

Abschlußbericht

Entwicklung eines „Hörbildverfahrens“ zur praxisgerechten Überprüfung und Optimierung von Hörgeräten mit alltagsnahen Hörsituationen

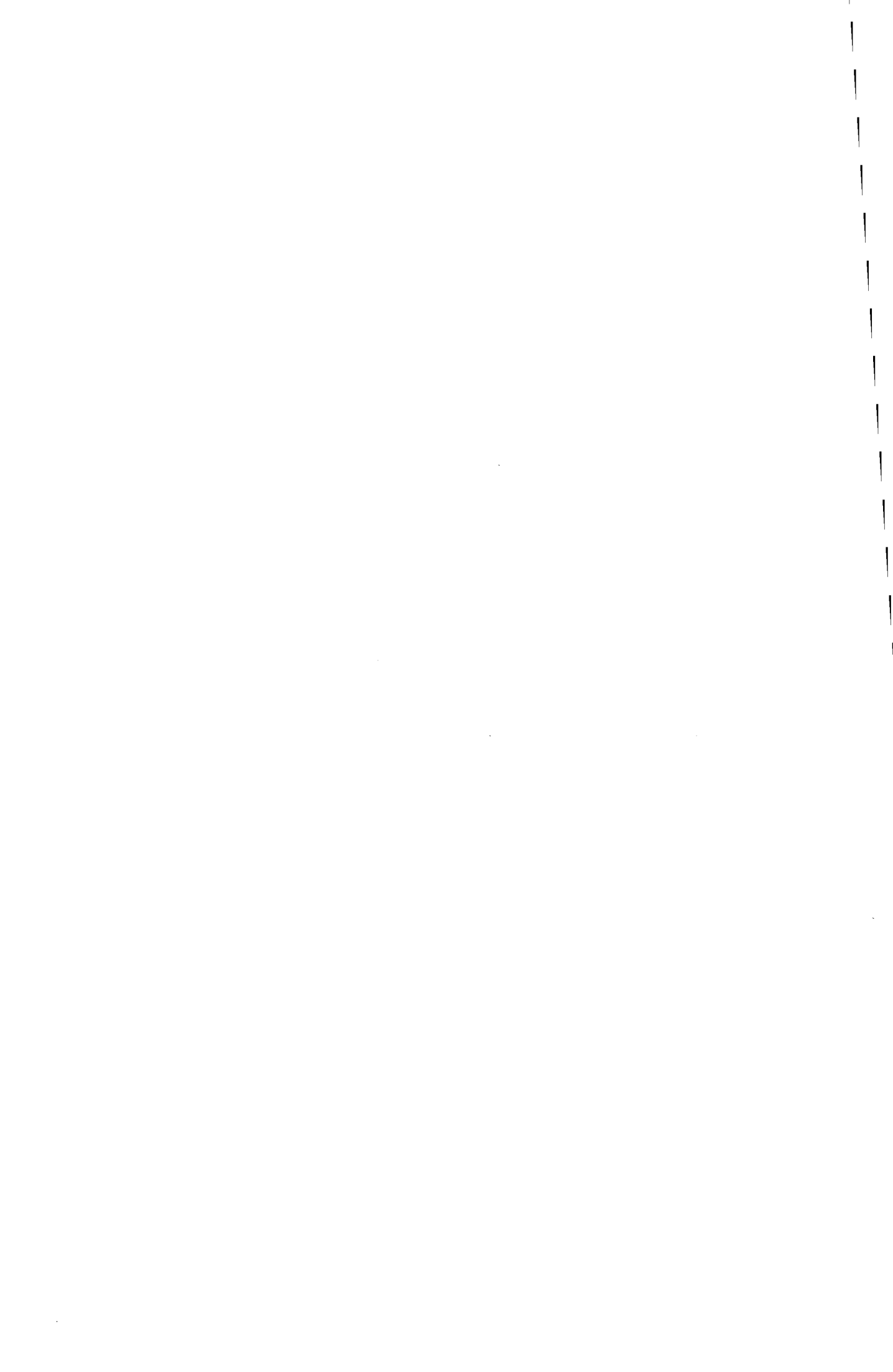
Projektpartner: Universität Würzburg, Psychologisches Institut,
Lehrstuhl III

Förderkennzeichen: 01 VJ 93095

Projektpartner: GEERS Hörakustik, Dortmund

Förderkennzeichen: 01 VJ 94080

Laufzeit: 01.01.1995 - 31.12.1996



Inhaltsverzeichnis

EINLEITUNG	1
1 KONZEPTION EINES HÖRGERÄTEANPAßKONZEPTES	5
1.1 LITERATUR	6
2 KONZEPTION UND ENTWICKLUNG DES HÖRBILDVERFAHRENS	9
3 TECHNIK	13
3.1 AUFNAHMETECHNIK	13
3.1.1 <i>Aufnahmen der Klangbilder im Alltag</i>	13
3.1.2 <i>Aufnahme der Sprachklangbilder im Tonstudio</i>	16
3.2 DARBIETUNGSTECHNIK UND MEßPLATZ	17
3.2.1 <i>Hörtestbedingungen</i>	17
3.2.2 <i>Messungen an Hörgeräten</i>	19
3.3 SIGNALANALYSE	21
3.3.1 <i>Überblick</i>	21
3.3.2 <i>Wahl der Parameter für die Signalanalyse-Algorithmen</i>	22
3.3.3 <i>Auswertung des Kurzzeiteffektivwertes</i>	26
3.4 LITERATUR	30
4 MATERIAL	33
4.1 EIGENSCHAFTEN DER KLANGBILDER OHNE SPRACHE	33
4.2 EIGENSCHAFTEN DER KLANGBILDER MIT SPRACHE	37
4.3 LITERATUR	39
5 DARBIETUNGSMETHODIK - URTEILSSTABILISIERUNG DURCH ZUSÄTZLICHE VISUELLE INFORMATION ÜBER DIE KLANGBILDSITUATION	41
5.1 BEZUG AUF DIE LITERATUR: KONSTANZ UND URTEIL - E. SCHRÖGER (1991)	42
5.2 VISUELLE INFORMATION ÜBER DIE SCHALLQUELLENENTFERNUNG DURCH DIAPROJEKTION	46
5.2.1 <i>Material</i>	47
5.2.2 <i>Versuchsraum, Apparatur und Kalibrierung</i>	48
5.2.3 <i>Versuchsplan</i>	48
5.2.4 <i>Instruktion</i>	49
5.2.5 <i>Ergebnisse</i>	49
5.2.6 <i>Zusammenfassung und Diskussion</i>	53
5.3 VISUELLE INFORMATION ÜBER DIE SCHALLQUELLENENTFERNUNG DURCH FOTOS	54
5.3.1 <i>Material</i>	54
5.3.2 <i>Apparatur und Versuchsraum</i>	55
5.3.3 <i>Versuchsplan</i>	55
5.3.4 <i>Ergebnisse</i>	55
5.4 ZUSAMMENFASSUNG	58
5.5 LITERATUR	59
6 SKALIERUNGSMETHODIK	61
6.1 ZUR SIMULTANEN SKALIERUNG MEHRERER KLANGEIGENSCHAFTEN	61
6.1.1 <i>Bisherige Forschungsergebnisse</i>	62
6.1.2 <i>Zielsetzung der Explorationsstudie</i>	64

Inhaltsverzeichnis

6.1.3	Versuchsapparatur.....	64
6.1.4	Versuchsmaterial.....	65
6.1.5	Skalen.....	65
6.1.6	Versuchsdurchführung.....	70
6.1.7	Auswertung.....	70
6.1.7.1	Clusteranalyse des Skalierungsverhaltens der Probanden.....	71
6.1.7.2	Deskriptive Statistiken für die einzelnen Dimensionen.....	74
6.1.7.3	Zur Psychophysik der Dimensionen.....	78
6.1.7.4	Optimale Dimensionszahl zur Unterscheidung der 27 Klangvarianten.....	84
6.1.8	Zusammenfassung.....	88
6.2	SKALENENTWICKLUNG.....	89
6.2.1	Quantifizierung von Ausprägungsbezeichnungen.....	89
6.2.1.1	Experimenteller Ansatz.....	91
6.2.1.2	Bezeichnungsliste.....	91
6.2.1.3	Dumpfheitsserie.....	92
6.2.1.4	Versuchsdurchführung.....	92
6.2.1.4.1	Phase 1: Psychometrische Funktionen.....	92
6.2.1.4.2	Phase 2: Orientierte Kategorienskalisierung der Dumpfheitsserie.....	93
6.2.1.5	Ergebnisse.....	94
6.2.1.5.1	Dumpfheitsfunktion.....	94
6.2.1.5.2	Quantorenanalyse.....	95
6.3	DIMENSIONSANALYSE UND SKALENPRÜFUNG.....	99
6.3.1	Theoretischer und methodischer Ansatz der Untersuchungsreihe zur Dimensionsanalyse und Skalenentwicklung.....	99
6.3.1.1	Entwicklungsziele.....	101
6.3.1.2	Methodischer Ansatz.....	101
6.3.1.3	Zur Theorie der Klang(farben)wahrnehmung des Schwerhörigen.....	103
6.3.1.3.1	Klang und Klangfehler.....	103
6.3.1.3.2	Das Konzept des Bezugssystems.....	104
6.3.1.3.3	Ausprägungsstellen und Ausprägungsidentitäten.....	105
6.3.1.3.4	Bezugssystemtheoretischer Status der Klangwahrnehmung des Schwerhörigen.....	106
6.3.2	Dimensionsanalyse.....	111
6.3.2.1	Reizmaterial, Modifikationstechnik und Steigerungsreihen.....	112
6.3.2.1.1	Original-Hörbilder.....	112
6.3.2.1.2	Spektrale Modifikationen.....	115
6.3.2.1.3	Dynamische Modifikationen.....	117
6.3.2.1.4	Pegelvarianten.....	119
6.3.2.1.5	Verzerrungsvarianten.....	120
6.3.2.1.6	Verrauschungsvarianten.....	120
6.3.2.1.7	Pegelstatistische Darstellung der Hörbildvarianten.....	121
6.3.2.2	Darbietungstechnik.....	121
6.3.2.3	Durchführung der Versuchsreihe, Aufgabe des Probanden.....	122
6.3.2.4	Ergebnisse.....	125
6.3.3	Kategorienskalisierung von Hörbildvarianten I.....	136
6.3.3.1	Eigenschaftsinventar.....	137
6.3.3.2	Ausprägungsskala.....	139
6.3.3.3	Durchführung der Versuche.....	140

Inhaltsverzeichnis

6.3.3.4 Ergebnisse	142
6.3.3.4.1 Einstufungsstreuungen	147
6.3.3.4.2 Streuungsunterschiede zwischen Eigenschaften	155
6.3.4 Kategorienskalisierung von Hörbildvarianten II	159
6.3.4.1 Eigenschaftsinventar und Ausprägungsskalen	159
6.3.4.2 Variation des Reizkontexts	160
6.3.4.3 Reizmaterial, Reizreihenfolge und Darbietungsart	161
6.3.4.4 Aufgabe des Probanden	163
6.3.4.5 Ergebnisse	165
6.3.4.5.1 Psychophysikalische Profile	165
6.3.4.5.2 Kontextvariation	167
6.3.4.5.3 Einstufungsstreuungen	170
6.3.5 Zusammenfassung	172
6.4 LITERATUR	174
7 INTEGRATION VON SPRACHVERSTÄNDLICHKEIT IN DAS VERFAHREN	177
7.1 ERGEBNISSE ANDERER FORSCHUNGSGRUPPEN	178
7.1.1 SPEAKS, PARKER, HARRIS AND KUHL (1972): <i>Intelligibility of connected discourse</i>	178
7.1.2 COX and MCDANIEL (1984): <i>Intelligibility ratings of continuous discourse: Application to hearing aid selection</i>	179
7.1.3 WESSELKAMP und KOLLMEIER (1993): <i>Vergleich von gemessener und subjektiv skaliertes Sprachverständlichkeit mit einem optimierten Satztest</i>	180
7.1.4 SENDLMEIER (1993): <i>Sprachverarbeitung bei pathologischem Gehör</i>	181
7.1.5 Zusammenfassende Betrachtung	183
7.2 DIE ENTWICKLUNG EINES NEUEN ANSATZES	184
7.2.1 Übersicht über die vorbereitenden Untersuchungen	185
7.2.1.1 Versuchsplan und Methodik der Explorationsuntersuchung	186
7.2.1.1.1 Probanden	186
7.2.1.1.2 Unabhängige Variablen	186
7.2.1.1.3 Abhängige Variablen	188
7.2.1.1.4 Versuchsdesign	191
7.2.1.1.5 Versuchsraum und Darbietungstechnik	192
7.2.1.1.6 Versuchsablauf und Instruktion	193
7.2.1.1.7 Kalibrierung	193
7.2.1.2 Versuchsplan und Methodik zur Ermittlung eines spezifischen Übungseffekts	194
7.2.1.2.1 Unabhängige Variablen	194
7.2.1.2.2 Abhängige Variablen	194
7.2.1.2.3 Versuchsdesign	195
7.2.1.2.4 Versuchsanordnung	197
7.2.1.2.5 Versuchsablauf und Instruktion	197
7.2.1.3 Versuchsplan und Methodik der Herstellung von vorgegebenen Verständlichkeiten	197
7.2.1.3.1 Unabhängige und abhängige Variablen	198
7.2.1.3.2 Versuchsraum, Apparatur, Kalibrierung und Durchführung	198
7.2.2 Ermittlung der geeigneten Sprachverständlichkeitsskala	199
7.2.3 Zusammenhang zwischen Verständlichkeit und zum Verstehen notwendiger Anstrengung	204
7.2.4 Zusammenhang zwischen Übertragungsqualität, Sprachverständlichkeit und zum Verstehen notwendiger Anstrengung	205

Inhaltsverzeichnis

7.2.5 Übungseffekte bei einer Textwiederholung.....	207
7.2.6 Messung individueller Verständlichkeitsfunktionen einzelner Texte.....	212
7.2.7 Zusammenfassung.....	216
7.3 DIE REPRÄSENTATION DER KOMMUNIKATION IM ALLTAG DURCH DIALOGE IN UNTERSCHIEDLICHEN STÖRGERÄUSCHSITUATIONEN.....	217
7.3.1 Verständlichkeitsmessung für die Studioaufnahmen.....	218
7.3.1.1 Versuchsplan.....	219
7.3.1.2 Material und Kalibrierung.....	220
7.3.1.3 Ergebnisse.....	221
7.3.2 Abmischen der Sprachaufnahmen und der Störgeräusche.....	230
7.4 LITERATUR.....	231
8 FELDPHASE: HÖRGERÄTEANPASSUNG MIT DEM HÖRBILDVERFAHREN	233
8.1 UMSETZUNG DER ERGEBNISSE IN EIN PILOT-VERFAHREN ZUR HÖRGERÄTEANPASSUNG.....	233
8.1.1 Ausgangspunkt und Ziel.....	233
8.1.2 Probanden.....	234
8.1.3 Hörgerät.....	234
8.1.4 Hörbilder und Hördimensionen.....	234
8.1.5 Ablauf.....	235
8.2 METHODIK.....	235
8.2.1 Hörfeldaudiometrie.....	235
8.2.1.1 Prinzip und Zweck der Hörfeldaudiometrie.....	235
8.2.1.2 Lautheitsfunktion und Verstärkungsbedarf.....	236
8.2.1.3 Methodik der Hörfeldaudiometrie.....	238
8.2.1.3.1 Aufgabe des Probanden.....	238
8.2.1.3.2 Instruktion.....	239
8.2.1.3.2.1 Instruktionsschema.....	240
8.2.1.3.2.2 Instruktionsbeispiel.....	241
8.2.1.3.3 Testgeräusche.....	241
8.2.1.3.4 Wahl und Abfolge der Testgeräusche.....	241
8.2.1.3.5 Nachfragen von Einstufungen.....	242
8.2.1.4 Durchführung der Hörfeldaudiometrie in der Feldstudie.....	243
8.2.1.4.1 Vier Hörfeldversionen mit fester Testsignalabfolge.....	243
8.2.1.4.2 Kalibrierung der Apparatur.....	244
8.2.1.4.3 Formulare.....	244
8.2.1.4.4 Durchführung im Überblick.....	244
8.2.1.4.5 Auswertung.....	244
8.2.1.4.6 Einweisung der Hörgeräteakustiker in die Hörfeldaudiometrie.....	245
8.2.2 Hörbildverfahren.....	245
8.2.2.1 Dimensionen und Hörbilder des Anpaßverfahrens.....	245
8.2.2.1.1 Klangeigenschaften.....	246
8.2.2.1.2 Sprachverständlichkeitsbezogene Dimensionen.....	249
8.2.2.1.3 Verwendete Hörbilder und Darbietungsmodus.....	250
8.2.2.2 Struktur des Verfahrens.....	251
8.2.2.2.1 Phase 1 - Überprüfung der Grundeinstellung des Hörgeräts.....	251
8.2.2.2.2 Phase 2 - Optimierung der Hörgeräteeinstellung.....	252
8.2.2.2.2.1 Optimierung der Lautheit anhand der Verstärkungs- / Kompressionsparameter.....	252

Inhaltsverzeichnis

8.2.2.2.2 Optimierung des Klangs anhand der Verstärkungs- / Kompressions-parameter	252
8.2.2.2.3 Phase 3 - Überprüfung der Optimierung des Hörgeräts	254
8.2.2.3 Instruktionen	254
8.2.2.4 Training der Hörgeräteakustiker	255
8.2.3 Durchführung	256
8.3 AUSWERTUNG UND ERGEBNISSE	256
8.3.1 Hörfeldaudiometrie	256
8.3.1.1 Sondenmessungen und Lautheitsberechnungen	256
8.3.1.2 Kollektive Veränderung des Lautheitsgehörs im Anpassprozeß	262
8.3.2 Hörbildverfahren: Hörgeräteparameteroptimierung mit Hörbildeigenschaften	263
8.3.2.1 Veränderung der Verstärkung	263
8.3.2.2 Veränderung der Lautheit	264
8.3.2.3 Veränderung der Klangeigenschaften	266
8.3.2.4 Veränderung der Sprachverständlichkeit	269
8.4 DISKUSSION UND BEWERTUNG DES VERFAHRENSANSATZES	270
9 ZUSAMMENFASSUNG	271
9.1 AUFNAHMETECHNIK, DARBIETUNG UND SIGNALANALYSE	272
9.2 DARBIETUNGSMETHODIK	273
9.3 EXPLORATIONSUNTERSUCHUNG KLANGQUALITÄT	274
9.4 EXPLORATION SPRACHKLANGBILDER	274
9.5 VERFAHRESENTWICKLUNG	275
9.6 FELDSTUDIE	277

Anhang A

Anhang B

Anhang C

Anhang D

Anhang E

Einleitung

Einleitung

Die komplexer werdende Hörgerätetechnologie bietet immer bessere Möglichkeiten zur Anpassung der Verstärkungscharakteristik an den individuellen frequenzspezifischen Hörverlust. Mehrere weitgehend unabhängig einstellbare Kanäle, lineare Kompressionsalgorithmen mit wählbarem Kompressionsgrad oder Mikrofone, die zwischen Kugel- und Richtcharakteristik eingestellt werden können, sind nur einige Beispiele für die Vielzahl an technischen Verbesserungen, die in den letzten Jahren auf den Markt gebracht wurden. Die weitreichendsten Veränderungen dürften in Zukunft von den digitalen Hörgeräten ausgehen, die durch die flexibel programmierbare Signalverarbeitung sowohl eine komplexere frequenzspezifische Dynamikregelung erlauben als auch die Möglichkeit zur synchronen binauralen Versorgung, zur gezielten Störgeräuschunterdrückung und zur Akzentuierung ausgewählter Merkmale übertragener Sprache bieten. Im Moment sind die Möglichkeiten zwar noch durch niedrige Rechengeschwindigkeit und relativ hohen Stromverbrauch eingeschränkt, aber auch diese Probleme dürften in den nächsten Jahren überwunden werden.

Ohne eine differenzierte Analyse des individuellen Hörvermögens kann auch die modernste Hörgerätetechnik nicht effizient wirken. Nur wenn eindeutige Anpaßvorschriften und Anpaßtechniken existieren, kann der Hörgeräteakustiker die Vorteile der flexiblen Technik nutzen, und eine für den Kunden optimale Einstellung finden. Dies setzt ein psychoakustisches Methodeninventar voraus, das dem Hörgeräteakustiker die entscheidenden Informationen bereitstellt, die er zur Einstellung der Hörgeräteparameter benötigt. Die Verfahren sollten bei einfacher Anwendung und wenig Zeitbedarf präzise und zuverlässige Ergebnisse liefern. Im Verlauf des ersten Projektteils¹ an der Universität Würzburg wurden zwei Verfahren entwickelt, die diese Vorgaben erfüllen: Hörfeldaudiometrie mit dem Kategorienunterteilungsverfahren (HELLER 1982, 1985, 1991, 1995A, 1995B; BORETZKI, HELLER, KNOBLACH, FICHTL, STOCK & OPITZ 1994; BORETZKI, KNOBLACH, FICHTL, STOCK, MAY & HELLER 1996; FICHTL 1997) UND FREQUENZSPEZIFISCHE SPRACHAUDIOMETRIE (HELLER 1992; KNOBLACH 1992, 1996; STOCK, KNOBLACH & HELLER 1993, 1994).

Die Methode der Hörfeldaudiometrie basiert auf den Erkenntnissen der Bezugssystem- und Skalierungsforschung und es konnte gezeigt werden, daß sie eine valide und reliable Erfassung des individuellen monauralen frequenzspezifischen Hörverlustes erlaubt. Aus den Steigungen der Lautheitsfunktionen bei allen Meßfrequenzen können die Anzahl notwendiger Verstärkungskanäle und die entsprechenden Trennfrequenzen und die in jedem Kanal notwendige Dynamikanpassung abgeleitet werden. Diese Informationen sind für die Auswahl und Einstellung der geeigneten Hörgerätetypen entscheidend. Mit dem frequenzspezifischen Sprachverständlichkeitstest kann anschließend geprüft werden, ob die Relation der eingestellten Verstärkungen im tiefen und hohen Frequenzbereich eine optimale Erkennung von Vokalen und Frikativen erlaubt. Auch diese Evaluation der Hörgeräteeinstellung erfolgt monaural.

Primäres Ziel ist bei beiden Verfahren die Rehabilitation der frequenz- und pegelabhängigen Lautheitswahrnehmung (vgl. ASANO et al. 1991;). Daraus leitet sich die Anpaßvorschrift ab, einen vollständigen Lautheitsausgleich anzustreben, d.h. durch entsprechende Einstellung der Verstärkungscharakteristik bei allen Frequenzen die individuellen Lautheitsfunktionen den

¹ Fkz: 01VJ8903: „Entwicklung eines integrativen Verfahrens zur audiologischen Diagnostik, ausgerichtet auf die Prüfung und Bewertung technischer Hörhilfen für Hörgeschädigte“.

Einleitung

Normlautheitsfunktionen soweit wie möglich anzunähern. Ist ein Hörverlust mit Rekrutment verbunden, d.h. verlaufen die individuellen Lautheitsfunktionen steiler als die Normlautheitsfunktionen, muß die Verstärkung vom momentanen Eingangspegel abhängig gemacht werden: Ist der Eingangspegel gering, muß eine hohe Verstärkung gewählt werden, ist der Eingangspegel dagegen hoch, muß die Verstärkung niedrig sein oder es darf überhaupt nicht verstärkt werden. **Abbildung 0-1** zeigt ein Beispiel für eine Meßfrequenz. Der Grad des Rekrutments bei verschiedenen Frequenzen variiert teilweise erheblich.

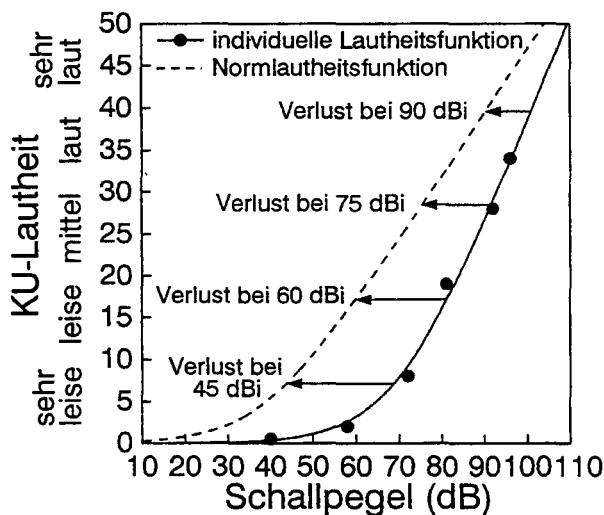


Abbildung 0-1: Individuelle Lautheitsfunktion (durchgezogene Linie) im Vergleich zur Normlautheitsfunktion (gestrichelte Linie). Die Marker (gefüllte Kreise) repräsentieren die einzelnen Lautheitsurteile, die der Pb zu den Meßgeräuschen abgegeben hat. Die horizontal eingetragenen Pfeile geben den Hörverlust bei verschiedenen Eingangspegeln an. In diesem Beispiel ist ein Rekrutment gegeben, was daran zu erkennen ist, daß der Hörverlust mit steigendem Eingangspegel sinkt.

Aufgrund der eingeschränkten technischen Möglichkeiten ist der vollständige Lautheitsausgleich nur für Hörsituationen adäquat, in denen keine Störgeräusche vorhanden sind. Soll ein Hörgerät auch in Störgeräuschsituationen eine Verbesserung bringen, müssen zusätzlich die potentiellen Spektren von Nutzsignal und Störgeräusch für die Parametereinstellung einbezogen werden.

Die Gültigkeit der Anpaßvorschrift „maximaler Lautheitsausgleich“ wird aber nicht nur durch die technischen Möglichkeiten begrenzt. Es ist noch ungeklärt, in welchem Zusammenhang die Lautheitswahrnehmung mit anderen Aspekten der Klangqualität steht. Es ist zu prüfen, ob der vollständige Lautheitsausgleich auch eine Optimierung der Klangfarbe und der Angenehmheit des Klangs bewirkt.

Die Grenzen des Gültigkeitsbereichs deuten sich an, wenn man bedenkt, daß die Dynamikregelung der Hörgeräte nicht nur eine Korrektur der Lautheitswahrnehmung zur Folge hat, sondern auch einen erheblichen Eingriff in die natürliche Dynamik von Geräuschen darstellt. Dies könnte dazu führen, daß ein Hörereignis nicht mehr als lebendig beurteilt wird.

Auch die Gewöhnung an einen bestimmten Klang der Hörwelt kann eine zumindest vorübergehende Einschränkung darstellen. Entwickelt sich eine Schwerhörigkeit mit langsamer Progredienz, wird der Hochtenschwerhörige bei der Hörgeräteanpassung unter Umständen eine

Einleitung

Verstärkung bevorzugen, die vor allem bei den hohen Frequenzen deutlich unterhalb des hörfeldaudiometrisch ermittelten Verstärkungsoptimums liegt. Dies hat seine Ursache darin, daß er über einen längeren Zeitraum kaum stärkere Intensitäten im Hochtonbereich gehört hat und die zusätzlich verfügbar gemachte auditive Information eher als Störquelle empfindet, nicht aber als Signalanteil nutzen kann (SANDLIN 1988, COX & ALEXANDER 1992).

Weitere Probleme können daraus entstehen, daß während des Anpaßprozesses mit einem Signalinventar gearbeitet wird, das für die akustische Komplexität der im Alltag auftretenden Hörsituationen oft nur geringe Validität hat oder deren Bedeutung für die Alltagsbewährung vom Patienten nicht erkannt wird (SANDLIN 1988, GEERS & HAUBOLD 1993). Dies hat die Konsequenz, daß der Patient sich während des Anpaßprozesses nicht produktiv beteiligen kann, da er erst im Alltag mit den für den Anpassungserfolg entscheidenden Hörklippen konfrontiert wird.

Um diese Mängel zu beheben, muß für die Feinanpassung des Hörgerätes Material mit großer Höralltagsnähe verwendet werden. Daraus resultiert:

1. eine höhere Akzeptanz des Anpaßprozesses durch den Patienten,
2. lassen sich Diskrepanzen zwischen audiometrisch ermittelter notwendiger Verstärkung und vom Patienten tolerierter Verstärkung ermitteln und
3. kann während der Anpassung gezielt auf potentielle Hörklippen im Alltag aufmerksam gemacht werden und der Gewöhnungsprozeß eingeleitet werden.

Zusätzlich stellen Patienten heute hohe Anforderungen an die Übertragungsqualität des Hörgeräts, die in der bisherigen Diagnostik nicht explizit thematisiert wurde und für deren Messung kein standardisiertes Verfahren verfügbar ist. Auf den dringend bestehenden Entwicklungsbedarf hat unter anderem MOORE (1992) hingewiesen. Siemens hat für die Anpassung des Triton[®] 3004 einen Anpaßweg vorgeschlagen, der die Verwendung der alltagsnahen Hörsituation „Sprache bei Störgeräusch“ einschließt. Es bleibt aber dem Akustiker überlassen, dieses Material zu verwenden und eine geeignete Befragungstechnik zu entwickeln (HOHN 1990).

Bisherige Lösungsansätze sind dadurch gekennzeichnet, daß sie sich entweder zu stark auf die Sprachverständlichkeit in Ruhe oder im Störgeräusch konzentrieren oder daß ihre Auswahl sprachunabhängiger Hörbeispiele nicht zur Anpassungsoptimierung geeignet ist. Beispielsweise läßt BYRNE (1991) seine Probanden Hörgeräteeinstellungen anhand von Sequenzen mit Sprache in Ruhe und Sprache im Störgeräusch bezüglich Verständlichkeit und Angenehmheit vergleichen. Seine komparative Methode zeigt eine hohe Sensitivität für die Hörgeräteübertragungscharakteristik, ist aber durch die Materialauswahl zu eingeschränkt. KILLION (1988) läßt die Wiedergabetreue von Hörgeräten anhand von Hörbeispielen (Sprecher, Orchester, Klaviertrio und Breitbandrauschen) von Normalhörigen beurteilen. Der Befragungsmodus ist beim Schwerhörigen jedoch kaum einsetzbar, und die Hörbeispiele sind nur bedingt zur Anpassungsoptimierung geeignet.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die Anpaßvorschrift des vollständigen Lautheitsausgleiches für das Hören in Ruhe eine gute Rehabilitation gewährleisten kann, mit der momentan verfügbaren Hörgerätetechnik bei simultan gegebenem Störgeräusch aber allein nicht ausreicht. Die Gewöhnung an einen sich zunehmend verschlechternden Klang der Hörwelt bei Schwerhörigkeiten mit langsamer Progredienz kann zu einer Ablehnung des maximal mögli-

Einleitung

chen Lautheitsausgleichs führen. Zusätzlich ist noch ungeklärt, welche Auswirkungen der vollständige Lautheitsausgleich bei vorliegendem Rekrutment auf komplexere Eigenschaften der Klangqualität hat. Dies wird besonders wichtig für die Wahrnehmung der Pegeldynamik von Geräuschen (z.B. flach - lebendig), da die Pegeldynamik bei Kompression stark verändert wird. Für die Optimierung einer Hörgeräteanpassung auf maximale Alltagstauglichkeit, d.h. gute Klangqualität und gute Sprachverständlichkeit in Ruhe und bei Störgeräuschen, wird ein neues Verfahren benötigt, das wichtige Hörsituationen des Alltags im Labor des Hörgeräteakustikers zur Evaluation der Übertragungsqualität zugänglich macht.

Konzeption eines Hörgeräteanpaßkonzeptes

1 Konzeption eines Hörgeräteanpaßkonzeptes

Für die Lösung der angesprochenen Problemlage wird das folgende integrative Hörgeräteanpaßkonzept vorgeschlagen.

Der Anpaßprozeß ist in vier Stufen gegliedert, in denen die folgenden psychoakustischen und physikalischen Meßtechniken verwendet werden: Hörfeldaudiometrie, frequenzspezifische Sprachaudiometrie, In-situ-Messung und Hörbildverfahren. Das Hörbildverfahren umfaßt eine Sammlung ausgesuchter Hörbeispiele aus dem Alltag und eine Befragungsmethodik, mit der zentrale Eigenschaften der Übertragungsqualität reliabel erfaßt und in eine Optimierung der Hörgeräteeinstellung umgesetzt werden können. Das hier dargestellte Forschungsprojekt stellt einen wichtigen Schritt zur Entwicklung dieses Hörbildverfahrens dar.

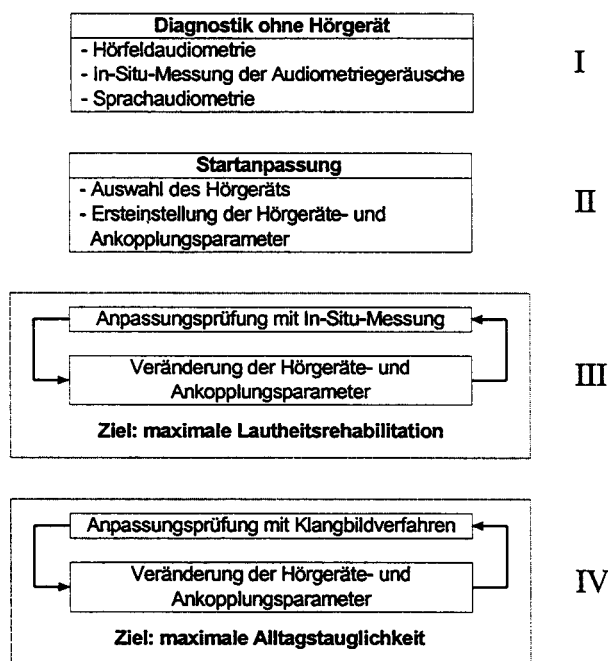


Abbildung 1-1: Schema des vorgeschlagenen Anpaßprozesses

Die vier Stufen sind in **Abbildung 1-1** skizziert. In den Stufen I bis III ist das primäre Ziel die Rehabilitation der frequenz- und pegelabhängigen Lautheitswahrnehmung. Daraus leitet sich die Anpaßvorschrift ab, den vollständigen Lautheitsausgleich für die statisch bestimmte Lautheit anzustreben. Stufe IV erweitert das Ziel um Aspekte der dynamischen Lautheit und zusätzlicher Dimensionen der Übertragungsqualität, wie zum Beispiel Dumpfheit, Klarheit, Schärfe, Volumen, Rauigkeit.

In Stufe I wird der Schwerhörige monaural mit Hörfeld- und Sprachaudiometrie untersucht. Die bei der Signaldarbietung realisierten Gehörgangspegel werden in situ gemessen. Aus den Lautheitsfunktionen wird die individuelle Verlustfunktion berechnet. Aus dieser wird das Profil der Anforderungen an die Übertragungscharakteristik eines Hörgeräts bestimmt, mit dem die Lautheitsverluste ausgeglichen werden.

Konzeption eines Hörgeräteanpaßkonzeptes

In Stufe II wird das Anforderungsprofil für das gewählte Hörgerät in eine spezifische Hörgeräte- und Ankopplungsparametereinstellung umgesetzt. Dies sollte mit Hilfe von Anpaßalgorithmen (Startalgorithmen) erfolgen, die in die Computerprogramme integriert werden, mit denen der Hörgeräteakustiker die Hörgeräte programmiert. Eine derartige Softwarekonfiguration würde es dem Akustiker erleichtern, von den Audiometriedaten zu einer adäquaten Hörgeräteersteinstellung zu gelangen.

In Stufe III wird die realisierte Verstärkungscharakteristik mit In-situ-Messung bestimmt und Abweichungen vom Rehabilitationsziel unmittelbar korrigiert (vgl. KIEBLING & V. WEDEL 1986; MOSKAL & GOLDSTEIN 1992). Die Korrektur der Abweichungen sollte später ebenfalls durch in die Programmierungssoftware integrierte Algorithmen (Korrekturalgorithmen) unterstützt werden.

In Stufe IV werden alltagsnahe Hörsituationen für eine Prüfung der allgemeinen Übertragungsgüte (mit Hörszenen) und für eine Optimierung einzelner Hörgeräteparameter (mit Hörbildern) eingesetzt. Hier wird eine Feinanpassung vorgenommen, die aufgrund der Vertrautheit der Alltagshörsituationen dem Patienten unmittelbar einsichtig ist und die es ihm ermöglicht, über die Äußerung seiner Zufriedenheit mit einer bestimmten Übertragungscharakteristik Einfluß auf die endgültige Gestaltung der Anpassung zu nehmen.

Mit diesem standardisierten Verfahren kann der Akustiker dem Patienten bereits am Tag der Anpassung potentielle Hörklippen des Alltags (z.B. stark impulshaltige Schalle, leise bzw. entfernte Sprache) thematisieren, die der Schwerhörige sonst erst im Laufe der Testphase - eventuell nur eingeschränkt - erlebt und später nur unvollständig beschreiben kann. Zusätzlich kann auf einen eventuell notwendigen Gewöhnungsprozeß verwiesen und der Verlauf der Gewöhnung bei späteren Untersuchungen kontrolliert werden.

1.1 Literatur

ASANO, F., SUZUKI, Y., SONE, T., KAKEHATA, S., SATAKE, M., OHYAMA, K., KOBAYASHI, T. R & TAKASAKA, T. (1991). A digital hearing aid that compensates loudness for sensorineural impaired listeners. In: *International Conference for Acoustics, Speech and Signal Processig*, Tokio.

BORETZKI, M., HELLER, O., KNOBLACH, W., FICHTL, E., STOCK, A. & OPITZ, M.: Untersuchungen zur Reliabilität und Sensitivität der Hörfeldaudiometrie. In: *Fortschritte der Akustik - DAGA 1994*, Dresden: DEGA e.V., 1433-1436.

BORETZKI, M., KNOBLACH, W., FICHTL, E., STOCK, A., MAY, B. & HELLER, O. (1996). Hörfeldaudiometrische Lautheitsfunktionen normalhöriger Probanden. In: T. Portele & W. Hess (Hrsg.), *Fortschritte der Akustik - DAGA 96*, Oldenburg: DEGA e.V., 126-127.

BYRNE, D. (1991). Evaluation measures of speech intelligibility and quality. In: G.A. Studebaker, F.H. Bess & L.B. Beck, *The Vanderbilt hearing-aid report II*. York Press, Parkton, Maryland, 195-199.

COX, R.M. & ALEXANDER, G.C. (1992). Maturation of hearing aid benefit: objective and subjective measurements. *Ear and Hearing*, 13, 3, 131-141.

DILLON, H. (1988). Compression in Hearing Aids. In: R.E. Sandlin (ed.), *Handbook of hearing aid amplification*, volume I. College-Hill Press, Boston, 121-146.

FICHTL, E.: *Untersuchungen zur Präzision und Zuverlässigkeit der Hörfeldaudiometrie*. Inauguraldissertation, Universität Würzburg, 1997.

GEERS, W. & HAUBOLD, J. (1991). Anpassung von Hörgeräten mit natürlichen Hörbildern. In: *Fortschritte der Akustik - DAGA 1993*. Deutsche Physikalische Gesellschaft, 756-759.

Konzeption eines Hörgeräteanpaßkonzeptes

- HELLER, O. (1982). Theorie und Praxis des Verfahrens der Kategorienunterteilung (KU). In: O. Heller (Hrsg.), *Forschungsbericht 1981*, Würzburg: Psychologisches Institut, Lehrstuhl für Allgemeine Psychologie, 1-15.
- HELLER, O. (1985). Hörfeldaudiometrie mit dem Verfahren der Kategorienunterteilung (KU). *Psychologische Beiträge*, 27, 4, 478-493.
- HELLER, O. (1991): Orientated Category Scaling of Loudness and Speechaudiometric Validation. In: A. Schick, J. Hellbrück, R. Weber (Eds.): *Contributions to Psychological Acoustics V. Results fo the Fifth Oldenburg Symposium on Psychological Acoustics*. Bibliotheks- und Informationssystem der Universität Oldenburg, S. 135-159.
- HELLER, O. (1992): Frequenzspezifische Sprachaudiometrie. In: Kollmeier, B.: *Moderne Verfahren der Sprachaudiometrie*. Median-Verlag. Heidelberg. 264-277.
- HELLER, O. (1995): Direkte Skalierung in der Hörfeldaudiometrie. Teil 1. *HörBericht* 56/95, Hrsg.: Geers, Dortmund.
- HELLER, O. (1995): Direkte Skalierung in der Hörfeldaudiometrie. Teil 2. *HörBericht* 57/95, Hrsg.: Geers, Dortmund.
- HOHN, W. (1990). Anpassung von Dreikanaltechnik – keine Hexerei. Sonderdruck aus den Heften 8/90 bis 11/90 der Zeitschrift *Hörakustik*, median-Verlag, Heidelberg.
- KIEBLING, J. & v. WEDEL, H. (1986). In-situ Messungen zur Auswahl und Anpassung von Hörgeräten. *Audiologische Akustik*, 25, 2.
- KILLION, M. (1988). Principles of high fidelity hearing aid amplification. In: R.E. Sandlin (ed.), *Handbook of hearing aid amplification, volume I*. College-Hill Press, Boston, 45-80.
- KNOBLACH, W.: Speechaudiometric Validation of Loudness Scaling with Normal Hearing and Hard of Hearing Persons. In: A. Schick, J. Hellbrück und R. Weber (Eds.): *Contributions to Psychological Acoustics V - Results of the Fifth Oldenburg Symposium on Psychological Acoustics*. Bibliotheks- und Informationssystem Universität Oldenburg, Oldenburg 1991, 161-170.
- KNOBLACH, W.: Methodischer Ansatz für einen hochfrequenzspezifischen Sprachtest. In: B. Kollmeier (Hrsg.), *Moderne Verfahren der Sprachaudiometrie*. median-verlag, Heidelberg 1992, 278-286.
- KNOBLACH, W.: *Sprachwahrnehmung bei Innenohrschwerhörigkeit - Zur Psychophysik der Verständlichkeit*. Verlag Dr. Kovac, Hamburg 1996.
- MOSKAL, N.L. & GOLDSTEIN, D.P. (1992). Probe tube systems: effects of equalizations on real ear insertion and aided gain. *Ear and Hearing*, 13, 1, 46-54.
- MOORE, B.C.J., JOHNSON, J.S., & CLARK, T.M. (1992). Evaluation of a dual-channel full dynamic range compression system for people with sensorineural hearing loss. *Ear and hearing*, 13, 5, 349-370.
- SANDLIN, R.E. (1988). Observations and future considerations. In: R.E. Sandlin (ed.), *Handbook of hearing aid amplification, volume I*. College-Hill Press, Boston, 299-307.
- STOCK, A., KNOBLACH, W. & HELLER, O. (1993). Die Bedeutung von Frikativ-Vokal-Formanttransitionen für die Verständlichkeit von Zweisilbern mit /s/- Anlaut (Teil 1). *Audiologische Akustik*, 32, 190-194.
- STOCK, A., KNOBLACH, W. & HELLER, O. (1994). Die Bedeutung von Frikativ-Vokal-Formanttransitionen für die Verständlichkeit von Zweisilbern mit /s/- Anlaut (Teil 2). *Audiologische Akustik*, 33, 21-24.
- YUND, E.W. & SIMON, H.J. (1987). Speech discrimination with an 8-channel compression hearing aid and conventional aids in background of speechband noise. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 24, 161-180.

2 Konzeption und Entwicklung des Hörbildverfahrens

Die Konzeption des Hörbildverfahrens basiert auf dem Verfahren A-Life[®] der Firma Geers und den damit gewonnenen Erfahrungen. Sie ist darauf ausgerichtet, bei der Hörgeräteanpassung zur Überprüfung und Feineinstellung der Parametereinstellung eingesetzt zu werden. Der Grad der Rehabilitation des Hörverlusts soll abgestimmt auf die Leistungsbereiche der Hörhilfen erfaßt und verbessert werden. Die Leistungsbereiche umfassen Frequenzgang, Verstärkung, maximale Ausgangspegel und Pegeldynamik und korrespondieren mit dem frequenz- und pegelabhängigen Hörverlust. Relevanten Hörleistungsdefizite müssen auf der einen Seite weitgehend unabhängig von spezifischen Hörgerätetechnologien angebar sein (Prüfaspekt), und auf der anderen Seite den direkten Bezug zur gewählten Hörgerätetechnologie ermöglichen (Optimierungsaspekt). Auf diese Weise können Diskrepanzen zwischen der audiometrisch ermittelten notwendigen Korrektur und der individuell akzeptierten Korrektur festgestellt, berücksichtigt und als Soll-Ist-Abweichung der Parametereinstellung dokumentiert werden. Dies erlaubt die gezielte Untersuchung der Gewöhnung an den Klang der neuen Hörsituation und der Validität der Anpaßvorschrift „vollständiger Lautheitsausgleich“. Geht die Diskrepanz auf die mangelnde Vertrautheit mit der neuen Hörsituation (z.B. Erstanpassung) zurück, dann müßte sie im Verlauf des längerfristigen Anpaßprozesses (6-12 Monate) geringer werden, d.h. die gerade noch akzeptierte Hörgeräteübertragungscharakteristik kann schrittweise an die Sollwerte angenähert werden. Liegt eine mangelnde Validität der Anpaßvorschrift vor, dann dürfte für eine größere Anzahl von Probanden keine systematische Verringerung der Soll-Ist-Abweichung für die Parametereinstellungen beobachtbar sein. Die Verwendung von vertrauten Hörsituationen des Alltags stellt die unmittelbare Validität des Verfahrens sicher und führt zu einer verbesserten Akzeptanz des Anpaßprozesses und des Hörgeräts auf seiten des Schwerhörigen. Individuelle Höranforderungen (z.B. Gerät wird bevorzugt bei Konferenzen und Tagungen eingesetzt) können besser berücksichtigt und Mehrprogrammgeräte für den Einsatz in unterschiedlichen akustischen Bereichen eingerichtet werden.

Die Verfahrensstruktur kann in vier Teilbereiche untergliedert werden:

a) **materialbezogene Hörbildstruktur**

Die materialbezogene Hörbildstruktur beinhaltet die Auswahl und Klassifikation der Hörbilder. Die Hörbilder sollen zum einen repräsentativ für wichtige Hörsituationen des Alltags sein, eine optimale Befragbarkeit garantieren und den quantitativen Bezug auf zu verändernde Hörgeräteparameter erlauben. Der Ausgangspunkt für die Auswahl müssen die erlebbaren Hörereigniseigenschaften und die methodischen Möglichkeiten ihrer Befragung sein. Die Eigenschaften müssen für jeden Patienten gleichermaßen begrifflich und anschaulich verfügbar sein oder verfügbar gemacht werden können. Die Dimension Lautheit („sehr leise“ bis „sehr laut“) ist für jeden unmittelbar anschaulich und begrifflich gegeben, ebenso die Dimension der Tonhöhe („sehr tief“ bis „sehr hoch“). Die Dimension der Klangfarbe („dunkel“ bis „hell“, „dumpf“ bis „scharf“, „unklar“ bis „klar“, „dünn“ bis „voll“, etc.), der Klangtextur („rauh“, „holprig“, etc.) oder der Pegeldynamik („flach“ bis „lebendig“, „abgehackt/stockend“, etc.) sind dagegen weder sprachlich noch im individuellen Erleben eindeutig verfügbar. Hier muß dem Patienten zunächst eine „Orientierung“ geboten werden, d.h. es werden unterschiedliche Abstufungen innerhalb einer Dimension demonstriert. Dies kann z.B. durch Vorspielen einer Reihe von Hörbildern geschehen, in

Konzeption und Entwicklung des Hörbildverfahrens

denen die interessierende Eigenschaft unterschiedlich stark ausgeprägt zu hören ist (Steigerungsreihe). Die methodischen Befragungsmöglichkeiten zu jeder Dimension (komparativ bzw. absolut) geben den Spielraum vor, innerhalb dessen das für die einzelnen Leistungsverlustbereiche sensitive Material gewählt werden kann. Das heißt, daß das Material zwischen Normalhörigen und Schwerhörigen einerseits und zwischen verschiedenen Hörgeräteinstellungen andererseits mit mindestens einer befragbaren Eigenschaft deutlich variiert, die in einem engen Zusammenhang mit einem Hörleistungsdefizit steht.

b) Skalierungsmethode

Für die quantitative Befragung der Klangeigenschaften gibt es zwei mögliche Ansätze: die absolute und die komparative Beschreibung.

Bei der absoluten Beschreibung wird der interessierenden Eigenschaft in einem Hörbild ein Wert auf einer Skala zugeordnet, der ihre Ausprägung, das heißt die Stärke mit der sie im Hörbild gegeben ist, möglichst genau wiedergibt. Der Skalenwert kann dabei die Distanz einer Markierung zur linken und rechten Begrenzung eines Strichs (visuelle Analogskala), eine numerische Größenangabe (z.B. eine Zahl zwischen 0 und 10), eine verbale Kategorie (z.B. „sehr leise“) oder eine numerisch unterteilte Verbalkategorie (z.B. „leise - 15“) sein. Die verschiedenen Verfahren der absoluten Skalierung unterscheiden sich in der intra- und interindividuellen Streuung der erhobenen Urteile. Alle Verfahren setzen aber ein mnestisch (durch die Erfahrung) stabilisiertes Bezugssystem voraus oder die Möglichkeit einer aktuellen (d.h. vor und während der Befragung) Stabilisierung eines Bezugssystems. Ein Bezugssystem setzt den Rahmen für die quantitative Beurteilung und ermöglicht eine direkte Größenordnung, die in der richtigen Relation zu anderen möglichen Eigenschaftsausprägungen steht. Vereinfacht ausgedrückt bedeutet dies, daß der Patient aufgrund seiner Alltagserfahrung genau weiß, wie sich ein sehr leises, leises, mittellautes, lautes oder sehr lautes Geräusch anhört und deshalb ohne expliziten Vergleich zu anderen Geräuschen sagen kann, daß z.B. eine bestimmte Fahrradklingel laut ist. Gleichzeitig kann er auch sagen, daß die Fahrradklingel schrill ist. Aber es fällt ihm vielleicht schwer, die Ausprägung dieser Schrillheit absolut anzugeben, da er bisher wenig Erfahrung mit schrillen Geräuschen gesammelt hat. Wird er vom Hörgeräteakustiker aufgefordert dies trotzdem zu tun, braucht er zunächst eine Orientierung über mögliche Ausprägungen der Schrillheit, die von sehr wenig schrill bis extrem schrill gehen sollten. Anschließend kann er angeben, daß die Fahrradklingel bezogen auf die vorgespielten Hörbeispiele zum Beispiel „sehr schrill“ ist.

Bei der komparativen Beschreibung muß der Patient jeweils nur angeben, ob die interessierende Eigenschaft bei einem von zwei oder mehreren Hörbeispielen stärker oder schwächer ausgeprägt ist. Dieses Verfahren kann bei hinreichend feinen Unterschiedsschwellen zur Optimierung einer Anpassung eingesetzt werden und funktioniert im Prinzip analog zur Anpassung einer Brille.

Die komparative Beschreibung ist für die Patienten mit Sicherheit einfacher zu leisten als die absolute Beurteilung. Sie hat aber einen sehr hohen Zeitbedarf, da für jede Eigenschaft eine Optimierungsfolge mit vielen Paarvergleichen mit unterschiedlicher Reizdifferenz notwendig ist und immer die Gefahr einer Divergenz der Hörgeräteparametereinstellung vom Gesamtoptimum für alle Klangeigenschaften gegeben ist. So kann die Optimierung der Klängsschärfe dazu führen, daß der Klang bei anderen Hörbildern als zu dunkel empfunden wird. Bei der absoluten Skalierung kann ein Hörbild simultan auf verschiedenen Dimensionen beurteilt werden und sofort festgestellt werden, wenn die Optimierung einer

Konzeption und Entwicklung des Hörbildverfahrens

Eigenschaft zu einer Verschlechterung der Übertragungsqualität für andere Eigenschaften führt. Weitere Vorteile der absoluten Skalierung sind der Vergleich der individuellen Einstufung mit einer Norm und die gute Dokumentierbarkeit der aktuellen Anpassungsgüte.

Aufgrund der Vorteile der absoluten Skalierung wurde entschieden, diese für die Beschreibung der Hörbilder zu verwenden. Es mußte ermittelt werden, welche Klangeigenschaften sich interindividuell übereinstimmend beschreiben lassen. Wie fein diese Eigenschaften differenziert und quantitativ eingestuft werden können und mit welcher Art der Absolutskala die geringsten Urteilsstreuungen gegeben sind.

c) Darbietungsbezogene Hörbildstruktur

Für die Darbietung der Hörbilder muß eine Wiedergabetechnik eingesetzt werden, die ein weitgehend originalgetreues Abbild der realen Hörwelt innerhalb des Testraums garantiert. Dies betrifft die physikalische Angleichung und insbesondere die wahrnehmungspsychologische Identität von Original und Wiedergabe.

Die physikalische Übereinstimmung wurde durch eine Kombination aus Aufnahmetechnik und kalibrierter stereophoner Wiedergabe realisiert.

Die psychologische Übereinstimmung, d.h. weitgehende Übereinstimmung der wahrgenommenen Entfernung, Größe und Ausdehnung von Schallquellen zwischen Originalsituation und Wiedergabe, mußte für die gewählte Aufnahme- und Wiedergabetechnik überprüft und der stabilisierende Effekt einer zusätzlichen visuellen Information durch Dias und Fotos untersucht werden. Die spezifische Lautheit wurde als wichtiger Indikator für die psychologische Übereinstimmung explizit und ausführlich untersucht. Spezifische Lautheit ist dann gegeben, wenn die Skalierung der Lautheit einer Schallquelle nicht nur vom Schallpegel am Trommelfell abhängt, sondern auch wahrgenommene Entfernung, Größe und Bedeutung der Schallquelle einen Einfluß haben. Wird von zwei Schallquellen, die den gleichen Schallpegel an den Trommelfellen erzeugen, eine als weiter entfernt wahrgenommen, wird sie auch lauter als die andere beurteilt. Ebenso kann eine Abweichung von der erwarteten prototypischen Lautheit einer Schallquelle zu einer erhöhten Varianz der Lautheitsurteile führen: für einen pfeifenden Dampfkessel ist dieses Geräusch aber viel zu leise. Wird das Geräusch auch noch falsch identifiziert, z.B. ein Wasserfall fälschlicherweise als Regen erkannt, kann die Urteilsvarianz noch höher ausfallen.

d) Durchführungsbezogene Hörbildstruktur

Eine schnelle Konvergenz auf die optimale Parametereinstellung für das Hörgerät ist vor allem von der Reihenfolge abhängig, mit der die einzelnen Klangeigenschaften optimiert werden. Eine allgemein gültige Reihenfolge ist aufgrund der wechselseitigen Abhängigkeiten sowohl der Klangeigenschaften als auch der Hörgeräteleistungsparameter (Frequenzgang, Verstärkung, maximale Ausgangspegel und Pegeldynamik) nicht angebbar. Sie kann nur auf der Basis der Defizite der Starteinstellung bei den Klangeigenschaften und dem jeweiligen Hörgerätetyp erstellt werden. Hier müssen auf der Basis vieler Anpassungen Richtlinien erstellt werden, die dem Akustiker eine schnelle und einfache Entscheidung für den günstigsten Ablauf ermöglichen.

Die zur Umsetzung der Konzeption in ein konkretes Verfahren notwendigen Forschungsarbeiten können in vier Hauptbereiche unterteilt werden: materialbezogene Entwicklung, Dimensi-

Konzeption und Entwicklung des Hörbildverfahrens

onsermittlung, Entwicklung der Befragungsmethodik und die Evaluation der Ergebnisse. **Abbildung 2-1** zeigt schematisch die zeitliche und inhaltliche Überlappung der vier Hauptbereiche.

Die einzelnen Untersuchungen werden in den weiteren Kapiteln ausführlich dargestellt.

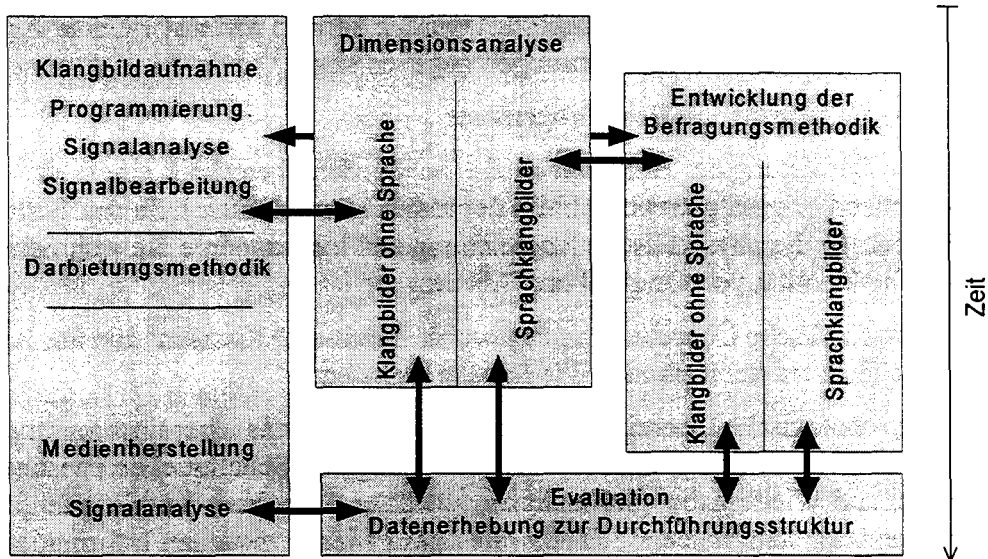


Abbildung 2-1: Schema für die zeitliche und inhaltliche Beziehung der vier Hauptbereiche der Forschungsarbeiten. Die zeitliche Relation ist dem vertikalen Aufbau zu entnehmen, die inhaltliche den Pfeilen.

3 Technik

3.1 Aufnahmetechnik

3.1.1 Aufnahmen der Klangbilder im Alltag

Eine wesentliche Grundlage des Hörbildverfahrens ist die Verwendung natürlicher Klangbilder zur Optimierung von Hörgeräten. Dabei wird vorausgesetzt, daß die unter Laborbedingungen wiedergegebenen Aufnahmen der akustischen Originalsituation sowohl in physikalischer als auch phänomenaler Hinsicht möglichst nahe kommen. Durch die Verwendung linearer Aufnahme- und Wiedergabetechnik und mit einer entsprechenden Kalibriervorschrift läßt sich die weitestgehende Übereinstimmung von Original und Reproduktion eines Schallereignisses in Bezug auf meßtechnische Parameter sicherstellen.

Die Konformität zwischen Original und Reproduktion hinsichtlich der Wahrnehmung des Schallsignals bezieht sich in erster Linie auf die Höreindrucksattribute (Lautheit, Klangfarbe). Die korrekte Schallquellenortung (Richtung und Entfernung) darf dennoch nicht vernachlässigt werden, insbesondere bei binauralen Anpassungen. In solchen Fällen werden in der Praxis häufig zunächst beide Hörgeräte getrennt optimiert und abschließend der binaurale Höreindruck überprüft und ggf. korrigiert. Es ist davon auszugehen, daß das Aufzeichnungsverfahren und die Wiedergabeanordnung für das Hörbildverfahren sowohl monofone wie auch auf den Räumlichkeitseindruck abzielende Hörtests zulassen sollte.

Es gibt eine ganze Reihe von Verfahren zur Reproduktion von räumlichen Schallfeldern, die jeweils auf einer der beiden, im folgenden kurz vorgestellten Grundkonzeptionen beruhen:

- Einmal geht man davon aus, daß die für die Auslenkung des Trommelfells verantwortlichen Signale alle Informationen zum Raumeindruck eines Schallereignisses enthalten und versucht, diese zu resynthesieren. Diese Verfahren bedienen sich ausschließlich der Kunstkopfaufnahmetechnik und implizieren zudem eine Wiedergabe über Köpfhörer. Bei einer Hörgeräteanpassung verlagert sich der Bezugspunkt vom Trommelfell zum Hörgerätemikrofon, dessen Position je nach Bauform des Hörgerätes (HdO, IdO, ITC) variiert. Aus diesem Grund lassen sich Wiedergabeverfahren, die auf einer Resynthese der Ohrsignale aufbauen, nicht ohne weiteres für das Problem der Schallfeldreproduktion bei Hörgeräteanpassungen abwandeln. Zudem müßte die Köpfhörerwiedergabe durch eine Lautsprecherdarbietung mit aufwendiger Übersprechkompensation (vgl. SCHMITZ, A. (1993)) ersetzt werden.
- Eine andere Gruppe von Verfahren geht davon aus, das Schallfeld in einem singulären Punkt zu reproduzieren. In der näheren Umgebung dieses Punktes ist das reproduzierte Schallfeld seinem Original so ähnlich, daß die geringfügigen Unterschiede nicht wahrnehmbar sein sollten. Für die Wiedergabe benötigt man eine Vielzahl von Lautsprechern, um Schallquellen aus allen Raumrichtungen nachbilden zu können. Unter Ausnutzung der Fähigkeit des menschlichen Gehörs, Phantomschallquellen zu bilden, läßt sich die Anzahl der notwendigen Wiedergabekanäle reduzieren. In der Literatur wird dennoch eine Zahl zwischen sechs bis acht Lautsprechern für die Resynthese eines auf die Horizontalebene begrenzten Schallfeldes gefordert.

Einen räumlichen Klangeindruck erreicht man mit minimalem Aufwand bei der Stereophonie bereits mit einer aus zwei Lautsprechern bestehenden Anordnung. Allerdings ist dabei das

Technik

Areal ortbarer Schallquellen auf den Bereich zwischen beiden Wiedergabelautsprechern eingeschränkt. Dies ist dann zulässig, wenn sich in der Aufnahmesituation alle wesentlichen Schallquellen innerhalb des Aufnahmewinkels des Mikrofons befinden, wie dies bei Bühnendarbietungen von Musik und Theateraufführungen der Fall ist.

Die Einschränkung bezüglich der Schallquellenortung auf einen Ausschnitt der Horizontalebene war stets Motivation dafür, die Stereophonie durch ein besseres Wiedergabeverfahren abzulösen. Gegenwärtige Überlegungen gehen von einer Anordnung mit fünf Lautsprechern aus. Bei der Wahl eines Aufzeichnungsverfahrens für die im Projekt vorgesehenen Aufnahmen ist deshalb die Möglichkeit in Betracht gezogen worden, eine solche Wiedergabeanordnung zu verwenden, auch wenn letztlich von dieser Option kein Gebrauch gemacht wurde.

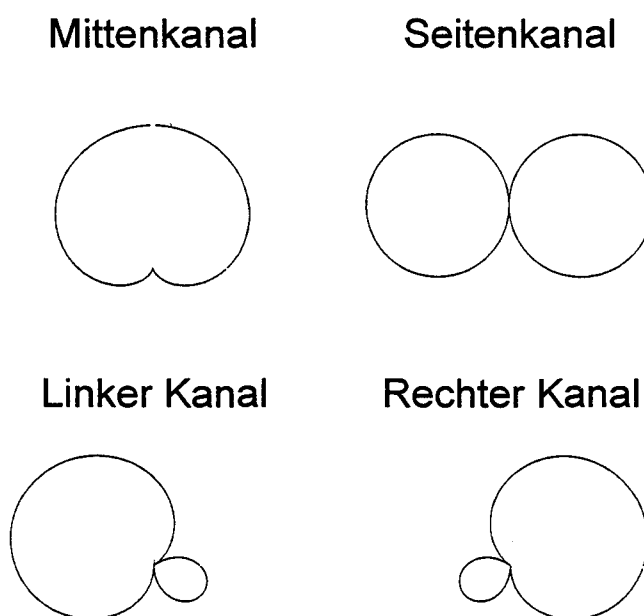


Abbildung 3-1: Mikrofoncharakteristika des verwendeten Mitte-Seite-Stereomikrofons im Original und nach der Matrizierung

Bei der Mitte-/Seite-Stereofonie nimmt ein Mikrofon mit einer nach vorn gerichteten Nierencharakteristik das Mittensignal auf. Das für das Seitensignal zuständige Mikrofon hat eine Achtercharakteristik. In einer monofonen Hörtestkonfiguration benutzt man den Mittenkanal für die Wiedergabe. Durch die Kombination der beiden aufgezeichneten Signale (Matrizierung) erhält man die für eine Darbietung in Rechts-/Links-Stereofonie notwendigen Signale (**Abbildung 3-1**). Eine Abstrahlung des Seitensignals über zwei seitlich bzw. hinter dem Hörer angeordnete Lautsprecher zusammen mit rechtem, linkem und Mittenkanal führt zu einer dem DOLBY-Surround-System ähnliche Raumklangwiedergabe (**Abbildung 3-2**). Parallelen bestehen auch zur Orthophonie (HENSEL, J. *et al.* 1992), deren Grundgedanke u.a. darin besteht, durch Matrizierung von Mikrofonsignalen mehr Wiedergabekanäle zur Verfügung zu stellen, als aufgezeichnet werden.

Die Mitte-/Seite-Stereofonie besitzt neben der einfachen Realisierbarkeit verschiedener Wiedergabemodi auch andere Vorzüge, die im Rahmen des Projektes zum Tragen kommen. So steht mit der Aufnahme des Mittenkanals sofort ein Signal zur Verfügung, das mit rechnerge-

stützten Analyseverfahren ausgewertet werden kann. Die für diesen Kanal gültige Mikrofoncharakteristik ist bekannt, was wiederum zu einer einfachen Kalibriervorschrift führt.

Die Aufnahmen wurden mit einem Mikrofon des Typs AGK 522 MS und einem DAT-Recorder Sony TCD-10 realisiert, die anschließende Verarbeitung erfolgte mit dem Harddisk-Recording-System TripleDAT der Firma Creamware. Das Harddisk-Recording-System stellt gleichzeitig die Schnittstelle zwischen digitalem Tonträger und elektronischer Datenverarbeitung dar. In Bezug auf die Signalanalyse ermöglicht es die durchgängige Verwendung digitaler Aufzeichnungs- und Verarbeitungstechnik, von vornherein eine Zuordnung zwischen der physikalischen Größe Schalldruck und seiner digitalen Repräsentation in Form von Abtastwerten vorzunehmen. Sinnvollerweise wird diese Zuordnung für die Aussteuergrenze des Aufnahmegerätes angegeben. Aus bestehenden Erfahrungen heraus ist eine zweckmäßige Festlegung, die Aussteuergrenze bei einem Schalldruckpegel von 110 dB (Peak) zu definieren.

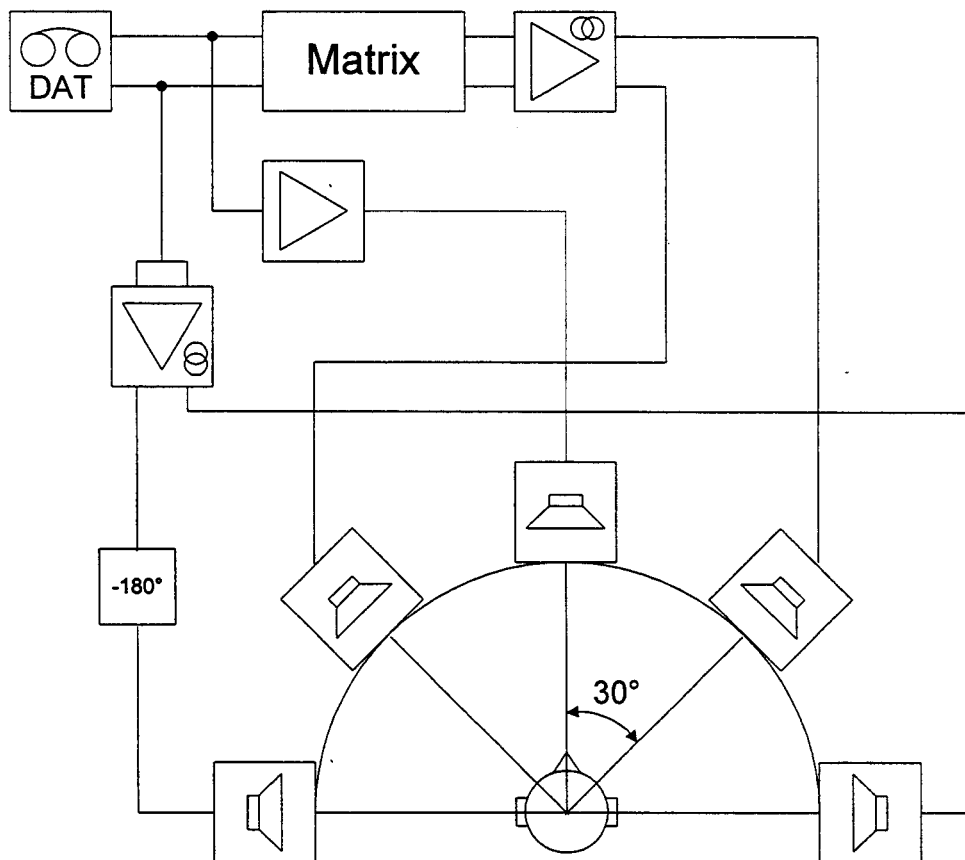


Abbildung 3-2: Mögliche Wiedergabeanordnung zur Verbesserung des Raumklangs

Für die Kalibrierung bestimmt man die maximale Ausgangsspannung des DAT-Recorders, beispielsweise mit der digitalen Aufzeichnung eines vollausgesteuerten Sinustones. Ausgehend von der bekannten Zuordnung zwischen Schalldruckpegel und elektrischer Spannung kann die Einstellung der Empfindlichkeit für den Mikrofoneingang durchgeführt werden. Dazu wird ein Rauschsignal (CCITT-Rauschen) im reflexionsarmen Raum derart wiedergegeben, daß in einem definierten Bezugspunkt ein Schalldruckpegel von 80 dB (Leq, keine Fre-

quenzbewertung) vorliegt. Nach Aufstellung des tatsächlich bei den Aufnahmen verwendeten Mikrofons am Bezugspunkt ist der Regler für die Eingangsempfindlichkeit des DAT-Recorders zu justieren. Prüfbedingung ist der RMS-Wert der Ausgangsspannung, der das $10^{-1,5}$ -fache (entspricht -30 dB) der zuvor ermittelten maximalen Ausgangsspannung betragen sollte. Diese Prozedur muß für beide Aufzeichnungskanäle des DAT-Recorders durchgeführt werden, wobei jeweils das Mittensignal des Stereomikrofons als Eingangsgröße dient.

Mit der beschriebenen Technik wurden alle Aufnahmen für das Projekt realisiert, mit Ausnahme der Dialoge zur Bestimmung der Sprachverständlichkeit (siehe nachfolgenden Abschnitt). Die Mikrofonposition wurde stets so gewählt, daß sie in etwa der Kopfposition eines fiktiven Beteiligten in der entsprechenden Situation entspricht. Das bedeutet eine Mikrofonhöhe über dem Boden von ca. 1,70 Metern in den Situationen, die üblicherweise stehend erlebt werden (z.B. an der Kasse eines Supermarktes) bzw. 1,20 Metern in Situationen, in denen man eine Sitzposition einnimmt. Die Entfernung zur Hauptgeräuschquelle wurde unter dem gleichen Gesichtspunkt gewählt und ist in der Liste der Aufnahmen dokumentiert (Anhang C). Dabei handelt es sich zum Teil um genäherte Angaben, da insbesondere bei räumlich ausgedehnten und bewegten Schallquellen eine exakte Einzahlangabe nicht möglich ist.

3.1.2 Aufnahme der Sprachklangbilder im Tonstudio

Die Aufnahme von Klangbildern mit Sprachmaterial unterliegt besonderen Kriterien, wesentlich ist zum Beispiel der Dialektgehalt und die Natürlichkeit der Sprache. Qualitativ gute Aufnahmen sind deshalb nur mit geschulten Sprechern zu produzieren. Für die Durchführung der Aufnahmen gibt es prinzipiell drei Varianten:

- Die Sprecher befinden sich in der Originalsituation. Aufgenommen werden Hintergrund- und Sprachsignal gleichzeitig mit einem System.
- Reproduktion der Störschallsituation als freies Schallfeld. Aufgenommen werden ebenfalls Hintergrund- und Sprachsignal gleichzeitig mit einem System.
- Wiedergabe des Hintergrundgeräusches über Kopfhörer. Aufgenommen wird nur das Sprachsignal, später erfolgt die Mischung mit dem Hintergrundgeräusch.

Die letztere Variante verlangt einen geringeren organisatorischen und technischen Aufwand. Zudem besitzt sie den Vorteil, daß das Sprachsignal separat analysiert werden kann und verschiedene Gesamtsituationen nachträglich erzeugbar sind.

Zu beachten ist die Festlegung der Abhörlautstärke für die Darbietung des Störgeräusches über Kopfhörer. Das entscheidende Kriterium ist die subjektive Übereinstimmung des Lautstärkeindrucks bei kalibrierter Freifelddarbietung des Störgeräusches über Lautsprecher im Vergleich zur Kopfhörerwiedergabe. Diese geforderte Lautstärkeäquivalenz wurde in einem kleinen Vorversuch mit 5 Teilnehmern sichergestellt. Mit einem gleichartigem Vorgehen wurde die Abhörlautstärke für die über das Studiomikrofon aufgenommene Stimme des Dialogpartners eingepegelt. Abschließend wurde überprüft, ob der Stimmaufwand der jeweiligen Hintergrundsituation entsprechend war, wenn zu Kontrollzwecken die eigene Stimme des Sprechers ebenfalls über die Kopfhörer eingespielt wurde. Dies war nach einer kurzen Eingewöhnungsphase und unter der Bedingung der Fall, daß beide Dialogpartner den vorgegebenen Abstand zum Mikrofon einhielten.

Die Texte wurden von zwei professionellen Sprechern (männlich und weiblich) gesprochen, wobei der Sprecher bzw. die Sprecherin jeweils das Hintergrundgeräusch, die Stimme des Dialogpartners sowie die eigene Stimme über Kopfhörer wahrnehmen konnten. Zusätzlich beurteilten fünf Personen außerhalb des Aufnahmeraumes die vorläufige Mischung aus Hintergrund- und Sprachsignal hinsichtlich der Natürlichkeit.

Die Software des Harddisk-Recording-Systems erlaubt die Generierung einer Raumimpulsantwort nach Vorgabe raumakustischer Parameter. Mit den auf die jeweilige Aufnahmesituation zugeschnittenen Raumimpulsantworten wurden bei der Nachbearbeitung den Sprachsignalen Hallanteile hinzugefügt. Die Berechnung der Faltung von trockenem Sprachsignal und der Raumimpulsantwort ergibt das verhallte Sprachsignal. In einem weiteren Nachbearbeitungsschritt wurde dieses Signal dem Mittenkanal des Störgeräusches hinzugefügt. Die Sprecher sind bei monofoner und stereofoner Wiedergabe folglich stets von vorn wahrnehmbar. Die Sprachaufnahmen können somit völlig gleichwertig zur Hörgeräteanpassung auf dem linken oder dem rechten Ohr eingesetzt werden.

3.2 Darbietungstechnik und Meßplatz

Digital aufgezeichnete Audiosignale lassen sich mit den Möglichkeiten der Computertechnik sehr vielfältig verarbeiten. Innerhalb des Projektes wurde beispielsweise die notwendige Aufbereitung der Aufnahmen, d.h. Extrahieren des gewünschten Ausschnittes mit Ein- und Ausblendphase, computergestützt durchgeführt. Die Audiosignale wurden mit dem bereits erwähnten Harddisk-Recording-System TripleDAT in den Rechner übernommen und vorrangig mit der dazugehörigen Software bearbeitet. Jedoch ist das Datenformat der von der Software generierten Sounddateien bekannt, so daß damit die Anwendung im Umfang der Software nicht enthaltener Signalverarbeitungstechniken möglich wird.

3.2.1 Hörtestbedingungen

Die durchgängig digitale Verarbeitung der Audiodaten gewährleistet, daß nur gewünschte Modifikationen am Aufnahmematerial erfolgen können. Die Wiedergabeordnung, als letztes Glied in der Kette der zur Schallreproduktion eingesetzten Geräte, muß analog zur Aufnahmetechnik kalibriert werden, um eine möglichst gute Abbildung der ursprünglichen akustischen Verhältnisse zu erzielen. Ansatzpunkt für die Kalibriervorschrift ist, daß ein Rauschsignal nach CCITT-Norm von einer frontal vor dem Platz der Versuchsperson angeordneten Schallquelle abgestrahlt werden soll. Bei monofoner Wiedergabe erfolgt dies durch eine reale Schallquelle. Bei einer stereofonen Wiedergabe geht man von Phantomschallquellenbildung aus, d.h. das über beide Lautsprecher kohärent abgestrahlte Rauschsignal bewirkt die Wahrnehmung einer einzelnen Schallquelle in der Mitte der beiden Boxen. Die Lautsprecherboxen sollten in 1,50 m Entfernung von der Versuchsperson aufgestellt werden, jeweils um 30° gegenüber der Medianebene der Versuchsperson versetzt. An der Position der Kopfmitte der Versuchsperson ist für beide Wiedergabeformen ein Schalldruckpegel von 80 dB einzustellen.

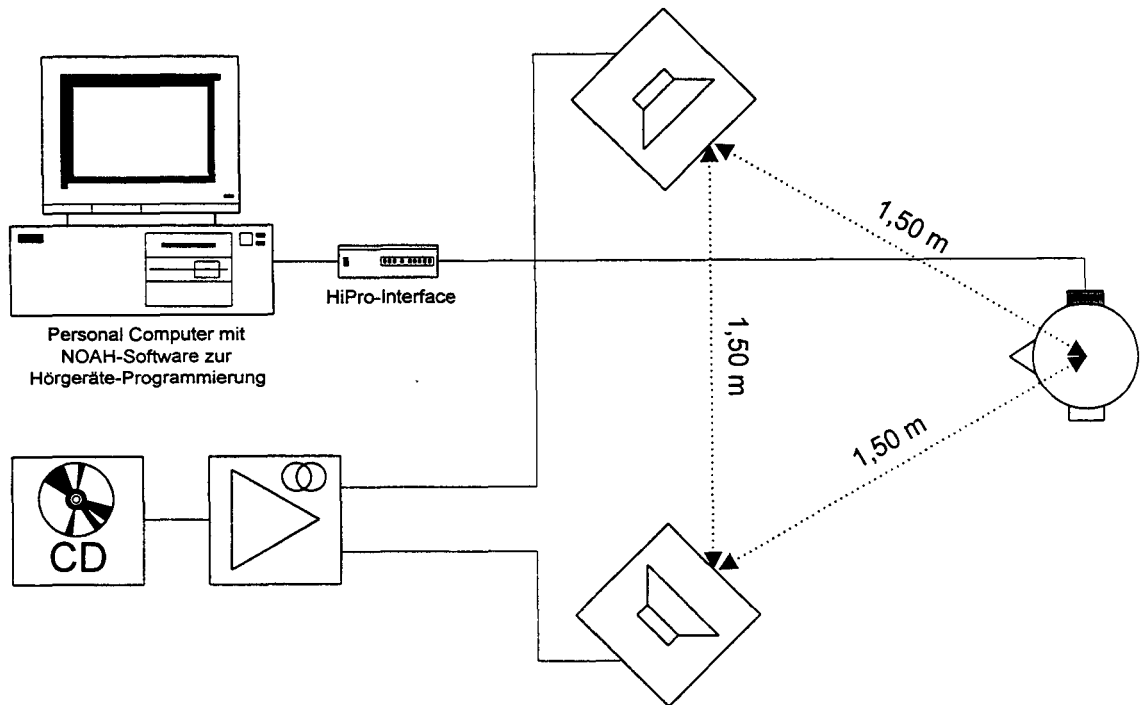


Abbildung 3-3: Versuchsanordnung zur Feldstudie

Die beschriebene Versuchsanordnung und die dazugehörige Kalibriervorschrift gilt für alle im Rahmen des Projektes durchgeführten Hörversuche mit natürlichen Klangbildern. Für die Untersuchungen der Feldstudie (Kapitel 8) wurde diese Anordnung um einen PC mit Hi-Pro-Interface zur Hörgeräteprogrammierung ergänzt (Abbildung 3-3). Des Weiteren wurde die in dargestellte Meßanordnung verwendet, um eine Hörfeldskalierung mit dem im Abschnitt 7.2.1 erläuterten Verfahren durchzuführen. Die Aussteuerung des Testmaterials bezog sich dabei auf die Kalibriergeräusche der Sprachaudiometrie-CD, mit der das Audiometer kalibriert wurde. Zur Wiedergabe wurde derselbe Übertragungsweg genutzt, so daß eine gesonderte Kalibrierung für die Hörfeldaudiometrie nicht erforderlich war. Für alle Testgeräuschpegel galt die gleiche Verstärkungseinstellung (+20 dB), um den Versuchsablauf so einfach wie möglich zu gestalten. Unter diesen Randbedingungen konnte nur der Kopfhörer des Audiometers verwendet werden, für eine Freifeld-Wiedergabe war die erforderlichen Verstärkung mit dem Audiometer nicht realisierbar. Es ergab sich daraus die Notwendigkeit, Hörfeld-Daten für den versorgten Fall auf der Basis individueller Gehörgangparameter der Probanden und dem Übertragungsverhalten der Hörgeräte abzuschätzen.

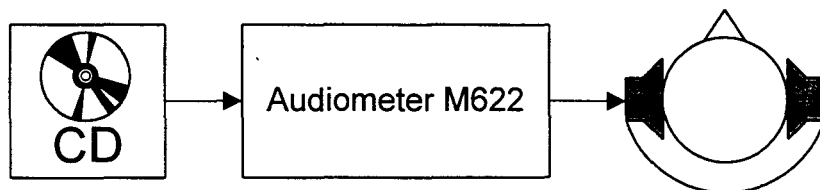


Abbildung 3-4: Meßplatz zur Hörfeldskalierung

3.2.2 Messungen an Hörgeräten

Messungen an Hörgeräten mit nichtlinearer Signalverarbeitung sind ein gegenwärtig in Fachkreisen viel diskutiertes Problem. Nichtlinearität bedeutet, daß eine Linearkombination von Eingangssignalen auch zu der entsprechenden Linearkombination der Ausgangssignale führt:

Wenn

$$p_1^{(1)}(t) \circ \text{---} \circ p_2^{(1)}(t) \quad \text{und} \quad p_1^{(2)}(t) \circ \text{---} \circ p_2^{(2)}(t)$$

gilt, so muß auch

Gl. 3-1

$$k_1 p_1^{(1)}(t) + k_2 p_1^{(2)}(t) \circ \text{---} \circ k_1 p_2^{(1)}(t) + k_2 p_2^{(2)}(t)$$

gelten.

Bei Hörgeräten mit Kompressionssystemen wird diese Bedingung nicht eingehalten, da die Verstärkung ständig in Abhängigkeit des Pegels von Eingangs- bzw. Ausgangssignal verändert wird. Die klassische Systemtheorie, die lineare und zeitinvariante Systeme voraussetzt, ist aufgrund dessen nicht anwendbar. Praktisch bedeutet dies, daß eine vollständige Beschreibung eines nichtlinearen Hörgerätes nicht mit einer einzelnen Messung, etwa des Frequenzganges oder einer Impulsantwort möglich ist. Insbesondere kommt dem Anregungssignal eine besondere Bedeutung zu.

In Auswertung der Feldstudie war es notwendig, die Übertragungseigenschaften des Hörgerätes für jede in den Hörversuchen verwendete Parameterkonstellation zu bestimmen. Als Anregungssignal wurde dasselbe Geräusch wie zur Durchführung der Hörfeldskalierung benutzt. Es ist dies ein Sinuston, der in Intervallen von 10 ms seine Frequenz um einen zufälligen Wert innerhalb des Bereiches einer Terz ändert. Für die Hörgerätemessung wurde dieses Signal mit einem treppenförmig steigenden Pegelverlauf für die Terzmittenfrequenzen 250, 500, 1000, 2000, 4000 und 6000 Hz aufgenommen. Der Pegel wurde in 5-dB-Stufen und einen zeitlichen Abstand von 1400 Millisekunden erhöht. Da für das stetig ansteigende Signal nur die Einschwingzeit einer Kompressionsschaltung relevant ist, kann ein genügend langer Signalausschnitt zur Bestimmung des sich stationär einstellenden Ausgangspegels ausgewertet werden. Die Meßanordnung besitzt den in **Abbildung 3-5** gezeigten Aufbau. Um die in der Feldphase herrschenden Bedingungen nachzubilden, befand sich die gesamte Meßanordnung in einem schallabsorbierend ausgekleideten Raum.

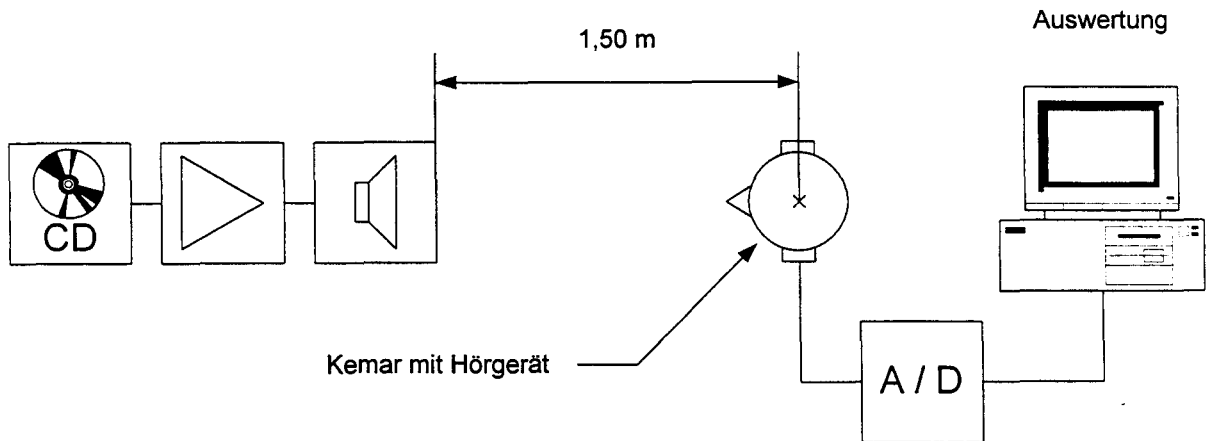


Abbildung 3-5: Meßanordnung zur Bestimmung der Hörgeräteübertragungseigenschaften

Die Testsignalfolge wird von einer CD über eine mittig vor einem Kemar (Knowles Electronic Manikin for Acoustical Research) aufgestellten Lautsprecher abgestrahlt. Der Kemar ist eine Oberkörpernachbildung mit mittleren geometrischen Abmessungen, die durch die Firma Knowles anhand einer Stichprobe von 4000 Personen entwickelt worden ist (Güttner 1978). Hinter der Außenohrnachbildung werden durch einen akustischen Kuppler die Eigenschaften der Ankopplung zwischen Schallfeld und Trommelfell nachgebildet. Für derartige Kuppler gibt es verschiedene Konstruktionsvorschläge, für die Messung wurde der Zwislocki-Ohrsimulator verwendet. Mit einem Adapter erfolgte die Verbindung zwischen Ohrnachbildung und dem Schalleitungsschlauch des HdO-Hörgerätes. Die Position des HdO-Hörgerätes bei der Messung entsprach der üblichen Trageweise bei Hörgeschädigten. Allerdings wurde mit einem Schalleitungsschlauch von 6 cm Länge gearbeitet. Eine geringere Schlauchlänge verursacht Knickbildungen im Schlauch.

Die im Kuppler eingebaute Meßmikrofonkapsel erfaßt den Zeitverlauf des Schalldruckes an der Position, die im realen Ohr der Lage des Trommelfells entspricht. Um unerwünschte Störanteile mit vorwiegend tieffrequentem Charakter zu unterdrücken, wurde das Signal bandpaßgefiltert ($f_u = 125 \text{ Hz}$, $f_o = 10 \text{ kHz}$) und anschließend digitalisiert. Der Auswertungsalgorithmus segmentiert das Zeitsignal, so daß die jeweils einem Anregungsfrequenzband zuzuordnenden Zeitausschnitte separat vorliegen. Von jedem Zeitsegment wird über eine Fast-Fourier-Transformation die spektrale Zusammensetzung bestimmt. Alle außerhalb des betrachteten Frequenzbandes liegenden Spektralanteile werden zu Null gesetzt. Nach dem Theorem von Parseval läßt sich dann der Effektivwert des Zeitsegmentes in der Frequenzebene bestimmen:

$$\int_{t_0}^{t_0+T} g(t) dt = \int_{f_u}^{f_o} G(f) df \quad \text{Gl. 3-2}$$

Mit diesem Analyseverfahren wurden die Ausgangsschalldruckpegel der Hörgeräte bestimmt. Es erfolgten Einzelmessungen für alle in den Versuchen vorgenommenen Parametereinstellungen in einem Eingangspegelbereich von 40 bis 95 dB und den bereits erwähnten Frequenzbändern.

3.3 Signalanalyse

3.3.1 Überblick

Signalanalytische Daten zu den natürlichen Klangbildern stellen die Grundlage für die Auswahl geeigneter Repräsentanten für die Hörversuche dar. Zusätzlich sollen durch die Signalanalyse geeignete Ansatzpunkte für die Parameteroptimierung am Hörgerät gefunden werden. Für beide Zielstellungen kommt in Hinblick auf das Recruitmentphänomen bei chochläären Hörstörungen und dessen Kompensation durch Kompressionssysteme der Erfassung der Signaldynamik eine besondere Bedeutung zu. Die einzelnen Hörsituationen sind deshalb nach den drei Dimensionen Amplituden-, Frequenz- und Zeitverhalten zu analysieren. Das prinzipielle Vorgehen ist in **Abbildung 3-6** veranschaulicht.

Die Signale werden in der ersten Stufe mit einer Filterbank in frequenzgruppenbreite Spektralbereiche zerlegt. In den einzelnen Frequenzkanälen wurde der zeitliche Verlauf der Schallintensität über das äquivalente Maß des Kurzzeiteffektivwertes ermittelt. Anhand der Häufigkeitsverteilungsdichte des Kurzzeiteffektivwertes lassen sich Aussagen zur Signaldynamik ableiten. Die Verwendung des Kurzzeiteffektivwertes bietet den Vorteil, daß ohne eine erneute Filterbankanalyse Ergebnisse zusammengefaßter Frequenzbereiche gewonnen werden können. Der zeitliche Verlauf des Kurzzeiteffektivwertes wurde als Datenfile gesichert, das die Basis für die Anzeige in verschiedenen Darstellungsmodi bildet. Das speziell für diesen Zweck entwickelte Softwaretool ermöglicht die interaktive Selektion von interessierenden Zeitausschnitten sowie die Berechnung statistischer Kenngrößen.

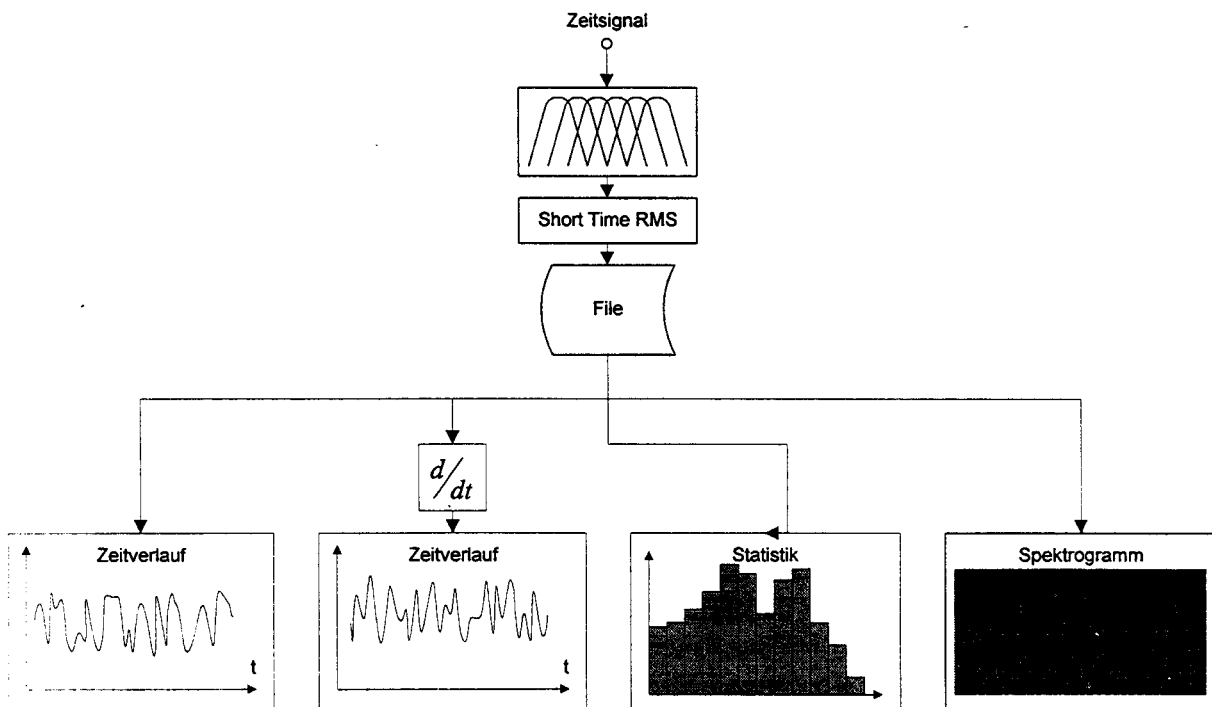


Abbildung 3-6: Überblick zur Signalanalyse

3.3.2 Wahl der Parameter für die Signalanalyse-Algorithmen

Die Festlegung der Signalanalyse-Parameter, wie beispielsweise Zeitkonstanten oder die Frequenzbandaufteilung, beeinflußt die Resultate der Untersuchungen maßgeblich. Die konkreten Randbedingungen müssen so gewählt werden, daß sie mit der vorgesehenen Interpretation der Ergebnisse vereinbar sind. Im vorliegenden Fall bedeutet dies, die Wahl der Parameter auf der Basis von Erkenntnissen aus der Psychoakustik vorzunehmen, da die Signalanalysedaten Hörwahrnehmungen gegenübergestellt werden. Auch allgemeingültige Prinzipien der Meßtechnik sind für die Wertezuweisung von Analyseparametern hilfreich.

Als erste Konsequenz aus diesen Überlegungen ergab sich, daß anstelle der klassischen Spektralanalyse mit Filtern konstanter absoluter (Fast-Fourier-Transformation) bzw. konstanter relativer Bandbreite (Terzanalyse) eine Analyse in Frequenzgruppen vorgenommen wurde. Damit kann die Frequenztransformation des Gehörs nachgebildet werden und im tieffrequenten Spektralbereich eine höhere Zeitauflösung realisiert werden. Letzteres resultiert aus der Forderung für das Produkt aus Filterbandbreite B und Integrationszeitkonstante T für die Effektivwertbildung (NORTON, M. P. (1989)):

$$B \cdot T \geq 1 \quad \text{Gl. 3-3}$$

Im Frequenzbereich bis 500 Hz haben die Frequenzgruppen eine Bandbreite von ca. 100 Hz, wofür sich eine minimale Integrationszeit von 10 ms ergibt. Eine Terzanalyse, die mit dem Frequenzband um 100 Hertz Mittenfrequenz beginnt, läßt eine minimale Integrationszeit von 44 ms zu. Der Kurzzeiteffektivwert sollte aber im Sinne eines Indikators für die Momentan-Signalintensität mit einer möglichst kurzen Integrationszeit ermittelt werden. Aus dieser Sicht ist die Frequenzgruppenanalyse anderen Frequenzbandaufteilungen vorzuziehen.

Es gibt ein weiteres Kriterium, anhand dessen die Festlegung einer konkreten Integrationszeitkonstante überprüft werden muß. Die Integrationszeitkonstante hat einen Einfluß auf die statistische Genauigkeit der Kurzzeiteffektivwertermittlung. Analysiert man den Effektivwert am Ausgang eines Bandpasses (Bandbreite B), so erwartet man ein einheitliches Ergebnis für verschiedene (Stichproben-) Messungen. Tatsächlich streuen die Ergebnisse der Einzelmessungen um den Erwartungswert. Die dabei auftretende Standardabweichung kann nach RANDALL, R. B. (1987) angegeben werden zu:

$$\epsilon = \frac{1}{2\sqrt{BT}} \quad \text{Gl. 3-4}$$

Für die Analyse stationärer Signale bedeutet dies, daß man anstelle eines konstanten Verlaufs des Kurzzeiteffektivwertes über der Zeit ein statistisch schwankendes Signal erhält, wobei die Schwankungsstärke vom Produkt aus Filterbandbreite und Integrationszeit abhängt. Eine Untersuchung nichtstationärer Vorgänge liefert im Ergebnis eine Überlagerung einer statistischen Schwankung und der eigentlich interessierenden Schwankung der Schallintensität. Es liegt der Gedanke nahe, mit einem größeren Bandbreiten-Integrationszeit-Produkt das Nutz-/Störsignalverhältnis der Analyse zu verbessern. Dies ist aber nur mit Einschränkungen möglich. Die

Technik

nachfolgende mathematische Betrachtung der Effektivwertermittlung im Zeit- und Frequenzbereich verdeutlicht dies:

Der Effektivwert eines Signals wird mit:

$$\tilde{g}(t) = \sqrt{\frac{1}{T} \int g^2(t) dt} \quad \text{Gl. 3-5}$$

ermittelt. Die Quadrierung des Zeitsignals ist äquivalent zu einer Faltung des Signalspektrums mit sich selbst. Das resultierende spektrale Leistungsdichte ergibt sich aus:

$$Y(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} G(\phi) G(f - \phi) d\phi \quad \text{Gl. 3-6}$$

mit: $G(f) = \mathcal{F}\{p(t)\}$... Signalspektrum der Schalldruck – Zeitfunktion

$Y(f) = \mathcal{F}\{p^2(t)\}$... Signalspektrum der quadrierten Schalldruck – Zeitfunktion

Das Ergebnis der Faltung ist in **Abbildung 3-7** veranschaulicht. Der Gleichanteil ist als Langzeitmittelwert für das Effektivwertquadrat zu interpretieren. Alle anderen Spektralkomponenten bewirken die erwähnte Schwankung um diesen Wert (RANDALL, R. B. (1987)). Dem quadrierten Signal wird eine Stichprobe der Zeitdauer T entnommen. Diese Zeitfensterung ist äquivalent zu einer multiplikativen Verknüpfung des Spektrums des quadrierten Zeitsignals mit dem eines Rechteckfensters, das durch den Ausdruck

$$\underline{H}(f) = T \frac{\sin(\pi f T)}{\pi f T} \quad \text{Gl. 3-7}$$

angegeben werden kann. Das Schwankungsspektrum wird demnach mit dem in **Abbildung 3-8** dargestellten Dämpfungsverlauf gewichtet.

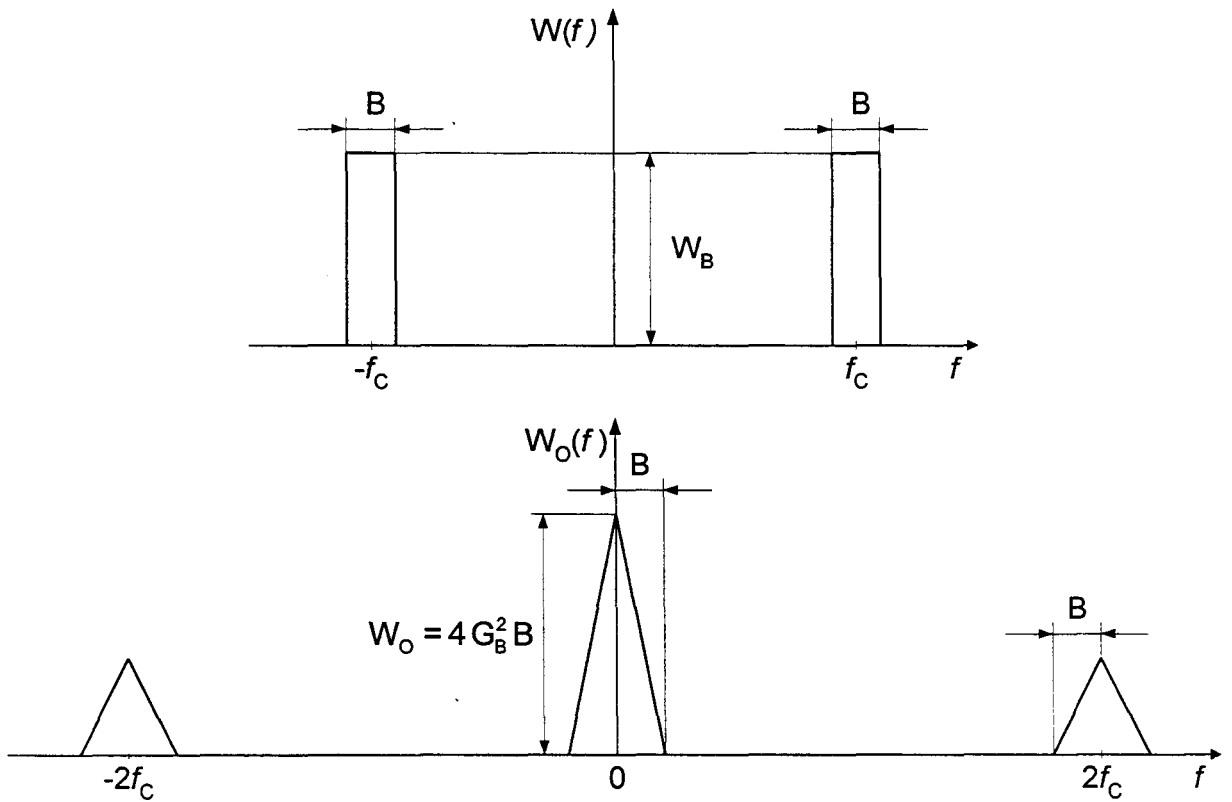


Abbildung 3-7: Veranschaulichung der Zeitsignalquadrierung im Spektralbereich (nach Randall (1987)).
Oben: Spektrale Leistungsdichte $W(f) = |G(f)|^2$ eines bandbegrenzten Rauschsignals vor der Quadrierung. Unten: Spektrale Leistungsdichte W_o nach der Quadrierung.

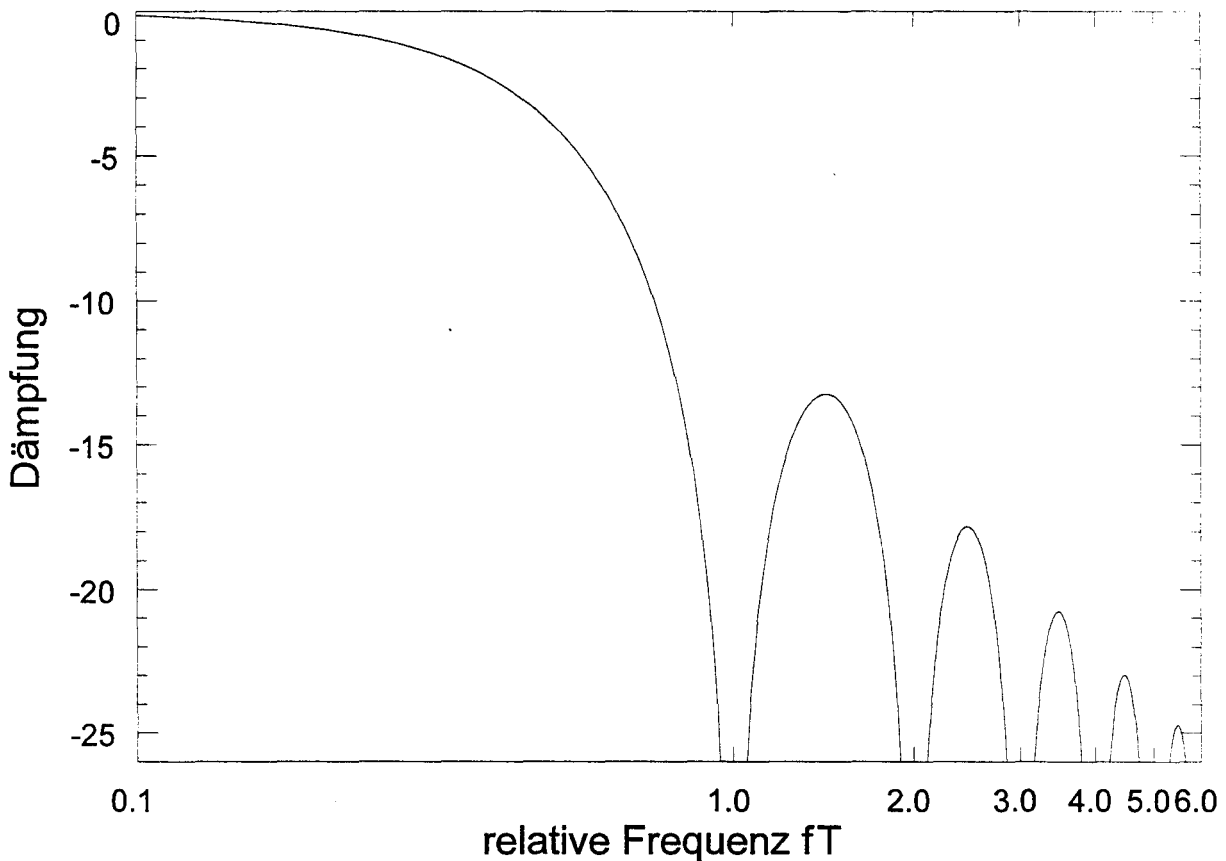


Abbildung 3-8: Dämpfung von Hüllkurvenschwankungen bei der Analyse mit einem rechteckförmigen Zeitfenster

Daraus lassen sich nun folgende Schlußfolgerungen ziehen:

- Durch eine Erhöhung der Integrationszeitkonstante wird das Verhältnis zwischen tatsächlich vorhandener Intensitätsmodulation und aus der Analysierunschärfe resultierenden statistischen Schwankungen in der Regel nicht verbessert. Die Tiefpaßwirkung des rechteckförmigen Zeitfensters bedämpft beide Komponenten gleichermaßen, wenn die Bedingung $BT \geq 1$ erfüllt ist.
- Eine Festlegung für die Integrationszeitkonstante bedeutet gleichzeitig die Festlegung einer oberen Grenzfrequenz für Intensitätsmodulationen, die in das Analyseergebnis eingehen.
- Aus der Überlegung b) kann die minimale Überlappung aufeinanderfolgender Zeitfenster bestimmt werden. Hierfür ist das Abtasttheorem anzuwenden.

Die Länge des Zeitfensters als Analyseparameter kann entweder als Konstante oder für jeden einzelnen Kanal spezifisch gewählt werden. Berücksichtigt man für die Festlegung die Ergebnisse psychoakustischer Studien, ergibt sich ein uneinheitliches Bild. Für die Zeitauflösung des Gehörs werden im wesentlichen Versuche zur Lückendetektion in kontinuierlichen Signalen und die Messung der temporalen Modulationstransferfunktion (TMTF) als Untersuchungsmethoden verwendet.

Die Lückendetektion in sinusförmigen Signalen wird i.a. als frequenzunabhängige Gehörleistung ermittelt (MOORE, B. & GLASBERG, B. (1988)). Ein anderer Sachverhalt ergibt sich für die Lückendetektion in schmalbandigen Rauschsignalen. Mit steigender Mittenfrequenz des Rauschbandes werden die Detektionsschwellen kleiner. Eine mögliche Erklärung sehen Moore und Glasberg in der Beeinflussung der Lückenerkennung durch die inhärenten Fluktuationen der Intensität des Schmalbandrauschens. Kurzzeitige Einbrüche in der Signalintensität des Rauschsignals werden mit der eingefügten Lücke verwechselt oder der umgekehrte Fall tritt ein. MOORE *et al.* (1988) untersuchte, ob sich mit einer speziell geformten Zeitfensterfunktion zeitliche Verdeckungseffekte besser modellieren lassen. Im Ergebnis konnte er feststellen, daß die zeitliche Ausdehnung des Fensters unabhängig von der Frequenz ist.

Für die eigenen signalanalytischen Untersuchungen kann abgeleitet werden, daß für die Integration der Bandpaßsignale nur eine einzige Integrationszeit für alle Kanäle zu verwenden ist. Weder meßtechnische noch psychoakustische Kriterien indizieren die Verwendung frequenzspezifischer Zeitkonstanten.

Zur Festlegung eines Wertes für die Integrationszeit findet man in der Literatur Empfehlungen im Bereich von 5 bis 20 ms. Diese Streubreite ist darin begründet, daß die im Ohr stattfindende Signalverarbeitung nur genähert modelliert worden ist und nicht alle Aspekte der Schallwahrnehmung berücksichtigt wurden. Für die Zeitkonstante wurde aufgrund der eingangs genannten Bedingung $BT \geq 1$ ein Wert von 10 ms festgelegt.

Die Berechnung des Kurzzeiteffektivwertes erfolgte in sich überlappenden Zeitsegmenten. Die Überlappungsbreite muß dem Abtasttheorem genügen, wofür der spektrale Gehalt der quadrierten Schalldruckzeitfunktion zugrunde zu legen ist (ALLEN, J. B. (1977)). Da deren Spektrum maximal die Bandbreite B besitzt (**Abbildung 3-7**), muß ein Kurzzeiteffektivwert in Intervallen $2/B$ berechnet werden, um ohne Informationsverlust den Intensitätsverlauf des Zeitsignals zu bestimmen. Dies entspricht einer Überlappung von mindestens der halben Zeitfensterlänge. Die tatsächlich verwendete Überlappungsbreite mit dreiviertel des Zeitfensters genügt demnach dieser Minimalforderung.

Um die Anteile der inhärenten Fluktuation zu minimieren, wurde die Abtastwertefolge vor der Anzeige bzw. der Zeitableitung geglättet. Die Signalglättung wurde mit einem speziellen Algorithmus durchgeführt, dem sogenannten Leefilter. Dessen Prinzip beruht auf der Berechnung statistischer Kennwerte (Mittelwert, Standardabweichung) in der Umgebung eines Punktes und dem Vergleich mit den jeweiligen Erwartungswerten. Der Parameter der Glättungsbreite wurde mit 5 Abtastwerten belegt. Wegen der Überlappung der Zeitfenster bei der Ermittlung des Kurzzeiteffektivwertes sind nur der erste und der letzte Wert innerhalb des Glättungsfensters voneinander unabhängig.

3.3.3 Auswertung des Kurzzeiteffektivwertes

Die frequenzkanal-spezifischen Zeitverläufe des Kurzzeiteffektivwertes können mit einem eigens entwickelten Softwaretool ausgewertet werden. Eine mögliche Form der Darstellung ist der Graph des Schalldruckpegels einer Frequenzgruppe oder mehrerer zusammengefaßter Frequenzgruppen über der Zeit mit der Option der Ausschnittsvergrößerung. Diese Darstellungsform erlaubt einen Überblick über die Zeitstruktur des Klangbildes. Insbesondere kann dessen Homogenität überprüft werden. Die Zusammenfassung von Frequenzgruppen ist dann

sinnvoll, wenn die Frequenzbänder eines mehrkanaligen Hörgerätes näherungsweise nachgebildet werden sollen. Die Festlegung von Intervallgrenzen auf der Zeitachse kann für alle anderen Anzeigemodi übernommen werden, d.h. es wird stets der selbe Zeitausschnitt für alle möglichen Darstellungsformen zu Grunde gelegt. **Abbildung 3-9** zeigt als Beispiel den Schalldruckpegelverlauf des Klangbildes „Kreissäge“, bei dem man für weitere Analyse das Auslaufen des Motors nach dem Abschalten der Maschine abtrennen würde.

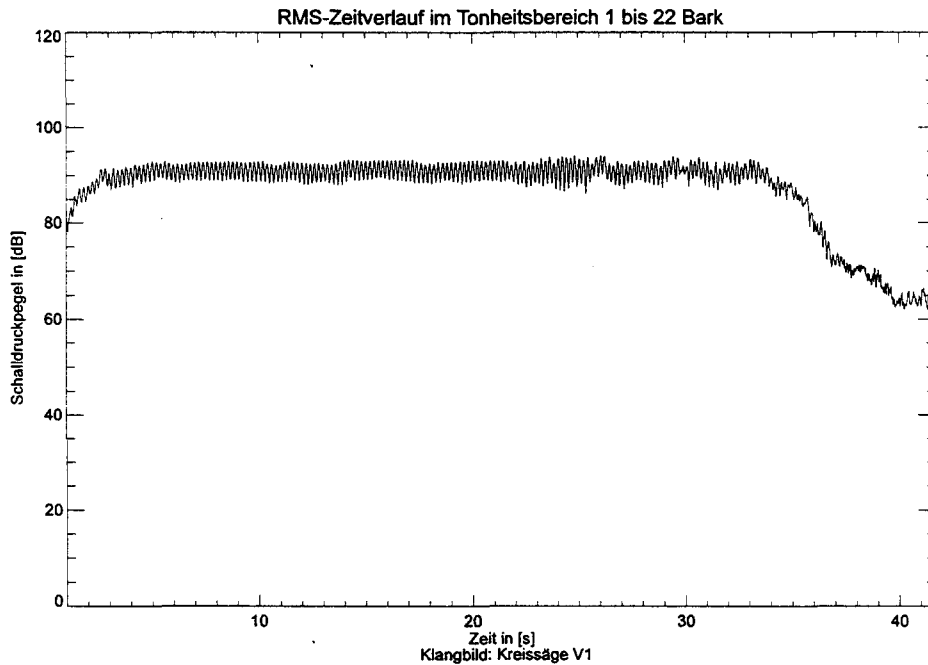


Abbildung 3-9: Zeitverlauf des Kurzzeiteffektivwertes für das Klangbild Kreissäge

Für eine Darstellung des Schalldruckpegelverlaufes in mehreren Frequenzbändern ist die Sonagramm-Darstellung geeignet (**Abbildung 3-10**). In der Zeit-Frequenz-Ebene wird der jeweils vorliegende Pegel farblich kodiert dargestellt. Für das Beispiel der Kreissäge ist am Sonagramm erkennbar, daß der Tonheitsbereich 12..14 Bark im Gesamtsignal dominiert. Da die Anzahl der deutlich unterscheidbaren Farben eingeschränkt ist, kann in einem Sonagramm keine hohe Auflösung für den Schalldruckpegel realisiert werden. Mit 16 ausgewählten Farben wird der Verlauf des Schalldruckpegels in 5-dB-Stufen gerastert, wobei Pegel unter 35 dB prinzipiell schwarz dargestellt werden.

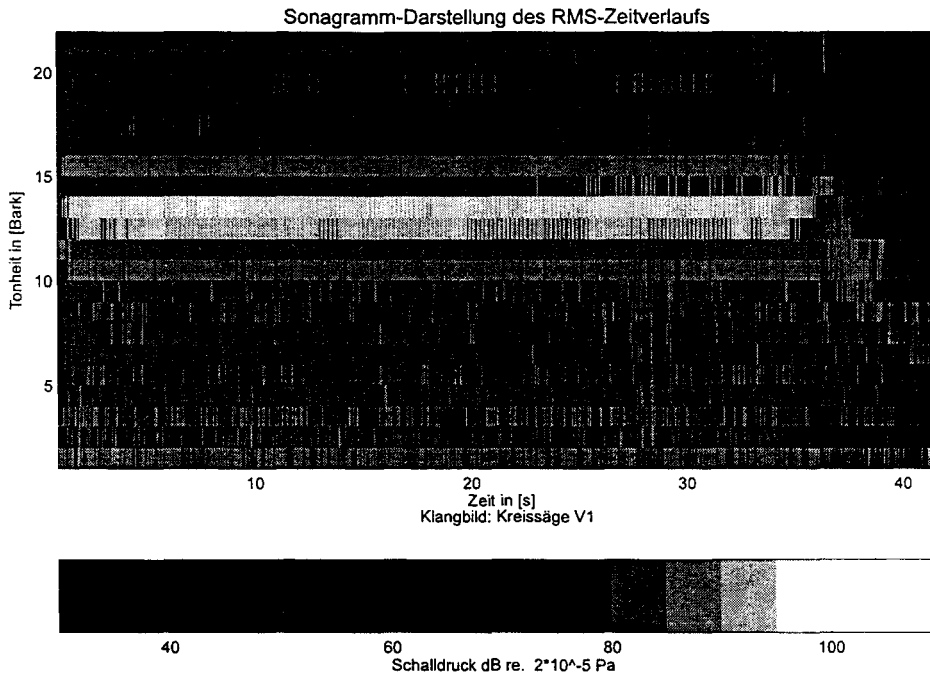


Abbildung 3-10: Darstellung des Kurzzeiteffektivwertes über der Zeit und der Frequenz in einem Sonogramm

Die Illustration statistischer Kennwerte des Schalldruckpegel-Zeitverlaufs erlaubt eine Beurteilung des dynamischen Verhaltens eines Klangbildes. Dazu wurden für jede Frequenzgruppe die 1-, 5-, 50-, 95- und 99-Prozent-Perzentile bestimmt. Der Dynamikbereich, der i.a. als der vom Signal überstrichene Pegelbereich verstanden wird, ergibt sich aus der Differenz der korrespondierenden Perzentile, wobei durch die Nichtberücksichtigung von zwei bzw. zehn Prozent der Gesamtwerte eine gewisse Robustheit für das Merkmal Dynamik erreicht wird. Dieses Verfahren zur Bestimmung der Signaldynamik wurde von SEIDLER (1996) übernommen und ist in ähnlicher Form auch von BYRNE (1994) verwendet worden.

Auf der Basis der Statistikdaten (**Abbildung 3-11**) lassen sich stark dynamische und weniger dynamische Klangbilder unterscheiden. Letztere sind innerhalb des Hörbildverfahrens für die Hinterfragung der statischen Übertragungseigenschaften des Hörgerätes geeignet. Stark dynamische Klangbilder sind dagegen für die Überprüfung der Kompressionssysteme einer Hörhilfe prädestiniert. Man muß berücksichtigen, daß Kompressionsschaltungen ein Ein- und Ausschwingverhalten haben. Ein kurzes und zugleich starkes Ansteigen des Eingangspegels wird fast unverändert zum Ausgang des Hörgerätes übertragen. Klangbilder, die ein solches impulsartiges Verhalten besitzen, sind aus diesem Grund trotz ihrer scheinbar großen Dynamik als Testmaterial ungeeignet. Die diesbezügliche Bewertung der Klangbilder wird durch die erste Ableitung des Schalldruckpegel-Zeitverlaufs durchgeführt. Sie gibt die Geschwindigkeit des Pegelanstiegs an.

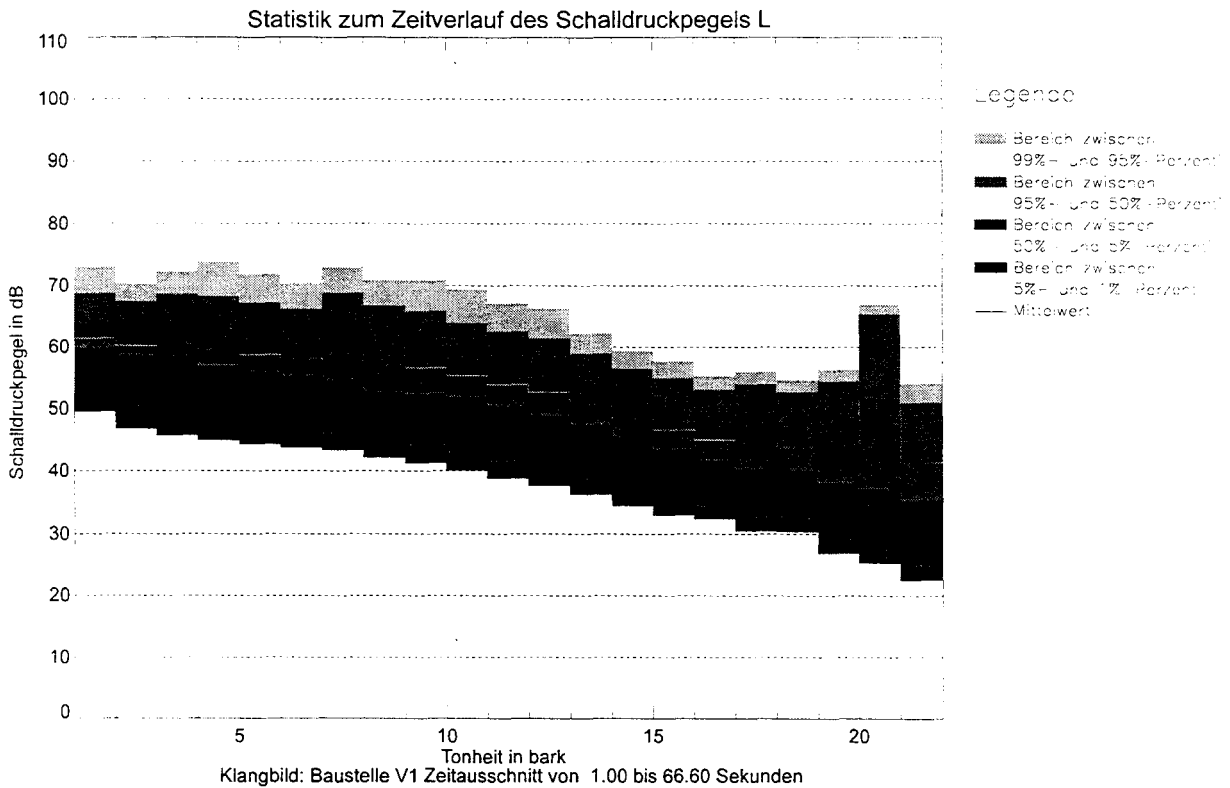


Abbildung 3-11: Darstellung statistischer Kennwerte des Kurzeiteffektivwert-Zeitverlaufs zur Kennzeichnung der Dynamik eines Klangbildes

Die gewählte Form der Auswertung des Kurzeiteffektivwertes ist prinzipiell geeignet, Übertragungseigenschaften des Hörgerätes klangbildspezifisch zu beurteilen. Im Rahmen von Vorversuchen wurden Manipulationen an Klangbildern vorgenommen, die die Signalverarbeitung einzelner Hörgerätebaugruppen nachvollziehen (siehe Abschnitt 6.3.2.1). Um die signalanalytisch gewonnen Daten untereinander bzw. mit den Daten des Originals besser vergleichen zu können, wurden die Darstellungsmöglichkeiten erweitert. So ist es vorgesehen, mehrere Kurzeiteffektivwert-Zeitverläufe in einem Diagramm gegenüberzustellen. Veränderungen lassen sich anhand eines Differenz-Sonagramms bewerten.

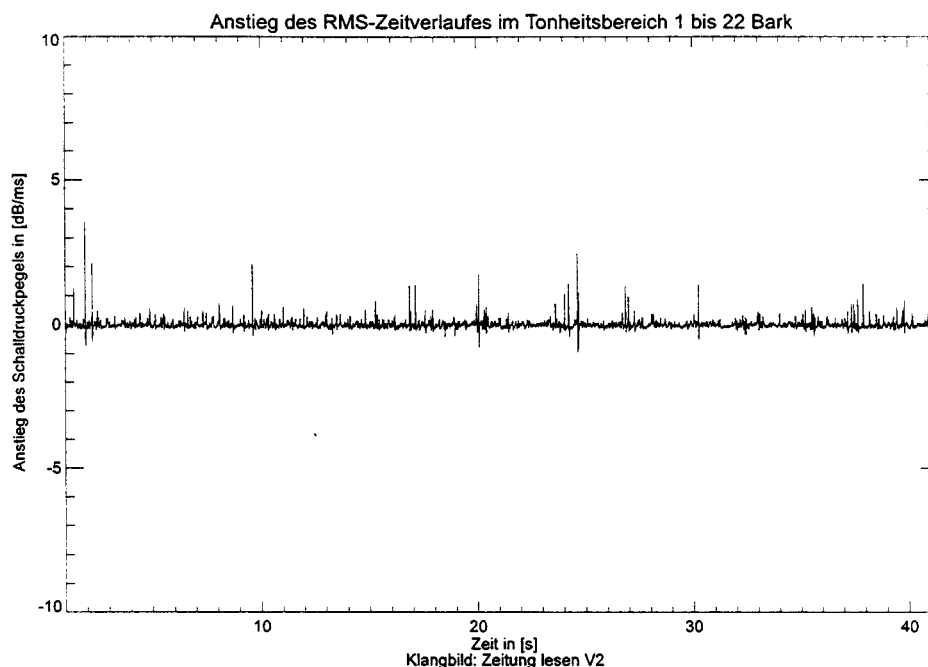


Abbildung 3-12: Anstieg des Kurzzeiteffektivwertes für das Klangbild „Zeitung lesen V2“

3.4 Literatur

ALLEN, J. B. (1977). Short Term Spectral Analysis, Synthesis, and Modification by Discrete Fourier Transform. In: *IEEE Transactions on Acoustic, Speech, and Signal Processing*, Vol. ASSP-25, No.3 1977, S. 235-238

BYRNE, D. ET AL. (1994). An international comparison of long-term average speech spectra. In: *J. Acoust. Soc. Am.* 96 (4) 1994, S. 2108-2120

FITZGIBBONS, P.; WIGHTMANN, F. (1982). Gap detection in normal and hearing-impaired listeners. In: *J. Acoust. Soc. Am.* 72 (3) 1982, S. 761-765

GÜTTNER, W. (1978). *Hörgerätetechnik*. Stuttgart: Georg Thieme 1978

HENSEL, J.; KRAUSE, M.; SCHALLER, W. (1992). Orthophonie. In: *Fernseh- und Kino-Technik* 1992, S. 165-170

KATES, J. (1993). Optimal estimation of hearing-aid compression parameters. In: *J. Acoust. Soc. Am.* 94 (1) 1993, S. 1-12

KATES, J. (1995). Classification of background noises for hearing-aid applications. In: *J. Acoust. Soc. Am.* 97 (1) 1995, S. 461-469

MOORE, B.; GLASBERG, B. (1988). Gap detection with sinusoids and noise in normal, impaired and electrically stimulated ears. In: *J. Acoust. Soc. Am.* 83 (3) 1988, S. 1093-1101

MOORE, B.; GLASBERG, B.; PLACK, C. J.; BISWAS, A. K. (1988). The shape of the ear's temporal window. In: *J. Acoust. Soc. Am.* 83 (3) 1988, S. 1102-1116

NORTON, M. P. (1989). Fundamentals of noise and vibration analysis for engineers. *Cambridge: Cambridge University Press* 1989

OPPENHEIM, A. V., SCHAFER, R. W. (1989). Discrete-time signal processing. Englewood Cliffs: *Prentice Hall* 1989

4 Material

4.1 Eigenschaften der Klangbilder ohne Sprache

Mit dem Klangbildverfahren wird die Zielstellung verfolgt, eine Überprüfung der Hörgeräteübertragungsqualität mit Klangbildern vorzunehmen. Unter dieser Sichtweise unterscheiden sich Klangbilder hinsichtlich der Eigenschaften, die unterschiedliche Aspekte der Schallwahrnehmung berühren und das Schallsignal selbst betreffen. Diese Eigenschaften sollten im Klangbildinventar in variierenden Ausprägungen präsent sein. Zusätzlich besitzt jedes Klangbild aber auch eine inhaltliche Bedeutung für den Zuhörer (Regnet es draußen? Hat jemand an die Tür geklopft?). Diesbezüglich sollte das Klangbildinventar (siehe Anhang B) vor allem solche Situationen umfassen, die für das Alltagsleben typisch oder in besonderer Weise bedeutsam sind.

Grundlage für die Aufnahmen der Klangbilder war ein Katalog mit akustischen Alltagssituationen, die häufig in Fragebögen zur Erfassung der Qualität einer Hörgeräteversorgung genannt werden. Damit ist weitestgehend sichergestellt, daß wesentliche Problemhörbereiche im Klangbildinventar vertreten sind. Für die Zusammenstellung des Kataloges sind nachfolgende Fragebögen ausgewertet worden:

- Social Hearing Handicap Index (Ewertsen, Birk-Nielson)
- Postaural aids in sensory loss (Haggard, Foster, Iredale)
- Use of an open-ended problems questionnaire (Barcham, Stephens)
- Self-reported hearing aid benefit (Golabek, et. al.)
- Comparative Hearing Aid Evaluation (Walden, Schwartz, Williams,...)
- Satisfaction with Fitted Hearing Aids (Kapteyn)
- Factors influencing binaural hearing aid use (Chung, Stephens)
- Development of the PHAP (Cox, Gilmore)
- Hearing Aid Performance Inventory (Walden, Demorest, Hepler)
- Scale for Self-Assessment of Hearing (High, Fairbanks, Glorig)
- Hearing Performance Inventory (Giolas, Owens, Lamb, Schubert)
- Hearing measure scale (Noble)
- The Hearing Aid Handbook (Wayner)

Für die Zusammenstellung des Versuchsmaterials aus dem Klangbildinventar wurde angestrebt, daß die ausgewählten Klangbilder unterschiedliche Ausprägungen der psychoakustischen Wahrnehmungskenngrößen aufweisen. Solche fundamentalen Eigenschaften, mit denen die Perzeption komplexer Schallsignale beschrieben werden, sind Lautheit, Tonhöhe und Klangfarbe. Diese Begriffe sind nach DIN 1320 wie folgt zu verwenden (Zitate):

Lautheit: Hörempfindung, welche auf einer Skala „leise - laut“ skaliert wird.

Tonhöhe: Oberbegriff für diejenige Hörempfindung, die auf einer Skala „tief - hoch“ skaliert wird.

Klangfarbe: Merkmal eines Hörereignisses, dessen Beschreibung mehrere unterschiedliche Skalen erfordert, z.B. hell - dunkel, scharf - stumpf (ANMERKUNG: Die Klangfarbe ist wesentlich durch das Frequenzspektrum der dargebotenen Schalle bestimmt.)

Material

Jede der genannten Eigenschaften wird demnach subjektiv über eine Skalierung in Hörversuchen ermittelt. In der praktischen Anwendung ist es meist vorteilhafter, die psychoakustischen Kenngrößen objektiv durch eine Berechnungsvorschrift zu ermitteln. Für die Lautheit hat sich das Berechnungsverfahren nach DIN 45631 etabliert. Es existieren aber auch Modellvorstellungen zur Berechnung der Tonhöhe, der Schärfe und der Rauigkeit. Abgeleitet aus solchen Berechnungsmodellen stellt die nachfolgende **Tabelle 4-1** die Haupteinflußgrößen aus den physikalisch bestimmbar Parametern eines Schallsignals auf die subjektiven Empfindungsgrößen dar.

Subjektive Empfindungsgröße	Haupteinflußgröße
Lautheit	Schallintensität
Tonhöhe	Periodizität bei harmonischen Tonsignalen dominierende Spektralanteile bei Geräuschen
Klangfarbe	spektrale Zusammensetzung, sowie zeitliche Änderungen des Spektrums

Tabelle 4-1: Haupteinflußgrößen auf subjektive Empfindungsgrößen der Schallwahrnehmung

Zusätzlich sind zwei weitere Klangbildmerkmale für die Testmaterialauswahl berücksichtigt worden, die in Hinblick auf die in Hörgeräten häufig vorhandene Dynamikkompression eine besondere Bedeutung haben: Dynamik und Impulshaltigkeit.

Im Folgenden wird anhand von Beispielen dargelegt, wie sich die angesprochenen Eigenschaften in den in Hörversuchen ermittelten Daten bzw. den signalanalytischen Ergebnissen der Klangbilder widerspiegeln. Auf eine umfassende Klassifizierung aller Klangbilder bezüglich der Eigenschaften wurde verzichtet, weil eine pauschale Zuordnung im Sinne von „*die Eigenschaft ist vorhanden / nicht vorhanden*“ bzw. „*die Eigenschaft ist schwach / stark ausgeprägt*“ als ausreichend erschien.

- Lautheit:

Die Lautheit wurde für alle verwendeten Klangbilder mit dem Verfahren der Kategorienunterteilung ermittelt. Da im Gegensatz zur Hörfeldaudiometrie nichtstationäre Geräusche beurteilt werden, kann dies unter Umständen zu Problemen führen (Vergleiche dazu Kapitel 5). Grundsätzlich steht aber der Anwendung der Lautheitsskalierung für natürliche Klangbilder nichts entgegen. Bei der Zusammenstellung des Aufnahmekataloges wurde darauf geachtet, daß der gesamte Lautheitsbereich von sehr leise bis sehr laut abgedeckt ist. Nachfolgende Tabelle gibt die Lautheitseinstufungen für die in der Feldphase verwendeten Klangbilder an. Für die Feldphase wurden hauptsächlich Klangbilder eingesetzt, deren Lautheit an der Grenze von mittellaut zu laut liegt, da diese die höchste Sensitivität für Unterschiede in der Übertragungsqualität besitzen.

Material

Klangbild	KU-Lautheit	Standardabweichung	Anzahl der Probanden
Besteck einräumen	44	2,7	8
Brandenburger Konzert, Satz 1	32	2,2	6
Brandenburger Konzert, Satz 3	32	3,3	8
Feuerwerk	44	3,7	8
Gespräch zwischen Mann und Frau	30	3,0	6
Gesprächsausschnitt	30	4,7	6
Grillenzirpen	23	6,8	8
Kaffeemaschine	22	4,0	8
Leichter Regen	13	2,3	5
Schlüssel auf Glas	43	5,4	8
Telefonklingel	27	5,1	8

Tabelle 4-2: Lautheitsurteile über die in der Feldphase verwendeten Klangbilder

- Tonhöhe / Klangfarbe

Strenggenommen wurden die Klangbilder nicht nach ihrer Tonhöhe oder nach Klangfarbenmerkmalen, sondern nach ihrer spektralen Zusammensetzung eingeordnet. Folgende Zuordnungen waren zu treffen: breitbandig - überwiegend tieffrequent - überwiegend hochfrequent. Dieses Vorgehen ist dadurch begründet, daß ein Hörgerät die Tonhöhe eines Schallsignals nicht verändert, aber in den verschiedenen Frequenzbereichen eine unterschiedliche Verstärkung realisiert. Fehlanpassungen lassen sich anhand der Klangfarbenveränderung breitbandiger Schalle („heller - dunkler“) oder separate Prüfung des tief- und hochfrequenten Frequenzbereiches erkennen. In der Feldphase wurden in diesem Sinne u.a. die Klangbilder „Feuerwerk“ und „Schlüssel auf Glas“ (Abbildung 4-1) verwendet.

Schalldruckpegelspektrum in Frequenzgruppen

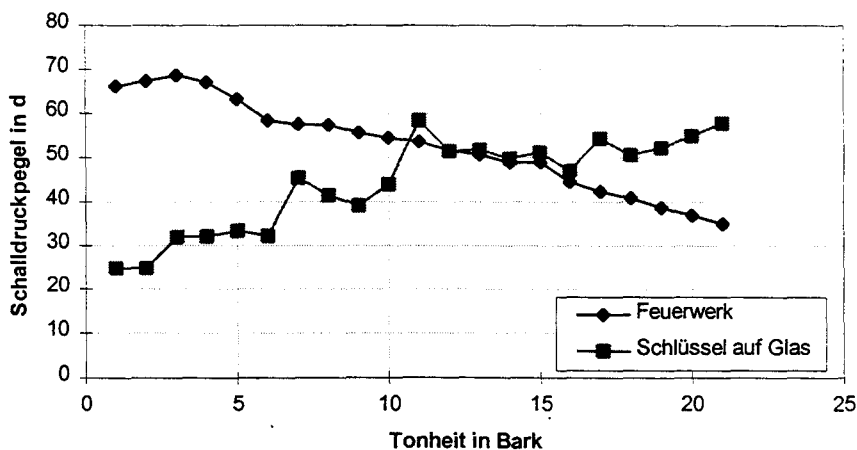


Abbildung 4-1: Beispiele für tief- bzw. hochfrequente Geräusche. Dargestellt werden die Mittelwertspektren aus der Analyse in Frequenzgruppen.

Material

- Dynamik:

Das Merkmal Dynamik kennzeichnet den vom Klangbild überstrichenen Pegelbereich. Dieser Bereich wird aus der Verteilung der Schalldruckpegel über der Zeit gewonnen, indem die Differenz aus den 1%- und 99%-Perzentilen gebildet wird. In den nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 4-2, und Abbildung 4-3) ist der Dynamikbereich eines stationären (gleichbedeutend mit wenig dynamisch, Beispiel „leichter Regen“) und eines dynamischen Signals (Beispiel „Klavierakkorde“) gegenübergestellt.

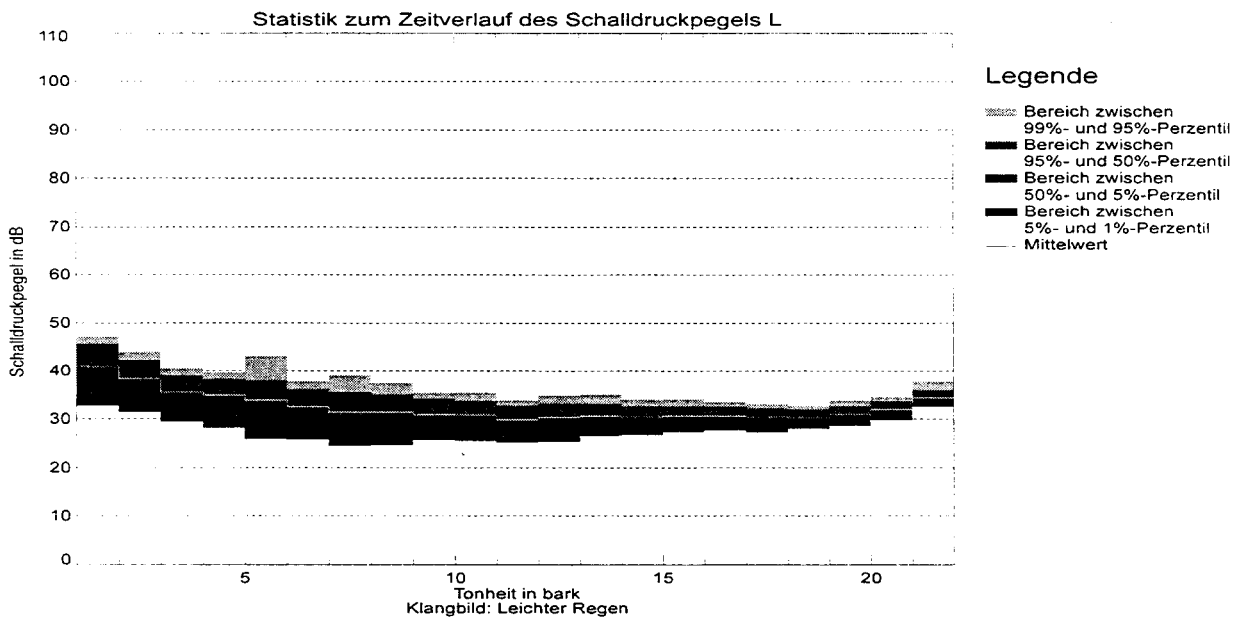


Abbildung 4-2: Beispiel für ein wenig dynamisches Signal - Leichter Regen

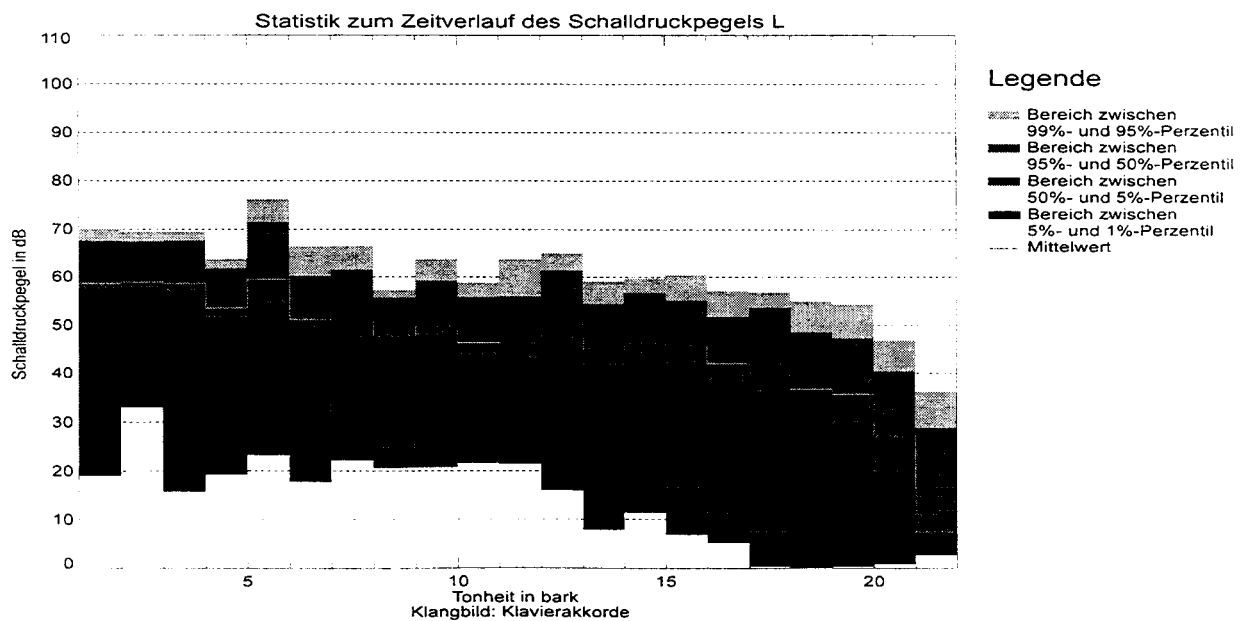


Abbildung 4-3: Beispiel für ein dynamisches Signal - Klavierakkorde

Material

- Impulshaltigkeit:

Impulshaltige Klangbilder haben die Eigenschaft, daß der Schalldruckpegel sehr schnell ansteigt. Aus diesem Grund wird die erste Ableitung der Schalldruckpegel-Zeitfunktion zur Beurteilung der Impulshaltigkeit herangezogen. Wenn die Anstiegsgeschwindigkeit einen Wert von $2 \text{ dB} \cdot \text{ms}^{-1}$ überschreitet, soll das Klangbild als impulshaltig gelten.

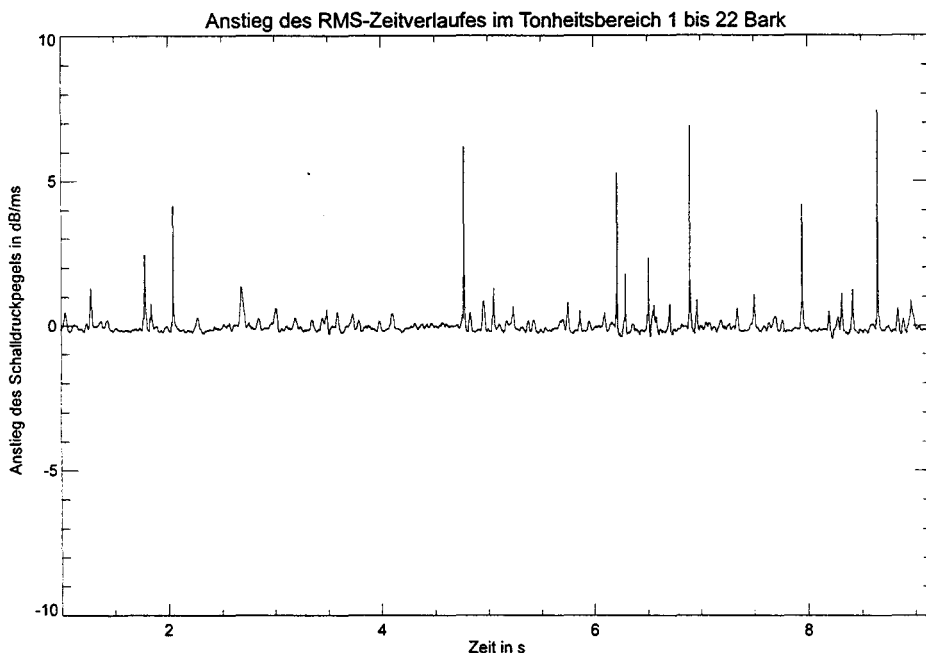


Abbildung 4-4: Anstieg des RMS-Zeitverlaufes zur Kennzeichnung eines impulshaltigen Klangbildes (Beispiel: Besteck einräumen)

4.2 Eigenschaften der Klangbilder mit Sprache

Prämisse für die Aufnahmen der Klangbilder mit Sprache war, in möglichst vielen Belangen eine gute Übereinstimmung mit den im Alltag vorkommenden Sprachsituationen zu erzielen. Die im Alltagsleben am häufigsten anzutreffende Form sprachlicher Kommunikation ist der Dialog, so daß auch die aufgenommenen Sprachszenen Dialogcharakter besitzen. Am Gespräch sind jeweils eine Sprecherin und ein Sprecher beteiligt. Damit sind unterschiedliche Stimmlagen im Sprachmaterial vertreten. Der Inhalt der Gespräche wurde so gewählt, daß jeweils ein logischer Zusammenhang zur Störgeräuschsituation besteht. So wurde u.a. für die Dialoge „im Großraumbüro“ Beispiele für eine dienstliche Kommunikation entworfen, und für die Dialoge „beim Tischdecken“ solche für Privatgespräche. Im Sinne der Allgemeinverständlichkeit wurden Wörter vermieden, die in der Alltagssprache selten verwendet werden oder nur einem speziellen Personenkreis geläufig sind.

Material

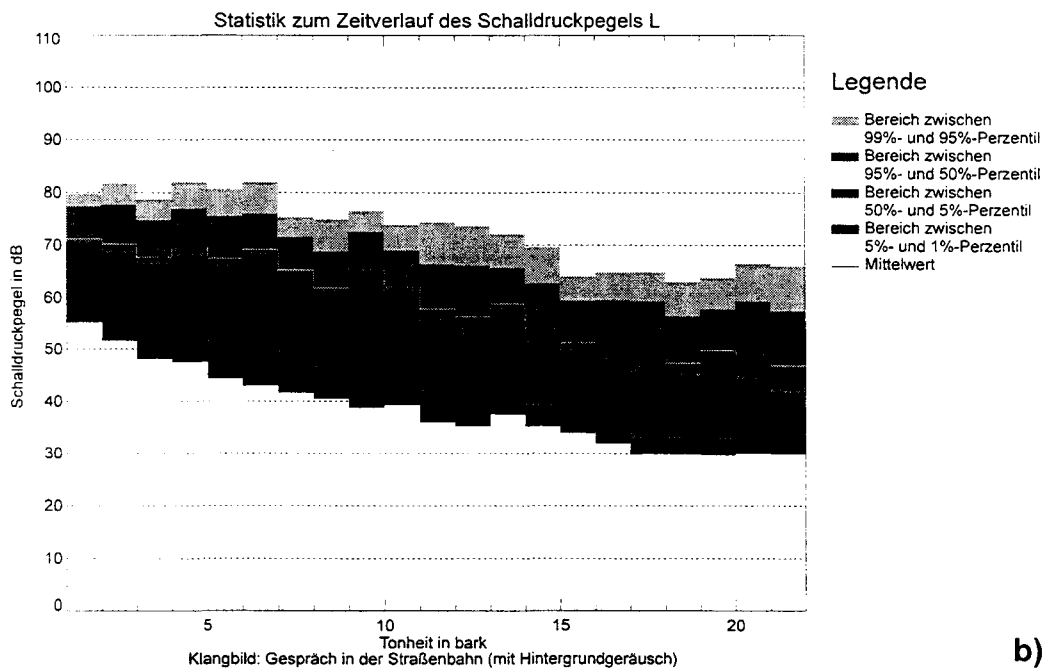
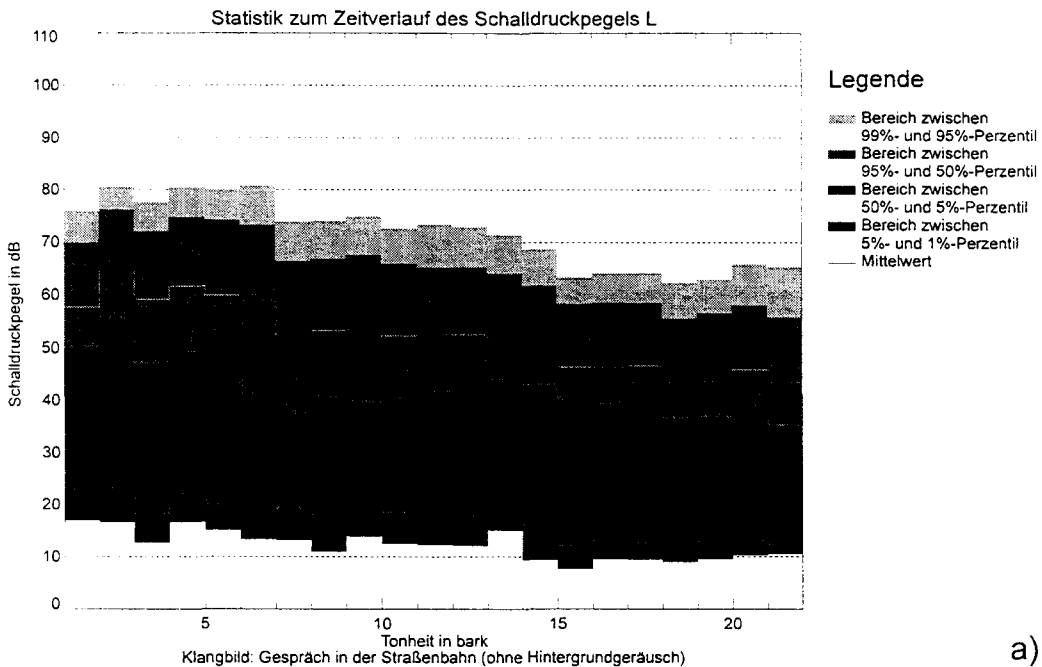


Abbildung 4-5: Demonstration der Verdeckungswirkung des Hintergrundgeräusches Straßenbahn. Während das Sprachsignal eine sehr große Dynamik aufweist (siehe Teilabbildung a), reduziert sich diese bei Störgeräusch (siehe Teilabbildung b). Bemerkenswert ist, daß offensichtlich der Verlauf der Spitzenpegel in beiden Teilabbildungen übereinstimmt und demnach allein durch das Sprachsignal bestimmt wird.

Insgesamt wurden für neun Hintergrundgeräusche jeweils fünf Dialoge erstellt und aufgezeichnet. Die Auswahl der Hintergrundgeräusche erfolgte derart, daß sie das Sprachsignal in unterschiedlicher Weise verdecken und damit auch verschiedene Schwierigkeitsgrade für die

Material

Sprachverständlichkeit bedingen. Allerdings ist bekannt, daß ein Sprecher in einer realen Störschallsituation durch Anheben seiner Stimme versucht, trotzdem verständlich zu bleiben. Dieses Anheben der Stimme hat zwei Aspekte. Einmal verschiebt sich die Grundfrequenz des Sprechers zu höheren Frequenzen hin. Zusätzlich wird der Sprechaufwand gesteigert, d.h. der Sprachpegel erhöht sich. Analysiert man die Frequenzabhängigkeit der Sprachpegelanhebung, zeigt sich, daß diese vorrangig im Bereich um 2,5 kHz stattfindet. Dieser Phänomen ist i.A. als Lombardeffekt bekannt.

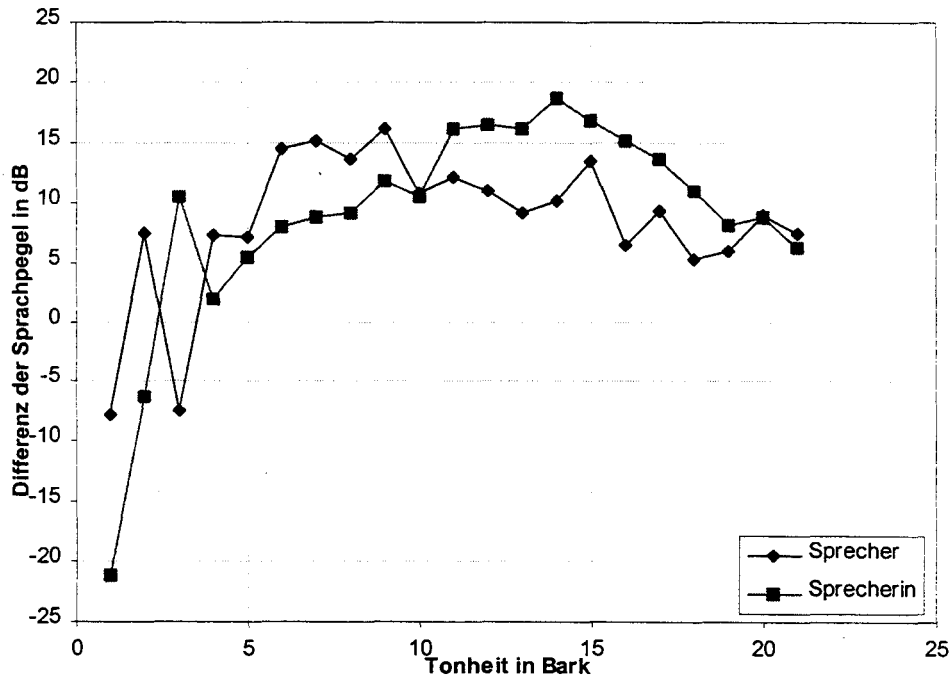


Abbildung 4-6: Anhebung des mittleren Sprachpegels durch verstärktes Hintergrundgeräusch. Verglichen wurden Passagen fließender Sprache eines Sprechers und einer Sprecherin bei einem Dialog mit leisem bzw. lautem Störgeräusch. Als Hintergrundgeräusche fungierten die Atmosphäre in einem Großraumbüro und der Lärm in einer Maschinenhalle.

4.3 Literatur

DIN 1320: Akustik - Begriffe

DIN 45631: Berechnung des Lautstärkepegels und der Lautheit aus dem Geräuschspektrum. 1991

ARMBRUSTER, J.M., MILLER, M.H. (1981). How to get the most out of your hearing aid. *Library of congress catalogue*, 1981/1986, Washington D.C.

BARHAM, L.J., STEPHENS, S.D.G. (1980). The use of an open-ended problems questionnaire in auditory rehabilitation. *British Journal of Audiology*. 14, 49-54.

CHUNG, S.M., STEPHENS, S.D.G. (1986). Factors influencing binaural hearing aid use. *British Journal of Audiology*. 20, 129-140.

COMBS, A. (1986). Hearing loss help. *Impact Publishers*. San Luis, California.

COX, R.M., GILMORE, C. (1990). Development of the profile of hearing aid performance (PHAP). *Journal of Speech and Hearing Research*. 33, 343-357.

Material

- EWERTSEN, H.W., BIRK-NIELSEN, H. (1973). Social Hearing Handicap Index. Social Handicap in Relation to Hearing Impairment. *Audiology*. 12, 180-187.
- GIOLAS, T.G., OWENS, E., LAMB, S.H. & SCHUBERT, E.D. (1979). Hearing Performance Inventory. *Journal of Speech and Hearing Disorders*. 29, 169-195.
- GOLABEK, W., NOWAKOWSKA, M. SIWIEC, H. & STEPHENS, S.D.G. (1988). *Self-reported benefits of hearing aids by the hearing impaired*. *British Journal of Audiology*. 22, 183-186.
- HAGGARD, M.P., FOSTER, J.R. & IREDALE, F.E. (1981). Use and benefit of postaural aids in sensory hearing loss. *Scand. Audiol.* 10, 45-52.
- HIGH, W.S., FAIRBANKS, G., & GLORIG, A. (1964). Scale for Self-Assessment of Hearing Handicap. *Journal of Speech and Hearing Disorders*.
- HUTTON, CH.L., CANAHL, J.A. (1985) Scaling patient reports of hearing aid benefit. *The journal of auditory research*, Vol. 25, 255-269.
- KAPTEYN, T.S. (1977). Satisfaction with fitted hearing aids. II. An investigation into the influence of psycho-social factors. *Scand. Audiol.* 6, 171-177.
- NOBLE, W.G. (1979). The hearing measurement scale as a paper-pencil form: preliminary results. *Journal of the American Auditory Society*. 5, 95-106.
- WALDEN, B.E., SCHWARTZ, D.M., WILLIAMS, D.L., HOLUM-HARDEGEN, L. & CROWLEY, J. (1983). Tests of the assumptions underlying comparative hearing Aid Evaluations. *Journal of Speech and Hearing Disorders*. 48, 264-273.
- WAYNER, D. S. (1990). The hearing aid handbook. Clinician's Guide to Client Orientation. *Clerk Books*, Gallaudet University Press. Washington, D.C.

5 Darbietungsmethodik - Urteilsstabilisierung durch zusätzliche visuelle Information über die Klangbildsituation

In Vorversuchen zur Lautheitsskalierung von natürlichen Klangbildern, unter Verwendung des offenen Kopfhörers AKG K1000, wurden teilweise für die Lautheitsskalierung untypisch hohe Streuungen festgestellt. Die Befragung der Probanden nach den Untersuchungen zeigte im wesentlichen zwei mögliche Ursachen: a) nicht alle Probanden konnten die Geräusche sicher erkennen, und b) die Geräuschquellen wurden von den Probanden in unterschiedlichen Entfernungen lokalisiert. Beide Fälle zeigen, daß die Lautheit von den Probanden nicht als Empfängerlautheit beschrieben wurde, d.h. die Probanden haben nicht ausschließlich den Schalldruck vor dem Trommelfell beschrieben, wofür keine Identifikation der Schallquelle und der Schallquellenentfernung notwendig ist, sondern Eigenheiten der Schallquelle (z.B. eher groß bzw. klein, generell laut bzw. leise, etc.) und die wahrgenommene Entfernung der Schallquelle mit berücksichtigt. Das bedeutet, daß zum einen die aus der Erfahrung bekannte Senderlautheit die Lautheitsurteile beeinflussen und zum anderen die geschätzte Schallquellenentfernung nach dem Prinzip: eine nähere Schallquelle ist bei gleichem Schalldruckpegel am Trommelfell leiser als eine Schallquelle in größerer Entfernung. Die Bedeutung der Schallquellenidentifikation für die Probanden zeigt außerdem, daß auch eine Art spezifischer Lautheit der Schallquelle Bedeutung für ihre Lautheitsbeurteilung hat. D.h. die dargebotene Kaffeemaschine ist für eine Kaffeemaschine laut oder leise, was zu einem höheren bzw. niedrigeren Urteil gegenüber der reinen Empfängerlautheit führen kann. Eine provisorische Stabilisierung der wahrgenommenen Schallquellenentfernung bei einigen ausgewählten Klangbildern (Gitarrespielen, Froschkonzert, Unterhaltung, Geschirr einräumen) durch Polaroid-Fotos führte zu einer Erniedrigung der interindividuellen Urteilsvarianz, welche aufgrund der geringen Anzahl von Probanden (n=5 je Gruppe) statistisch jedoch nicht signifikant ausfiel. Ein weiterer Grund könnte in der geringen Größe (9.1 cm * 7.35 cm) der Polaroid-Fotos liegen, die eventuell keine verlässliche Abschätzung des Schallquellenabstands vom Betrachter zuläßt.

Der Einfluß der wahrgenommenen Schallquellenentfernung auf die Lautheitsbeurteilung und der Einfluß der Versuchsbedingungen auf die Verschiebung der Lautheitsurteile in Richtung Senderlautheit bzw. Empfängerlautheit ist bereits vielfach untersucht worden. Grundlegend für diese Phänomene ist das psychologische Konzept der Wahrnehmungskonstanz. E. Schröger gibt in seiner Dissertation, die 1994 bei Hogrefe erschienen ist, einen sehr guten Überblick über verschiedene Definitionen und Sichtweisen zur Wahrnehmungskonstanz in der Psychologie, über auf diesem Gebiet vorliegende Ergebnisse und liefert schließlich einen eigenen Beitrag zu diesem Themenkomplex. Die wichtigsten für das Klangbildverfahren relevanten Erkenntnisse werden im folgenden Abschnitt geschildert.

5.1 Bezug auf die Literatur: Konstanz und Urteil - E. Schröger (1991)¹

Von Konstanz wird im allgemeinen gesprochen, „wenn der Wahrnehmungseindruck einer Reizdimension respektive das Urteil über diese Reizdimension weitgehend unverändert bleibt, obwohl sich eine oder mehrere Komponente(n) verändern, die vermeintlich den Eindruck (das Urteil) mitkonstituieren. Konstanz liegt also vor, wenn der Wahrnehmungseindruck (das Wahrnehmungsurteil) sich in geringerem Maße verändert als aufgrund der Veränderung einer oder mehrerer der vermeintlich den Eindruck (das Urteil) konstituierenden Komponente(n) erwartet wird.“ (S. 11).

Diese kompliziert klingende Definition, läßt sich am einfachsten durch einige Beispiele verständlich machen. Greife ich nach einem Bleistift, der vor mir auf dem Tisch liegt, und bewege ihn auf mein Gesicht zu, bis er nur noch 10-20 cm von meiner Nasenspitze entfernt ist, dann hat sich das Bild des Bleistifts auf meiner Netzhaut (das retinale Abbild) während dieser Aktion kontinuierlich verändert. Die retinale Größe des Abbilds wurde zunehmend größer, die Beleuchtung des Bleistifts hat sich eventuell verändert und damit die Helligkeit und/oder Farbe des retinalen Abbilds. Trotz dieser Veränderung des sogenannten proximalen Reizes (das retinale Abbild) ist meine Wahrnehmung/Beurteilung des distalen Reizes (der Bleistift) stabil geblieben. Der Bleistift hat während dieser Aktion weder seine Größe, noch seine Helligkeit oder Farbe geändert. Er blieb stets derselbe kurze, kräftig orange Bleistift. Diese Leistung, einen Reiz bei unterschiedlichen Betrachtungsperspektiven, unabhängig von diesen, als ein und denselben unveränderten Reiz zu erkennen, nennt man Konstanzleistung. Es gibt viele Beispiele für Konstanzleistungen, nicht nur die bereits erwähnte Größen-, Helligkeits-, Farb- und Formkonstanz, sondern auch die Tiefen- und Distanzkonstanz, die Richtungs-, Lage- und Raumkonstanz, die Gewichtskonstanz, und neben vielen anderen auch die Lautheitskonstanz.

In der ersten Definition der Lautheitskonstanz schreibt Schröger: „Lautheitskonstanz (loudness constancy): Die Lautheit eines Schallereignisses bleibt im Wechsel der Entfernung bis zu einem gewissen Maß konstant. Hörer sind in der Lage, bei der Beurteilung der Lautstärke von Schallereignissen die durch die Entfernung bedingten Pegelverluste in Rechnung zu stellen (z.B. Werner, 1922; Mohrmann, 1939; von Holst, 1957; Mershon, Desaulniers, Kiefer, Amerson & Mills 1980).“ (S. 9)

Werden wir noch einmal etwas abstrakter: der Konstanzbegriff wird häufig in einer etwas spezielleren Form gebraucht. „In dieser spezielleren Bedeutung meint Konstanz, daß der Eindruck (das Urteil) bezüglich eines bestimmten distalen Reizes (z.B. die Größe eines Gegenstandes) einigermaßen konstant bleibt, wenn sich andere distale (z.B. relative Entfernung der Gegenstände zueinander) und/oder proximale (z.B. retinales Abbild des Gegenstandes) Komponenten verändern. Man spricht folglich immer aus dem Blickwinkel des betreffenden distalen Reizes von Konstanz; d.h. man tut so, als ob vom Wahrnehmungssystem der betreffende distale Reiz intendiert ist.“ (S. 12) Der Unterschied zur ersten Definition ist eigentlich nur der, daß Konstanz nach der allgemeinen Definition sowohl auf den distalen wie auch den proximalen Reiz bezogen ist, d.h. immer dann gegeben ist, wenn das Wahrnehmungsurteil (A: der Bleistift wurde größer; B: der Bleistift blieb gleich groß) mit dem intendierten Pol (=interessierende Größe) übereinstimmt (A: retinales Abbild; B: der Bleistift selbst). Nach der

¹ Im folgenden Abschnitt beziehen sich in Klammer stehende Seitenangaben immer auf SCHRÖGER (1991).

Darbietungsmethodik

speziellen Definition interessiert man sich nur noch für die Übereinstimmung mit dem physikalisch bestimmten Gegenstand. Lautheitskonstanz nach der speziellen Definition ist dann gegeben, wenn ich den Düsenjäger, der in weiter Entfernung von mir im Tiefflug über ein Dorf jagt, als „sehr laut“ beurteile, auch wenn die Schalldruckpegel an meinem Trommelfell nur einem Urteil „mittel bis laut“ entsprechen.

Der wichtigste Faktor für Lautheitskonstanz ist die (objektive) Entfernung der Schallquelle bzw. die wahrgenommene (subjektive) Hörereignisentfernung. Die Entfernungsbestimmung kann visuell erfolgen, wobei primäre Tiefensignale wie die „*binokularen Informationen der Konvergenz und der Querdisparation sowie die monokularen Informationen der Bewegungsparallaxe und der Akkomodation*“ (S. 58) und sekundäre Tiefensignale wie „*Verdeckung, Helligkeitsrelief, Größenunterschiede, etc.*“ (S. 59) ausgewertet werden. Eine auditorische Entfernungsbestimmung kann ebenfalls mit einer mehr oder weniger hohen Zuverlässigkeit anhand verschiedener Merkmale der Schalle erfolgen. Die Entfernungsbestimmung fällt dabei umso genauer aus, je vertrauter die Schallquelle ist. Das gewichtigste Merkmal ist mit Sicherheit die Lautstärke, die nach dem Prinzip ausgewertet wird: je leiser das Geräusch, desto weiter ist die Schallquelle entfernt. Das Frequenzspektrum kann ebenfalls Hinweise auf die Entfernung geben: bis zu einem Meter Entfernung werden „*tieffrequente Spektralanteile stärker gedämpft als hochfrequente*“ (S. 61), bei Entfernungen über sieben bzw. fünfzehn Metern werden dagegen die hochfrequenten Spektralanteile stärker gedämpft. Für hohe Frequenzen könnten auch binaurale Intensitätsdifferenzen für die Entfernungsbestimmung ausgewertet werden. Reflektierte Wellen liefern über die Intensitätsunterschiede und Zeitverzögerungen ebenfalls Hinweise auf die Schallquellenentfernung, die nach MERSHON & KING (1975; zitiert nach SCHRÖGER) sogar eine absolute Entfernungsbestimmung ermöglichen sollen.

Lautheitskonstanz nach der speziellen Definition stellt die Hörgeräteanpassung vor ein Problem. Ist der intendierte Pol die Lautstärke der Schallquelle, dann werden relativ große Veränderungen der Übertragungscharakteristik des Hörgeräts nur vergleichsweise kleine Veränderungen der beurteilten Lautheit zur Folge haben, und damit wird die Hörgeräteleistung verzerrt abgebildet. Eine bessere Beurteilung der Hörgeräteleistung wäre dann gegeben, wenn der intendierte Pol die Empfängerlautheit ist, d.h. unabhängig von der Charakteristik der Schallquelle nur die Lautheit des Geräuschs beschrieben wird, das gerade „in meinen Ohren“ hörbar ist. Eine derartige Beschreibungshaltung für eingehende Umweltreize ist jedoch sehr unnatürlich und widerspricht der „normalen“ Aufgabe unseres Wahrnehmungssystems, Informationen über den Zustand der Umwelt und nicht über den Zustand unserer (physiologischen) Sensoren zu liefern. Es ist für uns in erster Linie wichtig zu erkennen, daß sich ein Fahrzeug (eine potentielle Gefahr) schnell nähert, und nicht daß die Geräusche, die ich gerade höre, schnell lauter werden und ihr Klang dabei heller wird. Die Annäherung des Fahrzeugs wird zwar unmittelbar erlebt, muß aber indirekt aus den Lautheits- und Klangfarbenveränderungen ermittelt werden. Die (spektralen) Merkmale der Geräusche und deren Veränderung über die Zeit sind in vielen Fällen nur die Basis für das Erleben von Eigenschaften des distalen Reizes wie Entfernung, Geschwindigkeit, Beschaffenheit, Bedrohlichkeit, ohne selbst bewußt erlebt zu werden. Es dürfte vor allem für Klangbilder, die sehr gut bekannt sind und für die die Kenntnis ihrer Eigenschaften sehr wichtig ist, enorm schwierig sein, diese Informationen weitgehend zu ignorieren und sich vorwiegend auf ihren Klang zu konzentrieren. Interessant ist in diesem Zusammenhang WARRENS Theorie des physikalischen Korrelats (1958, 1963, 1973a, 1973b, 1981), in der dieser sogar soweit geht zu behaupten, daß Lautheit nicht direkt

Darbietungsmethodik

verfügbar ist, sondern erst vermittelt über die primär erlebte Distanz einer Schallquelle entsteht. Eine Diskussion der Theorie und ihrer Kritik - z.B. von SCHARF & HELLMAN (1981) - würde hier jedoch zu weit führen.

Zu den frühesten Befunden, die für die Lautheitskonstanz sprechen, gehört eine Untersuchung von WERNER (1922) und deren Replikation und Erweiterung von OJIMA (1935). Werner ließ vier Versuchspersonen mit geschlossenen Augen angeben, wann Geräusche aus einem Vergleichslautsprecher ebenmerklich lauter/leiser bzw. ebenmerklich entfernter/näher waren, als dieselben Geräusche aus einem Standardlautsprecher. Variiert wurde dazu jeweils die Entfernung zwischen dem Vergleichslautsprecher und der Versuchsperson. Bei der Beurteilung der ebenmerklich veränderten Schallintensität wurden die Versuchspersonen angewiesen, die Entfernung der Schallquelle auf gar keinen Fall zu berücksichtigen. Für das Bemerkens eines Schallintensitätsunterschieds mußten die Vergleichslautsprecher für alle vier Versuchspersonen etwa dreimal so weit verschoben werden, wie für das Bemerkens eines Entfernungsunterschieds. Wurden die Versuchspersonen angewiesen, bei der Intensitätsschätzung die Entfernung der Schallquelle miteinzubeziehen, stiegen die notwendigen Distanzverschiebungen sogar auf das Sechsfache gegenüber der reinen Entfernungsbeurteilung an. 'Werner sieht damit „den Beweis geliefert, daß wir in das Intensitätserleben die Distanzauffassung zum Zwecke wahrnehmungsmäßiger Gestaltung mit hineinbeziehen“ (a.a.O. S80)' zitiert nach SCHRÖGER (S. 67). OJIMA nahm Bezug auf diese Untersuchung, ließ seine Versuchspersonen jedoch direkt die Lautstärke des Vergleichslautsprechers regeln. Der Standardreiz wurde mit 7 Phon direkt am Ohr der Versuchspersonen erzeugt. Der Vergleichslautsprecher war entweder 50, 300 oder 700 cm von der Versuchsperson entfernt und seine Lautstärke mußte jeweils mit geschlossenen Augen, unter Empfangseinstellung (nur der Schallpegel am Trommelfell interessiert) und unter Sendereinstellung (die Lautstärke der Schallquelle an ihrem Ort interessiert) gleich laut zum Standardreiz eingestellt werden. Dabei stellte sich heraus, daß sich die Einstellungen zu den verschiedenen Entfernungen des Vergleichslautsprechers unter Sendereinstellung kaum unterschieden, und daß unter Empfängereinstellung jeweils geringere Empfangspegel zur Lautheitsgleichheit ausreichten als mit geschlossenen Augen. Dies belegt, daß sowohl unter Sender- wie Empfangseinstellung Lautheitskonstanz, d.h. ein Einfluß der Schallquellenentfernung auf deren wahrgenommene Lautheit, gegeben ist, auch wenn diese unter Empfangseinstellung geringer ausfällt.

Vielfach zitiert sind auch die Ergebnisse von MOHRMANN (1939), der herausgefunden hat, daß die Lautheitskonstanz von drei Faktoren bestimmt wird: der Art des Geräuschs (Sprache, Musik, Metronom, motorähnliches Geräusch, 256 Hz Ton), der Meßsituation (Augen offen, Augen geschlossen, und unbekannter dunkler Versuchsraum) und der Empfangs- bzw. Sendereinstellung. Unter Sendereinstellung ist bei bekannten Geräuschen zu nahezu 100 Prozent Lautheitskonstanz gegeben, die bei geschlossenen Augen und noch mehr im dunklen Versuchsraum abnimmt. Bei unbekanntem Geräuschen fällt sie ebenfalls niedriger aus. Unter Empfangseinstellung ist die Abhängigkeit vom Geräusch fast verschwunden, dafür gibt es aber eine sehr starke Abhängigkeit von der Meßsituation: mit offenen Augen beträgt die Lautheitskonstanz noch etwa 50%, mit geschlossenen Augen sinkt sie auf etwa 33% und im dunklen Versuchsraum liegt sie bei 12-28 Prozent. Das Ergebnis zeigt, daß auch unter Empfangseinstellung und optimalen Bedingungen (unbekannter Raum und unbekanntes Geräusch) immer noch Lautheitskonstanz zu beobachten ist. Bei einer Vertauschung der Positionen von Standard- und Vergleichslautsprecher (ursprünglich Standard=nah, Vergleich=fern) ging die Lautheitskonstanz für alle Versuchsbedingungen unerklärlicherweise deutlich zurück. Dieser

Darbietungsmethodik

Effekt durch die Vertauschung wurde bei einer Untersuchung von SHIGENAGA (1962) nicht gefunden, die Konstanz stieg im Gegenteil sogar noch an, SHIGENAGA fand in dieser und einer weiteren Untersuchung (1965) Lautheitskonstanz sowohl unter Sendereinstellung wie auch unter Empfangseinstellung.

POLLACK (1952) stellte bei der Bestimmung der Lautheitsfunktion von Sprache mit der Halbierungs- und Verdoppelungsmethode indirekt fest, daß bei der Messung Lautheitskonstanz gegeben war, da die Versuchspersonen die proximalen Reizverhältnisse (d.h. die Trommelfellpegel) systematisch unterschätzten.

MERSHON et al. (1981) untersuchten den Einfluß des Frequenzspektrums und der Änderungen der Anteile des reflektierten Schalls auf die Lautheitskonstanz. In drei Täuschungsexperimenten, bei denen die Versuchspersonen mit Dummy-Lautsprechern über den wahren Ort der Schallquelle getäuscht wurde, stieg die direkte Größenschätzung der Lautheit mit zunehmender Distanz der Dummy-Lautsprecher an. *„Da der Reiz in den verschiedenen Entfernungskonstellationen jeweils derselbe war, kann der Lautheitsanstieg nur auf die sich vergrößernde wahrgenommene (scheinbare) Entfernung zurückgeführt werden. Die Autoren schlagen daher vor, die Lautheit als Funktion der Schallstärke am Ohr des Beobachters und der wahrgenommenen Entfernung der Schallquelle zu betrachten.“* (S. 88)

Auch phänomenologische Analysen sprechen für den Einfluß der Entfernung auf die Lautheitsbeurteilung. *„Nach von Holst (1957) beeinflusst die vermeintliche Entfernung der Schallquelle sogar die Lautheitsempfindung und nicht nur die Tendenz einen Schallreiz als laut oder leise zu beurteilen.“* (S. 94). Von Holst stützt diese These mit einem Beispiel von Lauten mit ungewöhnlichem Spektrum: *„Wir glauben, daß der Erzeuger dieses Lautes weiter von uns entfernt und daß die Schallquelle viel lauter sei. So geht es uns mit dem Kuckucksruf, der weit über das Land hinaus schallt, aber ganz zusammenschrumpft, wenn man den Urheber unerwartet nahe entdeckt.“* (zitiert nach SCHRÖGER, S. 94; kursive Hervorhebung des Zitats auch bei SCHRÖGER). SCHRÖGER selbst hat bei seinen experimentalpsychologischen Praktika festgestellt, daß viele Versuchspersonen bei Versuchen zur Lautheit spontan fragten, ob sie die Lautheit an ihrem Ort (d.h. die gehörte Lautheit) oder die Lautstärke der Schallquelle beschreiben sollten. *„Die Überzeugung vieler Personen von der Notwendigkeit einer Unterscheidung zwischen Sende- und Empfangspegel und die Ansicht mancher (nicht aller) Personen je nach Bedarf die Empfangs- respektive die Sendestärke beurteilen zu können, legen es nahe die intentionale Erreichbarkeit sowohl des Empfangs- wie auch der Sendestärke prinzipiell für möglich zu halten. Die Entscheidung darüber, ob dem so ist, bedarf des Vergleichs zwischen den tatsächlichen Empfangs- respektive Sendestärken und den vermeintlichen Empfangs- respektive Sendestärken.“* (S. 95) In seinen Untersuchungen fällt das Ergebnis jedoch unterschiedlich aus. Teilweise sprechen die Resultate für und teilweise gegen die Lautheitskonstanz unter Empfangseinstellung.

Zusammenfassend kann man feststellen, daß es viele Ergebnisse gibt, die einen Einfluß der Schallquellenentfernung (bzw. Hörereignisentfernung) auch unter Empfangseinstellung zeigen. D.h. der oben postulierte Vorteil einer Beschreibung der Empfangslautstärke für die Hörgeräteanpassung würde nicht ganz so groß ausfallen, wie erhofft. Auf der anderen Seite haben die Untersuchungen aber auch gezeigt, daß eine Empfangseinstellung zumindest zu einem gewissen Grad eingenommen werden kann, obwohl dies der „normalen“ Arbeitsweise unseres Wahrnehmungssystems widerspricht. Leider sind die Ergebnisse stark methodenabhängig und damit nicht ohne weiteres auf andere Versuchsanordnungen generalisierbar.

Nachdem aber ein Einfluß der Schallquellenentfernung auch unter Empfangseinstellung auf gar keinen Fall ausgeschlossen werden kann, sollte diese als (Stör-)Varianzquelle für die Lautheitsurteile ausgeschlossen werden. Durch eine geeignete Darbietungsmethodik muß dafür gesorgt werden, daß die Lokalisation der Schallquelle von allen Probanden übereinstimmend erfolgt. Kann dies gewährleistet werden, geht diese Größe höchstens als konstanter Fehler in die Messung ein, und kann durch den Bezug der individuellen Lautheitsurteile bei der Hörgeräteanpassung auf eine unter gleichen Bedingungen erhobene Norm vernachlässigt werden.

5.2 Visuelle Information über die Schallquellenentfernung durch Diaprojektion

Ziel der nachfolgend geschilderten Untersuchungen war es, herauszufinden, ob eine Stabilisierung der Geräuschquellenentfernung durch zusätzliche visuelle Informationen über die relative Position der Schallquelle zum Beurteiler zu interindividuell übereinstimmenderen Lautheitsurteilen führt. In der ersten Untersuchung wurde dazu ein Diapositiv, welches aus der Mikrofonposition von der Aufnahmeumgebung gemacht wurde, auf eine Leinwand vor dem Probanden projiziert. Die Brennweite des Objektivs wurde jeweils so gewählt, daß die Entfernungsrelation zwischen Vordergrund, Schallquelle und Hintergrund eine unmittelbare Abschätzung der Entfernung ermöglicht. Für die Wiedergabe wurde die Projektionsleinwand so aufgestellt, daß sie sich genau zwischen den beiden Lautsprechern befand. Es wurde erwartet, daß es für alle lokalisierbaren Schallquellen, d.h. alle nicht diffusen Schallquellen, eine höhere Übereinstimmung zwischen den Urteilen der Probanden gibt, wenn die zusätzliche visuelle Information geboten wird. Zur Prüfung wurde die Varianz der Urteile herangezogen. Der Vergleich zwischen den Lautheitsurteilen für die beiden Darbietungsbedingungen „ohne Dia“ und „mit Dia“ reicht allein nicht zur Klärung aus. Die visuelle Information könnte eine von der auditiven Information abweichende Lautheit beinhalten. Dies könnte z.B. über die spezifische Lautheit von Objekten oder Situationen erfolgen: Diese Drehbank sieht so aus, als ob sie sehr laut sein muß; an diesem See im Wald muß es sehr ruhig sein. Trifft dies zu, besteht die Möglichkeit, daß die visuelle Information das Lautheitsurteil dominiert und eine Reduzierung der Varianz eintritt. Die Urteile selbst werden dann nicht mehr valide für die akustischen Aufnahmen sein. Für den Einsatz der Bildunterstützung bei der Hörgeräteanpassung wäre dies besonders kritisch, da hier eventuell die Auflösung des Verfahrens für Lautheitsunterschiede erheblich herabgesetzt wird. Aus diesem Grund muß auch die Lautheit erfaßt werden, die mit der rein visuellen Information verknüpft ist. Dies kann über die Skalierung der erwarteten Lautheit für die im Bild enthaltenen Geräuschquelle erfolgen, wenn nur das Dia projiziert wird, ohne akustische Darbietung des Klangbilds. Zusätzlich kann diese Information noch durch die Prüfung der Sensitivität der Lautheitsskalierung für Schallpegeländerungen der Originalaufnahmen ergänzt werden. Das heißt, daß bei einer Absenkung der Originalschallpegel auch eine geringere Lautheit resultieren müßte, wenn die Bildinformation eine zuverlässige Verankerung der Schallquellenentfernung bewirkt. Trifft dies zu, muß in dieser Bedingung mit einer erhöhten Varianz für alle Klangbilder gerechnet werden, die eine den Probanden gut bekannte Schallquelle repräsentieren, da die aufgrund der Hörerfahrung erwartete Lautheit und die tatsächlich gegebene Lautheit nicht übereinstimmen.

