	0.6	1.1	1.1
Mittel	1.2	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0	1.2	1.5	1.4	0.9	1.2	1.1	0.9	0.9	1.0	1.1	1.0	1.1	1.1	1.1	1.4	0.9	1.0	1.1
Max	1.6	2.1	1.8	1.9	1.6	1.6	1.4	1.8	2.0	1.8	1.3	1.6	1.6	1.4	1.3	1.4	1.8	1.6	1.5	1.7	1.6	1.9	1.4	1.8	1.3
Min	0.5	1.0	0.9	0.7	0.7	0.5	0.5	0.8	0.8	0.6	0.4	0.7	0.7	0.3	0.2	0.2	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.5	0.4	1.0

Durch die rote Hervorhebung der hohen Standardabweichungen fällt eine Musterbildung ins Auge. Es bilden sich vertikale Linien. Das bedeutet, daß die Standardabweichung für bestimmte Attribute²⁰ für fast alle Geräusche überdurchschnittlich hoch ist. Diese Attribute sind nicht, wie sich vielleicht vermuten läßt, stark von persönlichen Einstellungen und Emotionen abhängige (wie z.B. angenehm), sondern eher das Geräusch beschreibende.

Der Grund für die hohe Streuung bei diesen Attributen ist darin zu sehen, daß sich die Versuchspersonen offenbar verschiedene Entscheidungskriterien zurechtgelegt hatten. Was darunter zu verstehen ist, soll am Beispiel des Wasserfalls und dem Attribut dynamisch beschrieben werden. Es ist denkbar, daß die Hälfte der Versuchspersonen den Wasserfall als gleichbleibend und somit als statisch beurteilt haben. Die andere Hälfte hat eher die Lautheit beurteilt (z.B. "der Wasserfall ist laut also dynamisch").

Die hohe Streuung hätte sich durch eine Instruktion, wie jedes Adjektivpaar zu verstehen ist, vermeiden lassen. Dies ist jedoch für Paare wie reich-schlicht nicht ganz leicht. Außerdem wären die so gewonnenen Ergebnisse durch die Instruktion ver-

²⁰ Diese Attribute sind im einzelnen: charaktervoll, kompakt, reich, dynamisch, schwankend und deutlich

fälscht, also nicht mehr ohne weiteres mit Ergebnissen anderer Untersuchungen mit gleichen Attributen vergleichbar. Die Adjektive sind als eher ungeeignet für die Befragung anzusehen. Für die entsprechenden Geräuscheigenschaften muß nach besseren Adjektiven gesucht werden.

Das die Musterbildung in der Senkrechten erfolgte, ist als gutes Zeichen zu sehen. Würden sich für einzelne Geräusche für alle Attribute hohe Streuungen ergeben, so könnte das bedeuten, daß sich die Versuchspersonen von den Attributen immer die eher positiven bzw. negativen zur Beurteilung aussuchen würden. Die Probanden würden dann primär Vorlieben und Abneigungen dem Geräusch gegenüber beurteilen. Bei zwei Geräuschen ist dies im Ansatz zu beobachten. Die Schiffshupe und die Wespe haben überdurchschnittlich hohe mittlere Standardabweichungen (1.3).

Konfidenzintervalle

Zur Überprüfung der Signifikanz von Mittelwertunterschieden können Konfidenzintervalle²¹ Δ_{crit} nach folgender Formel aus den Standardabweichungen berechnet werden:

$$\Delta_{crit} = \bar{x} \pm \Delta k = \bar{x} \pm t_{(N-1)}(\alpha/2) \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

- mit \bar{x} : Mittelwert;
 Δk : halbe Konfidenzintervallbreite;
 $t_{(N-1)}(\alpha/2)$: t-Wert für N-1 Freiheitsgrade und den Signifikanzniveau $\alpha/2$ (für $\alpha=5$ und $n=20$: 2.093);
 n : Anzahl der Versuchspersonen;
 σ : Varianz.

Die Werte Δk wurden für alle Geräusche und Attribute berechnet. Die Tabelle der Δk -Werte ist im Anhang J angegeben.

Die Werte werden im Abschnitt 7.3.5 zur Klärung der Signifikanz von Prototypen herangezogen.

²¹Soll geklärt werden, ob der Unterschied zweier Mittelwerte nur zufällig durch die Stichprobe zustande gekommen ist, so wird das Konfidenzintervall herangezogen. Werte außerhalb des Konfidenzintervalls können mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit (hier 95%) als nicht zufällig zustande gekommene Mittelwertsunterschiede bezeichnet werden.

7.3.3 Faktorenanalyse

Das Ergebnis des Hörversuchs war zunächst eine Matrix, in der die Spalten durch die 24 Attribute und die Zeilen aus den Geräuschen für alle Versuchspersonen gegeben waren. Folgende Skizze verdeutlicht diese Matrix:

		harmonisch	...	dumpf
VP_1	Brunnen			
	.	.		
	.	.		
	.	.		
	.	.		
VP_1	Zahnarzt			
VP_2	Brunnen			
	.	.		
	.	.		
VP_2	Zahnarzt			
	.	.		
	.	.		
VP_20	Zahnarzt			

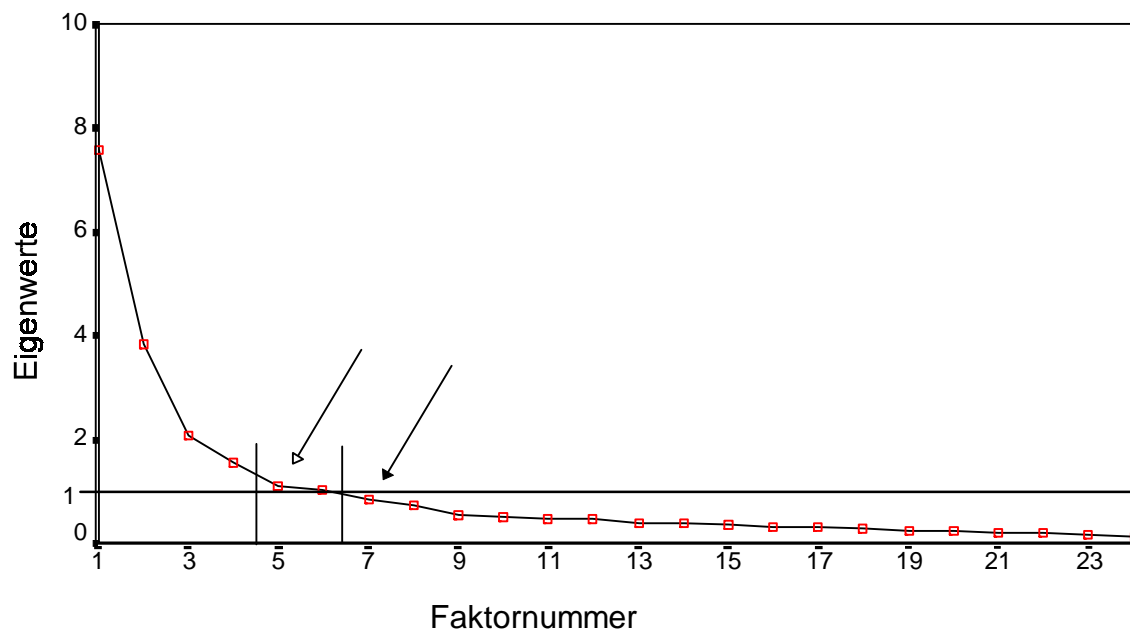


Abbildung 7-4: Scree-Plot

Zwei “Knicks“ sind durch Pfeile markiert. Diese stellen mögliche Beschränkungen der Faktoranzahl (hier 4 oder 6) dar, die durch zwei senkrechte Linien hervorgehoben wurden. Die eingezeichnete waagerechte Linie kennzeichnet das Eigenwertniveau von 1.

Ergebnisse der Faktorenanalyse

Die Faktorenanalyse wurde als Hauptkomponentenanalyse mit anschließender Varimaxrotation im Programmpaket SPSS durchgeführt.

Es ergaben sich nach dem "Eigenwertkriterium" (siehe Abschnitt 3.1.3) zunächst 6 Faktoren, die 72% der Gesamtvarianz aufklärten. Für das Kaiser-Meyer-Olkin-Kriterium, welches ein Maß dafür ist, wie gut sich die Ausgangsvariablen zusammenfassen lassen, wird ein Wert von 0.9 berechnet. Dies ist nach Kaiser und Rice (zitiert nach [6], S.205) als "erstaunliches" Ergebnis anzusehen.

Zur Kontrolle der Effizienz der Faktorenzahl wurde der Scree-Plot (Abbildung 7-4) herangezogen.

Die Pfeile deuten auf zwei Knickstellen. Die Entscheidung erfolgte aufgrund des Eigenwerteniveaus von 1 und wegen der Wichtigkeit des Faktors 5 (Schwankhaftigkeit: siehe unten) für 6 Faktoren. Auch eine Entscheidung für 4 Faktoren wäre als plausibel anzusehen.

Tabelle 7-5: Faktorladungen der rotierten Faktoren

Die in der linken Spalte verzeichneten Attribute sind nach Faktorzugehörigkeit sortiert und fett umrandet. Die unten angegebenen Varianzaufklärungsanteile sind durch Quadrierung und Summenbildung aller Faktorladungen eines Faktors ermittelt worden.

Attribute	F1	F2	F3	F4	F5	F6	
angenehm	0.883	-0.060	-0.200	-0.091	0.126	-0.045	
erwünscht	0.882	-0.041	-0.097	-0.100	0.104	-0.069	
schön	0.869	0.005	-0.255	-0.048	0.176	0.040	
behaglich	0.865	-0.074	-0.165	-0.103	0.092	-0.011	
aufregend	-0.808	0.098	0.230	0.224	-0.039	0.039	
kreischend	-0.682	0.241	0.265	0.324	-0.040	-0.134	
harmonisch	0.648	0.138	-0.489	-0.097	0.107	0.071	
metallisch	-0.093	0.851	0.054	0.051	0.001	0.084	
dumpf	-0.059	-0.851	0.228	-0.106	-0.074	-0.061	
hoch	-0.285	0.781	0.171	-0.143	-0.024	-0.112	
klar	0.180	0.713	-0.001	-0.066	0.218	0.376	
scharf	-0.279	0.666	0.401	0.076	-0.097	-0.123	
kratzend	-0.400	-0.068	0.713	0.135	-0.106	-0.157	
rund	0.295	-0.200	-0.706	0.065	-0.003	-0.180	
rauh	-0.219	-0.339	0.532	0.249	-0.122	-0.406	
nah	-0.236	0.126	0.432	0.079	0.035	0.204	
kräftig	-0.227	0.006	0.156	0.826	-0.059	0.154	
laut	-0.382	0.059	0.134	0.785	-0.030	0.018	
reich	0.070	-0.059	-0.241	0.573	0.299	-0.478	
schwankend	0.030	0.024	-0.051	-0.149	0.853	0.048	
dynamisch	0.180	0.045	0.008	0.081	0.801	-0.096	
charaktervoll	0.441	0.115	-0.084	0.307	0.507	0.031	
deutlich	0.114	0.507	-0.013	0.047	0.136	0.596	
kompakt	-0.205	-0.124	0.099	0.340	-0.383	0.569	Sum
Varianzaufkl	23.5%	14.9%	9.8%	9.2%	8.6%	5.9%	71.8%

Nach der Varimax-Rotation ergaben sich für die Faktoren die in Tabelle 7-5 dargestellten Faktorladungen. Die Faktorladungen stellen die Zusammenhänge zwischen den Originaldimensionen und den Faktoren dar. Die quadrierten Faktorladungen geben die prozentuale Übereinstimmung des Faktors mit der Originaldimension an.

Die Attribute sind hier in der Art sortiert, daß sie dem Faktor zugeordnet wurden, mit dem der größte Zusammenhang besteht. Die Benennung der einzelnen Faktoren erfolgt in der Regel durch das Attribut, welches die höchste Faktorladung auf diesem Faktor hat. Die Benennung der Faktoren wurde folgendermaßen vorgenommen:

- Faktor 1: Angenehmheit
- Faktor 2: Metallhaftigkeit
- Faktor 3: Rauigkeit
- Faktor 4: Kräftigkeit
- Faktor 5: Schwankhaftigkeit
- Faktor 6: Deutlichkeit

Für den Faktor 3 wurde *rauh*, obwohl es tiefer lädt, dem Attribut *kratzend* zur Bezeichnung des Faktors vorgezogen, da die *Rauigkeit* in der Psychoakustik ein bekannter Begriff ist.

Es gibt nur wenige Überschneidungen zwischen den Faktoren. Eine Ausnahme stellt der letzte Faktor (*Deutlichkeit*) dar, der als relativ unscharf zu bezeichnen ist. Diese Eigenschaften können sehr gut am 3-D-Plot der quadrierten Faktorladungen beobachtet werden. Dieser befindet sich im Anhang K.

Der Faktor *Angenehmheit* klärt den größten Anteil der Originalvarianz auf (23.5%). Das ist dadurch zu erklären, daß relativ viele der verwendeten Attribute auf diesen Faktor zutreffen. In ihm sind zwei Attribute enthalten, die negative Faktorenladungen haben (*aufregend* und *kreischend*).

Bei näherer Betrachtung der Mittelwertmatrix (Tabelle 7-3) wird diese Zuordnung klar. Dort wo bei den oben erwähnten Attributen Rotfärbungen auftreten, sind die entsprechenden Felder bei den Attributen *angenehm* usw. blau gefärbt und umgekehrt. Diese Attribute befinden sich also auf der gleichen Achse nur mit umgedrehtem Vorzeichen. Aus dem gleichen Grund gibt es auch keinen eigenen Faktor für die *Schärfe*. Das Attribut *kreischend*, das die *Schärfe* repräsentieren sollte, ist ein Inverses zu den *Angenehmheits*attributen.

Der Faktor *Metallhaftigkeit* ist bereits bei einigen ähnlichen Untersuchungen aufgetreten [36],[40],[48]. Die zugeordneten Attribute machen auch hier Sinn: *metallisch*, *dumpf* (*klingend*), *hoch*, *klar*, *scharf*.

Beim Faktor Rauhigkeit ist die Zuordnung des Attributes nah etwas verwunderlich. Auch dies kann mit der Mittelwertsmatrix erklärt werden. Es besteht offensichtlich ein starker Zusammenhang zwischen den Urteilen der Versuchspersonen bei nah und rauh. Dies kann darauf zurückzuführen sein, daß zufällig alle dargebotenen Geräusche die rauh sind auch als nah empfunden werden.

Die Zuordnung des Attributes reich zum Faktor kräftig erscheint sinnvoll, da viele Quellen auch oft laut und kräftig sind (Hertha).

Genauso ist die Zuordnung von charaktervoll zum Faktor Schwankhaftigkeit sinnvoll, da dynamische Geräusche in der Regel charakteristisch sind. Etwas Vorsicht ist bei diesem Faktor geboten, da alle Attribute, die den Faktor bestimmen, eine sehr große Streuung vorweisen (siehe Abschnitt 7.3.2). Wohlmöglich führte diese Eigenschaft auch zur Zusammenfassung dieser Attribute.

Der letzte Faktor (Deutlichkeit) erklärt nur noch 6% der Originalvarianz und ist auch von der Benennung her nicht eindeutig. Deutlich und kompakt haben von der Größenordnung her die gleichen Faktorladungen, sind jedoch schwer zusammenzufassen. Auch ein Blick auf die Mittelwertsmatrix hilft hier nicht weiter. Der Faktor Deutlichkeit könnte also auch als Restfaktor bezeichnet werden.

Die letzten beiden Faktoren bestehen aus Attributen, die überdurchschnittliche Standardabweichungen haben (rote Spalten in der Standardabweichungsmatrix; Tabelle 7-4). Darauf kann der erste "Knick" im Scree-Plot (Abbildung 7-4) zurückzuführen sein.

Vergleich der Ergebnisse der Faktorenanalyse mit der Literatur

Die von der "Münchner Schule" definierten Wahrnehmungsgrößen [53] finden sich in den hier ermittelten Faktoren wieder. Die Lautheit ist durch den Faktor Kräftigkeit vertreten, die Tonhöhe ist im Faktor Metallhaftigkeit enthalten. Für die Rauhigkeit und Schwankungsstärke gibt es eigene Faktoren. Die Schärfe ist hier wegen der oben genannten Gründe auf die zwei Faktoren Metallhaftigkeit und Angenehmheit aufgeteilt. Auch das stimmt gut mit den von Aures durchgeführten Untersuchungen [3],[5] überein. Ein wesentliches Ergebnis dieser Untersuchungen war, daß der sensorische Wohlklang, also quasi die Angenehmheit, als einen wichtigen Faktor die Schärfe enthält. Diese ist, wie in dieser Untersuchung, negativ mit der Angenehmheit korreliert.

Wahrnehmungsgrößen, die in dieser Untersuchung nicht durch die Faktoren abgedeckt werden, sind die Klanghaftigkeit bzw. Tonhaltigkeit, die Dichte und die Im-

pulshaftigkeit. Dies liegt im wesentlichen an der für diese Geräuscheigenschaften ungünstigen Auswahl der Attribute bzw. Geräusche. Siehe auch Abschnitt 7.3.2. Andere Untersuchungen, wie z.B. von Namba [40], die mit dem semantischen Differential durchgeführt wurden, enthalten in der Regel drei Faktoren: Angenehmheit, Kräftigkeit bzw. Mächtigkeit und Metallhaftigkeit. Diese drei Faktoren waren auch hier im Ergebnis enthalten. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit lassen sich also recht gut mit denen anderer Arbeiten vergleichen [36],[37],[40] und [48]. Die einzige Ausnahme besteht in der Untersuchung von v. Bismarck [9], der ganz andere Faktoren erhielt. Der Grund dafür ist in den von Bismarck verwendeten Geräuschen zu sehen. Hier wurden ausschließlich synthetische Schalle verwendet. Außerdem hatten hier alle Geräusche die gleiche Lautheit. Aus diesem Grund wurde der Faktor Kräftigkeit hier nicht extrahiert. Der bei v. Bismarck im Ergebnis enthaltene dort wichtigste Faktor Schärfe, war zumindestens in zwei Faktoren dieser Untersuchung enthalten.

Faktorenanalysen ohne Ausreißer

Zur Überprüfung des Einflusses der Ausreißer (siehe Abschnitt 7.3.1) wurden verschiedene Faktorenanalysen durchgeführt. Diese waren im Einzelnen:

- Ohne die Geräusche der Ausreißer (entsprechende Zeilen wurden “gefiltert”).
- Ohne die Attribute der Ausreißer (die Werte wurden in der Matrix gelöscht. Die sich ergebenden “Missing-Werte“ wurden mit den drei in SPSS vorgesehenen Möglichkeiten²² in drei Faktorenanalysen berücksichtigt).

Da sich hierbei sowohl die gleichen Faktoren als auch sehr ähnliche Faktorladungen ergaben, wurden die Ergebnisse der Faktorenanalyse der Gesamtmatrix verwendet.

7.3.4 Berechnung der Faktorwerte

Die hier berechneten Faktorwerte werden im nächsten Abschnitt zur Auswahl der Geräuschprototypen und zur Zusammenhangsanalyse (Abschnitt 8) herangezogen. Mit der Faktorenanalyse wurden für einen 24-dimensionalen Raum neue Achsen gefunden (6 Faktoren), die 72% der ursprünglichen Varianz erklären. Als Faktorwerte werden die Koordinaten der Punkte (hier 500) auf den neuen z-transformierten Achsen, die durch die Faktorladungen mit den Originalachsen zusammenhängen,

²² Diese waren: Fallweiser Ausschluß, paarweiser Ausschluß und durch Mittelwert ersetzen.

bezeichnet. Hier interessieren nur die Mittelwerte der Faktorladungen über die verschiedenen Geräusche. Diese Faktorwerte der Mittelwertsmatrix bezeichnen die Koordinaten der Geräusche auf den neuen Achsen.

Hier wurden zwei Wege beschritten die Faktorwerte zu berechnen. Beim ersten Weg wurden die von SPSS berechneten Faktorwerte über die Geräusche gemittelt. Die zweite Möglichkeit besteht darin, die Mittelwertmatrix mit der Faktorladungsmatrix zu multiplizieren.

Faktorwerte für die Geräusche nach SPSS

Mit dem Programm SPSS ergeben sich die in Tabelle 7-6 dargestellten Faktorwerte.

Tabelle 7-6: Faktorwerte nach SPSS

Hier sind die Faktorwerte, die mit SPSS berechnet wurden, dargestellt. Die Geräusche sind nach Faktorzugehörigkeit sortiert. Die letzten 4 Spalten stellen Werte dar, die im folgenden Abschnitt zur Auswahl der Geräuschprototypen verwendet werden: |Max| ist der maximale Betrag einer Zeile; Δmax ist die Differenz zwischen dem Maximalbetrag und dem nächstniedrigeren Wert einer Zeile; Anz>0.5 ist die Anzahl der Werte größer als 0.5 in einer Zeile, ohne Berücksichtigung des Werts für den repräsentierten Faktor. Das Kriterium wird aus dem Quotienten aus Δmax und Anz>0.5 berechnet. Der mit ##### bezeichnete Wert konnte nicht berechnet werden (Division durch 0).

Geräusch	Angenehmheit	Metallhaftigkeit	Rauhigkeit	Kräftigkeit	Schwankhaftigkeit	Deutlichkeit	|Max|	Δ max	Anz>0.5	Kriterium
Meer	1.65	-0.37	0.22	0.27	-0.24	-1.09	1.6	0.56	1	0.56
Hufe	1.49	0.07	0.59	0.08	0.48	-0.08	1.5	0.90	1	0.90
Schotter	1.23	-0.39	0.71	-1.08	0.14	-0.93	1.2	0.15	3	0.05
Pressluft	-1.06	0.27	0.87	-0.04	-0.95	-0.16	1.1	0.11	2	0.06
Zahnarzt	-1.38	0.56	0.45	0.06	-0.21	-0.52	1.4	0.82	2	0.41
Glöckche	0.14	1.55	-0.19	-0.88	-0.24	0.78	1.5	0.67	2	0.33
Glas	0.75	1.34	-0.62	-0.85	-0.10	0.52	1.3	0.50	4	0.12
Hammer	-0.08	-1.98	0.06	-1.29	-0.49	1.61	2.0	0.37	2	0.18
Brunnen	0.28	-1.33	-0.36	0.41	0.88	0.64	1.3	0.46	2	0.23
Verkehr	-1.08	-1.38	-0.57	0.48	0.29	-0.21	1.4	0.30	2	0.15
Dose	-0.36	0.51	1.05	-0.35	0.79	0.07	1.1	0.26	2	0.13
Tesa	0.04	-0.03	1.02	0.00	-0.12	0.01	1.0	0.89	0	#####
Klang	1.10	0.93	-1.42	0.46	-0.28	0.71	1.4	0.32	3	0.11
Glocke	0.28	0.77	-1.48	0.97	0.74	0.17	1.5	0.51	3	0.17
Typhon	0.18	-0.85	-0.45	1.80	-0.43	0.70	1.8	0.95	2	0.48
Hertha	-0.92	-0.48	0.08	1.41	0.18	-0.55	1.4	0.48	2	0.24
Saage	-1.10	0.98	0.90	1.14	-0.71	-0.26	1.1	0.04	4	0.01
Wind	0.53	-0.47	-1.04	-1.16	-0.10	-0.58	1.2	0.12	3	0.04
Wasserf	0.32	-0.76	0.54	1.14	-0.98	-0.69	1.1	0.15	4	0.04
Wespe	-0.59	-0.24	0.13	-1.00	1.42	0.02	1.4	0.42	2	0.21
Lüfter	-0.49	-0.51	-0.77	-0.86	-1.70	-0.26	1.7	0.84	3	0.28
Schmied	-0.46	1.09	0.33	0.29	-0.20	1.23	1.2	0.14	1	0.14
Kinder	-0.41	0.73	-0.42	-0.54	1.00	-1.01	1.0	0.01	3	0.00
Schreibm	-0.03	0.49	0.83	-0.25	0.63	1.00	1.0	0.17	2	0.09
Halle	-0.02	-0.51	-0.49	-0.19	0.20	-1.14	1.1	0.62	1	0.62

Die Faktorladungen der Geräusche sind in den Spalten 2-7 eingetragen. Die Geräusche wurden bereits nach Faktorzugehörigkeit sortiert.