Darbietungsmethodik

5.2.1 Material

Die Klangbilder, die zu einer solchen Untersuchung verwendet werden, müssen eine genügende Variationsbreite für folgende Parameter haben: Lautheit, Entfernung und punktförmig vs. diffus lokalisiert. Da kein Projektor ohne Lüfter zur Verfügung stand, ist die niedrigste untersuchbare Lautheit vom Lüftergeräusch determiniert, das an der Abhörposition der Probanden mit „leise - KU15“ skaliert wurde. Für die Variation der Entfernung wurden Klangbilder ausgewählt, die bei der Aufnahme zum Mikrofon sowohl näher als auch weiter entfernt waren, als die Entfernung der Probanden zu den Lautsprechern von 1.5 m. Die Auswahl der Klangbilder kann der **Tabelle 5-1** entnommen werden.

Die Diapositive wurden jeweils aus der Mikrofonposition von der Aufnahmeumgebung gemacht. Für 18 der 25 Klangbilder lagen Aufnahmen der Originalsituation vor, bei sieben Klangbildern wurden die Situationen entsprechend nachgestellt. Da letztere alle im häuslichen Bereich lagen, stellte dies kein großes Problem dar. In der Tabelle ist zu jedem Klangbild angegeben, ob das Dia in der Originalsituation aufgenommen wurde, oder ob es nachträglich entstand. Im Anhang B sind die später verwendeten Papierbilder als gescannte Versionen enthalten. Die Ausdrücke ermöglichen einen Eindruck von der in den Bildern enthaltenen Entfernungsinformation.

Darbietungsnummer	Klangbild (= Ansagetext des Klangbilds)	Schallquellenentfernung / m	Foto der Originalsituation?
1	Straße mit starkem Verkehr	3.0	ja
2	Waschmaschine beim Schleudern	0.8	ja
3	Durchsage am Bahnsteig	10.0	ja
4	Plätschern eines Baches	2.0	ja
5	blökende Schafherde	4.0	ja
6	Kreissäge im Leerlauf	1.2	ja
7	pfeifender Dampfkessel	0.8	ja
8	rauschender Wasserfall	12.0	ja
9	Kaffemaschine gegen Ende des Wasserdurchlaufs	0.8	nein
10	Drehbank im Leerlauf	1.0	ja
11	Fernsehen im Wohnzimmer bei Zimmerlautstärke	2.4	ja
12	Stadionatmosphäre mit Sprechchören	--	ja
13	Staubsaugen auf Teppich und Parkett	2.0	nein
14	selbst Zeitungspapier zerknüllen	0.5	nein
15	Geschirr in Schrank einräumen	0.5	nein
16	Froschkonzert an einem Weiher im Wald	--	ja
17	Edelstahlöpfe in einen Schrank einräumen	0.6	nein
18	selbst stärkeres Papier mit Schere schneiden	0.5	nein
19	Zug fährt am Bahnübergang vorbei	3.5	ja
20	Geschirrspülen mit Klappen und Wasser wegschütten	1.2	ja
21	Fräsmaschine im Leerlauf	0.8	ja
22	selbst die Zeitung durchblättern	0.5	nein
23	Besteck in Schublade einräumen	1.0	ja
24	leichter Regen auf Rasen und Hof vom offenen Fenster aus	--	ja
25	Dunstabzugshaube in Betrieb	0.6	ja

Tabelle 5-1: Die Reihenfolge der ausgewählten Klangbilder in der Untersuchung. Zu jedem Klangbild ist der Abstand zwischen Mikrofon und Schallquelle angegeben, sofern es sich um eine eindeutig lokalisierbare Schallquelle handelt.

5.2.2 Versuchsraum, Apparatur und Kalibrierung

Die Untersuchung wird in einem schall- und reflexionsgedämpften Kellerraum des Instituts durchgeführt. Die Darbietung der Klangbilder erfolgt über einen DAT-Rekorder. Die Mitte/Seite-Aufnahmen werden mit einer Matrix in X/Y-Stereophonie umgewandelt, bevor sie mit einem Verstärker LUXMAN LV113 verstärkt und über zwei VISATON Nahfeldmonitore NF400 wiedergegeben werden. Die beiden Lautsprecher und der Proband befinden sich an den Ecken eines gleichseitigen Dreiecks mit einer Seitenlänge von 1.5 m. Hinter dem Probanden befindet sich oberhalb seines Kopfes der Diaprojektor, mit dem die Dias auf eine Leinwand zwischen den beiden Lautsprechern projiziert werden. Die räumliche Versuchsanordnung kann **Abbildung 5-1** entnommen werden.

Die Kalibrierung erfolgte standardmäßig über das 80-dB CCITT-Rauschen, wie oben beschrieben.

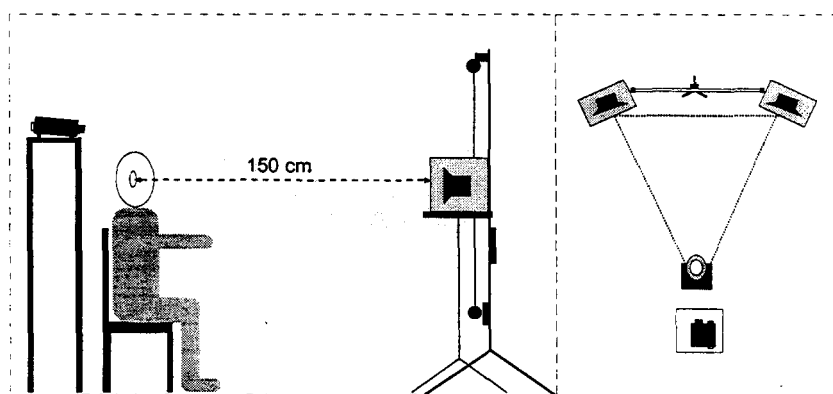


Abbildung 5-1: Räumliche Anordnung von Proband, Diaprojektor, Lautsprecher und Leinwand

5.2.3 Versuchsplan

Zur Überprüfung der oben diskutierten Hypothesen mußten vier Untersuchungsbedingungen realisiert werden:

- „Lautheitsbeurteilung der Klangbilder ohne Diaprojektion“, im Folgenden mit OD abgekürzt.
- „Lautheitsbeurteilung der Klangbilder mit Diaprojektion“, im Folgenden mit MD bezeichnet.
- „Lautheitsbeurteilung der Klangbilder mit Diaprojektion bei einer Absenkung des Darbietungspegels um 6 dB“, im Folgenden mit MD-6 bezeichnet.
- „Angabe der erwarteten Lautheit bei Diaprojektion **ohne** Geräuschdarbietung“, im Folgenden mit ND abgekürzt.

Diese vier Bedingungen können aufgrund der zu erwartenden Übertragungseffekte nur mit unabhängigen Versuchsgruppen untersucht werden, d.h. jeder Proband nimmt nur an einer Bedingung teil. Die Reihenfolge der Klangbilder ist für alle Bedingungen und Probanden

Darbietungsmethodik

gleich. Aus Zeitgründen wurde jedes Klangbild von jedem Probanden nur einmal beurteilt. Da der Lüfter des Diaprojektors ein leises Störgeräusch abgab, lief der Diaprojektor auch während der Versuchsbedingung „Lautheitsbeurteilung der Klangbilder ohne Bildunterstützung“. Auf diese Weise ist sichergestellt, daß die eventuelle Lautheitsdrosselung bzw. generelle Störwirkung des Lüftergeräuschs in allen Versuchsbedingungen konstant war.

Je Versuchsbedingung sollten 15 Probanden (Studenten und Studentinnen der Fachsemester 1-4) untersucht werden, aufgrund eines Zuordnungsfehlers befinden sich jedoch in der Bedingung OD 16 Probanden und in der Bedingung MD-6 nur 14 Probanden.

5.2.4 Instruktion

In der Instruktion wurden die Probanden zunächst mit der zweistufigen Skalierung mit dem Kategorienunterteilungsverfahren vertraut gemacht und ihnen kurz der Versuchsablauf geschildert. Sie wurden darauf hingewiesen, daß einige der Alltagsgeräusche, die sie hören würden, Lautheitsschwankungen aufweisen und sie sich für ihr Lautheitsurteil an den laueren Passagen orientieren sollten. In der Bedingung MD wurden ihnen zusätzlich erklärt, daß sie zu jedem Geräusch auch ein Dia sehen würden, auf dem die Geräuschquelle bzw. Geräuschsituation aus der Perspektive des Zuhörers (bzw. des Aufnahmемikrophons) zu sehen ist. Den Probanden der Bedingung ND wurde mitgeteilt, daß sie nur ein Dia einer Geräuschquelle bzw. einer Geräuschsituation aus der Perspektive eines Zuhörers sehen würden, ohne das entsprechende Geräusch zu hören. Ihre Aufgabe bestünde darin, anzugeben, welche Lautheit die Schallquelle für einen Zuhörer an diesem Ort hat. Vor jeder Geräuschdarbietung und/oder Diaprojektion wurde das entsprechende Geräusch in allen Versuchsbedingungen mit der gleichen Beschreibung angekündigt. Die verbale Beschreibung jedes Klangbilds kann **Tabelle 5-1** entnommen werden.

5.2.5 Ergebnisse

Für den Vergleich der Ergebnisse zwischen den Versuchsgruppen wurden jeweils die arithmetischen Mittelwerte, Standardabweichungen, Varianzen, Minimal- und Maximalurteile berechnet. Die einzelnen Kennwerte und die F-Brüche für die Bedingungen „ohne Dia“ und „mit Dia“ können **Tabelle 5-2** entnommen werden.

Beim Vergleich der mittleren Lautheitsurteile für alle Klangbilder zwischen allen Bedingungen wurde erwartet, daß sich die Mittelwerte der Lautheitsurteile in den beiden Bedingungen OD und MD kaum unterscheiden und die Urteile in der Bedingung MD-6 etwa 2-4 Skalenteile niedriger liegen als in der Bedingung MD. Im Falle einer systematischen Nichtübereinstimmung der Urteile zwischen OD und MD, die auf eine von der auditiven Information abweichende Bildinformation zurückzuführen ist, sollten die Urteile der Bedingung MD in Richtung der Urteile in der Bedingung ND verschoben sein.

Darbietungsmethodik

Klangbild	ohne Dia		mit Dia		F-Bruch	mit Dia -6 dB		F-Bruch	nur Dia	
	arithm. Mittel	Std.-abw	arithm. Mittel	Std.-abw	OD/MD	arithm. Mittel	Std.-abw	OD/MD-6	arithm. Mittel	Std.-abw
leichter Regen	10.00	5.15	13.67	5.11	1.02	10.57	3.08	* 2.80 *	10.67	6.44
Papier schneiden	15.53	6.06	16.87	4.03	* 2.26 *	12.21	3.77	* 2.58 *	13.07	5.54
plätschernder Bach	17.60	4.90	16.93	3.37	* 2.11 *	15.07	4.12	1.41	15.93	4.15
blökende Schafe	18.87	5.83	19.27	2.71	* 4.63 *	18.14	4.35	1.80	22.47	5.01
Zeitung durchblättern	19.33	7.00	20.13	5.17	1.83	17.29	5.37	1.70	12.67	7.00
Kaffeemaschine	21.27	5.06	20.73	2.96	* 2.92 *	19.36	4.01	1.59	23.40	5.37
Staubsaugen: Teppich, Parkett	21.47	4.76	22.73	3.45	1.90	21.36	4.29	1.23	32.93	8.44
Fernsehen	22.33	3.39	23.73	2.09	* 2.63 *	19.57	3.59	0.89	24.53	3.00
Froschkonzert	23.00	6.58	24.00	3.32	* 3.93 *	22.57	5.84	1.27	28.73	6.23
Dunstabzug (Stufe 2)	23.33	5.21	24.47	4.02	1.68	21.43	6.31	0.68	27.33	8.60
pfieflender Dampfkessel	24.07	6.76	23.67	4.03	* 2.81 *	21.64	8.45	0.64	40.87	4.82
Zeitung zerknüllen	24.60	4.69	25.47	4.61	1.04	24.71	8.08	(* 0.34 *)	18.87	5.95
Geschirrspülen	26.93	8.28	24.07	5.79	* 2.05 *	23.00	5.48	* 2.28 *	25.00	5.73
Waschmaschine schleudert	30.67	6.18	29.27	4.80	1.66	26.21	6.72	0.85	29.20	6.01
Fräsmaschine im Leerlauf	30.67	5.54	30.60	4.81	1.33	28.00	5.49	1.02	33.93	8.62
Töpfe einräumen	31.93	5.40	30.67	3.18	* 2.88 *	28.00	6.67	0.66	29.53	7.00
Geschirr einräumen	33.20	8.20	30.67	6.15	1.78	28.86	7.89	1.08	24.20	7.11
Drehbank im Leerlauf	33.80	5.32	33.80	4.75	1.25	30.64	6.31	0.71	30.67	7.24
rauschender Wasserfall	34.53	3.87	35.40	5.73	(* 0.46 *)	34.64	4.34	0.80	30.40	7.45
Bahnsteigdurchsage	37.00	5.81	32.93	4.82	1.45	34.07	6.21	0.88	29.27	4.95
Besteck einräumen	39.20	5.32	36.33	5.89	0.82	34.21	6.69	0.63	23.67	7.22
stark befahrene Straße	39.67	5.60	37.67	3.58	* 2.45 *	37.79	2.83	* 3.92 *	38.60	3.09
Zug fährt vorbei	45.13	3.91	47.47	2.97	1.73	44.93	5.06	0.60	39.60	7.41
Stadionatmosphäre	46.13	3.27	45.27	3.28	0.99	43.36	4.09	0.64	38.67	5.00
Kreissäge im Leerlauf	47.20	3.67	47.47	3.00	1.50	45.36	2.41	* 2.32 *	32.87	8.62

Tabelle 5-2: Mittelwerte und Standardabweichungen je Klangbild für alle Versuchsgruppen. Zusätzlich sind die F-Brüche für die Varianzverhältnis „ohne Dia/mit Dia“ und „ohne Dia/mit Dia -6dB“ angegeben. Signifikante Ergebnisse ($\alpha=10\%$) sind mit Sternchen gekennzeichnet. Bei „rauschender Wasserfall“ und „Zeitung zerknüllen“ ist das jeweils umgekehrte Varianzverhältnis statistisch signifikant, weshalb die F-Brüche in Klammern gesetzt sind.

Abbildung 5-2 und **Tabelle 5-2** zeigen die arithmetischen Mittelwerte für alle vier Darbietungsbedingungen im Vergleich. Die Klangbildabfolge ist nach den Ergebnissen der Bedingung „Geräuscharbietung ohne Diaprojektion“ aufsteigend sortiert. Wie erwartet unterscheiden sich die Lautheitsurteile für die beiden Bedingungen OD und MD nicht systematisch: die Verteilung der Differenzen ist symmetrisch und es gibt keine Abhängigkeit der Differenz von der Lautheit des Klangbilds. In 12 Fällen ist die mittlere Lautheit in der Bedingung OD niedriger, in 12 Fällen ist sie höher als in der Bedingung MD und in einem Fall ist sie genau gleich. Die mittlere Differenz über alle Klangbilder beträgt 0.17 Skalenteile bei einer Standardabweichung von 1.79 Skalenteilen; die mittlere positive Differenz beträgt 1.50 Skalenteile (Maximum: 4.07 Skalenteile); die mittlere negative Differenz beträgt -1.14 Skalenteile (Maximum: -3.67).

Darbietungsmethodik

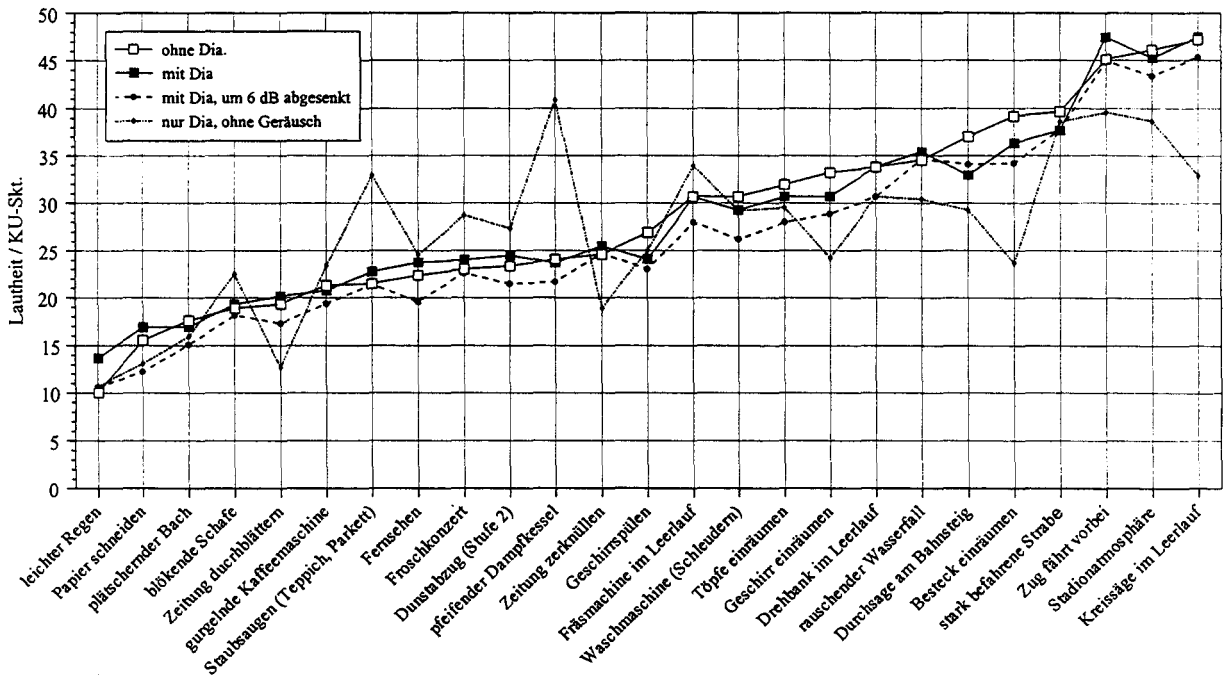


Abbildung 5-2: Mittlere Lautheitsurteile für alle Klangbilder und Versuchsbedingungen. Die Klangbilder sind für die Bedingung „Geräuscharbeitung ohne Diaprojektion“ nach aufsteigenden Mittelwerten sortiert. Für eine bessere Vergleichbarkeit der vier Versuchsgruppen wurden die Mittelwerte durch Linien verbunden, obwohl die Abszisse nur nominal ist.

Die beurteilten Lautheiten in der Bedingung MD-6 liegen im Mittel um 2.01 Skalenteile niedriger als in der Bedingung MD. Die Differenzen sind normalverteilt mit einem μ von 2.08 Skalenteilen und einem σ von 1.27 Skalenteilen. Die Differenz fällt nicht so hoch aus wie erwartet, aber sie zeigt, daß tatsächlich die reine akustische Information beurteilt wird, ohne einen merklichen Einfluß der visuellen Information.

Dieser Schluß wird auch durch die Ergebnisse in der Bedingung ND gestützt. Hier hatten die Probanden die Aufgabe nur anhand der Bildinformation und der Ansage des Geräuschs (z.B. „Fernsehen im Wohnzimmer bei Zimmerlautstärke“) die Lautheit der Schallquelle zu schätzen, ohne daß sie das Geräusch hörten. Sie mußten sich ganz auf ihre bisherige spezifische oder unspezifische Hörerfahrung mit der Schallquelle und auf die visuelle Information über deren Größe und Entfernung verlassen. In der Instruktion wurde darauf hingewiesen, daß die Bilder die relative Position zwischen dem Probanden und Schallquelle zeigen, und daß diese für die Beurteilung der erwarteten Lautheit berücksichtigt werden muß. Die erwarteten Lautheiten weichen in einigen Fällen erheblich von den Lautheitsurteilen der anderen Versuchsgruppen zu den akustisch dargebotenen Geräuschen ab. So wurde z.B. der „pfeifende Dampfkessel“ um 15 Skalenteile lauter erwartet als er tatsächlich ist, und das „Besteck einräumen“ wurde um etwa denselben Betrag leiser erwartet, als es in Wirklichkeit ist. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, daß die vorliegenden Aufnahmen nicht unbedingt den Alltagsprototypen dieser Schallquellen entsprechen. Für neun Klangbilder sind die Urteile in der Bedingung MD in Richtung der Urteile in der Bedingung ND verschoben, für sechs Klangbilder liegen sie in der entgegengesetzten Richtung. Die Differenz zwischen der erwarteten Lautheit (ND) und der rein akustisch erzeugten Lautheit (OD) steht auch in keinem quantitativen Zusammenhang mit der Abweichung zwischen der Lautheit mit (MD) und ohne Bildunterstützung (OD). Dies

Darbietungsmethodik

und die Ergebnisse mit der Bedingung MD-6 sprechen gegen einen systematischen Beitrag der visuellen Information zu der absoluten Höhe der Lautheitsurteile.

Abbildung 5-3 zeigt die Standardabweichungen der Lautheitsurteile zu jedem Klangbild für alle vier Versuchsgruppen im Vergleich. Die Klangbilder sind nach dem F-Bruch der Varianzen OD/MD absteigend sortiert, d.h. links befinden sich große Varianzunterschiede, rechts kleine. Bei insgesamt 20 Klangbildern wird die Varianz der Lautheitsurteile durch die zusätzliche visuelle Information reduziert, in drei Fällen gibt es keinen Unterschied und in zwei Fällen wird die Varianz sogar erhöht. Setzt man aufgrund des heuristischen Charakters der Untersuchung ein Signifikanzniveau von 10% an, um keine potentiellen Unterschiede zu übersehen, werden 11 der 22 Varianzunterschiede signifikant. Darunter sind 10 Varianzverminderungen und eine Varianzerhöhung.

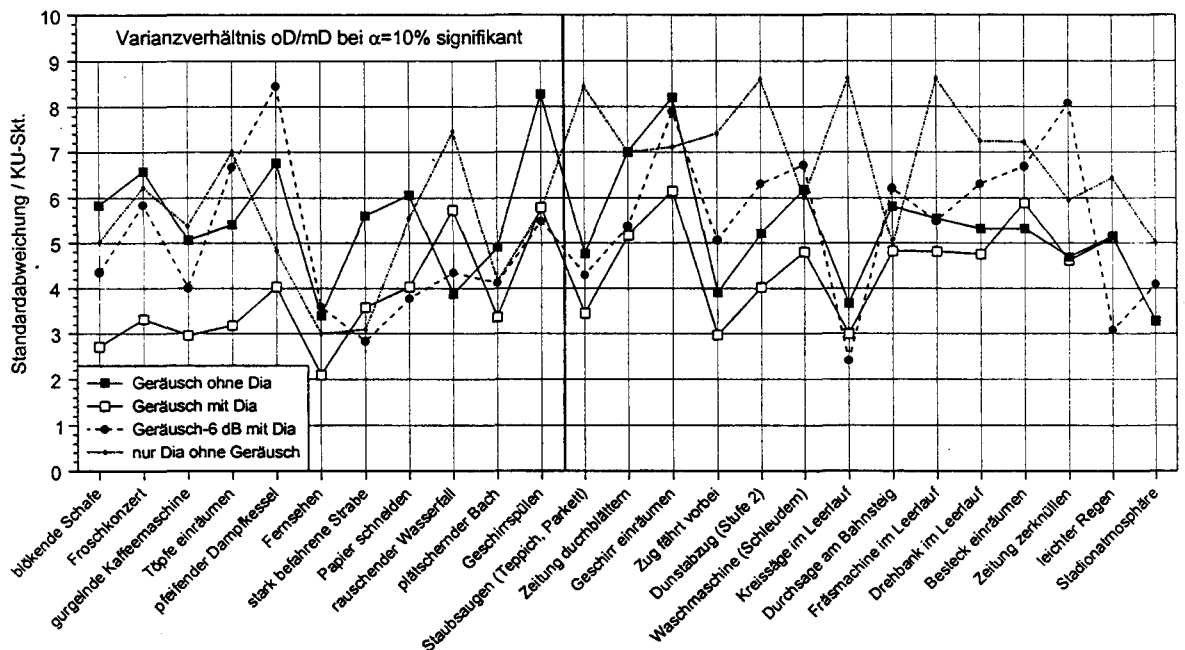


Abbildung 5-3: Standardabweichungen für alle Klangbilder und die drei Versuchsbedingungen „Geräuschdarbietung ohne Diaprojektion“, „Geräuschdarbietung mit Diaprojektion“ und „Lautheitsbeurteilung der Geräuschquellen aufgrund der Dias - ohne Geräuschdarbietung“. Die Klangbilder sind nach dem F-Bruch der Varianzen OD/MD absteigend sortiert. Die 11 signifikanten F-Brüche ($\alpha=10\%$) befinden demnach im linken Bereich des Diagramms und sind durch eine senkrechte Linie von den nicht signifikanten Ergebnissen abgetrennt.

Ein systematischer Zusammenhang zwischen der Entfernung der Schallquelle und der Varianzveränderung durch die Bildinformation besteht nicht. **Tabelle 5-3** zeigt, daß sich die Fälle der Varianzreduktion annähernd gleich über den gesamten Entfernungsbereich verteilen. Auch die Ausdehnung der Schallquelle hat keinen systematischen Effekt: sechs Klangbilder (Fernsehen, Kaffeemaschine, Dampfkessel, Töpfe einräumen, Geschirr spülen, Papier schneiden), bei denen eine Varianzreduktion erfolgte, können annähernd als Punktschallquellen klassifiziert werden, während die anderen vier (Bachplätschern, Straße, Froschkonzert, Schafherde) eher diffus lokalisiert sind.

Darbietungsmethodik

Entfernung/m	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	2.0	2.4	3.0	3.5	4.0	10.0	12.0	..-
alle Fälle	4	2	4	2	2	2	1	1	1	1	1	1	3
Varianzreduktion	1	1	2	-	1	1	1	1	-	1	-	-	1
Varianzerhöhung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-

Tabelle 5-3: Häufigkeit der Schallquellenentfernungen im Versuch und die Häufigkeit der Varianzreduktion und Varianzerhöhung bei jeder Entfernung.

Vergleicht man die Urteilsvarianzen der Bedingungen MD und MD-6, dann wird deutlich, daß die Absenkung des Originalpegels um 6 dB, wie erwartet, zu einer Destabilisierung der Urteile führte. Die Urteilsvarianzen sind in der Bedingung MD-6 für 19 Klangbilder größer als in der Bedingung MD. Von diesen 19 Fällen sind 8 statistisch signifikant ($\alpha=10\%$; 7 Fälle bei $\alpha=5\%$). Von den 6 Fällen, bei denen die Varianz in der Bedingung MD höher ist als in der Bedingung MD-6, ist nur ein Fall statistisch signifikant. Die Varianzerhöhung durch die Pegelveränderung gegenüber der Bedingung MD hat zur Folge, daß von den ursprünglich 10 statistisch signifikanten Stabilisierungen durch die Bildinformation nur noch drei übrig bleiben: „Papier schneiden“, „Geschirr spülen“, „stark befahrene Straße“. Auf der anderen Seite werden in der Bedingung MD-6 die Differenzen für die beiden Klangbilder „leichter Regen“ und „Kreissäge im Leerlauf“ gegenüber der Bedingung OD signifikant. Für das Klangbild „leichter Regen“ kann dies darauf zurückgeführt werden, daß dessen Lautheit durch die Absenkung um 6 dB viel stärker vom Lüftergeräusch des Diaprojektors bestimmt und damit auch stabilisiert wird, und für das Klangbild „Kreissäge im Leerlauf“ bewirkte die Absenkung, daß keine übertrieben hohen Urteile in der Kategorie „schmerzhaft laut“ mehr vorkamen.

5.2.6 Zusammenfassung und Diskussion

Die mittleren Urteile je Klangbild unterscheiden sich zwischen den Darbietungsbedingungen „ohne Dia“ und „mit Dia“ nicht systematisch. Die Differenzen sind normal verteilt mit einem Mittelwert von 0.17 Skalenteilen und einer Standardabweichung von 1.79 Skalenteilen. Sie stehen in keinem qualitativen oder quantitativen Zusammenhang mit den erwarteten Lautheiten, die die Probanden der reinen Bildinformation zuordneten. Die Klangbilder, die um 6 dB gegenüber der Originalaufnahme abgesenkt waren, wurden im Mittel um 2 Skalenteile leiser eingestuft. Diese Ergebnisse zeigen, daß die Bildinformation keinen systematischen Einfluß auf die absolute Größe der Lautheitsurteile hat.

Die Urteilsvarianz wird dagegen deutlich durch die Bildinformation beeinflusst. Für 20 von 25 der ausgewählten Klangbilder konnte die visuelle Information über die Entfernung der Schallquelle vom Zuhörer eine Reduzierung der Urteilsstreuung bewirken, wobei 10 Fälle statistisch signifikant sind. Es gab zwei Zunahmen der Urteilsvarianz, aber nur für das Klangbild „rauschender Wasserfall“ bewirkte die Bildinformation eine deutliche Zunahme der Urteilsvarianz, die auch statistisch bedeutsam ist. Dieses Klangbild bildet insofern eine Ausnahme als es nicht als natürliches Geräusch erkennbar ist, sondern wie technisch erzeugtes weißes Rauschen klingt. Das Geräusch an sich enthält keine verwertbare Entfernungsinformation und wird von den befragten Zuhörern übereinstimmend in der Ebene der Lautsprecher lokalisiert. Die zusätzliche visuelle Entfernungsinformation, die das Geräusch in ca. 12 Metern Entfernung weit hinter die Lautsprecherebene plaziert, führt zu einem starken Konflikt mit der akustisch wahrgenommenen Entfernung. Dieser Widerspruch zwischen auditiver und visueller

Entfernungsinformation läßt den Probanden Freiraum für eine unterschiedliche Gewichtung dieser Informationen. Dies muß zwangsläufig zu einer deutlich erhöhten Urteilsstreuung führen.

Ein weiterer Hinweis auf die Bedeutung der Bildinformation liefern die Urteilsstreuungen der Bedingung MD-6, bei der die Klangbilder um 6 dB leiser vorgespielt wurden als die Originalaufnahmen. Physikalisch wäre die Absenkung um 6 dB einer Verdoppelung der Entfernung äquivalent, nach einer Untersuchung von BÉKÉSY (1949)¹ bleibt die Hörereignisentfernung jedoch mit wachsender Schallquellenentfernung hinter dieser zurück. D.h. es muß mit einer Verlagerung des Hörereignisses gerechnet werden, die deutlich geringer ausfällt als eine Verdoppelung der Entfernung. Trotzdem ist die entstandene Diskrepanz zwischen auditiv wahrgenommener Hörereignisentfernung und visuell vorgegebener Schallquellenentfernung so groß, daß jetzt 11 Klangbilder eine deutlich höhere Urteilsstreuung aufweisen als in der Bedingung OD. In der Bedingung MD sind es nur zwei. Zusätzlich sind im Vergleich OD:MD-6 nur noch drei Varianzverminderungen statistisch signifikant, gegenüber den 10 signifikanten Fällen bei OD:MD.

Alle Ergebnisse sprechen sehr deutlich dafür, daß die Bildinformation eine wichtige Rolle für die Stabilisierung der Lautheitsurteile spielt: stimmen auditiv vermittelte Hörereignisentfernung und visuell demonstrierte Schallquellenentfernung im wesentlichen überein, ist die Urteilsstreuung niedrig, d.h. die Probanden beurteilen die Lautheit gleich, weichen die Entfernungsinformationen jedoch voneinander ab, ist die Urteilsstreuung hoch. Leider läßt sich aus den vorliegenden Daten keine Aussage dazu treffen, warum bei einigen Klangbildern eine deutliche Stabilisierung gegeben ist, während diese bei anderen Klangbildern nicht so deutlich ausfällt. Weder die Ausdehnung der Schallquelle, noch die Entfernung relativ zum Abstand der Wiedergabe-Lautsprecher hängen systematisch mit dem Stabilisierungseffekt zusammen.

5.3 Visuelle Information über die Schallquellenentfernung durch Fotos

Die Verwendung eines Diaprojektors mit einem störenden Lüftergeräusch stellte in der obengeschilderten Untersuchung ein starkes Problem dar. Klangbilder, die ohne Nebengeräusche als „sehr leise“ oder „leise bis sehr leise“ wahrgenommen werden, können unter diesen Bedingungen nicht untersucht werden. Um diese Einschränkung des Meßbereichs zu vermeiden, wurde in einer weiteren Untersuchung getestet, ob die Urteilsstabilisierung auch mit Fotos gelingt.

5.3.1 Material

Um eine direkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit der ersten Untersuchung zur Entfernungsstabilisierung mit Dias zu ermöglichen, wurden wieder die selben Klangbilder in der selben Reihenfolge verwendet.

¹ zitiert nach BLAUERT (1974), Seite 100.

Darbietungsmethodik

Zur Verdeutlichung der Schallquellenentfernung wurden diesmal Fotos statt der Dias verwendet. Da aus den Vorversuchen bekannt war, daß kleine Polaroidfotos mit einer Größe von 9.1 cm * 7.35 cm nur bedingt geeignet sind, wurden Farbabzüge mit einer Größe von 18 cm * 27 von den Dias hergestellt. Die Fotos wurden auf schwarzen Fotokarton aufgezogen und in der Darbietungsreihenfolge in einer Ringmappe abgeheftet.

5.3.2 Apparatur und Versuchsraum

Bis auf den nicht benötigten Diaprojektor und die Projektionsleinwand entsprechen Versuchsraum, Apparatur und räumliche Anordnung der oben geschilderten Untersuchung (Abschnitt 5.2.2).

5.3.3 Versuchsplan

Um zu klären, ob eine Stabilisierung der Lautheitsurteile zu natürlichen Klangbildern auch mit Fotos erzielt werden kann, müssen wie bei der letzten Untersuchung zwei Versuchsgruppen miteinander verglichen werden: eine Gruppe, die zusätzlich zu den Klangbildern eine Bildinformation erhält und eine Gruppe, die nur die Klangbilder hört.

- „Lautheitsbeurteilung der Klangbilder ohne Fotos“, im Folgenden mit OF abgekürzt.
- „Lautheitsbeurteilung der Klangbilder mit Fotos“, im Folgenden mit MF abgekürzt.

Da für die unabhängige Messung erforderlich war, daß die Probanden keine Vorerfahrung mit dem Versuch hatten, durften keine Probanden untersucht werden, die schon am ersten Versuch teilgenommen hatten. Jede Versuchsgruppe sollte wiederum 15 Probanden umfassen, aufgrund eines Zuordnungsfehlers wurden in der Gruppe OF jedoch 14 Probanden untersucht und in der Gruppe MF dafür 16.

5.3.4 Ergebnisse

In **Tabelle 5-4** sind die arithmetischen Mittelwerte und Standardabweichungen der Lautheitsurteile zu jedem Klangbild für die beiden Versuchsbedingungen „ohne Foto“ und „mit Foto“ mitgeteilt. Zusätzlich ist jeweils der F-Bruch für das Varianzverhältnis OF/MF angegeben, mit dem auf eine signifikante Reduzierung der Urteilsstreuung geprüft werden kann. Um den Vergleich mit der ersten Untersuchung zu ermöglichen, wurden die Ergebnisse der entsprechenden Versuchsbedingungen „ohne Dia“ und „mit Dia“ mit in die Tabelle aufgenommen und die Klangbilder sind nach den Mittelwerten der Bedingung „ohne Dia“ aufsteigend sortiert.

Darbietungsmethodik

Klangbild	ohne Foto		mit Foto		F-Bruch	ohne Dia		mit Dia		F-Bruch
	arithm. Mittel	Std.-abw	arithm. Mittel	Std.-abw	OF/MF	arithm. Mittel	Std.-abw	arithm. Mittel	Std.-abw	OD/MD
leichter Regen	14.29	5.08	15.44	4.93	1.06	10.00	5.15	13.67	5.11	1.02
Papier schneiden	16.79	5.00	17.06	5.00	1.00	15.53	6.06	16.87	4.03	* 2.26 *
plätschernder Bach	19.93	5.90	18.50	5.91	1.00	17.60	4.90	16.93	3.37	* 2.11 *
blökende Schafe	20.57	5.72	20.63	4.81	1.41	18.87	5.83	19.27	2.71	* 4.63 *
Zeitung durchblättern	21.00	6.93	20.75	5.76	1.45	19.33	7.00	20.13	5.17	1.83
Kaffeemaschine	20.50	5.10	22.06	4.86	1.10	21.27	5.06	20.73	2.96	* 2.92 *
Staubsaugen: Teppich, Parkett	23.57	6.12	23.44	5.34	1.31	21.47	4.76	22.73	3.45	1.90
Fernsehen	25.29	4.51	24.31	2.36	* 3.65 *	22.33	3.39	23.73	2.09	* 2.63 *
Froschkonzert	25.64	4.83	26.44	4.90	0.97	23.00	6.58	24.00	3.32	* 3.93 *
Dunstabzug (Stufe 2)	24.43	4.82	24.56	4.49	1.15	23.33	5.21	24.47	4.02	1.68
pfeifender Dampfkessel	23.79	7.83	23.44	6.74	1.35	24.07	6.76	23.67	4.03	* 2.81 *
Zeitung zerknüllen	23.57	6.70	24.50	5.48	1.49	24.60	4.69	25.47	4.61	1.04
Geschirrspülen	27.50	7.14	24.00	7.04	1.03	26.93	8.28	24.07	5.79	* 2.05 *
Waschmaschine schleudert	30.86	6.83	29.38	3.96	* 2.97 *	30.67	6.18	29.27	4.80	1.66
Fräsmaschine im Leerlauf	32.93	6.06	31.69	4.83	1.57	30.67	5.54	30.60	4.81	1.33
Töpfe einräumen	32.29	6.03	30.94	4.82	1.57	31.93	5.40	30.67	3.18	* 2.88 *
Geschirr einräumen	32.50	8.67	32.25	5.46	* 2.52 *	33.20	8.20	30.67	6.15	1.78
Drehbank im Leerlauf	35.86	6.64	36.31	5.30	1.57	33.80	5.32	33.80	4.75	1.25
rauschender Wasserfall	36.36	7.37	34.38	6.90	1.14	34.53	3.87	35.40	5.73	* 0.46 *
Bahnsteigdurchsage	36.21	4.79	37.00	5.32	0.81	37.00	5.81	32.93	4.82	1.45
Besteck einräumen	39.79	8.07	37.81	6.61	1.49	39.20	5.32	36.33	5.89	0.82
stark befahrene Straße	40.14	4.22	37.94	4.74	0.79	39.67	5.60	37.67	3.58	* 2.45 *
Zug fährt vorbei	48.21	3.29	47.25	3.00	1.20	45.13	3.91	47.47	2.97	1.73
Stadionatmosphäre	47.21	4.19	48.00	3.88	1.17	46.13	3.27	45.27	3.28	0.99
Kreissäge im Leerlauf	51.07	3.47	50.44	2.25	* 2.38 *	47.20	3.67	47.47	3.00	1.50

Tabelle 5-4: Mittelwerte und Standardabweichungen je Klangbild für die Versuchsgruppen „ohne Dia“ und „mit Dia“ aus der ersten Untersuchung und die beiden Versuchsgruppen „ohne Foto“ und „mit Foto“ der aktuellen Untersuchung. Zusätzlich sind die F-Brüche für die Varianzverhältnis „ohne Dia/mit Dia“ und „ohne Foto/mit Foto“ angegeben. Signifikante Ergebnisse ($\alpha=10\%$) sind mit Sternchen gekennzeichnet.

Abbildung 5-4 zeigt die mittleren Lautheitsurteile zu allen Klangbildern für die vier Versuchsbedingungen im Vergleich. Insgesamt stimmen die Mittelwerte zwischen den beiden Untersuchungen sehr gut überein. Die mittlere Differenz beträgt für OF-OD 1.31 Skalenteile bei einer Standardabweichung von 1.47 Skalenteilen, und für MF-MD beträgt sie 0.74 Skalenteile bei einer Standardabweichung von 1.26 Skalenteilen. Vergleicht man die Ergebnisse beider Untersuchungen vor allem bei den leisen Klangbildern in Hinblick auf die potentielle Lautheitsdrosselung durch das Lüftergeräusch des Diaprojektors, dann wird deutlich, daß die beiden Darbietungen der Untersuchung mit Fotos bis zu einer Lautheit von ca. 24-25 Skalenteilen konstant lauter beurteilt werden, als die entsprechenden Darbietungen mit Dias und damit auch mit Lüftergeräusch. Man kann demnach davon ausgehen, daß das Lüftergeräusch

Darbietungsmethodik

einen kleinen systematischen Effekt hatte. Leisere Klangbilder hätten mit einer zusätzlichen Diaprojektion nicht mehr untersucht werden können.

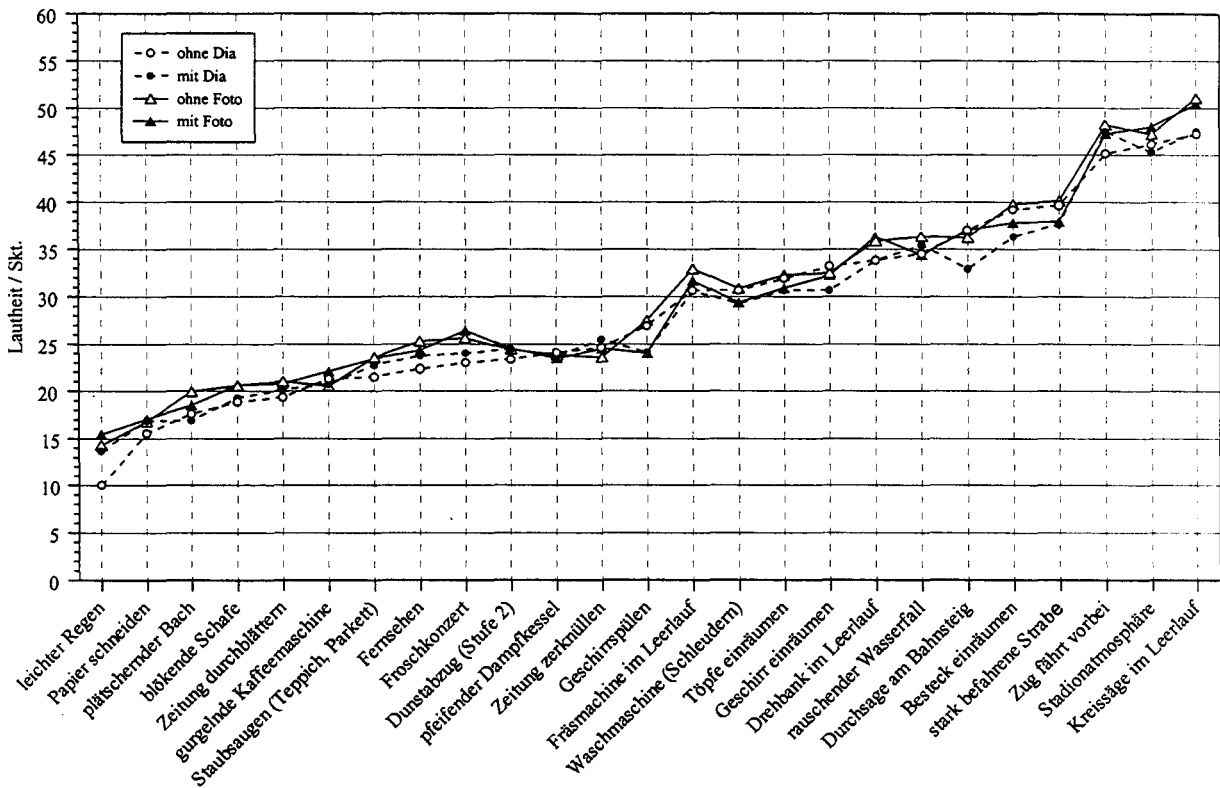


Abbildung 5-4: Mittlere Lautheitsurteile je Klangbild im Vergleich für die Versuchsgruppen „ohne Dia“ und „mit Dia“ der ersten Untersuchung und für die Versuchsgruppen „ohne Foto“ und „mit Foto“ der aktuellen Untersuchung. Die Klangbilder sind nach den Ergebnissen der Versuchsgruppe „ohne Dia“ aufsteigend sortiert.

Abbildung 5-5 zeigt die Standardabweichungen zu allen Klangbildern für die vier Versuchsbedingungen im Vergleich. Die Klangbilder sind nach den Varianzverhältnissen OF/MF absteigend sortiert, d.h. große Varianzunterschiede befinden sich auf der linken Seite, kleine auf der rechten Seite. Bei 13 Zählerfreiheitsgraden und 15 Nennerfreiheitsgraden beträgt der kritische F-Bruch für $\alpha=10\%$: 2.02. Nur für vier der Klangbilder wird die Urteilsvarianz durch die Fotos so stark reduziert, daß der Unterschied statistisch signifikant wird und nur für eines dieser vier Klangbilder („Fernsehen bei Zimmerlautstärke“) war dieser Effekt auch in der ersten Untersuchung gegeben.

Diese Ergebnisse zeigen, daß die Fotos nur einen vernachlässigbaren Effekt auf die Urteilsvarianz haben. Die Beobachtung der Probanden während des Versuchs könnte dafür eine Erklärung liefern. Die Probanden hatten die Mappe mit den Fotos auf ihrem Schoß und blättern auf Anweisung des Versuchsleiters jeweils zum nächsten Foto auf der folgenden Seite. Um das Foto betrachten zu können, mußten sie ihren Kopf nach vorne beugen. Sobald ein Klangbild zu hören war, richteten sie sich wieder auf und blickten in Richtung der Lautsprecher, ohne das Foto weiter zu beachten. Das bedeutet, daß sie sich nur jeweils zu Beginn eines Klangbildes einen Eindruck von den räumlichen Verhältnissen in der Klangbildsituation

verschafften. Es ist fraglich, ob dieser Eindruck während der restlichen Dauer des Klangbilds erhalten blieb und bei der Lautheitsbeurteilung ausreichend berücksichtigt wurde.

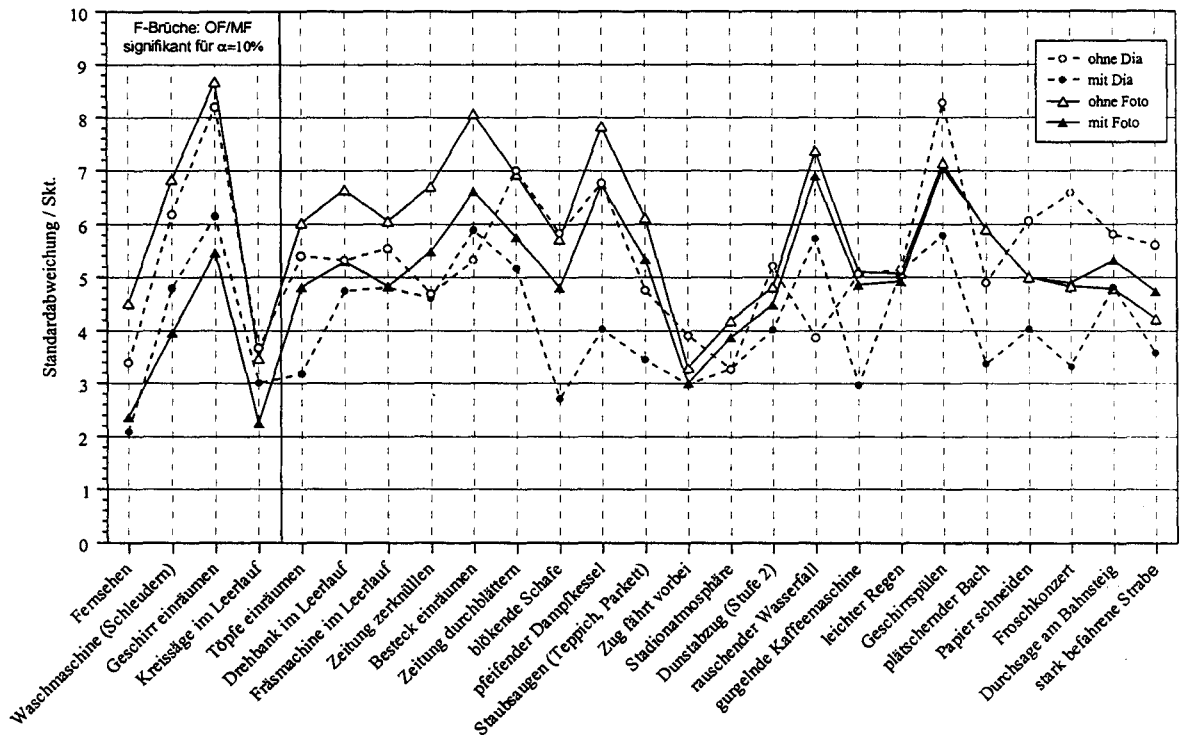


Abbildung 5-5: Standardabweichungen je Klangbild für die Versuchsgruppen „ohne Dia“ und „mit Dia“ der ersten Untersuchung und für die Versuchsgruppen „ohne Foto“ und „mit Foto“ der aktuellen Untersuchung im Vergleich. Die Klangbilder sind nach den F-Brüchen OF/MF absteigend sortiert. Signifikante Varianzunterschiede ($\alpha=10\%$) sind im linken Bereich der Grafik gekennzeichnet.

5.4 Zusammenfassung

Die erste Untersuchung hat gezeigt, daß die zusätzliche visuelle Information über die Entfernung der Schallquelle einen merklichen Effekt auf die Urteilsstabilität hat. Stimmen visuell vermittelte Schallquellenentfernung und auditiv vermittelte Hörereignisentfernung überein, werden die Urteilsstreuungen deutlich reduziert, stimmen die beiden Informationen nicht überein, werden die Urteilsstreuungen erhöht. Letzteres tritt z.B. dann auf, wenn die Klangbilder um 6 dB leiser als der Originalpegel wiedergegeben werden. Die Erfassung der nur aufgrund der Bildinformation erwarteten Lautheit des Klangbilds (ohne Geräuscharbeitung!) hat gezeigt, daß die Bildinformation selbst keinen Einfluß auf das Niveau der mittleren Lautheitsurteile ausübt, sondern lediglich die Urteilsstreuung reduziert. Leider konnte bisher nicht ermittelt werden, welche Parameter dafür verantwortlich sind, daß die Stabilisierung eintritt oder ausbleibt, bzw. welche Stärke die Stabilisierung entfaltet.

Die Replikation der Untersuchung mit Fotos anstelle der Diaprojektion konnten die urteilsstabilisierende Wirkung der visuellen Entfernungsinformation nicht replizieren. Der entscheidende Grund dafür dürfte die geringe Aufmerksamkeit sein, die die Probanden in dieser Un-

tersuchung auf die Bildinformation richteten. Die Versuchsanordnung, bei der die Fotomappe auf dem Schoß des Probanden lag und die Lautsprecher sich vor ihm in Kopfhöhe befanden, erschwerte es, die Aufmerksamkeit gleichzeitig auf die Fotos und auf die Geräusche zu richten. Alle Probanden haben während der Klangbilddarbietung den Kopf wieder gehoben und zwischen die beiden Lautsprecher geblickt, um die Aufmerksamkeit auf das Klangbild zu richten. Es ist fraglich, ob unter diesen Umständen ein nennenswerter Einfluß der Bildinformation zu erwarten ist.

Abschließend kann man zusammenfassen, daß die visuelle Information über die Schallquellenentfernung dann sinnvoll ist, wenn sie gut mit der Hörereignisentfernung übereinstimmt. In diesen Fällen kann mit einer Stabilisierung zumindest der Lautheitsurteile rechnen und auf jeden Fall sicher sein, daß keine Verschlechterung der Ergebnisse bewirkt wird. Die Präsentation der Bilder muß jedoch so erfolgen, daß sie räumlich mit dem Aufmerksamkeitsfokus der Probanden für die akustische Wiedergabe übereinstimmt. Die Bilder müssen außerdem eine Größe haben, die es den Probanden erlaubt, die räumlichen Verhältnisse der Klangbildsituation unmittelbar zu erfassen. Eine Diaprojektion erfüllt diese beiden Bedingungen zwar ideal, ist jedoch nur dann zweckmäßig, wenn ein Projektor ohne Lüfter zur Verfügung steht oder so aufgestellt werden kann, daß der Lüfter nicht hörbar ist (z.B. durch Rückprojektion aus einem anderen Raum).

5.5 Literatur

Außer BLAUERT (1974) und SCHRÖGER (1991) sind alle Literaturverweise zitiert nach SCHRÖGER (1991). Abweichungen in den Jahreszahlen der Verweise im Text und im Literaturverzeichnis sind bereits bei SCHRÖGER (1991) vorhanden.

BLAUERT, J.: *Räumliches Hören*. Stuttgart, Hirzel, 1974.

HOLST, E. VON (1957). Aktive Leistungen der menschlichen Gesichtswahrnehmung. *Studium Generale* Vortrag, gehalten vor der Medizinisch-Naturwissenschaftlichen Gesellschaft Wilhelmshafen (2.12.1955), 10, 231-243.

MERSHON, D.H. & KING, L.E. (1975). Intensity and reverberation as factors in auditory perception of egocentric distance. *Perception & Psychophysics*, 18, 409-415.

MERSHON, D.H., DESAULNIERS, D.H., KIEFER, S.A., AMERSON, T.L. & MILLS J.T. (1981). Perceived loudness and visually-determined auditory distance. *Perception*, 10, 531-543.

MOHRMANN, K. (1939). Lautheitskonstanz im Entfernungswechsel. *Zeitschrift für Psychologie*, 145, 146-199.

OJIMA, S. (1935). On the constancy of loudness in auditory space. *Psychological Studies in honour of the late Dr. Masuda*. 96-107.

POLLACK, I. (1952). On the measurement of loudness of speech. *Journal of the Acoustical Society of America*, 24, 323-324.

SCHRÖGER, E.: *Konstanz und Lautheit*. Hogrefe, Göttingen 1991.

SHIGENAGA, S. (1961). The constancy of loudness. In Y. Akishige (Hrsg.), *Experimental Researches on the Structure of the Perceptual Space IV. Bulletin of the Faculty of Literature* (Bd. 7, S. 327-265). Kyushu University.

SHIGENAGA, S. (1965). The constancy of loudness and of acoustic distance. In Y. Akishige (Hrsg.), *Experimental Researches on the Structure of the Perceptual Space V. Bulletin of the Faculty of Literature of Kuyushu University* (Bd. 9, S. 289-333). Kyushu University.

Darbietungsmethodik

WARREN, R.M. (1958). A basis for judgments of sensory intensity. *American Journal of Psychology*, 71, 675-687.

WARREN, R.M. (1963). Are loudness judgments based on distance estimates? *Journal of the Acoustical Society of America*, 35, 613-614.

WARREN, R.M. (1973a). Anomalous loudness function for speech. *Journal of the Acoustical Society of America*, 54, 390-396.

WARREN, R.M. (1973a). Quantification of loudness. *American Journal of Psychology*, 86, 807-825

WARREN, R.M. (1981). Measurement of sensory intensities. *Behavioral and Brain Sciences*, 4, 175-223.

WERNER, H. (1922). Grundfragen der Intensitätspsychologie. *Zeitschrift für Psychologie Erg.* 10, 9, (Nachdruck von 1970).

6 Skalierungsmethodik

6.1 Zur simultanen Skalierung mehrerer Klangeigenschaften

Die Beschreibung des Klangs akustischer Wiedergabeanlagen ist insbesondere in der Hifi-Branche ein wichtiges Instrument zur Charakterisierung und Bewertung der Übertragungsqualität von Lautsprechern, Verstärkern, Kopfhörern, Tonbandgeräten, u.a. Liest man Testberichte in entsprechenden Fachzeitschriften springt sofort die blumige Sprache ins Auge, mit der der Klang des jeweiligen Geräts charakterisiert wird. Da ist zum Beispiel die Rede von luftigen Bässen, zu weichen Bässen, lebendigen oder eher trägen Bläserpassagen, brillanter oder eher flacher Wiedergabe in den Höhen, räumlich gut oder mäßig gestaffeltem Orchester, und mehr oder weniger natürlicher Reproduktion der Live-Atmosphäre. Die Wahl der Ausdrücke ist dabei stärker geprägt vom individuellen Stil der Autoren als von der objektiven Übertragungscharakteristik der Geräte. Beschreibungen der absoluten Ausprägung („sehr lebendig“) werden ebenso verwendet wie Beschreibungen der Distanz zu einem nicht näher definierten Zielwert („etwas zu flach“) oder Vergleichen mit anderen Geräten („deutlich präzisere Wiedergabe der Akkorde als der Referenzlautsprecher XY“). Nur selten findet sich die übereinstimmende Verwendung von qualitativen und quantitativen Begriffen zwischen den Zeitschriften oder Autoren. Schon der Umfang einer durchschnittlichen Beschreibung des Klangeindrucks einer einzelnen Hifi-Komponente zeigt, daß es sich um ein multidimensionales Phänomen handelt, dessen konstituierende Eigenschaften je nach dem eigenen Geschmack oder dem Zweck der Beurteilung unterschiedlich gewichtet werden.

Ist man nur ein durchschnittlicher Kunde mit wenig bis gar keiner Erfahrung im sich schnell verändernden Markt der Hifi-Geräte, kann man mit den meisten Beschreibungen sehr wenig anfangen und muß darauf vertrauen, daß eine überschwengliche, blumige Beschreibung in Verbindung mit einem gehobenen Preis dafür garantiert, daß man eine adäquate Qualität erhält. Durch den Mangel an Qualitätskriterien, für die ein stabiles Bezugssystem gegeben wäre, garantiert auch der direkte Hörvergleich zwischen verschiedenen Produkten nicht die Wahl des optimalen Geräts, da das Ergebnis allein von der Auswahl der Vergleichsgeräte abhängig ist.

Die meisten von uns haben sicher schon die Schwierigkeiten bei der Auswahl einer gut klingenden Stereoanlage erlebt, wenn man zunächst nicht weiß, auf welche Klangeigenschaften man achten soll, und nach zu langem Hören schließlich nicht mehr angeben kann, ob der dunklere Klang der Anlage A nun besser oder schlechter ist, als der hellere Klang der Anlage B. Um wieviel schwieriger muß es für einen Schwerhörigen sein, der ein Hörgerät haben möchte, das ihm nicht nur die Kommunikation im Alltag wieder erleichtern soll, sondern das auch einen zumindest zufriedenstellenden Klang bietet, den er auch über mehrere Stunden ohne größere Anstrengung ertragen kann. Gerade der Schwerhörige ist darauf angewiesen, daß er eine Auswahl an Klangbeispielen dargeboten bekommt, die für seinen Höralltag relevant sind und die er gut genug kennt, um ein Urteil über die Übertragungsqualität des Hörgeräts fällen zu können. Zusätzlich muß ihm der Akustiker die wichtigsten Beschreibungsdimensionen nahe bringen, anhand derer er die Klangqualität beurteilen kann, und die ihm einen Vergleich verschiedener Hörgerätetypen und Hörgeräteeinstellungen erlauben.

Dies setzt voraus, daß man aus der Vielzahl bereits verwendeter und zusätzlich möglicher Klangdimensionen eine begrenzte Anzahl voneinander unabhängiger Dimensionen herauszie-

Skalierungsmethodik

hen kann, mit deren Hilfe ein valides Profil der wahrgenommenen Klangqualität erstellt werden kann. Die Profile verschiedener Geräte können schließlich zum Vergleich ihrer Wiedergabequalität herangezogen werden. Es ist eine Grundmenge von Basisdimensionen anzustreben, die zur Beschreibung aller möglichen akustischen Wiedergabegeräte geeignet sind, und die je nach dem spezifischen Anwendungszweck durch adäquate Zusatzdimensionen ergänzt werden können. Ein derartiges Skalierungsinstrument ermöglicht es dem Kunden zum einen seine Wünsche und Ansprüche an ein Produkt besser formulieren zu können und zum anderen die Wiedergabequalität von Geräten in verschiedenen Geschäften miteinander zu vergleichen, auch wenn er sie nicht im direkten Vergleich hören kann. Der Händler, d.h. in unserem Fall der Hörgeräteakustiker, profitiert u.a. davon, daß er schneller herausfindet, was dem Kunden an einem Gerät gefällt bzw. mißfällt, und kann so rechtzeitig darauf reagieren und ein anderes Gerät oder eine andere Geräteeinstellung anbieten.

6.1.1 Bisherige Forschungsergebnisse

Viele Autoren¹ haben bereits Untersuchungen mit dem Ziel durchgeführt, zentrale Dimensionen zur Beschreibung des Klangeindrucks zu ermitteln. Die bei weitem umfangreichsten Untersuchungen, sowohl was den methodischen Zugriff als auch die Bandbreite untersuchter Wiedergabegeräte angeht, wurden in den 70er und 80er Jahren von Gabriellsson und Mitarbeitern am Karolinska Institutet in Stockholm² gemacht. Als Urteilsmethoden verwendeten sie sowohl freie verbale Beschreibungen, Adjektivzuordnungen als auch Ähnlichkeitsskalierungen im vollständigen Paarvergleich. Die Urteile wurden auf Reliabilität sowohl zwischen als auch innerhalb der Probanden untersucht, die Adjektivzuordnungen wurden faktoranalytisch analysiert und die Ähnlichkeitspaarvergleiche mit dem INDSICAL-Modell der Multidimensionalen Skalierung ausgewertet. Als Schallwandler wurden sowohl verschiedene Lautsprecher und Kopfhörer als auch unterschiedliche Hörgeräte verwendet und bezüglich der Wiedergabe von verschiedenen Geräuschen (Jazzmusik, Symphonieorchester, Frauenstimme, Stimmengewirr, Geräusche in einem EBzimmer, Verkehrslärm, usw.) beurteilt. Probanden waren ungeübte Hörer, Hifi-Enthusiasten und Musiker. Als zusammenfassendes Ergebnis von acht Untersuchungen wurden folgende acht Grunddimensionen ermittelt:

Klarheit/Deutlichkeit („Clearness/Distinctness“)

Schärfe/Härte („Sharpness/Hardness-Softness“)

Helligkeit („Brightness-Darkness“)

Volumen („Fullness-Thinness“)

Räumlichkeit („Auditory perspective“)

Nähe („Nearness“)

Störgeräusche („Disturbing sounds“)

Lautheit („Loudness“)

¹ z.B.: KOSHIGAWA, NAKAYAMA & MIYAGAWA, 1965; EISLER, 1966; v. BISMARCK, 1971A, 1971B; STAFFELDT, 1974; TANNAKA & KOSHIKAWA, 1989; UEDA & AKAGI, 1990.

² z.B.: GABRIELSSON, 1974; GABRIELSSON, ROSENBERG & SJÖGREN, 1974; GABRIELSSON, 1979; GABRIELSSON & SJÖGREN, 1979; GABRIELSSON, HAGERMAN, BERG, OVEGÅRD & ÅNGÅRD, 1980; GABRIELSSON & LINDSTRÖM, 1985.

Skalierungsmethodik

In jeder einzelnen Untersuchung wurden jeweils nur zwischen zwei und fünf Dimensionen ermittelt. Die Anzahl der Dimensionen war ganz davon abhängig, welche Schallwandler untersucht wurden und welche Urteilsverfahren verwendet wurde. Bei den fünf Untersuchungen mit Adjektivzuordnungen wurden generell mehr Dimensionen gefunden als bei den drei Ähnlichkeitspaarvergleichen. Die jeweilige Anzahl lag zwischen drei und fünf Dimensionen und war von der Zusammenstellung der Adjektivliste abhängig. In den drei Untersuchungen mit Ähnlichkeitsskalierung konnten zweimal nur zwei Dimensionen und einmal drei Dimensionen ermittelt werden. Weder die Adjektivzuordnung, noch der Ähnlichkeitspaarvergleich zeigte sich als die überlegene Methode. Die Adjektivzuordnung sorgt zwar dafür, daß mehr Aspekte der Übertragung beachtet werden, welche dies sind, hängt aber stark von der Zusammensetzung der Adjektivliste und der Klangbeispiele und zum Teil auch von der individuellen Interpretation der Adjektive ab. Die semantische Varianz wird beim Ähnlichkeitspaarvergleich zwar vermieden, aber dafür stellt die Zusammenfassung mehrerer gehörter Klangunterschiede in ein einziges Ähnlichkeitsurteil eine sehr hohe Anforderung an die Probanden, die von ihnen unterschiedlich gut bewältigt werden kann. Schwer zu integrierende Eigenschaften könnten einfach ignoriert werden, oder was noch schlimmer wäre, bei manchen Vergleichen berücksichtigt und bei anderen vernachlässigt werden. Es besteht also eine erhebliche Abhängigkeit der Urteile vom Kontext der Untersuchung und die abschließende Auswahl der Dimensionen spiegelt vor allem die Art der untersuchten Geräte wider. Es handelte sich durchweg um linear verstärkende Geräte, die sich vor allem durch den Frequenzgang ihrer Schallwandler unterschieden. Aus diesem Grund wurden Textureigenschaften wie *Rauhigkeit* oder Dynamikeigenschaften wie *Lebendigkeit* nicht relevant für die Unterscheidung der Übertragungsgüte. Die Validität der Dimensionen erstreckt sich im ungünstigsten Fall nur auf die für die Entwicklung des Verfahrens verwendete Audiotechnik.

Die Erforschung der Psychophysik der gefundenen Dimensionen in Verbindung mit einer Systematik der Audiotechnik könnte das Validitätsproblem durch einen modularen Aufbau des Skalierungsinstruments entschärfen. Ist bekannt, welche Veränderung der physikalischen Signalparameter durch ein Gerät verursacht werden können und wie diese sich auf die Beurteilung des jeweiligen Klangs auf den verschiedenen Wahrnehmungsdimensionen auswirken, können die Dimensionen auf die spezifische Untersuchung hin optimal zusammengestellt werden. Zu den Dimensionen *Lautheit*, *Klangschärfe*, *Angenehmheit des Klangs*, *Rauhigkeit* und *Schwankungsstärke* sind z.B. von ZWICKER & FASTL (1990) brauchbare Modelle und Berechnungsverfahren vorgeschlagen worden.

Gegen die Auffassung, daß Wahrnehmungsdimensionen nur dann als eigenständig und unabhängig gelten sollten, wenn sie eine eigene charakteristische psychophysikalische Funktion haben, führen Gabrielsson und Mitarbeiter an, daß auch bei einer hohen Korrelation zwischen Dimensionen wie z.B. der Helligkeit und der Schärfe eines Klangs, die jeweils auf die relative Anhebung der Höhen eines Signals zurückgehen, diese beiden Dimensionen in der Wahrnehmung doch unabhängig sind. Ein scharfer Klang wird zwar immer auch als hell beurteilt, aber ein heller Klang muß keinesfalls auch scharf sein! Die Entscheidung darüber, welche Dimensionen in das Instrument aufgenommen werden, darf deshalb keinesfalls nur auf der Basis statistischer Kennwerte (wie z.B. der Korrelation zwischen den Dimensionen) erfolgen, sondern muß immer auf der inhaltlichen Abwägung beruhen, wieviel Information man durch eine Dimension gewinnt oder verliert. Da ein Hörer in der Regel einen hellen Klang bevorzugt, der aber auf keinen Fall scharf sein darf, müssen trotz einer hohen Interkorrelation der Dimensionen Helligkeit und Schärfe beide abgefragt werden, um eine Klangoptimierung zu erreichen.

Skalierungsmethodik

In den Ergebnissen von Gabrielsson und Mitarbeitern zeigten sich nur sehr geringe Unterschiede zwischen den Urteilen der drei Probandengruppen *ungeübte Hörer*, *Hifi-Enthusiasten* und *Musiker*, was für die Anwendung der Klangqualitätsbeschreibung im Alltag sehr günstig ist. Eine gute Instruktion und Demonstration stellen sicher, daß auch im analytischen Hören und im Skalieren ungeübte Personen mit der Aufgabe zurechtkommen und reliable Urteile abgeben.

6.1.2 Zielsetzung der Explorationsstudie

Mit einer ersten umfassenden Untersuchung auf der Basis der von Gabrielsson und Mitarbeitern ermittelten Dimensionen sollte Erfahrung mit der praktischen Durchführung von Klangqualitätsskalierungen gesammelt werden, bei der die Probanden die Klangbeispiele (kurze Musikstücke) gleichzeitig auf den sechs Dimensionen *Schärfe/Härte*, *Helligkeit*, *Lautheit*, *Volumen*, *Klarheit* und *Gesamtqualität* einstufen. Um eine genügend große Varianz der Klangbeispiele auf diesen Dimensionen zu erzeugen, wurden diese in drei Frequenzbereichen unabhängig voneinander entweder verstärkt, abgeschwächt oder unverändert gelassen. Dabei wurden alle 27 möglichen Permutationen ($3 \times 3 \times 3$) realisiert. Die physikalische Variation in drei relativ breiten Frequenzbereichen orientierte sich an den Möglichkeiten der zum Zeitpunkt der Untersuchung als gehoben geltenden Hörerätetechnik, die ebenfalls eine Anpassung des Frequenzgangs in drei Kanälen gestattet. Die Ergebnisse lassen Rückschlüsse auf folgende Fragen zu:

1. Inwieweit werden die Klangqualitätsdimensionen von den Probanden gleich interpretiert und quantitativ eingestuft?
2. Welche Klangqualitätsdimensionen kovariieren mit welchen Frequenzgangsveränderungen (tief-, mittel-, hochfrequent)?
3. Können die in dieser Untersuchung physikalisch erzeugten Klangqualitätsunterschiede durch die abgefragten Klangqualitätsdimensionen hinreichend genau differenziert werden, und reichen dazu eventuell schon weniger Dimensionen aus?

Die Erkenntnisse aus dieser Untersuchung ermöglichen eine bessere Interpretation der aus der Literatur bekannten Ergebnisse und die Ableitung einer effizienteren Methodik für die Ermittlung zusätzlicher relevanter Dimensionen. Zusätzlich werden wichtige Hinweise für eine optimale simultane Befragung mehrerer Dimensionen gewonnen, die zentral für den Einsatz der Methode bei der Hörgeräteanpassung ist.

6.1.3 Versuchsapparatur

Die ausgewählten Musikpassagen (s.u.) wurden vom linken Kanal des analogen Ausgangs eines CD-Spielers Pioneer RC8700 in den Eingang eines 28-kanaligen programmierbaren Terzband-Equalizers TC 1128 von t.c. electronic (ISO Mittenfrequenzen) eingespeist. Der Ausgang des Equalizers wurde auf beide Kanäle eines DAT-Rekorders DTC-77 ES gegeben und aufgenommen. Die Wiedergabe der DAT-Aufnahmen erfolgte diotisch über einen Kopfhörer AKG K1000 an einem K1000-Amplifier.

Skalierungsmethodik

Der Vorteil des graphischen Equalizers TC 1128 besteht darin, daß er die vorgegebene graphische Frequenzgangseinstellung exakt realisieren kann. Die implementierte Software berechnet die zur Realisierung des vorgegebenen Frequenzgangs tatsächlich notwendige Equalizereinstellung und kompensiert so die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Filtern.

6.1.4 Versuchsmaterial

Als Ausgangsmaterial wurden 6 jeweils 30-sekündige Passagen der Wassermusik (Suite Nr. 1 F-Dur, 1. Allegro, 7:00-7:30; Suite Nr. 2 D-Dur, Alla hornpipe, 0:50-1:20; Suite Nr. 1 F-Dur, Menuett, 0:25-0:55) und der Feuerwerksmusik (Ouvertüre, 3:55-4:25, 5:20-5:50, 7:35-8:05) von G.F. Händel (Philips Classics 426 810-2, „G.F. Händel - Berühmte Orchesterwerke“) verwendet. Es wurden ausschließlich „Tutti“-Passagen mit vergleichbarer Instrumentierung ausgewählt, um eine möglichst große Frequenzbandbreite zu erreichen.

Die gewählten Passagen wurden mit Hilfe des Equalizers in drei Frequenzbereichen manipuliert, um eine Variation der wahrgenommenen Klangqualität herbeizuführen. Die Frequenzbereiche wurden unabhängig voneinander entweder um 12 dB abgesenkt (M), um 12 dB angehoben (P) oder blieben unverändert (O). Durch die vollständige Permutation der Manipulationen im tief-, mittel- und hochfrequenten Bereich ergaben sich insgesamt 27 verschiedene Frequenzgangsveränderungen, die in **Abbildung 6-1** (Equalizer-Einstellungen) skizziert sind. Der tieffrequente Frequenzbereich umfaßt 16 Terzen von 32 Hz bis 1000 Hz Mittenfrequenz. Bei einer Anhebung bzw. Absenkung der Energie in diesem Frequenzbereich wurden die Terzen bis einschließlich 500 Hz um 12 dB angehoben bzw. abgesenkt, die Terz 630 Hz um 9 dB, die Terz 800 Hz um 6 dB und die Terz 1000 Hz um 3 dB angehoben bzw. absenkt. Der mittelfrequente Bereich umfaßt die 9 Terzen von 630 Hz bis 4000 Hz Mittenfrequenz. Bei einer Anhebung bzw. Absenkung des Frequenzbereichs wurden die Terzen 1250 Hz bis einschließlich 2000 Hz um 12 dB angehoben bzw. abgesenkt, die Terzen 1000 Hz und 2500 Hz um 9 dB, die Terzen 800 Hz und 3160 Hz um 6 dB und die Terzen 630 Hz und 4000 um 3 dB angehoben bzw. abgesenkt. Der hochfrequente Bereich umfaßt die 9 Terzen von 2500 Hz bis 16000 Hz Mittenfrequenz. Bei einer Anhebung bzw. Absenkung der Energie in diesem Frequenzbereich wurden die Terzen ab 5000 Hz um 12 dB angehoben bzw. abgesenkt, die Terz 4000 Hz um 9 dB, die Terz 3160 Hz um 6 dB und die Terz 2500 Hz um 3 dB angehoben bzw. absenkt. Zusätzlich sind ein LOWCUT-Filter bei 45 Hz und ein HIGHCUT-Filter bei 15 kHz aktiviert. Die Zuweisung der ausgewählten Händel-Passagen zu den Frequenzgangsvariationen erfolgte nach dem Zufallsprinzip. **Abbildung 6-2** zeigt die Dauerspektren der Musikstücke, die mit den 27 Equalizereinstellungen realisiert wurden.

6.1.5 Skalen

Zur Beschreibung der wahrgenommenen Klangqualität wurden den Vpn sechs Skalen an die Hand gegeben, die im einzelnen die Bewertung der Dimensionen *Lautheit*, *Helligkeit*, *Schärfe/Härte*, *Klarheit*, *Volumen* und *Gesamtqualität* gestatteten. Alle sechs Skalen sind in der **Abbildung 6-3** aufgeführt.

Die Skalierung der einzelnen Klangqualitätsaspekte erfolgte jeweils in einem zweistufigen Proze, wobei von der Vp zunächst eine von fünf verbal bezeichneten Kategorien zu wählen

Skalierungsmethodik

und in einem zweiten Schritt eine fünfstufige (bei der *Gesamtqualität* eine dreistufige) Feindifferenzierung vorzunehmen war.

Die Skalen für *Lautheit*, *Helligkeit*, *Schärfe/Härte* und *Volumen* erstreckten sich jeweils vom Pol „viel zu leise“ (bzw. dunkel/dumpf/weich/dünn) über die Kategorie „richtig“ hinweg zum Pol „viel zu laut“ (bzw. hell/scharf/hart/voll). Die Mitte der Kategorie „richtig“ ist mit der numerischen Stufe 0 belegt, Abweichungen der Eigenschaft in Richtung zu geringer Ausprägung sind mit negativen Zahlen, Abweichungen in Richtung zu starker Ausprägung mit positiven Zahlen gekennzeichnet

Die Kategorien der Skala für *Klarheit* wurden jeweils durch mehrere Bezeichnungen charakterisiert, um auf der einen Seite den verschiedenen möglichen Eigenschaftsaspekten gerecht zu werden und auf der anderen Seite die Anzahl verschiedener Skalen gering zu halten. Die Bezeichnungen für die Kategorien waren: „sehr undeutlich/verschwommen/verzerrt“, „undeutlich/verschwommen/verzerrt“, „etwas undeutlich/verschwommen/ verzerrt“, „klar/deutlich“ und „sehr klar/deutlich“.

Zur Beschreibung der *Gesamtqualität* wurden in Anlehnung an Schulzensuren, die Kategorien „ungenügend“ bis „sehr gut“ vorgegeben. Für die Unterteilung der Skalen *Klarheit* und *Gesamtqualität* wurden nur positive Zahlen verwendet, da hier im Gegensatz zu den restlichen Skalen absolute Ausprägungen und keine Distanzen zum gewünschten Optimum beschrieben werden.

Skalierungsmethodik

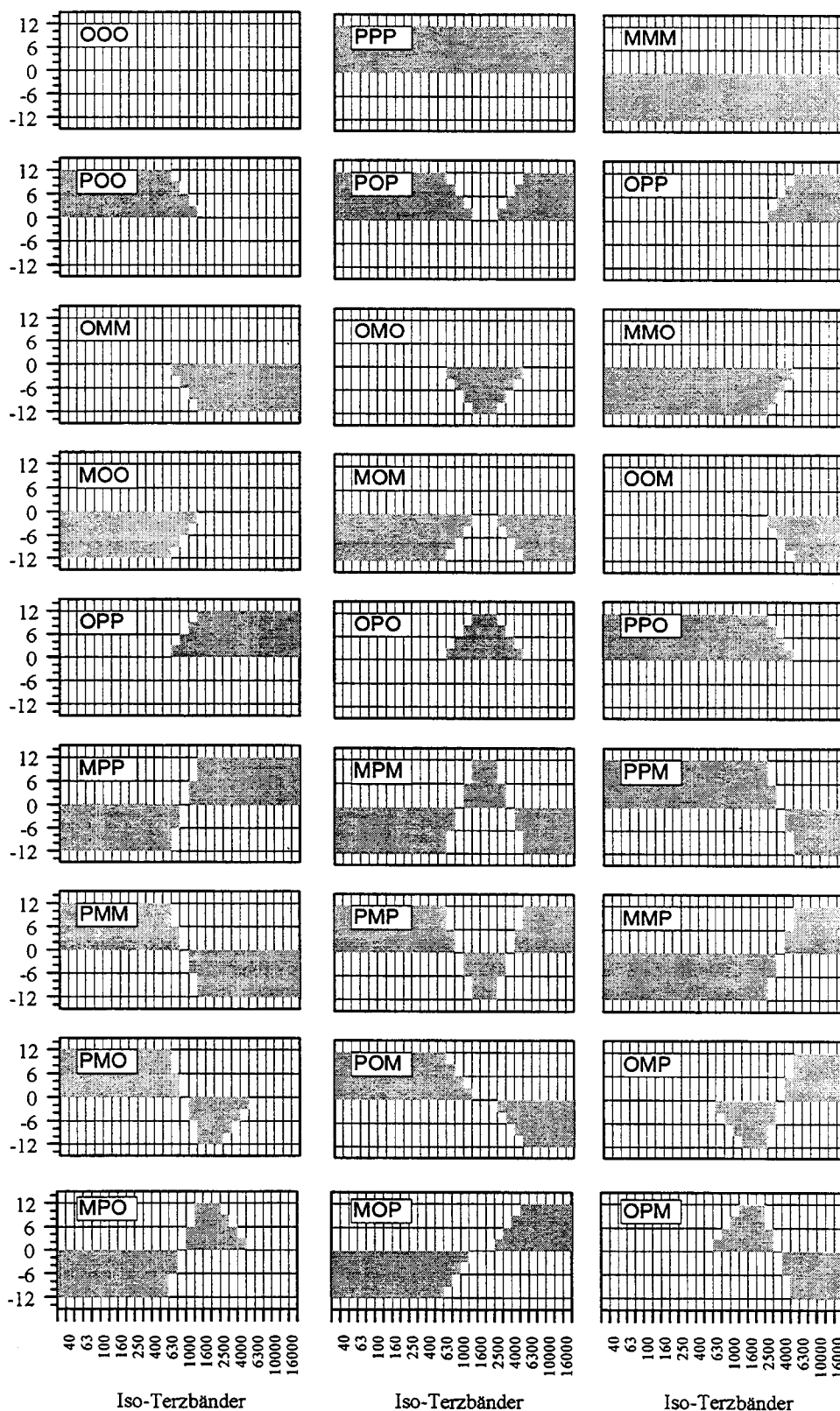


Abbildung 6-1: Equalizer-Einstellungen (realisierte Verstärkungen) in 28 Terzbändern mit ISO-Mittenfrequenzen für die 27 Frequenzgangvariationen. Kürzel der Variante: Die drei Buchstaben geben der Reihe nach die Verstärkung im Tiefton-, Mittelton- und Hochtonbereich an, wobei M für -12 dB, O für 0 dB und P für +12 dB steht.

Skalierungsmethodik

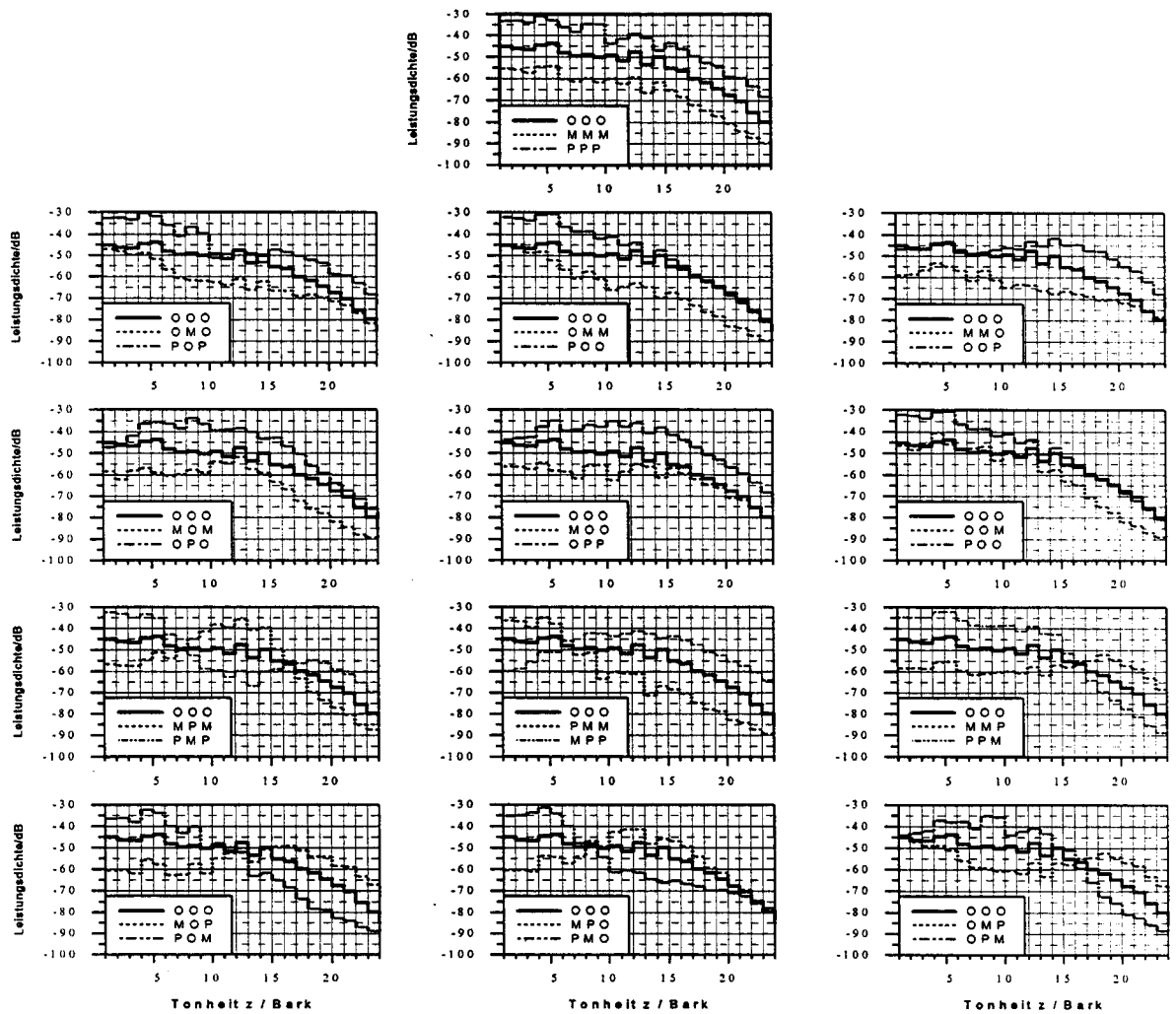


Abbildung 6-2: Dauerspektren der Handel-Musikstücke, die mit den 27 Equalizereinstellungen realisiert wurden. Jeweils zwei Varianten sind zusammen mit dem unveränderten Klangbeispiel (OOO) dargestellt. Analyseparameter: 4096 Punkte, Hannfenster, keine Überlappung, Bark-Leistungsdichte in dB je Band [bezogen auf Vollaussteuerung].

Skalierungsmethodik

<u>Lautheit</u>		<u>Helligkeit</u>		<u>Schärfe / Härte</u>	
	12		12		12
	11		11		11
viel zu laut	10	viel zu hell	10	viel zu scharf	10
	9		9	viel zu hart	9
	8		8		8
	7		7		7
	6		6	zu scharf	6
zu laut	5	zu hell	5	zu hart	5
	4		4		4
	3		3		3
	2		2		2
	1		1	richtig	1
richtig	0	richtig	0		0
	-1		-1		-1
	-2		-2		-2
	-3		-3		-3
	-4		-4	zu dumpf	-4
zu leise	-5	zu dunkel	-5	zu weich	-5
	-6		-6		-6
	-7		-7		-7
	-8		-8		-8
	-9		-9	viel zu dumpf	-9
viel zu leise	-10	viel zu dunkel	-10	viel zu weich	-10
	-11		-11		-11
	-12		-12		-12

<u>Volumen</u>		<u>Klarheit / Deutlichkeit</u>		<u>Gesamtqualität</u>	
	12		25		15
	11		24		14
viel zu voll	10	sehr klar	23	sehr gut	14
	9	sehr deutlich	22		13
	8		21		12
	7		20		11
	6		19	gut	11
zu voll	5	klar	18		10
	4	deutlich	17		9
	3		16		8
	2		15	befriedigend	8
	1	etwas unklar	14		7
richtig	0	etwas verschwommen	13		6
	-1	etwas verzerrt	12		5
	-2		11	mangelhaft	5
	-3		10		4
	-4	unklar	9		3
zu dünn	-5	verschwommen	8		2
	-6	verzerrt	7	ungenügend	2
	-7		6		1
	-8		5		1
	-9	sehr unklar	4		
viel zu dünn	-10	sehr verschwommen	3		
	-11	sehr verzerrt	2		
	-12		1		

Abbildung 6-3: Urteilsskalen zu den Wahrnehmungsdimensionen Lautheit, Helligkeit, Schärfe, Volumen, Klarheit und Gesamtqualität

Skalierungsmethodik

6.1.6 Versuchsdurchführung

Die manipulierten Händel-Passagen wurden auf DAT-Bänder aufgenommen und bei der Versuchsdurchführung mit einem DAT-Recorder DTC-77 ES von SONY abgespielt. Die Darbietung erfolgte diotisch über einen offenen Kopfhörer AKG K1000, der an einem Kopfhörer-Verstärker AKG K1000 Amplifier angeschlossen war. Der Darbietungspegel war so eingestellt, daß das unveränderte Klangbild „OOO“ von Normalhörigen als mittellaut KU-25 gehört wurde.

Am Versuch nahmen insgesamt 32 Vpn teil. Jeder Versuchsperson wurden alle variierten Passagen in einer feststehenden Abfolge dargeboten und sie bewertete die Klangqualität jeder Darbietung anhand aller sechs Klangqualitätsdimensionen. Die Darbietungsabfolge begann mit fünf „orientierenden“ Geräuschbeispielen, von denen das jeweils erste für jede Vp anders gewählt wurde, so daß jedes mindestens einmal am Anfang der Untersuchung vorkam. Die folgenden 4 Orientierungsbeispiele und die 27 Geräuschbeispiele waren in ihrer Abfolge für alle Vpn gleich. Die Abfolge kann **Tabelle 6-1** entnommen werden.

Die Versuchsperson begann bereits während der laufenden Darbietung einer Passage mit der Nennung ihrer Klangqualitätsbewertungen. Die Reihenfolge in der die Skalen verwendet wurden, blieb jeder Vp selbst überlassen. Auf Wunsch der Versuchsperson wurde das jeweils dargebotene Geräuschbeispiel beliebig oft wiederholt, bis die Qualitätsurteile auf allen Skalen abgegeben waren.

Darbietungs-Nr.	Variation	Darbietungs-Nr.	Variation	Darbietungs-Nr.	Variation
1	variabel	12	PPP	23	OMP
2	POM	13	PMM	24	OPM
3	OOO	14	PPO	25	MPO
4	PMP	15	PMP	26	MPP
5	OOP	16	PPM	27	MMM
6	MOO	17	MPM	28	OMO
7	OOM	18	OMM	29	OOO
8	PMO	19	PMM	30	POP
9	POO	20	OPO	31	POM
10	MMP	21	OPP	32	MMO
11	MOM	22	OOP		

Tabelle 6-1: Aufschlüsselung der Darbietungsreihenfolge für die 5 Orientierungsbeispiele (grau unterlegt) und die Versuchsserie. Für das variable Item 1 wurden alle 27 Klangvariationen verwendet, so daß jede Variation mindestens einmal an dieser Position vorkam.

6.1.7 Auswertung

In die Gesamtauswertung gingen lediglich die Datensätze von 31 aus 32 Probanden ein. Ein Proband mußte aus der Auswertung herausgenommen werden, da er entweder nicht mit der Skalierungsaufgabe zurechtkam oder sich nicht kooperativ verhielt. Die Berechtigung für die Eliminierung dieses Probanden kann in der nachfolgenden ersten Auswertung überprüft werden, bei der eine Clusteranalyse des Skalierungsverhaltens der 32 Probanden für jede der sechs Skalen vorgenommen wurde.

Skalierungsmethodik

6.1.7.1 Clusteranalyse des Skalierungsverhaltens der Probanden

Eine Analyse der Übereinstimmung zwischen den Urteilen der 32 Probanden über die 27 Klangvariationen hinweg für alle sechs Skalen soll ermitteln helfen, welche Dimensionen von den Probanden weitgehend gleich verstanden und verwendet werden, und welche Eigenschaften eher als problematisch anzusehen sind. Dazu wurde eine hierarchische Clusteranalyse durchgeführt, bei der die Probanden als Fälle behandelt wurden und ihre Urteile auf einer Dimension zu den 27 Klangvariationen als Variablen. Als Distanzmaß wurde die Pearson-Korrelation³ und als Agglomerationsmethode die „Linkage zwischen Gruppen“ verwendet, d.h. alle Fälle in den Clustern werden für die Distanzberechnung berücksichtigt und die Distanz ergibt sich als Durchschnitt der Summe der Produkte über alle standardisierten Werte der beiden Cluster. Durch die Verwendung der Pearson-Korrelation als Ähnlichkeitsmaß wird die Systematik des Zusammenhangs zwischen Urteil und Klangvariante beurteilt, unabhängig vom Niveau der Urteile. Die hierarchische Clusteranalyse geht von der maximal möglichen Clusterzahl (=32 Probanden) aus und vereinigt auf jeder Agglomerationsstufe die Probanden zu einem Cluster (oder den Probanden mit einem bereits bestehenden Cluster), die die höchste Ähnlichkeit zueinander haben. Eine einmal erfolgte Zuweisung eines Probanden zu einem Cluster (einer Gruppe) bleibt im Verlauf der Agglomeration bestehen. D.h. es erfolgt keine Umsortierung zwischen den Clustern.

Für die hier vorgenommene Analyse spielen Anzahl und Zusammensetzung der Cluster nur eine untergeordnete Rolle. Wichtiger ist es, den Verlauf des Ähnlichkeitskoeffizienten über die sukzessive Zusammenfassung der Probanden zu immer größeren Gruppen zwischen den verschiedenen Skalen zu vergleichen. Der Ähnlichkeitskoeffizient gibt zu jeder Agglomerationsstufe an, wie ähnlich die auf dieser Stufe zusammengefaßten Cluster sind. Da hierarchisch vorgegangen wird und der Reihe nach immer die jeweils ähnlichsten Cluster zusammengefaßt werden, nimmt der Ähnlichkeitskoeffizient kontinuierlich über die Stufen ab. Niveau, Steilheit und eventuelle Knicke im Verlauf lassen Rückschlüsse auf den Grad an Homogenität des Skalierungsverhaltens der Probanden je Skala zu. Je höher das Niveau, je flacher der Verlauf und je weniger Knicke zu beobachten sind, um so einheitlicher verstehen die Probanden die Dimensionsbezeichnung und umso übereinstimmender verwenden sie die Stufen der Ausprägungsskala.

Der Verlauf des Ähnlichkeitskoeffizienten über die Agglomerationsstufen für jede Dimension kann **Abbildung 6-4** entnommen werden. Die Ähnlichkeitskoeffizienten wurden in Fishers Z-Werte⁴ transformiert, damit die Unterschiede im Verlauf zwischen den verschiedenen Eigenschaften direkt relational interpretiert werden können. Eine Abnahmerate von 0.05 Korrelationseinheiten ist im oberen Bereich (z.B. 0.93 auf 0.925) bedeutsamer als im unteren Bereich des Korrelationskoeffizienten (z.B. 0.35 auf 0.345), was in der grafischen Darstellung durch die Transformation in Z-Werte berücksichtigt ist.

³ Ähnlichkeit_{x,y} = $\frac{\sum z_{x_i} \cdot z_{y_i}}{N-1}$

⁴ Im Gegensatz zu den Korrelationskoeffizienten stellen Fishers Z-Werte Maßzahlen einer Verhältnisskala dar und sind annähernd normalverteilt. Die Z-Transformation darf nicht mit der z-Transformation verwechselt werden, bei der die Abweichungen einzelner Meßwerte vom Mittelwert (aller Meßwerte) mit der Standardabweichung (aller Meßwerte) gewichtet werden!

Skalierungsmethodik

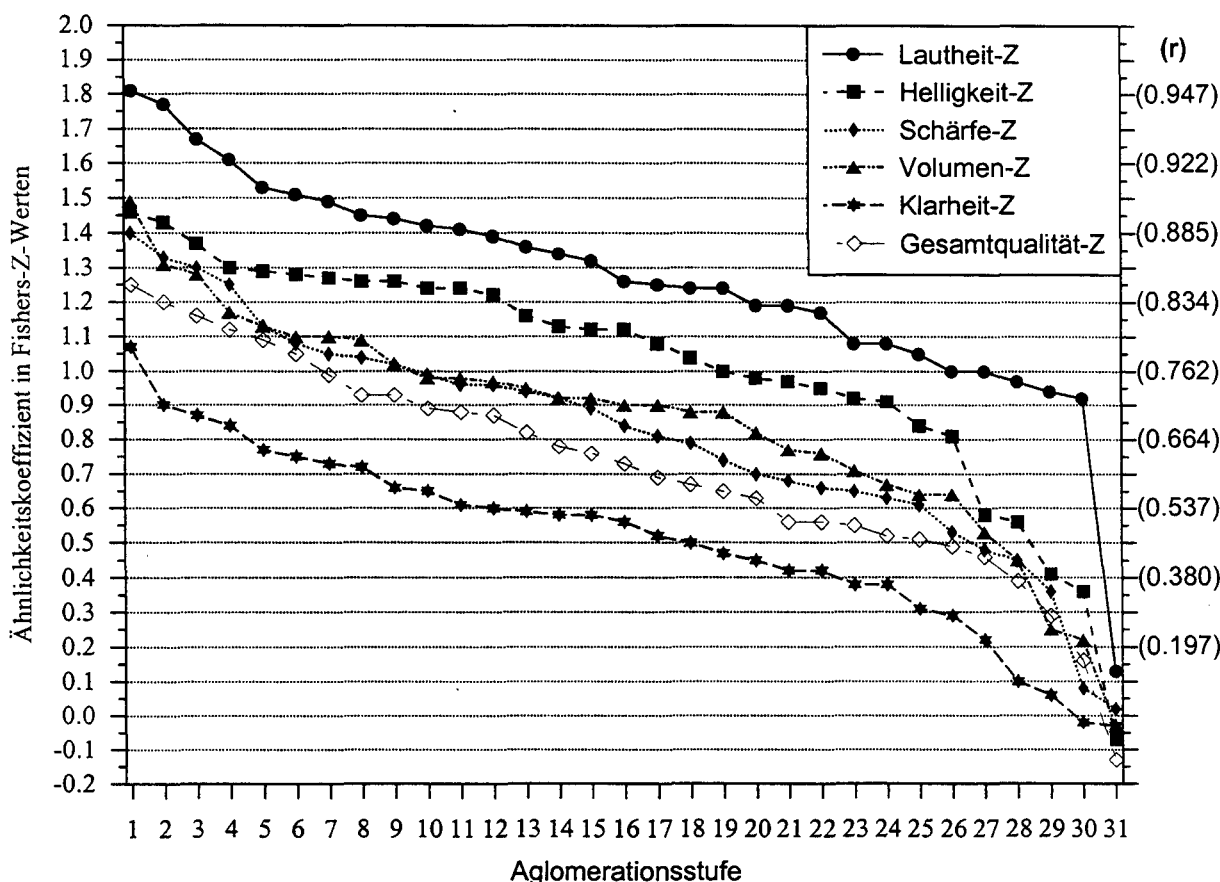


Abbildung 6-4: Entwicklung der Ähnlichkeitskoeffizienten (Pearson-Korrelation) über die einzelnen Agglomerationsstufen in Clusteranalysen über die Urteile der 32 Probanden zu den 27 Klangvariationen für jede Urteilsskala. Als Agglomerationsmethode wurde „Linkage zwischen den Gruppen“ verwendet. (Auf der rechten Ordinate sind die den Z-Werten entsprechenden Korrelationskoeffizienten angegeben)

Da der Verlauf des Ähnlichkeitskoeffizienten ohne ein zusätzliches Dendrogramm, das die Entwicklung der Clusterbildung im Detail zeigt, nicht sinnvoll interpretiert werden kann⁵, werden hier im wesentlichen Unterschiede im Niveau der Verläufe zwischen den Dimensionen betrachtet. Manche Aussagen über die zugrundeliegenden Dimensionen greifen auf die Information der Dendrogramme zurück, die im Anhang E zu diesem Kapitel enthalten sind.

Abbildung 6-4 zeigt, daß der Verlauf des Ähnlichkeitskoeffizienten für die Dimension *Lautheit* relativ flach ist und bis auf die Agglomerationsstufen 5 und 31 keine deutlichen Knicke aufweist. Das Niveau der Koeffizientenfolge liegt von allen Skalen am höchsten. Dies bedeutet, daß die Dimension *Lautheit* von den Probanden in der Regel gleich verstanden und homogen beurteilt wurde. Nur ein Proband (Nr. 32) hat weitgehend unlogische Urteile abgegeben und zeigt zu keinem anderen Probanden eine Ähnlichkeit größer 0.22 (Z). Er wird erst

⁵ Eine lange Folge von hohen Koeffizienten mit einer nachfolgenden steileren Abnahme könnte darauf zurückzuführen sein, daß eine große Gruppe gleichartig skalierender Probanden existiert, von der einzelne Probanden deutlich abweichen. Der gleiche Verlauf könnte aber auch auf eine deutlich ungünstigere Konstellation zurückgehen, bei der drei in sich sehr homogene Gruppen existieren (Folge hoher Koeffizienten), die sich im Skalierungsverhalten aber sehr stark voneinander unterscheiden und erst in den letzten Agglomerationsstufen zusammengefaßt werden (steilere Abnahme).

Skalierungsmethodik

auf Stufe 31 mit einem extrem niedrigen Ähnlichkeitskoeffizienten von $Z=0.13$ zum Gesamtcluster der anderen Probanden agglomeriert. Eine Erklärung für das Skalierungsverhalten dieses Probanden konnte nachträglich nicht gefunden werden und seine Daten wurden aus den weiteren Auswertungen herausgenommen.

Der Verlauf des Ähnlichkeitskoeffizienten für die Dimension *Helligkeit* liegt im Niveau etwas niedriger als derjenige der Dimension *Lautheit* und ab der Agglomerationsstufe 27 ist ein deutlicher Knick im Abfall des Ähnlichkeitskoeffizienten zu beobachten. Das Dendrogramm zu dieser Clusteranalyse zeigt, daß der Abfall auf 5 Probanden zurückzuführen ist, die die Dimension *Helligkeit* deutlich anders beurteilt haben als der Rest der Probanden und die auch untereinander keine große Ähnlichkeit aufweisen.

Die Koeffizientenverläufe für die Dimensionen *Schärfe* und *Volumen* liegen sehr dicht beieinander, wobei das Niveau für *Volumen* ab der Agglomerationsstufe 16 geringfügig höher liegt. Für beide Dimensionen ist der Abfall der Koeffizienten ab Stufe 26 bzw. 27 deutlicher stärker ausgeprägt. Die Dendrogramme zeigen, daß dieser in beiden Fällen auf einzelne Probanden zurückzuführen ist.

Das Niveau des Koeffizientenverlaufs für die Dimension *Gesamtqualität* liegt um ca. 0.1 Z-Punkte unterhalb vom Verlauf für *Schärfe*. Auch hier ist ein Knick ab Agglomerationsstufe 27 festzustellen, der auf fünf abweichend urteilende Probanden zurückzuführen ist.

Das niedrigste Ähnlichkeitsniveau ist für die Beurteilung der *Klarheit* zu beobachten. Es liegt nur ungefähr halb so hoch wie das Niveau des Koeffizientenverlaufs für die Dimension *Lautheit*. Auch für die Dimension *Klarheit* ist ein Knick im Koeffizientenverlauf ab Stufe 27 festzustellen. Diesmal ist der Knick aber nicht nur auf das abweichende Skalierungsverhalten einzelner Probanden zurückzuführen: das Dendrogramm zeigt, daß drei Probanden vom Rest deutlich abweichend skaliert haben, daß darüber hinaus aber auch drei annähernd gleich große Subcluster existieren, die zueinander niedrige Ähnlichkeitskoeffizienten haben und erst auf den letzten Agglomerationsstufen zusammengefaßt werden. Im Gegensatz zu den anderen Dimensionen können demnach drei unterschiedliche Vorgehensweisen für die Beurteilung der Dimension *Klarheit* identifiziert werden. Dies ist unter Umständen darauf zurückzuführen, daß auf der Skala drei verschiedene Bezeichnungen für den negativen Bereich der Dimension angegeben wurden: *unklar*, *verschwommen* und *verzerrt*. Diese Bezeichnungen könnten aber nicht nur für geringfügig unterschiedliche Aspekte der Dimension *Klarheit* stehen, sondern für deutlicher unterschiedene Eigenschaften, die sich in den Klangvariationen nicht gut abgrenzen lassen. Unter dieser Voraussetzung hängt das jeweilige Vorgehen beim Skalieren der Dimension *Klarheit* davon ab, welche Eigenschaft einem Proband zuerst auffällt, da er versuchen wird, die weiteren Urteile auf dieser Dimension möglichst konsistent abzugeben.

Für die Dimensionen *Helligkeit*, *Schärfe*, *Volumen* und *Gesamtqualität* wurden jeweils fünf Probanden ermittelt, die die Klangvarianten deutlich anders eingestuft haben, als der Rest. Die Probanden 32 und 5 weichen bei allen vier Dimensionen ab und Proband 23 bei den Dimensionen *Schärfe* und *Gesamtqualität*. Die restlichen Fälle werden unsystematisch durch jeweils andere Probanden gebildet.

Skalierungsmethodik

6.1.7.2 Deskriptive Statistiken für die einzelnen Dimensionen

Die deskriptive Statistik soll einen Überblick über den bei jeder Dimension ausgeschöpften Skalenumfang und die jeweilige Streuung der Urteile liefern. Zu diesem Zweck wurden für jede Klangvariation auf jeder Skala der arithmetische Mittelwert und die Standardabweichung über alle Versuchspersonen bestimmt. Die mittleren Urteile zu den Klangvariationen wurden anschließend für jede Dimension in eine Rangordnung gebracht und nach aufsteigendem Urteil graphisch dargestellt. **Abbildung 6-5** zeigt die Ergebnisse für die Dimensionen *Lautheit*, *Helligkeit* und *Schärfe*, **Abbildung 6-6** die Ergebnisse für *Volumen*, *Klarheit* und *Gesamtqualität*.

Die vorgenommene Pegelvariation ist bei einem Umfang von 24 dB als moderat anzusehen. Aus diesem Grund ist für die Beurteilung der Klangeigenschaften, vor allem bei der Dimension *Lautheit*, nicht zu erwarten, daß die Extremkategorien wie „viel zu leise“ oder „viel zu laut“ benutzt werden. In **Tabelle 6-2** sind jeweils die Minima und Maxima für die mittleren Urteile jeder Dimension aufgelistet. Wie erwartet liegen von den 12 Werten nur drei knapp innerhalb der Extremkategorien, was auch gegen das Vorhandensein eines nennenswerten Range-Effekts spricht. Der größte genutzte Skalenumfang ist mit 64.4% der Gesamtskala für die Dimension *Helligkeit* gegeben, der kleinste Umfang für die Dimension *Klarheit* mit lediglich 32.5%. Der geringe genutzte Skalenumfang für die Dimension *Klarheit* zeigt an, daß durch die physikalische Manipulation nur eine geringe Variation dieser Eigenschaft erzielt wurde. Die grafische Darstellung auf Seite 77 macht deutlich, daß die meisten der 27 Klangvarianten auf dieser Dimension nicht unterscheidbar sind. Dies hat zur Folge, daß auch der intraindividuelle Urteilsfehler groß wird und keine vergleichbare Systematik der Beurteilung zwischen den Probanden gegeben sein kann. Dies wurde bereits in der oben berichteten Clusteranalyse deutlich, in der die Ähnlichkeitskoeffizienten für die Skalierungen zwischen den Probanden für die Dimension *Klarheit* mit großem Abstand am geringsten ausfielen.

Dimension	Minimum		Maximum		Range Skt. (%)
	Variante	mittlere Skalierung	Variante	mittlere Skalierung	
Lautheit	MMO	zu leise -4.90	PPP	viel zu laut 8.13	13.03 (52.12)
Helligkeit	PMO	zu dunkel -7.55	MPM	viel zu hell 8.55	16.10 (64.40)
Schärfe/Härte	PMO	zu dump/weich -6.26	MOP	zu scharf 6.81	13.07 (52.28)
Volumen	MMP	viel zu dünn -8.16	PMO	zu voll 5.13	13.29 (53.13)
Klarheit	PMO	eher undeutlich /... 7.16	PPP	eher deutlich/klar 3.65	6.49 (32.45)
Gesamtqualität	MPM	mangelhaft 4.00	POP	gut 10.74	6.74 (44.93)

Tabelle 6-2: Minima und Maxima der mittleren Urteile für jede Dimension und der damit umspannte Skalierungsbereich.

Die Mediane der Standardabweichungen der Urteile liegen mit 14% des Skalenumfangs für *Lautheit*, 15% für *Helligkeit*, 17% für *Schärfe*, 15% für *Volumen*, 13% für *Klarheit* und 14% für die *Gesamtqualität* auf einem akzeptablen Niveau. Als Orientierungswert kann der Median der interindividuellen Standardabweichung von 9.7% für die Normstichprobe der Hörfeldaudiometrie herangezogen werden. Die Streuungen liegen in dieser Untersuchung zwar alle deutlich über diesem Wert, aber dafür, daß bei vier Dimensionen eine Distanzbeurteilung, mit höherer zu erwartender interindividueller Streuung, gefordert wurde und zu jedem Item simul-

Skalierungsmethodik

tan sechs verschiedene Eigenschaften befragt wurden, kann diese Streuungszunahme als relativ gering angesehen werden. Im Anhang sind die Mittelwerte und Streuungen zu allen Klangvarianten für alle sechs Dimensionen aufgelistet.

Skalierungsmethodik

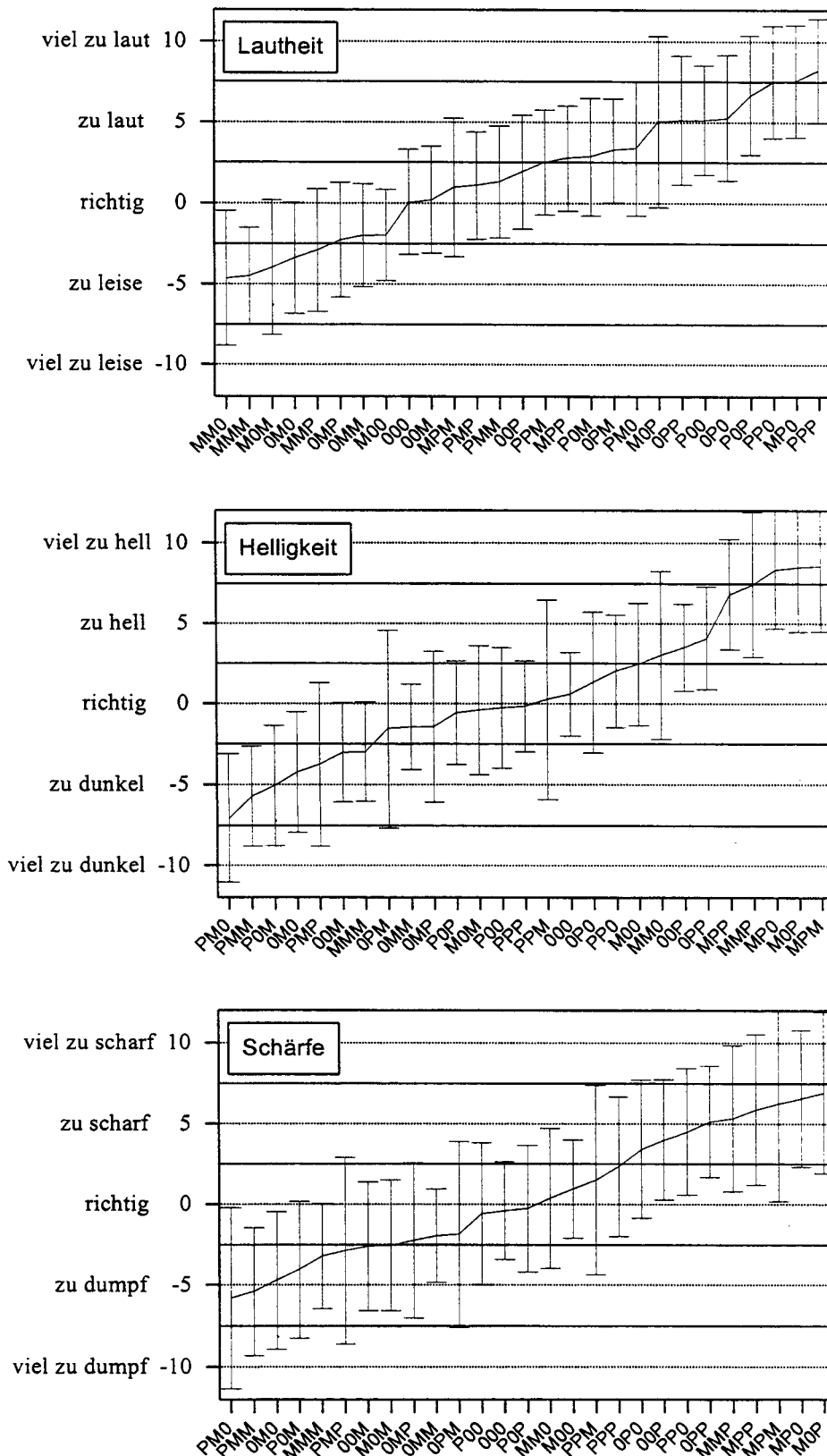


Abbildung 6-5: Mittelwert-Streuungsdiagramme für die Dimensionen *Lautheit*, *Helligkeit* und *Schärfe*. Die Ergebnisse sind jeweils nach aufsteigenden Mittelwerten sortiert.

Skalierungsmethodik

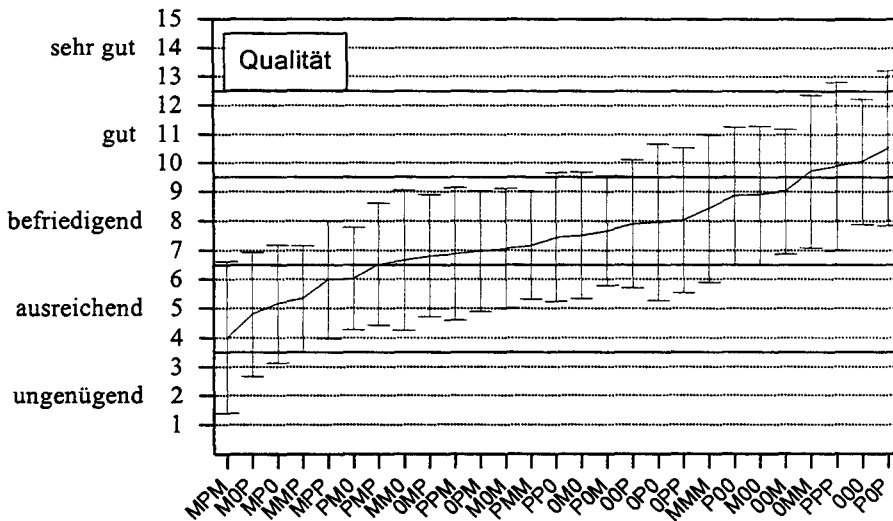
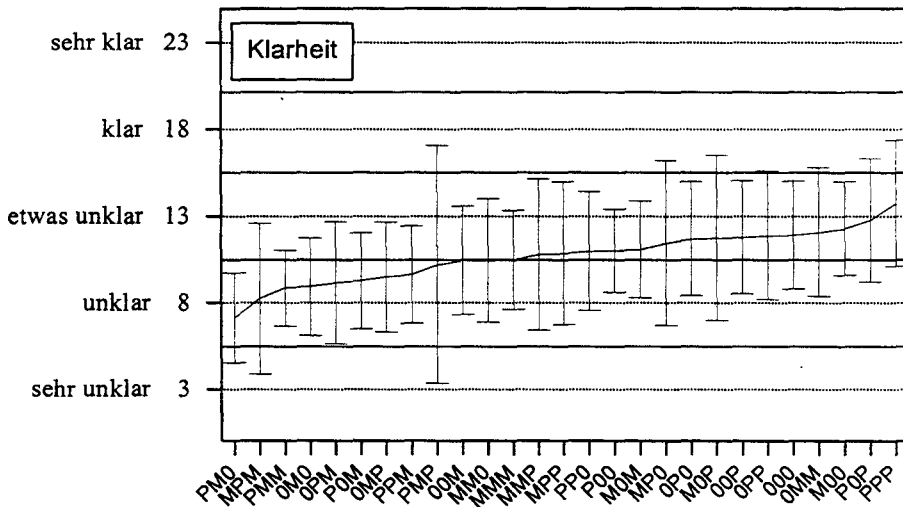
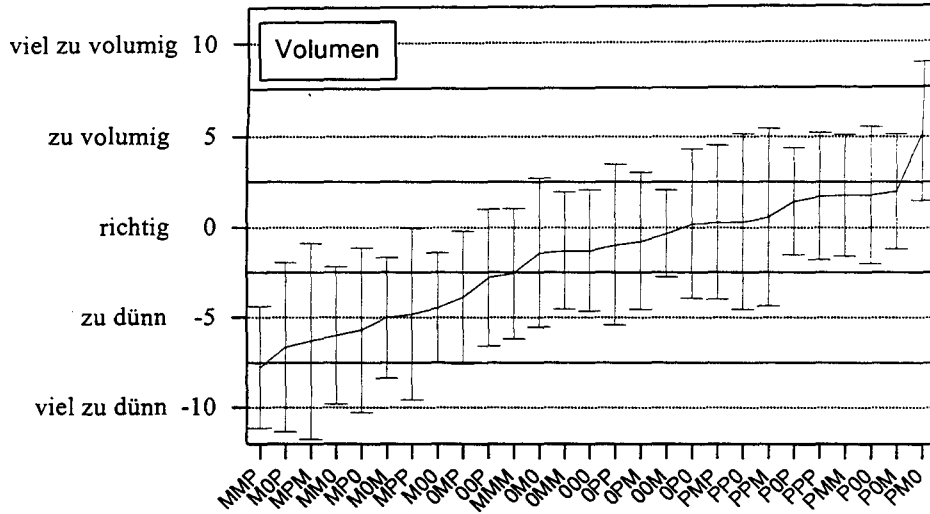


Abbildung 6-6: Mittelwert-Streuungsdiagramme für die Dimensionen *Volumen*, *Klarheit* und *Gesamtqualität*. Die Ergebnisse sind jeweils nach aufsteigenden Mittelwerten sortiert.

Skalierungsmethodik

6.1.7.3 Zur Psychophysik der Dimensionen

Bei der Hörgeräteanpassung mit einer Klangeigenschaftsskalierung entsteht für den Akustiker das Problem, daß er aus den Urteilen, die ein Kunde auf den ihm vorgelegten Skalen abgegeben hat, Rückschlüsse auf die notwendige Veränderung der Verstärkungscharakteristik des Hörgeräts machen muß. Dies setzt zumindest eine rudimentäre Kenntnis der psychophysikalischen Funktion für jede der untersuchten Eigenschaften voraus. Für einige Eigenschaften wie z.B. Lautheit, Klangschärfe oder Rauigkeit sind bereits eine Vielzahl von Untersuchungen durchgeführt und brauchbare Modelle vorgeschlagen worden. Für die meisten hier befragten und eventuell noch zu berücksichtigenden Eigenschaften gibt es bisher jedoch noch keine derartigen Erkenntnisse. Zusätzlich ergibt sich die Schwierigkeit, daß eine Korrektur, die nur eine Eigenschaft zum Ziel hat, durch ihre simultane Wirkung auf andere Eigenschaften insgesamt zu einer deutlichen Verschlechterung des Gesamtklangs führen kann. Die Systematik der Klangvarianten in dieser Untersuchung erlaubt eine Analyse, wie die Urteile auf den sechs Dimensionen *Lautheit*, *Helligkeit*, *Schärfe*, *Volumen*, *Klarheit* und *Gesamtqualität* mit der Pegelvariation in den drei definierten Frequenzbereichen kovariieren. Die Kenntnis dieser Kovariationen ist die Grundlage für einen effizienten Anpaßverlauf.

Aufgrund des mit 9 (3*3) Basisvariationen eingeschränkten Datenmaterials kann nur eine heuristische Analyse durchgeführt werden, die Hinweise auf potentielle Zusammenhänge zwischen Frequenzgangvariation und resultierenden Klangeigenschaftsausprägungen liefert. Auf der Basis dieser Ergebnisse können anschließend weitere Untersuchungen geplant werden, die die gefundenen Zusammenhänge im Detail testen. Im ersten Schritt wird für jede Dimension geprüft, ob die Urteile zu den 27 Klangvarianten hauptsächlich auf die Manipulation (Anhebung vs. Absenkung) eines einzelnen Frequenzbereichs zurückgeführt werden kann. Kann dies für eine Dimension bestätigt werden, kann aus den Urteilen unmittelbar die Richtung der notwendigen Korrektur der Verstärkungscharakteristik abgeleitet werden: wird z.B. ein Klangbild als zu hell wahrgenommen, muß die Verstärkung der Höhen zurückgenommen werden. Im zweiten Schritt wird geprüft, ob die Urteile auf einer Dimension systematisch von der Pegelvariation in zwei Frequenzbereichen abhängen. Dies könnte z.B. der Fall sein, wenn ein scharfer Klang nicht von einer Anhebung des Hochtonbereichs alleine verursacht wird, sondern gleichzeitig eine Absenkung des Tieftonbereichs gegeben sein muß. Urteilsvariationen, die nicht durch die Manipulation in einem oder zwei Frequenzbereichen erklärt werden können, hängen von der Variation in allen drei Bereichen ab.

Statistisch erfolgt die Prüfung mit Hilfe von χ^2 -Tests nur für die Manipulation in einem einzelnen Frequenzbereich, da hierfür jeweils neun Items gegeben sind und für die Manipulation in zwei Frequenzbereichen die Anzahl nur noch drei Items beträgt. Mit neun Items ist die Anzahl für eine aussagekräftige Statistik viel zu gering⁶, aber für eine erste, heuristische Analyse der Zusammenhänge ist dieses Vorgehen gerechtfertigt. Es wird getestet, ob eine empirisch ermittelte Verteilung signifikant von einer Gleichverteilung abweicht. Es wird für alle neun Pegelmanipulationen (3 Frequenzbereiche * 3 Pegelstufen) geprüft, ob die Manipulation in einem Frequenzbereichs gleich häufig zu zu niedrigen, „richtigen“ und zu hohen Urteilen geführt hat, und damit keinen Einfluß auf die jeweilige Klangeigenschaft hat, oder ob die Vertei-

⁶ Nach Bortz beträgt der „optimale“ Stichprobenumfang für ein 3-fach gestuftes Merkmal bei einem schwachen Effekt ($\epsilon = 0.16$) 964 Items, bei einem mittleren Effekt ($\epsilon = 0.30$) 107 Items und bei einem starken Effekt ($\epsilon = 0.50$) 39 Items! (Bortz, 1993, S. 156)

Skalierungsmethodik

lung deutlich in eine Antwortrichtung verschoben ist. Dazu werden die Mittelwerte der Urteile zu jeder Klangvariante herangezogen.

Für die Durchführung der χ^2 -Tests wurde die Urteile auf drei bzw. zwei Kategorien reduziert. Dies ist aus statistischen Gründen notwendig, um trotz der niedrigen Itemzahl von $n=9$ eine ausreichende Besetzung der auf Gleichverteilung zu prüfenden Urteilskategorien zu gewährleisten und so überhaupt eine sinnvolle Testung zu ermöglichen. Für die Dimensionen *Lautheit*, *Helligkeit*, *Schärfe* und *Volumen* wurden die drei Kategorien „richtig“, „negativ“ und „positiv“ gebildet, wobei „negativ“ und „positiv“ keine Bewertung der zusammengefaßten Urteile darstellen, sondern nur die Richtung der Abweichung von der richtigen Wiedergabe angeben. Für die Lautheit bedeutet dies, daß die Urteile in den Kategorien „viel zu leise“ und „zu leise“ zur neuen Kategorie „negativ“ zusammengefaßt werden, die Urteile in den Kategorien „zu laut“ und „viel zu laut“ zur neuen Kategorie „positiv“, die ursprüngliche Skalenkategorie „richtig“ blieb erhalten. Für die Dimension *Gesamtqualität* wurden ebenfalls drei neue Kategorien gebildet, wobei die Urteile in den Kategorien „mangelhaft“ und „ungenügend“ zur neuen Kategorie „schlecht“ zusammengefaßt wurden, die Urteile in den Kategorien „sehr gut“ und „gut“ zur Kategorie „gut“ und die Kategorie „befriedigend“ blieb unverändert erhalten. Für die Dimension „Klarheit“ wurden nur zwei neue Kategorien gebildet: die Kategorien „sehr klar/deutlich“ und „klar/deutlich“ wurden in der Kategorie „eher klar“ zusammengefaßt und die Kategorien „etwas unklar/verschwommen/verzerrt“, „unklar/verschwommen/verzerrt“ und „sehr unklar/verschwommen/verzerrt“ in der neuen Kategorie „eher unklar“. Da die Randkategorien aller Skalen nur selten verwendet wurden, stellt die Zusammenfassung keine unzulässige Verzerrung der Ergebnisse dar.. So wurde die einzige im Mittel als „viel zu laut“ bezeichnete Klangvariation („PPP“) mit den im Mittel als „zu laut“ skalierten Geräuschbeispielen zusammengefaßt. Weiterhin wurden die drei „viel zu hellen“ Klangvariationen „MPO“, „MOP“ und „MPM“ mit den „zu hellen“ und die „viel zu dünne“ Variation „MMP“ mit den „zu dünnen“ Variationen aggregiert.

In **Tabelle 6-3** sind für alle Dimensionen und jede einzelne Frequenzbereichsmanipulation die Auftretenshäufigkeiten für Urteile in den neu gebildeten Kategorien aufgelistet. Zusätzlich ist jeweils angegeben, ob die Signifikanzgrenze für $\alpha=10\%$ überschritten wird. Trotz der geringen Itemzahl wurde ein niedriges α -Niveau gewählt, da es sich um eine heuristische Analyse handelt und weil keine potentiell bedeutsamen Zusammenhänge übersehen werden sollten. Die Häufigkeiten für die kombinierte Variation in jeweils zwei Frequenzbereichen sind der Übersichtlichkeit wegen nicht gesondert aufgelistet, aber in **Tabelle 6-4** ist zu jeder Kombination immer dann eine Antwortkategorie aufgeführt, wenn sie jeweils für alle drei vorhandenen Items abgegeben wurde.

Für die gewählten Darbietungsbedingungen konnte keine Variation der Klangbeispiele in einem Frequenzbereich eine systematische Verschlechterung oder Verbesserung der Klangqualität bewirken. Alle Klangvarianten werden meist als befriedigend eingestuft. Lediglich bei einer Absenkung des Tieftonbereichs und gleichzeitiger Anhebung des Mitteltonbereichs wird die Klangqualität tendenziell als schlecht beschrieben.

Für die Dimension *Lautheit* werden die Klangvarianten immer dann als „zu laut“ beurteilt, wenn entweder der Tieftonbereich oder der Mitteltonbereich um 12 dB angehoben wurde, egal welche Variation in den jeweils anderen Frequenzbereichen vorliegt. In der Tendenz ergibt sich außerdem, daß eine gleichzeitige Absenkung des Schallpegels um 12 dB in diesen beiden Frequenzbereichen dazu führt, daß die Klangvarianten als „zu leise“ beurteilt werden

Skalierungsmethodik

und eine „richtige“ Lautheit immer dann gegeben ist, wenn diese beiden Frequenzbereiche unverändert bleiben. Eine Variation des hochfrequenten Bereichs alleine führt nie zu einer Abweichung der Lautheitsurteile aus der „Richtig“-Kategorie.

Klangvarianten, die im Tieftonbereich um 12 dB abgesenkt sind, werden fast immer als „zu hell“ beschrieben. Auch eine Anhebung der mittleren Frequenzen verschiebt die Urteile in Richtung zu starker *Helligkeit*. Eine Anhebung der tiefen Frequenzen führt dagegen eher zu einer häufigeren Verwendung der Kategorie „zu dunkel“. Eine Anhebung oder Absenkung der hohen Frequenzen führt dagegen nicht zu einer systematischen Variation der Helligkeitsurteile!

Skalierungsmethodik

Bereich	Variation	negativ	richtig	positiv	$p(\chi^2) < .1$
Lautheit					
	-12 dB	4	2	3	-
TFB	0 dB	1	5	3	-
	+12 dB	0	3	6	✓
	-12 dB	4	4	1	-
MFB	0 dB	1	4	4	-
	+12 dB	0	2	7	✓
	-12 dB	2	5	2	-
HFB	0 dB	2	2	5	-
	+12 dB	1	3	5	-
Helligkeit					
	-12 dB	1	1	7	✓
TFB	0 dB	2	5	2	-
	+12 dB	4	5	0	✓
	-12 dB	5	2	2	-
MFB	0 dB	2	4	3	-
	+12 dB	0	5	4	✓
	-12 dB	4	4	1	-
HFB	0 dB	2	4	3	-
	+12 dB	1	3	5	-
Schärfe					
	-12 dB	2	2	5	-
TFB	0 dB	2	4	3	-
	+12 dB	4	4	1	-
	-12 dB	5	3	1	-
MFB	0 dB	3	4	2	-
	+12 dB	0	3	6	✓
	-12 dB	5	3	1	-
HFB	0 dB	2	4	3	-
	+12 dB	1	3	5	-
Volumen					
	-12 dB	9	0	0	✓
TFB	0 dB	2	7	0	✓
	+12 dB	0	8	1	✓
	-12 dB	4	4	1	-
MFB	0 dB	4	5	0	✓
	+12 dB	3	6	0	✓
	-12 dB	3	6	0	✓
HFB	0 dB	4	5	0	✓
	+12 dB	5	4	0	✓
Gesamtqualität					
		schlecht	befriedigend	gut	
	-12 dB	5	4	0	✓
TFB	0 dB	0	7	2	✓
	+12 dB	1	6	2	✓
	-12 dB	2	6	1	✓
MFB	0 dB	1	6	2	✓
	+12 dB	3	5	1	-
	-12 dB	1	7	1	✓
HFB	0 dB	2	6	1	✓
	+12 dB	3	4	2	-
Klarheit					
		eher unklar	eher klar		
	-12 dB	1	8		✓
TFB	0 dB	3	6		-
	+12 dB	5	4		-
	-12 dB	5	4		-
MFB	0 dB	1	8		✓
	+12 dB	3	6		-
	-12 dB	5	4		-
HFB	0 dB	2	7		✓
	+12 dB	2	7		✓

Tabelle 6-3: Häufigkeiten, mit denen die aggregierten Kategorien in Abhängigkeit der Art der physikalischen Manipulation eines einzelnen Frequenzbereichs auftreten. Ein Häkchen zeigt ein signifikantes Ergebnis (TFB=tieffrequent, MFB=mittelfrequent, HFB=hochfrequent) an.

Skalierungsmethodik

Auch bei der Klangscharfe führt die Variation im hochfrequenten Bereich alleine nicht zu einer Verschiebung der Urteile. Lediglich eine Anhebung im mittleren Frequenzbereich führt zu einer häufigeren Beurteilung als „zu scharf“. Tendenziell führen auch die gleichzeitige Absenkung der Tiefen und Anhebung der Höhen dazu, die Klangvarianten als „zu scharf“ zu bezeichnen. Als „zu dumpf“ werden Klangvarianten nur dann beschrieben, wenn die Tiefen angehoben **und** die Mitten abgesenkt wurden, oder, wenn die Mitten unverändert sind **und** die Höhen abgeschwächt wurden.

Das Klangvolumen wird in den meisten Fällen als „richtig“ beschrieben. Ein sehr deutlicher Effekt wird nur von einer Absenkung des tieffrequenten Frequenzbereichs erzielt: **alle** neun Klangvarianten werden als „zu dünn“ eingestuft, unabhängig davon, welche Variationen gleichzeitig in den anderen Frequenzbereichen vorlagen. Erstaunlich ist, daß nur die Klangvariante PMO als „zu voll“ beschrieben wurde und die Variante PMM noch als „richtig“. Dies könnte prinzipiell auf die Verwendung unterschiedlicher Musikausschnitte - mit leicht abweichenden Spektren - für die Erzeugung der 27 Klangvarianten zurückzuführen sein, die entsprechenden Terzbandspektren in **Abbildung 6-2** zeigen für die Variante PMO aber sogar eine flachere Flanke zu den hohen Frequenzen als für die Variante PMM. Lediglich das absolute Niveau der tiefen Frequenzen liegt für PMO um ca. 4 dB höher. Gegen die eindimensionale Wirkung der Energie im tieffrequenten Bereich spricht allerdings die Variante POO, die in diesem Frequenzbereich von allen Klangvarianten die höchste Energie aufweist, deren „Volumen“ aber auch mit demselben Urteil belegt wurde, wie die Variante PMM. Hier ist weiterer Klärungsbedarf gegeben.

Für die Dimension *Klarheit* kann festgestellt werden, daß eine Absenkung der Tiefen, eine unveränderte Wiedergabe der Mitten oder Höhen **oder** eine Anhebung der Höhen zu einer „eher klaren“ Beurteilung der Klangvarianten führen. Eine kombinierte Anhebung der Tiefen und Absenkung der Mitten oder Höhen führt dagegen tendenziell zu einer Beschreibung der Klangvarianten als „eher unklar“. Dies trifft auch für die Kombination einer Mittenanhebung und Höhenabsenkung zu.

Fassen wird die Ergebnisse zusammen, dann ergibt sich folgendes Bild für die mit der Hauptursache in nur einem Frequenzbereich:

Skalierungsmethodik

	Qualität	Lautheit	Helligkeit	Schärfe	Volumen	Klarheit
MM?	befriedigend	zu leise			zu dünn	eher klar
MO?					zu dünn	eher klar
MP?	schlecht		zu hell	zu scharf	zu dünn	
M?M					zu dünn	
M?O			zu hell		zu dünn	eher klar
M?P			zu hell	zu scharf	zu dünn	eher klar
OM?						
OO?		richtig				eher klar
OP?	befriedigend	zu laut			richtig	
O?M					richtig	
O?O					richtig	
O?P	befriedigend					
PM?			zu dunkel	zu dumpf		eher unklar
PO?		zu laut			richtig	
PP?			richtig		richtig	
P?M	befriedigend				richtig	eher unklar
P?O		zu laut				
P?P					richtig	
?MM						
?MO						
?MP	befriedigend					
?OM	befriedigend			zu dumpf		
?OO				richtig		eher klar
?OP						eher klar
?PM						eher unklar
?PO		zu laut		zu scharf		eher klar
?PP		zu laut				eher klar

Tabelle 6-4: Auflistung der Fälle, in denen die kombinierte Variation in zwei Frequenzbereichen in allen drei Varianten zu übereinstimmenden mittleren Urteilen (aggregierte Kategorien) führte. Die Fälle sind jeweils durch Angabe der Urteilkategorie gekennzeichnet. Ein Fragezeichen in der Itemkodierung zeigt an, daß sie für die drei Klangvarianten steht, die durch Ersetzen des Fragezeichens durch die Variationen M, O und P gebildet werden können.

	Tieftonbereich	Mitteltonbereich	Hochtonbereich
Verstärkung zu niedrig	eher schlecht zu hell zu dünn klar	X	X
Verstärkung zu hoch	zu dunkel zu laut	zu hell zu laut zu scharf	klar eher zu dünn

Tabelle 6-5: Abhängigkeit der Klangqualität von Übertragungsfehlern in nur einem Frequenzbereich

Skalierungsmethodik

Die Auswirkung eines suboptimalen Frequenzgangs mit der Ursache in zwei Frequenzbereichen ergibt sich folgendes Bild:

		Tiefenbereich		Mittelnbereich	
		zu niedrig	zu hoch	zu niedrig	zu hoch
Mittelnbereich	Verstärkung	zu leise zu dünn klar	zu dunkel zu dumpf unklar		
	zu niedrig				
	zu hoch	eher schlecht zu hell zu scharf zu dünn	X		
	Hochbereich	zu niedrig	zu dünn	unklar	X
	zu hoch	zu hell zu scharf zu dünn	X	X	zu laut klar

Tabelle 6-6: Abhängigkeit der Klangqualität von Übertragungsfehlern in zwei Frequenzbereiche

Aus den beiden Tabellen kann abgeleitet werden, welche Maßnahmen bei einem vom Idealwert abweichenden Eigenschaftsprofil ergriffen werden sollten. Die Einstufung eines Klangbilds als „zu hell“ könnte bedeuten, daß der Tiefenbereich zu schwach verstärkt wird und/oder der Mittelnbereich zu stark oder der Tiefenbereich zu schwach und der Hochbereich zu stark. Wird die Wiedergabe gleichzeitig als „zu laut“ beurteilt, muß die Verstärkung bei den mittleren Frequenzen zurückgenommen werden. Ist die Lautheit dagegen in Ordnung, aber der Klang zu scharf, dann müssen die Tiefen angehoben und die Höhen abgesenkt werden.

6.1.7.4 Optimale Dimensionszahl zur Unterscheidung der 27 Klangvarianten

Die Mittelwerts-Streuungsdiagramme in **Abbildung 6-5** und **Abbildung 6-6** zeigen, daß sich auf jeweils einer Dimension die Streubereiche für sehr viele Klangvarianten deutlich überlappen, und somit eine eindeutige Identifizierung einer Variante (eines Frequenzgangs) anhand einer einzelnen Dimension nicht möglich ist. Die Variation des Frequenzgangs in einer Klangvariante hat auf den verschiedenen Dimensionen jedoch deutlich unterschiedliche Wirkung. Die resultierenden Strukturunterschiede der Klangvarianten zwischen den Dimensionen kann dazu genutzt werden, um anhand von mehr oder weniger umfangreichen Eigenschaftsprofilen eine drastisch verbesserte Identifikation der zugrundeliegenden physikalischen Gegebenheit zu erzielen. **Abbildung 6-7** zeigt die mittleren Eigenschaftsprofile über alle Dimensionen für die 27 Klangvarianten. Für eine bessere Vergleichbarkeit, wurden die mittleren Urteile auf den Dimensionen *Gesamtqualität* (Q) und *Klarheit* (K) in Prozent des Skalenumfangs transformiert. Für diese beiden Dimensionen gilt die linke Ordinate. Die mittleren Urteile für die Dimensionen *Lautheit* (L), *Volumen* (V), *Helligkeit* (H) und *Schärfe* (S) sind ohne Transformation eingetragen. Für diese vier Dimensionen gilt die rechte Ordinate.

Skalierungsmethodik

Der Vergleich der Vertrauensintervalle pro Klangqualitätsdimension liefert die für die Differenzierung der einzelnen Geräuschbeispiele relevante Information, welche Geräuschbeispiele pro Dimension von den Vpn unterschieden wurden und welche Beispiele anhand einer einzelnen Klangqualitätsdimension nicht unterscheidbar sind. Ausgehend von dieser pro Klangqualitätsdimension gewonnenen Information läßt sich nun der Zuwachs an Unterscheidbarkeit der einzelnen Geräuschbeispiele bestimmen, der sich daraus ergibt, daß sukzessive einzelne weitere Klangqualitätsdimensionen hinzugenommen werden. Dieser Unterscheidbarkeitszuwachs kann in einem Diagramm dargestellt werden. Weist die Zuwachsfunktionen einen abrupten Übergang (Knick) von einem steilen in einen flacheren Verlauf auf, dann bedeutet dies, daß die sukzessive Einbeziehung neuer Dimensionen zunächst zu einer deutlich besseren Differenzierung der Klangvarianten führt, die später hinzugenommenen Dimensionen aber nur noch wenig Verbesserung bringen. In diesem Fall kann ein eindeutiges Kriterium für die optimale Dimensionsanzahl angegeben werden.

Die Lautheit der Wiedergabe kann als eine zentrale Eigenschaft für eine gute Wiedergabequalität angesehen werden, weshalb sie als Ausgangsdimension für die Zusammenstellung komplexerer Profile gewählt wurde. In **Tabelle 6-7** ist aufgeführt, wieviele Klangvarianten durch welche Kombination von zwei, drei, vier, fünf oder allen sechs Dimensionen eindeutig unterschieden werden können. Dabei werden nicht nur einzelne Klangvarianten gewertet, sondern auch kleinere Gruppen von Klangvarianten, die zwar nicht untereinander, aber gegen alle anderen Klangvarianten eindeutig abgegrenzt werden können. Eine solche Gruppe bezeichnen wir als zirkulär, eine Gruppe, in der noch einige Klangvarianten voneinander unterschieden werden können, als nicht zirkulär. In **Tabelle 6-8** sind die unterscheidbaren Gruppen für die jeweils optimalen Dimensionskombinationen entsprechend charakterisiert. Nutzt man die Informationen aus allen sechs Dimensionen, können insgesamt die 27 Klangvarianten in 20 Klangvariantengruppen differenziert werden. Dazu zählen 16 Einzelvarianten, 3 Zweiergruppen und eine nichtzirkuläre Fünfergruppe. Wie **Tabelle 6-8** zeigt, trägt die Dimension *Klarheit* keine Information zur Differenzierung bei, da die Dimensionskombination *Lautheit + Helligkeit + Schärfe + Volumen + Gesamtqualität* zu genau demselben Ergebnis führt. Mit der Kombination *Lautheit + Helligkeit + Schärfe + Gesamtqualität* können 19 Klangvariantengruppen unterschieden werden. Der einzige Unterschied zum Ergebnis mit fünf Dimensionen liegt darin, daß die Klangvariante OMO nicht mehr eineindeutig differenziert werden kann und in eine zirkuläre Gruppe mit den Varianten OMP und OMO rutscht. Die beste Lösung mit drei Dimensionen ist die Kombination *Lautheit + Helligkeit + Gesamtqualität*, mit der 15 Klangvariantengruppen unterschieden werden können und die beste Lösung mit nur zwei Dimensionen ist die Kombination *Lautheit + Helligkeit*, mit 11 Klangvariantengruppen (8 Einzelvarianten) differenzierten Klangvariantengruppen.

Skalierungsmethodik

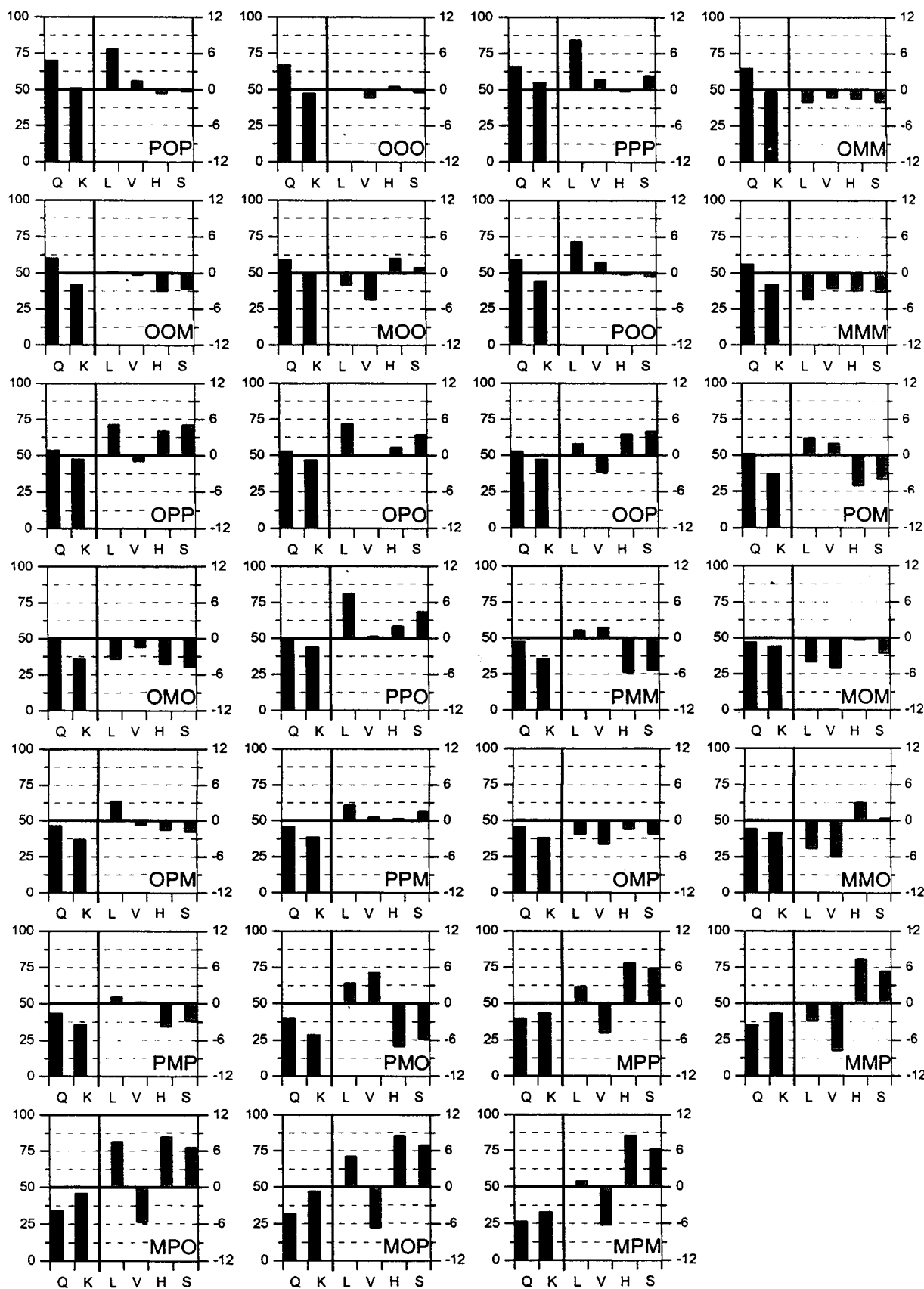


Abbildung 6-7: Eigenschaftsprofile über alle Dimensionen für die 27 Klangvarianten

Skalierungsmethodik

1 Dimension		2 Dimensionen		3 Dimensionen		4 Dimensionen		5 Dimensionen		6 Dimensionen	
Dimension	N	Kombin.	N	Kombin.	N	Kombin.	N	Kombin.	N	Kombin.	N
L	1	LH	11	LHQ	15	LHQS	19	LHQSV	20	LHQSVK	20
		LS	4	LHV	14	LHVQ	16	LHSQK	19		
		LV	4	LHS	13	LHSV	16	LHVQK	17		
		LK	3	LHK	12	LHQK	16	LSVQK	17		
		LQ	5			LHKV	14	LHSVK	17		
								LHSK	13		

Tabelle 6-7: Anzahl unterscheidbarer Klangvarianten in Abhängigkeit von der Dimensionskombination für die Eigenschaftsprofile. L=Lautheit, H=Helligkeit, S=Schärfe, V=Volumen, K=Klarheit, Q=Gesamtqualität.

Kombination Anzahl		Einzelvarianten	Zirkuläre Gruppen	Nichtzirkuläre Gruppen
LH	Anzahl	8	1	2
11	Klang-varianten	moo, mmp, mpm, opp, oop, mpp, ooo, mmo	mop-mpo	oom-pmp-ppm-pmm-pom-opm-pmo-poo-opo-pop-ppo-ppp
LHQ	Anzahl	11	3	1
15	Klang-varianten	moo, pmo, mmp, mpm, omm, opp, oop, mpp, mmm, ooo, mmo	mop-mpo, ppp-pop, mom-omp-omo	oom-ppm-pmp-opm-pmm-pom-opo-poo-ppo
LHSQ	Anzahl	15	3	1
19	Klang-varianten	moo, oom, pmo, poo, mmp, ppp, mpm, omm, opp, oop, mpp, mmm, ooo, pop, mmo	mop - mpo, ppo - opo, mom-omp-omo	(pmm-pmp-pom)-opm-ppm
LHSVQ	Anzahl	16	3	1
20	Klang-varianten	moo, oom, pmo, poo, mmp, ppp, mpm, omm, opp, oop, mpp, mmm, omo, ooo, pop, mmo	mom-omp, ppo-opo, mop-mpo	(pmm-pmp-pom) -opm-ppm
LHSVQK	Anzahl	16	3	1
20	Klang-varianten	moo, oom, pmo, poo, mmp, ppp, mpm, omm, opp, oop, mpp, mmm, omo, ooo, pop, mmo	mom-omp, ppo-opo, mop-mpo	(pmm-pmp-pom)-opm-ppm

Tabelle 6-8: Dimensionskombinationen mit maximaler Differenzierung der 27 Klangvarianten. L=Lautheit, H=Helligkeit, S=Schärfe, V=Volumen, K=Klarheit, Q=Gesamtqualität.

In **Abbildung 6-8** ist die jeweils maximale Differenzierung von Klangvarianten für Eigenschaftsprofile aus einer, zwei, drei, vier, fünf und sechs Dimensionen so aufgetragen, daß man den Zuwachs der Differenzierung über der sukzessiven Erweiterung der Profile beurteilen kann. Nimmt man die Dimension *Helligkeit* zur Dimension *Lautheit* hinzu, dann steigt die Anzahl eindeutig differenzierbarer Klangvarianten(gruppen) von einer auf 11 an. Wird das Profil um die Dimension *Gesamtqualität* erweitert, steigt die maximale Differenzierung auf 15 Varianten. Mit der zusätzlichen Berücksichtigung der Dimension *Schärfe* können 19 Varianten(gruppen) differenziert werden und mit dem Profil *Lautheit + Helligkeit + Gesamtqualität + Schärfe + Volume* schließlich 20. Die Hinzunahme der letzten Dimension *Klarheit*

Skalierungsmethodik

bringt keine Verbesserung der Differenzierung mehr. In der Abbildung ist zwischen der Vierer- und Fünferkombination des Eigenschaftsprofils ein eindeutiger Übergang des steilen Anstiegs in eine Asymptote festzustellen, so daß das Optimum zwischen Anzahl verwendeter Eigenschaften und differenzierbarer Klangvarianten bei der Viererkombination *Lautheit + Helligkeit + Gesamtqualität + Schärfe* mit 19 differenzierbaren Klangvariantengruppen liegt.

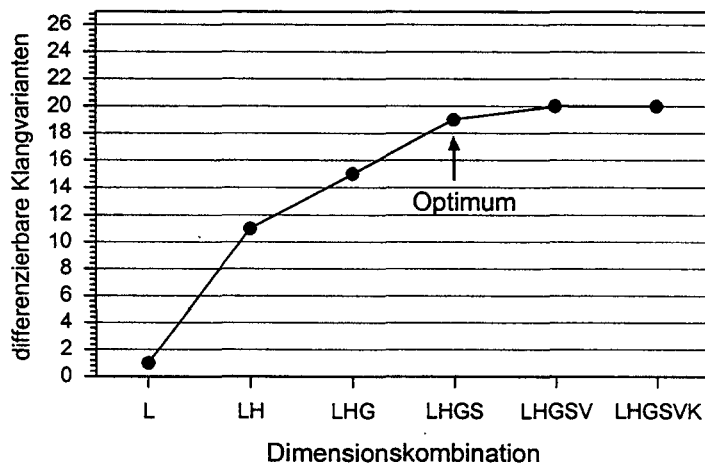


Abbildung 6-8: Maximale Anzahl differenzierbarer Klangvarianten für Eigenschaftsprofile aus einer, zwei, drei, vier, fünf oder sechs Dimensionen.

6.1.8 Zusammenfassung

Die Voruntersuchung konnte zum einen wesentliche Aussagen der Forschergruppe um Gabriellsson bestätigen und zum anderen wichtige Erkenntnisse zum Zusammenhang zwischen Frequenzgangveränderung und der Ausprägung verschiedener Klangeigenschaften gewinnen.

Die Übereinstimmung in der Interpretation des Dimensionsbegriffs und der Verwendung der Skala fällt zwischen den Probanden je nach Dimension unterschiedlich hoch aus. Je mehr Alltagserfahrung gegeben ist und je deutlicher eine Dimension im verwendeten Material hervortritt, umso homogener fallen die Urteile aus. Für die Dimension *Lautheit* konnte eine generell hohe Urteilerübereinstimmung festgestellt werden, für die Dimension *Klarheit* eine durchweg niedrige.

Die deskriptive Statistik hat gezeigt, daß trotz einer moderaten Klangvariation (Realmenge), die jeweils nur einen unterschiedlich großen Ausschnitt der Beschreibungsskala (Bildmenge) abdeckte, kein nennenswerter Range-Effekt festgestellt werden konnte. Dies bedeutet, daß die Verletzung der für eine valide Eigenschaftsskalierung notwendigen Isomorphie zwischen Bild- und Realmenge, keine negativen Auswirkungen gezeigt hat. Dies könnte vor allem darauf zurückzuführen sein, daß nicht nur eine Eigenschaft beschrieben werden mußte, sondern zu jedem Item jeweils die Ausprägungen auf sechs Dimensionen angegeben werden mußten. Bei einer derart umfangreichen Aufgabe besteht prinzipiell die Gefahr einer hohen Urteilsstreuung, die die Bedeutung der Ergebnisse stark beeinträchtigen würde. Die Standardabweichungen der Skalierungen liegen im Mittel (Median) mit jeweils ca. 15% des Skalenumfangs zwar höher als entsprechende Werte für die Skalierung der Lautheit alleine (9.7% für die Hör-

Skalierungsmethodik

feldnormstichprobe), aber dennoch auf einem akzeptablen Niveau, das die Interpretierbarkeit der Daten nicht gefährdet.

Nur wenn die Auswahl der Klangbilder und der Beschreibungsdimensionen optimal auf die potentiellen Übertragungsfehler ausgerichtet ist, kann mit einer minimalen Anzahl an Darbietungen und Dimensionen eine ausreichend genaue Differenzierung dieser Übertragungsfehler gewährleistet werden und damit eine schnelle und effektive Konvergenz auf die richtige Hörgeräteeinstellung. Für die in der Untersuchung verwendeten Musikausschnitte und Dimensionen ergibt das Optimum für Dimensionszahl und durch die Eigenschaftsprofile identifizierbare Reizkonfigurationen bei den vier Dimensionen *Lautheit*, *Helligkeit*, *Schärfe* und *Gesamtqualität*. Mit Eigenschaftsprofilen aus diesen vier Dimensionen können die untersuchten 27 Klangvarianten eineindeutig in 19 Gruppen differenziert werden. Die 19 Gruppen teilen sich in 15 Einzelvarianten, zwei Zweiergruppen, eine Dreier- und eine Fünfergruppe auf.

Auf der Basis der vorläufigen Auswertungen zur Psychophysik der sechs Dimensionen wurde ein Schema aufgestellt, das für ein gegebenes Eigenschaftsprofil die Korrekturmöglichkeiten zur Optimierung des Frequenzgangs liefert. Die geringe Differenzierung der physikalischen Reizmanipulation läßt zwar keine Ermittlung spezifischer psychophysikalischer Funktionen zu, aber es wurden wichtige Hinweise für die Ausrichtung der weiteren Vorgehens gewonnen.

6.2 Skalenentwicklung

Die Voruntersuchungen zur Skalierung von Klangeigenschaften an Normalhörigen hatten vorrangig den psychophysikalischen Zusammenhang und die Frage zum Gegenstand, wieviele Wahrnehmungsdimensionen ein Eigenschaftsinventar umfassen muß, damit verschiedene spektrale Varianten hinreichend differenziert werden können. Als Skalen kamen Varianten des KU-Verfahrens zum Einsatz, das sich im Bereich der Lautheitsskalierung bewährt hatte. Die Versuche waren hauptsächlich Serienversuche.

Freie Klangbeschreibungen erfolgen weniger differenziert als Klangbeschreibungen in Serienversuchen, in denen die Probanden anhand adäquat auflösender Skalen einzelne Eigenschaften beurteilen. Da das zu entwickelnde Verfahren möglichst wenig an den Serienversuch, hingegen möglichst stark an die freie Klangbeschreibung angelehnt sein sollte, wurde eine Ausprägungsskala entwickelt, die in kategorialer Gliederung und Auflösung spezifisch auf die Beschreibung von Klangeigenschaften zugeschnitten ist.

6.2.1 Quantifizierung von Ausprägungsbezeichnungen

Die Kategorienbezeichnungen einer Kategorienskala sind Bezeichnungen für die wahrgenommene oder erlebte Ausprägung einer Eigenschaft. Diese Ausprägungsbezeichnungen bestehen in der Regel aus dem einschlägigen Eigenschaftswort und einem Ausprägungsquantor, z.B. „sehr laut“, „etwas grell“, „mäßig warm“. Innerhalb einer Skala kann das Eigenschaftswort auch allein eine klare Ausprägungsbezeichnung darstellen, z.B. „laut“ und „leise“ innerhalb der Skala „sehr leise - leise - mittel - laut - sehr laut“. Dies gilt ebenfalls für die Bezeichnung „mittel“. Es sei hier nur angedeutet, daß sich die Quantitätsbedeutung einer Ausprägungsbezeichnung innerhalb einer Kategorienskala nicht immer mit der Bedeutung derselben Bezeichnung in einem Gespräch zweier Personen decken muß. In „Das hier schmeckt süß, das

Skalierungsmethodik

hier salzig“ liegt der Akzent auf einer qualitativen Beschreibung. „süß“ hat nicht den quantitativen Gehalt wie etwa in der Skala „sehr sauer - sauer - mittel - süß - sehr süß“. Geht es in der gesprochenen Sprache um quantitative Beschreibung, so werden neben Ausprägungsquantoren, die sich aus dem verbalen Kontext ergeben (wie in „Hier ist es aber laut!“) nichtverbale prosodische Mittel (Intonation, Akzentuierung, Tonhöhe, Pausen) zur Ausprägungsspezifikation reichlich genutzt. Geht es nicht um die freie Kommunikation von Eigenschaften, sondern um deren quantitative Erfassung anhand einer Skala, muß diese zwar auf die prosodischen Mittel verzichten, jedoch so eng wie möglich an das freie Beschreiben angelehnt sein.

Die Analyse der freien Klangbeschreibungen in einem Vorversuch zur Ermittlung der beschreibbaren Klangdimensionen und die Beobachtung von Schwerhörigen bei der Hörgeräteanpassung und -anpassungsüberprüfung hat ergeben, daß freie Klangbeschreibungen nicht rein qualitativer Natur sind. Sie stehen im oben angedeuteten Sinn „an der Schwelle zur Quantität“. Neben der lapidaren Beschreibung „jetzt ist es dumpf“ erhält man bei extremer Reizgestaltung auch „das ist ganz arg dumpf“. Nicht zu Beginn einer Beschreibungssitzung, sondern erst nach einer Orientierungsphase entdeckt der Proband bei schwachen Reizvarianten z.B. „... und das ist auch ein bißchen dumpf“. Um diese Beschreibungslage nicht zu zerstören, sollte die für eine Gehördiagnose brauchbare Skala dieser „Schwelle zur Quantität“ Rechnung tragen, also einfach sein, d.h. wenige Kategorien mit vertrauten Bezeichnungen besitzen. Der Proband sollte in der Skala sofort wiederfinden können, was er auch ohne Skala gesagt hätte, um den Reiz zu beschreiben.

In einer zweiten Hinsicht muß diese „Schwelle zur Quantität“ bei der Entwicklung des Beschreibungsverfahrens berücksichtigt werden. Wenn man feststellt, daß ein Klangbeispiel dumpf ist, hat man nicht gleichzeitig im Sinn, daß ein anderes auch hell oder grell sein könnte. Das heißt, Eigenschaftsgegenteile stehen im Augenblick der Beschreibung noch nicht zur Verfügung. Sie sind schlichtweg nicht erforderlich. Würde dem Probanden beispielsweise eine Skala vorgelegt, die von „sehr hell, grell“ bis „sehr dunkel dumpf“ reichte, so wäre die Beschreibungsaufgabe umgestaltet und der freien Beschreibung entfremdet. Dies gab den Ausschlag, mit monopolen Skalen zu arbeiten, die den Bereich von „nicht“ (vorhanden) bis zu einer starken Ausprägung der fraglichen Eigenschaft umfassen. Selbst wenn man bipolare Skalen zuließe, käme man nicht ohne monopolare Skalen aus, da für eine Reihe von Eigenschaften keine klaren Gegenteile auszumachen sind: z.B. „dröhnend“, „zischend“, „näselnd“ etc. Da das Klangbeschreibungsverfahren so konzipiert ist, daß eine ganze Reihe von Eigenschaften befragt werden, würde eine Mischung aus bi- und monopolen Klang-Skalen die Aufgabe des Probanden unnötig erschweren. Einzige Ausnahme ist die Beschreibung der Lautheit. Sie wird im Kategorienunterteilungsverfahren eingestuft.

Die Entwicklung einer phänomenadäquaten Kategorienskala für Klangeigenschaften beinhaltet, treffende Ausprägungsbezeichnungen für die einzelnen Kategorien der Skala zu finden, die unmittelbar verständlich und gleichabständig sind. Unmittelbare Verständlichkeit und Gleichabständigkeit sind Voraussetzungen für die metrische Güte der Skala. Weiterhin ist die quantitative Differenziertheit der Skala dem zu skalierenden Gegenstand anzupassen. Ist die Auflösung der Skala zu niedrig, reduziert man die erreichbare Präzision unnötig. Außerdem wird die Versuchshaltung des Probanden negativ beeinflusst, da ihm nahegelegt wird, daß seine Beschreibungen offensichtlich nicht sonderlich genau sein müssen. Wählt man die Auflösung zu hoch, kompliziert man die Aufgabe für den Probanden unnötig. Die Skala besitzt dann die richtige Auflösung, wenn sie geringfügig mehr Differenzierung zur Verfügung stellt,

Skalierungsmethodik

als sie der Proband leisten kann. Den Probanden mit einer entsprechend auflösenden Skala vertraut zu machen, ohne daß er sich überfordert fühlt, ist Aufgabe des Versuchsleiters (HELLER 1985, 1990, BORETZKI 1995).

Ein umfangreicher Weg, adäquate Kategorienbezeichnungen zu finden, bestünde darin, im unabhängigen Versuchsplan aus verschiedenen bezeichneten Skalen gleicher Auflösung diejenige herauszuarbeiten, die die höchste Reliabilität und Validität aufweist. Die Quantitätsbedeutungen von Ausprägungsbezeichnungen lassen sich jedoch direkt ermitteln und nach ihren quantitativen Bedeutungen zu unmittelbar verständlichen und gleichabständigen Skalen zusammenstellen. Dieser Weg wird hier besprochen.

6.2.1.1 Experimenteller Ansatz

Die Quantifizierung der Ausprägungsbedeutungen von Ausprägungsbezeichnungen umfaßt folgende Schritte:

- Zusammenstellung einer Bezeichnungsliste
- Zusammenstellung einer Eigenschaftsserie (hier: Dumpfheitsserie)
- Ermittlung der psychometrischen Funktionen für die einzelnen Ausprägungsbezeichnungen anhand des Konstanzverfahrens (Standard: Ausprägungsbezeichnung, Vergleichsreize: Dumpfheitsserie)
- Orientierte Skalierung der Dumpfheitsserie anhand einer hochauflösenden äquidistanten Kategorienskala zur Bestimmung der Stellen der einzelnen Reize der Dumpfheitsserie im phänomenalen Kontinuum
- Ermittlung der Quantitätsbedeutungen (Quantorenanalyse): Ermittlung der Stellenbereiche des phänomenalen Kontinuums, die durch die einzelnen Ausprägungsbezeichnungen bezeichnet werden.

Zur Quantifizierung von Ausprägungsbezeichnungen haben MÜLLER (1987, direkte Skalierung von Ausprägungsbezeichnungen) und SCHMALFUSS (1996, verwendet Herstellungsverfahren und grafisches Rating) teilweise ähnliche Verfahren vorgestellt. Der hier skizzierte Ansatz vermeidet die Reizherstellung, die sich als ausgangsreizabhängig erwiesen hat (BORETZKI 1986), und grafisches Rating, das aufgrund der fehlenden kategorialen Gliederung ungenauer als die Kategorienunterteilungsskalierung ist (SEBALD 1997). Auf direkte Skalierung wurde verzichtet, da es für den Probanden einfacher ist, festzustellen, ob eine Ausprägungsbezeichnung auf einen konkreten Reiz paßt oder nicht, als anzugeben, welche Zahl zwischen 0 und 50 die Quantitätsbedeutung einer Ausprägungsbezeichnung am besten wiedergibt (MÜLLER 1987).

6.2.1.2 Bezeichnungsliste

Aus der Fülle der Ausprägungsquantoren, die unsere Sprache (inkl. Umgangssprache und Dialekt) bietet (z.B. „ein Hauch“, „eine Spur“, „ein ganz klein wenig“, „kaum“, „fast nicht“, „ein bißchen“, „etwas“, „ein wenig“, „mäßig“, „halbwegs“, „einigermaßen“, „mittel“, „recht“, „reichlich“, „ziemlich“, „deutlich“, „sehr“, „stark“, „total“, „äußerst“, „wahnsinnig“, „extrem“, um nur einige zu nennen), wurden die folgenden sieben für die Untersuchung ausgewählt:

Skalierungsmethodik

- eine Spur
- ein bißchen
- etwas
- mäßig
- ziemlich
- sehr
- äußerst

Bei dieser Auswahl wurde bereits darauf geachtet, daß mit den Bezeichnungen das phänomenale Kontinuum von „gar nicht“ bis „äußerst“ einigermaßen gleichmäßig abgedeckt würde.

6.2.1.3 Dumpfheitsserie

Der Satz „Ich hoffe, Du wartest noch nicht so lange!“, von einem männlichen Sprecher mittellaut gesprochen, bildete das akustische Ausgangsmaterial für die Erstellung der Dumpfheitsserie. Dieses Hörbild ist der Gesprächspassage „Im Restaurant 1“ (siehe Anlage D) entnommen. Die 18gliedrige Dumpfheitsserie wurde durch digitale Tiefpaßfilterung ($> 100\text{dB/Oktave}$) des Audio-Signals mit den Eckfrequenzen 11219, 8912, 7079, 5623, 4466, 3548, 2818, 2239, 1778, 1412, 1122, 891, 708, 562, 447, 355, 282, und 224 Hz erzeugt. Der Abstand benachbarter Eckfrequenzen betrug jeweils eine Terz. Die Hörbildvarianten, die nach der Filterung eine Bandbreite unter 562 Hz aufweisen, sind nicht mehr auf Anhieb verständlich. Die Tiefpaßvariante mit der Eckfrequenz 11219 Hz ist selbst für den Normalhörenden kaum vom ungefilterten Original zu unterscheiden. Die Serie (Original eingeschlossen) variiert vom klaren unverfälschten Klang bis ins übermäßig Dumpfe. Damit war eine Untersuchung des ganzen Dumpfheitskontinuums möglich. Die Darbietungspegel der einzelnen Varianten wurden so angepaßt, daß alle Reizdarbietungen mittellaut waren. Die Darbietung erfolgte in einem ruhigen Versuchsraum über eine Visaton NF-Box, die von einem PC über einen Kenwood-Verstärker Model KA-808 gespeist wurde.

6.2.1.4 Versuchsdurchführung

Der Versuch bestand aus zwei Teilen:

1. Ermittlung der psychometrischen Funktionen der Ausprägungsbezeichnungen im Konstanzverfahren,
2. Ermittlung der Stellen der einzelnen Hörbildvarianten im Dumpfheitskontinuum über orientierte Kategorienunterteilungsskalierung.

An dem Versuch nahmen acht normalhörige Probanden teil.

6.2.1.4.1 Phase 1: Psychometrische Funktionen

Den Probanden wurde nach einer einstimmenden auszugsweisen Vorführung der Serie (Extrema, Zwischenstufen) die Serie in Zufallsfolge mehrmals präsentiert. Der Proband hatte jeweils die Aufgabe, festzustellen, ob eine fragliche Dumpfheitsbeschreibung, z.B. „ein bißchen dumpf“, zutraf oder nicht. Wenn die Beschreibung nicht zutraf, mußte er angeben, ob das Hörbeispiel dumpfer oder weniger dumpf war als die Beschreibung. In zufälliger Folge

Skalierungsmethodik

wurden die sieben Ausprägungsquantoren (siehe Abschnitt 6.2.1.2) abgearbeitet, je Quantor eine komplette Serienpräsentation. Die Abhängigkeit der drei Einstufungskategorien („ist so dumpf wie beschrieben“, „ist dumpfer, als die Beschreibung angibt“, „ist weniger dumpf, als die Beschreibung angibt“) von der Eckfrequenz der Tiefpaßfilter wird im folgenden frequenzbezogene psychometrische Funktion der Ausprägungsbezeichnung genannt. Das beschriebene Ermittlungsverfahren ist eine Variante des Konstanzverfahrens der Psychophysik. Als Standard fungiert die Ausprägungsbezeichnung, als Vergleichsreize dienen die Hörbildvarianten. Der Versuch bereitete den Probanden keine Schwierigkeiten.

6.2.1.4.2 Phase 2: Orientierte Kategorienskalisierung der Dumpfheitsserie

Der zweite Teil des Versuchs umfaßte die Dumpfheitseinstufung der einzelnen Reize der nun wohlvertrauten Dumpfheitsserie im Kategorienunterteilungsverfahren. Die Skala ist in **Abbildung 6-9** dargestellt.

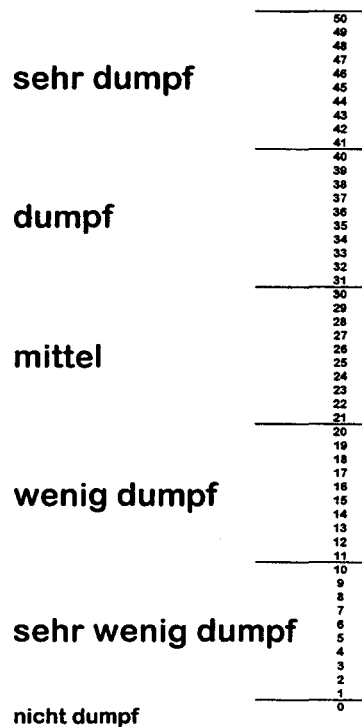


Abbildung 6-9: Kategorienunterteilungsskala Dumpfheit

Es verlangt nach einer Erklärung, warum oben ein möglichst einfaches Verfahren für die Beschreibung von Klangeigenschaften gefordert wird, hier jedoch für die Dumpfheitseinstufung eine hochdifferenzierende KU-Skala angeboten wird. Sie weist zudem zwei Kategorienbezeichnungen auf, die etwas ungewohnt sind: „wenig dumpf“ und „sehr wenig dumpf“. Diese erfüllen also den Anspruch der unmittelbaren Verständlichkeit nicht ganz.

Zwei Beschreibungsprozesse müssen grundsätzlich unterschieden werden: die einmalige quantitative Beschreibung einer Eigenschaftsausprägung (realisiert im Einurteils-Experiment) und die Beschreibung von Ausprägungsgraden innerhalb einer Serie.

Skalierungsmethodik

Bei der quantitativen Einstufung einer Eigenschaft eines Wahrnehmungsgegenstands ohne aktuelle Serie als Hintergrund ist eine bezugslose, absolute, einmalige Beschreibung einer Eigenschaft verlangt, die sofort zunichtegemacht wird, wenn der Proband innerlich diesen „Bezug“ herstellt und sich fragt, was bei dieser Beschreibung zu berücksichtigen sei (welche Ausprägungen noch „dazugehören“, wie die Bezeichnungen auf der Skala zu verstehen seien etc.). Dieses mit großer interindividueller Varianz behaftete Sich-Orientieren bzw. Sich-Neu-Orientieren muß durch die Gestaltung der Methode soweit als möglich unterbunden werden. Sie sollte also am Modell der freien Beschreibung, die keine Orientierungsprozesse aufweist, ausgerichtet sein.

Anders der Serienversuch, d.h. die Skalierung ein- und derselben Eigenschaft in einer Reizserie, über die der Proband gründlich orientiert ist: Wenn die Serie so gewählt ist, daß das Bezugssystem des Probanden getroffen wird, d.h. daß die Serie alle Ausprägungsgrade der fraglichen Eigenschaft abdeckt, und der Proband mit dieser Serie vertraut ist, so liegt Orientiertheit über Aufgabe und Gegenstand vor. Der Proband bekommt als Reize geboten, was auf der Skala angekündigt ist. Ausprägungsumfang und Beschreibungsinstrument Skala passen zusammen. Anlaß zur Frage, welche Ausprägungen zu berücksichtigen seien bzw. welche Bedeutung die Kategorien der Skala hätten, gibt es nicht. Dies gilt selbstverständlich nur für den Fall, daß der Serienversuch richtig angelegt ist (Auswahl der Serie, Isomorphie zwischen Ausprägungsserie und Skala, Orientiertheit des Probanden, extraspektive Versuchshaltung, siehe HELLER 1985, 1990).

Der durchgeführte Serienversuch stellt also eine robuste Anordnung dar. Die einzelne absolute Beschreibung ist hingegen methodisch sehr empfindlich, zumal wenn es sich um eine Eigenschaft an der Schwelle zur Quantität handelt.

Zu Beginn der Phase 2 des Versuchs sind die Probanden vollständig über die Serie orientiert. Sie haben festgestellt, daß einige übermäßig dumpfe Beispiele vorhanden sind. Aus diesem Grund ist ihnen gestattet, Zahlen über 50 auf der KU-Skala anzugeben, falls dies nötig ist, um Reize korrekt zu beschreiben. Zur weiteren Stabilisierung der Einstufungen wurde vor jeder Variantendarbietung das Original geboten. In zwei Durchgängen stufte der Proband die gesamte Serie ein. Wiederum bereitete die Aufgabe keine Schwierigkeiten für die Probanden.

6.2.1.5 Ergebnisse

6.2.1.5.1 Dumpfheitsfunktion

Abbildung 6-10 zeigt die kollektive Dumpfheitsfunktion der acht Probanden. Über den Grenzfrequenzen der verwendeten Tiefpaßfilter sind Einstufungsmittelwerte für die Dumpfheit einschließlich der Streuungen aufgetragen. Die Dumpfheiten sind nahezu linear zum Logarithmus der Frequenz. Die Dumpfheitsserie ist also phänomenal weitestgehend gleichabständig. Bei mittleren Dumpfheiten liegen die Streuungen etwas höher als an den Rändern des Kontinuums.

Skalierungsmethodik

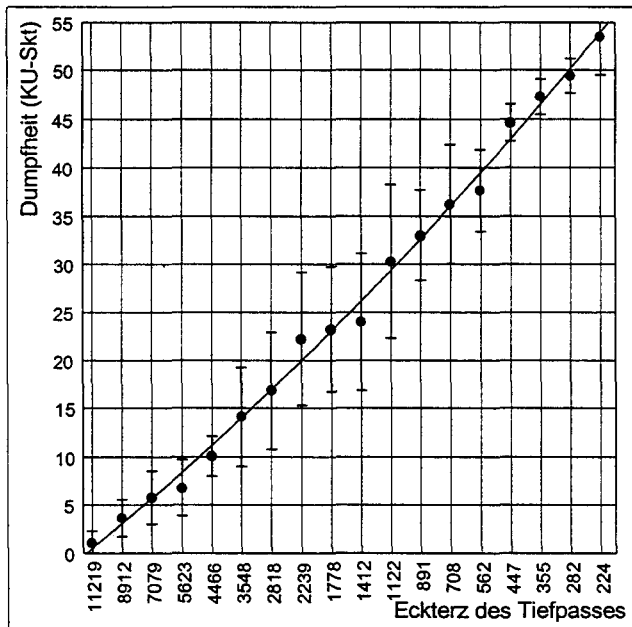


Abbildung 6-10: Kollektive Dumpfheitseinstufungen als Funktion der Tiefpaßgrenzfrequenz. Interindividuelle Standardabweichungen. Angepaßte Funktion: $y = a \cdot (\log(x))^2 + b \cdot \log(x) + c$; $a = 3.6359$; $b = -54.6715$; $c = 162.2829$.

6.2.1.5.2 Quantorenanalyse

Man erhält eine ausprägungsbezogene psychometrische Funktion eines Quantors, wenn man die Häufigkeit, mit der ein Quantor auf eine Eigenschaftsausprägung zutrifft, über einem gleichabständigen Maß der Eigenschaft aufträgt. Dieses Maß bildet hier die kollektive KU-skalierte Dumpfheit.

In **Abbildung 6-11** sind diese kollektiv ermittelten psychometrischen Funktionen für alle sieben untersuchten Ausprägungsquantoren dargestellt. „Eine Spur dumpf“ hat sein Maximum bei „sehr wenig dumpf-5“, „ein bißchen“ und „etwas“ liegen mit ihren Maxima fast dekungsgleich zwischen 10 und 15. „mäßig“ schließt sich knapp unterhalb der Skalenmitte an. Die Beschreibung „ziemlich“ überzieht einen breiten Bereich zwischen 20 und 40. „Sehr dumpf“ beginnt bei 35. „Äußerst“ erreicht das Maximum bei 50.

Skalierungsmethodik

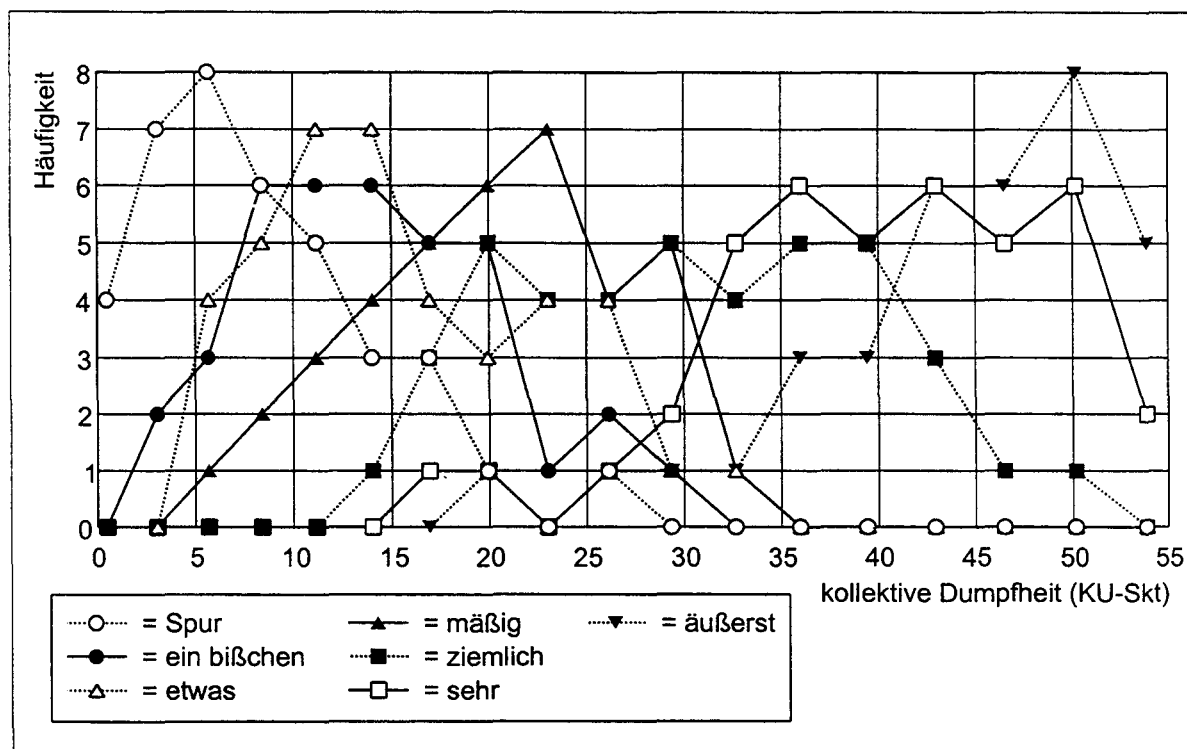


Abbildung 6-11: Ausprägungsbezogene kollektive psychometrische Funktionen der Ausprägungsbezeichnungen „eine Spur dumpf“, „ein bißchen dumpf“, „etwas dumpf“, „mäßig dumpf“, „ziemlich dumpf“, „sehr dumpf“, „äußerst dumpf“. Abszisse: kollektive Dumpfheitseinstufung der Serie anhand KU-Skala; Ordinate: Häufigkeit der Nennung „Hörbild ist so dumpf wie beschrieben“ (n=8).

Abbildung 6-12 zeigt lediglich die Bezeichnungen „etwas dumpf“, „ziemlich dumpf“ und „äußerst dumpf“. Es ist ersichtlich, daß die Häufigkeitkspolygone für „etwas“ und „ziemlich“ sich etwa in der Mitte des Kontinuums treffen, wenngleich die „ziemlich“-Kurve flacher ist, als es für „etwas“ der Fall ist. Zusammen decken beide Bezeichnungen einen großen Teil des erfaßten Kontinuums ab.

Es liegt also nahe, für eine einfache Zwei-Kategorien-Skala, die Bezeichnungen „etwas“ und „ziemlich“ zu wählen. Um die Auflösung zu erhöhen, unterteilen wir die Kategorien dreifach. Als obere Begrenzung wählen wir „äußerst“, als untere „nicht“.

Skalierungsmethodik

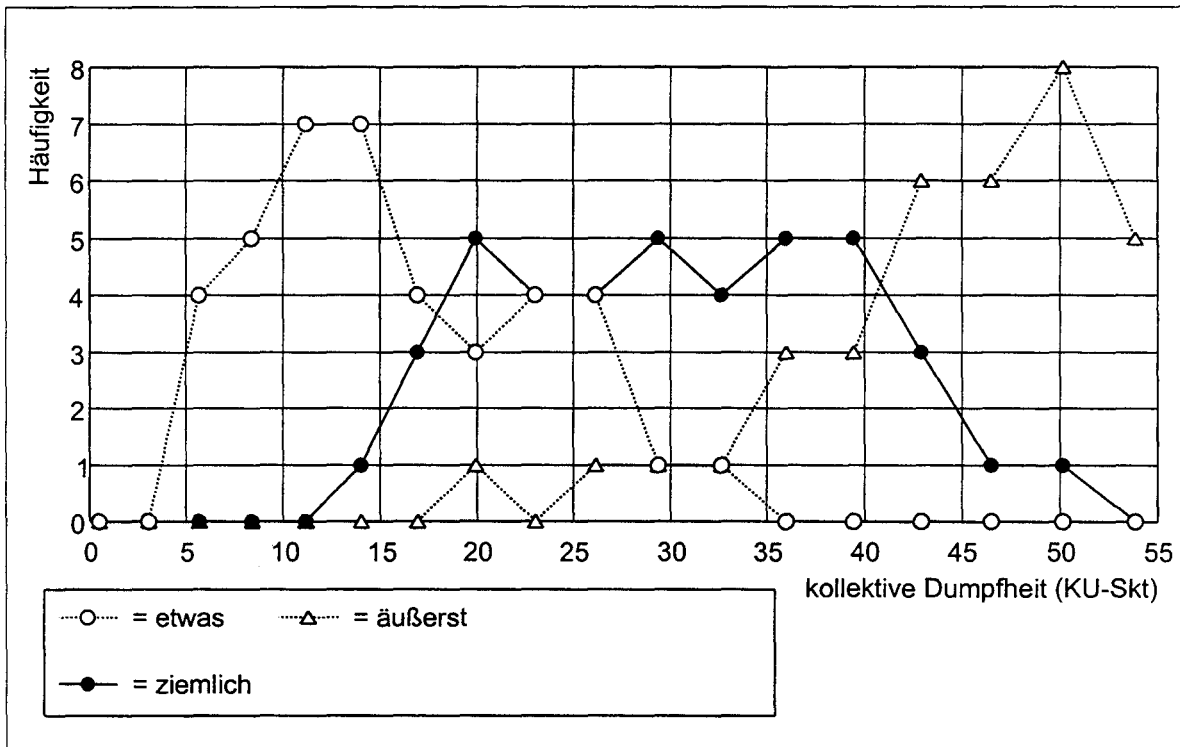


Abbildung 6-12: Ausprägungsbezogene kollektive psychometrische Funktionen der Ausprägungsbezeichnungen „etwas dumpf“, „ziemlich dumpf“, „äußerst dumpf“. Abszisse: kollektive Dumpfheits-einstufung der Serie anhand KU-Skala; Ordinate: Häufigkeit der Nennung „Hörbild ist so dumpf wie beschrieben“ (n=8).

Diese Skala ist in **Abbildung 6-13** zu sehen. Die Punkte oberhalb der 7 („äußerst“) deuten an, daß eine höhere Zahl zur Beschreibung gewählt werden kann, wenn dies erforderlich ist. Die Skala ist einfach aufgebaut, symmetrisch um die Zäsur zwischen „etwas“ und „ziemlich“, leicht zu überschauen. Die Kategorienbezeichnungen sind unmittelbar verständlich. „Etwas“ und „ziemlich“ teilen grafisch und hinsichtlich ihrer Quantitätsbedeutung das Kontinuum in gleich große Bereiche.

Skalierungsmethodik

	⋮
äußerst	7
	—
	6
ziemlich	5
	4
	—
	3
etwas	2
	1
	—
nicht	0

Abbildung 6-13: Unterteilte Zwei-Kategorien-Skala der monopolen Eigenschaftsausprägung

Für eine Fünf-Kategorien-Skala der Eigenschaftsausprägung wählen wir die Bezeichnungen „eine Spur“, „etwas“, „mäßig“, „ziemlich“ und „sehr“ mit den Skalenenden „nicht“ und „sehr“. Diese Skala zeigt **Abbildung 6-14**.

Für den größten Teil der Klangqualitätsbeschreibungen wird die Zwei-Kategorien-Skala angewandt. Zur Klärung der Frage nach der adäquaten Skalenauflösung wird die Fünf-Kategorien-Varianten hinzugezogen.

Skalierungsmethodik

	⋮
äußerst	16
	15
sehr	14
	13
ziemlich	12
	11
	10
	9
mäßig	8
	7
	6
etwas	5
	4
	3
eine Spur	2
	1
nicht	0

Abbildung 6-14: Unterteilte Fünf-Kategorien-Skala der monopolen Eigenschaftsausprägung

6.3 Dimensionsanalyse und Skalenprüfung

6.3.1 Theoretischer und methodischer Ansatz der Untersuchungsreihe zur Dimensionsanalyse und Skalenentwicklung

Der heutigen Hörgeräteanpassung stehen im Grunde zwei Gruppen von audiometrischen Diagnostika zur Verfügung, die zur individuellen Einstellung des Hörgeräts und zur Einstellungsüberprüfung genutzt werden können:

1. Intensitätsdiagnostik: Die Messung der Ruhehörschwelle wurde ergänzt bzw. ersetzt durch die Hörfeldaudiometrie, die es gestattet, die Lautheitswahrnehmung über das gesamte Hörfeld zwischen Hörschwelle und Unbehaglichkeitsgrenze im hörrelevanten Frequenzbereich zu prüfen.
2. Sprachverständlichkeitsdiagnostik: Neben der Lautheit ist die Sprachverständlichkeit zentrale Dimension der Gehörrehabilitation. Zu ihrer Messung bieten sich neben der klassischen Freiburger Sprachaudiometrie neuerdings Techniken an, die auf eine frequenzspezifische, kontext- und sprachschätzunabhängige Sprachverständlichkeitsprüfung abzielen.

Skalierungsmethodik

Die Ersetzung der Hörschwelle durch die Hörfeldaudiometrie ist zwar als deutlicher Fortschritt bei der Hörgeräteanpassung anzusehen, jedoch ist ein Anpaßverfahren, das nur auf Sprachverständlichkeitserhöhung und Lautheitsrehabilitation beruht, nicht befriedigend.

Die Gründe hierfür sind:

- Die derzeitige Hörgerätetechnologie gestattet keine perfekte Realisierung dessen, was lautheitsdiagnostisch gefordert ist (z.B. Übertragung nur bis 6 kHz, mangelnde Flexibilität bei der Korrektur des individuellen Gehörfrequenzgangs, mangelnde Flexibilität bei der Einstellung von dynamischen Parametern). Dem Anforderungsprofil der Hörereinstellung kann sich der Hörgeräte-Akustiker auf verschiedene Weise nähern. Innerhalb dieses Spielraums technisch bedingter suboptimaler Lösungen muß für den Schwerhörigen das Optimum gefunden werden.
- Es ist derzeit nicht abschließend geklärt, ob ein vollständiger Lautheitsausgleich - wäre er technisch präzise realisierbar und wären auch die dynamischen Aspekte des Lautheitsausgleichs zufriedenstellend geklärt - das Rehabilitationsoptimum darstellen würde. Es bestehen Hinweise, daß bei manchen Hochtonschwerhörigen zu „scharfe“ Einstellungen resultieren.
- Zwei psychoakustische Gehörparameter, die Frequenzselektivität und die Zeitauflösung, die beim Innenohr-Schwerhörigen verändert sind, gelten derzeit als nicht rehabilitierbar im Sinne einer komplementären Verarbeitungsstrategie. Bei den augenblicklichen technischen Möglichkeiten bietet jedoch ein Verzicht auf vollständige Lautheitsrehabilitation im Hinblick auf Frequenz- und Zeitauflösungsdefizite möglicherweise günstigere Anpaßlösungen für den Schwerhörigen. Die vergrößerte Aufwärtsmaskierung infolge reduzierter Frequenzselektivität läßt sich z.B. teilweise dadurch ausgleichen, daß im Tieftonbereich weniger verstärkt wird, als es der Lautheitsausgleich erfordern würde.
- Die Hörereignisse des Schwerhörigen unterscheiden sich nicht nur in Hörbarkeit, Lautheit und Sprachverständlichkeit von den Erlebnissen des Normalhörigen. Erst recht vielfältig sind die Unterschiede, wenn der Schwerhörige ein fehlangepaßtes Hörgerät trägt. Zu den „Klangfehlern“ zählen z.B. Schärfe, Blechernheit, Rauschen, Kratzen (Verzerrungen) etc.

Aus diesen Gründen ist eine Diagnostik wünschenswert, die zusätzlich zu den Lautheits- und Sprachverständlichkeitsveränderungen des Gehörs möglichst alle übrigen phänomenalen Dimensionen der Schwerhörigkeit und ihrer Modifikation durch das Hörgerät für die Hörgeräteanpassung zur Verfügung stellt. Das Verfahren A-life von Geers, Hörgeräteanpassung mit natürlichen Klangbildern, stellt einen wichtigen Schritt in Richtung einer derartigen Diagnostikentwicklung dar.

Das A-life-Verfahren besteht auf den Komplexen: Kundenvorgespräch, präskriptiver Teil und Feinanpassung auf der Grundlage des Höreindrucks des Kunden bei natürlichen Klangbildern. Die beim Hörgeschädigten bestehenden Hörwünsche werden im Vorgespräch mit dem Hörgeräte-Akustiker ermittelt. Diese Angaben bestimmen die individuell wichtigen Klangbildgruppen. Nach einem hörverlust- und klangbildgruppenabhängigen Algorithmus erfolgt die Hörgerätevorauswahl und -voreinstellung. Je nach Hörgerät können mehrere Klangbildgruppen berücksichtigt werden.

Zur Beurteilung der Wirksamkeit des Hörgeräts werden dem Schwerhörigen Repräsentanten der Klangbildgruppe dargeboten. Durch Skalierung der psychoakustischen Größen Lautheit, Klangfarbe, globale Sprachverständlichkeit und Angenehmheit, denen je sieben Verbalkate-

Skalierungsmethodik

gorien zugeordnet sind, gibt der Hörbehinderte direkt sein Urteil der mit Hörgerät erlebten Übertragungsqualität per Touchscreen ein. Für die Beurteilung und Reduzierung negativer Übertragungseigenschaften werden die Hördimensionen Rauschen und Verzerrungen abgefragt. Die Ergebnisse werden für jeden Anpaßschritt in einen Hörnetz (polares Koordinatensystem für die Hördimensionen) dokumentiert. Durch Vergleich mit Werten von Normalhörenden sind Parameteränderungen für das Hörgerät bestimmbar, die zu einer verbesserten Anpassung führen. Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis eine zufriedenstellende Einschätzung durch den Schwerhörigen erreicht ist.

6.3.1.1 Entwicklungsziele

Das erste Ziel auf dem Weg zu einer Diagnostik anpassungsrelevanter Hörereigniseigenschaften - wir werden sie der Einfachheit halber und aus gutem Grund vorläufig „Klangdiagnostik“ nennen - ist die Ermittlung befragbarer phänomenaler Dimensionen, deren psychophysikalische Beziehung sich für die Einstellungsoptimierung nutzen läßt.

Das zweite Ziel besteht in der Entwicklung einer adäquaten Skalierungstechnik für diese Dimensionen. Für die Erreichung beider Ziele ist die Zusammenstellung geeigneten auditiven Reizmaterials notwendig.

Schließlich muß der methodische Ansatz in der Hörgeräteanpassung geprüft werden. Die Untersuchungen sollten Aufschluß über die Klangwahrnehmung des Schwerhörigen geben.

6.3.1.2 Methodischer Ansatz

Als Ausgangsmaterial für die Reizherstellung dienen drei kurze Hörbilder: eine Gesprächspassage, eine Passage aus einem Streichkonzert und eine Folge von Klavierakkorden. Die Audio-Signale dieser Hörbilder werden in Amplitude, Spektrum, Dynamik, Verzerrung und Rauschanteil manipuliert. Die Varianten stellen die anpassungsrelevanten Aspekte der Schwerhörigkeit und ihrer Modifikation durch ein Hörgerät für den Normalhörigen dar. Die Wahl fällt im Entwicklungsstadium des Verfahrens hauptsächlich auf normalhörige Versuchspersonen, da Gehörvarianz die Experimente zur Skalenentwicklung ungleich schwieriger gestalten würde. Die Ergebnisse der Dimensionsanalyse werden anhand der Beschreibungen von Schwerhörigen überprüft.

Das methodische Konzept beinhaltet die Annahme, daß der dimensionale Aufbau der Hörwelt des Normalhörigen identisch ist mit der Dimensionsstruktur des Schwerhörigen. Selbstverständlich sind die psychophysikalischen Beziehungen verändert. Diese gilt es zu diagnostizieren, und zwar auf der Basis von Skalierungen auf anpassungsrelevanten Dimensionen. In der Erprobung des Verfahrens beim schwerhörigen Probanden (Hörgeräteanpassung) wird sich die Stichhaltigkeit der Identitätsannahme zeigen.

Zur Dimensionsanalyse eines Erlebnisbereichs werden neben der freien Exploration gewöhnlich zwei Techniken verwendet: Faktorenanalyse und multidimensionale Skalierung. In unserem Fall würde bei faktoranalytischem Vorgehen ein Satz von auditiven Reizen anhand eines Inventars von Beschreibungen (z.B. einer vorweg zusammengestellten Liste von Klangadjektiven) skaliert. Die Faktorenanalyse dieser Daten ergäbe als Linearkombinationen der Inventaritems die Faktoren, die der Experimentator als Hördimensionen zu interpretieren hätte. Vor allem müßte er sie geeignet benennen, wenn der Schwerhörige anhand dieser Dimensionen seine Hörerlebnisse beschreiben sollte. Andernfalls könnte er dem Schwerhörigen die ganze

Skalierungsmethodik

Inventarliste vorlegen und die Skalenwerte des Schwerhörigen auf den einzelnen Dimensionen anhand der Ergebnisse der Faktorenanalyse berechnen. Diese „Fragebogentechnik“ hat den Nachteil, daß ihre Ergebnisse maßgeblich davon abhängig sind, welche Güte das Beschreibungsinventar hat und wie das Reizmaterial zusammengestellt ist. Das Fehlen wichtiger Dimensionen im Inventar bleibt vollkommen unbemerkt. Sind Dimensionen im Reizmaterial hoch korreliert, werden sie nicht als verschiedene Dimensionen entdeckt. Außerdem wird die Benennung einer Dimension - von zentraler Bedeutung für ein valides Beschreibungsverfahren - nicht empirisch ermittelt, sondern ist Gegenstand der Faktorinterpretation. Legt man dem Schwerhörigen nicht die Dimensionen, sondern die zugrundeliegende Inventarliste zur Beschreibung von Hörerlebnissen vor, so wäre das Verfahren unökonomisch und schwerfällig.

Die multidimensionale Skalierung würde beinhalten, daß den Probanden Reizpaare vorgegeben werden (möglichst alle Kombinationen), die diese nach ihrer Ähnlichkeit einzustufen hätten. Anhand der resultierenden Abstandsdaten der Reizpaare würde ein n-dimensionaler Raum inklusive der Lokation der einzelnen Reize in diesem Raum so konstruiert, daß ein möglichst hoher Anteil der Abstandsvarianz durch die Abstände der Reize in diesem Modellraum erklärt würde. Wieder hätte der Experimentator die Aufgabe, die Dimensionen dieses Raums anhand der jeweils extrem liegenden Reize zu interpretieren. Man steht vor demselben Problem der Benennung wie bei faktoranalytischem Vorgehen. Mit diesem hat die multidimensionale Skalierung weiterhin gemein, daß die sich ergebende Dimensionsstruktur entscheidend von der Reizzusammenstellung abhängig ist.

Faktorenanalyse und multidimensionale Skalierung sind leistungsfähige Analysetechniken, aber nur wenig auf die vorliegende klangdiagnostische Aufgabenstellung zugeschnitten. Ein direkterer Weg bot sich an.

Zu jeder Hörbildvariante (spektrale, dynamische, Amplituden-, Verzerrungs- oder Rauschanteilsmanipulation) wurde eine dreigliedrige Steigerungsreihe hergestellt, bestehend aus dem Hörbildoriginal, einer schwachen und einer starken Variante. Für die Manipulationsart „1oktav-breite Anhebung im Hochtonbereich“ beispielsweise bestand die schwache Variante in einer Anhebung des entsprechenden Frequenzbereichs um 10 dB. Bei der starken wurde um 15 dB angehoben. Diese Steigerungsreihe wurde dem Probanden wiederholt dargeboten, und seine Aufgabe bestand darin, alle Eigenschaften anzugeben, die sich innerhalb dieser Steigerungsreihe änderten. Das Hörbild wurde beispielsweise „etwas lauter, heller und ein bißchen metallisch“. Aus diesen Beschreibungen wurden diejenigen extrahiert, die je Variante oder Variantengruppe von einem größeren Teil der Probanden genannt wurden, also Gemeingut waren. Daraus wurde der Satz von Eigenschaften zusammengestellt, der Eingang in die Versuche zur Skalierung von anpassungsrelevanten Klangeigenschaften finden sollte. In diesen Versuchen mußte sich zeigen, welche der ermittelten Eigenschaften als gut befragbare Dimensionen Kandidaten für das Klangdiagnostikum sind. Hierfür ist nicht nur die Präzision der Beschreibung entscheidend, sondern auch, ob sich anhand des gesamten Eigenschaftssatzes Fehleinstellungen des Hörgeräts feststellen lassen (z.B. zu schwache Verstärkung im Hochtonbereich, zu starkes Hintergrundrauschen, zu starke Kompression etc.).

Die Hörbildvarianten wurden durch digitale Signalmanipulation hergestellt. Daß die Manipulationen ein verlässliches Abbild hörgerätetechnischer Signalmodifikationen sind, wurde neben der digitalen Modellierung verschiedener Hörgeräteleistungsbereiche (spektrale Modifikation, Dynamikkompression) zusätzlich dadurch sichergestellt, daß der Experimentator die Hörbildoriginalen mit unterschiedlich eingestellten Hörgeräten (PHONAK Piconet, RESOUND BTE) abhörte. Bei den Signalmanipulationen wurde darauf geachtet, daß sie eine deutlich hörbare

Skalierungsmethodik

Veränderung gegenüber dem Original bewirkten. Andererseits durfte die Manipulation nicht übermäßig groß sein, denn das klangdiagnostische Verfahren sollte ja zur Feinanpassung des Hörgeräts eingesetzt werden. Dimensionen, die erst bei drastischen Fehlanpassungen anschlagen, wären also ungeeignet.

6.3.1.3 Zur Theorie der Klang(farben)wahrnehmung des Schwerhörigen

Der letzte Absatz legt nahe, daß die Signalmanipulationen nur Signalmodifikationen darstellen, die durch den Einsatz von Hörgeräten erzeugt werden. Weiter oben wurde ausgeführt, daß die Manipulationen die „anpassungsrelevanten Aspekte der Schwerhörigkeit und ihrer Modifikation durch das Hörgerät“ wiedergeben sollten. Eine Klarstellung ist nötig. Zunächst wird der verwendete Klangbegriff präzisiert, dann das Konzept des Bezugssystems, schließlich die Frage angegangen, welche Bedeutung die Bezugssystemseite der Klang(farben)wahrnehmung für eine Klangdiagnostik hat.

6.3.1.3.1 Klang und Klangfehler

„Klang“ ist nicht in der technischen Bedeutung der Akustik (harmonisches Frequenzgemisch), sondern in seiner ursprünglichen Bedeutung gemeint. Unter dem Klang eines Hörereignisses ist ganz allgemein zu verstehen, wie dieses sich anhört, wie es klingt, oder wahrnehmungspsychologisch: welche elementaren auditiven Eigenschaften das Hörereignis hat. Der Begriff ist weiter gefaßt als die Klasse der Klangfarbeneigenschaften (z.B. „Dumpfheit“, „Helligkeit“, „Dunkelheit“, „Schärfe“ etc.). Er schließt diese ein, darüber hinaus aber auch Eigenschaften wie „Kratzen“, „Zischen“, „Knistern“, „Rauschen“, „Dröhnen“ etc. In der Regel wird auch die Lautheit den Klangeigenschaften zugeschlagen. Ausgeschlossen sind die Verständlichkeit einer Sprachprobe oder die Hörbarkeit eines Ereignisses.

Eine Fehleinstellung eines Hörgeräts verleiht einem unter Umständen beträchtlichen Teil der Hörerlebnisse des Schwerhörigen Klangeigenschaften, die unangenehm sind und deshalb abgelehnt werden. Diese Abweichungen von einer optimalen Versorgung nennt man „Klangfehler“. Aufgabe der Klangdiagnostik ist es, derartige Klangfehler des Hörgeräts zu bestimmen und zu beseitigen. Sie könnte auch als „Klangfehlerdiagnostik“ bezeichnet werden.

Eine ganz entscheidende Frage für das Klangdiagnostikum ist, ob der Schwerhörige auch ohne Hörgerät Klangfehler erlebt (vom Lautheitsdefizit einmal abgesehen), ob sich ihm also seine Schwerhörigkeit neben der reduzierten Sprachverständlichkeit und der reduzierten Lautheit mancher Hörereignisse als „fehlerhafter Klang“ präsentiert. Lebt der Hochtenschwerhörige in einer dumpfen Hörwelt? Hört der Tieftenschwerhörige alles eher dünn und grell? Führen man einem Normalhörigen ein mittellautes Sprachhörbild vor, das nach der Vorgabe des Lautheitsverlusts eines mittelgradig Hochtenschwerhörigen tiefpaßgefiltert wurde, so nimmt er dies unmittelbar als dumpf wahr. Nimmt der Hochtenschwerhörige ebenso wahr? Man erhält meist eine verneinende Antwort, wenn man nichtversorgte Hochtenschwerhörige danach fragt, deren Hördefizit sich allmählich entwickelt hat. Allerdings heißt es „jetzt ist es dumpfer“, wenn man mit der gleichen Frage den gut versorgten Hochtenschwerhörigen gebeten hat, seine Hörgeräte aus den Ohren zu nehmen.

Skalierungsmethodik

6.3.1.3.2 Das Konzept des Bezugssystems

Damit ist die Frage nach den Bezugssystemen von Klangeigenschaften und ihrer Stabilität bei der Entwicklung einer Schwerhörigkeit gestellt (WITTE 1960, HELLER 1985). Mit Bezugssystem wird ein theoretisches Konstrukt bezeichnet, das der Erklärung des Phänomens der absoluten Eigenschaftsausprägung dient.

Zur Erläuterung: Sind drei deutlich verschiedene Ausprägungen einer psychischen Dimension gegeben, z.B. drei verschieden laute Töne, so kann immer angegeben werden, welche der drei Ausprägungen (Binnenausprägung) zwischen den beiden anderen (Bezugsausprägungen) liegt. Und nicht nur das: der Mensch ist auch in der Lage, mit einer bestimmten Genauigkeit zu sagen, wo die Binnenausprägung zwischen den beiden Bezugsausprägungen liegt (z.B. kann die Lautheit des Binnentons etwas näher an der Lautheit des laueren Bezugstons als an der Lautheit des leiseren Bezugstons liegen). Diese phänomenale Stelle der Binnenausprägung zwischen den Bezugsausprägungen läßt sich beispielsweise auf einem senkrechten Strich abtragen, dessen Enden die beiden Bezugsausprägungen darstellen (im erwähnten Beispiel wäre die Markierung oberhalb der Strichmitte; die genaue Stellenmarkierung würde die erlebte Lautheitsstelle des Binnentons zwischen den Bezugstönen wiedergeben).

Bei den „stellegebenden“ Bezugspunkten für einen einzelnen Reiz muß es sich nicht unbedingt um ein Ausprägungspaar handeln. Auch eine ganze Ausprägungsmannigfaltigkeit wie z.B. die Dämpfungsserie, von der in Abschnitt 6.2.1.5.1 die Rede war, kann diese Funktion übernehmen. Verblüffend ist, daß sich selbst in einer nichtvertrauten Mannigfaltigkeit, beispielsweise in einer simultan dargebotenen Strichserie (z.B. cm-gleichabständig von 0.5 bis 12.5 cm variierend, Anordnung von HELLER 1959), die einzelnen Reize schnell mit ihrer Stelle im Reizgesamt präsentieren. Als Voraussetzungen hierfür haben sich phänomenaler Zusammenhang, Geschlossenheit und dimensionale Steigerbarkeit der Ausprägungen erwiesen. Sie sind für die Strichmannigfaltigkeit erfüllt. Der Bezugscharakter einer derartigen aktuellen Mannigfaltigkeit für die einzelne Ausprägung tritt jedoch viel weniger deutlich hervor wie beim Bezugsausprägungspaar. Im letzteren Fall mag die Strichlänge „genau in der Mitte zwischen den Bezugslängen“ liegen, im Mannigfaltigkeitsfall präsentiert sich der Strich schon „mit mittlerer Größe“ (HELLER 1959). Daß der Strich ja nur in dieser speziellen Mannigfaltigkeit mittlere Größe hat, bzw. in der Mitte der Ausprägungen liegt, fällt in der Regel nicht auf. Die Stelle der einzelnen Ausprägung im aktuellen Größenbezugssystem wird markant, eigenständig und anschaulich kaum bezogen erlebt (Die Striche sind kurz, lang, mittel, sehr kurz usw.). Denn die stellegebenden Reizgegebenheiten präsentieren sich als solche kaum noch phänomenal. An ihrer stellegebenden Funktion hat sich gegenüber dem Bezugsausprägungspaarfall jedoch nichts geändert. (Diese Sachverhalte sind nur im Fall unvoreingenommener, unreflektierter Betrachtung beobachtbar, wie sie stattfindet, wenn man einfach etwas anschaut oder anhört, ohne über psychologische Hintergründe zu spekulieren.)

Ein mnestisch stabilisiertes (im Gedächtnis verankertes) Bezugssystem wird angenommen, wenn ein Reiz mit einer absoluten Eigenschaftsausprägung (z.B. „Sie sprechen mittellaut.“) ohne jeglichen erlebten Bezug auf andere Reizgegebenheiten auftritt. Der Bezugssystemtheorie zufolge (WITTE 1960, 1966, HELLER 1959, 1980, 1985, BORETZKI 1995) liegt hierbei der rein funktionale Fall des Stellegebens von Bezugsausprägungen vor. Die Mannigfaltigkeit oder das System der Bezugsausprägungen (hier der Lautheitsausprägungen) ist dem Erleben einer absoluten Ausprägung nicht mitgegeben - daher die Bezeichnung „absolut“. Natürlich kann die Bezugsmannigfaltigkeit bzw. das Bezugssystem durch einen geeigneten Serienversuch demonstriert bzw. untersucht werden. Unter dem bezugssystemtheoretischen Blickwin-

Skalierungsmethodik

kel ist allerdings der Ein-Urteils-Versuch aussagekräftiger, in dem jeder einzelne Proband nur eine einzige Ausprägung beschreibt. Die stellige Funktion des Bezugssystems muß bei dieser Methode nicht mit der stellige Funktion einer möglicherweise schlecht gewählten aktuellen Serie konkurrieren. Die Untersuchung von mnestisch stabilisierten Bezugssystemen (Umfang, Stabilität, Veränderbarkeit, Differenziertheit, Eigenschaftsskalierung) ist ein wesentlicher Gegenstand der Bezugssystemforschung. Sie hat u.a. zur Entwicklung der Hörfeldaudiometrie (Heller 1985) geführt.

6.3.1.3.3 Ausprägungsstellen und Ausprägungsidentitäten

Neben dem Stelleaspekt weist jede erlebte Ausprägung eine weitere Seite auf: die Ausprägungsidentität. Im Falle stabiler absoluter Eigenschaften sind sie nicht voneinander zu trennen. Hat man hingegen z.B. zwei nahezu gleichgroße, unregelmäßige, fleckenartige Gebilde (Zeichnungen auf einem Stück Papier) ohne jedes weitere bezuggebende Moment vor sich, so läßt sich über ihre Größe lediglich sagen, daß sie fast gleich groß sind, der eine „Fleck“ eben ein klein wenig größer als der andere. Dennoch haben beide Fleckengebilde anschaulich eine ganz bestimmte Größe, die man sich merken kann, die auch ziemlich genau reproduzierbar sind. Dieser Aspekt der Ausprägung nennt man Ausprägungsidentität (BORETZKI 1995). Voraussetzung für ihn ist die Verfügbarkeit der phänomenalen Dimension. Geht es um den Vergleich zweier sehr ähnlicher Ausprägungen wie bei der Unterschiedsschwellenbestimmung, so liegt der Akzent der Betrachtung auf den Ausprägungsidentitäten der beiden Reize. Kommen Stellenaspekte bei dieser Aufgabe ins Spiel (Bezugsurteile, sich entwickelnde absolute Eigenschaften), so verliert die entsprechende Methode ihre Validität als Unterschiedsschwellenbestimmung (MARTIN & MÜLLER 1899).

Die Entwicklung eines Bezugssystems ist so zu verstehen, daß Reize, die sich zunächst nur mit dem Identitätsaspekt der Ausprägung präsentieren, durch aktuelle oder mnestische Realisierung einer zusammenhängenden und geschlossenen, damit bezuggebenden Ausprägungsmannigfaltigkeit Stellencharakter gewinnen. Dieser Prozeß wird als „Orientierung“ innerhalb einer Ausprägungsmannigfaltigkeit gekennzeichnet. Im vollständig ausgebildeten Fall treten die Wahrnehmungsgegenstände mit absoluten Eigenschaftsausprägungen auf. Es liegt „Orientiertheit“ über die Eigenschaftsausprägungen vor (HELLER 1980). Für eine Reihe elementarer Wahrnehmungseigenschaften, z.B. der Lautheit, wird vermutet, daß der Stelleaspekt der Ausprägung in der genetischen Ausstattung bereitgestellt wird. Das Bezugssystem ist in diesem Fall nicht ontogenetisch, sondern phylogenetisch stabilisiert (HELLER 1985).

Eine erfahrungsabhängige Veränderung eines Bezugssystems stellt sich ein, wenn sich die bezuggebende Mannigfaltigkeit aktuell oder mnestisch ändert. Für eine mnestische Veränderung ist eine dauerhafte Verschiebung des Umfangs der Ausprägungsgrade innerhalb des Erlebnisraumes erforderlich. Ein historisches Beispiel hierfür ist die Veränderung des Autogrößenbezugssystems beim Umzug eines Mitteleuropäers in eine nordamerikanische Stadt in den fünfziger Jahren. Die amerikanischen Wagen imponieren zunächst als riesige Straßenkreuzer. Nach und nach wird jedoch die bisher bezuggebende Mannigfaltigkeit europäischer Autogrößen durch die amerikanische ersetzt, und der Auswanderer ist bei einem Besuch in Europa über die Kleinheit der hiesigen Autos erstaunt. An den Größenidentitäten hat sich nichts geändert! Die Stellen der Größenidentitäten im sich ändernden Bezugssystem wurden verschoben. Die Wagengröße, die in Europa mittel war, ist in den Klein-Bereich gerutscht, d.h. liegt nun im unteren Bereich der bezuggebenden Mannigfaltigkeit. Wesentlich für diesen Prozeß

Skalierungsmethodik

ist, daß er nicht erlebt wird. Lediglich das Produkt tritt in Erscheinung (Staunen über die sonderbare Autogröße beim Besuch in Europa).

Von einer derartigen Stellenänderung von Reizen ist die Veränderung von Ausprägungsidentitäten zu unterscheiden. Sie ist beim Lautheitsverlust des Schwerhörigen infolge der geänderten Übertragungscharakteristik seiner Hörorgane gegeben. Am eindringlichsten zeigt dies die Lautheitswahrnehmung des Schalleitungsschwerhörigen, bei dem beispielsweise ein wenig frequenzabhängiger Schwellenhörverlust von 30 dB festgestellt wird. Er beschreibt die Lautheiten von Testgeräuschen in der Hörfeldaudiometrie so, wie sie der Normalhörige bei einer Abschwächung um 30 dB einstufen würde. Man findet hier also gerade keine Verschiebung der bezugsgebenden Mannigfaltigkeit, keine Veränderung des Lautheitsbezugssystems. Würde eine solche Veränderung stattfinden, könnte man den Lautheitsverlust gar nicht oder nur fehlerhaft diagnostizieren. Diese Robustheit des Lautheitsbezugssystems wird als ein Hinweis auf die genetische Verankerung der absoluten Lautheit gewertet. Als stellige Mannigfaltigkeit ist daher nicht das von Individuum zu Individuum variierende Gesamt der Schallintensitäten im eigenen Erlebnisraum zu betrachten, sondern der Umfang der Lautheitsausprägungen, die unser Gehör prinzipiell zur Verfügung stellt (Lautheitsklaviatur des Gehörs von „gerade eben hörbar“ bis „schmerzhaft laut“).

Die Stabilität des Lautheitsbezugssystems gestattet es, die Lautheitsbeschreibungen des Schwerhörigen auf diejenigen des Normalhörigen zu beziehen und den frequenz- und pegelabhängigen Lautheitsverlust bzw. den entsprechenden Verstärkungsbedarf zu quantifizieren. Sie gestattet den interindividuellen Gehörvergleich. Würde sich das Lautheitsbezugssystem mit einer entwickelnden Schwerhörigkeit verändern, so wären nur intraindividuelle Vergleiche (z.B. mit und ohne Hörgerät) zulässig. Eine lautheitsnormabhängige Verstärkungsbedarfberechnung würde die genaue Kenntnis des Ausmaßes der individuellen Bezugssystemveränderung voraussetzen.

6.3.1.3.4 Bezugssystemtheoretischer Status der Klangwahrnehmung des Schwerhörigen

Die vorausgehenden Erläuterungen gestatten es, die eingangs gestellte Frage zu präzisieren: Welche Rolle spielt die Stabilität des Klangeigenschaftsbezugssystems für die Leistungsfähigkeit einer Klangdiagnostik? Die Antwort liegt auf der Hand:

1. Wenn eine veränderte Klangwahrnehmung keine Bezugssystemänderung nach sich zieht, also nur in veränderten Ausprägungsidentitäten besteht, darf das klangdiagnostische Verfahren ganz analog zur Hörfeldaudiometrie konzipiert werden. Nach der Erarbeitung des Dimensionskatalogs und einer adäquaten Skalierungstechnik würden in einer Untersuchung an Normalhörigen Normbeschreibungen für das akustische Testmaterial ermittelt. Anhand dieser könnten die Klangveränderungen und -defizite des Schwerhörigen quantifiziert werden.
2. Wäre jedoch die Gehörveränderung beim Schwerhörigen immer mit Veränderungen im Bezugssystem verbunden, so dürften die Schlußfolgerungen, die man aus klangdiagnostischen Ergebnissen zieht, nur intraindividuelle Sachverhalte betreffen. Nicht die Normalhörigen, sondern der individuelle Schwerhörige wäre Bezugspunkt für eine Klangoptimierung.

Diese beiden Hypothesen seien noch einmal erläutert. Falls die Klangeigenschaftsbezugssysteme invariant gegenüber Gehörverlusten sind, müßten sich in den klangbezogenen Hörbildbeschreibungen von unversorgten Schwerhörigen die Gehörverluste zeigen. Der Hochtonschwerhörige müßte also ein breitbandiges Hörbild dumpfer hören als der Normalhörige, und

Skalierungsmethodik

zwar so dumpf, wie es der Normalhörige wahrnimmt, wenn das entsprechende Audio-Signal spektral gemäß dem Lautheitsverlust des Schwerhörigen modifiziert ist.

Wenn man beim Schwerhörigen im Gegenteil eine vollständige Adaptation der Klangbezugs-systeme auf den sich schleichend verändernden Klang vorfindet, so würde er die Klangseite von Hörbildern (Hörbarkeit vorausgesetzt und abgesehen von Lautheitsdefiziten) genauso beschreiben wie der Normalhörige. Die Klangdiagnostik wäre ungeeignet, um Schwerhörigkeit zu quantifizieren. Allerdings wäre sie als Klangfehlerdiagnostik mit individuellem Bezug bei der Hörgeräteanpassung einsetzbar.

Wahrscheinlich liegt die Wahrheit zwischen beiden Extremen: die Klangeigenschaftenbezugssysteme adaptieren teilweise an die veränderte Klangwelt bei defizitärem Gehör.

Zur Klärung dieser Hypothesen wären Klangbeschreibungsuntersuchungen nötig, in denen Normalhörigen Hörbilder präsentiert werden, die schwerhörigkeitsanalog modifiziert sind. Die Aussagekraft dieser Untersuchungen hängt unter anderem von der Güte der Modellierung der Schwerhörigkeiten ab, anhand derer die Hörbilder für den Normalhörigen umgerechnet werden. Im eng gesteckten Rahmen der Arbeit konnten dieser Fragebereich nicht angegangen werden. Erste Hinweise geben die Ergebnisse der Feldstudie, in der ein Prototyp der entwickelten Klangdiagnostik zur Hörgeräteanpassung eingesetzt wurde (siehe Kapitel 8). Sie sprechen für die Mischvariante der Hypothesen.

Ein Meßergebnis eines leicht hochtonschwerhörigen Probanden sei vorgestellt, das für die Eigenschaft Dumpfheit belegt, daß das entsprechende Bezugssystem nicht als stabil über die Schwerhörigkeitsentwicklung betrachtet werden darf:

Der Proband nahm an der Studie zur Quantifizierung von Ausprägungsbezeichnungen teil, in der u.a. im KU-Verfahren eine Serie von unterschiedlich tiefpaßgefilterten Varianten einer kurzen Gesprächspassage in ihrer Dumpfheit eingestuft wurde. In Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden., linke Grafik, sind im Vergleich die Dumpfheitsfunktionen des Normalhörigenkollektivs und des hochtonschwerhörigen Probanden zu sehen. Wie aus Abbildung 6-16 (Hörfeldaudiometrie des Probanden) ersichtlich ist, zeigt das linke Ohr einen deutlichen, das rechte einen schwachen Hochtonausfall. Bei stabilem Bezugssystem müßte der Proband also die Dumpfheitsserie dumpfer als die Normalhörigen einstufen. Das Gegenteil ist der Fall! Die Hörbildvarianten mit höchsten Tiefpaßeckfrequenzen sind überhaupt nicht dumpf für den Probanden. Seine Dumpfheitskurve liegt größtenteils unter der Normalhörigenkurve. Erst bei 562 Hz erreicht sie die der Normalhörigen. Die vor allem im Frequenzbereich über 1 kHz ausgeprägte Lautheitsreduktion (die auch dafür verantwortlich ist, daß der Proband keine Klangunterschiede zwischen dem Hörbildoriginal und den fünf höchsten Tiefpässen wahrnimmt) führt nicht zu einem Dumpfheitseindruck, wie dies beim Normalhörigen der Fall wäre. In der Bezugsmannigfaltigkeit des Schwerhörigen („nicht dumpf“ bis „äußerst dumpf“) sind die helleren Klänge, die für den Normalhörigen in der Spanne zwischen der Tiefpaßvariante 4466 Hz und dem nichtgefilterten Original liegen, nicht mehr enthalten, weil sie nicht mehr wahrnehmbar sind. Deshalb werden die entsprechenden Hörbildvarianten nicht als dumpf erlebt. Das Bezugssystem bildet nun die am „hell“-Rand reduzierte Mannigfaltigkeit.

Daß es sich bei der Bezugsmannigfaltigkeit nicht ausschließlich um einen mnestischen Faktor der Dumpfheitswahrnehmung handelt, wird deutlich, wenn man die beiden monaural bestimmten Dumpfheitsfunktionen desselben Schwerhörigen betrachtet (**Abbildung 6-15** rechte Grafik). Das linke Ohr weist in der Hörfeldaudiometrie einen eindeutig stärkeren Hochtonaus-

Skalierungsmethodik

fall auf als das rechte. Das führt analog zur obigen Überlegung (Annahme konstanten Bezuges) zur Erwartung, daß links größere Dumpfheit als rechts berichtet werden müßte. Genau umgekehrt liegen die Kurven zueinander. Die Relation ist also nicht nur auf die Normfunktion bezogen vertauscht, sondern auch zwischen beiden Ohren umgekehrt. Es ist anzunehmen, daß für beide Ohren verschiedene aktuell gegebene Bezugspunkte existieren. Diese dürften neben dem Originalreiz durch den akustischen Hintergrund des Versuchs gebildet worden sein (eigenes Sprechen, Atmen, Geräusche weiterer Körperbewegungen, Sprache des Versuchsleiters).

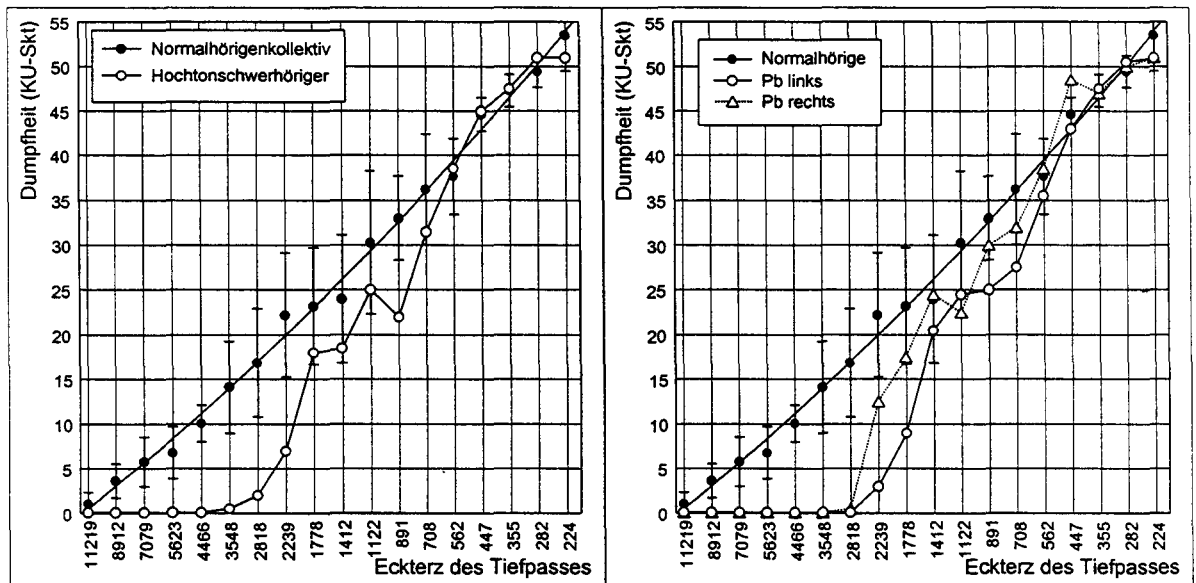


Abbildung 6-15: Dumpfheitsfunktionen eines Normalhörigenkollektivs (siehe Abschnitt 6.2.1.5.1) und eines hochtonschwerhörigen Probanden. Links: binaurale Dumpfheitsfunktion, rechts: monaurale Funktionen.

Skalierungsmethodik

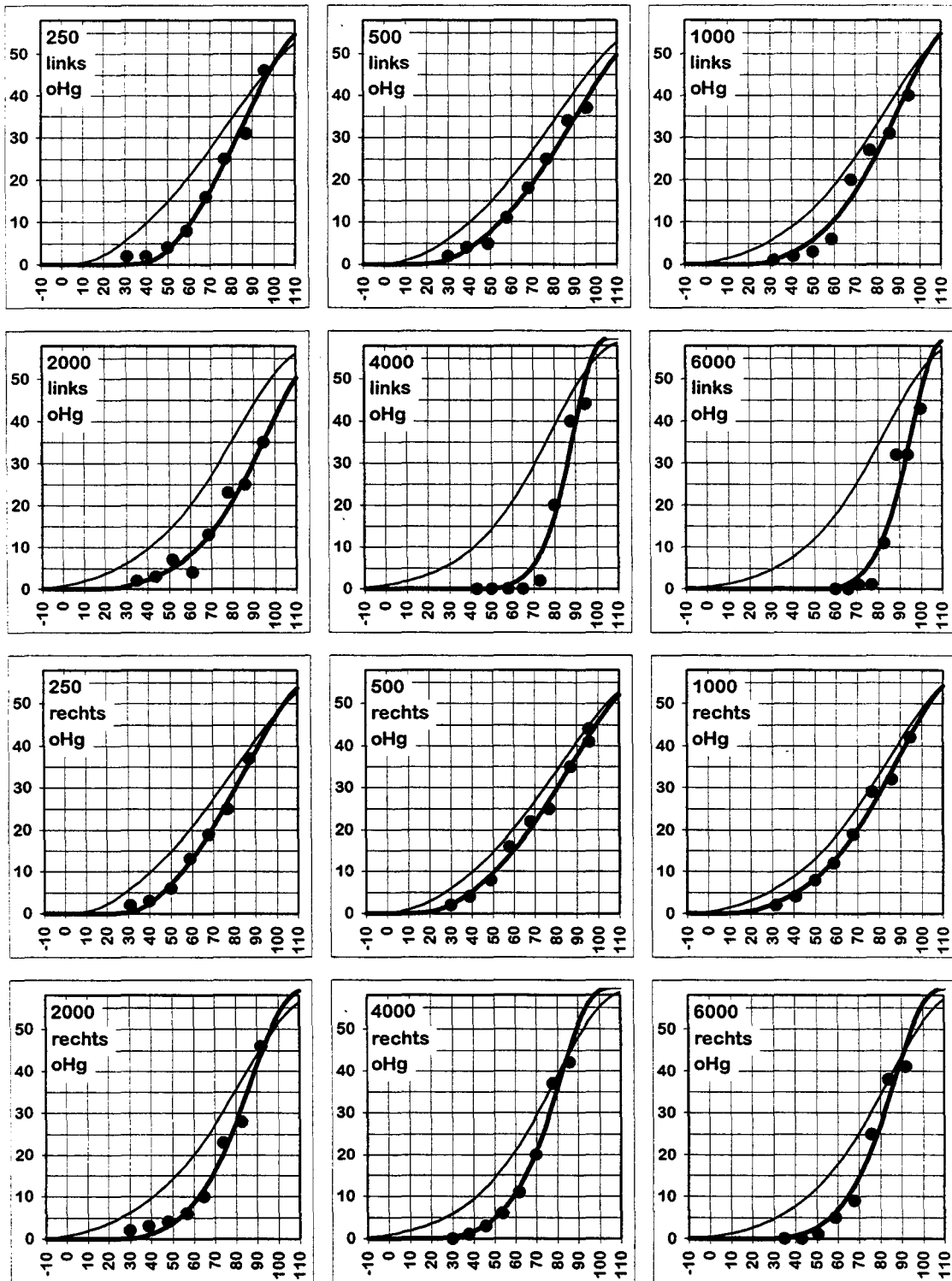


Abbildung 6-16: Hörfeldaudiometrie des schwerhörigen Probanden, dessen Dumpfheitsfunktion in Abbildung 6-15 dargestellt ist. Individuelle und Normlautheitsfunktionen zu den Frequenzen .25, .5, 1, 2, 4 und 6 kHz, linkes und rechtes Ohr. Abszissen: Schalldruckpegel in dB SPL, Ordinaten: Lautheit in KU-Skalenteilen.

Skalierungsmethodik

Es ist also davon auszugehen, daß innerhalb der Klangdiagnostik der Bezug zu Normalhöri-gennormen anders umgesetzt werden muß, als es in der Hörfeldaudiometrie möglich ist. (Würden wir im obigen Beispiel den Abszissenparameter Tiefpaßeckfrequenz als Rehabilita-tionsparameter betrachten und infolgedessen dafür sorgen, daß der Proband qua Tieftonanhe-bung dumpfer hört, so wäre dies ein echter Kunstfehler.) Die Meßergebnisse müssen vorran-gig intraindividuell betrachtet werden. Das klangdiagnostische Verfahren wird dazu dienen, die Klangfehler, die innerhalb der Hörgeräteanpassung auftreten können, zu bestimmen - und zu beheben, soweit es keine andere Veranlassung gibt (z.B. Inkaufnahme eines Quantums Schärfe, um an den wiedergewonnenen Hochtonbereich zu gewöhnen). Dies bedeutet, daß die zu erarbeitenden Dimensionen zwar solche der Gehörvarianz, aber ebenso sehr solche der Re-habilitationstechnik sein müssen. Selbstverständlich wird der Dimensionsraum der Rehabili-tationstechnik viel gemeinhaben mit dem Dimensionsraum der Schwerhörigkeit. Andernfalls wäre zu bezweifeln, ob es sich um Rehabilitationstechnik handelt. Die Entwicklung des Vari-antenmaterials war jedenfalls an den Modifikationstypen der derzeitigen Hörgerätetechnologie (spektrale, dynamische Veränderungen, Peak Clipping etc.) orientiert.

Mit einer letzten Frage wird der Überblick über den methodischen und theoretischen Hinter-grund der nachfolgend dargestellten Untersuchungsreihe zur Dimensionsermittlung und Skalenentwicklung abgeschlossen: Wenn sich ein Klangeigenschaftsbezugssystem als gehörvari-ant erweist, wie steht es um die Stabilität der Beschreibung dieser Eigenschaft in einer Skalie-rungssitzung? Wie differenziert ist zudem diese Beschreibung? Die interindividuellen Streu-ungen der oben mitgeteilten Dumpfheitseinstufungen sind in der Skalenmitte kaum größer als die Streuungen von Lautheitseinstufungen. Zu bedenken ist, daß zu dieser Kongruenz neben der mnestischen Stabilität auch die aktuelle Orientierung innerhalb der Serie beigetragen ha-ben dürfte. Das Ausmaß mnestischer Stabilisierung von Klangeigenschaftsbezugssystemen ist bis jetzt nur ansatzweise bekannt.

Einen Hinweis erhält man aus einer Vorstudie, in der Probanden im Ein-Urteils-Versuch ver-schieden tiefpaßgefilterte Hörbilder auf einer bipolaren Scharf-Dumpf-Skala einstuften. Im Ergebnis findet sich eine klar strukturierte Schärfe-Dumpfheitsfunktion. Die Streuungen der Einstufungen liegen kaum höher als im Serienversuch.

Dieser mnestische Anteil der Klangfarbeeinstufungen garantiert allerdings nicht, daß im Seri-enversuch ausschließlich das entsprechende Bezugssystem den Einstufungen zugrundeliegt. In weiteren Vorstudien konnte gezeigt werden, daß eine ungünstige Wahl der Reize in der An-fangsphase des Skalierungsversuchs - nur scharfe oder nur dumpfe Klangbeispiele - die Ein-stufungsfunktion verzerrt.

Die mnestische Stabilisierung von Klangeigenschaften dürfte hauptsächlich ausschlaggebend für die Beschreibungspräzision sein, wenn in der Versuchssitzung nicht eine Eigenschaft, sondern eine ganze Reihe von Klangeigenschaften eines begrenzten Satzes von Hörbildern erfragt werden. Insofern zeigt die klangdiagnostische Sitzung, in der nacheinander verschie-dene Dimensionen zur Optimierung der Hörereinstellung benutzt werden, mehr Ver-wandtschaft mit dem Ein-Urteils-Versuch als mit dem Serienversuch.

6.3.2 Dimensionsanalyse

Zur Analyse der phänomenalen Dimensionen, die über Sprachverständlichkeit und Lautheit hinaus für die Hörgeräteanpassung nutzbar sind, wurden normalhörigen Probanden Steigerungsreihen geboten, die vom Hörbildoriginal ausgehend in zwei Veränderungsstufen eine Modifikation des Spektrums, der Dynamik, der Amplitude, der Verzerrung oder des Rauschanteils darstellten. Aufgabe der Probanden war es, alle Eigenschaften anzugeben, die sich über die drei Glieder der Steigerungsreihe hinweg änderten. Das heißt, die Dimensionsanalyse beruht auf dem Phänomen des Unterschieds bzw. der Methode der Komparation. Die Unterschiedlichkeit der drei Varianten des Hörbilds (Original, schwache, starke Modifikation) sollte nicht nur festgestellt, sondern so detailliert wie möglich beschrieben werden. Die Aufgabe stellte erhebliche Ansprüche an die Sprachfertigkeit der Probanden. Die Durcharbeitung der Steigerungsreihen mit den einzelnen Probanden erforderte jeweils viele Stunden. Die Arbeit wurde je Proband auf mehrere ein- bis zweistündige Sitzungen verteilt. Mit einer kleineren Schwerhörigen-Gruppe wurden die dimensionsanalytischen Ergebnisse überprüft.

Abbildung 6-17 zeigt schematisch die Darbietung einer Steigerungsreihe. Als erstes wird das Original geboten, nach einer Sekunde Pause die schwache Modifikationsvariante, nach einer weiteren einsekündigen Pause die starke Variante. „schwach“ und „stark“ sind in diesem Zusammenhang relativ zu verstehen. Von Steigerungsreihe zu Steigerungsreihe ist leicht verschieden, wie stark die „starke“ Variante - mit der „schwachen“ als Zwischenstufe - sich vom Original unterscheidet. Zwar wurde bei der Herstellung der Reihen darauf geachtet, daß das globale auditive Änderungsausmaß halbwegs ähnlich ist. Perfekte Änderungsgleichheit war jedoch nicht realisierbar. Sie ist ja für die Aufgabenstellung auch nicht erforderlich.

Ein zweiter Punkt verdient Erwähnung: Mit dem Ziel einer gleichmäßigen Steigerungsreihe war beabsichtigt, die „schwache“ Stufe in der phänomenalen Mitte zwischen Original und „starker“ Stufe zu positionieren. Dies ist tatsächlich nur bei einem Teil der Reihen der Fall. Bei den übrigen liegt die „schwache“ Stufe entweder näher am Original oder näher an der starken Stufe. Auch dieser Sachverhalt erwies sich als kaum hinderlich für die Beschreibungsaufgabe.

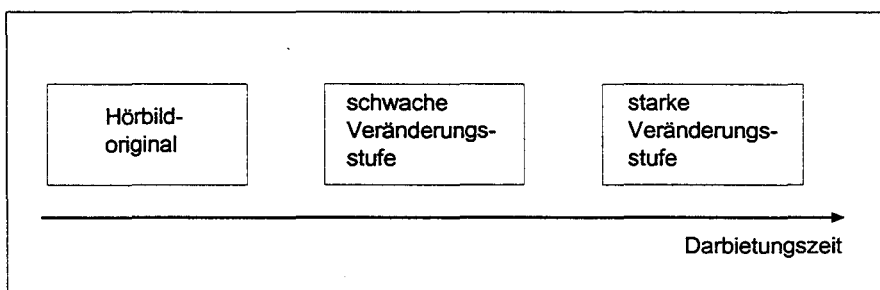


Abbildung 6-17: Schema einer Steigerungsreihe. Darbietungsreihe: Original, „schwache“ Veränderung, „starke“ Veränderung. Pausen zwischen den Darbietungen jeweils 1 s.

Die Frage könnte sich nun anschließen, warum nicht auf eine der Veränderungsstufen verzichtet worden ist. Einen beschreibbaren Unterschied ergibt doch auch das Paar Original - Modifikation. In Vorversuchen zeigte sich jedoch, daß bei einer dreigliedrigen Steigerungsreihe die dimensionale Seite der Modifikation deutlicher hervortritt als bei einer zweigliedrigen Reihe.

Skalierungsmethodik

Dies erleichtert das Entdecken und Benennen der einzelnen Eigenschaften, die sich über die Reihe hinweg ändern.

6.3.2.1 Reizmaterial, Modifikationstechnik und Steigerungsreihen

6.3.2.1.1 Original-Hörbilder

Für die Versuchsreihen wurden drei Hörbilder (Mono-Samples, Abtastrate 44.1 kHz) eingesetzt:

1. **Gespräch:** die ersten drei Sekunden eines im Tonstudio aufgezeichneten Dialogs („Im Restaurant“ Nr. 1, siehe Anhang D Sprachverständlichkeit - Dialoge) zwischen einer Sprecherin und einem Sprecher. Text: Sprecher: „Ich hoffe, Du wartest noch nicht so lange.“
Sprecherin: „Ach das macht doch nichts.“
2. **Bach - Streichkonzert:** die ersten vier Sekunden einer CD-Aufnahme des ersten Satzes des Brandenburgischen Konzerts Nr. 1, F-Dur, BWV 1046 (Bath Festival Orchestra, Leitung Yehudi Menuhin, © EMI Electrola GmbH, Nr. 7243 4 83336 2 9, Track 1).
3. **Klavierakkordfolge:** Akkordfolge der Test-CD zu AKG Audiosphere BAP 1000 (6 Sekunden, Track 3) © AKG Acoustics GmbH.

Alle drei Hörbilder sind einschlägig, wenn es um Klang geht. Sowohl bei Sprache als auch bei Musik ist man mit originaler Produktion (Gespräche, Konzerte) und wiedergegebenen Aufzeichnungen vertraut (Radio, Fernsehen, CD-, Cassettenaufnahmen, Kaufhaus-, Fahrstuhlbeschallung, Telefon u.ä.). Auch der Normalhörige weiß, daß es gute und schlechte Übertragungen von Musik und Sprache gibt. Beispielsweise schätzt man die Qualität einer guten Hifi-Anlage, kennt aber auch den „Ghetto-Blaster“, den Walkman, das Telefon, auch den mäßigen Ton eines kleinen Fernsehers usw. Wie die Ergebnisse der Steigerungsreihenbeschreibung zeigen, sind selbst bei originaler Produktion unterschiedliche Übertragungen gut bekannt, die durch raumakustische („klingt wie in einem sehr kleinen Raum“, „klingt wie durch eine Wand gehört“, etc.) oder Artikulationsfaktoren („Sprecher klingt verschnupft“, „hat feuchte Aussprache“) bedingt sind. Diese Vertrautheit mit Klanggütern der ausgewählten Hörbilder dürfte unseren Probanden die dimensionsanalytische Arbeit erleichtert haben. Sie ist wesentlich für ein klangdiagnostisches Verfahren. Es macht nicht viel Sinn, den Klang eines pfeifenden Wasserkessels oder Bohrhammers oder tropfenden Wasserhahns bei der Hörgeräteeinstellung zu optimieren. Derartige Hörbilder sollten lediglich eingesetzt werden, wenn es um die Hörbarkeit eines Ereignisses, die Festlegung des maximalen Hörgeräteausgangs oder die Einstellung der richtigen Lautheit geht.

Skalierungsmethodik

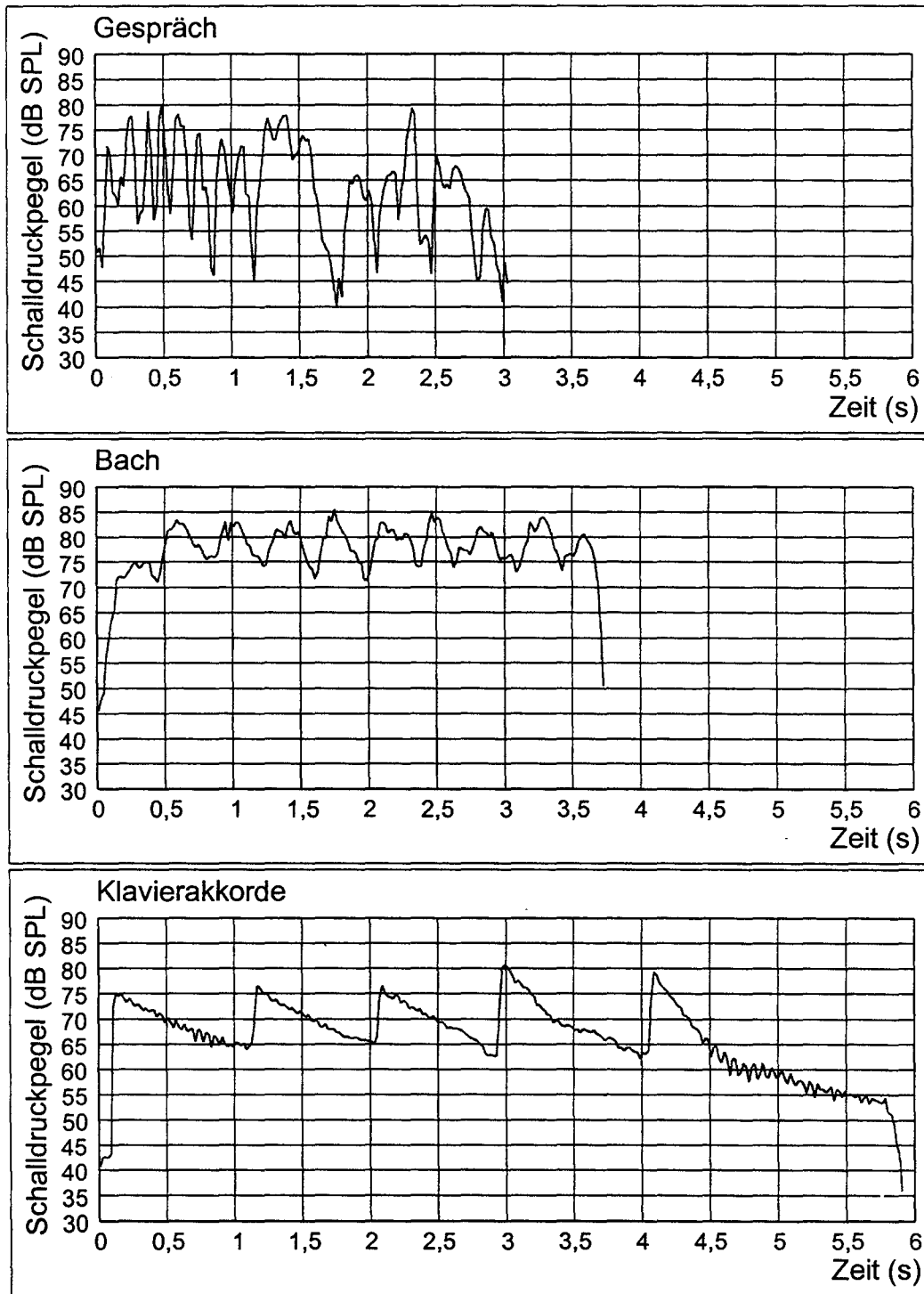


Abbildung 6-18: Hüllkurven der drei Originalhörbilder (nichtüberlappende Rechteckfenster: 20 ms)

Alle drei Hörbilder sind außerdem so beschaffen, daß sich die spektralen und dynamischen Eigenschaften von Hörgeräten im resultierenden Hörereignis widerspiegeln. Die zerklüftete Hüllkurve (vor allem beim Gespräch und bei den Klavierakkorden (siehe **Abbildung 6-18**)) sorgt dafür, daß Änderungen der Dynamikparameter des Hörgeräts veränderte wahrgenommene Dynamiken bewirken. Mit der Breitbandigkeit der Hörbilder ist gewährleistet, daß sich

Skalierungsmethodik

spektrale Veränderungen am Hörgerät (bzw. infolge unserer Manipulation) als Klangveränderungen zeigen. Die spektralen Eigenschaften der drei Hörbilder werden in den spektralen Pegelstatistiken sichtbar (siehe **Abbildung 6-19**), Berechnungen wie in 2.3.2 dargestellt.

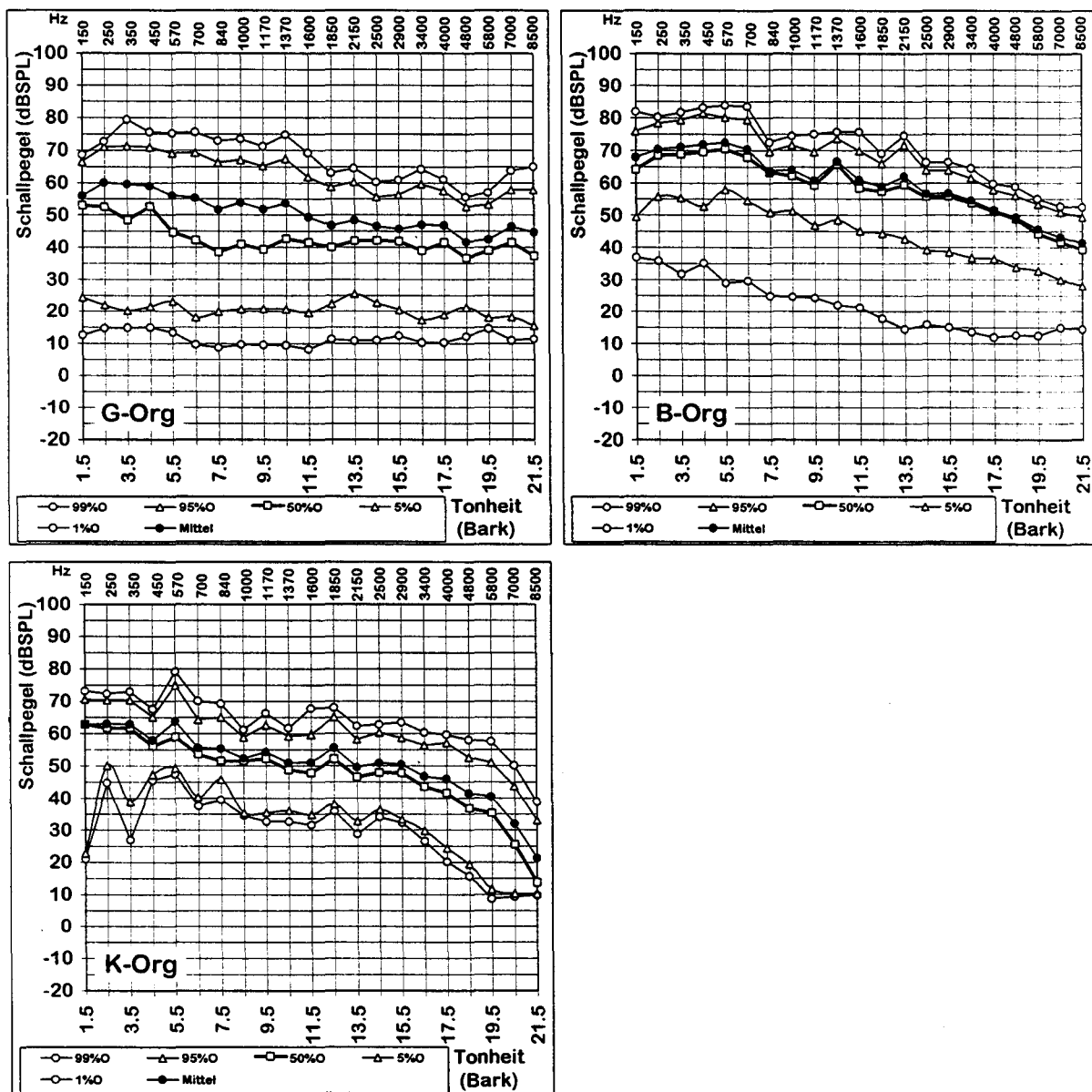


Abbildung 6-19: Spektrale Pegelstatistiken der drei Hörbildoriginale: Gespräch (G-Org), Bach (B-Org) und Klavierakkorde (K-Org). Abszisse: Tonheit in Bark, Ordinate: Schalldruckpegel dB SPL. 1%-, 5%-, 50%-, 95%- und 99%-Perzentile, Effektivwertmittelwertskurve; Fensterung: 10 ms.

Die Darbietungspegel wurden so eingerichtet, daß Lautheiten der Originale und der meisten Varianten zwischen KU mittel-25 und KU-laut-35 liegen. In diesem Lautheitsbereich geht es nicht um die Hörbarkeit von Signalen. Die Darbietungen sind jedoch umgekehrt aufgrund ihrer Lautheit noch nicht unangenehm. Das Augenmerk bzw. das Gehör kann ganz auf Klangunterschiede (Veränderungsanalyse der Steigerungsreihen) oder Klangeigenschaften von Hörbildvarianten (absolute Beschreibung) gerichtet werden. Maßgeblich für die gewählten

Skalierungsmethodik

Lautheiten war weiterhin, daß Klangunterschiede im Bereich zwischen mittel und laut markanter hervortreten als im Leise-Bereich. Nach Abschluß der Variantenherstellung wurde aus diesem Grund das Hörbild Bach um 5 dB verstärkt. Darauf sei hier hingewiesen, da sich bei den dynamischen und Verrauschungsvarianten abweichende Kennwerte für das Hörbild Bach ergeben.

Alle Steigerungsreihen wurden nach ihrer Herstellung vom PC digital auf DAT-Band überspielt (TripleMagic-Soundkarte) und in einem schallarmen Labor über ein Visaton NF400-Boxen-Paar dargeboten (s.u.)

Als Modifikationstechniken wurden folgende Veränderungsarten gewählt:

6.3.2.1.2 Spektrale Modifikationen

Zwei Filterungstypen wurden eingesetzt, um Hördimensionen herauszuarbeiten, die sensitiv für Veränderungen des Hörgerätefrequenzgangs sind.

Die erste Technik bestand darin, ein einoktavr breites Band um 10 oder 15 dB anzuheben, ohne die übrigen Frequenzbereiche zu beeinflussen. Sie wird nachfolgend „oktavr breite Anhebung“ genannt. Diese Anhebungen stellen den Fall dar, daß ein relativ schmaler Frequenzbereich durch das Hörgerät zu stark betont wird.

Als zweite Technik wurden Bandpässe mit dreioktavr breiten Durchlaßbereichen und Flankensteilheiten von 3 oder 9 dB/Oktav eingesetzt. Mit diesem Filtertyp werden Hörereinstellungen nachgebildet, die einen großen Frequenzbereich über- bzw. unterbetonen.

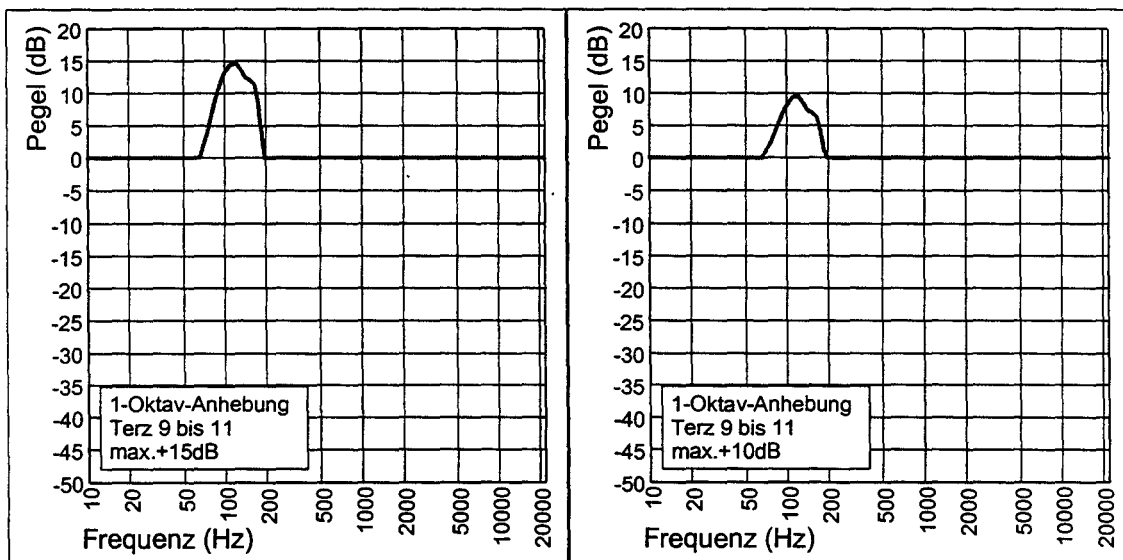


Abbildung 6-20: Beispiele für starke und schwache Stufe der einoktavr breiten Anhebung. Das Spektrum des Hörbildoriginals ist bis auf eine einoktavr breite Anhebung zwischen Terz 8.5 und 11.5 (Terz 1 = 15.85 Hz) unverändert. Das Anhebungsmaximum beträgt bei der starken Stufe 15 dB, bei der schwachen 10 dB.

Skalierungsmethodik

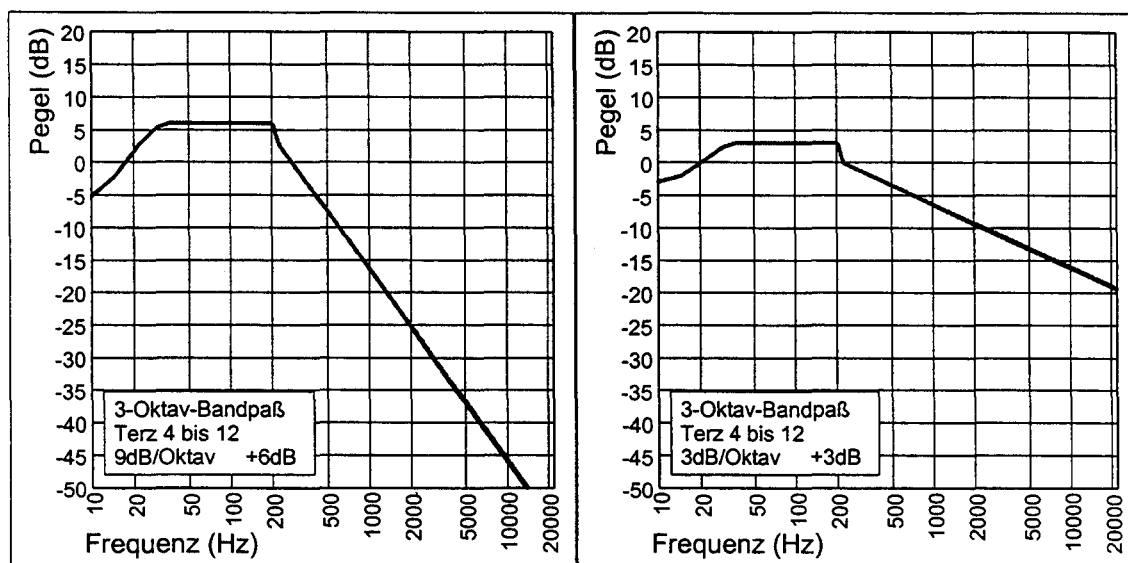


Abbildung 6-21: Beispiele für starke und schwache Stufe des dreioktavbreiten Bandpasses. Der Durchlaßbereich (hier zwischen Terz 3.5 und Terz 12.5, Terz 1 = 15.85 Hz) ist um 6 dB (starke Variante) bzw. 3 dB (schwache Variante) angehoben, um Lautheitsunterschiede zum Original zu minimieren.

Auf eine generelle spektrale Reduktion aller Hörbilder auf den hörgerätetechnisch übertragenen Frequenzbereich, verzichteten wir, da die Probanden großenteils normalhörig waren und die Analyseergebnisse ein möglichst vollständiges Bild der spektrumsbezogenen Hördimensionen zeichnen sollten.

Tabelle 6-9 zeigt die spektralen Varianten mit den Abkürzungen, die im folgenden verwendet werden, im Überblick. Die einoktavbreiten Anhebungen beginnen mit dem Frequenzbereich 89 bis 178 Hz (das entspricht in der Terznotation (Terz 1 = 15.85 Hz) den Terzen 8.5 bis 11.5) und überdecken mit zweiterzbreiten Abständen den Frequenzbereich bis 7079 Hz. Die in **Abbildung 6-20** gezeigten Beispiele sind in der Tabelle als „An0911+15“ und „An0911+10“ aufgeführt. Der niedrigste dreioktavbreite Bandpaß umfaßt als Durchlaßbereich die Terzen 3.5 bis 12.5 und den Frequenzbereich 28 bis 224 Hz. Die Abstufung der höheren Bandpässe wurde ebenfalls im 2-Terz-Abstand realisiert. Der Durchlaßbereich des höchsten Bandpasses erreicht die Terz 30.5 und die Frequenz 14124 Hz. Die Beispiele der **Abbildung 6-21** tragen in der Tabelle die Bezeichnungen „Bp0412 9/O+6“ und „Bp0412 3/O+3“.

Zusätzlich sind in Anhang C die Kenndaten des Hoch- und Tiefpasses aufgeführt, die zur Realisierung einer 2-Kanal-Kompression eingesetzt wurden („TP19“, „HP20“).

Alle spektralen Modifikationen wurden digital über FIR-Filter (Abtastrate 44.1 kHz, Fast-Faltung: Overlap-Add, Impulsantwortlängen zwischen 6000 und 2000) berechnet, die in einem selbstentwickelten Filterdesigner entworfen wurden (Hann-Fensterung). Im Anhang C sind die Filterkennlinien (Spektren der Impulsantworten) aller verwendeten FIR-Filter dargestellt.

Skalierungsmethodik

Stufe 2 (stark) Abkürzung	Stufe 1 (schwach) Abkürzung	Terzen	von Hz	bis Hz	Mitte Hz
An0911+15	An0911+10	8.5-11.5	89	178	126
An1113+15	An1113+10	10.5-13.5	141	282	200
An1315+15	An1315+10	12.5-15.5	224	447	316
An1517+15	An1517+10	14.5-17.5	355	708	501
An1719+15	An1719+10	16.5-19.5	562	1122	794
An1921+15	An1921+10	18.5-21.5	891	1778	1259
An2123+15	An2123+10	20.5-23.5	1412	2818	1995
An2325+15	An2325+10	22.5-25.5	2239	4466	3162
An2527+15	An2527+10	24.5-27.5	3548	7079	5011
Bp0412 9/O+6	Bp0412 3/O+3	3.5-12.5	28	224	79
Bp0614 9/O+6	Bp0614 3/O+3	5.5-14.5	45	355	126
Bp0816 9/O+6	Bp0816 3/O+3	7.5-16.5	71	562	200
Bp1018 9/O+6	Bp1018 3/O+3	9.5-18.5	112	891	316
Bp1220 9/O+6	Bp1220 3/O+3	11.5-20.5	178	1412	501
Bp1422 9/O+6	Bp1422 3/O+3	13.5-22.5	282	2239	794
Bp1624 9/O+6	Bp1624 3/O+3	15.5-24.5	447	3548	1259
Bp1826 9/O+6	Bp1826 3/O+3	17.5-26.5	708	5623	1995
Bp2028 9/O+6	Bp2028 3/O+3	19.5-28.5	1122	8912	3162
Bp2230 9/O+6	Bp2230 3/O+3	21.5-30.5	1778	14124	5011
	Tp19	19.5		1122	
	Hp20	19.5	1122		

Tabelle 6-9: Spektrale Modifikationen. Stufe 2: starke Form, Stufe 1: schwache Form. Abkürzungserläuterung: „An“: 1-oktavbreite Anhebung, „+10“: Anhebung um 10 dB, „+15“: Anhebung um 15 dB, „0911“: Terz 9 bis 11, „Bp“: 3-oktavbreiter Bandpaß, „3/O“: Flankensteilheit 3 dB/Oktave, „9/O“: Flankensteilheit 9 dB/Oktave, „+3“: Anhebung um 3 dB, „+6“: Anhebung um 6 dB, „TP19“, „HP20“: Tiefpaß und Hochpaß, die zur Kanaltrennung für die Zwei-Kanal-Kompressionen verwendet wurden. Rubrik „Terzen“: -3-dB-Bandbreite; Terznummer beginnend bei Terz 1 = 15.85 Hz; Rubrik „von Hz/bis Hz“: Eckfrequenzen des -3-dB-Durchlaßbereichs.

6.3.2.1.3 Dynamische Modifikationen

Zur Erstellung der Steigerungsreihen, die die hörgerätetechnische Dynamikmanipulation repräsentierten, wurde eine Expansion und fünf verschiedene Kompressionstypen verwendet. Alle Dynamikmanipulationen wurden digital über einen Spitzendetektor als Steuergröße realisiert. Der gesamte Eingangspegelbereich wurde in drei Bereiche aufgeteilt. Im niedrigsten Pegelbereich wurde generell mit einer Expansion, Kompressionsverhältnis 0.5, verhindert, daß in den Signalpausen des Hörbilds das Störrauschen hörbar wurde. Der größte Zeitanteil der Hörbilder wird im mittleren Eingangspegelbereich komprimiert (oder expandiert). Oberhalb dieses Arbeitsbereichs schließt sich mit dem Kompressionsverhältnis 10 der Begrenzungsbereich an. Alle Kompressionen und Expansionen wurden mit der Einschwingzeit 1 ms berechnet.

Abbildung 6-22 zeigt als Beispiel eine der verwendeten Kompressionsvarianten. Links ist die starke, rechts die schwache Stufe dargestellt. Außerdem ist ersichtlich, daß die Input-Output-Funktionen für das Hörbild Bach um 5 dB angehoben ist, da dieses Hörbild nach der Dynamikmanipulation um diesen Betrag verstärkt wurde.

Skalierungsmethodik

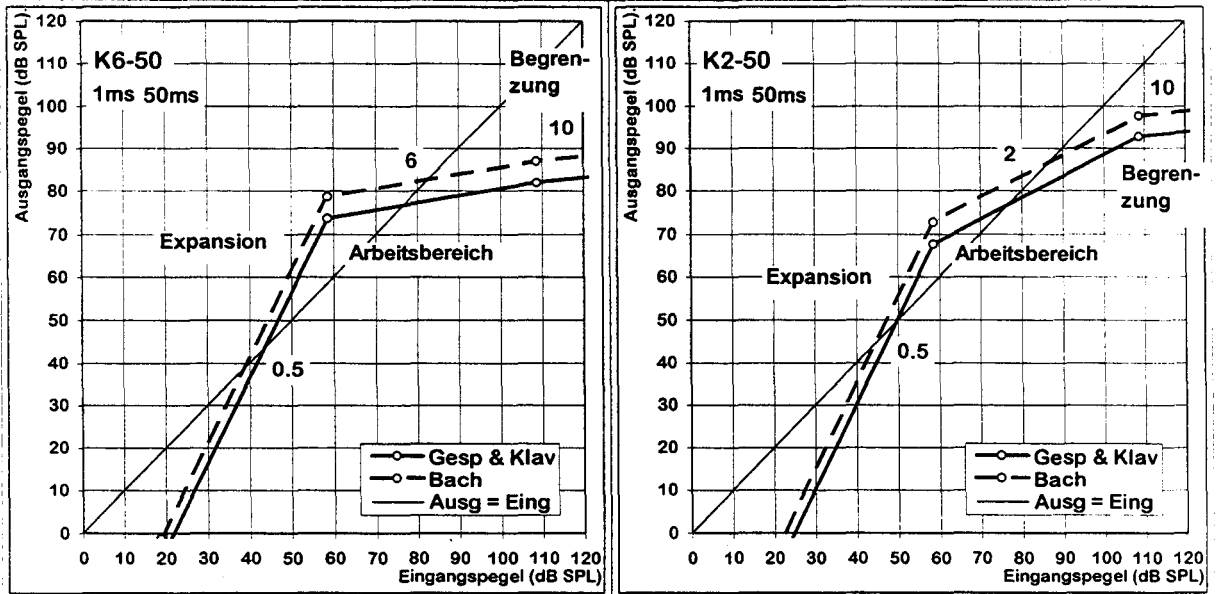


Abbildung 6-22: Einkanalige Kompression, Variationsparameter: Kompressionsverhältnis. Einschwingzeit: 1ms, Ausschwingzeit: 50 ms. Stärkere Variante (links): Kompressionsverhältnis 6, schwächere Variante (rechts): Kompressionsverhältnis 2 im Arbeitsbereich. Das Bach-Hörbild wurde nach der Kompression um 5 dB angehoben.

In **Tabelle 6-10** sind die Modifikationen der sechs Steigerungsreihen, die Dynamikmanipulationen darstellen, mit Abkürzungen aufgeführt. Die zugehörigen Input-Output-Funktionen finden sich im Anhang C. Die Grenzpegel zwischen den drei Eingangspegelbereichen (Expansion, Arbeitsbereich, Begrenzung) und der Schnittpunkt der Input-Output-Funktion mit der Gerade $y=x$, wurden vom Experimentator so eingerichtet, daß ohne große Lautheitsunterschiede zum Original je zwei Dynamikvarianten entstanden, die das phänomenal Kompressionstypische geeignet herausblenden. Aus diesem Grund fiel die Wahl auf die relativ kurze Einschwingzeit von nur 1 ms.

Die Steigerungsreihe zur Expansion („Ex0.5-50“ und „Ex0.75-50“) wurde in das Material aufgenommen, da hiermit für den Normalhörigen der Fall nachgebildet wird, daß das Hörgerät des Recruitment-Schwerhörigen zu schwach oder gar nicht komprimiert (unvollständiger oder fehlender Ausgleich der Dynamikreduktion). Die beiden Expansionsvarianten unterscheiden sich in den Expansionsverhältnissen ($1/0.5$ und $1/0.75$).

Die fünf Kompressionen stellen zu starke Dynamikkorrekturen durch das Hörgerät für den Normalhörigen dar. Die realisierten Steigerungsreihen umfassen zwei einkanalige und drei zweikanalige Kompressionen. In der einen einkanalig realisierten Steigerungsreihe nimmt das Kompressionsverhältnis von 2 auf 6 zu („K2-50“, „K6-50“), in der anderen wird die Ausschwingzeit von 50 auf 10 ms reduziert („K2-50“, „K2-10“). Für die in zwei Kanälen separat komprimierten Hörbildvarianten wurde das Hörbild-Signal bei 1122 Hz (Terz 19.5) geteilt. Das Kompressionsverhältnis betrug 3. Die Steigerung wurde über die abnehmende Ausschwingzeit hergestellt. Bei der ersten zweikanaligen Kompressionsvariante wurden beide Kanäle gleich komprimiert („KT3-10H3-10“, „KT3-50H3-50“), bei der zweiten nur der Tieftonkanal („KT3-10“, „KT3-50“), bei der dritten nur der Hochtonkanal („KH3-10“, „KH3-50“). Die Trennfrequenz lag bei 1122 Hz.

Skalierungsmethodik

Stufe 2 (stark) Abkürzung	Stufe 1 (schwach) Abkürzung	Kom- pressions- verhältnis	Aus- schwing- zeit (ms)	Tiefton- kanal Kom- pressions- verhältnis	Tiefton- kanal Aus- schwing- zeit (ms)	Hochton- kanal Kom- pressions- verhältnis	Hochton- kanal Aus- schwing- zeit (ms)
Ex0.5-50	Ex0.75-50	0.5 bzw. 0.75	50	-	-	-	-
K6-50	K2-50	6 bzw. 2	50	-	-	-	-
K2-10	K2-50	2	10 bzw. 50	-	-	-	-
KT3-10H3-10	KT3-50H3-50	-	-	3	10 bzw. 50	3	10 bzw. 50
KT3-10	KT3-50	-	-	3	10 bzw. 50	-	-
KH3-10	KH3-50	-	-	-	-	3	10 bzw. 50

Tabelle 6-10: Dynamische Modifikationen. Stufe 2: starke Form, Stufe 1: schwache Form. Abkürzungserläuterung: „Ex“: Expansion, „K“: Kompression, „T“: Tieftonkanal (bis 1122 Hz), „H“: Hochtonkanal (oberhalb 1122 Hz), „6-50“: Kompressionsverhältnis 6 - Ausschwingzeit 50 ms. Doppelangaben in den übrigen Rubriken: erste Angabe: starke Stufe, zweite Angabe schwache Stufe.

6.3.2.1.4 Pegelvarianten

Je Hörbild wurden zwei Steigerungsreihen in das Reizmaterial aufgenommen, die über Pegelanhebung bzw. Pegelabsenkung hergestellt wurden. Mit dem Pegel variiert zwar hauptsächlich, aber nicht nur die Lautheit. Die Abschwächungsreihe besteht aus dem Original, einer Absenkung um 4 dB (schwache Stufe) und einer Absenkung um 8 dB (starke Stufe). Bei der Anhebungsreihe wurde um die entsprechenden Beträge verstärkt. Eine Ausnahme bildet die starke Anhebung beim Hörbild Bach. Da wie bereits erwähnt alle Bachhörbildvarianten nach der Herstellung um 5 dB angehoben wurden, fehlten der Apparatur 2 dB Aussteuerungsreserve für die starke Anhebung: daher nur 6 dB. Die Pegelvarianten sind in **Tabelle 6-11** mit ihren Abkürzungen verzeichnet.

Neben der Dimensionsfragestellung gab es einen weiteren Grund, Pegelsteigerungsreihen in das Reizmaterial aufzunehmen. Die veränderte Lautheit ist leicht zu erkennen und zu benennen. Den Probanden sollten im Laufe der langwierigen und anspruchsvollen Beschreibungsarbeit immer wieder auch Reihen vorgeführt werden, die leicht zu beschreiben waren, um ihr Vertrauen in die Machbarkeit der Aufgabe zu stützen. Dieses Kriterium erfüllten auch die Verrauschungsvarianten (s.u.), spektral modifizierte extrem dumpfe Hörbilder und ansatzweise die Verzerrungen (s.u.).

Stufe 2 (stark) Abkürzung	Stufe 1 (schwach) Abkürzung	Anhebung/Absenkung (dB)
Org-8dB	Org-4dB	-8 bzw. -4
Org+8dB (Org+6dB)	Org+4dB	+8(+6) bzw. +4

Tabelle 6-11: Pegelvarianten. Stufe 2: starke Form, Stufe 1: schwache Form. Abkürzungserläuterung: „Org“: Originalhörbild, „-8dB“: Absenkung um 8 dB.

Skalierungsmethodik

6.3.2.1.5 Verzerrungsvarianten

Peak Clipping oder zu starke Begrenzungskompressionen führen zu hörbaren Verzerrungen des Signals. Natürlich ist die Verzerrung kein gewünschter Rehabilitationseffekt, und die treffenden Bezeichnungen für die entsprechende Klangfehlerklasse sind herauszuarbeiten. Vorgehend auf die Versuchsergebnisse sei berichtet, daß die alltagssprachliche Bezeichnung „Verzerrung“ wenig spezifisch für den Verzerrungsaspekt des Clippings oder der Kompression ist. Man versteht darunter auch deutliche spektrale Modifikationen. Je Hörbild wurden über digitale Anhebung über die Aussteuergrenze mit anschließender Absenkung (Minimierung des Lautheitsunterschieds zum Original) zwei unterschiedlich starke Verzerrungsstufen erzeugt. Ihre Abkürzungen sind in **Tabelle 6-12** aufgeführt.

Stufe 2 (stark) Abkürzung	Stufe 1 (schwach) Abkürzung	Verstärkung (dB)	Abschwächung (dB)
G+40-41	G+30-36	40 bzw. 30	41 bzw. 36
B+31-39	B+26-38	31 bzw. 26	39 bzw. 38
K+45-45	K+30-36	45 bzw. 30	45 bzw. 36

Tabelle 6-12: Verzerrungsvarianten. Stufe 2: starke Form, Stufe 1: schwache Form. Abkürzungserläuterung: „G“: Gespräch, „B“: Bach-Streichkonzert, „K“: Klavierakkorde (die drei Hörbilder sind getrennt aufgeführt, da je Hörbild unterschiedlich verfahren werden mußte, um geeignete Varianten zu erzielen), „+40-41“: Anhebung um 40 dB, dann Absenkung um 41 dB.

6.3.2.1.6 Verrauschungsvarianten

Die fünfte Modifikationsgruppe bilden die Verrauschungen, da je nach Gehör und verwendeter Hörgerätetechnik das Geräterauschen Einbußen bei der Klangqualität verursacht. Dem Hörbildoriginal wurde weißes Rauschen in zwei Stufen zugemischt. Die Steigerungsreihen sind in **Tabelle 6-13** mit den Abkürzungen der Varianten aufgeführt.

Stufe 2 (stark) Abkürzung	Stufe 1 (schwach) Abkürzung	Pegel des addierten weißen Rauschens (dB SPL)
G+wR53.5dB	G+wR39.5dB	53.5 bzw. 39.5
B+wR58.5dB	B+wR44.5dB	58.5 bzw. 44.5
K+wR53.5dB	K+wR39.5dB	53.5 bzw. 39.5

Tabelle 6-13: Verrauschungsvarianten. Stufe 2: starke Form, Stufe 1: schwache Form. Abkürzungserläuterung: „G“: Gespräch, „B“: Bach-Streichkonzert, „K“: Klavierakkorde (die drei Hörbilder sind getrennt aufgeführt, da je Hörbild unterschiedlich verfahren werden mußte, um geeignete Varianten zu erzielen), „+wR53.5dB“: Addition von weißem Rauschen mit 53.5 dB SPL.

Skalierungsmethodik

6.3.2.1.7 Pegelstatistische Darstellung der Hörbildvarianten

Im Anhang C sind die spektralen Pegelstatistiken aller 174 Hörbildvarianten (29 Steigerungsreihentypen x 3 Hörbilder x 2 Stufen) dargestellt. **Abbildung 6-23** zeigt ein Beispiel der Darstellungen. Jede Grafik zeigt die Pegelperzentilkurven für das Original (leere Kreise) und für die Modifikation (gefüllte Kreise). Der erste Buchstabe der Kurzbezeichnungen gibt jeweils an, um welches Hörbild es sich handelt: „G“: Gespräch, „B“: Bach, „K“: Klavier. Beim gezeigten Beispiel handelt es sich um die einoktavbreiten Anhebungen (stark und schwach) des Gespräch-Hörbilds im Bereich der Terzen 16.5 bis 19.5.

Diese Darstellungsart läßt neben der Pegelvariation die Signalveränderungen durch spektrale und dynamische Modifikation gut erkennen. Bei den Kompressionsvarianten ist sichtbar, daß die tatsächliche Kompression geringer ist als das nominale Kompressionsverhältnis, das sich bei Pegelschwankungen einstellen würde, die deutlich langsamer als die Regelung des Kompressors erfolgten. Die Verrauschungen zeigen sich in einer Anhebung der unteren Perzentilkurven.

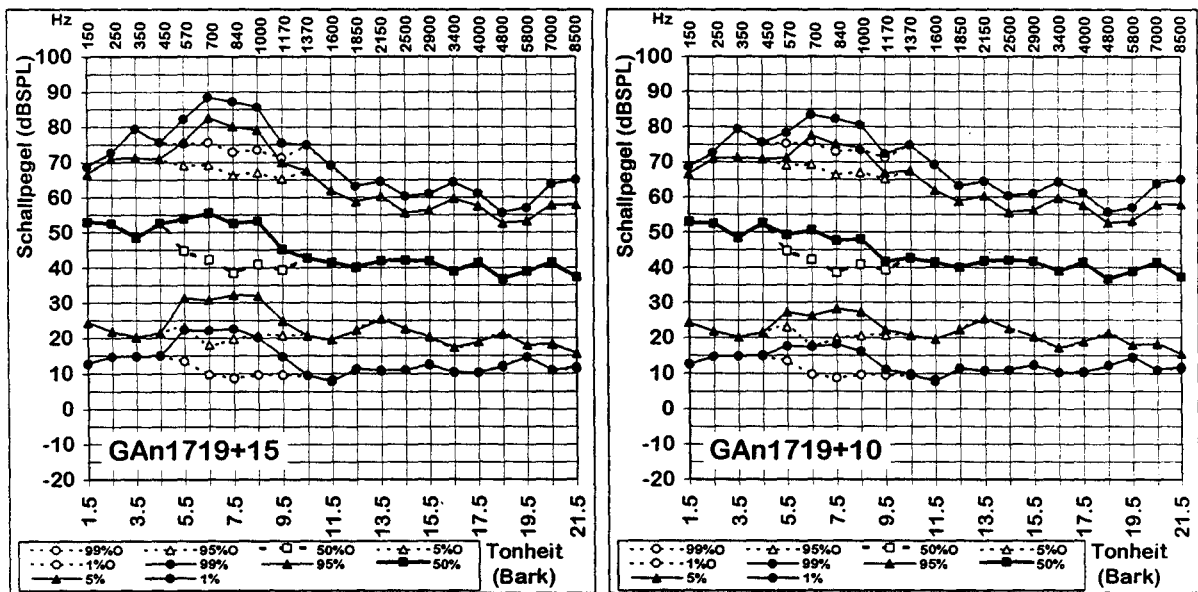


Abbildung 6-23: Beispiel der spektral-pegelstatistischen Darstellung einer Steigerungsreihe: Gespräch, einoktavbreite Anhebung im Bereich der Terzen 16.5 bis 19.5. Leere Kreise: Hörbildoriginal, gefüllte Kreise: Anhebungsvariante. Perzentile 1%, 5%, 50%, 95% und 99%.

6.3.2.2 Darbietungstechnik

Alle Versuche wurde in einem reflexionsarmen Labor durchgeführt. Es handelt sich dabei um einen Kellerraum des Institutsgebäudes, der durch Wand- und Fensterverkleidung, Estrich, Teppichboden, Doppeltüre etc. für die Meßzwecke ausreichend gegen den Außenschall abgeschirmt und genügend reflexionsarm ist. Die Terzpegel des akustischen Hintergrunds liegen im Meßbereich (100 Hz bis 10 kHz) zwischen 10 und 20 dB SPL. Tieffrequente Schalleinstreuungen gehen auf eine verkehrsreiche Straße in der Nähe des Gebäudes zurück. Sie beeinflussen allerdings die Hörschwelle des Normalhörigen nicht.

Skalierungsmethodik

In **Abbildung 6-24** ist die Anordnung des Probandenstuhls und des Boxenpaars (Visaton NF400) dargestellt. Die Mitte der Boxenfronten und die Kopfmittle des Probanden bildeten ein gleichseitiges Dreieck mit der Seitenlänge 150 cm. Die Boxen wurden von einem DAT-Recorder SONY Digital Audio Tape Deck DTC-77ES über einen Verstärker Luxman Stereo Integrated Amplifier LV-113 gespeist.

Zur Kalibrierung der Darbietung der Hörbilder über das Lautsprecherpaar wurde nicht kohärentes Stereo-CCITT-Rauschen verwendet. Dessen digitaler RMS-Wert betrug 1024. Die Darbietungsapparatur wurde so eingepegelt, daß der Schallpegel des CCITT-Rauschens am Kopfort des Probanden 76 dB SPL betrug. Jeder Lautsprecher erzeugte 73 dB Schalldruckpegel. Da es sich bei den drei Hörbildern um monofone Aufnahmen handelte, die kohärent über das Lautsprecherpaar geboten wurden, besteht folgender Bezug zwischen digitalem RMS-Wert und Schallpegel am Kopfort: 1024 digitale RMS-Einheiten entsprechen 79 dB SPL. Die Aussteuergrenze der Apparatur liegt bei 109 dB.

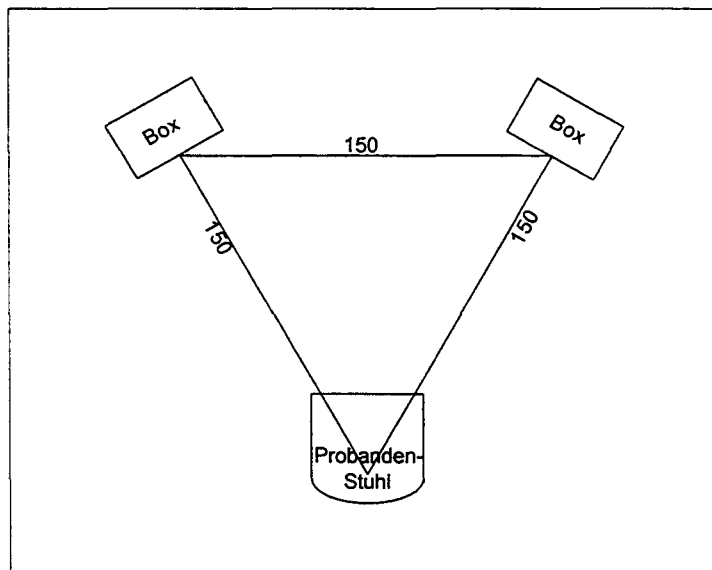


Abbildung 6-24: Anordnung des Boxenpaars und des Probandenstuhls im Laborraum

6.3.2.3 Durchführung der Versuchsreihe, Aufgabe des Probanden

Als Versuchspersonen arbeiteten 13 normalhörige Psychologie-Studenten an der Dimensionsanalyse mit. Sie waren im Rahmen des Studiums verpflichtet, acht Versuchspersonenstunden abzuleisten. Den größten Teil davon wurde ihnen nach der Beschreibungsarbeit bescheinigt. Weiter konnten acht Schwerhörige zur Mitarbeit gewonnen werden. Nicht allen war das komplette Beschreibungsprogramm zuzumuten, wie aus **Tabelle 6-14** ersichtlich ist.

Skalierungsmethodik

Proband	Geschlecht	Alter	Hörverlust	bearbeitete Steigerungsreihen
SH1	männlich	74 Jahre	leicher pancochleärer Ausfall	alle „Bach“-Varianten
SH2	weiblich	59 Jahre	deutlicher Tieftonausfall	alle „Bach“-Varianten
SH3	männlich	80 Jahre	starker Hochtonausfall	alle „Gespräch“-Varianten
SH4	männlich	71 Jahre	mäßiger Hochtonausfall	komplettes Programm
SH5	männlich	62 Jahre	Hochtonausfall oberhalb 4 kHz	alle „Gespräch“-Varianten
SH6	weiblich	72 Jahre	Hochtonausfall	komplettes Programm
SH7	männlich	71 Jahre	Hochtonausfall	komplettes Programm
SH8	weiblich	70 Jahre	Hochtonausfall	komplettes Programm

Tabelle 6-14: Schwerhörigen-Gruppe

Die 87 Steigerungsreihen lagen in zufälliger Abfolge auf DAT-Band aufgezeichnet vor. Die ersten drei Darbietungen der Folge wurden so gewählt, daß sich der Einstieg in die Aufgabe nicht allzu schwer gestaltete (Pegelvariation, Rauschvariation, Verzerrungsvariation). Nachdem alle 87 Steigerungsreihen durchgearbeitet waren, schloß sich die Wiederholung der ersten sieben Steigerungsreihen an. Mit den Daten der Wiederholung konnte geprüft werden, ob sich im Verlauf der ausgedehnten mehrstündigen Sitzungen etwas an der Beschreibungsart und -haltung geändert hatte.

Die Instruktion der Probanden wurde sehr ausführlich gestaltet, um präzise in die Aufgabe einzuweisen. Aufgrund der Fülle der Sachverhalte, die angesprochen werden mußten, verzichteten wir auf eine Instruktion in freier Rede. Stattdessen lasen Versuchsleiter und Versuchsperson gemeinsam einen vorbereiteten Instruktionstext, der nachfolgend in der Du-Form wiedergegeben ist:

*Auf Dich kommt jetzt eine anspruchsvolle und wahrscheinlich anstrengende **Beschreibungsaufgabe** zu.*

*Unser **Versuchsmaterial** sind drei Hörbilder: 1. Klavierakkorde, 2. Kurze Passage aus einem Brandenburgischen Konzert von Bach, 3. Kurze Passage aus einem Gespräch.*

Diese drei Hörbilder sind technisch in unterschiedlicher Weise verändert, und zwar so, wie mit einem Hörgerät Schall manipuliert werden kann.

*Deine Aufgabe ist, zu beschreiben, was sich bei den einzelnen technischen Veränderungen gegenüber dem Hörbildoriginal phänomenal, d.h. wahrnehmbar verändert. Du bekommst immer drei Varianten eines Hörbilds nacheinander vorgespielt: zuerst das Original, dann eine Variante dieses Hörbilds, die ein bißchen verändert ist, dann eine deutlich veränderte Variante. Wir nennen das eine Steigerungsreihe. **Deine Aufgabe ist, darauf zu achten, was sich in dieser Steigerungsreihe ändert. Was nimmt zu, was nimmt ab? Zum Beispiel die Lautheit, die Schärfe usw.***

Wozu soll das gut sein? Ein Hörgerät muß so eingestellt werden, daß der Schwerhörige 1. ein hinreichendes Maß an Sprachverständlichkeit zurückgewinnt und 2. einen möglichst hohen „Hörkomfort“ hat (angenehmes Hören). Maximale Sprachverständlichkeit bedeutet nicht zwangsläufig maximalen Hörkomfort. Oft ist mit maximaler Sprachverständlichkeit eine „scharfe“, unangenehme Hörgeräteeinstellung verbunden. Derart eingestellte Hörge-

Skalierungsmethodik

räte werden häufig nicht oder ungern getragen. Der Hörkomfort spielt also eine wichtige Rolle bei der Hörgeräteanpassung. Damit sind wir bei unserem Versuch.

Um Hörkomfort zu erreichen, muß der Hörgeräte-Akustiker nach der Grundanpassung des Hörgeräts (meistens aufgrund der Hörschwellenmessung oder besser: aufgrund der Hörfeldaudiometrie) verbleibende Einstellungsmängel beheben (Feinanpassung). Dazu muß er wissen, was an der Hörgeräteeinstellung noch falsch ist. **Wenn der Schwerhörige präzise beschreiben könnte, was an dem Klang seines Hörgeräts falsch ist, dann hätte der Hörgeräte-Akustiker ein Mittel in der Hand, die Hörgeräteeinstellung zu optimieren.** Bis heute gibt es jedoch keine Methode, den Klang eines Hörgeräts umfassend zu beschreiben. Du hilfst uns, eine solche Methode zu entwickeln.

Eine solche Methode darf nicht nur **Bewertung** erfassen: „So ist es angenehm.“ Oder: „Das möchte ich so aber nicht tragen.“ Sondern sie muß **vor allem Beschreibungen** liefern: „Das ist ziemlich laut.“ „Das hört sich an, wie wenn es aus einem alten Kofferradio käme.“ „Das klingt sehr scharf.“ Unsere Aufgabe ist es, zu klären, welche Dimension, welche phänomenalen Eigenschaften über verschiedene Hörgeräteeinstellungen veränderbar sind. Wenn wir diese Dimensionen kennen, können wir den Schwerhörigen gezielt danach fragen. Denn dieser soll nicht erst bei der Hörgeräteanpassung ein Vokabular zur Beschreibung der phänomenalen Seite von Hörgeräteeinstellungen zusammensuchen müssen. Das müssen wir tun. Zu diesem Zweck wird dieser Versuch mit Normalhörigen und Schwerhörigen durchgeführt.

So, nun noch einmal zu **Deiner Aufgabe**: Du bekommst eine ganze Menge von Steigerungsreihen vorgeführt: entweder die Klavierakkorde oder das Bach-Stück oder die Gesprächspassage in drei Varianten: **zuerst das Original, dann eine leicht, dann eine deutlich veränderte Fassung. Vergleiche die drei Varianten und achte darauf, was sich ändert. Versuche, dies in Worte zu fassen.** Wir suchen nach guten Beschreibungen. Wenn Du eine Beschreibung im Kopf hast, die nicht hundertprozentig paßt, sage sie mir trotzdem, und sage mir, wie gut sie paßt. Ich notiere das. **Ich wiederhole jede Steigerungsreihe so oft, wie Du möchtest.** Beschreiben von Eigenschaften, über die man bisher nicht gesprochen hat, ist keine leichte Sache. Es geht darum, **treffende Bezeichnungen** zu finden, für das, was da zu hören ist.

Die Steigerungsreihen unterscheiden sich übrigens bezüglich der Beschreibungsschwierigkeit. In dem Versuch kommen ab und zu Steigerungsreihen vor, in denen sich - soviel wir im voraus wissen - nur die Lautheit ändert. Das dient dazu, bei den übrigen Steigerungsreihen die zusätzlichen Eigenschaftsveränderungen deutlicher hervortreten zu lassen.

Bei einer ganzen Reihe von Steigerungsreihen ändert sich also, soviel wir im voraus wissen, **mehr als nur eine Eigenschaft** (bei vielen Steigerungsreihen ändert sich z.B. die Lautheit ein bißchen, aber zusätzlich noch anderes). **Versuche, so gut es geht, alles anzusprechen, was sich ändert.**

Noch ein Hinweis: **nicht bei allen Steigerungsreihen ist die zweite Darbietung** (die schwächere Veränderung) **phänomenal genau in der Mitte** zwischen dem Original und der dritten Darbietung (stärkere Veränderung). Laß Dich dadurch nicht beirren.

Außerdem ist es so, daß nicht alle Steigerungsreihen gleich kräftige Veränderungen zeigen. Bei manchen ist der Unterschied zwischen erster und dritter Darbietung sehr deutlich, bei anderen muß man genauer hinhören, damit man den Unterschied entdeckt.

Skalierungsmethodik

Auf Dich kommen etwa 100 verschiedene Steigerungsreihen zu. Das bedeutet aber nicht, daß die Steigerungsreihen völlig verschieden sind. Im Gegenteil: Du wirst immer wieder bei einer Steigerungsreihe feststellen: so eine ähnliche Steigerungsreihe habe ich vorhin schon gehört. Und Du wirst das, was sich verändert, mit ähnlichen oder gleichen sprachlichen Ausdrücken beschreiben. Das ist in Ordnung so.

Wir machen es immer so: Du hörst Dir die Steigerungsreihe an. Dann versuchst Du, das, was sich in der Steigerungsreihe verändert, zu beschreiben, wobei Du mir immer sagst, ob die Beschreibung das, was zu hören ist gut oder weniger gut trifft. Es wäre gut, wenn Du die einzelnen Steigerungsreihen mit ein bis fünf Aussagen dazu beschreiben könntest. Sei also nicht wortkarg, aber auch nicht ausufernd. Deine Beschreibungen sollen das Wesentliche der Veränderung treffen. Ein Beispiel wäre: „Es wird etwas lauter. Es wird dünner und etwas flacher. Es klingt so, wie wenn die Musik aus einem alten Grammophon käme. Und es rauscht ein bißchen.“ An dem Beispiel merkst Du, daß man Veränderungen mit Eigenschaftswörtern, mit Verben und mit Vergleichen mit vertrauten Übertragungssituationen beschreiben kann. Es gibt bestimmt noch andere Möglichkeiten. Nutze alles, was Du in Deinem Sprachschatz hast, um die Veränderungen zu beschreiben. Das Ziel sind prägnante Beschreibungen der wahrgenommenen Veränderungen. Wenn Dir bei einer Steigerungsreihe gar nichts einfällt, ist das auch nicht schlimm. Dann gehen wir einfach zur nächsten.

Fragen wurden mit dem Probanden sofort besprochen. Die Steigerungsreihen wurden so oft wiederholt, wie es der Proband wünschte. War die Versuchsperson wortkarg oder ängstlich, etwas Unpassendes zu sagen, wurde sie vom Versuchsleiter entsprechend ermuntert. Er notierte die Veränderungsbeschreibungen in einem Protokollheft in Stichworten. Die Probanden gaben übereinstimmend an, daß die Aufgabe schwierig sei.

6.3.2.4 Ergebnisse

Die Protokolle der 13 normalhörigen und 8 schwerhörigen Probanden wurden transkribiert und je Hörbild nach den Typen der Steigerungsreihen (1-Oktavanhebungen, 3-Oktavbandpässe, Expansion, Kompressionen, Pegeländerungen, Verzerrungen, Verrauschungen)

Tabelle 6-15 bis **Tabelle 6-17** zeigen das sortierte Beschreibungsprotokoll eines normalhörigen Probanden. Bei ihm wie bei den übrigen Probanden finden sich neben einer großen Zahl an Vergleichen („wie aus dem Keller“, „wie bei Jazztrompete“) Beschreibungen folgender Kategorien:

- Lautheit („laut“, „kräftig“)
- Härte („hart“, „weich“)
- Helligkeit („hell“, „grell“, „dunkel“)
- Tiefe/Höhe („tief“, „mehr Tiefen“, „hoch“, „mehr Höhen“)
- Klangkörper („voll“, „mehr Volumen“, „dünn“)
- Klangtextur („blechern“, „hölzern“, „kratzig“, „scheppernd“)
- Stimmeigenschaften („quakend“, „näselnd“)
- Sprechereigenschaften („Zischlaute hervorgehoben“, „atemlos“)
- Zeitstruktur („abgehackt“, „nachklingend“, „hallend“)
- Entfernung („näher“, „weiter weg“)
- Übertragungspräzision („verschwommen“, „verwaschen“, „undeutlich“)

Skalierungsmethodik

– Übertragungsvalenz („unangenehm“, „häßlich“, „schlecht“).

Ein nicht geringer Teil dieser Eigenschaftsbeschreibungen erfolgte nicht komparativ, sondern betraf in absoluter Form die starke Variante der Steigerungsreihe („das ist ganz arg dumpf“).

Modifikationsart	starke Variante	Gespräch	Bach	Klavier
1-oktavbreite Anhebung	An0911+15	gehetzt; wie etwas in Panik; lauter; höher	es brummt; dumpfer; tiefer; verzerrt und rauschend	Akkorde klingen schwerer, tiefer, kräftiger; letzter Akkord klingt heller und schön
1-oktavbreite Anhebung	An1113+15	wie von viel zu lauter Aufnahme hallend	Instrument, das nicht dazugehört, bläst unregelmäßig dazwischen; verzerrt; verwaschen; Lautheitsschwankungen	hart; stoßend; kräftig und laut; zentriert, als haeue man mit Faust auf die Klaviertasten
1-oktavbreite Anhebung	An1315+15	dumpf und hohl; Er spricht dunkler als Sie	verwaschen; lauter; ungenau dazwischengeblasen	kräftiger; arg in die Tasten gehauen (Anschlag)
1-oktavbreite Anhebung	An1517+15	Mann klingt hell und hohl; beide sind lauter und schneller	unangenehm laut; als wären da ganz laute blechern-schrille Jagdhörner, die den Rest überdecken	letzte 2 Akkorde sind schrill, viel zu hoch; harter, dumpfer Anschlag; wie in altem Schwarzweißgrusefilm
1-oktavbreite Anhebung	An1719+15	wie durch Röhre gesprochen; tumb-tief; weiter weg	lauter; Töne sind verwischt, verschwommen; Töne nicht mehr einzeln wahrnehmbar; ungenau	Töne hallen nach, sind lauter und kräftiger; etwas verzerrt und scheppernd
1-oktavbreite Anhebung	An1921+15	lauter; etwas hohl; etwas hallend	gequetscht, rausgepreßt aus etwas Trompetenähnlichem; Mitten lauter, höher und schlimmer	blechern; wie Stummfilm-pianobegleitung bei einer Filmstelle, wo einer schwer und langsam dahinstapft
1-oktavbreite Anhebung	An2123+15	blechern; kalt; weit weg hallend; etwas hohl und lauter	wie von schlechter Kassette aus altem Abspielgerät abgespielt; Tendenz zu Grammophon	klingt punktiert; kräftig und stark, aber leer und blechern
1-oktavbreite Anhebung	An2325+15	wie in Höhle: hohl und hell; weiter weg; es hallt	näher und viel zu laut; nur höhere, kräftige Töne richtig hörbar	als klopfte man mit Hammer im Hintergrund auf Metall; seltsam und ganz anders als ein Klavier heller; verzerrt
1-oktavbreite Anhebung	An2527+15	hölzern - hoch; gehetzt und hohl	höher; verzerrt; wie aus etwas rausgequetscht (Trompete)	Töne hallen länger nach; verzerrt, wie Cembalo; kräftiger und stärker

Tabelle 6-15: Beschreibungsprotokoll eines normalhörigen Probanden, Teil 1

Skalierungsmethodik

Modifikationsart	starke Variante	Gespräch	Bach	Klavier
3-Oktav-Bandpaß	Bp0412 9/O+6	leiser; dumpf; versteckt; weiter weg (wird kleiner)	weiter weg; wie in dunklem Raum; wie hinter dickem Vorhang; dumpfer und tiefer	wie unter Bettdecke; dumpf; dunkel; wie mit Kissen über Kassettenrekorder; wie mit Watte im Ohr
3-Oktav-Bandpaß	Bp0614 9/O+6	dumpf; von unten rauf - wie aus Keller; wie mit Kissen zugedeckt	wie aus Keller; von unten, weit weg; dumpf und dunkler	dumpf; tiefer; weiter weg; wie bei Jazztrompete mit Pfropf drin; als wäre was drübergestülpt (Kuppel)
3-Oktav-Bandpaß	Bp0816 9/O+6	dumpf wie hinter verschlossener Tür; weiter weg; dunkler; gedämpft	weit weg; als höre man von außen Konzert, daß in einer Halle gespielt ist; hört sich ungenau, vage an	dunkler; gedämpft; weit weg, von unten
3-Oktav-Bandpaß	Bp1018 9/O+6	ganz dumpf und dunkel; ungenau; verschluckt; kaum richtig hörbar	wie aus Keller; dumpf; eingezwängt; Bläser sind dominant	dunkler; traurig; wie in Kirche bei Beerdigung
3-Oktav-Bandpaß	Bp1220 9/O+6	tumb; weiter weg; wie in Plastikbecher gesprochen	Bläser dominanter und dumpfer; klingt verschluckt, tiefer, verwaschen	dumpf; kräftig; verzerrt
3-Oktav-Bandpaß	Bp1422 9/O+6	wie aus Plastiktüte heraus; weiter weg und etwas hohl	klingt wie von unten rauf; etwas verzerrt	letzter Ton hebt sich kräftiger ab; aufdringlicher und lauter; Töne sind stärker
3-Oktav-Bandpaß	Bp1624 9/O+6	dumpfer; hohl; Er ist außer Atem	weiter weg; untere Töne fehlen - klingt blechern; heller und lauter; alte Aufnahme aus altem Radio (ohne Dolby)	weiter weg, scheppernd und blechern; leer und hohl; kalt und hoch
3-Oktav-Bandpaß	Bp1826 9/O+6	hohl; leiser und leer; wie in Rohr gesprochen	blechern; leer; höher und weiter weg; wie schlechte Aufnahme; als wäre von Höhen und Tiefen was weggeschnitten	blechern; frostig kalt; lauter; kürzere Akkorde (Nachschwingen)
3-Oktav-Bandpaß	Bp2028 9/O+6	weit weg; hohl, leer, hölzern; wie alter Fernseher lautaufgedreht und von fern gehört	von links etwas lauter; als fehlte untere Hälfte vom Stück - heller; blechern/hölzern; wie schlechte Aufnahme	wie Blech; hoch, schrill und total verzerrt; wie verzerrtes Donnerrollen
3-Oktav-Bandpaß	Bp2230 9/O+6	weiter oben; weiter weg; höher; wie ganz schlechter Film aus ganz schlechtem Fernseher	Höhen und Tiefen gehen verloren; wie ganz schlechte Aufnahme aus ganz schlechtem Autoradio	scheppert; ist weiter weg und höher; als betrete man knisternde Eisdecke (See)

Tabelle 6-16: Beschreibungsprotokoll eines normalhörigen Probanden, Teil 2

Skalierungsmethodik

Modifikationsart	starke Variante	Gespräch	Bach	Klavier
Expansion	Ex0.5-50	leiser und verzerrt; Lautstärke wechselt; als legte man die Hände aufs Ohr und nehme sie in unregelmäßigen Abständen weg und lege sie wieder drauf	nicht genießbar; verzerrt; ungenau; schwingt zwischen laut und leise; die Töne sind vermischt	Töne kurz vorm Ersterben, als würden sie gleich ersticken; abgehackt; flackern am Ende; nach Luft hechelnd
Kompression	K6-50	gehetzt; bedrängt; näher und lauter; Stimme vibriert etwas	es rauscht etwas; verzerrt; verwaschen; Töne brauchen länger um anzukommen; Klang auseinandergezogen	wie langsamer gespielt; vibriert im Nachklang zittrig
Kompression	K2-10	lauter; Mann klingt wie außer Atem	etwas Rauschen; Lautstärke und Geschwindigkeit sind ungleichmäßig	etwas lauter; leichtes Knistern, Rauschen
Kompression	KT3-10H3-10	klingt etwas lauter; heller	verwaschen, unsauber, falsch gespielt; schneller und lauter	es rauscht; klingt höher; Töne wackeln etwas (nicht exakt gespielt)
Kompression	KT3-10	tiefer; hohl; nach unten gedrückt	beim Einsetzen ist ein dumpfer Ton; etwas heller	schwingt lange nach; verzerrt
Kompression	KH3-10	lauter; etwas hohl und gehetzt	verzerrt; rauscht am Anfang ein bißchen; anfangs abgehackt - da ist ein Einschnitt	leichtes Rauschen im Hintergrund; wie ein Cembalo; dunkler
Pegelanhebung	Org+8dB (+6dB)	lauter; kommt näher und brüllt fast ins Ohr	lauter; heller; fülliger	lauter und kräftiger
Pegelabsenkung	Org-8dB	Mann leiser als Frau; insgesamt beide leiser und ruhiger	leiser, weiter weg und ruhiger	viel schöner; sanfter, weicher, wie Lenor; ruhiger; leiser
Verrauschung	+wR53.5dB (58.5)	Rauschen; gedrückt (Worte eng zusammengepreßt); kurz vor dem Verschlucken	Rauschen (wie Fernseher ohne Empfang); Musik ist im Hintergrund	rauscht furchtbar, aber künstlich; Musik bleibt noch im Vordergrund
Verzerrung	+X-Y	wie zu nah am Mikrophon gesprochen; lauter und vibrierend verzerrt	bei viel zu kleinen Boxen viel zu laut aufgedreht; verzerrt; es knistert	wie verzerrtes altes Klavier, Cembalo; gemischt mit schlechtem Synthesizer

Tabelle 6-17: Beschreibungsprotokoll eines normalhörigen Probanden, Teil 3

In einem weiteren Schritt wurden je Hörbild und Steigerungsreihe die Beschreibungen aller Probanden zusammengetragen und aus den sich ergebenden Steigerungs-„Steckbriefen“ eine Liste von Beschreibungen extrahiert, die nicht nur vereinzelt, sondern generell häufig (z.B. „dumpf“) oder steigerungsspezifisch (z.B. „abgehackt“ bei Expansion) auftraten.

Die Liste umfaßt folgende Beschreibungen:

„lauter“, „leiser“, „hart“, „weich, weniger hart“, „dumpf“, „gedämpft“, „scharf“, „hell“, „grell“, „schrill“, „dunkel“, „tiefer“, „mehr Tiefen“, „weniger Tiefen“, „höher“, „mehr Höhen“, „weniger Höhen“, „mehr Mitten“, „weniger Mitten“, „voller“, „mehr Volumen“, „mehr Masse“, „fülliger“, „voluminöser“, „dünn“, „weniger Volumen“, „flach“, „leer“, „hohl“, „blechern“, „metallisch“, „stählern“, „Knistern“, „krachig“, „Krachen“, „hölzern“, „Kratzen“, „scheppern“, „vibrieren“, „dröhnen“, „brummen“, „Rauschen“, „quakend/quäkend“, „quäkig“, „näselnd“, „nasal“, „zischig“, „zischend“, „Zischlaute hervorgehoben“, „gehetzt“, „atemlos“, „abgehackt“, „stockend“, „voneinander abgesetzt“, „staccato“, „punktiert“, „weniger Dynamik“, „monotoner“, „mehr Nachklängen“, „mehr Nachschwingen“, „weniger Nachklängen“, „mehr Hall“, „mehr Echo“, „weniger Hall“, „entfernter“, „weiter weg“, „näher“, „verschwommen“, „verwaschen“, „verwischt“, „undeutlich“, „unklar“, „unsauber“, „unnatürlich“, „künstlich“, „unwirklich“, „unreal“, „verfälscht“, „verfremdet“, „seltsam“, „entstellt“, „unecht“, „verzerrt“, „unangenehm“, „häßlich“, „grausam“, „fürchterlich“, „schrecklich“, „ekelhaft“, „schlimm“, „schlecht“, „nervig“, „angenehm“, „schön“

Skalierungsmethodik

Im Anhang C finden sich hierzu für die drei Hörbilder die Statistiken der Nennungshäufigkeiten für das Normalhörigenkollektiv.

Tabelle 6-18 gibt einen Ausschnitt dieser Statistiken für das Hörbild Klavier wieder. Die Steigerungsreihen sind in der ersten Spalte mit der starken Variante gekennzeichnet. Für die spektralen Modifikationen sind in der 2. und 3. Spalte die Anhebungs- bzw. Durchlaßbereiche angegeben. In die Auswertung wurden die Ergebnisse der am Ende des Versuchs wiederholten Steigerungsbeschreibungen miteinbezogen. Dies ist mit einer grauen Unterlegung der entsprechenden Zeilen angedeutet. Nennungen wurden hierbei nicht doppelt gezählt. Allerdings ist die Wahrscheinlichkeit der Entdeckung und Benennung einer Eigenschaft bei zweimaliger Beschreibung größer. Dies muß bei der Beurteilung der Nennungshäufigkeit berücksichtigt werden. Zweifelhafte oder unplausible Beschreibungen sind durch „?“ und „!“ kennlich gemacht. In dieser Weise problematische Fälle sind allerdings selten.

Eng bedeutungsverwandte Bezeichnungen sind in den Statistiken auch (z.B. „blechern, metallisch, stählern“) oder nur gemeinsam aufgeführt (z.B. die Valenzeigenschaften „unangenehm, häßlich ...“), dies hauptsächlich, wenn die Nennungshäufigkeiten der einzelnen Bezeichnungen niedrig sind. Die Nennungshäufigkeitsstatistiken finden sich im Anhang C für die Normalhörigen-Gruppe und für die Schwerhörigen-Gruppe grafisch dargestellt. Je Eigenschaft sind die Nennungshäufigkeiten über der Modifikationsart aufgetragen.

Skalierungsmethodik

Klavier			"lauter"	"leiser"	"hart"	"weich, weniger hart"	"dumpf"	"gedämpft"	"scharf"	"hell"	"grell"	"schill"	"dunkel"	"Tiefen, mehr Tiefen"	"weniger Tiefen"	"höher, mehr Höhen"	"weniger Höhen"	"mehr Mitten"	"weniger Mitten"
Steigerungsreihe	von Hz	bis Hz																	
An0911+15	89	178	3	-	1	1	-	-	-	1?	-	-	-	8	-	-	-	1?	-
An1113+15	141	282	5	-	3	-	-	-	-	-	-	-	1	6	-	-	-	-	-
An1315+15	224	447	8	-	3?	-	1	-	-	-	-	-	-	4	-	-	1	-	-
An1517+15	355	708	6	-	3	-	6	-	1	-	-	2	-	2	-	2?	1	1	-
An1719+15	562	1122	5	-	1	-	2	-	-	-	-	1	1	4	-	-	-	-	-
An1921+15	891	1778	2	-	5	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	1	-
An2123+15	1412	2818	4	1?	2	-	-	-	1	-	-	-	1	-	2	-	-	1	-
An2325+15	2239	4466	2	-	3	-	2	-	1	1	1	-	-	2	1	-	-	1	-
An2527+15	3548	7079	4?	-	4	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	1	-	1	-
Bp0412 9/O+6	28	224	-	4	-	2	8	3	-	-	-	-	1	7	-	-	1	-	-
Bp0614 9/O+6	45	355	-	2	-	-	8	3	-	-	-	-	1	6	-	-	2	-	-
Bp0816 9/O+6	71	562	1	4	-	-	6	6	-	-	-	-	2	5	-	-	-	-	-
Bp1018 9/O+6	112	891	1	-	-	-	7	4	-	-	-	-	1	7	-	-	4	-	-
Bp1220 9/O+6	178	1412	2	1	-	1	6	3	-	-	-	-	3	5	-	-	2	-	-
Bp1422 9/O+6	282	2239	2	1	1	1	2	1	-	-	-	-	1	3	-	1	1	2	-
Bp1624 9/O+6	447	3548	-	1	3	1?	-	-	1	-	-	-	1	2	1	2	-	-	-
Bp1826 9/O+6	708	5623	1	1	2	-	-	-	1	1	-	-	-	-	7	3	-	-	-
Bp2028 9/O+6	1122	8912	1	3	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	4	4	1	-	-
Bp2230 9/O+6	1778	14124	-	4	-	-	-	1	1	-	1	-	-	-	4	3	1	-	-
Ex0.5-50			-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K6-50			2	4	-	1	-	-	-	-	-	-	-	4	-	1	1	-	-
K2-10			4	1	-	1	-	1	-	-	-	1	-	1?	-	1	-	-	-
KT3-10H3-10			2	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	1	3	-	-	-
KT3-10			1	1	-	-	1	1	-	-	-	-	1	2	1	-	1	-	-
KH3-10			4	-	1	-	-	-	1	1	1	-	1	-	1	1	-	1	-
Org+8dB			13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Org-8dB			-	13	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1?	-	-
+wR53.5dB			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
+X-Y			7	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-

Tabelle 6-18: Ausschnitt aus der Häufigkeitsstatistik der Steigerungsbeschreibungen (Normalhörige) für das Hörbild Klavier. Zeilen: Steigerungsreihe, gekennzeichnet mit der starken Variante; Spalten 2 und 3: Eckfrequenzen der 1-Oktavanhebungen bzw. des Durchlaßbereichs der Bandpässe; restliche Spalten: Eigenschaften; Tabelle: Häufigkeit der Nennungen (n=13); „?“: Bedeutung der Beschreibung zweifelhaft; „!“: Beschreibung unplausibel; graue Unterlegung: Steigerungsreihe, die wiederholt beschrieben wurde (vollständige Statistik im Anhang C).

Die Inspektion der Nennungshäufigkeitsstatistiken der Normalhörenden ergibt eine Reihe klarer Zuordnungen von Beschreibungsclassen zu Modifikationsclassen. Je nach Blinkwinkel können diese Zuordnungen als psychophysikalische Profile der bezeichneten Eigenschaften oder Beschreibungsprofile der Hörbildvarianten bzw. Steigerungsreihen bezeichnet werden. Neben Klangtexturbeschreibungen (z.B. „dröhnend“, „blechern“) kovariieren vor allem die Klangfarbenbezeichnungen („dumpf“, „dunkel“, „hell“, „grell“ etc.) und die tonhöhenbezogenen Angaben („mehr Tiefen“, „mehr Höhen“ etc.) in ihrer Nennungshäufigkeit deutlich mit dem modifizierten Frequenzbereich (1-Oktavanhebungen) bzw. mit dem Durchlaßbereich der Bandpässe.

Sie deuten außerdem die schwachen Klangveränderungen infolge der Dynamikmanipulationen an. Alle Kompressionen mit Ausnahme der Varianten, bei denen nur im Tieftonbereich komprimiert wurde, führen zu einer Höhenbetonung. Die Tieftonkompression vor allem des Hörbilds Bach wird als dumpf beschrieben. Die Dynamikveränderungen zeigen sich unter anderem darin, daß Veränderungen der Zeitstruktur bemerkt werden. Die Expansion führt zu einem „abgehackten, stockenden“ Hörereignis. Die Kompressionen bewirken vor allem beim Hörbild Klavier „mehr Nachklingen“. Im komprimierten Sprachhörbild sind die Zischlaute

Skalierungsmethodik

hervorgehoben, auch rücken die Sprecher „näher“ zum Probanden. Beim Hörbild Bach bewirken die Kompressionen einen „verwaschenen“, „verschwommenen“ Musikeindruck.

Dies weist darauf hin, daß ein- und dieselbe Modifikationsart, hier: Kompression, bei verschiedenen Hörbildern zu unterschiedlichen Eigenschaftsänderungen führen kann. Der Verzerrungsaspekt der Kompressionen schlägt sich in der Bezeichnung „Knistern“ (vor allem: Klavier) nieder. Dies spricht weit stärker auf die Peak-Clipping-Steigerungsreihen an. Verräuschungen werden als „rauschig“, „Rauschen“, mitunter als „zischig“ erkannt.

Es wird deutlich, daß ein großer Teil der Eigenschaftsänderungsbeschreibungen sich als sensitiv für ganz bestimmte Manipulationsarten zeigt. Dies ist eine zentrale Voraussetzung für die Entwicklung eines Klangfehlerdiagnostikums, da die Beschreibungen des Schwerhörigen Rückschlüsse darauf zulassen müssen, was an der gegenwärtigen Hörgeräteeinstellung noch nicht optimal ist. Sensitivität allein jedoch genügt noch nicht. Spezifität ist erforderlich. Je spezifischer die Variation einer Hörereigniseigenschaft an einen hörgerätetechnischen Parameter oder eine Parameterklasse geknüpft ist, desto eindeutiger sind die Beschreibungen des Schwerhörigen in eine optimierende Veränderung der Hörgeräteeinstellung umsetzbar. Damit ist die Auswertbarkeit der psychophysikalischen Beziehungen der Hörereigniseigenschaften bzw. der Klangfehler angesprochen. Diese psychophysikalischen Beziehungen lassen sich anhand unserer Nennungshäufigkeiten nur skizzieren. Diese „Skizze“ ist Grundlage für die Auswahl der Eigenschaften, mittels derer in der nächsten Untersuchung (Kategorienskalisierung von Hörbildern anhand eines Eigenschaftsinventars) Modifikationsart und -ausmaß quantifiziert werden sollen.

Die skizzenhafte Zuordnung von Eigenschaften zu Modifikationsarten ist das Ergebnis der Auswertung der Nennungsstatistiken, die darin bestand, für jede der genannten Eigenschaften festzustellen und herauszuarbeiten, ob und für welche Modifikationsart sie als sensitiv gelten kann. Sie ist in **Tabelle 6-19** dargestellt. In der ersten Spalte sind die Hörereigniseigenschaften aufgeführt, in der zweiten der Sensitivitätsbereich angegeben. Die übrigen Spalten geben die einzelnen Modifikationsbereiche wieder. Daß Pegelvariationen zu Lautheitsänderungen führen, ist nicht eigens dargestellt. Die Tabelle zeigt, daß einzelne Eigenschaften allein nicht ausreichend spezifisch für eine Modifikationsart sind. Höhere Spezifität erreicht man, wenn man Gruppen von Aussagen zusammenfaßt.

Skalierungsmethodik

Eigenschaft	Sensitivität	Tiefenbereich	spezieller Tonbereich	Hochtonbereich	Kompression	Expansion	Verzerrung	Rauschen
laut, kräftig	Pegelerhöhung, weitgehend unspezifisch							
leise	Pegelabsenkung, weitgehend unspezifisch							
hart	Klavier: schmalbandige Anhebung, eher hochtonig			●				
weich	Klavier: Anhebung bis 220 Hz	●						
dumpf	Anhebung bis 1.4 kHz	●						
gedämpft	Anhebung bis 1.4 kHz, wird fast nur bei breitbandiger Anhebung genannt	●						
scharf	Anhebungen oberhalb von 1.4 kHz			●				
hell	Hochtonüberhöhung, sofern abwärts Energie bis 1 kHz vorhanden			●				
grell	Hochtonüberhöhung			●				
schrill	schmalbandige Anhebung ab 800 Hz aufwärts, vor allem bei Bach, Maximum bei 3 kHz			●				
dunkel	Gespräch: Anhebung zwischen 200 und 500 Hz; Klavier und Bach: anderes Muster		●					
tief, mehr Tiefen	Anhebung bis 500 Hz	●						
weniger Tiefen	schmalbandige Anhebung ab 800 Hz aufwärts, breitbandige Anhebung ab 500 Hz aufwärts			●				
hoch, mehr Höhen	überwiegender Hochtonbereich ab 700 Hz			●				
weniger Höhen	breitbandig überwiegender Tiefenbereich bis 1.4 kHz	●						
mehr Mitten	Überwiegen im Bereich 500 Hz bis 4 kHz		●					
weniger Mitten	-							
voll, mehr Volumen, mehr Masse, fülliger, voluminöser	schmalbandige Anhebungen bis 200 Hz	●						
weniger voll, weniger Volumen, dünn, schmal	breitbandige Anhebungen oberhalb von 300 Hz			●				
flach	Anhebungen oberhalb von 1 kHz			●				
leer	Gespräch: Anhebungen oberhalb von 700 Hz			●				
hohl	vor allem Gespräch: schmalbandige Anhebungen, eher mitteltönig		●					
blechern	Anhebung um 2 kHz		●					
metallisch	vor allem Klavier: Hochtonanhebung ab 1.5 kHz			●				
blechern, metallisch, stählern	Hochtonanhebung ab 500 Hz			●				
Knistern	Bach: Kompression; Verzerrung				●		●	
Krachen, krachig	-							
hölzern	-							
Kratzen, kratzig	Verzerrung						●	
Scheppern, scheppemd	Verzerrung						●	

Tabelle 6-19: Sensitivitäten der Klangeigenschaften für die verschiedenen Modifikationsarten, Teil 1

Skalierungsmethodik

Eigenschaft	Sensitivität	Tieftonbereich	spezieller Tonbereich	Hochtonbereich	Kompression	Expansion	Verzerrung	Rauschen
Vibrieren, vibrierend	Verzerrung, Klavier: Kompression, Tieftonanhebung bis 2 kHz	●			●			
Dröhnen, dröhnend	schmalbandige Anhebung - Gespräch: bis 450 Hz, Bach: bis 1 kHz, Klavier: bis 4.5 kHz; Verzerrung	●					●	
Brummen, brummig	Bach: Anhebung bis 400 Hz	●						
Rauschen, rauschend, rauschig	Rauschen, Verzerrung						●	●
quakend, quäkend, quäkig	Bach: schmalbandige Anhebung bei 1.2 kHz		●					
näselnd, nasal	Bach: Anhebung oberhalb von 500 Hz; Gespräch: Kompression			●	●			
Zischen, zischig, zischend	Gespräch: Kompression; generell: Rauschen				●			●
Zischlaute hervorgehoben	Gespräch: schmalbandige Anhebung oberhalb von 3.5 kHz; Kompression			●	●			
gehetzt, atemlos	Gespräch: Kompression				●			
abgehackt, stockend, voneinander abgesetzt, staccato, punktiert	Expansion					●		
weniger Dynamik, monoton	-							
mehr Nachklängen, mehr Nachschwingen	Klavier: Kompression, schmalbandige Anhebungen zwischen 500 Hz und 1.2 kHz		●		●			
weniger Nachklängen, weniger Ausklängen	Klavier: Expansion					●		
mehr Hall, mehr Echo	frequenzunspezifische schmalbandige Anhebungen, vor allem bei Gespräch und Klavier; Kompression				●			
weniger Hall	Klavier: Expansion					●		
entfernter, weiter weg	Gespräch und Bach: frequenzunspezifisch breitbandige Anhebungen; Pegelabsenkung							
näher	Gespräch: Kompression, Pegelanhebung				●			
verschwommen	Bach und Klavier: Anhebungen bis 1.2 kHz; Kompression	●			●			
verwaschen	-							
verwischt	(Bach: Kompression)				●			
undeutlich	Übertragungsmangel, unspezifisch							
unklar	-							
unsauber	(Bach: Kompression)							
verschwommen, verwischt, verwaschen, undeutlich, unklar, unsauber	Übertragungsmangel, weitgehend unspezifisch; Bach Kompression				●			
unnatürlich, künstlich, unwirklich, unreal, verfälscht, verfremdet, seltsam, entstellt, unecht	Übertragungsmangel, leichte Hochtonbetonung, eher unspezifisch							
verzerrt	Verzerrung, vor allem Bach: Kompression, eher unspezifisch				●		●	
unangenehm, häßlich, grausam, fürchterlich, schrecklich, ekelhaft, schlimm, schlecht, nervig	Übertragungsmangel, unspezifisch							

Tabelle 6-20: Sensitivitäten der Klangeigenschaften für die verschiedenen Modifikationsarten, Teil 2

Die Sensitivitäten lassen sich folgendermaßen zusammen:

- Lautheitsänderungen traten nicht nur in den Steigerungsreihen auf, denen eine Pegelvariation zugrundelag. Die 1-Oktav-Anhebungen und Verzerrungen erhöhten, die 3-Oktav-Bandpässe verringerten die Lautheit etwas. Bei breitbandigen Hörbildern läßt die alleinige Angabe, daß sich die Lautheit verändert hat, ohne weitergehende Informationen keine Schlüsse auf zugrundeliegende Signalmodifikationen zu.

Skalierungsmethodik

- Für zunehmende Verstärkung im Tieftonbereich sind „weich“, „dumpf“, „gedämpft“, „tief, mehr Tiefen“, „weniger Höhen“, „voller, mehr Volumen etc.“, „vibrieren“, „dröhnen“, „brummen“ und „verschwommen“ empfindlich.
- Zunehmende Verstärkung im Hochtonbereich deuten „hart“, „scharf“, „hell“, „grell“, „schrill“, „weniger Tiefen“, „hoch, mehr Höhen“, „weniger voll, dünn“, „flach“, „leer“, „blechern, metallisch, stählern“, auch „näselnd“ und Zischlauthervorhebung bei Sprache an.
- Für die Anhebung eines im weitesten Sinn mittleren Tonhöhenbereichs sprechen „dunkel“ (tiefe Lage), „mehr Mitten“, „hohl“, „blechern“ (nicht in Kombination mit den übrigen „Metall“eigenschaften „metallisch“ und „stählern“), auch „quakend, quäkig“ und vermehrtes Nachklingen.
- Zieht man den Umfang (Frequenzbereich) der spektralen Änderung in Betracht, so fällt auf, daß einige Bezeichnungen eher für schmalbandige Veränderungen verwendet werden („hart“, „schrill“, „hohl“, „dröhnen“, „quakend, quäkend, quäkig“, „mehr Hall“, „verzerrt“), andere eher für breitbandige Modifikationen (z.B. „dumpf“, „gedämpft“). Eine dritte Gruppe spricht auf schmal- und breitbandige Änderungen gleichermaßen an („hell“, „grell“, „scharf“, „dunkel“, „höher“, „tiefer“, „blechern“, „metallisch“, „näselnd“).
- Auf den Verzerrungsaspekt der Kompression sprechen „Knistern“, „Vibrieren“ und „verzerrt“ an. Die durch Kompression hervorgerufenen Klangveränderungen bei Sprache zeigen „näselnd“ und „Zischen, zischig etc.“, „näher“ an. Der veränderte Artikulationscharakter der Sprache wird in „gehetzt, atemlos“ deutlich. Den Eingriff in die Dynamik des Hörereignisses spiegeln bei Hörbild Klavier „mehr Nachklingen“ und „mehr Hall“ wider. Generell zeigt sich der Zeitstrukturverlust zu starker Kompression in „verschwommen, verwischt, undeutlich etc.“
- Die Dynamikveränderung, die mit einer Expansion erzeugt wird, wird als „abgehackt, stockend etc“ oder als „weniger Nachklingen“ oder als „weniger Nachhall“ beschrieben.
- Verzerrung schlägt sich nieder in „verzerrt“, „Knistern“, „Kratzen“, „Scheppern“, „Dröhnen“ und „Rauschen“.
- Verrauschung wird als „Rauschen“ oder „Zischen“ angegeben.
- Drei Bezeichnungsgruppen reagieren weitgehend unspezifisch auf Veränderungen des Hörbilds gegenüber dem Original: Bezeichnungen mangelnder Übertragungsprecision („verschwommen“, „verwischt“, „verwaschen“, „undeutlich“, „unklar“, „unsauber“), Verfremdungsbezeichnungen („unnatürlich“, „künstlich“, „unwirklich“, „unreal“, „verfälscht“, „verfremdet“, „seltsam“, „entstellt“, „unecht“) und Bezeichnungen der Übertragungswertigkeit („unangenehm“, „häßlich“, „grausam“, „fürchterlich“, „schrecklich“, „ekelhaft“, „schlimm“, „schlecht“, „nervig“. Die Befragung dieser Eigenschaftsgruppen wäre geeignet, um global zu prüfen, ob eine Hörgeräteeinstellung mangelhaft ist oder nicht.

Betrachtet man die Nennungshäufigkeiten der Schwerhörigengruppe (da nicht jede Steigerungsreihe von gleich vielen Probanden bearbeitet wurde, sind die Häufigkeiten in den Grafiken im Anhang C relativ dargestellt), so stellt man keine wesentlichen Unterschiede fest, soweit es die entdeckten Eigenschaften bzw. verwendeten Bezeichnungen angeht. Auch die psychophysikalische Zuordnung ist sehr ähnlich.

Neben den Eigenschaften, die in den Nennungsstatistiken aufgeführt sind, fanden sich in den Beschreibungen eine ganze Reihe weiterer Bezeichnungen. Sie wurden nur vereinzelt ver-

Skalierungsmethodik

wendet: „warm“, „rumpelig“, „tönend“, „geräuschvoll“, „ausdrucksvoll“, „ausdruckslos“, „lebhaft“, „dürftig“, „plärrig“, „gepreßt“, „röhrig“, „beißend“, „bröselnd“, „rauh“, „grau“, „stumpf“, „glanzlos“, „quietschend“, „quätschig“, „unausgewogen“, „starr“, „trocken“, „rund“, „prasselnd“, „lärmig“. Die allermeisten dieser Bezeichnungen kommen auch in den Beschreibungen der Normalhörigen vereinzelt vor, so daß sie nicht als Hinweise auf eine veränderte Hördimensionsstruktur bei Schwerhörigen zu betrachten sind.

Die Beschreibungen der Schwerhörigen wichen lediglich in folgenden Punkten von den Ergebnissen des Normalhörigen-Kollektivs ab:

- Bei einer Reihe von Steigerungsreihen wurde keine Steigerung bemerkt, sondern angegeben, daß die drei Darbietungen identisch sind. Dies betraf vor allem 1-Oktav-Anhebungen im Hochtonbereich und Verrauschungsvarianten.
- Bei breitbandig tieftönigen Wiedergaben (3-Oktav-Bandpässe) bemerkte ein Teil der Schwerhörigen, daß Nebengeräusche, die im Original enthalten seien, verschwunden sind.
- Eine Reihe von Varianten waren „klarer“ und „deutlicher“ als das Original. Hierin schlägt sich nieder, daß sich manche hochtonige Anhebungen weitgehend komplementär zum individuellen Hörverlust verhielten.
- Die Schwerhörigen beschrieben das Hörbild Gespräch häufiger als die Normalhörigen verständlichkeitsbezogen. Eine Reihe von Varianten (Hochtonanhebungen, Kompressionen) waren leichter verständlich als das Original.
- Während für die Normalhörigen die Hörbildvarianten in ihrer Klangvalenz fast ausnahmslos gegenüber dem Original abnehmen, stellten die Schwerhörigen in einer ganzen Reihe von Fällen bei 1-Oktav-Anhebungen im Hochtonbereich (Verständlichkeitsverbesserung) und tiefen 3-Oktav-Bandpässen (wärmerer Klang) fest, daß die Varianten angenehmer sind als das Original.

Alle diese Unterschiede zwischen den beiden Gruppen betreffen aber nicht die dimensionale Struktur der Hörbildmodifikationen, so daß die dimensionsanalytischen Ergebnisse des Normalhörigen-Kollektivs durch die Steigerungsbeschreibungen bestätigt werden.

Für die Zusammenstellung des Eigenschaftsinventars, das Bestandteil des Prototyps des Klangdiagnostikums werden soll, wurde auf die Verwendung von beschreibenden Vergleichen (z.B. „klingt wie Grammophon“, „klingt wie in kleinem Raum gesprochen“) verzichtet, da die Wahrnehmung der angesprochenen Hörereignisse für den Schwerhörigen gegenüber dem normalen Gehör verändert ist. Sollte die Adaptation der Klangeigenschaftsbezugssysteme nicht vollständig sein, so würden Gehörveränderungen, die sich in Hörereignisklängen niederschlagen, die von der Wahrnehmung des Normalhörigen abweichen, in vergleichenden Beschreibungen sicher nicht entdeckt werden. (Analog in der Lautheitswahrnehmung: anhand der Isophonenbestimmung (Lautheitsvergleich) läßt sich der Lautheitsverlusts nicht absolut quantifizieren.) Dasselbe gilt für die Verfremdungsbezeichnungen („unnatürlich“, „unecht“ etc.).

Außerdem verzichten wir auf Bezeichnungen wie „mehr Höhen“, „mehr Tiefen“, da diese Angaben oft einen technischen Hintergrund haben: gemeint sind Höhen- und Tiefenregler bei audioelektronischen Geräten. Die Vertrautheit damit sollte man für das klangdiagnostische Verfahren nicht voraussetzen müssen. Der Verzicht ist zudem kein Verlust, da die Klangfarbenbezeichnungen diese Lücke schließen.

6.3.3 Kategorienskalierung von Hörbildvarianten I

Die im folgenden beschriebenen Versuche, in denen Hörbildvarianten von Normalhörenden kategorial anhand eines Eigenschaftsinventars beschrieben wurden, dienten der näheren Klärung der psychophysikalischen Zuordnung zwischen Höreigenschaft und Modifikationsart und der Beantwortung der Frage, wie präzise und spezifisch sich Hörereigniseigenschaften skalieren lassen - und zwar dann, wenn die Versuchsumstände nicht als eindimensionaler Serienversuch (Orientierung in einer eindimensionalen Mannigfaltigkeit), sondern als mehrdimensionale Kategorisierung einer mehrdimensionalen Reizreihe gestaltet sind. Damit ist natürlich nicht multidimensionale Skalierung gemeint, sondern das sukzessive Beschreiben von Reizgegebenheiten anhand eines ganzen Eigenschaftsinventars. Bei den Eigenschaften des Inventars handelt es sich um die elementaren Klangdimensionen, die in der Dimensionsanalyse herausgearbeitet worden sind. Im folgenden wird diese Kategorisierungstechnik Eigenschaftsinventarkategorisierung oder kürzer Inventarkategorisierung genannt.

Die Inventarkategorisierung unterscheidet sich, von der Eigenschaftskategorisierung, die auf eine Dimension beschränkt ist, darin, daß sich die Orientierung innerhalb der experimentell gebotenen Ausprägungsserie viel schwieriger gestaltet. Je mehr Eigenschaften zum Inventar gehören, desto weniger dürfte es möglich sein, sich einen Überblick darüber zu verschaffen, welcher Ausprägungsumfang je Eigenschaft im gebotenen Reizmaterial realisiert ist. Dies entspricht der Aufgabenstellung. Denn es soll untersucht werden, wie weit die mnestiche Stabilität der Klangeigenschaftsbezugssysteme als Grundlage quantitativer Beschreibung trägt. Das heißt, es ist günstig, wenn die vorhandene Orientiertheit über Klangeigenschaftsausprägungen nicht abgelöst wird von der Orientierung innerhalb einer experimentellen Ausprägungsserie. Ziel ist es ja, für die Quantifizierung (Kategorienskalierung) die phänomenale Metrik der Klangeigenschaften zu nutzen, die sich in freien Beschreibungen zeigt. Freie Übertragungsbeschreibungen (Hörbildvarianten, Hörgeräteeinstellungen) erfolgen nicht rein qualitativ, sondern stehen an der „Schwelle zur Quantität“. Diese freien Beschreibungen erfolgen weitgehend ohne Bezug auf eine aktuelle Serie.

Die Ziele der Versuche zur Klangkategorisierung lassen sich folgendermaßen umreißen:

- Quantitative Klärung des psychophysikalischen Profils der Eigenschaften des Inventars bzw. des Eigenschaftsprofils von Modifikationsarten.
- Klärung der Reliabilität: Wie präzise lassen sich die einzelnen Eigenschaften von Hörbildmodifikationen anhand eines Klangeigenschaftsinventars einstufen? Gibt es Präzisionsunterschiede zwischen verschiedenen Eigenschaften? Wie stark streuen die Klangeinstufungen interindividuell, wie stark intraindividuell?
- Klärung der adäquaten Skalendifferenziertheit: Welche Skalendifferenziertheit ist hinreichend für die Präzision, mit der Klangeigenschaften anhand eines Inventars beschrieben werden können?
- Klärung der Einstufungsspezifität: Wie ausprägungsspezifisch sind die kategorialen Klangeigenschaftseinstufungen? Hohe Spezifität zeigt sich in Einstufungsinvarianz bei verändertem Reizkontext. Die Ausprägungsspezifität der Eigenschaftseinstufungen ist nicht zu verwechseln mit der Modifikationsspezifität einer Eigenschaft oder einer Eigenschaftengruppe. Diese betrifft einen psychophysikalischen Sachverhalt, jene die Frage, wie hoch die Einstufungen mit reizfremden Versuchsfaktoren kovariieren.

Skalierungsmethodik

6.3.3.1 Eigenschaftsinventar

Aus dem dimensionsanalytischen „Rohinventar“ (siehe **Tabelle 6-19** und **Tabelle 6-20**, S. 132) wurden 21 Eigenschaften für den ersten Versuch zur Klangkategorisierung zusammengestellt. Mit diesem Inventar werden alle hörgerätetechnischen Modifikationsarten abgedeckt, die in der Hörbildmanipulation berücksichtigt wurden (spektrale, dynamische, Pegelveränderungen, Verrauschungen, Verzerrungen). Dieses Inventar-21 wird in **Tabelle 6-21** vorgestellt. Bei einer Reihe von Eigenschaften wurden sinnverwandte Bezeichnungen zusammengefaßt, um die Eigenschaftsbezeichnung griffiger zu gestalten, als es mit einer Einzelbezeichnung möglich wäre.

Eigenschaftsklasse	Eigenschaft	Sensitivität
Intensität	Lautheit	unspezifisch (Übertragungspegel)
Klangfarbe	„dumpf, gedämpft“	tieftonige Übertragung
	„dunkel“	tieftonige Übertragung
	„hell, grell“	hochtonige Übertragung
	„schrill“	schmalbandige Hochtonbetonung
	„scharf“	hochtonige Übertragung
Klangkörper	„hart“	eher hochtonige Übertragung
	„volumig, voll“	tieftonige Übertragung
	„dünn, flach“	eher hochtonige Übertragung
	„hohl“	schmalbandige Überhöhung
Intensitätsverlauf	„hallend, nachklingend“	komprimierte Übertragung
	„abgehackt, stockend“	expandierte Übertragung
Klangtextur	„blechem, metallisch“	hochtonige Übertragung
	„dröhnend“	tieftonige Übertragung
	„näselsnd“	eher hochtonige Übertragung
	„vibrierend“	Verzerrung
	„kratzig, knisternd“	Verzerrung
	„verrauscht, rauschig“	Rauschen
	„zischig, zischend“	Hochtonkompression
Übertragungspräzision	„undeutlich, verschwommen“	unspezifisch
Übertragungsvalenz	„unangenehm“	unspezifisch

Tabelle 6-21: Eigenschaftsinventar-21

Dieses Inventar ist zu umfangreich, um es auf einen Blick überschauen zu können. Andererseits enthält es Gruppen, sachlich und anschaulich verwandter Eigenschaften. Dies wird in den verschiedenen Eigenschaftsklassen in **Tabelle 6-21** deutlich. Dem mußte bei der Gestaltung der Versuchsanordnung Rechnung getragen werden. Für die Inventarkategorisierung wurde eine „Eigenschaftsscheibe“ angefertigt, anhand der Proband nacheinander alle 21 Eigenschaften durchgehen und prüfen konnte, ob die gebotene Hörbildvariante die jeweilige Eigenschaft hatte oder nicht. Diese Eigenschaftsscheibe ist in **Abbildung 6-25** wiedergegeben. Punktiert ist der sichtbare Bereich der Scheibe gezeigt. Der Proband konnte also stets ein paar Eigenschaften überblicken und entsprechend seine Aufmerksamkeit bei der Hörbilddarbietung

Skalierungsmethodik

ausrichten. Nach der Darbietung drehte er die Scheibe im Uhrzeigersinn von Eigenschaft zu Eigenschaft (Markierungsstriche) weiter, so lange wie der Höreindruck für deren Beschreibung ausreichte (in der Regel drei bis vier Eigenschaften). Dann verlangte er eine erneute Darbietung des Hörbilds. Dieser Zyklus wurde so oft wiederholt, bis alle Eigenschaften durchgegangen waren.

Dieses Verfahren berücksichtigt, daß es dem Probanden durchaus möglich ist, auf mehr als eine Eigenschaft bei einer Hörbilddarbietung zu achten (z.B. „Ist das, was ich jetzt höre, dumpf, gedämpft, dunkel oder ist es hell, grell oder schrill?“), daß aber die Konfrontation mit allen Eigenschaften auf ein Mal überfordern würde. Die Probanden kamen mit dieser Scheibe gut zurecht.

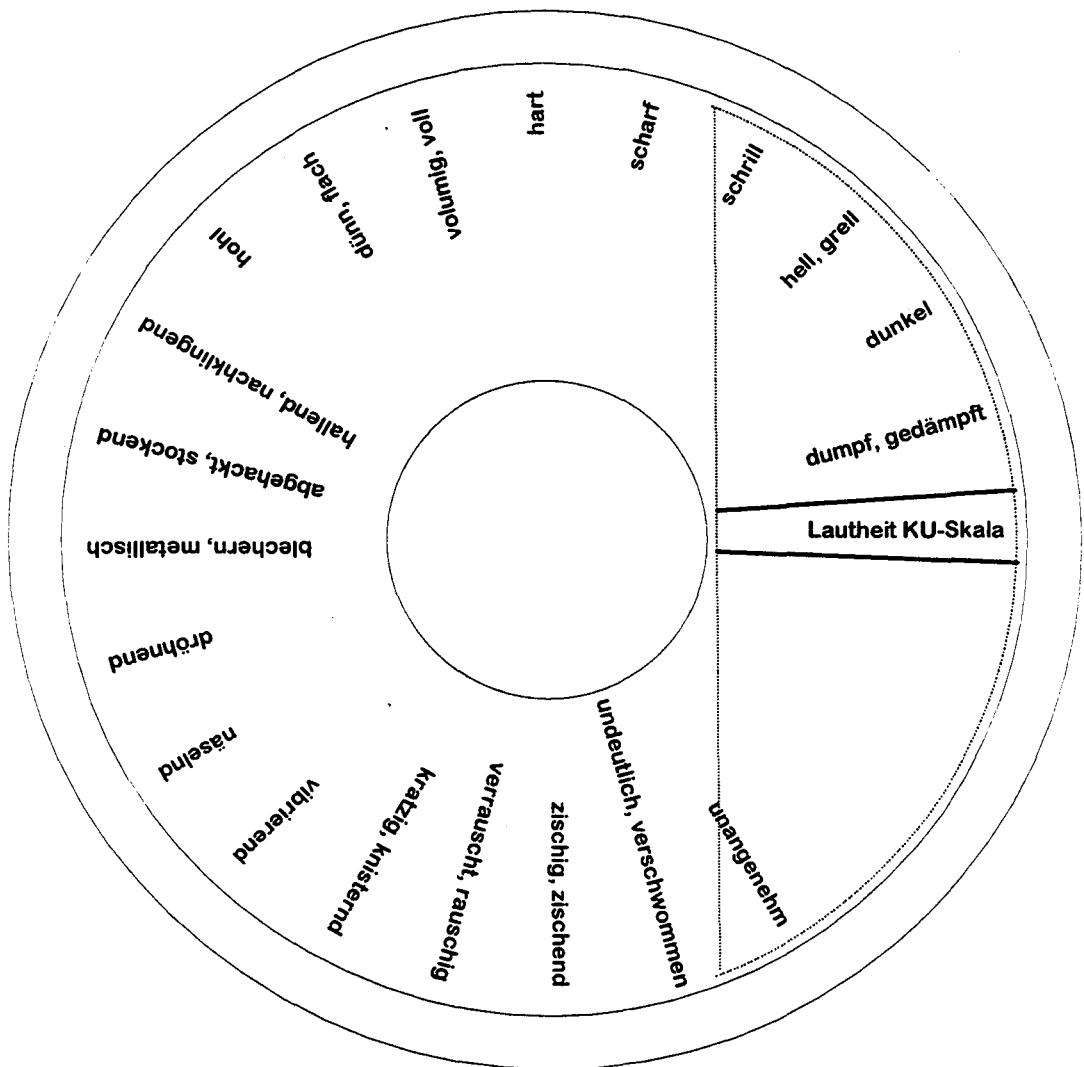


Abbildung 6-25: Eigenschaftsscheibe zur Hörbildbeschreibung anhand des Eigenschaftsinventars-21. Die Pappscheibe steckte in einer rechteckigen Pappblende, die den Blick auf das punktiert dargestellte Kreissegment der Scheibe freigab. Die Eigenschaftsbezeichnung zwischen den Markierungsstrichen gab die aktuelle Eigenschaft (in der Abbildung: Lautheit) an. Nachdem sie bearbeitet war, wurde die Scheibe an der rechten Seite der Pappblende im Uhrzeigersinn zur nächsten Eigenschaftsbezeichnung weitergedreht (in der Abbildung zu „dumpf, gedämpft“).

Skalierungsmethodik

6.3.3.2 Ausprägungsskala

Als Kategorienskala zur Angabe der Eigenschaftsausprägungen diente die Zwei-Kategorien-Skala, über deren Entwicklung in Abschnitt 6.2 berichtet wurde. Sie besteht aus dem beiden Kategorien „etwas“ und „ziemlich“, jeweils dreifach unterteilt, mit den Randbezeichnungen „nicht“ und „äußerst“. Diese Skala war auf der linken Seite der Pappblende der Eigenschaftsscheibe dargestellt, wie in **Abbildung 6-26** zu sehen ist. Alle 20 Eigenschaften des Inventars von „dumpf, gedämpft“ bis „unangenehm“ wurden anhand dieser Ausprägungsskala eingestuft, sofern das gebotene Hörbild die Eigenschaft besaß. Einzige Ausnahme war die Lautheit. Sie wurde als erste Eigenschaft des Beschreibungszyklus im Kategorienunterteilungsverfahren der Hörfeldaudiometrie eingestuft (die fünf Kategorien „sehr leise“, „leise“, „mittel“, „laut“, „sehr laut“, jeweils zehnfach unterteilt mit den Skalenenden „nichts gehört“ und „schmerzhaft laut“)

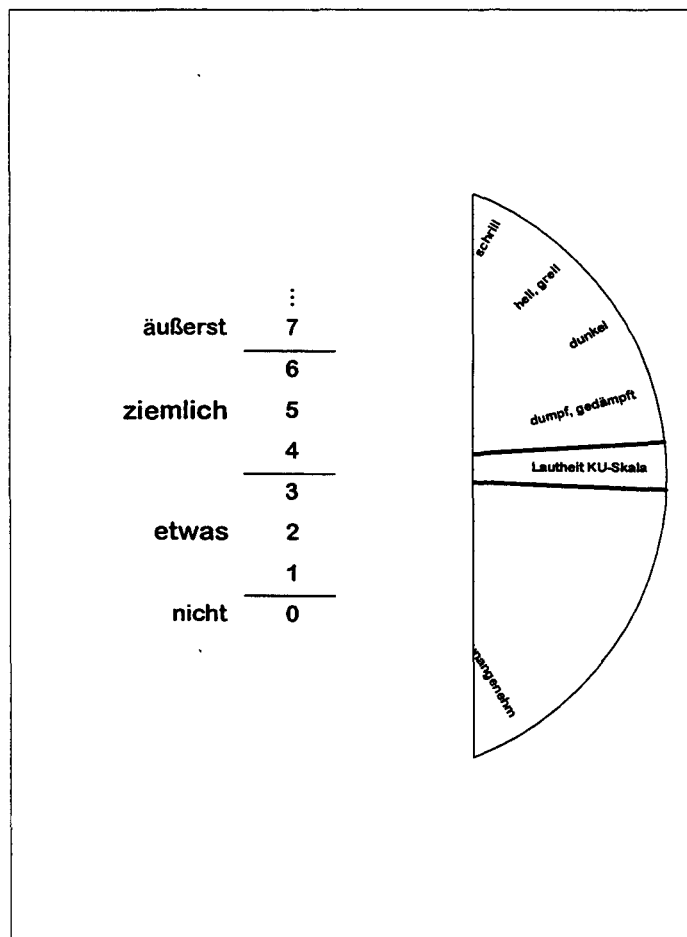


Abbildung 6-26: Eigenschaftsscheibe mit Pappblende und Ausprägungsskala

Skalierungsmethodik

6.3.3.3 Durchführung der Versuche

Als Hörbildvarianten wurden alle Modifikationen herangezogen, die in den dimensionsanalytischen Versuchen die starke Stufe der Steigerungsreihen bildeten. Je Hörbild lagen zusammen mit dem Original 30 Reize vor.

Die Versuche wurden bezogen auf das Hörbild (Sprache, Bach, Klavier) mit unabhängigen Gruppen durchgeführt. Versuchspersonen waren 26 Psychologie-Studenten, die mit der Versuchsteilnahme einen Teil ihrer Pflicht-Versuchspersonenstunden ableisteten. Acht bearbeiteten das Hörbild Bach, jeweils neun Gespräch und Klavier.

Zwei Abfolgevarianten wurden zu etwa gleichen Teilen verwendet (die Hörbildvarianten lagen auf DAT-Band vor). Sie beginnen beide mit dem Original und unterscheiden sich bis zur 6. Darbietung nicht. Dies wurde so gehalten, um einerseits Abfolgeeffekte zu minimieren, andererseits mit dem Ziel, nicht Einstufungsvarianz durch die Startphase des Versuchs zu erzeugen, die auf die Varianz noch etwas unsicher eingestuften Erstreize zurückgeht. In **Tabelle 6-22** sind beide Reihenfolgen dargestellt. Den Abschluß bildete die Wiederholung der Darbietungen 2 bis 6. Als letztes wurde das Original ein zweites Mal beschrieben. Die Wiederholung der ersten sechs Darbietungen gestattet ansatzweise die Überprüfung der intraindividuellen Beschreibungsstabilität. In vollem Umfang wird sie im zweiten Versuch zur Inventarkategorisierung (siehe Abschnitt 6.3.4) untersucht.

Darb.- Nr.	Reihenfolge 1	Reihenfolge 2	Darb.- Nr.	Reihenfolge 1	Reihenfolge 2
1	Original	Original	19	Bp0816 9/O+6	An0911+15
2	Bp0614 9/O+6	Bp0614 9/O+6	20	Ex0.5-50	K6-50
3	Pegelanheb.	Pegelanheb.	21	An1921+15	Bp1220 9/O+6
4	KH3-10	KH3-10	22	KT3-10H3-10	Verzerrung
5	An2325+15	An2325+15	23	An1113+15	Bp2028 9/O+6
6	Bp1018 9/O+6	Bp1018 9/O+6	24	Verzerrung	An1517+15
7	An0911+15	Bp1422 9/O+6	25	Bp1624 9/O+6	Pegelabsenk.
8	Bp1826 9/O+6	An2123+15	26	K6-50	Bp0816 9/O+6
9	An1315+15	KT3-10	27	Bp2028 9/O+6	An1113+15
10	K2-10	Bp2230 9/O+6	28	Bp1220 9/O+6	K2-10
11	Bp1422 9/O+6	Verrauschung	29	An1517+15	Bp1624 9/O+6
12	An2527+15	An1315+15	30	An2123+15	An1921+15
13	Pegelabsenk.	An2527+15	31	Bp0614 9/O+6 (2. Darb.)	Bp0614 9/O+6 (2. Darb.)
14	Bp2230 9/O+6	Bp0412 9/O+6	32	Pegelanheb. (2.Darb.)	Pegelanheb. (2.Darb.)
15	KT3-10	KT3-10H3-10	33	KH3-10 (2. Darb.)	KH3-10 (2. Darb.)
16	An1719+15	Bp1826 9/O+6	34	An2325+15 (2.Darb.)	An2325+15 (2.Darb.)
17	Bp0412 9/O+6	Ex0.5-50	35	Bp1018 9/O+6 (2. Darb.)	Bp1018 9/O+6 (2. Darb.)
18	Verrauschung	An1719+15	36	Original (2. Darb.)	Original (2. Darb.)

Tabelle 6-22: Verwendete Reizreihenfolgen

Skalierungsmethodik

Vor jeder Hörbildvariante wurde als stabilisierender Bezugspunkt das Hörbildoriginal dargeboten (**Abbildung 6-27**). Dies verhindert bei der Klangbeschreibung Bezüge auf die vorausgehend beschriebene(n) Hörbildvariante(n), minimiert also Abfolgeeffekte. Die Darbietung des Hörbildoriginals steht nicht im Widerspruch zu der Absicht, die Tragfähigkeit der mnestischen Eigenschaftsstabilisation für die kategoriale Quantifizierung zu testen. Es handelt sich ja um das „Nicht-vorhanden“-Ende der Eigenschaftsdimensionen. Die mnestische Stabilität - wir setzen bei gleichem Gehör gleiche Bezugssysteme voraus - zeigt sich in der intra- und vor allem interindividuellen Übereinstimmung der Ausprägungen, die das andere Ende des Kontinuums bilden (Kategorienobergrenze von „ziemlich“ bzw. „äußerst“-Grenze).

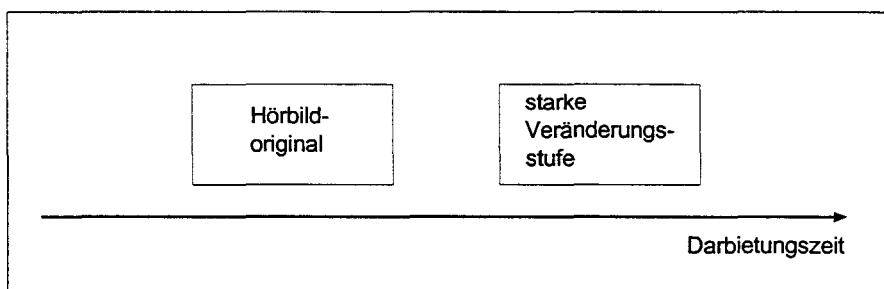


Abbildung 6-27: Schema der Reizdarbietung. Pause zwischen Original und Variante: 1 s

Zur Darbietung wurde dieselbe Apparatur benutzt wie beim Versuch zur Dimensionsanalyse (siehe Abschnitt 6.3.2.2). Aus diesem konnte auch die Instruktion des Probanden weitgehend übernommen werden (Untersuchungszweck und -hintergrund). Statt der freien Beschreibung wurde die Skalierungstechnik erläutert. Der Probanden inspizierten zunächst die Eigenschaftsscheibe, um sich einen Überblick über die Dimensionen zu verschaffen. Nach kurzer Zeit (wenige Darbietungen) waren die Probanden mit dem Beschreibungsverfahren gut vertraut. Im ersten Schritt stellten sie fest, ob die gebotene Hörbildvariante die markierte Eigenschaft der Eigenschaftsscheibe besaß. Als zweiter Schritt schloß sich die Ausprägungseinstufung an, wenn die Eigenschaft gegeben war. Hierfür wurde die Zwei-Kategorien-Unterteilungsskala, die auf der Blende der Scheibe abgedruckt war, benutzt. Wenn die markierte Eigenschaft nicht gegeben war, drehte der Proband zur nächsten Eigenschaft weiter. Er war ausdrücklich angewiesen, die Darbietungswiederholung zu verlangen, sobald der Höreindruck verblaßt war.

Nach der Einstufung der Lautheit im KU-Verfahren der Hörfeldaudiometrie (erste Eigenschaft des Beschreibungszyklus) wurde die Darbietung stets wiederholt. Die Bearbeitung der restlichen 20 Eigenschaften erforderte in der Regel mindestens zwei, aber kaum mehr als zehn Wiederholungen insgesamt. Die Anzahl war deutlich von der Hörbildvariante abhängig. Tiefpassige Varianten ließen leichter beschreiben als schmalbandige Anhebungen und Kompressionen.

Ein kleiner Teil der Versuchspersonen hatte bereits bei der Dimensionsanalyse mitgearbeitet. Sie berichteten übereinstimmend, daß die Inventarkategorisierung viel einfacher als die freie Beschreibung sei. Eine Versuchssitzung dauerte etwa 1 h 40 min.

6.3.3.4 Ergebnisse

Je Hörbild und Eigenschaft wurden mittlere Einstufung und deren Standardabweichung ermittelt. Die kollektiven Inventarkategorisierungen der Hörbildvarianten sind in **Abbildung 6-28** und **Abbildung 6-29** dargestellt. Beide Grafiken zeigen in 21 Koordinatensystemen die psychophysikalischen Profile der 21 Eigenschaften des Inventars nach den drei Hörbildern getrennt. Als nominale Abszisse fungieren die Hörbildmodifikationen, als Ordinate die Ausprägung (Zwei-Kategorienunterteilungsskala bzw. KU-50 für Lautheit). Im Anhang C werden die Einstufungsprofile der drei Hörbilder mit ihren Standardabweichungen in jeweils eigenen Grafiken gezeigt. Auf eine Zusammenfassung über die Hörbilder wurde verzichtet, da sich die Profile der drei Hörbilder zum Teil deutlich unterscheiden.

Psychophysikalische Profile der Inventareigenschaften

Die Profilgrafiken machen klar, daß sich die Zuordnung zwischen Modifikationsart und Eigenschaft, die in den Nennungshäufigkeiten der dimensionsanalytischen Versuchsreihe erkennbar war, auch in der quantitativen Untersuchung wiederfindet. Die Profile zeigen ein reichlich gegliedertes Bild des Zusammenhangs zwischen Eigenschaftsausprägung und Modifikation.

- Lautheit: Der größte Teil der Varianten einschließlich der Originale liegt im unteren "Laut"-Bereich (KU-30 bis KU-35). Lediglich die sehr tiefen und sehr hohen 3-Oktav-Bandpässe sind etwas leiser. Die Pegelvariation zeigt sich klar. Das Hörbild Gespräch ist geringfügig leiser als die beiden anderen Hörbilder. Die geringe Lautheitsvarianz der meisten Hörbilder stellt sicher, daß die teilweise starken Ausprägungen der übrigen Inventareigenschaften keine einfachen Kovariationen der Lautheit sind.
- „dumpf, gedämpft“ spricht auf schmalbandige, eher tieftönige Anhebungen und sehr deutlich bei den tiefen 3-Oktavbandpässen an. Am höchsten sind die Ausprägungen beim Hörbild Bach. Die Pegelabsenkung zeigt leicht erhöhte Werte. Dies ist auf die zweite Bezeichnung „gedämpft“ zurückzuführen, die nicht nur im Sinne von „dumpf“, sondern einfach als Lautheitsverringerung verstanden werden kann. In einem weiteren Inventarentwurf sollten beide Bezeichnungen nicht mehr gemeinsam eine Dimension bezeichnen.
- „dunkel“ zeigt ein ähnliches Profil wie „dumpf, gedämpft“. Die Ausprägungen sind etwas niedriger
- „hell, grell“ bildet das Klangfarbengegenstück zu „dumpf“ und „dunkel“. Die Hochtonanhebungen und -bandpässe haben diese Eigenschaft. Auch dynamische Varianten mit Hochtonkompression (KT3-10, H3-10 und KH3-10) zeigen mäßige „hell, grell“-Werte.
- „schrill“ bietet ein ähnliches Muster wie „hell, grell“, allerdings schwächer ausgeprägt. Die hohen 3-Oktav-Bandpässe des Hörbilds Klavier klingen schriller als die beiden übrigen Hörbilder. Auch die Verzerrungsvarianten werden als etwas schrill eingestuft.
- „scharf“ ist der dritte Hochtonindikator. Er zeigt große Ähnlichkeit mit „schrill“, spricht jedoch auch auf die Pegelanhebung an. Mit der Lautheit steigt die Schärfe.
- „hart“ zeigt ein etwas diffuses Bild. Schmalbandige Anhebungen zeigen in geringem Maß Härte, auch die hohen 3-Oktav-Bandpässe. Mittlere „hart“-Ausprägung erzielt man mit der Pegelanhebung des Hörbilds Klavier. Dieses ist allerdings auch im Original schon etwas "hart".

Skalierungsmethodik

- „volumig, voll“ ist hauptsächlich empfindlich für Anhebungen im Tieftonbereich. Wieder (wie bei „dumpf, gedämpft“ und „dunkel“) erreicht das Hörbild Bach die höchsten Ausprägungen. Mehr Fülle erhält das Klavier bei Tieftonkompression (KT3-10). Beide Musik-Hörbilder sind auch im Original etwas „volumig“.
- „dünn, flach“ zeigt bei den spektralen Modifikationen große Ähnlichkeit mit den Hochtonindikatoren „hell, grell“, „schrill“ und „scharf“. Deutlich ist dies bei den Musik-Hörbildern ausgeprägt, die kräftig an Volumen verlieren können.
- „hohl“ zeigt schmalbandige Anhebungen vor allem in mittleren Tonlagen an. Auch die 3-Oktav-Bandpässe bewirken "hohl". Am deutlichsten ist dies bei Klavier und Bach im Hochtonbereich.
- „hallend, nachklingend“ differenziert deutlich die drei Hörbilder. Ganz niedrig liegt das Gespräch, etwas höher das Hörbild Bach, am höchsten das Hörbild Klavier. Das Ausklingen der angeschlagenen Akkorde ist bei den Kompressionsvarianten deutlich angehoben. Ebendiese erreichen mittlere Ausprägungen bei „hallend, nachklingend“, vor allem die separate Kompression des Tief- und Hochtonbereichs (KT3-10H3-10). Diese Werte liegen über der mittleren Einstufung des Klavieroriginals.
- „abgehackt, stockend“ zeigt spezifisch hohe Werte bei den expandierten Hörbildern. Diese Recruitment-Nachbildung präsentiert sich zumindest für den Normalhörigen vorrangig als Zerstückelung lautheitsvarianter Höreignisse. Geringfügige Erhöhungen finden sich auch bei der Verzerrung.
- „blechern, metallisch“ reiht sich ein in die Gruppe der Hochtonindikatoren. Vor allem die Musik-Hörbilder erhalten diese Eigenschaft in deutlichem Ausmaß, wenn der Hochtonbereich überwiegt. Auch Hochtonkompressionen und Verzerrungen haben diese Eigenschaft ansatzweise.
- „dröhnend“ zeigt eine Wechselwirkung zwischen Hörbild und Modifikation. Bei Anhebungen im Tieftonbereich dröhnt das Hörbild Bach am stärksten. Kompressionen führen beim Klavier zu den höheren „dröhnend“-Einstufungen. Die Sprecher dröhnen kaum.
- „näselnd“ kommt in geringem Maß bei hohen 3-Oktav-Bandpässen vor. Auffällig ist der isoliert recht hohe Wert bei Bach An1921+15. Vor allem in der Schwerhörigen-Gruppe war diese Variante auch in der freien Beschreibung als näselnd erkannt worden.
- Relativ hohe „vibrierend“-Einstufungen sind bei Expansion und Kompression des Klavierhörbilds festzustellen. Auch die Verzerrung wird ansatzweise als Vibrieren beschrieben. Bei den spektralen Modifikationen bietet sich ein unübersichtliches Bild. Fast über den ganzen Frequenzbereich führen Anhebungen zu leichtem Vibrieren bei den Musikhörbildern.
- „kratzig, knisternd“ ist ein hochsensitiver Verzerrungsindikator. Er spricht bei den Verzerrungsvarianten und dem deutlich geringeren Verzerrungsausmaß entsprechend auch bei den Kompressionen an.
- Ebenfalls für Verzerrungen, aber stärker für Verrauschungen ist „verrauscht, rauschig“ empfindlich.
- „zischig, zischend“ werden die Hörbilder in geringem Maß, wenn im Hochtonbereich schmalbandig angehoben wird. Dies gilt für alle drei Hörbilder. Sprache wird ansatzweise zischend (Frikative), wenn sie komprimiert wird. Verrauschung und Verzerrung weisen die höchsten Werte auf.

Skalierungsmethodik

- „undeutlich, verschwommen“ sind vor allem die tiefen 3-Oktav-Bandpässe, die einkanali- gen Kompressionen, die Verzerrungs- und die Verrauschungsvarianten. Die Eigenschaft zeigt eher unspezifisch Klangmängel an.
- Ebenso verhält es sich mit „unangenehm“. Fast alle Varianten sind unangenehmer als die Originale. Die höchsten Werte zeigen Expansion, Verzerrung und Verrauschung. Diese Modifikationen dürften in unserem Reizsortiment die stärkste Strukturveränderung, Klang- verschlechterung und Störung der Hörbildhörbarkeit darstellen.