In den letzten 4 Spalten sind Berechnungsgrößen zur Auswahl von Geräuschprototypen für jeden Faktor enthalten. Da diese im nächsten Abschnitt benötigt werden, sollen sie hier nicht weiter beachtet werden.

Faktorwerte aus der Matrizenmultiplikation

Schematisch dargestellt können die Faktorwerte durch die in Abbildung 7-5 dargestellte Matrizenmultiplikation ermittelt werden.

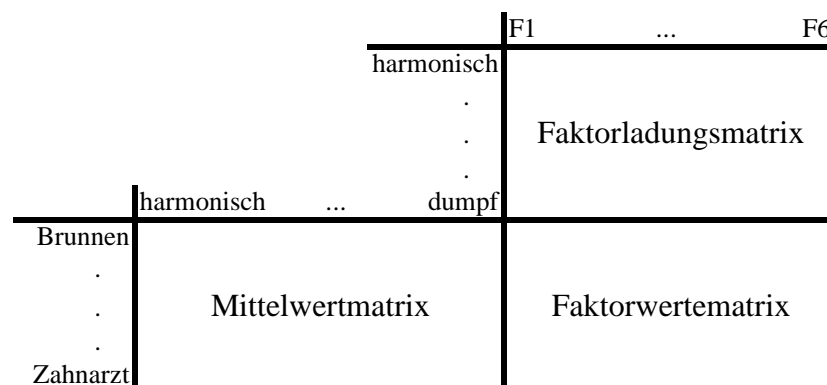


Abbildung 7-5: Schema der Matrizenmultiplikation

Durch Multiplikation der Mittelwertmatrix mit der Faktorladungsmatrix kann die Faktorwertematrix berechnet werden. Gut zu erkennen ist, warum die Attribute entfallen und warum ein Zusammenhang zwischen Faktoren und Geräuschen resultiert.

Die so errechneten Werte sind laut Definition noch keine Faktorenwerte. Erst nach einer z-Transformation der einzelnen "Faktorwertvektoren" können sie so bezeichnet werden. Da diese Transformation in diesem speziellen Fall nicht notwendig ist, werden die so errechneten Werte aus Gründen der Vereinfachung als Faktorenwerte bezeichnet.

Der Vorteil dieser Methode ist, daß auch die Konfidenzintervallbreite für die einzelnen Faktorwerte durch eine analoge Matrizenmultiplikation errechnet werden kann. Die Mittelwertsmatrix muß in diesem Fall durch die Konfidenzintervallmatrix ersetzt werden. Die auf diese Weise berechneten Faktorenwerte sind in Tabelle 7-7 angegeben.

Da diese Werte nicht z-transformiert sind, sind die einzelnen Faktorwerte erwartungsgemäß wesentlich höher. Auch hier sind wieder die Größen zur Prototypenermittlung angegeben und die Geräusche nach Faktorzugehörigkeit sortiert (letzte 4 Spalten).

Tabelle 7-7: Faktorwerte (2.Weg)

Hier sind die Faktorwerte, die mit der Matrizenmultiplikationsmethode berechnet wurden, dargestellt. Die Geräusche sind nach Faktorzugehörigkeit sortiert. Die letzten 4 Spalten stellen Werte dar, die im folgenden Abschnitt zur Auswahl der Geräuschprototypen verwendet werden: |Max| ist der maximale Betrag einer Zeile; Δmax ist die Differenz zwischen dem Maximalbetrag und dem nächstniedrigeren Wert einer Zeile; Anz>2 ist die Anzahl der Werte größer als 2 in einer Zeile, ohne Berücksichtigung des Werts für den repräsentierten Faktor. Das Kriterium wird aus dem Quotienten aus Δmax und Anz>2 berechnet.

Geräusch	Angenehmheit	Metallhaftigkeit	Rauhigkeit	Kräftigkeit	Schwankhaftigkeit	Deutlichkeit	|Max|	Δmax	Anz>2	Krit
Säge	-21.04	7.95	11.20	9.15	-5.00	0.71	21.04	9.84	4.00	2.46
Zahnarzt	-18.38	5.26	8.97	5.35	-3.48	-0.48	18.38	9.41	4.00	2.35
Pressluft	-18.11	3.41	9.79	4.71	-6.17	0.28	18.11	8.32	4.00	2.08
Hertha	-13.74	-1.18	6.20	8.81	-1.59	-2.06	13.74	4.93	3.00	1.64
Klang	11.03	6.44	-7.34	0.17	3.16	3.47	11.03	3.68	4.00	0.92
Meer	10.94	-3.37	-3.72	-0.12	2.51	-2.59	10.94	7.22	4.00	1.80
Schmied	-10.00	9.88	5.28	4.09	-1.46	4.55	10.00	0.12	4.00	0.03
Verkehr	-9.97	-6.29	3.05	5.07	-1.52	-2.16	9.97	3.67	4.00	0.92
Hufe	9.71	1.31	-2.47	-0.26	4.49	0.24	9.71	5.22	2.00	2.61
Wind	8.64	-3.12	-5.66	-4.17	1.77	-1.36	8.64	2.98	3.00	0.99
Schotter	8.60	-2.64	-1.83	-3.72	2.59	-2.25	8.60	4.88	4.00	1.22
Dose	-8.23	5.83	5.99	2.21	1.63	0.79	8.23	2.23	3.00	0.74
Tesa	-6.49	1.61	5.21	2.73	-1.20	0.31	6.49	1.28	2.00	0.64
Glöckchen	-0.47	11.30	0.15	-1.64	0.67	4.31	11.30	6.99	1.00	6.99
Glas	7.32	9.24	-4.07	-3.09	2.80	3.51	9.24	1.92	5.00	0.38
Hammer	-0.49	-8.88	0.36	-2.90	-3.52	2.17	8.88	5.37	3.00	1.79
Schreibm	-4.64	6.43	4.02	1.65	1.70	3.23	6.43	1.80	3.00	0.60
Glocke	4.78	6.17	-4.87	3.45	5.25	1.58	6.17	0.92	4.00	0.23
Brunnen	3.47	-5.53	-2.11	2.18	3.17	0.08	5.53	2.06	4.00	0.51
Kinder	-2.50	5.41	0.46	0.50	4.06	-1.47	5.41	1.35	2.00	0.67
Typhon	-3.03	-3.16	0.62	7.51	-1.55	1.06	7.51	4.35	2.00	2.17
Wasserrf	-5.60	-4.57	3.85	5.84	-3.78	-2.29	5.84	0.24	5.00	0.05
Lüfter	-5.89	-3.07	1.07	-0.77	-6.67	-0.47	6.67	0.77	2.00	0.39
Wespe	-3.56	1.43	1.80	-0.52	3.87	-0.21	3.87	0.31	1.00	0.31
Halle	-0.05	-3.09	-0.80	0.87	1.16	-3.20	3.20	0.11	1.00	0.11

7.3.5 Bestimmung von Geräuschprototypen

Für die Faktoren sollen nun Geräuschprototypen bestimmt werden, die diese gut repräsentieren. Die Prototypen können später zur Beschreibung der Faktoren quasi als "Markenzeichen" verwendet werden.

Diese Geräuschprototypen sollen folgende Eigenschaften haben:

1. Hohe Faktorwerte bei dem zu repräsentierenden Faktor
2. Diese Faktorwerte sollten sich signifikant von Faktorladungen anderer Geräusche auf diesem Faktor unterscheiden
3. Niedrige Faktorwerte bei allen anderen Faktoren

Die Bedingungen nach Punkt 1 und 3 sollten mit einem Auswahlkriterium angewendet werden. Die Werte der letzten Spalte der Tabelle 7-6 und Tabelle 7-7 stellen dieses Kriterium dar. Für Prototypen sollten sich hierfür hohe Werte ergeben.

Prototypen nach den SPSS-Faktorwerten

Für die SPSS-Faktorwerte ergeben sich danach die in Tabelle 7-8 dargestellten Prototypen.

Tabelle 7-8: Geräuschprototypen für die Faktoren

Die für die einzelnen Faktoren ausgewählten Prototypen sind zusammen mit den aus Tabelle 7-6 entnommenen Werten für das Kriterium dargestellt.

Faktor	Geräuschprototyp	Kriterium
Angenehmheit	Meer	0.56
	Hufgetrappel	0.90
Metallhaftigkeit	Glöckchen	0.33
	Schmiedehammer	0.63 ²³
Rauhigkeit	Tesafilm	∞ ²⁴
Kräftigkeit	Typhon	0.48
Schwankhaftigkeit	Wespe	0.21
	Lüfter ²⁵	0.28
Deutlichkeit	Schmiedehammer	0.14 ²⁷
	Halle ²⁶	0.62

Nach Punkt 2 der oben beschriebenen Bedingungen für Prototypen sollten diese sich möglichst signifikant von den Faktorwerten anderer Geräusche unterscheiden. Da für die Faktorwerte jedoch keine Konfidenzintervalle berechnet werden können, kann die Überprüfung der Signifikanz hier nur indirekt überprüft werden. Folgende Methode ist hier denkbar: Es muß geprüft werden, ob sich die Mittelwerte dieser Geräusche bei den Attributen, die der Faktor stark repräsentiert, signifikant von denen anderer Geräusche unterscheiden. Hierzu wird die Tabelle der Konfidenzintervalle im Anhang J herangezogen.

Zunächst werden für jedes Geräusch die Attribute gesucht, die der Faktor stark repräsentiert (zur Auswahl dient die Tabelle der Faktorladungen →Tabelle 7-5). Dann

²³ Der Schmiedehammer kann sowohl als Prototyp für die Metallhaftigkeit als auch für die Deutlichkeit gelten. Das Kriterium wurde hier ohne Berücksichtigung der Deutlichkeit berechnet.

²⁴ Das Kriterium kann nicht berechnet werden (Division durch Null). Die Auswahl ist jedoch als optimal anzusehen.

²⁵ Der Lüfter ist ein Inversprototyp für die Schwankhaftigkeit, also ein Prototyp für die Gleichmäßigkeit.

²⁶ Die Halle ist ein Inversprototyp für die Deutlichkeit, also ein Prototyp für die Undeutlichkeit.

²⁷ Ohne Berücksichtigung der Metallhaftigkeit ergibt sich ein Wert von 0,77.

wird überprüft, ob der Mittelwert des Geräusches auf diesem Attribut im Vergleich zu anderen Geräuschen maximal ist (Tabelle der Mittelwerte Tabelle 7-3). Geräusche, die laut Faktorwerttabelle dem gleichen Faktor zugeordnet sind, werden hierbei nicht berücksichtigt. Im letzten Schritt wird anhand des Konfidenzintervalls von 95% überprüft, ob der Mittelwert sich von dem nächstniedrigeren signifikant unterscheidet. Auch hier werden dem gleichen Faktor zugeordnete Geräusche nicht berücksichtigt. Die Ergebnisse dieser Vorgehensweise sind in Tabelle 7-9 aufgelistet.

Für die Faktoren Angenehmheit, Metallhaftigkeit und Kräftigkeit sind die Prototypen signifikant. Beim Faktor Schwankhaftigkeit ist der Lüfter als Inversprototyp signifikant. Die für die Faktoren Rauigkeit und Deutlichkeit ausgewählten Prototypen können nicht als signifikant bezeichnet werden. Für den Faktor Rauigkeit kann als Inversprototyp die Klangschale angenommen werden. Für die Attribute kratzend und rund ergeben sich hier signifikante Unterschiede.

Als signifikante Prototypen ergeben sich für den Faktor Angenehmheit die Geräusche Meer und Hufgetrappel, für den Faktor Metallhaftigkeit das Glöckchen und der Schmiedehammer, für den Faktor Kräftigkeit das Typhon und für die Schwankhaftigkeit als Inversprototyp der Lüfter. Für die Faktoren Rauigkeit und Deutlichkeit konnten keine signifikanten Prototypen gefunden werden.

Tabelle 7-9: Signifikanz der Prototypen der SPSS-Faktorwerte

In der Tabelle sind für die einzelnen Prototypen die Attribute angegeben, die maximale Häufigkeiten für das jeweilige Geräusch haben. In der letzten Spalte ist die anhand der Konfidenzintervalle ermittelte Signifikanz angegeben (Signifikanzniveau 5%).

Faktor	Prototyp	Attribute	Signifikanz
Angenehmheit	Meer	angenehm	ja
		erwünscht	ja
		schön	nein
		behaglich	ja
		aufregend [#]	nein
	kreischend [#]	nein	
Hufgetrappel		angenehm	nein
		erwünscht	ja
		behaglich	nein
		aufregend [#]	ja
Metallhaftigkeit	Glöckchen	metallisch	nein
		klar	ja
	Schmiedehammer	metallisch	ja
Rauhigkeit	Tesafilm	keine	-
Kräftigkeit	Typhon	kräftig	ja
		laut	ja
Schwankhaftigkeit	Wespe	schwankend	nein
		dynamisch	nein ²⁸
Lüfter*		schwankend	ja
		dynamisch	ja
Deutlichkeit	Schmiedehammer	keine	-
	Halle*	deutlich	nein

Prototypen der Faktoren (untransformierte Faktorwerte)

Die Prototypen, die sich für die untransformierten Faktoren ergeben, sind in Tabelle 7-10 dargestellt. Die Signifikanz der Unterschiede der Prototypen zu anderen Geräuschen ist durch die Faktorwertkonfidenzintervalle leicht zu überprüfen. Liegen die Faktorwerte aller anderen Geräusche außerhalb des Intervalls, so sind die Unter-

[#] Negative Faktorladungen.

²⁸ Würden das Kinderschreien mit zur Schwankhaftigkeit hinzugezählt werden, wäre der Unterschied signifikant.

* Inversprototyp.

schiede auf einem Niveau von 5% signifikant. Die Tabelle der Konfidenzintervallbreiten ist im Anhang J angegeben.

Tabelle 7-10: Prototypen nach der Methode der untransformierten Faktorwerte

In der Tabelle sind die nach der 2. Methode bestimmten Prototypen angegeben. In der letzten Spalte ist die anhand der Konfidenzintervalle ermittelte Signifikanz angegeben (Signifikanzniveau 5%).

Faktor	Prototyp	Kriterium	Signifikanz
Angenehmheit	Meer	1.8	ja
	Hufgetrappel	2.6	ja
Metallhaftigkeit	Glöckchen	7.0	ja
	Gummihammer*	1.8	ja
Rauhigkeit ²⁹	Tesa	-	nein
	Klangschale*	-	ja
Kräftigkeit	Typhon	2.2	nein
Schwankhaftigkeit	Wespe	0.3	nein
	Lüfter*	0.4	nein
Deutlichkeit	Halle*	0.1	ja

Die Prototypen sind bis auf den Gummihammer (Inversprototyp für die Metallhaftigkeit) die gleichen, wie die mit der ersten Methode ermittelten. Hier ergeben sich unterschiedliche Signifikanzangaben, die zum einen daraus resultieren, daß die Zuordnung der Geräusche zu den einzelnen Faktoren hier anders ist. Zum anderen ist die Angabe der Konfidenzintervalle bei dieser Methode direkt möglich. Für die Faktoren, bei denen keine signifikanten Prototypen gefunden werden konnten, sollten nichtsignifikante Prototypen angenommen werden (z.B. Tesafilm für Rauhigkeit).

7.3.6 Zusammenfassung

Die im Kapitel 5 beschriebenen Resultate der Befragung und die dadurch erfolgte Auswahl von Attributen und Geräuschen, konnten in der Regel durch die im Hörversuch erhaltenen Ergebnisse bestätigt werden. Dies zeigte sich zum einen an der annähernd reproduzierten Diagonalform der Mittelwertmatrix. Zum anderen an der

* Inversprototyp.

²⁹Für die Rauhigkeit gibt es bei keinem Geräusch maximale Faktorwerte. Es wurden hier die Prototypen der SPSS-Faktorwerte auf Signifikanz geprüft.

guten Ausnutzung der verwendeten Antwortskala, die auf die optimierte Auswahl der Geräusche zurückzuführen ist.

Die Faktorenanalyse reduzierte die 24 Attribute auf die 6 Faktoren Angenehmheit, Metallhaftigkeit, Rauhmigkeit, Kräftigkeit, Schwankhaftigkeit und Deutlichkeit.

Die Faktoren Angenehmheit (pleasantness) , Metallhaftigkeit (metallic factor) und Kräftigkeit (powerfulness) werden häufig bei Durchführung von Hörversuchen mit dem semantischen Differential als Ergebnis einer Faktorenanalyse angegeben (siehe Anhang B oder auch [36],[37],[40] und [48]). Die Rauhmigkeit und Schwankungsstärke sind psychoakustische Wahrnehmungsgrößen [53] (siehe Kapitel 2.1). Die Deutlichkeit ist ein in der Raumakustik mit dem Deutlichkeitsmaß definierter Begriff [20].

Die extrahierten Faktoren sind also nicht nur für diesen Hörversuch relevant, sondern durchaus auch im Allgemeinen gültige Dimensionen.

Im letzten Schritt konnten den einzelnen Faktoren Geräuschprototypen zugeordnet werden. Diese sind für den Faktor Angenehmheit das Meeresrauschen und das Hufgetrappel, für den Faktor Metallhaftigkeit das Glöckchen, der Schmiedehammer und als Inversprototyp der Gummihammer. Für den Faktor Rauhmigkeit konnte nur ein Inversprototyp ermittelt werden, die Klangschale. Das Tesafilmgeräusch kann als Prototyp für die Rauhmigkeit angenommen werden³⁰. Für den Faktor Kräftigkeit ergab sich das Typhon als Prototyp, für die Deutlichkeit als Inversprototyp die Wartehalle. Mit Einschränkungen kann für den Faktor Schwankhaftigkeit die Wespe als Prototyp angenommen werden.

Diese Geräusche können nun umgekehrt dazu verwendet werden, die Eigenschaften der Faktoren zu beschreiben.

³⁰ Das Tesa war als Prototyp für die Rauhmigkeit nicht signifikant, da andere Geräusche, wie die Kreissäge, die anderen Faktoren zugeordnet sind, als rauher empfunden wurden. Mangels Alternativen sollte für die wichtige Geräuscheigenschaft Rauhmigkeit das Tesafilm als Prototyp verwendet werden.

8 Zusammenhangsanalyse

Das Ziel dieses Kapitels als auch der gesamten Arbeit ist es, Zusammenhänge zwischen psychoakustischen Reizparametern und den im Hörversuch ermittelten Dimensionen der Hörempfindung (Faktoren und Attributen) zu ermitteln.

Dies geschieht zunächst durch die Berechnung der Korrelationskoeffizienten und später durch die mithilfe der Regressionsanalyse gefundenen Vorhersageformeln.

8.1 Korrelationsanalyse

Die Zusammenhänge zwischen einzelnen im Hörversuch gewonnenen Ergebnissen und den durch Berechnungsverfahren ermittelten psychoakustischen Parametern, können zunächst durch die Korrelationskoeffizienten (siehe Abschnitt 3.2) beschrieben werden.

Tabelle 8-1: Variablen der Korrelationsanalyse

In der folgenden Tabelle sind alle Variablen verzeichnet, zwischen denen die Korrelationskoeffizienten berechnet wurden. Es wurden nur Korrelationskoeffizienten zwischen den Variablen der linken (psychoakustische Parameter) und rechten Spalte (Attribute und Faktorwerte) der Tabelle berechnet. Die verwendeten Abkürzungen sind im Anhang A erklärt.

Psychoakustische Parameter (59)	Variablen aus dem Hörversuch (36)
$L_m, L_4, L_{25}, L_{50}, L_{75}, L_{90}, L_{Am}, L_{A4}, L_{A25}, L_{A50}, L_{A75},$ $L_{A90}, L_{Nm}, L_{N4}, L_{N25}, L_{N50}, L_{N75}, L_{N90}, N_m, N_4, N_{25},$ $N_{50}, N_{75}, N_{90}, S_m, S_4, S_{25}, S_{50}, S_{75}, S_{90}, R_m, R_4, R_{25},$ $R_{50}, R_{75}, R_{90}, TN_m, TN_4, TN_{25}, TN_{50}, TN_{75}, TN_{90},$ $PR_m, PR_4, PR_{25}, PR_{50}, PR_{75}, PR_{90}, SST_1, SST_2,$ $SST_4, \Delta L, \Delta L_A, \Delta L_N, \Delta N,$ Abstand der Quelle zum Kunstkopf (ENTF), korrigierter Abstand ³¹ (ENKO), logarithmierter Abstand (ELN), logarithmierter+korrigierter Abstand (EKLN)	Alle Attribute, alle Faktorwerte nach SPSS (F1-F6), alle Faktorwerte nach der Matrizenmultiplikationsmethode (M1-M6)

³¹ Die Abstände in Meter sind im Kapitel 6.1 angegeben. Bei den korrigierten Abständen wurden die Abstände der Geräusche verändert, die nicht mit dem Originalpegel dargeboten wurden (siehe Kapitel 6.2.4. Die Korrektur beschränkte sich auf Geräusche im Freien, da in Räumen ein Diffusfeld angenommen wurde. Die Korrekturen waren im Einzelnen:

- Schreibmaschine (-10 dB/Annahme halbkugelförmige Abstrahlung im Direktfeld): ×2
- Wasserfall (-5 dB/kugelförmige Abstrahlung): ×2
- Hufgetrappel (+10 dB/kugelförmige Abstrahlung): ÷4.

Die Korrelationskoeffizienten wurden zwischen allen in Kapitel 6.3 berechneten psychoakustischen Geräuschparametern und allen im Hörversuch (Kapitel 7.2.3) ermittelten Attributen und Faktoren berechnet (siehe Tabelle 8-1).

Zusätzlich zu den Korrelationskoeffizienten wurde das Signifikanzniveau der Koeffizienten berechnet. Korrelationskoeffizienten größer als 0.8 sind in Tabelle 8-2 angegeben. Alle dort angegebenen Koeffizienten waren hochsignifikant ($\alpha < 1\%$).

Tabelle 8-2: Korrelationskoeffizienten größer 0.8

In der jeweils linken Spalte sind hier die Attribute bzw. Faktoren eingetragen. In der jeweils ersten Zeile befinden sich die psychoakustischen Parameter, bei denen Korrelationskoeffizienten größer 0.8 auftraten.

	L _m	L _{Am}	L _{A4}	L _{Nm}	L _{N4}	N _m	N ₄	N ₂₅
laut	0.826	0.918	0.808	0.909	0.853	0.876	0.867	
kräftig	0.856	0.909		0.908	0.844	0.877	0.878	
F4	0.837	0.868		0.89	0.808	0.878	0.849	
M4	0.849	0.916	0.845	0.911	0.869	0.895	0.883	0.805

	S _m	S ₄	S ₂₅
scharf	0.843	0.811	
M3		0.812	0.804

	PR ₄	PR ₂₅
dumpf	-0.851	-0.822

In der Tabelle 8-3 sind alle Korrelationskoeffizienten größer als 0.7 angegeben. Kategorien, die durch Tabelle 8-2 schon abgedeckt sind wurden nicht berücksichtigt. Auch diese Koeffizienten sind hochsignifikant.