Skalierungsmethodik

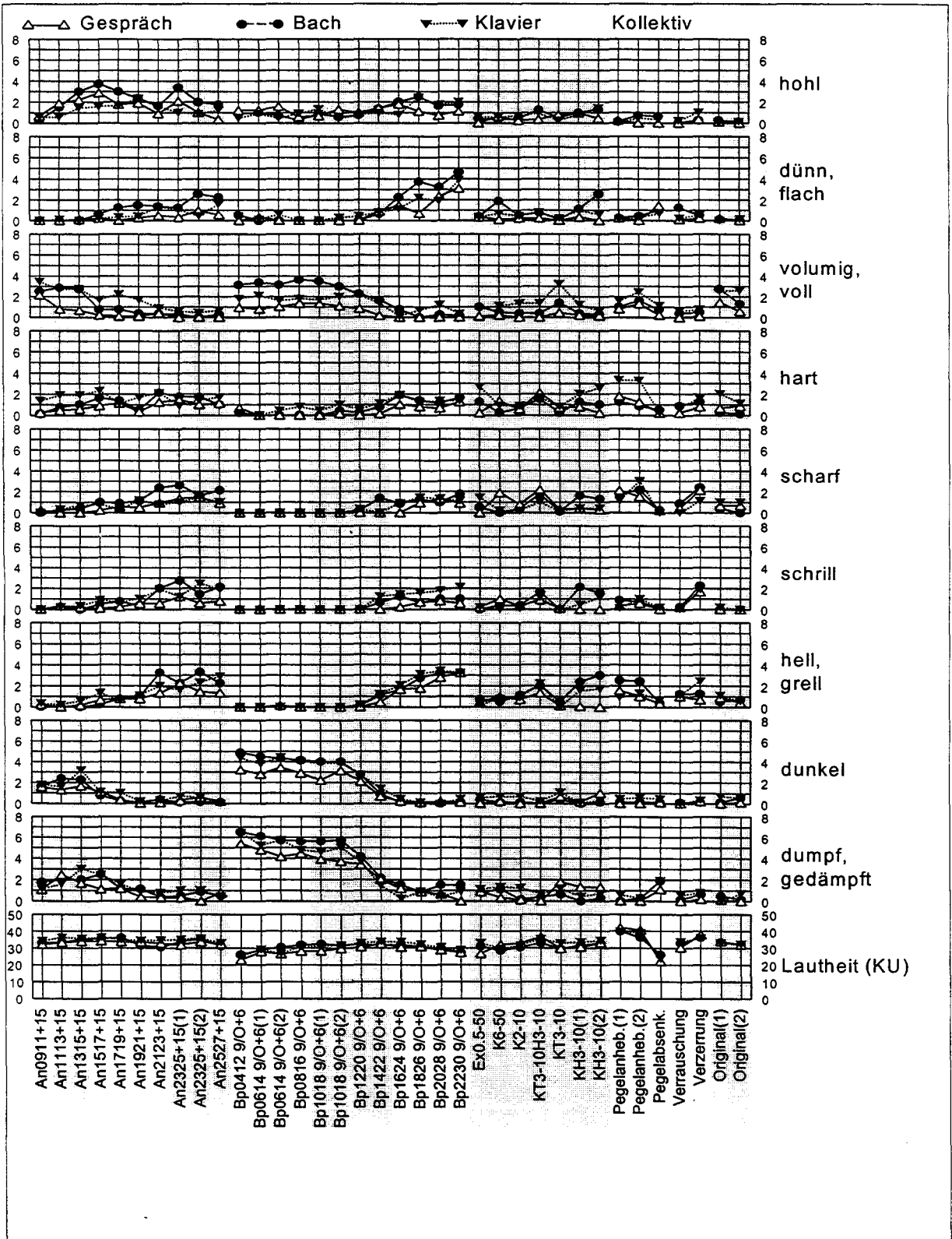


Abbildung 6-28: Kollektive Inventarkategorisierung der Hörbildvarianten - Einstufungsmittelwerte Teil 1. Abszisse: Hörbildvarianten, (1) erste und (2) zweite bei wiederholten Darbietungen, Ordinate: Ausprägung

Skalierungsmethodik

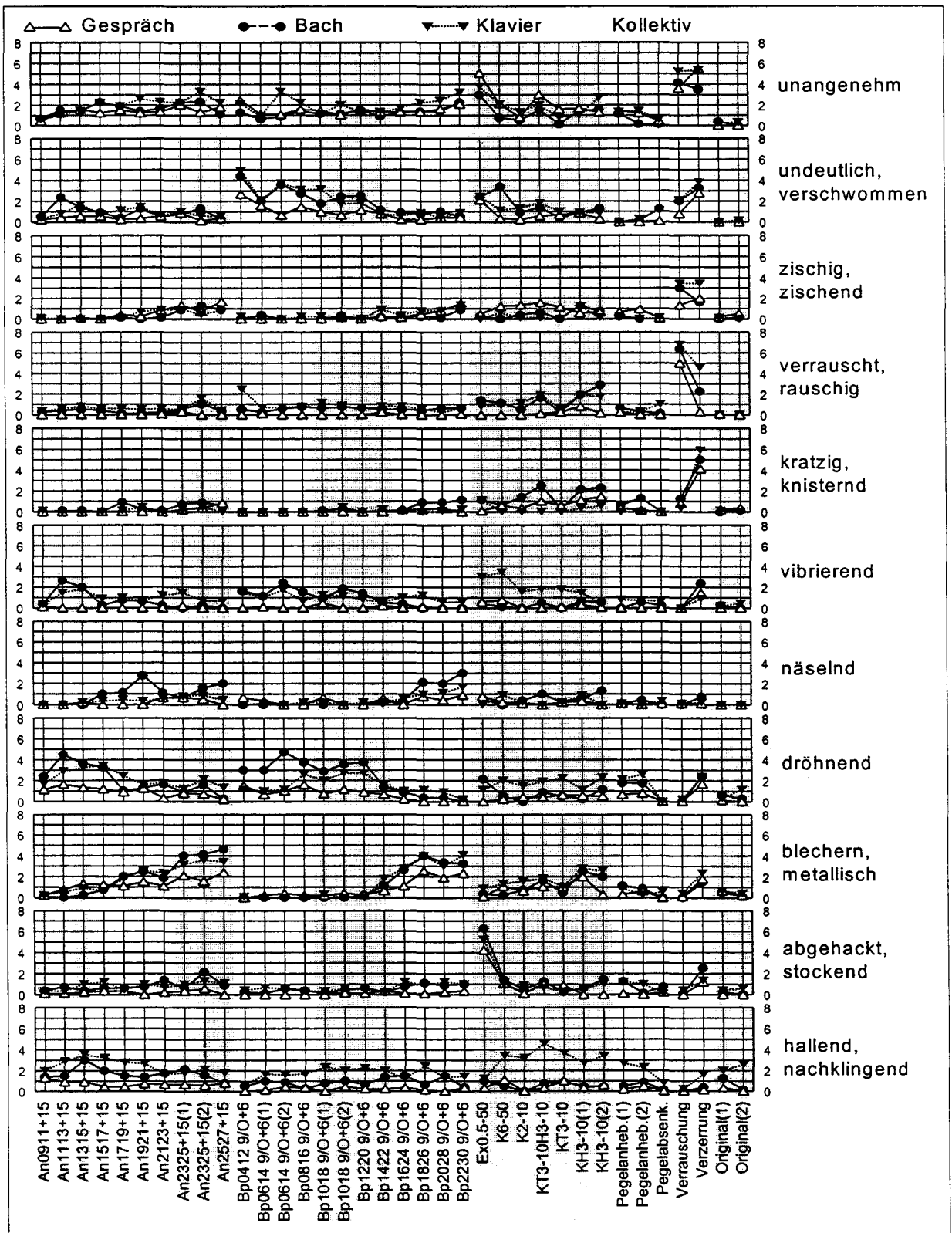


Abbildung 6-29: Kollektive Inventarkategorisierung der Hörbildvarianten - Einstufungsmittelwerte Teil 2. Abszisse: Hörbildvarianten, (1) erste und (2) zweite bei wiederholten Darbietungen, Ordinate: Ausprägung

Skalierungsmethodik

Es ist deutlich geworden, daß die Modifikationen nicht bei allen Hörbildern zu den gleichen Eigenschaftsveränderungen bzw. Klangmängeln führen. Im weiteren wird das Ziel verfolgt, für das Eigenschaftsinventar möglichst Dimensionen auszuwählen, die bei verschiedenen Hörbildern gleichermaßen auf Modifikationen des Signals ansprechen. Dadurch wird der Hörbildauswahl, die diagnostisch eingesetzt werden soll, keine allzu großen Beschränkungen aufzuerlegt. Dabei ist jedoch im Auge zu behalten, daß sich mit einem Inventar, das aus wenigen Eigenschaften bestehend präzise auf ein Hörbild zugeschnitten ist, möglicherweise höhere Präzision bei der Klangfehlerentdeckung und -quantifizierung erreichen läßt.

Ein weiterer Punkt verdient Aufmerksamkeit. Vergleicht man die psychophysikalischen Profile der Inventareigenschaften mit den psychophysikalischen Zuordnungsschemata, die auf der Grundlage der Daten der Dimensionsanalyse gewonnen wurden (**Tabelle 6-19, Tabelle 6-20, Tabelle 6-21**), so findet man hochgradige Übereinstimmung. Dies bedeutet, daß die geschlossene absolute Beschreibung anhand eines Eigenschaftsinventars dimensional zu den gleichen Ergebnissen führt wie die freie Beschreibung der Steigerungsreihen. Die Übereinstimmung der psychophysikalischen Struktur der Dimensionsanalysedaten und des Eigenschaftsinventars ist eine wesentliche Voraussetzung für die Leistungsfähigkeit einer klangdiagnostischen Methode. Die geschlossene Beschreibung offenbart die gleichen psychophysikalischen Beziehungen wie die freie Beschreibung, nur auf einem für den Probanden viel einfacheren Weg. Sie kann daher als Einstellungsfehlerindikator im Rahmen der Hörgeräteanpassung eingesetzt werden.

Anders ausgedrückt: die Wahrscheinlichkeit, daß bei freier Beschreibung einer zunächst nur technisch definierten Steigerungsreihe eine phänomenale Dimension entdeckt und benannt wird, korreliert hoch mit der kollektiven absoluten Ausprägungseinstufung dieser Eigenschaft, wenn man hierfür jeweils die Endglieder der Steigerungsreihen (starke Stufen) benutzt. Die Inventarkategorisierung erweist sich hierin auch als sehr zweckmäßiges Instrument für eine allgemeine Psychophysik des Klanges.

6.3.3.4.1 Einstufungsstreuungen

Die psychophysikalischen Profile im Anhang C zeigen die Standardabweichungen der Einstufungen. Liegt der Einstufungsmittelwert nahe Null, so müssen auch die Streuungen niedrig sein. Bei höheren Mittelwerten finden sich allerdings zum Teil erhebliche Streuungen, nicht selten höher als zwei Skalenteile der Skala. Eine klare Ausnahme bildet die Lautheit. Lautheitseinstufungen streuen im Binnenbereich der Skala deutlich weniger als die übrigen 20 Eigenschaften. Folgende Varianzfaktoren kommen als Ursachen der hohen Streuungen in Frage:

- Überforderung der Versuchsperson aufgrund des großen Inventarumfangs
- geringe Skalendifferenziertheit
- interindividuelle Gehörvarianz
- interindividuelle Bedeutungsverschiedenheit der Dimensionsbezeichnungen
- Doppeldeutigkeit der Doppelbezeichnungen
- Reizabfolgeeffekte
- niedrige mnestische Stabilisation von Klangeigenschaften, Ersturteilseffekte

Skalierungsmethodik

Überforderung der Versuchsperson aufgrund des großen Inventarumfangs: Die Probanden könnten schlicht überfordert gewesen sein, die Hörbildvarianten anhand eines so umfangreichen Inventars zu beschreiben. Der große Umfang könnte verhindert haben, ausreichend darauf zu achten, ob eine einzelne Eigenschaft beim gebotenen Hörbild gegeben ist, und wenn ja, wie stark sie ausgeprägt ist. Dieser Faktor kann als Ursache der hohen Streuungen jedoch ausgeschlossen werden: Ein Inventar mit nur acht Eigenschaften zeigt ähnlich hohe Streuungen (Vorgriff auf die Ergebnisse der zweiten Versuchsreihe).

Geringe Skalendifferenziertheit: Die sechs Unterteilungen der Ausprägungsskala könnten zu niedrig sein. Die Skala könnte den Eindruck vermitteln, daß es bei den Einstufungen nicht auf hohe Genauigkeit ankommt. Eine 15fach abgestufte Skala bringt jedoch ähnlich hohe Streuungsbeträge (Vorgriff auf die Ergebnisse der zweiten Versuchsreihe). Die geringe Skalenauflösung treibt die Einstufungsstreuung nicht nach oben.

Interindividuelle Gehörvarianz: Daß Gehörvarianz, also Wahrnehmungsvarianz, merklich zur Streuung beigetragen haben könnte, ist unplausibel. Die Probanden zeigten keinen Hörverlust. Dieser müßte sich zudem in deutlich erhöhten Streuungen auch der Lautheitseinstufungen zeigen. Vor allem die hochtonigen 3-Oktav-Bandpässe müßten erhöhte Streuungen aufweisen. Die Streuungen der Lautheitseinstufungen sind aber generell nicht höher, als man es in Kollektiven zur Bestimmung von Normlautheitsfunktionen findet.

Interindividuelle Bedeutungsverschiedenheit der Dimensionsbezeichnungen: Es ist möglich, daß die verschiedenen Probanden die Eigenschaftsbezeichnungen des Inventars verschieden verstanden haben. Oder daß einzelne Probanden mit manchen Bezeichnungen auditiv gar nichts anfangen konnten. Sieht man in den individuellen Daten nach, so finden sich tatsächlich Fälle, die dafür sprechen. Auch auf Individualniveau geben sich die psychophysikalischen Profile, die wir oben für das Kollektiv gezeigt haben, klar zu erkennen. Jedoch trifft man auf Datensätze, in denen einzelne Eigenschaftsbezeichnungen fast nicht oder nie benutzt werden, obwohl sich im Kollektiv ein relativ deutliches Profil zeigt. Beispiel 1: Beim Hörbild Bach bezeichnet „dröhnend“ meist breit- und schmalbandige Tieftonbetonungen. Allerdings verwendet ein Proband diese Bezeichnung nie für die 3-Oktav-Bandpässe und bei den 1-Oktav-Anhebungen nur für solche mit höherer Mittenfrequenz. Offensichtlich versteht er unter dröhnend etwas anderes als die übrigen Probanden. Beispiel 2: Für die Varianten des Hörbilds Bach verwendet der größere Teil der Probanden die Bezeichnung „näselnd“ ausgiebig und mit teilweise hohen Einstufungen („ziemlich“). Zwei Probanden benutzen „näselnd“ nie für diese Darbietungen. Wohl deswegen, weil sie der Überzeugung sind, daß zwar Sprache, nicht aber Musik näseln kann. Beispiel 3: Bei einem Drittel der Probanden zeigen einige Varianten des Sprachhörbilds deutlich Schrilheit. Die übrigen verwenden „schrill“ fast nie zur Beschreibung der Sprachvarianten.

Während der Versuchsdurchführung konnte beobachtet werden, daß die meisten Probanden nicht sofort zu Versuchsbeginn mit allen Bezeichnungen des Inventars eine dimensionale Bedeutung verbinden konnten. Sie wären diesbezüglich so instruiert worden, abzuwarten, ob und wann die entsprechende Eigenschaft im Versuch auftrat. Der Proband war ausdrücklich nicht gezwungen, sich vor Darbietungsbeginn zu jeder Bezeichnung eine Klangvorstellung zu vergegenwärtigen. Allerdings geschah das meist schlagartige Entdecken einer Eigenschaft, zu der bei Versuchsbeginn keine Klangvorstellung verfügbar war („ah, jetzt weiß ich, was 'näselnd' ist“), bei verschiedenen Probanden zu unterschiedlichen Zeitpunkten des Versuchs. Bei manchen Probanden scheint dieses „Einrasten“ der Eigenschaft gänzlich ausgeblieben zu sein. Es

Skalierungsmethodik

sei denn, sie verzichteten aus Konsistenzgründen auch nach der Entdeckung der Eigenschaft auf die entsprechende Bezeichnung.

Diese Problematik ließe sich dadurch stark verringern, daß man vor dem eigentlichen Versuch über die einzelnen Eigenschaften anhand von Steigerungsreihen orientierte, das Entdecken der Eigenschaft also gänzlich vor den Kategorisierungsversuch zöge. Jedoch wäre damit eine Orientierung in einer Ausprägungsserie verbunden. Dies wiederum hätte dem Untersuchungsziel widersprochen.

Da eine Methode für den Schwerhörigen entwickelt werden soll, birgt die Eigenschaftsdemonstration eine zweite Schwierigkeit: Dieselbe Demonstrationssteigerungsreihe realisiert bei Schwerhörigen möglicherweise andere Ausprägungsgrade als beim Normalhörigen. Außerdem wäre mit interindividueller Varianz bei den Schwerhörigen zu rechnen. Nicht von der Hand zu weisen ist weiterhin der Verdacht, daß für Normal- und Schwerhörige bei ein- und derselben Steigerungsreihe verschiedene phänomenale Dimensionen im Vordergrund stehen. Der Ansatz, Dimensionen vorab zu demonstrieren, sollte nicht vorschnell verworfen werden. Allerdings ist der Weg erst gangbar, wenn wie gezeigt eine Reihe methodischer Schwierigkeiten bewältigt ist.

Bedeutungsvarianz der Klangbezeichnungen des Inventars, und zwar interindividuelle wie intraindividuelle (als solche sprechen ist das verspätete Entdecken einer Eigenschaft zu betrachten) dürfte einen erheblichen Anteil an den hohen Einstufungsstreuungen haben.

Doppeldeutigkeit der Doppelbezeichnungen: Ein Teil der Inventareigenschaften wird mit zwei Bezeichnungen angesprochen, z.B. „dumpf, gedämpft“, „hell, grell“ etc. Für den Fall, daß die Bedeutungen des Bezeichnungspaares heterogen sind und für einen Probanden die erste Bezeichnung, für den anderen Probanden die zweite Bezeichnung im Vordergrund steht, wäre mit erhöhter Einstufungsvarianz zu rechnen. Tatsächlich waren vereinzelt in der versuchsabschließenden Exploration Hinweise zu entdecken, daß Doppelbezeichnungen Schwierigkeiten bereiten. Ein Proband wies darauf hin, daß „Kratzen“ und „Knistern“ zwei verschiedene Dinge seien und er sich an die erste Bezeichnung gehalten habe. Ein anderer Proband bemerkte Ähnliches zu „dumpf, gedämpft“. „dumpf“ betreffe die Klangfarbe, während „gedämpft“ einfach „leise“ bedeute. Auch er hielt sich an die erste Bezeichnung. Nachdem wir auf diesen Sachverhalt aufmerksam geworden waren, befragten wir die Probanden in der Exploration gezielt danach. Der größte Teil der Probanden gab zu Protokoll, daß sie mit den Doppelbezeichnungen zurechtgekommen seien. Manche gaben an, ihnen sei im Gegenteil aufgefallen, daß eigentlich zusammengehörige Bezeichnungen, z.B. „dumpf“ und „dunkel“ oder „scharf“ und „schrill“ im Inventar getrennt aufgeführt seien. Daß eine etwaige Doppeldeutigkeit von Doppelbezeichnungen eine untergeordnete Rolle für die Einstufungsvarianz spielt, macht der Streuungsvergleich der einzelnen Eigenschaften deutlich (s.u.). Doppelt bezeichnete Eigenschaften streuen nicht stärker als einfach bezeichnete.

Reizabfolgeeffekte: Wider Erwarten könnten Abfolgeeffekte für die Streuungsbeträge verantwortlich sein. Um dies zu prüfen, wurden je Klangbildgruppe die beiden Reihenfolgen getrennt ausgewertet und die resultierenden Einstufungsmittelwerte über die Hörbilder gemittelt. Das Ergebnis zeigen **Abbildung 6-30** und **Abbildung 6-31**. Die Mittelwertskurven sind zwar nicht identisch. Nennenswerte Einstufungsdifferenzen sind jedoch kaum zu finden. „hohl“ zeigt bei den 1-Oktav-Anhebungen höhere Einstufungen bei Reihenfolge 2. Bei „schrill“ liegen zwei hohe 3-Oktav-Bandpässe der Reihenfolge 1 über den Einstufungen der gleichen Varianten in Reihenfolge 2. Die Probanden, denen Reihenfolge 1 geboten wurde, stuften generell etwas lauter ein als die Gruppe Reihenfolge 2. Das gleiche Bild zeigt

Skalierungsmethodik

„unangenehm“. Umgekehrt liegen die Kurven bei „hallend, nachklingend“. Diese generellen Diffenzen können keine Effekte der Reihenfolge sein. Denn die Einstufungsdifferenzen treten bereits innerhalb der ersten sechs in beiden Reihen identischen Darbietungen auf. Reizabfolgeeffekte sind also an der Entstehung der Einstufungsstreuung nicht nennenswert beteiligt.

Skalierungsmethodik

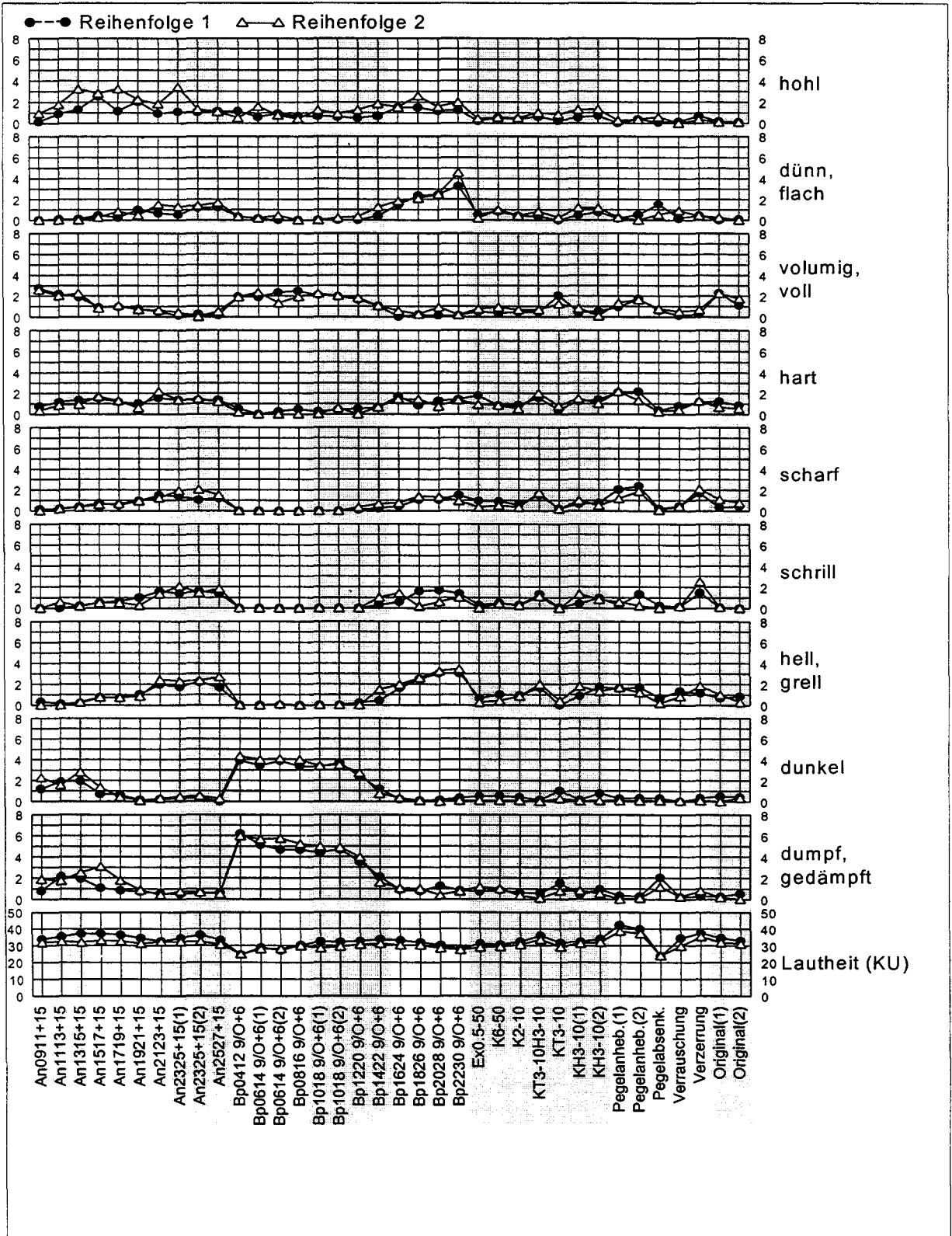


Abbildung 6-30: Psychophysikalische Profile der Inventareigenschaften, nach Darbietungsreihenfolgen getrennt, über die Hörbilder zusammengefaßt. Teil 1

Skalierungsmethodik

Geringe mnestiche Stabilisation von Klangeigenschaften, Ersturteileffekte: Sollten die Klangeigenschaftsbezugssysteme nicht ausreichend stabil sein, d.h. sollten die Bezugsmanigfaltigkeiten der einzelnen Eigenschaften nicht ausreichend qua Erfahrung verankert sein, so wäre mit der Entstehung von „virtuellen Serien“ bei der Inventarkategorisierung in größerem Umfang zu rechnen. Verschiedene Probanden könnten sich in ihren Einstufungen deshalb unterscheiden, weil sie die gleiche erlebte Ausprägung auf der Skala unterschiedlich hoch einstufen, und zwar konsistent über den Versuch hinweg. Die Ursache hierfür könnte sein, daß ein Proband wesentlich stärkere Ausprägungen im Versuch erwartet als der andere. Damit ist impliziert, daß das mnestiche stabilisierte Bezugssystem durch eine „virtuelle Serie“ als Grundlage der Einstufungen verdrängt wird. Gleichzeitig bedeutet dies, daß es nicht gelungen ist, die Beschreibungstechnik frei von orientierenden Bezügen zu halten. Wenn sich dem Probanden während des Versuchs Mutmaßungen aufdrängen, welche Ausprägungsgrade über den aktuell gebotenen hinaus bei der Einstufung zu berücksichtigen seien, erfolgen die Beschreibungen nicht mehr absolut.

Je geringer die mnestiche Stabilität einer Eigenschaft ist, desto mehr ist damit zu rechnen, daß der Proband, der zwar die Dimension kennt, aber nicht über eine klar umrissene interindividuell gleiche Bezugsmannigfaltigkeit verfügt, bei den ersten Einstufungen auf dieser Dimension unsicher ist. Nachfolgend werden jedoch die anfänglichen Einstufungen als orientierende Verknüpfungen von Klangerlebnissen mit Stellen auf der Skala wirksam. Dieser Sachverhalt ist beispielsweise bei einer wenig-orientierten Kategorisierung von Quadratgrößen der Fall, wenn die Reize sukzessive geboten werden.

Die Einstufungen der Anfangsphase des Versuchs (Darbietungen 2 bis 6, in beiden Reihenfolgen identisch) wurden mit dem Hauptteil des Versuchs (Darbietungen 7 bis 30) verglichen. Für die Startphase wurde je Hörbild, Eigenschaft und Proband die mittlere Einstufungen über die fünf Darbietungen bestimmt, ebenso für den Hauptteil des Versuchs (24 Darbietungen). Die Probanden wurden am Median der Startphasen-Mittel dichotomisiert. Für die sich je Hörbild und Eigenschaft ergebenden Gruppenpaare wurden die kollektiven Mittelwerte (über die Probanden) der Einstufungsmittelwerte (über die fünf bzw. 24 Darbietungen) bestimmt, und zwar getrennt nach Startphase und Hauptteil des Versuchs. Je Eigenschaft und Hörbild liegen demnach zwei Gruppen vor. Die eine zeigt zu Versuchsbeginn relativ niedrige Einstufungen, die andere relativ hohe. Fraglich ist nun, ob sich die beiden Gruppen im Hauptteil des Versuchs in gleicher Weise oder weniger oder gar nicht mehr unterscheiden. Wäre letzteres der Fall, so läge der reine Regressionseffekt, das klassische Artefakt der Extremgruppenbildung vor. Wenn der Unterschied im Hauptteil des Versuchs so groß ist wie zu Versuchsbeginn, wäre ein durchschlagender Ersturteileffekt aufgedeckt. Im Anhang C sind die Ergebnisse grafisch dargestellt. Es finden sich ganz wenige Kurvenpaare, die einen vollständigen Regressionseffekt zeigen. Die große Mehrheit der Vergleiche läßt die hohe Korrelation der anfänglichen mit den späteren Einstufungen deutlich werden. Wohl gemerkt: in den verglichenen Mittelwerten steckt keine Reizvarianz mehr, es handelt sich ausschließlich um Beschreibungsvarianz! In der Kovariation von Früh- und Späteinstufungen eine prägende Rolle der Ersturteile zu sehen, die mehr oder weniger zufällig oder aufgrund interindividuell verschiedener virtueller Serien zustande kommen, ist die eine theoretische Deutung. Eine andere wäre, anzunehmen, daß sich die Klangbezugssysteme der verschiedenen Probanden von Anfang an unterscheiden und dies zu Versuchsbeginn und später seinen Niederschlag in den individuellen Eigenschaftseinstufungen findet.

Skalierungsmethodik

Um einen Hinweis hierfür zu finden, wurde die Überlegung zugrundegelegt, daß im Falle prästabiler unterschiedlicher Bezugssysteme der Umfang der Bezugssysteme individuell eigenschaftsabhängig sein müßte. Es wäre unplausibel, anzunehmen, daß ein Proband, in dessen „zischend“-Bezugssystem sich extreme Erfahrungen niedergeschlagen haben, ein ebenso weitfassendes „dumpf“- „hallend“- „scharf“-Bezugssystem aufweist. Die Bezugssystemumfänge der verschiedenen Eigenschaften sollten also über die Probanden wenig korreliert sein und folglich auch die Tatsache, ob die individuellen Einstufungen bei den einzelnen Eigenschaften über oder unter dem Einstufungsmedian liegen. Damit sollte der Anteil der Eigenschaften, bei denen der Proband oberhalb des Medians liegt, etwa 50% betragen. In **Abbildung 6-32** ist jedoch zu sehen, daß es sich nicht so verhält. Es finden sich Probanden mit eigenschaftsübergreifend extrem niedrigen „Hochurteilsanteilen“ und solche mit extrem hohen Anteilen. Das heißt, eine Reihe von Probanden stufen unabhängig von der Eigenschaft stets niedriger als das Kollektiv, andere stets höher als das Kollektiv ein. Dies verträgt sich nicht mit der Hypothese unterschiedlicher Bezugssysteme zu Versuchsbeginn und spricht eher dafür, daß manche Probanden zu Versuchsbeginn eigenschaftsübergreifend extremere Ausprägungen erwarten als andere und deshalb niedriger einstufen.

Man muß also davon ausgehen, daß die ersten Einstufungen des Versuchs nicht allein Ausdruck der mnestisch stabilisierten Bezugsmannigfaltigkeiten sind, sondern daß ihnen „virtuelle Serien“ zugrundeliegen, die nur zum Teil auf den mnestischen Bezugsmannigfaltigkeiten beruhen.

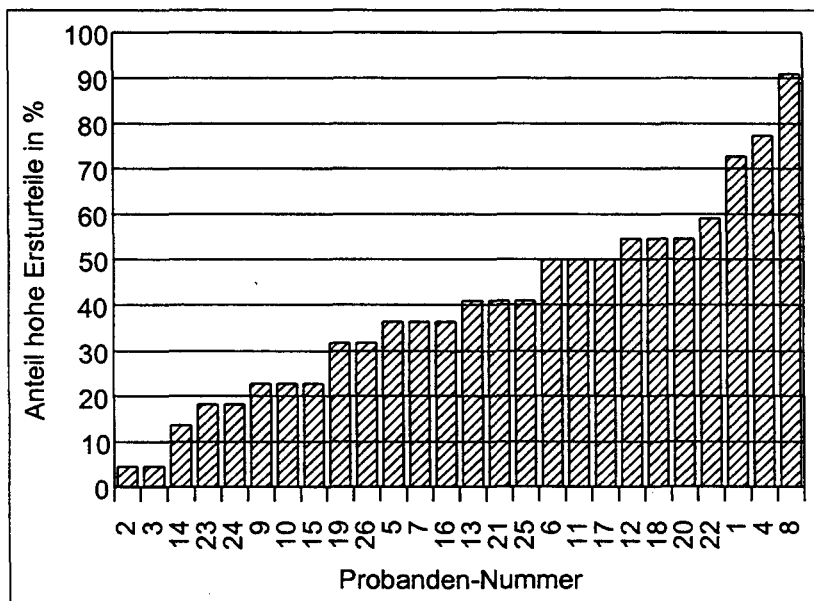


Abbildung 6-32: Anteil hoher Ersturteile je Proband in der Startphase des Versuchs. Der Auswertung liegt die Median-Dichotomisierung der Startphasenmittel (Darbietung 2 bis 5) zugrunde. Je Proband wurde über die 21 Eigenschaften des Inventars ausgezählt, wie oft das individuelle Phasenmittel über dem Median liegt. Die Grafik stellt die Ergebnisse prozentual dar.

Verändern sich diese virtuellen Serien über den Versuch hinweg? Gegen die Hypothese ausgeprägter Orientierungsprozesse während des Versuchs spricht die Tatsache, daß kein einziger Proband vor oder während des Versuchs die Frage stellte, „was alles im Versuch vorkomme, damit man sich auf der Skala entsprechend einrichten könne“. Dies ist z.B. in einem Versuch,

Skalierungsmethodik

in dem eine unbekannte Quadratgrößenserie beschrieben werden soll, ohne vorherige Präsentation der Serie regelmäßig der Fall. Gegen die Hypothese stark ausgeprägter Orientierungen an der tatsächlich gebotenen Serie spricht auch, daß bei verschiedenen Eigenschaften unterschiedliche Ausschnitte der Ausprägungsskala benutzt werden, je nach den dargebotenen Ausprägungsgraden, und daß über den Versuch hinweg keine serienadaptierenden Verschiebungen der Einstufungen zu beobachten waren. Ein Beispiel hierfür müßte „rauschend, rauschig“ sein. Jeder Proband versteht unmittelbar, was damit gemeint ist. Da die meisten Hörbildvarianten nur wenig rauschen, wäre bei einer Orientierung an der Serie zu erwarten, daß die „rauschend“-Einstufungen bis zur 10. bzw. 18. Darbietung (Darbietungszeitpunkt der Ver rauschungsvarianten in Reihenfolge 1 und 2) stetig ansteigen. Eine derartige Einstufungsveränderung ist jedoch nicht zu entdecken.

Für die Frage nach einer generellen Verschiebung der Einstufungen über den Versuch hinweg wurden die sechs Hörbildvarianten herangezogen, die zweimal beschrieben wurden, am Anfang und am Ende des Versuchs (An2325+15, Bp0614 9/O+6, Bp1018 9/O+6, KH3-10, Pegelanhebung und Original). Es ließen sich keine systematischen Einstufungsverschiebungen feststellen. Lediglich sehr vereinzelt zeigen die wiederholten Einstufungen Differenzen (z.B. bei der Hörbildvariante Bach Bp0614 9/O+6 und den Eigenschaften „dröhnend“, „vibrierend“ und „undeutlich, verschwommen“), die auf einen Prozeß der Orientierung an der Serie zurückgehen könnten (zweite Einstufung höher als die erste).

Zusammenfassend läßt sich feststellen: Zwei Varianzquellen tragen vor allem zu den hohen Einstufungsstreuungen bei:

1. die interindividuelle Bedeutungsvarianz der Eigenschaftsbezeichnungen
2. die interindividuelle Varianz der virtuellen Serien, die den Bezugsgrund der anfänglichen Einstufungen bilden.

Die Frage, welcher Anteil der Einstufungsvarianz tatsächlich interindividuell begründet ist bzw. welcher Teil intraindividuelle Quellen hat, kann anhand der berichteten Untersuchung nicht zufriedenstellend beantwortet werden. In der nächsten Untersuchung sollen beide Varianzanteile getrennt geschätzt werden.

6.3.3.4.2 Streuungsunterschiede zwischen Eigenschaften

Zeigen alle Eigenschaften gleich hohe Streuungen? Für die Antwort auf diese Frage genügen die empirischen Streuungen alleine nicht, da eine ausgeprägte Abhängigkeit der Streuung vom Einstufungsmittelwert erkennbar ist. Um die Streuungen vergleichen zu können, muß der Niveaufaktor eliminiert werden. **Abbildung 6-33** zeigt in drei Beispielen die Abhängigkeit der Einstufungsstreuung vom Mittelwert.

Um einen mittelwertunabhängigen Streuungsschätzer zu erhalten, wurden die empirischen Streuungsfunktionen mit der Funktion

$$y = a * (1 - \exp(b * x)) \quad \text{Gl. 6-1}$$

interpoliert. Die verwendete Interpolationsfunktion geht asymptotisch in eine Abszissenparallele über, mit der sich die Abnahme der Streuungen zu sehr hohen Einstufungsmittelwerten hin nicht modellieren läßt. Nur bei wenigen Eigenschaften liegt ein nennenswerter Anteil der Mittelwerte im oberen Drittel der Skala, so daß für die Modellierung der rechten Seite der

Skalierungsmethodik

Streuungsfunktion ohnehin die Datengrundlage fehlt. Anhand der Modellfunktion läßt sich allerdings die linke Seite der Funktion (der Aufstrich) gut interpolieren. Für die Anpassung der beiden Parameter a und b der Funktion wurden nur die Einstufungsstreuungen einbezogen, deren Mittelwerte in den unteren zwei Dritteln der Skala lagen (bis Skalenwert 4). Statt des Asymptotenparameters a als Streuungsschätzer für die Streuung in der Skalenmitte wurde der Funktionswert für die Skalenmitte (3.5) berechnet, da bei manchen Streuungsfunktionen (Einstufungsmittelwerte alle im unteren Drittel der Skala) der Asymptotenwert nicht verlässlich ist. In vier Fällen lagen die Mittelwerte so niedrig, daß nicht verlässlich extrapoliert werden konnte.

Die Grafiken des Anhangs C zeigen die Streuungsfunktionen aller Eigenschaften je Hörbild.

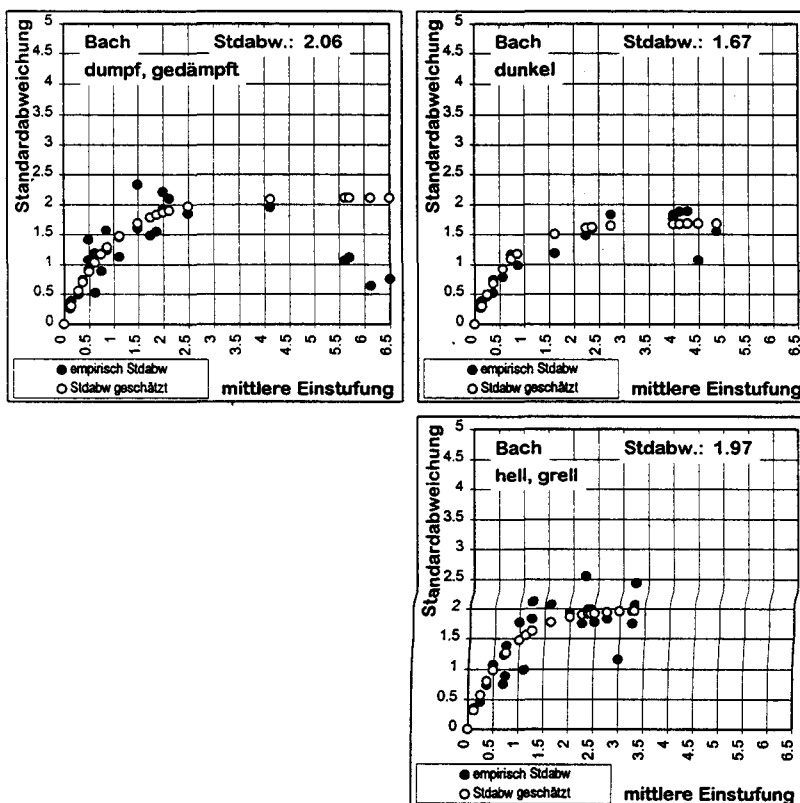


Abbildung 6-33: Abhängigkeit der Einstufungsstreuung vom Einstufungsmittelwert. Beispiel: Hörbild Bach, Eigenschaften „dumpf, gedämpft“, „dunkel“, „hell, grell“. An die empirische Streuungsfunktion (gefüllte Kreise) ist die Funktion $y = a * (1 - \exp(b * x))$ angepaßt (leere Kreise). In die Anpassung wurden die Streuungsdaten einbezogen, deren zugehörige Mittelwerte in den unteren 60% der Skala liegen (bis Skalenwert 4). Aus dieser Funktion wurde die Streuung in der Mitte der Skala geschätzt (Skalenwert 3.5).

Die für die Skalenmitte geschätzten Einstufungsstreuungen sind in **Abbildung 6-34** zu sehen. Der obere Teil zeigt die Schätzungen nach Hörbildern getrennt, der untere Teil die über die Hörbilder gemittelten Schätzer. Die Streuungen sind prozentual als Anteil des Skalenumfangs (6) angegeben. Bei einigen Eigenschaften zeigt das Hörbild Bach etwas höhere Streuungen als die beiden anderen Hörbilder. Es ist zu beachten, daß die Untersuchung mit unabhängigen Gruppen durchgeführt wurde. Die Unterschiede sind nicht signifikant. Faßt man über die

Skalierungsmethodik

Hörbilder zusammen (unterer Teil der Abbildung), so bewegen sich die Streuungswerte zwischen 30 und 40% des Skalenumfangs.

Als Ausnahme sticht die Lautheit mit nur 10% hervor. Diese Dimension dürfte in weit größerem Maße stabilisiert sein als die restlichen Klangeigenschaften. Die höhere interindividuelle Konsistenz ist der empirische Ausdruck dieses Sachverhalts.

Zwischen den übrigen Eigenschaften lassen sich keine großen Streuungsunterschiede erkennen. Die niedrigsten Werte weisen „dumpf, gedämpft“, „dunkel“, „hell, grell“, „dünn, flach“ auf. Am stärksten streuen „schrill“, „hallend, nachklingend“, „näselnd“, „vibrierend“ und „zischig, zischend“.

Skalierungsmethodik

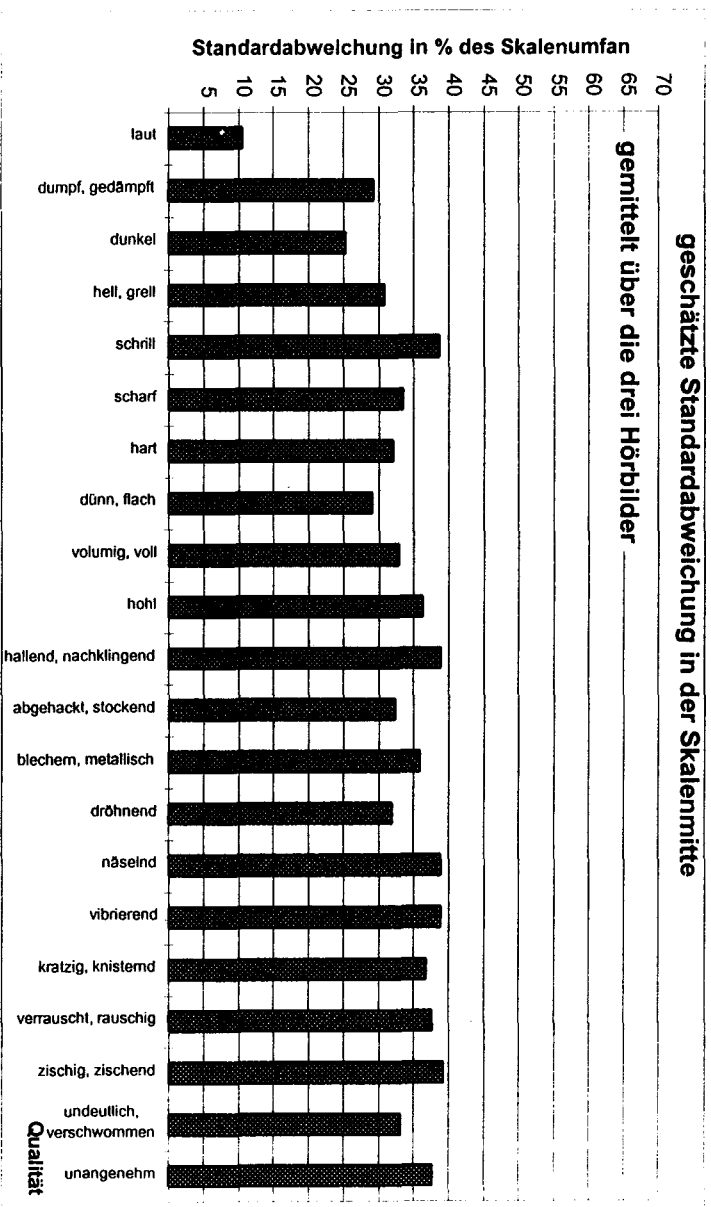
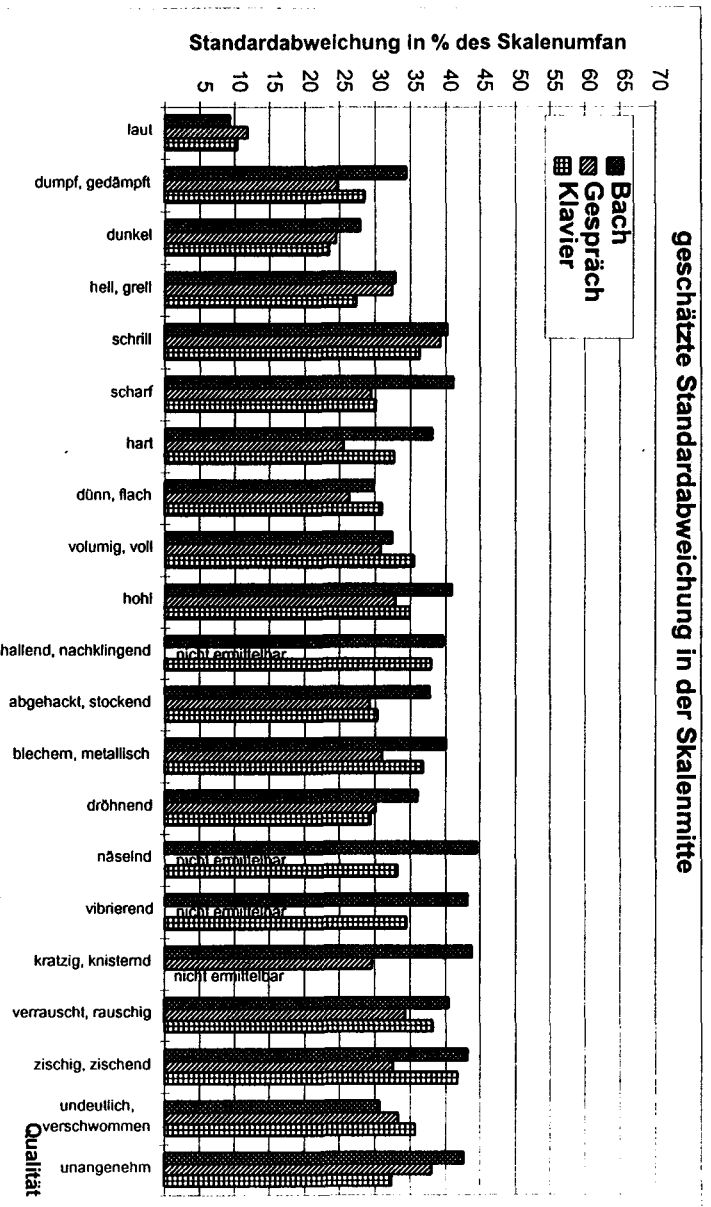


Abbildung 6-34: Standardabweichungsschätzungen für die Mitte der Ausprägungsskala (Skalenwert 3,5) anhand der angepaßten Interpolationsfunktion. Oben: nach Hörbildern getrennt, unten: über die Hörbilder gemittelte Schätzer.

6.3.4 Kategorienskalierung von Hörbildvarianten II

Der zweite Versuch zur Kategorisierung von Hörbildvarianten hatte vier Ziele:

- Abschätzung des intraindividuellen Anteils der Einstufungsvarianz
- Prüfung der Kontextabhängigkeit der Einstufungen
- Untersuchung der adäquaten Skalendifferenziertheit
- Untersuchung der Abhängigkeit der Einstufungsstreuung vom Inventarumfang

6.3.4.1 Eigenschaftsinventar und Ausprägungsskalen

Die Untersuchung wurde mit einem gegenüber der ersten Untersuchung deutlich reduzierten Eigenschaftsinventar durchgeführt. Das Inventar umfaßt die acht Eigenschaften „dumpf“, „hell, grell“, „dünn, flach“, „hallend, nachklingend“, „blechern“, „kratzig“, „dröhnend“, „undeutlich, verschwommen“. Aufgrund der Bedeutungsheterogenität bei manchen Probanden wurde der Zusatz „gedämpft“ bei „dumpf“, „knisternd“ bei „kratzig“, „metallisch“ bei „blechern“ weggelassen.

„dumpf“ und „dröhnend“ haben sich empfindlich für Tieftonbetonungen erwiesen. „hell, grell“, „dünn, flach“ und „blechern“ zeigen hochtonige Übertragungen an, wobei der einschlägige Frequenzbereich bei „dünn, flach“ und „blechern“ etwas niedriger liegen sollte als bei „hell, grell“. „kratzig“ bildet Verzerrungen ab, „hallend, nachklingend“ Dynamikkompressionen. Als weitgehend unspezifischer Güteindikator wurde „undeutlich, verschwommen“ im Inventar belassen.

Acht Eigenschaften sind leichter überschaubar als 21. Auf die Eigenschaftsscheibe konnte verzichtet werden. Das Inventar wurde einschließlich der Ausprägungsskala als „Eigenschaftstafel“ dargestellt. **Abbildung 6-35** zeigt beide verwendete Eigenschaftstafeln, die sich nur in der Ausprägungsskala unterscheiden.

Skalierungsmethodik

dumpf	blechern	dumpf	blechern
hell, grell	kratzig	hell, grell	kratzig
dünn, flach	dröhnend	dünn, flach	dröhnend
hallend, nachklingend	undeutlich, verschwommen	hallend, nachklingend	undeutlich, verschwommen

	⋮		⋮
äußerst	7	äußerst	16
	6		15
ziemlich	5	sehr	14
	4		13
	3	ziemlich	12
	2		11
etwas	1		10
	0	mäßig	9
			8
		etwas	7
			6
		eine Spur	5
			4
		nicht	3
			2
			1
			0

Abbildung 6-35: Verwendete Eigenschaftstafeln. Links: Zwei-Kategorien-Unterteilungsskala der Ausprägung Rechts: Fünf-Kategorien-Unterteilungsskala der Ausprägung

Um zu prüfen, ob die hohen Einstufungstreuungen, die in der ersten Studie festgestellt worden waren, mit der niedrigen Differenziertheit der Zwei-Kategorien-Unterteilungsskala (sechsstufig) zusammenhängen, wurde dieser eine Fünf-Kategorien-Unterteilungsskala zur Seite gestellt (fünfzehnstufig). In unabhängigen Versuchsgruppen sollten beide Skalen in ihrer Präzision verglichen werden.

6.3.4.2 Variation des Reizkontexts

Zusätzlich sollte untersucht werden, in welchem Umfang die Beschreibungen einzelner Hörbildvarianten davon abhängig sind, was sich insgesamt in der Reizserie befindet. Derartige Reizkontexte sind ausführlich untersucht worden (HELSON, SARRIS, PARDUCCI). Je weniger die Mannigfaltigkeit dem Probanden vertraut ist, desto deutlicher zeigt eine Abhängigkeit der Ausprägungseinstufungen vom Ausprägungsumfang der Serie (z.B. Strichlängenserie). Bezugssystemtheoretisch gilt: Wenn kein mnestisch stabilisiertes Bezugssystem vorliegt, kann eine Stellenbeschreibung nur anhand der aktuellen Serie als Bezugsmannigfaltigkeit erfolgen. Demnach müssen sich die Ausprägungsbeschreibungen als kontextvariant zeigen. Je entwickelter aber die mnestische Seite der Eigenschaft ist, desto geringer fallen Kontexteffekte in

Skalierungsmethodik

dafür ausgelegten Versuchsanordnungen aus. Zu den „robusten“ Eigenschaften zählen beispielsweise die Lautheit.

Wenn die Ausprägungseinstufung nicht ausschließlich die Stelle im mnestisch stabilisierten Bezugssystem wiedergibt, sondern außerdem empfindlich ist für die aktuellen Versuchsumstände, hier: Reizkontext, so ist ihre Ausprägungsspezifität erniedrigt. Sie ist nicht maximal spezifisch für erlebte Ausprägung, sondern schließt reizfremde Varianzquellen ein.

Ob Spezifitätseinbußen dieser Art bei der Klangbeschreibung vorliegen, soll mit zwei verschiedenen Reizserien geprüft werden, die sich in ihrer „mittleren Klangfarbe“ unterscheiden. Serie 0 weist tief-, mittel- und hochtonige Varianten in der Verteilung auf, wie sie in der Dimensionsanalyse und der ersten Kategorisierungsuntersuchung verwendet wurden. Serie H hingegen besitzt nur wenige tieftonige, dafür mehr hochtonige Varianten.

Diese experimentelle Variation hat einen praktischen Hintergrund. Wenn die Klangbeschreibungen deutlich kontextsensitiv wären, würde eine Hörgeräteanpassung, bei der man sich dem Klangoptimum von der Seite „hell, grell“ her näherte (also anfänglich viel zu hochtonige Einstellung), zu einem anderen Ergebnis führen wie bei umgekehrter Fehleinstellung zu Anpassungsbeginn (zu tieftönig).

Drei unabhängige Versuchsgruppen lagen also vor. Eine Gruppe erhielt Serie 0 und beschrieb anhand der Zwei-Kategorien-Skala („2Kat0“). Der zweiten wurde ebenfalls Serie 0 geboten, sie stufte jedoch in fünf Kategorien ein. („5Kat0“). Die dritte Gruppe stufte anhand der Zwei-Kategorien-Skala ein, hörte aber Serie H („2KatH“). Der Gruppenvergleich 2Kat0 - 2KatH gibt Antwort auf die Kontextfrage, der Gruppenvergleich 2Kat0 - 5Kat0 auf die Frage der adäquaten Skalendifferenziertheit.

6.3.4.3 Reizmaterial, Reizreihenfolge und Darbietungsart

Da die getrennte Schätzung von intra- und interindividuellen Einstufungsstreuungen mehrere Serierendurchgänge erforderte, wurde lediglich das Hörbild Bach eingesetzt, um den Versuch für die Probanden vom Umfang her bewältigbar zu halten. Die Wahl fiel auf das Hörbild Bach, da seine Varianten vergleichsweise hohe Eigenschaftsausprägungen aufweisen und höhere Einstufungsmittelwerte bessere Abschätzungen der Streuungsfunktionen zulassen. Auch die Variantenzahl wurde vermindert. Verzerrung, Verrauschung, Pegelveränderung, Expansion, eine Kompressionsvariante und einige spektrale Varianten waren nicht mehr enthalten. **Tabelle 6-23** zeigt die beiden Reizserien 0 und H (spektral ausgeglichen vs. hochtonig): jeweils fünf 1-Oktav-Anhebungen, fünf 3-Oktav-Bandpässe und 4 Kompressionen. Die vier Kompressionsvarianten sind in beiden Serien identisch. Die spektralen Varianten unterscheiden sich.

Skalierungsmethodik

Serie 0			Serie H		
An1113+15	Bp0816 9/O+6	K2-10	An1113+15	Bp0816 9/O+6	K2-10
An1315+15	Bp1018 9/O+6	KT3-10H3-10	An1921+15	Bp1624 9/O+6	KT3-10H3-10
An1719+15	Bp1422 9/O+6	KT3-10	An2123+15	Bp1826 9/O+6	KT3-10
An2123+15	Bp1826 9/O+6	KH3-10	An2325+15	Bp2028 9/O+6	KH3-10
An2325+15	Bp2028 9/O+6	Original	An2527+15	Bp2230 9/O+6	Original

Tabelle 6-23: Zusammensetzung von Serie 0 (spektral ausgeglichen) und Serie H (vermehrt hochtonige Hörbildvarianten).

In **Abbildung 6-36** ist zu sehen, daß die Verteilung der Hell- und Dumpfheiten der beiden Serien nicht drastisch, aber dennoch klar verschieden ist. Serie H zeigt nur eine einzige ziemlich dumpfe Variante, in Serie 0 sind es zwei. In Serie 0 sind es vier Varianten, die nicht hell sind, in Serie H nur zwei.

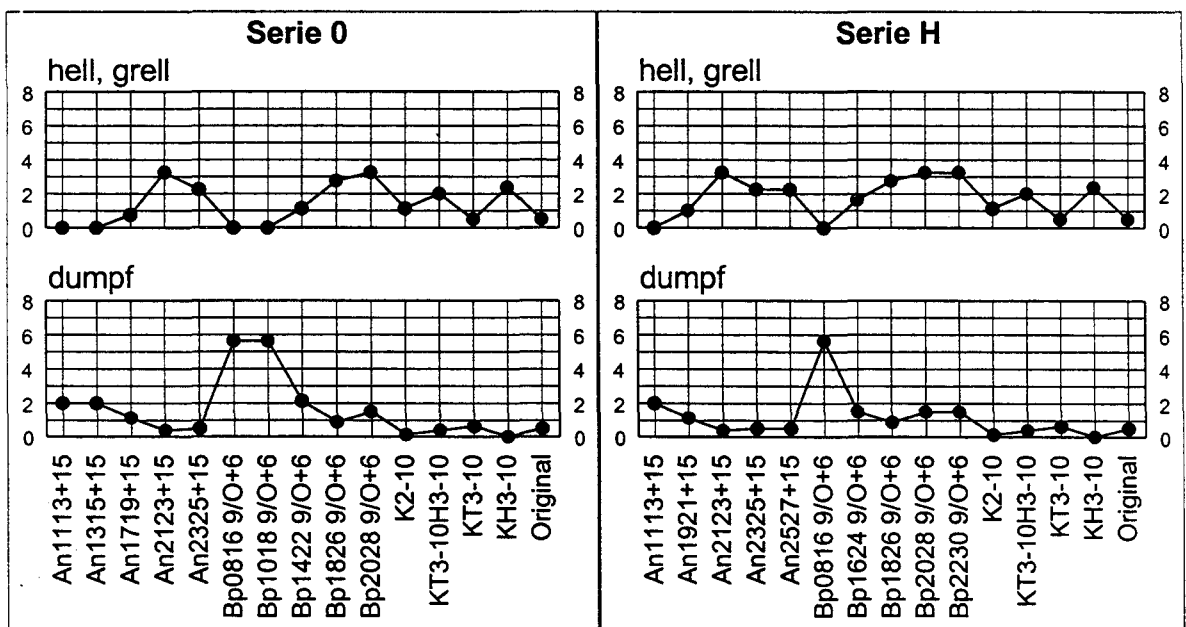


Abbildung 6-36: Hell- und Dumpfheiten der Reize der beiden Serien (Werte aus der ersten Untersuchung zur Inventarkategorisierung) im Vergleich.

In jeder der drei Versuchsgruppen wurde mit genau einer Reihenfolge gearbeitet. An eine Startphase, die mit der Originalbeschreibung begann, schlossen sich drei Durchgänge der Serie ohne Original an. Sie boten die Grundlage für die Abschätzung der intraindividuellen Einstufungsstreuung. Den Abschluß bildete die Wiederholung des Originals. Die Reihenfolgen der Serie 0 und der Serie H waren gleich bis auf die Tatsache, daß in H die tieftonigeren Varianten der Serie 0 durch die entsprechenden hochtonigeren ersetzt war. Bezüglich des Rangs in der spektralen Reihe der jeweiligen Serie unterschieden sich die Reihenfolgen nicht. Sie sind in **Tabelle 6-24** zu sehen.

Skalierungsmethodik

Zur Darbietung wurde dieselbe Apparatur wie in den beiden vorausgehend berichteten Untersuchungen verwendet. Vor der Darbietung der Variante wurde jeweils das Original geboten.

Darb.Nr.	Serie 0	Serie H	Darb.Nr.	Serie 0	Serie H
1	Original	Original	25	KT3-10	KT3-10
2	Bp0816 9/O+6	Bp0816 9/O+6	26	Bp1422 9/O+6	Bp1826 9/O+6
3	K2-10	K2-10	27	An1315+15	An1921+15
4	Bp2028 9/O+6	Bp2028 9/O+6	28	An2325+15	An2527+15
5	Bp0816 9/O+6	Bp0816 9/O+6	29	Bp2028 9/O+6	Bp2230 9/O+6
6	An2123+15	An2325+15	30	An1719+15	An2123+15
7	Bp1422 9/O+6	Bp1826 9/O+6	31	KT3-10H3-10	KT3-10H3-10
8	K2-10	K2-10	32	KH3-10	KH3-10
9	An1315+15	An1921+15	33	KT3-10H3-10	KT3-10H3-10
10	An2325+15	An2527+15	34	Bp1422 9/O+6	Bp1826 9/O+6
11	Bp2028 9/O+6	Bp2230 9/O+6	35	An1719+15	An2123+15
12	KH3-10	KH3-10	36	An1113+15	An1113+15
13	An1719+15	An2123+15	37	Bp0816 9/O+6	Bp0816 9/O+6
14	KT3-10	KT3-10	38	KH3-10	KH3-10
15	Bp1018 9/O+6	Bp1624 9/O+6	39	Bp1826 9/O+6	Bp2028 9/O+6
16	An1113+15	An1113+15	40	An1315+15	An1921+15
17	Bp1826 9/O+6	Bp2028 9/O+6	41	An2325+15	An2527+15
18	KT3-10H3-10	KT3-10H3-10	42	Bp2028 9/O+6	Bp2230 9/O+6
19	An2123+15	An2325+15	43	KT3-10	KT3-10
20	Bp1826 9/O+6	Bp2028 9/O+6	44	An2123+15	An2325+15
21	K2-10	K2-10	45	Bp1018 9/O+6	Bp1624 9/O+6
22	An1113+15	An1113+15	46	K2-10	K2-10
23	Bp0816 9/O+6	Bp0816 9/O+6	47	Original	Original
24	Bp1018 9/O+6	Bp1624 9/O+6			

Tabelle 6-24: Reihenfolgen der beiden Serien 0 und H. Startphase, Durchgang 2 und Schlußdarbietung des Originals grau unterlegt. Nicht unterlegt: Durchgang 1 und 3.

Versuchspersonen waren wiederum normalhörige Psychologie-Studenten, die mit der Teilnahme einen Teil der Verpflichtungen erfüllten, die sie im Rahmen des Grundstudiums hatten. Die 24 Probanden verteilten sich zu je acht auf die drei Versuchsgruppen 2Kat0 (spektral ausgewogene Serie, 2-Kategorienskala), 5Kat0 (spektral ausgewogene Serie, 5-Kategorien-Skala) und 2KatH (hochtonige Serie, 2-Kategorienskala).

6.3.4.4 Aufgabe des Probanden

Die Probanden wurden ähnlich instruiert wie in der ersten Kategorisierungsstudie. Nachfolgend ist das Instruktionsschema (Version 2-Kategorienskala) aufgeführt, anhand dessen der Versuchsleiter in freier Rede instruierte:

Skalierungsmethodik

Zweck des Versuchs: Schön, daß Du an unserem Versuch teilnimmst. Du hilfst mit Deiner Mitarbeit, eine Diagnosemethode zu entwickeln. Und zwar geht es um eine Diagnosemethode, mit der man feststellen kann, ob das Hörgerät eines Schwerhörigen richtig angepaßt ist oder nicht. Wenn ein Schwerhöriger ein Hörgerät angepaßt bekommt, passiert es immer wieder, daß der Schwerhörige mit dem Hörgerät zwar Sprache besser verstehen kann, das Hörgerät aber einen unangenehmen Klang hat. Das kann dazu führen, daß der Schwerhörige sein Hörgerät nicht trägt.

Unser Versuch dient dazu, diese Klangfehler von Hörgeräten zu entdecken und in ihren Eigenschaften so gut wie möglich zu beschreiben. Wenn der Hörgeräte-Akustiker weiß, was am Klang falsch ist, z.B. ob es dumpf klingt oder grell oder kratzig usw., dann kann er Abhilfe schaffen. Ein solches Diagnostikum gibt es aber bisher nicht.

Beschreibungsaufgabe: Du wirst gleich über diese Lautsprecher hier eine ganze Reihe solcher Klangfehler zu hören bekommen. Wir haben ein kurzes Stück aus einem Brandenburgischen Konzert von Bach genommen und technisch so verändert, daß es so klingt, wie wenn man es durch ein fehlerhaft eingestelltes Hörgerät hören würde. Zuerst führe ich Dir mal die Originalaufnahme vor. (DAT-Nr. 2 vorspielen).

Und nun die eine Fehlervariante als Beispiel. Zuerst kommt wieder das Original, dann die Fehlervariante. (DAT-Nr. 20 vorspielen)

Deine Aufgabe ist es, zu beschreiben, welche Klangeigenschaften die Fehlervariante hat. Dazu haben wir dieses Blatt hier. (Eigenschaftentafel der Vp geben)

Eigenschaftentafel: Nach jeder Darbietung der veränderten Musik gehe bitte die acht Eigenschaften, die in der oberen Hälfte stehen, aufmerksam durch und sage mir, welche zutreffen. Gehen wir die Eigenschaften mal durch. Wir haben: dumpf, hell-grell, dünn-flach, hallend-nachklingend, blechern, kratzig, dröhnend und undeutlich-verschwommen. Diese Eigenschaften haben sich in Vorversuchen als wichtig für die Klangfehlerbeschreibung herausgestellt. Wenn die Darbietung eine bestimmte Eigenschaft hatte, dann geh nach unten zur Skala und sage mir, wie stark die Eigenschaft ausgeprägt war.

Nehmen wir an, die Darbietung ist dumpf gewesen. Dann gib zuerst an, ob sie etwas dumpf oder ziemlich dumpf war. Dann geh bitte zu den Zahlen - es sind jeweils drei - und gib die Zahl an, die am besten wiedergibt, wie dumpf die Darbietung war. Mache es in gleicher Weise auch bei anderen zutreffenden Eigenschaften. Es kann übrigens recht unterschiedlich von Klangfehler zu Klangfehler sein, wie viele der acht Eigenschaften zutreffen. Bei allen Eigenschaften, die Du nicht nennst, schreibe ich eine Null auf, wie es ganz unten auf der Skala steht. Ganz oben steht äußerst mit der Zahl 7. Sollte eine Eigenschaft so extrem vorkommen, dann sag es bitte. Du kannst sogar eine höhere Zahl als 7 geben, wenn es notwendig ist. Das deuten die drei Punkte oberhalb der 7 an.

Damit der Höreindruck nach der einzelnen Darbietung nicht so schnell verblaßt, sagst Du mir nur die Eigenschaften laut, die zutreffen. Du brauchst also nicht zu sagen: das war nicht dumpf, nicht hell, etwas dünn 2 usw., sondern nur: etwas dünn 2 usw.

Darbietungsweise: Der Versuch sieht nun so aus, daß ich Dir vor der Klangfehlerdarbietung zur Orientierung immer die Originalaufnahme vorspiele. So wie Du es vorhin schon gehört hast. Beschreiben sollst Du aber immer die zweite Darbietung. Wenn Du eine Wiederholung brauchst, sag es mir. Es sind immerhin acht Eigenschaften, die Du durchgehen

Skalierungsmethodik

mußt. Insgesamt sind es 47 verschiedene Darbietungen, die Du beschreiben sollst. Und wie gesagt, immer die zweite Darbietung. Wenn Du Dich zwischendurch nicht mehr konzentrieren kannst, machen wir eine Pause.

Eine Ausnahme ist die allererste Darbietung. Da kommt nämlich nur das Original allein. Und das sollst Du beschreiben. Es könnte ja sein, daß auch die Originalaufnahme leichte Mängel hat. Hast Du noch Fragen?

6.3.4.5 Ergebnisse

6.3.4.5.1 Psychophysikalische Profile

Abbildung 6-37 zeigt die kollektiven psychophysikalischen Profile der Inventareigenschaften mit Gesamtstreuungen über Probanden und Durchgänge. Die Ähnlichkeit der Profile über die drei Versuchsgruppen hinweg fällt auf. Die beiden Gruppen mit gleicher Reizserie, aber unterschiedlicher Skala (2Kat0 und 5Kat0) weichen in Niveau und Form der Profile nur wenig voneinander ab. Dies trifft weitgehend auch zu, wenn man die Gruppe mit eher hochtoniger Serie (2KatH) hinzunimmt.

Skalierungsmethodik

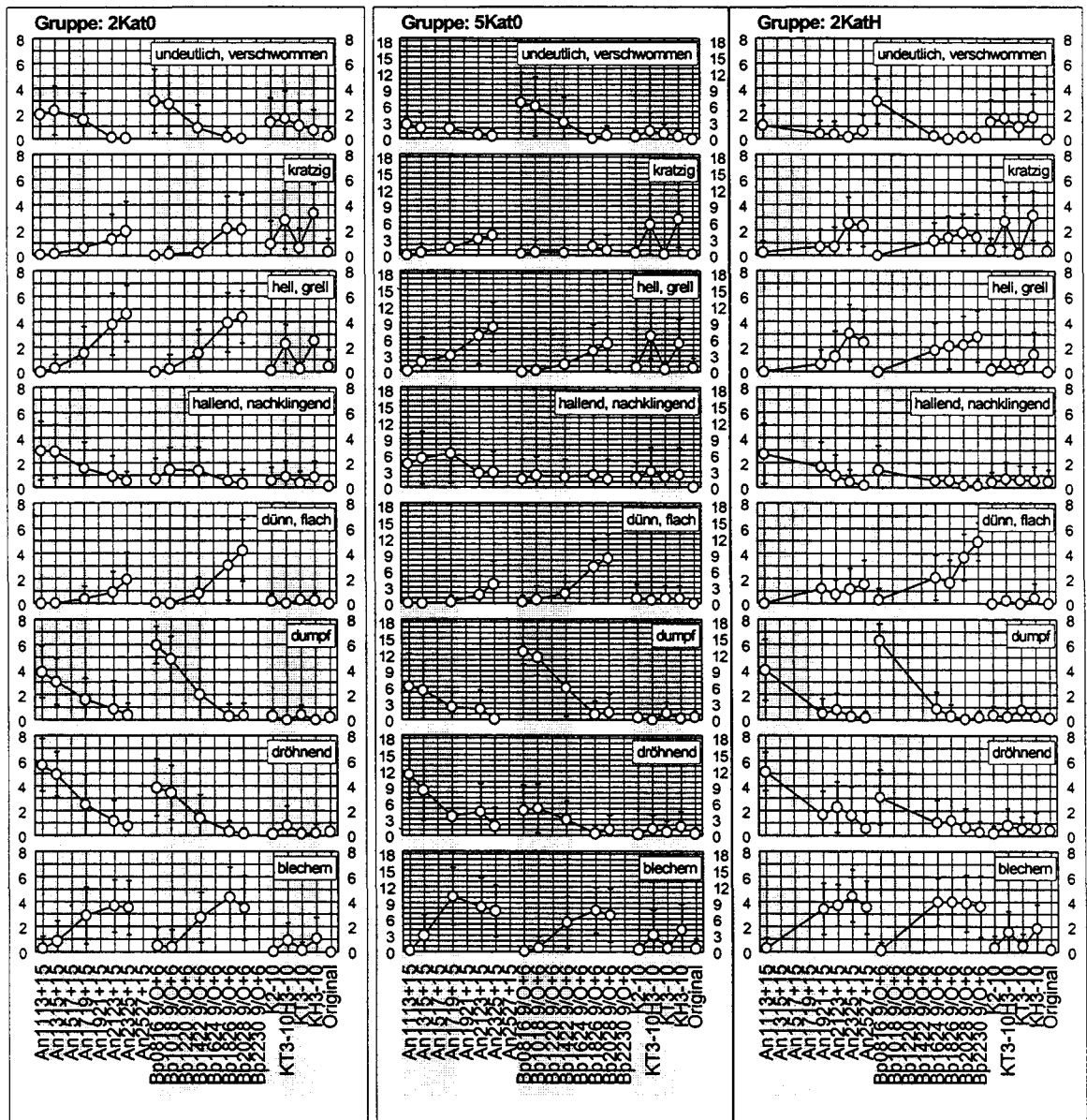


Abbildung 6-37: Psychophysikalische Profile der Inventareigenschaften je Versuchsgruppe. Dispersion: Totalstreuung der Einstufungen über Probanden und Durchgänge. Abszisse: Modifikationen. Ordinate: Ausprägung (2-Kat- oder 5-Kat-Skala). Die Ordinaten sind so ausgelegt, daß die Einstufungsniveaus bei 2- und 5-Kategorienskala grafisch miteinander verglichen werden können.

Für **Abbildung 6-38** wurden die 15-stufigen Daten der Gruppe 2KatH in sechsstufige linear transformiert. Die Abbildung zeigt die Profile der drei Versuchsgruppen (2Kat0, 5Kat0, 2KatH) im Vergleich mit den entsprechenden Daten der ersten Inventarkategorisierung (Versuch 1, Abschnitt 6.3.3). Es muß berücksichtigt werden, daß in der Untersuchung I drei Dimensionen anders bezeichnet waren: statt „blechern“ „blechern, metallisch“, statt „kratzig“ „kratzig, knisternd“ und statt „dumpf“ „dumpf, gedämpft“.

Skalierungsmethodik

Das psychophysikalische Profil von „blechern, metallisch“ (Versuch1) ist gegenüber den drei „blechern“-Profilen in den Bereich höherer 1-Oktav-Anhebungen bzw. 3-Oktav-Bandpässen verschoben. Dies war zu erwarten, da sich in der Dimensionsanalyse gezeigt hatte, daß „metallisch“ bei höherfrequenten Betonungen anspricht als „blechern“. Mit der einfachen Bezeichnung „blechern“ wurde ein Indikator gewonnen, der schon bei niedrigeren Anhebungen anspricht als z.B. „hell, grell“.

Die drei „dumpf“-Profile unterscheiden sich vom „dumpf, gedämpft“-Profil nur in zwei Punkten. Sehr hohe 3-Oktav-Bandpässe werden als etwas „dumpf, gedämpft“, aber nie als „dumpf“ beschrieben. Hierfür dürfte die „leise“-Bedeutung von „gedämpft“ ausschlaggebend gewesen sein. Tatsächlich waren die extrem hohen 3-Oktav-Bandpaß-Varianten etwas leiser als die Originale. Sehr niedrige 1-Oktav-Anhebungen erhalten niedrigere „dumpf, gedämpft“- als „dumpf“-Einstufungen. Ihre Lautheiten lagen nicht unter der des Originals. „gedämpft“ im Sinne von „leise“ wäre also keine treffende Beschreibung der Klangvarianten.

Nennenswerte Kratzigkeit findet sich bei Prävalenz des Hochtonbereichs, auch wenn sie durch Hochtonkompression erreicht wird. Der Zusatz „knisternd“ im Versuch I scheint die Verzerrungsseite stärker in die bezeichnete Dimension hereingenommen zu haben. So ist zu erklären, warum „kratzig, knisternd“ bei den Hochtonkompressionen ebenso hohe Einstufungen erhält wie „kratzig“ allein, weshalb aber bei den nicht verzerrenden hochtonigen 1-Oktav-Anhebungen und 3-Oktav-Bandpässen „kratzig, knisternd“ niedriger ausfällt als „kratzig“ allein.

Es fällt auf, daß die Profile der Gruppe 5Kat0 meist etwas unterhalb des jeweiligen Profils der Gruppe 2Kat0 liegen. Ausgeprägt ist der Unterschied bei den „hell, grell“-Profilen. Dies bedeutet, daß auf der je 3fach unterteilten 5-Kategorien-Skala (15 Stufen) gleiche Ausprägungen etwas niedriger eingestuft werden als auf der 2-Kategorien-Skala (6 Stufen). Die Einstufungsunterschiede sind bereits in der Startphase des Versuchs festzustellen. Ob es sich bei den unterschiedlichen Niveaus auf beiden Skalen um etwas Anderes als um mit der Skala konfundierte Ersturteilsunterschiede handelt, müßte eigens untersucht werden.

6.3.4.5.2 Kontextvariation

Der Vergleich der Klangfarbenprofile der Gruppen 2Kat0 und 2KatH muß Aufschluß über eine etwaige Beeinflussung der Eigenschaftseinstufungen durch den Reizkontext geben.

Würde der variierte Reizkontext dadurch Wirkung erzielen, daß die Probanden bei den einzelnen Eigenschaften darauf beziehen, welche Ausprägungen ihnen bereits geboten wurden (Orientierung an der tatsächlich gebotenen Serie), so müßten die „hell, grell“-, die „blechern“- und die „dünn, flach“-Einstufungen in der Gruppe 2KatH etwas niedriger ausfallen als in der Gruppe 2Kat0. Umgekehrt müßten die Differenzen für die Tieftonindikatoren „dumpf“ und „dröhnend“ ausfallen.

Bei „dumpf“ ist kein Unterschied der Profile der beiden Gruppen festzustellen. Auch „dröhnend“ zeigt keine hypothesenkonformen Differenzen. Zudem fehlt bei den Hochtonindikatoren „blechern“ und „dünn, flach“ jeder Hinweis auf einen Kontexteffekt. Lediglich die „hell, grell“-Profile weichen im Sinne der Erwartung voneinander ab. Die Gruppe 2Kat0 stuft höher ein als die Gruppe 2KatH. Sollte dieser Unterschied allerdings auf einen Prozeß der Serienorientierung zurückgehen, so dürfte er sich erst allmählich über den Versuch hinweg

Skalierungsmethodik

entwickeln. Betrachtet man die Einstufungsmittelwerte nach Versuchsphasen getrennt, so stellt man fest, daß die Probanden der Gruppe 2Kat0 die hochtonigen Varianten bereits in der Startphase (Darbietungen 1 bis 4) deutlich höher einstufen als die Versuchspersonen der Gruppe 2KatH (siehe Anhang C). Der Einstufungsunterschied ist also bereits zu Versuchsbeginn vorhanden und kann keine Folge des Reizkontexts sein.

Die Kontextvariation übt also keinen nachweisbaren Einfluß auf die Klangbeschreibungen aus. Man kann davon ausgehen, daß die Inventarkategorisierung invariant gegenüber veränderten Reizkontexten ist, sofern die Veränderungen nicht deutlich drastischer sind, als es in unserer Untersuchung der Fall war.

Skalierungsmethodik

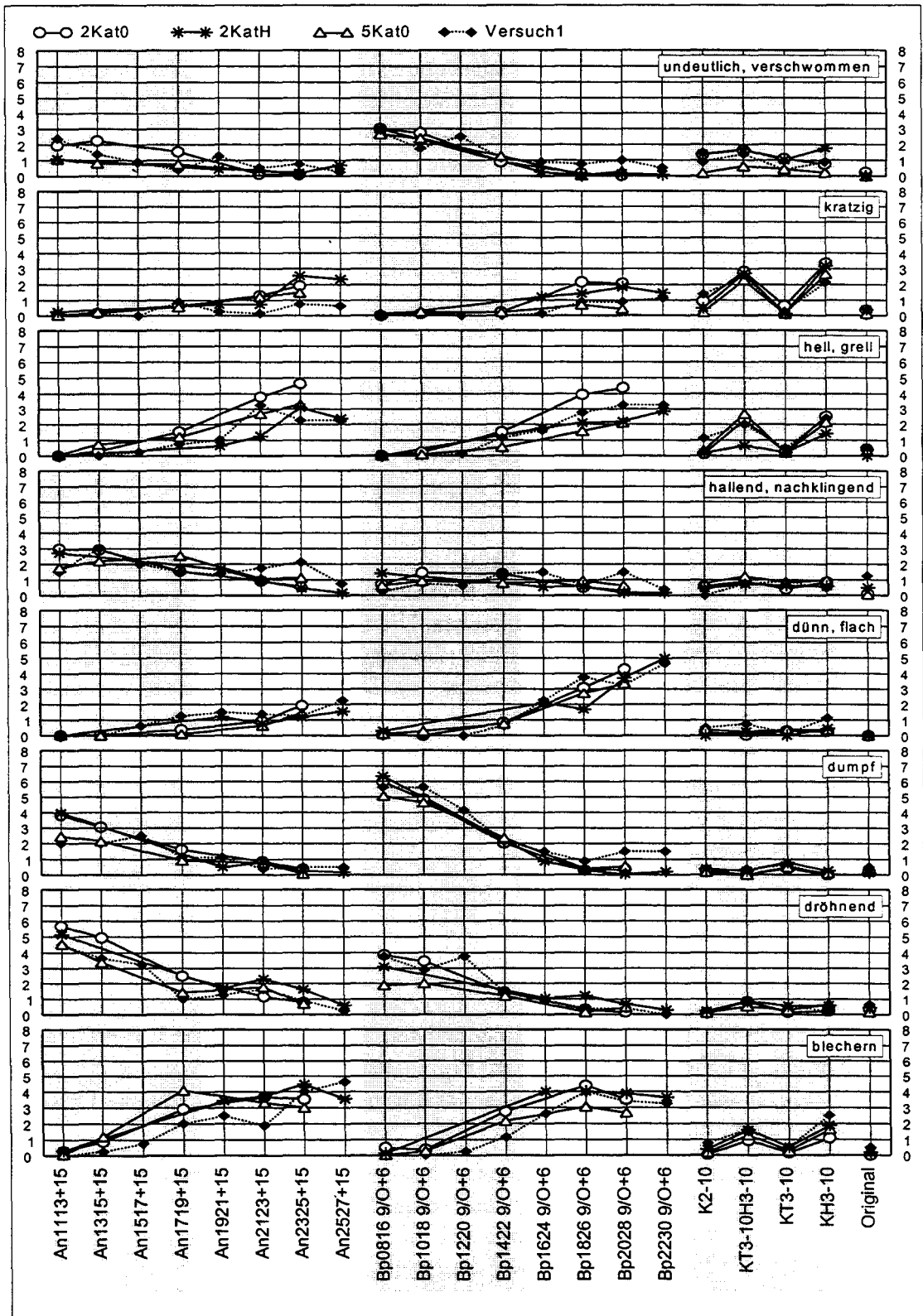


Abbildung 6-38: Psychophysikalische Profile der drei Versuchsgruppen und des Versuchs Inventarkategorisierung I im Vergleich (dort teilweise Bezeichnungszusätze: „blechern, metallisch“, „dumpf, gedämpft“, „kratzig, knisternd“).

6.3.4.5.3 Einstufungsstreuungen

Abbildung 6-37 zeigt, daß die Einstufungsstreuungen im Binnenbereich der Ausprägungsskala wie in der ersten Untersuchung zur Inventarkategorisierung etwa ein Drittel des Skalenumfanges (0 bis 6 bzw. 0 bis 15) betragen. Außerdem fällt die Kovariation der Streuung mit dem Einstufungsmittelwert auf. Noch deutlicher ist dies in den Grafiken im Anhang C zu erkennen.

Diese Grafiken (je Eigenschaft und Versuchsgruppe eine) sind jeweils aus vier Koordinatensystemen aufgebaut. Die Abszisse jedes Systems bilden die verschiedenen Hörbildvarianten. Im untersten System ist das über die drei Durchgänge gemittelte kollektive psychophysikalische Profil dargestellt, darüber die vier Profilkurven für Startphase, ersten, zweiten und dritten Durchgang. Die zugehörigen kollektiven Streuungen der drei Durchgänge finden sich im obersten Koordinatensystem. Direkt darunter werden die totale Standardabweichung (Wurzel aus der Gesamtvarianz über Probanden und Durchgänge), die mittlere intraindividuelle Standardabweichung (über die drei Durchgänge) und die interindividuelle Standardabweichung (Standardabweichung der intraindividuellen Einstufungsmittelwerte über die Probanden) gezeigt.

In der intraindividuellen Streuungen sind keine zeitsystematischen Effekte enthalten, wie der Vergleich der Profile je Durchgang aufweist. Systematische Verschiebungen der Einstufungen über den Versuch hinweg sind nicht zu entdecken. Die Einstufungen der Startphase liegen vereinzelt geringfügig unter den späteren Einstufungen. Insgesamt zeigt sich im Kollektiv ein hohes Maß an Stabilität über die Durchgänge hinweg. Des weiteren kann die Varianz von Abfolgeeffekten nicht in der Intra-Streuung enthalten sein, da allen Probanden einer Gruppe die Reize in derselben Reihenfolge geboten wurden.

Die intraindividuelle Streuung ist das Maß für den individuellen Meßfehler des Verfahrens. Wäre keine zusätzliche Varianz im Spiel, dann dürften die intraindividuellen Mittelwerte nurmehr mit der Streuung

$$S_{\text{inter}} = \frac{S_{\text{intra}}}{\sqrt{3}} \quad \text{Gl. 6-2}$$

streu. Die interindividuelle Streuung müßte also etwa 58% der Intra-Streuung betragen. Die empirische interindividuelle Streuung liegt jedoch deutlich höher. Daß ein wesentlicher Anteil der Gesamtvarianz auf Varianz zwischen den Probanden zurückgeht, zeigt auch der Vergleich der kollektiven Streuungen je Durchgang und der intraindividuellen Streuungen. Letztere liegen eindeutig niedriger als erstere.

Um den Anteil der intraindividuellen Varianz an der Gesamtvarianz zu bestimmen, wurde je Variante, Eigenschaft und Versuchsgruppe das Verhältnis zwischen intraindividuellem Varianz (gemittelt über Probanden) und Gesamtvarianz ermittelt. Die über die Varianten gemittelten Varianzverhältnisse sind in **Abbildung 6-39** dargestellt. Nur etwas weniger als die Hälfte der Gesamtvarianz geht auf mangelnde individuelle Konsistenz zurück. Der Rest spiegelt interindividuelle Einstufungsunterschiede wieder.

Skalierungsmethodik

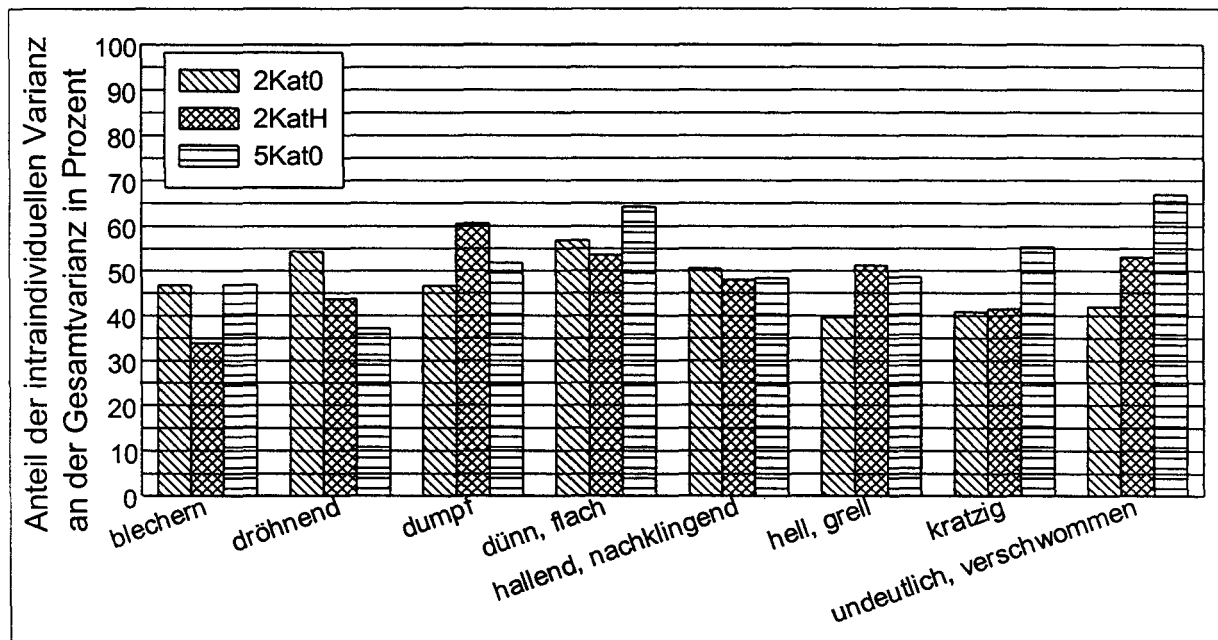


Abbildung 6-39: Mittlerer Anteil der intraindividuellen Einstufungsvarianz an der Gesamtvarianz der Einstufungen, getrennt nach Eigenschaften und Versuchsgruppen.

Bei der Bestimmung der Varianzverhältnisse ist die Abhängigkeit der Einstufungsvarianz vom Mittelwert als unkritisch zu betrachten. Um die Streuungsgrößen verschiedener Eigenschaften direkt miteinander vergleichen zu können, wurde die gleiche Auswertungstechnik verwendet wie in der ersten Kategorisierungsstudie (siehe Abschnitt 6.3.3.4.2). Aus den empirischen Streuungsdaten wurde die Streuung in der Mitte der Skala geschätzt. Das Ergebnis zeigt **Abbildung 6-40**.

Die Verwendung der feiner differenzierenden 5-Kategorien-Skala mit insgesamt 15 Stufen in der Gruppe 5Kat0 führt nicht zu einer systematischen Streuungsreduktion. Berücksichtigt man, daß der Anteil, den die intraindividuelle an der Gesamtvarianz hat, bei Verwendung der 5-Kategorien-Skala nicht niedriger ist - also sich wenigstens intraindividuell eine höhere Genauigkeit erzielen läßt -, so ist klar, daß die 6stufige Zwei-Kategorien-Skala für den Zweck der Klangeigenschaftsbeschreibung das Kontinuum ausreichend auflöst. Höhere Genauigkeit läßt sich zumindest mit der geschilderten Beschreibungsmethode nicht erzielen.

Der nächste Sachverhalt betrifft den Vergleich der Gesamtstreuungen mit den Streuungen der ersten Untersuchung (siehe **Abbildung 6-34**). In beiden Untersuchungen weisen die Einstufungen etwa dieselben Beträge, nämlich zwischen 30 und 40% des Skalenumfangs auf. Dies heißt, daß die Verkleinerung des Eigenschaftsinventars nicht zu geringerer Streuung führt. Der achtdimensionale Versuch ist also noch weit vom eindimensionalen Serienversuch entfernt, dessen Einstufungen aufgrund der Orientierung an der aktuellen Serie weniger streuen. Er gestattet dies genauso wenig wie die erste Kategorisierung von 21 Inventareigenschaften.

Skalierungsmethodik

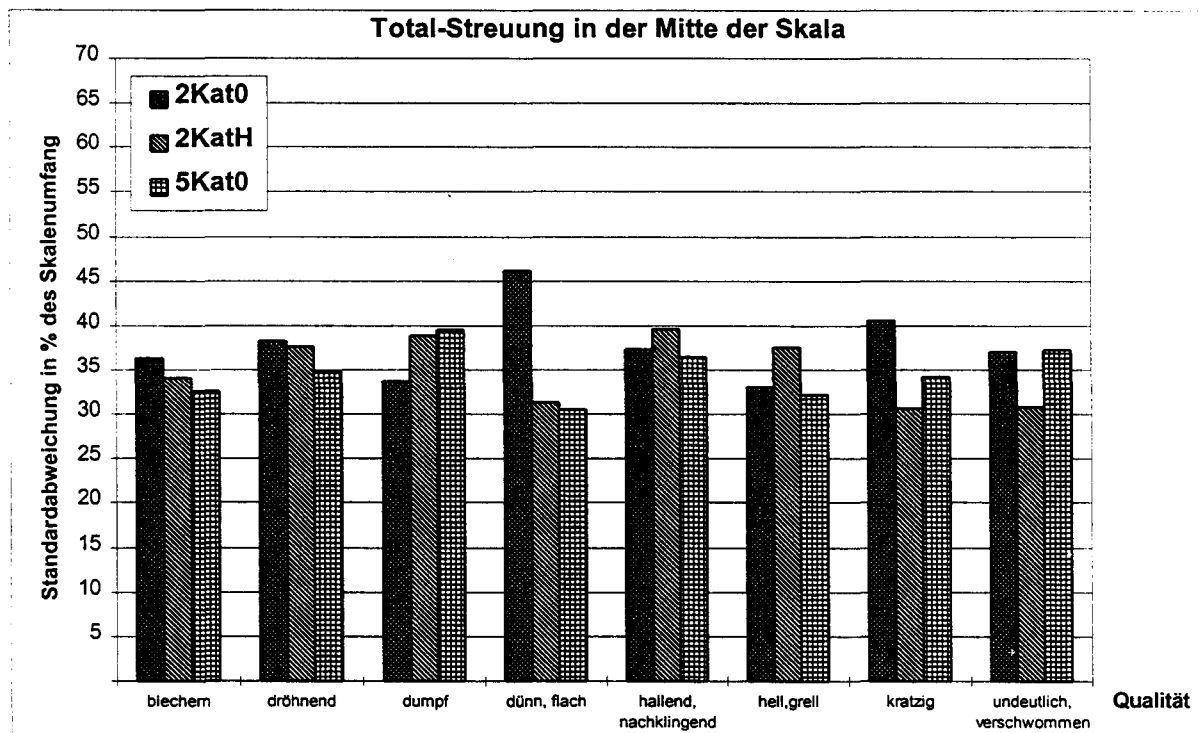


Abbildung 6-40: Schätzung der totalen Einstufungsstreuung in der Skalenmitte in Prozent des Skalenumfanges, getrennt nach Eigenschaft und Versuchsgruppe.

6.3.5 Zusammenfassung

Die Dimensionsanalyse hat einen Satz von Höreigenschaften erbracht, die gut geeignet sind, um Klangwahrnehmungen zu beschreiben. Beide Untersuchungen zur Inventarkategorisierung zeigen, daß daraus Inventare gebildet werden können, anhand derer die Klänge verschiedener Manipulationsvarianten von Hörbildern mehrdimensional quantifiziert und differenziert werden können. Im gehörhomogenen Kollektiv angewandt ist die Methode hervorragend für klangpsychophysikalische Fragestellungen geeignet. Die sechsstufige Zwei-Kategorien-Skala der Ausprägung hat sich als ausreichend differenziert erwiesen. Es zeigte sich keine Veränderung der Klangbeschreibungen bei einer moderaten Variation des spektralen Reizkontexts.

Die Kollektivdaten sind kaum beeinträchtigt durch interindividuelle Bedeutungsvarianz der Bezeichnungen oder durch die interindividuell unterschiedlichen Einstufungsniveaus zu Versuchsbeginn. Diese beiden Faktoren sind dann als kritisch zu betrachten, wenn es um die Eignung der Methode zur individuellen Gehördiagnostik geht.

Mit der beschriebenen Inventarkategorisierung lassen sich grobe Einstellungsmängel entdecken. Fraglich ist aber, welcher hörgerätetechnischer Fein Anpassungsgrad sich erreichen läßt. Hierfür muß die Methode weiterentwickelt werden.

Folgende Maßnahmen könnten die Präzision des Verfahrens erhöhen:

Hörbildbezogene Inventare: Es ist vorteilhaft, das Inventar genau auf das zu befragende Hörbild abzustimmen. Die Inventare könnten jeweils einen kleinen Umfang haben, deren

Skalierungsmethodik

Eigenschaften aber einschlägig sind für Klangänderungen eines ganz bestimmten Hörbilds, die durch spezifische Signalmanipulationen entstehen. Beispiel: die freien Beschreibungen der dimensionsanalytischen Versuchsreihe ließen hervortreten, daß Sprache durch Kompression (einkanalg oder im Hochtonbereich) bei Frikativlauten „zischiger“ wird, daß der Sprecher näher rückt, daß seine Aussprache „feuchter“ wird, daß sich andererseits die Streichmusik (Bach) breiiger, verwaschener anhört, daß drittens adagio angeschlagene Klavierakkorde mehr Nachhall zeigen. Mit einem hörbildungunabhängigen Inventar läßt sich diese Vielfalt kaum erfassen, es sei denn, man würde einen Inventarumfang von 50 oder mehr Eigenschaften zulassen. Allerdings dürften bereits 20 Eigenschaften ohne weitere Vorkehrungen den Probanden überfordern.

Dimensionsdemonstration: Beim Normalhörigen bereitet die Demonstration einer auditiven Dimension anhand einer Steigerungsreihe keine größeren Schwierigkeiten. Es sollte geprüft werden, ob sich auch beim Schwerhörigen eine derartige Demonstration methodisch bewältigen läßt. Es gilt immer sicherzustellen, daß dem Probanden zur Eigenschaftsdemonstration eine gehöradäquate Steigerungsreihe geboten wird. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß eine Steigerungsreihe in der Regel auch eine aktuelle Serie für den Probanden darstellt, die sich zur Ausprägungsorientierung anbietet. Die Diskrepanzen zwischen mnestischer Ausprägungsmannigfaltigkeit und aktueller Serie müssen gering gehalten werden, sofern es nicht auf anderem Weg gelingt, eine Steigerungsreihe nur dimensional, aber nicht „serienstiftend“ zu präsentieren.

Individuelle Serienorientierung: Es ist denkbar, daß die Mühe, Serienorientierungen zu verhindern, überflüssig ist. Dann nämlich, wenn man darauf verzichtet, die Schwerhörigendaten auf Normen zu beziehen. In diesem Fall könnte eine stabile Orientierung an einer günstig gewählten aktuellen Serie realisiert werden, anhand derer der Proband die Ausprägungsstellen der sukzessive veränderten Hörgeräteinstellungen skaliert. Statt nach der Norm zu fragen, fragt man den gut orientierten Probanden, welches Ausprägungsniveau auf der fraglichen Eigenschaft den angenehmsten Höreindruck bietet.

Klangwahrnehmungsadäquate Reizmanipulation bei der HörgeräteEinstellung: Der Entwicklungsansatz beinhaltet, die Faktoren der Verfahrenspräzision auf der **Beschreibungsseite** zu suchen. Das heißt, es sollte geprüft werden, wieviel Diskrimination hörgerätetechnischer Signalmanipulationen allein anhand der dimensionalen Strukturiertheit des hörgerätetechnikbezogenen Klangeigenschaftsraums und der quantitativen Auflösung dieser Dimensionen möglich ist. Die Präzision könnte aber auch dadurch erhöht werden, daß zusätzliche Freiheitsgrade auf der **Reizseite** genutzt werden. Die Reizseite könnte bei der Hörgeräteanpassung auf zwei Arten im Sinne höherer Verfahrenspräzision eingesetzt werden, entweder über Manipulationen der Hörbildsignale (für das Anpaßverfahren ist bisher nur die Verwendung von Originalhörbildern konzipiert) oder über Modifikationen der HörgeräteEinstellung. Der zweite Weg schließt sich bei nicht-digitalen Hörgeräten aufgrund des zu geringen dynamischen und spektralen Spielraums der HörgeräteEinstellungen weitgehend aus. Die Reizmanipulation sollte in erster Linie dazu eingesetzt werden, um den Übertragungsfehler, der einen Klangmangel erzeugt, präziser einzugrenzen.

Der vierte Vorschlag könnte vor allem helfen, die Verfahrenspräzision nicht unter der Begrenztheit der qualitativen Auflösung der Klangbeschreibung leiden zu lassen, während die ersten drei Ansätze Möglichkeiten bieten, die quantitative Präzision zu erhöhen.

6.4 Literatur

- BORTZ, J.: *Statistik - Für Sozialwissenschaftler*. Springer-Verlag, Berlin, 1993.
- EISLER, H. (1966). Measurement of perceived acoustic quality of sound-reproducing systems by means of factor-analysis. *Journal of the Acoustical Society of America*, 39, 484-492.
- GABRIELSSON, A. (1974). An empirical comparison between some models for multidimensional scaling. *Scandinavian Journal of Psychology*, 15, 73-80.
- GABRIELSSON, A., ROSENBERG, U. & SJÖGREN, H. (1974). Judgments and dimension analyses of perceived sound quality of sound-reproducing systems. *Journal of the Acoustical Society of America*, 55, 854-861.
- GABRIELSSON, A. (1979). Dimension analyses of perceived sound quality of sound-reproducing systems. *Scandinavian Journal of Psychology*, 20(3), 159-169.
- GABRIELSSON, A. & SJÖGREN, H. (1979). Perceived sound quality of sound-reproducing systems. *Journal of the Acoustical Society of America*, 65(4), 1019-1033.
- GABRIELSSON, A., HAGERMAN, B., BERG, C., OVEGÅRD, A. & ÄNGÅRD, L. (1980). Clinical assessment of perceived sound quality in hearing aids. *Technical report from the Department of Technical Audiology - Karolinska Institutet, Stockholm, Sweden*, Report TA No. 98, September 1980.
- GABRIELSSON, A. & LINDSTRÖM, B. (1985). Perceived sound quality of high-fidelity loudspeakers. *Journal of the Audio Engineering Society*, 33, Nr. 1/2, 33-53.
- KOSHIKAWA, T., NAKAYAMA, T. & MIYAGAWA, R. (1965). On the designing method of reproduced sound quality using the multidimensional sensory and emotional scales. *5^e Congrès International d'Acoustique*, M67, 1-4.
- STAFFELDT, H. (1974). Correlation between subjective and objective data for quality loudspeakers. *Journal of the Audio Engineering Society*, 22, 402-415.
- TANNAKA, Y. & KOSHIKAWA, T. (1989). Correlations between sound field characteristics and subjective ratings on reproduced music sound quality. *Journal of the Acoustical Society of America*, 86(2), 603-620.
- UEDA, K. & AKAGI, M. (1990). Sharpness and amplitude envelopes of broadband noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 87(2), 814-819.
- V. BISMARCK, G. (1971a). Psychometrische Untersuchungen der Klangfarbe stationärer Schalle (Psychometric investigations of timbre of steady-state sounds). *Akustik und Schwingungstechnik* (VDI, Düsseldorf 1971), 371-375.
- V. BISMARCK, G. (1971b). Timbre of steady-state sounds: Scaling of sharpness. *Proceedings of 7th ICA Budapest*, Vol. 3, 637-640.
- ZWICKER, E. & FASTL, H.: *Psychoacoustics - Facts and Models*. Springer-Verlag, Berlin, 1990.
- BORETZKI, M. (1986): Versuche zur Diagnostik und Rehabilitation von Schwerhörigkeit. Komparative Isophonenbestimmungsmethoden. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Würzburg.
- BORETZKI, M. (1995): Die Farbkräftigkeitsskala als phänometrisches Instrument. Inauguraldissertation, Universität Würzburg. Hamburg: Kovac.
- HELLER, O. (1985): Hörfeldaudiometrie mit dem Verfahren der Kategorienunterteilung (KU). *Psychologisches Beiträge* 27, 509-519.
- HELLER, O. (1990): Scaling and orientation. In: F. Müller (Ed.), *Fechner Day 90. Proceedings of the 6th Annual Meeting of the International Society for Psychophysics*. Würzburg, S. 52-57.
- MÜLLER, F. (1987): Skalierung und Bezugssystem der Tonheit. Inauguraldissertation, Universität Würzburg.
- SCHMALFUß, G. (1996): Skalierung natürlicher Klangbilder durch Normalhörende und Hörgeschädigte. In: Th. Portele, W. Hess (Hrsg.), *Fortschritte der Akustik, Plenarvorträge und Fachbeiträge der 22. Jahrestagung für Akustik, DAGA 96 Bonn*. Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V.: Oldenburg.

Skalierungsmethodik

SEBALD, A. (1997): Psychophysik und Hörfeldaudiometrie (Arbeitstitel). Habilitationsschrift, Universität Würzburg (in Bearbeitung).

7 Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

Die bisher behandelten Aspekte des Klangbildverfahrens konzentrieren sich auf die wahrgenommene Klangqualität und Lautheit von pegeldynamischen Alltagsgeräuschen, da diese wichtige Faktoren für die Zufriedenheit eines Kunden mit seinem Hörgerät repräsentieren. Die Sprachverständlichkeit, die mit dem Hörgerät bei simultanem Störlärm erzielt wird, ist jedoch häufig von gleicher Bedeutung für die Kundenzufriedenheit (STOCK, FICHTL und HELLER, 1995; FICHTL, KNOBLACH, STOCK, BORETZKI und HELLER, 1996). Stützt sich die Optimierung der Hörgeräteinstellung nur auf die wahrgenommene Klangqualität von mittellauten bis lauten Höreignissen, kann insbesondere die Eliminierung unangenehmer Klangeindrücke wie z.B. *Schärfe* und *Grellheit*, durch eine Verringerung der Verstärkung im hochfrequenten Bereich, sich negativ auf die Konsonanterkennung und damit die Sprachverständlichkeit im allgemeinen auswirken. Hier wird ein grundsätzlicher Konflikt deutlich, der vor allem bei der Versorgung mit Ein-Programm-Hörgeräten (d.h. mit einer einzigen voreingestellten Parameterkonfiguration) akut wird: eine Optimierung der Übertragungscharakteristik auf die Angenehmheit des Klangs kann in einer suboptimalen Sprachverständlichkeit resultieren, eine Verstärkungscharakteristik hingegen, die auf optimale Verständlichkeit eingerichtet ist, kann zu einer Ablehnung des Geräts aufgrund seines unangenehmen Klangs in den häufigeren, kommunikationsfreien Hörsituationen führen. Kann man aufgrund der technischen Beschränkungen einer Hörhilfe nur einen Kompromiß aus Klangqualität und erzielter Sprachverständlichkeit einstellen, wird ein Verfahren benötigt, das bei der Optimierung der Hörgeräteinstellung die simultane Berücksichtigung beider Aspekte erlaubt.

Unsere bisherige Erfahrung hat zusätzlich gezeigt, daß eine maximale Verbesserung in herkömmlichen Sprachtests nicht das Optimum der Versorgung darstellen muß. Es kann sein, daß diese Verbesserung nur durch eine erhebliche Anstrengung bzw. Konzentration des Probanden möglich wird. Dieser Einsatz an zusätzlichen Ressourcen ist aber nur für relativ kurze Zeit möglich, so daß im Alltag schnell Ermüdung und abnehmende Verständlichkeit die Folge sind. Aus diesem Grund sollte die zum Verstehen notwendige Anstrengung zur Bewertung der erzielten Verständlichkeit herangezogen werden.

Die Berücksichtigung der Sprachverständlichkeit und der zum Verstehen notwendigen Anstrengung bei der Optimierung der Übertragungsqualität setzt voraus, daß geeignetes Sprachmaterial mit einer entsprechenden Befragungsmethodik in das Klangbildverfahren integriert werden kann. Die Methodik des Klangbildverfahrens, d.h. die individuelle Beschreibung des Klangeindrucks durch absolute Urteile auf verschiedenen Wahrnehmungsdimensionen, setzt den Rahmen für die Ergänzung. Es ist daher nicht sinnvoll ein neues Sprachtestverfahren zu entwickeln, mit dem unter restriktiven Meßbedingungen und eingeschränkter Validität für die Kommunikation im Alltag die objektive Phonem-, Wort- oder Satzverständlichkeit gemessen wird. Material und Methodik sollen dagegen dem Kunden ermöglichen, direkt anzugeben wie gut er Alltagsgespräche in unterschiedlich lauten Störgeräuschsituationen verstehen kann und wie anstrengend das Verstehen für ihn ist. Für eine derartige Vorgehensweise ist jedoch nachzuweisen, daß sie eine zuverlässige Messung der Sprachverständlichkeit erlaubt.

7.1 Ergebnisse anderer Forschungsgruppen

Verschiedene Autoren haben bereits untersucht, inwieweit man "objektive" d.h. statistisch orientierte Sprachverständlichkeitstests durch Verfahren ersetzen kann, bei denen der Proband die aktuelle Verständlichkeit durch eine „subjektive“ Einschätzung quantifiziert bzw. die Sprachübertragungsgüte direkt beurteilt. Ist auf diese Weise eine reliable und valide Einschätzung der Verständlichkeit und der Sprachübertragungsgüte in unterschiedlichen Hörsituationen möglich, dann erlauben derartige Verfahren eine schnellere, flexiblere und aussagekräftigere Messung, die gerade bei der Optimierung einer Hörgeräteanpassung notwendig ist.

7.1.1 SPEAKS, PARKER, HARRIS AND KUHL (1972): *Intelligibility of connected discourse*

SPEAKS et al. diskutieren verschiedene Möglichkeiten, alltagsnahes Material zur objektiven Messung der Sprachverständlichkeit einzusetzen. Die bisher üblichen Techniken wie z.B. Nachsprechen von Redepassagen oder das Stellen von Schlüsselfragen zu einem gegebenen Text halten sie für wenig praktikabel, da „*It is difficult, for example, to control for potentially contaminating variables such as intelligence, memory, preexposure knowledge of the message content, equivalence of alternative forms of passages, and the relative difficulty among the questions*“ (S. 591) und „...*shadowing scores may at least be partially be influenced by a form of 'competitive feedback' ...*“ (S. 591). Sie sind der Meinung, daß dabei die wesentlichere Frage „Wie gut haben Sie den Text verstanden?“ ignoriert oder zumindest unterbewertet wird. Scheinbar sehen sie auch keine Gefahr darin, daß die Beantwortung dieser Frage ebenfalls von den oben genannten Faktoren Intelligenz, vorhandenes Wissen über den Inhalt usw. beeinflusst sein könnte.

Sie bevorzugen eine Technik, die von HAWKINS & STEVENS (1950) eingesetzt wurde: das Einstellen des Sprachpegels auf ein vorgegebenes Kriterium wie z.B. die Verständlichkeitsschwelle (threshold of intelligibility; TI) oder die Entdeckensschwelle (threshold of detectability; TD). Unterschiede in den Ergebnissen, die verschiedene Forscher im Laufe der Zeit mit dieser oder einer ähnlichen Technik erhalten haben, werden von SPEAKS et al. im wesentlichen auf die teilweise doch recht unterschiedlichen Instruktionen für das Entscheidungskriterium zurückgeführt („*lowest point where you can understand everything the speaker is saying*“, FALCONER & DAVIS, 1947; „*barely understand what is being said*“, CHAIKLIN, 1959; „*keep the speech at the lowest level at which they could just follow the course of what was being said*“, LEZAK et al., 1964; SPEAKS et al. (1972), S. 592).

Sie führen einige Experimente durch, bei denen zunächst 3 Pbn für ausgewählte Kurzgeschichten den Darbietungspegel so einstellen mußten (2dB-Stufen), daß 25%, 50% oder 75% der Bedeutung (!) der Sätze verstanden wurden. SPEAKS et al. gingen dabei von der Vermutung aus, daß „*constant percentage criteria would define 'almost understand' more precisely for the listener and the results could take the form of percentage intelligibility*“ (S. 593). Die Darbietung erfolgte monaural über Kopfhörer mit 60 dB SPL weißem Rauschen als Störgeräusch. Jede Darbietung wurde insgesamt 10 mal wiederholt. Die intraindividuellen Standardabweichungen über die 10 Durchgänge variierte zwischen 0.8 und 1.3 dB. Die Verständlichkeitsfunktionen der 3 Pbn unterscheiden sich leicht in ihrer Steigung und Lage. Zusätzlich beurteilten diese 3 Pbn anschließend die Verständlichkeit der Texte bei vorgegebenen Signal-

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

rauschabständen einmal mit einer 5-stufigen Prozentskala (100%, 75%, 50%, 25%, 0%) und einmal mit einer offenen Prozentskala. Die mittleren Ergebnisse zwischen beiden Skalen unterscheiden sich für 50%-Verständlichkeit nur um 0.4 dB, liegen aber um ca. 1.9 dB bzw. 2.3 dB schlechter als die Ergebnisse des Herstellungsverfahrens. Der Skalenvergleich ist nicht so einfach zu interpretieren, da keine Kontrolle der Reihenfolge berichtet wird (bei 3 Pbn auch etwas schwierig) und so mit carry-over Effekten zu rechnen ist.

Die Objektivierung der Ergebnisse wurde über Sätze des CID¹ (SILVERMAN and HIRSH, 1955) versucht, die sowohl nach ihrer Verständlichkeit beurteilt als auch nachgesprochen werden mußten. Zu diesem Zweck wurden 100 Sätze verwendet, von denen 50 für die Skalierung und 50 für das Nachsprechen eingesetzt wurden. Beim Nachsprechen wurde die Anzahl korrekt wiedergegebener Schlüsselwörter gezählt. Die Sätze wurden in vorher ermittelten Signalrauschabständen (-6 bis -14 dB in 2dB-Stufen) zu weißem Rauschen mit 70 dB SPL dargeboten. 8 Pbn wurden untersucht. Jeder Satz wurde je Pb nur einmal dargeboten. Es ergab sich eine Korrelation von 0.84 zwischen den beiden Methoden, wobei für beide nur der Bereich zwischen 10% und 90% Verständlichkeit herangezogen wurde. Auch wenn noch einige Schlüsselwörter (6%) korrekt wiedergegeben werden, geben die Pb an, daß sie nichts mehr verstehen können. Andererseits berichten sie schon eine Verständlichkeit von 100 Prozent, wenn sie noch nicht alle Schlüsselwörter verstehen können.

Obwohl die Autoren je nach verwendeter Methode etwas unterschiedliche Ergebnisse erhalten haben, unterscheiden sich diese nicht wesentlich. Es kann demnach davon ausgegangen werden, daß objektive Messung und subjektive Skalierung der Verständlichkeit vergleichbar sind.

7.1.2 COX and MCDANIEL (1984): Intelligibility ratings of continuous discourse: Application to hearing aid selection

COX & MCDANIEL untersuchten die Möglichkeit anhand subjektiver Beurteilungen der globalen Sprachverständlichkeit verschiedene Hörgerätetypen in ihrer Leistung zu beurteilen. 72 Redepassagen, aneinander angeglichen nach Länge (ca. 100 Wörter, 30-40 s), Inhalt (bekannte Pflanzen, Tiere und Haushaltsgegenstände) und grammatikalischer Struktur (Kinderenzyklopädie), wurden von zwei Männern und einer Frau gesprochen und mit den Frequenzgängen von vier Hörgeräten umgerechnet. 12 normalhörige Pbn (Eltern von Patienten der Klinik) beurteilten die Verständlichkeit dieser Texte („Wieviele Wörter wurden korrekt verstanden?“) anhand einer 11stufigen Skala (10=100%, 5=50% 0=0%) bei zwei Signalrauschabständen zu einem Stimmengewirr von 65 dB SPL. Die Darbietung erfolgte über Lautsprecher in einem audiometrischen Testraum.

Die geringe Anzahl der Pbn erlaubt keine endgültige Entscheidung über die Methode, aber es deutet sich an, daß erstens die Bildung einer Rangreihe für verschiedene Hörgeräte bezüglich der mit ihnen erzielten Verständlichkeit möglich ist, daß zweitens verschiedene Sprecher unterschiedlich gut zu verstehen sind und daß drittens eine gute Trennung der Effekte nur bei einem mittleren bis leichten Signalrauschabstand zu erzielen ist. Die Validität der Einstufungen wird auch dadurch bestätigt, daß mitlaufende Kontrolltexte (rückwärts abgespielte Texte) unter allen Signalrauschabständen und Bearbeitungen als unverständlich eingestuft wurden.

¹ CID - Central Institute for the Deaf

7.1.3 WESSELKAMP und KOLLMEIER (1993): Vergleich von gemessener und subjektiv skaliertes Sprachverständlichkeit mit einem optimierten Satztest

WESSELKAMP und KOLLMEIER (1993) stellten auf der DAGA¹ 1993 einen eigenen Ansatz zur subjektiven Beurteilung der Sprachverständlichkeit vor, der auf der Einschätzung der Verständlichkeit von Sätzen im Störgeräusch beruht. Nach ihrer eigenen Aussage wird auf diese Weise der gravierendste Nachteil von "objektiven" Satztests, nämlich die Unmöglichkeit einer Wiederholung innerhalb einer Testsitzung bzw. eines noch längeren Zeitraums, eliminiert: *"Als Alternativen bieten sich Verfahren zur subjektiven Beurteilung der Sprachverständlichkeit oder der Sprachqualität an, die den Vorteil einer kurzen Meßdauer sowie einer unbegrenzten Wiederholbarkeit haben"* (WESSELKAMP und KOLLMEIER, 1993, S. 1064).

In ihrer Untersuchung verglichen sie die objektiv gemessenen Verständlichkeitsschwellen (in dB SR²) von 324 Testsätzen bei 36 Pbn mit den Signalrauschabständen zu denselben Sätzen, die acht Pbn so einstellten, daß nach ihrer subjektiven Einschätzung eine Verständlichkeit von 50 Prozent resultierte. Leider machen die Autoren keine Angabe darüber, ob die Versuchsgruppen teilweise abhängig oder unabhängig waren. Zusätzlich wurde von acht Pbn die Anstrengung beim Verstehen anhand einer vom CCITT³ empfohlenen 5stufigen Sprachgüteskala eingeschätzt. Auch hier wurde keine Angabe über die Abhängigkeit bzw. Unabhängigkeit der Versuchsgruppe zu den anderen Messungen gemacht. Die Skala erstreckt sich von *"keine Anstrengung erforderlich"* bis *"unverständlich trotz aller verfügbaren Anstrengungen"*. Die fünf Stufen wurden durch vier Zwischenstufen ergänzt und in grafischer Form vorgelegt. Der Vergleich zwischen "objektiv" gemessenen und "subjektiv" eingestellten Verständlichkeitsschwellen zeigte, daß letztere um ca. 4 dB besser liegen und eine etwas geringere Streubreite (über die mittleren Schwellen aller 324 Sätze) aufweisen. Je leichter ein Satz zu verstehen ist, d.h. je niedriger die Verständlichkeitsschwelle liegt, desto größer ist die Übereinstimmung zwischen "objektiver" und "subjektiver" Messung⁴. Leider sind für beide Methoden weder echte interindividuelle Varianzen je Satz noch die Steilheit der Verständlichkeitsfunktion in Abhängigkeit von der Verständlichkeitsschwelle mitgeteilt. Diese Information ist aber notwendig, um die Ergebnisse sinnvoll interpretieren zu können. Die höhere Übereinstimmung zwischen den beiden Meßmethoden bei niedrigen Verständlichkeitsschwellen ist geradezu zwingend, wenn die Verständlichkeitsfunktionen der Sätze steiler verlaufen, und der Übergangsbereich zwischen 100 Prozent und 0 Prozent Verständlichkeit also schmaler ist. Außerdem ist die bessere Lage der Verständlichkeitsschwellen bei der subjektiven Messung unter Umständen damit zu erklären, daß für **eine** Einstellung des Signalrauschabstands an der Schwelle mehrere Darbietungen erforderlich sind, und man davon ausgehen kann, daß der jeweilige Satz schon zu Beginn der Einstellung einmal vollständig verstanden wurde und im Gedächtnis zum Vergleich vorliegt. Vorbewußte Prozesse zur Erkennung von auditiv nicht vollständig repräsentierten Sprachmustern erhalten auf diese Weise ein maximales Gewicht. Es ist davon auszugehen, daß bei gut bekanntem Material die Beurteilung der Verständlichkeit im oberen Bereich der Verständlichkeitsfunktion höhere Werte liefert und stärker von der

¹ DAGA = Deutsche Arbeitsgemeinschaft Akustik ; hier: Jahrestagung der DAGA

² SR = Signalrauschabstand

³ CCITT = Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique

⁴ Die Varianz der Satzverständlichkeiten wurde von den Autoren auf die unterschiedlichen Pegelvarianzen der Sätze zurückgeführt.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

Sprachübertragungsgüte abhängig wird. Damit wäre dieser Effekt auch sehr stark an die Steilheit der Verständlichkeitsfunktion gebunden: je flacher die Funktion desto größer der Gewinn durch die Bekanntheit. Dieser Trend läßt sich auch in den Ergebnissen von WESSELKAMP und KOLLMEIER erkennen.

Aus den Einstufungen der Sprachübertragungsgüte wurden ebenfalls die 50%-Werte je Satz ermittelt. Diese Sprachgüteschwellen liegen um ca. 2 dB schlechter als die "objektiv" gemessenen Sprachverständlichkeitsschwellen und zeigen damit an, daß Sätze mit 50%iger Verständlichkeit mehr als 50%ige Anstrengung benötigen. Zur Bestimmung der Sprachgüteschwellen wurde jeder der 200 verwendeten Sätze bei acht verschiedenen S/R dargeboten. Leider wurde keine Angabe über die Reihenfolge der acht Darbietungen gemacht, so daß nicht zu beurteilen ist, inwieweit der jeweilige Satz bei der wiederholten Darbietung schon vollständig verstanden worden war und im Gedächtnis zum Vergleich mit den jeweils repräsentierten auditiven Mustern zur Verfügung stand. Es ergibt sich hieraus dasselbe, oben schon geschilderte Problem, daß durch die Bekanntheit des Materials mit einer Veränderung der Beurteilung zu rechnen ist. In diesem Fall sollte sich diese in Richtung einer geringeren Anstrengung auswirken. Trotz dieses zu erwartenden Effektes sind die Sprachgüteschwellen etwas schlechter als die "objektiv" gemessenen Verständlichkeitsschwellen und erheblich schlechter als die "subjektiv" gemessenen. Die Diskrepanz zwischen den verständlichkeitsbezogenen Schwellen und der anstrengungsbezogenen Schwelle ist sehr wahrscheinlich noch unterschätzt, da die Sprachgütebeurteilung eine Mischskala darstellt, in der Aspekte der Anstrengung mit der Verständlichkeit vermischt werden. Die Pbn werden durch die Skala dazu gebracht, bei zunehmender Schwierigkeit der Verständlichkeit mehr Gewicht zu geben.

Die Autoren schließen aus diesen Ergebnissen, daß objektive Sprachverständlichkeitstests und subjektive Meßverfahren zur Beurteilung der Sprachverständlichkeit und der Sprachübertragungsgüte gleichwertig zu verwenden sind. Ihre in der Einleitung formulierte Annahme, daß "subjektive" Meßverfahren unbegrenzt wiederholbar seien, ist mit diesen Ergebnissen jedoch nicht belegbar. Es muß im Gegenteil mit einer erheblichen Ergebnisverzerrung gerechnet werden, die von der Steilheit der jeweiligen Verständlichkeitsfunktion abhängig ist. Da letztere aber von der Schwierigkeit des Materials und dem individuellen Hörverlust abhängig ist, läßt sich der zu erwartende Fehler nicht abschätzen.

7.1.4 SENDLMEIER (1993): *Sprachverarbeitung bei pathologischem Gehör*

SENDLMEIER hat ebenfalls die Verwendung von freien Redepassagen zur Hörgeräteanpassung propagiert. Er hat jedoch längere Passagen verwendet, bei denen von einer relativ homogenen Pegelvarianz zwischen den Texten ausgegangen werden kann. Die Texte sollten allgemeinverständlich sein und keine spezifischen Inhalte aufweisen. Zu diesem Zweck wurden 150 Redepassagen aus Magazinen des Westdeutschen Rundfunks aufgezeichnet, "*die eine Länge von 56 bis 89 Wörtern und eine Rededauer von 30 bis 40 Sekunden hatten*" (SENDLMEIER 1993, S. 53). Die Allgemeinverständlichkeit von "*89 verschrifteten Redepassagen*" wurde mit 16 Pbn geprüft, "*die die Verständlichkeit nach einmaligem Lesen auf einer 5stufigen Skala beurteilten*" (SENDLMEIER 1993, S. 54; acht Männer, acht Frauen, 21 bis 64 Jahre alt, drei mit Hauptschulabschluß, sieben mit mittlerer Reife, vier mit Abitur, zwei mit Hochschulabschluß). Die Ergebnisse variierten zwischen 1.1 und 2.9 Skalenteilen, d.h. keiner der Texte war besonders schwierig zu verstehen. Texte mit Mittelwerten größer als 2.3 wurden dennoch

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

herausgenommen. Zur weiteren Absicherung wurde die Übereinstimmung zwischen den Wörtern der Redepassagen und dem LIMAS- und AUGST-Korpus überprüft. Die Korpora liefern eine aktuelle Statistik (1971) über die gebräuchlichsten Wörter der deutschen Sprache. Für die Übereinstimmung wurde ein Grenzwert von mindestens 95 Prozent festgelegt und alle Texte mit einem geringeren Wert herausgenommen. Übrig blieben 45 Texte, mit denen eine Messung der "objektiven" und der "subjektiven" Verständlichkeit erfolgte.

Die Texte wurden den Pbn binaural über Kopfhörer (Sennheiser HD 400) dargeboten. Mit einem Pb wurde der Schalldruckpegel bestimmt, bei dem für Normalhörige etwa 50%ige Verständlichkeit vorliegt. Dieser Schalldruckpegel betrug 7 dB, und mit ihm wurden alle weiteren Darbietungen vorgenommen. Für die beiden Messungen wurden unabhängige Versuchsgruppen verwendet. Die subjektive Beurteilung der prozentualen Verständlichkeit erfolgte mit 20 Pbn (10 Männer, 10 Frauen) zwischen 22 und 30 Jahren, die objektive Beurteilung durch wortwörtliche Niederschrift mit 10 Pbn (5 Männer, 5 Frauen) zwischen 23 und 38 Jahren. Die globalen Verständlichkeitsschätzungen in der subjektiven Messung schwankten zwischen 25.8% und 89.9%. Drei der 45 Redepassagen wurden nur zur Übung verwendet und nicht ausgewertet. Bei der objektiven Verständlichkeitsprüfung erhielt jeder Pb nur die Hälfte aller Passagen, da die Versuchsdauer sonst zu lange gewesen wäre. Für die Bearbeitung der 21 Redepassagen wurden im Mittel zwei Stunden benötigt. In die Auswertung wurden nur die richtig erkannten Inhaltswörter aufgenommen, da ihnen gegenüber den Funktionswörtern "*im Alltag vorrangige Bedeutung zukommt. ... Die gemittelten Erkennungsraten der 42 Passagen streuten zwischen 19% und 79,3%*" (SENDLMEIER 1993, S. 56). Die Korrelation zwischen den Mittelwerten der objektiven und subjektiven Messung betrug $r = 0.826$. Die mittleren subjektiven Einschätzungen lagen "*mit durchschnittlich 64.19% etwas höher als die objektiv ermittelten Erkennungsraten mit durchschnittlich 54,14%*" (SENDLMEIER 1993, S. 57).

Abbildung 7-1 zeigt die mittleren Ergebnisse für die subjektive und objektive Messung im Vergleich.

Aus den Ergebnissen der objektiven Messung wurde der Standardfehler berechnet und für diesen ein Konfidenzintervall von 3.78%. Für eine mittlere Erkennungsrate von 54.51% und einem Konfidenzintervall des Standardfehlers von 3.78% geht Sendlmeier davon aus, daß 11 der 42 Redepassagen in ihrem Schwierigkeitsgrad nicht unterscheidbar seien. Auf der Basis dieser Ergebnisse, vor allem wenn man den sehr geringen Stichprobenumfang berücksichtigt, ist dieser Schluß statistisch nicht absicherbar, aber als Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen inhaltlich sicher vertretbar. Diese 11 Texte sind im Anhang *Sprachverständlichkeit - Texte von Sendlmeier* mit einem Stern (*) gekennzeichnet.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

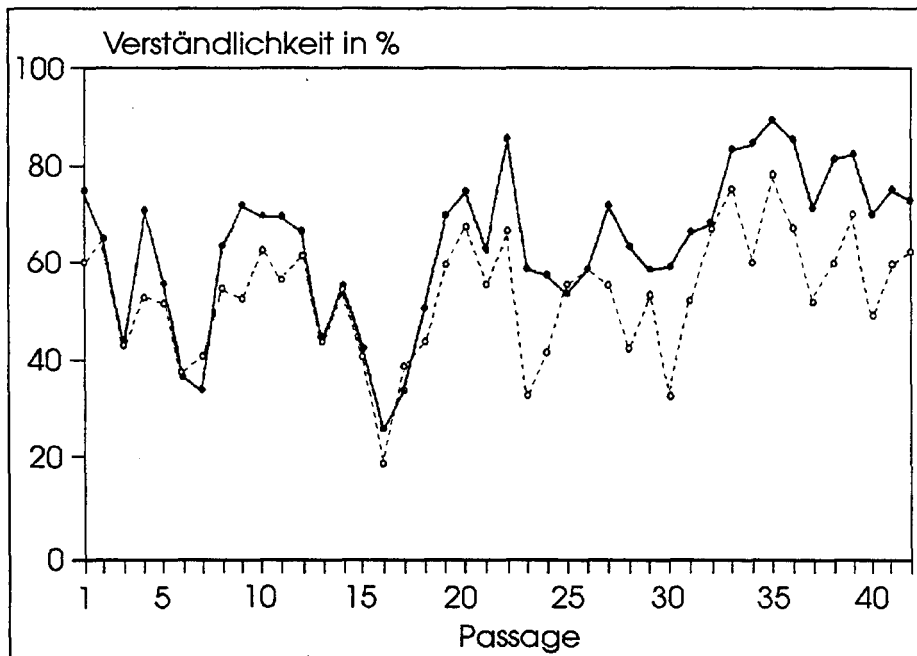


Abbildung 7-1: Mittlere Sprachverständlichkeit für die 42 Passagen fließender Rede nach der subjektiven Verständlichkeitseinstufung (durchgezogene Linie) und nach den objektiv ermittelten Erkennungsraten (gepunktete Linie). (Abbildung aus SENDLMEIER 1993, S. 57)

„Die elf verbleibenden Passagen, die - von 150 Passagen ausgehend - als Resultat der verbleibenden Analyseschritte bestimmt werden konnten, erscheinen als sprachliche Testmaterialien für die audiologische Praxis geeignet. Das überprüftermaßen reliable subjektive Schätzverfahren macht es möglich, sie ökonomisch einzusetzen, da die Passagen fließender Rede ausnahmslos alltagsprachliche Rede repräsentieren, können sie als ökologisch valide angesehen werden. Somit ist davon auszugehen, daß sie eine bessere Vorhersagbarkeit für die Sprachverständlichkeit im Alltag leisten können als zur Zeit gebräuchliche Einsilbertests.“ (SENDLMEIER 1993, S. 58)

Leider werden auch bei dieser Untersuchung keine interindividuellen Varianzen mitgeteilt, weshalb auch keine endgültige Beurteilung der Reliabilität möglich ist. Die Korrelation zwischen subjektiver und objektiver Messung erfolgte, aufgrund der unabhängigen Stichproben, über deren Mittelwerte, so daß sie sehr wahrscheinlich überschätzt wurde.

7.1.5 Zusammenfassende Betrachtung

Alle berichteten Untersuchungen konnten zeigen, daß im Mittel keine größeren Abweichungen zwischen „objektiv“ gemessenen und „subjektiv“ eingeschätzten Verständlichkeitschwellen besteht. SPEAKS et al. fanden eine Korrelation von 0.84 zwischen beiden Maßen, WESSELKAMP und KOLLMEIER ermittelten eine Schwellendifferenz von -4 dB, wobei in beiden Untersuchungen die subjektive Schätzung bessere Verständlichkeiten ergab. SENDLMEIER stellte eine mittlere Differenz von 10.05 Prozent zwischen beiden Verfahren fest, wobei die subjektive Einschätzung der Verständlichkeit ebenfalls über der objektiv ermittelten lag. Für alle Untersuchungen gilt, daß eine Abhängigkeit der Schwellen in dB SR von der Steilheit der Verständlichkeitsfunktion vorliegt. Bei WESSELKAMP und KOLLMEIER wurde diese explizit

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

ermittelt, bei SENDLMEIER ergibt sich dies zwingend aus dem prozentual angegebenen Schätzfehler, der bei verschiedener Steilheit unterschiedlichen dB-Umfängen entspricht. Die Ergebnisse sind trotz des systematischen Fehlers vielversprechend, da sie mit unterschiedlichen Methoden erzielt wurden.

Bis auf Speaks et al. verzichteten die Autoren leider auf die Mitteilung von interindividuellen Varianzen und die explizite Angabe von individuellen psychometrischen Verständlichkeitsfunktionen, so daß eine Abschätzung des maximalen Fehlers im Einzelfall nicht möglich ist.

7.2 Die Entwicklung eines neuen Ansatzes

Die oben geschilderten Ergebnisse anderer Forschergruppen zeigen, daß es prinzipiell möglich ist, die globale Sprachverständlichkeit über subjektive Skalierung reliabel und valide zu messen. Die subjektive Einschätzung der Verständlichkeit von längeren allgemeinverständlichen Redepassagen könnte daher eine sehr schnelle Optimierung der Hörgeräteeinstellung auf alltagsrelevante Sprach- bzw. Gesprächssituationen ermöglichen, wenn die eingesetzte Befragungstechnik eine hohe Reliabilität gewährleistet. Die Reliabilität des Verfahrens kann unter anderem durch spezifische und unspezifische Übungseffekte und Personenvariablen wie Intelligenz, Bildung und Sprechfertigkeit gemindert werden. Spezifische Übungseffekte liegen dann vor, wenn während einer Messung Texte wiederholt dargeboten werden und die Verständlichkeit beim ersten Hören einen Einfluß auf die Verständlichkeit der folgenden Darbietungen hat. D.h. beim zweiten und dritten Hören führen die bereits verstandenen Abschnitte dazu, daß der Rest des Textes leichter verstanden werden kann, unabhängig davon, ob die vorgenommene Veränderung der Hörgeräteeinstellung tatsächlich eine Verbesserung darstellt oder nicht. Die Ergebnisse von WESSELKAMP & KOLLMEIER zur Herstellung eines Signalrauschabstands mit 50%iger Verständlichkeit lassen - wie oben schon diskutiert - einen spezifischen Übungseffekt, also eine Verbesserung der Verständlichkeit bei wiederholter Darbietung desselben Textes vermuten. Gibt es einen derartigen Übungseffekt, dann sollte er, wie SENDLMEIER es fordert, durch die Verwendung unterschiedlicher Texte ausgeschlossen werden. Zunächst muß er jedoch durch gezielte Untersuchung nachgewiesen oder ausgeschlossen werden. Darüber hinaus wird die Verständlichkeit längerer Redepassagen sehr stark vom Kontext bestimmt, was zunächst dagegen spricht, daß eine optimale Verstärkungscharakteristik gefunden wird, die unabhängig von Wortschatz, Bildung und Sprechfertigkeit ist. Überdurchschnittlich gebildete Menschen mit großem Wortschatz und hoher Sprechfertigkeit müßten, bei mittlerer Schwierigkeit und gleichen auditiven Repräsentationen, eine höhere Textverständlichkeit zeigen als Menschen mit geringerer Bildung und Sprechfertigkeit. Eine reine Optimierung auf der Basis der verstandenen Textmenge kann demnach zu einer Hörgeräteeinstellung führen, die im Alltag ein sehr hohes Maß an Konzentration und Anstrengung erfordert, um über längere Zeit einem Gespräch folgen zu können. Berücksichtigt man bei der Hörgeräteanpassung jedoch zusätzlich den kognitiven Aufwand, der zur Erreichung der Verständlichkeit aufgewandt werden muß, kann diese Fehleinstellung vermieden werden.

Die oben skizzierten Untersuchungen zeigen, daß eine reliable Einschätzung der aktuell gegebenen Verständlichkeit möglich ist. Leider wurden keine Angaben über inter- und intraindividuelle Varianzen gemacht. Es läßt sich demnach nicht beurteilen, ob die Einschätzung der Verständlichkeit in Prozent eine ausreichende Differenzierung im Übergangsbereich zwischen 100% und 0% erlaubt. Es steht außer Frage, daß reliabel beurteilt werden kann, ob alles bzw.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

nichts verstanden wurde. Es sollte demnach eine Skala und eine Skalierungstechnik verwendet werden, die eine möglichst gute Bestimmung der Verständlichkeitsfunktion zwischen 100% und 0% Verständlichkeit erlaubt.

WESSELKAMP & KOLLMEIER ließen auch die Sprachübertragungsgüte skalieren, wobei allerdings eine Skala eingesetzt wurde, bei der eine Vermischung von quantitativer Angabe der Verständlichkeit und der dazu notwendigen Anstrengung vorliegt. Die damit bestimmten Sprachgüteschwellen liegen etwas schlechter, als die objektiv gemessenen Verständlichkeitschwellen. Damit ist tendenziell gezeigt, daß über die Skalierung der Anstrengung eine Differenzierung des geleisteten kognitiven Aufwandes vorgenommen werden kann. Dies muß jedoch durch die simultane Verwendung einer reinen Anstrengungsskala und einer reinen Verständlichkeitsskala deutlich herausgearbeitet werden und die funktionale Beziehung zwischen beiden Phänomenen aufgeklärt werden.

7.2.1 Übersicht über die vorbereitenden Untersuchungen

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden insgesamt drei Untersuchungen zur Entwicklung eines Verfahrens der globalen Einschätzung von Sprachverständlichkeit durchgeführt. Die erste Untersuchung war die umfangreichste und sollte als Explorationsuntersuchung vorläufige Antworten auf die Fragen nach der „richtigen“ Verständlichkeitsskala, eines möglichen Übungseffekts und des Zusammenhangs zwischen Sprachverständlichkeit, zum Verstehen notwendiger Anstrengung und Übertragungsqualität liefern und die Datenbasis für die weitere Versuchsplanung bilden. Mit der zweiten Untersuchung wurde der in der Explorationsuntersuchung tendenziell vorhandene Übungseffekt quantifiziert und die dritte Untersuchung diente dem Erfahrungsgewinn mit der Verständlichkeitsherstellung mit der Methode des aufsteigenden Grenzverfahrens. **Tabelle 7-1** gibt einen Überblick über die methodischen Aspekte der drei Untersuchungen.

Untersuchung	Fragestellung	Probanden	Versuchsgruppen
1	Ermittlung der Verständlichkeitsskala Ermittlung eines potentiellen Übungseffekts Ermittlung des Zusammenhangs zwischen: a) Verständlichkeit/Anstrengung b) Verständlichkeit/Übertragungsqualität c) Übertragungsqualität/Anstrengung	72	3, split-plot
2	Quantifizierung des Übungseffekts	21 / 23	2, unabhängig
3	Prüfung der Eignung der Methode Verständlichkeitsherstellung zur Messung von Verständlichkeitsfunktionen.	9	1

Tabelle 7-1: Übersicht über die drei vorbereitenden Untersuchungen

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

7.2.1.1 Versuchsplan und Methodik der Explorationsuntersuchung

7.2.1.1.1 Probanden

Probanden waren im wesentlichen Psychologiestudentinnen und Psychologiestudenten des 1. - 4. Fachsemesters im Alter von 19 bis 35 Jahren mit einem arithmetischen Mittel von 22.8 Jahren und einem Median von 21 Jahren. Aufgrund der benötigten hohen Anzahl von 72 Probanden, wurden auch einige Studentinnen und Studenten aus anderen Fachbereichen untersucht, die Bekannte der Versuchsleiterinnen waren. Es wurde darauf geachtet, daß alle Probanden weitgehend normalhörig waren. Dazu wurde vor jeder Untersuchung eine binaurale Hörschwellenbestimmung mit einem offenen Kopfhörer AKG K1000 bei den fünf Frequenzen 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz und 8000 Hz durchgeführt.

7.2.1.1.2 Unabhängige Variablen

a) Testschallpegel

Die Testschallpegel waren so gewählt, daß zum einen der Übergangsbereich von 100% zu 0% Verständlichkeit ausreichend genau erfaßt wird und zusätzlich auch einige Schallpegel bis zu etwa mittellauter Sprache vorkommen. Auf diese Weise wird der Verlauf der aufgewendeten Anstrengung auch in einem Pegelbereich aufgeklärt, in dem die Verständlichkeit 100% beträgt. In einem Vorversuch wurde für mittellauter Sprache ein Schallpegel von 64 dB SPL ermittelt und die Schallpegel, bei denen die Redepassagen gerade eben mit *nichts verstanden* bezeichnet wurden, lagen im Bereich von 14-20 dB SPL. Um den Übergang auch für Probanden mit leicht unterschiedlichem Gehör genau bestimmen zu können, wurden die Pegelstufen im lauterem Bereich größer und im voraussichtlichen Übergangsbereich feiner gewählt. In der nachfolgenden **Tabelle 7-2** sind die 12 verwendeten Schallpegel aufgeführt.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Schallpegel / dB SPL	14	16	18	20	22	24	28	34	39	54	59	64

Tabelle 7-2: In der Untersuchung eingesetzte Darbietungsschallpegel in dB SPL

b) Filterung

Die Skalierung der Übertragungsqualität kann nur dann reliable Ergebnisse liefern, wenn auch eine kräftige Variation auf dieser Wahrnehmungsdimension vorliegt. Bei optimal aufgenommenen Texten könnte eine Veränderung der Qualität nur dann vorliegen, wenn der Schallpegel so niedrig ist, daß nicht mehr alle Merkmale der Sprache gehört werden können. Bei der angestrebten Messung der Verständlichkeitsfunktion und des Anstrengungsverlaufs über einen großen Pegelbereich ist keine ausreichende Variation der Klangqualität zu erwarten. Aus diesem Grund wurden die Texte zusätzlich zwei Filterungen unterzogen: einer Tiefpasfilterung, bei der das Signal zwischen den Frequenzen 500 Hz und 2000 Hz von 0% bis 100% gedämpft wird, und eine Bandpaßfilterung, bei der das Signal zwischen 100 Hz und 1600 Hz von 100% bis 0% und zwischen 1600 Hz und 3200 Hz von 0% bis 100% gedämpft wird. Die Filterung wurde mit Hilfe einer Fast-Faltung realisiert. Die resultierenden Frequenzgänge sind für den zweiten Satz des Texts 39 in **Abbildung 7-2** als Dauerspektren abgebildet.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

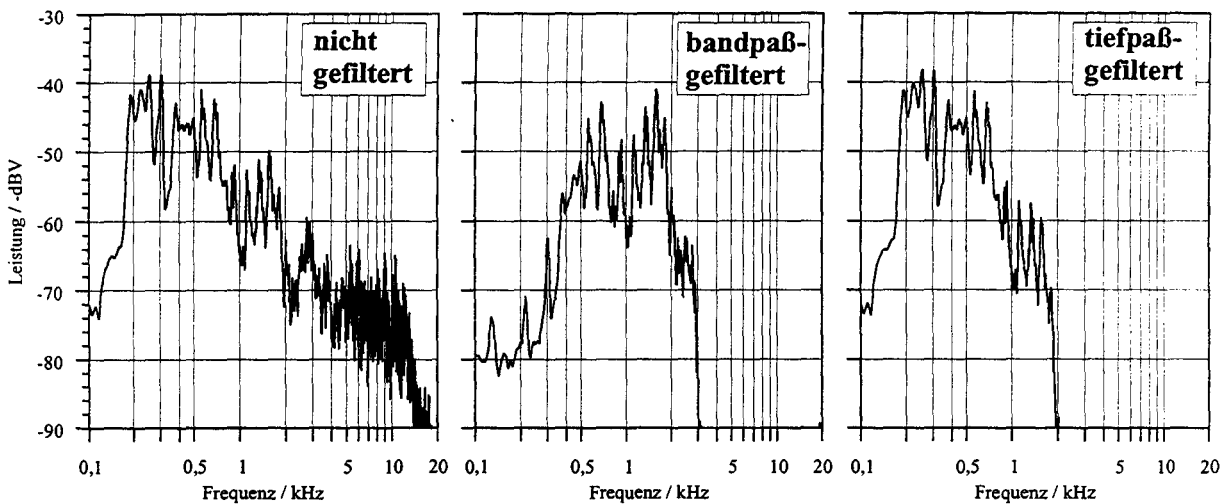


Abbildung 7-2: Die Frequenzgänge des zweiten Satzes der Originalaufnahme von Text 39, des bandpaßgefilterten Samples und des tiefpaßgefilterten Samples als Dauerleistungsspektren (24 Fenster). FFT-Parameter: $\Delta t = 22 \mu\text{s}$, HANN-Fenster, $N = 8192$ Werte, Fensteroffset = 8192 Werte.

c) Material

Als Texte boten sich die Redepassagen an, die SENDLMEIER (1993) für seine Untersuchungen verwendet hat. Sie sind bezüglich ihrer Allgemeinverständlichkeit und ihrer Übereinstimmung mit der Phonemverteilung der deutschen Sprache optimiert. Für 11 der 45 Redepassagen wurde eine hohe Übereinstimmung der objektiv gemessenen und subjektiv beurteilten Sprachverständlichkeit bei einer mittleren Verständlichkeit von ca. 54% festgestellt. Diese 11 Texte sind dazu geeignet individuelle Verständlichkeitsfunktionen zu bestimmen. Aus der Anzahl der Stufen der Faktoren **Testschallpegel** (12) und **Filterung** (3) wird deutlich, daß mindestens 12 Texte für eine günstige Gestaltung des Versuchsdesigns notwendig sind. Aus diesem Grund wurde zunächst ein Text zufällig aus den restlichen 34 Redepassagen ausgewählt, der die 11 gleichverständlichen Texte ergänzen sollte, und anschließend weitere fünf Texte, die in einer Übungsphase vor dem Versuch verwendet wurden. Diese 17 Texte sind im Anhang *Sprachverständlichkeit - Texte von Sendlmeier* aufgelistet, wobei die 11 gleichverständlichen Texte mit einem * gekennzeichnet sind.

Die Redepassagen wurden von einer 28 Jahre alten Sprecherin neu aufgesprochen. Ihre Aussprache ist klar und dialektfrei. Für die Aufnahme wurde bei allen Texten auf einen vergleichbaren Stimmaufwand geachtet. Die Aufnahme erfolgte in einem schall- und reflexionsgedämpften Kellerraum des Institutes. Es wurde ein Kondensator Solisten-Mikrofon BEYERDYNAMIC MC 734 an einem Mikrofonvorverstärker BEHRINGER Pre-Q MIC502 verwendet. Der Aufnahmeabstand betrug ca. 50 cm. Die Redepassagen wurden mit einem DAT-Rekorder aufgezeichnet, anschließend auf einen Computer ATARI TT030 übertragen und in ihrem Schallpegel aneinander angeglichen.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

7.2.1.1.3 Abhängige Variablen

a) Verständlichkeitsskalen

Um eine möglichst differenzierte und reliable Messung des Übergangsbereiches von 100% zu 0% Prozent Verständlichkeit zu erreichen, muß eine Skala gefunden werden, deren Kategorien von jedem Probanden jeweils die gleiche relative Verständlichkeit zugeordnet wird und deren Differenzierung der Anzahl unterscheidbarer Verständlichkeitsstufen entspricht.

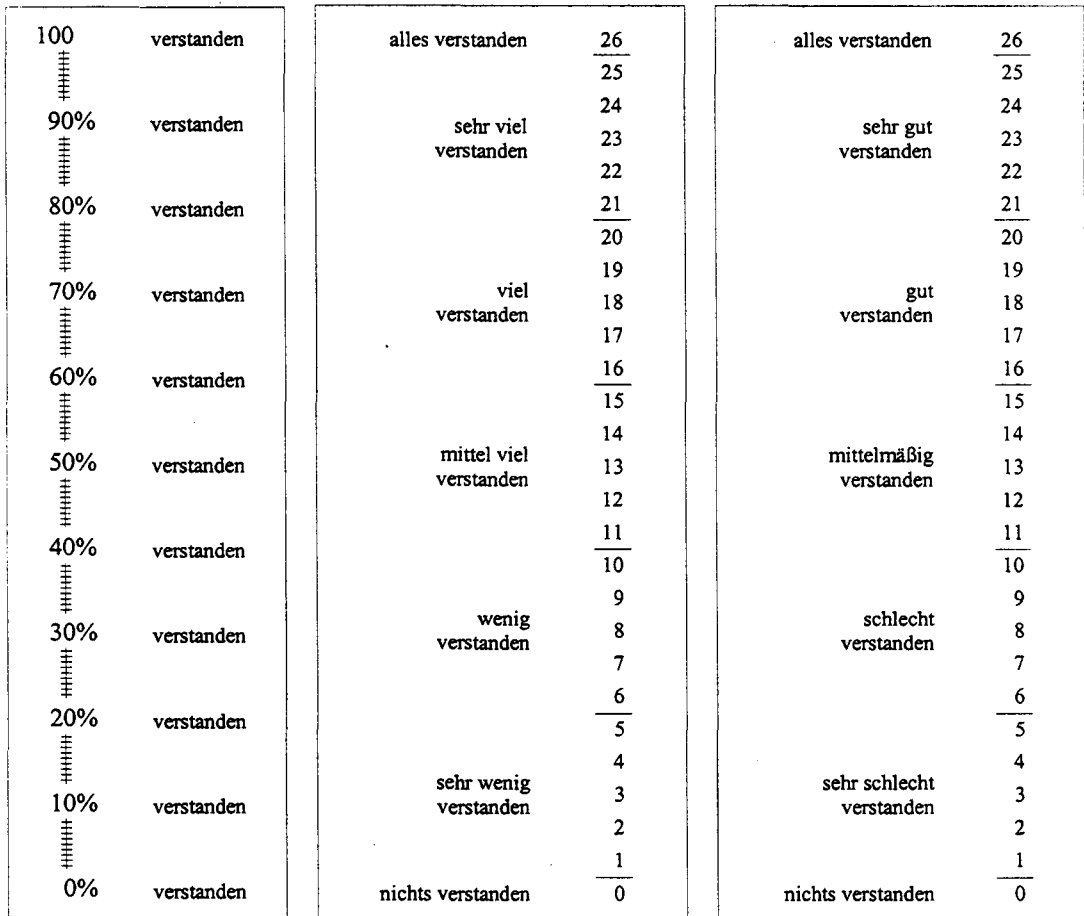


Abbildung 7-3: Die drei Verständlichkeitsskalen: Prozentskala, "viel-wenig"-Skala, "gut-schlecht"-Skala

Wir haben uns in dieser Untersuchung für drei Verständlichkeitsskalen entschieden: zum einen für die bereits von anderen Autoren wiederholt eingesetzte Prozentskala und zum anderen für zwei numerisch unterteilte Kategorienskalen. Die letzteren sind aus fünf Kategorien mit jeweils 5 Unterteilungsstufen und den Polen *alles verstanden* und *nichts verstanden* gebildet. Bei einer Skalenversion werden die verbalen Kategorien mit *sehr wenig verstanden*, *wenig verstanden*, *mittel viel verstanden*, *viel verstanden* und *sehr viel verstanden* bezeichnet (im Folgenden: "viel-wenig"-Skala), bei der anderen Skalenversion mit *sehr schlecht verstanden*, *schlecht verstanden*, *mittelmäßig verstanden*, *gut verstanden* und *sehr gut verstanden* bezeichnet (im Folgenden: "gut-schlecht"-Skala). **Abbildung 7-3** zeigt die drei Skalen, wie sie den Pbn vorgelegt wurden. Bei der Prozentskala sind die Beschriftungen zugunsten der Übersichtlichkeit nur in Abständen von jeweils 10% numerisch erfolgt, die Verwendung von Zwi-

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

schenschritten wird den Probanden in der Instruktion aber ausdrücklich nahegelegt. Der genaue Wortlaut der Instruktion kann dem Anhang *Sprachverständlichkeit - Instruktionen* entnommen werden.

b) Anstrengung

Für die Skalierung der zum Verstehen notwendigen Anstrengung wurde ebenfalls eine numerisch unterteilte Kategorienskala gewählt. Sie ist aus vier Verbalkategorien mit jeweils 5 numerischen Unterteilungen gebildet. Die verbalen Kategorien sind *mit überhaupt nicht anstrengend*, *etwas anstrengend*, *anstrengend* und *sehr anstrengend* bezeichnet. **Abbildung 7-4** zeigt links die Anstrengungsskala, wie sie den Pbn vorgelegt wurde. Die Pbn wurden instruiert, sich auch bei einer schlechten Klangqualität und einer sehr leisen Übertragung zu bemühen so viel zu verstehen, wie nur möglich. Auf der Anstrengungsskala sollten sie dann angeben, wie groß die zum Verstehen notwendige Anstrengung war.

c) Übertragungsqualität

Für die Beurteilung der Übertragungsqualität wurden zwei Aspekte herausgegriffen. Die Klarheit der Übertragung als ein Detailaspekt, und die Gesamtqualität als Globalkriterium.

Die Klarheit der Übertragung ist eine wichtige, die Verständlichkeit und Anstrengung determinierende Dimension. Die Zuordnung von verbalen Bezeichnungen zu den Kategorien der Steigerungsreihe ist nicht so einfach. Das positive Ende der Skala ist mit *sehr klar* und *klar* eindeutig gekennzeichnet und eine neutrale Mitte gibt es bei dieser Dimension nicht. Das negative Ende der Skala ist jedoch nicht so eindeutig zu bezeichnen, da sich je nach der Veränderung des Frequenzgangs unterschiedliche Klangeindrücke ergeben. Ist der Frequenzgang tiefpassig, dann ist das Gehörte am ehesten mit verschwommen zu bezeichnen, ist der Frequenzgang dagegen eher mittenbetont, d.h. die Tiefen und Höhen sind stark gedämpft, dann ist der Klang eher mit unklar/undeutlich zu beschreiben. Aus diesem Grund wurden die Kategorien, die eine reduzierte Klarheit beschreiben, mit zwei verbalen Bezeichnungen belegt: *etwas unklar/verschwommen*, *unklar/verschwommen* und *sehr unklar/verschwommen*. In der Instruktion wurde den Pbn erläutert, daß diese Begriffe nicht als synonym zu verstehen sind, sondern je nach Veränderung der Übertragung eher der eine oder der andere Begriff zutrifft.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

	20		2		2
	19	sehr klar	2	sehr gute Qualität	2
sehr anstrengend	18		2		2
	17		2		2
	16		2		2
	15	klar	1	gute Qualität	1
	14		1		1
anstrengend	13		1		1
	12		1		1
	11	etwas unklar	1	mittlere Qualität	1
	10	etwas verschwommen	1		1
	9		1		1
etwas anstrengend	8		1		1
	7		9	schlechte Qualität	9
	6	unklar	8		8
	5	verschwommen	7		7
	4		6		6
überhaupt nicht anstrengend	3		5		5
	2	sehr unklar	4	sehr schlechte Qualität	4
	1	sehr verschwommen	3		3
			2		2
			1		1

Abbildung 7-4: Anstrengungsskala und die zwei Qualitätsskalen: Klarheit und Gesamtqualität

Die Skala der Gesamtqualität sollte den Pbn die Möglichkeit geben, den Gesamteindruck der Übertragungsqualität abzubilden. Sie sollte unter dem Aspekt beurteilt werden, daß die gerade eingestellte Übertragungscharakteristik von einem vom Probanden getragenen Hörgerät erzeugt wird und mit dieser Einstellung über einen längeren Zeitraum gehört werden muß. Die verbalen Bezeichnungen der Kategorien waren *sehr gute Qualität*, *gute Qualität*, *mittlere Qualität*, *schlechte Qualität* und *sehr schlechte Qualität*. **Abbildung 7-4** zeigt die Klarheitsskala und die Gesamtqualitätsskala.

d) Textwiederholung

Da die Möglichkeit besteht, daß die Differenz zwischen subjektiver und objektiver Bestimmung der Verständlichkeitsschwelle in der Untersuchung von Wesselkamp & Kollmeier zumindest zum Teil auf das wiederholte Hören desselben Textes bei der Herstellung des Schwellen-Signalrauschabstands beruht, sollte der Effekt einer mehrfachen Darbietung auf die Beurteilung mit allen Skalen überprüft werden. Dazu sind mehrere Durchgänge mit jeweils gleicher Abfolge der Bedingungen innerhalb der Durchgänge erforderlich. Um Zeiteffekte wie Ermüdung und Konzentrationsabfall minimal zu halten, sind nicht mehr als zwei Wiederholungen möglich.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

7.2.1.1.4 Versuchsdesign

Das Grundproblem bei der Erstellung des Versuchsdesigns war die eingeschränkte Zahl an gleich verständlichen Texten. Da eine Meßwiederholung, wegen ihres potentiellen Einflusses auf die Beurteilung der Verständlichkeit, Anstrengung und Qualität, als eigener Faktor in den Versuch aufgenommen wurde, stehen je Pb und Durchgang nur 12 unabhängige Meßpunkte zur Verfügung. Die oben aufgeführten Stufen der unabhängigen und abhängigen Variablen sind deshalb nur mit einem split-plot-Design integrierbar. Dazu werden die Faktoren und Faktorstufen sinnvoll auf abhängige und unabhängige Versuchsgruppen aufgeteilt.

Um eine ausreichende Variation der Übertragungsqualitäten - als Voraussetzung zur Vermeidung von Kontexteffekten - zu erreichen, waren die Texte zusätzlich zur Originalversion bandpaß- und tiefpaßgefiltert. Dieser Faktor muß also mit allen drei Stufen bei jedem Probanden (= abhängig) vorkommen. Bei einer gleichmäßigen Kombination aller Faktorstufen bleiben vier Texte ($12/3=4$) für die weiteren Faktoren übrig.

Ein weiteres zentrales Anliegen der Untersuchung ist es, den Zusammenhang zwischen der Verständlichkeit, der damit verbundenen Anstrengung und der wahrgenommenen Übertragungsqualität über dem Schallpegel zu ermitteln. Dieser Zusammenhang kann sinnvollerweise nur mit einer abhängigen Messung gefunden werden. Jeder Proband muß für jeden Text sowohl dessen Verständlichkeit, die dazu notwendige Anstrengung, die Klarheit der Übertragung und die Gesamtqualität der Wiedergabe beurteilen.

Für die Messung der Verständlichkeit sind drei verschiedene Skalen erstellt worden, für die jeweils die interindividuelle Varianz ermittelt werden soll. Hier sind unabhängige Versuchsgruppen angebracht, da mit Übertragungseffekten zwischen den einzelnen Messungen gerechnet werden muß. D.h. es besteht die Möglichkeit, daß die verschiedenen Verständlichkeitsskalen von den Probanden jeweils mit einem bestimmten Skalierungsverhalten gehandhabt werden, welches dann auf die nachfolgenden Skalen übertragen wird. In diesem Fall wäre die Reihenfolge der Skalen im Versuch von entscheidender Bedeutung auf das Ergebnis und sie müßte mehr oder weniger aufwendig ausbalanciert werden (vollständige Permutation = 6 Reihenfolgen oder lateinische Permutation = 3 Reihenfolgen). Dies würde aber zu einer erheblichen Vergrößerung (Faktor 3 oder 6!) der notwendigen Anzahl an Probanden führen und es stünden keine Meßpunkte für die Variation der Schallpegel mehr zur Verfügung.

Für eine zuverlässige Ermittlung des Zusammenhangs zwischen Verständlichkeit, Anstrengung und Qualität müssen die vier noch zur Verfügung stehenden Meßpunkte für die Variation des Schallpegels verwendet werden. Oben wurde festgestellt, daß mindestens 12 Schallpegel notwendig sind, um diesen Zusammenhang ausreichend gut zu bestimmen. Das bedeutet, daß die Schallpegel auf abhängige und unabhängige Versuchsgruppen aufgeteilt werden müssen. Bei vier abhängigen Schallpegeln werden 3 unabhängige Gruppen benötigt. Teilt man die 12 Schallpegel jeweils mit einem Offset von zwei Pegelstufen auf, wird in jeder unabhängigen Versuchsgruppe in etwa der gesamte Schallpegelbereich untersucht. Das heißt in Gruppe 1 die Schallpegel 14, 20, 28 und 54 dB SPL, in Gruppe 2 die Schallpegel 16, 22, 34 und 59 dB SPL und in Gruppe 3 die Schallpegel 18, 24, 39 und 64 dB SPL. Unter der Voraussetzung, daß alle Probanden normalhörig sind und keine sonstigen Störvariablen wirken, kann der Verlauf der Skalierungen über alle Schallpegel als einheitlicher Verlauf interpretiert werden, ansonsten muß er für jede Gruppe getrennt bestimmt werden.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

Aus dieser Aufteilung ergibt sich folgende Anzahl unabhängiger Versuchsgruppen: drei Pegelbereichsgruppen mal drei Verständlichkeitsskalengruppen = neun unabhängige Gruppen. Da die Rekrutierung der Probanden im wesentlichen nur aus den Psychologiestudenten im Grundstudium erfolgen kann, sind maximal zehn Probanden je Gruppe verfügbar. Aus den freiwilligen Meldungen und zusätzlicher Organisation von Nicht-Psychologiestudenten ergab sich eine tatsächliche Gruppengröße von acht Pbn. Die Gesamtzahl an Probanden beträgt damit $3 \cdot 3 \cdot 8 = 72$.

Jeder Proband wird, unabhängig von der Pegelgruppe und der Verständlichkeitsskala, bei drei Filterbedingungen (Original, Bandpaß, Tiefpaß) mit jeweils vier Schallpegeln untersucht. Diese Schallpegel sind bei allen Filterbedingungen jeweils gleich. **Tabelle 7-3** zeigt die Zuordnung der 12 Texte auf die Pegel- und Filterbedingungen. Die Zuordnung zu relativen Pegelstufen (lautester ... leisester Pegel innerhalb der Gruppe) erfolgte durch Ziehen ohne Zurücklegen und ist damit über die Pegelgruppen hinweg konstant.

Abfolge	Text-Nr.	Filterbed.	Pegelbed.	A [dB SPL]	B [dB SPL]	C [dB SPL]
a	7	keine	P1	64	64	64
b	15	Bandpaß	P2	45	45	45
c	22	Tiefpaß	P3	45	45	45
d	25	keine	P4	14	14	14
e	44	Tiefpaß	P3	24	24	24
1	31	Bandpaß	P2	39	34	28
2	26	Bandpaß	P3	24	22	20
3	33	Tiefpaß	P1	64	59	54
4	3	keine	P3	24	22	20
5	29	Bandpaß	P1	64	59	54
6	16	Tiefpaß	P4	18	16	14
7	39	keine	P1	64	59	54
8	27	Bandpaß	P4	18	16	14
9	23	Tiefpaß	P2	39	34	28
10	11	keine	P2	39	34	28
11	4	Tiefpaß	P3	24	22	20
12	9	keine	P4	18	16	14

Tabelle 7-3: Zuordnung der 17 Texte von Sendmeier (1993) in Demonstration (Abfolge: a-e) und Test (Abfolge: 1-12) zu den Schallpegeln und Filterbedingungen. A, B und C stehen für die 3 unabhängigen Pegelgruppen. P1, P2, P3 und P4 bezeichnen jeweils den lautesten, ..., leisesten Pegel jeder Filterbedingung.

7.2.1.1.5 Versuchsraum und Darbietungstechnik

Alle Versuche wurden im demselben schall- und reflexionsgedämpften Kellerraum des Instituts durchgeführt, in dem auch die Aufnahmen stattfanden. Die Schwellenmessung zur Überprüfung der Normalhörigkeit wurde mit der Standard-Hörfeldapparatur durchgeführt: Atari STE-Computer mit DA-Wandler, AKG K1000 Amplifier und AKG K1000 Kopfhörer (Lautsprecher maximal abgeklappt).

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

Für die subjektive Beurteilung der Sprachverständlichkeit und der Übertragungsgüte wurden die Texte mit einem DAT-Rekorder SONY E57 abgespielt, mit einem digitalen Verstärker LUXMAN LV113 verstärkt und über einen Lautsprecher VISATON NF400 (Nahfeldmonitor) wiedergegeben. Der Lautsprecher war auf einem speziellen Ständer plaziert, der in der Höhe so justiert werden konnte, daß die Gehäusemitte und die Kopfmittle der Pb auf einer horizontalen Achse lagen. Der Sitzabstand der Probanden zum Lautsprecher wurde individuell so gewählt, daß der Abstand von der Vorderfront des Lautsprechers zum Gehörgangseingang jedes Probanden einen Meter betrug.

7.2.1.1.6 Versuchsablauf und Instruktion

Jede Untersuchung begann nach einer allgemeinen Instruktion zu den Versuchszielen mit einer binauralen Bestimmung der absoluten Hörschwelle über Kopfhörer. Anschließend erfolgte eine spezifische Instruktion zum Ablauf der Sprachbeurteilung. Dazu wurden die Skalen und die zweistufige Skalierung mit der Kategorienunterteilung erläutert. Damit der Proband während der ca. 30 sekundigen Darbietung der Texte alle vier Urteile ohne störende Kommunikation mit der Versuchsleiterin bzw. dem Versuchsleiter abgeben konnte, waren die vier Skalen nebeneinander auf einem DIN A4-Blatt angeordnet (von links nach rechts: Verständlichkeit, Klarheit, Anstrengung, Gesamtqualität), welches sich auf einem Metallbrett befand. Neben jeder Skalenüberschrift befand sich ein kleiner magnetischer Pfeil, mit dem der Proband das jeweilige Urteil markieren konnte. Er hatte die Freiheit, zum einen die Reihenfolge der Skalen selbst zu bestimmen und während der Darbietung seine Urteile noch zu modifizieren. Nach jeder Darbietung teilte er der VersuchsleiterIn seine Urteile mit und positionierte die Pfeile wieder neben der Skalenüberschrift. Die Darbietung der drei Durchgänge erfolgte ohne Pause, so daß der Proband nicht über die Wiederholung orientiert war. Zu Beginn des Versuchs wurden zur Übung 5 Texte vorgespielt, die eine Orientierung über die vorkommenden Verständlichkeits- und Qualitätsunterschiede liefern sollte. Der Proband skalierte diese Texte, ohne seine Urteile der VersuchsleiterIn mitzuteilen. Auf diese Weise sollte vermieden werden, daß sich ungünstige Anfangsstrategien (aufgrund mangelnder Orientierung) durch den gesamten Versuch ziehen können. Der Proband konnte sich also „unverbindlich“ über die Serie orientieren und der VersuchsleiterIn nach der Orientierung noch Fragen stellen, wenn er Schwierigkeiten mit dem Umgang mit einer Skala hatte. Der Wortlaut der Instruktionen kann dem Anhang *Sprachverständlichkeit - Instruktionen* entnommen werden. Nach Abschluß aller Textbeurteilungen wurde der Pb dazu befragt, wie gut er mit den verschiedenen Skalen zurechtgekommen ist, ob er noch zusätzliche Skalen benötigt hätte, um die Verständlichkeit und Übertragungsqualität zu beschreiben (wenn ja, welche), ob er auf einzelne Skalen hätte verzichten können, ob die Skalen ausreichend oder zu stark differenziert waren und ob die Variationen des Materials alle Skalenbereiche abgedeckt hatten.

7.2.1.1.7 Kalibrierung

Die Sprachaufnahmen wurden jeweils über die RMS-Amplitude eines pegeltypischen Satzes kalibriert und auf DAT-Band aufgezeichnet. Für die spätere Kalibrierung des DAT-Bandes wurde zusätzlich ein 1000 Hz-Sinuston aufgenommen. Der Verstärker wurde so eingestellt, daß in einem Meter Abstand zum Visaton-Lautsprecher an der Stelle des Kopfes der Proband der Schalldruck in dB SPL für die lautesten Pegelstufen 64 dB SPL betrug. Die Kalibrierung

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

erfolgte anschließend über die Spannung des Kalibriertons am Kopfhörerausgang des Verstärkers.

7.2.1.2 Versuchsplan und Methodik zur Ermittlung eines spezifischen Übungseffekts

Für die intraindividuelle Bestimmung des Übungseffektes, d.h. der Verbesserung der Verständlichkeit bei mehrfachem Hören eines Texts, wird für jeden Probanden die Verständlichkeitsfunktion einmal mit verschiedenen Texten und einmal mit immer demselben Text bei jedem Darbietungspegel gemessen und die Differenz in dB SPL zwischen den Funktionen bestimmt. Probanden waren 44 normalhörige PsychologiestudentInnen des Grundstudiums (1.-4. Semester).

7.2.1.2.1 Unabhängige Variablen

Es wurden die 11 Redepassagen von Sendlmeier verwendet, die dieser als gleichverständlich ermittelt hat (diese sind im Anhang *Sprachverständlichkeit - Texte von Sendlmeier* mit einem * gekennzeichnet). Aufsprache und Kalibrierung entsprechen derjenigen der Explorationsuntersuchung. Für eine genaue individuelle Bestimmung der Verständlichkeitsfunktion werden 10 Darbietungspegel in 3 dB Stufen zwischen 14 dB SPL und 41 dB SPL verwendet. Um eine unterschiedliche Wirkung der Übung in Abhängigkeit vom Verständlichkeitsniveau feststellen zu können, ist es günstig, wenn die Verständlichkeitsfunktion möglichst flach verläuft. Aus diesem Grund wurden ausschließlich tiefpasgefilterte Aufnahmen verwendet. Die Filtercharakteristik ist dieselbe wie in der Explorationsuntersuchung und kann **Abbildung 7-2** auf Seite 187 entnommen werden.

7.2.1.2.2 Abhängige Variablen

a) Skalen

Als Verständlichkeitsskala wurde eine vereinfachte Version der „viel-wenig“-Skala der Explorationsuntersuchung verwendet. Sie ist weiterhin durch die Pole *alles verstanden* und *nichts verstanden* begrenzt, umfaßt aber nur noch drei jeweils fünffach unterteilte Verbalkategorien. Die Anstrengungsskala wurde logischer aufgebaut, indem auf die Unterteilung der Kategorie *überhaupt nicht anstrengend* verzichtet und diese ihrer Bezeichnung angemessen als Pol gekennzeichnet wurde. Beide Skalen sind in **Abbildung 7-5** dargestellt.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

Sprachverständlichkeit		Anstrengung beim Verstehen	
	16		15
alles verstanden	15		14
	14	sehr anstrengend	13
viel verstanden	13		12
	12		11
	11		10
	10		9
	9	anstrengend	8
mittelveil verstanden	8		7
	7		6
	6		5
	5		4
	4	wenig anstrengend	3
wenig verstanden	3		2
	2		1
	1	überhaupt nicht anstrengend	0
nichts verstanden	0		

Abbildung 7-5: Modifizierte Verständlichkeits- und Anstrengungskala

b) Textwiederholung

In der Explorationsuntersuchung wurde ein Text erst nach 12 Darbietungen wiederholt und insgesamt nur dreimal dargeboten. Mit dieser Vorgehensweise kann nur ein starker Effekt nachgewiesen werden, der lediglich im Bereich zwischen 50% und 100% Verständlichkeit zu erwarten ist. Aufgrund der individuellen Varianzen besteht nur eine geringe Chance ihn im Gruppenergebnis aufzufinden. Aus diesem Grund wurde in dieser Untersuchung ein und derselbe Text innerhalb von 15 Darbietungen bei allen 10 Schallpegeln dargeboten. Dies sollte sicherstellen, daß ein maximaler Effekt erzielt wird.

7.2.1.2.3 Versuchsdesign

Ausgehend von den 11 Texten, die Sendlmeier als gleichverständlich ermittelt hat und die bereits in der ersten Untersuchung zur globalen Einschätzung von Sprachverständlichkeit eingesetzt wurden, soll die individuelle Übergangsfunktion einmal mit 10 unterschiedlichen Texten gemessen werden und ein zweites Mal mit ein- und demselben Text. Die Übergangsfunktion wird dabei mit 10 Schallpegeln zwischen 14 dB SPL und 41 dB SPL bestimmt. Eine zufällige Anordnung der Darbietungspegel ist nicht sinnvoll, da davon auszugehen ist, daß eine relativ laute, deutlich zu verstehende Darbietung den Bekanntheitsgrad des Textes sprunghaft und erheblich steigert. Für eine aufsteigende Darbietungsreihenfolge vom niedrigsten zum höchsten Darbietungspegel ist mit dem geringsten Übertragungseffekt von einer zur nächsten Darbietung zu rechnen, bei einer Reihenfolge vom lautesten zum leisesten Darbietungspegel mit dem maximalen Übertragungseffekt. Aus diesem Grund werden beide Reihenfolgen mit unabhängigen Versuchsgruppen untersucht. Die Differenz in dB zwischen den Übergangsfunktionen bei der Messung mit verschiedenen Texten und der Messung mit demselben Text gibt Aufschluß über die Effektgröße. Um eine maximale Trennschärfe zu erreichen, werden diese beiden Übergangsfunktionen abhängig (also an denselben Probanden) gemessen.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

Itemnummer	Aufsteigende Serie		Absteigende Serie	
	Textnummer	Pegel / dB SPL	Textnummer	Pegel / dB SPL
A	44	54	44	54
B	25	24	25	24
C	22	16	22	16
D	15	34	15	34
E	7	22	7	22
1	39	14	4	38
2	7	44	25	14
3	33	20	11	41
4	15	32	15	22
5	31	17	9	32
6	29	26	16	35
7	22	32	44	44
8	26	23	26	29
9	23	29	26	23
10	25	14	22	34
11	16	35	29	26
12	9	32	31	17
13	44	44	7	44
14	11	41	33	20
15	4	38	39	14
16	27	14	27	38
17	7	44	25	14
18	27	20	27	41
19	15	32	15	22
20	27	17	27	32
21	27	26	27	35
22	22	42	44	44
23	27	23	27	29
24	27	29	27	23
25	25	14	22	34
26	27	35	27	26
27	27	23	27	17
28	44	44	7	44
29	27	41	27	20
30	27	38	27	14

Tabelle 7-4: Abfolge der Redepassagen für die beiden unabhängigen Versuchsgruppen *aufsteigende Serie* und *absteigende Serie*. Eingemischte Orientierungstexte sind grau unterlegt.

Prinzipiell muß auch mit einem unspezifischen Wiederholungseffekt gerechnet werden, der auf das Einhören in die Eigenart der Sprecherin und der Versuchssituation zurückgeführt werden kann. Aus diesem Grund werden vor dem eigentlichen Versuchsbeginn fünf andere Texte mit unterschiedlichen Verständlichkeiten vorgespielt und beurteilt. Eine streng aufsteigende oder absteigende Reihenfolge der Darbietungspegel birgt jedoch das Risiko von verfälschenden Skalierungseffekten. So ist denkbar, daß die Probanden jeder Darbietung einfach ein um ein oder zwei Skalenteile höheres Urteil zuordnen, ohne daß sich darin die tatsächliche Verständlichkeitsdifferenz ausdrückt und so Funktionen produzieren, die deutlich zu steil ausfallen. Um dies zu verhindern, werden Redepassagen eingemischt (die fünf Texte der Orientierungsserie), die eine zur Versuchsserie gegenläufige Pegelfolge haben und nicht in die Auswertung eingehen. Diese kommen zu Anfang eines Durchgangs häufiger vor als gegen Ende. Diese Maßnahme stellt sicher, daß jederzeit eine vollständige Orientierung über alle Ausprägungen von Verständlichkeit und Anstrengung gegeben ist und keine „mechanische“ Antwort der Probanden möglich ist.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

7.2.1.2.4 Versuchsanordnung

Der Versuch fand im selben schallgedämpften Kellerraum wie die Explorationsuntersuchung statt. Die Vp saß in der Mitte des Raumes, mit einem Abstand von 1 m zwischen Gehörgangseingang und Visaton-Lautsprecher. Versuchsleiter und Apparatur befanden sich seitlich hinter dem Lautsprecher. Die verwendete Apparatur ist dieselbe wie in der Explorationsuntersuchung.

7.2.1.2.5 Versuchsablauf und Instruktion

In der Instruktion wurde erklärt, daß es sich um eine Untersuchung zur Verbesserung der Hörgeräteanpassung handelt, in der geprüft wird, ob die Beurteilung von Verständlichkeit und notwendiger Anstrengung für den Probanden leichter oder schwerer ist, wenn viele verschiedene Texte verwendet werden oder häufig derselbe Text eingesetzt wird. Im Anschluß an die Instruktion wurden die fünf Orientierungstexte vorgespielt, die der Proband für sich beurteilte, ohne seine Skalierungen an den Versuchsleiter weiterzugeben. Auf diese Weise soll verhindert werden, daß sich ein anfänglicher Einstufungsfehler durch den ganzen Versuch zieht, weil der Proband versucht möglichst konsistent zu urteilen. Nach eventuellen Rückfragen durch den Probanden wurden die 30 Items der Versuchsserie nacheinander vorgespielt. Die Wiederholung einer Darbietung war nicht möglich, da ja auf potentielle Effekte einer Wiederholung geprüft wurde.

7.2.1.3 Versuchsplan und Methodik der Herstellung von vorgegebenen Verständlichkeiten

Die Messung von individuellen Verständlichkeitsfunktionen für längere Rede- bzw. Gesprächspassagen verlangt ein ökonomisches Verfahren, das weitgehend resistent gegen Übungseffekte bei wiederholter Darbietung derselben Passage ist. Die Messung mit der Methode der Urteilsfindung, d.h. das mehrmalige Vorspielen der Passage mit jeweils erhöhtem Schallpegel und der Beurteilung der Verständlichkeit, ist zwar möglich, aber aufgrund der beim letzten Versuchsplan schon diskutierten Skalierungseffekte nicht ratsam. Hier ist es günstiger eine Methode der Reizfindung zu verwenden. Um den Übungseffekt so niedrig wie möglich zu halten, kommt nur das aufsteigende Grenzverfahren in Betracht, bei dem die Reizintensität nur erhöht, aber nicht mehr erniedrigt werden darf. Die Reizintensität, in diesem Fall der Darbietungspegel, wird dabei so lange erhöht, bis ein vorgegebenes Urteilskriterium, z.B. *gerade eben ein paar Wörter verstanden*, erreicht ist. Wird das Kriterium überschritten, kann die Messung nicht wiederholt werden, sondern wird als fehlend gekennzeichnet. Um zu viele Ausfälle zu vermeiden, mußten die Probanden in dieser Untersuchung die Höhe der Abweichung skalieren: = bedeutet, daß das Kriterium genau getroffen wurde, > bedeutet eine geringe Überschreitung, >> eine deutliche Überschreitung und >>> eine extreme Überschreitung. Probanden waren 15 StudentInnen des Grundstudiums. Von diesen 15 Probanden hatten sechs Personen schon an einer der anderen Untersuchungen teilgenommen und konnten sich zumindest teilweise an die Inhalte der Redepassagen erinnern. Diese sechs Probanden wurden nicht in die Gesamtauswertung aufgenommen.

7.2.1.3.1 Unabhängige und abhängige Variablen

Es wurden die bisher verwendeten 15 Redepassagen von Sendlmeier eingesetzt. Um möglichst flache Verständlichkeitsfunktionen zu erhalten, wurden nur die tiefpaßgefilterten Versionen verwendet (**Abbildung 7-2** auf Seite 187 zeigt die Filtercharakteristik). Die Redepassage 27 wurde insgesamt viermal dargeboten, um den Übungseffekt auch für die Reizfindungsmethode zu bestimmen.

Drei Verständlichkeitsstufen mußten nacheinander hergestellt werden, die den Probanden wie folgt vorgegeben wurden: 5% = *gerade ein wenig verstanden*, 50% = *die Hälfte verstanden* und 95% = *noch nicht ganz alles verstanden*. Zusätzlich wurde in der Instruktion erläutert, daß es nur um die Menge des akustisch verständlichen Materials geht und bei der ersten Stufe vielleicht nur einzelne Wörter ohne erkennbaren Zusammenhang verstanden werden und bei der dritten Stufe nur einige Wörter oder ein Nebensatz noch nicht verstanden werden. Da aufgrund der Methode eine Regelung über das Kriterium hinaus nicht mehr korrigiert werden konnte, mußte jeder Herstellungsschritt mit folgenden Kategorien bewertet werden: „=“ - Kriterium genau getroffen, „>“ - geringe Überschreitung, „>>“ - deutliche Überschreitung, „>>>“ - extreme Überschreitung.

Abhängige Variable ist der zu jeder Redepassage und Verständlichkeitsstufe eingestellte Schallpegel.

7.2.1.3.2 Versuchsraum, Apparatur, Kalibrierung und Durchführung

Aufgrund räumlicher Engpässe wurde die Untersuchung nicht im schallgedämpften Keller-raum durchgeführt, sondern in einem ruhig gelegenen Versuchsraum. Aus diesem Grund wurde ein großvolumiger geschlossener Kopfhörer BEYER DT770 verwendet, der an einem rechnergesteuerten AD/DA-Wandler angeschlossen war. Als Steuerrechner wurde ein Atari TT08 eingesetzt. An einem zusätzlichen 12-Bit-Digitaleingang des Wandlers wurde die Stellung eines großflächigen Drehreglers eingelesen. Der Drehregler besitzt 200 gerasterte Stufen ohne Anschlag und die Zuordnung der Stufen auf den Regelbereich kann vom Computer frei programmiert werden. Die gewünschten Schallpegel werden in Abhängigkeit von Regelrichtung und Regelumfang durch digitale Dämpfung (vier Festkommastellen) des vollausgesteuerten Signals realisiert. Für diese Untersuchung wurde ein Regelbereich von 50 dB gewählt, was eine Stufung von 0.25 dB bedeutet. Durch einen Summenzähler über die bereits ausgeschöpften Regelstufen wird verhindert, daß ein Zurückdrehen des Reglers zu einer Erhöhung der Dämpfung führt. Der Aufbau und die relative Programmierung des Reglers haben schließlich zur Folge, daß ein Drehen des Reglers nach links keine Veränderung des Darbietungspegels verursacht, jede Drehung nach rechts dagegen sofort zu einer Pegelerhöhung führt.

Um eventuelle Fluktuationen von Hintergrundgeräuschen zu überdecken, wurde simultan mit den Redepassagen weißes Rauschen mit 65 dB dargeboten. Der Startpegel der Redepassagen variierte zwischen 40 dB und 45 dB und war so niedrig gewählt, daß zu Beginn der Regelung keine Sprache im weißen Rauschen entdeckt werden konnte. Die Kalibrierung der Wiedergabe erfolgte über die RMS-Amplituden der Geräusche bezogen auf die psychophysische Kalibrierung des Kopfhörers bei 1000 Hz.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

Die Untersuchung wurde vom Probanden selbst durchgeführt, der Versuchsleiters war aber zur Kontrolle im Raum anwesend. Das weiße Rauschen und die Redepassage wurden in einer Endlosschleife abgespielt. Beginn und Ende der Redepassage wurden durch eine 200-ms-Unterbrechung von Störgeräusch und Sprache angezeigt, um dem Probanden eine vernünftige Schätzung auf den verstandenen Prozentsatz der Passage zu ermöglichen. War das Verständlichkeitskriterium erreicht, konnte der Proband auf Knopfdruck die Wiedergabe unterbrechen und in einer auf dem Bildschirm erscheinenden Dialogbox den eingestellten Schallpegel ablesen und in das Versuchsprotokoll eintragen. Zusätzlich mußte die Bewertung der Einstellung eingetragen werden. Danach wurde die Darbietung entweder mit dem bereits eingestellten Schallpegel für die Herstellung der weiteren Verständlichkeitsstufen fortgesetzt oder es wurde mit der nächsten Redepassage begonnen.

Alle Einstellungen wurden in einer Sitzung abgearbeitet. Die Probanden hatten die Möglichkeit so viele Pausen wie nötig zu machen, um den Einfluß der Ermüdung niedrig zu halten. Die Versuchsdauer betrug je nach Proband zwischen 1.5 und 3 Stunden.

7.2.2 Ermittlung der geeigneten Sprachverständlichkeitsskala

In der Explorationsuntersuchung wurden die drei Verständlichkeitsskalen „Prozent“-Skala, „viel-wenig“-Skala und „gut-schlecht“-Skala auf ihre Spezifität und Sensitivität untersucht. Die Sensitivität einer Skala für Sprachverständlichkeit ist dann gegeben, wenn für hohe Darbietungspegel konstant die maximale Verständlichkeit angegeben wird und der Übergang von 100% zu 0% Verständlichkeit den für objektive Meßverfahren typischen ogivenförmigen Verlauf zeigt. Zusätzlich sollte bei gleichem Schallpegel die Verständlichkeit für die bandpaß- und tiefpaßgefilterten Texte niedriger sein als die der Originaltexte. Die Spezifität ist dann gegeben, wenn mit einer Skala hauptsächlich die Verständlichkeit beurteilt wird, ohne Einbeziehung anderer Wahrnehmungsdimensionen. Weitere Kriterien für die Wahl einer Skala sind die inter- und intraindividuellen Varianzen der Verständlichkeitsurteile und die Nutzung ihrer Skalenstufen.

Abbildung 7-6 zeigt die mittleren Verständlichkeitsurteile über jeweils 8 Probanden für jede Skala, Filterbedingung und Pegelstufe. Alle Mittelwerte für eine Skala innerhalb einer Filterbedingung sind miteinander zu einer Verständlichkeitsfunktion verbunden und setzen sich aus den Messungen bei drei **unabhängigen** Probandengruppen zu jeweils vier Pegelstufen zusammen. D.h jeder 3. Wert einer Kurve und die korrespondierenden Werte bei den drei Filterbedingungen sind mit denselben Probanden erhoben. Abgesehen von einer Unstetigkeit bei den Schallpegeln 22 dB und 24 dB für die tiefpaßgefilterten Passagen, die mit der „viel-wenig“-Skala beurteilt wurden, zeigen alle Kurven den erwarteten Verlauf und damit die Sensitivität der Skalen. Die Funktionen für die gefilterten Passagen verlaufen flacher als die für die ungefilterten Passagen und die Verständlichkeit ist bei gleichem Schallpegel niedriger. Auffällig ist relative Lage der Funktionen für die drei Verständlichkeitsskalen zueinander. Besonders bei den flacheren Verläufen der bandpaß- und tiefpaßgefilterten Passagen fallen die Urteile auf der Prozentskala am höchsten aus, die Urteile auf der „viel-wenig“-Skala liegen etwas niedriger und die Urteile auf der „gut-schlecht“-Skala fallen vor allem bei den höheren Schallpegeln deutlich geringer aus. Hier deutet sich an, daß die verbalen Kategorienbezeichnungen *sehr schlecht*, *schlecht*, *mittelmäßig*, *gut*, *sehr gut* zusätzlich zur Menge des Verstandenen auch die Übertragungsqualität ansprechen. Für die „gut-schlecht“-Skala müssen sich

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

demnach für den Vergleich zwischen Verständlichkeit, Anstrengung und Übertragungsqualität höhere Korrelationen ergeben als für die beiden anderen Verständlichkeitskalen.

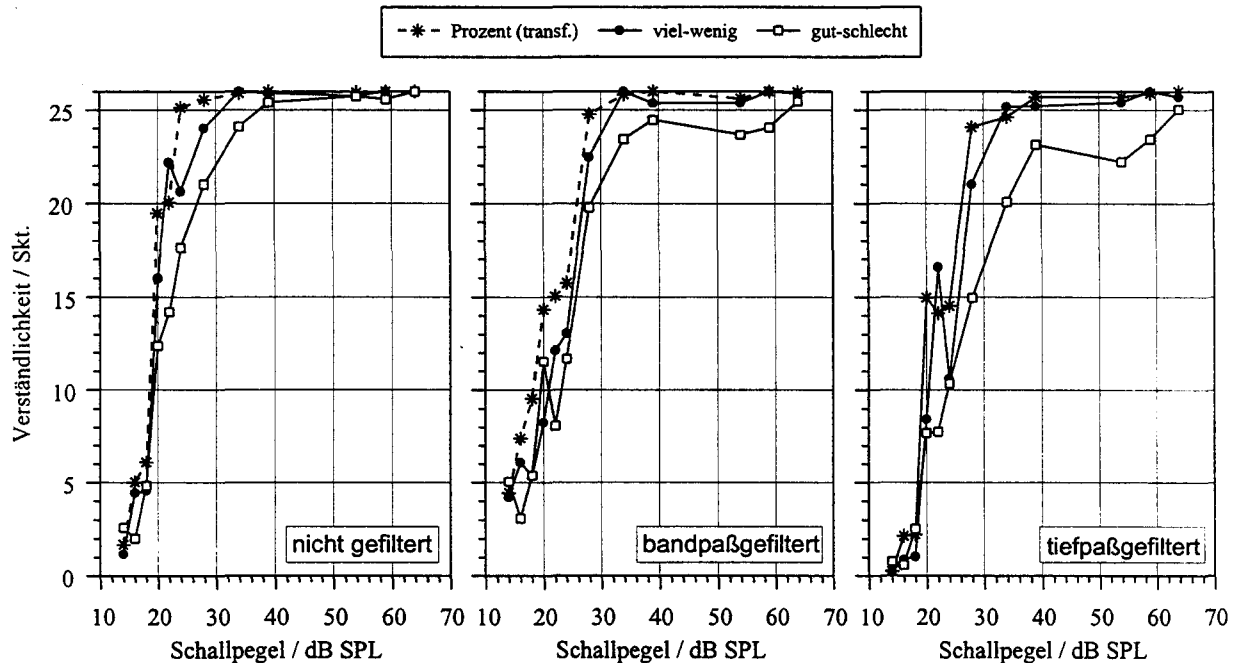


Abbildung 7-6: Mittelwerte der Verständlichkeitsurteile für jede Verständlichkeitskala und jede Filterbedingung (N=8; Gesamt-N=72). Die Prozenturteile wurden auf den Skalenbereich der beiden Kategorienskalen transformiert (0%=0, 1-99%=1-25, 100%=26). Eine Verständlichkeitskurve besteht teilweise aus abhängigen und teilweise aus unabhängigen Messungen (3 Pegelgruppen * 4 Pegel), die drei Skalen sind unabhängig und die drei Filterbedingungen abhängig gemessen.

Die kleineren Unstetigkeiten zwischen den Werten der unabhängigen Probandengruppen zeigen an, daß die Urteile nicht vollständig absolut erfolgt sind, sondern daß auch Serienumfang und Reizstufung einen geringen Einfluß auf die Beurteilung hatten.

Aufgrund des erwarteten Übungseffekts führt die Berechnung von intraindividuellen Streuungen über die drei Durchgänge wahrscheinlich zu einer Überschätzung der Streuung. Trotzdem kann die Betrachtung der mittleren intraindividuellen Standardabweichungen einen guten Hinweis auf die Urteilsstabilität für jede Skala liefern. Da die maximale Streuung nur in der Kategorienmitte erreicht wird, sind in **Abbildung 7-7** die mittleren intraindividuellen Standardabweichungen über der jeweiligen mittleren Verständlichkeit aufgetragen. Der Streuungsvergleich zwischen den Skalen zeigt keine systematischen Unterschiede. Lediglich für die nicht gefilterten Passagen weicht die „viel-wenig“-Skala für sehr hohe Verständlichkeiten um etwa 1 Skalenteil nach oben ab. Die wahre Intraindividuelle Streuung dürfte nach diesem Ergebnis auf jeden Fall kleiner als eine Kategorie sein, aber deutlich höher liegen als zum Beispiel bei der Lautheitsskalierung (ca. $\frac{1}{4}$ Kategorie).

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

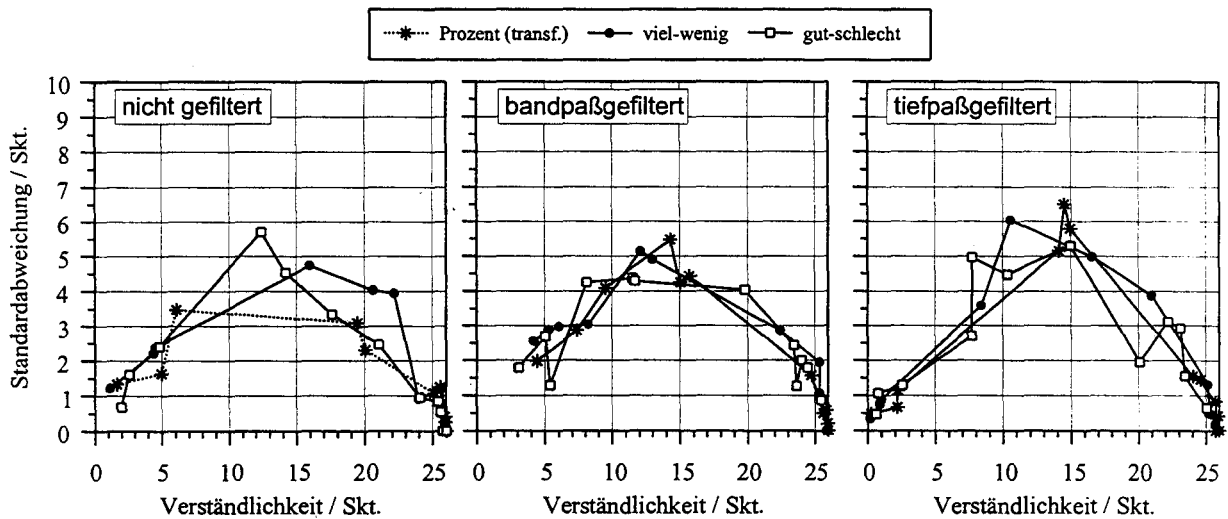


Abbildung 7-7: Schätzung der mittleren intraindividuellen Standardabweichung über die drei Durchgänge (8 Pbn) für jede Skala in Abhängigkeit von der mittleren Verständlichkeit. Die Prozenturteile wurden auf den Skalenbereich der beiden Kategorienskalen transformiert (0%=0, 1-99%=1-25, 100%=26). Voraussetzung für die Gültigkeit der Schätzung ist das Fehlen eines systematischen Übungseffekts.

Eine relativ gute Schätzung der interindividuellen Streuung erhält man über die Berechnung der Standardabweichung für die individuellen Mittelwerte über die drei Durchgänge, wenn man annimmt, daß keine Wechselwirkung *Person x Übung* vorliegt und die interindividuellen Streuungen deutlich über den intraindividuellen Streuungen liegen. **Abbildung 7-8** und **Abbildung 7-9** zeigen, daß die Interstreuung in der Größenordnung von 1-2 Kategorien liegt und bis zu viermal so hoch ist wie die Intra-streuung. Zwischen den drei Verständlichkeitsskalen sind keine nennenswerten Unterschiede in der Höhe der Streuungen festzustellen. Vergleicht man die Interstreuung der Sprachverständlichkeitsskalierung mit derjenigen der Lautheitsskalierung von einer ½ Kategorie, dann wird deutlich, daß Sprachverständlichkeit keine präzise quantifizierbare Eigenschaft wie Lautheit ist, sondern das Ergebnis eines komplexen kognitiven Prozesses. Die Beurteilung der verstandenen Textmenge relativ langer Redepassagen (30-40 s) gibt der Varianz einen größeren Spielraum. Hier können Gedächtniseffekte, falsch interpretierte Kontextinformationen und andere Faktoren einen großen Einfluß haben. Eine Berücksichtigung der individuellen Hörschwellen konnte lediglich für die beiden niedrigsten Schallpegel 14 dB SPL und 16 dB SPL einen großen Teil der Verständlichkeitsvarianz aufklären, nicht jedoch für höhere Schallpegel und Verständlichkeiten. Dies läßt den Schluß zu, daß die Probanden z.B. unter Sprachverständlichkeit jeweils etwas leicht abweichendes verstanden haben, unterschiedliche Fähigkeiten zur Erkennung schlecht übertragener Sprache hatten oder sich nicht in gleichem Maße konzentrierten. Intraindividuell liegt die Streuung deutlich niedriger und zeigt, daß die Probanden ihr jeweiliges Konzept konsistent angewendet haben. Eine individuelle Optimierung der Sprachverständlichkeit ist deshalb reliabel möglich.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

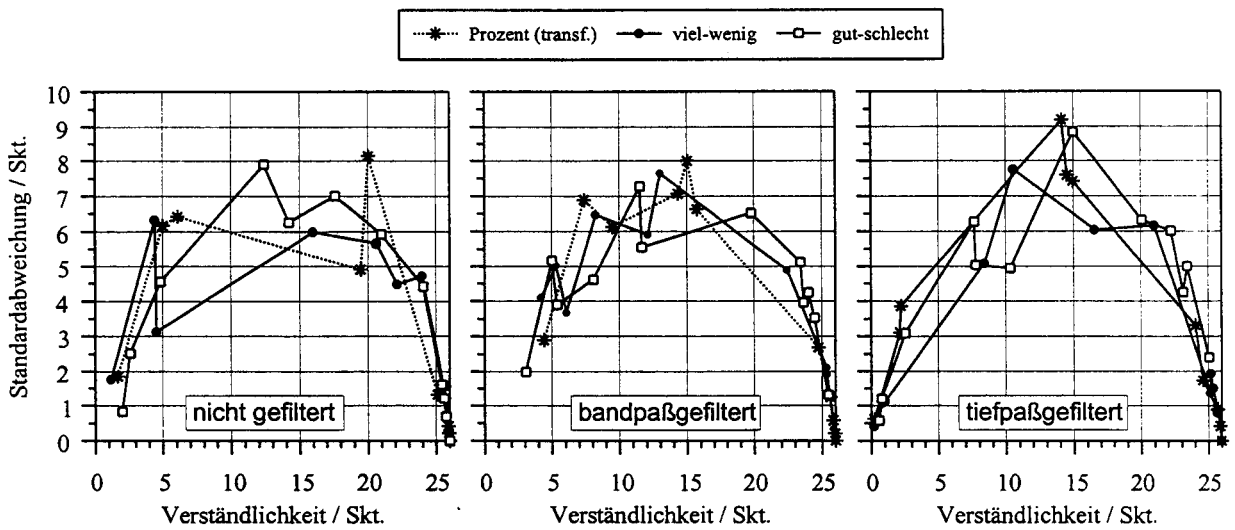


Abbildung 7-8: Schätzung der interindividuellen Standardabweichung (Mittelwerte der drei Durchgänge für 8 Pbn) für jede Skala. Die Prozenturteile wurden auf den Skalenbereich der beiden Kategorienskalen transformiert (0%=0, 1-99%=1-25, 100%=26).

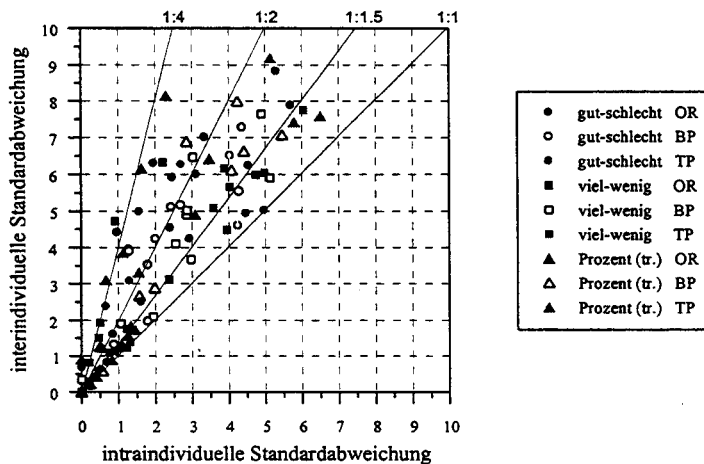


Abbildung 7-9: Direkter Vergleich von Intra- und Interstreuung bei jeder Reizstufe für alle Skalen und Filterbedingungen. Die durchgezogenen Geraden markieren Streuungsverhältnisse von 1:1, 1:1.5, 1:2 und 1:4.

Ein weiteres wichtiges Selektionskriterium für eine Skala ist die Nutzung der Skalenstufen durch die Probanden. **Abbildung 7-10** zeigt die relative Häufigkeit mit der die Skalenstufen jeder Skala verwendet wurden. Datengrundlage sind alle 864 in der Untersuchung zu einer Skala abgegebenen Urteile. Für alle Skalen liegen die Häufigkeiten wannenförmig verteilt: große Häufigkeit in Polnähe, geringe Häufigkeit in der Skalenmitte. Dies ist zum einen auf die Auswahl der Schallpegelstufen zurückzuführen, die so gewählt waren, daß ein Teil der Meßpunkte im gut verstehbaren leisen bis mittellauten Bereich lag, und deutet zum anderen bei den Kategorienskalen auf eine Überdifferenzierung hin.

Auf den beiden Kategorienunterteilungsskalen werden alle Skalenstufen von den Probanden genutzt. Die „gut-schlecht“-Skala hat hier einen leichten Vorsprung, da bei ihr die Verständ-

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

lichkeitsurteile generell niedriger ausfallen. Gegenüber der „viel-wenig“-Skala entfallen ca 12% weniger Urteile auf den oberen Skalenbereich, die sich auf die restlichen Skalenstufen verteilen können. Aber auch auf der „viel-wenig“-Skala liegen nur drei Skalenstufen unter 1%. Auf der Prozentskala werden dagegen, abgesehen vom Bereich 0-5% und 95-100%, nur die numerisch angezeigten Dekaden in nennenswertem Umfang verwendet. Gelegentlich kommen auch Urteile zu 15% und 75% vor, die Nennung der restlichen Stufen ist eher zufällig und unsystematisch. Die Offenheit der Skala, d.h. die Möglichkeit beliebige Zwischenstufen zu verwenden, wurde nur von wenigen Probanden genutzt. Dies könnte unter anderem darauf zurückzuführen sein, daß die Probanden bevorzugt explizit vorgegebene Skalenstufen nutzen und eher Hemmungen haben, selbst Zwischenstufen festzulegen.

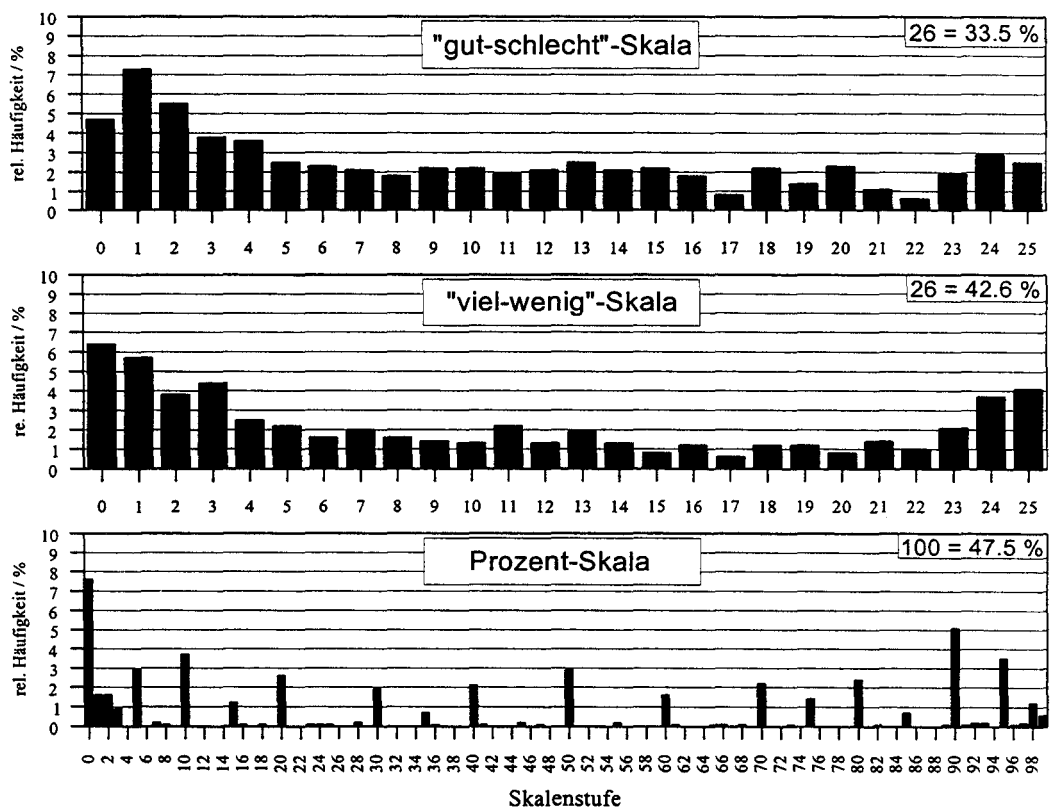


Abbildung 7-10: Häufigkeit der Nutzung von Skalenstufen für alle drei Verständlichkeitsskalen über alle Urteile. Die jeweils höchste Skalenstufe wurde nicht in die Grafiken aufgenommen, da diese aufgrund des Versuchsaufbaus sehr häufig vorkommt und die Auflösung im interessanten Skalenbereich reduzieren würde. Der jeweilige Wert ist jeweils in der rechten oberen Ecke des Koordinatensystems eingetragen.

Möchte man eine höhere Auflösung als 10 Stufen erzielen, dann ist eine Kategorienunterteilungsskala der Prozentskala vorzuziehen, da erstere die gewünschte Differenzierung als explizite Skalenstufen enthält und diese auch von den Probanden genutzt werden. Eine Reduzierung von fünf auf drei Kategorien ist jedoch in Erwägung zu ziehen, da sie auch eine Reduzierung der Streuung bedeuten kann und mit 15 Stufen immer noch eine gute Differenzierung des Kontinuums erlaubt.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

7.2.3 Zusammenhang zwischen Verständlichkeit und zum Verstehen notwendiger Anstrengung

Vergleicht man in **Abbildung 7-11** die in den verschiedenen Versuchsbedingungen erzielten Verständlichkeiten mit der gleichzeitig skalierten Anstrengung, dann wird deutlich, daß die zum Verstehen notwendige Anstrengung nicht nur mit abnehmender Verständlichkeit steigt, sondern schon im Bereich 100-prozentiger Verständlichkeit eine Differenzierung der Sprachübertragungsgüte bzw. des zu leistenden kognitiven Aufwands ermöglicht.

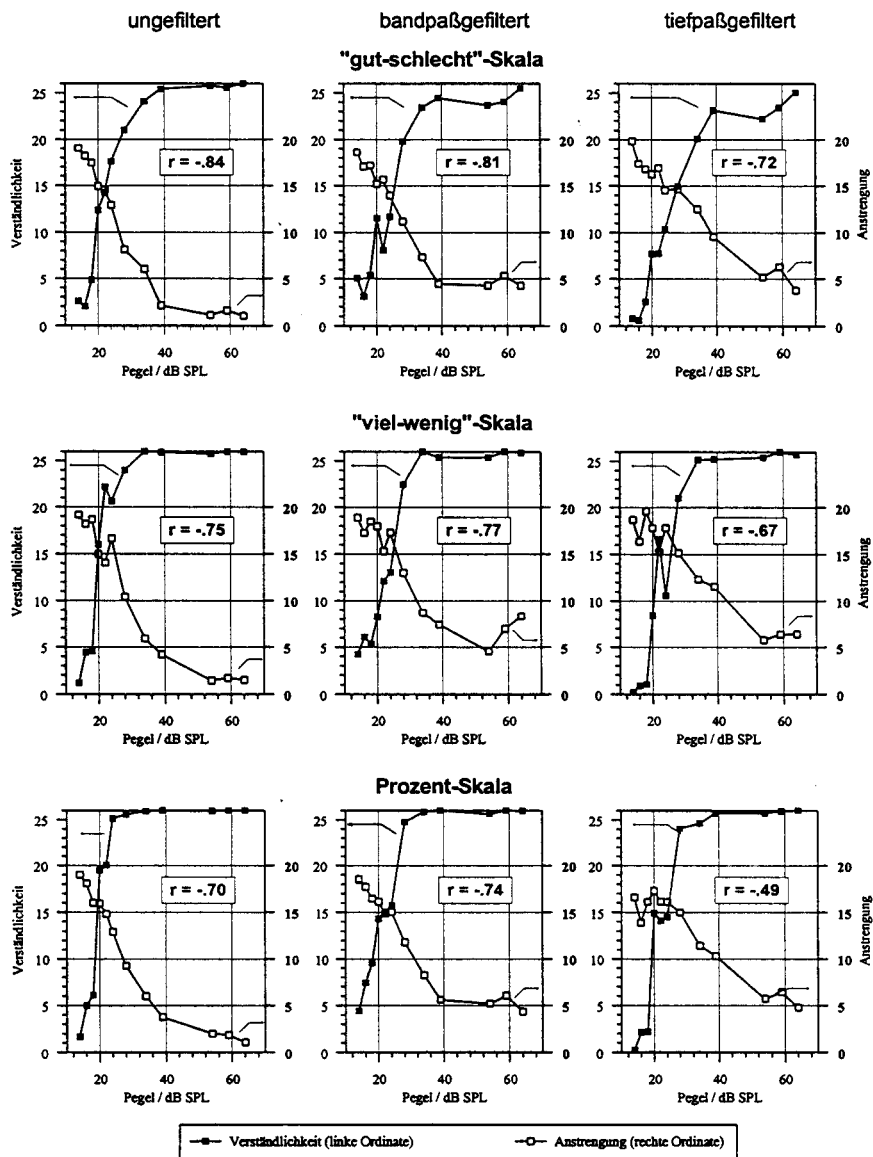


Abbildung 7-11: Zusammenhang zwischen Verständlichkeit und zum Verstehen notwendiger Anstrengung für alle Skalen (Zeilen) und Filterbedingungen (Spalten). Die linke Ordinate gibt die Verständlichkeit in Skalenteilen an und ist den gefüllten Quadraten zugeordnet, die rechte Ordinate gibt die Anstrengung in Skalenteilen an und ist den offenen Quadraten zugeordnet. Die Prozenturteile wurden auf den Skalenbereich der beiden Kategorienskalen transformiert (0%=0, 1-99%=1-25, 100%=26). Zusätzlich ist in jedes Diagramm die Korrelation zwischen den Verständlichkeitsurteilen und Anstrengungsurteilen über alle individuellen Urteile eingetragen.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

Dies läßt sich vor allem beim Vergleich der Filterbedingungen innerhalb einer Verständlichkeitsskala erkennen: die Verständlichkeit wird durch die Filterung nur wenig verschlechtert, die reduzierte Qualität der Sprachübertragung erfordert dazu jedoch deutlich mehr Anstrengung. Die stärkste Zunahme der Anstrengung ist bei der Tiefpaßfilterung zu beobachten, aber schon bei den ungefilterten Redepassagen steigt sie deutlich an, wenn die Darbietungspegel sich dem Punkt nähern, bei dem nicht mehr alles verstanden werden kann.

Die Verständlichkeitsverläufe, die mit der „gut-schlecht“-Skala erzielt wurden, und die Anstrengungsverläufe zeigen im Gegensatz zu den beiden anderen Verständlichkeitsskalen eine deutliche Symmetrie. Man kann deshalb davon ausgehen, daß mit der „gut-schlecht“-Skala auch der zu leistende kognitive Aufwand in die Skalierung der Verständlichkeit eingeflossen ist.

Die Ergebnisse legen nahe, daß eine differenzierte Abfrage und Berücksichtigung der zum Verstehen notwendigen Anstrengung eine bessere Prognose auf die mit einem Hörgerät im Alltag erzielbare Verständlichkeit erlaubt. Es genügt nicht, wenn mit einer gegebenen Hörgeräteinstellung im Labor alles verstanden wird, wenn die Verständlichkeit nur durch eine hohe Konzentration und Anstrengung erreicht wird. In länger dauernden Gesprächen, insbesondere bei simultanem Störgeräusch, wird die Konzentrationsfähigkeit schnell abfallen, der Proband ermüden und die Verständlichkeit drastisch abnehmen.

7.2.4 Zusammenhang zwischen Übertragungsqualität, Sprachverständlichkeit und zum Verstehen notwendiger Anstrengung

Außer der Sprachverständlichkeit und der zum Verstehen notwendigen Anstrengung wurde jede Darbietung noch bezüglich der Gesamtqualität und der Deutlichkeit bzw. Klarheit der Übertragung beurteilt. In der Instruktion wurde darauf hingewiesen, daß diese Dimensionen unter dem Aspekt beurteilt werden sollten, daß mit dieser Einstellung längere Zeit gehört werden müsse. **Abbildung 7-12** zeigt den Zusammenhang zwischen Schallpegel und skaliertem Gesamtqualität und Deutlichkeit für alle Filterbedingungen. In die Berechnung der Mittelwerte (linke Diagramme) und totalen Standardabweichungen (rechte Diagramme) sind unabhängig von der Verständlichkeitsskala jeweils 24 Probanden eingegangen. Das mittlere Diagramm zeigt den direkten Vergleich zwischen beiden Dimensionen. Für die ungefilterten Redepassagen ist eine starke Abhängigkeit beider Dimensionen vom Schallpegel festzustellen. Lediglich die drei lautesten Darbietungspegel zeigen nur geringe Unterschiede. D.h. eine zu leise Darbietung hat einen entsprechend starken Effekt auf die Akzeptanz eines Hörgeräts. Der Zusammenhang ist für die Dimension Deutlichkeit etwas schwächer als für die Gesamtqualität und kommt eher überraschend. Da es sich um ungefilterte Passagen handelt, kann man davon ausgehen, daß eine spektrale Veränderung nur mit den Isophonen kovariert. Klarheit und Deutlichkeit nehmen nach den bisher gewonnenen Erkenntnissen jedoch vor allem bei einer relativen Dämpfung der hohen Frequenzen zu den tiefen Frequenzen ab, was hier nicht der Fall sein dürfte. Es liegt also nahe, daß die Probanden nicht nur das Spektrum berücksichtigt haben, sondern die Deutlichkeit vor allem auch danach interpretiert haben, wie deutlich sich die Sprache vom Hintergrund abhebt und somit zu erkennen ist. D.h. auch in die Skalierung der Deutlichkeit geht der zu leistende kognitive Aufwand mit ein. Beide Wahrnehmungsdimensionen trennen vor allem bei den mittleren Schallpegeln zwischen den verschiedenen Übertragungsqualitäten, die über die Filterung operationalisiert wurden. Generell wird die

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

Qualität der tiefpaßgefilterten Redepassagen am schlechtesten eingestuft, die bandpaßgefilterten Passagen schneiden vor allem bei der Deutlichkeit etwas besser ab.

Die totale Streuung der Qualitäts- und Deutlichkeitsurteile, die sowohl die intraindividuelle als auch die interindividuelle Streuung beinhaltet, liegt für beide Dimensionen bei etwa einer Kategorie und bewegt sich somit in einem akzeptablen Bereich. Die höchsten Streuungswerte ergeben sich jeweils für die ungefilterten Redepassagen, was darauf zurückzuführen ist, daß die Probanden unterschiedliches Gewicht auf die geringer werdende Lautheit legen.

Der direkte Vergleich zwischen den Deutlichkeits- und den Gesamtqualitätsurteilen (**Abbildung 7-12: Mitte**) zeigt, daß die Urteile für die tiefpaßgefilterten Redepassagen auf beiden Dimensionen etwa gleich stark ausfallen, für die bandpaßgefilterten Passagen die Qualität deutlich niedriger beurteilt wird als die Deutlichkeit und für die ungefilterten Redepassagen die Gesamtqualität mit abnehmendem Schallpegel schneller sinkt als die Deutlichkeit. Dies ist ein eindeutiger Hinweis darauf, daß beide Dimensionen trotz des weitgehend übereinstimmenden Verlaufs der Urteile über dem Schallpegel von den Probanden unterschiedlich interpretiert und eingestuft werden.

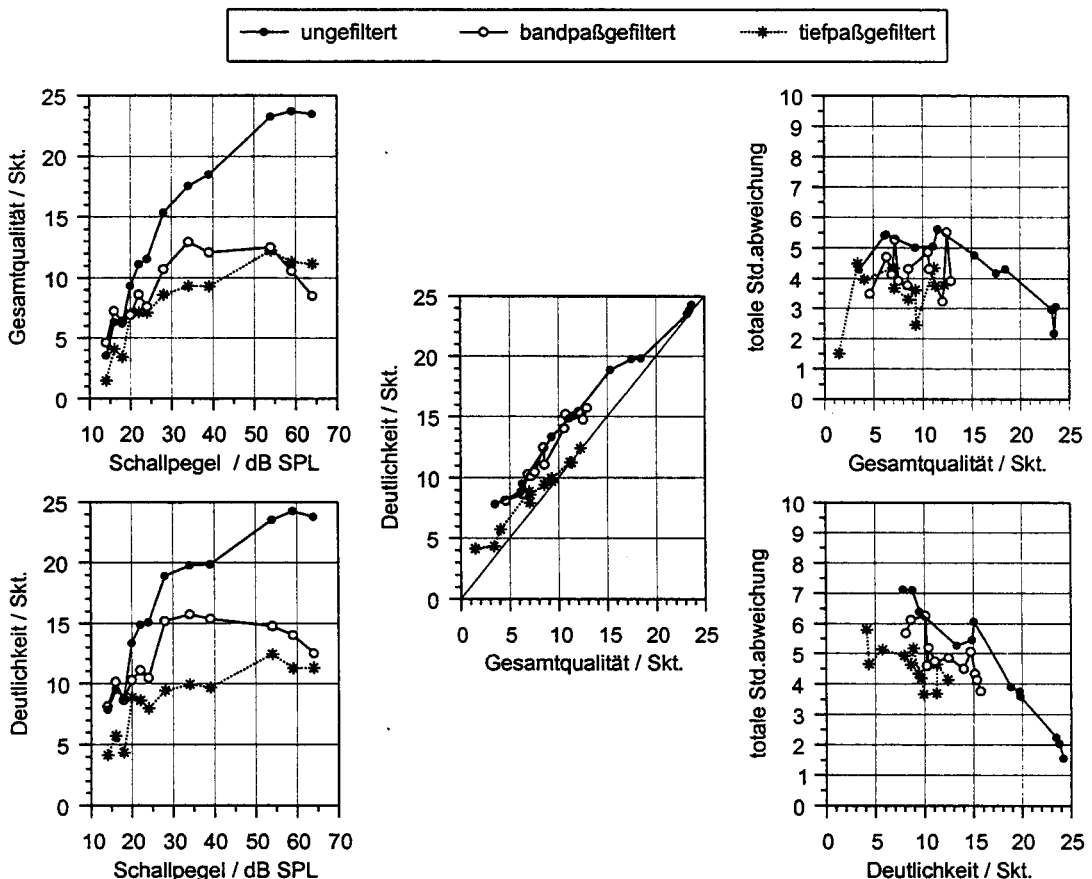


Abbildung 7-12: Zusammenhang zwischen Schallpegel, Filterung auf der unabhängigen Seite und skalierten Gesamtqualität (oben) und Deutlichkeit (unten) auf der abhängigen Seite. Mittlere Urteile (n=24; links) und totale Standardabweichung (rechts) über alle Verständlichkeitsskalenbedingungen. Mitte: direkter Vergleich zwischen der beurteilten Gesamtqualität (Abszisse) und Deutlichkeit (Ordinate).

7.2.5 Übungseffekte bei einer Textwiederholung

Die Ergebnisse der Explorationsuntersuchung zum Übungseffekt bei wiederholter Darbietung derselben Redepassagen weisen nur einen Trend in Richtung verbesserter Verständlichkeit und abnehmender Anstrengung auf. In **Abbildung 7-13** sind die mittleren Urteile der Durchgänge 2 und 3 für die drei Verständlichkeitsskalen und die Anstrengung gegen die mittleren Urteile des jeweils ersten Durchgangs aufgetragen. Geht die Anstrengung mit zunehmender Bekanntheit der Redepassagen zurück, dann müssen in den Diagrammen der ersten Zeile in **Abbildung 7-13** die Urteile des zweiten und dritten Durchgangs unterhalb der Winkelhalbierenden liegen, steigt die Verständlichkeit gleichzeitig an, dann müssen in den restlichen Diagrammen die Urteile oberhalb der Winkelhalbierenden liegen. Dies muß hauptsächlich für die Urteile gelten, die im ersten Durchgang bei mittlerer Verständlichkeit oder Anstrengung lagen, da man bei sehr niedriger Verständlichkeit den Text nicht lernen kann und bei vollständiger Verständlichkeit keine Verbesserungsmöglichkeit mehr gegeben ist. Die Forderung ist in der Regel erfüllt, wenn auch zwischen den Bedingungen starke Unterschiede in der Effektgröße bestehen. Die Analysen der individuellen Ergebnisse hat gezeigt, daß einige Probanden eine sehr starke Verbesserung zeigten, während andere Probanden nicht von der Wiederholung profitierten und manche sich gegen Ende des Versuchs sogar mehr anstrengen mußten, um die Verständlichkeit aufrechtzuerhalten.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

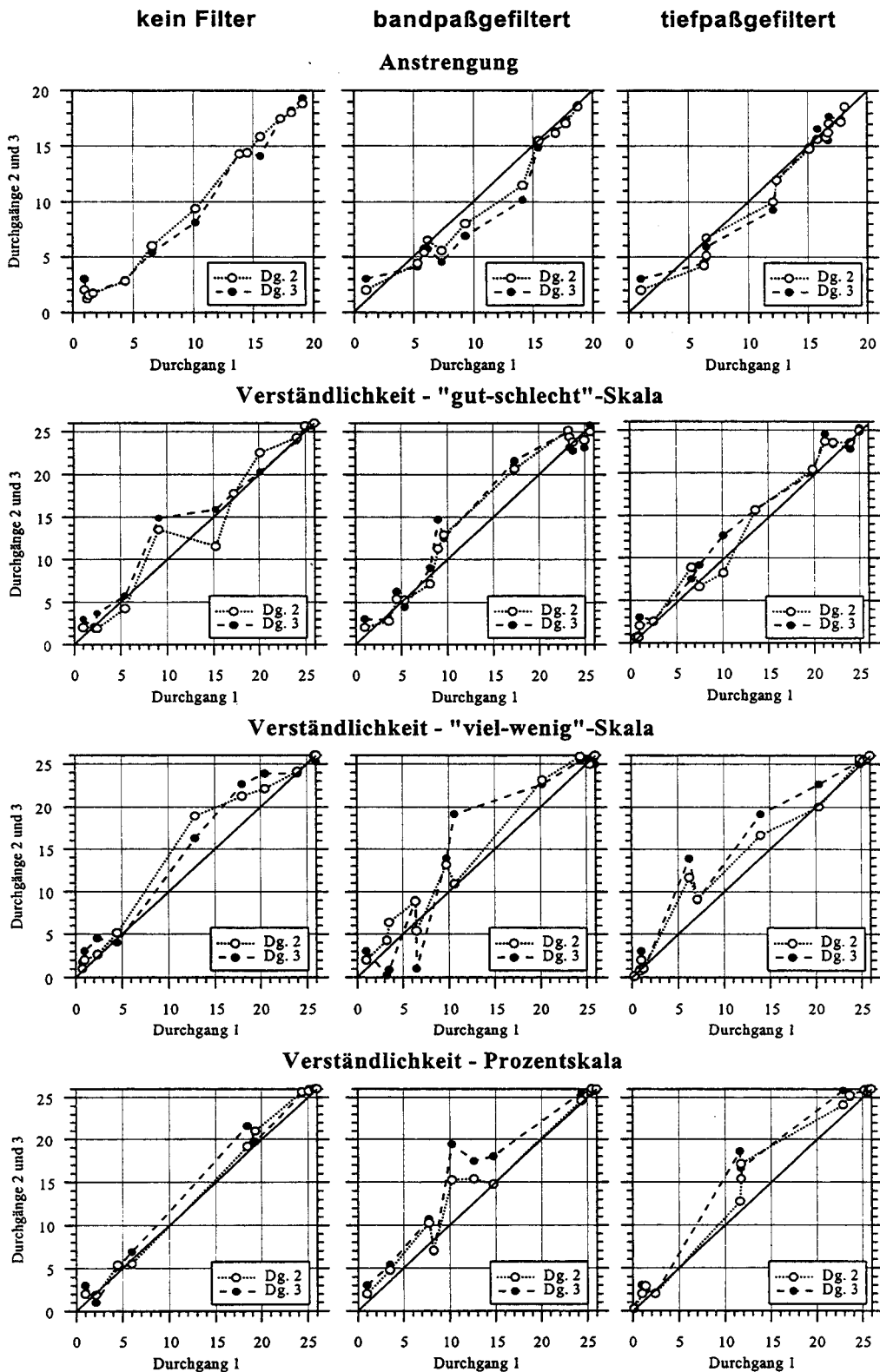


Abbildung 7-13: Vergleich der mittleren Urteile für Verständlichkeit (je Skala) und Anstrengung für die drei Durchgänge. Die drei Filterbedingungen *kein Filter*, *bandpaßgefiltert* und *tiefpaßgefiltert* sind spaltenweise angeordnet. Die mittleren Anstrengungen sind über 24 Urteile gemittelt (alle Verständlichkeitsskalen), die mittleren Verständlichkeiten über 8 Urteile.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

Es ist wahrscheinlich, daß der relativ große zeitliche Abstand bis zur Wiederholung eines Textes (nur alle 12 Darbietungen) und der insgesamt anstrengende Versuch zu diesen interindividuellen Differenzen geführt haben und damit die Wiederholungseffekte nicht vollständig zum Tragen kommen konnten. Außerdem konnte mit der vorliegenden Pegelgruppierung nicht bei allen Probanden eine ausreichend bestimmte Verständlichkeitsfunktion erhoben werden, wodurch der individuelle Vergleich zwischen den Durchgängen erschwert wird. Aus diesem Grund wurde in einer zweiten Untersuchung eine Meßsituation realisiert, in der die beiden Extremfälle der Hörgeräteoptimierung miteinander verglichen wurden: die Darbietung verschiedener Texte ohne Wiederholung und die Darbietung immer desselben Textes während einer Messung. Anhand der Ergebnisse der Explorationsuntersuchung wurde der Pegelbereich für die Messung auf den Übergangsbereich von 0% zu 100% Verständlichkeit eingegrenzt und mit 10 Pegelstufen ausreichend dicht besetzt. Um eine möglichst hohe Trennschärfe zu erzielen, werden beide Meßbedingungen mit abhängigen Versuchsgruppen durchgeführt.

Die Möglichkeit zum Lernen einer Redepassage hängt stark von der Abfolge der Pegelstufen ab: kommen zu Beginn der Untersuchung einige gut zu verstehende, lautere Darbietungen vor, kann der Text schneller im Gedächtnis behalten werden und zum besseren Verstehen der leiseren Darbietungen genutzt werden. Befinden sich zu Beginn dagegen eher die leiseren Darbietungen, dann versteht man den Text nicht und kann keinen Vorteil aus der wiederholten Darbietung ziehen. Es sind demnach auch hier zwei Extremfälle gegeben: die Darbietung ein- und desselben Textes in einer Serie mit kontinuierlich fallendem Darbietungspegel und in einer Serie mit kontinuierlich steigendem Pegel. Der erste Fall stellt sicher, daß die Redepassage bereits von der ersten Darbietung an vollständig verstanden wird und der im Gedächtnis behaltene Text zum Verstehen bei den leisesten Darbietungspegeln genutzt werden kann. Im zweiten Fall beginnt die Messung beim niedrigsten Darbietungspegel, so daß sichergestellt ist, daß die Redepassage nicht oder nur zu einem verschwindend geringen Anteil verstanden wird. Ein Einfluß des bereits verstandenen Texts auf die Verständlichkeit des restlichen Texts bei höheren Darbietungspegeln ist erst ab einer mittleren Verständlichkeit zu erwarten. Für die absteigende Serie ist zu erwarten, daß die Verständlichkeitsfunktion gegenüber der Kontrollbedingung „Messung mit 10 verschiedenen Redepassagen“ deutlich in Richtung niedrigerer Schallpegel verschoben ist. Für die aufsteigende Serie ist nur für die höchsten Darbietungspegel eine Verbesserung gegenüber der Kontrollbedingung zu erwarten. Verständlichkeitsfunktionen für Serien mit zufälliger Abfolge der Darbietungspegel liegen irgendwo zwischen diesen beiden Extremfällen. Um den maximal möglichen Übungseffekt zu ermitteln, werden in der Untersuchung nur die aufsteigende und absteigende Serie untersucht. Aufgrund des Lerneffekts müssen für diesen Faktor unabhängige Versuchsgruppen eingesetzt werden.

Die Ergebnisse der Messung sind in **Abbildung 7-14** graphisch dargestellt. Für die aufsteigende Serie ergibt sich entgegen der Erwartung eine Verbesserung der Verständlichkeit, wenn immer mit demselben Text gemessen wird. Da dies hauptsächlich für die ersten und niedrigsten Darbietungspegel der Fall ist, kann es sich nicht um einen Wiederholungseffekt handeln, sondern könnte bedeuten, daß die für die Bedingung „gleicher Text“ ausgewählte Passage Nr. 27 generell etwas besser verständlich ist als die Texte der Kontrollbedingung (Nr. 29, 31, 33, 39) bei den entsprechenden Schallpegeln. Wie die Ergebnisse der weiter unten beschriebenen Herstellung von vorgegebenen Verständlichkeiten bei allen Redepassagen belegen, befindet sich die Redepassage Nr. 27 in der Rangreihe der Schallpegel zu 50%-Verständlichkeit vor diesen Passagen, ist also tatsächlich etwas besser verständlich. Die Skalierung der zum Verstehen notwendige Anstrengung fällt dagegen entsprechend der Erwartung bei den höheren

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

Schallpegeln in der Versuchsbedingung niedriger aus als in der Kontrollbedingung, obwohl sich die Verständlichkeiten der Texte in beiden Gruppen nicht unterscheiden.

Die absteigende Serie zeigt eine große Differenz zwischen Versuchs- und Kontrollbedingung. Im Mittel liegt die Verbesserung durch die Bekanntheit des Texts bei 8 dB oder 7 Skalenteilen (1½ Kategorien!), in Einzelfällen beträgt sie bis zu 20 dB! Auch die zum Verstehen notwendige Anstrengung ist über einen weiten Pegelbereich (20-35 dB) um 3-4 Skalenteile niedriger, wenn immer dieselbe Redepassage verwendet wird. Dies entspricht ebenfalls einer Verschiebung der Funktion um 8 dB.

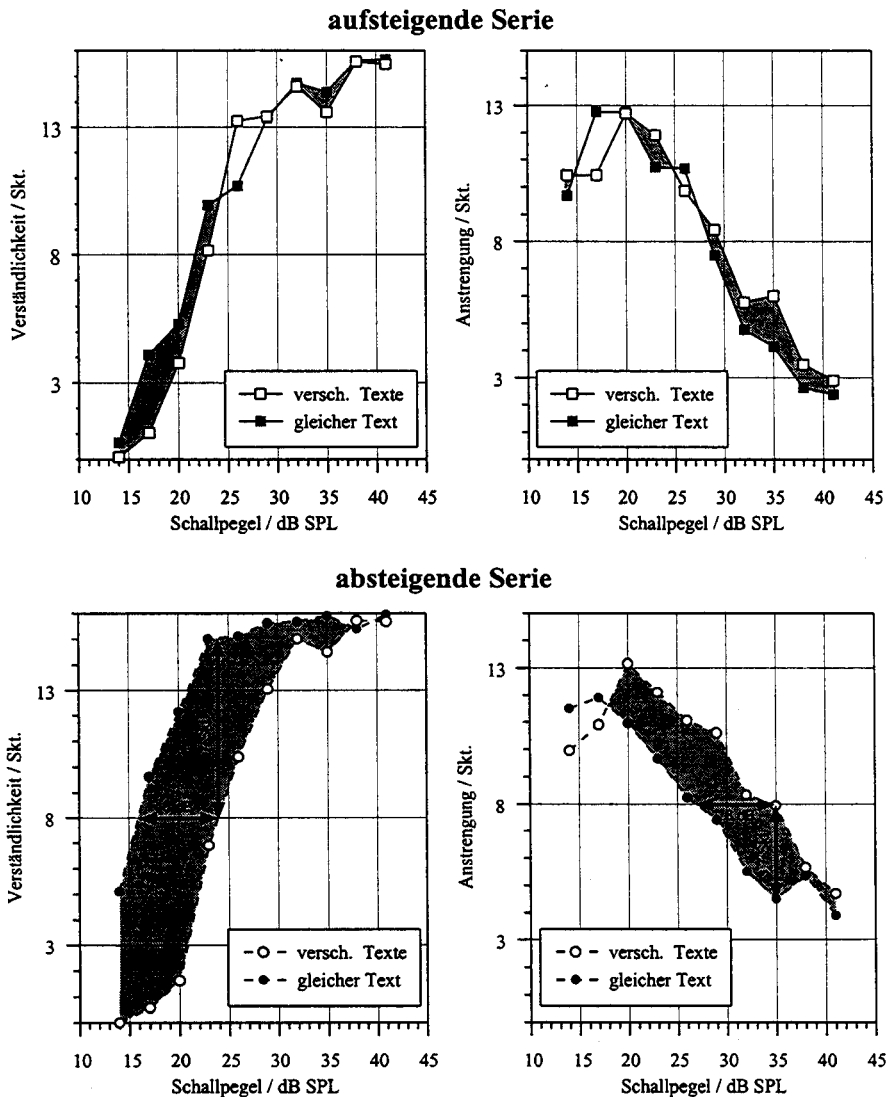


Abbildung 7-14: Mittlere Verständlichkeitsfunktionen und Anstrengungsverlauf für eine aufsteigende (n=21) und eine absteigende (n=23) Darbietungspegelserie, die einmal mit 10 verschiedenen Redepassagen und einmal mit immer derselben Redepassage gemessen wurden. Obere Zeile: Vergleich zwischen der Versuchsbedingung (gleicher Text) und der Kontrollbedingung (versch. Texte) für die aufsteigende Serie; untere Zeile: Vergleich zwischen der Versuchsbedingung (gleicher Text) und der Kontrollbedingung (versch. Texte) für die absteigende Serie. Der Gewinn an Verständlichkeit und zum Verstehen notwendiger Anstrengung ist grau markiert.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

In **Abbildung 7-15** sind die aufsteigende und die absteigende Serie für die beiden Versuchsbedingungen „gleicher Text“ und „verschiedene Texte“ einander gegenüber gestellt, d.h. es werden die Ergebnisse der beiden unabhängigen Versuchsgruppen verglichen. Auch bei diesem Vergleich ist ein deutlicher Gewinn durch die absteigende Serie zu verzeichnen, der mit 6 dB aber etwas niedriger ausfällt als im abhängigen Vergleich. Es zeigt sich jedoch, daß die Versuchsgruppe mit der aufsteigenden Pegelserie die zehn Texte der Kontrollbedingung besser verstanden hat als die Gruppe mit der absteigenden Serie. Diese Gruppe versteht also insgesamt etwas besser als die andere, was zu einer Unterschätzung des Übungseffekts im unabhängigen Vergleich führt.

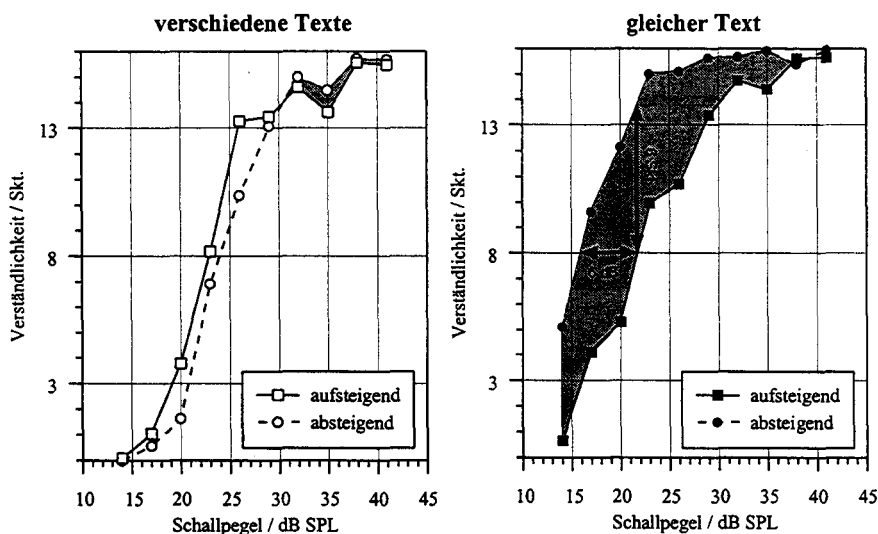


Abbildung 7-15: Vergleich zwischen aufsteigender und absteigender Serie für die Messung mit einem Text und die Messung mit 10 verschiedenen Texten (=andere Zuordnung der in **Abbildung 7-14** dargestellten Daten).

Die Standardabweichungen für die Verständlichkeitsskalierung sind trotz der Vereinfachung der Skala auf drei Kategorien nur leicht zurückgegangen und betragen noch immer bis zu 25% der Gesamtskala. Die Standardabweichungen der Anstrengungsskala fallen teilweise sogar höher aus als bei der Explorationsuntersuchung. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, daß einige Probanden bei den niedrigsten Schallpegeln keine Sprache mehr gehört haben und sich dementsprechend auch nicht mehr anstregten. Die totalen Standardabweichungen für beide Dimensionen und alle Versuchsbedingungen sind in **Abbildung 7-16** graphisch dargestellt.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

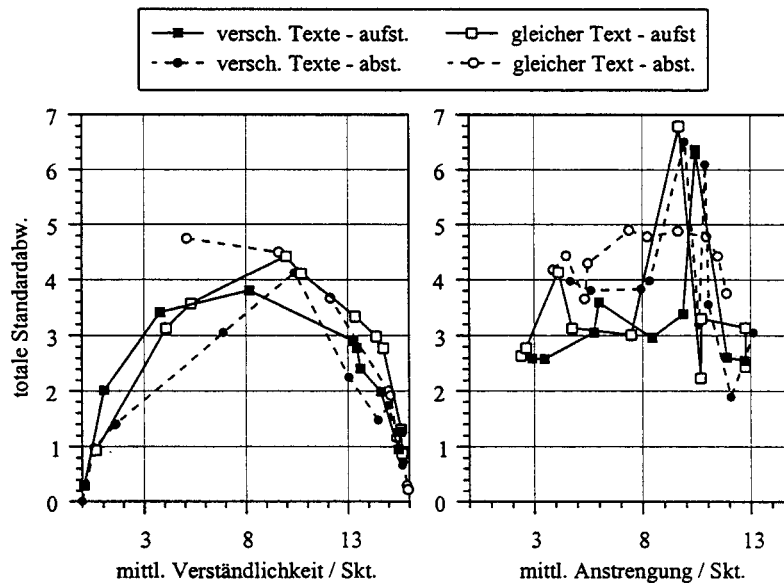


Abbildung 7-16: Totale Standardabweichung der Verständlichkeits- und Anstrengungsurteile für jede Versuchsbedingung in Abhängigkeit von der mittleren Verständlichkeit und Anstrengung. Aufsteigende Serien: n=21, absteigende Serien: n=23.

Als Fazit ist festzustellen, daß bei Verwendung von nur einer Redepassage zur Hörgeräteoptimierung mit einem erheblichen Übungseffekt gerechnet werden muß, der die Validität des Verfahrens zerstört. Die einzige sinnvolle Alternative besteht in der ausschließlichen Verwendung unterschiedlicher Passagen, die sorgfältig auf gleiche Verständlichkeit hin ausgewählt oder angepaßt werden müssen. Läßt sich eine Textwiederholung überhaupt nicht vermeiden, muß ein möglichst großer zeitlicher Abstand zwischen den Wiederholungen eingehalten werden und es sollte darauf geachtet werden, nur die Texte zu wiederholen, die bei der ersten Darbietung schlecht verstanden wurden.

7.2.6 Messung individueller Verständlichkeitsfunktionen einzelner Texte

Die Ergebnisse der Explorationsuntersuchung und die explizite Messung des Übungseffekts haben gezeigt, daß es sehr schwierig ist, die Verständlichkeitsfunktion für einzelne Redepassagen zu bestimmen. Große individuelle Unterschiede auch zwischen normalhörigen Probanden sorgen für eine sehr hohe Streuung der Verständlichkeitsurteile und verhindern eine präzise Bestimmung vor allem der Steigung der Funktion bei einer unabhängigen Messung. Die abhängige Messung der Übergangsfunktion von 0% zu 100% Verständlichkeit bei einem Text wird dagegen stark vom Übungseffekt verfälscht. Die zuletzt geschilderten Ergebnisse haben jedoch auch gezeigt, daß der Verständlichkeitsgewinn bei wiederholter Darbietung eines Texts dann nicht zum Tragen kommt, wenn die Redepassagen in einer streng aufsteigenden Abfolge der Schallpegel dargeboten werden (vgl. **Abbildung 7-14** und **Abbildung 7-15**). Bei dieser Vorgehensweise sollte aber eine andere Methode eingesetzt werden, da bei einer Skalierung der Verständlichkeit im streng aufsteigenden Verfahren mit erheblichen Urteilsartefakten zu rechnen ist (vgl. **Tabelle 7-4**). Aus diesem Grund ist die Herstellung vorgegebener Verständlichkeiten im aufsteigenden Grenzverfahren durch die Probanden vorzuziehen. Um die Versuchsdauer so niedrig wie möglich zu halten und eine Ermüdung der Probanden zu

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

vermeiden, wurden nur die drei Verständlichkeiten *gerade ein wenig verstanden* = 5%, *die Hälfte verstanden* = 50% und *noch nicht ganz alles verstanden* = 95% ausgewählt. Da die Untersuchung in einem ruhigen, aber nicht schallgedämpften Büro durchgeführt werden mußte, wurden potentielle Störgeräusche durch ein weißes Rauschen mit einem Effektivpegel von 60 dB (bezogen auf die Kopfhörerkalibrierung eines 1000 Hz Tones) verdeckt. Im Gegensatz zu den bisher geschilderten Untersuchungen handelt es sich hier also um einen Mithörversuch und die Herstellung der vorgegebenen Verständlichkeiten durch Variation des Signalrauschabstands. Insgesamt wurden 16 Probanden untersucht, aufgrund teilweiser Vorkenntnis der Redepassagen (Teilnahme an obigen Untersuchungen) wurden sieben von ihnen nicht in die Auswertung mit einbezogen.

In **Tabelle 7-5** sind die Mittelwerte und Standardabweichungen für alle neun Probanden ohne Textvorkenntnis aufgelistet. Die Tabelle ist nach der Höhe des Signalrauschabstands für die Herstellung von 50% Verständlichkeit aufsteigend sortiert: D.h. oben stehen die besser verständlichen und unten die schlechter verständlichen Redepassagen. Die Reihenfolge der vier Darbietungen der Redepassage 27 ist durch an die Zahl angehängte Buchstaben a, b, c und d gekennzeichnet. Die Ergebnisse sind zusätzlich in **Abbildung 7-17** grafisch dargestellt. Für den Anstieg der Verständlichkeit von 5% auf 95% wird im Mittel eine Verbesserung des Signalrauschabstands um 7.96 dB gebraucht und damit nur etwa die Hälfte wie bei der Messung in Ruhe (vgl. **Abbildung 7-15**). Dies entspricht einer Steigung von 11.3 %/dB zwischen 5% und 95% Verständlichkeit. Drückt man die Standardabweichung bei 50% Verständlichkeit von 2.35 dB über diese Steigung in prozentualer Verständlichkeit aus, erhält man einen Wert von 26.7%. Vergleicht man diese totale Standardabweichung mit der rein interindividuellen Streuung von etwa 35% für die Skalierung mit der Prozentskala in der Explorationsuntersuchung (Messung in Ruhe bei tiefpaßgefilterten Redepassagen), schneidet das aufsteigende Grenzverfahren deutlich besser ab. Über alle Redepassagen hinweg betrachtet, unterscheiden sich die Varianzen der Einstellungen zu jeder vorgegebenen Verständlichkeit signifikant. Für die Herstellung einer Verständlichkeit von 5% ist sie mit 3.84 am niedrigsten und für eine Verständlichkeit von 95% mit 10.3 am höchsten. Die Varianz ist jedoch kein Ausdruck der durch die Probanden empfundenen Schwierigkeit der Einstellung, da die Herstellung von 95% generell am leichtesten empfunden wurde (mittlerer Rangplatz der Schwierigkeit: 2.6), von 50% am schwersten (Rang: 1.5) und auch 5% noch relativ schwer (Rang: 1.9). Es ist vielmehr so, daß für 5% Verständlichkeit übereinstimmend auf etwa die gleiche Anzahl verstandener Wörter geachtet wird, die Schwierigkeit für die Einstellung aber darin besteht, im aufsteigenden Verfahren aus der Entdeckungsschwelle heraus kommend das Kriterium nicht zu überschreiten. Dies ist langwierig und fordert die Konzentration sehr stark. Für das Kriterium 50% gaben die Probanden fast übereinstimmend an, daß sie sich bei den relativ langen Passagen nicht sehr sicher waren, wieviel sie verstehen mußten, um es zu erreichen. Eine geringe Veränderung des Signalrauschabstands im Verständlichkeitsbereich 50% bewirkte jedoch eine stärkere Veränderung der Verständlichkeit als im Bereich um 95%, was zu einer höheren Übereinstimmung der Einstellungen führen muß.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

Text-Nr	5%-Verständlichkeit		50%-Verständlichkeit		95%-Verständlichkeit		Differenz 95%-5%
	Mittel	Std.abw.	Mittel	Std.abw.	Mittel	Std.abw.	
27d	-13.67	1.46	-10.53	1.56	-7.08	1.71	6.59
27b	-12.72	1.00	-10.25	1.46	-6.42	2.79	6.30
27c	-13.39	1.40	-10.22	1.87	-7.00	2.13	6.39
23	-12.09	2.04	-8.39	2.50	-5.31	3.59	6.78
16	-11.94	1.52	-7.50	2.43	-2.97	2.81	8.97
25	-10.82	2.62	-7.47	2.29	-2.11	3.66	8.71
4	-11.75	2.10	-7.39	2.25	-4.67	2.15	7.08
27a	-11.47	1.76	-7.31	2.62	-3.92	2.94	7.55
9	-10.59	1.13	-7.25	2.11	-4.56	2.21	6.03
29	-12.08	1.76	-7.03	2.25	-4.72	2.76	7.36
44	-12.50	3.04	-6.81	2.78	-1.64	3.19	10.86
22	-11.03	2.00	-6.66	2.75	-.81	3.91	10.22
7	-10.31	2.12	-6.44	2.25	-2.75	3.99	7.56
26	-10.31	1.82	-6.28	2.59	-3.34	2.07	6.97
31	-10.14	1.72	-6.17	2.22	-2.61	3.13	7.53
39	-10.19	1.87	-5.94	1.20	-2.81	3.56	7.38
33	-9.56	1.70	-5.81	1.86	-2.00	3.86	7.56
11	-10.59	1.27	-5.64	2.20	-1.78	3.09	8.81
15	-9.97	2.02	-5.28	2.76	-1.92	3.46	8.05
Mittel (ohne 27b,c,d)	-10.96	1.96	-6.71	2.35	-3	3.21	7.96

Tabelle 7-5: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Herstellung von 5%-, 50%- und 95%- Verständlichkeit im aufsteigenden Grenzverfahren (n=9). Angaben in dB Signalrauschabstand zu weißem Rauschen mit 60 dB. Die Werte sind nach den Mittelwerten bei 50%-Verständlichkeit aufsteigend sortiert. Der Text 27 wurde insgesamt viermal dargeboten und die Reihenfolge der Darbietungen durch ein angehängtes a, b, c und d gekennzeichnet. Die Redepassagen 7, 15, 22, 25 und 44 (grau unterlegt) wurden in den anderen Untersuchungen nur zur Orientierung eingesetzt. Die mittleren Standardabweichungen wurden als Wurzel aus der mittleren Varianz berechnet.

Wie **Tabelle 7-5** zeigt, hat die Wiederholung der Redepassage Nr. 27 auch bei dieser Methode einen signifikanten Effekt auf die Verständlichkeit. Alle drei Wiederholungen unterscheiden sich bei Testung mit dem t-Test für abhängige Stichproben signifikant von der ersten Darbietung und auch von fast allen anderen Redepassagen: d.h. unabhängig von der vorgegebenen Verständlichkeitskriterium zu erreichen. Zwischen den Wiederholungen selbst sind keine signifikanten Unterschiede festzustellen. Sobald der Text zum ersten Mal vollständig verstanden wurde, kann seine Kenntnis zum Verstehen der späteren Darbietungen¹ genutzt werden. Unabhängig von der Wiederholung ist die Redepassage 27 bei der ersten Darbietung bei 5%-Verständlichkeit besser verständlich als die Redepassagen 31 und 39. Dieses Ergebnis korrespondiert mit der oben berichteten Untersuchung des Übungseffekts, wo bei den niedrigen Darbietungsebenen der aufsteigenden Serie für die Passage 27 ebenfalls eine jeweils bessere Verständlichkeit als für die Passagen 31 und 39 festgestellt wurde. Für die restlichen Redepassagen liegen sy-

¹ Eine Wiederholung fand nach jeweils drei anderen Redepassagen statt.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

systematische Mittelwertdifferenzen vor allem zwischen den an den Rändern liegenden Passagen 23 und 16 auf der einen Seite und 11 und 15 auf der anderen Seite vor. Aus dem Fehlen weiterer signifikanter Unterschiede darf jedoch keinesfalls die gleiche Verständlichkeit der Redepassagen geschlossen werden, da dieser Schluß eine Kenntnis des Beta-Fehlers voraussetzt, die hier nicht gegeben ist. Für eine zuverlässige Abschätzung über die Konfidenzintervalle der Mittelwerte ist die Anzahl der Messungen je Text mit $N=9$ zu gering. Die Standardabweichungen sind für alle Einstellungen jedoch ausreichend niedrig, so daß die Methode geeignet ist, abweichende Verständlichkeiten zwischen Redepassagen in einem sinnvollen Pegelbereich zu ermitteln.

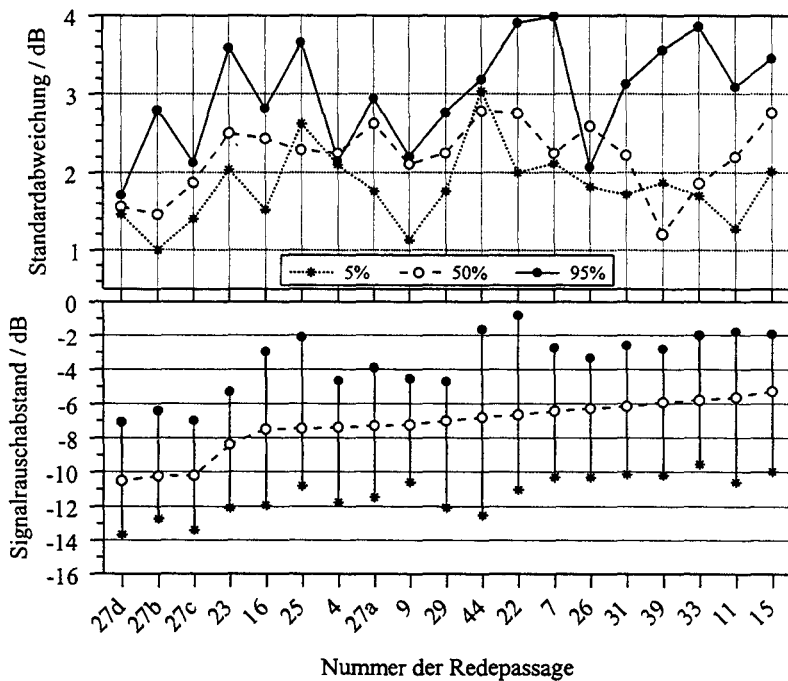


Abbildung 7-17: Mittelwerte (unteres Diagramm) und Standardabweichungen (oberes Diagramm) für die Herstellung der Verständlichkeiten 5%, 50% und 95% im aufsteigenden Grenzverfahren. Angaben in dB Signalrauschabstand zu weißem Rauschen mit 60 dB. Die Werte sind nach den Mittelwerten bei 50%-Verständlichkeit aufsteigend sortiert. Der Text 27 wurde insgesamt viermal dargeboten und die Reihenfolge der Darbietungen durch ein angehängtes a, b, c und d gekennzeichnet.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

V	Redep.	27a	27b	27c	27d	4	7	9	11	15	16	22	23	25	26	29	31	33	39	44
5%	27a	■	♦	♦	♦	-	♦	♦	-	-	-	-	-	-	-	-	♦	♦	-	-
5%	27b	♦	■	-	-	-	♦	♦	♦	♦	♦	♦	-	-	♦	♦	♦	♦	♦	♦
5%	27c	♦	-	■	-	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	-	♦	♦	♦	♦	♦	♦	-
5%	27d	♦	-	-	■	-	♦	♦	♦	♦	♦	♦	-	♦	♦	♦	♦	♦	♦	-
50%	27a	■	♦	♦	♦	-	♦	-	♦	♦	-	-	-	-	♦	-	♦	-	-	-
50%	27b	♦	■	-	-	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	-	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
50%	27c	♦	-	■	-	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
50%	27d	♦	-	-	■	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
95%	27a	■	♦	♦	♦	-	-	-	♦	♦	-	♦	-	-	-	-	-	-	-	♦
95%	27b	♦	■	-	-	♦	♦	-	♦	♦	♦	♦	-	♦	♦	-	♦	♦	♦	♦
95%	27c	♦	-	■	-	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	-	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
95%	27d	♦	-	-	■	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	-	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦

Tabelle 7-6: Signifikante Unterschiede zwischen den 4 Darbietungen der Redepassage 27 (a-d) und den restlichen Redepassagen. Die Spalte V gibt die vorgegebene Verständlichkeit in Prozent an; Signifikante Unterschiede des t-Test für abhängige Stichproben ($\alpha=5\%$; zweiseitig; keine α -Adjustierung) sind mit ♦ markiert.

7.2.7 Zusammenfassung

Das wichtigste Ergebnis der Voruntersuchung ist zweifelsohne die erhebliche Verbesserung der Verständlichkeit, wenn Redepassagen wiederholt dargeboten werden. Sobald ein Großteil des Textinhalts verstanden wurde, kann der bekannte Teil dazu genutzt werden, auch die noch unverständlichen Teile zu entschlüsseln und bei schlechteren auditiven Repräsentationen, etwa durch niedrigeren Schallpegel oder eine verschlechterte Übertragungsgüte, das Verständnis aufrechtzuerhalten. Da dies nicht notwendigerweise mit einer Erhöhung der kognitiven Belastung einhergeht, sondern vielmehr sogar eine Reduzierung bedeuten kann, ist auf die Wiederholung einer Redepassage, die bereits weitgehend verstanden wurde, innerhalb einer Meßsitzung zu verzichten. Man kann zwar versuchen, die Probleme mit einer entsprechenden Normierung auf die Verständlichkeit bekannter Redepassagen zu umgehen, verliert damit aber die Validität des Verfahrens für die alltägliche Kommunikation mit vorher nicht bekannten Inhalten, wie sie vor allem bei Gesprächen mit Fremden, Vorträgen, Radiosendungen etc. gegeben ist.

Die Explorationsuntersuchung hat gezeigt, daß Veränderungen der Übertragungsqualität durch Bandpaßfilterung und Tiefpaßfilterung einen stärkeren Effekt auf die beurteilte Übertragungsgüte (Gesamtqualität und Klarheit/Deutlichkeit) und die zum Verstehen notwendige Anstrengung haben als auf die Verständlichkeit selbst. Anstrengung und Qualitätsdimensionen erlauben auch eine Differenzierung der Übertragungsgüte im Bereich 100%iger Verständlichkeit. Aus diesem Grund ist es wichtig, zusätzlich zur Befragung der Verständlichkeit auch zu erfassen, wie anstrengend das Verstehen für den Probanden ist. Hierdurch wird zusätzlicher Spielraum für eine Verbesserung der sprachlichen Kommunikation im Alltag geschaffen.

In der Explorationsuntersuchung wurde eine verhältnismäßig hohe Korrelationen der „gut-schlecht“-Skala mit den Skalen der Übertragungsgüte und der skalierten Anstrengung festge-

stellt. Da die zum Verstehen notwendige Anstrengung immer parallel befragt werden soll, ist eine Verständlichkeitsskala vorzuziehen, die eine präzisere Aussage über die verstandene Textmenge ermöglicht. Da eine kategorienunterteilte Skala für die Proband leichter und sicherer zu handhaben ist, wird der „viel-wenig“-Skala der Vorzug vor der Prozentskala gegeben, die eine höhere Präzision suggeriert, als sie tatsächlich liefert. Die hohen Urteilsstreuungen bei der Verständlichkeitsbeurteilung zeigen an, daß die Differenzierungsfähigkeit bei langen Textpassagen nicht besonders hoch ist. Eine weitere Reduzierung der Verständlichkeitskala auf drei Kategorien mit jeweils 3 Unterteilungen scheint deshalb gerechtfertigt.

Die Herstellung vorgegebener Verständlichkeiten durch Regelung des Signalrauschabstands im aufsteigenden Grenzverfahren liefert deutlich niedrigere Streuungen als die direkte Skalierung in Prozent und sollte demnach zur Ermittlung der Verständlichkeitsfunktionen für das im Klangbildverfahren verwendete Sprachmaterial eingesetzt werden.

7.3 Die Repräsentation der Kommunikation im Alltag durch Dialoge in unterschiedlichen Störgeräuschsituationen

Die in das Klangbildverfahren zu integrierende Methode zur Bestimmung der Sprachverständlichkeit soll eine möglichst valide Vorhersage auf die Güte der sprachlichen Kommunikation im Alltag ermöglichen. Zu den Faktoren, die diese Validität bestimmen, gehören vor allem Sprecher, Störgeräuschsituation, Gesprächsinhalt und Sprechweise. Der Ausgestaltung der Faktoren im Verfahren ist zwar kritisch für die Validität, aber aus ökonomischen Gründen sind dafür enge Grenzen gesetzt. Innerhalb dieser Grenzen haben wir nachfolgend beschriebene Spezifikationen gewählt. Eine häufige Gesprächssituation des Alltags, die durch ein Hörgerät auch am ehesten rehabilitiert werden kann, ist der Dialog mit einem Gesprächspartner in unterschiedlichen Störgeräuschsituationen. Als Sprecher werden sowohl ein Mann als auch eine Frau eingesetzt, um die für viele Schwerhörige teilweise erheblichen Verständlichkeitsunterschiede bei männlichen und weiblichen Gesprächspartnern erfassen und bei der Anpassung berücksichtigen zu können. Störgeräuschsituationen können u.a. nach zwei Kriterien klassifiziert werden: ihrem Schallpegel und damit ihrer verdeckenden Wirkung und nach ihrer Bedeutung im Alltag. Um den Schallpegelbereich zwischen moderat und sehr laut möglichst umfassend abzudecken und gleichzeitig eine hohe Bedeutung der Situationen für den Alltag des Schwerhörigen zu gewährleisten, wurden neun Gesprächssituationen ausgewählt. Zusätzlich wurde eine Diskussionsrunde ohne zusätzliches Störgeräusch mit drei Sprechern und einer Sprecherin aufgenommen.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

Störgeräuschsituation	Lautheit	Gesprächsthemen
Beim Tischdecken	mittel bis laut	familiär/allgemein
Während der Geschirrspüler läuft	leise bis mittel	familiär/allgemein
Beim Staubsaugen	mittel	familiär/allgemein
Im fahrenden Auto	mittel	allgemein
In der Straßenbahn	laut	allgemein
Im Supermarkt an der Kasse	mittel bis laut	allgemein
Im Restaurant	mittel bis laut	allgemein
Im Großraumbüro	leise	berufsbezogen/allgemein
In einer Fabrikhalle (Druckerei)	sehr laut	berufsbezogen/allgemein
Diskussionsrunde	kein Störgeräusch	allgemein

Tabelle 7-7: Charakterisierung der Dialoge

Der Gesprächsinhalt ist auf die jeweilige Situation angepaßt, d.h. es werden familiäre, allgemeine oder berufsbezogene Themen besprochen, die keinen spezifischen oder selten gebrauchten Wortschatz erfordern. Zu jeder Gesprächssituation wurden fünf Dialoge von jeweils ca. einer Minute Dauer erstellt, die im Anhang D aufgeführt sind. Die Aufnahmen der Gespräche wurden im Tonstudio mit einem Werbesprecher und einer Schauspielerin erstellt, wobei auf eine „normale“ alltagsnahe Sprechweise geachtet wurde. Das heißt das Sprechtempo war durchschnittlich schnell, ohne überbetonte Artikulation. Sprecher und Sprecherin hörten während der Aufnahme sowohl die Störgeräusche als auch sich selbst und ihren Gesprächspartner über Kopfhörer. Eine genaue Beschreibung der Aufnahmetechnik und der Kalibrierung im Tonstudio befindet sich im Kapitel 3. Die verwendeten Störgeräusche waren Teil des Katalogs der aufzunehmenden Klangbilder und wurden aufgezeichnet, wie im Kapitel 3 beschrieben.

Nach der Aufnahme im Tonstudio wurden alle Dialoge mit ihren entsprechenden Störgeräuschen von sieben Hörexperten auf ihre Natürlichkeit hin überprüft. Alle Hörexperten stimmten darin überein, daß die Dialoge gegenüber den Alltagssituationen zu laut gesprochen waren. Aus einer Vergleichsserie, bei der die Dialoge um jeweils 3 dB, 6 dB, 9 dB und 12 dB abgesenkt waren, wurden übereinstimmend die Absenkungen um 6 dB als die natürlichste Repräsentation der Alltagssituation eingestuft. Auf der Basis dieser Expertenurteile wurden daraufhin alle Gespräche um 6 dB abgesenkt. Die Abweichung könnte z.B. daran gelegen haben, daß bei der Kopfhörerkalibrierung im Studio eine Einstellung vorgenommen wurde, die für das Hören der eigenen Stimme und derjenigen des Gesprächspartners über das selbe Mikrofon nicht genau übereinstimmte. Sie könnte aber auch daran gelegen haben, daß der Sprecher und die Sprecherin im Studio dazu tendierten, eher etwas lauter als normal zu sprechen. Im Nachhinein war nicht mehr festzustellen, woher diese Abweichung kam.

7.3.1 Verständlichkeitsmessung für die Studioaufnahmen

Da die Voruntersuchungen zur Integration der Verständlichkeitsmessung in das Klangbildverfahren eine erhebliche Verbesserung der Verständlichkeit bei mehrfacher Darbietung desselben Texts ergeben haben, darf kein Dialog während der Optimierung mehr als einmal dargeboten werden. Sind mehrere Optimierungsschritte notwendig, muß jeweils ein anderer der

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

fünf Dialoge, die jeweils zu einer Gesprächssituation erstellt und aufgezeichnet wurden, verwendet werden. Dies setzt jedoch voraus, daß jeweils alle fünf Dialoge einer Gesprächssituation gleich verständlich sind.

7.3.1.1 Versuchsplan

Um die Verständlichkeitsfunktionen aller Studioaufnahmen zu bestimmen, wurde die in den Voruntersuchungen bereits getestete Methode der Herstellung vorgegebener Verständlichkeiten mit dem aufsteigenden Grenzverfahren eingesetzt. Zusätzlich zu den bisher vorgegebenen drei Verständlichkeiten *ein bißchen verstanden* = 5%, *die Hälfte verstanden* = 50% und *fast alles verstanden* = 95%, wurde das Kriterium *ohne Anstrengung alles verstanden* $\geq 100\%$ mit aufgenommen, da es sehr wichtig für die Güte der Hörgeräteübertragung ist. Die obigen Versuche haben gezeigt, daß die Herstellungsmethode zeitlich sehr aufwendig ist und die Konzentration enorm beansprucht. Für die Einstellung von drei Verständlichkeiten bei 19 Texten hatten die Probanden im Durchschnitt 2½ Stunden benötigt. Da ein Vergleich bei der relativ geringen Zahl untersuchbarer Probanden nur mit abhängiger Messung sinnvoll ist, mußten die 43 Dialoge auf drei Sitzungen (Blöcke) mit jeweils 14 bzw. 15 Gesprächen aufgeteilt werden. Insgesamt wurden 13 Probanden untersucht, von denen einer nicht in die Auswertung mit aufgenommen wurde, da seine Muttersprache nicht Deutsch war. Die Aufteilung der Gespräche auf die drei Blöcke kann **Tabelle 7-8** entnommen werden. Die darauf folgende **Tabelle 7-8** zeigt die Zuordnung der Blockreihenfolge und **Tabelle 7-9** gibt einen Überblick über die Häufigkeit mit der ein Block zu jedem Meßzeitpunkt vorkam. Um Übungseffekte gleichmäßig auf die Blöcke zu verteilen, wurde bei jedem Probanden eine andere Blockreihenfolge gewählt. Angestrebt war eine Gleichverteilung, die aber aufgrund einiger Ausfälle nicht erreicht wurde. Die Reihenfolge der Gespräche innerhalb der Blöcke war konstant. Auf eine Balancierung dieses Faktors wurde aufgrund der niedrigen Probandenzahl verzichtet.

Gesprächssituation	Anzahl Gespräche	Block	Position im Block
Großraumbüro	5	1	1-5
Bei laufender Geschirrspülmaschine	5	1	6-11
In der Straßenbahn	5	1	11-15
Im fahrenden Auto	5	2	1-5
An der Supermarktkasse	5	2	6-10
Beim Tischdecken	4	2	11-14
Beim Staubsaugen	4	3	1-4
Im Restaurant	5	3	5-9
In der Fabrikhalle	5	3	10-14

Tabelle 7-8: Zuordnung der Dialoge zu den drei Blöcken

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

Nr.	Proband-Code	1. Messung	2. Messung	3. Messung
1	WS	Block 1	-	-
2	KA	Block 3	Block 2	-
3	JKS	Block 1	Block 2	Block 3
4	GT	Block 2	Block 1	Block 3
5	KM ⁽¹⁾	Block 1	Block 3	Block 2
6	RW	Block 1	Block 3	Block 2
7	BS	Block 2	Block 3	Block 1
8	HT ⁽²⁾	[Block 3]	Block 2 {2}	Block 1 {2}
9	HR	Block 3	Block 1	Block 2
10	BH	Block 2	Block 1	Block 3
11	PK	Block 3	Block 2	Block 1 {2}
12	HP	Block 2	Block 1	Block 3
13	WB	Block 1	Block 3	Block 2

Tabelle 7-9: Zuordnung der Blockreihenfolge zu den Probanden. ⁽¹⁾ Muttersprache des Probanden ist nicht deutsch. Er wurde deshalb bei der Gruppenauswertung nicht berücksichtigt. ⁽²⁾ Proband ver-rutschte bei der ersten Messung mehrmals nicht nachvollziehbar im Protokollbogen, weshalb die Messung nicht verwertet werden konnte! {x} Zahlen in geschweiften Klammern geben die Anzahl der Meßzeitpunkte für den Block an.

	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Summe
Block 1	4	4	3	11
Block 2	4	4	3	11
Block 3	3	3	4	10
Summe	11	11	10	

Tabelle 7-10: Häufigkeit mit der ein Block zu jedem Meßzeitpunkt vorkam. (Ohne Proband 5, da seine Mut-
tersprache nicht Deutsch war)

7.3.1.2 Material und Kalibrierung

Ausgangsmaterial waren die im Tonstudio bei verschiedenen über Kopfhörer eingespielten Störgeräuschen aufgezeichneten Dialoge. Für die Gesprächssituationen „im Großraumbüro“, „im Restaurant“, „beim Staubsaugen“, „bei laufender Geschirrspülmaschine“ und „beim Tischdecken“, bei deren Störgeräuschen ein deutlicher Raumeffekt hörbar war, wurden die Sprachaufnahmen zusätzlich mit einem adäquaten Hall versehen (vgl. Beschreibung in Kapitel 3). Um für alle Gespräche, die ja aufgrund der verschiedenen Störgeräuschpegel mit unterschiedlichem Stimmaufwand gesprochen wurden, vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, wurden zur Messung nicht die ursprünglichen Störgeräusche verwendet, sondern einheitlich rosa Rauschen mit 70 dB SPL. Die Gespräche und das Rauschen sind jeweils einkanalige Mono-files.

Die 44.1 kHz-Triple-Dat-Files und das rosa Rauschen wurden als Wave-Files exportiert und mit dem Windows-Programm COOL-Edit auf eine Samplerate von 22.05 kHz konvertiert.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

Dies war notwendig, da auf dem Atari TT08 eine Gesamtspeicherlänge von 8 Megabyte nicht überschritten werden konnte.

Die Kalibrierung der Wiedergabe im Klangbildverfahren erfolgt für die Lautsprecherwiedergabe über ein CCITT-Rauschen, das auf 80 dB SPL eingestellt wird. Um für die Kopfhörerwiedergabe dieselbe Kalibrierung zu erhalten, wurde auch das CCITT-Rauschen exportiert, konvertiert und seine RMS-Amplitude berechnet. Diese Amplitude wurde für alle Dialoge zur Kalibrierung eingesetzt. Eine Einstellung des Darbietungspegels über diese Amplitude auf 80 dB SPL bedeutet, daß jedes Gespräch über Kopfhörer mit seinem Originalpegel wiedergegeben wird, unabhängig vom absoluten Wert des Pegels. Für den Verständlichkeitsvergleich und eine eventuelle Anpassung der Dialoge auf gleiche Verständlichkeit ist die Kenntnis des relativ zum Originalpegel eingestellten Darbietungspegels vollständig ausreichend.

Das rosa Rauschen hat die gleiche RMS-Amplitude wie das CCITT-Rauschen und wird auf 70 dB SPL eingestellt. Für die aufsteigende Regelung des Sprachpegels, wurde zu jedem Dialog in einem Vorversuch der maximale Startpegel, der noch unter der Entdeckungsschwelle liegt, ermittelt. Der tatsächliche Startpegel wird bei jeder Darbietung zufällig aus einem 5-dB-Bereich unterhalb dieses maximalen Startpegels ausgewählt.

Darbietungsapparatur und Regelungsablauf entsprechen den Einstellungen der Voruntersuchung, lediglich die Auflösung des Drehreglers wurde auf 0.125 dB bzw. 0.15 dB je Stufe erhöht und die Darbietung erfolgte diotisch über einen offenen Kopfhörer AKG K1000. Dieser Kopfhörer wurde gewählt, da er eine optimale Klangqualität garantiert. Aus diesem Grund wurde die Messung auch in einem anderen ruhigeren Versuchsraum durchgeführt. Der Schallpegel der Dialoge konnte durch den Drehregler im aufsteigenden Grenzverfahren stufenweise erhöht werden, der Schallpegel des rosa Rauschens blieb konstant.

7.3.1.3 Ergebnisse

Nach dem Abbruch der jeweiligen Darbietungsschleife erhält der Proband den aktuell eingestellten Darbietungspegel mitgeteilt und notiert diesen in einem Protokollbogen. Da der Proband im aufsteigenden Grenzverfahren keine Möglichkeit hat, eine eventuell zu gut verständlich eingestellte Darbietung nach unten zu korrigieren, muß er zusätzlich angeben, ob dieser Wert genau der vorgegebenen Verständlichkeit entspricht. Dazu hat er folgende Skala zur Verfügung: „= - Kriterium genau getroffen“, „> - Verständlichkeit ist etwas zu hoch“, „>> - Verständlichkeit ist zu hoch“, „>>> - Verständlichkeit ist deutlich zu hoch“. Dieser zurückgemeldete Darbietungspegel ist, wie oben erläutert, auf die 80 dB SPL des CCITT-Rauschens bezogen und entspricht **nicht** dem absoluten Darbietungspegel des Dialogs. Die Differenz zwischen dem zurückgemeldeten Pegel und dem Kalibrierpegel entspricht der zur Herstellung der Verständlichkeit im rosa Rauschen notwendigen Absenkung bzw. Anhebung der Originalaufnahme und wird für die weitere Auswertung verwendet. Für eher leise gesprochene Dialoge (wie z.B. im Großraumbüro) sind demnach geringe Anhebungen des Originalpegels zu erwarten, damit die Dialoge bei 70 dB rosa Rauschen verstanden werden können, für laut gesprochene Dialoge (wie z.B. in der Fabrikhalle) erhebliche Absenkungen.

Die Rohdatenliste wurde in das Statistikpaket SPSS für Windows übertragen und für jeden Dialog und jede vorgegebene Verständlichkeit die Grundstatistiken arithmetisches Mittel, Standardfehler des Mittelwerts, Standardabweichung, Varianz, Minimum und Maximum be-

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

rechnet. Für die Auswertung wurden nur Einstellungen berücksichtigt, die mit „=, und „>„ gekennzeichnet waren. Dabei resultierten folgende Zellenbesetzungen: 61 Messungen (=35.1%) haben ein n von 11 Probanden, 84 Messungen (=48.8%) mit 10 Probanden, 8 Messungen (=12.2%) mit 9 Probanden, 5 Messungen (=2.9%) mit 8 Probanden und 1 Messung (=0.5%) mit 7 Probanden.

In **Tabelle 7-11** sind die arithmetischen Mittel (\bar{x}), Standardabweichungen (s) und Anzahl der gültigen Meßwerte (n) für alle Messungen mitgeteilt. Mit r gekennzeichnete Gespräche wurden nachträglich verhallt. Die letzte Zeile gibt die Gesamtstreuung je vorgegebener Verständlichkeit über alle Dialoge an. Nachträglich verhallte Sprachaufnahmen sind durch ein angehängtes r gekennzeichnet. Für einen besseren Überblick sind die Ergebnisse für jede Störgeräuschsituation in **Abbildung 7-18** bis **Abbildung 7-26** graphisch dargestellt. Die Skalierung der Abszisse ist für alle Diagramme gleich, so daß die relative Lage der Dialoge zueinander auch situationsübergreifend beurteilt werden kann. Wie erwartet, müssen die Dialoge im Großraumbüro gegenüber ihrem Originalpegel angehoben werden, damit sie bei simultan dargebotenem rosa Rauschen mit 70 dB SPL zu 100% verstanden werden können. Die Gespräche in der Fabrikhalle müssen dagegen um mehr als 10 dB abgesenkt werden. Hier zeigt sich der Lombardeffekt, der darin besteht, daß der Sprachpegel in der Kommunikation stark vom Pegel des Störgeräuschs abhängig ist: Je höher der Störgeräuschpegel, umso höher der Stimm- aufwand. Die mittleren Standardabweichungen der Einstellungen für die vorgegebenen Verständlichkeiten entsprechen fast exakt denjenigen, die mit der gleichen Methode für die Redepassagen von Sendlmeier erhoben wurden. Sie liegen sogar für jede vorgegebene Verständlichkeit etwas niedriger, d.h. die deutlich längere Dauer der Dialoge (bis zu doppelt so lang!) hat entgegen der Erwartung nicht zu einer Erhöhung der Streuung geführt. Das Minimum der Steigung der Verständlichkeit zwischen 5% und 95% Verständlichkeit beträgt 8.2 %/dB, das Maximum ist 17.9 %/dB und der Median ist 12.1 %/dB. Transformiert man den Streubereich in dB unter Verwendung des Medians der Steigung in einen Verständlichkeitsbereich, dann ergibt sich für 50% Verständlichkeit bei einer mittleren Standardabweichung von 2.26 dB ein Streubereich von 22.6% bis 77.4% ($50\% \pm 27.4\%$). Die reine interindividuelle Streuung für 50% Verständlichkeit betrug in der Explorationsuntersuchung für die Skalierung der Verständlichkeit mit der Prozentskala circa 30-35%. Das aufsteigende Grenzverfahren liefert somit, wie bei der Messung mit den Redepassagen von Sendlmeier, etwas genauere Werte.

Aufgrund des erheblichen Übungseffekts dürfen die Dialoge während der Hörgeräteanpassung auf keinen Fall mehrfach eingesetzt werden. Für eine wiederholte Messung muß daher auf die anderen Texte derselben Störgeräuschsituation zurückgegriffen werden. Um keine systematischen Fehler zu machen, müssen alle Texte zu einem Störgeräusch die gleiche Verständlichkeit haben. Da wir wiederum keine Möglichkeit haben, die Äquivalenz der Einstellungen zu den vorgegebenen Verständlichkeiten direkt zu prüfen, gehen wir vorläufig von der Vergleichbarkeit aus, wenn der t-Test für abhängige Messungen keine signifikanten Mittelwertsunterschiede ergibt und gleichzeitig die Differenz zwischen den Mittelwerten bei 50% Verständlichkeit nicht größer ist als 1 dB. In den nachfolgenden Abbildungen sind jeweils zwei Tabellen enthalten, die für die Parameter „Einstellung zu 50%-Verständlichkeit“ und „Steigung zwischen 5% und 95% Verständlichkeit“ die signifikanten Differenzen zwischen allen Dialogen (D1-D5) angeben.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

Verständlichkeit	ein bißchen - 5%			die Hälfte - 50%			fast alles - 95%			alles ohne Anstr.			Stg.
	x	s	n	x	s	n	x	s	n	x	x	s	
Dialog													
Auto D1	-13.52	1.91	10	-9.96	2.19	10	-5.81	1.62	10	-1.52	3.56	10	11.7
Auto D2	-10.19	1.11	10	-8.09	1.22	10	-5.16	1.29	10	-1.83	2.85	10	17.9
Auto D3	-13.09	1.31	10	-10.47	1.92	10	-6.66	1.86	10	-2.49	2.99	10	14.0
Auto G4	-12.86	1.69	10	-9.37	2.53	9	-5.19	2.14	10	-0.15	3.44	10	11.7
Auto G5	-10.61	1.13	10	-7.75	1.54	8	-4.94	2.20	10	0.33	4.54	10	15.9
Großraumbüro D1r	-12.22	2.41	9	-7.19	3.32	10	-1.22	3.80	11	2.40	2.98	11	8.2
Großraumbüro D2r	-6.48	2.85	11	-1.38	3.68	11	1.76	3.06	10	5.93	3.82	11	10.9
Großraumbüro D3r	-2.71	2.13	11	1.31	2.60	11	4.75	2.87	11	7.18	2.21	11	12.1
Großraumbüro G4r	-10.77	1.87	10	-7.11	3.02	10	-3.66	3.40	10	0.33	3.80	11	12.7
Großraumbüro G5r	-11.43	2.11	9	-7.48	2.53	10	-3.41	3.95	11	0.99	4.32	11	11.2
Fabrikhalle D1	-21.89	1.59	10	-18.82	2.15	9	-16.41	2.14	10	-13.62	2.31	10	16.4
Fabrikhalle D2	-17.90	1.74	9	-14.83	2.06	10	-12.38	1.89	9	-9.15	3.21	10	16.3
Fabrikhalle D3	-23.41	2.07	10	-19.85	1.79	10	-16.00	2.95	10	-13.19	4.05	10	12.1
Fabrikhalle G4	-21.88	2.32	10	-18.31	2.87	10	-14.54	3.33	10	-11.09	3.98	10	12.3
Fabrikhalle G5	-21.71	2.38	10	-18.81	1.81	9	-15.93	2.61	10	-12.11	3.57	10	15.6
Restaurant D1r	-12.93	1.49	8	-9.97	1.60	9	-6.53	2.10	10	-3.54	2.80	10	14.1
Restaurant D2r	-13.90	1.43	9	-10.05	1.67	10	-6.60	1.99	10	-3.51	2.62	10	12.3
Restaurant D3r	-12.91	2.72	9	-8.62	3.14	10	-4.60	2.92	10	-0.14	3.48	9	10.8
Restaurant G4r	-12.76	2.07	10	-8.98	2.07	8	-6.03	1.93	10	-2.93	3.55	10	13.4
Restaurant G5r	-13.29	1.73	10	-9.60	2.22	9	-6.31	2.43	10	-2.91	4.17	10	12.9
Staubsaugen D1r	-16.50	1.18	9	-13.71	1.60	10	-10.42	2.56	9	-6.70	3.00	10	14.8
Staubsaugen D2r	-9.09	1.76	10	-5.37	1.88	10	-1.85	2.03	10	2.07	3.10	10	12.4
Staubsaugen D3r	-13.43	1.68	10	-10.78	1.51	8	-7.97	1.42	9	-3.72	2.21	9	16.5
Staubsaugen G4r	-12.77	1.69	9	-9.45	2.41	10	-5.78	3.23	10	-1.47	3.88	10	12.9
Geschirrspülen D1r	-10.06	1.71	11	-6.05	2.25	11	-2.65	2.82	11	2.07	3.87	10	12.1
Geschirrspülen D2r	-7.94	1.33	11	-2.75	2.96	10	2.06	3.28	11	6.23	4.34	11	9.0
Geschirrspülen D3r	-9.19	1.53	10	-5.37	2.07	10	-1.47	2.78	11	2.78	4.03	11	11.7
Geschirrspülen G4r	-12.65	1.33	11	-8.65	2.36	10	-5.02	3.11	11	-1.31	4.17	11	11.8
Geschirrspülen G5r	-9.10	1.69	11	-4.01	2.52	10	-1.15	3.10	11	2.55	3.52	11	11.3
Straßenbahn D1	-16.72	1.86	11	-13.04	1.97	11	-9.29	2.55	11	-4.90	3.38	11	12.1
Straßenbahn D2	-16.11	1.48	10	-13.20	1.22	9	-10.22	2.04	10	-6.93	3.87	11	15.3
Straßenbahn D3	-18.80	1.47	11	-14.93	1.98	8	-11.77	2.01	11	-8.44	2.61	11	12.8
Straßenbahn G4	-17.67	1.49	11	-14.12	1.00	10	-10.17	2.70	11	-6.49	3.67	11	12.0
Straßenbahn G5	-21.38	1.81	11	-16.43	2.44	11	-13.06	2.35	11	-9.39	3.18	11	10.8
Supermarktkasse D1	-15.34	1.54	9	-11.57	2.30	9	-7.15	2.24	10	-2.51	2.80	10	11.0
Supermarktkasse D2	-14.86	1.54	10	-10.42	2.05	11	-6.66	2.65	11	-1.36	3.79	11	11.0
Supermarktkasse D3	-13.56	1.18	10	-11.02	2.50	9	-7.11	3.06	11	-3.03	3.77	11	14.0
Supermarktkasse G4	-16.87	1.74	11	-11.30	1.88	10	-7.58	2.31	10	-3.81	3.65	11	9.7
Supermarktkasse G5	-16.63	1.63	10	-12.94	2.39	11	-9.60	2.36	11	-5.39	3.45	11	12.8
Tischdecken D1r	-9.08	1.52	7	-6.12	1.59	10	-1.19	3.14	11	2.00	3.90	11	11.4
Tischdecken D2r	-11.90	1.84	11	-8.15	2.48	10	-4.69	2.49	11	-0.06	4.36	11	12.5
Tischdecken D3r	-12.34	1.58	10	-8.43	2.90	11	-3.46	3.52	10	2.85	5.03	11	10.1
Tischdecken G4r	-11.10	1.66	10	-6.95	1.90	11	-2.71	2.97	11	2.60	3.93	11	10.7
$\sqrt{(\sum s^2/43)}$		1.77			2.26			2.66			3.59		

Tabelle 7-11: Pegelinstellungen in dB relativ zum Originalpegel für jeden Text (Beschreibung siehe Text)

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

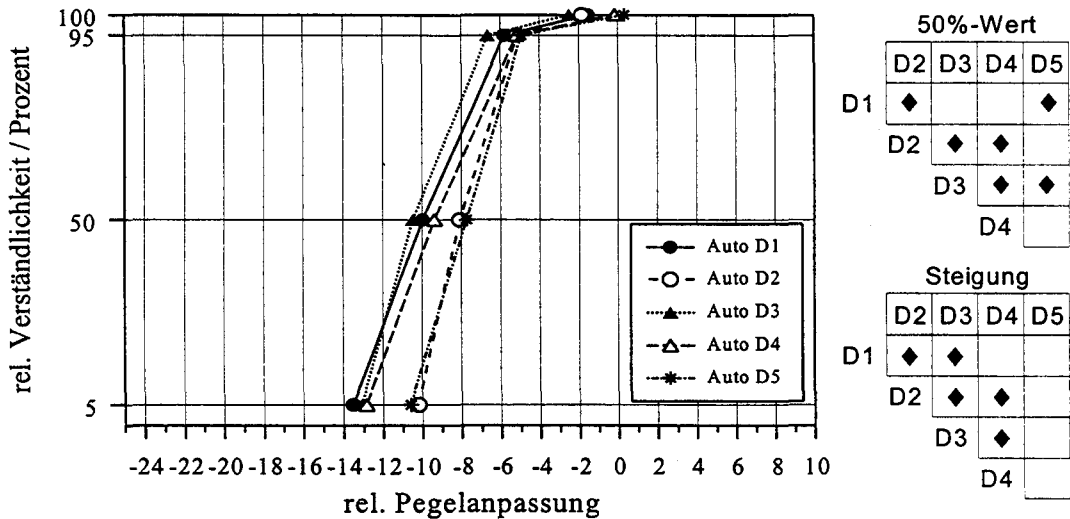


Abbildung 7-18: Verständlichkeitsfunktionen für die Dialoge „im fahrenden Auto“. In den Tabellen sind signifikante Mittelwertsunterschiede für die Einstellungen zu 50%-Verständlichkeit und die Steigung der Funktion (zwischen 5% und 95%) durch ein ◆ angezeigt (t-Test für abhängige Gruppen, zweiseitig; $\alpha=5\%$).

Die Dialoge der Situation „im fahrenden Auto“ können nach ihren Mittelwerten in zwei Gruppen eingeteilt werden: Die Dialoge D2 und D5 bilden die leiser gesprochene Gruppe und die Dialoge D1, D3 und D4 die lauter gesprochene Gruppe. Außer der Differenz D5-D4 sind alle Differenzen zwischen den beiden Gruppen signifikant. Für D2 und D5 selbst ist keine signifikante Mittelwertsdifferenz gegeben und der Mittelwert der paarweisen Differenz beträgt nur 0.19 dB. Zusätzlich ist auch kein signifikanter Unterschied in den Steigungen vorhanden, weshalb man sicher von der Äquivalenz der Dialoge ausgehen kann. Innerhalb der lauter gesprochenen Gruppe ist die Differenz zwischen den an den Rändern gelegenen Dialogen D3 und D4 signifikant unterschiedlich, der Mittelwert der gepaarten Differenzen beträgt 1.49 dB. Auch die Steigungen innerhalb der Gruppe weisen signifikante Differenzen zwischen D1 und D3 und zwischen D3 und D4 auf. Man kann also nicht von einer homogenen Gruppe mit äquivalenter Verständlichkeit ausgehen. Die Differenzen sind insgesamt jedoch relativ gering und das n der Stichprobe relativ gering, weshalb nur eine lineare Pegelkorrektur der leiseren Gruppe auf den Mittelwert der lautereren Gruppe vorgenommen wird. Auf eine Anpassung innerhalb der lautereren Gruppe wird verzichtet.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

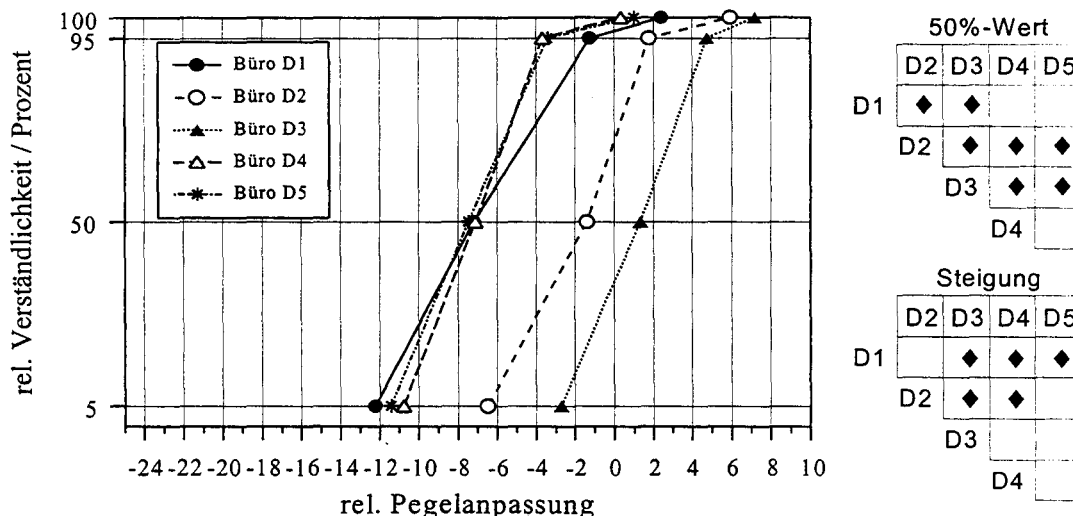


Abbildung 7-19: Verständlichkeitsfunktionen für die Dialoge „im Großraumbüro“. In den Tabellen sind signifikante Mittelwertsunterschiede für die Einstellungen zu 50%-Verständlichkeit und die Steigung der Funktion (zwischen 5% und 95%) durch ein ◆ angezeigt (t-Test für abhängige Gruppen, zweiseitig; $\alpha=5\%$).

Für die Gesprächssituation „im Großraumbüro“ ist eine Gruppe D1, D4 und D5 feststellbar und zwei jeweils signifikant davon unterschiedene Dialoge D2 und D3, die selbst signifikant unterschieden sind. Innerhalb der Dreiergruppe und insgesamt fällt D1 durch eine deutlich flachere Steigung heraus, die nur gegenüber D2 nicht signifikant abgegrenzt werden kann. Paßt man die beiden Dialoge D2 und D3 auf den Mittelwert der Gruppe D1, D4 und D5 an, dann ist lediglich die Steigung von D1 etwas problematisch. Mit 8.2 %/dB ist sie deutlich niedriger als die der restlichen Dialoge, die sich zwischen 10.9 %/dB und 12.7 %/dB bewegen.

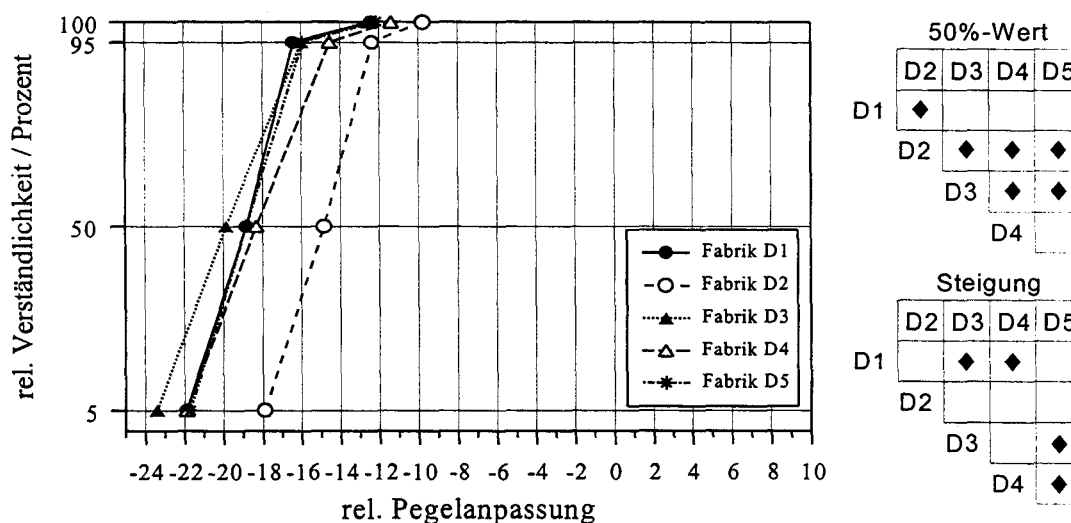


Abbildung 7-20: Verständlichkeitsfunktionen für die Dialoge „in der Fabrikhalle“. In den Tabellen sind signifikante Mittelwertsunterschiede für die Einstellungen zu 50%-Verständlichkeit und die Steigung der Funktion (zwischen 5% und 95%) durch ein ◆ angezeigt (t-Test für abhängige Gruppen, zweiseitig; $\alpha=5\%$).

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

Auch für die Gesprächssituation „in der Fabrikhalle“ läßt sich über die Mittelwerte zur Verständlichkeit 50% eine Dreiergruppe bestehend aus D1, D4 und D5 bilden, von der etwas abseits der Dialog D3 und deutlich entfernt D2 liegen. Werden diese beiden auf den Mittelwert der Dreiergruppe verschoben, lassen sich immer noch zwei Gruppen mit jeweils unterschiedlicher Steigung feststellen: auf der einen Seite D1, D2 und D5 mit Steigungen um 16 %/dB und auf der anderen Seite D3 und D4 mit ca. 12.2 %/dB.

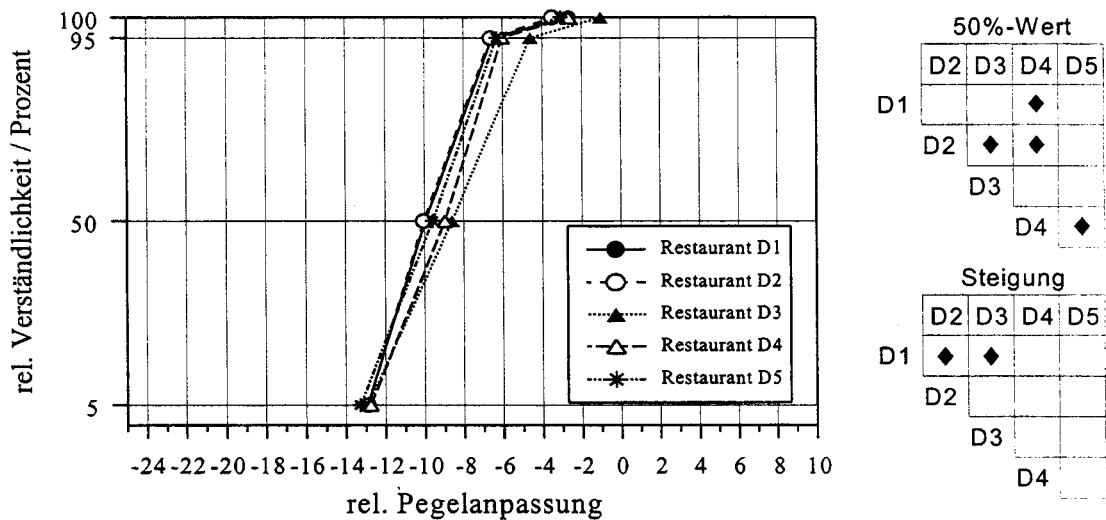


Abbildung 7-21: Verständlichkeitsfunktionen für die Dialoge „im Restaurant“. In den Tabellen sind signifikante Mittelwertsunterschiede für die Einstellungen zu 50%-Verständlichkeit und die Steigung der Funktion (zwischen 5% und 95%) durch ein ◆ angezeigt (t-Test für abhängige Gruppen, zweiseitig; $\alpha=5\%$).

Für die fünf Dialoge „im Restaurant“ sind zwar einige Differenzen signifikant, aber die Werte verteilen sich nur über einen Bereich von 1.4 dB. Auch die Steigungen weisen kaum Unterschiede auf, lediglich D1 liegt mit 14.1 %/dB signifikant höher als D3 mit 10.8 %/dB und D2 mit 12.3 %/dB. Die 5 Dialoge können im Rahmen des Verfahrens als adäquat verständlich gelten, eine Korrektur ist nicht nötig.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

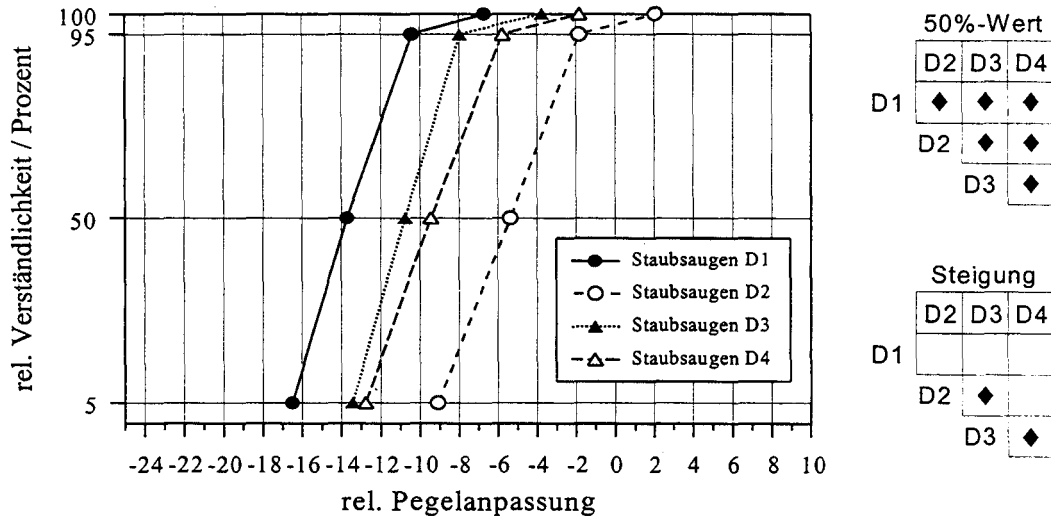


Abbildung 7-22: Verständlichkeitsfunktionen für die Dialoge „beim Staubsaugen“. In den Tabellen sind signifikante Mittelwertsunterschiede für die Einstellungen zu 50%-Verständlichkeit und die Steigung der Funktion (zwischen 5% und 95%) durch ein ♦ angezeigt (t-Test für abhängige Gruppen, zweiseitig; $\alpha=5\%$).

Die Mittelwerte der Einstellungen aller vier Dialoge „beim Staubsaugen“ unterscheiden sich signifikant voneinander. Eine Pegelkorrektur auf den Mittelwert der vier Werte ist notwendig. Zusätzlich sind nur die zwei Steigungsvergleiche D3-D2 und D3-D4 signifikant unterschiedlich, die auf den steilen Verlauf von 16.5 %/dB bei D3 zurückzuführen sind. D.h. nach der Pegelkorrektur können die Dialoge D1, D2 und D4 als gleich verständlich behandelt werden. D3 sollte bei einer Hörgeräteanpassung erst zum Schluß eingesetzt werden.

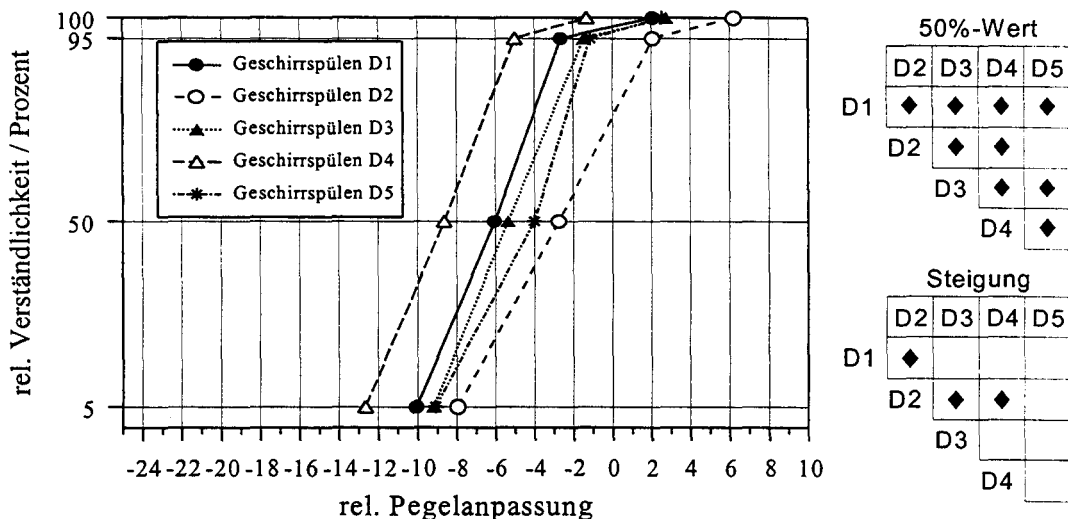


Abbildung 7-23: Verständlichkeitsfunktionen für die Dialoge „bei laufender Geschirrspülmaschine“. In den Tabellen sind signifikante Mittelwertsunterschiede für die Einstellungen zu 50% Verständlichkeit und die Steigung der Funktion (zwischen 5% und 95%) durch ein ♦ angezeigt (t-Test für abhängige Gruppen, zweiseitig; $\alpha=5\%$).

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

Bis auf den Vergleich D2-D5 unterscheiden sich alle Dialoge „bei laufender Geschirrspülmaschine“ in der Einstellung zu 50%-Verständlichkeit signifikant voneinander. Auch bei dieser Störgeräuschsituation ist eine Korrektur der Sprachpegel erforderlich. Betrachtet man die Steigungen, dann fällt nur D2 mit einem Wert von 9 %/dB gegenüber den homogen mit ca. 12 %/dB steileren Verläufen der anderen 4 Dialoge heraus. Nach der Pegelkorrektur können die Dialoge D1, D3, D4 und D5 als gleich verständlich behandelt werden.

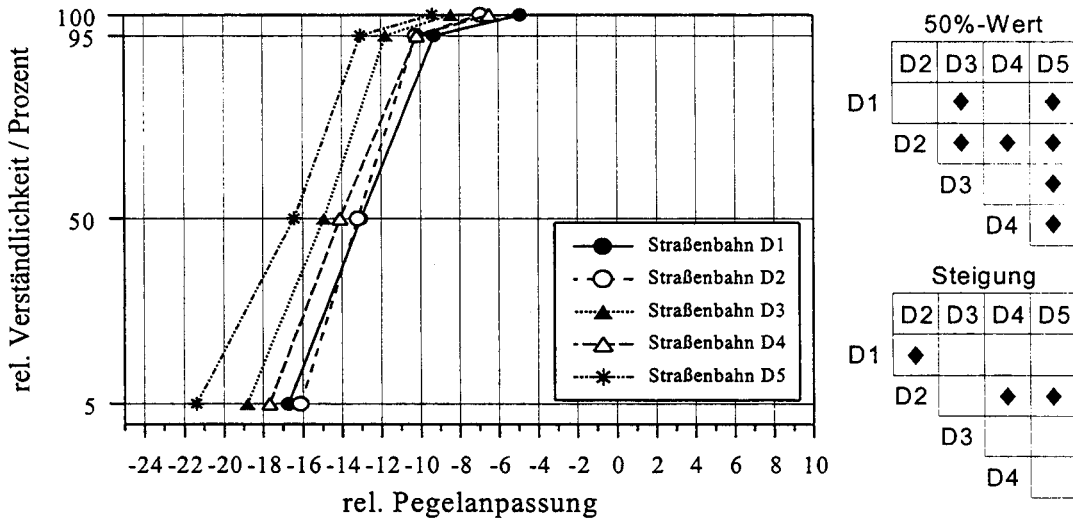


Abbildung 7-24: Verständlichkeitsfunktionen für die Dialoge „in der Straßenbahn“. In den Tabellen sind signifikante Mittelwertsunterschiede für die Einstellungen zu 50%-Verständlichkeit und die Steigung der Funktion (zwischen 5% und 95%) durch ein ◆ angezeigt (t-Test für abhängige Gruppen, zweiseitig; $\alpha=5\%$).

Für die Dialoge der Störgeräuschsituation „in der Straßenbahn“ zeigt sich ein fast identisches Bild wie bei der Situation „beim Geschirrspülen“. Die meisten der Mittelwertsvergleiche sind signifikant unterschiedlich und eine Anpassung der Sprachpegel erforderlich. Die Steigungen der Dialoge sind bis auf den signifikant steileren Verlauf bei D2 vergleichbar. Nach der Korrektur sind die Dialoge D1, D3, D4 und D5 als gleich verständlich zu betrachten.

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

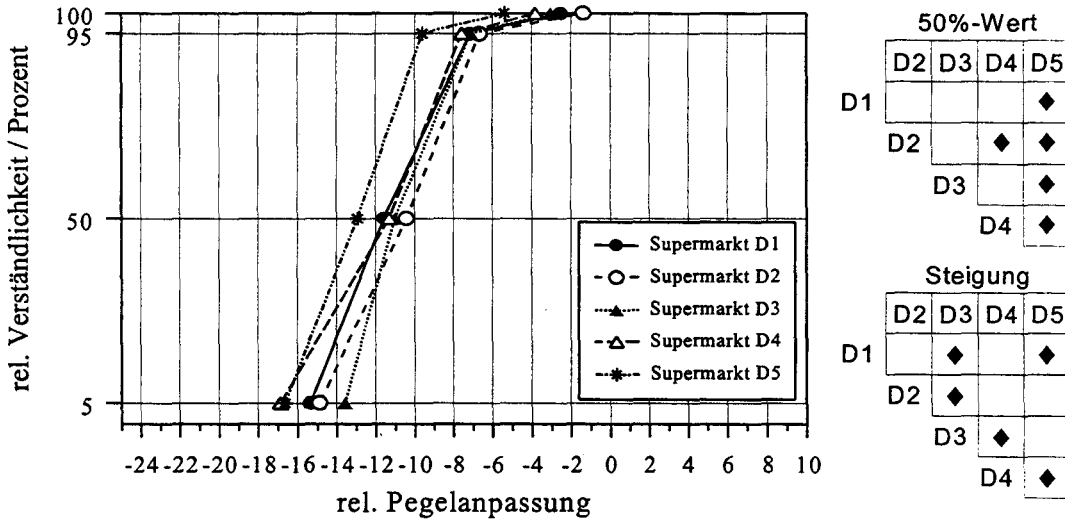


Abbildung 7-25: Verständlichkeitsfunktionen für die Dialoge „an der Supermarktkasse“. In den Tabellen sind signifikante Mittelwertsunterschiede für die Einstellungen zu 50%-Verständlichkeit und die Steigung der Funktion (zwischen 5% und 95%) durch ein ◆ angezeigt (t-Test für abhängige Gruppen, zweiseitig; $\alpha=5\%$ ohne Adjustierung).

Für die Dialoge „an der Supermarktkasse“ fällt nur der Mittelwert von D5 aus der Gesamtgruppe heraus. Er muß auf den Mittelwert der Dialoge 1-4 angepaßt werden. Eine Analyse der Steigungen zeigt, daß die beiden Dialoge D3 und D5 etwas steiler verlaufen als die anderen drei. Für D5 ist der Unterschied mit circa 1.8 %/dB nur gering und bei D3 ist vor allem auf die deutlich bessere Verständlichkeit bei *ein bißchen verstanden* -5% zurückzuführen. Zwischen 50% und 95% ist kein Unterschied in der Steigung mehr festzustellen. Nach der Pegelkorrektur können auf jeden Fall die vier Dialoge D1, D2, D4 und D5 als gleich verständlich betrachtet werden.

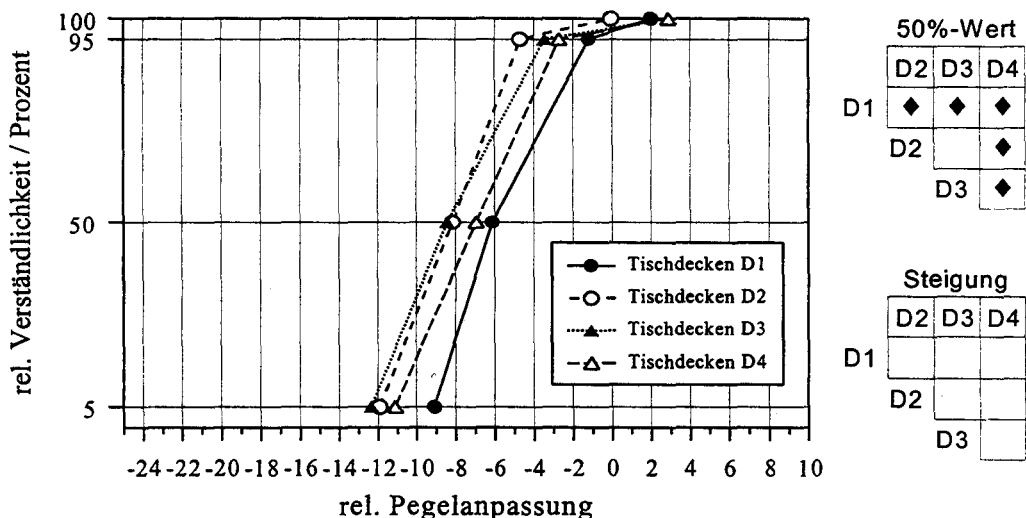


Abbildung 7-26: Verständlichkeitsfunktionen für die Dialoge „beim Tischdecken“. In den Tabellen sind signifikante Mittelwertsunterschiede für die Einstellungen zu 50%-Verständlichkeit und die Steigung der Funktion (zwischen 5% und 95%) durch ein ◆ angezeigt (t-Test für abhängige Gruppen, zweiseitig; $\alpha=5\%$ ohne Adjustierung).

Integration von Sprachverständlichkeit in das Verfahren

Für die Störgeräuschsituation „beim Tischdecken“ bilden die beiden Dialoge D2 und D3 eine Gruppe, von deren Einstellungen zu 50%-Verständlichkeit die Werte der beiden anderen Dialoge D1 und D4 signifikant getrennt liegen. Auch D1 und D4 selbst sind signifikant unterschiedlich. Zwischen den Steigungen sind keine signifikanten Unterschiede feststellbar, eine Pegelkorrektur wird deshalb zu einer homogenen Gruppe von Dialogen mit gleicher Verständlichkeit führen.

Faßt man die Ergebnisse zu allen Messungen zusammen, dann ist festzustellen, daß sich die Herstellung von vorgegebenen Verständlichkeiten mit dem aufsteigenden Grenzverfahren auch für die Untersuchung von langen Dialoge hervorragend eignet. Bereits für 12 Probanden sind die Streuungen ausreichend niedrig, um systematische Unterschiede zwischen den verschiedenen Texten aufzufinden. Die folgende **Tabelle 7-12** listet noch einmal die rechnerisch notwendigen Korrekturbeträge für die Sprachpegel aller Dialoge auf, die zu einer einheitlichen Verständlichkeit innerhalb jeder Störgeräuschsituation führen. Bei der späteren Pegelanpassung wurden jedoch nur Korrekturbeträge gleich oder größer 1.5 dB berücksichtigt. Dialoge, bei denen trotz Pegelkorrektur aufgrund einer signifikant unterschiedlichen Steigung zu den restlichen Dialogen keine vergleichbare Verständlichkeit gegeben sein dürfte, sind in der Tabelle grau unterlegt. Je nach Störgeräuschsituation sind nach den vorzunehmenden Korrekturen jeweils drei bis fünf Dialoge gleich verständlich und innerhalb des Klangbildverfahrens austauschbar. Da die Messungen ausschließlich mit rosa Rauschen als Störgeräusch durchgeführt und nur normalhörige Probanden untersucht wurden, sind die Ergebnisse nur dann auf die Hörgeräteanpassung zu übertragen, wenn keine Wechselwirkungen „Schwerhörigkeit *Gespräch“ oder „Schwerhörigkeit *Gespräch* Störgeräusch“ vorliegen. Zur Klärung dieser Problematik sind zusätzliche umfangreiche Verständlichkeitsmessungen mit schwerhörigen Probanden und den Originalstörgeräuschen notwendig.

Störgeräuschsituation	Dialog 1	Dialog 2	Dialog 3	Dialog 4	Dialog 5
im fahrenden Auto	0	+1.8	0	0	+2.2
im Großraumbüro	0	+5.9	+8.6	0	0
bei laufender Geschirrspülmaschine	-0.9	+2.39	-0.2	-3.5	1.1
in der Fabrikhalle	0	+3.8	-1.2	0	0
im Restaurant	0	0	0	0	0
in der Straßenbahn	+0.4	+0.3	-1.5	-0.7	-2.9
an der Supermarktkasse	-0.5	+0.7	+0.1	-0.2	-1.9
beim Staubsaugen	-3.6	+4.7	-0.7	+0.7	
beim Tischdecken	+1.7	-0.3	-0.6	+0.9	

Tabelle 7-12: Pegelkorrekturen für jeden Dialog, die zur Vereinheitlichung der Verständlichkeit aller Dialoge innerhalb einer Störgeräuschsituation notwendig sind. Dialoge, bei denen die Pegelkorrektur aufgrund einer signifikant unterschiedlichen Steigung nicht zur Verständlichkeitsanpassung ausreicht, sind grau unterlegt.

7.3.2 Abmischen der Sprachaufnahmen und der Störgeräusche

Für die endgültige Abmischung der Sprachaufnahmen mit den entsprechenden Störgeräuschen wurden für alle Dialoge die Pegelkorrekturen durchgeführt (Tabelle 7-12), die aus dem Vergleich der Verständlichkeitsfunktionen ermittelt wurden und die gleich oder größer 1.5 dB waren. Anschließend wurden die relativen Positionen von Störgeräuschbeginn zu Dialogbeginn anhand der Studiomitschnitte „Sprache + über Kopfhörer eingespieltes Störgeräusch“ justiert und die Monoaufnahmen der Dialoge auf die Mittenspur der Mitte/Seite-Aufnahmen der Störgeräusche eingemischt. Zum Schluß wurden die Mischungen in Stereofiles konvertiert und auf eine Audio-CD gepreßt.

7.4 Literatur

- CHAIKLIN, J.B. (1959). The relation among three selected auditory speech thresholds. *Journal of Speech and Hearing Research*, 2, 237-243.
- FALCONER, G. & DAVIS, H. (1947). The intelligibility of connected discourse as a test for the threshold of speech. *Laryngoscope*, 57, 581-595.
- HAWKINS, J.E., JR. & STEVENS, S.S. (1950). The masking of pure tones and of speech by white noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 22, 6-13.
- LEZAK, R.J., SIEGENTHALER, B.R. & DAVIS, A.J. (1964). Bekesy-type audiometry for speech reception threshold. *Journal for Audiological Research*, 4, 181-190.
- SENDLMEIER, W.F.: *Sprachverarbeitung bei pathologischem Gehör*. Thieme, Stuttgart, 1993.
- SILVERMAN, S.R. & HIRSH, I.J. (1955). Problems related to the use of speech in clinical audiometry. *Annals of Otology, Rhinology and Laryngology*, 64, 1234-1245.
- SPEAKS, CH., PARKER, B., HARRIS, CHR. & KUHL, P. (1972). Intelligibility of connected discourse. *Journal of Speech and Hearing Research*, 15, 590-602.
- WESSELKAMP, M. & KOLLMEIER, B. (1993). Vergleich von gemessener und subjektiv skaliertem Sprachverständlichkeit mit einem optimierten Satztest. In: *Fortschritte der Akustik: Plenarvorträge und Kurzreferate der 19. Gemeinschaftstagung der Deutschen Arbeitsgemeinschaft für Akustik - DAGA 93*. Bad Honnef DPG-GmbH 1993, 1064-1067.

8 Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

8.1 Umsetzung der Ergebnisse in ein Pilot-Verfahren zur Hörgeräteanpassung

Die Ergebnisse der dimensionsanalytischen und psychophysikalischen Untersuchungen der Klangbilder, die zum Teil Sprachverständlichkeit, zum Teil Klangqualität und Klangeigenschaften thematisierten, bildeten den Ausgangspunkt für ein Pilot-Verfahren zur Hörgeräteanpassung. Dieses wurde in einer Felduntersuchung erprobt.

8.1.1 Ausgangspunkt und Ziel

Ziel der Felduntersuchung war es zu prüfen, ob sich sprachbezogene Hördimensionen und allgemeine Klangeigenschaften von Hörbildern zur Hörgeräteanpassung einsetzen lassen. In drei Hörakustik-Fachgeschäften der Firma Geers wurde an Kunden eine Hörgerätefeinanpassung anhand der Einstufungen von Klangeigenschaften durchgeführt.

Die Untersuchungen zu Dimensionen und direkter Skalierung von Sprachübertragungseigenschaften hatten neben der Verständlichkeit der Sprache die Anstrengung, die das Sprachverstehen erfordert, als anpassungsrelevante und quantifizierbare Eigenschaft ausgewiesen. Beide Dimensionen repräsentierten in der Felduntersuchung das Hörkriterium Sprachverstehen.

Im Bereich der Klangeigenschaften hatte sich gezeigt, daß mit einem Satz von Eigenschaften Klangmängel gut eingegrenzt und auf physikalische Übertragungskorrelate bezogen werden können. Für den Verfahrensprototyp wurde eine Tafel von zehn Klangeigenschaften zusammengestellt. Neben spezifischen Klangeigenschaften war auch die Skalierung der Gesamtqualität der Übertragung vorgesehen.

Elementar in der Domäne der nicht sprachspezifischen Hördimensionen ist die Lautheit. Sie wurde sowohl mit der Hörfeldaudiometrie als Kontrollinstrument, als auch bei den einzelnen Hörbildern eingesetzt. Anhand der Hörfeldaudiometrie wurde eine Lautheitsverlust ausgleichende Grundanpassung hergestellt. Die Klang- und Qualitätsbeschreibungen der Hörbilder wurden zur Feinanpassung benutzt.

Die sprachverständnis- und klangqualitätsbezogenen Dimensionen waren bisher im Laborexperiment zur quantitativen Erfassung von Hörbildern, in geringerem Umfang zur Erfassung von Übertragungscharakteristiken eingesetzt worden. Dies implizierte einen vor Versuchsbeginn festgelegten Versuchsablauf, der in der Regel so abgestimmt war, daß dem Probanden die Beschreibungsaufgabe möglichst leicht gemacht wurde. Setzt man Einstufungen von Hörbildern anhand von Eigenschaftstafeln zur Anpassung von Hörgeräten ein, so bedeutet dies einen weniger präzise planbaren Versuchsablauf, häufigen Wechsel zwischen verschiedenen Hörbildern und häufigen Wechsel zwischen verschiedenen einzustufenden Eigenschaften.

Als Kriterium für die Einsetzbarkeit von kategorialen Einstufungen sprachbezogener und nichtsprachbezogener Hördimensionen in der Hörgeräteanpassung diente die Konvergenz der sukzessiven Einstellungsveränderungen am Hörgerät.

8.1.2 Probanden

Die Probanden wurden in den drei Fachgeschäften anhand der Luftleitungsschwelle so aus dem Kundenstamm ausgewählt, daß im Frequenzbereich bis 1 kHz der Hörverlust zwischen 30 und 50 dB lag, darüber ein Hochtonabfall mit maximal 70 dB Verlust bei 4 kHz. Diese Einschränkungen wurden getroffen, um Probanden zu gewinnen, die einerseits mit dem Resound BT2 versorgbar waren, andererseits keinen seltenen Hörverlust aufwiesen. Über die Knochenleitungshörschwelle wurde kontrolliert, daß die Schwerhörigkeit nicht schalleitungsbedingt war. Weiter wurde darauf geachtet, daß symmetrischer Hörverlust vorlag, die Probanden mindestens 18 Jahre alt und zudem erfahrene Hörgeräteträger waren. Insgesamt nahmen 25 Probanden an der Untersuchung teil. Sie verteilten sich auf drei verschiedene Hörgeräteakustiker.

8.1.3 Hörgerät

Bei dem eingesetzten Hörgerät - bei allen Probanden gleich - handelte es sich um das spektral und dynamisch flexibel einstellbare Resound BT2. Es verfügt über zweikanalige Signalverarbeitung mit Wide Dynamic Range Compression. Für jeden Kanal lassen sich die Verstärkungen für 50 dB und 80 dB Eingangsschallpegel einstellen. Zudem ist die Trennfrequenz in Stufen wählbar. Sie wurde im Feldversuch konstant bei 2 kHz belassen. Die Hörgeräteanpassung erfolgte monaural. Während der Hörgeräteanpassung anhand der Klangbildbeschreibungen war das Kontralaterale Ohr verstopft.

8.1.4 Hörbilder und Hördimensionen

Zur hörwahrnehmungsgeliteten Modifikation der Hörgeräteeinstellung wurden ausschließlich sprachverständnisunspezifische Höreigenschaften eingesetzt: Lautheit, „dumpf“, „dröhnend“, „blechern“, „hell/grell“, „dünn/flach“, „scharf“, „undeutlich/verschwommen“, „verrauscht“, „hallend/nachklingend“ und „kratzig“. Mit Ausnahme der Lautheit, für die Normwerte vorlagen, stellen die genannten Eigenschaften Klangfehler dar, die in den einzelnen Anpaßschritten zu minimieren waren. Den Anfang und das Ende des Anpassungsprozesses bildete die Befragung der sprachspezifischen Dimensionen Verständlichkeit und Anstrengung sowie der genannten unspezifischen Eigenschaften bei konstant gehaltener Hörgeräteeinstellung. Somit wurden verständlichkeitsbezogene Eigenschaften nur als Evaluationskriterium, nicht jedoch als Kriterium der Modifikation der Hörgeräteeinstellung eingesetzt.

Die Hörbilder waren so ausgewählt, daß sie gemeinsam mit den zugeordneten Hördimensionseinstufungen gestatteten, die Parameter des Hörgeräts (Verstärkung bei 50 und 80 dB im Tiefton, bei 50 und 80 dB im Hochtonkanal) zu optimieren. Geboten wurden Gespräche in Ruhe und in verschiedenen Störgeräuschen, Musikbeispiele und Geräusche aus Alltag und Natur (z.B. Telefonklingeln, Grillenzirpen). Die Repräsentativität der Hörbilder für die diversen Situationen des Höralltags der einzelnen Probanden spielte eine untergeordnete Rolle. Die Auswahl war allerdings so gestaltet, daß die Grundtypen der Hörsituationen, die mit Hörgeräten in der Regel rehabilitiert werden sollen, und die Grundkriterien, anhand derer eine Hörgeräteversorgung beurteilt wird, im Verfahren realisiert waren: gute Sprachverständlichkeit in

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

Ruhe und im Störgeräusch, angenehmer Klang bei Sprache und Musik, Hörbarkeit und adäquate Lautheit von Sprache, Musik, Geräuschen aus Alltag und Natur.

8.1.5 Ablauf

Den ersten Teil der individuellen Untersuchung und Hörgeräteanpassung beim Hörgeräteakustiker bildete die Hörfeldaudiometrie ohne Hörgerät (siehe Abschnitt 8.2.1). Aus den Ergebnissen wurde die Grundeinstellung des Hörgeräts abgeleitet. Das entsprechend eingestellte Hörgerät wurde bei verstopftem Gegenohr eingesetzt.

Das Feinanpaßverfahren gliederte sich in drei Teile:

1. die Überprüfung der Grundeinstellung anhand von Sprachverständnis- und Klangeigenschaften inklusive der Lautheit
2. die Optimierung der Hörgeräteparameter anhand von Klangeigenschaften inklusive der Lautheit
3. die Überprüfung der optimierten Einstellung des Hörgeräts anhand von Sprachverständnis- und Klangeigenschaften.

8.2 Methodik

8.2.1 Hörfeldaudiometrie

8.2.1.1 Prinzip und Zweck der Hörfeldaudiometrie

Die Hörfeldaudiometrie ist ein Diagnoseverfahren zur Vermessung des Lautheitsgehörs. Es wurde zu Ende der 70er Jahre von Heller und Mitarbeitern entwickelt. „Hörfeld“ ist ein psychophysikalischer Begriff: Physikalisch ist das zweidimensionale Kontinuum gemeint, das durch Frequenz und Schallpegel aufgespannt wird. Auf der Wahrnehmungsseite korrespondieren mit diesen beiden Dimensionen des Hörfelds die Tonhöhe und die Lautheit. Das Hörfeld untersuchen heißt, mit schmalbandigen Testgeräuschen den Bereich zu prüfen, der zwischen Hörschwelle und Schmerzgrenze liegt und von sehr niedrigen bis zu äußerst hohen Tonhöhen reicht. Innerhalb dieses Hörfelds spielen sich die Ereignisse unserer Hörwelt (Sprache, Musik, Naturgeräusche, Lärm usw.) ab. Die Messung der wahrgenommenen Lautheit bildet das methodische Kernstück der Hörfeldaudiometrie. Denn ein verändertes Lautheitsgehör ist nahezu immer die zentrale Komponente der Schwerhörigkeit. Bei cochleärer Schwerhörigkeit handelt es sich in der Regel um einen frequenz- und pegelabhängigen Lautheitsverlust.

Das Ziel der Hörfeldaudiometrie ist die frequenzabhängige Bestimmung der individuellen Lautheitsfunktion. Mit Lautheitsfunktion bezeichnet man den psychophysikalischen Zusammenhang zwischen wahrgenommener Lautheit auf der einen und Schallpegel auf der anderen Seite. Man bestimmt die individuelle Lautheitsfunktion, indem man bei gegebener Frequenz den Probanden die Lautheiten von Schallpegeln beschreiben läßt, die geeignet zwischen Hörschwelle und Schmerzgrenze gewählt sind. Für die Lautheitsbeschreibung benutzt der Proband das Kategorienunterteilungsverfahren, in das er vor der eigentlichen Messung adäquat eingewiesen werden muß. Das Verfahren besteht darin, zunächst anzugeben, ob das Testgeräusch sehr leise, leise, mittel, laut oder sehr laut ist, dann anhand einer Zahl aus der untertei-

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

lenden Dekade der jeweiligen Kategorie die Angabe zu präzisieren. An die Meßwertpaare Pegel/Lautheitszahl werden die freien Parameter einer Modellfunktion angepaßt. Vergleicht man diese individuelle Lautheitsfunktion mit der Normfunktion, d.h. der mittleren Lautheitsfunktion einer großen Normalhörigenstichprobe, so wird der individuelle Hörverlust sichtbar, und damit auch der Verstärkungsbedarf. Da die Lautheitsfunktion frequenzabhängig untersucht wird, erhält man nicht nur eine Lautheitsfunktion, sondern einen ganze Schar: je Meßfrequenz eine eigene.

Auf diese Weise ist die Hörfeldaudiometrie in der Lage, den Lautheitsverlust eines Probanden pegel- und frequenzspezifisch zu beschreiben. Gleichzeitig läßt sich frequenz- und pegelabhängig angeben, welche Verstärkung ein Hörgerät leisten muß, um die Lautheitsverluste auszugleichen.

Der entscheidende Vorteil der Hörfeldaudiometrie gegenüber der Hörschwellenmessung als Anpassungsgrundlage ist, daß der Verstärkungsbedarf im überschwelligen Bereich nicht aufgrund von Anpaßregeln (POGO, Berger, NAL usw.) geschätzt werden muß, sondern direkt gemessen wird. Eine Reihe von hörfeldaudiometrischen Studien haben gezeigt, daß sich der Verstärkungsbedarf für mittlere und laute Geräusche aus der Hörschwelle nur sehr unzuverlässig schätzen läßt, da der Schwellenverlust und der Verlust bei höheren Pegeln nicht besonders hoch miteinander korrelieren. Inhaltlich heißt das, daß bei gleichem Hörverlust an der Schwelle das Recruitment bei verschiedenen Probanden unterschiedlich ausgeprägt sein kann.

Die hörfeldaudiometrische Untersuchung sollte, wenn sie zur Hörgeräteanpassung eingesetzt wird, monaural durchgeführt werden, und zwar vor der Anpassung, um je Ohr die Lautheitsverluste zu bestimmen, und nach der Anpassung, um je Ohr den Anpaßerfolg zu kontrollieren. Für ein kurzes Screening-Verfahren kann eine binaurale Messung genügen.

8.2.1.2 Lautheitsfunktion und Verstärkungsbedarf

Abbildung 8-1 zeigt eine individuelle Lautheitsfunktion, wie sie typischerweise bei cochläarer Schwerhörigkeit zu finden ist (monaurale Untersuchung, 4000 Hz), im Vergleich zur Normfunktion. Auf der Abszisse ist der Schallpegel in dB SPL abgetragen, auf der Ordinate die wahrgenommene Lautheit als Skalenteile des Kategorienunterteilungsverfahrens. Die Lautheitseinstufungen des Probanden sind als offene Kreise dargestellt, die angepaßte Funktion gestrichelt. Die Normfunktion, die anhand der Hörfeldaudiometrieergebnisse einer großen Normalhörigen-Stichprobe ermittelt wurde, ist als durchgezogene Kurve dargestellt.

Es ist klar erkennbar, daß die Lautheitsfunktion des Schwerhörigen unterhalb bzw. rechts von der Normfunktion liegt. Das heißt, daß der Schwerhörige alle Schallpegel leiser hört als die Normalhörigen. Allerdings ist der Lautheitsverlust bei niedrigen Lautheiten größer als bei hohen. Die Lautheitsfunktion des Schwerhörigen ist steiler als die Normfunktion (Recruitment). Mit zunehmendem Pegel wächst die Lautheit beim Schwerhörigen schneller als beim Normalhörigen. Je höher der Steigungsunterschied zwischen den beiden Funktionen, desto größer das Recruitment. Der damit einhergehenden Dynamikreduktion entspricht der verkleinerte Pegelbereich, innerhalb dessen die Lautheit von der Hörschwelle bis zur Schmerzgrenze ansteigt.

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

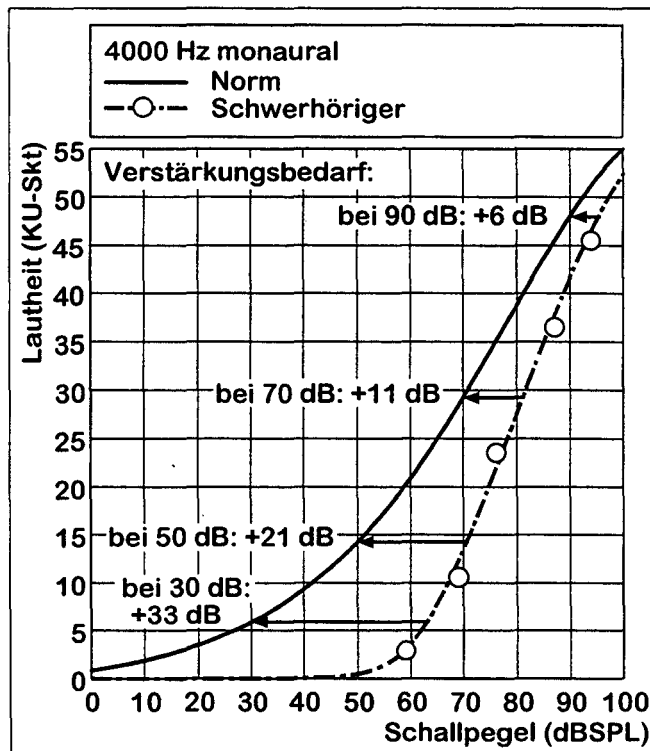


Abbildung 8-1: Beispiel einer individuellen Lautheitsfunktion im Vergleich zur Normfunktion. Die Lautheitsfunktion des Schwerhörigen liegt rechts bzw. unterhalb der Normfunktion, d.h. er hört die Geräusche leiser als die Normalhörigen. Der waagrechte Abstand zwischen den beiden Funktionen gibt den Pegelverlust bzw. den Verstärkungsbedarf des Schwerhörigen wieder. Für die Schallpegel 30, 50, 70 und 90 dB SPL ist der Verstärkungsbedarf als Pfeil eingezeichnet.

Der eingangspegelabhängige Verstärkungsbedarf ist an den horizontalen Abständen der beiden Lautheitsfunktionen zu erkennen (als Pfeile markiert). Bei niedrigen Lautheiten ist er größer als bei hohen.

Anhand der Grafik läßt sich auch klarmachen, was geschieht, wenn der Recruitment-Schwerhörige mit einem linearen Hörgerät versorgt wird. Bei einer Verstärkung von 15 dB (die individuelle Funktion wird um 15 dB nach links verschoben) würden Schalle zwischen 60 und 70 dB mit der richtigen Lautheit präsentiert. Niedrigere Pegel wären aber zu leise, höhere Pegel zu laut.

Die Lautheitsfunktion eines schalleitungsschwerhörigen Probanden ist gegenüber der Normfunktion parallel nach rechts verschoben. Norm- und individuelle Funktion haben die gleiche Steigung: der Verlust ist nicht pegelabhängig.

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

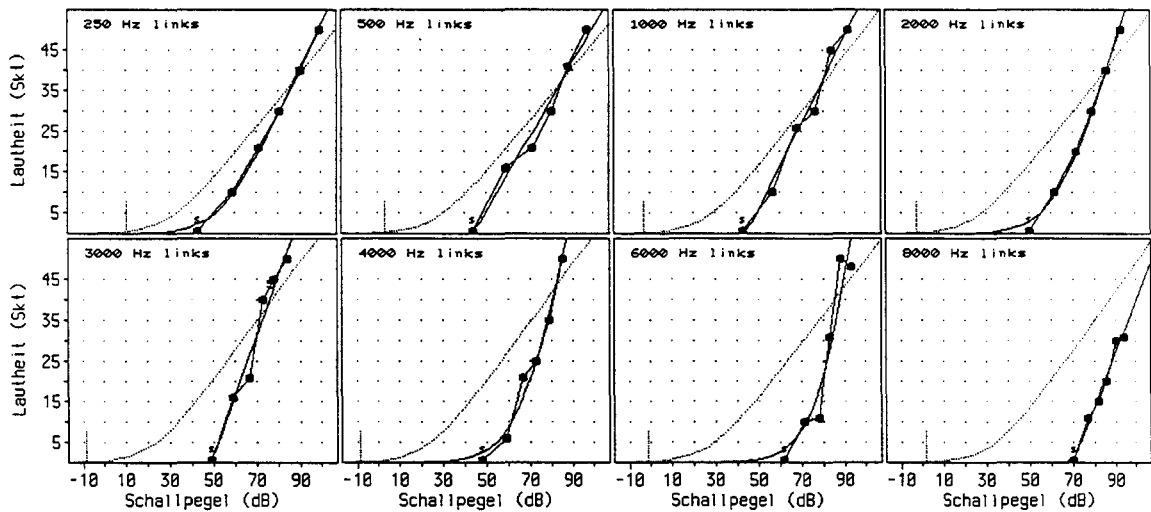


Abbildung 8-2: Ergebnis einer monauralen hörfeldaudiometrischen Untersuchung eines Probanden mit cochleärer Schwerhörigkeit. Die acht Grafiken zeigen die acht individuellen Lautheitsfunktionen zu den Frequenzen .25, .5, 1, 2, 3, 4, 6 und 8 kHz im Vergleich zur jeweiligen Normfunktion. Die individuelle Hörschwelle ist als „s“ gekennzeichnet, die Normhörschwelle durch einen senkrechten Strich über dem entsprechenden Pegel.

In **Abbildung 8-2** ist als weiteres Beispiel das komplette Ergebnis einer monauralen hörfeldaudiometrischen Untersuchung zu sehen. Die Schwerhörigkeit ist cochleären Ursprungs. Über alle Frequenzen hinweg (acht Grafiken) ist Recruitment festzustellen. Jede individuelle Lautheitsfunktion ist steiler als die jeweilige Normfunktion. Bei hohen Pegeln liegen die individuellen Lautheiten sogar etwas über der Normfunktion. Bei niedrigen Frequenzen ist der Verlust schwächer ausgeprägt als bei hohen Frequenzen.

8.2.1.3 Methodik der Hörfeldaudiometrie

Damit eine Messung erfolgreich verläuft, müssen eine Reihe von methodischen Vorschriften beachtet werden, die sich als kritisch für die Genauigkeit und die Gültigkeit der Meßergebnisse herausgestellt haben. Hörfeldaudiometrie erfordert eine sorgfältige Einweisung des Probanden in seine Beschreibungsaufgabe und eine Versuchsdurchführung, die den Probanden nicht desorientiert, sondern bei seiner Aufgabe unterstützt und die Folgen einer eventuellen Desorientiertheit abfängt.

8.2.1.3.1 Aufgabe des Probanden

Zu Beginn der Meßsitzung hört der Proband eine orientierende Reihe von Testgeräuschen, die möglichst das ganze Lautheitskontinuum von sehr leise bis sehr laut abdecken, außerdem die verschiedenen Tonhöhen der Testsignale vorführen. Dann werden dem Probanden nacheinander die einzelnen Testgeräusche zur Lautheitsbeschreibung dargeboten, jedes zweimal. Er beschreibt anhand des Kategorienunterteilungsverfahrens, wobei er die Lautheitsskala (**Abbildung 8-3**) vor sich hat. Nach der ersten Darbietung des Geräusches gibt er die Lautheitskategorie an (sehr leise, leise, mittel, laut, sehr laut). Erst nach der zweiten Darbietung sucht er aus der Zahlendekade der angegebenen Lautheitskategorie diejenige Zahl heraus, die am

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

besten wiedergibt, wie laut das Geräusch war. Diese Zweistufigkeit des Verfahrens hat sich als wesentlich für Genauigkeit und Gültigkeit der Lautheitsdaten herausgestellt (SEBALD 1997). Der Proband weiß, daß er nach der zweiten Darbietung die angegebene Lautheitskategorie korrigieren kann. Er weiß, daß er sich ein Geräusch wiederholen lassen kann, wenn er unsicher ist. Er weiß, daß die Lautheitsskala nach oben offen ist: schmerzhaft laut, daß der Versuchsleiter es aber zu vermeiden sucht, ein schmerzhaft lautes Geräusch zu bieten.

Der Proband ist so an die Aufgabe herangeführt worden, daß er die Geräusche absolut, extraspektiv und orientiert beschreibt.

„Absolut“ bedeutet: nicht bezogen oder verglichen mit anderen Geräuschen, derer man sich bedienen könnte, um sich die Aufgabe vielleicht leichter zu machen; z.B. dadurch, daß man immer mit der Lautheit des vorhergehenden Geräuschs vergleicht. Absolut beschreiben heißt, jedes Geräusch für sich beschreiben, unmittelbar sagen, wie laut das Geräusch ist, ohne Bezug auf etwas Anderes. Die Reihenfolge der Testgeräusche muß so eingerichtet werden, daß möglichst keine lautheits- und/oder tonhöhenähnlichen Geräusche aufeinanderfolgen. Denn dies würde Lautheitsvergleiche provozieren.

„Extraspektiv“ bedeutet, daß der Proband sagt, wie laut das Geräusch *ist* (Normalhöriger) bzw. wie laut er das Geräusch *hört* (Schwerhöriger), nicht etwa, wie laut ihm das Geräusch vorkommt, wie er es einschätzen würde, wie es auf ihn wirkt oder ähnliches. Letzteres wäre eine eher introspektive Beschreibung, die die Gültigkeit der Lautheitsdaten reduziert. Wenn man introspektiv eingestellt ist, entdeckt man, daß Wahrnehmungen etwas „Psychisches“, „Subjektives“ sind. Dies mag richtig sein, nur ist diese Haltung in einer Untersuchung ungeeignet, in der es um die Messung von Wahrnehmungen geht. Es soll nicht die Beurteilung oder Bewertung von Wahrnehmungen untersucht werden, sondern die Wahrnehmungen selbst. Extraspektiv beschreiben heißt, die Eigenschaften der Dinge – hier: der Hörereignisse – als etwas „Objektives“ zu beschreiben, so wie es unbefangen im Alltag erfolgt. Die normale Haltung den Dingen des Alltags gegenüber – das sind alles Wahrnehmungsgegenstände – ist normalerweise ganz entschieden extraspektiv. Wenn Wahrnehmung im Labor untersucht werden sollen, muß alles unterommen werden, daß diese extraspektive Haltung nicht verloren geht.

„Orientiert“ bedeutet, daß der Proband sich seiner Sache sicher ist, daß er weiß, was laut und leise ist. Bezugssystemtheoretisch betrachtet: es liegt eine mnestisch stabilisierte Bezugsmannigfaltigkeit vor (siehe Abschnitt 6.3.1.3.2). Daß man orientiert ist, wenn man über seine Erlebnisse Auskunft gibt, fällt einem normalerweise überhaupt nicht auf. Erst wenn man z.B. aus einer introspektiven Haltung heraus sich plötzlich nicht mehr sicher ist, ob man das, was man bisher als leise bezeichnet hat, wirklich als leise bezeichnen sollte, „weil ja eigentlich sowieso alles subjektiv ist“, dann bemerkt man, daß Orientiertheit fehlt, und man sucht nach Orientierung. Wenn dies eintritt, gibt es keine selbstverständlichen Beschreibungen für die Ausprägungen von erlebten Eigenschaften mehr. Es versteht sich, daß die Lautheitsorientiertheit nicht zerstört werden darf, wenn die Lautheitsdaten wirklich Wahrnehmung repräsentieren sollen.

8.2.1.3.2 Instruktion

Der Proband muß sorgfältig instruiert werden, damit sich die richtige Versuchshaltung einstellt. Deshalb nachfolgend ein Instruktionsschema und ein Beispiel in wörtlicher Rede:

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

8.2.1.3.2.1 Instruktionsschema

- Aufgabe: sagen, wie laut man ein Geräusch hört.
- Darbietung über den Lautsprecher.
- hohe und tiefe, laute und leise Geräusche.
- Skala Schritt 1: nach erster Darbietung sagen, ob das Geräusch sehr leise, leise, mittel, laut oder sehr laut war.
- Skala Schritt 2: erst nach zweiter Darbietung mit einer Zahl angeben, wie laut das Geräusch war.
- Skalengrenzen: 0 = nichts gehört; über 50 = schmerzhaft laut, kommt höchstwahrscheinlich nicht vor
- jedes Geräusch zweimal: zuerst Lautheitsstufe, nach zweiter Darbietung Zahlangabe
- Lautheitsstufe korrigieren, wenn nötig
- Mehr als zwei Wiederholungen möglich
- zu Anfang sechs Geräusche von wahrscheinlich sehr leise bis sehr laut zum Überblick
- Fragen?
- [Orientierungsfolge darbieben]
- War ein sehr lautes, ein sehr leises Geräusch dabei?

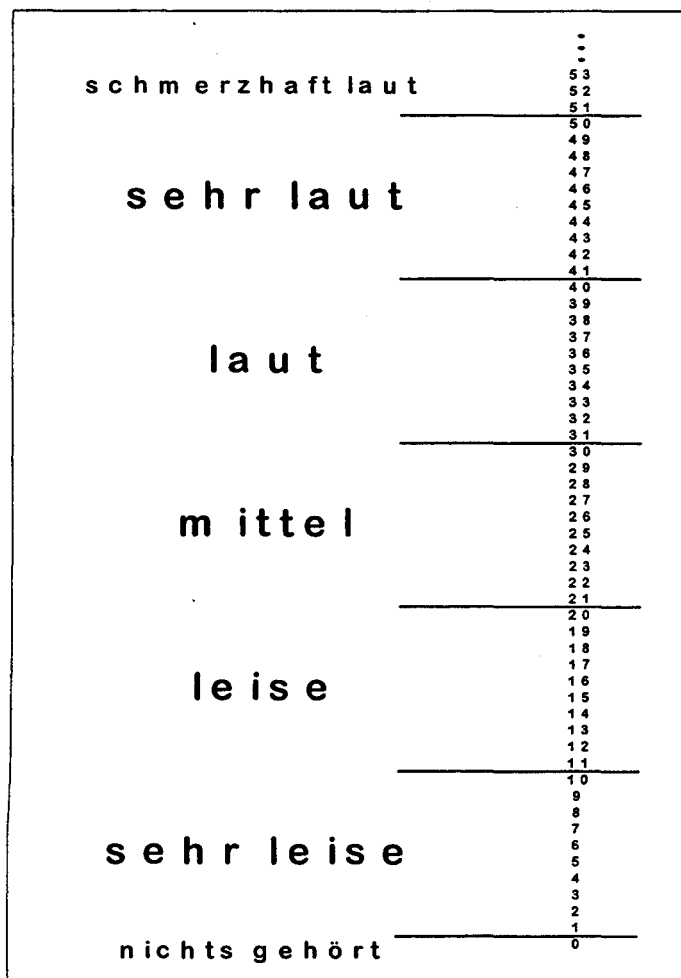


Abbildung 8-3: Kategorienunterteilungsskala: Lautheit

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

8.2.1.3.2.2 Instruktionsbeispiel

Bei diesem Hörtest müssen Sie mir immer sagen, wie laut Sie ein Geräusch gehört haben. (Bitte Ausdrücke wie: „wie laut Sie es einschätzen würden“, „wie laut es Ihnen vorkommt“, „wie laut es Ihrer Meinung nach ist“, „wie laut es auf Sie wirkt“ unbedingt vermeiden!) Über den Lautsprecher bekommen Sie hohe und tiefe, laute und leise Geräusche geboten. Zu jedem Geräusch sollen Sie sagen, wie laut Sie es gehört haben. Wie Sie das machen sollen, steht hier drauf. (Skala geben.) Das Geräusch kommt immer zweimal. Nach dem ersten Mal sagen Sie mir bitte, ob das Geräusch sehr leise oder leise oder mittel oder laut oder sehr laut war. (Die Lautheitskategorien langsam vorlesen, dabei betonen und auf der Skala zeigen.) Dann kommt das gleiche Geräusch nochmal. Jetzt sollen Sie die Zahlen benutzen, um noch genauer anzugeben, wie laut das Geräusch war. Das geht so: zu jeder Lautheitsstufe gehören zehn Zahlen. 'Leise' z.B. geht von 11 bis 20. (Auf der Skala zeigen.) Wenn ein Geräusch einfach leise ist, dann sagen Sie 15 oder 16. Das sind die beiden mittleren 'Leise'-Zahlen. Wenn ein Geräusch leise ist, aber schon ein bißchen in Richtung 'mittel' geht, dann sagen Sie 17 oder 18. Wenn das Geräusch genau zwischen 'leise' und 'mittel' ist, dann sagen Sie 20 oder 21. (Wenn Proband hier skeptisch, Hinweis geben: Sie werden gleich sehen, das geht gut.) Wenn Sie nach der zweiten Darbietung merken, daß die Lautheitsstufe, die Sie nach dem ersten Mal gesagt haben, nicht ganz richtig war, können Sie das natürlich korrigieren. Ich kann Ihnen ein Geräusch auch nochmal vorspielen, wenn das notwendig ist. Ganz unten auf der Skala steht 0. Das bedeutet 'nichts gehört'. Die Zahlen über 50 soll man dann verwenden, wenn ein Geräusch schmerzhaft laut ist. Wir haben den Test aber so vorbereitet, daß das höchstwahrscheinlich nicht vorkommt (Der Proband soll keine Angst vor dem Test haben.) Jedes Geräusch wird zweimal geboten. Bitte immer nach dem ersten Mal nur die Lautheitsstufe angeben (zeigen) und erst nach dem zweiten Mal die Zahl. Bevor der eigentliche Test anfängt, hören Sie sechs ganz verschieden hohe und ganz verschieden laute Geräusche, damit Sie einen Überblick bekommen. Hören Sie sich die Geräusche einfach an. Haben Sie noch Fragen? (Eventuelle Fragen beantworten. Orientierungsfolge darbieten.) War ein sehr lautes Geräusch dabei? War ein sehr leises dabei? (Diese Frage ist wichtig. Denn der Proband darf nicht etwa auf die Idee kommen, er solle das lauteste Geräusch, das er gehört hat, als 'sehr laut' einstufen, obwohl es vielleicht nur laut war. Die Beantwortung der Frage beugt einer solchen Umorientierung vor.)

8.2.1.3.3 Testgeräusche

Als Testsignale werden stochastisch frequenzmodulierte Sinustöne verwendet. Die Bandbreite, innerhalb derer die Frequenz des Sinustons mit einer Umschaltrate von 100/s variiert, beträgt 10%. Diese Signale lassen sich auch über Lautsprecher darbieten und sind für eine präzise Vermessung des Hörfelds hinreichend schmalbandig, ihre Flanken hinreichend steil. Für die Felduntersuchung werden die Testfrequenzen .25, .5, 1, 2, 4 und 6 kHz verwendet. Jedes Testsignal ist 1.5s lang und mit 100 ms linear ein- und ausgeblendet.

8.2.1.3.4 Wahl und Abfolge der Testgeräusche

Die Abfolge der Testgeräusche muß folgende drei Bedingungen erfüllen:

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

1. Die Abfolge der Testsignale muß so gestaltet sein, daß keine allzu ähnlichen Geräusche aufeinanderfolgen, was Lautheit und Tonhöhe betrifft. Denn dies würde Lautheitsvergleiche, in der Regel Bezüge zum vorausgehenden Reiz begünstigen.
2. Außerdem muß die Abfolge so gestaltet sein, daß in nicht allzu langen Abständen alle Lautheitsgrade zwischen sehr leise und sehr laut vorkommen. Vor allem sehr leise und sehr laut müssen immer wieder geboten werden, damit der Proband seine ursprüngliche Lautheitsorientiertheit nicht verliert.
3. Weiterhin muß die Abfolge so gestaltet sein, daß die je Frequenz gebotenen Pegel eine solide Schätzung der individuellen Lautheitsfunktion zulassen. Das heißt, daß am Ende der Hörfeldaudiometriesitzung zu jeder Frequenz Lautheitsdaten von sehr leise bis wenigstens laut vorhanden sein müssen. Es sollten mindestens 4 bis 5 Meßpunkte, besser mehr, je Frequenz sein.

Eine solche Folge ist beim Normalhörigen kein Problem. Entsprechende Reihenfolgen lassen sich vorab zusammenstellen und dann anwenden, da man aus Voruntersuchungen weiß, wie laut die einzelnen Testgeräusche sind. Beim Schwerhörigen ist dies jedoch nicht präzise bekannt. Lediglich seine Hörschwelle liegt vor. Die Relation zwischen Unbehaglichkeits- und Hörschwelle läßt eine grobe Schätzung des Dynamikverlusts (Recruitment) zu.

Der Versuchsleiter begegnet dieser Schwierigkeit, indem er die Reihenfolge der Geräusche adaptiv einrichtet. Das heißt, er versucht aufgrund der bereits erfolgten Einstufungen abzuschätzen, welches Testsignal leise oder laut oder sehr laut etc. sein müßte, und wählt entsprechend das jeweils nächste Geräusch. Dabei achtet er darauf, daß

1. keine zu ähnlichen Geräusche aufeinanderfolgen,
2. die Lautheitsextrema sehr leise und sehr laut in nicht allzu langen Abständen vorkommen und
3. die Meßpunkte je Frequenz möglichst das ganze Lautheitskontinuum abdecken, damit die Lautheitsfunktion solide ermittelt werden kann.

In der computergesteuerten Version der Hörfeldaudiometrie läßt sich diese Technik leicht realisieren.

Wenn der Versuchsleiter während der Untersuchung bemerkt, daß der Proband unsicher in seinen Lautheitseinstufungen wird, bietet er ihm die Orientierungsfolge, die zu Beginn geboten wurde, erneut dar. Wenn der Proband erschöpft sein sollte, unterbricht man die Messungen für eine kleine Erholungspause, vielleicht mit einer kurzen Unterhaltung.

8.2.1.3.5 Nachfragen von Einstufungen

Vor Abschluß der Meßsitzung sieht der Versuchsleiter die Daten des Probanden durch und prüft, ob offenkundig unplausible Einstufungen darunter sind. Denn es kommt immer wieder vor, daß der Proband bei einer Einstufung unkonzentriert ist, durch irgendetwas gestört wird oder Einstufungsfehler aufgrund eines Bezugsurteils fortgeschleppt hat. Die entsprechenden Testgeräusche werden erneut geboten. Der Proband stuft erneut ein, ohne zu erfahren, daß es sich um die Korrektur einer fehlerhaften Einstufung handelt. Grobe „Ausreißer“ in den Lautheitsdaten lassen sich auch während der Meßsitzung nachfragen.

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

Beim Nachfragen muß beachtet werden, daß die beiden Abfolgebedingungen 1. und 2. (s.o.) – keine ähnlichen Geräusche aufeinanderfolgen lassen; sehr leise und sehr laut in nicht zu langen Abständen bieten – erfüllt werden. Eventuell muß man die Darbietung eines Geräusches hereinnehmen, das bereits plausibel eingestuft ist und eigentlich nicht wiederholt werden müßte.

8.2.1.4 Durchführung der Hörfeldaudiometrie in der Feldstudie

In der Felduntersuchung wurde mit der CD als Signalträger gearbeitet, auf der alle Testgeräusche in einer festen Abfolge vorliegen. Ein Verfahren, bei dem der Versuchsleiter in der oben beschriebenen Weise adaptiv das jeweils nächste Geräusch wählt, wäre kompliziert und stör anfällig. Deshalb wurde folgende Variante eingesetzt:

8.2.1.4.1 Vier Hörfeldversionen mit fester Testsignalabfolge

Vier CDs wurden hergestellt, die jeweils eine Testsignalfolge enthielten, die der Reihe nach – Track 1, Track 2, etc – dargeboten wurden. Die vier CDs bzw. die vier Hörfeldversionen waren in ihren Signalpegeln auf vier verschiedene Schwellenverlusttypen zugeschnitten. Die vier Verlusttypen sind in **Abbildung 8-4** zu sehen.

Die Luftleitungshörschwelle wurde in beide Diagramme eingetragen. Der Verlustbereich (A, B, C oder D), in dem die Schwellenkurve größtenteils lag, bestimmte die Hörfeldversion bzw. die CD, die zur Hörfeldaudiometrie benutzt wurde.

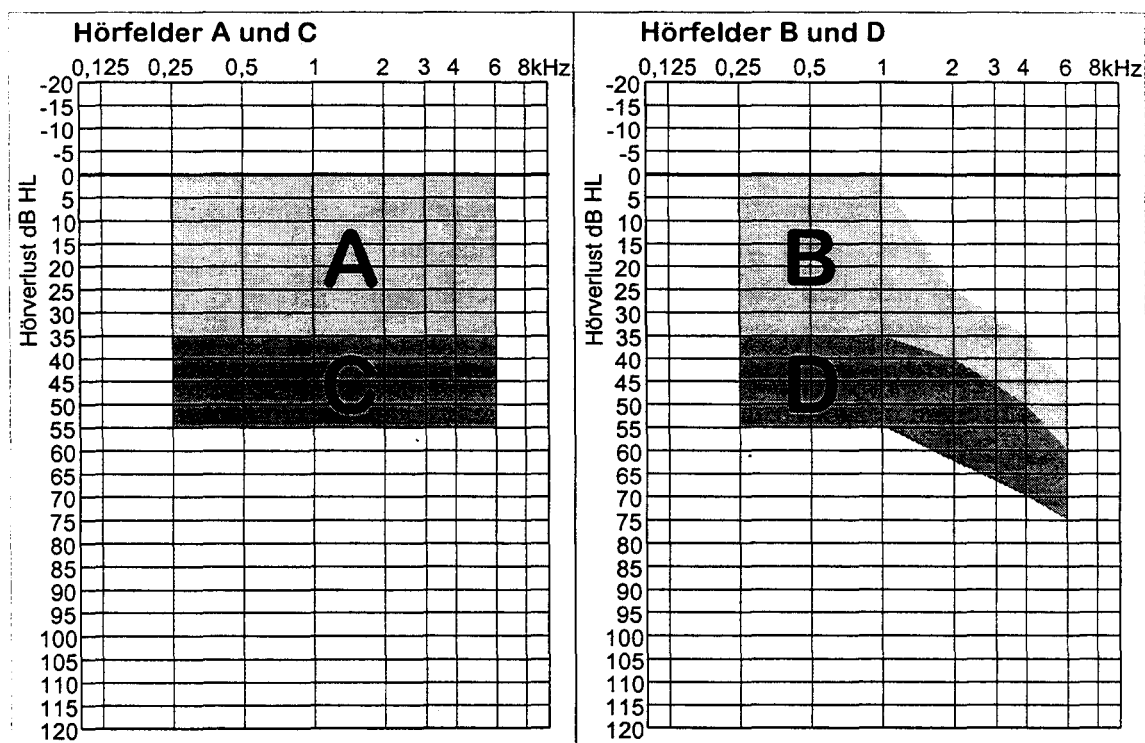


Abbildung 8-4: Schema zur Auswahl der geeigneten Hörfeldversion

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

8.2.1.4.2 Kalibrierung der Apparatur

Für die Kalibrierung der Darbietungsapparatur war ein CCITT-Rauschen vorgesehen, das auf 80 dB SPL eingemessen werden mußte. Die Darbietung der Signale erfolgte monaural über einen Beyer DT48-Kopfhörer.

8.2.1.4.3 Formulare

Für jede Hörfeldversion existierten zwei Formulare: ein Protokollblatt und ein Lautheitsfunktionsblatt. Das Protokollblatt zeigte die Abfolge der Testsignale mit Tracknummer, Schallpegel und Normlautheit, zusätzlich je Testsignal ein Feld, in das die Einstufung des Probanden eingetragen wird. Außerdem waren die ergänzenden Signale der CD in gleicher Weise aufgeführt. Das Lautheitsfunktionsblatt zeigte sechs Koordinatensysteme für die sechs Lautheitsfunktionen, die zu ermitteln waren. Auf der Abszisse war der Schallpegel (dB SPL) abgetragen, auf der Ordinate die KU-skalierte Lautheit. Die acht Schallpegel, die in der festen Abfolge je Frequenz vorkommen, waren in den Funktionsgraphiken durch senkrechte weiße Striche markiert. Unterhalb der Graphik war zu jedem der acht Schallpegel die Tracknummer aufgeführt. Dies machte es möglich, während der Hörfeldaudiometriesitzung jede Einstufung sofort in der entsprechenden Funktionsgraphik einzuzeichnen. Auf diese Weise konnte der Versuchsleiter bereits während der Sitzung die Plausibilität der einzelnen Einstufungen prüfen. Außerdem war zu erkennen, ob Pegel oberhalb oder unterhalb des in der festen Abfolge vorgegebenen Pegelbereichs aus den ergänzenden Pegeln hinzugenommen werden mußten. Jede Funktionsgraphik zeigte die entsprechende Normlautheitsfunktion. Bei den Normlautheiten zu 50 und 80 dB halfen waagerechte Hilfslinien das Ablesen des Verstärkungsbedarfs.

8.2.1.4.4 Durchführung im Überblick

Die Durchführung der Hörfeldaudiometrie umfaßte folgende Arbeitsschritte:

1. Richtige Kalibrierung sicherstellen.
2. Geeignete Hörfeldversion anhand der Hörschwelle ermitteln; entsprechende Formulare bereitlegen; entsprechende CD in den CD-Player einlegen.
3. Instruktion des Probanden; Darbietung der Orientierungsfolge (Track 1); Fragen, ob sehr leises und sehr lautes Geräusch dabei war.
4. Testsignale der festen Abfolge (Track 2 bis 49) der Reihe nach darbieten, beschreiben lassen, Einstufungen in Protokoll und Funktionsblatt eintragen; bei Unsicherheit des Probanden erneut Orientierungsfolge bieten.
5. Unplausible Einstufungen nachfragen; eventuell ergänzende Testsignale (ab Track 58) beschreiben lassen, um die Lautheitsfunktion möglichst von sehr leise bis sehr laut zu ermitteln; Einstufungen in Protokoll und Funktionsblatt eintragen.

8.2.1.4.5 Auswertung

Als Auswertung fiel im Labor des Hörgeräte-Akustikers die Bestimmung des Verstärkungsbedarfs an, um das Hörgerät einstellen zu können. Als erstes wurde für jede Lautheitsfunktion eine Interpolationskurve durch die Datenpunkte nach Augenschein in die Graphik eingezeichnet.

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

net. Die Kurve sollte den Verlauf, der sich durch die Datenpunkte andeutete, möglichst gut repräsentieren. Sodann wurde je Lautheitsfunktion bei 50 und 80 dB der horizontale Abstand zwischen individueller und Normfunktion in dB abgelesen und als Verstärkungsbedarf notiert. Die Werte für die vier einzustellenden Verstärkungsparameter ergaben sich als Mittelwerte der abgelesenen Verstärkungen:

	Tieftonkanal	Hochtonkanal
Zielverstärkung bei 80 dB	Mittelwert der abgelesenen, notwendigen Verstärkungen bei 250, 500 und 1000 Hz und 80 dB Eingangspegel	Mittelwert der abgelesenen, notwendigen Verstärkungen bei 2000 und 4000 Hz und 80 dB Eingangspegel
Zielverstärkung bei 50 dB	Mittelwert der abgelesenen, notwendigen Verstärkungen bei 250, 500 und 1000 Hz und 50 dB Eingangspegel	Mittelwert der abgelesenen, notwendigen Verstärkungen bei 2000 und 4000 Hz und 50 dB Eingangspegel

Tabelle 8-1: Ermittlung der Zielverstärkungen für die vier Verstärkungsparameter des Resound-Hörgeräts aus den Ergebnissen der Hörfeldaudiometrie.

8.2.1.4.6 Einweisung der Hörgeräteakustiker in die Hörfeldaudiometrie

Zur Einweisung und Unterstützung der Hörgeräte-Akustiker bei der Durchführung der Hörfeldaudiometrie wurde ein Manual mit allen wesentlichen Informationen über die Hörfeldaudiometrie angefertigt. Die Einweisung erfolgte in einer etwa vierstündigen Veranstaltung, die theoretische und methodische Unterweisungen und Training an der Darbietungsapparatur beinhaltete.

8.2.2 Hörbildverfahren

8.2.2.1 Dimensionen und Hörbilder des Anpaßverfahrens

Lautheit und Klangeigenschaften waren die Wahrnehmungskriterien für die Optimierung der Hörgeräteeinstellung. Vor und nach dem Optimierungsabschnitt (Phase 2) des Verfahrens fanden Phasen (1 und 3) ohne Parametermodifikationen statt, in denen die Güte der Grundanpassung anhand der hörfeldaudiometrischen Daten und die Güte der optimierten Geräteeinstellung erfaßt wurden. Hierfür wurden neben den Klangeigenschaften und der Gesamtqualität der Übertragung sprachverständlichkeitsbezogene Dimensionen erfaßt. Diese bilden ein Auslenkriterium für die Güte der Parameteroptimierung, wenngleich maximale Sprachverständlichkeit in der Regel nicht bei der Übertragungscharakteristik gegeben ist, die maximalen Klangkomfort bietet.

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

dumpf	hell, grell
dröhnend	dünn, flach
blechern	scharf
hallend, nachklingend	verrauscht
undeutlich, verschwommen	kratzig

	:
äußerst	7
	—
	6
ziemlich	5
	4
	—
	3
etwas	2
	1
	—
nicht	0

Abbildung 8-5: Eigenschaftstafel zur Beschreibung und Ausprägungseinstufung von Klangeigenschaften

8.2.2.1.1 Klangeigenschaften

In **Abbildung 8-1** ist die Eigenschaftstafel gezeigt, die die Probanden zur Beschreibung und Ausprägungseinstufung der Klangeigenschaften benutzten. Der Proband sollte während bzw. nach der Darbietung des Klangbildes die zehn aufgeführten Eigenschaften nacheinander durchgehen und prüfen, ob das Hörbild die Eigenschaft aufwies oder nicht. Gegebenenfalls sollte er anhand der Ausprägungsskala zweistufig (zuerst Kategorie, dann Feinstufe) angeben, wie stark die Eigenschaft gegeben war.

Die einzelnen Eigenschaften waren gewählt worden, da sie sich als jeweils sensitiv für bestimmte Übertragungsmängel erwiesen hatten:

„**dumpf**“: Zu hohe Verstärkung des tieffrequenten Kanals und/oder zu geringe Verstärkung des hochfrequenten Kanals liegt vor. In der Regel handelt es sich um eine breitbandige Fehleinstellung.

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

„**dröhnend**“: Zu hohe Verstärkung des tieffrequenten Kanals liegt vor. Dröhnen kann im Gegensatz zu „dumpf“ auch durch schmalbandige Fehler verursacht sein.

„**blechern**“: Der mittlere und hohe Frequenzbereich ist zu stark betont. Schmalbandige und breitbandige Überhöhungen ab ca. 1300 Hz können verantwortlich sein.

„**hell/grell**“: Hoher Frequenzbereich ist überbetont. Kann auch auftreten, wenn das Signal ohne spektralen Fehler insgesamt zu laut wiedergegeben wird. Schmalbandige Geräusche bei hohen Frequenzen sind auch ohne Übertragungsfehler schon hell/grell.

„**dünn/flach**“: Wird vorwiegend bei breitbandiger Überbetonung hoher Frequenzen berichtet.

„**scharf**“: Schmalbandige oder breitbandige Überbetonung der hohen Frequenzen liegt vor. Einschlägig für Rekrutment bei hohen Frequenzen.

„**undeutlich/verschwommen**“: Tiefer Frequenzbereich ist breitbandig überbetont. Merkmal spricht jedoch auf andere spektrale oder dynamische Übertragungsmängel an.

„**verrauscht**“: Bei Eigenrauschen des Hörgeräts oder nichtlinearen Verzerrungen werden Hörbilder als „verrauscht“ beschrieben.

„**hallend/nachklingend**“: Tritt auf vor allem bei Überbetonung des leisen natürlichen Nachhalls bei zu hoher Verstärkung niedriger Eingangspiegel relativ zur Verstärkung bei höheren Pegeln (zu starke Kompression).

„**kratzig**“: Zeigt Verzerrungen durch Peak Clipping und infolge zu kurzer Regelzeiten bei Kompression an.

Neben diesen Klangeigenschaften wurde die Gesamtqualität der Übertragung befragt. Die hierfür zweistufig verwendete Skala ist in **Abbildung 8-6** gezeigt.

Qualität des Klangs

	15
sehr gut	14
	13
	12
gut	11
	10
	9
mittelmäßig	8
	7
	6
schlecht	5
	4
	3
sehr schlecht	2
	1

Abbildung 8-6: Kategorienunterteilungsskala für die Gesamtqualität des dargebotenen Hörbilds

Zur Klangoptimierung wurden lediglich Hörbilder eingesetzt, die für das intakte Gehör keine der aufgeführten Klangeigenschaften bzw. Klangfehler in nennenswerter Ausprägung aufwiesen. Das Ziel der Klangoptimierung bestand darin, etwa vorhandene Klangfehler zu minimieren. Die Abfrage der Gesamtqualität sollte verhindern, daß ein vorhandener, aber nicht erfragter Klangfehler übersehen würde.