Die dargestellten Zusammenhänge sind sehr gut nachvollziehbar. Die Attribute laut, kräftig und reich und der Faktor 4 (Kräftigkeit) korrelieren sehr hoch mit den Intensitätsparametern. Die Attribute scharf, kratzend und kreischend und der Faktor 3 (Rauhigkeit) korrelieren sehr hoch mit der berechneten Schärfe. Für den Faktor 3 ist das etwas unverständlich.

Das Attribut harmonisch und der Faktor M1 (Angenehmheit) korrelieren negativ mit der Schärfe. Das Attribut dumpf korreliert negativ mit den Tonhaltigkeitsparametern. Das Attribut klar und die Faktoren 2, M2 (Metallhaftigkeit), und M6 (Durchsichtigkeit) korrelieren mit den Tonhaltigkeitsparametern. Dies könnte daran liegen, daß die meisten metallischen Geräusche auch stark tonhaltig sind (Glöckchen, Schmiedehammer ...).

Tabelle 8-3: Korrelationskoeffizienten größer 0.7

In der jeweils linken Spalte sind hier die Attribute bzw. Faktoren eingetragen. In der jeweils ersten Zeile befinden sich die psychoakustischen Parameter, bei denen Korrelationskoeffizienten größer 0.7 auftraten.

	L_{n25}
reich	0.762

	S_m	S_4	S_{25}	S_{50}
harmonisch				-0.71
kratzend	0.712	0.708	0.777	0.778
kreischend	0.711	0.72	0.728	
M1	-0.708	-0.73	-0.734	-0.728

	PR_4	PR_{25}	TN_4	TN_{25}
klar	0.721			
F2	0.752	0.714		
M2	0.752	0.706		
M6			0.707	0.709

Die Überlegungen im Kapitel 6.3 bezüglich der berechneten Rauigkeit und Schwankungsstärke bestätigen sich hier. Diese Programme liefern für Umweltgeräusche keine anwendbaren Ergebnisse, und tauchen daher auch nicht als hohe Korrelationen auf.

Allgemein ist zu erkennen, daß die 4er- und 25er-Perzentile und die Mittelwerte die größte Aussagekraft bezüglich der Hörversuchsparemeter haben.

Die mit der Matrizenmultiplikation berechneten Faktorwerte korrelieren in fast allen Fällen höher mit den psychoakustischen Parametern. Als einziger Unterschied zu den mit SPSS berechneten Faktorwerten ist die hier nicht durchgeführte z-Transformation anzusehen (siehe Kapitel 7.3.4). Die z-Transformation als lineare Umformung ändert jedoch nichts an den Korrelationen zwischen Variablen. Daraus ist zu schließen, daß bei der Berechnung der Faktorwerte mit SPSS neben der z-Transformation auch noch andersartige Veränderungen gemacht wurden. Aus diesem Grund sind die auf dem zweiten Weg gewonnenen Faktorenwerte zu bevorzugen.

8.2 Regressionsanalyse

Mit Hilfe der Regressionsanalyse wird versucht, Berechnungsformeln zu finden, die diese Dimensionen aus Messungen bestimmter psychoakustischer Reizparameter vorhersagen können. Hierbei wird sich auf die multiple lineare Regressionsanalyse (siehe Abschnitt 3.3) beschränkt.

8.2.1 Vorgehensweise bei der Regressionsanalyse

Es sollen Regressionsgleichungen für alle Faktoren ermittelt werden. Zusätzlich sollen Gleichungen für alle Attribute, die Korrelationen mit einem psychoakustischen Parameter von größer als 0.6 hatten, bestimmt werden.

Zunächst mußten aus der Vielzahl der psychoakustischen Parameter diejenigen ausgewählt werden, die in der Analyse bei den einzelnen Prognosevariablen Verwendung finden sollten. Um Multikollinearität zu vermeiden, wurden für jede Kategorie (z.B. Intensitätsparameter, Schärfe,...) diejenigen Parameter ausgewählt, die den höchsten Korrelationskoeffizienten mit der entsprechenden Prognosevariable haben. Parameter mit Korrelationskoeffizienten kleiner 0.2 wurden nicht berücksichtigt. Die Regressionsanalyse wurde in SPSS mit der Funktion "Stepwise" durchgeführt. Bei diesem Verfahren wird von den angegebenen Prädiktorvariablen zunächst diejenige ausgewählt, die den größten Zusammenhang mit der Prognosevariablen hat. Dann wird schrittweise diejenige Variable mit in die Gleichung aufgenommen, die den größten Teil der Restvarianz aufklärt. Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis ein bestimmtes Kriterium nicht mehr erfüllt ist. Hier wurde folgendes, in SPSS voreingestelltes Kriterium verwendet:

SPSS errechnet für jede Regressionsgleichung einen F-Wert, der Aufschluß darüber gibt, ob die Annahme, daß die Prognosevariable nicht von allen Prädiktorvariablen abhängt, verworfen werden kann. Ist nach Aufnahme einer weiteren Prädiktorvariable die Annahme nicht mehr signifikant mit einem Niveau von $\alpha=5\%$ zu verwerfen, so wird diese Variable nicht mehr in die Gleichung aufgenommen.

Nach der Bestimmung der Regressionsgleichung wurden folgende Kriterien zur Überprüfung der Ergebnisse angewendet³²:

1. Prüfung auf sinnvolle Zusammenhänge. Es werden unter fachlichen Gesichtspunkten sowohl das Vorzeichen als auch die einzelnen Prädiktorvariablen geprüft.
2. Ist das Bestimmtheitsmaß (F-Wert) signifikant ?
3. Sind die einzelnen Regressionskoeffizienten (t-Werte) signifikant ?
4. Besteht eine hohe Korrelation zwischen einzelnen Prädiktorvariablen ?
Zur Überprüfung der Multikollinearität werden sowohl die Kreuzkorrelationsmatrix als auch die von SPSS unter dem Begriff „Tolerance“ angegebenen Werte überprüft. Diese sollten etwa 1 sein.
5. Prüfung auf Heteroskedastizität: Hierzu wird geprüft, ob die Residuenplots unabhängig von der Prognosevariablen sind. Ist dies nicht der Fall, so liegt entweder Heteroskedastizität vor, oder es bestehen nichtlineare Zusammenhänge. In beiden Fällen sind Voraussetzungen der Regressionsanalyse verletzt.
6. Prüfung der Residuen auf Normalverteilung (optische Prüfung).

Nur wenn alle diese Prüfungen positive Ergebnisse lieferten, wurde die Regressionsgleichung angenommen. Für den Fall der Nichtannahme wurde die Prädiktorvariable, die den niedrigsten Varianzaufklärungsanteil hatte, entfernt und die Analyse erneut mit festen Vorgaben wiederholt (Methode „Enter“).

Im zweiten Schritt wurde ein anderes Verfahren für alle Parameter aus dem Hörversuch und die nach der Matrixmethode ermittelten Faktorwerte durchgeführt. Hier wurde auch die Methode Stepwise verwendet, nur daß hier alle psychoakustischen Parameter zugelassen wurden. Die Ergebnisse wurden nur für den Fall übernommen, daß der Anteil der gemeinsamen Varianz mit der Prognosevariablen höher war.

8.2.2 Ergebnisse der Regressionsanalyse

Die Ergebnisse werden zunächst für die Faktoren und später für die Attribute angegeben.

³² Es wurde sich an den in [6], S.48 beschriebenen Anwendungsempfehlungen orientiert.

Faktoren

Die Ergebnisse der Regressionsanalyse sind in Tabelle 8-4 dargestellt.

Tabelle 8-4: Ergebnisse der Regressionsanalyse (Faktoren)

In der Tabelle sind die Koeffizienten und Prädiktorvariablen für die Regressionsformeln zur Bestimmung der Prognosevariable angegeben. Eine Gleichung ergibt sich daraus in folgender Form: Prognosevariable=Koeffizient1×Prädiktorvariable1+...+Koeffizient n×Prädiktorvariable n+Konstante. In der letzten Spalte ist der Anteil der Varianz, der durch die Gleichung erklärt wird, angegeben.

Prognosevariable	Koeffizient/Prädiktorvariable				Konstante	R ² %
	1	2	3	4		
F1 (Angen)	-0.231/ S ₅₀	0.82/ R ₅₀	-	-	0.67	45
M1 (") [#]	-3.61/ S ₂₅	-	-	-	11.04	60
F2 (Metall)	0.071/ PR ₄	0.198/ S _m	-	-	-1.76	74
M2 (") [#]	0.448/ PR ₄	1.39/ S _m	-	-	-10.2	78
F3(Rauh) [#]	0.265/ S _m	-0.042/ PR ₅₀	0.239/ EKLN	1.88/ R ₇₅	-0.655	88
M3 (") [#]	2.07/ S ₂₅	-	-	-	-6.55	73
F4(Kräft) [#]	0.106/ L _{Nm}	0.028/ TN ₅₀	-	-	-9.54	87
M4 (") [#]	0.422/ L _{Am}	-	-	-	-29.5	84
F5(Schw)	0.437/ SST ₁	-	-	-	-0.823	21
M5 (") [#]	-1.04/ S ₂₅	2.12/ SST ₁	-	-	0.12	62
F6(Deut) ⁺	0.042/ TN ₂₅	-0.173/ EKLN	0.048/ L ₄	-	-4.12	53
M6 (") [#]	0.244/ TN _m	0.0722/ΔL	1.43/ R ₅₀	-	-2.1	75

Auch hier führen die nach der Matrizenmethode berechneten Faktorenwerte zu besseren Ergebnissen. Die Prädiktoren stimmen bei beiden Methoden in der Regel überein. Auch die Reihenfolge der Prädiktoren, die nach Stellenwert für die Regressionsgerade sortiert sind, ist bei den verschiedenen Faktortypen gleich. Von der Größenordnung lassen sich die Koeffizienten nicht vergleichen, da die M-Faktorwerte nicht z-transformiert waren. Die Koeffizienten sind bei diesen Faktoren höher, was zu erwarten war. Der Faktor 3 (Rauhigkeit) kann am ehesten durch die berechnete Schärfe beschrieben werden (M3). Das kann dadurch erklärt werden, daß die drei als rau beurteilten Geräusche (Dose, Kreissäge und Preßluft) sehr hohe berechnete Schärfewerte haben (5,8 und 8 acum).

[#] Mit der zweiten Methode errechnet.

⁺ Nach der Analyse wurden noch einzelne Prädiktoren entfernt.

Für den Faktor F3 ergibt sich eine Regressionsgerade, die 88% der Varianz des Faktors erklärt. Die Zusammensetzung der Prädiktoren läßt sich relativ gut interpretieren. Es geht hier primär die berechnete Schärfe (S_m) und mit negativem Vorzeichen die Tonhaltigkeit (PR_{50}) ein. Die Prädiktoren Entfernung (EKLN) und Rauigkeit sind hier als nicht sinnvoll anzusehen, da Abhängigkeiten von der Entfernung eventuell auf die begrenzte Geräuschauswahl zurückzuführen sind. Die gemessene Rauigkeit ist aus zuvor genannten Gründen als problematisch anzusehen. Im Allgemeinen ist der dritte Prädiktor nicht mehr gut zu interpretieren.

Der Faktor F5 (Schwankhaftigkeit) ist durch die berechnete Schwankungsstärke vorherzusagen. Die Übereinstimmung der Varianzen ist mit 21% jedoch unakzeptabel klein. Der Grund hierfür liegt, wie in Abschnitt 6.3 beschrieben, in den schlechten Ergebnissen der Schwankungsstärkeberechnung.

Die Regressoren für den Faktor 6 sind verständlich. Geräusche können dann als deutlicher angenommen werden, wenn sie tonale Anteile, große Pegelschwankungen, geringen Abstand und hohe Schalldruckpegel haben. Dem Faktor M6 ist hier nicht nur aus Gründen der höheren erklärten Varianz der Vorzug zu geben. Die berechnete Rauigkeit ist hier wieder mehr als Indikator für das Hufgetrappel und die Schreibmaschine (siehe Abschnitt 6.3) zu sehen. Dann ist die Position in der Formel gerechtfertigt, da diese Geräusche als deutlich anzusehen sind.

Für die Faktoren F2, M2, M3, F4 und M4 können die Regressionsgeraden als plausibel angenommen werden.³³ Für die Faktoren M2, M3 und M4 werden in der Abbildung 8-1 die Regressionsergebnisse dargestellt. Bei mehr als einer Prädiktorvariable wird die Prognosevariable über die Werte zu prognostizierenden Variable aus dem Hörversuch aufgetragen. Im Idealfall sollte sich hier eine 45°-Gerade ergeben. Bei nur einer Prädiktorvariable wird die Prognosevariable über die Prädiktorvariable aufgetragen. Die Regressionsgerade ist hier eingezeichnet.

Die Vorhersage ist für alle drei Faktoren als relativ gut anzusehen. Für den Faktor M2 kann die Regressionsgerade nicht dargestellt werden, da hier zwei Prädiktorvariablen verwendet werden. Dargestellt ist der vorhergesagte Wert des Faktors über den Faktor für alle 25 Geräusche. Bei exakter Vorhersage müßte sich hier eine 45°-Gerade ergeben. Diese ist zum Vergleich mit dargestellt. Im Fall der dargestellten Regressionsgeraden (mitte und unten) ist die Vorhersage des Faktors Kräftigkeit besser. Die Werte der Prädiktorvariablen (A-bewerteter Schalldruckpegel) sind auf einem Bereich von 60 bis 90 dB(A) relativ gleichmäßig verteilt. Für die zur Vorher-

³³ Hier wurden nur Regressionsgleichungen berücksichtigt, die mehr als 70% der Varianz der Prognosevariable erklären.

sage der Rauigkeit herangezogene berechnete Schärfe ist das nicht der Fall. Der Großteil der Geräusche hat eine Schärfe von unter 4 acum.

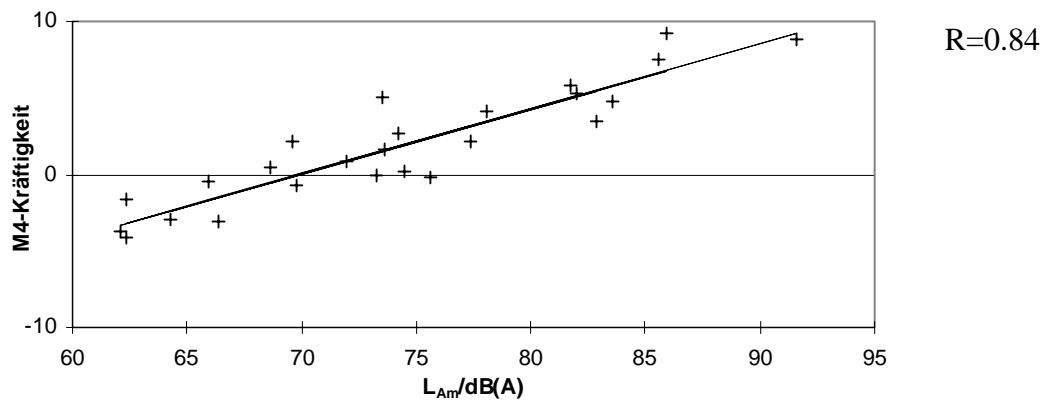
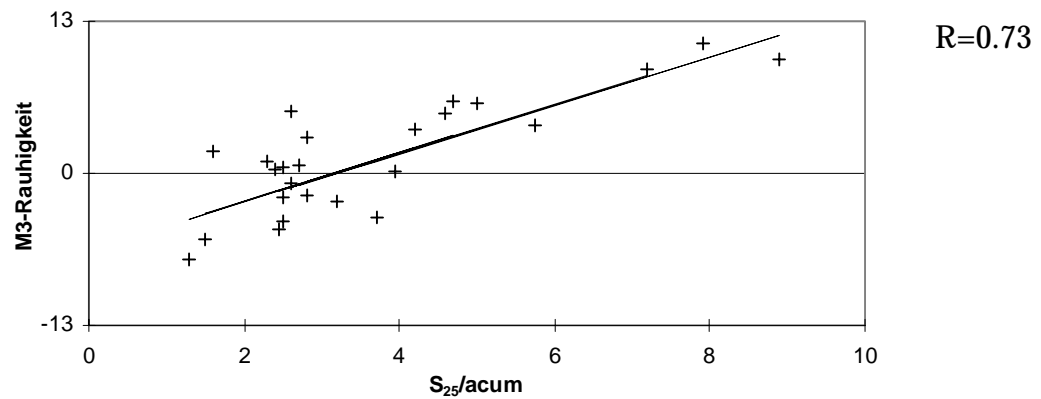
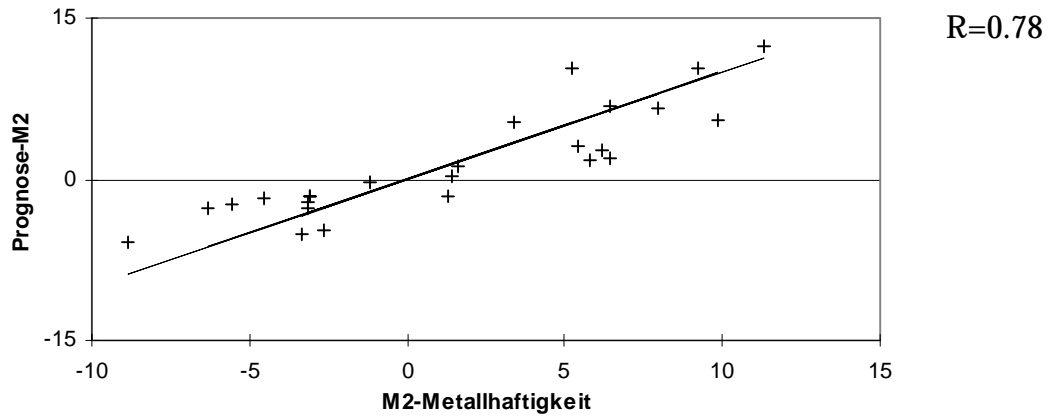


Abbildung 8-1: Regressionsgeraden für die Faktoren

Oben ist die Prognose des Faktors M2 (Metallhaftigkeit) über den Faktor M2 aufgetragen. Die sich im Idealfall ergebende 45°-Gerade ist eingezeichnet. In der Mitte ist die für den Faktor M3 (Rauhigkeit) ermittelte Regressionsgerade über die hier verwendete Prädiktorvariable (25-Perzentil der berechneten Schärfe) aufgetragen. Unten ist die für den Faktor M4 (Kräftigkeit) ermittelte Regressionsgerade über die hier verwendete Prädiktorvariable (A-bewerteter Mittelungspegel) dargestellt. Die Korrelationskoeffizienten sind jeweils oben rechts angegeben.

Attribute

In der Tabelle 8-5 sind die Ergebnisse der Regressionsanalyse für die Attribute angegeben.

Tabelle 8-5: Ergebnisse der Regressionsanalyse (Attribute)

In der Tabelle sind die Koeffizienten und Prädiktorvariablen für die Regressionsformeln zur Bestimmung der Prognosevariable angegeben. Eine Gleichung ergibt sich daraus in folgender Form: Prognosevariable=Koeffizient1×Prädiktorvariable1+...+Koeffizient n×Prädiktorvariable n+Konstante. In der letzten Spalte ist der Anteil der Varianz, der durch die Gleichung erklärt wird, angegeben.

Prognosevariable	Koeffizient 1	Prädiktor 1	Koeffizient 2	Prädiktor 2	Koeffizient 3	Prädiktor 3	Konstante	R ² ×100
angenehm	-0.441	S ₅₀	1.1	R ₅₀	-	-	0.94	56%
behaglich	-0.445	S ₂₅	-	-	-	-	1.33	46%
schön	-0.49	S ₂₅	-	-	-	-	1.66	51%
harmonisch	-0.441	S ₅₀	0.07	TN ₅₀	-	-	1.15	70%
aufregend [#]	0.444	S ₂₅	-	-	-	-	-1.16	44%
dumpf	-0.122	PR ₄	-	-	-	-	1.56	72%
metallisch	0.105	PR ₄	0.337	S _m	-	-	-2.55	68%
hoch ⁺	0.537	S _m	0.072	PR ₄	-0.064	L ₄	2.61	84%
scharf	0.53	S _m	0.041	PR ₄	-	-	-2.2	82%
kreischend [#]	0.394	S ₂₅	0.021	N ₄	-	-	-2.04	64%
rauh	-0.103	TN _m	0.055	L _{Nm}	-0.216	R ₄	-3.76	71%
kratzend [#]	0.453	S ₂₅	-0.052	PR ₅₀	-	-	-1.09	77%
laut [?]	0.146	L _{Am}	-	-	-	-	-10.1	84%
kräftig [#]	0.176	L _{Nm}	0.029	TN ₂₅	-	-	-15.3	90%
reich	0.057	L _{N25}	-	-	-	-	-4.54	43%
deutlich [#]	1.252	SST ₁	0.105	PR _m	0.054	LN ₄	-7.98	77%
klar ^{mk}	0.565	SST ₁	0.1	PR ₄	0.214	R ₄	-2.54	82%
nah ⁺	0.28	S _m	-0.19	ELN	-	-	-0.03	53%
rund	-0.318	S ₄	-0.467	R ₂₅	-	-	1.83	73%

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden hier Attribute nach Sinnzusammengehörigkeit sortiert. In den einzelnen Gruppen gibt es starke Ähnlichkeiten.

Mit der zweiten Methode errechnet.

+ Nach der Analyse wurden noch einzelne Prädiktoren entfernt.

? Die Residuen waren hier nicht normalverteilt.

^{mk} Leichte Multikollinearität.

In der ersten Gruppe mit Attributen des Faktors Angenehmheit errechnen sich für die Schärfe fast gleiche Koeffizienten. Auch hier ist angenehm positiv mit der errechneten Rauhmigkeit zusammenhängend. Beim Attribut harmonisch geht noch die Tonhaltigkeit in die Regressionsformel mit ein, was die Varianzaufklärung auf 70% erhöht.

Für die zweite Gruppe mit Attributen des Faktors Metallhaftigkeit gilt das oben festgestellte für die berechnete Schärfe und Tonhaltigkeit.

Für die für den Faktor Rauhmigkeit dargestellten Attribute (dritte Gruppe) gelten die Aussagen, die zum Faktor Rauhmigkeit getroffen wurden. Die Regressionsformeln können nicht als sinnvoll angesehen werden.

Bei den Kräftigkeitsattributen sind die Regressionsgleichungen wieder sehr ähnlich. Beim Attribut kräftig ist ein Tonhaltigkeitsparameter in der Regressionsgleichung enthalten (ein später Gruß der Schiffshupe).

Für die Attribute deutlich und klar (Faktor Deutlichkeit) gilt das bei dem Faktor beschriebene. Die Regressionsformeln können als plausibel angesehen werden. Der Regressionsgleichung für deutlich ist der Vorzug zu geben, da hier die Rauhmigkeit nicht enthalten ist.

Beim Attribut nah findet sich ein Entfernungsparameter in der Gleichung. Die Schärfe geht hier jedoch stärker ein. Ein Grund hierfür könnte eine nicht repräsentative Geräuschauswahl sein (alle scharfen Geräusche waren nah).

Für die Attribute dynamisch, schwankend, charaktervoll, kompakt und erwünscht konnten keine sinnvollen Regressionsgleichungen gefunden werden. Auffällig ist, daß die ersten vier Attribute eine überdurchschnittlich hohe Standardabweichung haben (siehe Kapitel 7.3.2). Dieser Zusammenhang könnte dadurch erklärt werden, daß die hohe Standardabweichung dazu führt, daß es wenig Ausprägungen in den Mittelwerten gibt. Dies führt dann zu niedrigen Korrelationen mit den psychoakustischen Parametern.

Abschließend kann gesagt werden, daß für folgende Attribute sinnvolle Regressionsgleichungen gefunden wurden³⁴:

-harmonisch, dumpf, hoch, scharf, kratzend, laut, kräftig und deutlich.

Die Ergebnisse der Regressionsanalyse für die Attribute scharf, kratzend, kräftig und laut sind in der Abbildung 8-2 und der Abbildung 8-3 verzeichnet.

³⁴ Als Kriterium wurde hier unter anderem eine Varianzaufklärung größer als 70% angenommen.

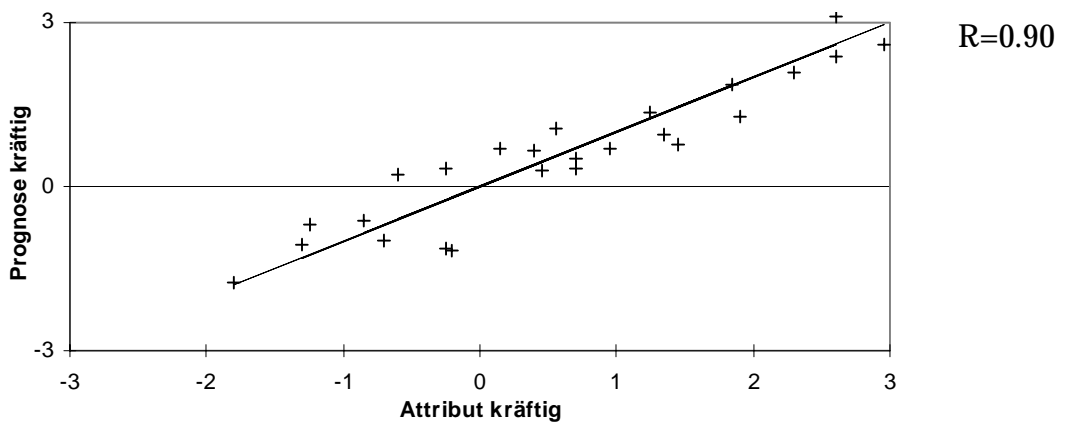
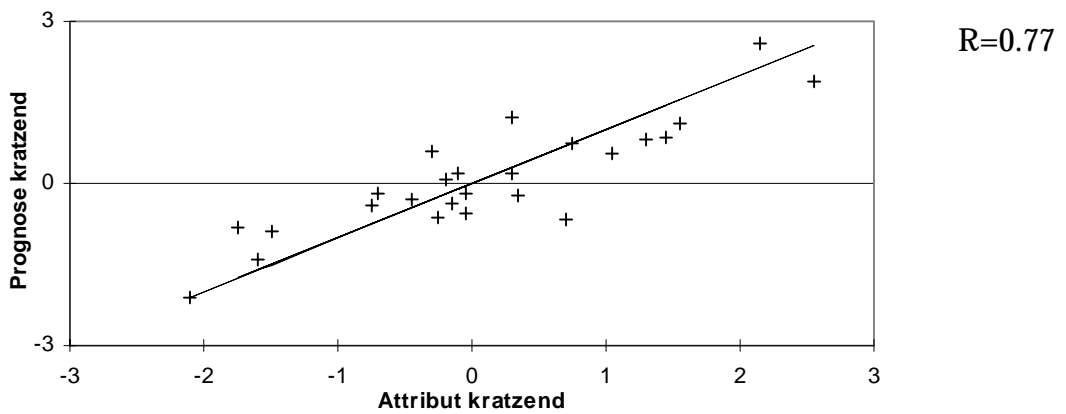
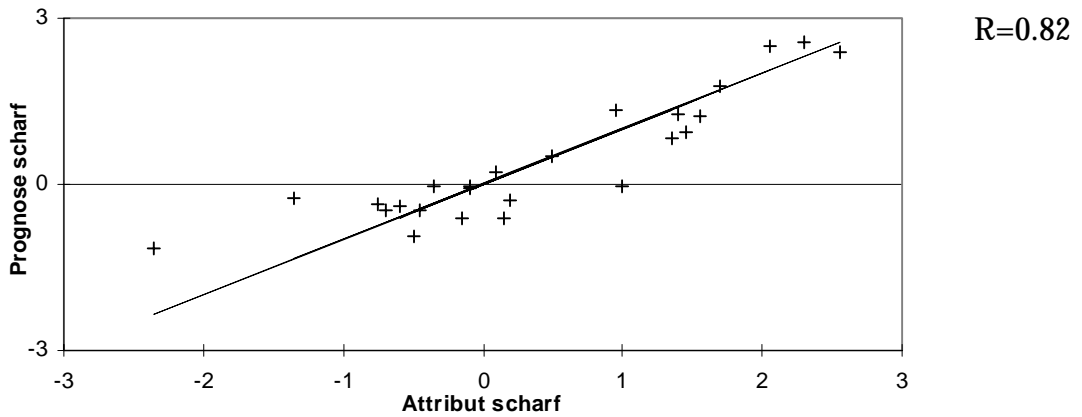


Abbildung 8-2: Regressionsergebnisse für die Attribute

Hier sind die Prognosevariablen der Attribute scharf, kratzend und kräftig über das jeweilige Attribut aufgetragen. Die sich im Idealfall ergebende 45°-Gerade ist eingezeichnet. Die Korrelationskoeffizienten sind oben rechts angegeben.

Die Prognose ist auch hier als relativ gut anzusehen. Bei der Prognose des Attributs scharf ist der Zusammenhang bis auf zwei Werte größer, als durch den Korrelationskoeffizienten von 0.82 angegeben. Zwei Werte im negativen Bereich des haben einen überdurchschnittlich großen Abstand von der Geraden. In diesem Bereich ist die Prognose als schlecht anzusehen. Die Werte werden hier überschätzt.

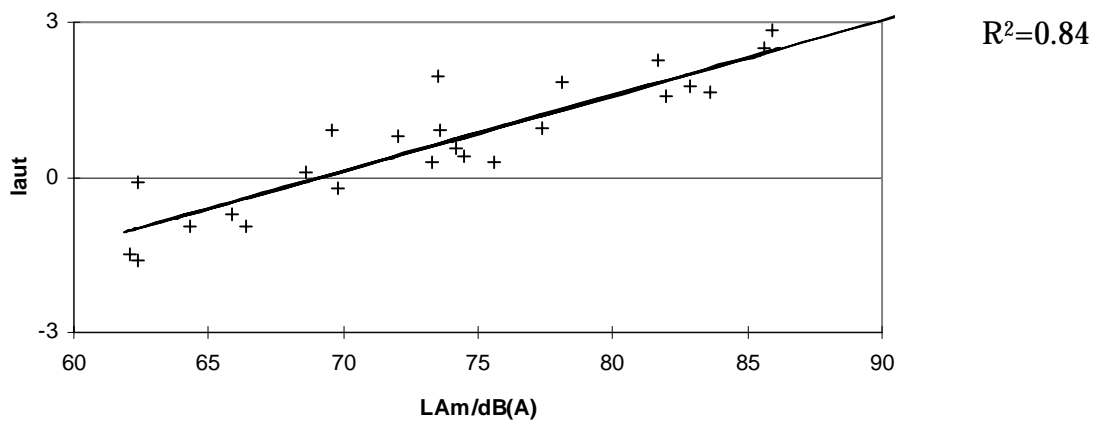


Abbildung 8-3: Regressionsgerade für das Attribut laut

Hier ist die für das Attribut laut ermittelte Regressionsgerade über die hier verwendete Prädiktorvariable (A-bewerteter Mittelungspegel) dargestellt. Der Korrelationskoeffiziente ist oben rechts angegeben.

Auch für das Attribut laut ergibt sich eine sehr gut geeignete Regressionsgerade. An diesen Diagrammen kann gut die Ausnutzung der verwendeten Skala abgelesen werden.

9 Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit wurden Dimensionen der Hörwahrnehmung untersucht. Ein Hörversuch unter Verwendung der Methode des semantischen Differentials mit anschließender Faktorenanalyse bildete hierzu die Grundlage.

Ausgangspunkt waren 29 aus einer Literaturrecherche hervorgegangene Geräuscheigenschaften. In einer Befragung, in denen Versuchspersonen diesen Eigenschaften Adjektive und Geräusche zuordnen sollten, wurden zunächst Informationen gesammelt, die eine Zusammenfassung ähnlicher Eigenschaften in Klassen möglich machte. Dies wurde durch eine Clusteranalyse erreicht.

Im nächsten Schritt wurden für jedes Cluster günstige Adjektive ausgewählt. Die Auswahl der Adjektive erfolgte anhand der Häufigkeiten aus der Befragung. Neben der Zuordnung von Attributen, sollten von den Befragten auch auf die einzelnen Geräuscheigenschaften besonders gut zutreffende Geräusche genannt werden. Aus diesen Geräuschen wurden nach bestimmten Kriterien diejenigen ausgewählt, die die einzelnen Eigenschaftscluster gut repräsentieren.

Durch diese Vorgehensweise sollte gewährleistet sein, daß jede der ins Auge gefaßten Hördimensionen durch jeweils mindestens ein Geräusch und ein Adjektiv im Hörversuch vertreten war. Es ergab sich aus diesem Grund bei der Gegenüberstellung der Häufigkeiten der Adjektiv- und Geräuschzuordnungen mit den Geräuscheigenschaften in einer Matrix eine Diagonalform.

Die Geräusche wurden mit einem Kunstkopf aufgenommen und über Kopfhörer 20 normalhörenden Versuchspersonen vorgespielt. Die Versuchspersonen bewerteten alle 25 Geräusche auf einer 7-stufigen Skala mit allen 24 Adjektivpaaren.

Zunächst erfolgte eine Auswertung der Hörversuchsergebnisse bezüglich der Mittelwerte. Die sich ergebende Mittelwertsmatrix enthielt die oben beschriebene Diagonalform. Die Ergebnisse der Befragung bestätigten sich im Hörversuch.

Im nächsten Schritt wurde zur Extraktion von Dimensionen der Hörwahrnehmung eine Faktorenanalyse mit den Ergebnissen des Hörversuchs durchgeführt. Die Faktorenanalyse ergab 6 Faktoren: Angenehmheit, Metallhaftigkeit, Rauigkeit, Kräftigkeit, Schwankhaftigkeit und Deutlichkeit. Diese Faktoren stellen die in dieser Arbeit ermittelten Dimensionen der Hörempfindung dar. Sie stimmen gut mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen überein [3],[11],[36],[37],[40],[42],[48],[53].

Ein weiteres Ergebnis der vorliegenden Arbeit war die Bestimmung von Geräuschprototypen, die bestimmte Hördimensionen sehr gut repräsentieren. Diese wurden bestimmt, um für relativ unerforschte Hörempfindungsdimensionen An-

haltspunkte für Zusammenhänge zu psychoakustischen Parametern zu gewinnen. Für die Faktoren Angenehmheit, Metallhaftigkeit und Kräftigkeit konnten repräsentative und signifikante Geräuschprototypen gefunden werden. Als Beispiele seien die Schiffshupe für die Kräftigkeit und das Meeresrauschen für die Angenehmheit genannt.

Weiterhin wurden bekannte psychoakustischen Geräuschparameter, die die einzelnen Empfindungsdimensionen am besten wiedergeben zugeordnet. Es standen hauptsächlich folgende, durch Berechnungsverfahren ermittelte, Größen zur Verfügung: Intensitätsparameter (A-bewerteter Schalldruckpegel, Lautstärkepegel, Lautheit), die Schärfe, die Rauhigkeit, Tonhaltigkeitsparameter und die Schwankungsstärke.

Für die berechneten Korrelationskoeffizienten zwischen den im Hörversuch ermittelten Hördimensionen und den Geräuschparametern ergaben sich zum Teil hohe Werte. So ergaben sich Korrelationskoeffizienten von über 0.8 zwischen folgenden Attributen, Faktoren und Geräuschparametern:

- laut, kräftig, Faktor Kräftigkeit und den Intensitätsparametern,
- scharf, Faktor Rauhigkeit und der Schärfe nach Aures [5],
- dumpf und den Tonhaltigkeitsparametern (hier war der Zusammenhang negativ).

Die berechnete Rauhigkeit und Schwankungsstärke korrelierten mit keinem im Hörversuch ermittelten Attribut oder Faktor. Ein wichtiges Ergebnis dieser Arbeit ist der Nachweis, daß die Programme zur Berechnung dieser Parameter für Umweltschalle keine sinnvollen Ergebnisse liefern.

Mit Hilfe der Regressionsanalyse konnten für die Dimensionen Metallhaftigkeit, Rauhigkeit und Kräftigkeit Gleichungen gefunden werden, mit denen diese aus berechneten psychoakustischen Parametern annähernd angegeben werden können. Aufgrund der unzulänglichen Berechnungsverfahren für die Rauhigkeit und Schwankungsstärke ist davon auszugehen, daß auch diese Formeln speziell für den Faktor Rauhigkeit nicht das Optimum darstellen. Eine Ausnahme stellt der Faktor Kräftigkeit dar, der zu über 80% durch die Intensitätsparameter aufgeklärt werden kann.

In zukünftigen Untersuchungen könnten die hier ermittelten Faktoren besser untersucht werden.

Die Dimension Angenehmheit ist beispielsweise in der Psychoakustik nur unbefriedigend erklärt [3]. Dies ist u.a. dadurch zu erklären, daß die Angenehmheit zu einem Teil durch die mit den Geräuschen verknüpften Assoziationen bestimmt ist. Ein

Beispiel dafür stellt das Meeresrauschen dar. Ein Hinweis dafür, daß hier nicht nur die Assoziationen eine Rolle spielen, ist die hohe Bewertung des Schotterweggeräusches auf den Angenehmheitsadjektiven. Eine schwere Aufgabe besteht nun darin, für die Angenehmheit Anhaltspunkte in den psychoakustischen Eigenschaften der Geräusche zu finden. Hierzu sollten in einem ersten Schritt Zusammenhänge zwischen dem zeitlichen und spektralen Verlauf der Geräusche und der Angenehmheit herausgefunden werden. Als Geräusche könnten zunächst die Geräuschprototypen herangezogen werden, die ein Ergebnis dieser Arbeit darstellen. So ist z.B. aus der Erfahrung bekannt, daß Geräusche mit starken Rauschanteilen in der Regel als relativ angenehm empfunden werden.

Die gleiche Vorgehensweise wäre auch für die Metallhaftigkeit und Deutlichkeit denkbar.

Für die Berechnung der Rauigkeit und Schwankungsstärke sollten bessere Verfahren entwickelt werden, die dann auch auf Umweltgeräusche übertragbar wären. Erste Anhaltspunkte können auch hier die Geräuschprototypen bilden. Für die Rauigkeit wäre z.B. das Geräusch beim Abrollen eines Tesafilms, für die Schwankungsstärke das Geräusch einer Wespe ein gutes Beispiel. Diese könnten auch dazu verwendet werden, neu entwickelte Berechnungsverfahren zu überprüfen.

Die in dieser Untersuchung ermittelten 6 Hördimensionen können nicht als ausreichend zur Beschreibung der gesamten Hörempfindung angesehen werden. Dies liegt zum einen darin begründet, daß bestimmte Attribute nicht zur Beschreibung der ins Auge gefaßten Geräuscheigenschaften passen. Ein Beispiel ist hier das Attribut aufregend-beruhigend für die Impulshaltigkeit. Die im Allgemeinen gelungene Auswahl der Adjektivpaare war hier nicht befriedigend. Es sollten hier bessere Adjektive gefunden werden (z.B. hart-weich) bzw. ganz andere Methoden angewandt werden, um diese Dimensionen zu extrahieren. Zum anderen wurden die Geräusche zum Teil so ungünstig ausgewählt, daß nicht alle Dimensionen spezifisch abgedeckt wurden. So ist z.B. die Schärfe sowohl im Faktor Angenehmheit als auch im Faktor Metallhaftigkeit enthalten. Hier müßten Geräusche so ausgewählt werden, daß die Faktoren aufgeteilt werden können. Vermutlich läßt sich jedoch eine Überschneidung nie ganz vermeiden, so daß in Untersuchungen mit anderen Geräuschen eventuell andere Dimensionen zusammengefasst werden.

Im großen und ganzen hat sich die Methode der Vorauswahl der Attribute und Geräusche als nützlich erwiesen, und könnte in späteren Untersuchungen übernommen werden.

10 Literaturverzeichnis

- [1] Abouchacra, K.S., Letowski, T. (1997). "Effects of Definitions and the Listener's Jury Testing Experience on Perceived Generality and Importance of Selected Sound Quality Attributes"; *Noise-Con 97* . S. 497-502
- [2] Agricola, C. (1992). "DUDEN, Band 23- Wörter und Gegenwörter"; *Dudenverlag* Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich
- [3] Aures, W. (1985). "Der sensorische Wohlklang als Funktion psychoakustischer Empfindungsgrößen"; *Acustica* **58**. S. 282-290
- [4] Aures, W. (1985). "Ein Berechnungsverfahren der Rauigkeit"; *Acustica* **58**. S. 268-281
- [5] Aures, W. (1985). "Berechnungsverfahren für den sensorischen Wohlklang beliebiger Schallsignale"; *Acustica* **59**. S. 130-141
- [6] Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W., Weiber, R. (1994). "Multivariate Analysemethoden"; *Springer Verlag* Berlin, Heidelberg, New York . 7. Auflage
- [7] Bienvenue, G. , Nobile, M. (1991). "Prominence Ratio for Noise Spectra with Discrete Tones: A Procedure based on Zwickers Critical Band Research"; *Inter-Noise 91*
- [8] Bismarck, G. von (1974). "Sharpness as an Attribute of the Timbre of Steady Sounds"; *Acustica* **30**. S. 159-172
- [9] Bismarck, G. von (1974). "Timbre of Steady Sounds: A Factorial Investigation of its Verbal Attributes"; *Acustica* **30**. S. 146-159
- [10] Bisping, R. (1996). "Car Interior Sound Quality: Experimental Analysis by Synthesis"; *Acta Acustica* **83**. S. 813-818
- [11] Björk, E.A. (1985). "The Perceived Quality of Natural Sounds"; *Acustica* **57**. S. 185-188
- [12] Blauert, J. (1986). "Cognitive and Aesthetic Aspects of Noise Engineering"; *Inter-Noise 86* . S. 5-14
- [13] Blauert, J. (1992). "Some Basic Consideration of Sonic Quality"; *J. Acoustique* **5**. S. 379-385
- [14] Blauert, J. (1994). "Product-Sound Design and Assessment: An Enigmatic Issue from the Point of View of Engineering?"; *Inter-Noise 94* . S. 857-862

- [15] Blauert, J., Genuit, K. (1993). "Evaluation Sound Environments with Binaural Technology-Some Basic Consideration"; *J. Acoust. Soc. Jpn. (E)* **14**. S. 139-145
- [16] Boemak, N. (1994). "Bewertung von Motorengeräuschen durch subjektiven Vergleich im Akustiklabor"; *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* **41**. S. 84-88
- [17] Bortz, J. (1993). "Statistik für Sozialwissenschaftler"; *Springer Verlag* Berlin, Heidelberg, New York . 4. Auflage
- [18] Brennecke, W., Remmers, H. (1983). "Physikalische Parameter bei der Bewertung der Lästigkeit von Industriegeräuschen"; *Acustica* **52**. S. 279-289
- [19] Bulitta, E. u. H. (1983). "Wörterbuch der Synonyme und Antonyme"; *Krüger Verlag* . Frankfurt a.M
- [20] Cremer, L., Müller, H. (1978). "Die wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustik-Band I"; *Hirzel Verlag* Stuttgart . 2. Auflage
- [21] Daniel, P., Weber, R. (1997). "Psychoacoustical Roughness: Implementation of an Optimized Model"; *Acta Acoustica* **83**. S.113-123
- [22] DIN 45 681 (Entwurf) (1992). "Bestimmung der Tonhaltigkeit von Geräuschen und Ermittlung eines Tonzuschlages für die Beurteilung von Geräuschemissionen";
- [23] Dorsch, F. (1976). "Psychologisches Wörterbuch"; *Verlag Hans Huber* Bern Stuttgart Wien, 9. Auflage
- [24] Dreesen, T. (1995). "Vergleich von Tonhaltigkeitsberechnungsverfahren auf der Grundlage subjektiver Urteile"; *Diplomarbeit*, Universität Oldenburg , Fachbereich Physik
- [25] Fastl, H. (1997). "The Psychoacoustics of Sound Evaluation"; *Acta Acustica* **83**. S. 754-764
- [26] Genuit, K. (1984). "Ein Modell zur Beschreibung der Außenohrübertragungseigenschaften"; *Dissertation*. RWTH Aachen
- [27] Guski, R. (1996). "Psychological Methods for Evaluating Sound Quality and Assessing Acoustic Information"; *Acta Acustica* **83**. S. 765-774
- [28] Guirao, M., Stevens, S. (1964). "Measurement of Auditory Density"; *J. Acoust. Soc. Am.* **36**. S.1176-1182
- [29] Hashimoto, T. (1994). "Die japanische Forschung zur Bewertung von Innengeräuschen im Pkw"; *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* **41**. S. 69-71

- [30] Haubold, J. (1996). "A-life[®]-9000-individuelle Optimierung von Hörsystemen unter Berücksichtigung der akustischen Umwelt"; *HörBericht* **60/96**.
- [31] Heldmann, K. (1994). "Wahrnehmung, gehörgerechte Analyse und Merkmals-extraktion technischer Schalle"; *Dissertation* . TU-München
- [32] ISO R 532 B (1966). "Method for Calculating Loudness Level";
- [33] Kabot, E. (1994). "Physikalische Korrelate der psychoakustischen Schärfe"; *Diplomarbeit*, Universität Oldenburg . FB Physik
- [34] Kerrick, J. S., Nagel, D.C., Bennet, R.L. (1969). "Multiple Ratings of Sound Stimuli"; *J. Acoust. Soc. Am.* **45**. S. 1014-1017
- [35] Kuhl, W. (1977). "In der Raumakustik benutzte hörakustische Termini"; *Acustica* **39**. S.57/58
- [36] Kuwano, S., Namba, S., Fastl, H., Schick, A. (1997). "Evaluation of the Impression of Danger Signals -Comparison between Japanese and German Subjects"; In "*Results of the Seventh Oldenburg Symposium on Psychological Acoustics.*" . S. 115-128
- [37] Kuwano, S., Namba, S., Hato, T. et. al. (1994). "Psychologische Bewertung von Lärm in Personenwagen: Analyse nach Nationalität, Alter und Geschlecht"; *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* **41**. S. 78-83
- [38] Letowski, T. (1992). "Timbre, Tone Color and Sound Quality: Concepts and Definitions"; *Archives of Acoustics* . S. 17-30
- [39] Messinger, H., Rüdtenberg, W. (1987). "Handwörterbuch Englisch"; *Langenscheidt* Berlin, München, Wien, Zürich. 16. Auflage
- [40] Namba, S., Kuwano, S., Koyasu, M. (1993). "The Measurement of Temporal Stream of Hearing by Continous Judgements-In the Case of the Evaluation of Helicopter Noise"; *J. Acoust. Soc. Jpn. (E)* **14**. S. 341-352
- [41] Petasch, G. (1989). "Lexikon der deutschen Antonyme"; *Bechtermünz Verlag GmbH* . Eltville am Rhein
- [42] Prante, H. (1997). "Predicting Categorical Judgements of Sound: A Contribution Using Artificial Neural Networks"; In "*Results of the Seventh Oldenburg Symposium on Psychological Acoustics.*" . S. 107-114
- [43] Prante, H. (1997). "Estimation of Sound Quality Measures using FIR Neural Networks"; *EAA-Symposium Psychoacoustics in Industry and Universities* . Institute for Perception Research (IPO), Eindhoven

- [44] Schick, A. (1994). "Zur Geschichte der Bewertung von Innengeräuschen in Personenwagen"; *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* **41**. S. 61-68
- [45] Schouten, J.F. (1968). "The Perception of Timbre"; *Reports of the 6th ICA Tokyo* . S. 35-44
- [46] Solomon, L. (1958). "Semantic Approach to the Perception of Complex Sounds"; *J. Acoust. Soc. Am.* **30**. S. 421-425
- [47] SPSS Inc. (1993). "SPSS[®] Reference Guide";
- [48] Takao, H., Hashimoto, T. (1994). "Die subjektive Bewertung der Innengeräusche im fahrenden Auto- Auswahl der Adjektivpaare zur Klangbewertung mit dem semantischen Differential"; *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* **41**. S. 72-77
- [49] Terhardt, E., Stoll, G. (1981). "Skalierung des Wohlklangs (der sensorischen Konsonanz) von 17 Umweltschallen und Untersuchung der beteiligten Hörparameter"; *Acustica* **48**. S. 247-253
- [50] Titel, O. (1997). "Entwicklung eines benutzerfreundlichen Programms zur Durchführung psychoakustischer Hörversuche mit einem MPC unter Windows"; *Diplomarbeit* . TU-Berlin, Institut für Technische Akustik
- [51] Wahrig (1993). "Deutsches Wörterbuch"; *Bertelsmann Lexikon Verlag* . 2. Auflage
- [52] Zwicker, E. (1982). "Psychoakustik"; *Springer Verlag* Berlin, Heidelberg, New York
- [53] Zwicker, E., Fastl, H. (1990). "Psychoacoustics"; *Springer Verlag* Berlin, Heidelberg, New York
- [54] Zwicker, E., Fastl, H. , Dallmayr, C. (1984). "Basic Program for Calculating the Loudness of Sounds from their 1/3-oct Band Spectra According to ISO 532 B"; *Acustica* **55**.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich die Möglichkeit nutzen, allen Menschen zu danken, die in irgendeiner Form zum Gelingen der vorliegenden Arbeit beigetragen haben. Im einzelnen sind das:

Holger Prante für die bestmögliche Betreuung, die Unterstützung bei den Geräuschaufnahmen, die Bereitstellung der Programme zur Berechnung der psychoakustischen Parameter, unzählige Anregungen, das Korrekturlesen und die Geduld mit vorschnell urteilenden Mitmenschen.