Die eigentliche Parameteroptimierungsphase wurde eingeleitet durch Prüfung und gegebenenfalls Korrektur von Hörbildlautheiten. Hierfür wurde die bereits in der Hörfeldaudiometrie eingesetzte KU-Skala verwendet (siehe **Abbildung 8-3**, S. 241).

Tabelle 8-2 zeigt die kollektive Eigenschaftsbeschreibung der für die Parameteroptimierung eingesetzten Hörbilder durch Normalhörende. Grau unterlegt sind im Verfahren explizit erfragte Eigenschaften.

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

Eigenschaft (Skalenumfang)	laut (50)	dumpf (7)	dröhnend (7)	blechern (7)	hell (7)	dünn (7)	undeutlich (7)	verrauscht (7)	hallend (7)	kratzig (7)
Sprache (Dialog) N=6	29.7 (4.3)	1 (1.2)	0.8 (0.7)	0.2 (0.4)	0.3 (0.7)	0 (0)	0 (0)	0.2 (0.4)	0.3 (0.5)	0.2 (0.4)
Musik N=	31.6 (4.6)	0.4 (0.9)	0.5 (0.7)	0 (0)	1.3 (1.5)	0.1 (1.0)	0.3 (0.3)	0 (0)	0.5 (1.0)	0 (0)
Besteck einräumen N=8	44.5 (2.5)	0.5 (0.9)	0.9 (1.1)	0 (0)	4.0 (1.9)	0.3 (0.4)	0.1 (0.3)	0.7 (0.7)	1.0 (1.0)	0.8 (1.6)
Telefonklingeln N=8	26.8 (4.8)	0 (0)	0.1 (0.3)	0.3 (0.7)	3.5 (1.4)	1.3 (1.6)	0 (0)	0 (0)	0.5 (0.7)	0 (0)
Schlüssel auf Glas N=8	43.1 (5.0)	0 (0)	1 (1.1)	1.6 (1.9)	4.9 (1.6)	1.6 (1.9)	0 (0)	0.6 (0.7)	1.5 (1.2)	0.1 (0.3)
Kaffeemaschine N=8	22.3 (3.7)	0.6 (0.5)	0.3 (0.7)	0.3 (0.7)	1 (1.4)	0.9 (1.5)	0.8 (1.1)	1 (0.7)	0.3 (0.7)	2.4 (0.9)
Feuerwerk N=8	44.3 (3.5)	1.6 (1.5)	2.4 (1.5)	0.5 (1.3)	0.9 (2.3)	0 (0)	0.4 (1.0)	0.8 (0.8)	1.8 (0.8)	1.1 (1.2)
Klavierakkorde N=5	28.2 (2.9)	1 (1.1)	1.2 (0.4)	0 (0)	0.4 (0.8)	0 (0)	0.2 (0.4)	0.2 (0.4)	2.4 (1.0)	0.4 (0.8)
leichter Regen N=5	12.4 (2.1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grillenzirpen N=4	14.3 (1.5)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 8-2: Vorläufige Norm für die Optimierung verwendeter Klangbilder (Mittelwert und Standardabweichung Klammern)

8.2.2.1.2 Sprachverständlichkeitsbezogene Dimensionen

Um den Rehabilitationswert für die Sprachverständlichkeit zu prüfen, der mit einer konkreten Hörgeräteeinstellung verbunden war, stuften die Probanden Sprache im Störgeräusch auf zwei Dimensionen ein:

1. Sprachverständlichkeit
2. Anstrengung beim Verstehen.

Die hierfür zweistufig verwendeten Kategorienunterteilungsskalen sind in **Abbildung 8-7** wiedergegeben. Beide Dimensionen bilden verschiedene Aspekte des Sprachverstehens ab und sollten stets gemeinsam erfaßt werden. Die Anstrengung kann auch bei Sprachverständlichkeiten von 100% noch erheblich sein. Die Befragung der Anstrengung erlaubt eine Differenzierung der Sprachübertragungsgüte, die mit Verständlichkeitsdaten allein nicht zu erreichen ist.

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

Verständlichkeit

alles verstanden	10
	9
viel verstanden	8
	7
	6
mittelviel verstanden	5
	4
	3
wenig verstanden	2
	1
nichts verstanden	0

Anstrengung beim Verstehen

	9
sehr anstrengend	8
	7
	6
mäßig anstrengend	5
	4
	3
wenig anstrengend	2
	1
überhaupt nicht anstrengend	0

Abbildung 8-7: Kategorienunterteilungsskalen für Sprachverständlichkeit und Anstrengung, die mit dem Sprachverstehen verbunden ist.

8.2.2.1.3 Verwendete Hörbilder und Darbietungsmodus

Alle im Verfahren verwendeten Hörbilder lagen auf einer CD-ROM gespeichert vor. Sie wurden über ein Lautsprecherpaar dem Probanden dargeboten. Im einzelnen gehörten zum Umfang des Verfahrens:

- Gespräch in Ruhe
- Gespräch im Großraumbüro
- Gespräch im Auto
- Gespräch in der Straßenbahn
- Musik: Ausschnitt aus 1. Brandenburgisches Konzert, 1. Satz
- Musik: Ausschnitt aus 1. Brandenburgisches Konzert, 3. Satz
- Klavierakkorde
- leichter Regen
- Besteck einräumen
- Grillenzirpen
- Telefonklingeln
- Schlüsselbund fällt auf Glas
- Kaffeemaschine
- Feuerwerk

Merkmale und Funktion dieser Klangbilder werden im nächsten Abschnitt erläutert.

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

8.2.2.2 Struktur des Verfahrens

Ein Überblick über den Ablauf des zur Hörgeräteanpassung eingesetzten Hörbildverfahrens soll über die Struktur der Parameteroptimierung informieren.

8.2.2.2.1 Phase 1 - Überprüfung der Grundeinstellung des Hörgeräts

In der ersten Phase des Verfahrens wurde die Qualität der Grundeinstellung des Hörgeräts auf der Basis der hörfeldaudiometrischen Untersuchung geprüft (siehe **Tabelle 8-3**). In dieser Phase durfte noch keine Veränderung der Hörgeräteparameter vorgenommen werden, damit man ein umfassendes Bild der eventuell vorhandenen Einstellungsfehler erhielt. Die beiden ersten Hörbilder waren Sprache und Musik, da sie vermutlich von allen Pbn gleichermaßen gut bezüglich ihrer Übertragungsqualität beurteilt werden konnten. Die gewählte Lautheit von KU 30 und KU 32 (vgl. **Tabelle 8-2**) ließ - gegenüber einer mittleren Lautheit von KU 25 - die Klangeigenschaften („dumpf“, „hell/grell“ etc.) deutlicher hervortreten. Zusätzlich wurde jeweils ein breitbandiges leises und sehr lautes Hörbild geboten, um die Einstellung der Dynamikregelung zu überprüfen. Abschließend wurde die Sprachverständlichkeit und die zum Verstehen notwendige Anstrengung für natürliche Dialoge zwischen einem Mann und einer Frau in drei unterschiedlich lauten Störgeräuschkonstellationen bestimmt: im Großraumbüro (ca. 40-55 dB), im Auto (ca. 70 dB) und in der Straßenbahn (ca. 80 dB). Die Eigenschaftseinstufungen gaben Aufschluß darüber, wie gut die Grundeinstellung aufgrund der Lautheitsverlustdaten gelungen war bzw. in welche Richtung eine Veränderung erfolgen mußte.

Phase 1: Überprüfung der Grundeinstellung des Hörgeräts			
Klangbild	Merkmale	Dimensionen	Aktion
Gespräch in Ruhe	mittellaut [KU30]	Lautheit, 10 Qualitätseigenschaften, Gesamtqualität	Erfassung von Lautheit, Klangfehlern und Gesamtqualität
Musik: 1. Brandenburgisches Konzert, 3. Satz	laut [KU 32]	Lautheit, 10 Qualitätseigenschaften, Gesamtqualität	Erfassung von Lautheit, Klangfehlern und Gesamtqualität
leichter Regen	leise [KU 13]	Lautheit (Hörbarkeit)	Erfassung der Lautheit
Besteck einräumen	sehr laut [KU 45]	Lautheit (Erträglichkeit)	Erfassung der Lautheit
Gespräch im Großraumbüro	leiser breitbandiger Hintergrund, Text A1	Sprachverständlichkeit, Anstrengung	Erfassung der Verständlichkeit
Gespräch im Auto	mittellauter tieftoniger Hintergrund, Text A2	Sprachverständlichkeit, Anstrengung	Erfassung der Verständlichkeit
Gespräch in der Straßenbahn	lauter breitbandiger Hintergrund, Text A3	Sprachverständlichkeit, Anstrengung	Erfassung der Verständlichkeit

Tabelle 8-3: Schematische Darstellung der ersten Phase des Anpaßprozesses

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

8.2.2.2.2 Phase 2 - Optimierung der Hörgeräteeinstellung

In Phase 2 sollte die Parametereinstellung mit Hilfe von ausgewählten Klangbeispielen optimiert werden, und zwar zunächst über Korrektur der wahrgenommenen Lautheit, dann über Minimierung von Klangfehlern.

8.2.2.2.2.1 Optimierung der Lautheit anhand der Verstärkungs- / Kompressionsparameter

Zur frequenzspezifischen Lautheitsoptimierung wurden die 50 dB-Verstärkung und die 80 dB-Verstärkung des tieffrequenten (NF) und des hochfrequenten (HF) Kanals des Hörgeräts getrennt justiert. Die jeweiligen Klangbeispiele waren so ausgewählt, daß ihre spektralen Maxima mehr oder weniger schmalbandig nur im interessierenden Hörgerätekanal lagen. Die Verstärkung war so einzustellen, daß in etwa die Norm-Lautheit erreicht wurde. Konnte eine Zielverstärkung aufgrund der wechselseitigen Parameterabhängigkeiten nicht realisiert werden, war ein Kompromiß zwischen diesen Parametern zu suchen, der die bereits realisierten Vorgaben nicht zu stark veränderte. In einem solchen Fall sollten die vorherigen Klangbeispiele noch einmal dargeboten und beurteilt werden. Für jedes Klangbeispiel konnten im Protokollbogen bis zu fünf Optimierungsschritte protokolliert werden

Die Optimierung begann mit dem hochfrequenten Kanal, für den ein leises, ein mittellautes und ein sehr lautes Geräusch vorhanden waren (siehe **Tabelle 8-4**). Entscheidendes Kriterium für die Verstärkungseinstellung war die Lautheit. Ein sehr lautes hochfrequentes Geräusch wie z.B. „Schlüssel auf Glastisch“ war natürlich auch „ziemlich hell/grell“. Zur Orientierung über die Ausprägungen dieser Geräusche auf den Qualitätsdimensionen für Normalhörige stand dem Akustiker eine Tabelle mit den entsprechenden mittleren Skalenergebnissen zur Verfügung, mit der er sich vor Beginn der Versuchsphase vertraut gemacht hatte. Deutlich auffällige Nennungen von Klangfehlern (grell, dumpf, etc.) mußten auf dem Protokollbogen vermerkt werden. Für den tieffrequenten Kanal war ein mittellautes und ein sehr lautes Klangbeispiel vorhanden. Hier mußte die NF-50-Verstärkung anhand der Skalierung des mittellauten Klangbeispiels und des Nachhalls/Nachklings der Klavierakkorde verändert werden. Wurde der Nachhall mit „ziemlich 4, 5 oder 6“ beurteilt, dann war vermutlich die NF-50-Verstärkung zu hoch gewählt, da bei den gewählten Hörbildern deutliches Nachklingen/Nachhallen Zeichen zu hoher Kompression des Signals ist.

8.2.2.2.2.2 Optimierung des Klangs anhand der Verstärkungs- / Kompressionsparameter

War die lautheitsbezogene Einstellung der Verstärkungen abgeschlossen, sollte deren Auswirkung auf die wahrgenommene Klangqualität gerade eben lauter Sprache und Musik überprüft und gegebenenfalls variiert werden. Sprache und Musik eignen sich für die Optimierung des Hörgeräteklangs, da bei ihnen Klang thematisch ist. Dies ist beispielsweise bei Wassergeräuschen oder Fabrikgeräuschen nicht der Fall. Außerdem zeichneten sich die beiden gewählten Hörbilder dadurch aus, daß sie für das intakte Gehör keine der einzustufenden Klangeigenschaften in nennenswerter Ausprägung aufweisen. Neben der Lautheit der gebotenen Hörbilder gaben über der Norm liegende Skalierungen von Klangeigenschaften Hinweise auf eine fehlerhafte Gewichtsverteilung zwischen tiefen und hohen Frequenzen. So deuteten

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

„dumpf“ und „dröhnend“ z.B. auf ein zu hohes Gewicht der tiefen Frequenzen bzw. ein zu niedriges Gewicht der hohen Frequenzen hin. Ob das Gewicht der Tiefen zu hoch oder das der Höhen zu niedrig war, konnte nur anhand der aktuellen Einstellung und der tatsächlich realisierten kanalabhängigen Lautheiten beurteilt werden. Ziel der Optimierung war es, einen Klangeindruck zu erzeugen, der dem Eigenschaftsprofil der Klangbeispiele für Normalhörige so nahe wie möglich kam, ohne die lautheitsbezogene Korrektur zu stark zu verändern. Der Klangeindruck sollte vom Patienten auch mit einer maximalen Gesamtqualität beurteilt werden.

Phase 2: Optimierung der Einstellung des Hörgeräts			
Klangbild	Merkmale	Dimensionen	Aktion
Grillenzirpen	leise [KU 14], hochtonig	Lautheit	Erfassung und Korrektur der Lautheit über Verstärkung im Hochtonkanal (HF 50)
Telefonklingeln	mittel [KU 27], hochtonig	Lautheit	Erfassung und Korrektur der Lautheit über Verstärkung im Hochtonkanal (HF 50 und HF 80)
Schlüsselbund fällt auf Glas	sehr laut [KU 43], eher hochtonig	Lautheit	Erfassung und Korrektur der Lautheit über Verstärkung im Hochtonkanal (HF 80)
Kaffeemaschine	mittellaut [KU 22], eher tieftönig	Lautheit	Erfassung und Korrektur der Lautheit über Verstärkung im Tieftonkanal (NF 50 und NF 80)
Feuerwerk	sehr laut [KU 44], eher tieftönig	Lautheit	Erfassung und Korrektur der Lautheit über Verstärkung im Tieftonkanal (NF 80)
Klavierakkorde	etwas hallend/nachklingend [2.4 auf Ausprägungsskala]	Hallen/Nachklingen	Erfassung und Korrektur des Lautheitszeitverlaufs über Relation zwischen 50 dB- und 80 dB-Verstärkung
Musik: 1. Brandenburgisches Konzert, 1. Satz	laut [KU 32]	Lautheit, Gesamtqualität, dumpf, dröhnend, blechern, hell/grell, dünn/flach, scharf, undeutlich/verschwommen, verrauscht, hallend/nachklingend, kratzig	Erfassung und Korrektur von Lautheit, Klangfehlern und Gesamtqualität über die vier Verstärkungsparameter
Gespräch in Ruhe	mittellaut [KU 30]	Lautheit, Gesamtqualität, dumpf, dröhnend, blechern, hell/grell, dünn/flach, scharf, undeutlich/verschwommen, verrauscht, hallend/nachklingend, kratzig	Erfassung und Korrektur von Lautheit, Klangfehlern und Gesamtqualität über die vier Verstärkungsparameter

Tabelle 8-4: Schematische Darstellung der zweiten Phase des Anpaßprozesses

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

8.2.2.2.3 Phase 3 - Überprüfung der Optimierung des Hörgeräts

Den Abschluß bildete die nochmalige Überprüfung der letzten Einstellung aus Phase 2 (siehe **Tabelle 8-5**). Hierzu wurden die Klangbeispiele der Phase 1 noch einmal nach dem gleichen Schema beurteilt, ohne daß eine Veränderung der Parametereinstellung erfolgte. Da Texte besser verständlich sind, wenn man sie wiederholt hört, wurden für die Überprüfung der Sprachverständlichkeit andere Gespräche bei denselben Störgeräuschen verwendet.

Phase 3: Überprüfung der optimierten Einstellung des Hörgeräts			
Klangbild	Merkmale	Dimensionen	Aktion
Gespräch in Ruhe	mittellaut [KU30]	Lautheit, 10 Qualitätseigenschaften, Gesamtqualität	Erfassung von Lautheit, Klangfehlern und Gesamtqualität
Musik: 1. Brandenburgisches Konzert, 3. Satz	laut [KU 32]	Lautheit, 10 Qualitätseigenschaften, Gesamtqualität	Erfassung von Lautheit, Klangfehlern und Gesamtqualität
leichter Regen	leise [KU 13]	Lautheit (Hörbarkeit)	Erfassung der Lautheit
Besteck einräumen	sehr laut [KU 45]	Lautheit (Erträglichkeit)	Erfassung der Lautheit
Gespräch im Großraumbüro	leiser breitbandiger Hintergrund, Text B1	Sprachverständlichkeit, Anstrengung	Erfassung der Verständlichkeit
Gespräch im Auto	mittellauter tieftoniger Hintergrund, Text B2	Sprachverständlichkeit, Anstrengung	Erfassung der Verständlichkeit
Gespräch in der Straßebahn	lauter breitbandiger Hintergrund, Text B3	Sprachverständlichkeit, Anstrengung	Erfassung der Verständlichkeit

Tabelle 8-5: Schematische Darstellung der dritten Phase des Anpaßprozesses

8.2.2.3 Instruktionen

Die Probanden mußten vor der Verwendung jeder neuen Skala ausführlich über die zu erfragende Eigenschaft instruiert werden. Nachfolgend sind die Beispieltexte wiedergegeben, anhand derer die Hörgeräteakustiker auf ihre Tätigkeit vorbereitet wurden.

Instruktion zur Einführung:

„Jetzt kommt ein anderer Hörtest. Ich spiele Ihnen Hörbilder vor. Das sind Aufnahmen von Hörereignissen, die Sie aus dem Alltag kennen, z.B. Sprache oder Musik oder Regen oder wie jemand Besteck einräumt usw. Wir sehen dann, wie gut das Hörgerät für den Höralltag eingestellt ist. Damit ich weiß, ob das Hörgerät gut oder schlecht eingestellt ist, werde ich Ihnen eine ganze Reihe von Fragen zu dem stellen, was Sie hören. Wir machen das ganz in Ruhe. Als erstes Hörbild nehmen wir ein Gespräch zwischen einem Mann und einer Frau. Hören Sie sich das mal kurz an (Hörbild anspielen).“

Instruktion der Lautheitsskala:

„Als erstes möchte ich von Ihnen wissen, wie laut die Sprache ist. Wir nehmen die gleiche Skala, die Sie vorhin (Hörfeldaudiometrie) schon benutzt haben (Skala geben). Sagen Sie mir also, ob die Sprache sehr leise oder leise oder mittel oder laut oder sehr laut ist und dann die Zahl, die die Lautheit am besten wiedergibt.“

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

Instruktion der Eigenschaftstafel:

„Jetzt möchte ich von Ihnen wissen, ob das Hörgerät Klangfehler macht und wenn ja, welche. Achten Sie darauf, wie es mit dem Hörgerät klingt, wenn die beiden Personen sprechen. Sie sollen mir immer sagen, was am Klang noch nicht richtig ist.

Wie Sie das machen sollen, steht hier drauf (Eigenschaftstafel geben). Auf diesem Blatt sehen Sie oben zehn Eigenschaften. Das sind sozusagen zehn Fehler, die das Hörgerät machen kann, wenn es noch nicht ganz richtig eingestellt ist. Wir haben also: dumpf, dröhnend, blechern, hallend-nachklingend, undeutlich-verschwommen, hell-grell, dünn-flach, scharf, verrauscht und kratzig (Eigenschaften langsam und betont lesend auf der Eigenschaftstafel zeigen).

Wir machen es so: Sie hören sich das Hörbild an und gehen diese zehn Klangeigenschaften durch und sagen mir, welche zutreffen, z.B. ob die Sprache dumpf ist oder dröhnend oder hell oder scharf usw. Es kann sein, daß gar nichts zutrifft. Dann liegen wir mit der Einstellung schon ganz gut. Es kann sein, daß nur eine Eigenschaft zutrifft. Es kann aber auch sein, daß mehrere Eigenschaften zutreffen. Sagen mir einfach jede Eigenschaft, die zutrifft.

Nun kann ein Klangfehler verschieden stark sein. Deshalb sollen Sie mir auch sagen, wie stark der Klangfehler ist. Dazu haben wir die Skala hier unten (zeigen). Nehmen wir an, das Hörbild ist dumpf. Dann sollen Sie mir sagen, ob es etwas dumpf ist oder ziemlich dumpf. Sie sehen, daß zu „etwas“ die Zahlen 1 bis 3 gehören, zu „ziemlich“ die Zahlen 4 bis 6. Mit der Zahl sollen Sie mir noch genauer sagen, wie stark der Klangfehler ist. Sie haben das ja schon bei der Lautheitsbeschreibung so gemacht.

0 bedeutet „nicht“, 7 bedeutet, daß der Klangfehler äußerst stark ist, also z.B. äußerst dumpf. Die Punkte deuten an, daß man auch noch eine höhere Zahl angeben kann, wenn das nötig ist.

Also Sie hören sich das Hörbild an, achten darauf, welche der zehn Klangfehler zutreffen, und sagen mir bei den zutreffenden immer auch, wie stark der Fehler ist.

Daß ein Fehler nicht zutrifft, brauchen Sie mir nicht eigens zu sagen.

Haben Sie noch Fragen?“

Instruktion der Skala zur Gesamtqualität:

„Nun möchte ich von Ihnen wissen, wie gut oder wie schlecht dieses Hörbild alles in allem klingt, welche Qualität der Klang hat, den Sie mit dem Hörgerät hören. Dafür haben wir diese Skala. (Skala geben) Sagen Sie mir zuerst, ob der Klang sehr schlecht, schlecht, mittelmäßig, gut oder sehr gut ist (Kategorien langsam und betont lesend auf der Skala zeigen). Sie sehen, daß es zu jeder Stufe drei Zahlen gibt. Sagen Sie mir bitte die Zahl, die am besten wiedergibt, wie gut oder wie schlecht der Klang ist.“

Instruktion zur Verständlichkeits- und Anstrengungsskala:

„Jetzt möchte ich wissen, wie gut Sprache vom Hörgerät übertragen wird. Und zwar möchte ich von Ihnen zweierlei wissen, nämlich wie viel Sie verstehen und wie anstrengend das Verstehen ist. Es kann ja sein, daß man zwar alles versteht, aber das Verstehen sehr anstrengend ist. Und es kann sein, daß man alles versteht und zwar ohne jede Anstrengung. Das wollen wir ja mit dem Hörgerät erreichen, daß Sie ohne große Anstrengung möglichst viel verstehen. Damit ich die Hörgeräteeinstellung beurteilen kann, möchte ich also beides von Ihnen wissen.

Deshalb sind hier gleich zwei Skalen (Skalenblatt geben). Links haben wir eine Skala dafür, wieviel Sie verstehen, rechts eine dafür, wie anstrengend das Verstehen ist.“

8.2.2.4 Training der Hörgeräteakustiker

Die drei Hörgeräteakustiker, die in der Feldphase mitarbeiteten, unterzogen sich vor Beginn der Versuche einer mehrstündigen Einweisung in das Hörbildverfahren. Diese schloß sich an die Einweisung in die Hörfeldaudiometrie an. Alles Wichtige des Verfahrens war in einem Manual zusammengestellt, anhand dessen die Hörgeräteakustiker sich auf die Versuche zusätzlich vorbereiten sollten.

8.2.3 Durchführung

Die hörfeldaudiometrische Untersuchung, nach deren Ergebnissen sich die Grundanpassung richtete, und das Hörbildverfahren zur Anpassung wurden im Audiometrieraum der jeweiligen Filiale durchgeführt. Die Hörfeldaudiometrie erfolgte monaural über freifeldkalibrierten Audiometrikopfhörer, das Hörbilder wurden über ein hochwertiges Boxenpaar dargeboten. Die Versuche erstreckten sich über insgesamt etwa vier Wochen.

Bei der Durchführung zeigte sich, daß intensive Schulung im neuen Anpaßverfahren wichtige Voraussetzung für eine effiziente Durchführung des Verfahrens ist. Ein Teil der Datensätze mußte aus Teilen der Auswertung ausgeklammert werden, da in der Optimierungsphase zu wenig Modifikationen zur Reduzierung der Klang- und Lautheitsdiskrepanzen vorgenommen wurden.

8.3 Auswertung und Ergebnisse

8.3.1 Hörfeldaudiometrie

8.3.1.1 Sondenmessungen und Lautheitsberechnungen

Neben den audiometrischen Messungen in den drei Hörgeräte-Akustiker-Labors (Hörfeldaudiometrie, Hörbildverfahren Prüfphase 1, Hörbildverfahren Optimierungsphase, Hörbildverfahren Prüfphase 2) wurde mit einer Hörgeräteeinstellung, in der Regel der letzten des Anpassungsprozesses, die aided-response-Kurve (REAR) per Sondenmessung ermittelt. Außerdem wurde die unaided-response (REUR) gemessen. Beide Messungen erfolgten bei 60 dB SPL Eingangsschallpegel.

Mit derselben Hörgeräte-Einstellung wurden im Dresdner Labor am KEMAR-Kunstkopf die sechs Pegelleitern (250 Hz bis 6 kHz) aufgezeichnet. Zusammen mit der ebenfalls gemessenen unaided-response des Kemars (Pegelleiteraufzeichnung ohne Hörgerät) ermöglichten es diese Messungen am Probanden-Ohr und am Kemar, die übrigen Hörgeräteeinstellungen des Anpaßprozesses, die ebenfalls am KEMAR über die Pegelleitern vermessen wurden, auf das Probandenohr umzurechnen. Die Umrechnung kann selbstverständlich nur für die sechs Frequenzen der Pegelleitern (identisch mit den in der Hörfeldaudiometrie verwendeten Signalfrequenzen) durchgeführt werden.

Die Umrechnung auf das Probandenohr gestattet die Protokollierung des Anpaßprozesses als Veränderung des Lautheitsgehörs bzw. des hörfeldaudiometrischen Lautheitsfunktionssatzes. Bezieht man diesen je Hörgeräteeinstellung auf die Lautheitsnormen, erhält man Aufschluß über die Korrekturen der eingangspiegel- und frequenzabhängigen Lautheitsverluste und deren Veränderung über den Anpaßprozeß hinweg. Der Lautheitsverlustverlauf über den Anpaßprozeß wurde nicht eingangspiegelabhängig, sondern normlautheitsabhängig dargestellt.

Prinzipiell bestehen die Möglichkeiten, Gehörgangspiegel zu bestimmen oder die durch das Hörgerät eingangspiegel- und frequenzabhängig modifizierten Pegel als modifizierte Freifeld-Schallpegel auszudrücken. Da einerseits die hörfeldaudiometrischen Normen und Individualmessungen, andererseits auch alle physikalischen Hörbildbeschreibungen (spektrale Pegelstatistiken) freifeldkalibriert sind, wurde die letztere Methode gewählt. In der Darstellung der Rechenschritte werden folgende Abkürzungen verwendet:

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

UR: unaided response

UG: unaided gain

AR: aided response

L[FF]: Freifeldpegel (dB SPL)

Hg0: Hörgerät in der Einstellung, für die im Hörgeräte-Akustiker-Labor UG und AR bestimmt worden sind

Hgx: Hörgerät in einer anderen, während des Anpaßprozesses realisierten Einstellung

Pb: Proband

Korr[FF]: Leistungsübertragungsfunktion (als Korrekturpegel) zur Korrektur der Hörgerätemessungen am Kemar ($AR_{Kemar, Hgx}$), um Freifeldpegel am Probanden zu erhalten

In der Korrekturfunktion Korr schlagen sich lineare Schallankopplungsunterschiede zwischen KEMAR-Kuppler und Proband-Ohr nieder. Da Messungen mit gleicher Hörgeräteeinstellung aufeinander bezogen werden, wirken sich dynamische Verarbeitungsfaktoren des Hörgeräts nicht aus.

Die drei Hörgeräte-Akustiker führten folgende Messungen bei einem Eingangspegel von 60 dB SPL aus:

1. UG_{Pb}
2. $AR_{Pb, Hg0}$

Im Labor wurden bei den sechs Frequenzen .25, .5, 1, 2, 4, 6 kHz und Eingangspegeln zwischen 25 und 95 dB SPL in 5 dB-Schritten gemessen:

1. UR_{Kemar}
2. $AR_{Kemar, Hg0}$
3. $AR_{Kemar, Hgx}$

Die nachfolgend eingesetzte open ear gain des Kunstkopfes ergibt sich bekanntlich als:

$$UG_{Kemar} = UR_{Kemar} - \text{Anregungspegel} \quad \text{Gl. 8-1}$$

Die Leistungsübertragungsfunktion Korr[FF] (Korrekturpegelfunktion), mit der sich aus den KEMAR-Messungen $AR_{Kemar, Hgx}$ Probanden-Freifeldpegel $L[FF]_{Pb, Hgx}$ ermitteln lassen, berechnet sich als:

$$\text{Korr[FF]} = AR_{Pb, Hg0} - AR_{Kemar, Hg0} - UG_{Pb} \quad \text{Gl. 8-2}$$

Zur Korrektur rechnen wir:

$$L[FF]_{Pb, Hgx} = AR_{Kemar, Hgx} + \text{Korr[FF]} \quad \text{Gl. 8-3}$$

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

Anhand dieser Pegel $L[FF]_{Pb,Hgx}$ konnten wir über die freifeldkalibrierten Lautheitsfunktionen des Probanden die Hörfeldveränderungen berechnen, die durch das Hörgerät entstanden. Die Pegel $AR_{Kemar,Hgx}$ lagen diskret in 5-dB-Schritten gemessen vor. Zur Interpolation wurden Polynome 6. Grades nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate angepaßt. Da die Messungen $AR_{Kemar,Hgx}$ in den Ausgangspegelbegrenzungsbereich des Hörgeräts hineinreichten, konnte ohne großen Fehler bis 110 dB SPL extrapoliert werden, wo dies erforderlich war.

An die Lautheitseinstufungen der Probanden wurde zur Interpolation eine modifizierte Fechner-Funktion angepaßt (Parameter c und R)

$$E = c \cdot \log \cdot \left(\frac{S + R}{R} \right) \quad \text{Gl. 8-4}$$

wobei S die Signalintensität, R die Intensität des effektiven Störrauschens und c eine Skalenkonstante sind.

Es hatte sich gezeigt, daß diese zweiparametrische Funktion zur Modellierung des Lautheitsgehörs der Schwerhörigen völlig ausreichend war. Vor allem der sehr flache Funktionsast, der bei Normalhörigen bei sehr niedrigen Pegeln gefunden wird, war bei den Schwerhörigen nicht festzustellen. So wurde auf die Anpassung der vierparametrischen Funktion NOWAKS (1990)

$$A = A^* \cdot \left\{ 1 - e^{-c \left[R^n - (S+R)^n \right]} \right\} \quad \text{Gl. 8-5}$$

verzichtet, die bei der Ermittlung der Normfunktionen verwendet worden war (HELLER et al. 1996, BORETZKI et al. 1996). Die Parameter sind hierbei: A: Lautheitseinstufung, A*: Skalenfaktor, S: Signalintensität, N: effektive Hintergrundintensität, c und n: zwei weitere Konstanten, die die Steilheit der Funktion bestimmen (als S und N werden die Vielfachen der Referenzintensität eingesetzt.). Diese Funktion modellierte die Lautheitsdaten einer Untersuchung an Normalhörigen mit feingestuftem Pegelsatz (21 Pegel) deutlich besser als die oben angegebene modifizierte Fechner-Funktion.

Die zur Quantifizierung des Lautheitsverlusts verwendeten Lautheitsnormen bringt **Tabelle 8-6** (HELLER et al. 1996, BORETZKI et al. 1996). Der Parameter A* wurde nicht anhand der Normlautheitsdaten bestimmt, da diese nicht in den „schmerzhaft-laut“-Bereich hineinreichten. Der von Nowak 1990 für A* mitgeteilte Wert 60 wurde übernommen.

Freq (kHz)	c	n	dB(N)
.25	0.11979	0.11607	13.544
.5	0.09565	0.12448	8.473
1	0.05149	0.15215	-0.548
2	0.04730	0.16157	-6.747
4	0.03354	0.18736	-12.222
6	0.02974	0.18289	-4.265

Tabelle 8-6: Konstanten c, n und $dB(N)=10 \log(N)$ der Normlautheitsfunktionen (Nowak-Funktion); $A^*=60$.

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

Das Lautheitsgehör des Schwerhörigen wurden als Lautheitskennlinien dargestellt. Ein Beispiel zeigt **Abbildung 8-8**. In fünf Koordinatensystemen wird für die Normlautheiten sehr leise-5, leise-15, mittel-25, laut-35 und sehr laut-45 frequenzabhängig dargestellt, wie das Lautheitsgehör des Schwerhörigen vom Lautheitsgehör des Normalhörigen (halbfette Abszissenparallelen) abweicht. Vor allem im Hochtonbereich liegen deutliche Abweichungen vor. Laute 4kHz-Töne (Normalhörige) beispielsweise hört der schwerhörige Proband sehr leise. Auch bei 250 Hz liegen die individuellen Lautheiten unter den Normlautheiten.

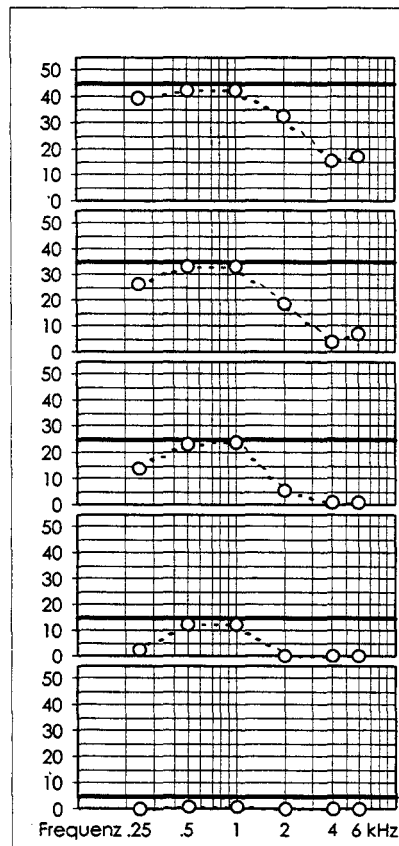
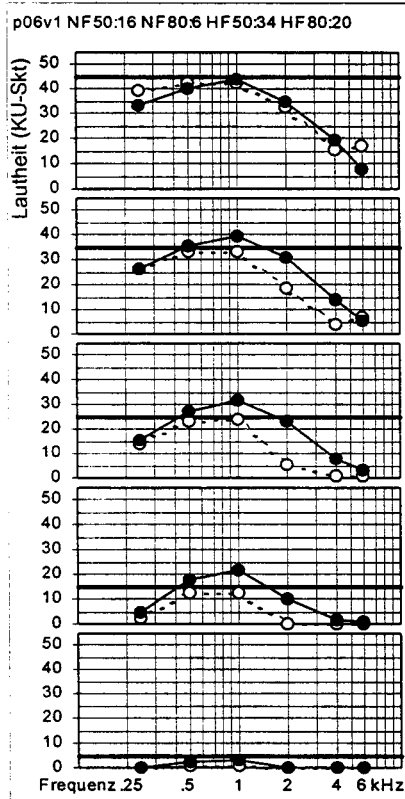


Abbildung 8-8: Lautheitskennlinien eines hochtonschwerhörigen Probanden; Berechnung für das nichtversorgte Gehör. Abszisse: Frequenz, Ordinate: Lautheit (KU-Skt). Die fünf Koordinatensysteme stellen von unten nach oben die Lautheitsniveaus sehr leise-5, leise-15, mittel-25, laut-35 und sehr laut-45 dar. Die individuellen Kurven zeigen je Frequenz und Lautheitsniveau, mit welcher Lautheit der Schwerhörige die sehr leisen, leisen, mittleren, lauten und sehr lauten Testgeräusche hört. Das gesunde Gehör ist als halbfette Abszissenparallele markiert.

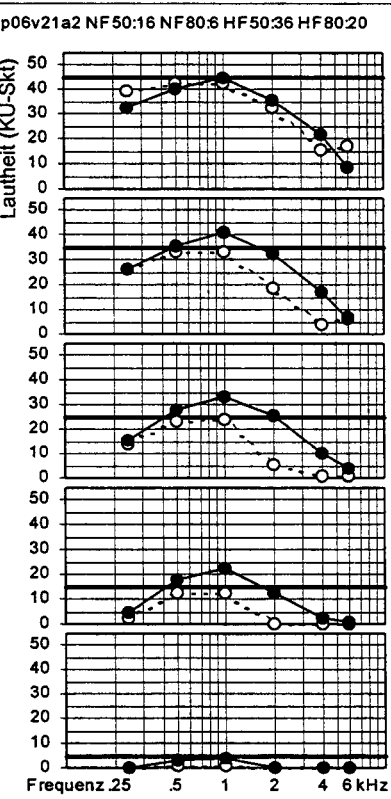
Für denselben Probanden zeigen **Abbildung 8-9** und **Abbildung 8-10** die Lautheitskennlinien der einzelnen Stufen (insgesamt zehn Einstellungen) der Hörgeräteanpassung anhand des Hörbildverfahrens. Die gefüllten Kreise stellen die Lautheitsberechnungen für den versorgten Fall dar, die offenen geben das Gehör ohne Hörgerät wieder.

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

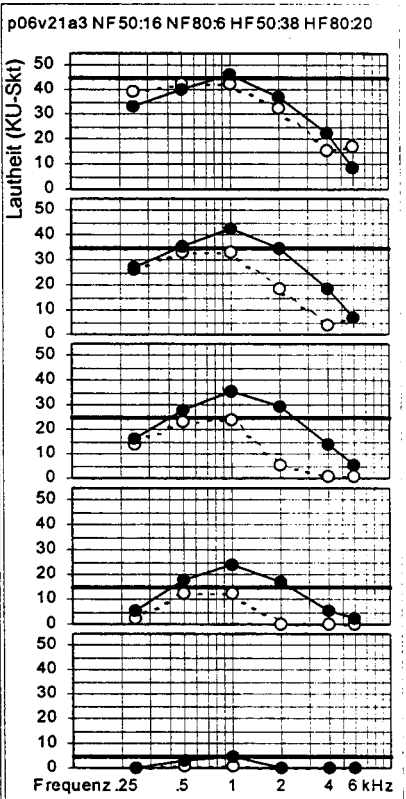
Einstellung 1



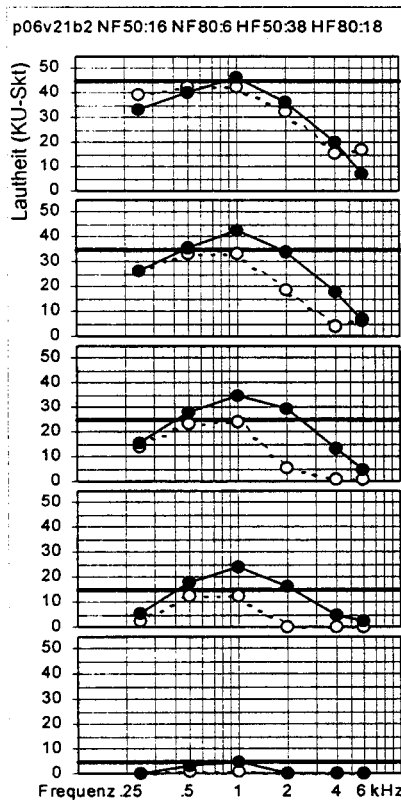
Einstellung 2



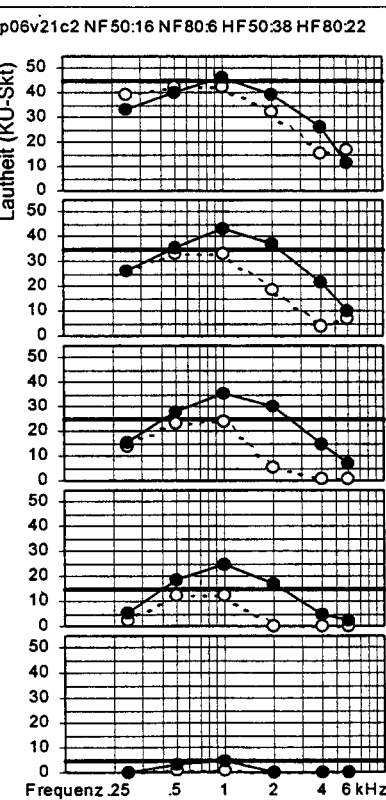
Einstellung 3



Einstellung 4



Einstellung 5



Einstellung 6

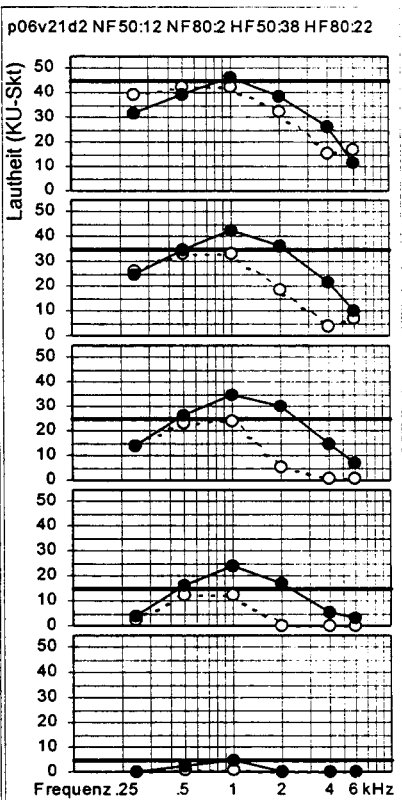
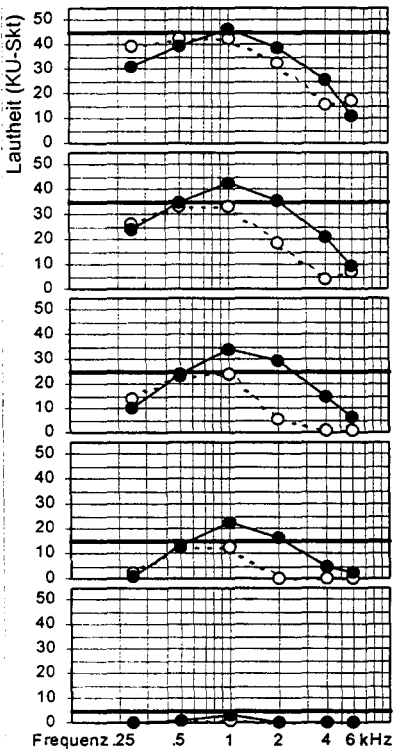


Abbildung 8-9: Lautheitskennlinienverlauf eines Probanden über den Anpassungsprozeß hinweg. Teil 1.

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

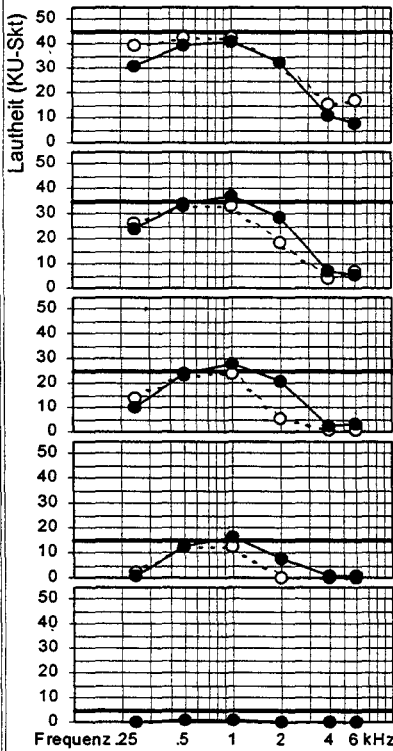
Einstellung 7

p06v21d3 NF 50:2 NF 80:2 HF 50:38 HF 80:22



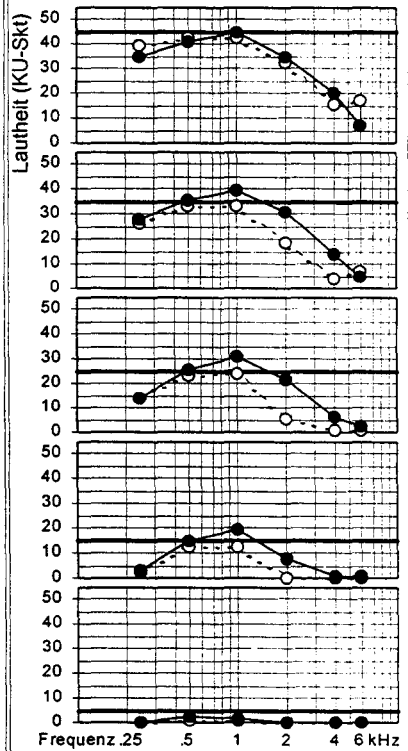
Einstellung 8

p06v2aa2 NF 50:2 NF 80:2 HF 50:34 HF 80:20



Einstellung 9

p06v2ab1 NF 50:2 NF 80:2 HF 50:28 HF 80:16



Einstellung 10

p06v2ab2 NF 50:2 NF 80:2 HF 50:24 HF 80:12

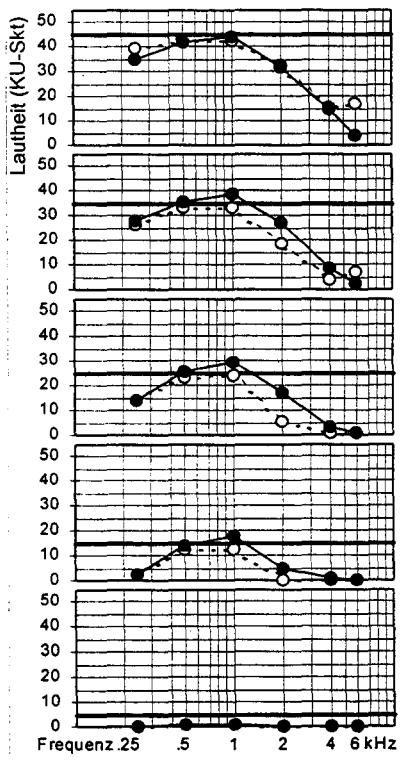


Abbildung 8-10: Lautheitskennlinienverlauf eines Probanden über den Anpassungsprozeß hinweg. Teil 2.

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

8.3.1.2 Kollektive Veränderung des Lautheitsgehörs im Anpaßprozeß

In **Abbildung 8-11** sind die mittleren Start- und Endeinstellungen des Hörgeräts der 11 Probanden dargestellt, deren Daten einwandfrei auswertbar waren. Ausschlaggebend für die Auswahl der Datensätze war in der Hauptsache die Verlässlichkeit der Open-Ear-Gain-Messungen und der Umfang der Parametermodifikationen, um Lautheits- und Klangdiskrepanzen zu minimieren. Bei einer Reihe von Probanden waren diese nur ansatzweise durchgeführt worden.

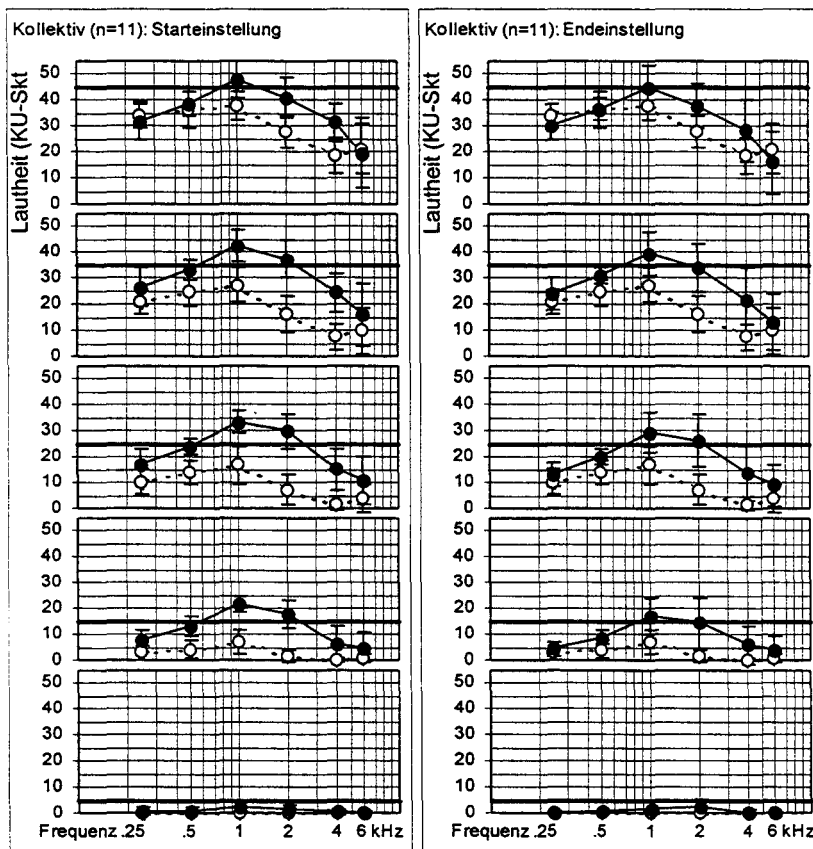


Abbildung 8-11: Mittlere Start- und Endeinstellung des Hörgeräts als Lautheitskennlinien. Streubalken entsprechen der Standardabweichung.

Die versorgten Lautheitskennlinien liegen sowohl in der Start- als auch in der Endeinstellung des Geräts bei leise, mittel, laut und sehr laut deutlich über den Kennlinien zum unversorgten Fall. Am größten ist der Lautheitszuwachs im mittleren Lautheitsbereich. Der Lautheitszuwachs beträgt bei 2 kHz bis zu zwei ganzen Lautheitskategorien.

Die Kennlinien der Startanpassung zeigen vor allem bei 1 kHz zuviel Verstärkung. Die kollektive Kennlinie liegt für leise, mittlere und laute 1-kHz-Schalle etwa 7 Skalenteile zu hoch. In der Endeinstellung ist dieser Lautheitsüberschuß deutlich verringert. Allerdings werden zwangsläufig die Lautheiten bei sehr niedrigen und sehr hohen Frequenzen ebenfalls erniedrigt, was zu deutlicheren Abweichungen von der Ziellautheit führt, als sie in der kollektiven Startanpassung anzutreffen sind.

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

Das Anpassungsverfahren - Optimierung von Lautheit, Klang und Gesamtqualität von natürlichen Hörbildern - zeigt also in der Darstellung als verändertes Lautheitsgehör im Sinne der Hörfeldaudiometrie ein plausibles Ergebnis. Die offensichtlich in der Startanpassung bei 1 kHz systematisch zu hohe Verstärkung wird im Laufe des Anpaßprozesses auf ein tolerables Niveau gesenkt.

8.3.2 Hörbildverfahren: Hörgeräteparameteroptimierung mit Hörbildeigenschaften

8.3.2.1 Veränderung der Verstärkung

Für das genannte Kollektiv wurde die kollektive Veränderung der vier Verstärkungsparameter bestimmt: Verstärkung Phase 3 minus Verstärkung Phase 1. Die Ergebnisse zeigt **Tabelle 8-7**. Vor allem im Tieftonbereich war in den Grundanpassungen die Verstärkung zu hoch eingestellt.

	Eingangspegel 50 dB	Eingangspegel 80 dB
Tieftonkanal	-6,55 dB	-4,36 dB
Hochtonkanal	-1,45 dB	-2,00 dB

Tabelle 8-7: Mittlere Veränderung der vier Verstärkungsparameter zwischen Phase 1 und Phase 3 (n=11)

In **Abbildung 8-12** sind die Verteilungen der vier Verstärkungsdifferenzen zwischen Phase 3 und Phase 1 dargestellt, zusätzlich die Verteilung der Kompressionsveränderungen über die Anpaßphase hinweg. Die Stichprobe umfaßt zusätzlich zu den elf Probanden vier weitere, bei denen lediglich die Lautheitskennlinienverläufe zweifelhaft, die übrigen Daten jedoch verlässlich waren.

Im niederfrequenten Kanal ist deutlich die Verstärkungsabnahme zu erkennen. Der Hochtonkanal zeigt nur beim hohen Eingangspegel eine Tendenz zur Verstärkungsreduktion. Insgesamt sind die Verteilungen breit. Dies deutet darauf hin, daß im Anpaßverfahren individual-spezifische Faktoren wirksam sind, die allein mit der Lautheitskorrektur anhand von Daten, die mit schmalbandigen Geräuschen gewonnen wurden, nicht erfaßt werden.

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

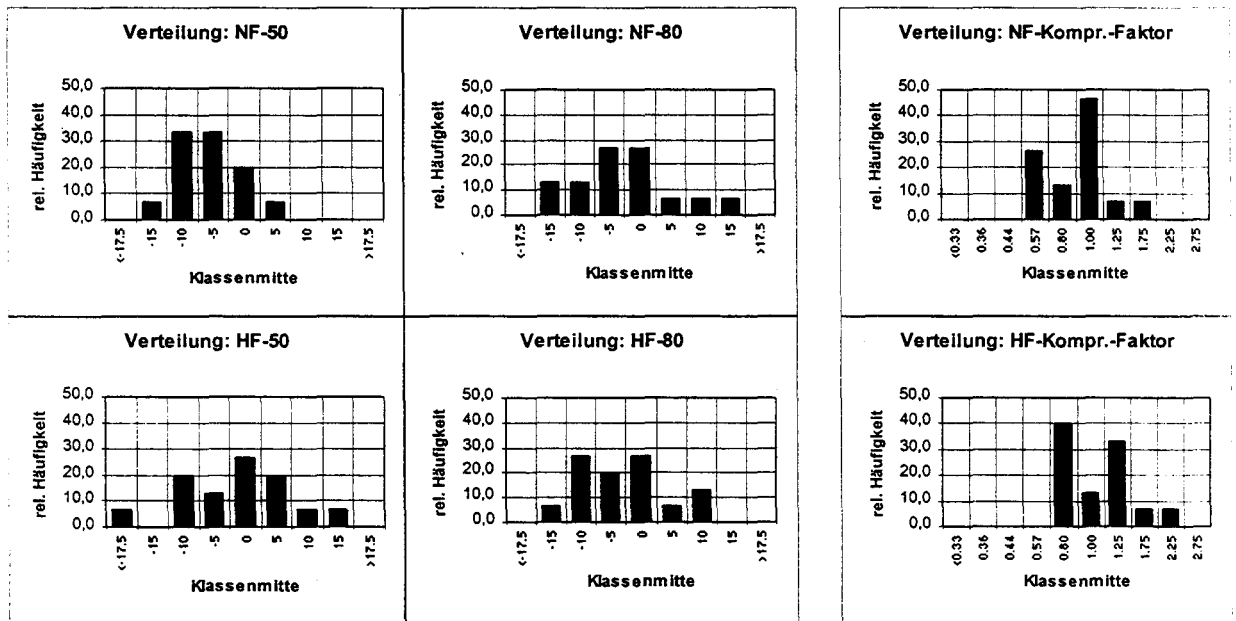


Abbildung 8-12: Verteilung der Differenzen der Verstärkungsparameter zwischen Phase 3 und Phase 1. NF: tieffrequenter Kanal; HF: hochfrequenter Kanal. Verteilung der Veränderungen der Kompressionsfaktoren in beiden Kanälen zwischen Phase 3 und Phase 1; die Veränderung ist als Faktor $\text{Kompression}_{\text{Phase 1}} : \text{Kompression}_{\text{Phase 3}}$ angegeben. $n=15$.

8.3.2.2 Veränderung der Lautheit

In **Abbildung 8-13** ist für einen Probanden der Verlauf der vier Verstärkungsparameter gemeinsam mit dem Verlauf der Lautheitsdiskrepanz (Differenz zwischen eingestufter Lautheit und Normlautheit) über der Folge der durchgearbeiteten Hörbilder dargestellt. Es ist erkennbar, daß die Verstärkung der Grundanpassung deutlich zu hoch liegt. Der Diskrepanzverlauf zeigt, daß mit den Verstärkungsrücknahmen die Lautheiten abnehmen. Die Einstellung konvergiert auf ein deutlich niedrigeres Niveau, als es eingangs eingestellt wurde.

Der Lautheitsreduktion im hörfeldaudiometrischen Kennliniendiagramm und der berichteten Verstärkungsreduktion von Phase 1 nach Phase 3 entspricht eine Lautheitsreduktion der Hörbilder. In Phase 1 und 3 wurden die Lautheiten der Hörbilder „Regen“, „Besteck einräumen“, „Gespräch in Ruhe“ und „Brandenburgisches Konzert“ erfragt. Die kollektive (Stichprobe wie bei kollektiven Lautheitskennlinien, $n=11$) über die vier Hörbilder gemittelte KU-Abweichung von den Normlautheiten beträgt 6.91 Skt (interindividuelle Standardabweichung: 5.11 Skt) in Phase 1, also vor der Parameteroptimierung. Nach der Optimierung (Phase 3) beträgt die Abweichung 1.91 Skt bei einer Streuung von 1.64 Skt. Im Mittel wurden also die Lautheiten der genannten Hörbilder um 5 Skt erniedrigt. In dieser Abnahme steckt zwar einerseits die in Phase 2 durchgeführte Verstärkungsreduktion, allerdings ist das Ergebnis nicht trivial. Denn es handelt sich in Phase 1 und Phase 3 um von den Lautheitsoptimierungsschritten unabhängige Lautheitseinstufungen von Hörbildern.

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

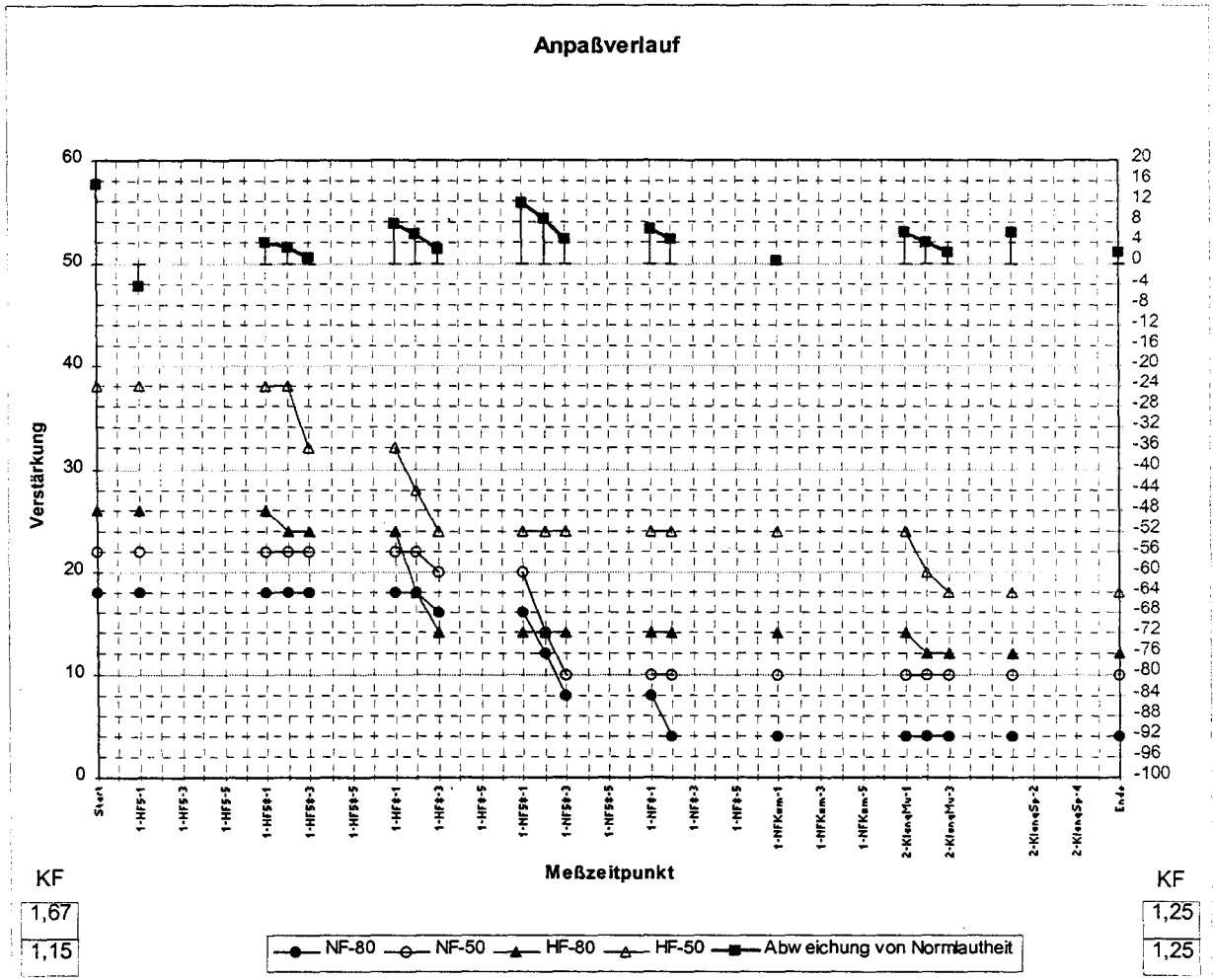


Abbildung 8-13: Individueller Verlauf der Parameteroptimierung anhand der Lautheitseinstufungen von Hörbildern (Proband 7). Abszisse: Zeitverlauf bzw. Abfolge der einzelnen Hörbilder, die bis zu fünfmal nach Korrekturen wiederholt werden konnten. Linke Ordinate: Verstärkung in dB; die unteren vier Kurven (Kreise und Dreiecke) zeigen den Verlauf der vier Verstärkungsparameter. Rechte Ordinate: Lautheitsdiskrepanz zur Normlautheit, die oberste Kurve (Quadrate) zeigt je Hörbild die Lautheitsdiskrepanz. Erster und letzte Abszissenstelle zeigen einen vergleichbaren Lautheitsindex für Phase 1 und Phase 3.

Abbildung 8-14 zeigt für alle 25 Probanden die Lautheitsveränderung der vier in Phase 1 und Phase 3 lautheitsskalierten Hörbilder als Differenz zur Normlautheit. Bei den Probanden 11 bis 20 war keine Numerierung der Lautheits- oder Klangdiskrepanz vorgenommen worden. Große Lautheitsreduktionen sind vor allem bei den Probanden 1 bis 7 festzustellen. Sie korrelieren mit entsprechend großen Rücknahmen der Verstärkung. Wenn man die Probanden 11 bis 20 ausnimmt, sind die Lautheitsveränderung vor allem bei großen initialen Lautheitsabweichungen immer in Richtung einer Diskrepanzminimierung ausgerichtet.

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

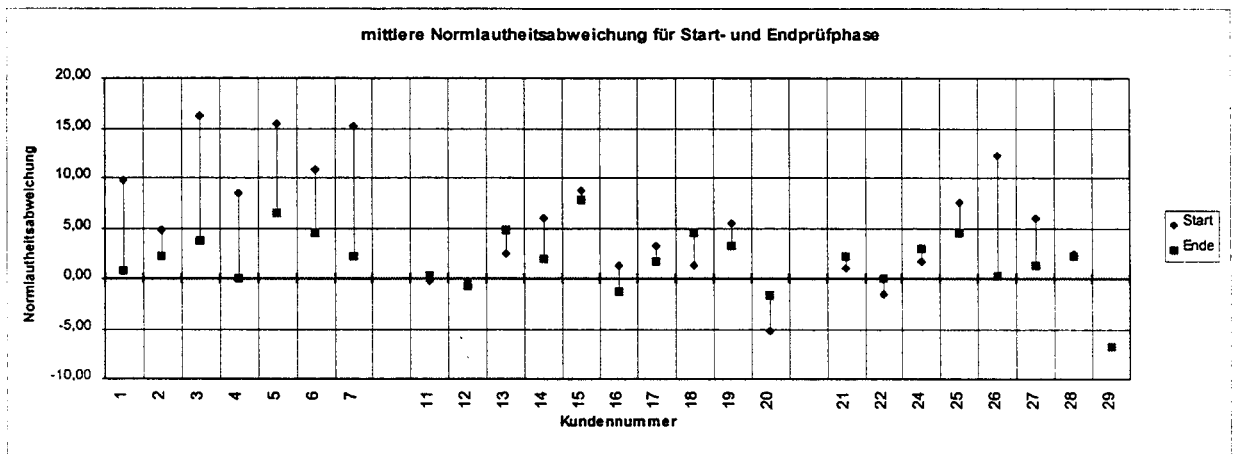


Abbildung 8-14: Mittlere Lautheitseinstufung der vier lautheitsskalierten Hörbilder in Phase 1 und Phase 3 je Proband relativ zur Normlautheit der Hörbilder. Alle Probanden sind dargestellt.

8.3.2.3 Veränderung der Klangeigenschaften

Abbildung 8-15 gibt für denselben Probanden, für den die Einstellungsoptimierung anhand der Lautheit gezeigt wurde, den Verlauf der Klangeinstufungen während des zweiten Teils der Optimierungsphase wieder. Zusätzlich sind die Klangeinstufungen der Phasen 1 und 3 dargestellt. Die Grundanpassung des Hörgeräts, die zu hohe Lautheit bei den Hörbildern erzeugte, führt auch im Bereich der Klangeigenschaften zu Fehlern. Die Grundanpassung läßt die klangkritischen Hörbilder Sprache und Musik „hell/grell“, „blechern“ und „dröhnend“ klingen. Die Gesamtqualität vor allem des Sprachhörbilds ist niedrig. Auch nach der Lautheitsoptimierung bleiben die Klangfehler tendenziell bestehen. Sie lassen sich jedoch durch Verstärkungskorrekturen bei Darbietung des Musikhörbildes korrigieren. Daß die Anpassung immer noch nicht optimal ist, ist an den geringfügigen Ausprägungen von „blechern“ und „dröhnend“ in Phase 3 (vordere Reihen) zu sehen.

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

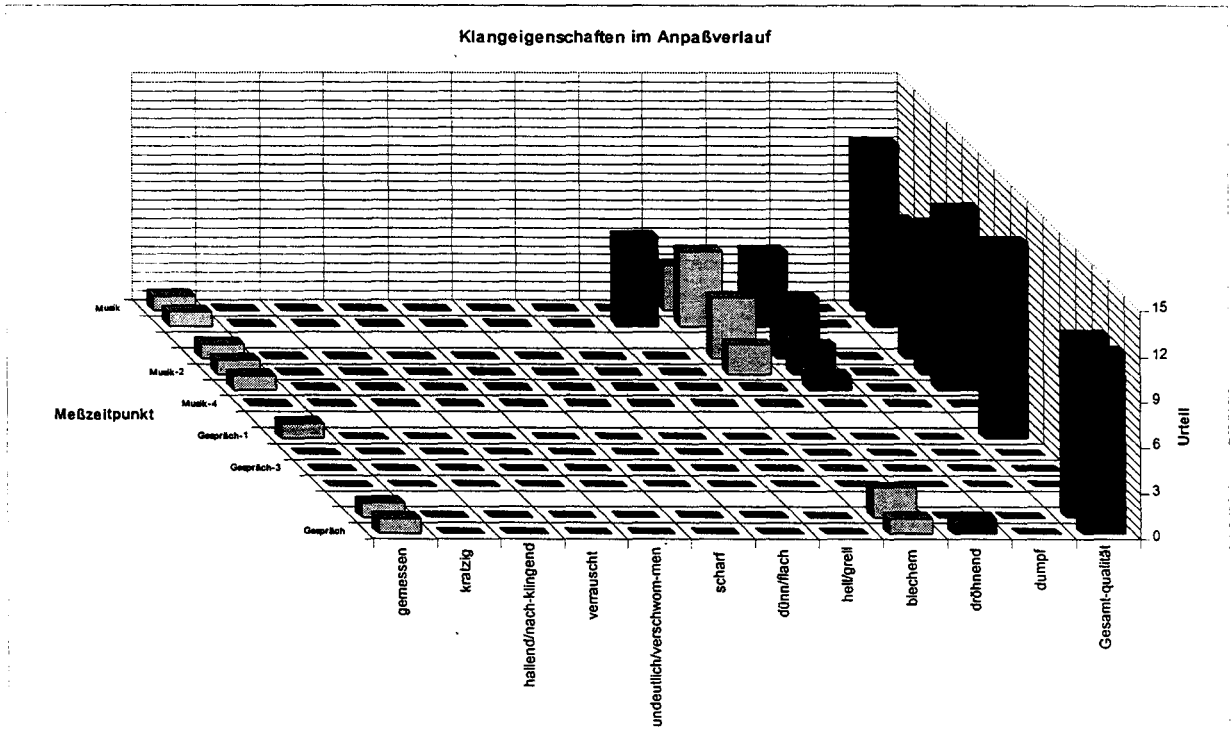


Abbildung 8-15: Individueller Verlauf der Klangfehlereinstufungen über die Phase 2. Abszisse: Klangeigenschaften, Klangqualität. Ordinate Ausprägungseinstufung (die fünfzehnstufige Qualitätsskala ist gleich angetragen wie die nur 7stufige Ausprägungsskala für die Klangfehler). Z-Achse: Zeit bzw. Folge der Hörbilder; die Zeit verläuft von hinten nach vorne; die hintersten beiden Reihen stellen die Klangbeschreibungen der Phase 1 dar (je einmal Musik und Gespräch), die vordersten beiden Reihen die entsprechenden Einstufungen der Phase 3. Die dazwischen liegenden zweimal vier Reihen zeigen die Einstufungen während der Parameteroptimierung (Phase 2). Die Abszissenvariable „gemessen“ gibt an, ob ein Einstufungsdurchgang nötig war oder nicht (Musik: drei Durchgänge; Gespräch: ein Durchgang).

Wie für die Lautheit lassen sich auch für die eingestufteten Klangfehler Phase 3 und Phase 1 vergleichen. Ein Ausschnitt aus dem Brandenburgischen Konzert und ein Gespräch in Ruhe dienten als Hörbilder zur Klangoptimierung, kamen aber auch in Phase 1 und 3 als Kriterium vor. Da die Klangeigenschaften Klangfehler darstellten, die zu minimieren waren, läßt sich ein Klanggüteindex als Mittel der von 0 verschiedenen Einstufungen eines Hörbilds über alle zehn Klangdimensionen definieren. Sofern keine von 0 verschiedene Einstufung vorliegt, wird der Index auf 0 gesetzt. In diesem Fall ist die Übertragung ohne Klangfehler. Dieser Index hat gegenüber dem reinen Mittelwert der Einstufungen den Vorteil, daß er vorhandene Klangfehler betont.

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

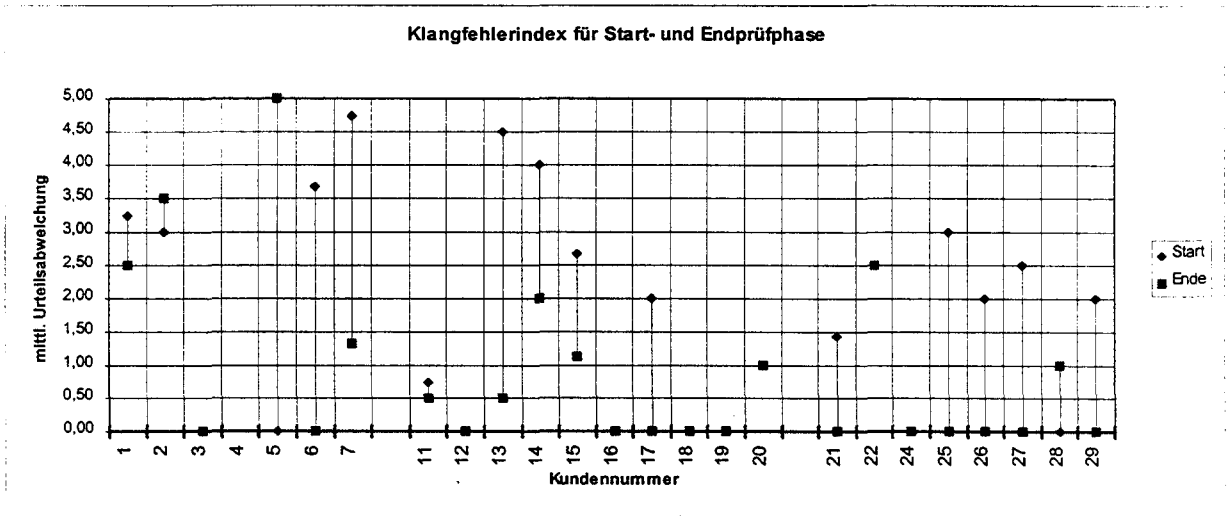


Abbildung 8-16: Über die beiden klangskalierten Hörbilder und die zehn Klangeigenschaften gemittelte Ausprägungseinstufung der Klangeigenschaften für Phase 1 und Phase 3 je Proband. Alle Probanden sind dargestellt.

Abbildung 8-16 zeigt für alle Probanden den über die beiden Hörbilder und die zehn Klangeigenschaften gebildeten Klangfehlerindex. Mit wenigen Ausnahmen liegt der Fehlerindex in Phase 3 niedriger als in Phase 1. Die Lautheits- und Klangoptimierung der zweiten Phase führt demnach in aller Regel zu niedrigeren Klangfehlereinstufungen in Phase 3. Diese Aussage müsste in einer künftigen Untersuchung durch eine Kontrollgruppe abgesichert werden.

In **Tabelle 8-8** zeigt das Ergebnis einer lediglich ordinalen Auswertung der Klangfehlerbeschreibungen. Die Verteilung der individuell genannten Fehler in Phase 1 und in Phase 3 sind aufgeführt. Der Teil der Matrix oberhalb der Hauptdiagonalen zeigt insgesamt elf Probanden, die in Phase 3 weniger Klangfehler nannten als in Phase 1. Unterhalb finden sich die Probanden, die mehr Fehler zu Protokoll geben. Es sind lediglich vier von 25. Zehn Probanden nennen vor und nach der Optimierung gleich viele Klangfehler.

	Startphase					
Endphase	keine	eine	zwei	drei	vier	fünf
keine	6	2	2	1	1	1
eine	2	1	2	1		
zwei			3	1		
drei						
vier			1	1		
fünf						

Tabelle 8-8: Kontingenztabelle: Häufigkeit von Fehlerennungen in Phase 1 und Phase 3. Spalten: Fehlerennungen in Phase 1; Zeilen: Fehlerennungen in Phase 3.

Feldphase: Hörgeräteanpassung mit dem Hörbildverfahren

8.3.2.4 Veränderung der Sprachverständlichkeit

Abbildung 8-17 zeigt die kollektiven Veränderungen der beiden sprachverständnisbezogenen Dimensionen Sprachverständlichkeit und Anstrengung beim Verstehen. Im unteren Teil der Grafik sind die kollektiven Einstufungsdifferenzen zwischen Phase 1 und 3 für die drei Hörbilder dargestellt (Gespräch im leisen Großraumbüro, im mittellauten Auto und in der lauten Straßenbahn. Der Verständlichkeitsgewinn ist im Großraumbüro minimal, da bereits in Phase 1 sehr hohe Verständlichkeiten erzielt wurden. Sie sind in der Straßenbahn ebenfalls minimal, da ein für Schwerhörige äußerst ungünstiger Signalrauschabstand vorlag. Deutliche Zunahmen findet man beim Gespräch im Auto, einer mäßig schwierigen Hörsituation. Die Anstrengung nimmt in der leichten und mäßig schweren Hörsituation ab. Keine Änderung findet sich für die Dialoge in der Straßenbahn.

In der oberen Hälfte der Grafik sind die Veränderungen der beiden Sprachdimensionen als Anteil des Spielraums aufgetragen, der jeweils auf der Dimension für Verbesserungen zur Verfügung stand (Verständlichkeitszunahme bis vollkommen verständlich, Anstrengungsabnahme auf 0). Den deutlichsten Zuwachs zeigt das mäßig schwer zu verstehende Gespräch im Auto.

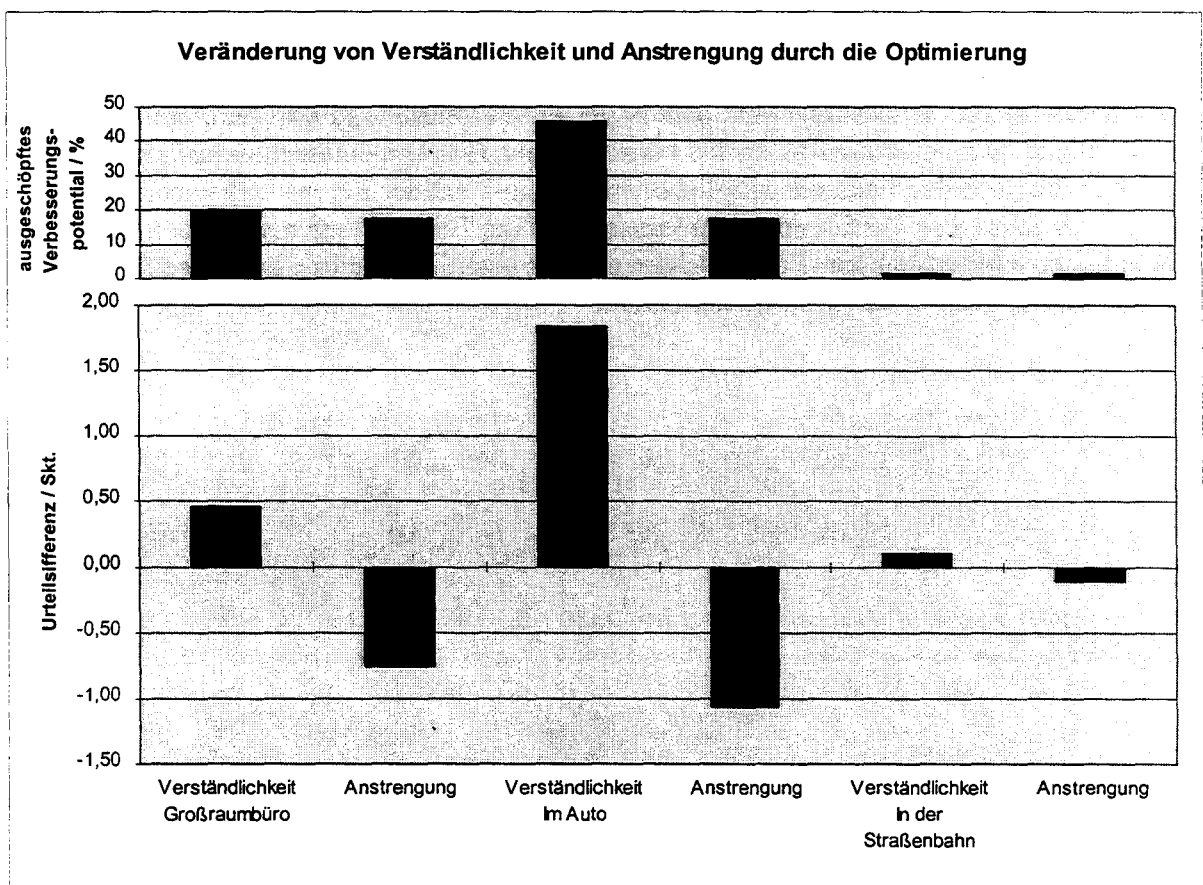


Abbildung 8-17: Mittlere Veränderung der Sprachverständlichkeitsmaße zwischen Phase 1 und 3. n=15 (ohne Vpn 11 bis 20). Urteilsdifferenz Phase 3 minus Phase 1 für Sprachverständlichkeit und Anstrengung beim Verstehen im unteren Teil der Grafik. Oben: Kollektive Veränderung als Prozentsatz des noch zur Verfügung stehenden Änderungsspielraums.

8.4 Diskussion und Bewertung des Verfahrensansatzes

Die Erfahrungen und Ergebnisse zum Pilot-Verfahren zeigen:

1. Intensive Schulung und intensives Training des Versuchsleiters bzw. des Akustikers ist notwendig, damit in allen Phasen des Verfahrens die richtigen Entscheidungen getroffen werden.
2. Die Probanden sind mit der Vielzahl von Eigenschaftsskalen und Hörbildern nicht überfordert. Wird die Aufgabe jeweils unmittelbar vor der Durchführung instruiert, so läßt sich das Verfahren ohne große Anstrengung für die Probanden durchführen.
3. Die Ergebnisse zeigen, daß die Kombination aus Lautheits- und Klangeigenschaftsoptimierung durch entsprechende Parameterjustierung einen Verfahrensansatz darstellt, der bei einem einerseits relativ komplexen, andererseits flexibel einstellbaren Hörgerät zu konvergierenden Einstellungen führt. Die Prüfphasen zeigten, daß das Hörgerät am Ende des Feinanpassungsprozesses schädigungsadäquater eingestellt war als zu Beginn. Diese Behauptung müßte allerdings durch die Untersuchung einer Kontrollgruppe überprüft werden.
4. Die gleiche Einschränkung gilt für den Befund, daß die Sprachverständlichkeit nach der Parameteroptimierung in der Regel erhöht, die Anstrengung beim Verstehen gesenkt war. Sollte sich dieser Befund bewähren, so würde der Verfahrensansatz dadurch eine deutliche Validierung erfahren.

Die Ergebnisse und Erfahrungen mit dem in der Praxis getesteten Pilot-Verfahren sind erfolgversprechend. Der Ansatz sollte für die verschiedenen Hörgeräteklassen modifiziert werden. Weiter sollte nach den Faktoren möglichst präziser und valider Eigenschaftseinstufungen gesucht werden, um das Verfahren zu verbessern. Mit der Entwicklung neuer, noch flexibler einstellbaren Hörgeräte könnte das Verfahren einen wichtigen Beitrag zu Hörgeräteanpassungen mit hohem rehabilitativem Nutzen führen.

9 Zusammenfassung

Das Gesundheitsforschungsprogramm der Bundesregierung besteht seit 1978. Im laufenden Programm „Gesundheitsforschung 2000“ sollen die folgenden Ziele verwirklicht werden:

- Prävention und Gesundheitsvorsorge verbessern,
- Ursachen und wirksame Behandlungsmöglichkeiten von Krankheiten ergründen sowie
- ein leistungsfähiges, finanzierbares Gesundheitswesen fortentwickeln.

Zur Verwirklichung dieser Ziele besteht das Förderprogramm aus drei Hauptbereichen:

1. Themenübergreifende Forschung
2. Gesundheitswesen und Gesundheitsvorsorge
3. Krankheitsbekämpfung

Im Programmbereich 2 werden gezielt Projekte mit dem Schwerpunkten

- Lebensweise, Ernährung und Umwelt
- Vorsorge für gesundheitlich gefährdete Bevölkerungsgruppen und
- Leistungsfähigkeit, Qualität und Wirtschaftlichkeit des Gesundheitswesens

gefördert.

Ein wichtiger Unterpunkt der Vorsorgeproblematik sind „Technische Hilfen für Sinnesbehinderte“. Seit 1989 wurde ein neuer Akzent auf die Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zu „Hilfen für Hörgeschädigte“ gesetzt. Hörstörungen unterschiedlichsten Schweregrades treten bei mehr als 10% der Bevölkerung auf. Insbesondere sind psychische und soziale Folgen sehr einschneidend.

Zur Verbesserung der Behandlungs- und Versorgungsmöglichkeiten sind erhebliche Anstrengungen in den Bereichen Psychologie, Pathologie, Diagnostik, Therapie und Rehabilitation erforderlich. Ein Förderschwerpunkt ist die Verbesserung der Therapie durch technische Hörhilfen sowie die Weiterentwicklung von Therapieverfahren. Besonderes Augenmerk wird dabei auf multidisziplinäre Zusammenarbeit zwischen naturwissenschaftliche und sozialwissenschaftlichen Arbeitsgruppen, sowie die Einbindung kleinerer Industrieunternehmen gerichtet, um die Kooperation im Rehabilitationsbereich zu forcieren.

Im Rahmen des Forschungsprojektes Hörbildverfahren sollte die vorhandene Verfahrensbatte zur Hörgeräteanpassung durch ein alltagsnahes Prüf- und Optimierungsverfahren ergänzt werden. Damit wird eine ökonomische und effektive Gestaltung des Anpaßprozesses möglich. Ausgehend von der differenzierten Diagnostik mit der Hörfeld- und Sprachaudiometrie sollte über die Entwicklung von Anpaßkonzepten eine Starteinstellung verschiedener Hörgerätetypen ermöglicht werden, die bereits nahe am erreichbaren Optimum liegt. Ausgehend vom Material des Verfahrens A-life (Geers Hörakustik) und den damit gewonnenen Erfahrungen waren für die Überprüfung und Optimierung der Hörgeräteanpassung Verfahrenskriterien zu entwickeln, bei denen der Patient die Hörgeräteübertragungsgüte in alltagsnahen Hörsituationen auf verschiedenen Dimensionen beurteilt. Der Vorteil dieser Methodik liegt in seiner unmittelbar gegebenen Validität (Hörbilder) und der damit verbundenen Akzeptanz des Anpaßprozesses auf seiten des Schwerhörigen. Die Gestaltung und Zusammenstellung der Hör-

Zusammenfassung

bilder muß in enger Abstimmung mit der Entwicklung psychologischer Skalen und Durchführungsmethoden erfolgen, um eine reliable standardisierte Beurteilung durch die Patienten zu erreichen. Damit läßt sich der weitere Anpaßprozeß ohne größeren Zeitaufwand allein mit diesem Verfahren leisten.

Das Hörbildkonzept ist so angelegt, daß relevante Hörleistungsdefizite unabhängig von Hörgerätetechnologien ermittelt werden können. Für die Hörgeräteanpassung muß allerdings der Bezug zur gewählten Hörgerätetechnologie hergestellt werden. Diskrepanzen zwischen audiometrisch ermittelter notwendiger Korrektur und individuell akzeptierter Korrektur können festgestellt und berücksichtigt werden. Ergebniszusammenstellung.

9.1 Aufnahmetechnik, Darbietung und Signalanalyse

Eine wesentliche Grundlage des Hörbildverfahrens ist die Verwendung natürlicher Klangbilder zur Optimierung von Hörgeräten. Dabei wird vorausgesetzt, daß die unter Laborbedingungen wiedergegebenen Aufnahmen der akustischen Originalsituation sowohl in physikalischer als auch phänomenaler Hinsicht möglichst nahe kommen. Durch die Verwendung linearer Aufnahme- und Wiedergabetechnik und mit einer entsprechenden Kalibriervorschrift läßt sich die weitestgehende Übereinstimmung von Original und Reproduktion eines Schallereignisses in Bezug auf meßtechnische Parameter sicherstellen.

Die Konformität zwischen Original und Reproduktion hinsichtlich der Wahrnehmung des Schallsignals bezieht sich in erster Linie auf die Höreindrucksattribute (Lautheit, Klangfarbe). Einen räumlichen Klangeindruck erreicht man mit minimalem Aufwand bei der Stereophonie bereits mit einer aus zwei Lautsprechern bestehenden Anordnung. Allerdings ist dabei das Areal ortbarer Schallquellen auf den Bereich zwischen beiden Wiedergabelautsprechern eingeschränkt. Dies ist dann zulässig, wenn sich in der Aufnahmesituation alle wesentlichen Schallquellen innerhalb des Aufnahmewinkels des Mikrofons befinden, wie dies bei Bühnendarbietungen von Musik und Theateraufführungen der Fall ist.

Die Mitte-/Seite-Stereophonie besitzt neben der einfachen Realisierbarkeit verschiedener Wiedergabemodi auch andere Vorzüge, die im Rahmen des Projektes zum Tragen kommen. So steht mit der Aufnahme des Mittenkanals direkt ein Signal zur Verfügung, das mit rechnergestützten Analyseverfahren ausgewertet werden kann.

Die Aufnahme von Klangbildern mit Sprachmaterial unterliegt besonderen Kriterien. Wesentlich ist zum Beispiel der Dialektgehalt und die Natürlichkeit der Sprache. Qualitativ gute Aufnahmen sind deshalb nur mit geschulten Sprechern zu produzieren. Die Texte wurden von zwei professionellen Sprechern (männlich und weiblich) gesprochen, wobei der Sprecher bzw. die Sprecherin jeweils das Hintergrundgeräusch, die Stimme des Dialogpartners sowie die eigene Stimme über Kopfhörer wahrnehmen konnten. Zusätzlich beurteilten fünf Personen außerhalb des Aufnahmeraumes die vorläufige Mischung aus Hintergrund- und Sprachsignal hinsichtlich der Natürlichkeit.

Die Software des Harddisk-Recording-Systems TripleDAT erlaubte die Generierung einer Raumimpulsantwort nach Vorgabe raumakustischer Parameter. Mit den auf die jeweilige Aufnahmesituation zugeschnittenen Raumimpulsantworten wurden bei der Nachbearbeitung den Sprachsignalen Hallanteile hinzugefügt. Die Berechnung der Faltung von trockenem Sprachsignal und der Raumimpulsantwort ergibt das verhallte Sprachsignal. In einem weite-

Zusammenfassung

ren Nachbearbeitungsschritt wurde dieses Signal dem Mittenkanal des Störgeräusches hinzugefügt. Die Sprecher sind bei monofoner und stereofoner Wiedergabe folglich stets von vorn wahrnehmbar. Die Sprachaufnahmen können somit völlig gleichwertig zur Hörgeräteanpassung auf dem linken oder dem rechten Ohr eingesetzt werden.

Digital aufgezeichnete Audiosignale lassen sich mit den Möglichkeiten der Computertechnik sehr vielfältig verarbeiten. Innerhalb des Projektes wurde beispielsweise die notwendige Aufbereitung der Aufnahmen, d.h. Extrahieren des gewünschten Ausschnittes mit Ein- und Ausblendphase, computergestützt durchgeführt. Die Audiosignale wurden mit dem bereits erwähnten Harddisk-Recording-System TripleDAT in den Rechner übernommen und vorrangig mit der dazugehörigen Software bearbeitet. Jedoch ist das Datenformat der von der Software generierten Sounddateien bekannt, so daß damit die Anwendung im Umfang der Software nicht enthaltener Signalverarbeitungstechniken möglich wird.

Signalanalytische Daten zu den natürlichen Klangbildern stellen die Grundlage für die Auswahl geeigneter Repräsentanten für die Hörversuche dar. Zusätzlich sollen durch die Signalanalyse geeignete Ansatzpunkte für die Parameteroptimierung am Hörgerät gefunden werden. Für beide Zielstellungen kommt in Hinblick auf das Recruitmentphänomen bei cochleären Hörstörungen und dessen Kompensation durch Kompressionssysteme der Erfassung der Signaldynamik eine besondere Bedeutung zu. Die einzelnen Hörsituationen waren deshalb nach den drei Dimensionen Amplituden-, Frequenz- und Zeitverhalten zu analysieren.

Die Signale werden in der ersten Stufe mit einer Filterbank in frequenzgruppenbreite Spektralbereiche zerlegt. In den einzelnen Frequenzkanälen wurde der zeitliche Verlauf der Schallintensität über das äquivalente Maß des Kurzzeiteffektivwertes ermittelt. Anhand der Häufigkeitsverteilungsdichte des Kurzzeiteffektivwertes lassen sich Aussagen zur Signaldynamik ableiten. Die Verwendung des Kurzzeiteffektivwertes bietet den Vorteil, daß ohne eine erneute Filterbankanalyse Ergebnisse zusammengefaßter Frequenzbereiche gewonnen werden können. Der zeitliche Verlauf des Kurzzeiteffektivwertes wurde als Datenfile gesichert, das die Basis für die Anzeige in verschiedenen Darstellungsmodi bildet. Das speziell für diesen Zweck entwickelte Softwaretool ermöglicht die interaktive Selektion von interessierenden Zeitausschnitten sowie die Berechnung statistischer Kenngrößen.

9.2 Darbietungsmethodik

Erste Untersuchungen haben gezeigt, daß zusätzliche visuelle Informationen über die Entfernung der Schallquelle in den meisten Fällen einen merklichen Effekt auf die Urteilsstabilität haben. Stimmen visuell vermittelte Schallquellenentfernung und auditiv vermittelte Hörereignisentfernung überein, werden die Urteilsstreuungen deutlich reduziert. Stimmen beide Informationen nicht überein, werden die Urteilsstreuungen erhöht. Die Erfassung der nur aufgrund der Bildinformation erwarteten Lautheit des Klangbilds (ohne Geräuschdarbietung!) hat gezeigt, daß die Bildinformation selbst keinen Einfluß auf das Niveau der mittleren Lautheitsurteile ausübt, sondern lediglich die Urteilsstreuung reduziert. Es konnte bisher nicht ermittelt werden, welche Parameter dafür verantwortlich sind, daß die Stabilisierung eintritt oder ausbleibt, bzw. welche Stärke die Stabilisierung entfaltet.

Die Replikation der Untersuchung mit Fotos anstelle der Diaprojektion konnten die urteilsstabilisierende Wirkung der visuellen Entfernungsinformation nicht replizieren. Der entschei-

Zusammenfassung

dende Grund dafür ist die darbietungsbedingte, geringe Aufmerksamkeit, die die Probanden in dieser Untersuchung auf die Bildinformation richteten. Alle Probanden haben während der Klangbilddarbietung wechselweise ihre Aufmerksamkeit auf die Bilder oder das Klangbild gerichtet.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die visuelle Information über die Schallquellenentfernung dann sinnvoll ist, wenn sie gut mit der Hörereignisentfernung übereinstimmt. In diesen Fällen kann mit einer Stabilisierung zumindest der Lautheitsurteile rechnen und auf jeden Fall sicher sein, daß keine Verschlechterung der Ergebnisse bewirkt wird. Die Präsentation der Bilder muß jedoch so erfolgen, daß sie räumlich mit dem Aufmerksamkeitsfokus der Probanden für die akustische Wiedergabe übereinstimmt. Die Bilder müssen außerdem eine Größe haben, die es den Probanden erlaubt, die räumlichen Verhältnisse der Klangbildsituation unmittelbar zu erfassen.

9.3 Explorationsuntersuchung Klangqualität

Die Ergebnisse der Explorationsuntersuchung haben gezeigt, daß die von anderen Autoren ermittelten Grunddimensionen der Klangqualität prinzipiell geeignet sind, um breitbandige Veränderungen des Frequenzgangs erfassen zu können. Für eine Beurteilung der Übertragungsqualität moderner Hörgeräte fehlen jedoch Dimensionen zur Beschreibung der Pegeldynamik und hörbildangepasste Dimensionskataloge.

Die Verwendung einer Distanzskala zur Beschreibung der Abweichung vom individuellen Klangoptimum hat zu einer gegenüber der absoluten Skalierung deutlich erhöhten Streuung geführt. Aus diesem Grund ist eine absolute Skalierung bei gleichzeitiger Abfrage der Gesamtqualität vorzuziehen.

Eine relativ hohe Interkorrelation der Beschreibungsdimensionen und der Effekt, daß gleichzeitige, unterschiedliche Pegelveränderungen in verschiedenen Frequenzbereichen unterschiedlichste Auswirkungen haben, läßt für Urteile auf einzelnen Dimensionen keinen eindeutigen Rückschluß auf den vorliegenden Frequenzgang zu. Dieser ist nur über ein umfangreicheres Eigenschaftsprofil möglich. Es wird immer mindestens das Profil aus Lautheit, Schärfe, Volumen und Gesamtqualität benötigt.

Mit Hilfe einer Clusteranalyse der Probandenurteile für jede Dimension konnte die Ähnlichkeit des Urteilsverhaltens der Probanden ermittelt werden. Die höchsten Ähnlichkeitskoeffizienten und damit ein gleiches Urteilsverhalten wurden für die Dimension *Lautheit* festgestellt. Die weiteren Dimensionen sind in absteigender Ähnlichkeitsrangreihe *Helligkeit*, *Volumen*, *Schärfe* und *Gesamtqualität*. Die *Klarheit* zeigt mit großem Abstand zu den anderen Dimensionen die geringste Homogenität des Urteilsverhaltens.

9.4 Exploration Sprachklangbilder

Das wichtigste Ergebnis der Voruntersuchung ist die wesentliche Verbesserung der Verständlichkeit bei wiederholter Darbietung. Sobald ein Großteil des Textinhalts verstanden wurde, kann der bekannte Teil dazu genutzt werden, auch die noch unverständlichen Teile zu entschlüsseln und bei schlechteren auditiven Repräsentationen das Verständnis aufrechtzuerhalten.

Zusammenfassung

ten. Muß mit einem eingeschränkten Set gut bekannter Redepassagen gearbeitet werden, können die Probleme mit einer entsprechenden Normierung zwar teilweise umgangen werden. Das Verfahren verliert damit aber die Validität für die alltägliche Kommunikation mit vorher nicht bekannten Inhalten, wie sie vor allem bei Gesprächen mit Fremden, Vorträgen, Radio-sendungen etc. gegeben ist.

Die Explorationsuntersuchung hat gezeigt, daß Veränderungen der Übertragungsqualität durch Bandpaßfilterung und Tiefpaßfilterung einen stärkeren Effekt auf die beurteilte Übertragungsgüte (*Gesamtqualität* und *Klarheit/Deutlichkeit*) und die zum Verstehen notwendige Anstrengung haben als auf die Verständlichkeit selbst. Anstrengung und Qualitätsdimensionen erlauben auch eine Differenzierung der Übertragungsgüte im Bereich 100%iger Verständlichkeit. Aus diesem Grund ist es wichtig, zusätzlich zur Befragung der Verständlichkeit auch zu erfassen, wie anstrengend das Verstehen für den Probanden ist. Hierdurch wird zusätzlicher Spielraum für eine Verbesserung der sprachlichen Kommunikation im Alltag geschaffen.

In der Explorationsuntersuchung wurde eine hohe Korrelationen der „gut-schlecht“-Skala mit den Skalen der Übertragungsgüte und der skalierten Anstrengung festgestellt. Da die zum Verstehen notwendige Anstrengung immer parallel befragt werden soll, ist eine Verständlichkeitsskala vorzuziehen, die eine präzisere Aussage über die verstandene Textmenge ermöglicht. Da eine kategorienunterteilte Skala für die Probanden leichter und sicherer zu handhaben ist, wird der „viel-wenig“-Skala der Vorzug vor der Prozentskala gegeben, die eine höhere Präzision suggeriert, als sie tatsächlich liefert. Die hohen Urteilsstreuungen bei der Verständlichkeitsbeurteilung zeigen an, daß die Differenzierungsfähigkeit bei langen Textpassagen nicht besonders hoch ist. Eine weitere Reduzierung der Verständlichkeitsskala auf drei Kategorien mit jeweils 3 Unterteilungen scheint gerechtfertigt.

Die notwendige Ermittlung der Verständlichkeitsfunktionen ist mit dem aufsteigenden Grenzverfahren auch bei längeren Dialogen möglich. Dabei stellt der Proband durch kontinuierliche Pegelerhöhung nacheinander die vorgegebenen Verständlichkeiten 5%, 50%, 95% und (>100%) für einen Dialog her. Es konnte gezeigt werden, daß der Wiederholungseffekt bei diesem Verfahren keine Rolle spielt und die Streuungen ausreichend niedrig sind, um bereits für wenige Probanden (n=12) systematische Unterschiede zwischen den verschiedenen Texten aufzufinden. Aus den Ergebnissen können Dialoge mit gleicher Steigung der Verständlichkeitsfunktion gruppiert und Niveauunterschiede durch Pegelanpassungen ausgeglichen werden.

9.5 Verfahrensentwicklung

Die Dimensionsanalyse hat einen Satz von Höreigenschaften erbracht, die gut geeignet sind um Klangwahrnehmungen zu beschreiben. Die Untersuchungen zur Inventarkategorisierung zeigen, daß daraus Inventare gebildet werden können, anhand derer die Klänge verschiedener Hörbildern mehrdimensional quantifiziert und differenziert werden können. Im gehörhomogenen Kollektiv angewandt ist die Methode für klangpsychophysikalische Fragestellungen geeignet. Die sechsstufige Zwei-Kategorien-Skala der Ausprägung hat sich als ausreichend differenziert erwiesen. Es zeigte sich keine Veränderung der Klangbeschreibungen bei einer moderaten Variation des spektralen Reizkontexts.

Zusammenfassung

Die Kollektivdaten sind kaum beeinträchtigt durch interindividuelle Bedeutungsvarianz der Bezeichnungen oder durch die interindividuell unterschiedlichen Einstufungsniveaus zu Versuchsbeginn. Diese beiden Faktoren sind als kritisch zu betrachten, wenn es um die Eignung der Methode zur individuellen Gehördiagnostik geht.

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß man mit der beschriebenen Inventarkategorisierung Einstellungsmängel entdeckt. Ungeklärt ist, welcher hörgerätetechnische Feinanpassungsgrad sich erreichen läßt. Hierfür muß die Methode weiterentwickelt werden.

Folgende Maßnahmen können die Präzision des Verfahrens erhöhen:

1. Hörbildbezogene Inventare:

Es sollte von Vorteil sein, das Inventar genau auf das zu befragende Hörbild abzustimmen. Die Inventare könnten jeweils einen kleinen Umfang haben, deren Eigenschaften aber einschlägig sind für Klangänderungen eines ganz bestimmten Hörbildes, die durch spezifische Signalmanipulationen entstehen.

2. Dimensionsdemonstration:

Beim Normalhörigen bereitet die Demonstration einer auditiven Dimension anhand einer Steigerungsreihe keine größeren Schwierigkeiten. Es sollte geprüft werden, ob sich auch beim Schwerhörigen eine derartige Demonstration methodisch bewältigen läßt. Es gilt immer sicherzustellen, daß dem Probanden zur Eigenschaftsdemonstration eine gehöradäquate Steigerungsreihe geboten wird. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß eine Steigerungsreihe in der Regel auch eine aktuelle Serie für den Probanden darstellt, die sich zur Ausprägungsorientierung anbietet. Die Diskrepanzen zwischen mnestischer Ausprägungsmannigfaltigkeit und aktueller Serie müssen gering gehalten werden, sofern es nicht auf anderem Weg gelingt, eine Steigerungsreihe nur dimensional, aber nicht "serienstiftend" zu präsentieren.

3. Individuelle Serienorientierung:

Es ist vorstellbar, daß die Mühe, Serienorientierungen zu verhindern, überflüssig ist. Dann nämlich, wenn man darauf verzichtet, die Schwerhörigendaten auf Normen zu beziehen. In diesem Fall könnte eine stabile Orientierung an einer günstig gewählten aktuellen Serie realisiert werden, anhand derer der Proband die Ausprägungsstellen der sukzessive veränderten Hörgeräteinstellungen skaliert. Statt nach der Norm zu fragen, fragt man den gut orientierten Probanden, welches Ausprägungsniveau auf der fraglichen Eigenschaft den angenehmsten Höreindruck bietet.

4. Klangwahrnehmungsadäquate Reizmanipulation bei der HörgeräteEinstellung:

Der Entwicklungsansatz beinhaltet, die Faktoren der Verfahrenspräzision auf der Beschreibungseite zu suchen. Das heißt, wieviel Diskrimination hörgerätetechnischer Signalmanipulationen allein anhand der dimensionalen Strukturiertheit des hörgerätetechnikbezogenen Klangeigenschaftsraums und der quantitativen Auflösung dieser Dimensionen möglich ist. Die Präzision könnte auch dadurch erhöht werden, daß zusätzliche Freiheitsgrade auf der Reizseite genutzt werden. Die Reizseite könnte bei der Hörgeräteanpassung auf zwei Arten im Sinne höherer Verfahrenspräzision eingesetzt werden, entweder über Manipulationen der Hörbildsignale oder über Modifikationen der HörgeräteEinstellung. Der zweite Weg schließt sich bei nichtdigitalen Hörgeräten aufgrund des zu geringen dynamischen und spektralen Spielraums der HörgeräteEinstellungen weitgehend aus.

Zusammenfassung

9.6 Feldstudie

Aus den Ergebnissen der Untersuchungen zur Verfahrensentwicklung wurde ein Pilot-Verfahren zur Hörgeräteanpassung abgeleitet und in einer Felduntersuchung erprobt. In drei hörgeräteakustischen Fachgeschäften der Firma Geers wurde an 25 Kunden eine Hörgerätefein-anpassung anhand der Einstufungen von Klangeigenschaften durchgeführt. Die Probanden wurden in den drei Fachgeschäften anhand der Luftleitungsschwelle so aus dem Kundenstamm ausgewählt, daß im Frequenzbereich bis 1 kHz der Hörverlust zwischen 30 und 50 dB lag, darüber ein Hochtonabfall mit maximal 70 dB Verlust bei 4 kHz. Diese Einschränkungen wurden getroffen, um Probanden zu gewinnen, die einerseits mit dem Resound BT2 versorgbar waren, andererseits keinen seltenen Hörverlust aufwiesen. Über die Knochenleitungshörschwelle wurde kontrolliert, daß die Schwerhörigkeit nicht schalleitungsbedingt war. Weiter wurde darauf geachtet, daß symmetrischer Hörverlust vorlag, die Probanden mindestens 18 Jahre alt und zudem erfahrene Hörgeräteträger waren.

Die Erstanpassungen nach den Hörfeldergebnissen lagen nahe an der endgültigen Einstellung nach der Optimierung mit dem Hörbildverfahren. Die Anzahl berichteter „Klangfehler“ nahm nach der Optimierung deutlich ab, sowohl was die Anzahl der Nennungen betrifft, als auch die Höhe der Urteile. Die Sprachverständlichkeit war nach der Optimierung der Klangqualität besser als vorher, obwohl keine Optimierung in Richtung Verständlichkeit vorgenommen wurde und die Differenz der gemessenen bzw. berechneten Hörfelder für beide Messungen nur sehr gering ausfiel.

Das eingesetzte Verfahren war insgesamt noch zu lang, aber die Probanden waren mit der Vielzahl von Eigenschaftsskalen und Hörbildern nicht überfordert. Wird die Aufgabe jeweils unmittelbar vor der Durchführung instruiert, so läßt sich das Verfahren ohne große Anstrengung für die Probanden durchführen.

Die Ergebnisse zeigen, daß die Kombination aus Lautheits- und Klangeigenschaftsoptimierung durch entsprechende Parameterjustierung einen Verfahrensansatz darstellt, der bei einem einerseits relativ komplexen, andererseits flexibel einstellbaren Hörgerät zu konvergierenden Einstellungen führt. Die Prüfphasen zeigten, daß das Hörgerät am Ende des Fein Anpassungsprozesses schädigungsadäquater eingestellt war als zu Beginn. Diese Behauptung müßte allerdings durch die Untersuchung einer Kontrollgruppe überprüft werden. Die gleiche Einschränkung gilt für den Befund, daß die Sprachverständlichkeit nach der Parameteroptimierung in der Regel erhöht, die Anstrengung beim Verstehen gesenkt war. Sollte sich dieser Befund bewähren, so würde der Verfahrensansatz dadurch eine deutliche Validierung erfahren.

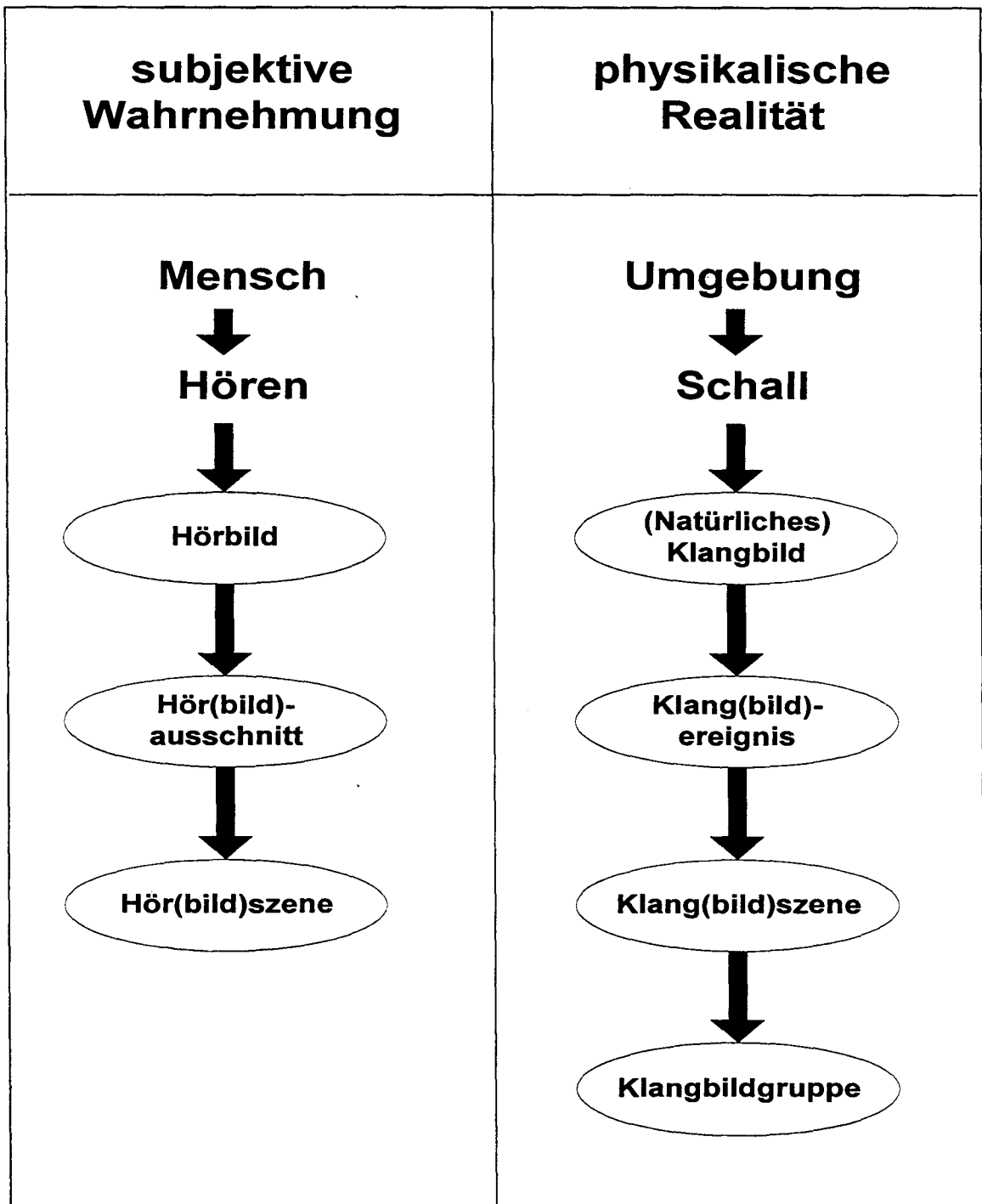
Bis auf die Skala Gesamtqualität bezogen sich die Skalen alle auf negative Aspekte des Hörgeräteklangs. Um eine bessere Prognose der Zufriedenheit mit dem Gerät bzw. der Einstellung machen zu können, sollten deutlich positiv ausgerichtete Dimensionen hinzugenommen werden.

Die Ergebnisse und Erfahrungen mit dem in der Praxis getesteten Pilot-Verfahren sind erfolgversprechend. Der Ansatz sollte für die verschiedenen Hörgeräteklassen modifiziert werden. Weiter sollte nach den Faktoren möglichst präziser und valider Eigenschaftseinstufungen gesucht werden, um das Verfahren zu verbessern. Mit der Entwicklung neuer, noch flexibler einstellbaren Hörgeräte könnte das Verfahren einen wichtigen Beitrag zu Hörgeräteanpassungen mit hohem rehabilitativem Nutzen führen.

Anhang A

Definitionen von Begriffen und Klarstellung von Zusammenhängen für das Projekt „Hörbildverfahren“

Definitionen



Anhang A

Klangbilder

Klangbilder sind physikalische Ereignisse der Hörumgebung. Sie werden mit akustischen Größen und Einheiten beschrieben.

Klangbildgruppen

Eine Klangbildgruppe ist eine Zusammenstellung von einzelnen Klangbildern mit ähnlicher inhaltlicher Bedeutung aus der gesamten Hörumgebung. Innerhalb einer Klangbildgruppe können unterschiedliche physikalische oder psychoakustische Charakteristiken (z.B. leise-mittel-laut, etc) zwischen den einzelnen Klangbildern bestehen. Verschiedene Klangbildgruppen unterscheiden sich in ihrem spezifischen Inhalt.

Hörbilder

Hörbilder sind akustische Ereignisse, die in der Empfindungsebene des Menschen widergespiegelt werden. Die Empfindungen können durch verschiedene Beschreibungen deklariert werden. Es kann dabei ein individueller als auch normierter Bezug vorhanden sein.

Hörbildgruppen

Unter Hörbildgruppen sind klassifizierte Hörbilder zu verstehen, die inhaltlich übereinstimmen. Unter Inhalt ist nicht die akustische Eigenschaft, sondern der beschriebene Lebensraum (z. B. Natur) zu verstehen. Dabei können unterschiedliche psychoakustische Prägungen vorhanden sein.

Hörbild-Klangbild

Zwischen *Klangbildern* und *Hörbildern* besteht ein eindeutiger Zusammenhang. Ein akustisches Ereignis ist sowohl *Hörbild* als auch *Klangbild*. Bei einer physikalischen Beschreibung eines akustischen Ereignisses ist der Begriff *Klangbild* zu wählen. Wird dieses jedoch einer subjektiven Beurteilung unterzogen, ist der Begriff *Hörbild* zu verwenden.

Hörsituationen

Eine Hörsituation entspricht einem Hörbild.

Hörszenen

Eine Hörscene ist ein aus Hörbildern zusammengesetzter Ablauf mit einem inhaltlich abgestimmten Szenario, welches einen vielfältigen Ausschnitt eines Lebensbereiches wiedergibt (z.B. Vertreterbesuch, Kaffee wird angeboten, Kaffeemaschine läuft während des Gespräches, Telefon läutet zwischendurch,...).

Vorzugshörbereich

Ein Vorzugshörbereich ist ein individuell gewünschter Teil der gesamten Hörumgebung. Durch einen Hörschaden kann der Vorzugshörbereich nicht vollständig erlebt werden. Ein Vorzugshörbereich kann Hörbild- bzw. Klangbildgruppen zugeordnet werden. In Einzelfällen kann ein Vorzugshörbereich einzelnen Klangbildern bzw. Hörbildern entsprechen.

Problemhörbereich

Ein Problemhörbereich stellt eine Extremsituation in der akustischen Umgebung dar (z.B. Warnsignale). Nach gegebener Bewertungsgrundlage kann es sich dabei um ein Hörbild als auch ein Klangbild handeln.

Anhang A

Akustische Parameter

Akustische Parameter sind physikalische Größen. Diese physikalischen Größen gestatten die Beschreibung eines akustischen Signals im Frequenz-, Pegel-, und Zeitbereich. Die Einheiten der Größen entsprechen der SI-Norm.

Akustische Kriterien

Akustische Kriterien sind Beurteilungsgrößen bzgl. eines Untersuchungsobjektes zur Bestimmung physikalischer Parameter oder Zusammenhänge (z.B. SPL, Spektren, Hüllkurven).

Psychoakustische Parameter

Psychoakustische Parameter sind Bewertungsdimensionen zur Beschreibung von Höreindrücken (Hördimensionen). Die Beschreibung mit Bewertungsdimensionen erfolgt vorrangig auf der Grundlage einer Kategorialunterteilung (KU). Die Anzahl der KU-Stufen ist nicht homogen. Zwischen diesen Dimensionen und akustischen Kriterien können Korrelationen hergeleitet werden (z.B. Lautheit).

Psychoakustische Kriterien

Psychoakustische Kriterien sind Beurteilungsgrößen bzgl. eines Untersuchungsobjektes zur Bestimmung psychologisch-physikalischer Zusammenhänge (z.B. Lautstärke, Tonheit, Lautheit, u.a.).

Hörgeräteparameter

Hörgeräteparameter sind alle externen Einstellmöglichkeiten eines Hörgerätes zur Veränderung der akustischen Übertragungseigenschaften. Die Beschreibung der Hörgeräteparameter ist in einem internationalen Meßstandard festgelegt. Dabei ist besonders der Einstellbereich eines jeden Parameters bedeutsam.

Hörgerätespezifische Kriterien

Hörgerätespezifische Kriterien sind Beurteilungsgrößen zur Beschreibung der Wirkungsweise einzelner Hörgeräteparameter bzw. deren Wechselwirkung (Daten nach IEC 118).

Hörgeräteleistungsbereich

Ein Hörgeräteleistungsbereich ist eine technische Angabe und beschreibt die Variationsbreite der akustischen Ausgangsleistung eines Hörgerätes.

Kritische Alltagssituationen

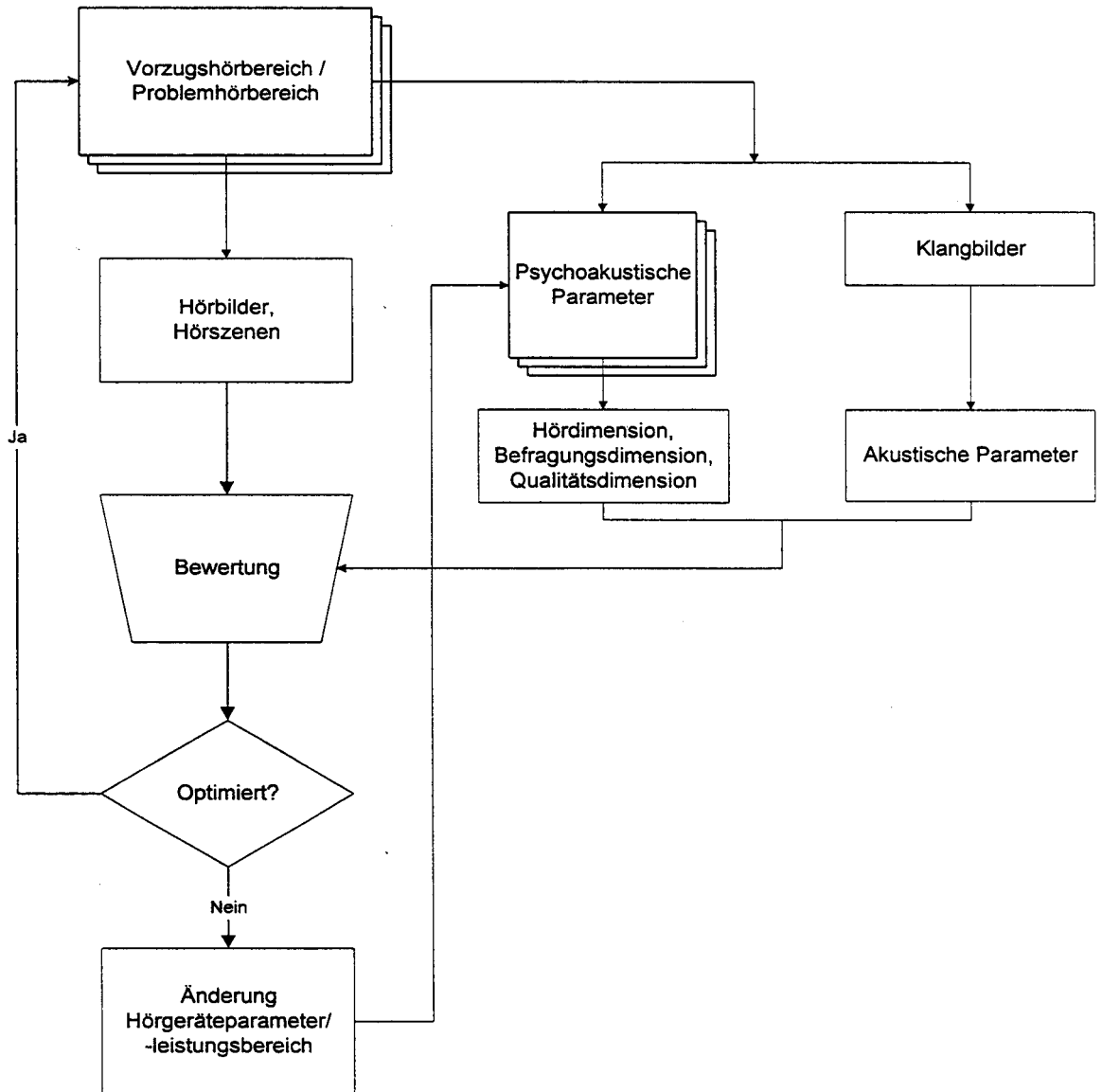
Der Begriff „Kritische Alltagssituation“ entspricht dem Problemhörbereich und sollte als dieser benannt werden.

Qualitätsdimensionen

Eine Qualitätsdimension ist inhaltlich übereinstimmend mit einer Hördimension.

Anhang A

Zusammenhänge



Anhang B

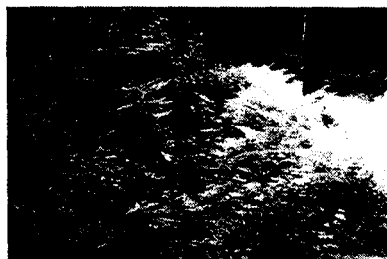
Aufstellung der Diapositive / Fotos und Klangbildaufnahmen



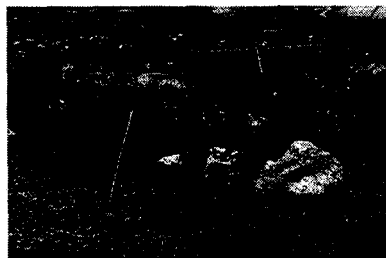
leichter Regen



Papier schneiden



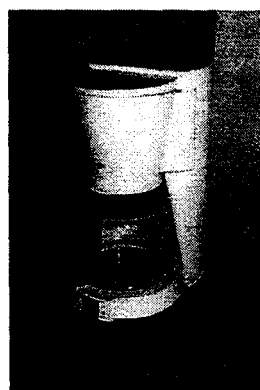
plätschernder Bach



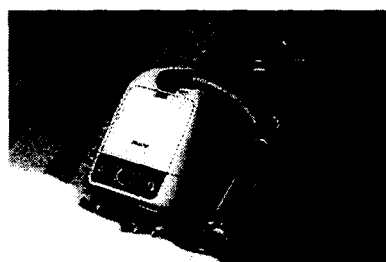
blökende Schafe



Zeitung umblättern



Kaffeemaschine



Staubsaugen (Teppich/Parkett)



Fernsehen



Froschkonzert



Dunstabzugshaube

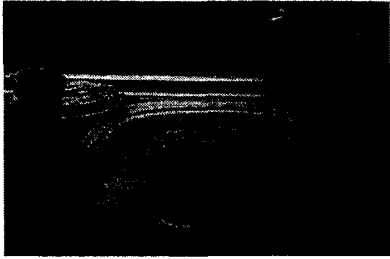


pfeifender Dampfkessel



Zeitung zerknüllen

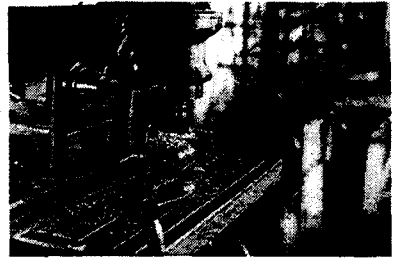
Anhang B



Geschirr spülen



Waschmaschine (Schleudern)



Fräsmaschine im Leerlauf



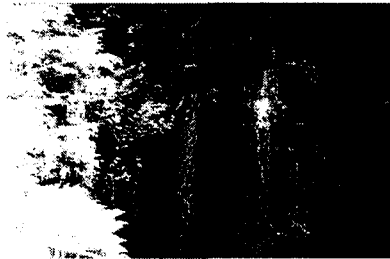
Töpfe einräumen



Geschirr einräumen



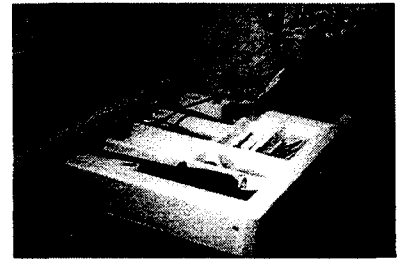
Drehbank im Leerlauf



rauschender Wasserfall



Durchsage am Bahnsteig



Besteck einräumen



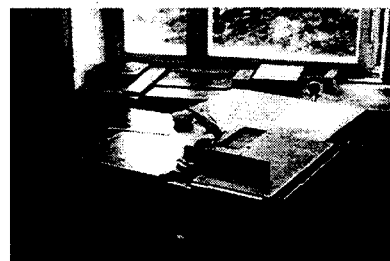
stark befahrene Straße



Zug fährt vorbei



Fußballstadionatmosphäre



Kreissäge im Leerlauf

Anhang B

Klangbildgruppe: Arbeitsbereich				
Index	Startzeit [h:min:s]	Situation	Abstand [m]	Zeit [min:s]
01	0:00:04	Weißes Rauschen 80 dB	-, -	0:31
02	0:00:38	Rosa Rauschen 80 dB	-, -	0:45
03	0:01:27	CCITT Sprachsimulierendes Rauschen	-, -	0:38
04	0:02:09	Fräsmaschine	0,8	0:32
05	0:02:45	Drehbank	1,0	0:34
06	0:03:22	Kreissäge V1	1,2	0:44
07	0:04:10	Kreissäge V2	1,2	0:31
08	0:04:45	Nadeldrucker V1	0,8	0:52
09	0:05:40	Nadeldrucker V2	0,8	0:34
10	0:06:18	Schreibmaschine V1 (mechanisch)	0,8	0:42
11	0:07:03	Schreibmaschine V2 (elektrisch)	0,8	1:03
12	0:08:10	PC-Tastatur	1,2	0:48
13	0:09:02	Baustelle V1	-, -	1:09
14	0:10:14	Baustelle V2	-, -	1:14
15	0:11:33	Elektromeißel	2,5	0:43
16	0:12:19	Supermarkt (an der Kasse) V1	1,0	2:08
17	0:14:30	Supermarkt (an der Kasse) V2	1,0	1:28
18	0:16:02	Supermarkt (an der Kasse) V3	1,0	1:18
19	0:17:23	Großraumbüro V1	-, -	1:18
20	0:18:45	Großraumbüro V2	-, -	1:16
21	0:20:04	Fabrikhalle V1	-, -	1:17
22	0:21:25	Fabrikhalle V2	-, -	1:18

Anhang B

Klangbildgruppe: Freizeit und Kultur				
Index	Startzeit [h:min:s]	Situation	Abstand [m]	Zeit [min:s]
01	0:00:04	Weißes Rauschen 80 dB	-,-	0:31
02	0:00:38	Rosa Rauschen 80 dB	-,-	0:45
03	0:01:27	CCITT Sprachsimulierendes Rauschen	-,-	0:38
04	0:02:08	Volksfest V1	2,5	0:52
05	0:03:04	Volksfest V2	2,5	0:39
06	0:03:47	Volksfest V3	2,5	0:55
07	0:04:46	Volksfest V4	2,5	3:38
08	0:08:28	Freibad	-,-	1:14
09	0:09:46	Retsuarant	-,-	1:16
10	0:11:07	Mensa	-,-	2:02
11	0:13:12	Bierzelt	-,-	0:57
12	0:14:13	Feuerwerk V1	-,-	1:13
13	0:15:30	Feuerwerk V2	-,-	0:25
14	0:15:59	Feuerwerk V3	-,-	0:59
15	0:17:02	Vortrag V1	-,-	0:58
16	0:18:04	Vortrag V2	-,-	0:25
17	0:18:33	Kinder V1	-,-	1:06
18	0:19:43	Kinder V2	-,-	0:30
19	0:20:43	Kinder V3	-,-	0:31

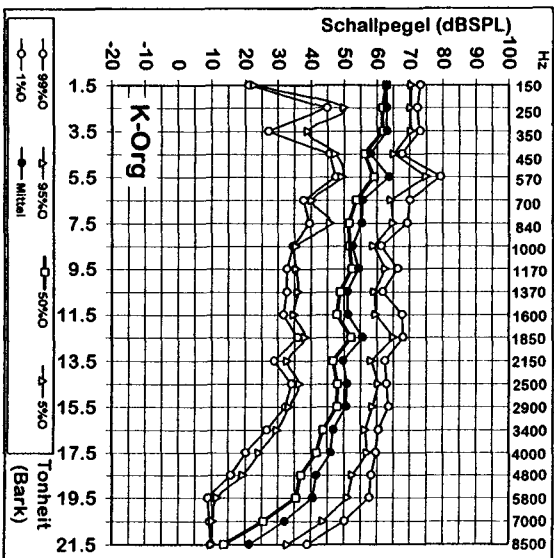
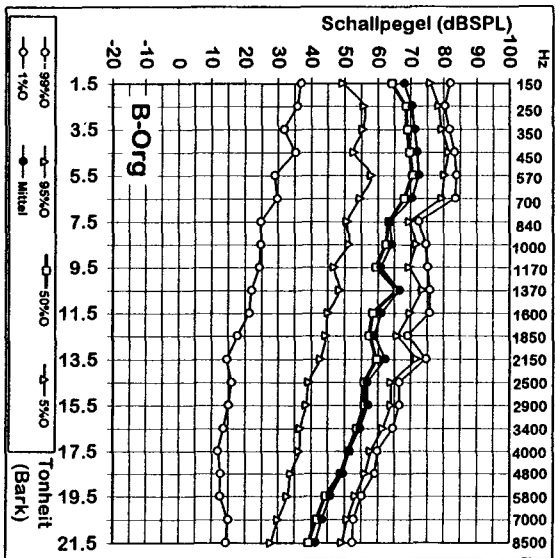
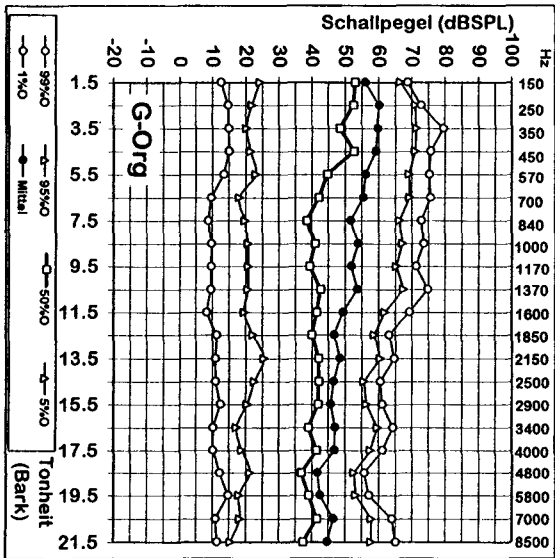
Anhang B

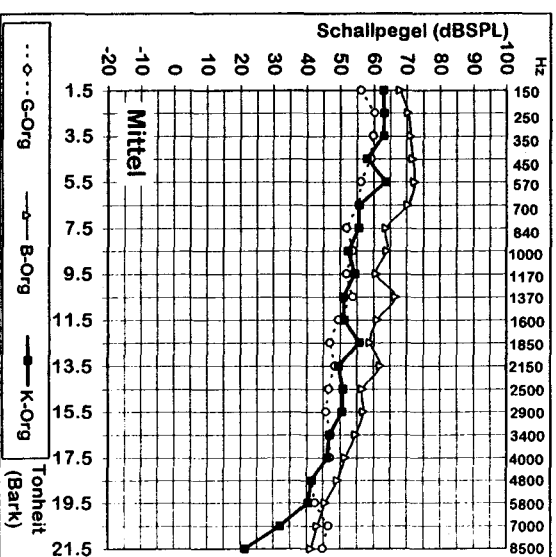
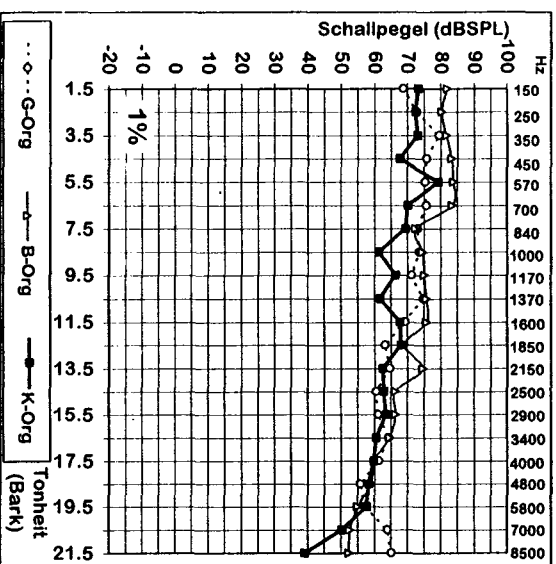
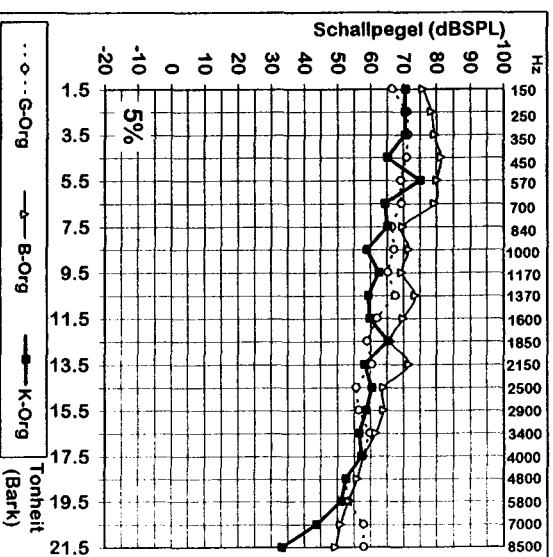
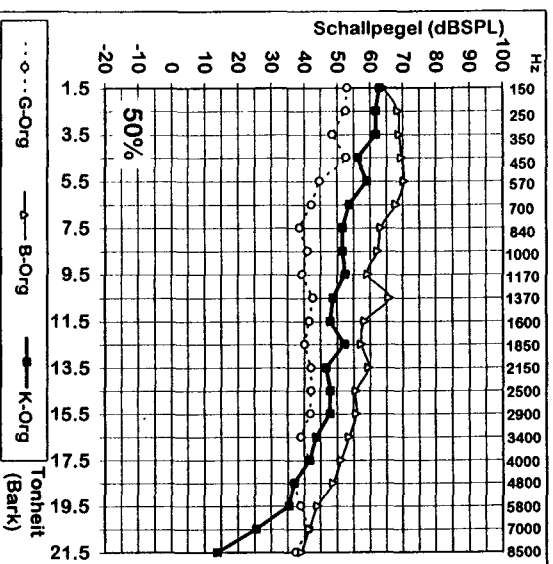
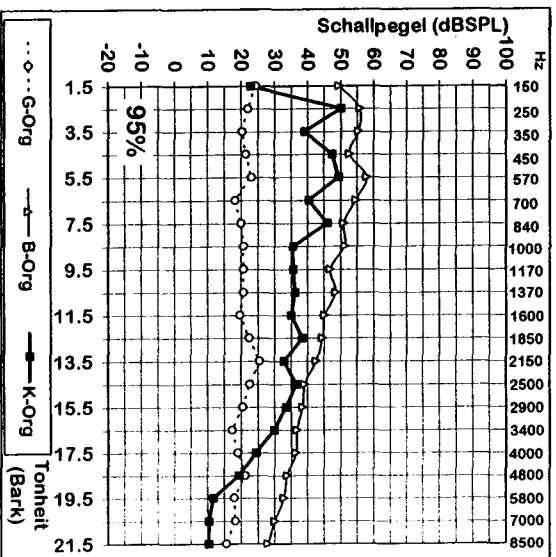
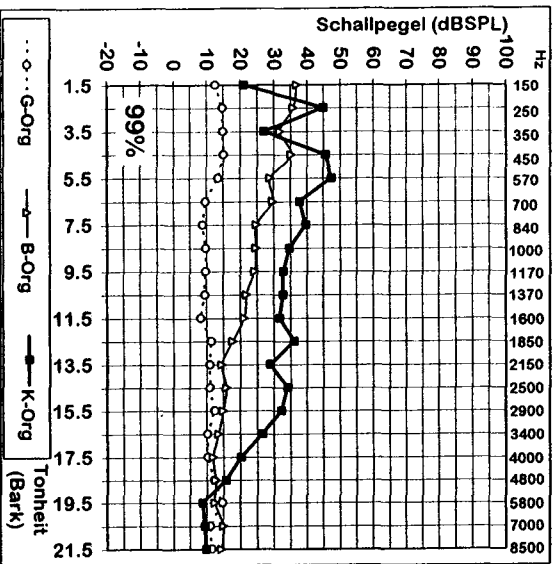
Klangbildgruppe: Natur				
Index	Startzeit [h:min:s]	Situation	Abstand [m]	Zeit [min:s]
01	0:00:04	Weißes Rauschen 80 dB	-,	0:31
02	0:00:38	Rosa Rauschen 80 dB	-,	0:45
03	0:01:27	CCITT Sprachsimulierendes Rauschen	-,	0:38
04	0:02:09	Wasserfall V1	12,0	0:43
05	0:02:55	Wasserfall V1	12,0	0:50
06	0:03:49	Froschkonzert	-,	1:07
07	0:04:59	Grillenzirpen	2,0	0:54
08	0:05:57	starker Regen	-,	0:46
09	0:06:46	leichter Regen	-,	0:42
10	0:07:33	Bachplätschern	2,0	0:54
11	0:08:30	Gewitter V1	-,	0:40
12	0:09:14	Gewitter V2	-,	0:41
13	0:09:58	Gewitter V3	-,	0:58
14	0:11:00	blöckende Schafherde	4,0	0:39
15	0:11:43	Hundebellen V1	-,	0:32
16	0:12:18	Hundebellen V2	-,	0:39
17	0:13:02	Gänse	-,	0:30

Anhang B

Klangbildgruppe: Verkehr				
Index	Startzeit [h:min:s]	Situation	Abstand [m]	Zeit [min:s]
01	0:00:04	Weißes Rauschen 80 dB	-,	0:31
02	0:00:38	Rosa Rauschen 80 dB	-,	0:45
03	0:01:27	CCITT Sprachsimulierendes Rauschen	-,	0:38
04	0:02:09	Autoinnengeräusche V1	-,	1:37
05	0:03:50	Autoinnengeräusche V2	-,	1:32
06	0:05:25	Bahnhofsdurchsage	10,0	0:21
07	0:05:50	Schaffnerpfeife	8,0	0:15
08	0:06:10	Güterzugdurchfahrt	8,0	1:20
09	0:07:33	Zugeinfahrt	3,5	0:35
10	0:08:13	Bahnhofshalle	-,	0:41
11	0:08:58	stark befahrene Straße	3,0	1:25
12	0:10:26	Bahnübergang V1	3,5	0:47
13	0:11:16	Bahnübergang V2	3,5	0:30
14	0:11:50	Straßenbahn	-,	2:09
15	0:14:02	Verkehr hinter geschlossenen Fenstern	-,	1:11

Anhang C

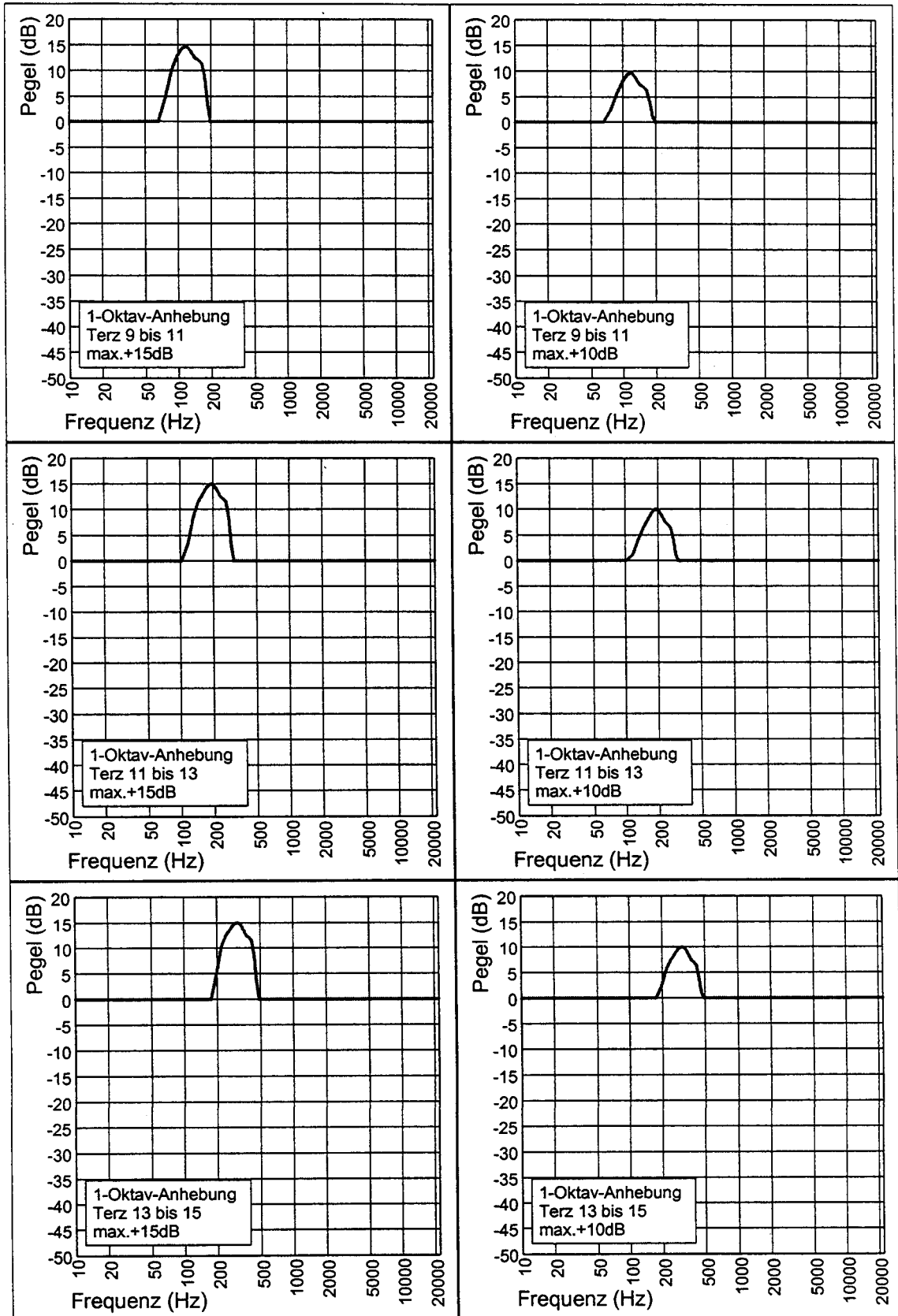




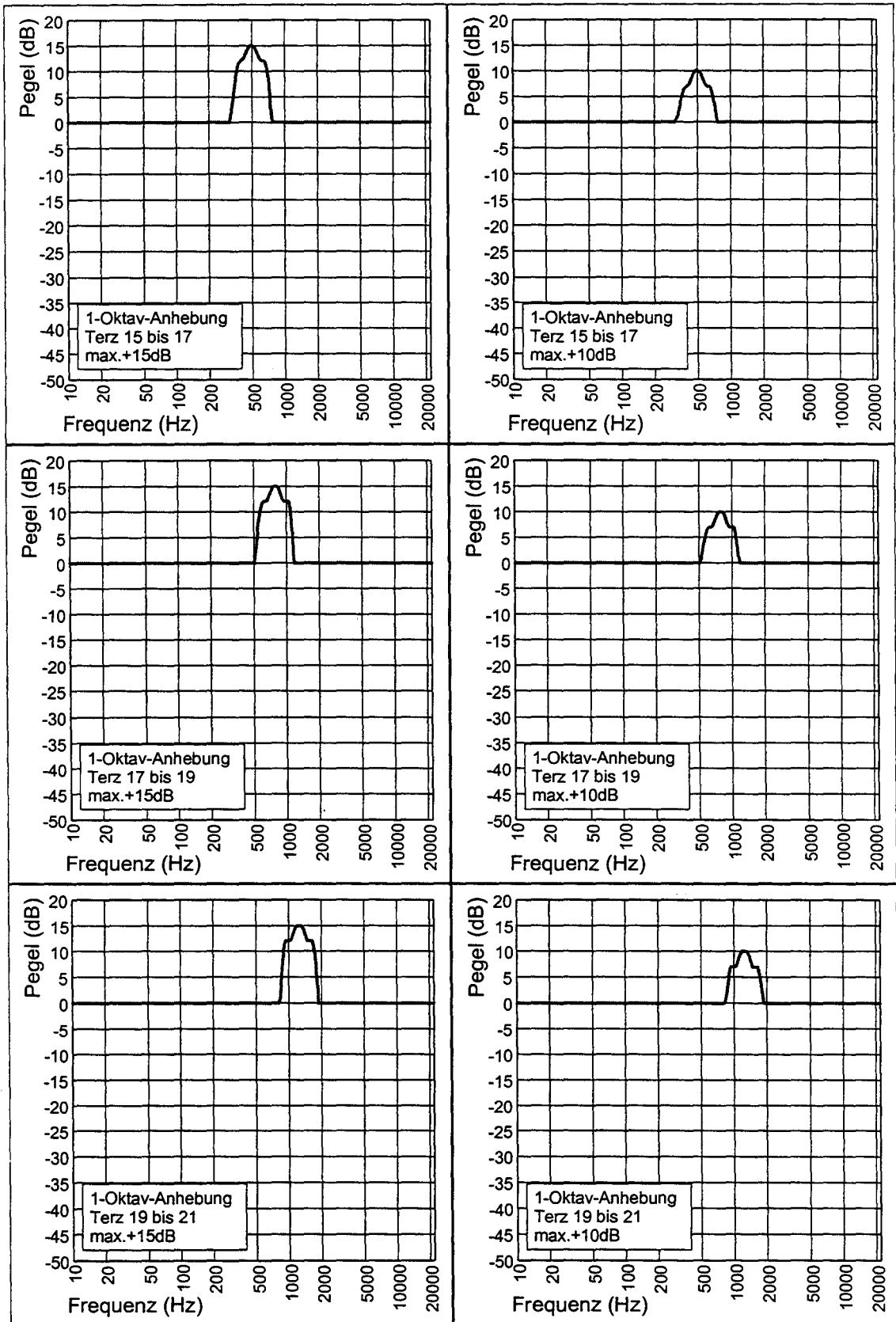
Anhang C

Terzen	Stufe 1 Abkürzung	Stufe 2 Abkürzung	Länge der Impulsantwort	von Hz	bis Hz	Mitte Hz
8.5-11.5	An0911+10	An0911+15	4000	89	178	126
10.5-13.5	An1113+10	An1113+15	3000	141	282	200
12.5-15.5	An1315+10	An1315+15	2000	224	447	316
14.5-17.5	An1517+10	An1517+15	2000	355	708	501
16.5-19.5	An1719+10	An1719+15	2000	562	1122	794
18.5-21.5	An1921+10	An1921+15	2000	891	1778	1259
20.5-23.5	An2123+10	An2123+15	2000	1412	2818	1995
22.5-25.5	An2325+10	An2325+15	2000	2239	4466	3162
24.5-27.5	An2527+10	An2527+15	2000	3548	7079	5011
3.5-12.5	Bp0412 9/O+6	Bp0412 3/O+3	6000	28	224	79
5.5-14.5	Bp0614 9/O+6	Bp0614 3/O+3	6000	45	355	126
7.5-16.5	Bp0816 9/O+6	Bp0816 3/O+3	6000	71	562	200
9.5-18.5	Bp1018 9/O+6	Bp1018 3/O+3	6000	112	891	316
11.5-20.5	Bp1220 9/O+6	Bp1220 3/O+3	6000	178	1412	501
13.5-22.5	Bp1422 9/O+6	Bp1422 3/O+3	6000	282	2239	794
15.5-24.5	Bp1624 9/O+6	Bp1624 3/O+3	6000	447	3548	1259
17.5-26.5	Bp1826 9/O+6	Bp1826 3/O+3	6000	708	5623	1995
19.5-28.5	Bp2028 9/O+6	Bp2028 3/O+3	6000	1122	8912	3162
21.5-30.5	Bp2230 9/O+6	Bp2230 3/O+3	6000	1778	14124	5011
19.5	Tp19		2000		1122	
19.5	Hp20		2000	1122		

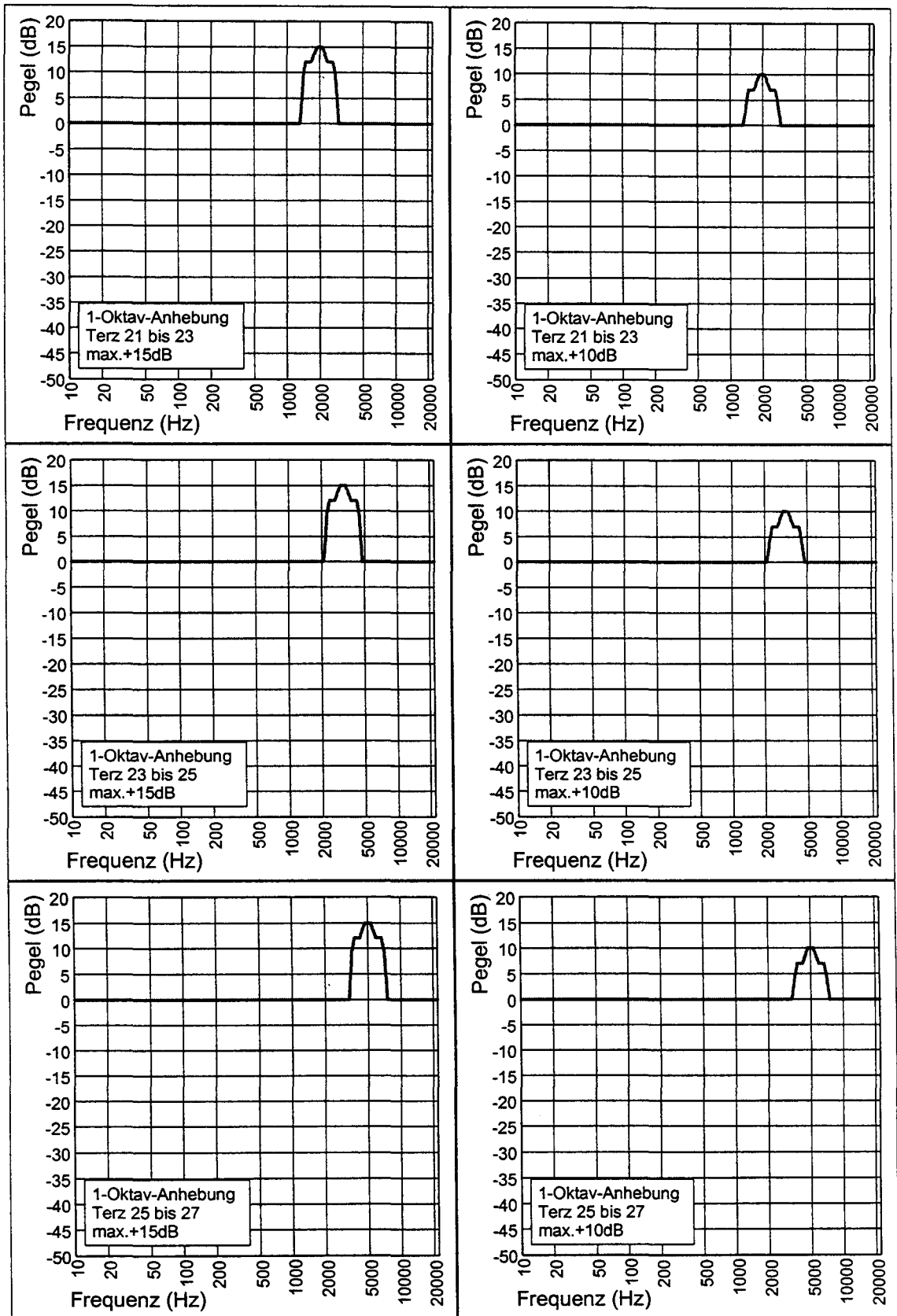
Anhang C



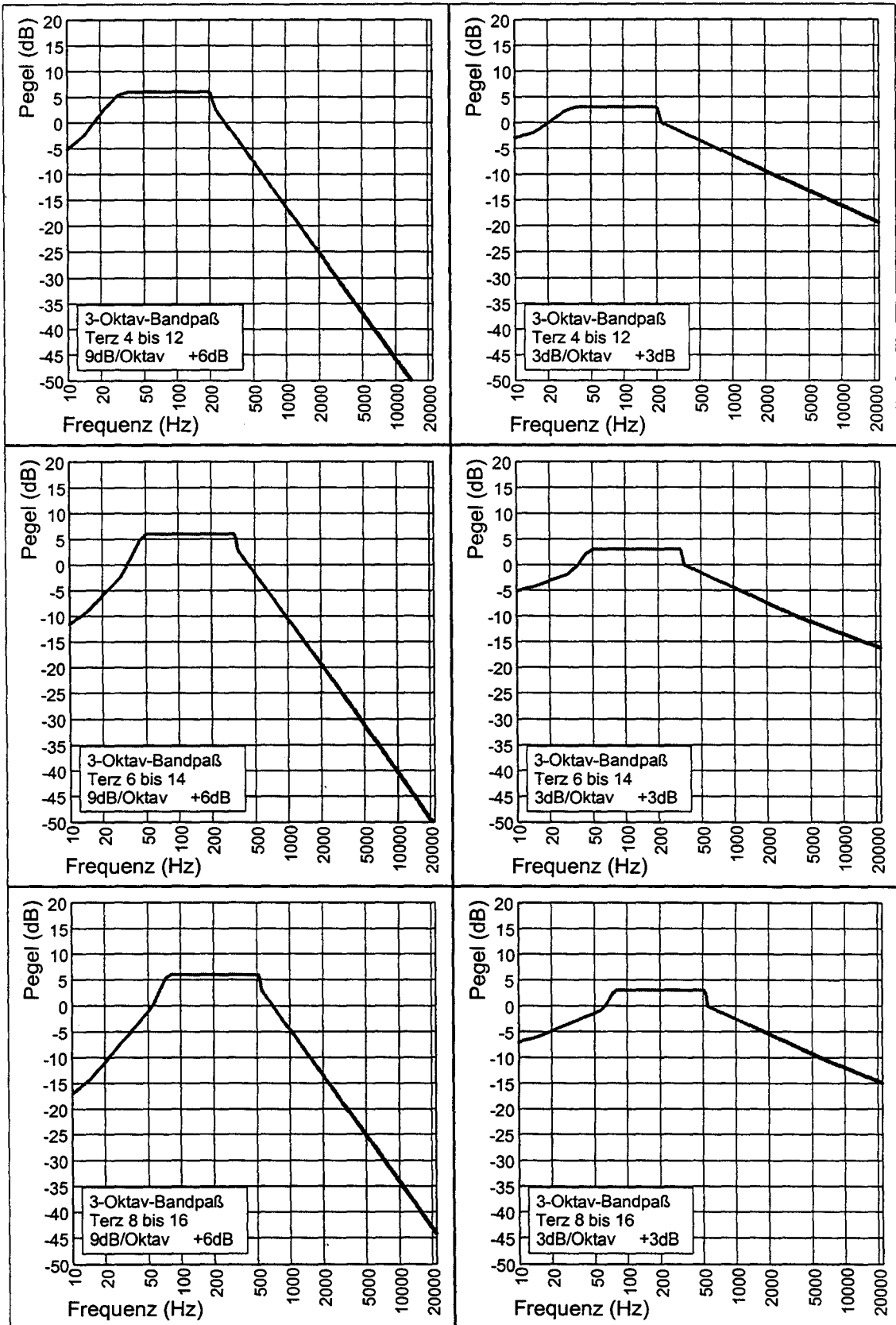
Anhang C



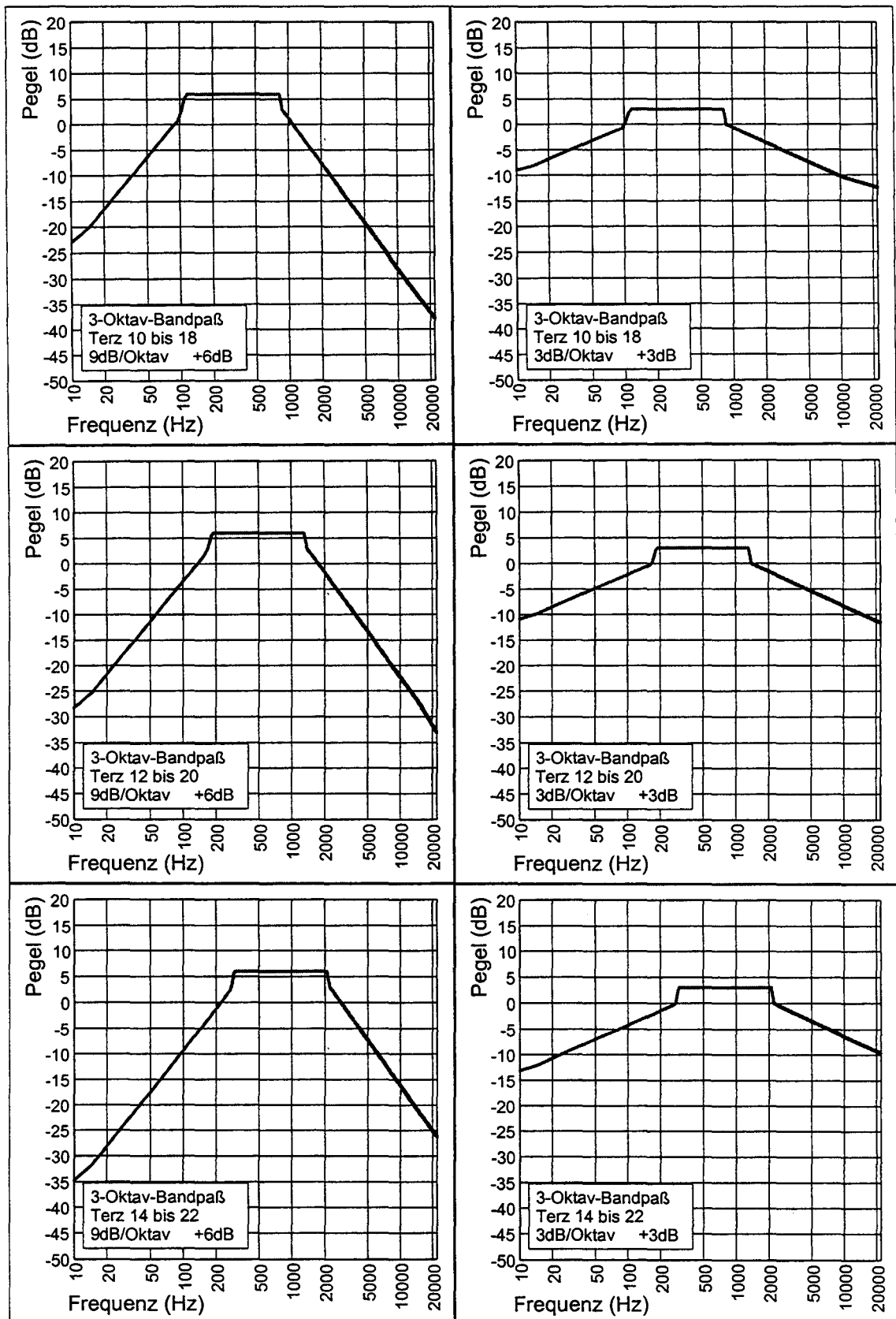
Anhang C



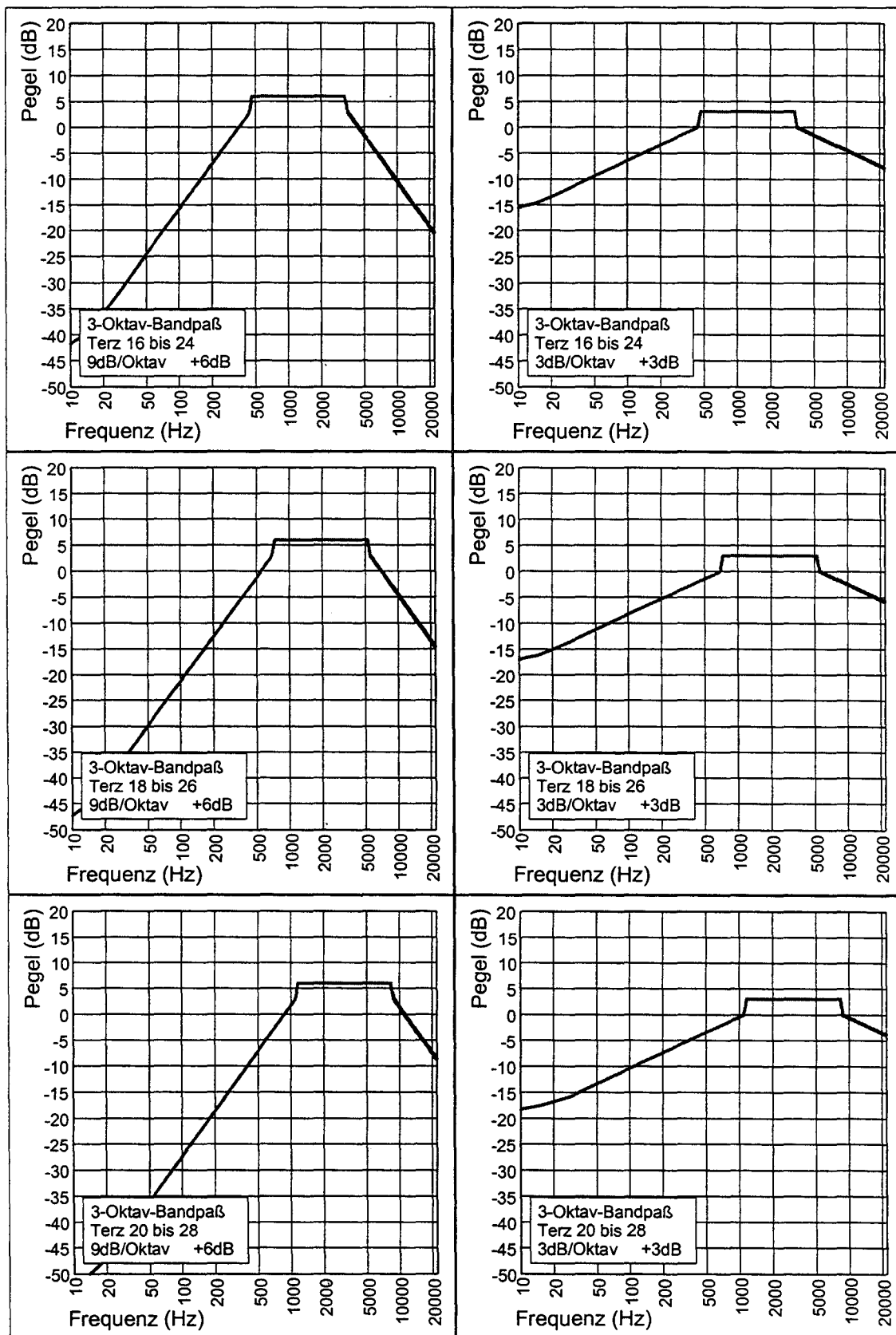
Anhang C



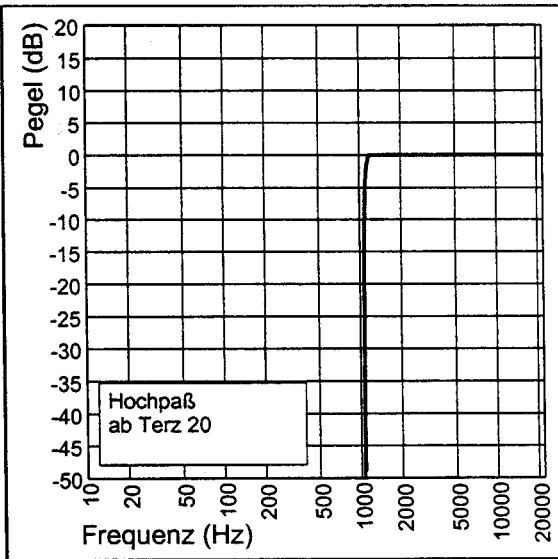
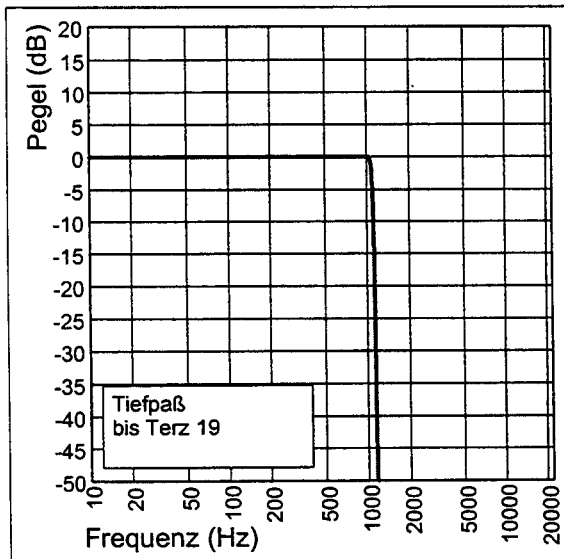
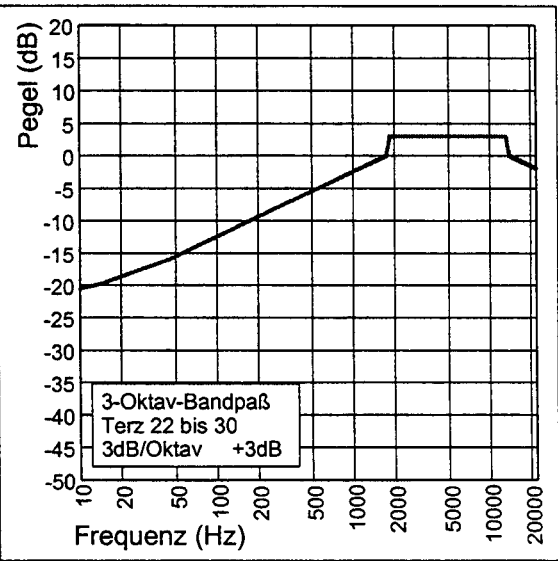
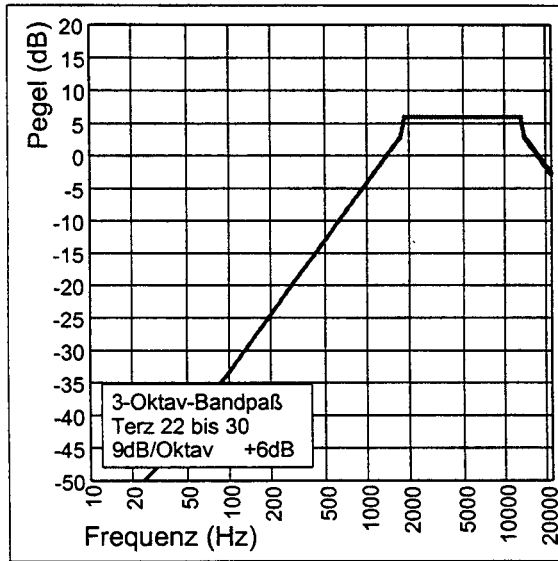
Anhang C



Anhang C



Anhang C



Anhang C

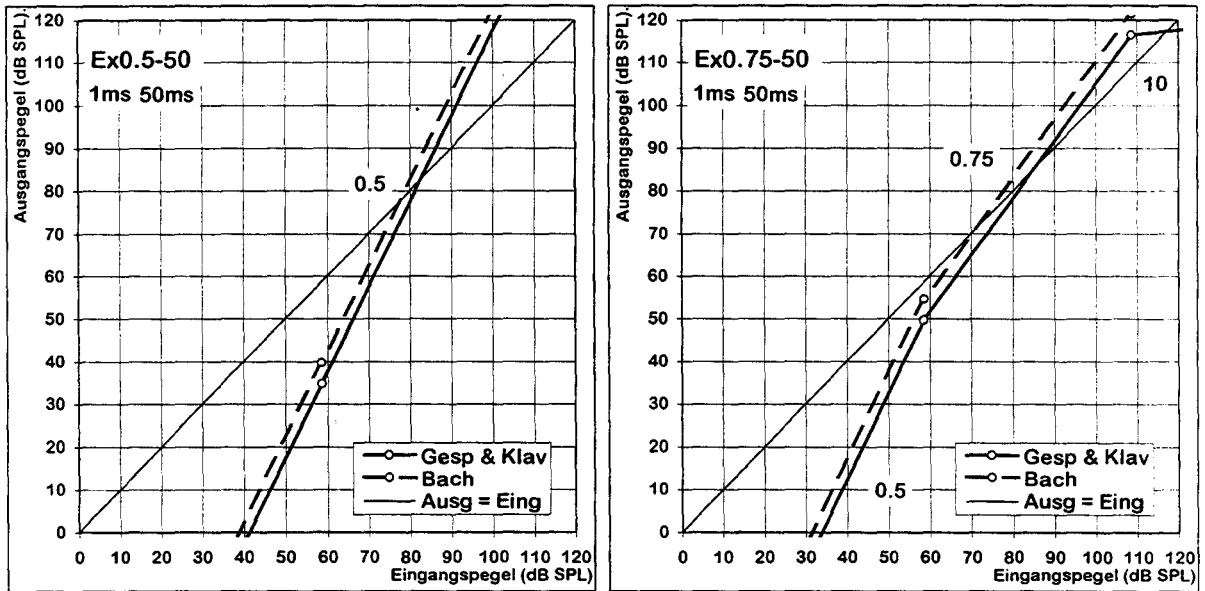


Abbildung 1: Einkanalige Expansion, Variationsparameter: Kompressionsverhältnis. Einschwingzeit: 1ms, Ausschwingzeit: 50 ms. Stärkere Variante (links): Kompressionsverhältnis 0.5, schwächere Variante (rechts): Kompressionsverhältnis 0.75. Das Bach-Hörbild wurde nach der Expansion um 5 dB angehoben.

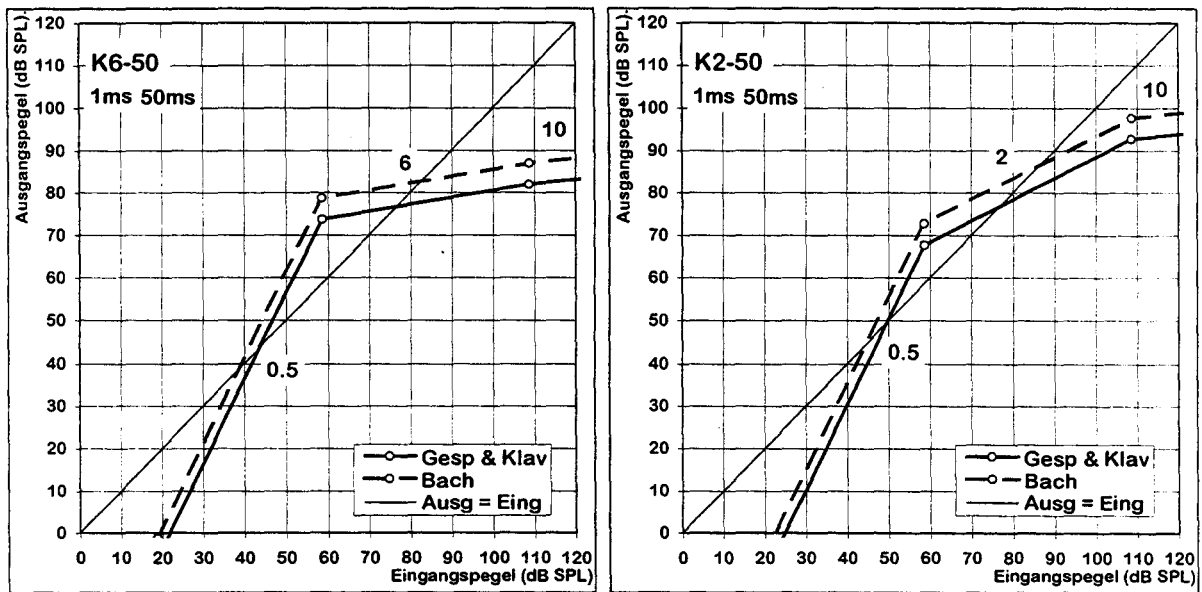


Abbildung 2: Einkanalige Kompression, Variationsparameter: Kompressionsverhältnis. Einschwingzeit: 1ms, Ausschwingzeit: 50 ms. Stärkere Variante (links): Kompressionsverhältnis 6, schwächere Variante (rechts): Kompressionsverhältnis 2. Das Bach-Hörbild wurde nach der Kompression um 5 dB angehoben.

Anhang C

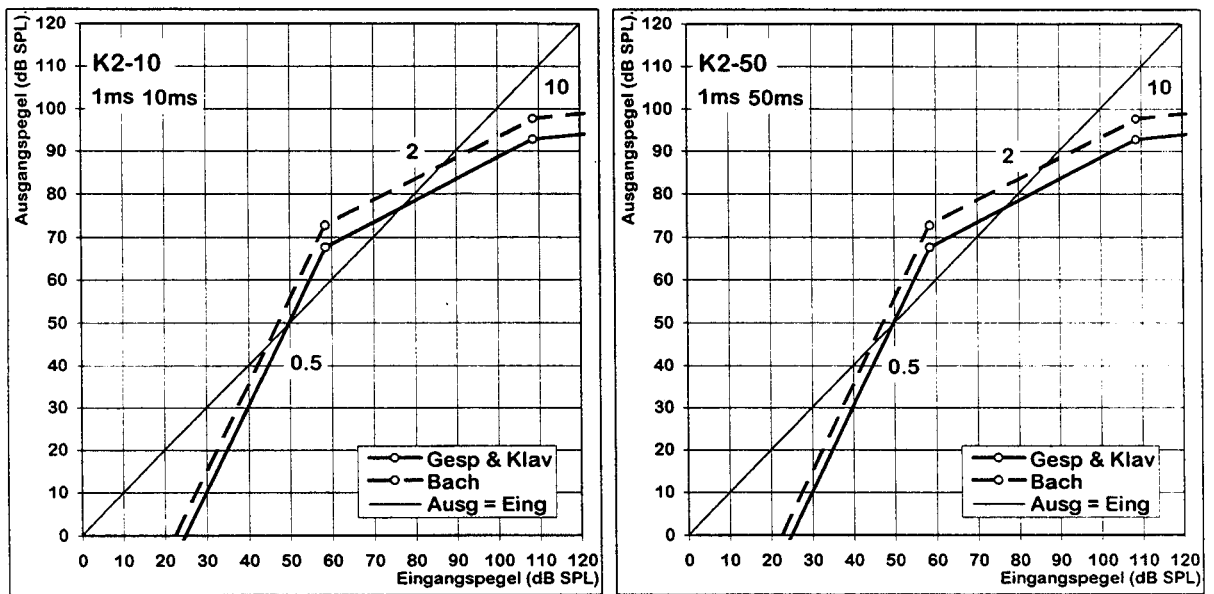


Abbildung 3: Einkanalige Kompression, Variationsparameter: Ausschwingzeit. Einschwingzeit: 1ms, Kompressionsverhältnis 2. Stärkere Variante (links): Ausschwingzeit 10ms, schwächere Variante (rechts): Ausschwingzeit 50 ms. Das Bach-Hörbild wurde nach der Kompression um 5 dB angehoben.

Anhang C

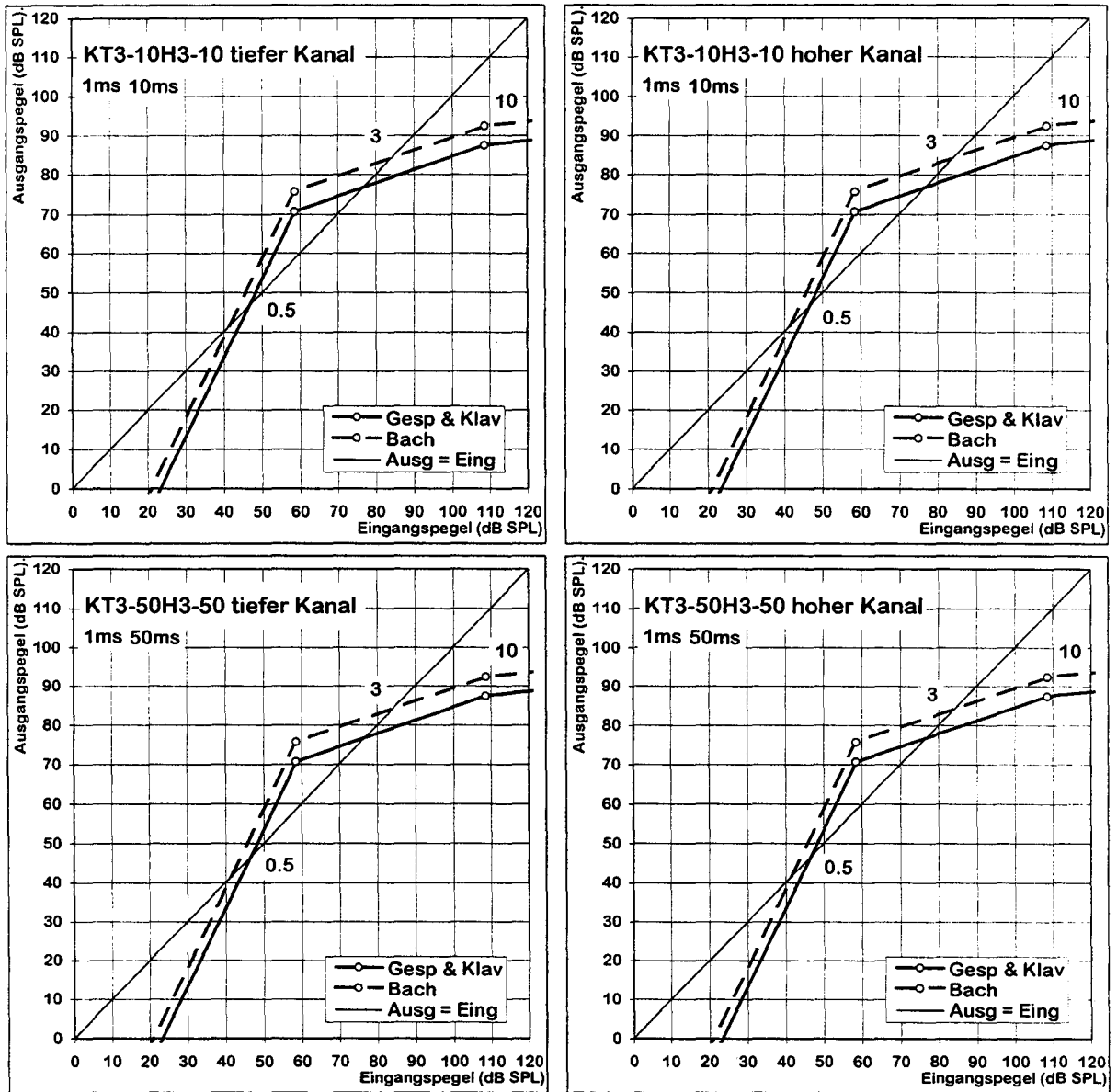


Abbildung 4: Zweikanalige Kompression - beide Kanäle komprimiert, Variationsparameter: Ausschwingzeit. Einschwingzeit: 1ms, Kompressionsverhältnis 3. Stärkere Variante (oben): Ausschwingzeit 10ms, schwächere Variante (unten): Ausschwingzeit 50 ms. Links: tieftoniger Kanal < 1100 Hz; rechts: hochtoniger Kanal > 1100 Hz. Das Bach-Hörbild wurde nach der Kompression um 5 dB angehoben.