Christian Maschke für die Betreuung der Arbeit, die kompetente Beratung in Fragen der Statistik und für Anregungen zur Durchführung des Hörversuchs.

Angelika Tisch und Andreas Müller für die Unterstützung bei Geräuschaufnahmen und für das Korrekturlesen.

Ulrike Thesing für die Vermittlung mit der Telekom.

Herr Schneider und Herr Stöhr vom Forschungs- und Technologiezentrum der Telekom für die Kooperation und die Verleihung eines Kustkopfsystems

Ear-Group (Lars Koop, Harald Mundt, Olaf Titel und Marc Wiemers) für viele gute Anregungen, speziell für die Idee der Befragung.

Kai Maaß für die Hilfe bei der Übersetzung einiger Adjektive aus dem Englischen.

Berliner Wasserbetriebe (Herr Krüger, Herr Wicklein und Herr Bauer) für die Benutzung eines Brunnens zu Geräuschaufnahmen.

Olaf Titel für die Anpassung seines Programms Psycon auf meinen Hörversuch, für die gute Einweisung in das Programm und die Onlinehilfe rund um die Uhr.

Lars Koop für die Anfertigung einer "Kohonen-Karte" der Versuchspersonen.

Jan Harder als Turbo-Pascal Ansprechpartner.

Heinz Nowak für die Hilfe bei den Geräuschaufnahmen in der Werkstatt.

Die Zahnarztpraxis Arleta Ruppe für die Ermöglichung von Geräuschaufnahmen in der Praxis.

???? für die Unterstützung bei der Erlangung einer Genehmigung zu Geräuschaufnahmen von einem Fußballspiel.

Christian ???? für die Benutzung seiner Schmiede zur Aufnahme von Geräuschen allen Personen, die den Fragebogen zur Zuordnung von Adjektivpaaren ausgefüllt haben, sowie allen Versuchspersonen, die am Hörversuch teilgenommen haben. und meinen Eltern, die mich in der Zeit der Anfertigung der Diplomarbeit finanziell unterstützt haben.

Anhang

Anhang A : Abkürzungsverzeichnis

Anhang B : Ergebnisse der Literaturrecherche

Anhang C : Fragebogen zu den Geräuscheigenschaften

Anhang D : Liste der Adjektivpaare (Fragebogen)

Anhang E : Anleitung zum Hörversuch

Anhang F : Liste aller genannten Geräusche

Anhang G : Tabelle der Geräuschzuordnungen

Anhang H : Mittelwertematrix

Anhang I : Standardabweichungsmatrix

Anhang J : Matrix der Δk -Werte

Anhang K : 3-D-Plot der Faktorladungen

Anhang L : Tabelle der psychoakustischen Parameter

Anhang M : Aufnahmeprotokoll

Anhang N : Fragebogen zum Hörversuch

Anhang A : Abkürzungsverzeichnis

s:	Sekunden
ms:	Millisekunden
m:	Meter
cm:	Zentimeter
dB:	Dezibel
dB(A):	Dezibel A-bewertet
Hz:	Hertz
kHz:	Kilohertz
Δf :	Bandbreite
Δf_g :	Frequenzgruppenbreite
L:	Schalldruckpegel
ΔL :	Differenz aus 25 und 75er-Perzentil des Schalldruckpegels
L_A :	A-bewerteter Schalldruckpegel
L_m :	Mittelungspegel
L_{Am} :	A-bewerteter Mittelungspegel
$?_m$:	Mittelwert der Größe ?
L_4 :	Schalldruckpegel, der in 4% der Zeit überschritten wurde (4er-Perzentil); analog für andere Zahlen.
L_N :	Lautstärkepegel
N:	Lautheit
S:	Schärfe
R:	Rauhigkeit
TN:	Tone to Noise
PR:	Prominent Ratio
SST:	Schwankungsstärke
ENTF:	Abstand der Geräuschquelle zum Kunstkopf
ENKO:	korrigierter Abstand
ELN:	logarithmierter Abstand
EKLN:	logarithmierter und korrigierter Abstand
ID:	Independent of Direction
FF:	Free Field
Lin:	Linear
RAR:	ReflexionsArmer Raum
Max:	Maximalwert
t_{signN} :	Wert der t-Verteilung für N Freiheitsgrade bei einem Signifikanzniveau von 5%

$\Delta\bar{x}$:	Mittelwertsdifferenz
σ :	Standardabweichung
Δk :	halbe Konfidenzintervallbreite
$\Delta_{crit.}$:	Konfidenzintervall
α :	Signifikanzniveau
r :	Korrelationskoeffizient
R :	kombinierter Korrelationskoeffizient
F_M :	Faktorenwerte nach der Matrizenmethode

Anhang B: Ergebnisse der Literaturrecherche

Adjektive/Adjektivpaare zur Beschreibung von akustischen Signalen

Autor	Geräusche	Kategorien	Adjektive	Adjektivpaare	Übersetzung
Zwicker	keine		schrill murmelnd dröhnend		<i>Kursiv: Übersetzung von mir</i>
Kuwano-Namba [36]	Warnsignale	powerful Factor		loud-soft	<i>laut-leise</i>
				powerful-weak	<i>schwach-kräftig</i>
				flexible-rigid	<i>starr-flexibel</i>
				strong-weak	<i>schwach-stark</i>
		pleasant Factor		pleasant-unpleasant	<i>vergnüglich-n. vergnüglich</i>
				attractive-repulsive	<i>anziehend-abstoßend</i>
				pleasing-unpleasing	<i>erwünscht- unerwünscht</i>
		metallic Factor		deep-shrill	<i>tief-schrill</i>
				hard-soft	<i>hart-weich</i>
		dangerous Factor		frightening-n.frightening	<i>schreckerregend-n.schreckerregend</i>
				dangerous-safe	<i>gefährlich-sicher</i>
				exiting-quiet	<i>ruhig-aufregend</i>
				distinct-vague	<i>deutlich-undeutlich</i>
		relaxed-tense	<i>spannungsgeladen- entspannt</i>		
Takao-Hashimoto [48]	Fahrzeuginnen-geräusche	Tiefe		dünn-dicht	
				dünn-dick	
				leichtfertig-ernsthaft	
		Eindringlichkeit		unzuverlässig-zuverlässig	
				formell-sportlich	
				einsam-lebhaft	
				weiblich-männlich	
				machtlos-mächtig	
				schwach-kräftig	
				leise-laut	
		Dumpfheit		schwach-kräftig	
				schmucklos-prächtig	
				langsam-schnell	
				undeutlich-deutlich	
				dunkel-hell	
		Lebhaftigkeit		arm-reich	
				tief-hoch	
				dumpf-klingend	
				trübsinnig-heiter	
	unverständ-lich- verständlich				
	verschlafen-frisch				
	stumpf-scharf				

Schönheit	trüb-klar
	häßlich-schön
	glanzlos-glänzend
	charakterlos- charaktervoll
	uninteressant- interessant
Erstklassigkeit	nüchtern-geschmack- voll
	minder-wertig- hochklassig
Spannung	einengend-geräumig
	steif-locker
Behaglichkeit	einengend-geräumig
	unbehaglich- behaglich
	unangenehm- angenehm
	roh-verfeinert
Schwere	würdevoll- beschwingt
	schwer-leicht
Rauhigkeit	hastig-gemächlich
	unruhig-ruhig
	(rauh)grob-fein
	rauh-glatt
	nervös-beruhigend
	ungemütlich- gemütlich
	künstlich-natürlich
	zudringlich-schlicht
Lärm/Härte	hart-weich
	streng-zärtlich
	grob-zart
	erschreckend- gelassen
	stark-mild
	laut-still
	heftig-sanft
	eckig-rundlich
Metallische Empfindung	kalt-warm
	kreischend-ruhig
Nicht zugeordnet	unregel-mäßig- regelmäßig
	unrein-rein
	leer-reichhaltig
	holperig-eben
	flach-räumlich
	feucht-trocken
	eintönig-vielfältig
	traurig-fröhlich
	unvertraut-vertraut
	besonders-alltäglich
	alt-neu
	kompliziert-einfach

					klebrig-glatt	
Kuвано- Namba [37]	Lärm in Personenwagen	Gefälligkeit<> Lästigkeit		gentle-hard	weich-hart	
				rough-smooth	glatt-rauh	
				beautiful-ugly	schön-häßlich	
				pleasant-unpleasant	vergnülichlich-nicht vergnülichlich	
				pleasing-unpleasing	erwünscht- unerwünscht	
			Mächtigkeit		calm-strident	kreischend-ruhig
				thick-thin	dick-dünn	
				loud-soft	laut-leise	
				harsh-mild	heftig-mild	
			Metallischer Charakter		powerful-weak	machtlos-mächtig
				dull-sharp	scharf-stumpf	
				harmonious- inharmonious	unharmo-nisch- harmonisch	
				high-low	hoch-niedrig	
	deep-metallic	metallisch-dumpf				
Boemak [16]	Motoren- geräusche		pleasant (angenehm)			
			rough (rauh)			
			regular (gleichmäßig)			
			bright (hell)			
			soft (weich)			
			booming (dröhnend)			
			grumbling (brummend)			
Balfour- Hawkins zit. n. [28]	Hörgeräte		brightness		<i>Helle</i>	
			clarity		<i>Klarheit</i>	
			fulness		<i>Fülle</i>	
			loudness		<i>Lautheit</i>	
			nearness		<i>Nähe</i>	
			overall impression		<i>Gesamteindruck</i>	
			smoothness		<i>Glätte</i>	
			spaciousness		<i>Weite</i>	
Bisping [10]	Autoinnen- geräusche	pleasantness		loud-quiet	<i>laut-leise</i>	
				annoying-not annoying	<i>lästig-nicht lästig</i>	
				desirable-not desirable	<i>erwünscht- unerwünscht</i>	
				booming-not booming	<i>dröhnend-nicht dröhnend</i>	
				pleasant-unpleasant	<i>angenehm- unangenehm</i>	
				rough-smooth	<i>rauh-glatt</i>	
				noisy-not noisy	<i>lärmig-nicht lärmig</i>	
				friendly-unfriendly	<i>freundlich- unfreundlich</i>	
			power		racy-not racy	<i>spritzig-n.spritzig</i>
				powerful-weak	<i>mächtig-machtlos</i>	
				dynamic-not dynamic	<i>dynamisch-nicht dynamisch</i>	

			fast-slow	<i>schnell-langsam</i>
			boring-exciting	<i>langweilig-aufregend</i>
Namba-Kuwano [40]	Hubschraubergeräusche		loud-soft	<i>laut-leise</i>
			deep-metallic	<i>tief-metallisch</i>
			gruff-mild	<i>schroff-mild</i>
			pure-impure	<i>rein-unrein</i>
			dull-sharp	<i>stumpf-scharf</i>
			annoying-not-annoying	<i>lästig-nicht lästig</i>
			gentle-hard	<i>sanft-hart</i>
			pleasant-unpleasant	<i>angenehm-unangenehm</i>
			calm-strident	<i>ruhig-schrill</i>
			powerful-weak	<i>mächtig-machtlos</i>
			pleasing-unpleasing	<i>erwünscht-unerwünscht</i>
			clamorous	<i>lärmig</i>
			noisy	<i>lärmig</i>
			annoying	<i>lästig</i>
			magnificent	<i>prächtig,großartig</i>
			beautiful	<i>schön</i>
			cheerful	<i>heiter</i>
			moderate	<i>mäßig</i>
			thick	<i>dick</i>
	unsatisfactory	<i>unbefriedigend</i>		
Björk [11]	Natural sounds	F1	pressing-relieving	<i>pressend-erleichternd</i>
			relaxed-tense	<i>entspannt-gespannt</i>
			pleasant-unpleasant	<i>angenehm-unangenehm</i>
			intrusive-tactful	<i>aufdringlich-taktvoll</i>
			bright-dark	<i>hell-dunkel</i>
			cold-warm	<i>kalt-warm</i>
			calming-exciting	<i>beruhigend-aufregend</i>
			dangerous-save	<i>gefährlich-sicher</i>
			beautiful-ugly	<i>schön-unschön</i>
			noisy-noiseless	<i>lärmig-leise</i>
			conspicuous-unconspicuous	<i>deutlich-undeutlich</i>
			rugged-slick	<i>schroff-glatt</i>
			F2	dull-sharp	stumpf-scharf
		high-low		<i>hoch-tief</i>
		harsh-mellow		<i>rauh-sanft</i>
		boring-interesting		<i>langweilig-interessant</i>
		clear-hazy		<i>klar-unklar</i>
		familiar-strange		<i>bekannt-unbekannt</i>
		rough-smooth		<i>rauh-glatt</i>
		F3	powerful-weak	<i>mächtig-schwach</i>

			loud-soft	<i>laut-leise</i>
		F4	complex-simple	<i>kompliziert-einfach</i>
			patterned-random	<i>geordnet-zufällig</i>
		F5	fast-slow	<i>schnell-langsam</i>

v.Bismarck [9]	Musikinstrumente Stimmen	F1	loud-soft	<i>laut-leise</i>
			strong-weak	<i>stark-schwach</i>
			gentle-violent	<i>mild-heftig</i>
			coarse-fine	<i>grob-fein</i>
			obstrusive-reserved	<i>aufdringlich-zurückhaltend</i>
			high-low	<i>hoch-tief</i>
			bright-dark	<i>hell-dunkel</i>
			dull-sharp	<i>stumpf-scharf</i>
			hard-soft	<i>hart-weich</i>
			relaxed-tense	<i>entspannt-gespannt</i>
			calm-restless	<i>ruhig-unruhig</i>
			rounded-angular	<i>rund-eckig</i>
			rough-smooth	<i>rauh-glatt</i>
		clean-dirty	<i>sauber-schmutzig</i>	
		mixed-pure	<i>gemischt-rein</i>	
		complex-simple	<i>kompliziert-einfach</i>	
		dead-lively	<i>tot-lebendig</i>	
		pleasant-unpleasant	<i>angenehm-unangenehm</i>	
		F2	brilliant-dim	<i>brilliant-stumpf</i>
			dampened-ringing	<i>gedämpft-klingend</i>
heavy-light	<i>schwer-leicht</i>			
broad-narrow	<i>breit-schmal</i>			
wide-tight	<i>weit-eng</i>			
thick-thin	<i>dick-dünn</i>			
empty-full	<i>leer-voll</i>			
compact-scattered	<i>dicht-verstreut</i>			
F3	hollow-solid	<i>hohl-massiv</i>		
	boring-interesting	<i>langweilig-interessant</i>		
	closed-open	<i>geschlossen-offen</i>		
F4	colorful-colorless	<i>farbig-farblos</i>		
Solomon [46]	Unterwassergeräusche	F1-magnitude Zuordnungen von mir	high-low	<i>hoch-niedrig</i>
			powerful-weak	<i>mächtig-schwach</i>
			empty-full	<i>leer-voll</i>
			rumbling-whining	<i>rumpelnd-winselnd</i>
			hollow-solid	<i>hohl-massiv</i>
			large-small	<i>groß-klein</i>
			dull-sharp	<i>stumpf-scharf</i>
			deep-shallow	<i>tief-seicht</i>
			heavy-light	<i>schwer-leicht</i>
			easy-labored	<i>leicht-schwerfällig</i>
			bright-dark	<i>hell-dunkel</i>
			rich-thin	<i>voll-dünn</i>
			narrow-wide	<i>eng-weit</i>
			angular-rounded	<i>eckig-rund</i>
			fast-slow	<i>schnell-langsam</i>
			delicate-rugged	<i>zart-schroff</i>
feminine-masculine	<i>weiblich-männlich</i>			

	F2-aesthetic	pleasant-unpleasant	<i>angenehm-unangenehm</i>
		rough-smooth	<i>rauh-glatt</i>
		beautiful-ugly	<i>schön-häßlich</i>
		loud-soft	<i>laut-leise</i>
		bad-good	<i>schlecht-gut</i>
		annoying-pleasing	<i>lästig-vergnülich</i>
		clean-dirty	<i>sauber-schmutzig</i>
		happy-sad	<i>fröhlich-traurig</i>
	F3-clarity	repeated-varied	<i>monoton-abwechslungsreich</i>
		definite-uncertain	<i>eindeutig-unsicher</i>
		fluttering-steady	<i>flatternd-gleichmäßig</i>
		clear-hazy	<i>klar-verschwommen</i>
		familiar-strange	<i>bekannt-unbekannt</i>
		concentrated-diffuse	<i>konzentriert-diffus</i>
		even-uneven	<i>gerade-ungerade</i>
		obvious-subtle	<i>offensichtlich-subtil</i>
		careless-deliberate	<i>leichtsinnig-überlegt</i>
		F4-security	calming-exciting	beruhigend-aufregend
	busy-resting		<i>ruhend-beschäftigt</i>
	dangerous-safe		<i>gefährlich-sicher</i>
	pulling-pushing		<i>ziehend-drückend</i>
	gentle-violent		<i>heftig-mild</i>
	intense-mild		<i>intensiv-schwach</i>
	complex-simple		<i>kompliziert-einfach</i>
	green-red		<i>grün-rot</i>
	F5-relaxation	hard-soft	<i>hart-weich</i>
		loose-tight	<i>locker-fest</i>
		relaxed-tense	<i>entspannt-gespannt</i>
F6-familiarity	active-passive	<i>aktiv-passiv</i>	
	dry-wet	<i>trocken-naß</i>	
	cold-hot	<i>kalt-heiß</i>	
F7-mood	colorful-colorless	<i>farbig-farblos</i>	
F8	gliding-scraping	<i>gleitend-kratzend</i>	

Kerrick [34]	Musik- Fahrzeug- geräusche künstliche Geräusche	F1		familiar-unfamiliar	<i>bekannt-unbekannt</i>
				noisy-quiet	<i>lärmig-ruhig</i>
				fast-slow	<i>schnell-langsam</i>
				rough-smooth	<i>rauh-glatt</i>
				narrow-wide	<i>eng-weit</i>
				heavy-light	<i>schwer-leicht</i>
				active-passive	<i>aktiv-passiv</i>
				loud-soft	<i>laut-leise</i>
				delicate-rugged	<i>schroff-zart</i>
		F2		bad-good	<i>schlecht-gut</i>
				pleasant-unpleasant	<i>angenehm-unangenehm</i>
				acceptable-unacceptable	<i>akzeptabel-nicht akzeptabel</i>
				natural-unnatural	<i>natürlich-unnatürlich</i>
F3		far-near	<i>fern-nah</i>		
		high-low	<i>hoch-tief</i>		
Abou- chakra [1]	keine	Ambiance	<i>Atmosphäre</i>	concentrated (localized) - ambient (surrounding)	
		Brightness	<i>Helle</i>	dark-bright	
		Brilliance	<i>Glanz</i>	mat (velvet)-brilliant (shrill)	
		Clarity	<i>Klarheit</i>	dim (foggy)-clear (transparent)	
		Coloration	<i>Färbung</i>	neutral (balanced)- colored (unbalanced)	
		Fullness	<i>Fülle</i>	empty (sketchy)-full (overflowing)	
		Nearness	<i>Nähe</i>	near (close)-far (remote)	
		Panorama	<i>Panorama</i>	narrow (suppressed)- broad (wide)	
		Perspective	<i>Perspektive</i>	flat (shallow)- deep (layered)	
		Power	<i>Mächtigkeit</i>	fragile (weak)- powerful (strong)	
		Presence	<i>Gegenwärtigkeit</i>	subdued-pesent (dominating)	
		Roughness	<i>Rauhigkeit</i>	smooth (fine)-coarse (rough)	
		Sharpness	<i>Schärfe</i>	soft (mellow)-sharp	

Anhang C : Fragebogen zu den Geräuscheigenschaften

Fragebogen zur Zuordnung von Adjektivpaaren zu Eigenschaften der Hörempfindung

I. Allgemeines¹:

1. Alter: _____ 2. Geschlecht: m w
3. Beruf: _____
4. Ich bin Musiker ja nein
5. Wie häufig hörst Du Musik ?
- immer häufig regelmäßig selten fast nie nie
6. Als wie gut würdest Du Dein Gehör bezeichnen ?
- sehr gut _____ _____ _____ _____ _____ sehr schlecht
7. Inwieweit würdest Du Dich als geschulten Hörer bezeichnen ?
- geschult _____ _____ _____ _____ _____ nicht geschult

II. Zuordnung der Adjektivpaare und Beschreibung der Geräuschoassoziationen:

In der folgenden Tabelle sind in der linken Spalte verschiedene Eigenschaften eines fiktiven Geräusches angegeben.

Zunächst trage bitte Adjektive oder Adjektivpaare, die Dir spontan zu diesen Eigenschaften in Zusammenhang mit Geräuschen einfallen, in die Spalte "Adjektivpaare" ein. Falls Du Dir ein bestimmtes Geräusch vorstellst, trage es bitte in die Spalte "Geräuschoassoziation" ein.

Danach ordne bitte jeder Geräuschoassoziation Adjektivpaare der auf der letzten Seite des Fragebogens abgedruckten Liste zu. Zu jeder Eigenschaft soll mindestens ein Adjektivpaar zugeordnet werden, welches Deiner Meinung nach diese Eigenschaft gut beschreibt. Falls Du mehrere Paare ausgewählt hast, unterstreiche bitte das Deiner Meinung nach treffendste (dies kann auch ein selbstbestimmtes sein). Für verschiedene Eigenschaften kann das gleiche Adjektivpaar mehrfach ausgewählt werden. Falls Dir zu diesen Adjektiven Geräuschoassoziationen einfallen, vermerke sie bitte wieder in der 3. Spalte. Markiere bitte die mit Deinen Geräuschoassoziationen verbundenen Adjektive.

¹ Zutreffendes bitte ankreuzen.

Stellvertretend für die abgedruckten Adjektivpaare kannst Du auch die angegebenen Nummern verwenden.²

Geräusch- eigenschaft	Adjektivpaar(e)	Geräuschassoziation
Angenehmheit		
Behaglichkeit		
Dichte		
Dumpfheit		
Durchsichtigkeit		
Eindringlichkeit		
Erstklassigkeit		
Fülle		
Gefährlichkeit		
Härte		
Helle		
Impulshaltigkeit		
Klanghaftigkeit		
Klarheit		
Lärmigkeit		
Lästigkeit		
Lautheit		
Lebhaftigkeit		
Mächtigkeit		
Metallhaftigkeit		
Nähe		
Rauhigkeit		
Schärfe		
Schönheit		
Schwankungs- stärke		
Schwere		
Spannung		
Tiefe		
Tonhaltigkeit		

² Die Tabellengröße des Fragebogens wurde aus Platzgründen verkleinert.

Zum Abschluß möchte ich mich sehr für Deine Hilfe bedanken. Diese Befragung hilft mir bei der Auswahl von Adjektivpaaren, nach denen ich in einem Hörversuch fragen will.

Vielen Dank

Kai

Anhang D : Liste der Adjektivpaare (Fragebogen)

1	akzeptabel-inakzeptabel	52	feucht-trocken	104	langsam-schnell
2	abstoßend-anziehend	53	flach-räumlich	105	lärmig-leise
3	abwechslungsreich-monoton	54	flatternd-gleichmäßig	106	lärmig-ruhig
4	aktiv-passiv	55	flexibel-starr	107	lästig-nicht lästig
5	alltäglich-besonders	56	formell-sportlich	108	lästig-vergnügend
6	alt-neu	57	freundlich-unfreundlich	109	laut-leise
7	angenehm-lästig	58	frisch-verschlafen	110	laut-still
8	angenehm-unangenehm	59	fröhlich-traurig	111	lebendig-tot
9	angespannt-entspannt	60	gedämpft-klingend	112	leer-reichhaltig
10	arm-reich	61	gefährlich-sicher	113	leer-voll
11	aufdringlich-dezent	62	gemächlich-hastig	114	leicht-schwer
12	aufdringlich-zurückhaltend	63	gemischt-rein	115	leicht-schwerfällig
13	aufgelockert-kompakt	64	gemütlich-ungemütlich	116	locker-steif
14	aufregend-beruhigend	65	geschlossen-offen	117	mächtig-schwach
15	aufregend-langweilig	66	geschmackvoll-nüchtern	118	machtlos-mächtig
16	aufregend-ruhig	67	gesetzmäßig-zufällig	119	männlich-weiblich
17	befriedigend-unbefriedigend	68	glänzend-matt	120	mäßig-maßlos
18	behaftlich-unbehaftlich	69	glanzlos-glänzend	121	mild-stark
19	bekannt-unbekannt	70	glatt-klebrig	122	nah-weit
20	beruhigend-nervös	71	glatt-rauh	123	naß-trocken
21	beschwingt-würdevoll	72	glatt-schroff	124	natürlich-unnatürlich
22	bestimmt-unbestimmt	73	gleichbleibend-schwankend	125	nervtötend-wohlklingend
23	betriebsam-ruhend	74	gleichmäßig-ungleichmäßig	126	offensichtlich-verborgen
24	breit-schmal	75	gleitend-kratzend	127	prächtig-schlicht
25	charakterlos-charaktervoll	76	grob-zart	128	prächtig-schmucklos
26	deutlich-undeutlich	77	groß-klein	129	rauh-sanft
27	dicht-dünn	78	grün-rot	130	regelmäßig-unregelmäßig
28	dick-dünn	79	gut-schlecht	131	reich-schlicht
29	drängend-erleichternd	80	harmonisch-unharmonisch	132	rein-unrein
30	dröhnend-nicht dröhnend	81	hart-sanft	133	roh-verfeinert
31	dumpf-klingend	82	hart-weich	134	ruhig-schriill
32	dumpf-metallisch	83	häßlich-schön	135	ruhig-unruhig
33	dunkel-hell	84	heftig-mild	136	rumpelnd-winselnd
34	dynamisch-statisch	85	heftig-sanft	137	sauber-schmutzig
35	eben-holperig	86	heiß-kalt	138	scharf-stumpf
36	eben-wellig	87	heiter-trübsinnig	139	schiebend-ziehend
37	eckig-rund	88	hoch-niedrig	140	schlicht-zudringlich
38	eckig-rundlich	89	hoch-tief	141	schnell-langsam
39	einengend-geräumig	90	hochklassig-minderwertig	142	schreckerregend-nicht
40	einfach-kompliziert	91	hohl-massiv	143	schreckerregend
41	einsam-lebhaft	92	intensiv-schwach	144	schriill-tief
42	eintönig-vielfältig	93	interessant-langweilig	145	schroff-mild
43	eng-weit	94	interessant-uninteressant	146	schroff-zart
44	ernst-heiter	95	kalt-warm	147	schwach-stark
45	ernsthaft-leichtfertig	96	kantig-rund	148	seicht-tief
46	erschreckend-gelassen	97	klar-trüb	149	sorgfältig-nicht sorgfältig
47	erwünscht-unerwünscht	98	klar-unklar	150	spritzig-nicht spritzig
48	fahl-farbig	99	klar-verschwommen	151	streng-zärtlich
49	fein-grob	100	konzentriert-verstreut	152	traurig-vergnügt
50	fern-nah	101	kräftig-schwach	153	verständlich-unverständlich
51	fest-locker	102	kreischend-ruhig	154	vertraut-unvertraut
		103	künstlich-natürlich		zuverlässig-unzuverlässig

Anhang E : Anleitung zum Hörversuch

Anleitung zum Hörversuch

1. Allgemeines

In diesem Hörversuch soll die subjektive Beurteilung von Umweltgeräuschen untersucht werden. Hierzu wurden von mir 25 Geräusche ausgewählt. Sie haben jeweils eine Dauer von 5 Sekunden. Deine Aufgabe ist es, die Geräusche bezüglich 24 Adjektivpaaren zu beurteilen.

2. Ablauf des Hörversuchs

Der Hörversuch besteht aus einer Orientierungsphase und zwei Teilen, die durch eine kurze Erholungspause unterbrochen werden. Jeder Teil besteht aus mehreren Durchläufen, in denen Du jedes Geräusch bezüglich des von mir vorgegebenen Adjektivpaares beurteilst.

Orientierungsphase

In der Orientierungsphase werden Dir alle Geräusche nacheinander vorgestellt. Vor jedem Geräusch werde ich Dich über die jeweilige Geräuschsituation aufklären. Um zu erfahren, wie vertraut Dir das Geräusch ist, sage mir bitte nach jedem Beispiel, wie regelmäßig Du das Geräusch normalerweise hörst. Es stehen Dir folgende Antwortmöglichkeiten zur Verfügung:

nie selten regelmäßig häufig.

Hier kannst Du auch schon einmal die Zuordnung auf der verwendeten Skala üben (siehe unten).

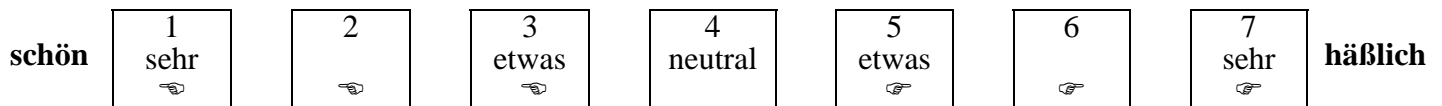
Hauptversuch

Im Hörversuch werden Dir die Geräusche erneut vorgespielt. Beurteile bitte den Gesamteindruck jedes Geräuschs auf der 7-stufigen Skala bezüglich des angegebenen Adjektivpaares.

Bitte konzentriere Dich während der Darbietung des Geräuschs auf das gefragte Adjektivpaar und teile mir bitte anschließend Deine Beurteilung mit.

Beurteilungsskala

Am Beispiel des Adjektivpaares “schön-häßlich“ sind die Beurteilungsmöglichkeiten wie folgt:



1 steht hierbei für sehr schön, 2 für schön, 3 für etwas schön, 4 für neutral (weder schön noch häßlich, 5 für etwas häßlich, 6 für häßlich und 7 für sehr häßlich.

Falls Du Dich nach einer Geräuscharbietung nicht entscheiden kannst, kannst Du Dir das Geräusch noch zwei Mal anhören. Nach der zweiten Wiederholung mußst Du jedoch eine Entscheidung treffen.

3. Allgemeine Hinweise

Trotz der Wiederholungsmöglichkeit wäre es schön, wenn Du Deine Entscheidung spontan treffen würdest.

Bitte versuche jeweils das Geräusch zu beurteilen und nicht die Quelle oder die Wiedergabequalität.

Bitte konzentriere Dich bei der Beurteilung auf den Gesamteindruck des Geräuschs.

Falls bei Dir die Konzentration nachläßt, besteht jederzeit die Möglichkeit einer kurzen Pause.

Vielen Dank für Deine Mitarbeit!

Kai

Anhang F : Liste aller genannten Geräusche

Eigenschaft	Assoziation*	H
Angenehmheit	Meeresrauschen	6
	Plätschern von Wasser (Bach)	4
	Regen/Wind (durch geschlossenes Fenster)	1
	Geräuschkulisse (entspannt+gleichmäßig)	1
	Blätterrauschen	1
	Vogelgesang (Nachtigall)	1
	Blumenwiese im Wind	1
	Aquariumgluckern	1
Behaglichkeit	Feuer (knisternd/leise)(Kamin)	4
	Regen/Wind (durch geschlossenes Fenster)	4
	Meeresrauschen	2
	Murmeln	2
	Kaffeemaschine	2
	Vogelgezwitscher	1
	Wasserplätschern (Bach)	1
	Bienengesumme	1
Dichte	Hupen (Verkehrsstau)	2
	Regen/Wind (durch geschlossenes Fenster)	1
	Nebelhorn	1
	Hämmern	1
	Kirmes	1
	Maschinen (in Werkshalle)	1
	Windgeräusch (pfeifend/-geheul)	1
	Wartehalle	1
Waschanlage (Auto)	1	
Dumpfheit	Gummihammer auf Gehwegplatten)	2
	unter Wasser hören	2
	Schlag gegen Metalltür	1
	Nebelhorn	1
	Schlamm/Morast	1
	Hammer (am Kopf)	1
	Musik (ohne hohe Frequenzen)	1
	Gewitter (-grollen)	1
	Auf Erde/Kunstrasen aufspringender Ball)	1
	punching ball	1
Melonenreifetest	1	
Schiffsreise (Motorengeräusche)	1	
Durchsichtigkeit	Glas (anschlagen eines Weinglases)	3
	Gläserklirren /Geschirr (zerbrechend)	2
	Plätschern von Wasser (Bach)	2
	Glocken (-/Glas-/Glöckchen)(tiefe)(große Euro)	1
	Pfiff (hoher)(lauter)	1
	Hammer auf Amboß (in Schmiede)	1
	Stein (auf Eis)	1
	Eindringlichkeit	Bohrer (beim Zahnarzt) (-)(grober)(in Beton)	7
Säge (Kreis-)(Motor-)		3
Turbine		2
Sirene		1
Ton (hoher)		1
Feuerwehr (Martinshorn)		1
Insektengeräusche (summen/brummen)		1
Erstklassigkeit		Autotür (Daimler)	2
	Wasserfall (unverfälscht-natürlich)	1
	Lachen (glückliches/stilles) (Kinder-)	1
	Bier ins Glas gießen	1
Fülle	Sprechchor/Hertha-Fans	2
	Wasserfall (unverfälscht-natürlich)	2
	Donner	1
	Meeresrauschen	1
	Stau im Tunnel	1
	Hubschrauber	1
	Windgeräusch (pfeifend/-geheul)	1
	Autotür (Daimler)	1
	keuchen	1
	Gewitter (-grollen)	1
Kanonendonner	1	
Gefährlichkeit	Donner	4
	Hund (knurrend)/Löwe (brüllend)/Tierfauchen	3
	Sirene	2
	Zischen (Schlange/Wasser auf Herdplatte)	1
	Tür (knarrend)(quietschend)	1
	Säge (Kreis-)(Motor-)	1
	Schuß	1
	dröhnendes Geräusch kommt näher	1
	Bremsenquietschen	1
	Sturm böen	1
	Geräusch (unbekanntes)	1
	Trommeln (rückwärts gespielt)	1
	Musik (rückwärts gespielt)	1

Eigenschaft	Assoziation*	H
Härte	Hammer auf Amboß (in Schmiede)/Meißel	6
	Schuß	1
	Klanghölzer	1
	Preßlufthammer	1
	Telefon (lautes)	1
	Rauschen (weißes)	1
	Glas (schneiden)	1
	Stimmenbetonung	1
	Steine (aufeinanderschlagend)	1
	Kugelschreiber auf Tischplatte	1
Stanze	1	
Helle	Glocken (-/Glas-/Glöckchen)(tiefe)(große Euro)	2
	Vogelgezwitscher	2
	Glassortierung (schepperndes Glas)	1
	Glas (anschlagen eines Weinglases)	1
Impulshaltigkeit	Ton (wiederkehrender aber angenehmer)	1
	Flugzeug (startend)(Düsen-)	1
	Vogelgesang (Nachtigall)	1
	Mofageräusch (Moped)(Motorroller)	2
Klanghaftigkeit	Hämmern	2
	Gewitter	1
	Schreibmaschine	1
	Glocken (-/Glas-/Glöckchen)(tiefe)(große Euro)	1
	Schuß	1
	Preßlufthammer	1
	Hufgetrappel	1
	Metronom	1
	Luftballon (platzend)	1
	Auspuff (kaputt)	1
Klarheit	Glocken (-/Glas-/Glöckchen)(tiefe)(große Euro)	3
	Stimmgabel	1
	Stimme (Frauen)	1
	Motorbrummen	1
Lärmigkeit	Stimme (klar-sopran)	2
	Flöte (Block-)	2
	Glas (anschlagen eines Weinglases)	1
	Triangel	1
	Vogelgezwitscher	1
	Fanfare	1
	Tonleitern	1
	Tropfen (tief)(ins Wasser)	1
	Bach (gemurmel) (Wild-)	1
	Klaviermusik (ruhig)	1
Streichersolo	1	
Trompete	1	
Lästigkeit	Verkehrslärm	6
	Markt (-platz)	1
	Motorengeräusch	1
	Preßlufthammer	1
	Kinder (viele schreiende/-Lärm)	1
	Flaschensortiermaschine	1
	Maschinen (in Werkshalle)	1
	Stimmen (-gewirr)	1
	Hagel	1
	Flugzeug (startend)(Düsen-)	1
	Biergarten	1
	Säge (Kreis-)(Motor-)	2
	Lautsprecheranlagen	1
	Pfiff (hoher)(lauter)	1
Bohrer (beim Zahnarzt) (-)(grober)(in Beton)	1	
Radiogeräusch vom Nachbarn	1	
Regen/Wind (durch geschlossenes Fenster)	1	
Hupen (Verkehrsstau)	1	
Verkehrslärm	1	
Hundeklaffen	1	
Fensterläden (schlagend im Wind)	1	
Wasserhahn (tropfend)	1	
Schuh (knarrend)	1	
Straßenbahn (Kurvenquietschen)	1	
Maschinen (in Werkshalle)	1	
Stimmen (-gewirr)	1	
Schritte (auf Holz-/Steinboden) (-) (von Suchteams)	1	
Ton (hoher)	1	
Flugzeug (startend)(Düsen-)	1	
Waschmaschine	1	
Auto (aufgemotzt)	1	
Insektengeräusche (summen/brummen)	1	
Fielen	1	
Flex	1	

*Assoziationen, die keine Geräusche sind oder Musik werden nicht ausgewählt und sind rot gekennzeichnet

Lautheit	Schrei/Schreien	2
	Menschenmassen	1
	Bohrer (beim Zahnarzt) (-)(grober)(in Beton)	1
	Mofageräusch (Moped)(Motorroller)	1
	Musik	1
	Preßlufthammer	1
	Kinder (viele schreiende-/Lärm)	1
	Wasserkessel (pfeifend)	1
	Telefon (lautes)	1
	Bach (gemurmel) (Wild-)	1
	Flugzeug (startend)(Düsen-)	1
	Konzert (Rock-) (laut)	1
	Sinuston	1
	Disko	1
	Tierfauchen	1
Jodeln	1	

Lebhaftigkeit	Vogelgezwitscher	3
	Kinder (viele schreiende-/Lärm)	2
	Kinder (fröhlich-schreiend) (tobend)	2
	Stimmen (-gewirr)	2
	Staccato	1
	Markt (-platz)	1
	Gemurmel (in der Kneipe)	1
	Gespräche vieler Menschen	1
	Pferde (galoppierend)	1
	Samba	1
	Bienengesumme	1
	Partygeflüster mit spitzen Schreien gemischt	1

Mächtigkeit	Donner	3
	Wasserfall (unverfälscht-natürlich)	2
	Schiffssirene (-horn)	2
	Glocken (-/Glas-/Glöckchen)(tiefe)(große Euro)	1
	Stimme (donnernd)	1
	Orgel (Kirche)	1
	Soldaten (marschierend)	1
	E-Lokomotive	1
	Bremsenquietschen	1
	Orchester	1
	Beschallung	1
	Liszt Préludes	1
	Gewitter (-grollen)	1
	Panzerketten	1

Metallhaftigkeit	Hammer auf Amboß (in Schmiede)	4
	Schmiedearbeiten	2
	Glocken (-/Glas-/Glöckchen)(tiefe)(große Euro)	1
	Metallklappern	1
	Blechdose (klickend)	1
	Straßenbahn (Kurvenquietschen)	1
	Tiergebrüll	1
	Meerestosen	1
	Gong	1
	Schleifmaschine	1
	Fahrrad (klapprig)	1
	Becken	1
	Blech	1

Nähe	Mücke (am Ohr)	3
	Nebel	1
	Nähe (menschliche)	1
	Stimme (Frauen)	1
	Herzklopfen	1
	Rascheln	1
	Knistern	1
	Atem (schwer beim Treppensteigen)	1
	Autoinnengeräusche	1
	Jazzbesen (langsam)	1
	Flüstern	1
	Sprache	1

Rauhigkeit	Stimme (Frauen)	1
	Bohrer (beim Zahnarzt) (-)(grober)(in Beton)	1
	Schleifpapier auf Holz	1
	Rasenmäher	1
	Sägen	1
	Schnarchen	1
	Tesafilm (abwickeln)	1
	Windgeräusch (pfeifend)(-geheul)	1
	Reifen rollt auf Schotter	1
	Propellerflugzeug	1
	Treppenknarren	1
	Krächzen	1
	Säuferstimme	1
	Tom Waits	1

Schärfe	Peitsche	3
	Zischen (Schlange/Wasser auf Herdplatte)	2
	Preßluft (ausströmend)	2
	Pfiff (hoher)(lauter)	1
	Schrei/Schreien	1
	Säge (Kreis-)(Motor-)	1
	Sense (schärfen)	1
	Zug (bremsend) (quietschend)	1
	Säbelrasseln	1
	Messerschleifen	1
	Schwert aus Scheide	1
	Hiebton	1
	Trillerpfeife	1

Schönheit	Stimme (Frauen)	3
	Klangschale	2
	Harfe	1
	Meeresrauschen	1
	Plätschern von Wasser (Bach)	1
	Regen/Wind (durch geschlossenes Fenster)	1
	Lachen (glückliches/stilles) (Kinder-)	1
	Plätschern	1
	Vogelgesang (Nachtigall)	1
	Instrumente	1
Marshallsound	1	

Schwankungsstärke	Windgeräusch (pfeifend)(-geheul)	3
	Verkehrslärm	2
	Applaus	2
	Meeresrauschen	1
	Preßlufthammer	1
	Hundekläffen	1
	Rauschen (weißes)	1
	Feuerwehr (Martinshorn)	1
	Torjubel	1
	Dynamo am verbeulten Rad	1
	Traktor	1
	Sagengeige	1
Musik mit starken Schwankungen laut-leise	1	
Alarmanlage	1	

Schwere	Nebelhorn	4
	Ramme (auf der Baustelle)	3
	Bässe	2
	Schritte (auf Holz-/Steinboden) (-) (von Suchteams)	2
	Glocken (-/Glas-/Glöckchen)(tiefe)(große Euro)	1
	Musikstück (klassisch in Moll)	1
	Wasserfall (unverfälscht-natürlich)	1
	Atem (schwer beim Treppensteigen)	1
	Plätschern	1
	Tropfen (tief)(ins Wasser)	1
	Saxophon	1
	Dampfmaschine	1
Walze	1	
Marshallsound	1	

Spannung	Tür (knarrend)(quietschend)	2
	Ton (lange anhaltender)	1
	Herzklopfen	1
	Schweißgeräusche	1
	Zug (bremsend) (quietschend)	1
	Trommelwirbel	1
	Konga	1
	Schritte (auf Holz-/Steinboden) (-) (von Suchteams)	1
	Musik (Film)	1
	Musik von Psycho	1
	Geigenvibrato	1
	Balkenknarren	1
	Rainmaker	1
	Bierzapfen	1
	Töne (zwei ähnlicher Frequenz)	1

Tiefe	Stein (aufschlagend im Brunnen)	2
	Bässe	1
	Orgelton (tiefer)	1
	Stille	1
	Chor (tiefer/Kirche)	1
	Wasserfall (unverfälscht-natürlich)	1
	Meerestosen	1
	Gulli	1
	unter Wasser hören	1
	Dröhnen	1
	Bassdrum	1
	Echo	1
	Badewanne	1
	Summstein (Kopf im)	1

Tonhaltigkeit	Ventilator	2
	Windspiel aus großen Röhren	1
	Standuhr (schlagend)	1
	Rückkopplung	1
	Orchester	1
	Instrumentenseite (dicke)	1
	Holz	1
	Glockenläuten in Lübeck (alle)	1
	Glocken (-/Glas-/Glöckchen)(tiefe)(große Euro)	1
	Fön	1
	Computerbrummen	1
	Chor (tiefer/Kirche)	1
brausen	1	