Anhang C

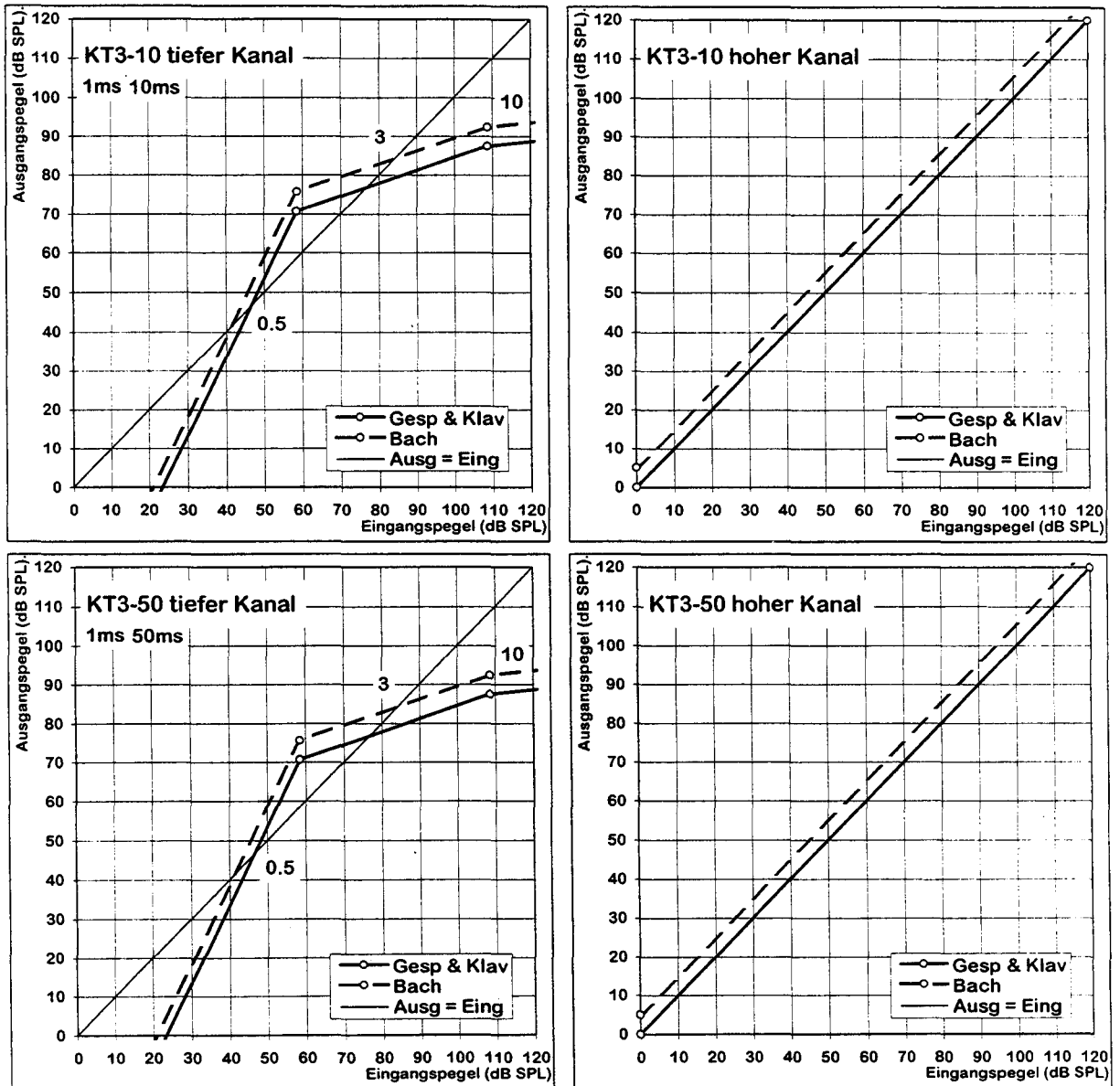


Abbildung 5: Zweikanalige Kompression - Tieftonkanal komprimiert, Variationsparameter: Ausschwingzeit. Einschwingzeit: 1ms, Kompressionsverhältnis 3. Stärkere Variante (oben): Ausschwingzeit 10ms, schwächere Variante (unten): Ausschwingzeit 50 ms. Links: tieftoniger Kanal < 1100 Hz; rechts: hochtoniger Kanal > 1100 Hz. Das Bach-Hörbild wurde nach der Kompression um 5 dB angehoben.

Anhang C

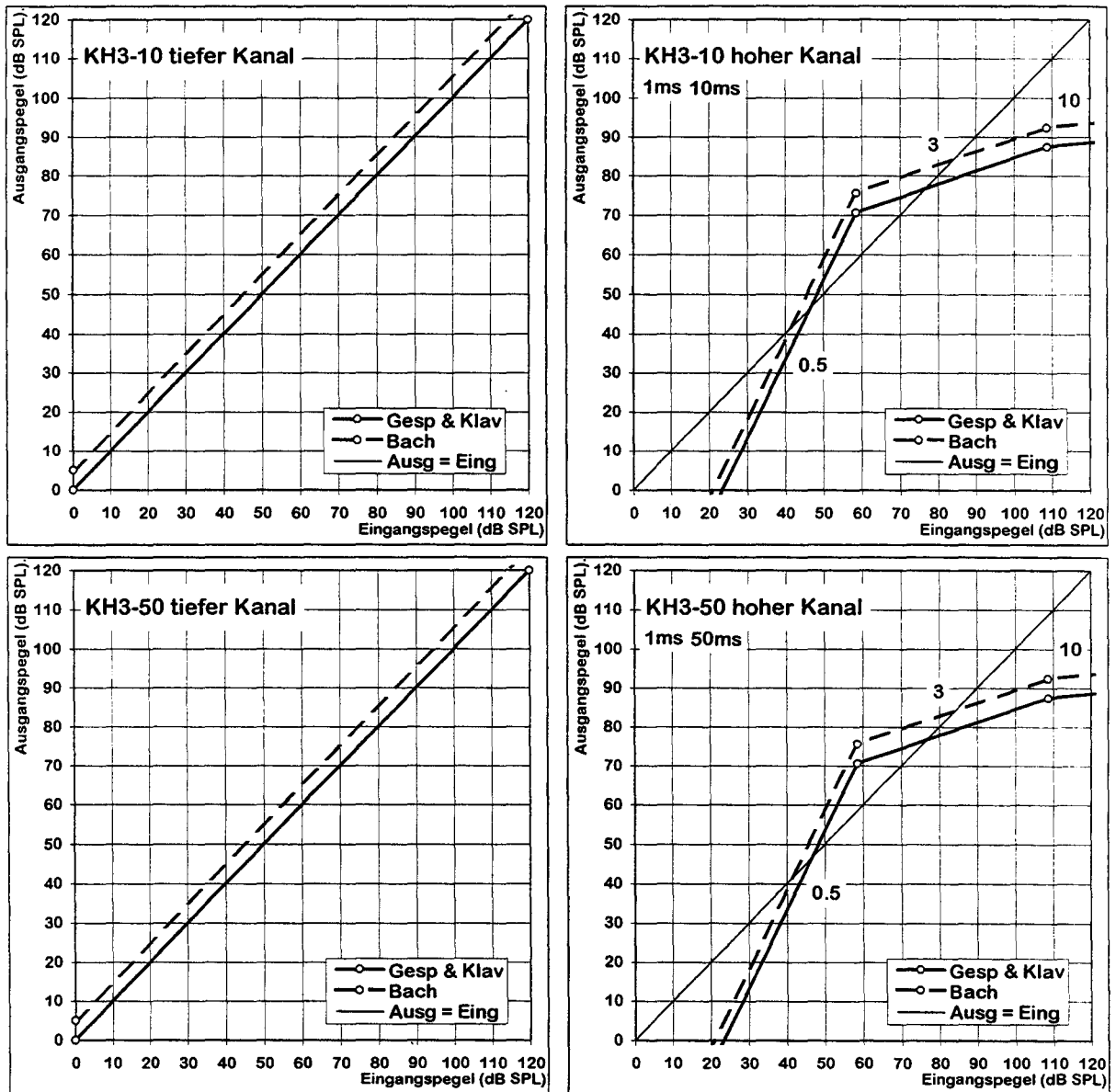
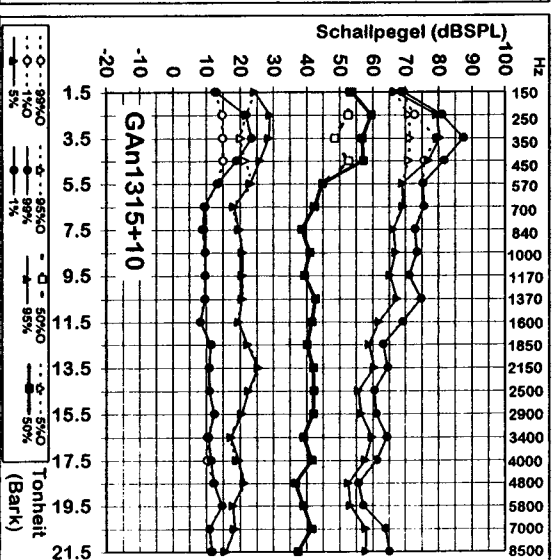
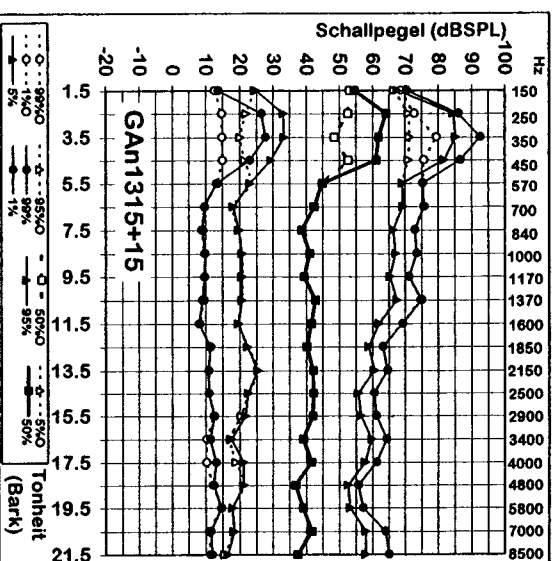
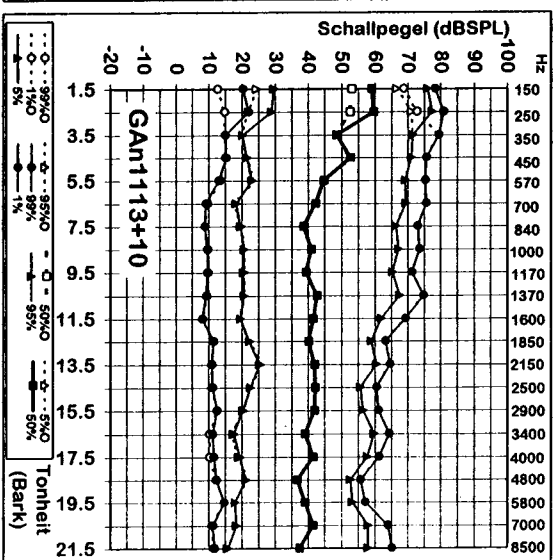
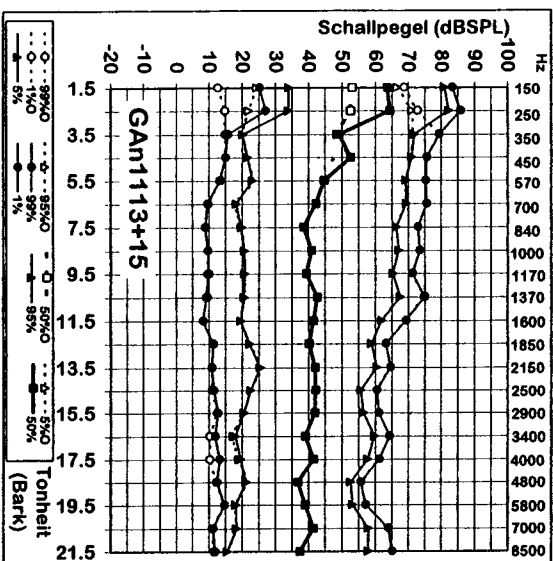
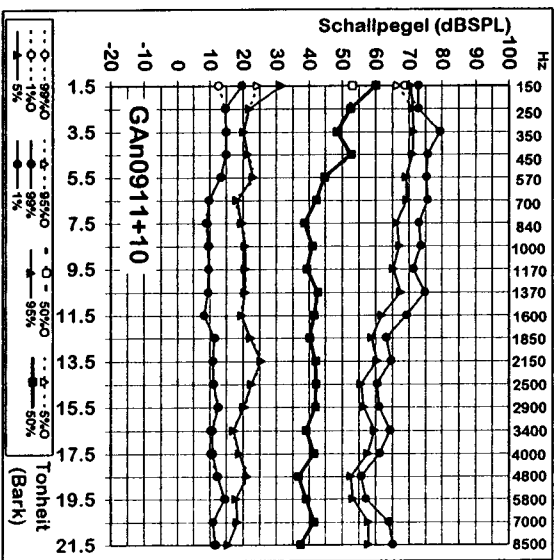
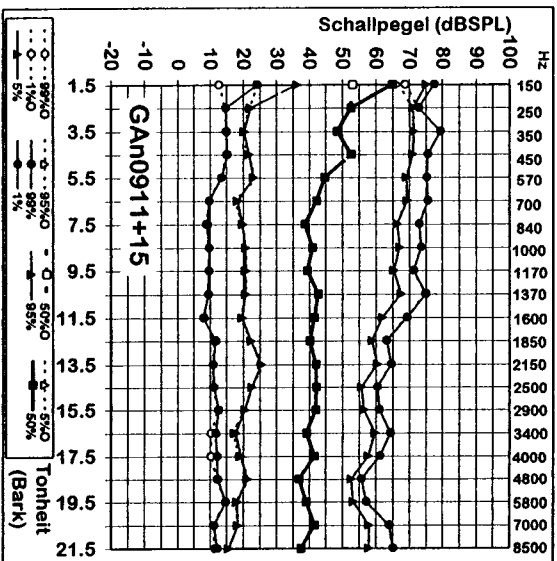
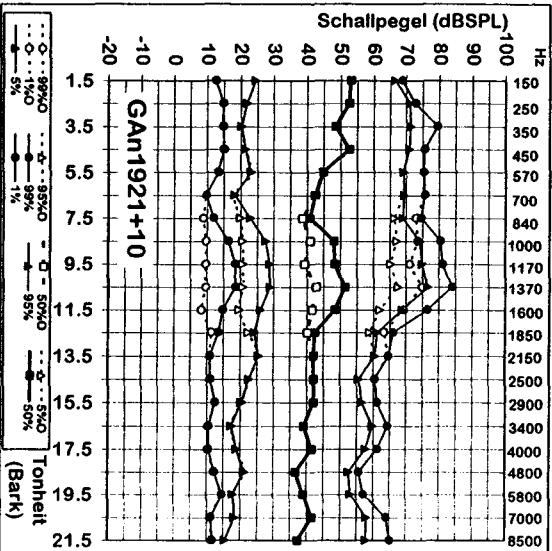
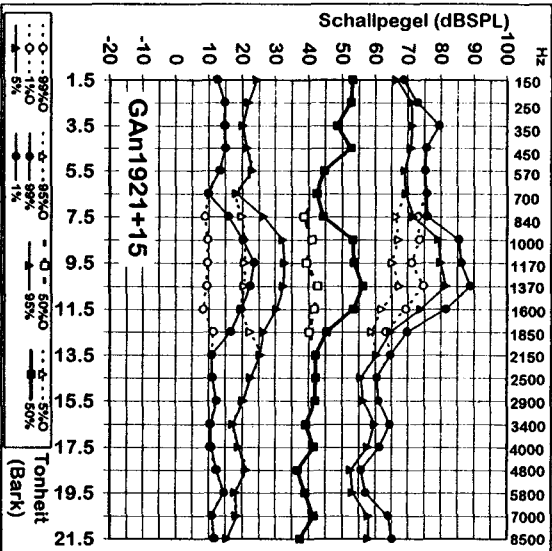
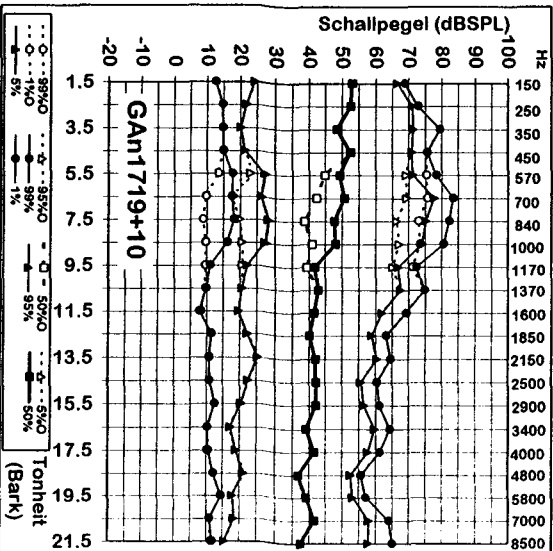
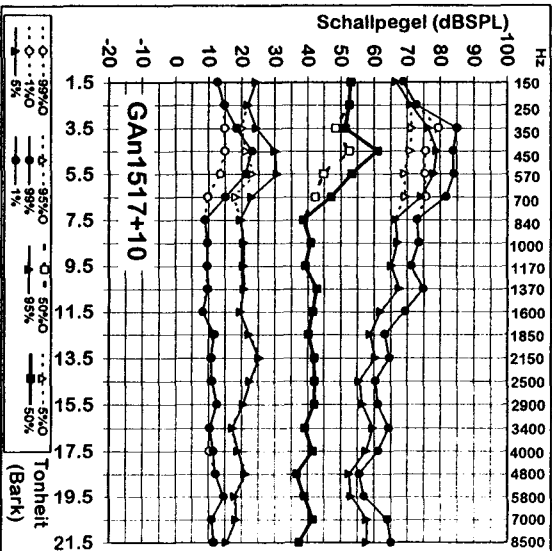
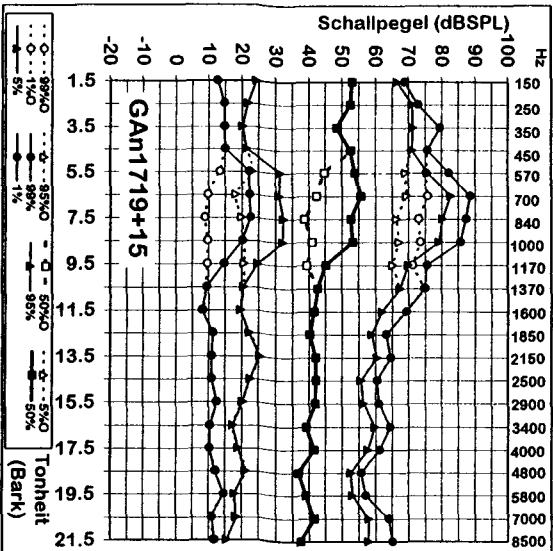
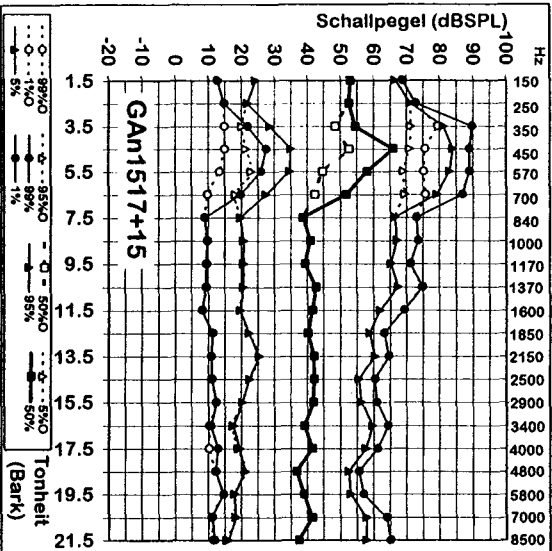
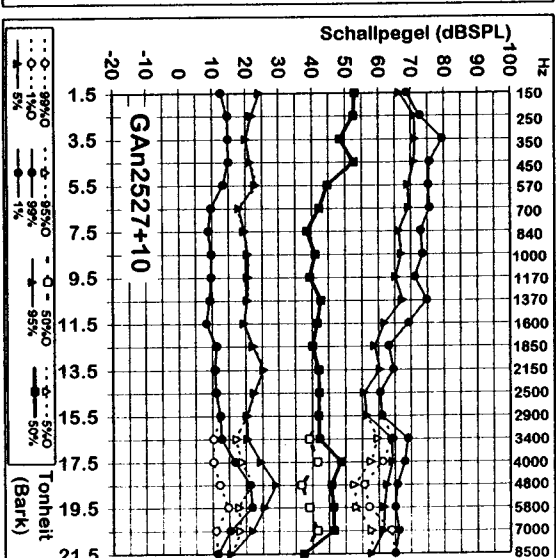
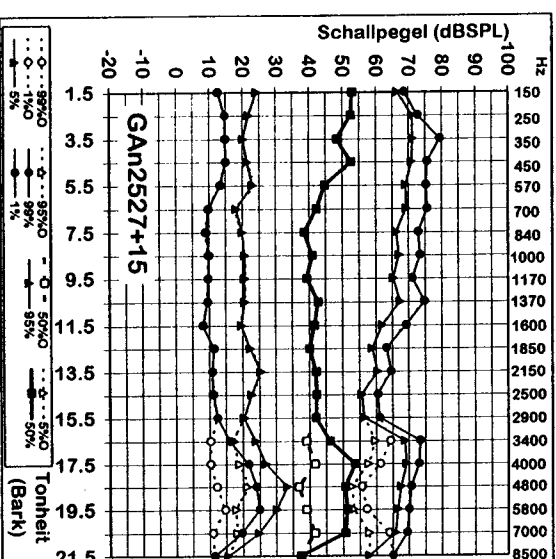
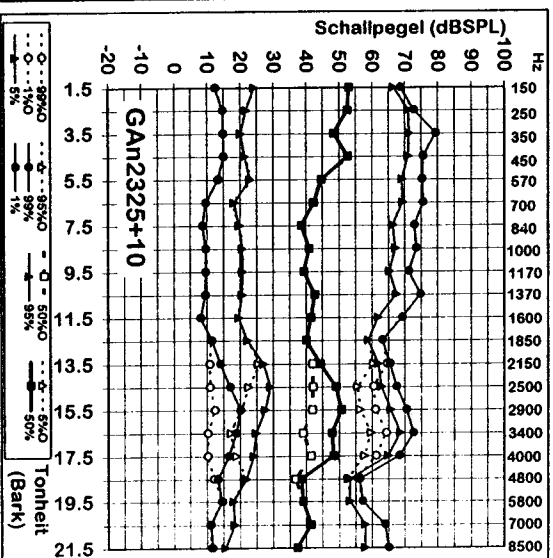
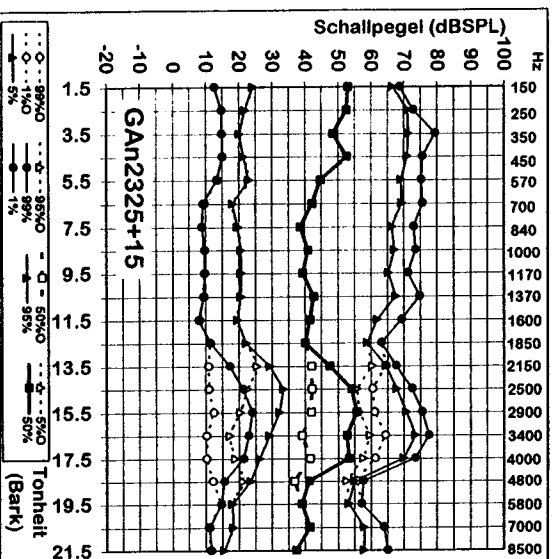
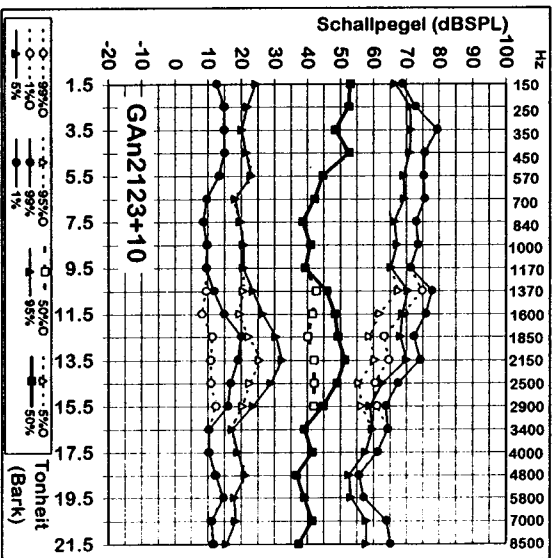
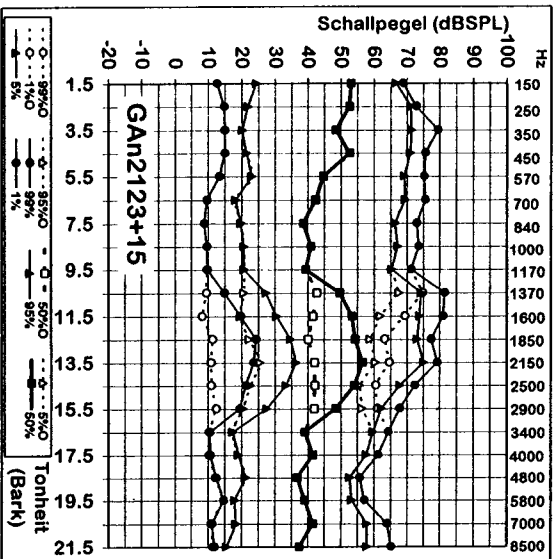
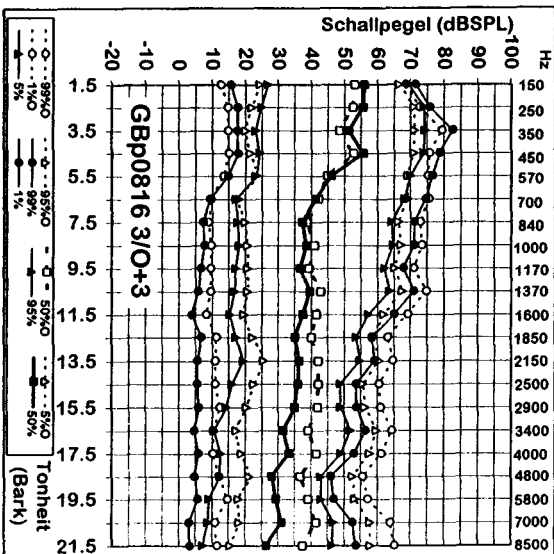
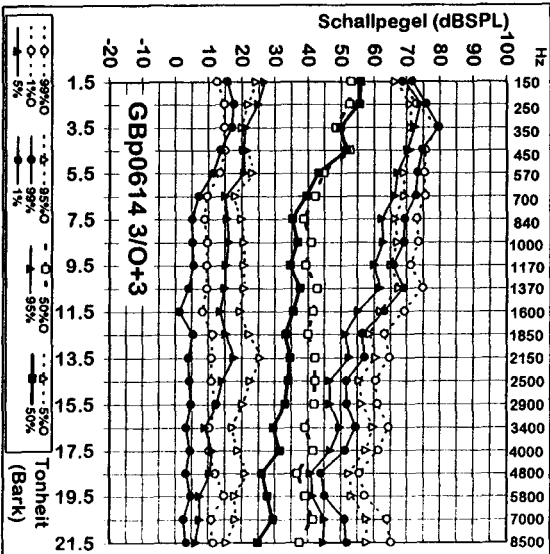
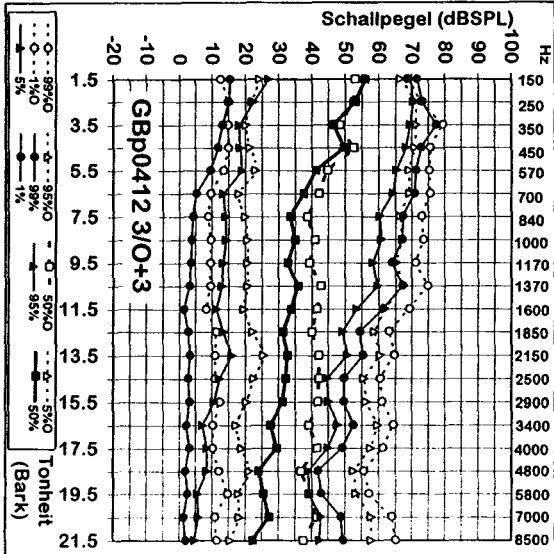
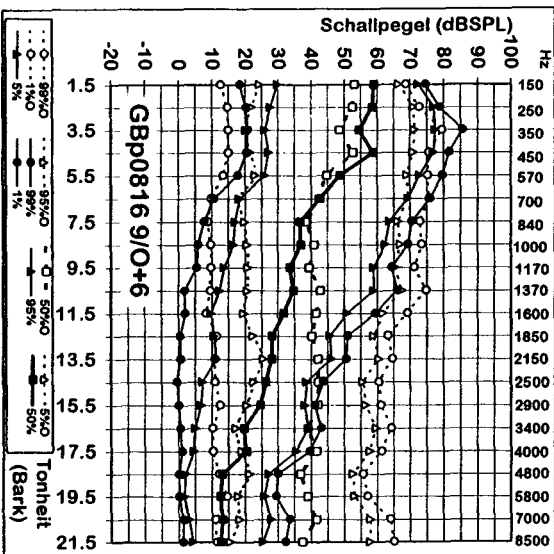
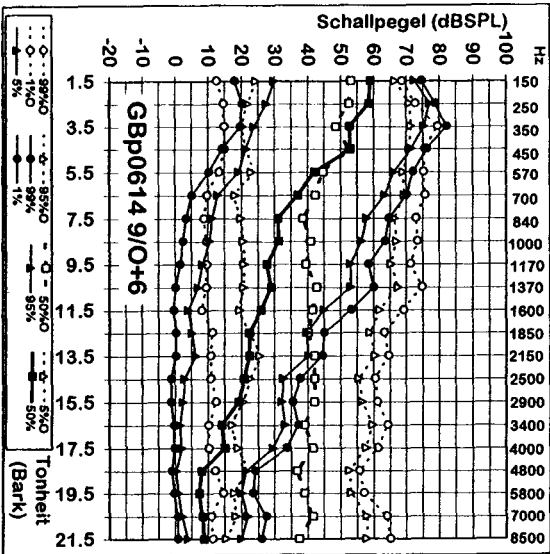
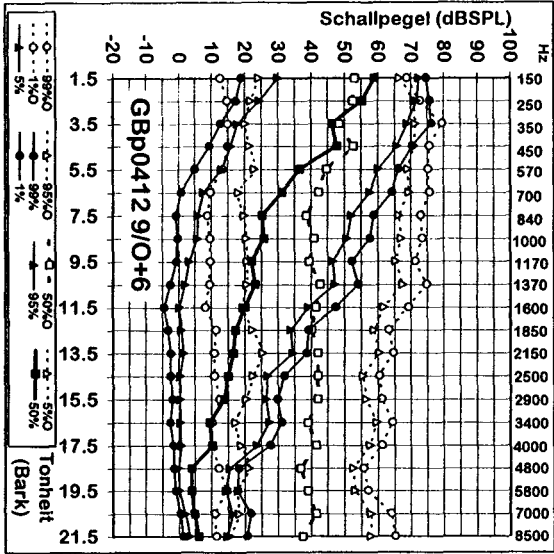


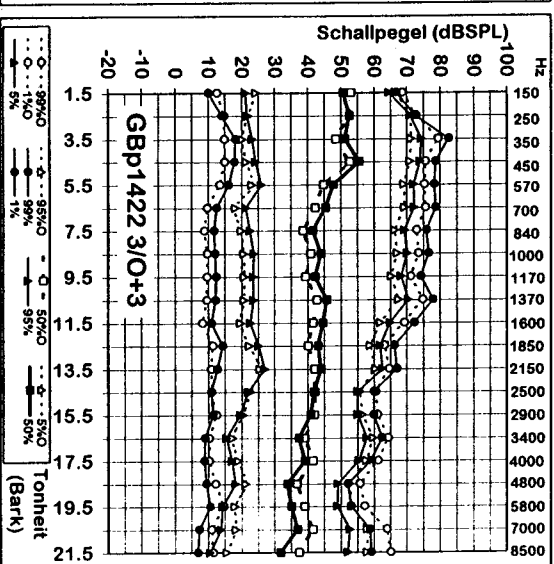
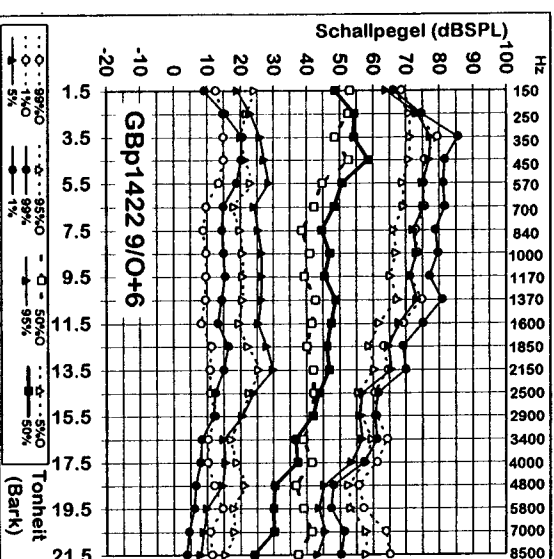
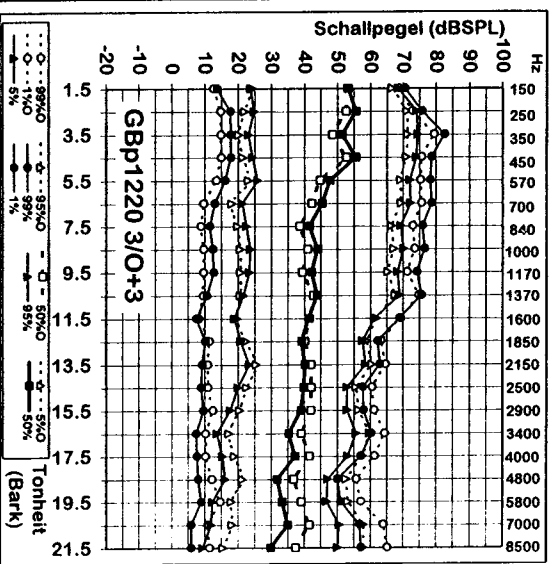
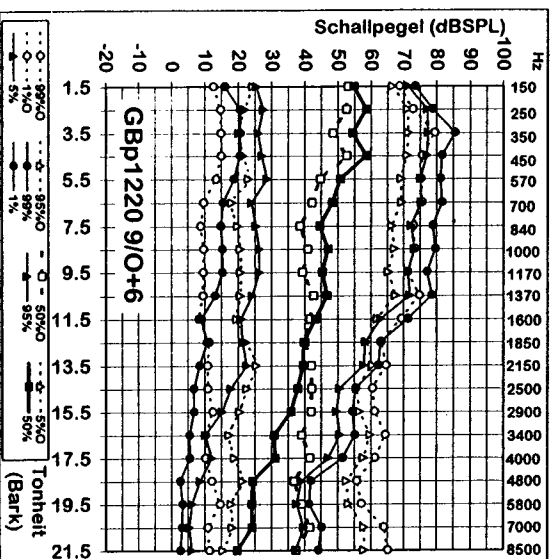
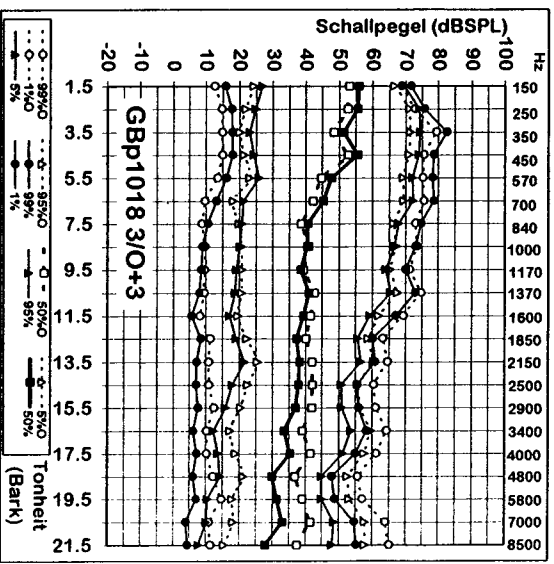
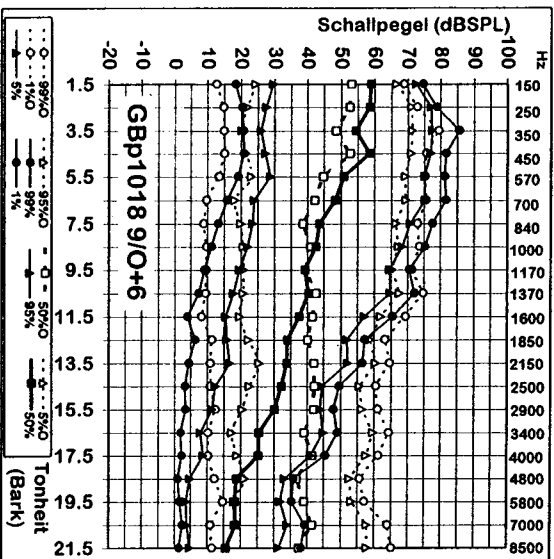
Abbildung 6: Zweikanalige Kompression - Hochtongkanal komprimiert, Variationsparameter: Ausschwingzeit. Einschwingzeit: 1ms, Kompressionsverhältnis 3. Stärkere Variante (oben): Ausschwingzeit 10ms, schwächere Variante (unten): Ausschwingzeit 50 ms. Links: tieftoniger Kanal $< 1100\text{ Hz}$; rechts: hochtoniger Kanal $> 1100\text{ Hz}$. Das Bach-Hörbild wurde nach der Kompression um 5 dB angehoben.

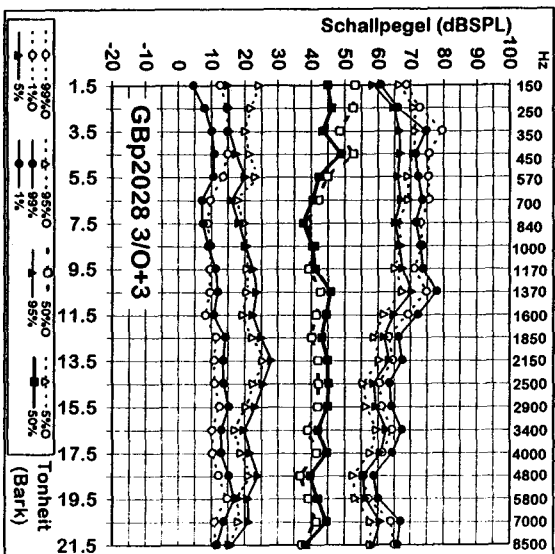
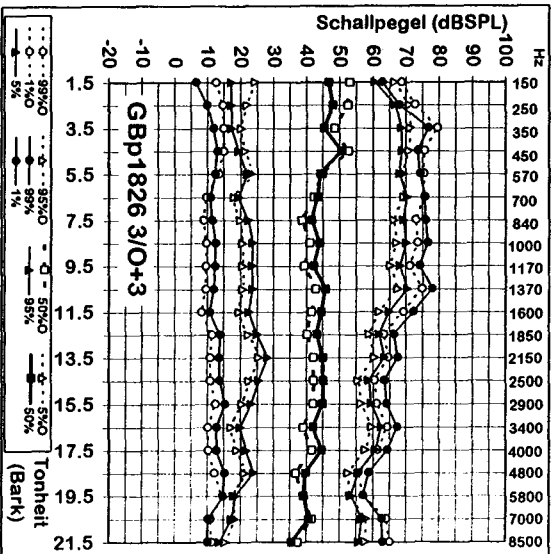
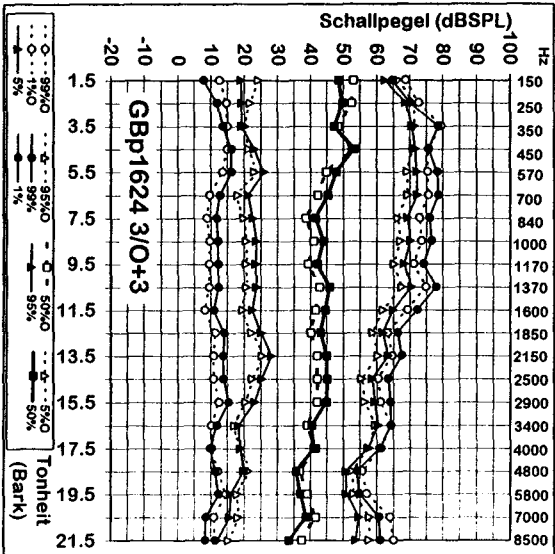
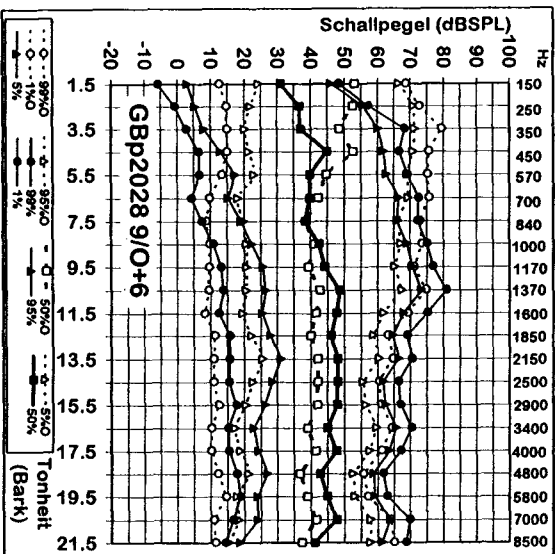
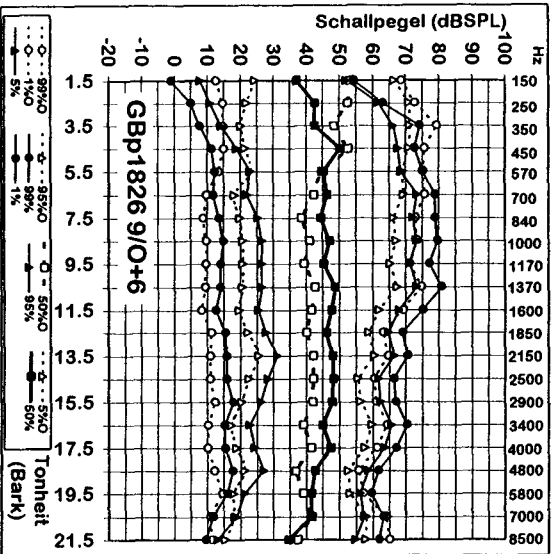
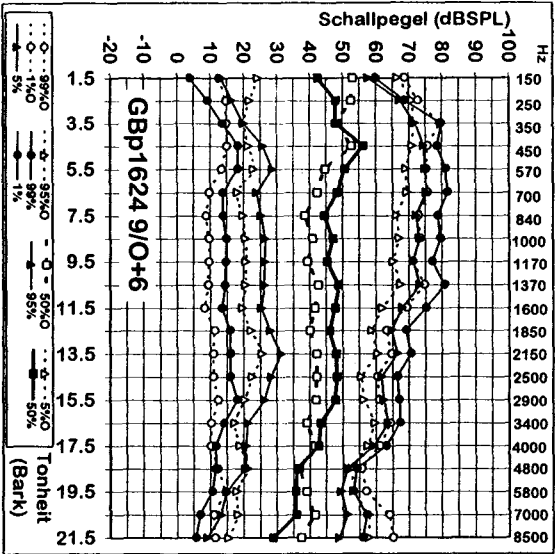


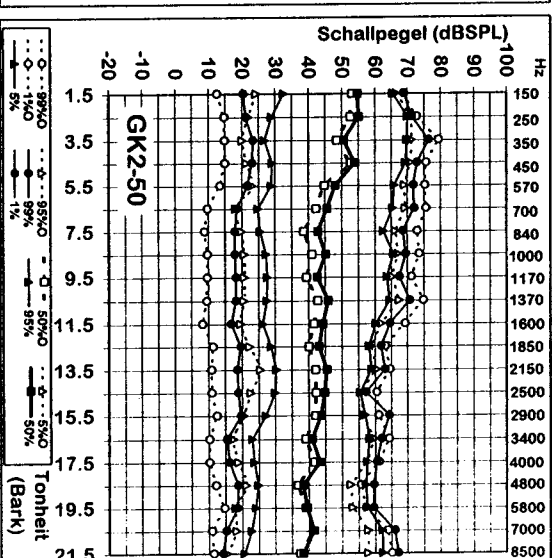
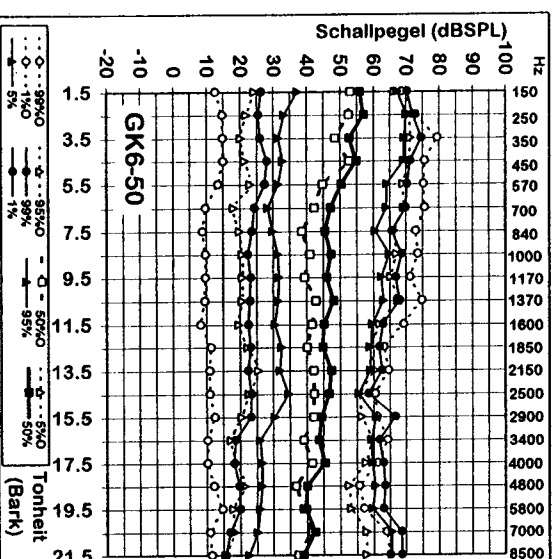
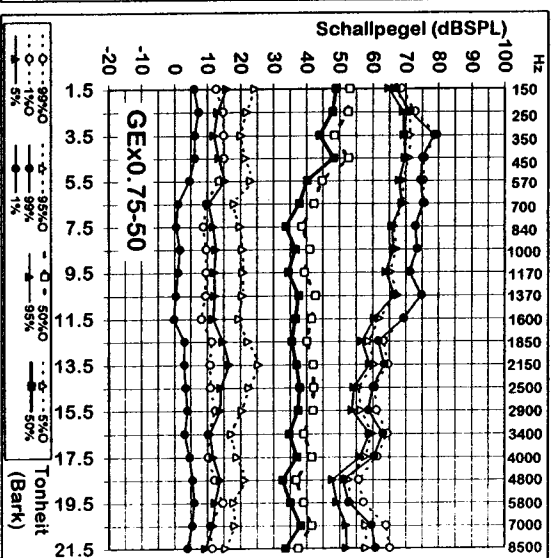
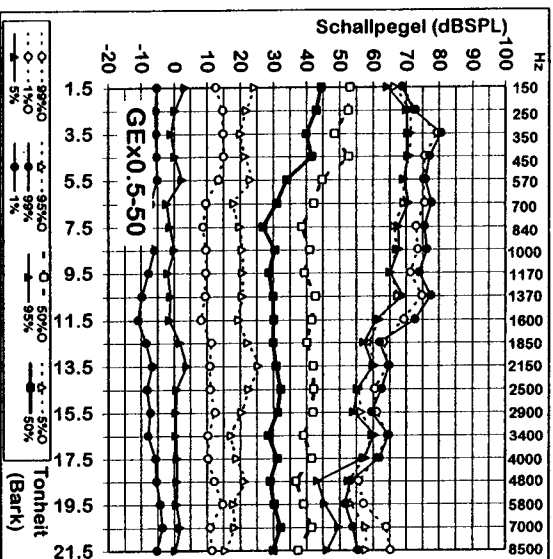
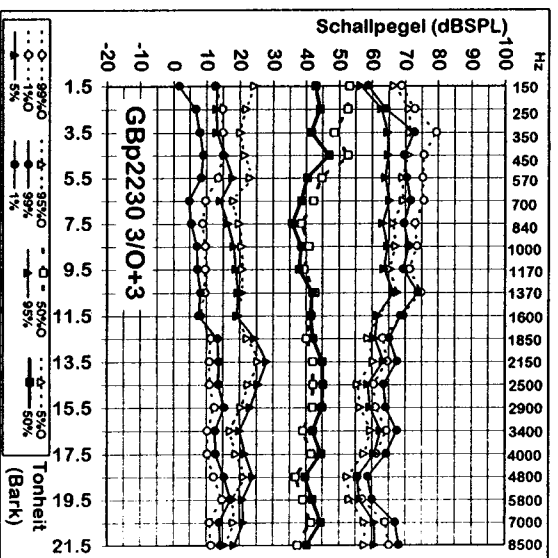
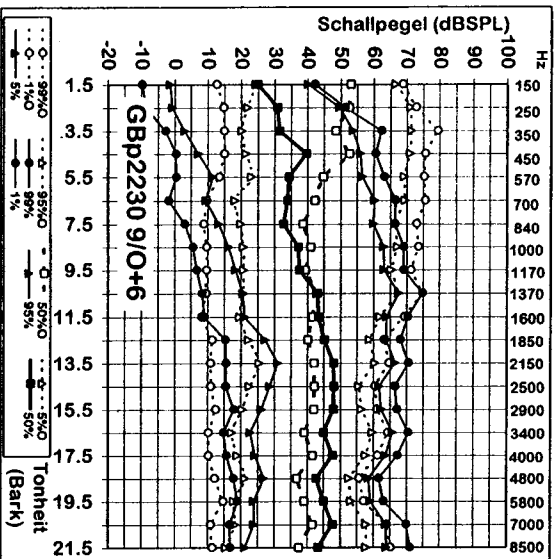


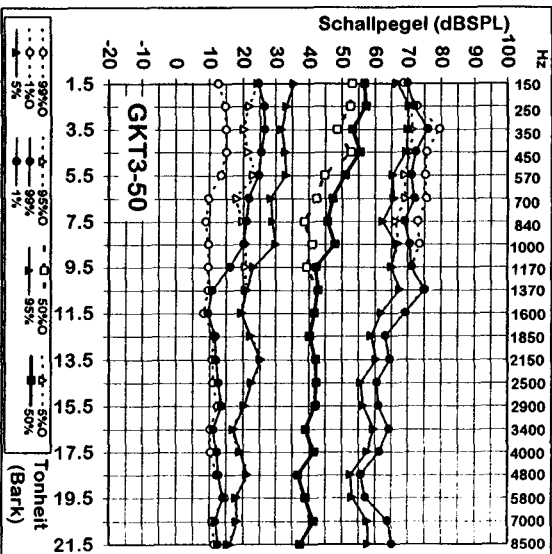
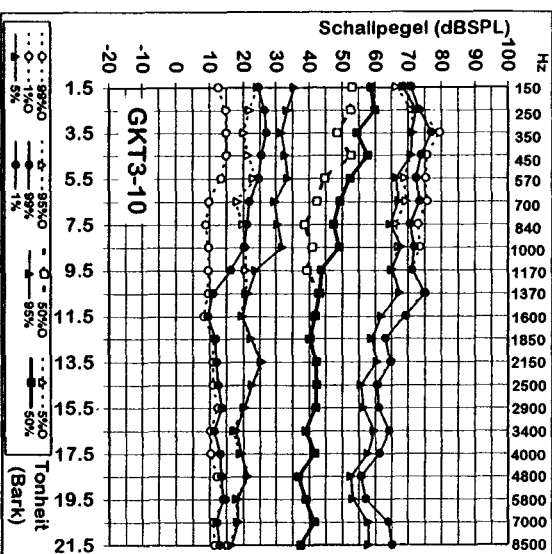
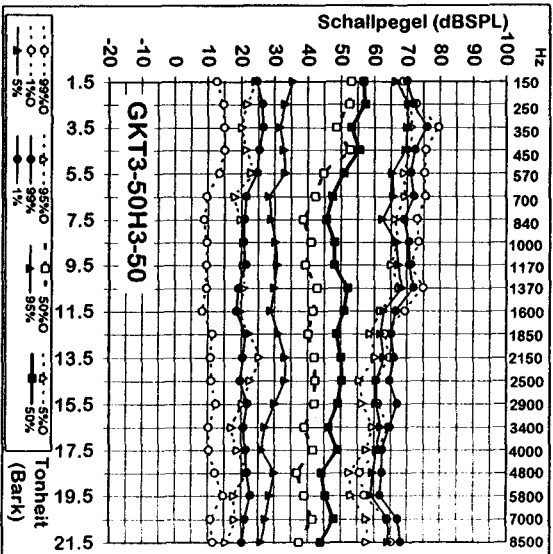
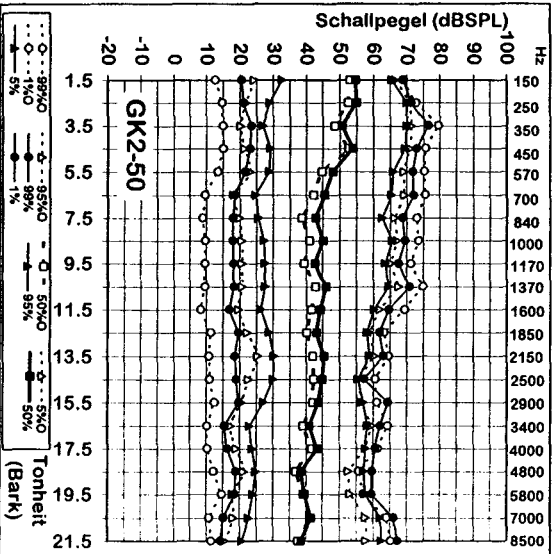
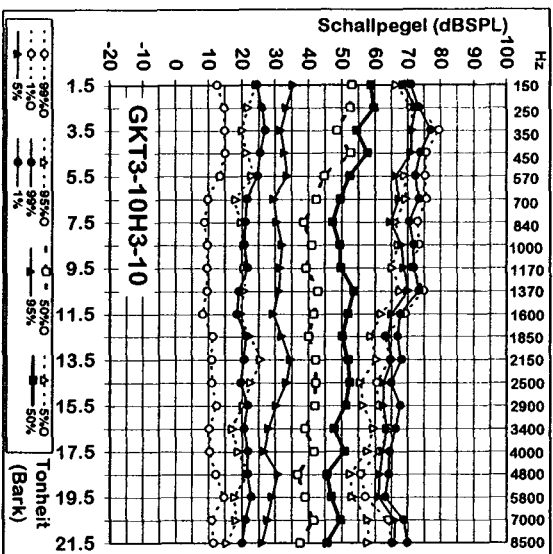
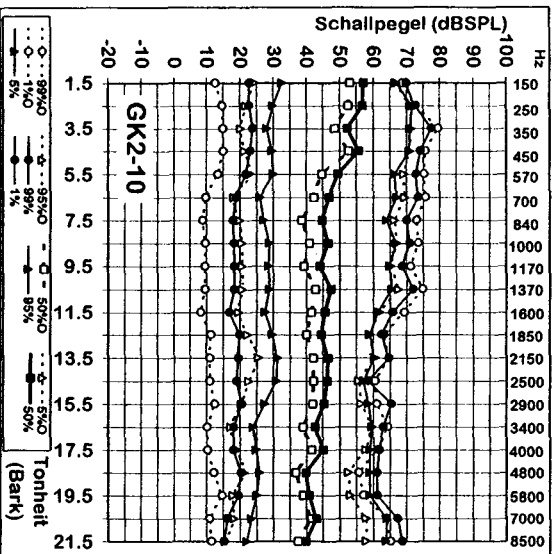


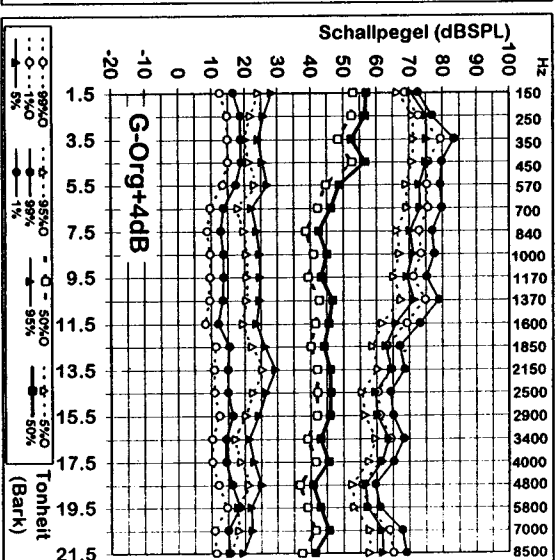
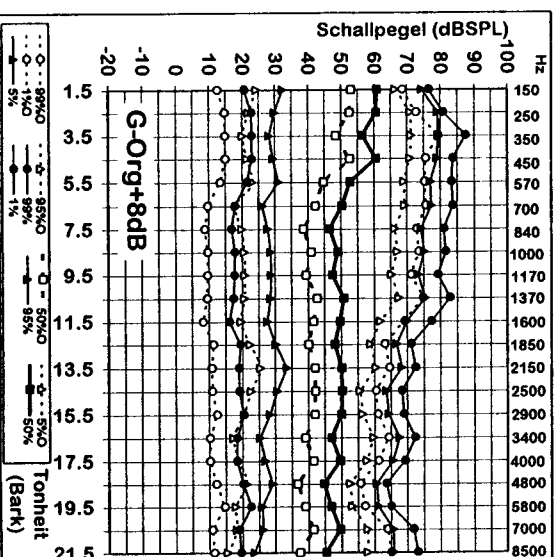
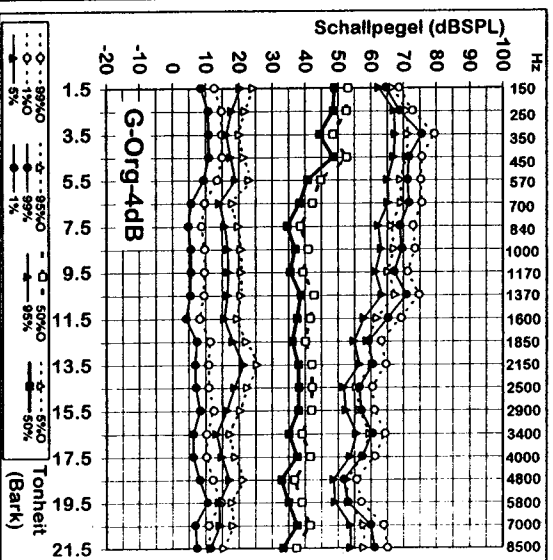
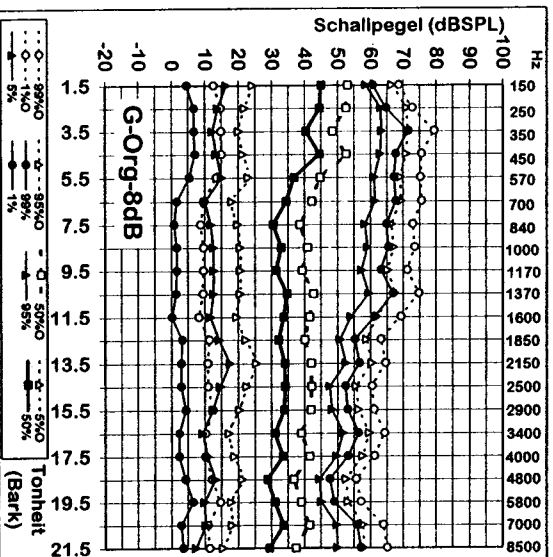
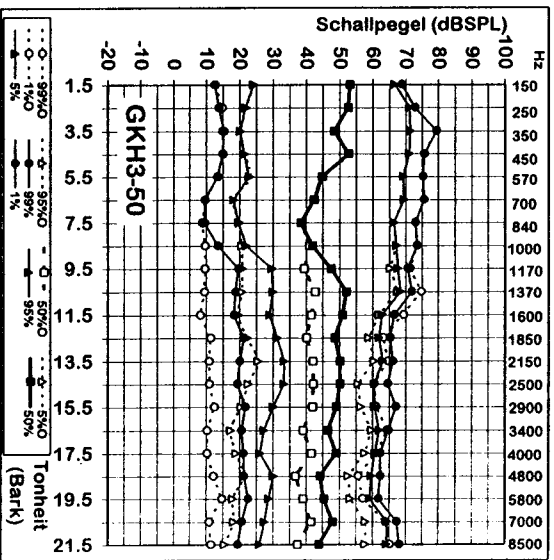
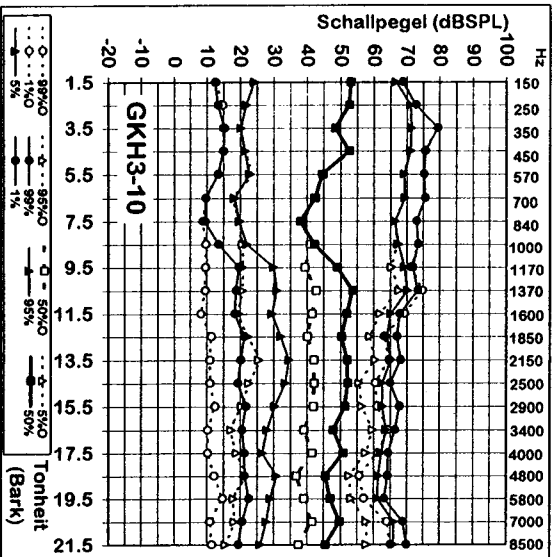




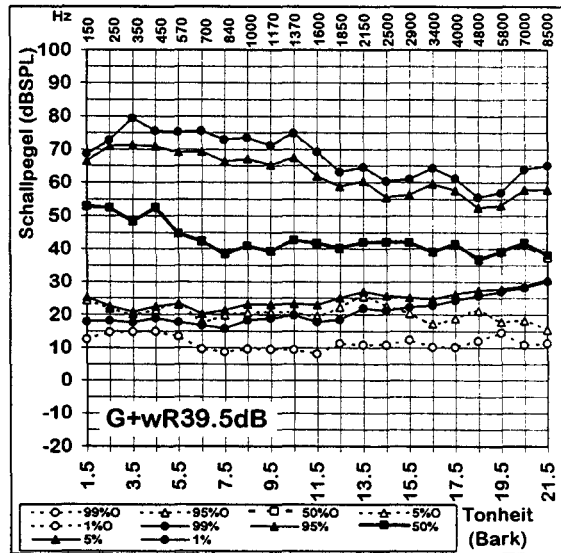
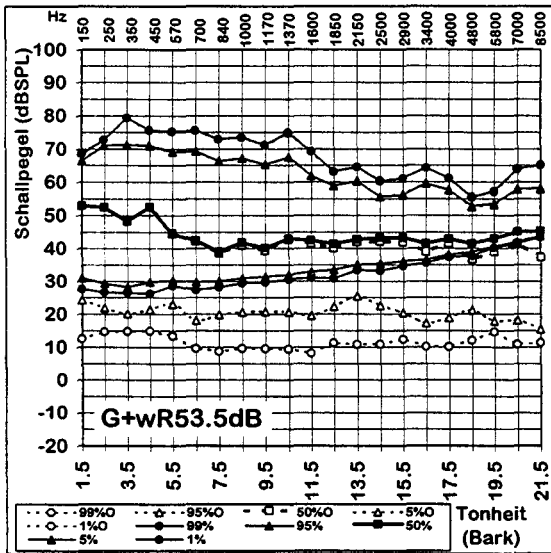
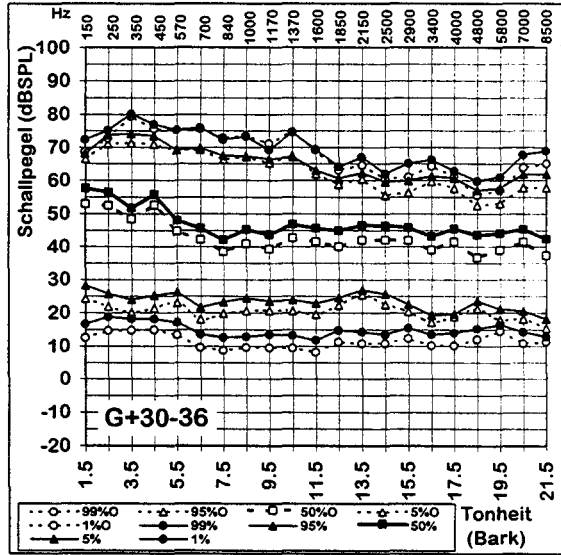
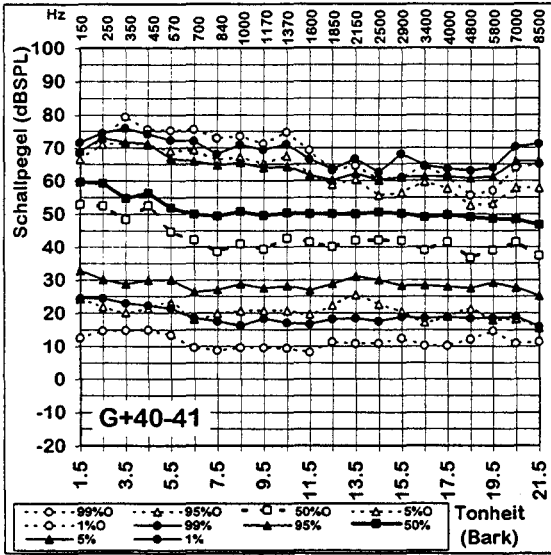


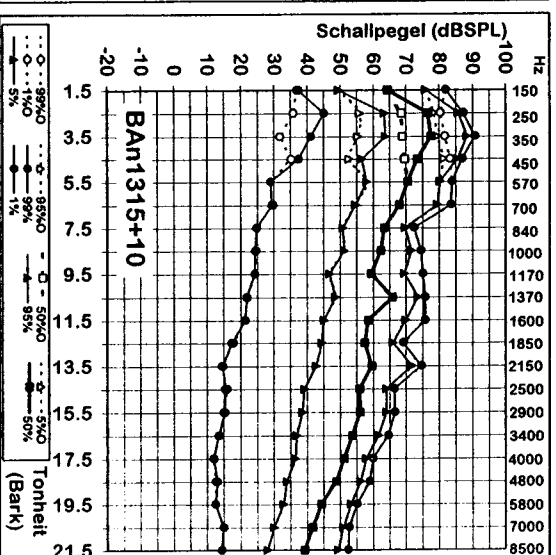
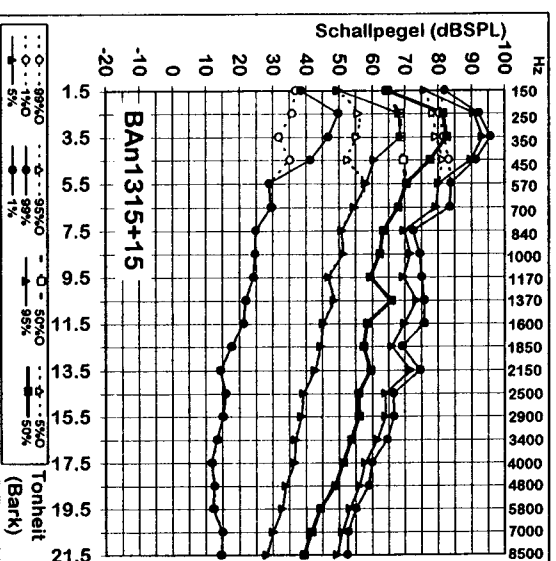
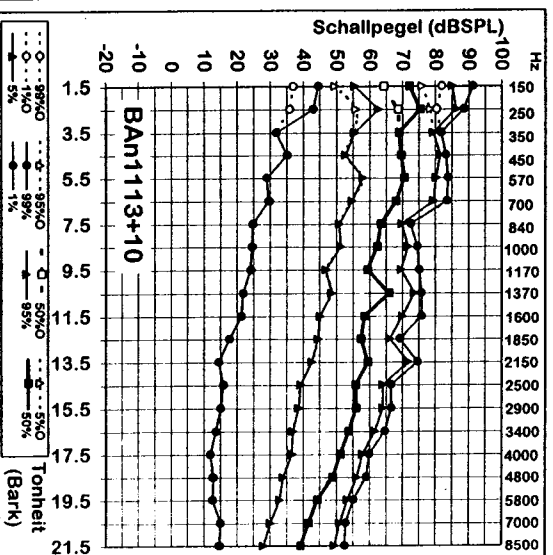
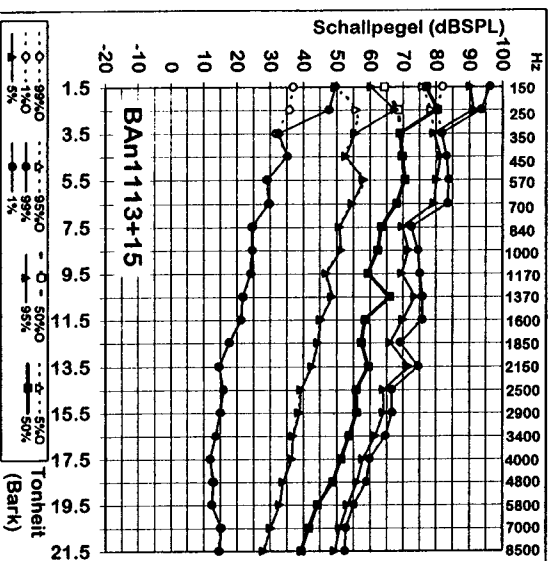
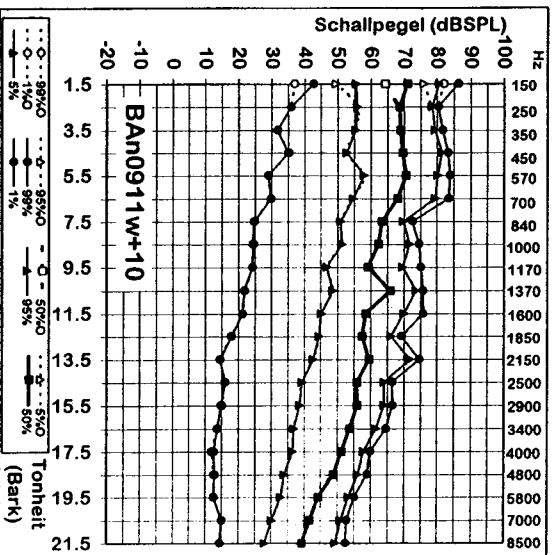
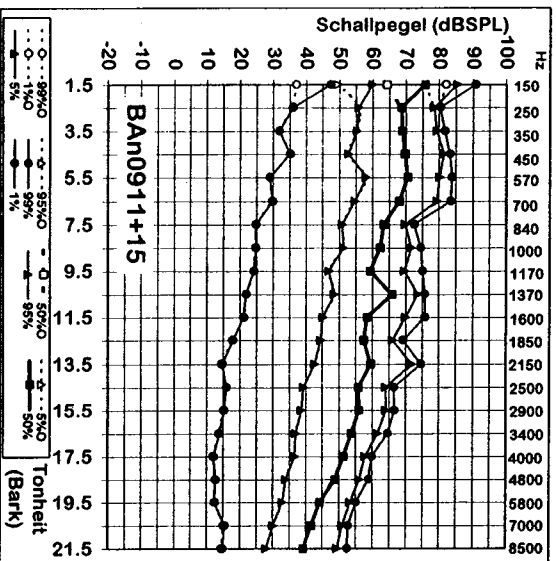




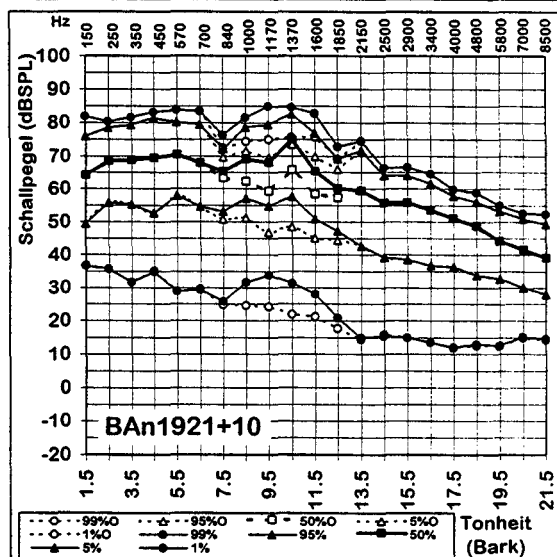
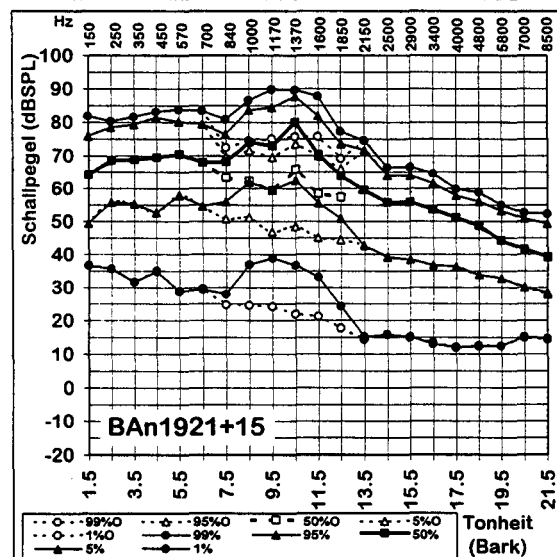
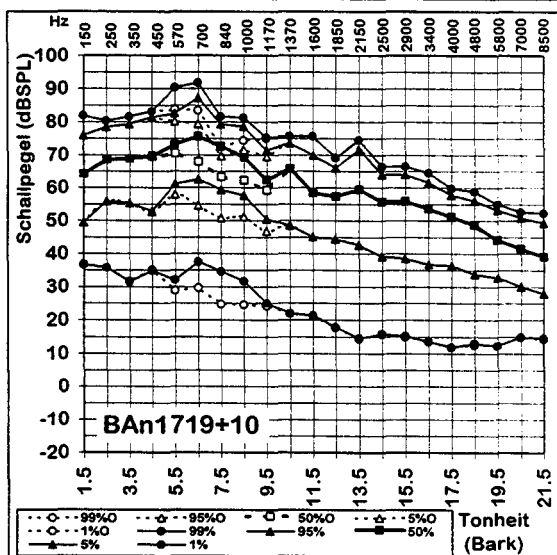
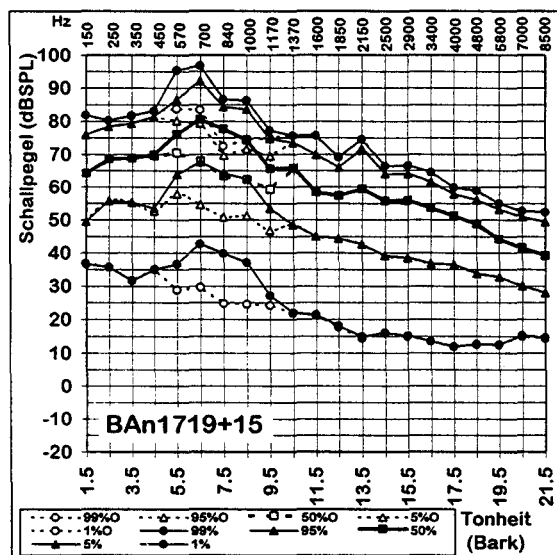
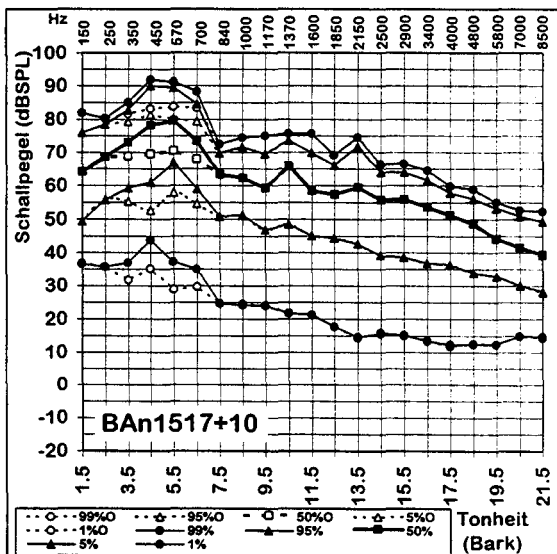
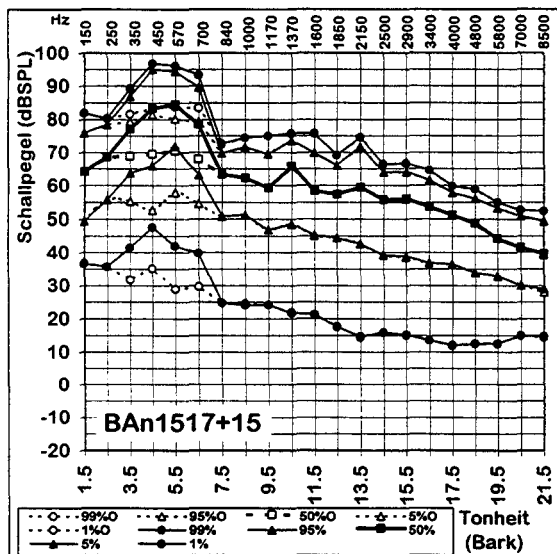


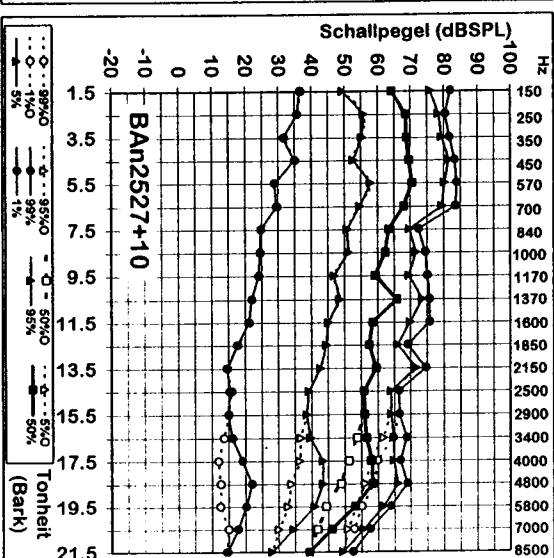
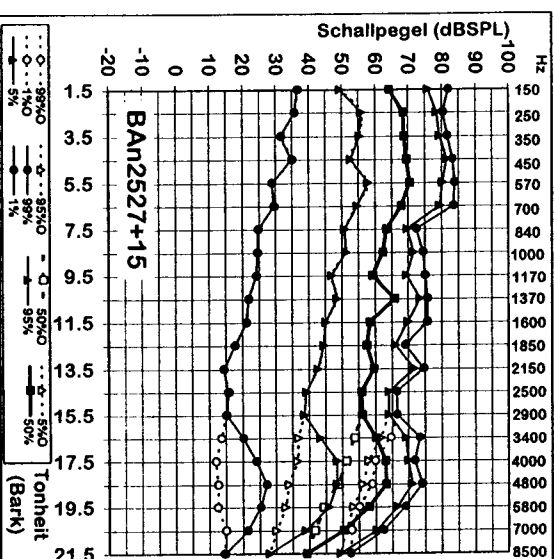
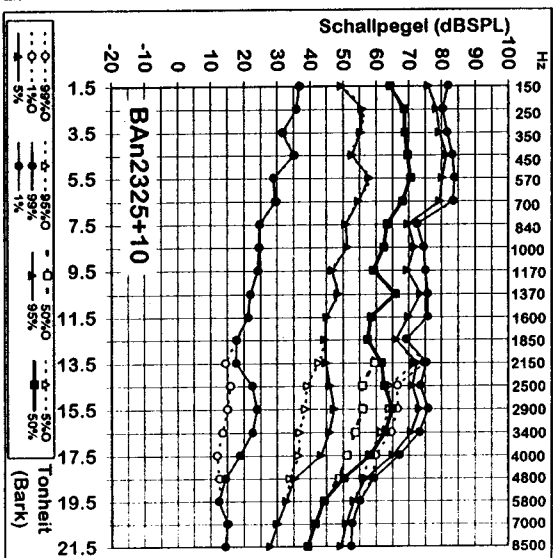
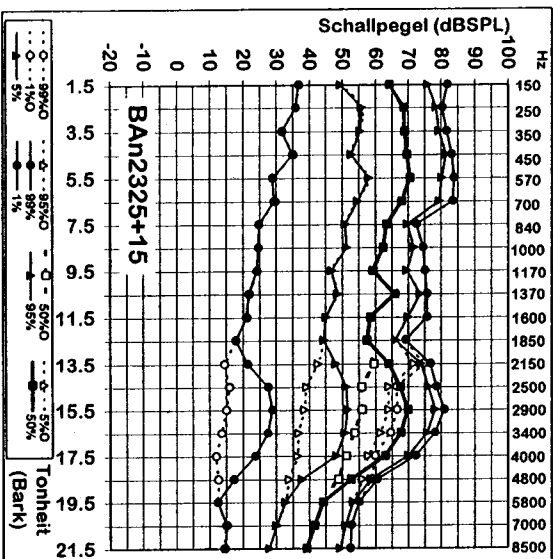
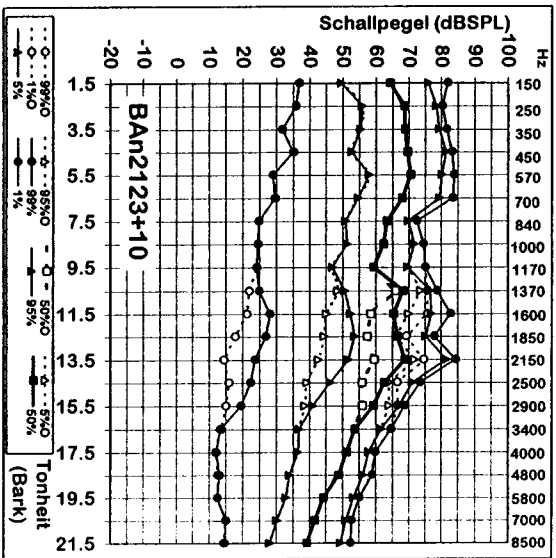
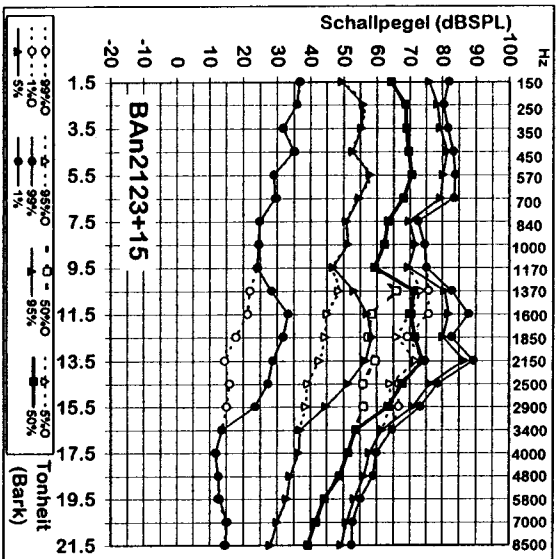
Anhang C

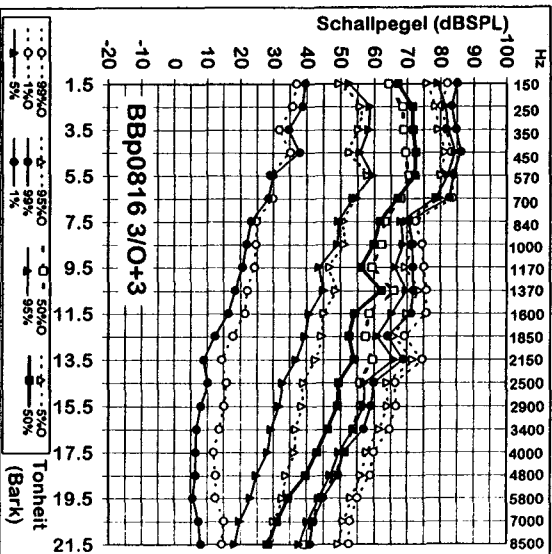
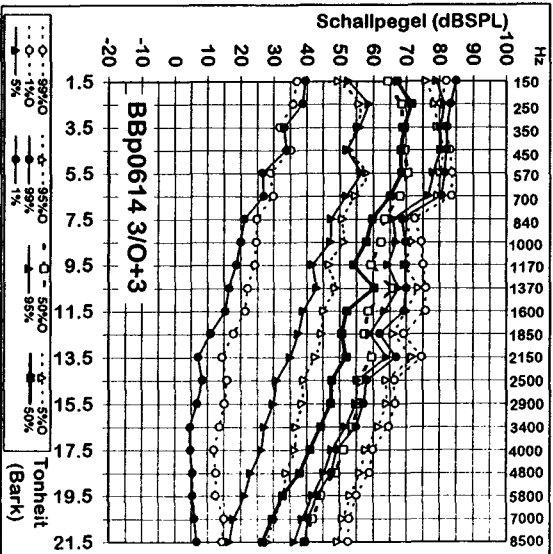
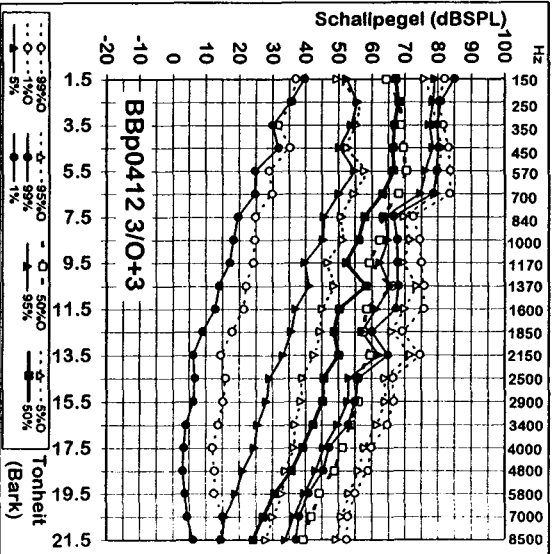
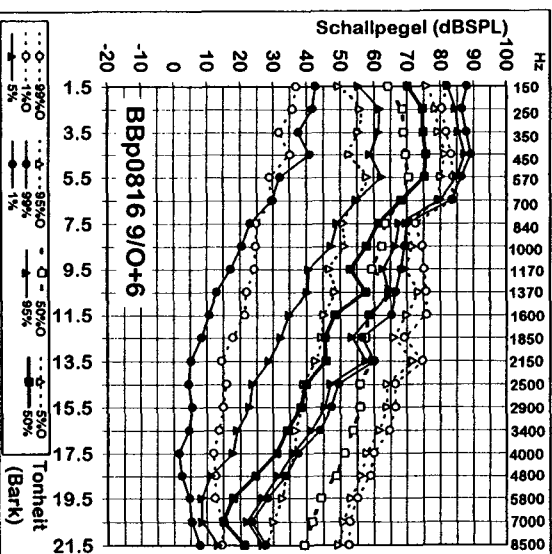
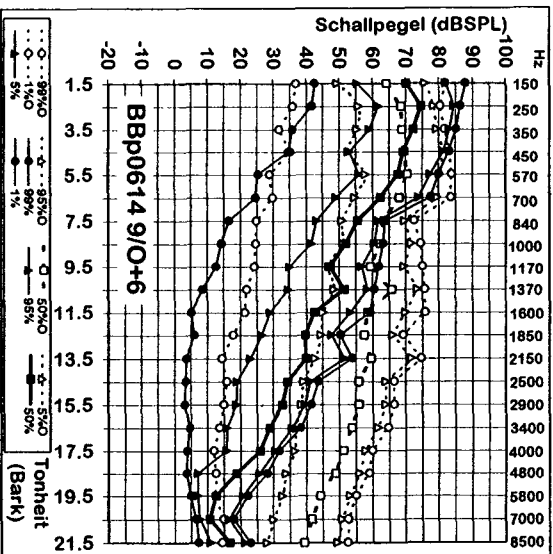
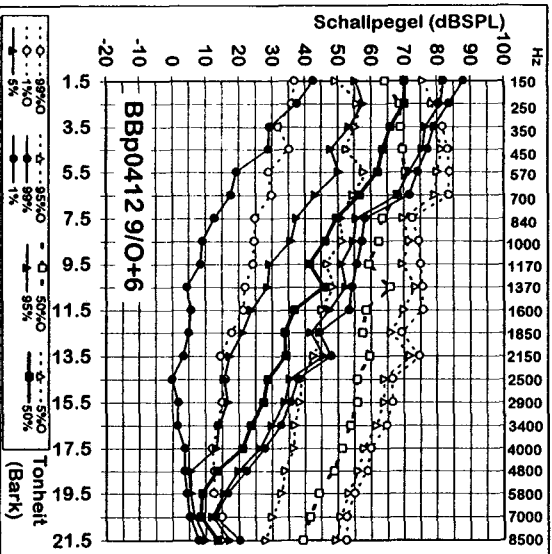




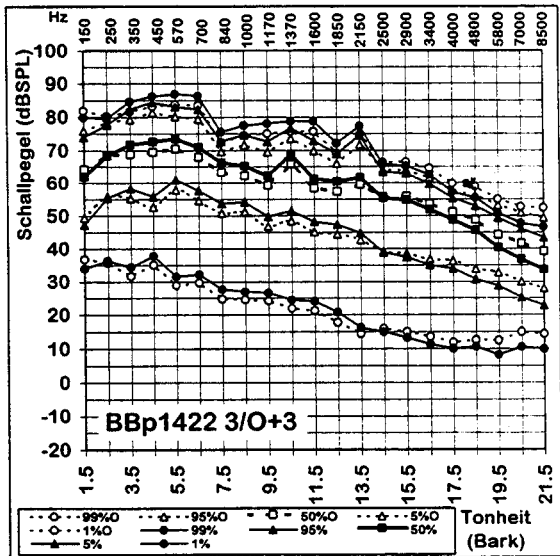
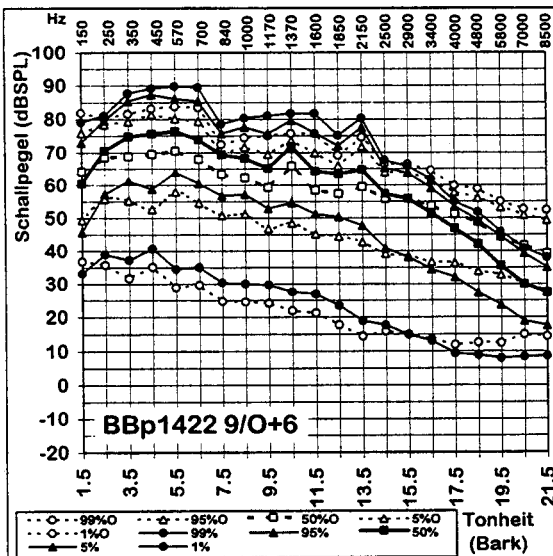
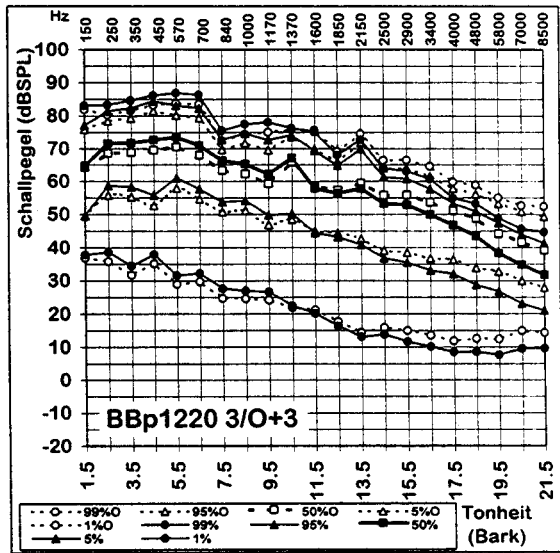
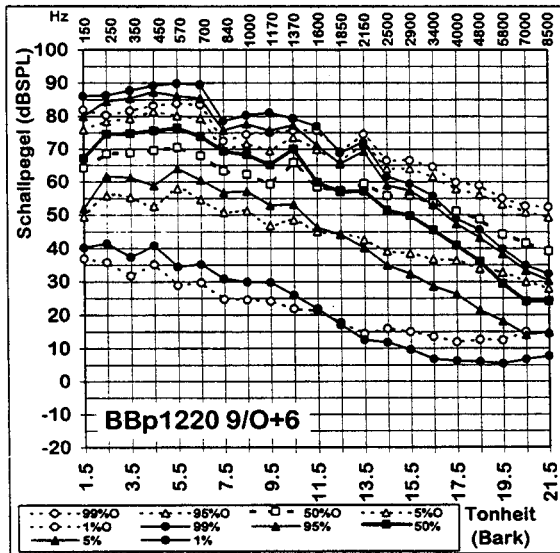
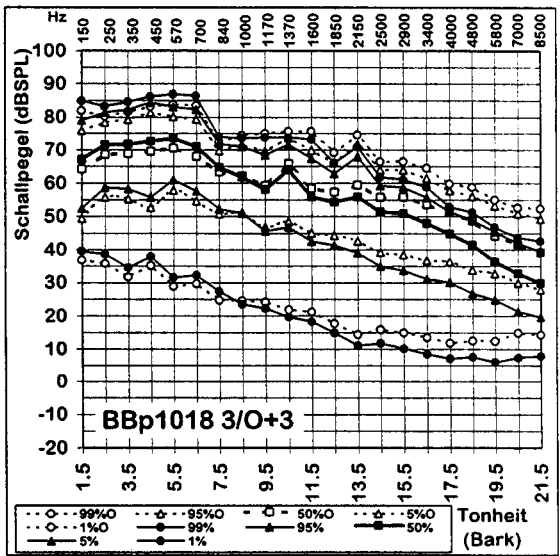
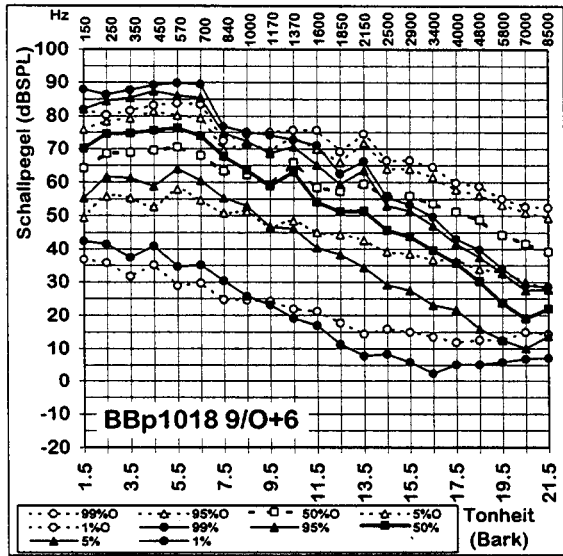
Anhang C

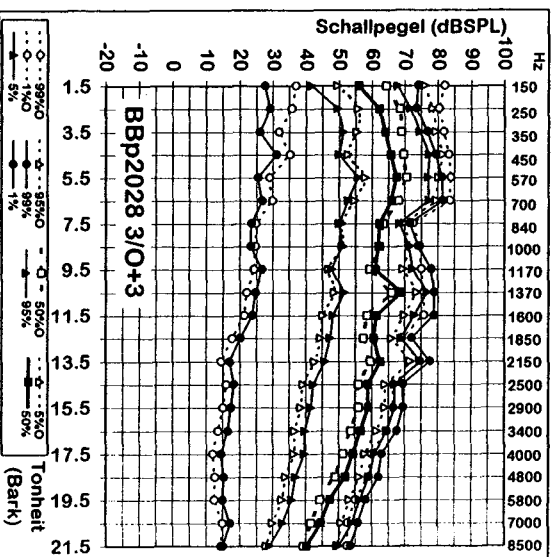
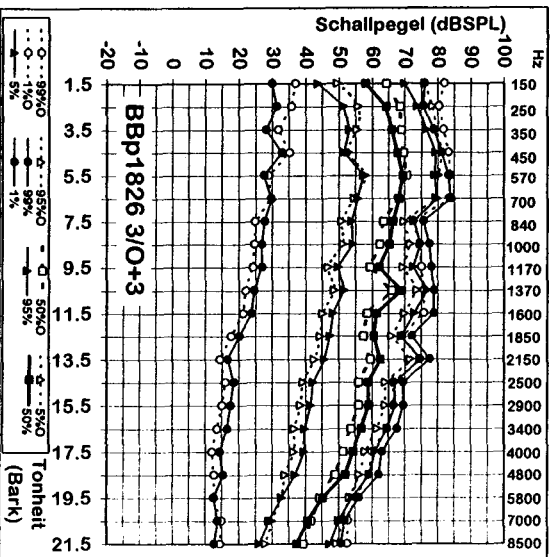
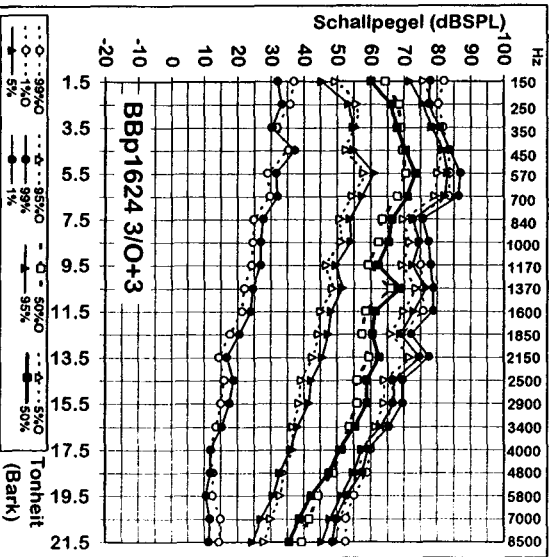
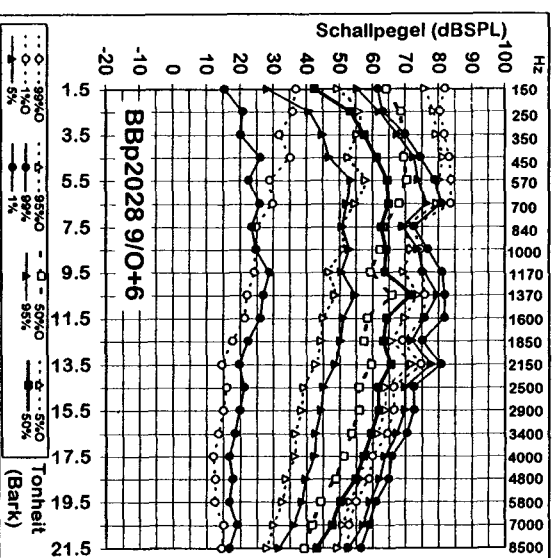
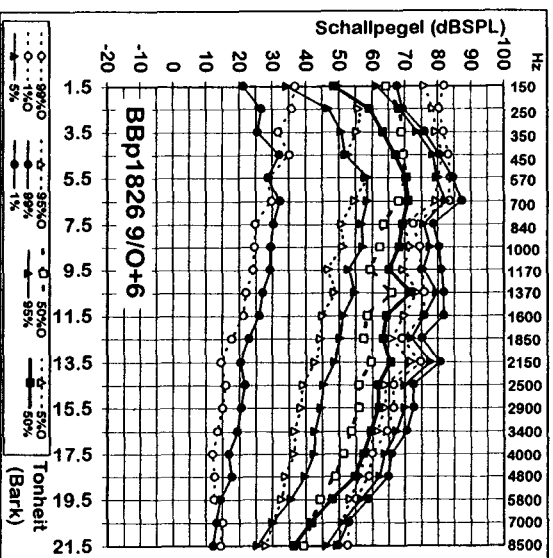
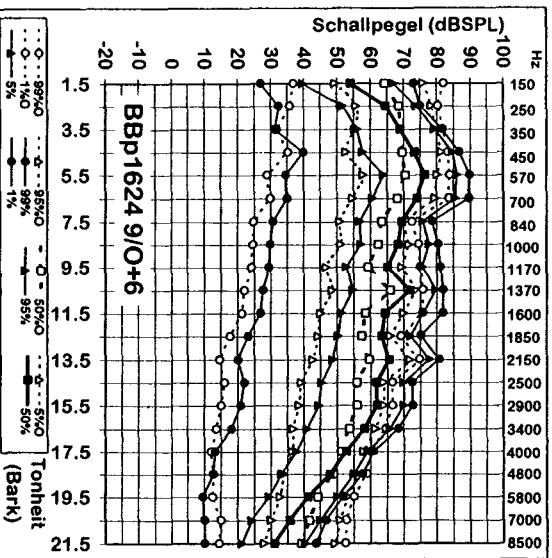


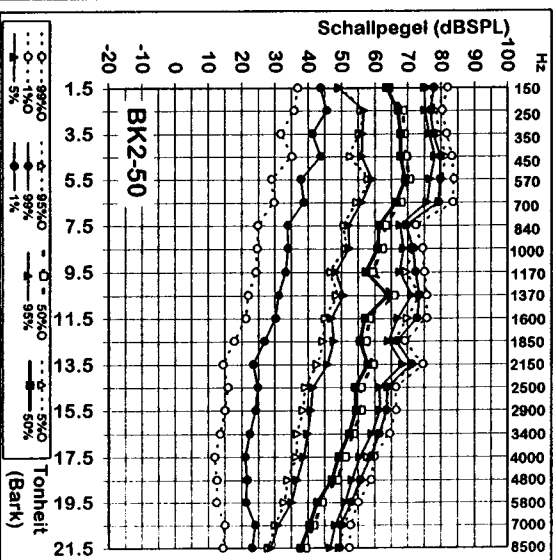
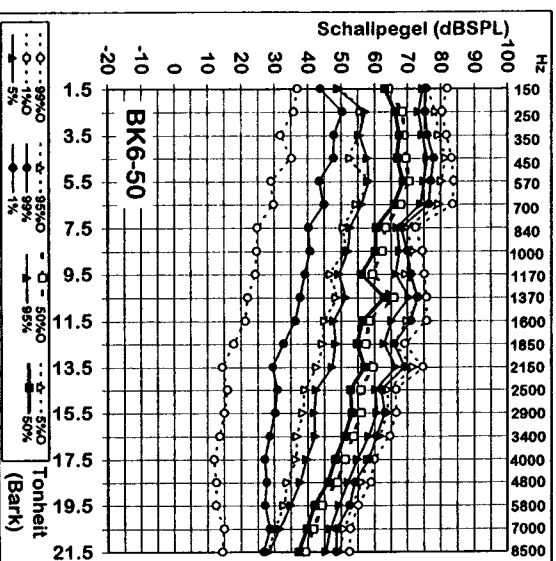
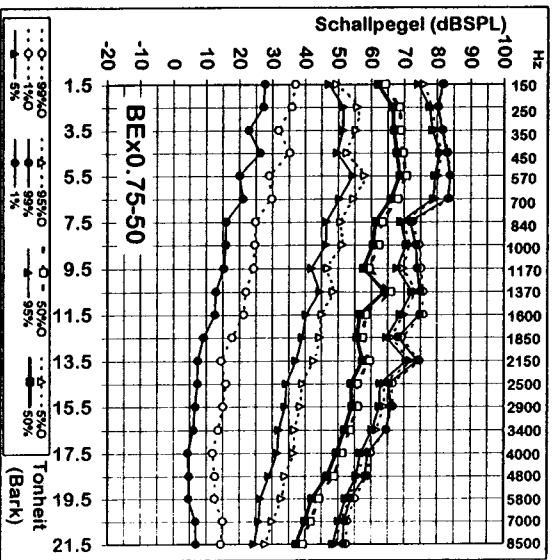
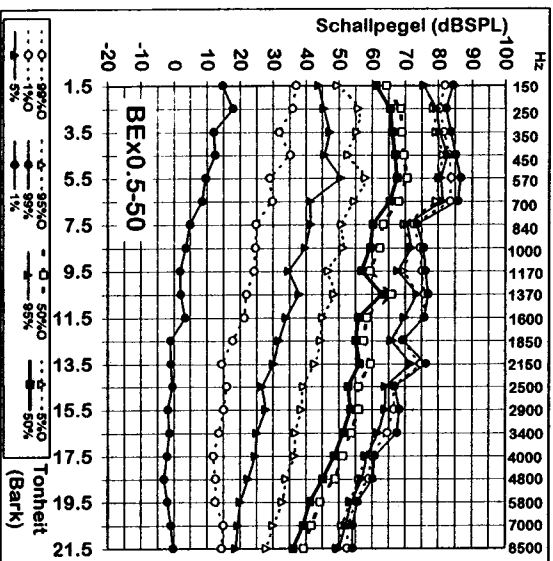
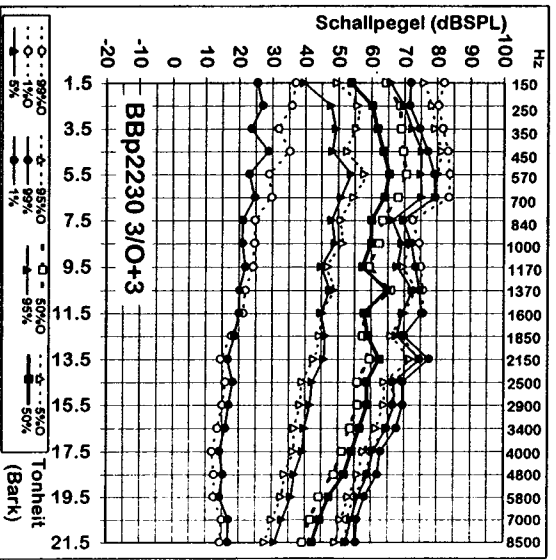
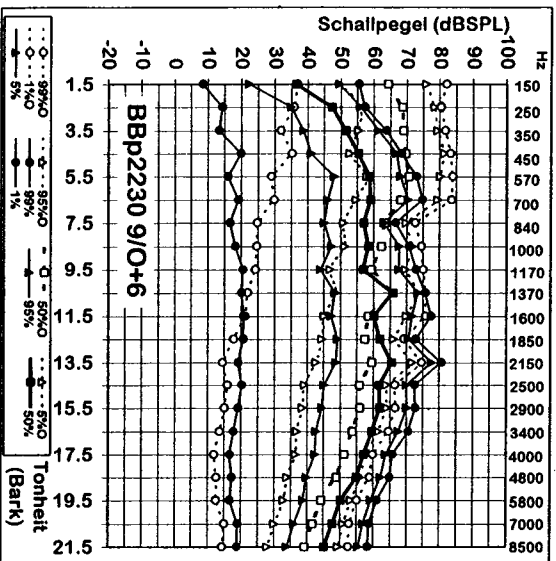


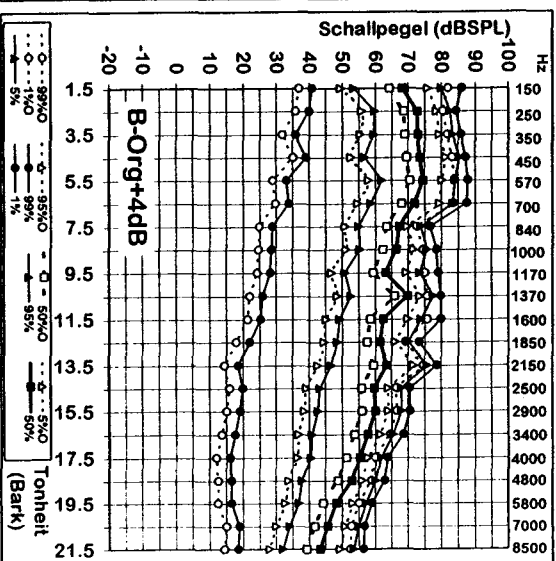
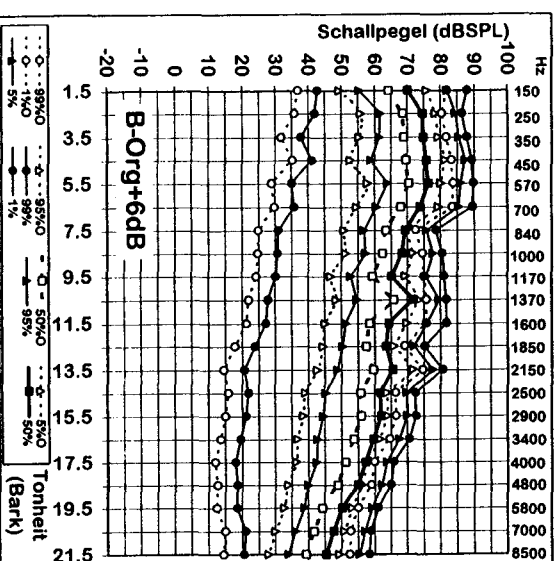
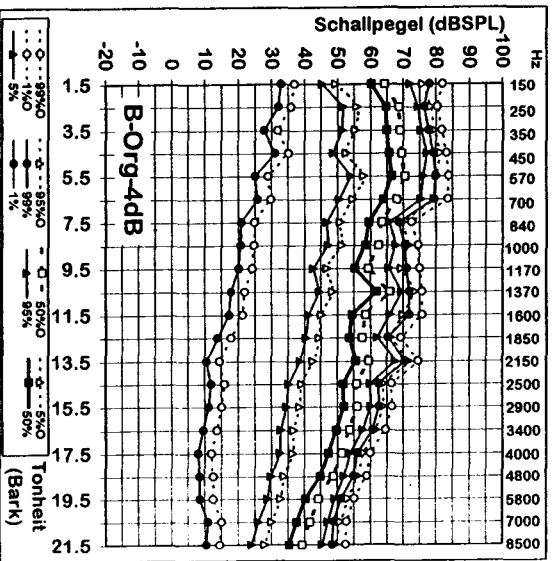
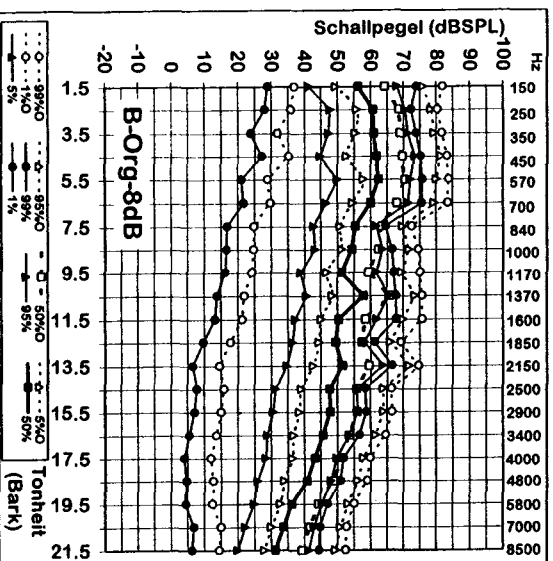
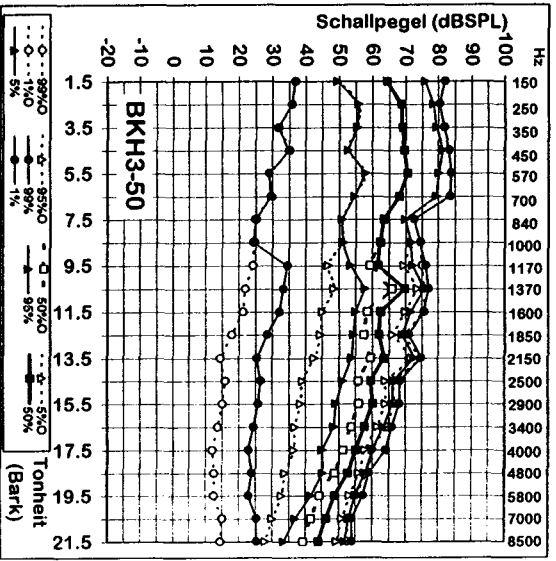
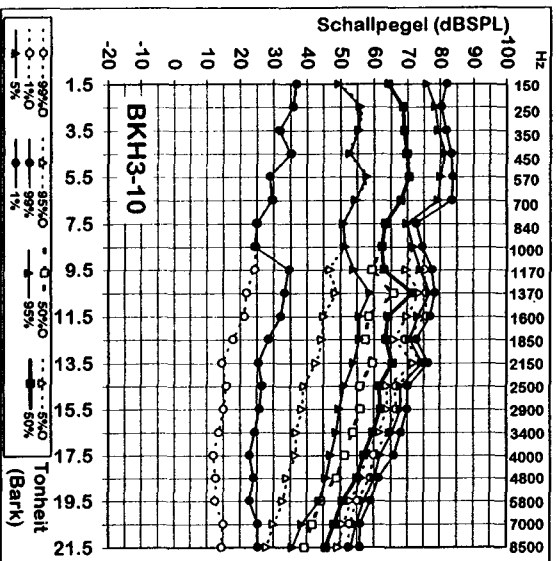


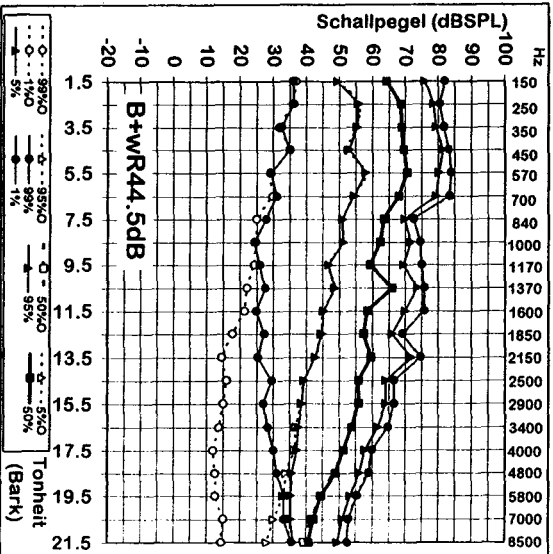
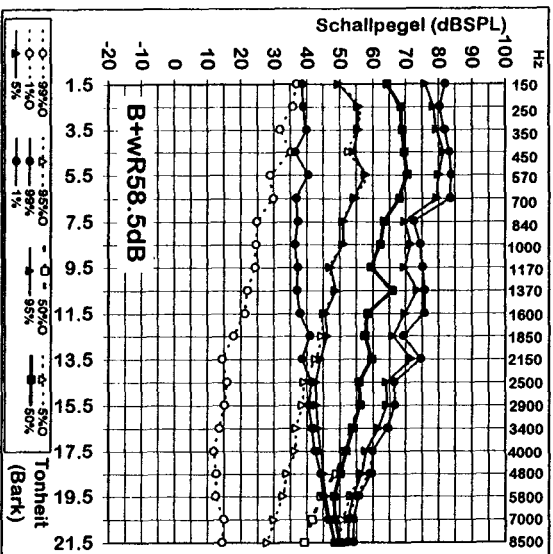
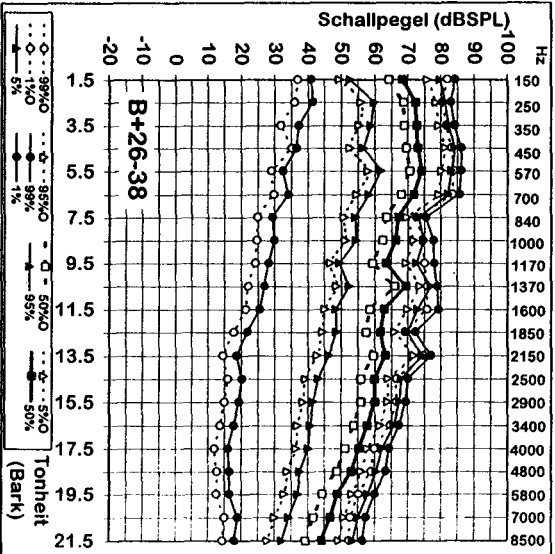
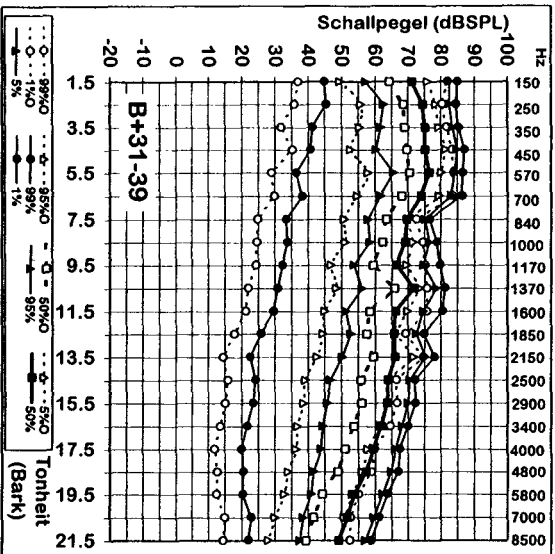
Anhang C



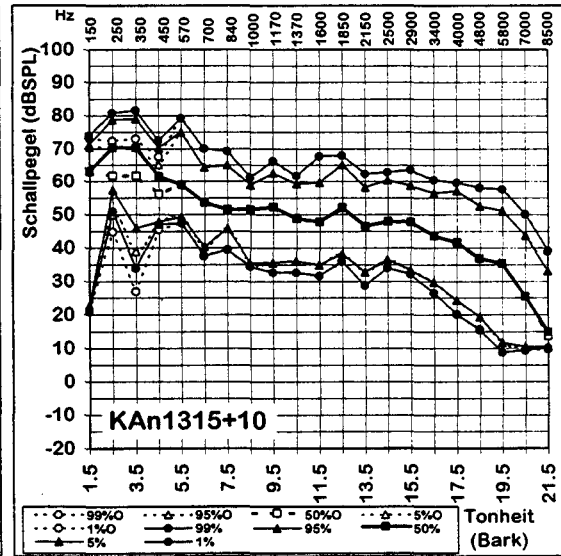
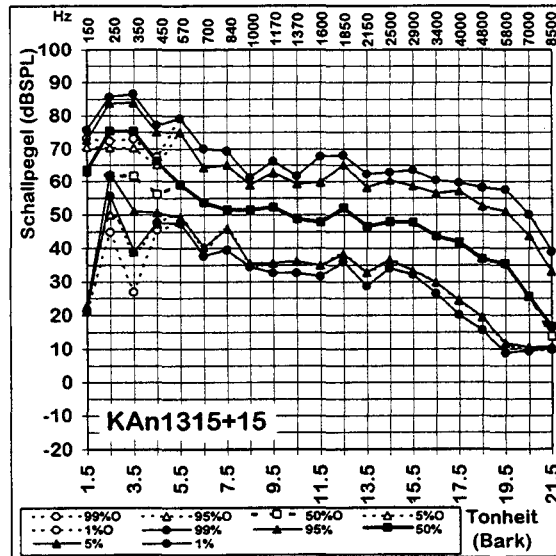
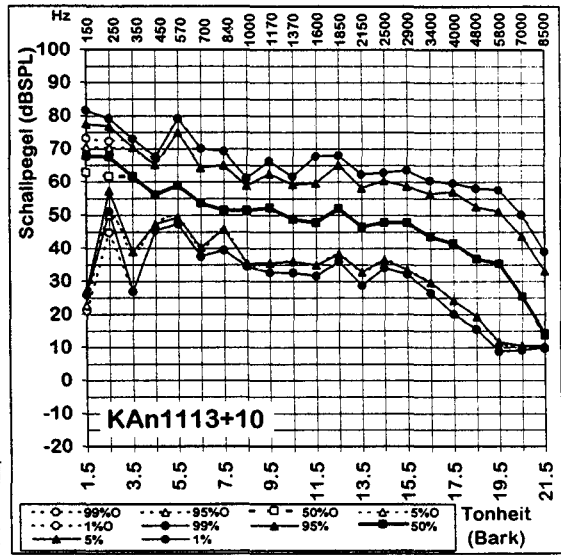
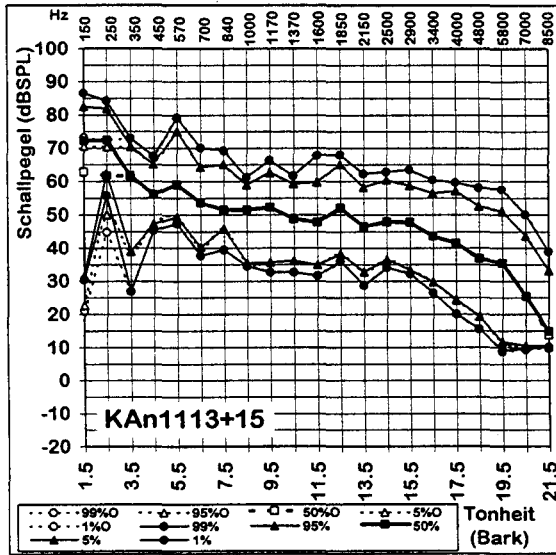
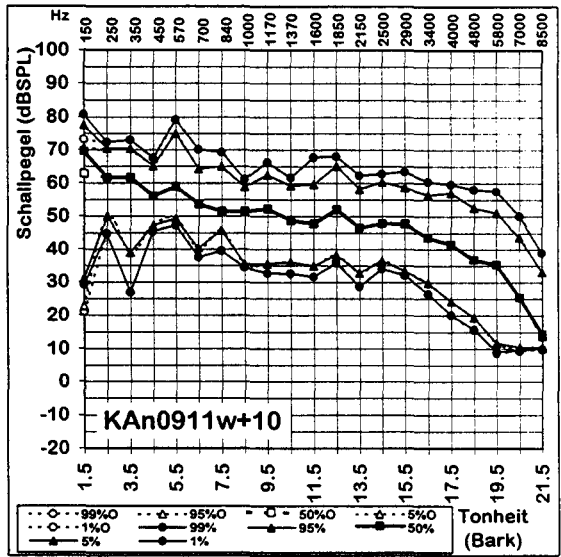
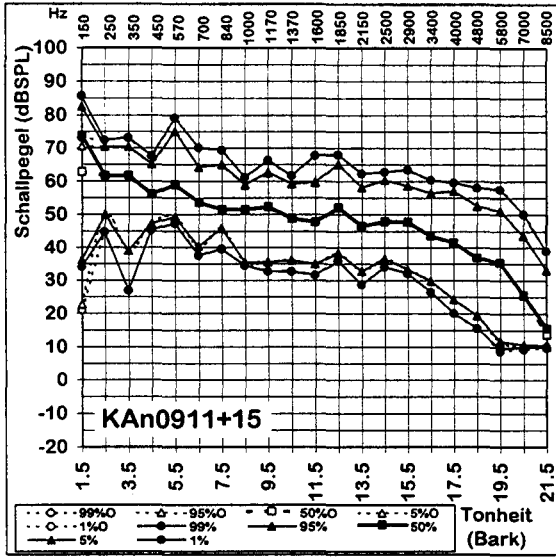


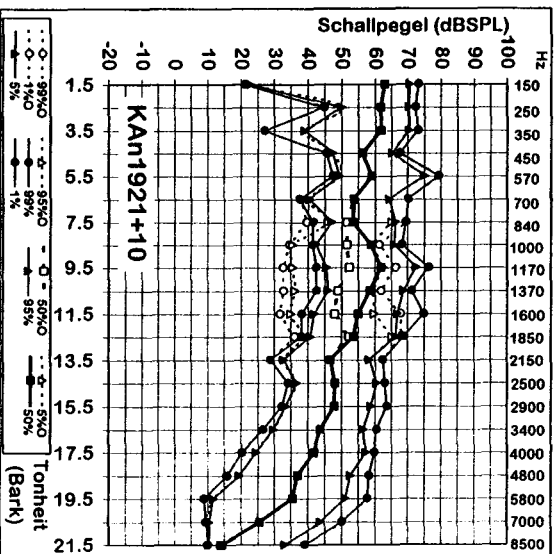
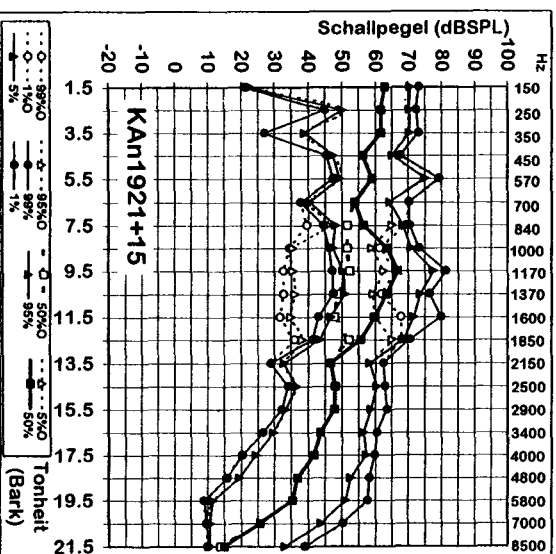
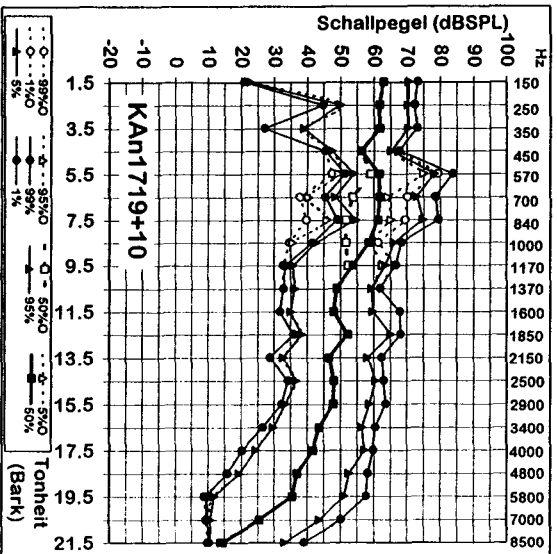
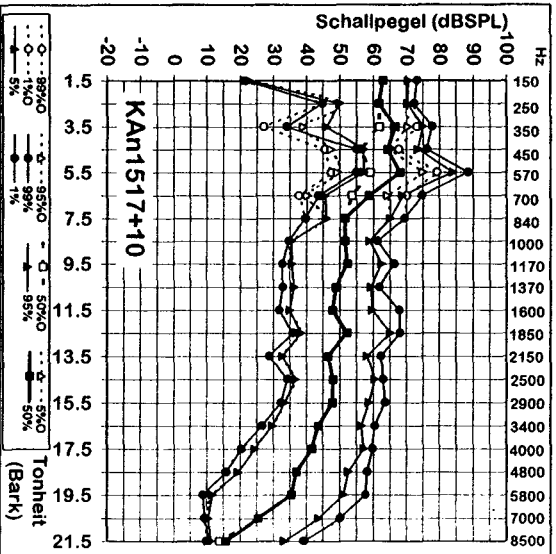
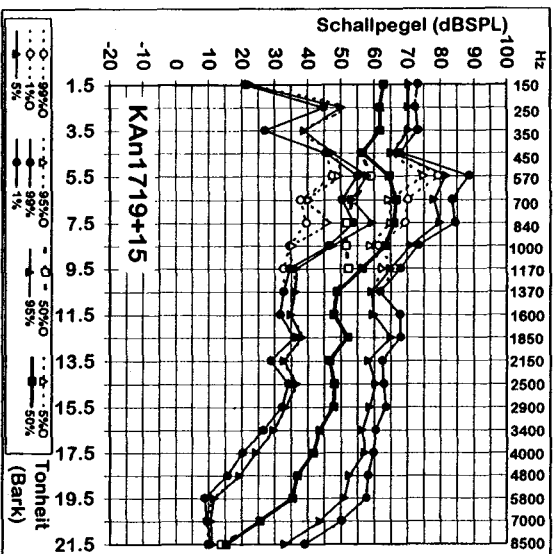
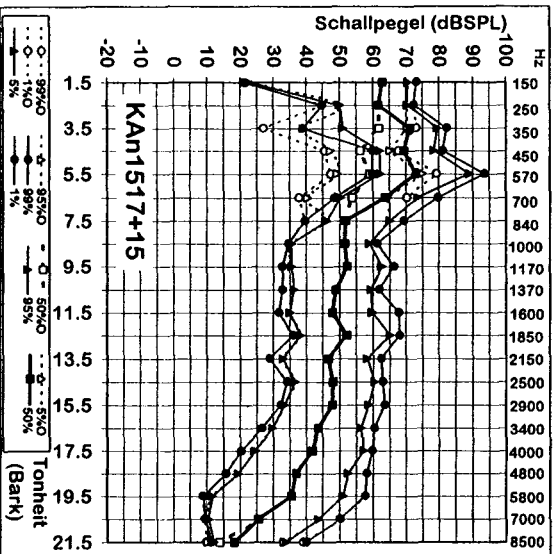




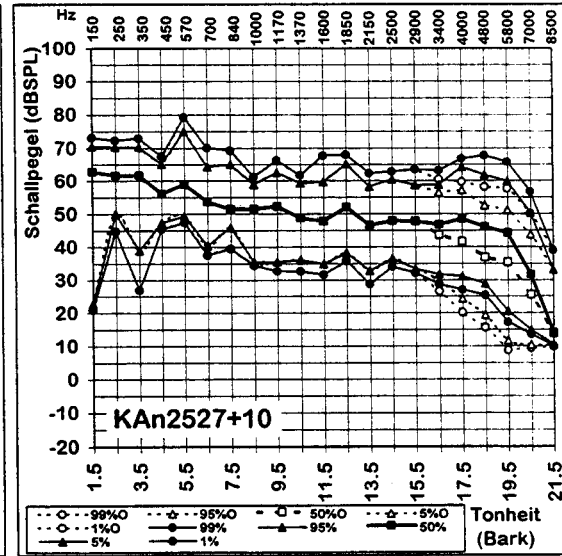
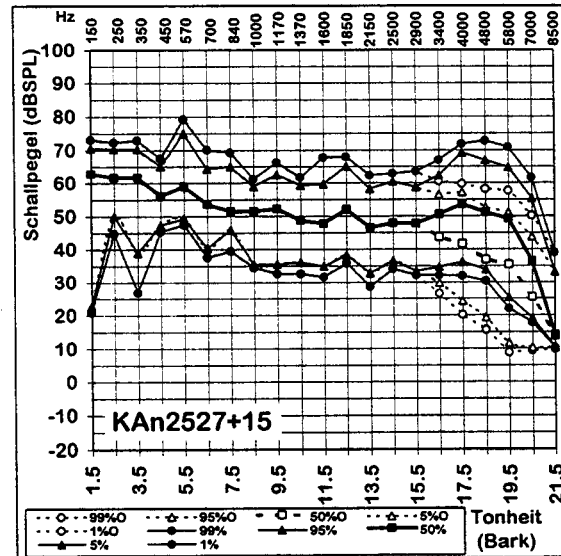
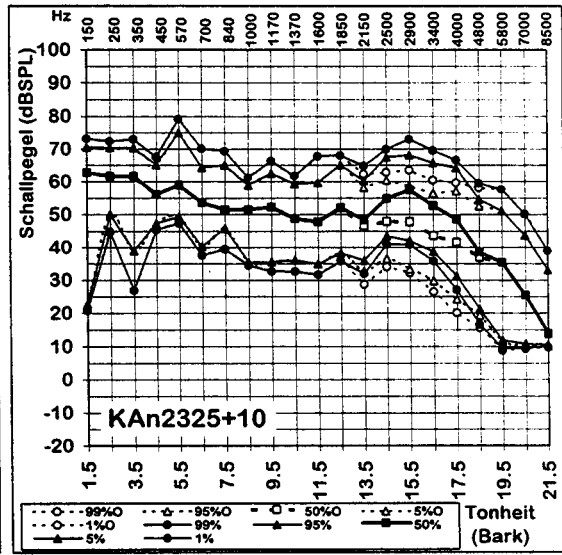
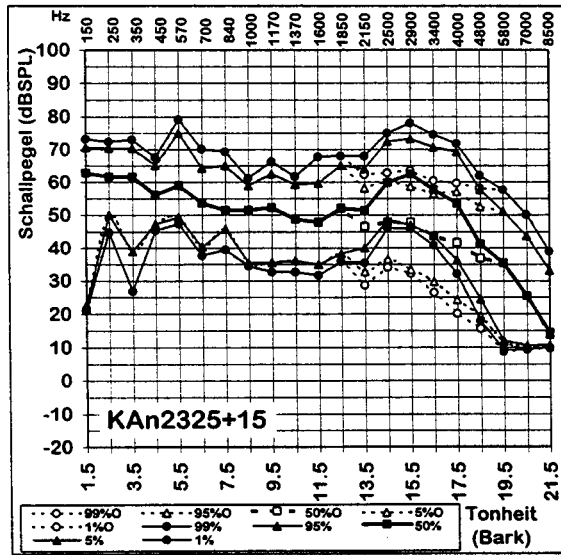
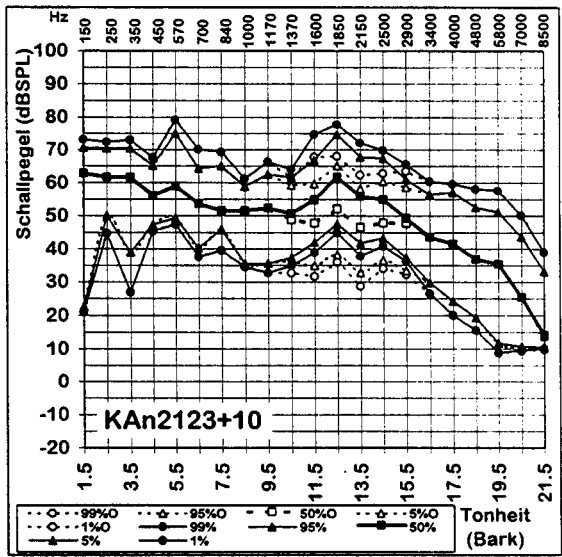
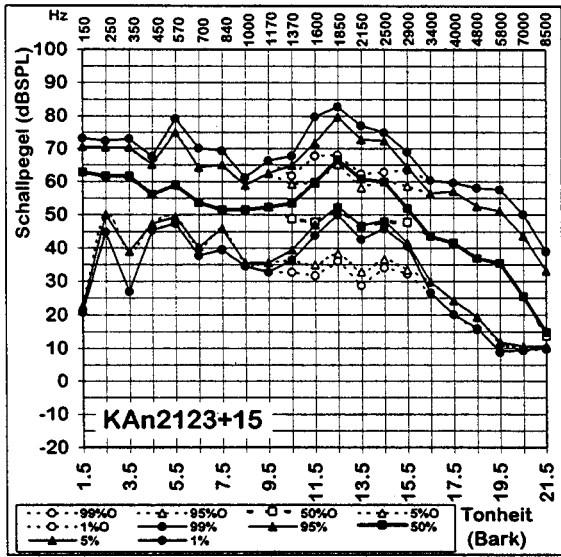


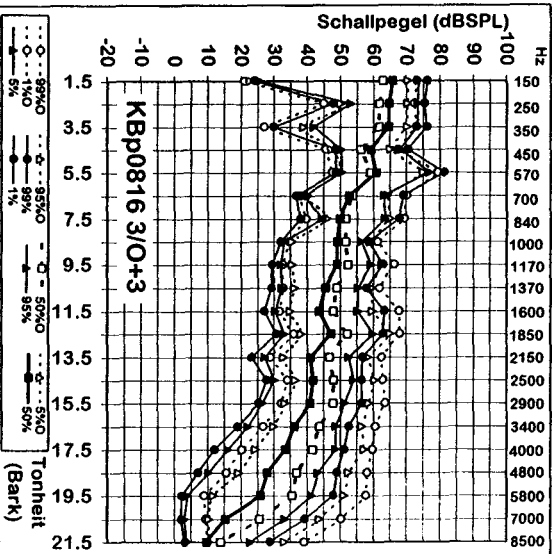
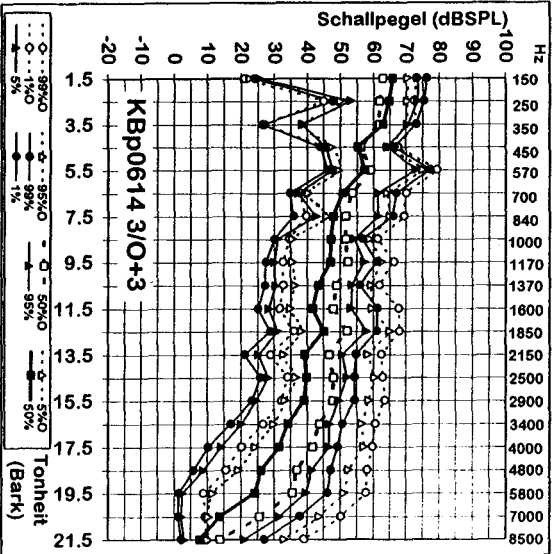
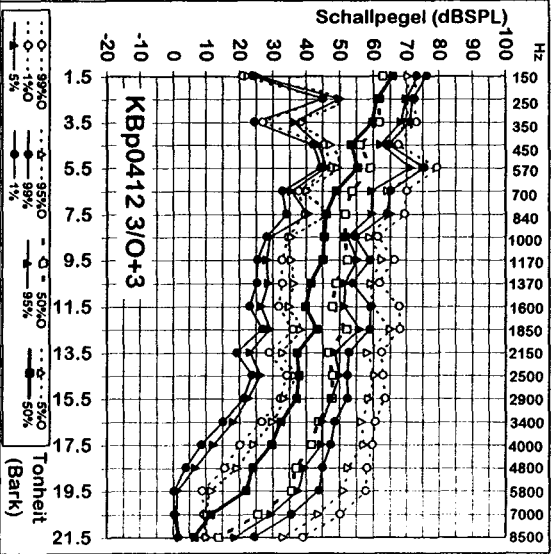
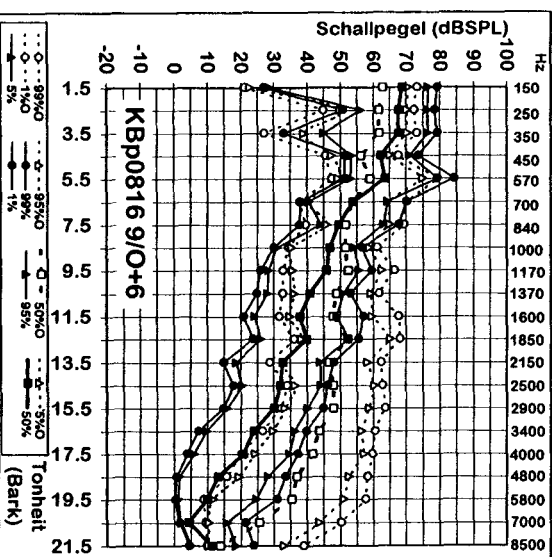
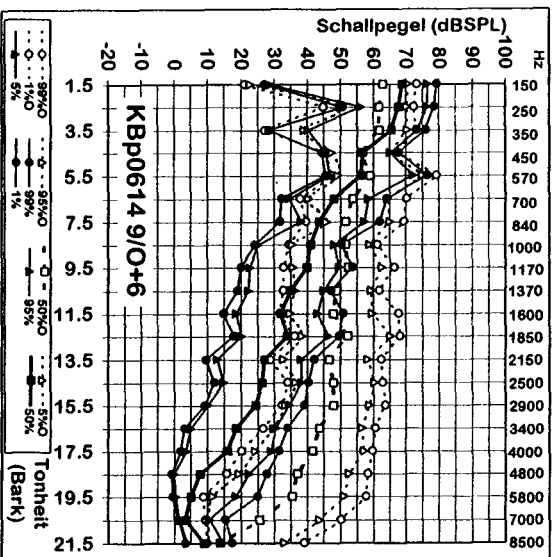
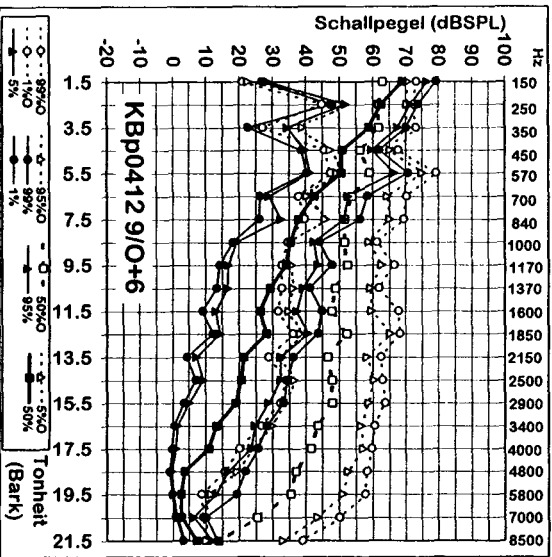
Anhang C

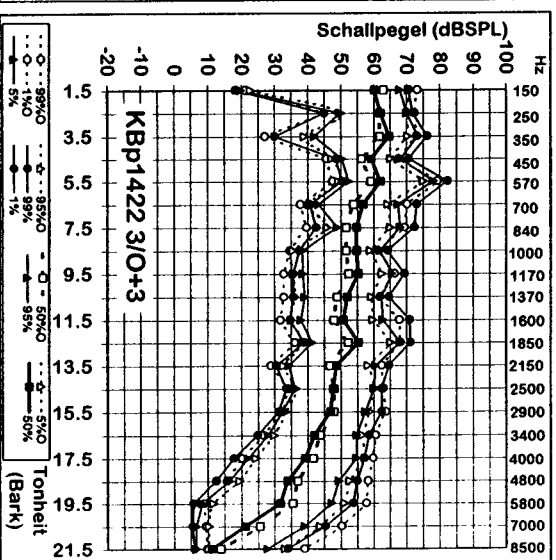
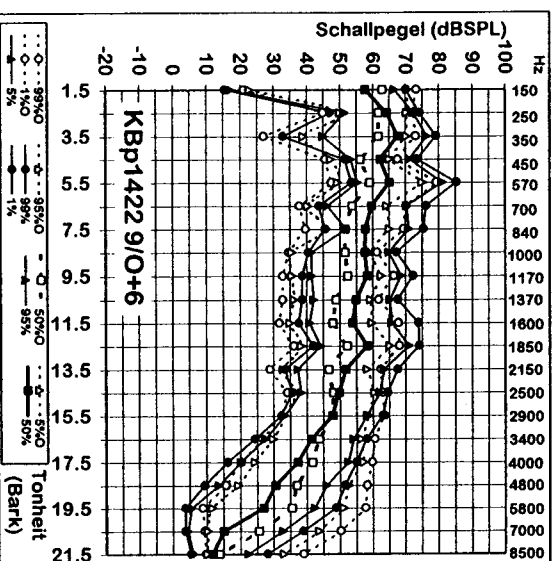
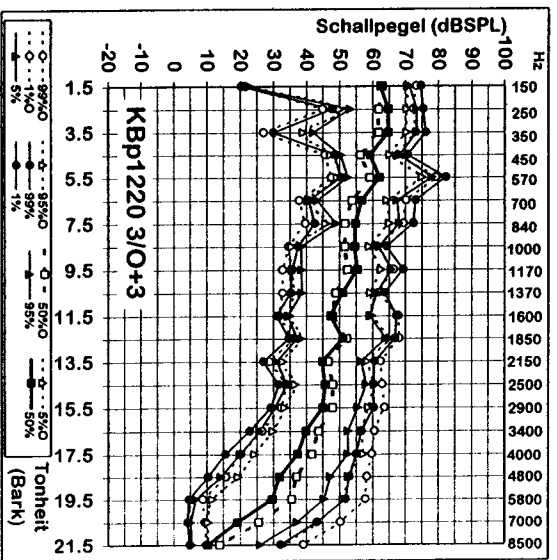
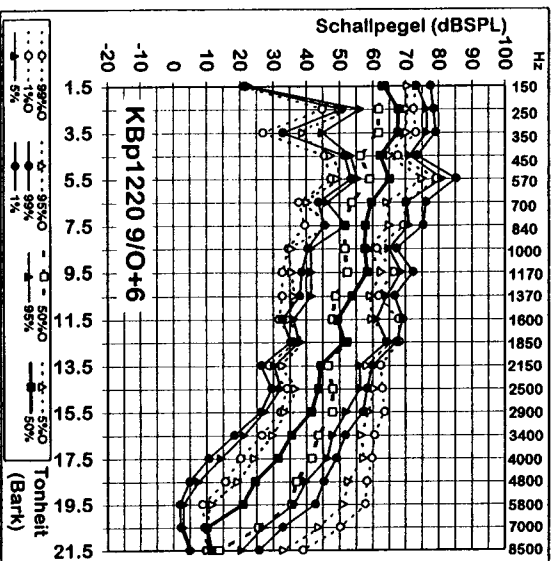
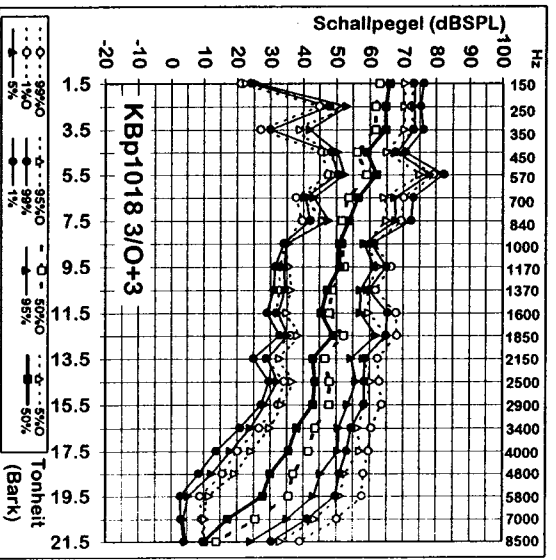
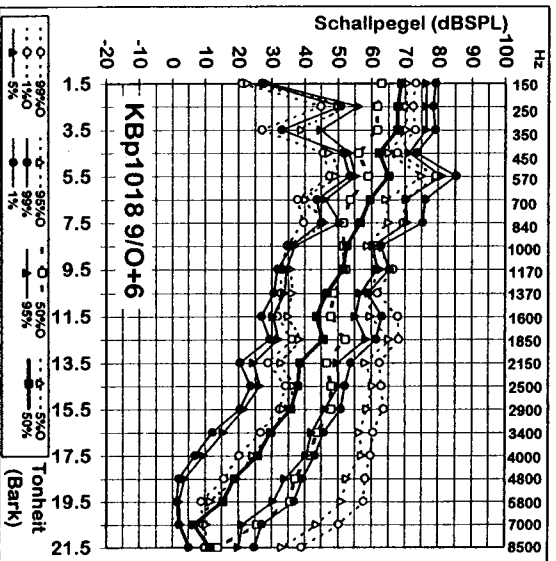




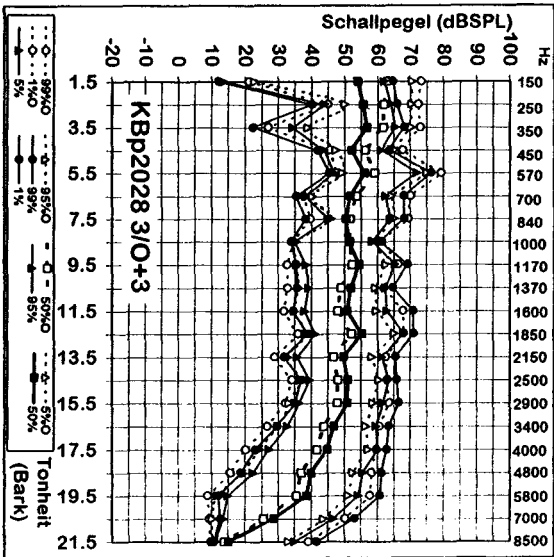
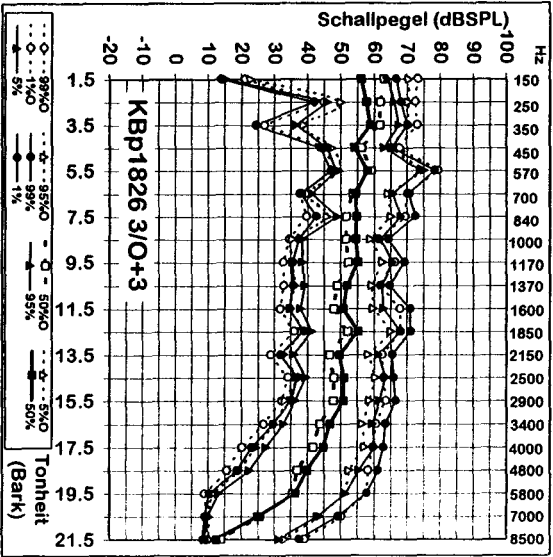
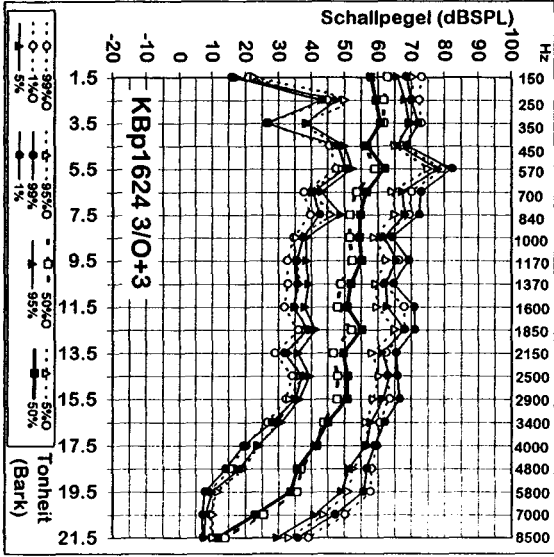
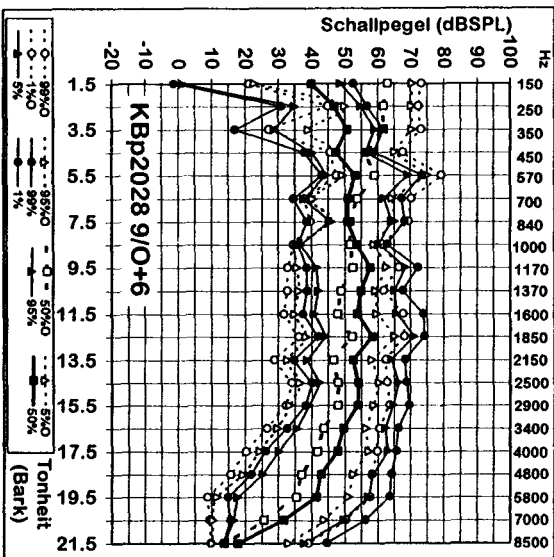
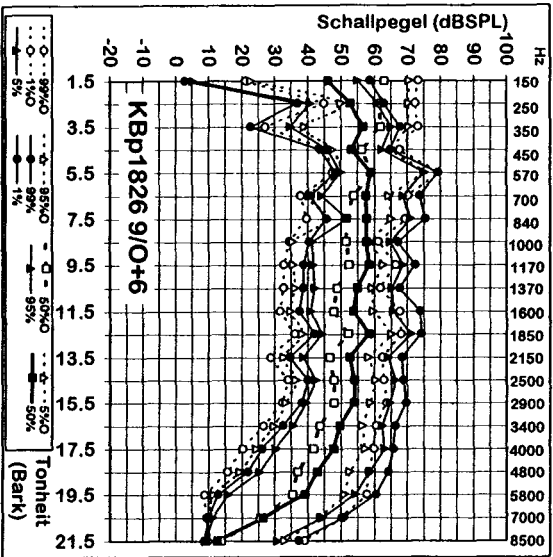
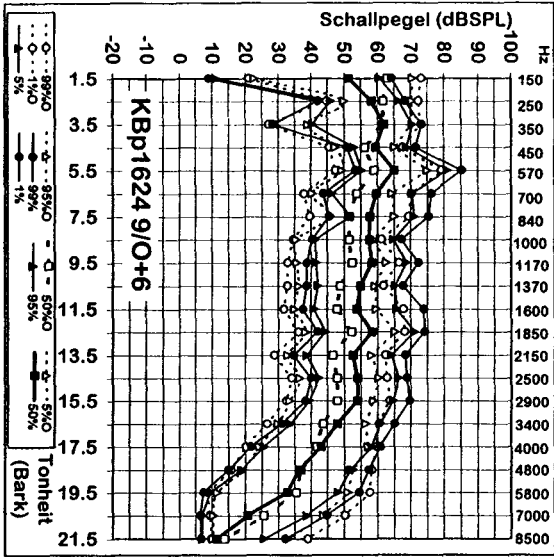
Anhang C

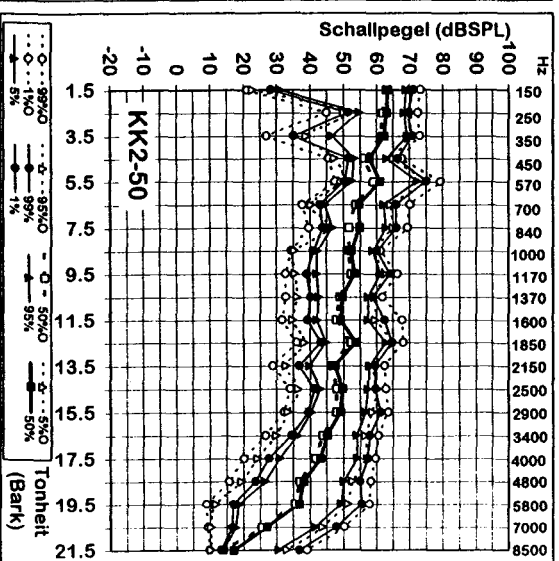
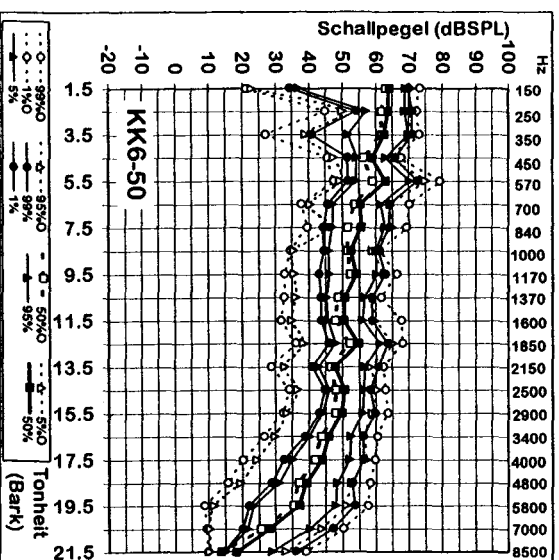
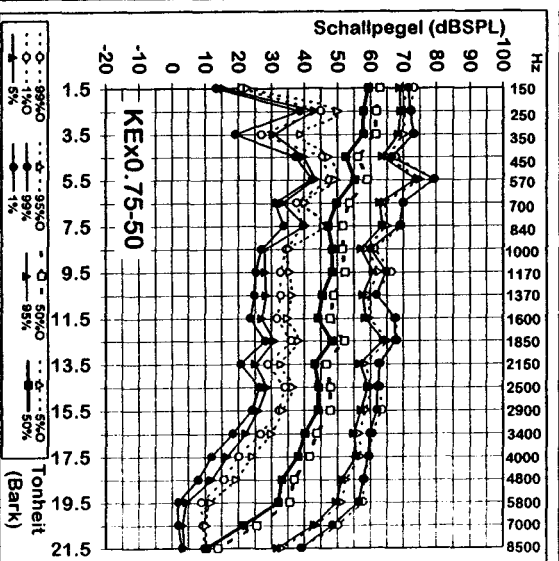
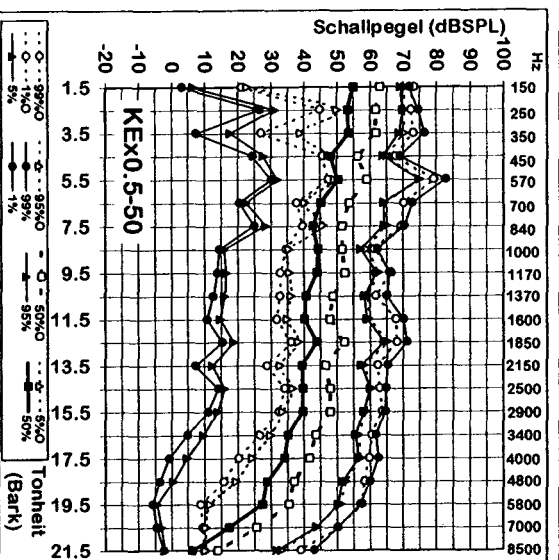
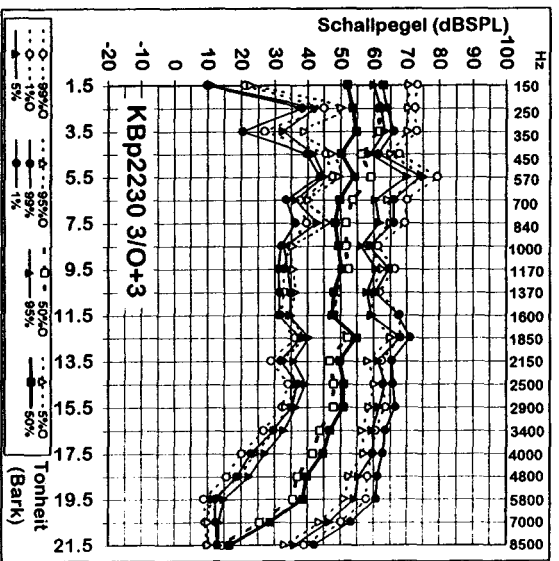
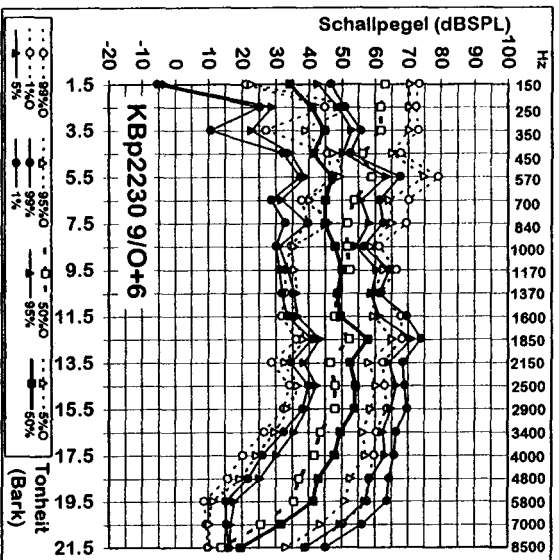




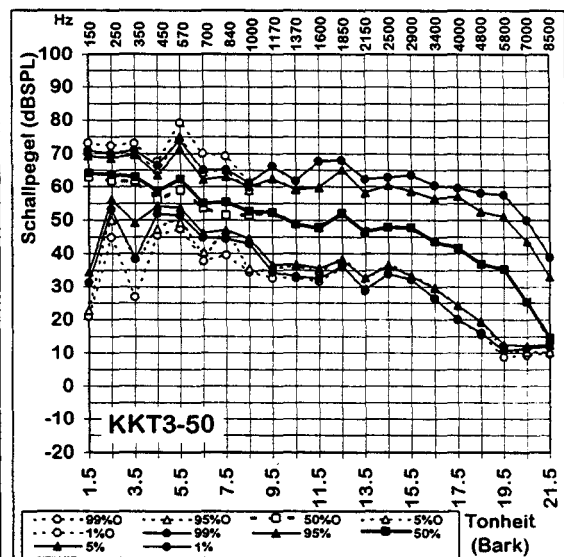
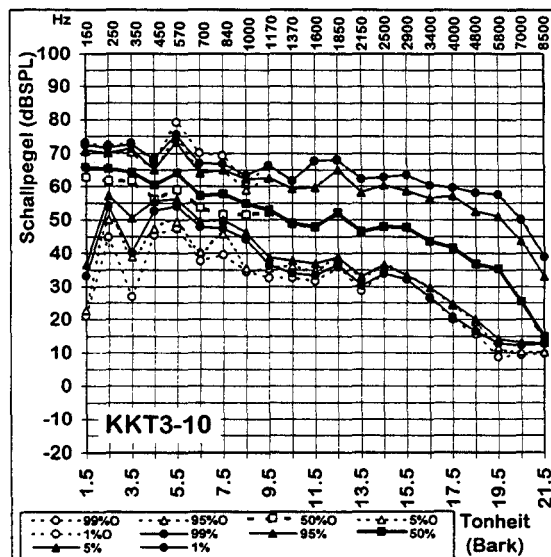
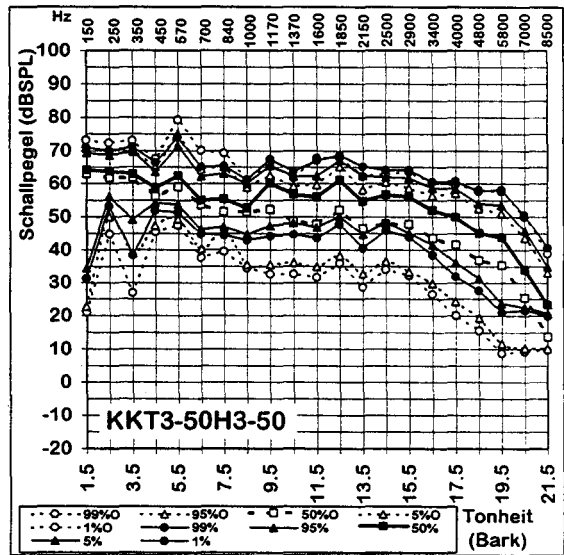
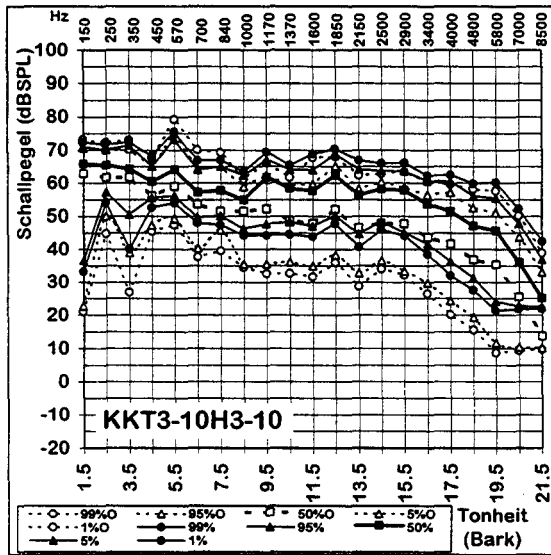
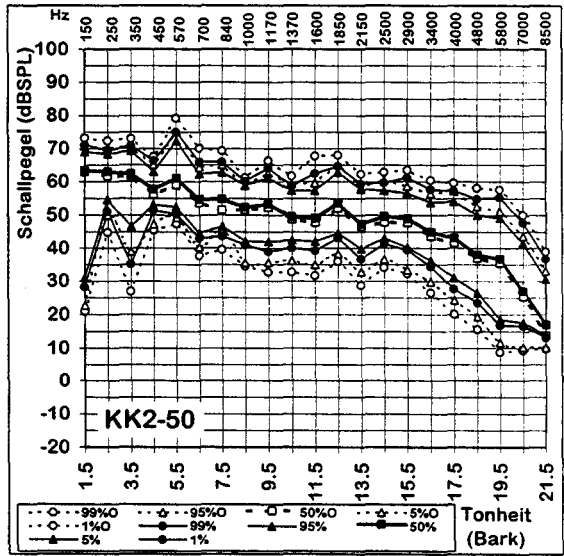
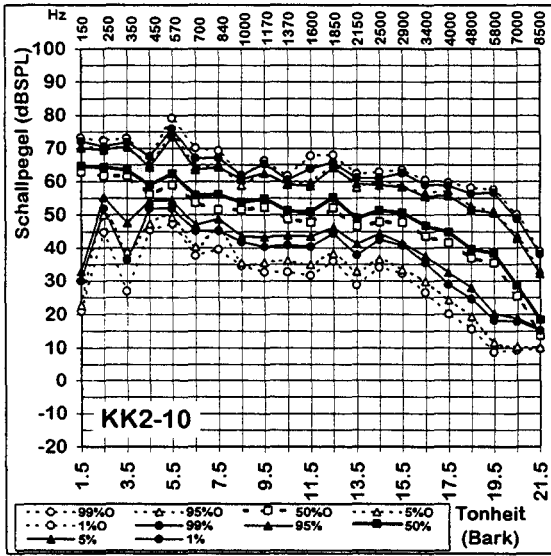


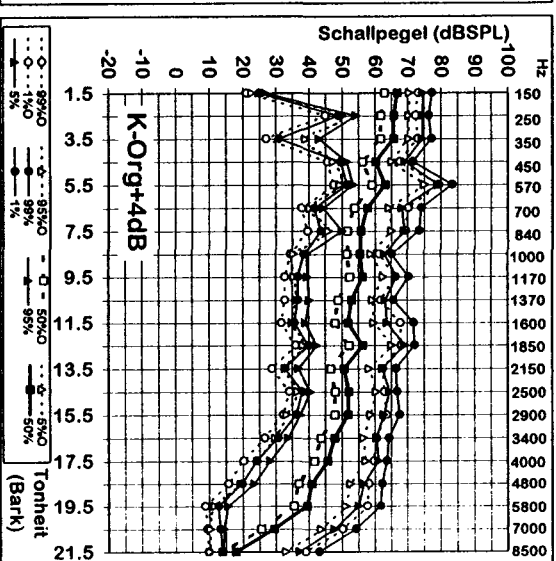
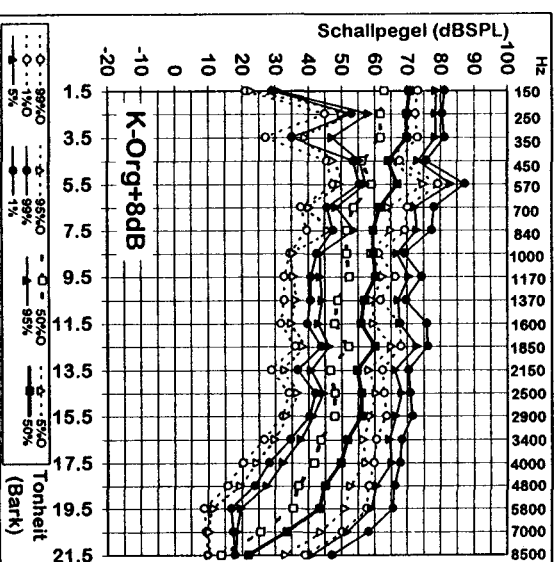
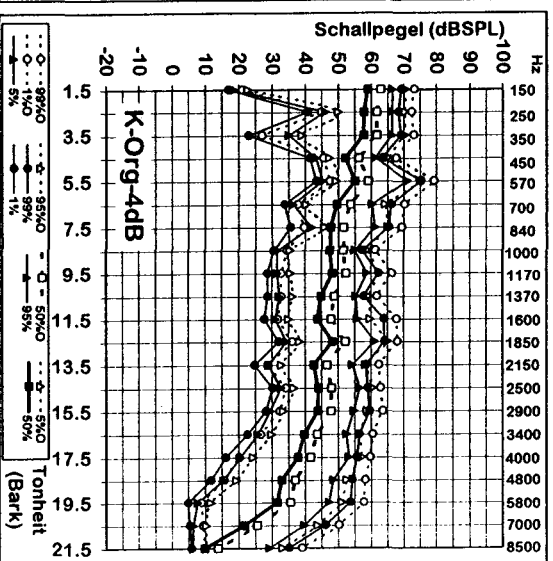
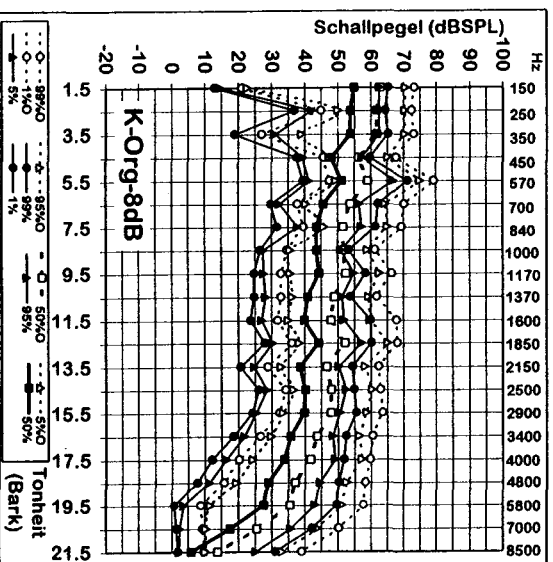
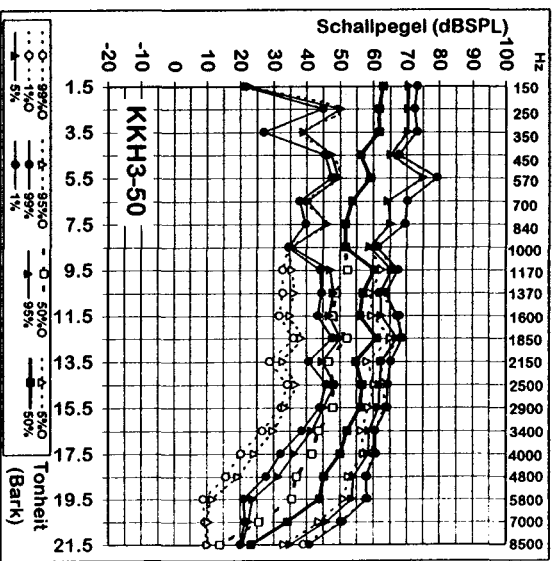
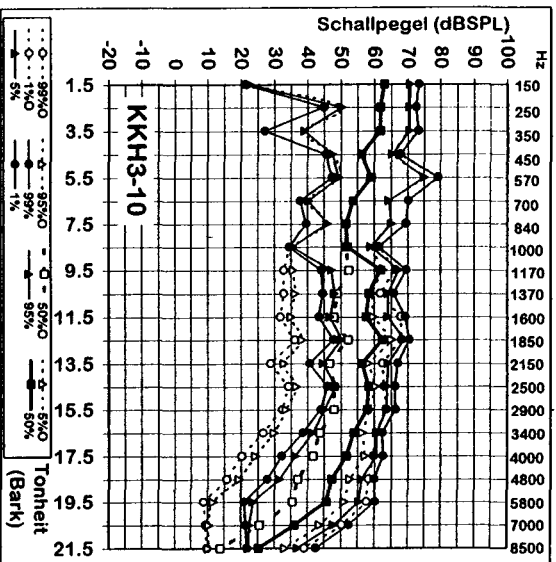
Anhang C



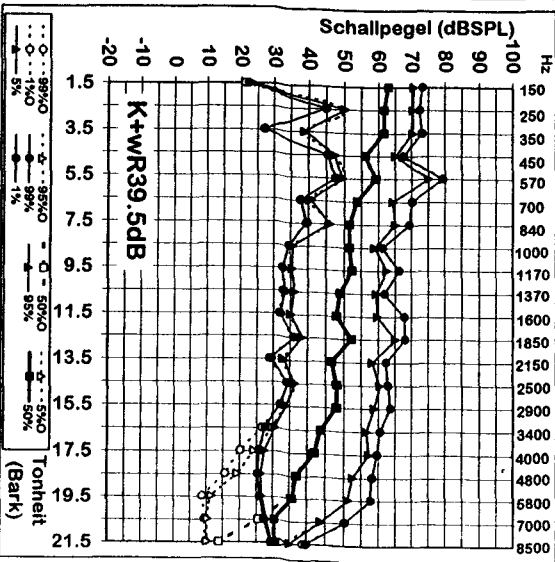
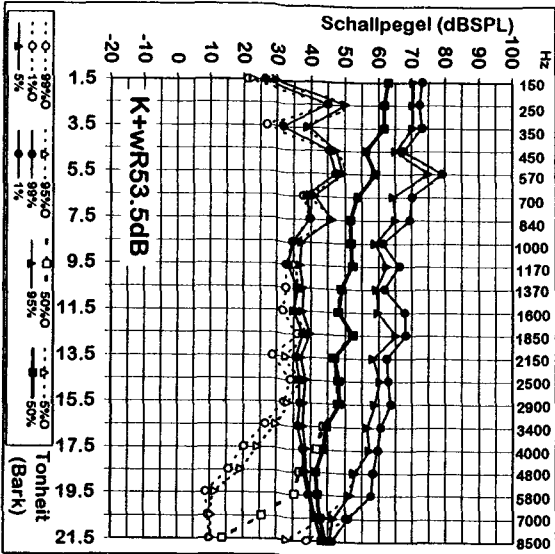
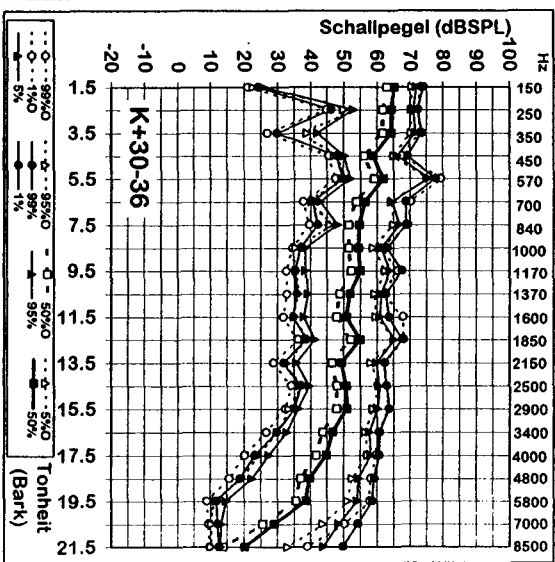
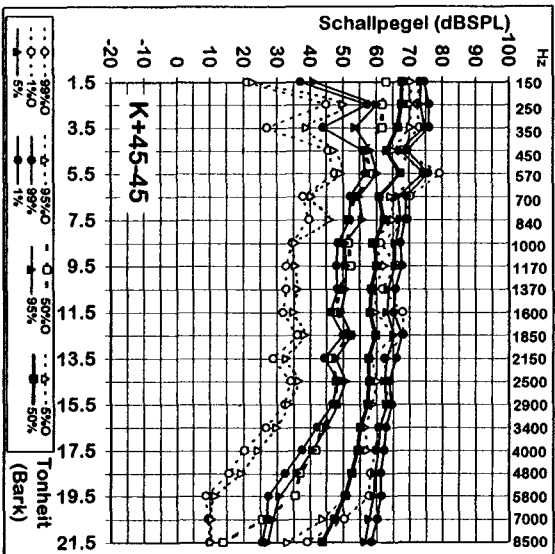


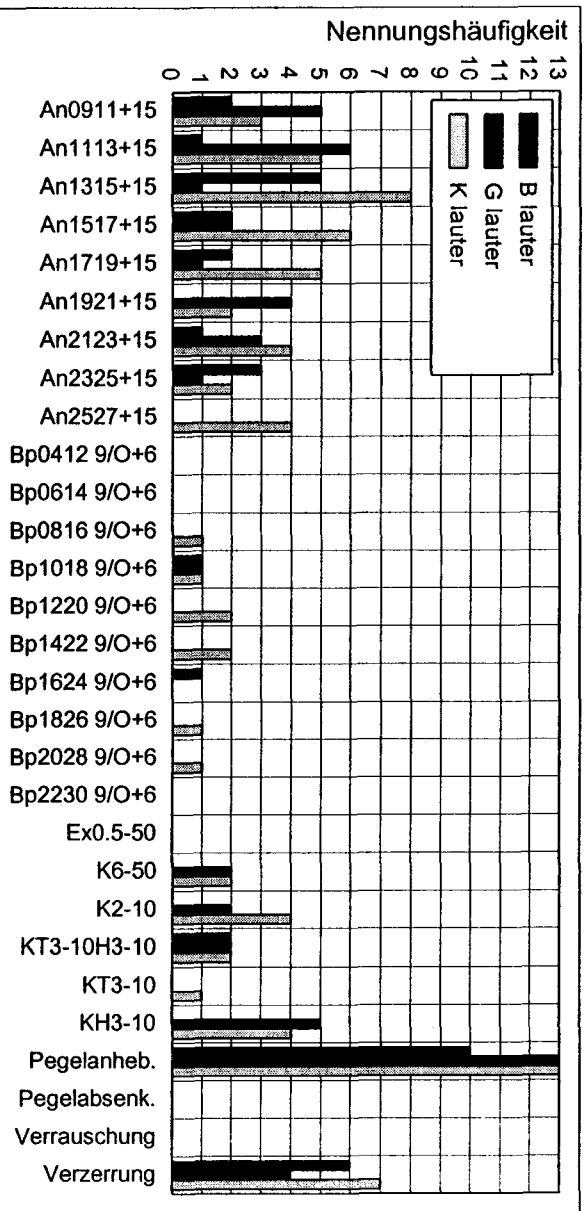
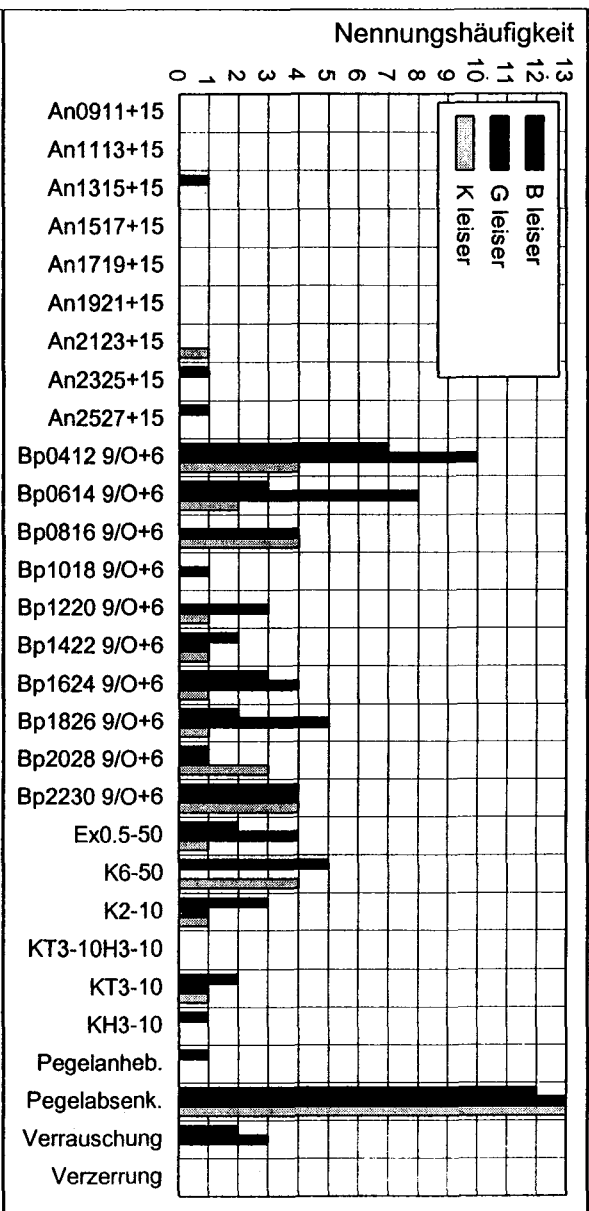
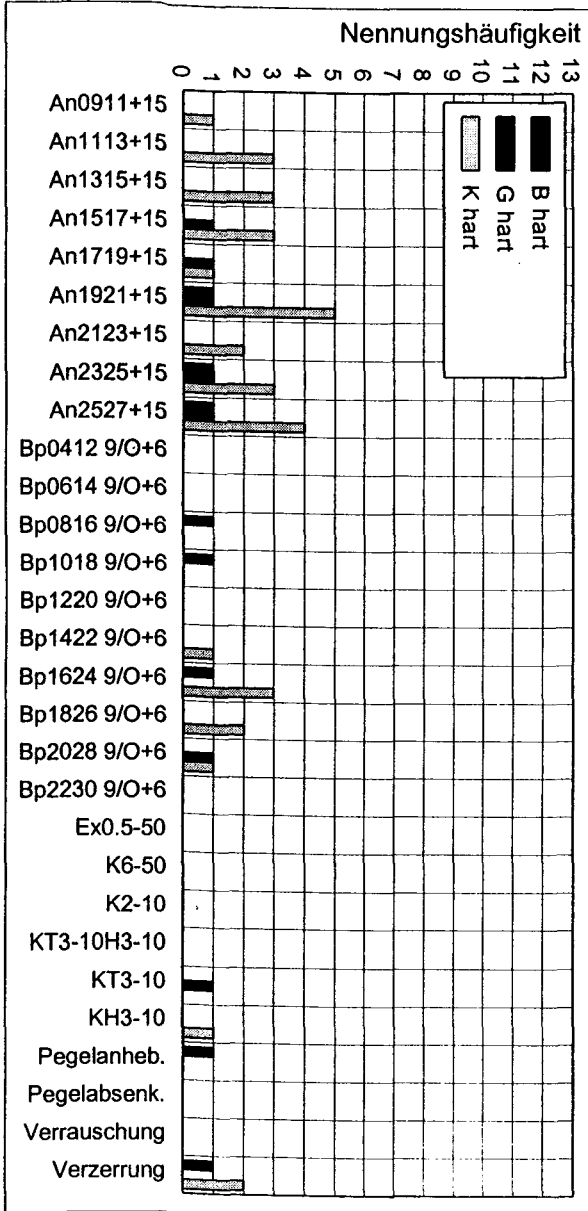
Anhang C