*Assoziationen, die keine Geräusche sind oder Musik werden nicht ausgewählt und sind rot gekennzeichnet

Anhang G : Tabelle der Geräuschzuordnungen

Nr.	Assoziation	Erst	Klan	Tonh	Dich	Fülle	Rau	Impu	Spa	Näh	Lebh	Sch	Härt	Meta	Gefä	Eind	Schä	Laut	Mäc	Lärm	Lästi	Schö	Ang	Beha	Durc	Klar	Sch	Tiefe	Helle	Dum	Summ	Max	Spez
1	Glocken	0	3	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	10	3	0.30
2	Ventilator	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1.00
3	Sprechchor	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0.67	
4	Wartehalle	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1.00	
5	Tesafilm	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1.00	
6	Reifen auf	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1.00	
7	Mücke	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1.00	
8	Hufgetrappel	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1.00	
9	Schreibmaschine	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1.00	
10	Kinderschreien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	4	0.67	
11	Windgeräusch	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	3	0.50	
12	Hammer/Amboß	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	13	6	0.46	
13	Blechdose	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1.00		
14	Bohrer(Zahnarzt)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	7	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10	7	0.70		
15	Säge(kreis/motor)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	7	3	0.43		
16	Preßluft	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1.00		
17	Wasserfall	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	8	2	0.25	
18	Schiffssirene	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1.00		
19	Verkehrslärm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9	6	0.67		
20	Meeresrauschen	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	6	2	0	0	1	0	13	6	0.46		
21	Klangschale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	2	1.00		
22	Glas anschlagen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	1	5	3	0.60		
23	Stein in den	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	2	1.00		
24	Glöckchen	0	[3]	[2]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	[1]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1.00		
25	Gummihammer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1.00		
	Summe	1	3	4	2	6	4	3	0	3	4	7	6	10	1	10	3	2	5	7	4	3	6	2	5	1	3	4	3	2	114		
26	Bienengesumme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1	0.50		
27	Biergarten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1.00		
28	Donner	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	4	0.44		
29	Feuer(knistern)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	5	4	0.80		
30	Flaschensortiera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1.00		
31	Flüstern	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1.00		
32	Gemurmel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	4	0.67		
33	HundlöweTierfau	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	0.60		
34	Hupen	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0.67		
35	Kirmes	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1.00		
36	Melonenreifetest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1.00		
37	Nebelhorn	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1	6	4	0.67	
38	Rascheln/Knister	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1.00		
39	Sense/Messer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1.00		
40	Trommeln(rückw	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1.00		
41	Vogelgezwitsche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	7	3	0.43		
	Summe	1	3	4	6	7	4	3	0	6	12	8	6	10	9	11	5	3	9	10	6	3	6	8	5	2	7	4	5	4	167		

Anhang H : Mittelwertematrix

Vorzeichen		+																										
Geraeusch	TonKlanErst		FüllDicht		Rauhigkeit		ImpSpaNäh		LebSchwank		MetaHärt		EinSchaGef		LautMächt		LärmLäst		AnBeSchön		DurchKlar		SchweilDumTie		Mit- tel	Max	Min	
	harmo- nisch	chara- ktervo- ll	komp- akt	reich	rauh	kratze- nd	aufreg- end	nah	dyna- misch	schwa- n- kend	metall- isch	rund	sch- arf	krei- schen- d	laut	kraeffti- g	erwue- n- scht	angen- ehm	behag- lich	schön	klar	deut- lich	hoch	dum- pf				
Glocke	1.8	2.1	-0.7	1.4	-1.1	-1.5	-0.2	-0.6	1.0	1.7	1.6	1.5	-0.1	0.0	1.8	1.9	-0.5	0.4	0.5	1.3	1.4	1.8	0.4	-2.4	0.6	2.1	-2.4	
Luefter	-0.3	-1.5	0.6	-1.1	0.6	-0.3	0.5	-0.2	-2.5	-2.8	-0.3	0.5	-0.7	-0.1	-0.2	-0.6	-1.3	-1.3	-1.0	-1.3	-1.5	-0.9	0.1	0.6	-0.6	0.6	-2.8	
Hertha	-1.6	0.0	0.9	2.3	1.7	0.8	2.7	1.9	0.8	-0.5	-0.5	-0.4	0.5	2.0	3.0	2.6	-1.7	-1.9	-1.7	-1.4	-1.5	-1.1	0.3	0.3	0.3	3.0	-1.9	
Halle	-0.5	-0.1	-1.6	1.7	0.5	-0.5	0.1	0.5	0.7	-0.1	-0.6	0.5	-0.8	-0.4	0.8	-0.3	-0.6	0.0	0.1	0.2	-0.8	-1.8	-0.2	0.4	-0.1	1.7	-1.8	
Tesa	-0.7	0.2	0.8	-0.3	1.7	1.5	1.0	1.5	0.1	-0.2	-0.4	-0.5	1.5	1.1	0.6	0.7	-0.6	-0.5	-0.7	-0.8	0.2	0.8	0.8	0.2	0.3	1.7	-0.8	
Schotter	0.7	0.1	-1.8	0.5	1.1	0.3	-1.8	0.7	0.8	0.6	-0.5	0.1	-0.2	-1.7	-1.5	-1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	-0.5	-0.5	-0.3	0.6	0.0	1.4	-1.8	
Hufe	1.1	1.8	-1.5	1.1	-0.2	-0.2	-1.7	1.0	1.3	0.2	-0.1	-0.5	-0.1	-1.2	0.3	0.2	1.4	1.7	1.5	1.7	1.1	1.3	-0.3	-0.2	0.4	1.8	-1.7	
Schreibm	-0.8	1.1	-0.1	-0.8	-0.4	0.3	0.9	1.4	0.7	0.8	1.0	-2.0	1.4	0.4	0.9	0.7	-0.9	-0.6	-0.6	-0.5	1.9	2.5	0.9	-0.3	0.3	2.5	-2.0	
Wespe	0.6	1.2	-1.2	0.4	0.8	0.7	1.2	2.6	1.7	2.0	-0.4	0.5	0.2	-0.2	-0.7	-1.3	-1.6	-1.0	-1.3	-0.6	0.1	1.2	0.5	-0.1	0.2	2.6	-1.6	
Kinder	-0.6	1.2	-1.8	0.9	-0.6	-0.1	1.0	-0.8	1.6	1.7	0.3	-0.1	1.0	1.5	0.1	-0.3	-0.5	-0.5	-0.3	-0.2	1.2	-0.2	2.2	-1.3	0.2	2.2	-1.8	
Wind	1.5	0.8	-0.5	0.0	-0.3	-1.8	-1.4	-1.0	0.2	0.4	-0.6	1.7	-0.5	-1.2	-1.6	-1.8	0.9	0.8	0.5	1.1	-0.9	-0.9	-0.2	0.7	-0.2	1.7	-1.8	
Schmied	-0.8	-0.1	1.5	-1.0	-0.6	-0.2	1.4	1.6	-0.2	-0.2	2.8	-2.1	1.6	1.0	1.9	1.9	-1.8	-1.4	-1.3	-1.1	2.0	2.1	1.9	-1.6	0.3	2.8	-2.1	
Dose	-1.6	-0.2	-0.8	0.3	0.4	1.3	1.1	1.4	1.1	1.3	2.1	-2.3	1.4	0.6	1.0	0.6	-1.3	-1.1	-0.9	-1.1	1.3	1.0	0.8	-0.4	0.2	2.1	-2.3	
Zahnarzt	-1.9	-0.5	0.6	-0.1	1.6	1.6	2.3	2.1	-0.2	-0.5	1.3	-0.5	2.1	2.6	1.6	1.3	-2.8	-2.6	-2.7	-2.6	-0.4	0.1	2.7	-0.3	0.2	2.7	-2.8	
Saege	-2.3	-0.5	1.4	0.8	2.1	2.6	2.8	1.7	-0.8	-1.7	2.4	-1.4	2.6	2.9	2.9	2.6	-2.8	-2.7	-2.7	-2.8	0.7	1.3	2.1	-1.1	0.4	2.9	-2.8	
Pressluft	-2.2	-1.5	0.7	-0.8	1.6	2.2	2.3	1.9	-1.2	-2.0	0.2	-0.9	2.3	1.7	1.7	1.4	-2.6	-2.3	-2.5	-2.4	-0.2	0.6	2.0	0.4	0.0	2.3	-2.6	
Wasserf	-0.6	-0.4	0.7	1.0	2.3	1.1	0.9	1.5	-0.7	-1.9	-0.7	0.6	0.1	0.5	2.3	2.3	-0.3	-0.4	-0.1	-0.4	-1.6	-1.6	-0.5	1.2	0.2	2.3	-1.9	
Typhon	0.2	1.9	1.9	1.2	1.1	0.4	0.9	-0.5	-0.7	-1.2	-1.1	0.8	-0.5	0.5	2.5	3.0	-1.0	-0.4	-0.4	-0.1	-0.6	1.2	-2.0	0.4	0.3	3.0	-2.0	
Verkehr	-1.4	-0.4	0.0	1.2	1.7	-0.1	1.4	1.2	0.2	0.2	-1.6	0.7	-0.6	0.3	2.0	1.5	-2.4	-1.9	-1.7	-1.7	-1.8	-1.4	-1.8	1.2	-0.2	2.0	-2.4	
Meer	1.2	1.1	-1.1	1.1	1.3	-0.3	-1.8	-0.3	0.8	-0.2	-0.8	1.6	0.2	-1.6	0.3	0.4	1.9	1.9	2.1	2.0	-0.7	-0.7	-0.3	0.7	0.4	2.1	-1.8	
Klang	2.5	1.7	0.3	0.9	-2.0	-2.1	-1.3	1.2	0.2	-0.6	1.8	2.3	-0.4	-1.6	0.4	0.5	0.7	1.3	1.3	1.9	2.2	2.2	0.2	-2.5	0.5	2.5	-2.5	
Glas	1.9	0.8	-0.2	-1.0	-1.6	-1.6	-0.2	1.0	0.5	0.2	1.6	0.9	1.0	-1.1	-1.0	-0.9	0.9	0.9	1.0	1.2	2.8	2.0	1.9	-2.7	0.3	2.8	-2.7	
Brunnen	0.0	1.0	0.7	1.1	-0.1	-0.7	0.1	0.7	1.5	1.4	-1.7	1.0	-1.4	-0.7	0.9	1.0	0.5	0.4	0.6	0.6	-0.4	-0.1	-2.0	1.4	0.2	1.5	-2.0	
Glöckchen	1.0	0.2	0.4	-1.7	-1.3	-0.8	0.6	1.3	-0.1	0.1	2.6	-0.2	1.7	-0.2	-0.1	-0.7	-0.3	-0.4	-0.2	0.2	2.6	2.4	2.5	-2.5	0.3	2.6	-2.5	
Hammer	-0.7	-1.7	1.6	-2.6	0.0	-0.1	-0.2	0.5	-0.9	-0.4	-2.8	0.0	-2.4	-1.1	-1.0	-0.2	-0.7	-0.3	0.2	-0.3	-1.0	0.2	-1.7	2.9	-0.5	2.9	-2.8	
Vorzeichen		-																										
Geraeusch	unhar- monis- ch	chara- kterlo- s	aufgel- ockert	schlic- ht	glatt	gleit- end	beruhi- gend	fern	sta- tisch	gleich- bleibe- nd	dumpf	kan- tig	stump- f	ruhig	leise	schwa- ch	unerw- ün- scht	unang- enehm	unbeh- aglich	häß- lich	trüb	un- deut- lich	tief	klinge- nd				
	Mittel	-0.1	0.3	0.0	0.3	0.4	0.1	0.5	0.9	0.2	-0.1	0.2	0.1	0.4	0.2	0.7	0.6	-0.6	-0.4	-0.3	-0.2	0.2	0.5	0.4	-0.2	0.2		
Max	2.5	2.1	1.9	2.3	2.3	2.6	2.8	2.6	1.7	2.0	2.8	2.3	2.6	2.9	3.0	3.0	1.9	1.9	2.1	2.0	2.8	2.5	2.7	2.9	2.4			
Min	-2.3	-1.7	-1.8	-2.6	-2.0	-2.1	-1.8	-1.0	-2.5	-2.8	-2.8	-2.3	-2.4	-1.7	-1.6	-1.8	-2.8	-2.7	-2.7	-2.8	-1.8	-1.8	-2.0	-2.7	-2.2			

Anhang I : Standardabweichungsmatrix

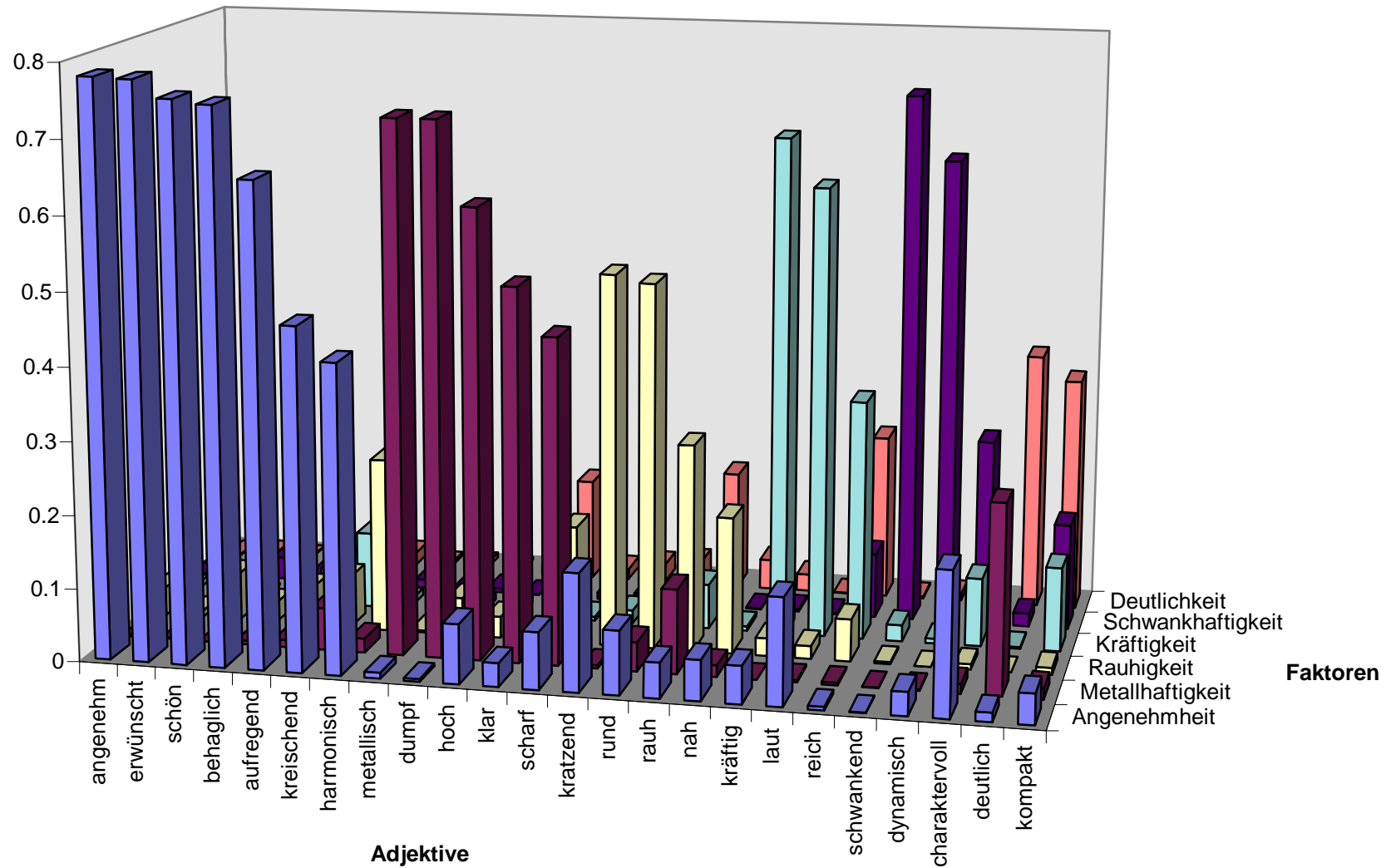
Geraeusch	harmo nisch	chara kter voll	komp akt	reich	rauh	kratze nd	aufreg end	nah	dyna misch	schwa nkend	metall isch	rund	scharf	kreise hend	laut	kraefti g	erwue nscht	angen ehm	behag lich	schoe n	klar	deutli ch	hoch	dumpf	Mitt el
Brunnen	1.4	1.4	1.7	1.3	1.3	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3	1.4	1.1	0.9	0.9	0.8	1.1	1.0	1.2	1.2	1.2	1.7	1.2	1.6	1.2
Dose	0.9	1.5	1.2	1.4	1.4	0.9	0.6	0.9	1.2	1.3	0.7	0.7	1.1	0.8	0.7	0.9	1.0	0.8	1.1	1.2	0.7	1.5	0.9	0.9	1.0
Glas	1.0	1.5	1.5	1.5	1.0	0.9	1.2	1.3	1.4	1.2	0.8	1.6	0.8	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	1.0	0.8	0.6	1.0	0.7	0.5	1.0
Glocke	0.8	1.1	1.3	1.5	1.0	1.0	1.2	1.3	1.3	1.1	0.8	1.1	0.9	1.1	0.6	0.8	1.3	0.9	1.2	1.0	1.3	1.1	1.0	0.8	1.0
Gloeckchen	1.0	1.5	1.5	0.9	1.3	1.0	1.0	0.9	1.6	1.5	0.6	1.4	0.9	1.4	1.3	1.3	0.9	1.0	1.2	1.1	0.6	0.8	0.5	0.9	1.1
Halle	1.3	1.5	1.2	1.1	1.3	0.9	1.1	1.8	1.9	1.7	0.9	1.2	1.0	0.8	1.1	0.9	1.4	0.9	1.3	0.8	1.1	1.5	0.8	1.2	1.2
Hammer	1.0	1.4	1.6	0.7	0.7	0.5	0.6	1.3	1.4	1.8	0.4	1.6	0.7	1.0	1.3	1.3	1.1	0.8	0.8	0.9	1.2	1.7	0.7	0.4	1.0
Hertha	1.1	2.1	1.7	0.7	1.0	1.1	0.5	1.5	1.7	1.6	0.9	1.1	1.5	0.8	0.2	0.6	1.8	1.4	1.0	1.1	0.9	1.8	1.4	1.1	1.2
Hufen	1.2	1.2	1.6	1.3	1.0	0.8	0.7	0.8	0.8	1.4	1.3	1.6	1.1	0.8	0.7	0.9	1.1	0.9	1.1	0.9	0.9	1.5	0.9	0.9	1.0
Kinder	1.1	1.3	1.0	1.2	0.9	1.1	1.0	1.1	1.4	1.4	0.6	1.2	0.9	0.7	1.1	1.0	1.3	1.0	1.3	1.0	1.1	1.6	0.7	1.1	1.1
Klang	0.5	1.1	1.6	1.9	1.2	1.0	1.2	1.1	1.6	1.6	1.1	1.1	1.0	1.1	0.9	1.2	1.3	0.9	1.1	0.9	1.0	1.2	1.1	0.7	1.1
Luefter	1.1	1.7	1.5	1.0	1.3	0.9	1.3	1.5	1.0	0.6	1.0	1.0	1.1	1.2	1.1	1.4	1.0	0.8	1.1	1.1	0.9	1.1	0.9	1.1	1.1
Meer	1.3	1.0	1.3	1.2	1.4	1.6	1.3	1.5	1.9	1.7	1.2	0.9	1.1	1.0	0.9	1.4	0.8	0.9	0.9	0.9	1.2	1.3	1.3	1.0	1.2
Pressluft	1.0	1.3	1.3	1.2	1.1	0.7	0.7	0.8	1.6	1.6	0.8	1.0	1.0	0.7	1.2	1.1	0.5	0.9	0.6	0.8	1.6	1.9	1.1	1.0	1.0
Saege	1.1	1.9	1.6	1.6	1.0	0.7	0.5	1.2	1.9	1.6	0.7	1.4	0.9	0.3	0.4	0.6	0.5	0.9	0.7	0.7	1.2	1.5	0.8	0.9	1.0
Schotter	1.1	1.3	0.9	1.6	1.3	1.6	0.7	1.1	1.1	1.3	1.2	1.4	1.2	0.6	1.0	0.7	1.0	0.9	1.1	1.1	1.1	1.5	0.9	0.9	1.1
Schreibm	1.5	1.4	1.7	1.3	1.2	0.7	1.1	1.1	1.8	1.5	0.9	0.9	1.2	0.6	0.9	1.0	1.1	0.8	1.1	1.1	0.6	0.7	0.6	0.9	1.1
Schmied	1.3	1.9	1.5	1.7	1.6	1.0	0.9	0.9	1.7	1.4	0.4	0.7	1.1	1.1	0.6	0.7	0.7	0.9	1.0	1.4	1.0	1.3	0.8	0.9	1.1
Tesa	1.5	1.3	1.3	1.1	1.3	1.4	0.8	1.0	1.9	1.5	1.1	1.2	1.1	1.0	0.9	1.1	1.2	1.1	0.9	1.3	1.1	1.6	0.9	0.7	1.1
Typhon	1.5	1.4	1.0	1.6	1.3	1.0	1.1	1.5	1.7	1.4	1.2	1.4	1.5	1.3	0.5	0.2	1.2	1.4	1.5	1.3	1.4	1.8	1.1	1.8	1.3
Verkehr	0.9	1.3	1.6	1.1	1.0	1.3	1.2	1.2	1.6	1.6	0.8	1.0	1.2	0.9	0.6	1.2	0.8	0.9	1.1	1.0	0.8	1.5	0.8	1.3	1.1
Wasserf	1.3	1.7	1.8	1.2	0.8	1.3	1.1	1.2	2.0	1.4	0.9	1.1	1.6	1.0	0.6	0.9	1.5	1.2	1.3	1.2	1.4	1.5	1.3	1.1	1.2
Wespe	1.6	1.3	1.1	1.8	1.1	1.0	1.4	1.2	1.0	1.1	0.9	1.4	1.4	1.3	1.1	1.2	1.6	1.6	1.4	1.7	1.2	1.7	1.4	1.4	1.3
Wind	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.2	1.3	1.4	1.8	1.5	1.0	0.9	1.2	1.3	0.9	0.8	1.4	1.5	1.4	1.3	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2
Zahnarzt	1.2	1.9	1.4	1.5	1.1	1.5	0.8	1.1	1.5	1.7	1.2	1.2	1.2	0.6	0.9	1.0	0.4	0.5	0.5	0.5	1.4	1.7	0.6	1.1	1.1
Mittel	1.2	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0	1.2	1.5	1.4	0.9	1.2	1.1	0.9	0.9	1.0	1.1	1.0	1.1	1.1	1.1	1.4	0.9	1.0	1.1
Max	1.6	2.1	1.8	1.9	1.6	1.6	1.4	1.8	2.0	1.8	1.3	1.6	1.6	1.4	1.3	1.4	1.8	1.6	1.5	1.7	1.6	1.9	1.4	1.8	1.3
Min	0.5	1.0	0.9	0.7	0.7	0.5	0.5	0.8	0.8	0.6	0.4	0.7	0.7	0.3	0.2	0.2	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.5	0.4	1.0

Anhang J : Matrix der Δk -Werte

gerausch	harm	chara	komp	reich	rauh	kratz	aufre	nah	dynal	schw	meta	rund	schar	kreis	laut	kraef	erwu	ange	beha	schoe	klar	deutl	hoch	dump	häuf
brunnen	0.66	0.65	0.78	0.60	0.60	0.46	0.52	0.57	0.51	0.58	0.59	0.64	0.53	0.44	0.40	0.39	0.51	0.49	0.58	0.58	0.56	0.81	0.55	0.73	0.22
dose	0.42	0.70	0.56	0.64	0.63	0.40	0.30	0.44	0.55	0.59	0.34	0.31	0.53	0.38	0.32	0.44	0.45	0.36	0.50	0.55	0.34	0.71	0.40	0.41	0.28
glas	0.46	0.69	0.71	0.69	0.47	0.44	0.55	0.61	0.65	0.55	0.38	0.74	0.36	0.52	0.51	0.49	0.44	0.41	0.48	0.38	0.26	0.48	0.34	0.23	0.28
glocke	0.36	0.49	0.61	0.69	0.45	0.44	0.55	0.59	0.59	0.53	0.35	0.49	0.43	0.52	0.30	0.35	0.60	0.44	0.58	0.45	0.59	0.50	0.49	0.38	0.43
gloeckchen	0.47	0.68	0.70	0.43	0.60	0.48	0.47	0.40	0.73	0.69	0.28	0.64	0.40	0.66	0.59	0.59	0.40	0.46	0.58	0.50	0.28	0.35	0.24	0.44	0.38
halle	0.62	0.69	0.56	0.53	0.60	0.44	0.52	0.84	0.88	0.78	0.41	0.58	0.48	0.35	0.50	0.43	0.64	0.43	0.59	0.38	0.50	0.71	0.39	0.58	0.40
hammer	0.49	0.63	0.73	0.32	0.34	0.24	0.28	0.62	0.64	0.85	0.21	0.73	0.31	0.48	0.60	0.60	0.53	0.37	0.36	0.43	0.54	0.81	0.34	0.17	0.24
hertha	0.53	0.96	0.81	0.31	0.49	0.52	0.22	0.68	0.81	0.75	0.44	0.51	0.69	0.36	0.10	0.28	0.85	0.64	0.46	0.53	0.42	0.86	0.64	0.50	0.34
hufen	0.58	0.54	0.75	0.60	0.47	0.36	0.31	0.37	0.37	0.64	0.60	0.73	0.50	0.35	0.34	0.44	0.49	0.44	0.51	0.40	0.44	0.69	0.40	0.44	0.21
kinder	0.51	0.59	0.45	0.58	0.42	0.51	0.47	0.52	0.67	0.66	0.26	0.57	0.40	0.32	0.50	0.48	0.60	0.47	0.61	0.49	0.51	0.73	0.33	0.51	0.28
klang	0.24	0.53	0.73	0.88	0.56	0.48	0.57	0.50	0.76	0.75	0.52	0.51	0.49	0.51	0.44	0.54	0.59	0.43	0.53	0.41	0.46	0.58	0.52	0.32	0.28
luefter	0.52	0.78	0.69	0.47	0.62	0.43	0.62	0.71	0.47	0.26	0.48	0.47	0.51	0.57	0.52	0.67	0.48	0.37	0.51	0.53	0.44	0.52	0.44	0.51	0.56
meer	0.60	0.45	0.62	0.55	0.64	0.76	0.59	0.69	0.90	0.78	0.54	0.44	0.50	0.47	0.43	0.67	0.38	0.44	0.40	0.44	0.58	0.63	0.59	0.46	0.00
pressluft	0.46	0.62	0.63	0.54	0.49	0.31	0.31	0.37	0.76	0.73	0.38	0.46	0.46	0.34	0.58	0.51	0.23	0.40	0.29	0.35	0.73	0.88	0.51	0.46	0.18
saege	0.53	0.88	0.73	0.74	0.48	0.32	0.24	0.57	0.87	0.73	0.31	0.66	0.44	0.15	0.17	0.28	0.24	0.44	0.34	0.34	0.55	0.72	0.37	0.43	0.26
schotter	0.53	0.62	0.40	0.73	0.62	0.74	0.34	0.51	0.50	0.62	0.54	0.67	0.55	0.27	0.44	0.34	0.45	0.44	0.51	0.51	0.49	0.69	0.40	0.41	0.41
schreibm	0.71	0.67	0.80	0.60	0.56	0.34	0.51	0.51	0.86	0.69	0.44	0.42	0.58	0.28	0.40	0.46	0.50	0.39	0.53	0.51	0.30	0.32	0.30	0.43	0.34
schmied	0.60	0.90	0.70	0.77	0.77	0.49	0.44	0.42	0.81	0.67	0.21	0.34	0.51	0.51	0.28	0.34	0.34	0.41	0.46	0.66	0.47	0.60	0.38	0.42	0.23
tesa	0.68	0.61	0.60	0.52	0.61	0.64	0.36	0.47	0.88	0.72	0.51	0.54	0.49	0.47	0.44	0.51	0.56	0.49	0.44	0.59	0.50	0.74	0.40	0.31	0.36
typhon	0.69	0.63	0.48	0.77	0.60	0.46	0.52	0.69	0.79	0.65	0.54	0.64	0.72	0.60	0.24	0.10	0.57	0.65	0.70	0.62	0.63	0.83	0.52	0.82	0.23
verkehr	0.44	0.61	0.76	0.50	0.49	0.59	0.56	0.55	0.74	0.75	0.35	0.49	0.56	0.43	0.28	0.56	0.38	0.41	0.53	0.46	0.36	0.70	0.39	0.61	0.10
wasserf	0.59	0.78	0.84	0.54	0.37	0.62	0.53	0.54	0.94	0.64	0.40	0.49	0.74	0.47	0.30	0.40	0.69	0.55	0.60	0.56	0.63	0.69	0.60	0.51	0.28
wespe	0.77	0.60	0.50	0.85	0.52	0.48	0.66	0.56	0.46	0.49	0.44	0.67	0.63	0.62	0.51	0.54	0.75	0.74	0.64	0.80	0.58	0.79	0.66	0.65	0.33
wind	0.56	0.62	0.67	0.65	0.71	0.57	0.59	0.67	0.82	0.70	0.47	0.40	0.54	0.62	0.44	0.39	0.63	0.71	0.67	0.59	0.51	0.53	0.52	0.55	0.35
zahnarzt	0.58	0.88	0.64	0.69	0.51	0.69	0.37	0.50	0.69	0.78	0.57	0.58	0.54	0.28	0.42	0.48	0.21	0.23	0.23	0.23	0.63	0.80	0.27	0.50	0.28

Anhang K : 3-D-Plot der Faktorladungen

Quadrierte Faktorladungen



Anhang L : Tabelle der psychoakustischen Parameter

Geräu	Lm	L4	L25	L50	L75	L90	LAm	LA4	LA25	LA50	LA75	LA90	Ln	Ln4	Ln25	Ln50	Ln75	Ln90	Nm	N4	N25	N50	N75	N90
brunn	90.6	99.8	84.6	71.2	65.5	63.8	69.6	77.2	64.0	48.6	46.2	45.4	90.0	96.3	84.4	69.9	67.0	66.1	32.0	49.5	21.7	8.0	6.6	6.1
dose	77.4	83.9	78.9	74.2	69.0	20.0	77.4	83.5	78.8	74.4	68.7	20.0	93.0	97.8	93.4	89.1	83.5	20.0	39.5	54.8	40.4	30.0	20.4	0.0
glas	66.0	74.7	58.2	46.9	43.5	42.9	66.4	75.3	58.7	45.4	35.6	27.2	78.8	84.1	64.5	52.0	43.9	37.2	14.7	21.3	5.5	2.3	1.3	0.8
gloc	83.6	87.4	85.2	83.5	79.0	77.5	82.9	87.0	85.0	82.5	77.0	74.6	95.2	98.5	96.6	94.2	89.8	88.3	46.0	57.9	50.7	42.8	31.5	28.5
gloe	62.7	69.6	53.8	44.4	43.9	43.8	62.4	70.1	54.2	37.8	30.7	29.9	74.9	81.2	59.3	49.2	45.0	43.3	11.2	17.4	3.8	1.9	1.4	1.3
hall	74.9	76.7	75.7	74.8	73.8	73.1	72.0	74.9	72.8	71.6	70.3	69.1	88.8	91.3	89.1	88.0	87.1	86.5	29.5	34.9	30.1	27.8	26.1	25.1
hamm	73.7	74.8	55.2	52.3	50.4	48.2	64.3	60.0	34.9	33.8	33.4	33.1	80.2	78.3	52.4	50.7	50.0	49.4	16.3	14.3	2.4	2.1	2.0	1.9
hert	91.8	92.9	92.4	91.9	91.5	91.1	91.6	92.7	92.1	91.7	91.3	90.9	104.7	105.7	105.2	104.8	104.3	103.7	88.8	95.0	91.6	89.0	86.4	82.9
hufe	77.1	83.4	77.3	74.7	71.6	69.7	75.6	82.2	76.0	71.3	66.3	62.1	90.8	96.2	90.6	87.1	83.5	80.1	33.8	49.2	33.4	26.2	20.4	16.1
kind	69.2	73.4	70.3	68.2	66.5	64.7	68.6	73.4	69.6	67.1	64.5	61.2	80.4	82.2	79.9	78.8	77.2	75.6	16.4	18.7	15.9	14.7	13.2	11.8
klan	75.3	81.2	76.3	72.2	69.5	65.0	74.5	80.9	75.6	70.8	67.9	62.5	85.3	89.8	85.3	81.5	78.0	75.0	23.1	31.6	23.1	17.8	13.9	11.3
luef	71.7	72.9	72.3	72.0	71.6	70.6	69.8	70.7	70.4	70.1	69.6	69.1	86.1	86.8	86.4	86.3	85.9	85.3	24.4	25.6	25.0	24.7	24.0	23.1
meer	74.9	78.4	76.5	74.1	71.5	70.3	73.3	76.7	74.6	72.4	69.9	68.5	90.7	93.7	92.1	89.8	87.3	86.2	33.6	41.5	37.0	31.5	26.5	24.6
pres	86.8	89.9	89.3	88.6	50.5	49.1	83.6	86.6	86.1	85.4	34.8	31.4	92.4	95.0	94.5	94.1	51.2	46.3	37.7	45.3	43.9	42.6	2.2	1.6
saeg	86.2	88.4	87.0	86.1	85.1	84.5	85.9	87.7	86.8	85.7	84.8	84.1	99.1	100.3	99.6	98.9	98.2	97.7	60.0	65.5	62.2	59.3	56.5	54.6
scho	69.5	74.4	70.3	67.8	65.9	64.0	62.1	67.7	62.4	60.4	56.7	54.1	80.8	84.5	80.9	78.7	75.9	73.8	16.9	21.8	17.0	14.6	12.1	10.4
schr	74.4	81.0	74.0	68.5	63.6	57.8	73.6	80.8	72.8	65.3	58.1	51.5	88.8	94.3	87.6	82.3	77.2	70.3	29.4	43.1	27.0	18.8	13.2	8.2
smie	77.2	86.6	57.3	52.6	20.0	20.0	78.1	87.5	54.0	31.6	20.0	20.0	91.1	98.6	63.4	46.6	20.0	20.0	34.5	58.4	5.1	1.6	0.0	0.0
tesa	75.1	84.0	56.4	44.3	20.0	20.0	74.2	83.1	56.1	32.8	20.0	20.0	89.8	97.4	72.8	48.4	20.0	20.0	31.6	53.6	9.7	1.8	0.0	0.0
typh	93.0	96.3	95.7	94.9	73.3	70.7	85.6	88.9	88.3	87.4	62.9	58.4	100.5	103.4	102.8	102.2	80.5	76.5	66.4	81.0	77.9	74.7	16.6	12.5
verk	81.9	84.5	82.8	81.7	80.6	78.9	73.5	75.6	74.4	73.4	72.8	71.7	91.4	93.4	92.1	91.2	90.7	89.8	35.4	40.4	37.0	34.8	33.5	31.5
wass	84.1	85.6	84.9	84.1	83.7	83.0	81.7	82.9	82.2	81.9	81.5	81.0	98.7	99.6	99.1	98.6	98.4	97.8	58.3	62.2	60.2	58.3	57.3	54.9
wesp	74.2	81.7	72.7	67.2	64.9	62.5	65.9	74.1	63.9	56.8	51.9	46.7	82.5	89.8	81.0	74.1	71.0	65.9	19.0	31.6	17.2	10.7	8.6	6.0
wind	67.7	70.4	68.7	67.5	66.1	64.2	62.4	65.8	64.0	61.9	59.1	57.2	76.2	78.6	77.2	76.2	74.2	72.8	12.3	14.5	13.2	12.3	10.8	9.8
zahn	82.2	85.5	82.9	82.0	80.1	77.8	82.0	85.3	82.8	81.8	79.9	77.8	94.5	96.3	95.1	94.4	93.4	91.2	43.8	49.6	45.6	43.6	40.4	34.8

Geräu	Sm	S4	S25	S50	S75	S90	R4	R25	R50	R75	R90	Rmittel	T2N4	T2N25	T2N50	T2N75	T2N90	T2Nmitt
brunn	3.1	4.2	2.5	2.2	2.1	2.0	0.279	0.133	0.052	0.026	0.021	0.089	7.0	4.9	0.0	0.0	0.0	2.0
dose	4.8	6.0	5.0	4.4	3.7	0.0	.	.	.	.	.	.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
glas	4.1	4.2	2.5	2.1	2.0	1.9	1.280	0.156	0.065	0.023	0.000	0.248	40.8	27.7	16.4	7.9	1.6	18.6
gloc	2.4	2.8	2.5	2.1	1.8	1.6	0.090	0.069	0.053	0.043	0.032	0.055	17.4	14.7	13.0	10.9	8.8	12.7
gloe	4.7	5.2	4.0	3.2	2.9	2.8	0.351	0.003	0.001	0.000	0.000	0.097	57.0	38.9	23.1	2.2	0.0	23.3
hall	2.6	3.1	2.6	2.4	2.3	2.2	0.080	0.051	0.038	0.030	0.025	0.043	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
hamm	1.6	2.4	2.4	2.3	2.1	1.5	.	.	.	.	.	.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
hert	4.5	5.0	4.7	4.5	4.3	4.2	0.377	0.185	0.122	0.093	0.066	0.160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
hufe	3.3	4.1	3.2	2.8	2.6	2.2	6.136	3.513	1.907	0.437	0.292	2.159	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
kind	2.4	2.7	2.5	2.3	2.2	2.0	0.236	0.128	0.085	0.064	0.053	0.160	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
klan	1.5	1.7	1.3	1.2	1.1	1.1	0.051	0.039	0.031	0.027	0.024	0.118	21.3	20.6	19.1	17.8	16.9	19.2
luef	2.3	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2	0.040	0.032	0.025	0.022	0.017	0.026	13.5	12.2	11.6	10.9	10.0	11.5
meer	3.6	3.9	3.7	3.5	3.4	3.2	0.094	0.058	0.043	0.032	0.027	0.047	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
pres	8.3	9.1	8.9	8.7	3.2	2.4	0.099	0.034	0.022	0.006	0.001	0.030	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
saeg	7.6	8.5	7.9	7.7	7.3	7.0	0.080	0.054	0.043	0.033	0.025	0.045	10.9	7.6	5.3	3.5	2.3	5.6
scho	2.7	3.2	2.8	2.6	2.4	2.0	2.486	1.032	0.462	0.197	0.101	0.731	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
schr	5.8	7.3	5.8	4.7	3.5	2.8	6.146	3.281	0.539	0.072	0.042	1.848	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
smie	4.9	6.1	2.6	1.9	0.0	0.0	.	.	.	.	.	.	37.0	18.8	9.0	0.0	0.0	11.5
tesa	5.2	6.6	4.6	2.5	0.0	0.0	0.052	0.033	0.008	0.001	0.000	0.019	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
typh	2.5	2.9	2.7	2.6	1.5	1.5	0.225	0.139	0.104	0.037	0.017	0.110	9.5	7.6	6.5	4.6	3.1	6.0
verk	2.8	3.1	2.8	2.7	2.7	2.6	0.124	0.083	0.069	0.046	0.038	0.069	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
wass	4.1	4.2	4.2	4.1	4.1	4.0	0.102	0.070	0.054	0.041	0.032	0.056	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
wesp	1.6	1.8	1.6	1.6	1.5	1.4	0.221	0.104	0.036	0.025	0.018	0.071	11.8	2.8	0.0	0.0	0.0	2.1
wind	1.4	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	0.058	0.034	0.023	0.012	0.010	0.025	8.1	4.7	2.3	0.0	0.0	2.9
zahn	7.0	8.0	7.2	6.9	6.2	5.3	0.179	0.099	0.084	0.062	0.043	0.090	7.1	1.2	0.0	0.0	0.0	1.1

Geräu	PR4	PR25	PR50	PR75	PR90	PRmitt	maxSST4	maxSST2	maxSST1	ΔL	ΔL_A	ΔL_N	ΔN	ENTF	ENKO	ELN	EKLN
brunn	7.8	6.5	4.7	0.0	0.0	3.4	0.68	1.37	2.24	19.1	17.8	17.4	15.1	10	10	2.3	2.3
dose	11.9	8.1	6.7	4.5	0.0	6.1	0.68	2.71	3.02	9.9	10.1	9.9	20.1	1.3	1.3	0.26	0.26
glas	33.0	30.5	27.8	21.0	14.6	24.7	0.63	1.27	2.58	14.7	23.1	20.7	4.2	0.6	0.6	-0.51	-0.51
gloc	21.5	18.8	17.5	16.1	14.5	17.4	1.29	1.24	2.06	6.3	8.0	6.8	19.2	60	60	4.09	4.09
gloe	35.8	31.2	21.0	4.9	3.1	18.8	0.65	2.52	2.71	9.9	23.5	14.3	2.4	1	1	0	0
hall	11.2	8.2	7.5	1.2	0.0	6.0	0.68	0.79	1.24	1.9	2.6	2.1	4.1	10	10	2.3	2.3
hamm	4.5	3.9	3.6	3.2	0.7	3.2	0.68	2.99	2.89	4.9	1.5	2.4	0.4	0.01	0.01	-4.61	-4.61
hert	8.1	6.8	6.0	0.0	0.0	4.4	1.47	0.94	0.99	0.9	0.8	0.9	5.2	100	100	4.61	4.61
hufe	9.2	7.3	5.6	0.0	0.0	4.6	3.01	3.02	2.99	5.8	9.7	7.1	13.0	5	1.25	1.61	0.22
kind	22.1	15.8	11.5	8.9	7.3	12.6	0.62	2.48	2.28	3.8	5.1	2.7	2.7	10	10	2.3	2.3
klan	33.3	32.5	31.0	29.3	28.7	30.9	2.17	1.7	1.49	6.8	7.8	7.3	9.2	0.6	0.6	-0.51	-0.51
luef	12.3	11.5	10.9	10.4	10.0	10.9	1.1	0.88	0.82	0.8	0.8	0.6	0.9	3	3	1.1	1.1
meer	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.46	0.86	1.1	5.0	4.7	4.8	10.5	5	5	1.61	1.61
pres	9.1	8.3	6.9	0.0	0.0	5.0	0.68	2.39	2.39	38.8	51.3	43.4	41.7	0.5	0.5	-0.69	-0.69
saeg	14.0	12.1	11.4	10.7	10.1	11.4	0.37	0.56	0.88	1.9	2.0	1.3	5.7	2	2	0.69	0.69
scho	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.14	2.86	2.76	4.5	5.7	4.9	4.9	2.5	2.5	0.92	0.92
schr	9.2	7.8	5.3	0.0	0.0	4.3	2.88	3.01	3.02	10.4	14.7	10.4	13.9	0.5	1	-0.69	0
smie	19.9	12.8	8.5	0.0	0.0	7.8	0.68	1.37	1.37	37.3	34.0	43.4	5.1	2	2	0.69	0.69
tesa	9.4	7.4	2.8	0.0	0.0	3.7	1.02	2.35	2.36	36.4	36.1	52.8	9.7	0.5	0.5	-0.69	-0.69
typh	10.2	8.3	6.8	4.7	0.0	5.9	0.68	1.33	2.33	22.5	25.4	22.3	61.3	250	250	5.52	5.52
verk	8.2	6.2	0.0	0.0	0.0	2.6	1.44	1.25	1.02	2.2	1.6	1.4	3.5	5	5	1.61	1.61
wass	6.0	5.5	5.2	4.4	1.3	4.5	1.16	0.99	1.01	1.2	0.8	0.7	2.9	2	4	0.69	1.39
wesp	18.4	12.5	5.6	0.0	0.0	7.0	0.68	2.24	2.43	7.8	12.0	10.1	8.6	0.01	0.01	-4.61	-4.61
wind	12.2	9.2	8.1	6.7	5.8	8.1	0.97	1.53	1.28	2.6	4.9	3.0	2.5	5	5	1.61	1.61
zahn	24.1	21.8	20.5	18.7	13.2	19.4	1.42	1.32	1.22	2.9	2.9	1.8	5.2	2	2	0.69	0.69

Anhang M : Aufnahmeprotokoll

Titel: _____

Datum: _____

Ort: _____

Uhrzeit: _____

Skizze:

Geräteeinstellungen

1. DAT-Recorder:

Samplefrequenz: 48 kHz/44,1 kHz/32 kHz

Rec. Mode: Manual

Input: LINE IN

Rec. Level: _____

Uhrzeit gestellt: ja/nein

2. Kunstkopf

Level (dB): _____

Cal-Level: _____

Filter: HP1/HP2 Equalizer: Lin/FF/ID

Pegel Display: Lin: _____

A: _____

Aufnahmebedingungen

Innen/Außen

Wetter: _____

Nebengeräusche: _____

Kopfhöhe: _____

Kopfneigung: _____

Hindernisse: _____

Quellhöhe: _____

Start-ID's

Sonstiges

Anhang N : Fragebogen zum Hörversuch

Versuchsperson: _____

Teil: _____

Geräuschbeschreibung	Angabe zur Vertrautheit (Hörhäufigkeit)
Brunnen	nie selten regelmäßig häufig
Dose	nie selten regelmäßig häufig
Weinglas	nie selten regelmäßig häufig
Glocken	nie selten regelmäßig häufig
Glöckchen	nie selten regelmäßig häufig
Wartehalle	nie selten regelmäßig häufig
Gummihammer	nie selten regelmäßig häufig
Fußballstadion	nie selten regelmäßig häufig
Pferde	nie selten regelmäßig häufig
Kinder	nie selten regelmäßig häufig
Klangschale	nie selten regelmäßig häufig
Lüfter	nie selten regelmäßig häufig
Meer	nie selten regelmäßig häufig
Preßluft	nie selten regelmäßig häufig
Kreissäge	nie selten regelmäßig häufig
Schotterweg	nie selten regelmäßig häufig
Schreibmaschine	nie selten regelmäßig häufig
Schmiedehammer	nie selten regelmäßig häufig
Tesafilm	nie selten regelmäßig häufig
Schiffshupe	nie selten regelmäßig häufig
Verkehrslärm	nie selten regelmäßig häufig
Wasserfall	nie selten regelmäßig häufig
Wespe	nie selten regelmäßig häufig
Windgeheul	nie selten regelmäßig häufig
Zahnarztbohrer	nie selten regelmäßig häufig

Allgemeine Aussagen zum Hörversuch / zur Person:

Konzentrationsfähigkeit: _____

Stimmung/Gefühl während des Versuchs: _____

Schulbildung/Student/ausgeübter Beruf?: _____

Geschulter Hörer?: _____ Geschlecht: m/w Musiker?: ja/nein