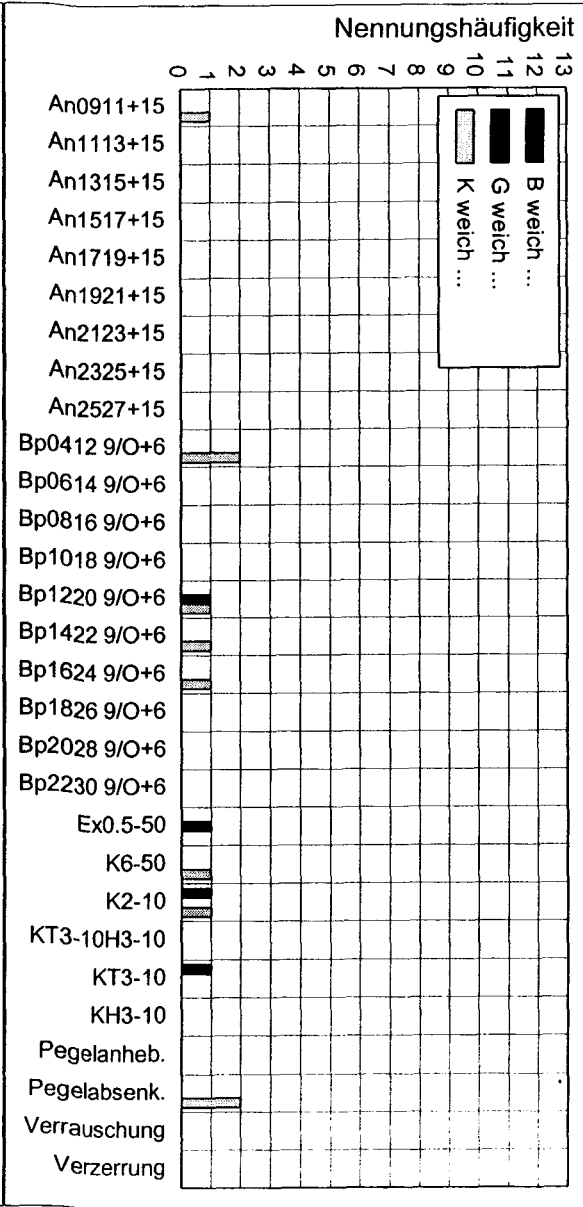
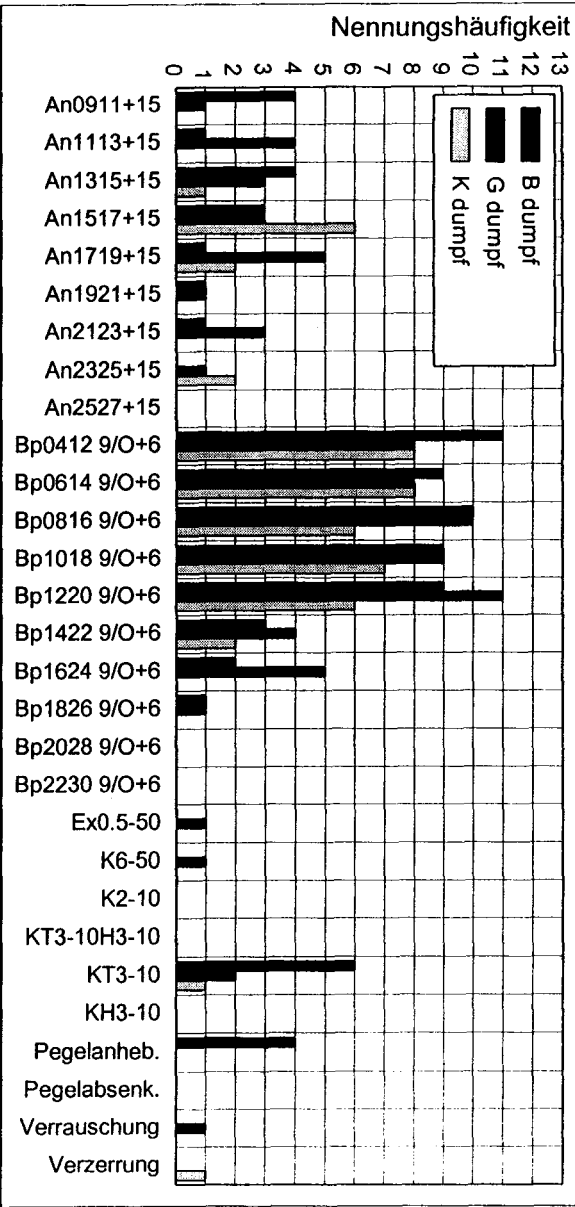
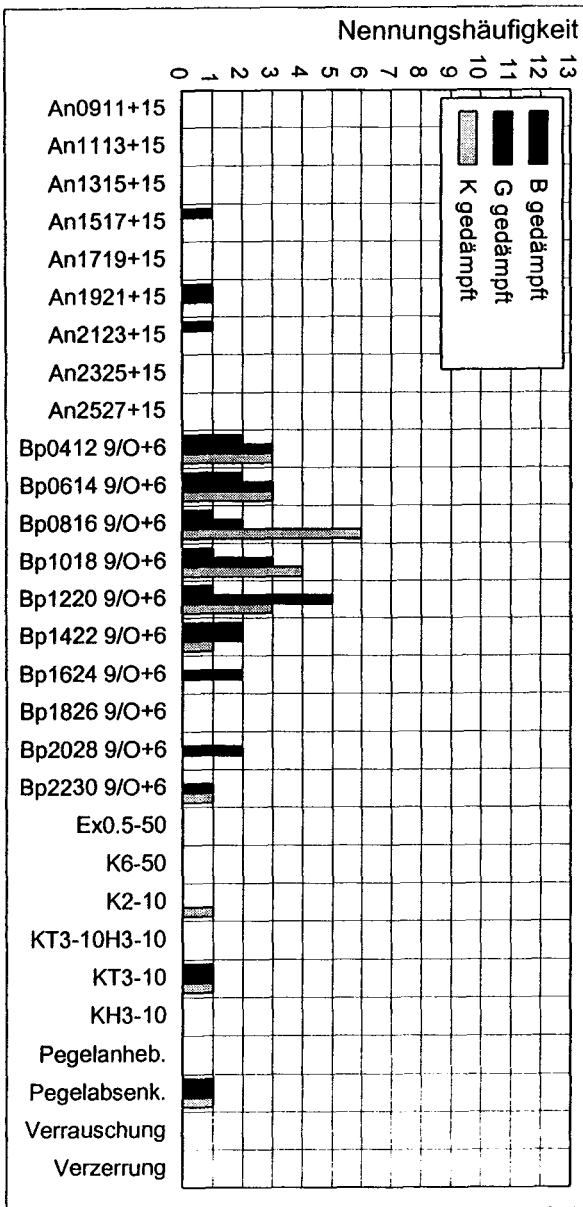


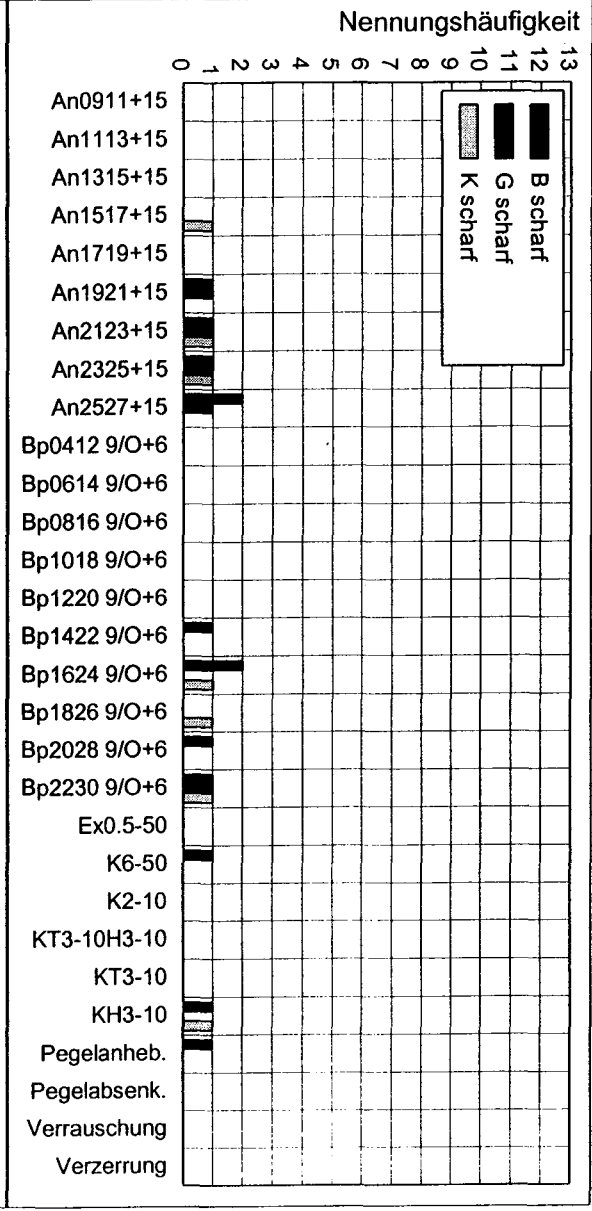
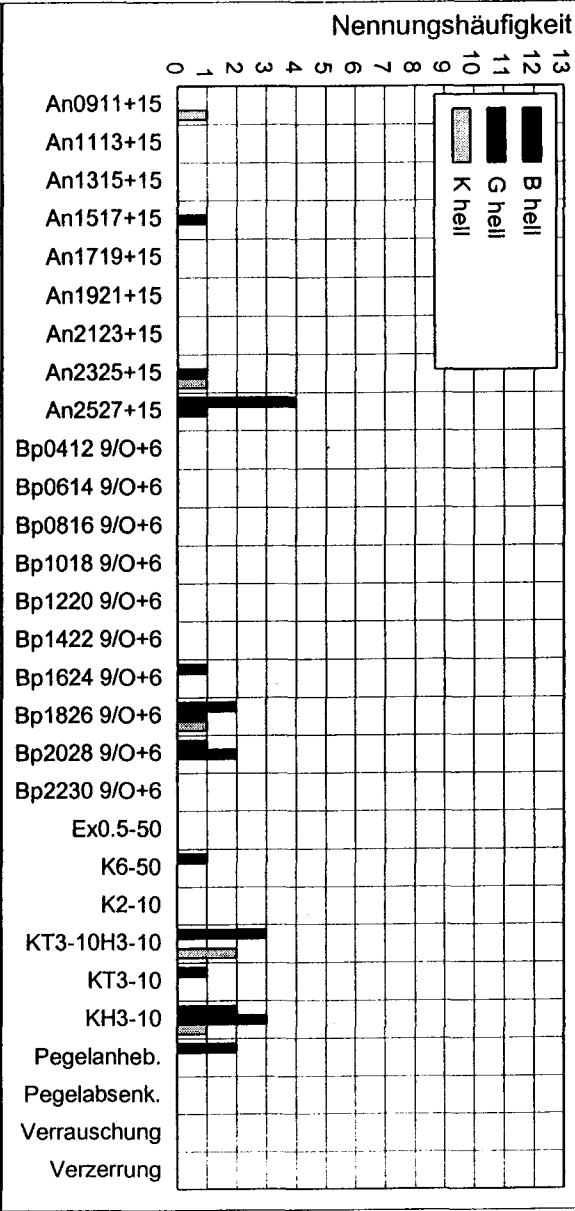
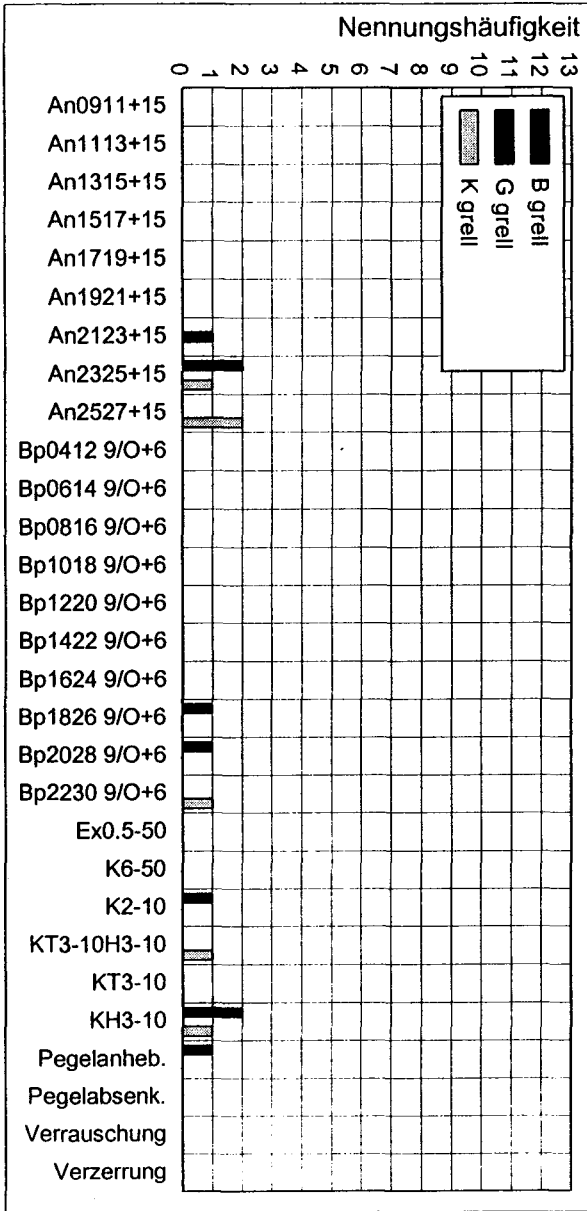


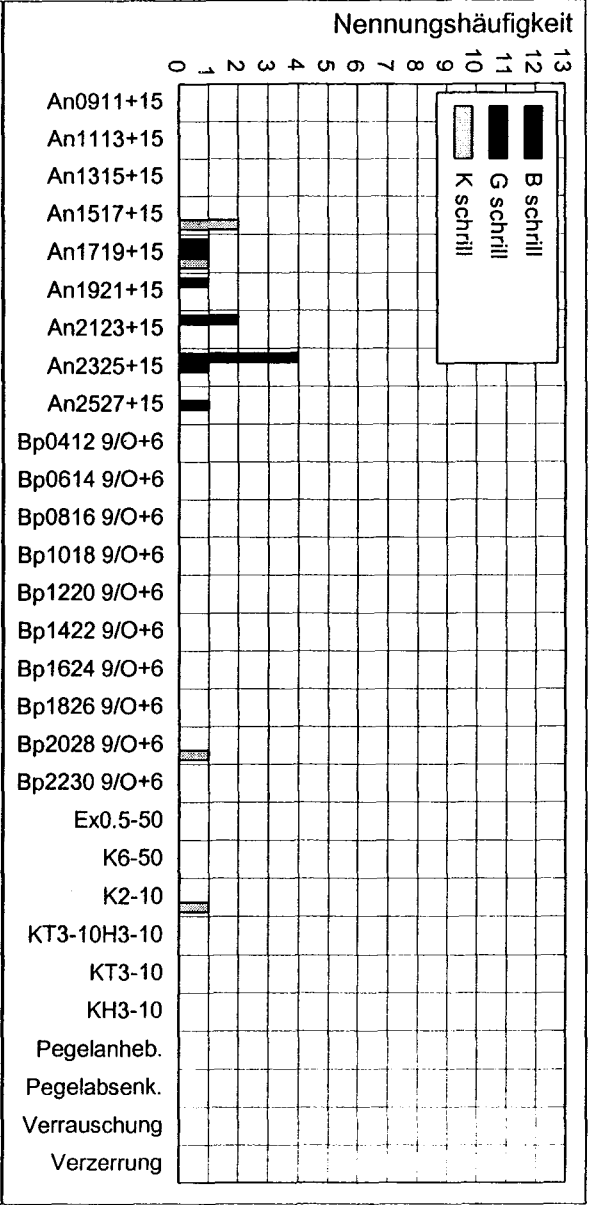
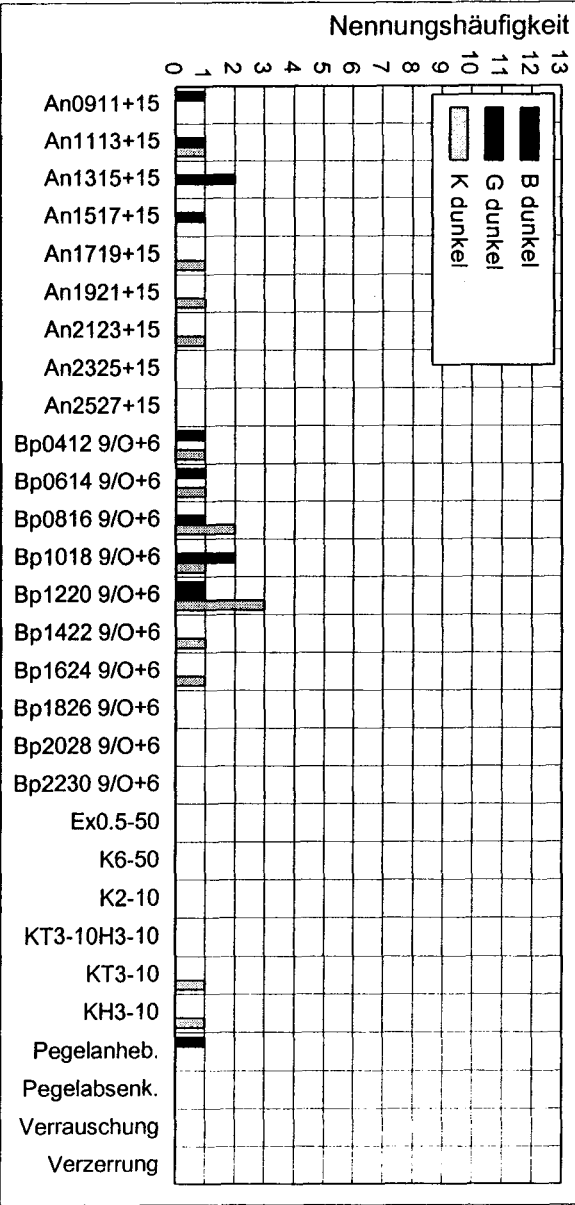
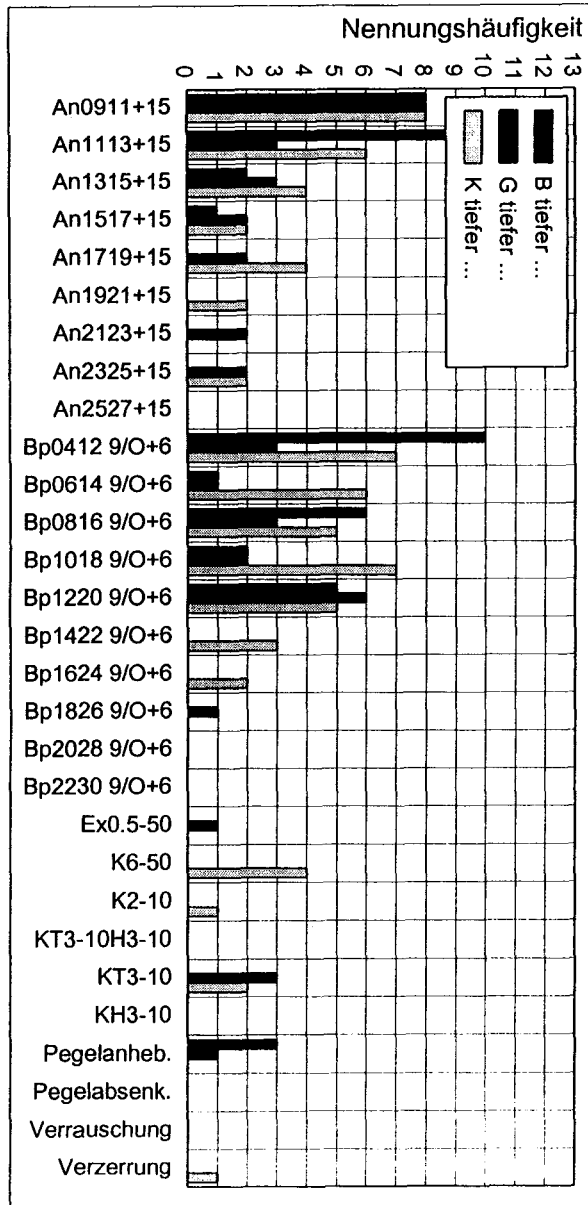
Anhang C

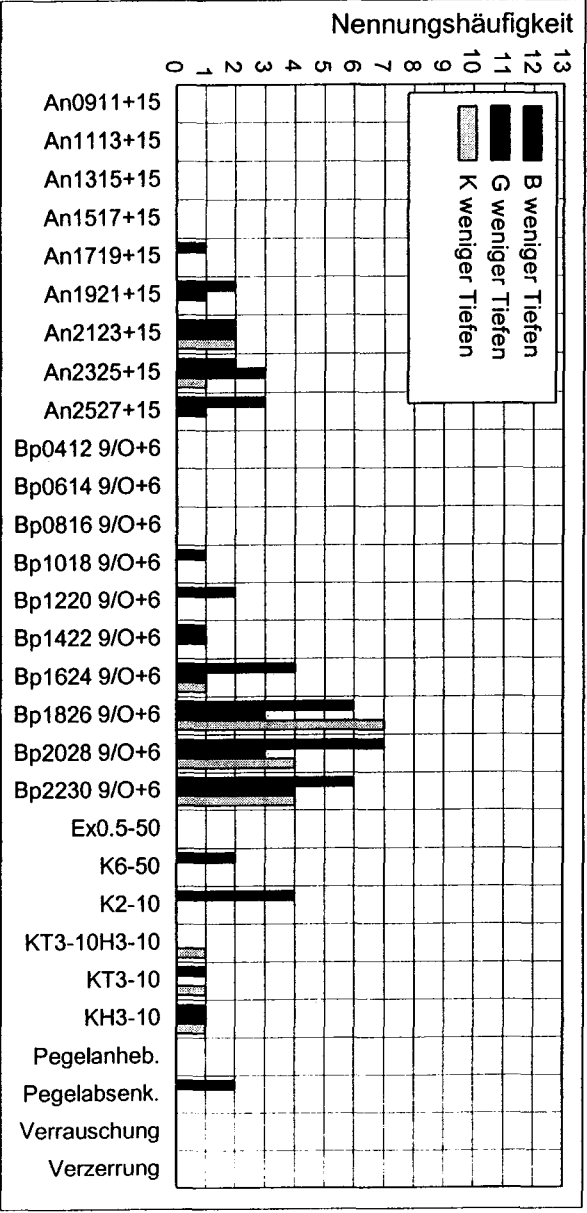
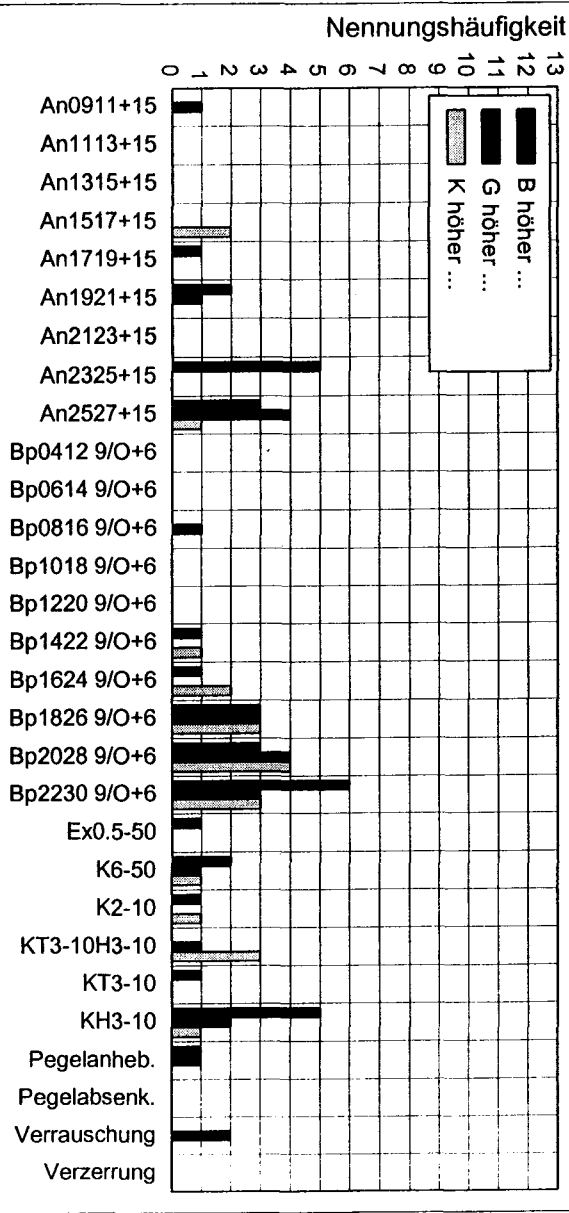
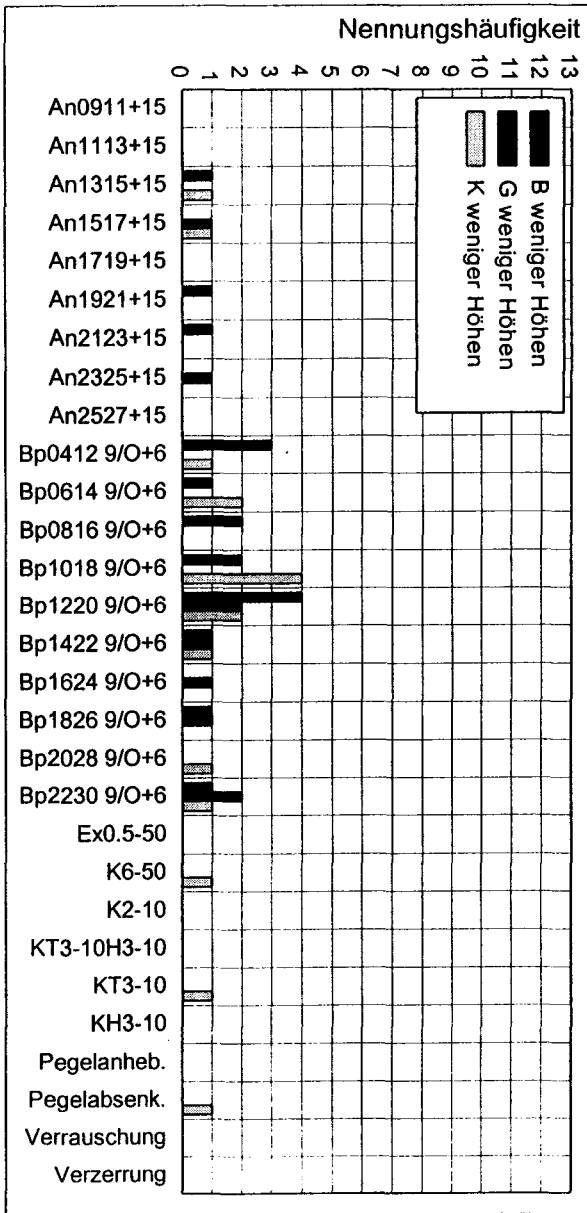


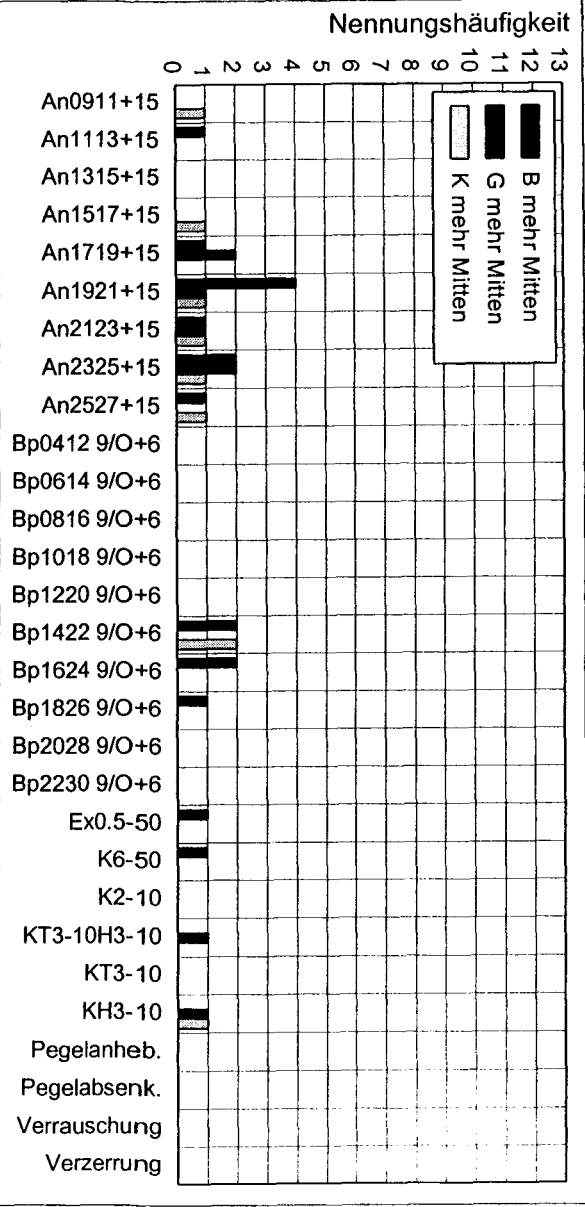
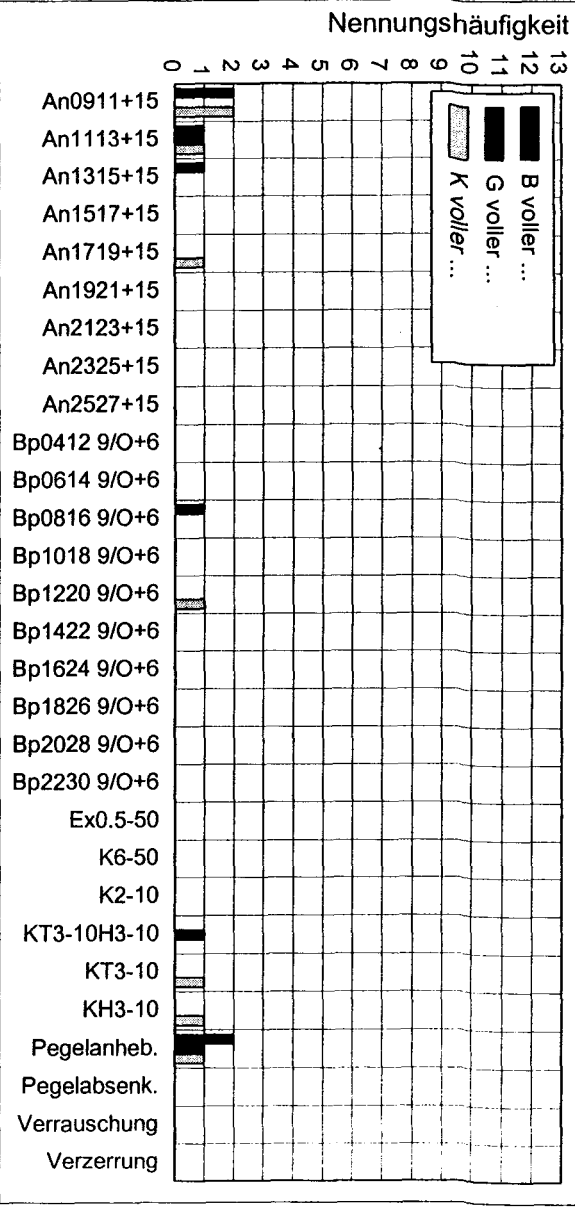
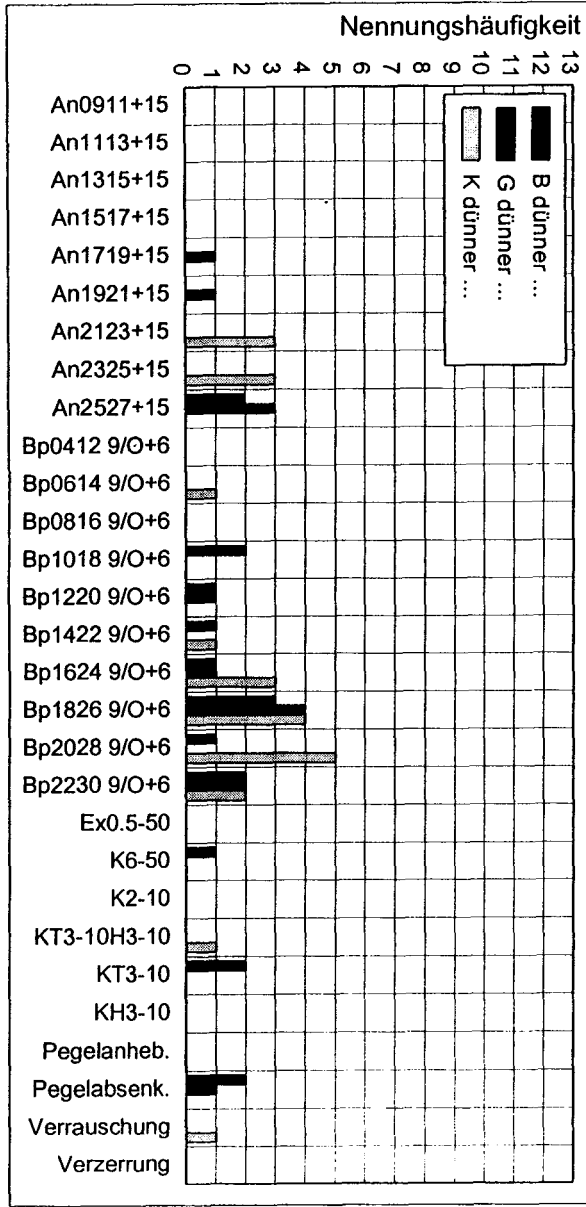


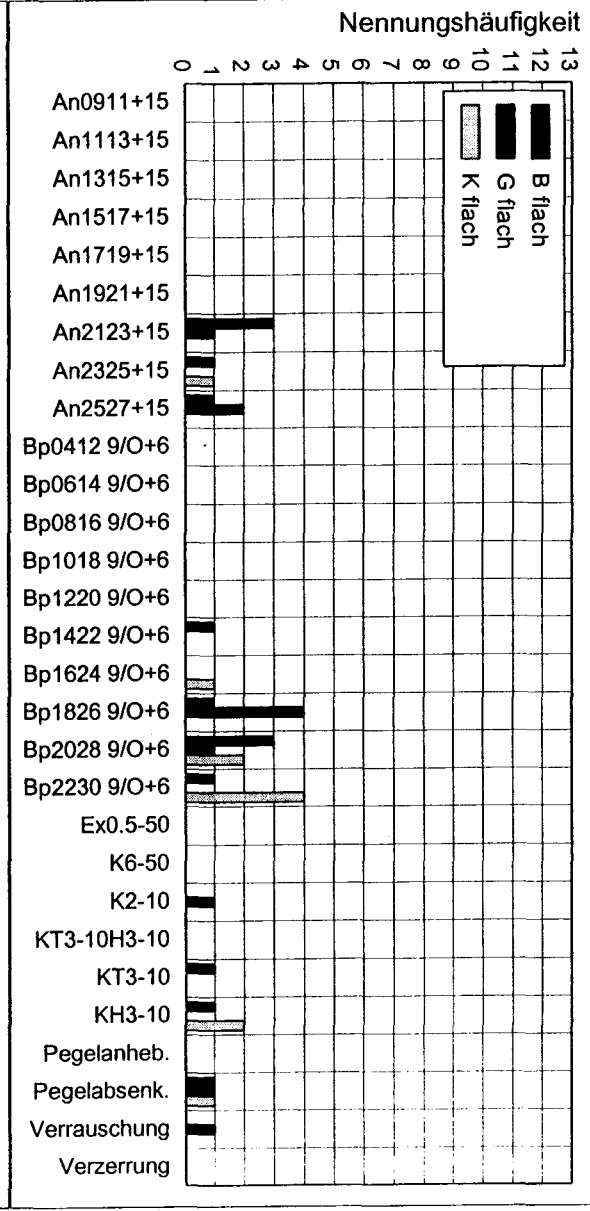
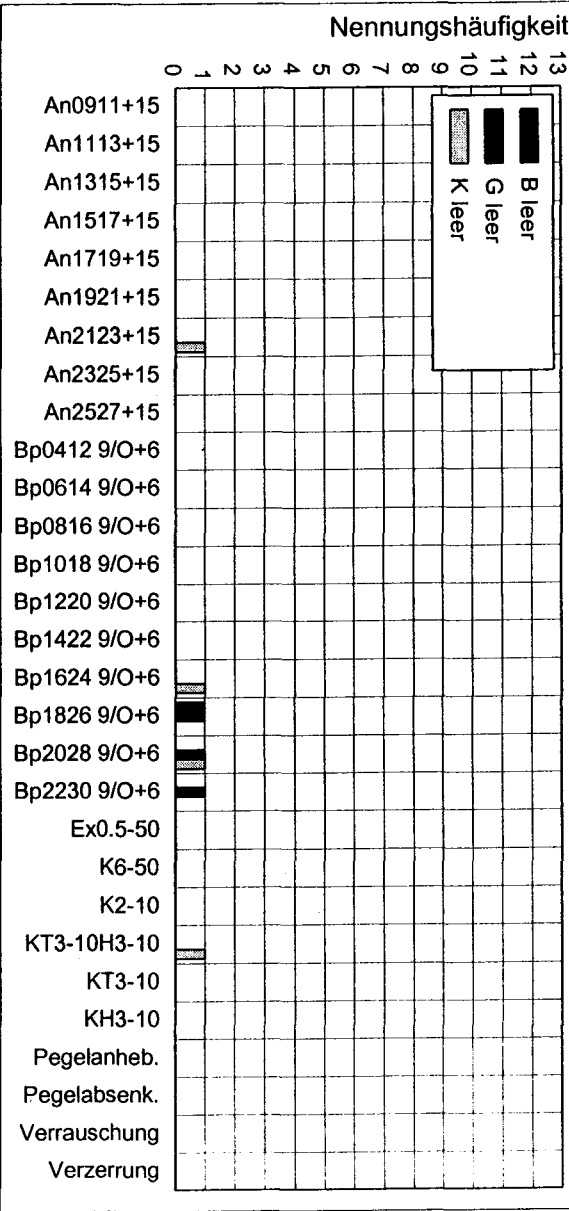
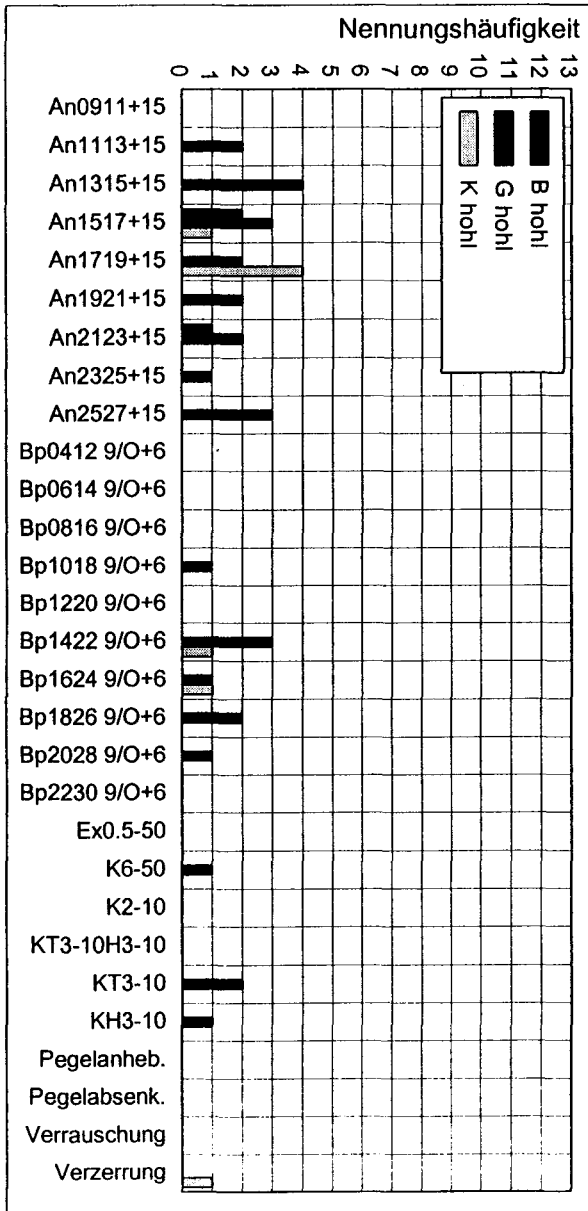


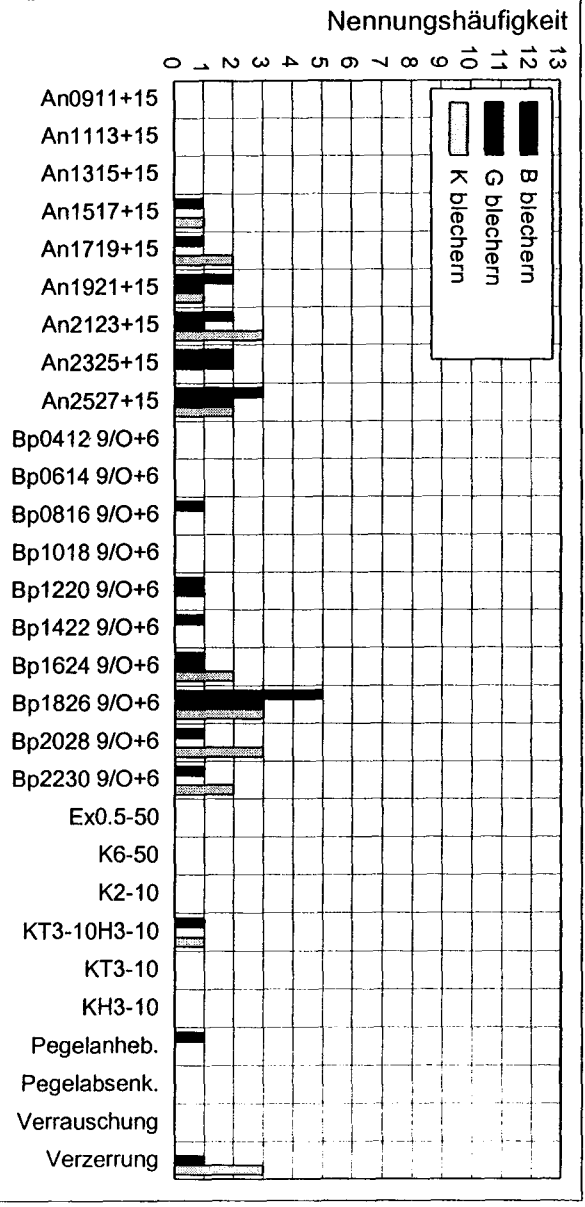
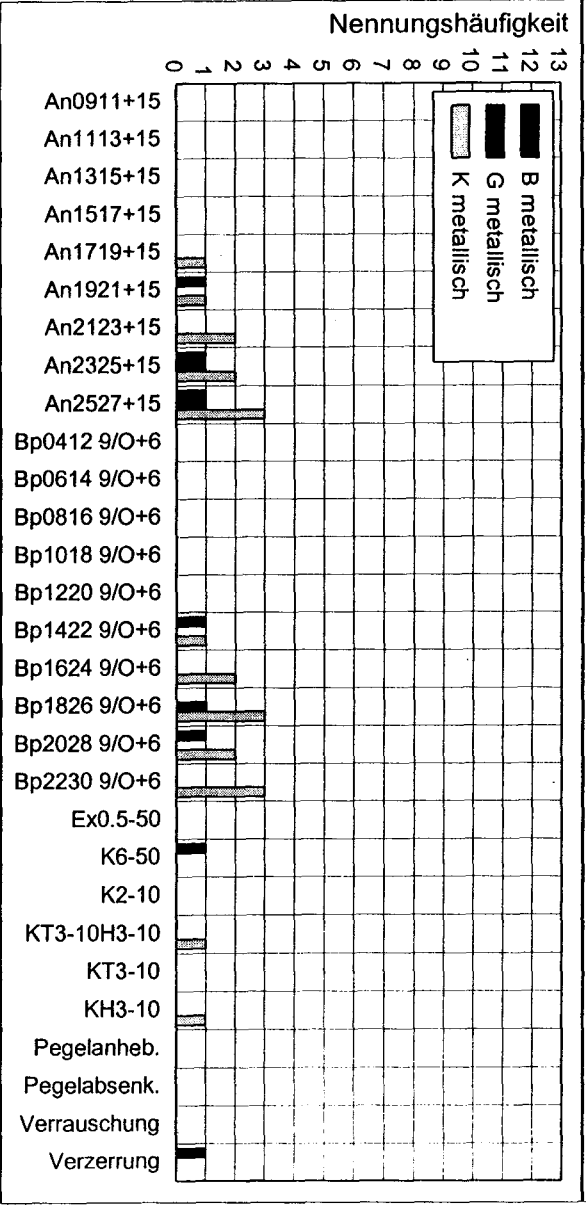
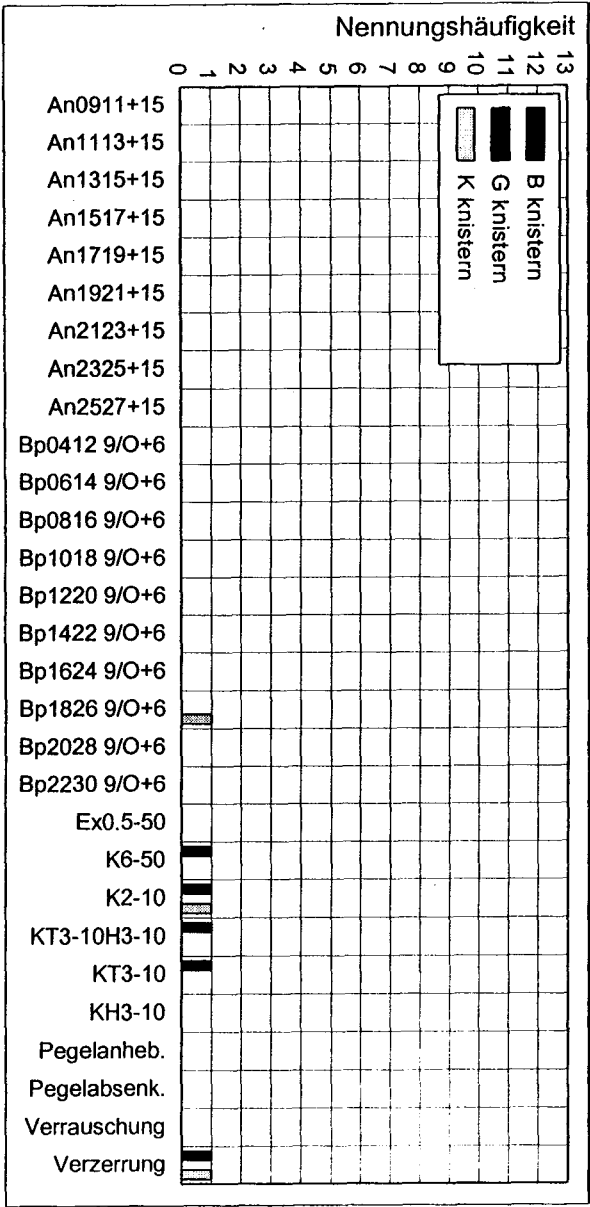


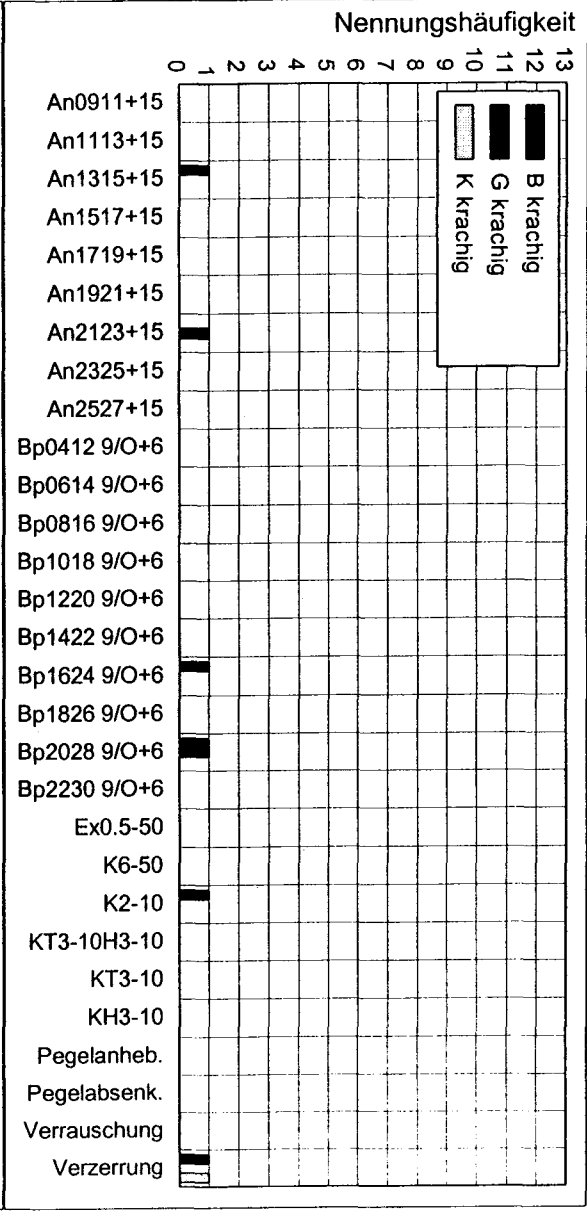
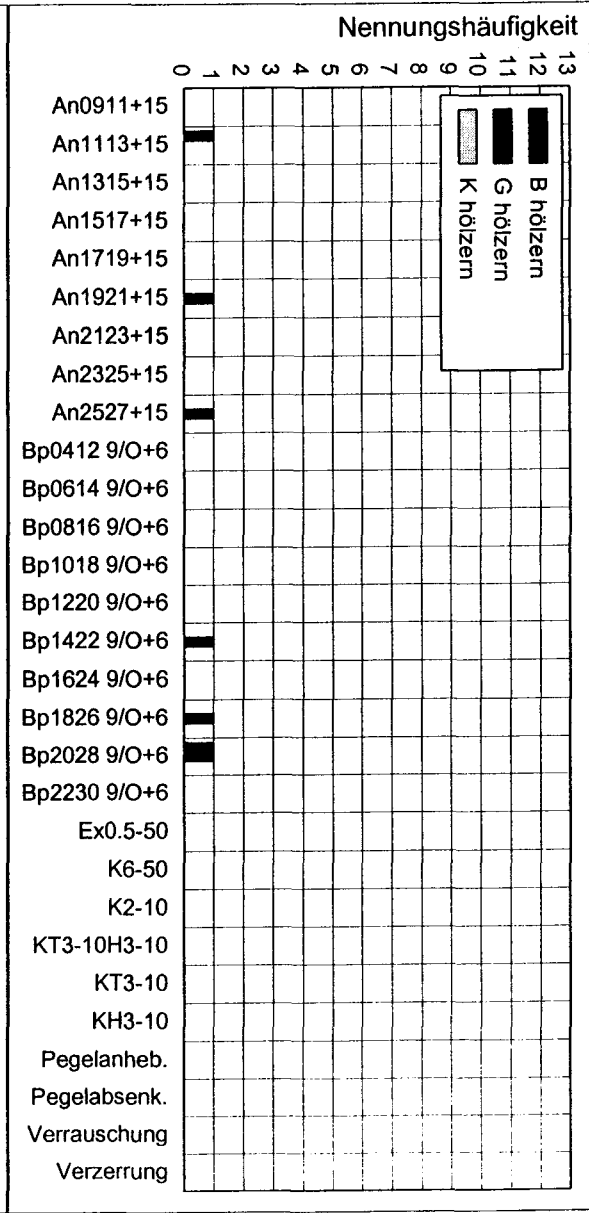
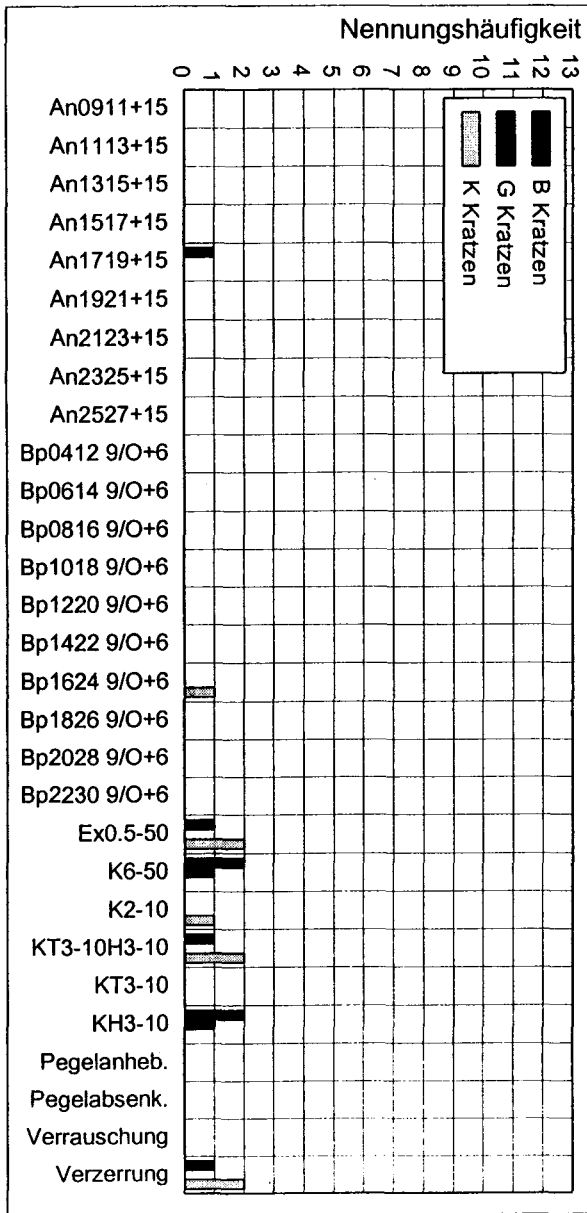


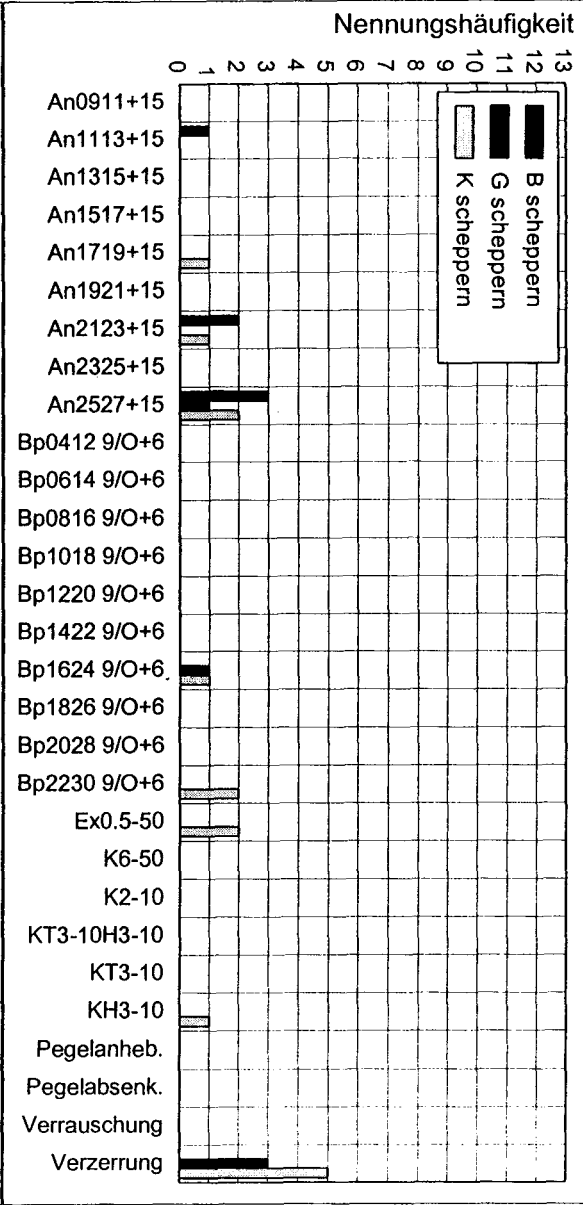
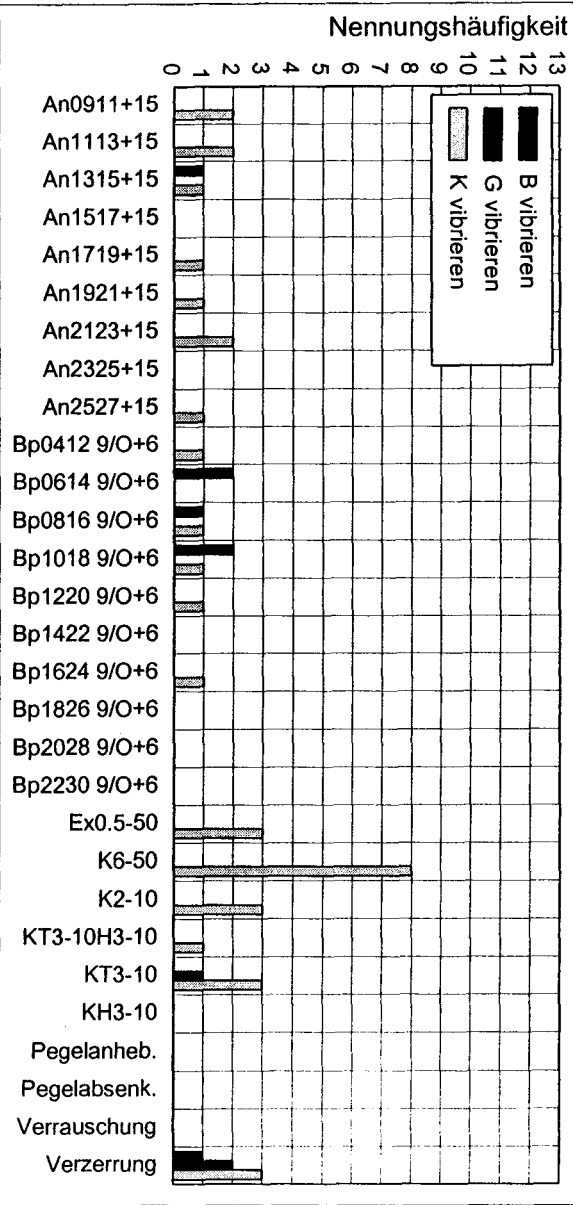
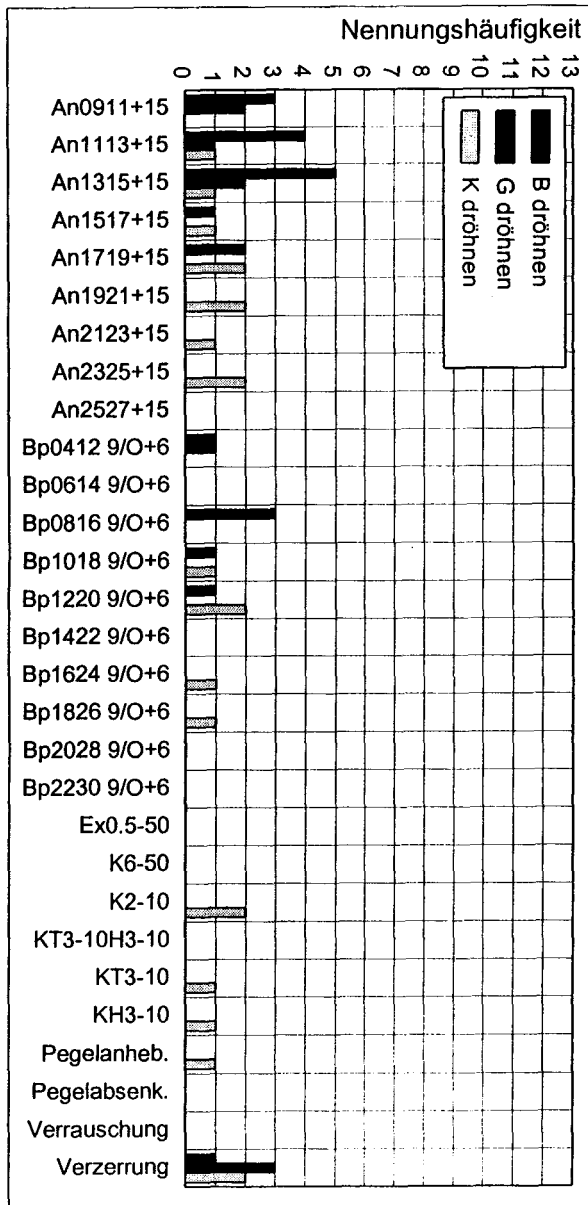


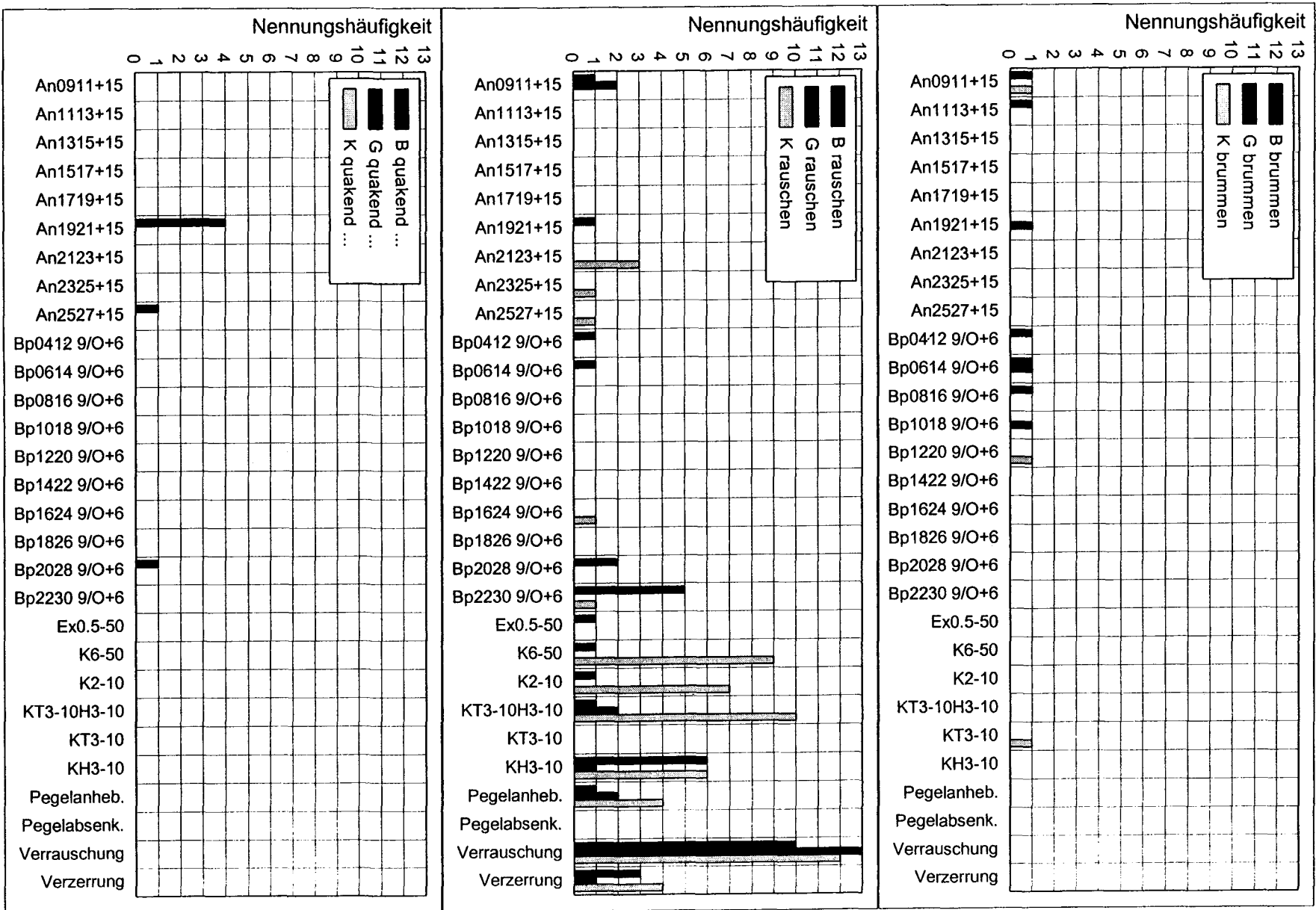


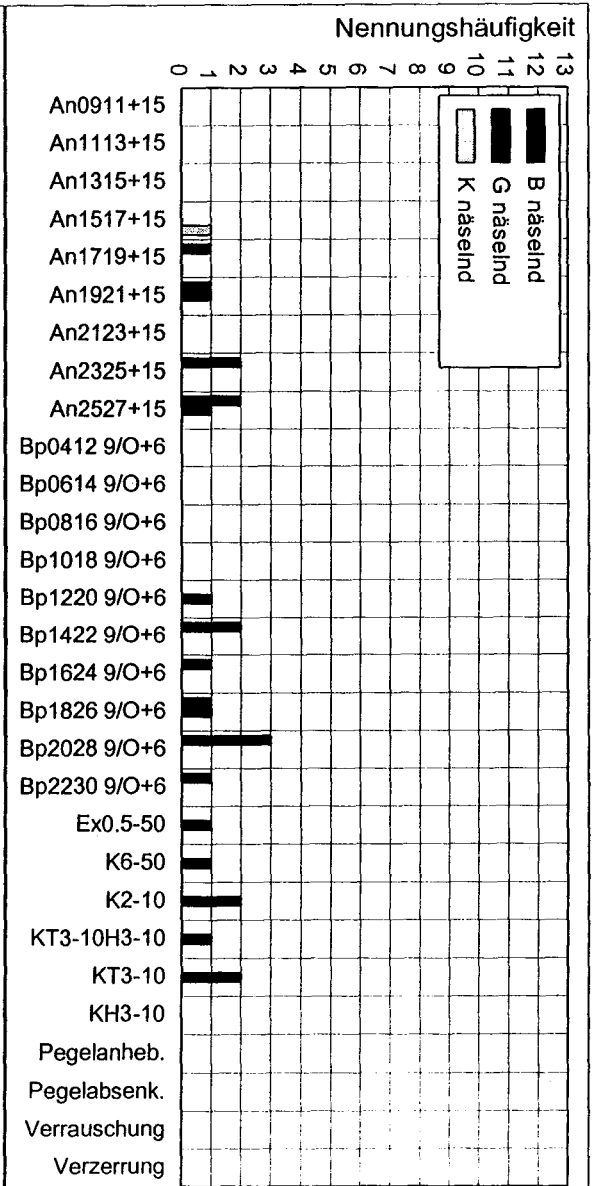
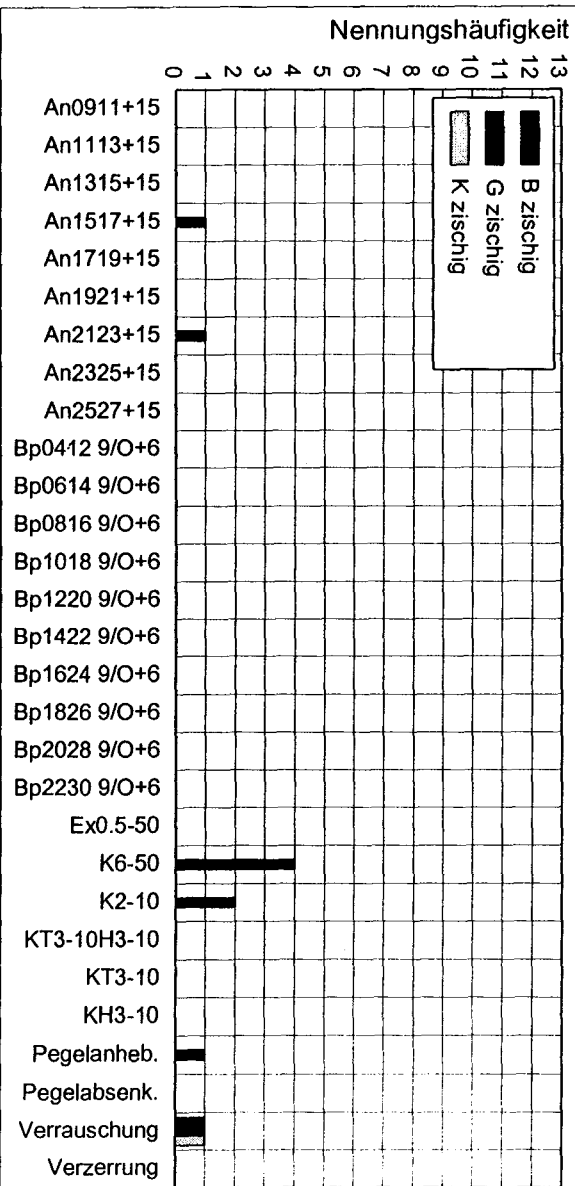
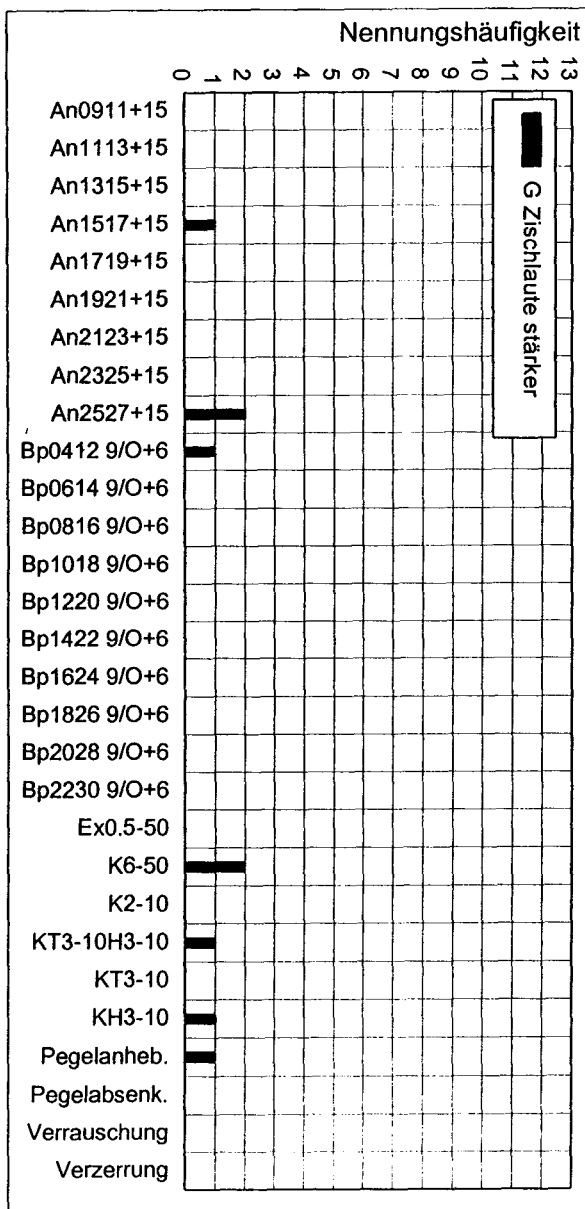


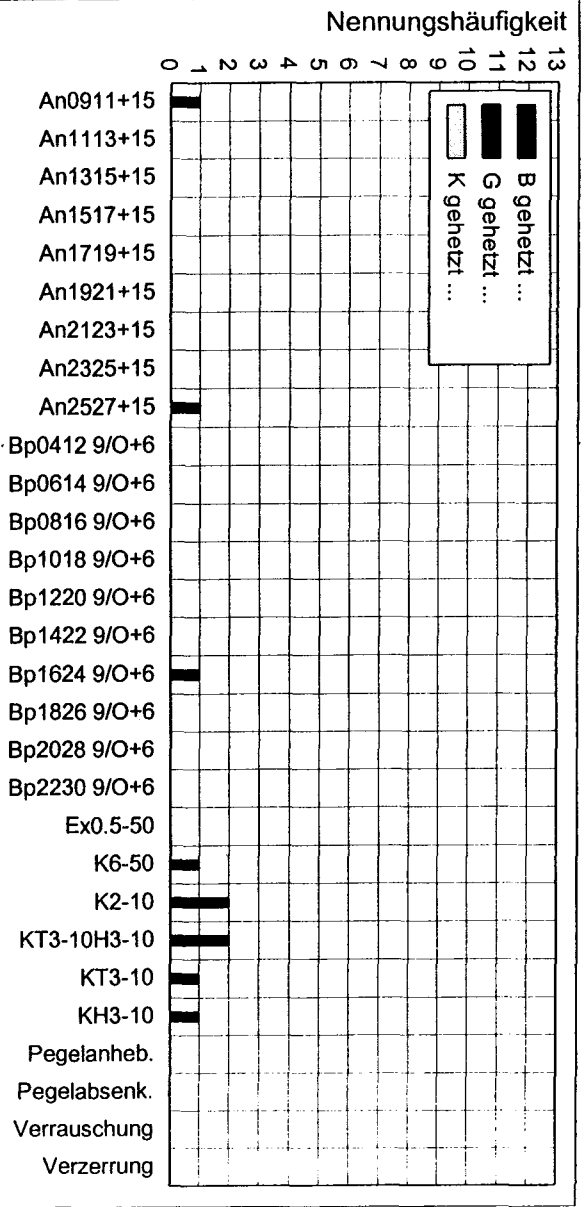
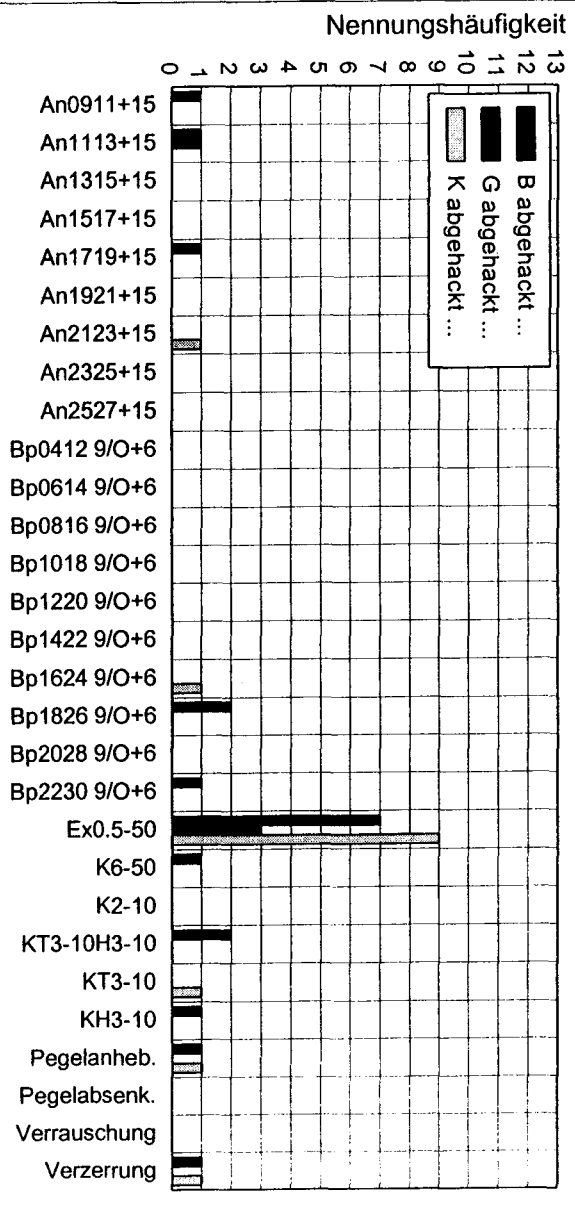
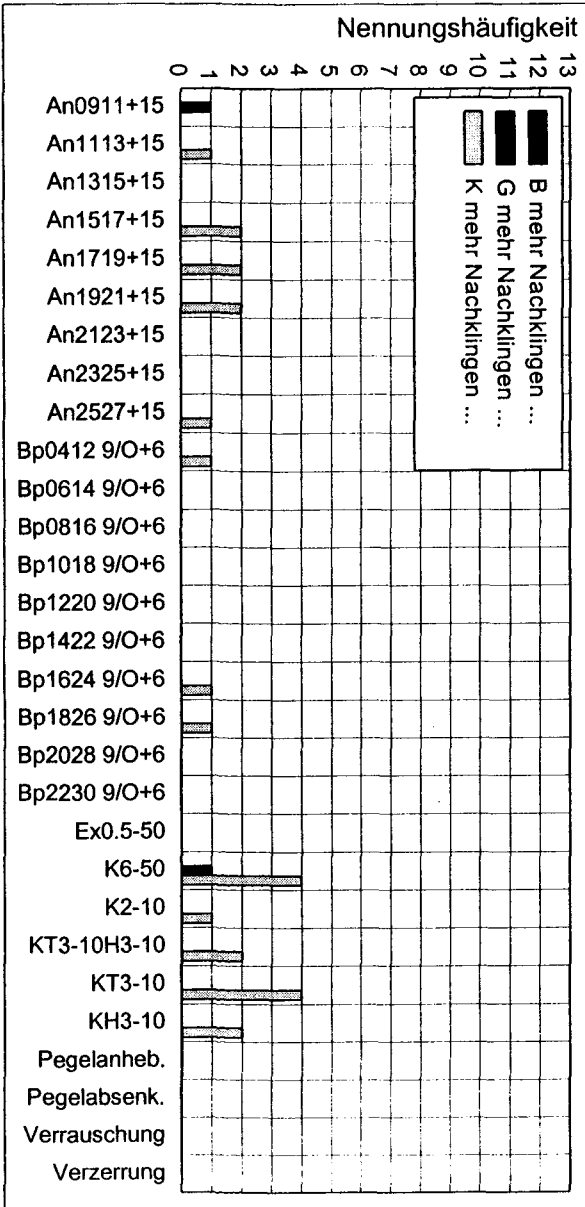


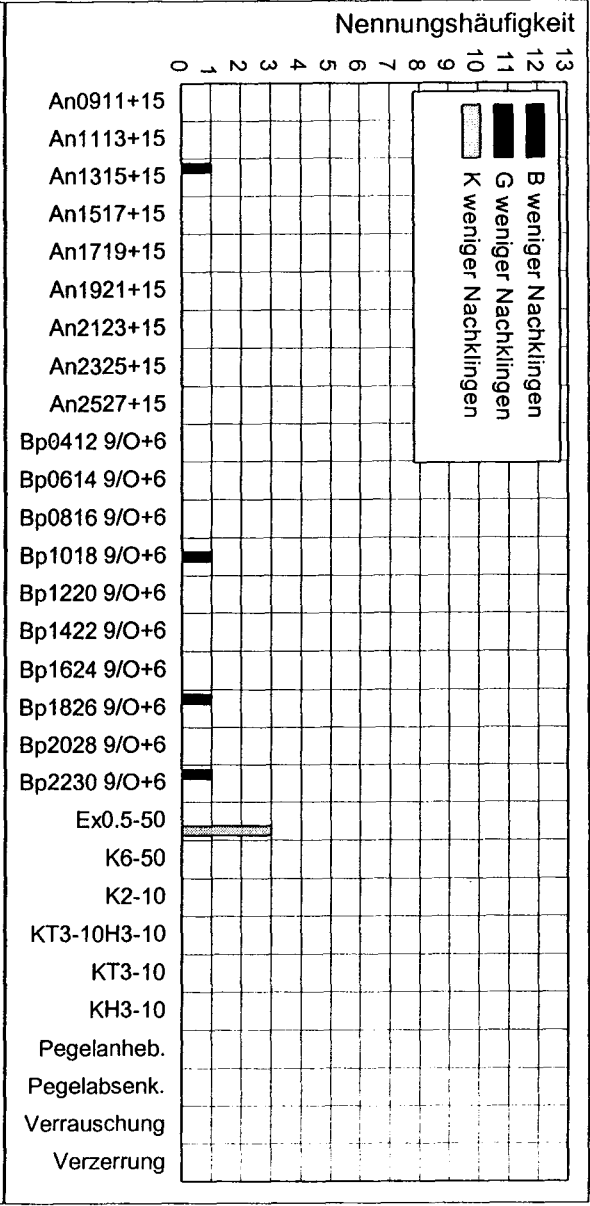
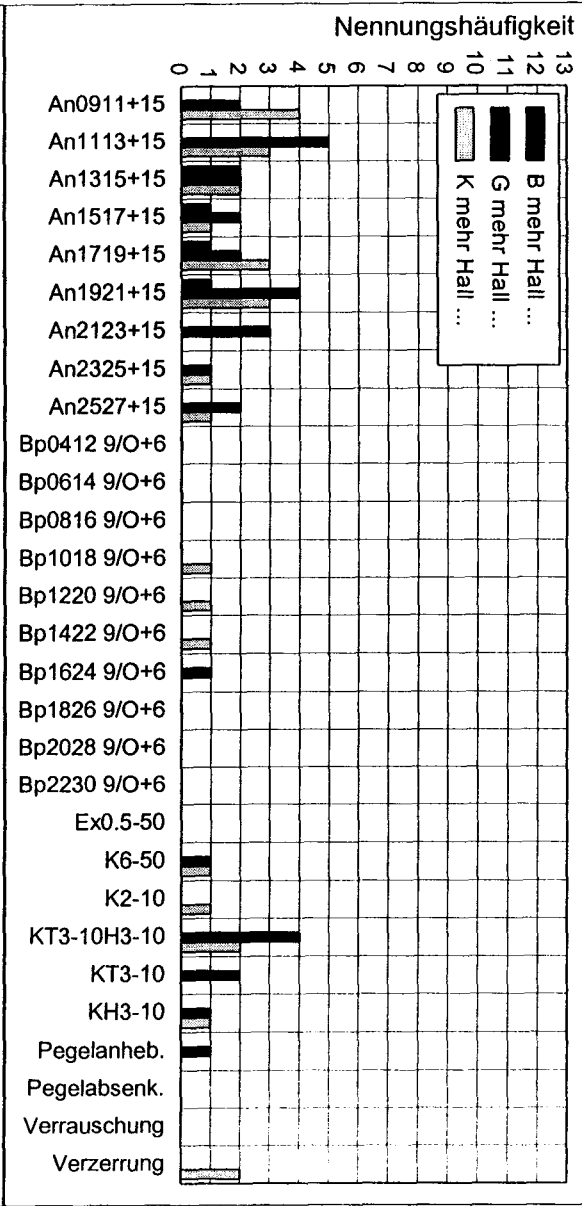
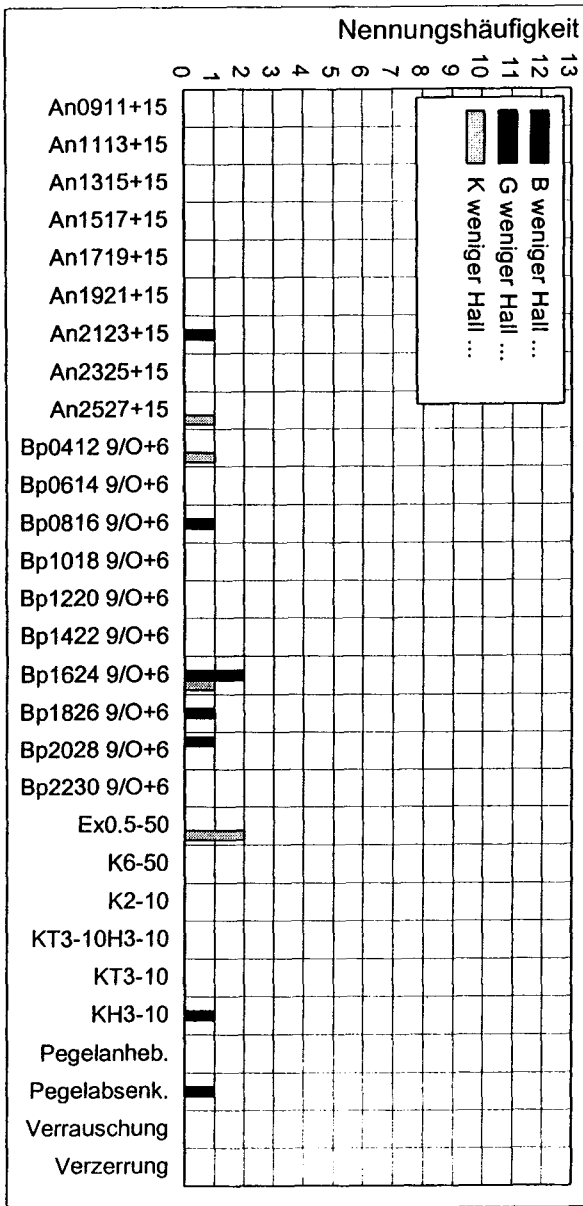


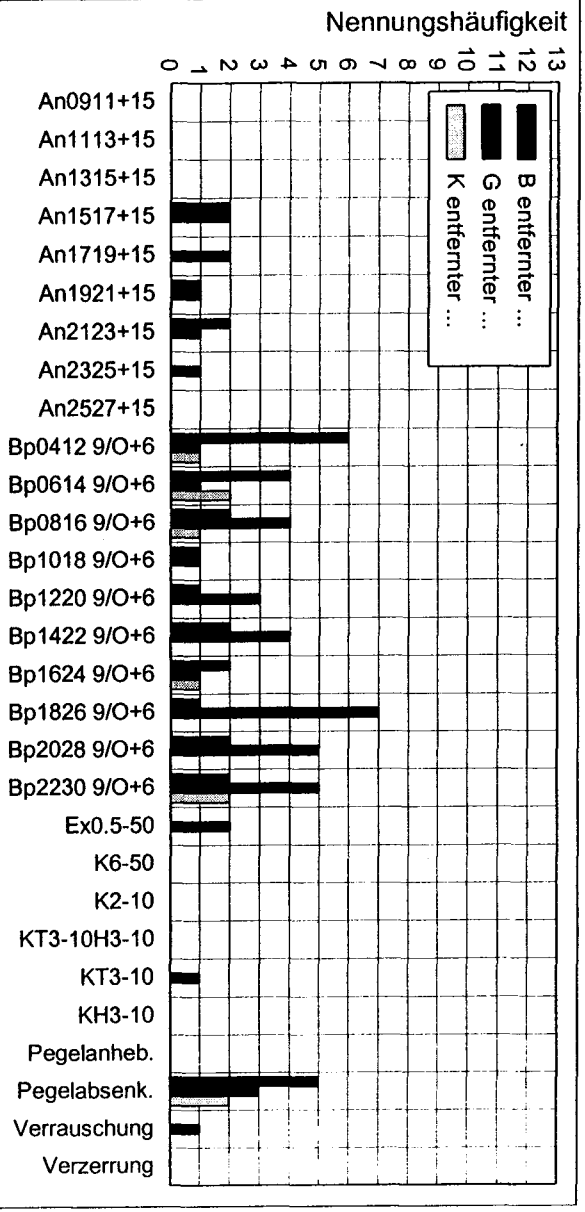
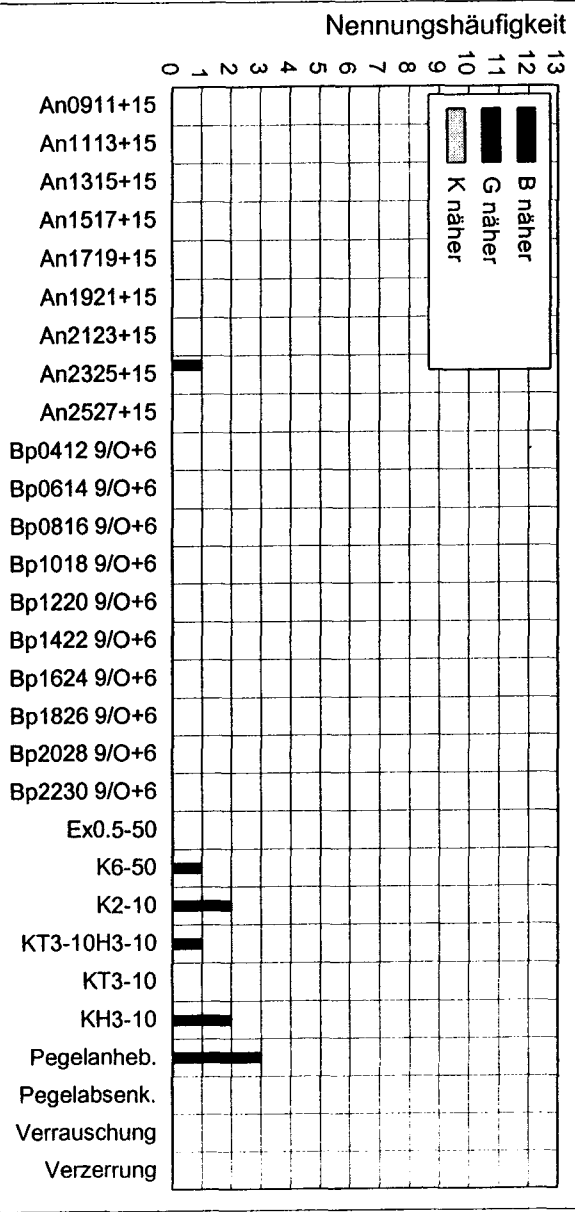
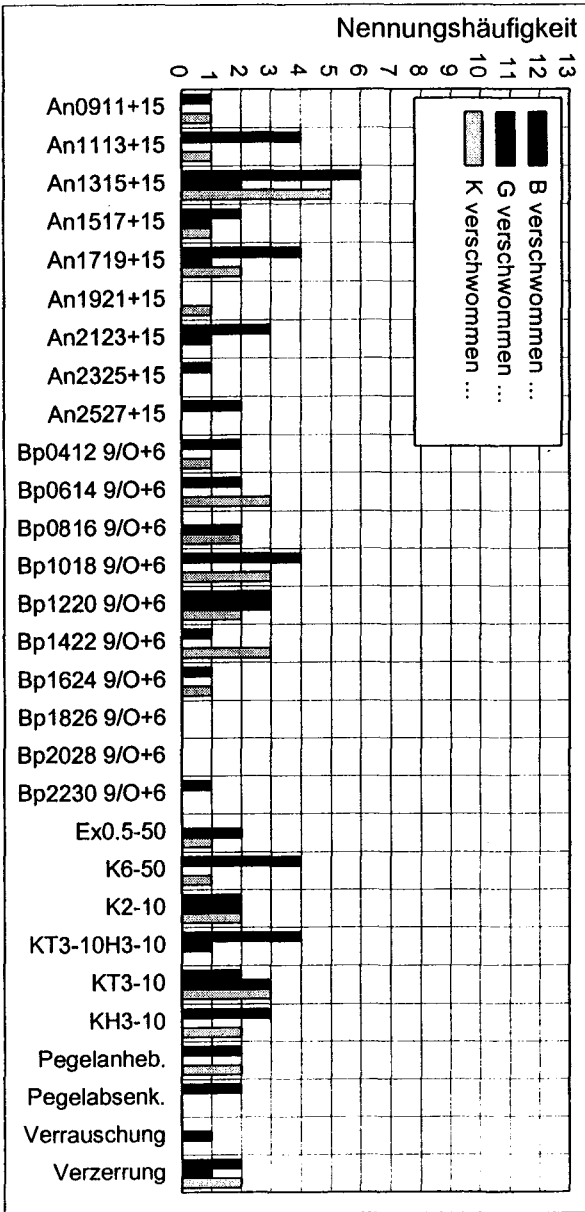


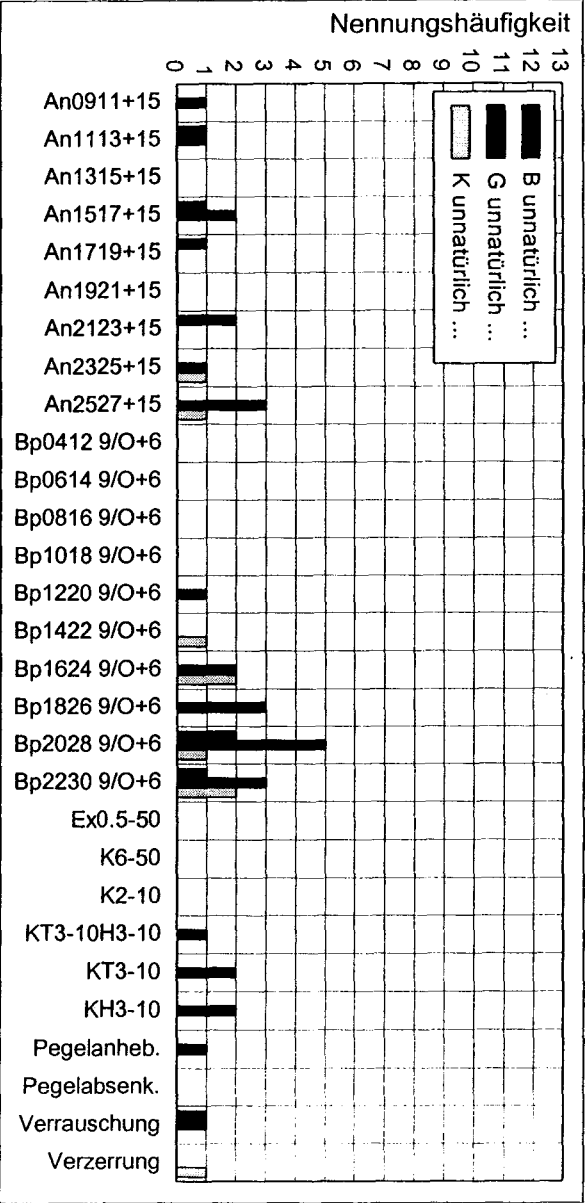
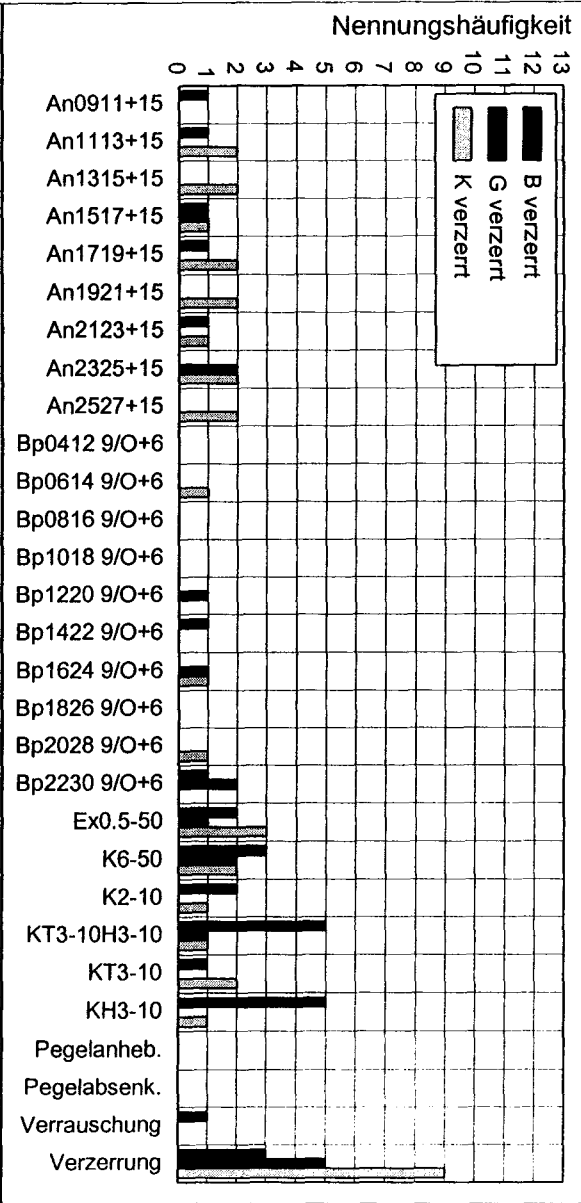
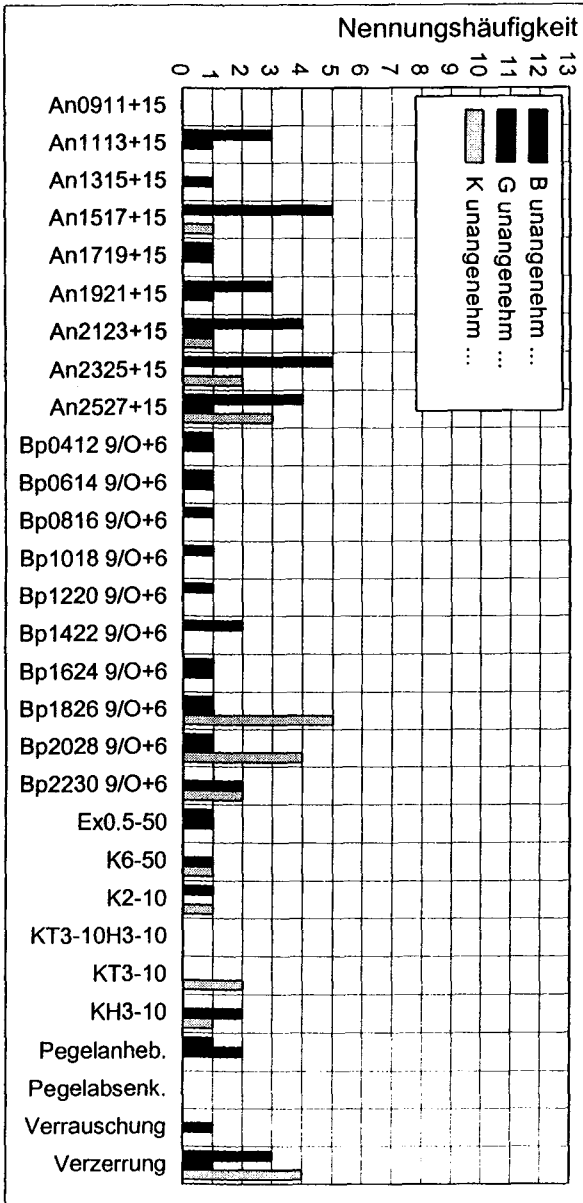


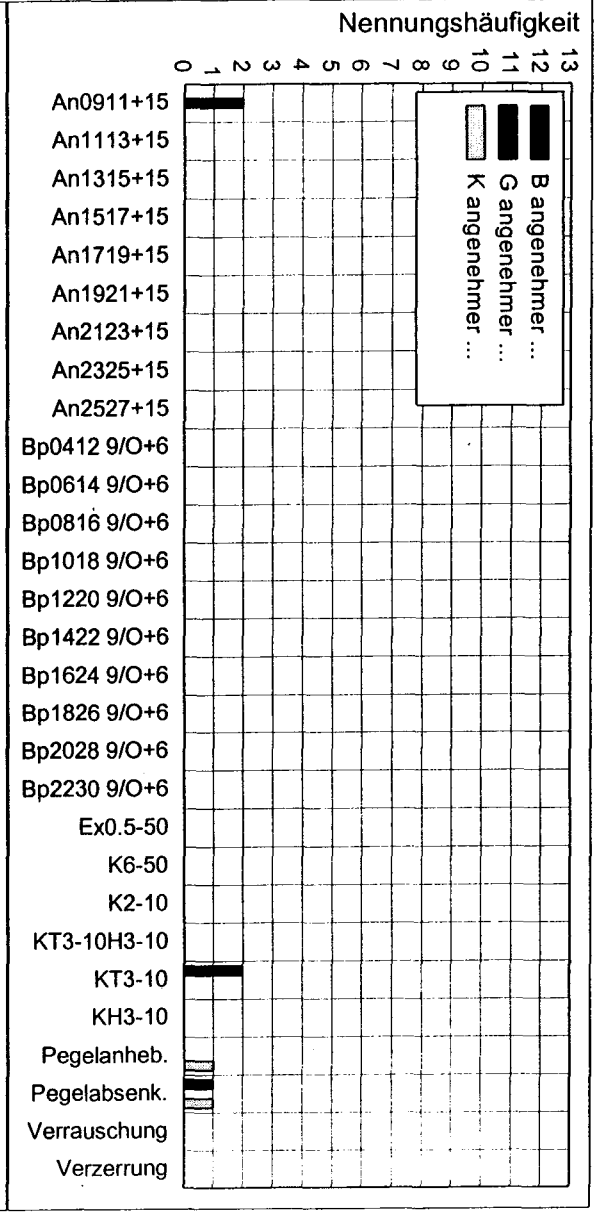
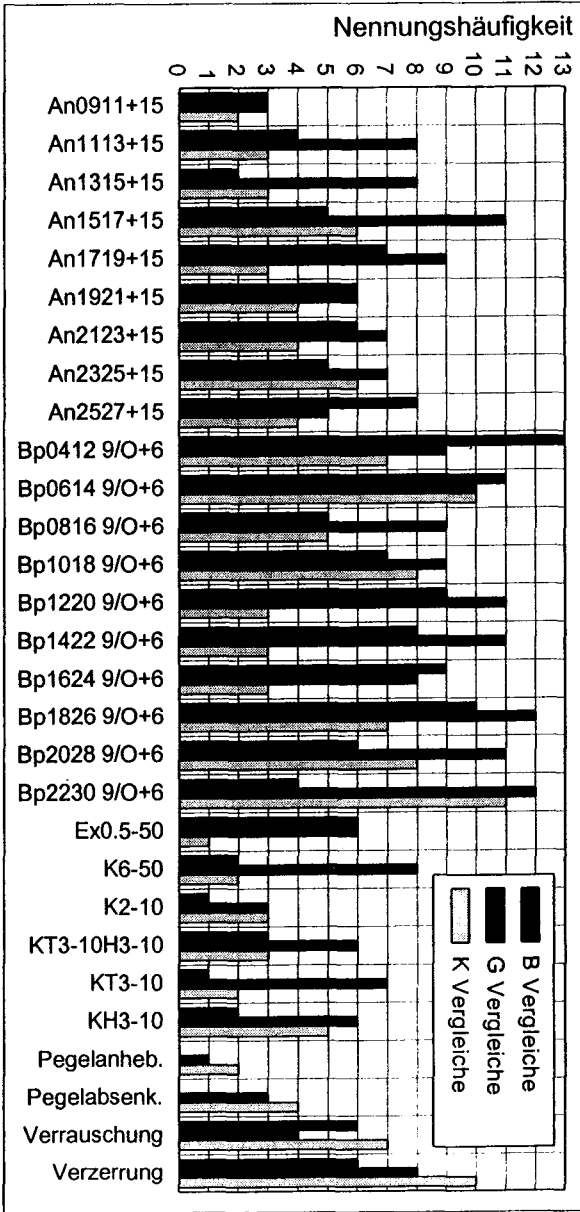


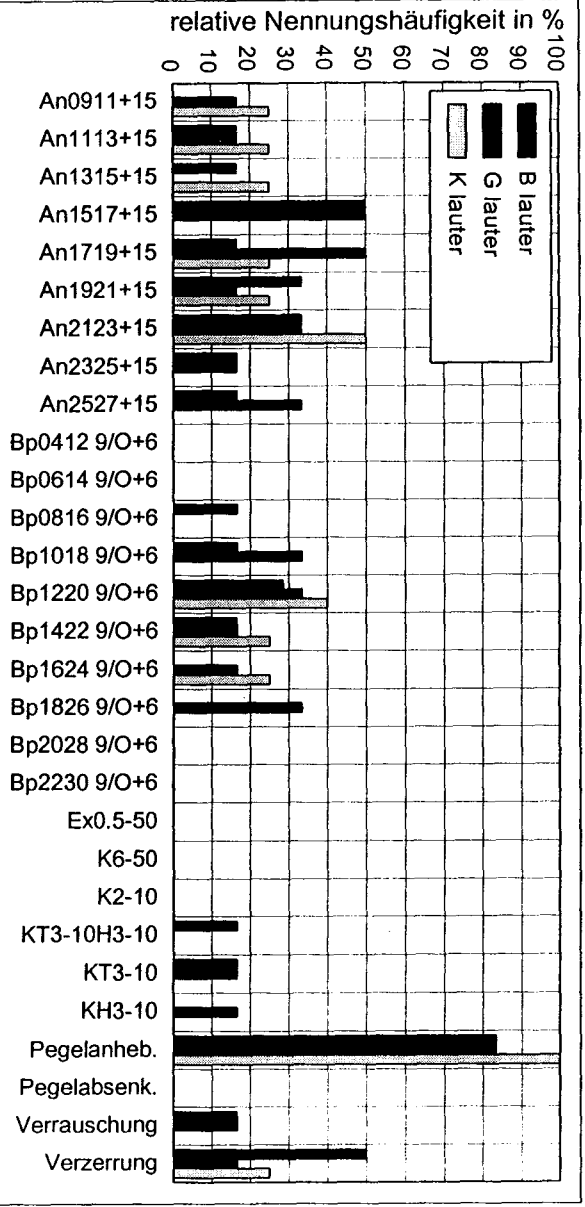
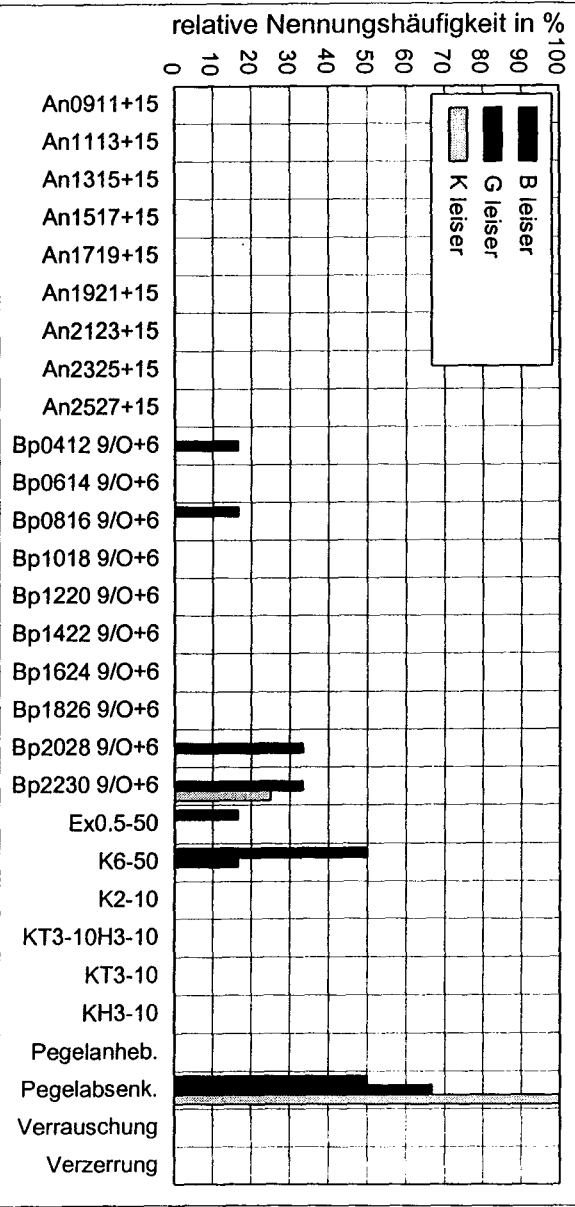
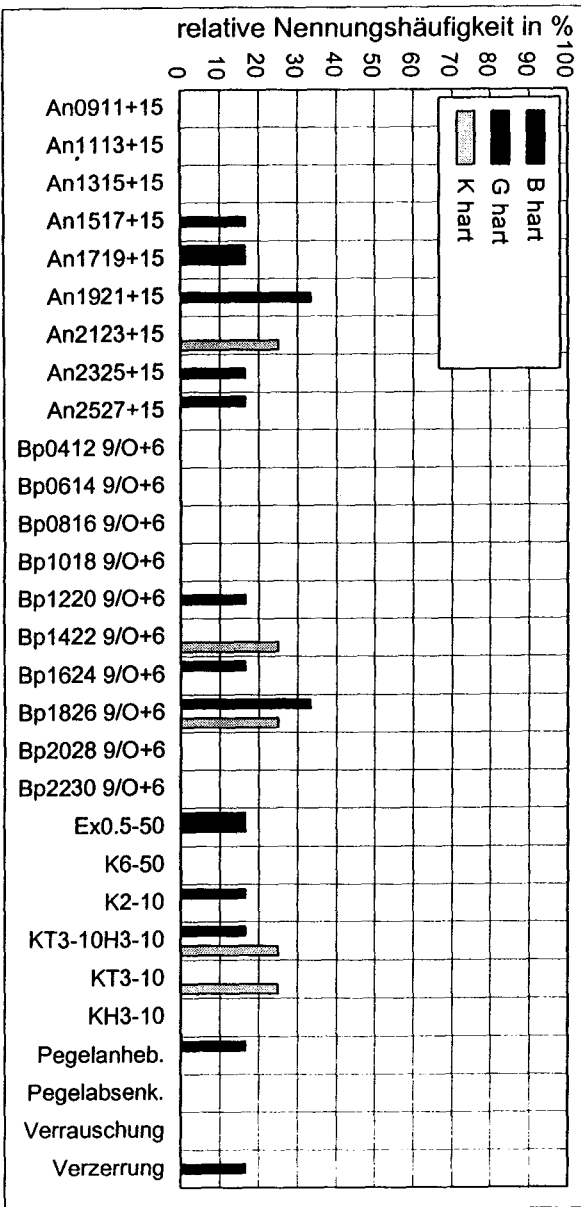


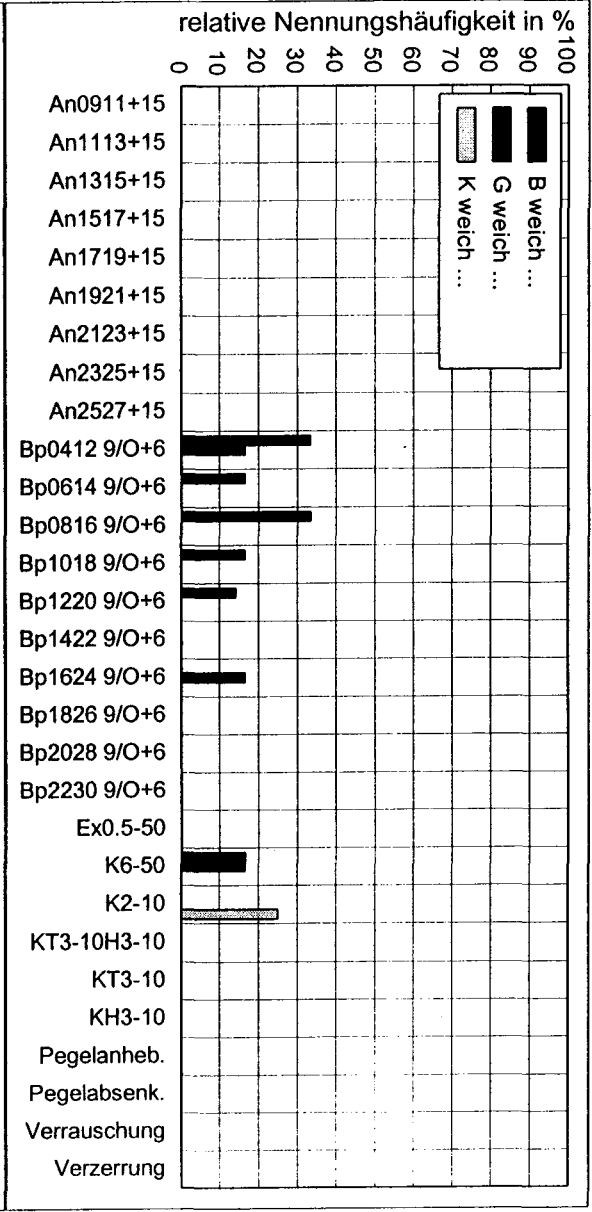
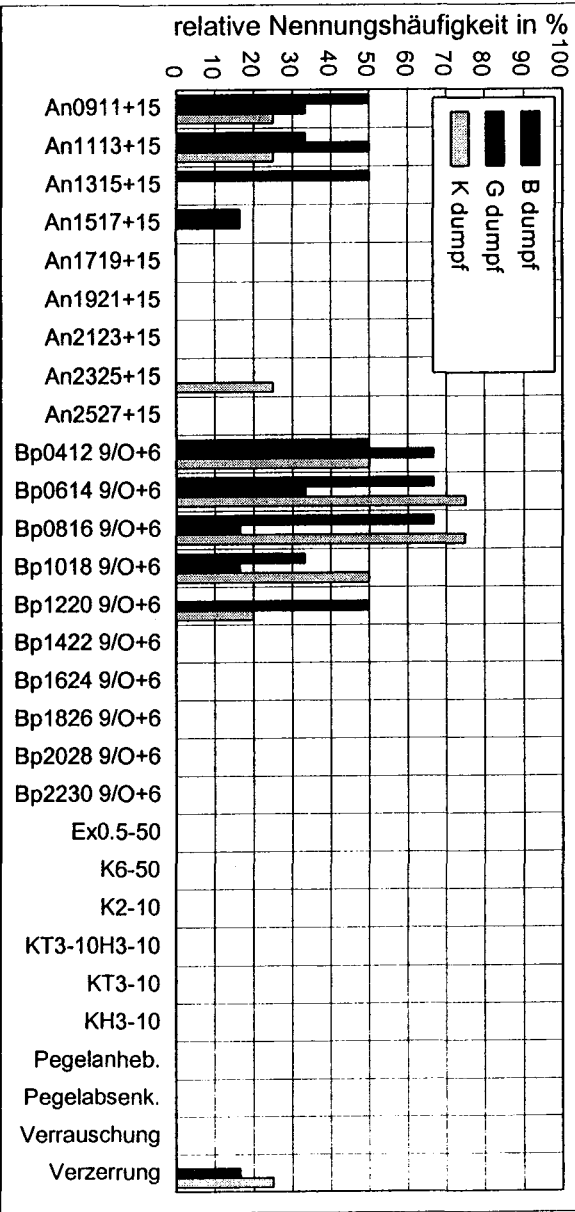
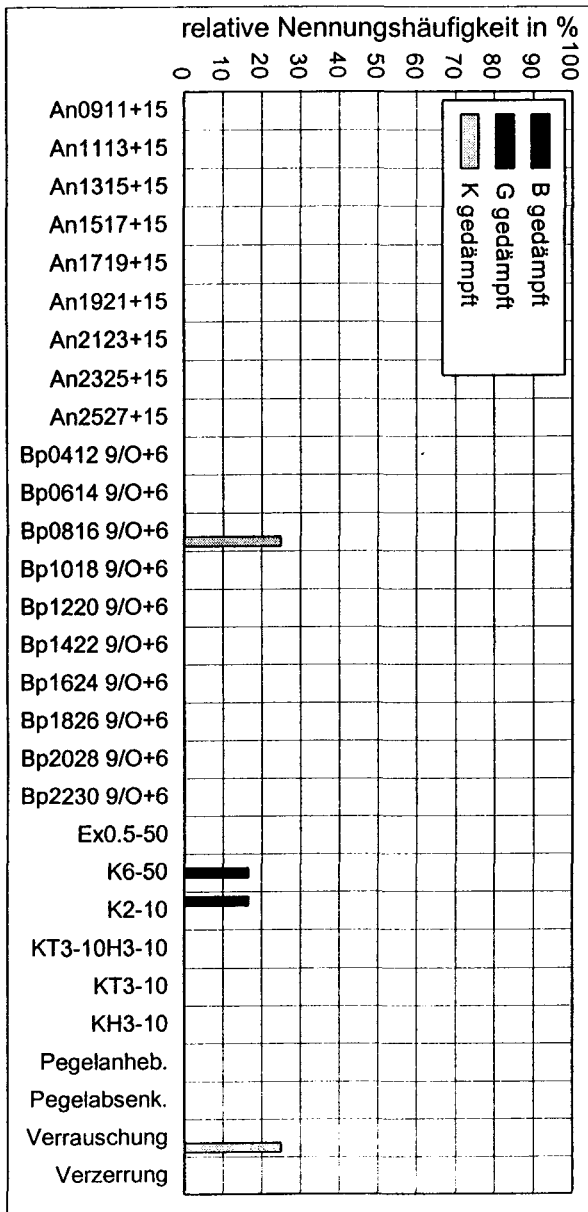


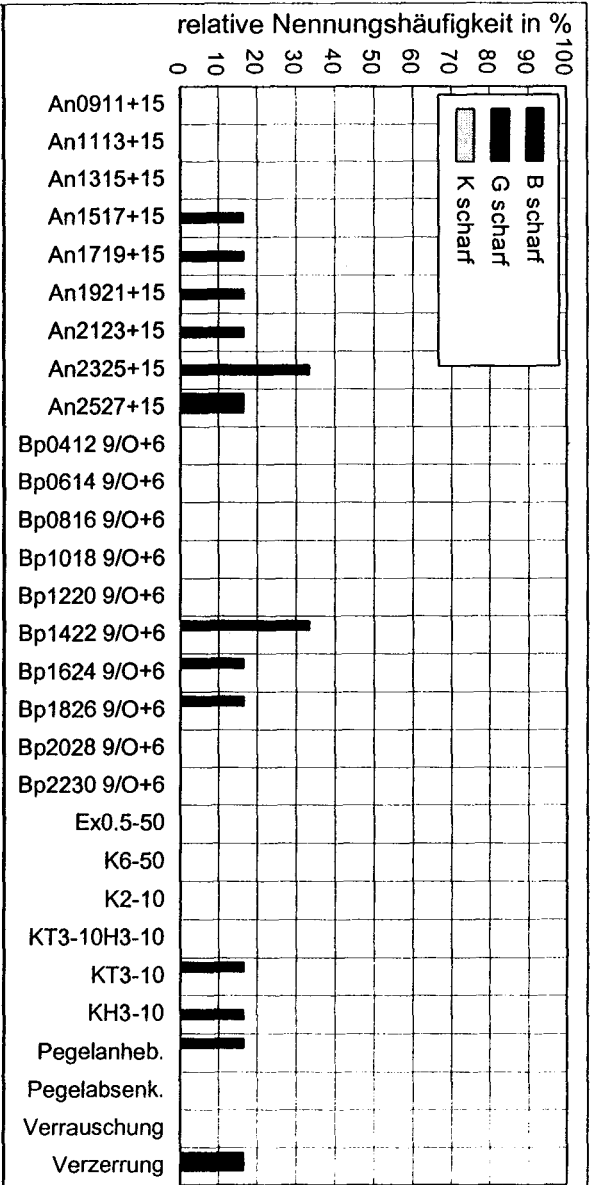
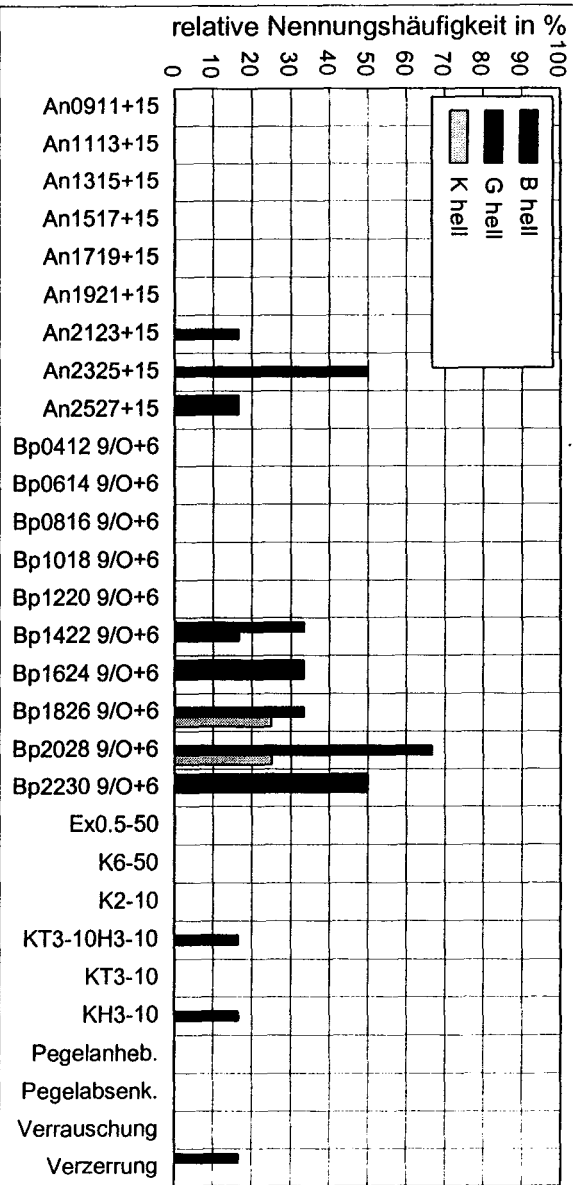
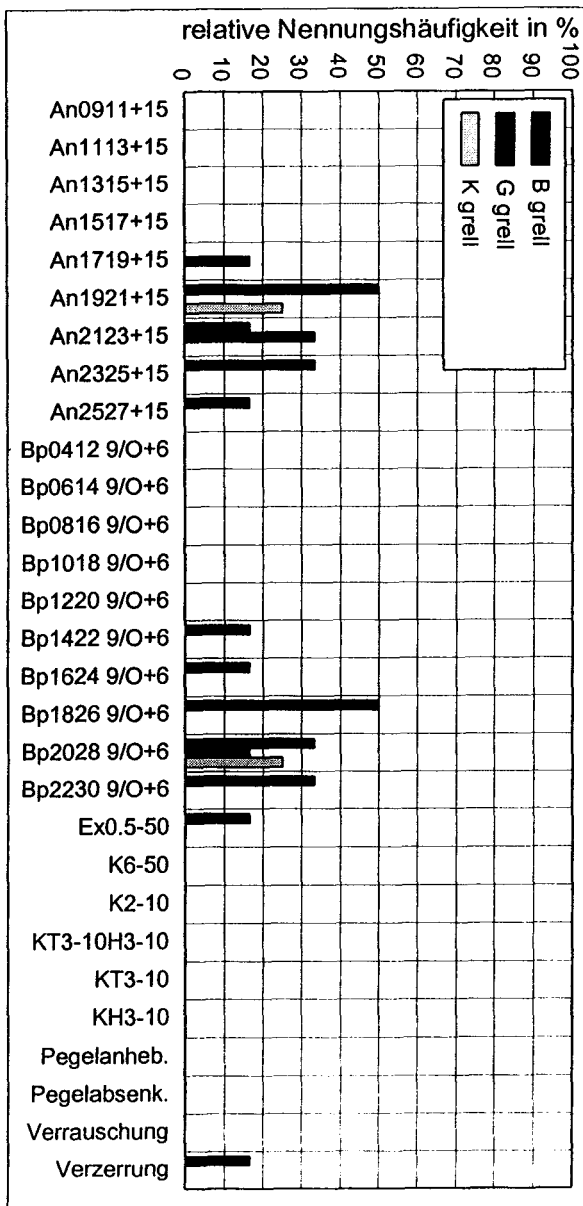


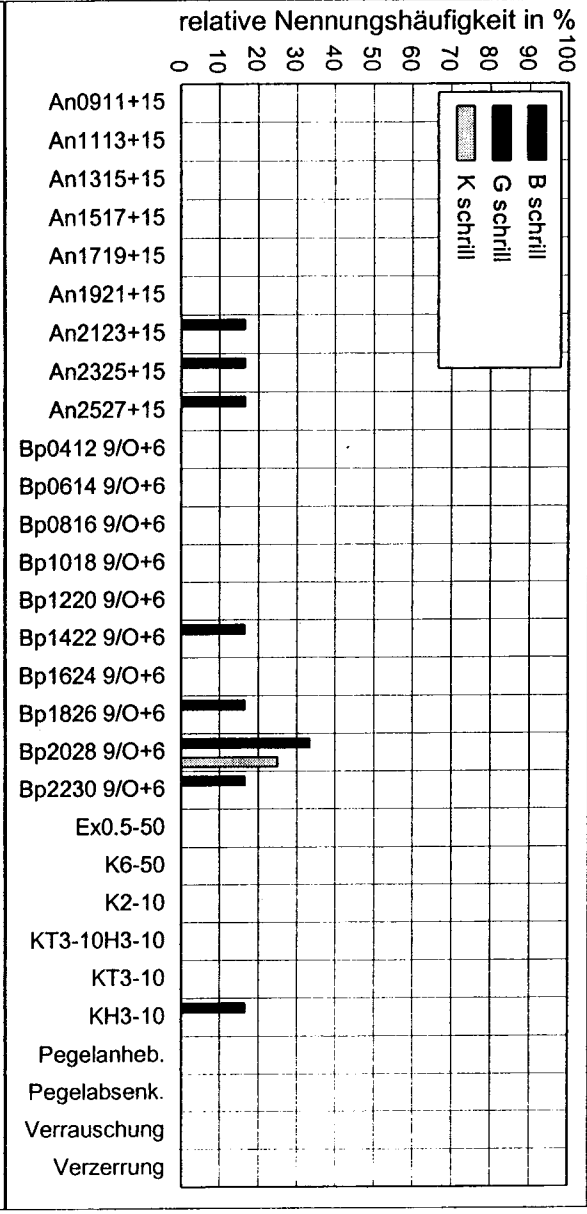
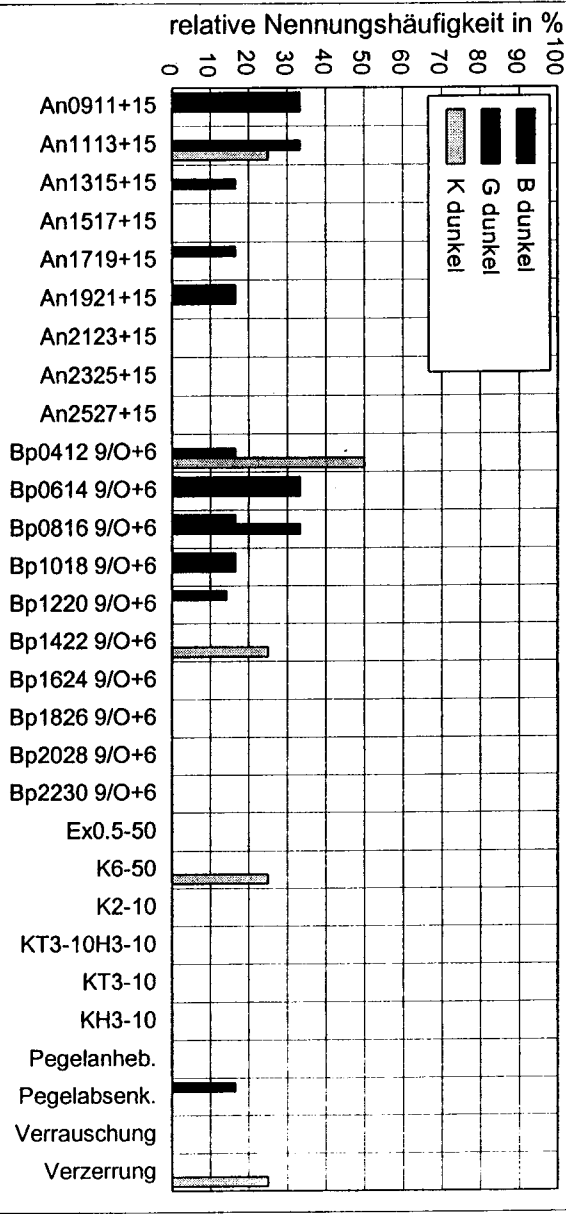
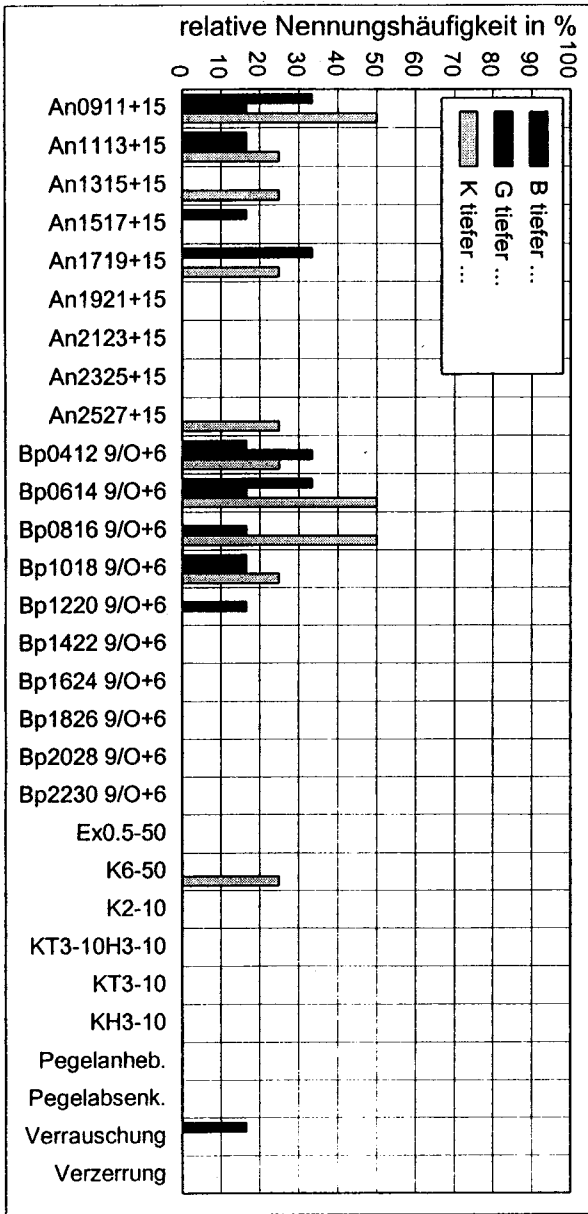


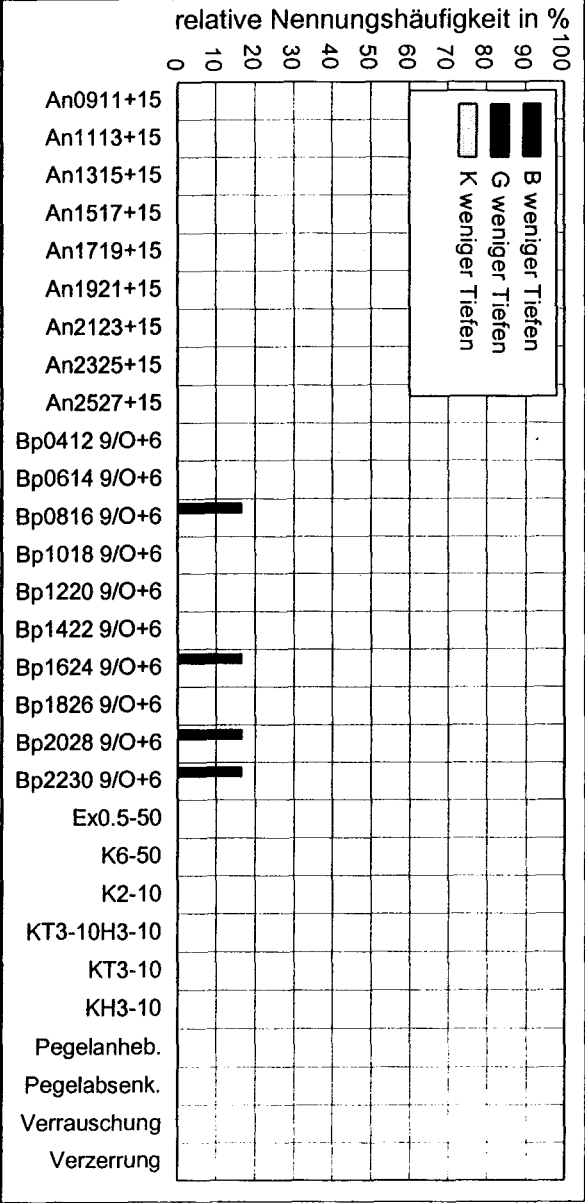
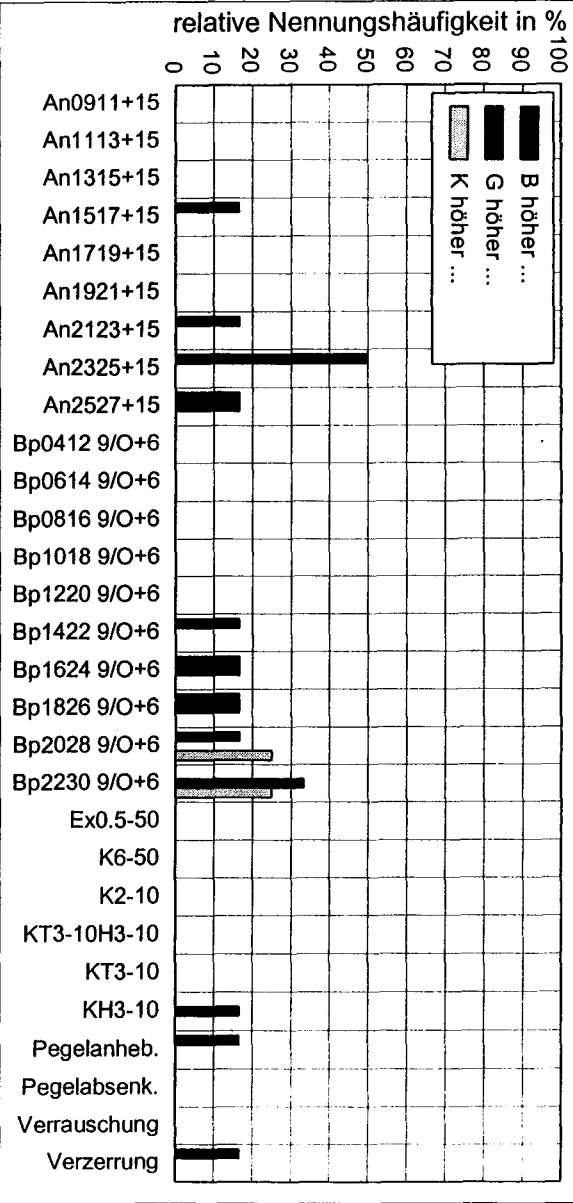
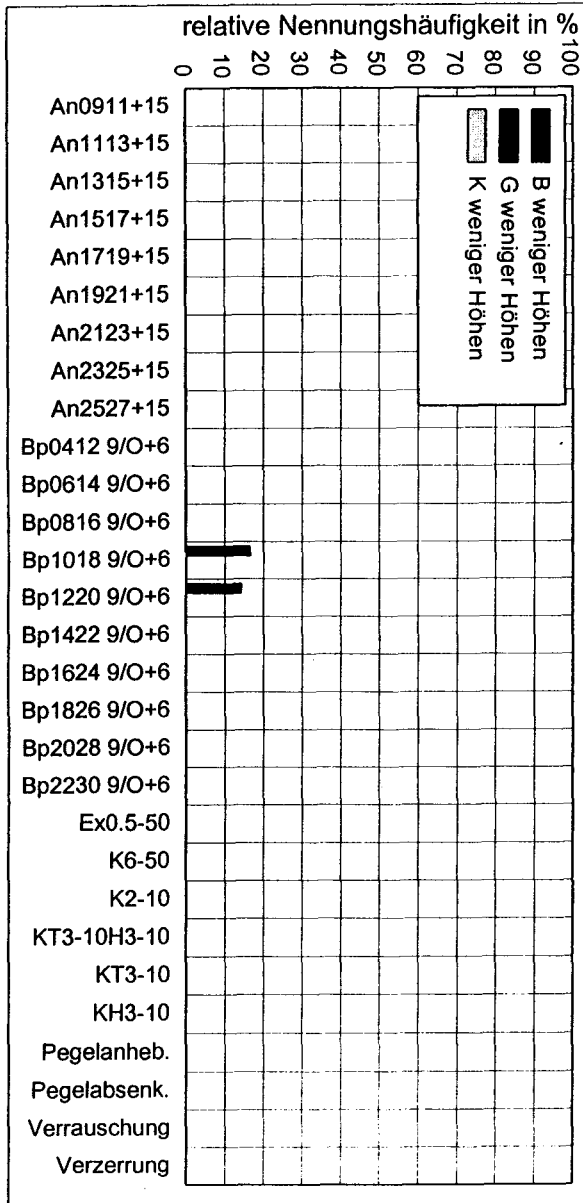




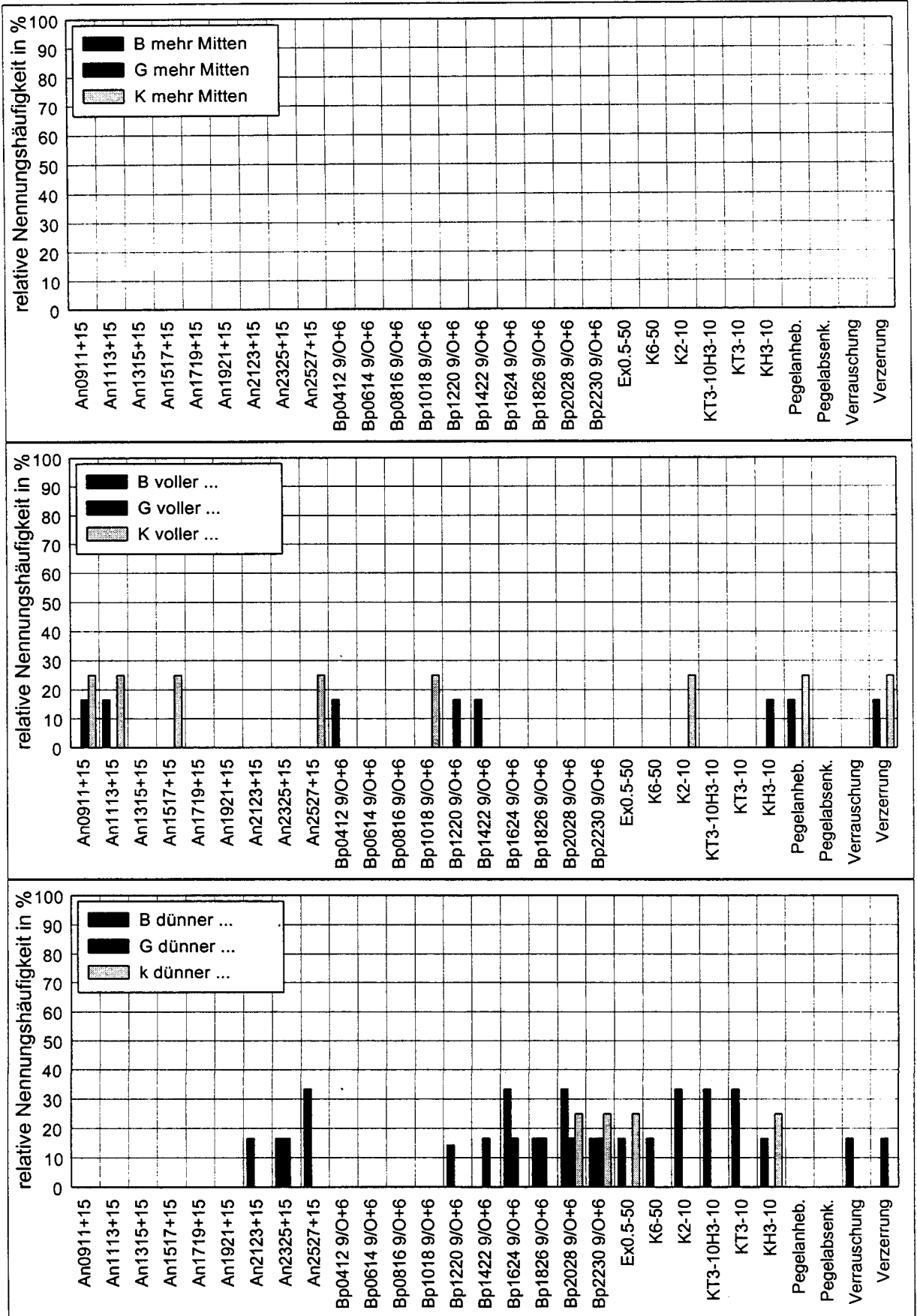




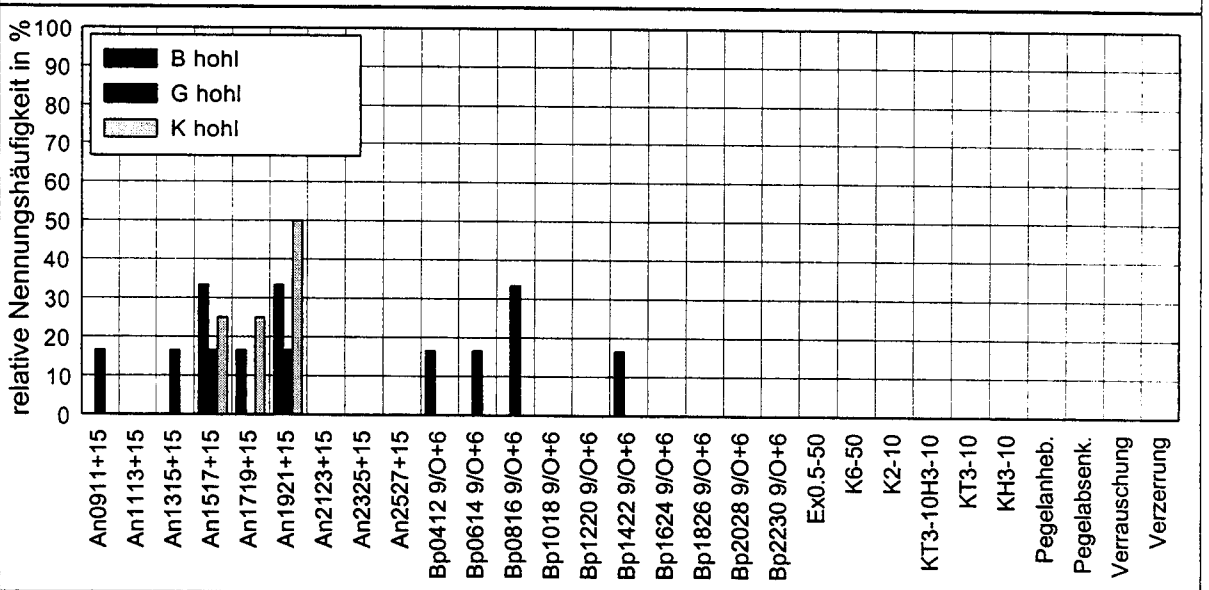
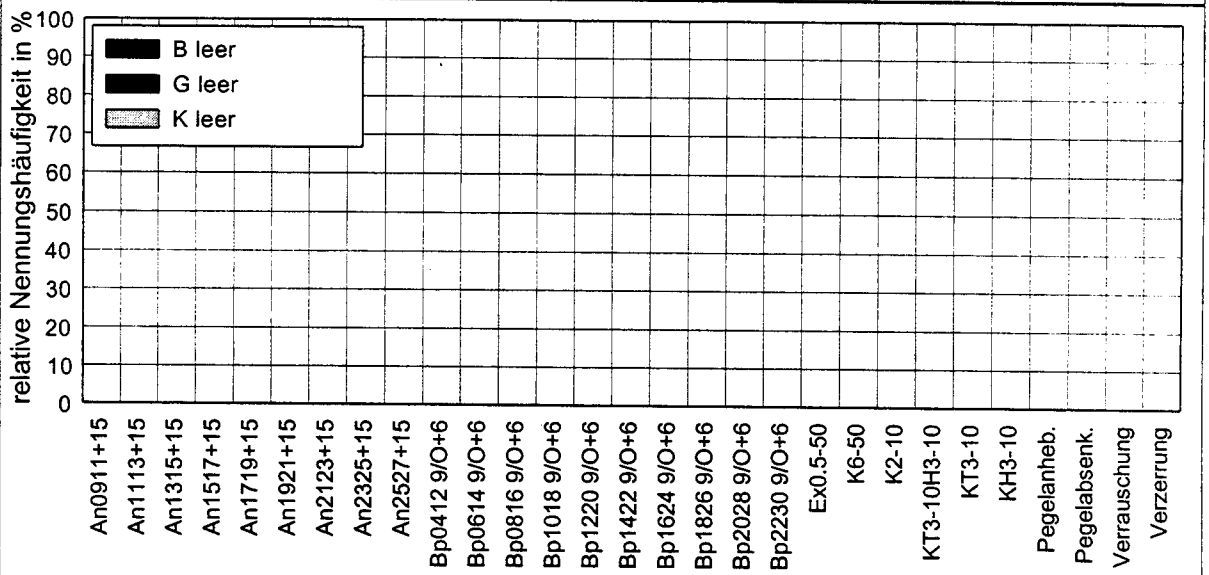
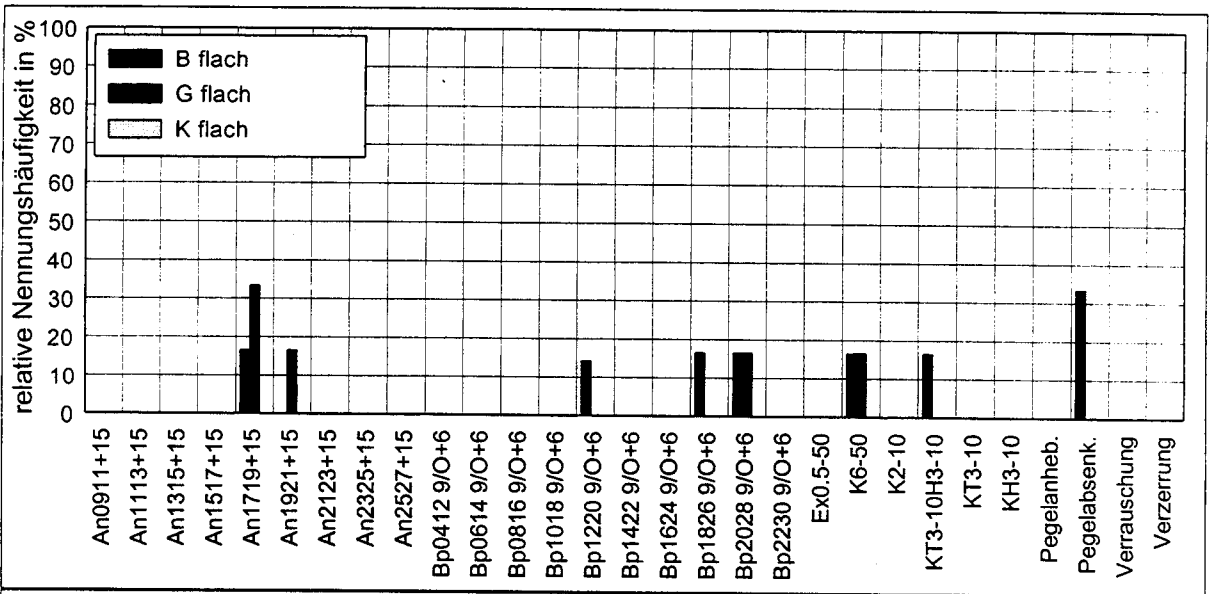




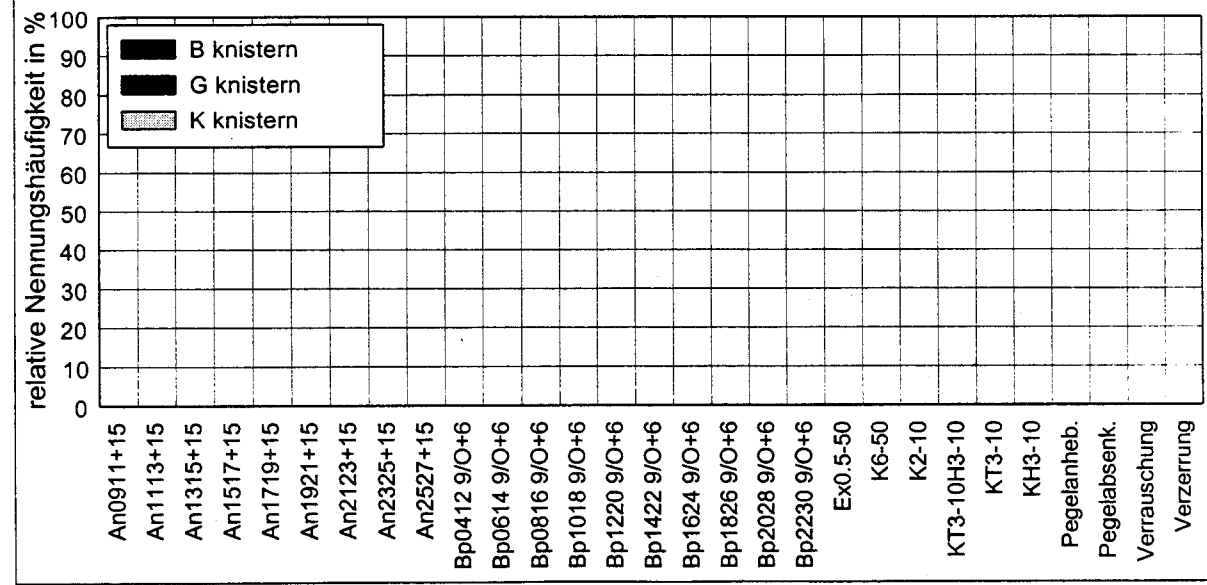
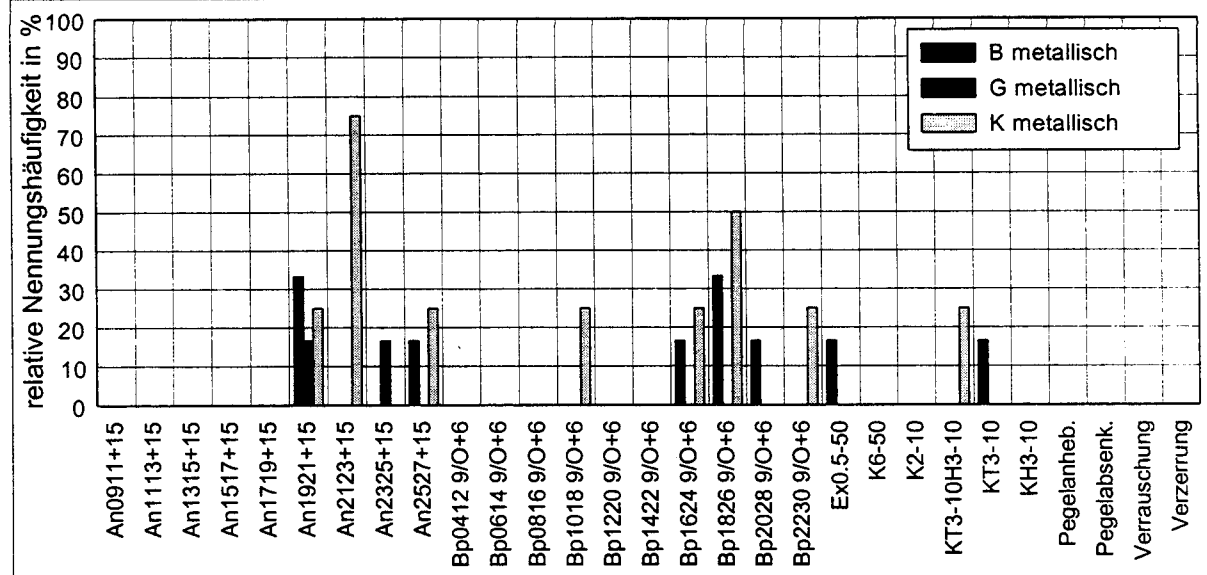
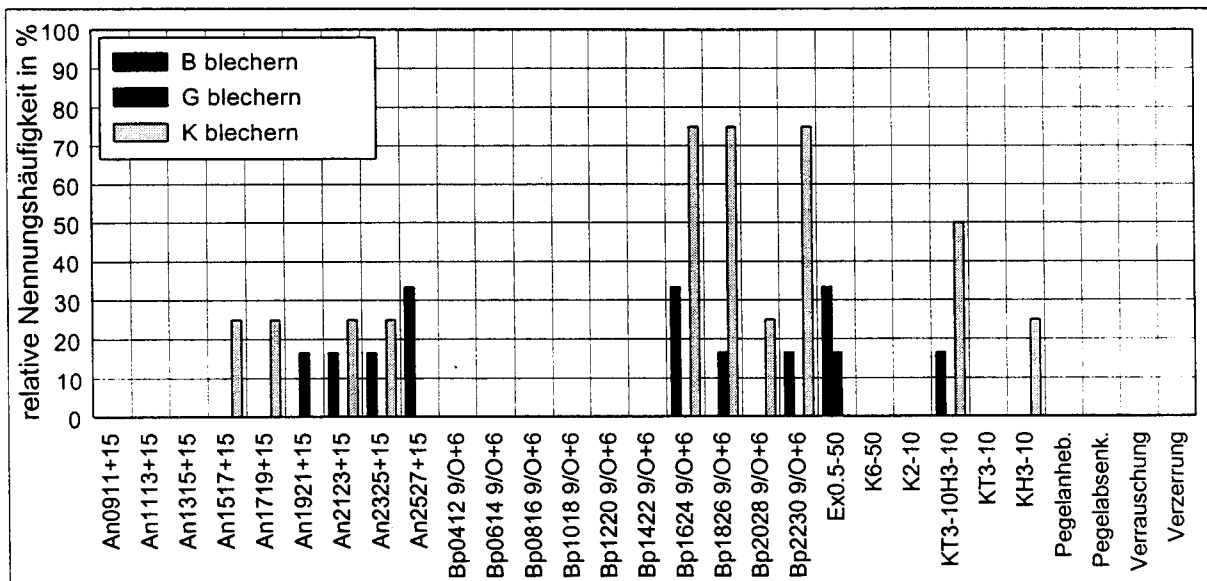
Anhang C



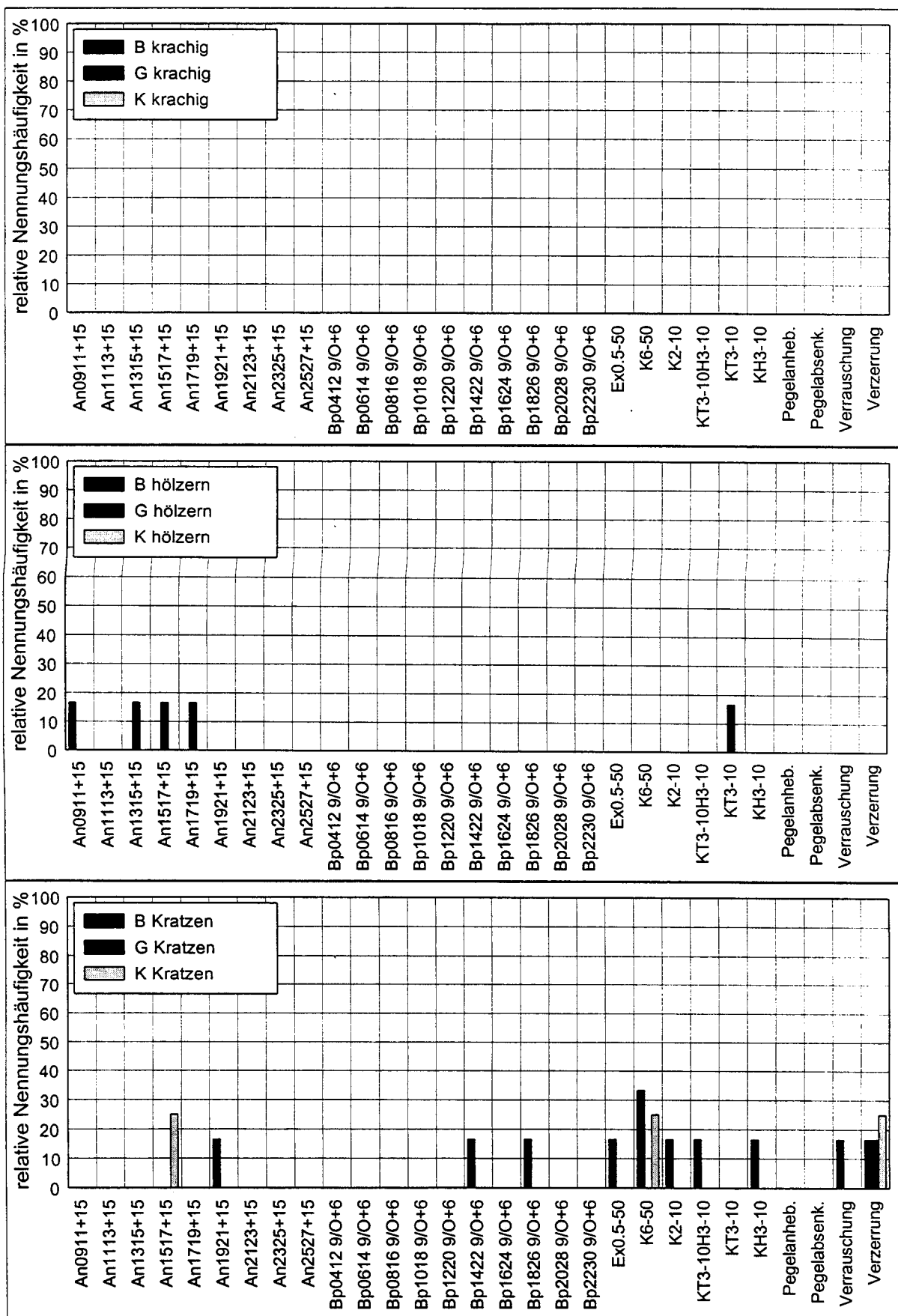
Anhang C



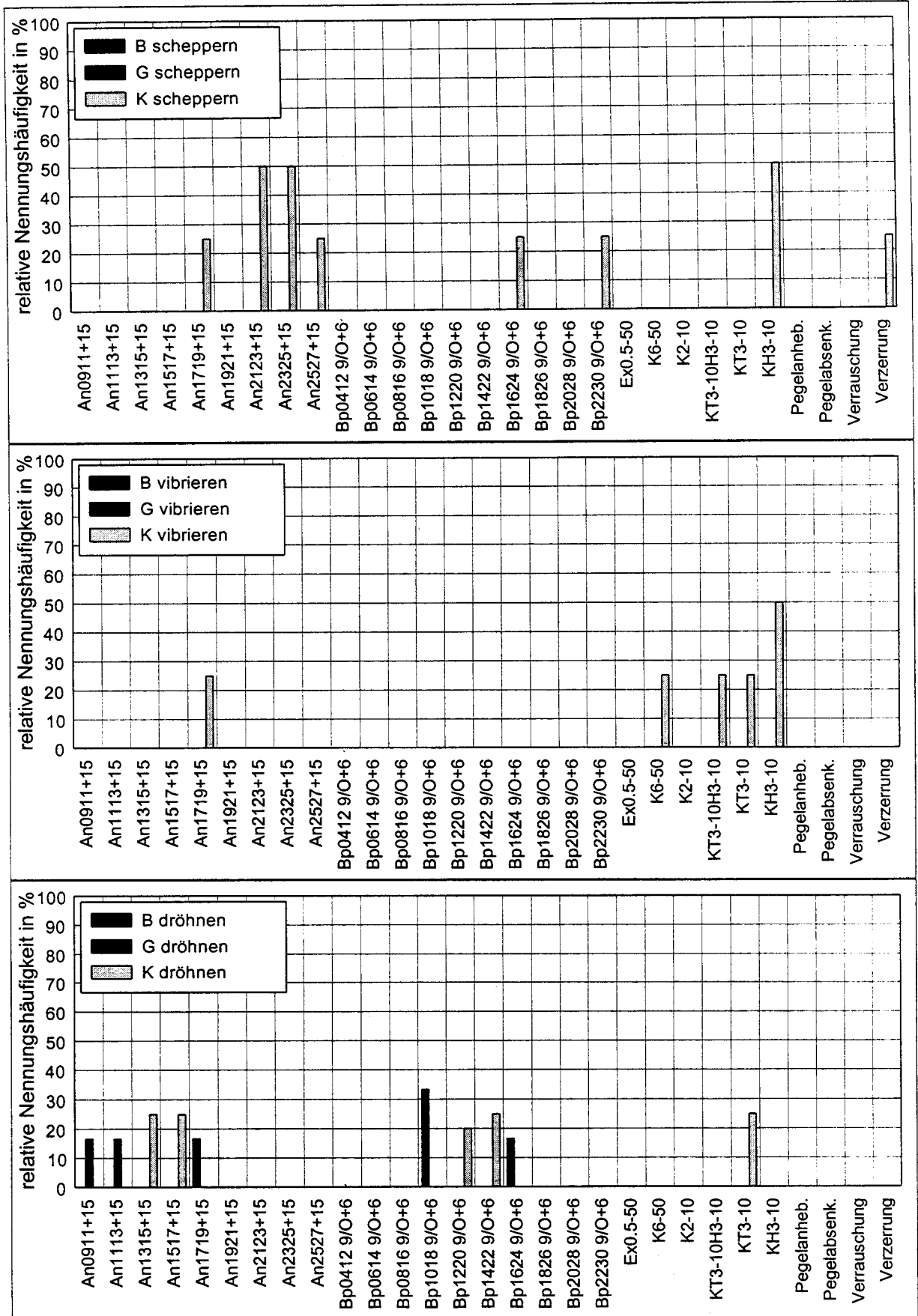
Anhang C



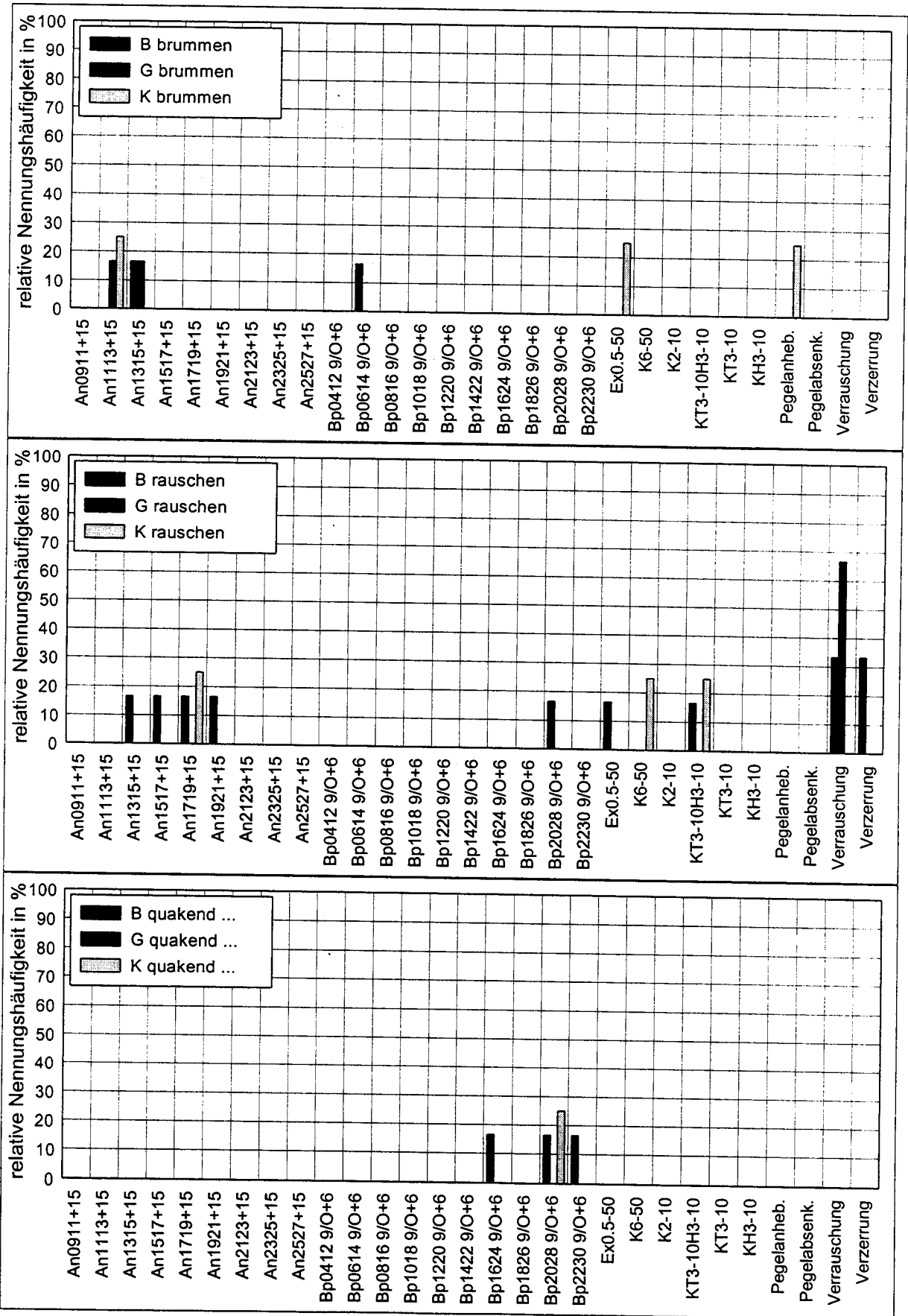
Anhang C



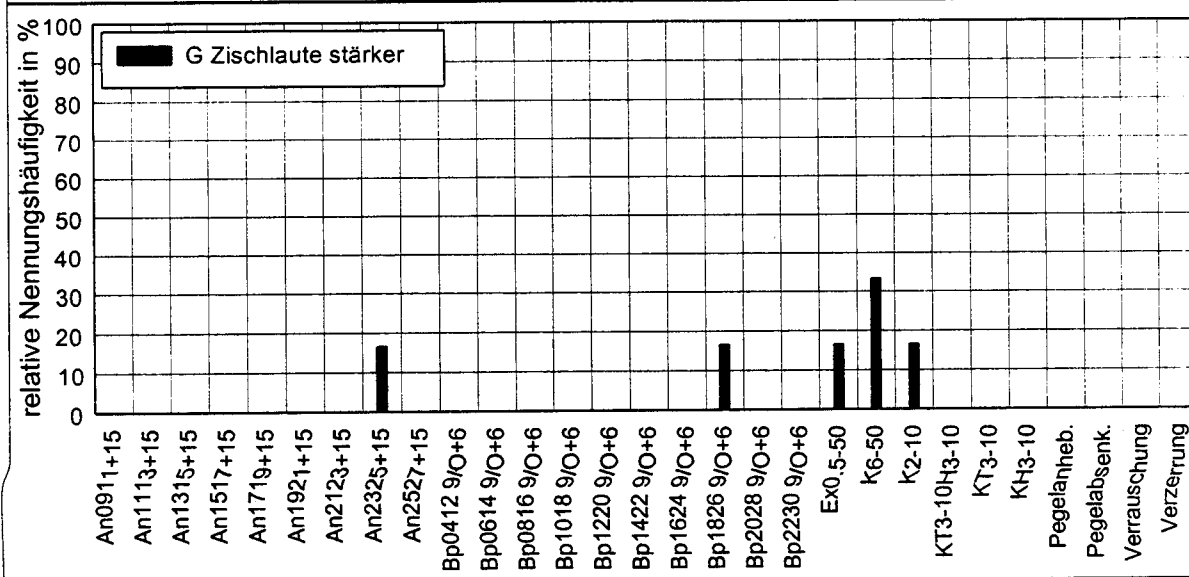
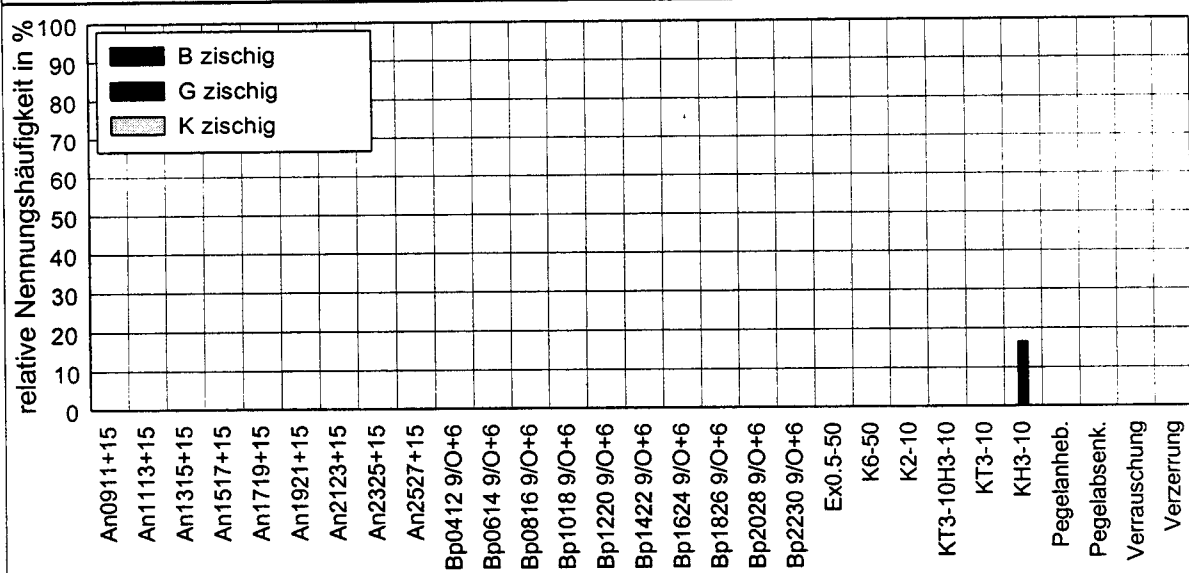
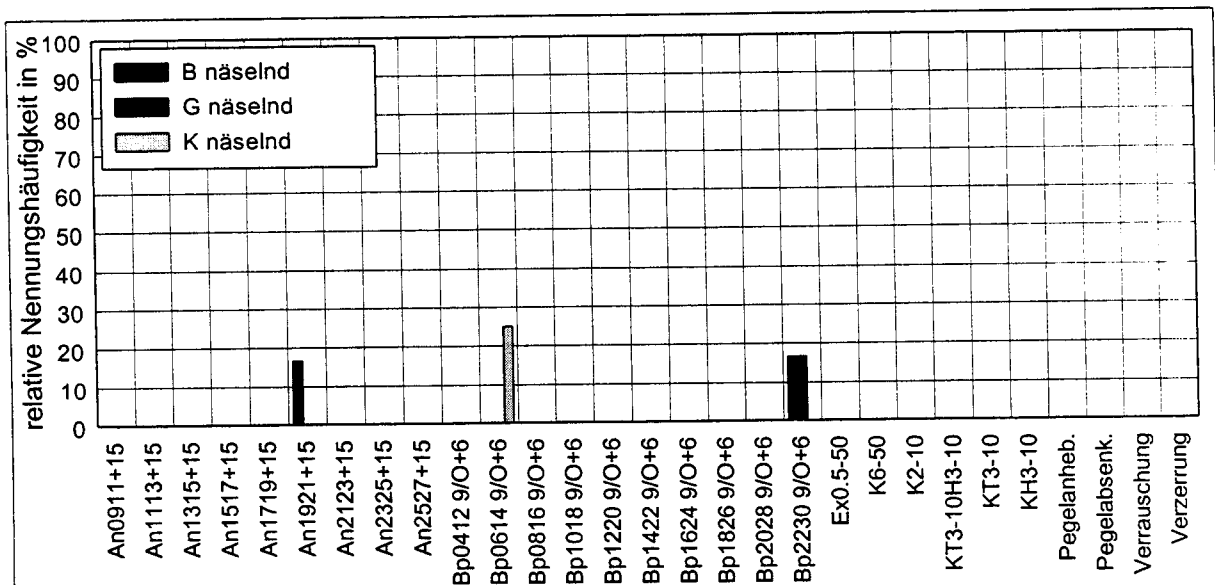
Anhang C



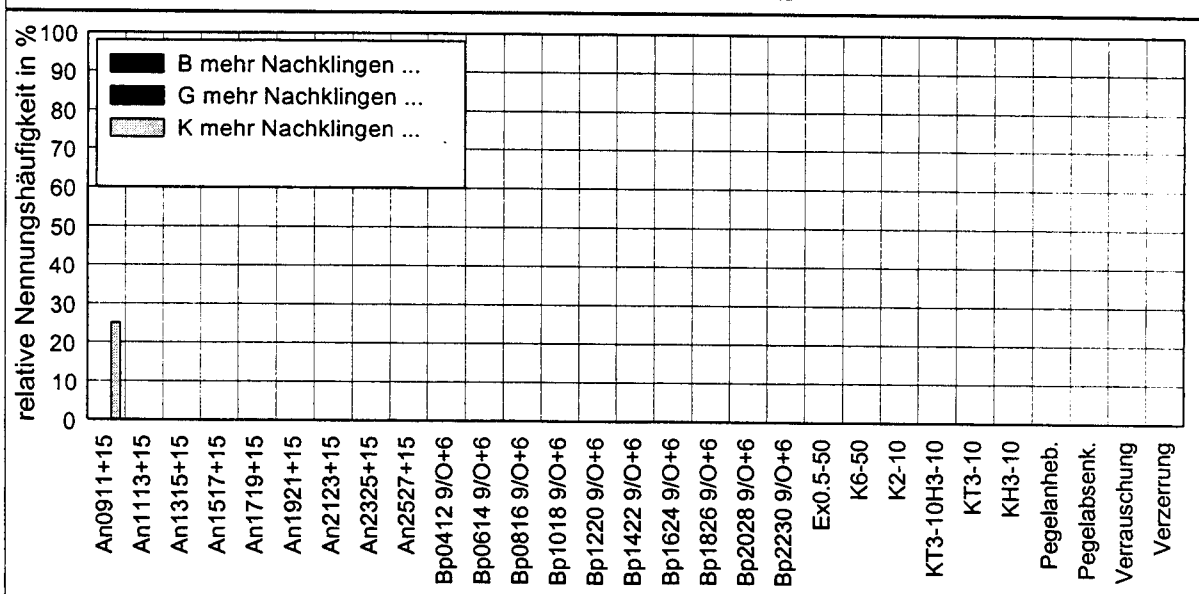
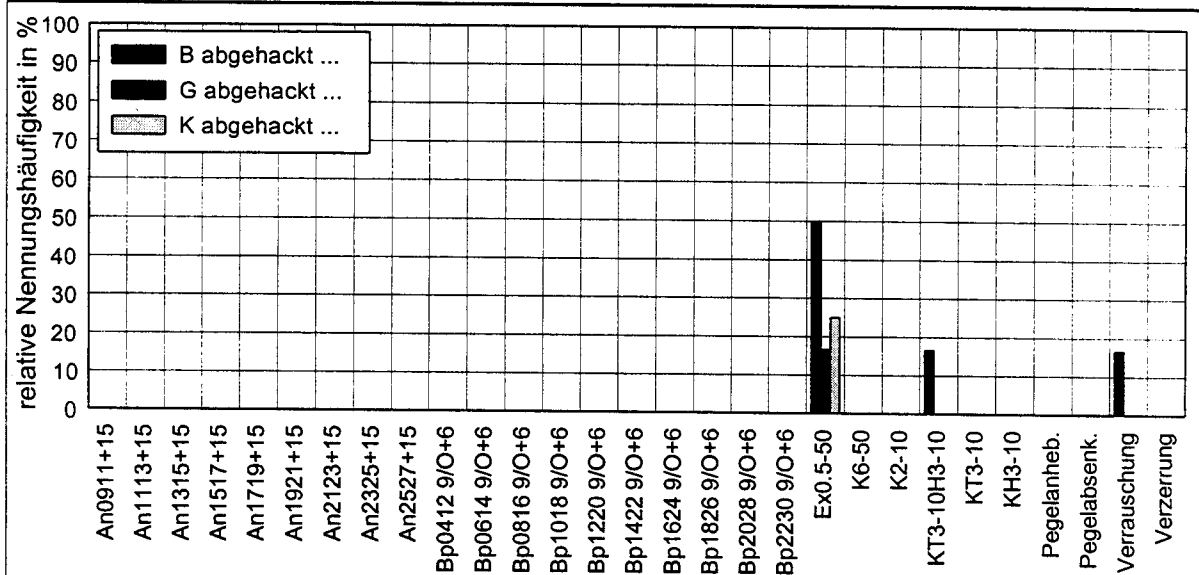
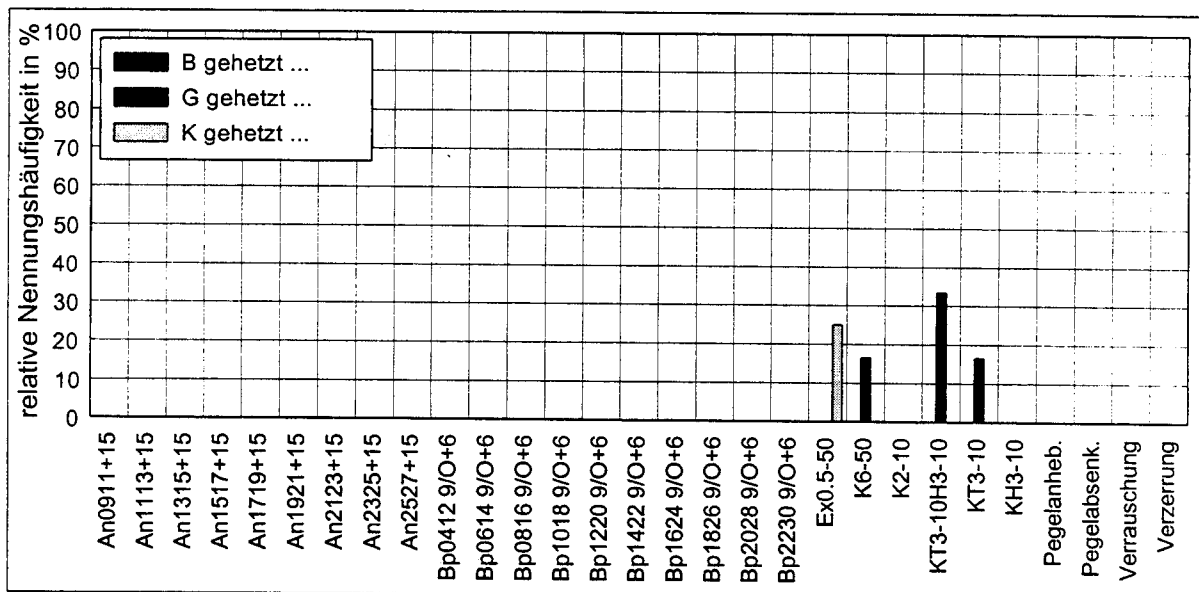
Anhang C



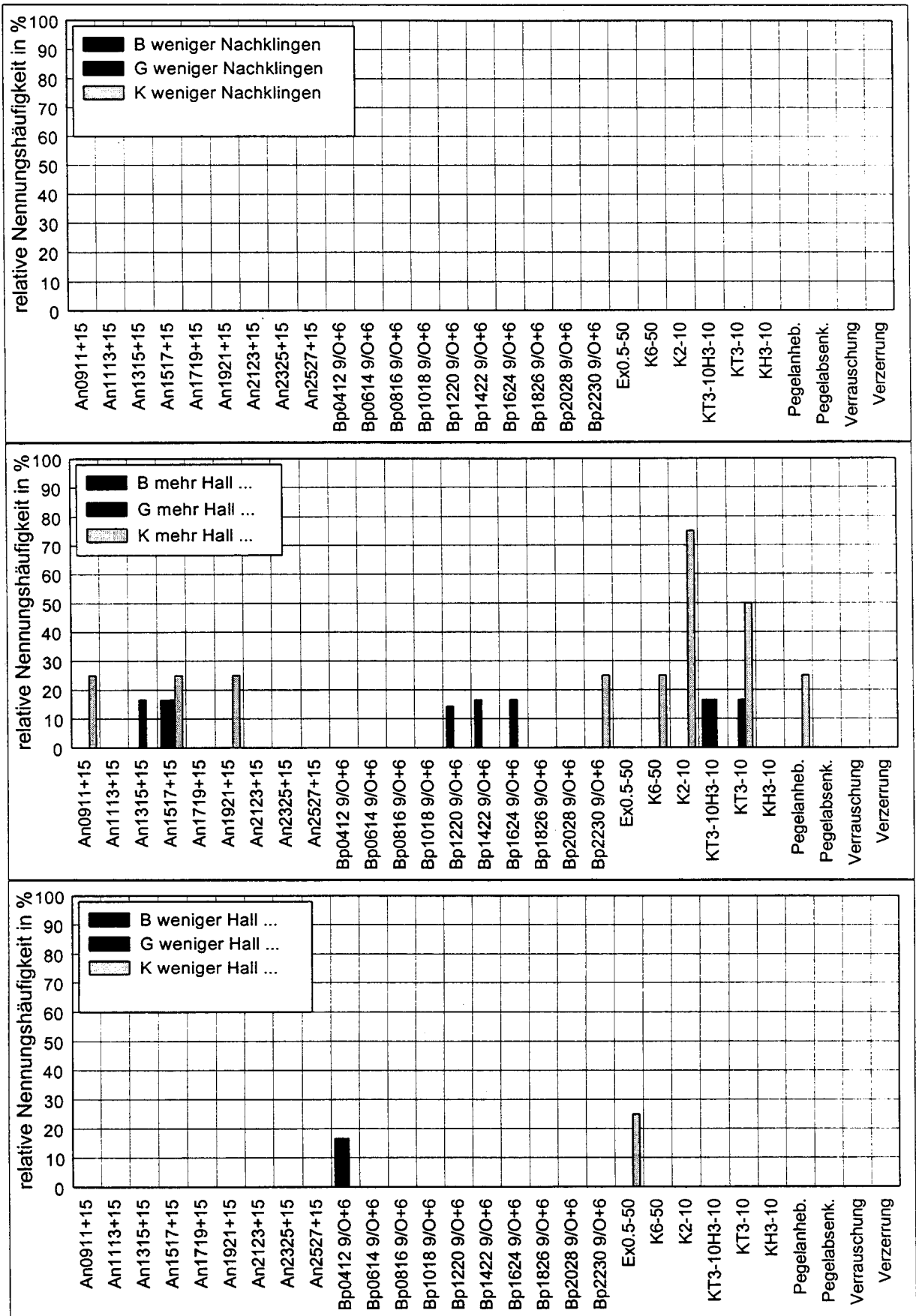
Anhang C



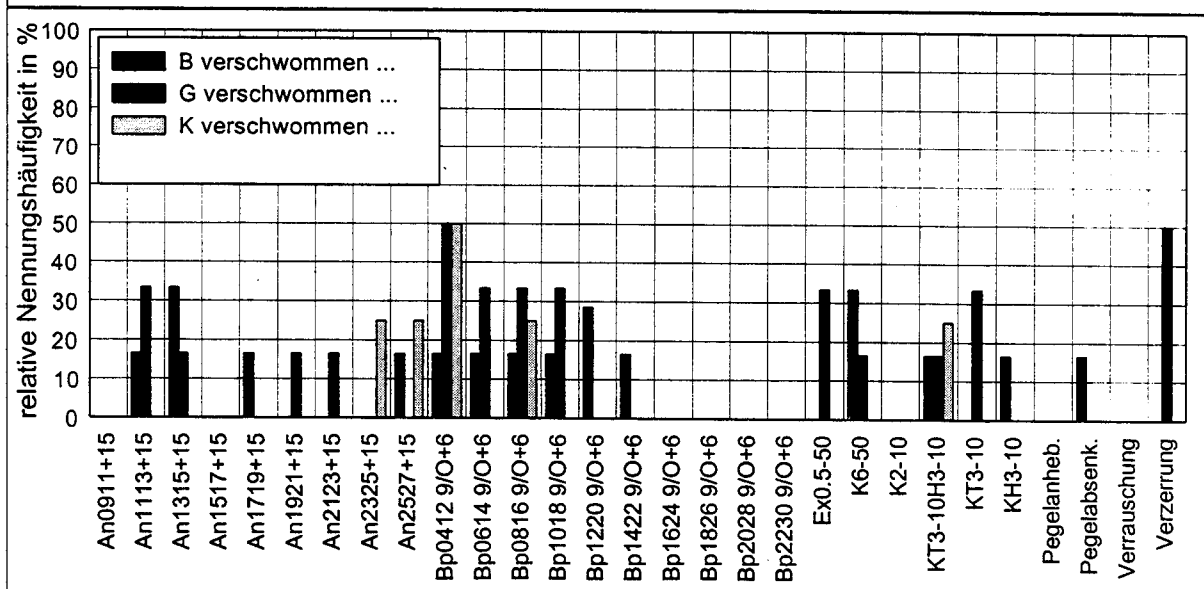
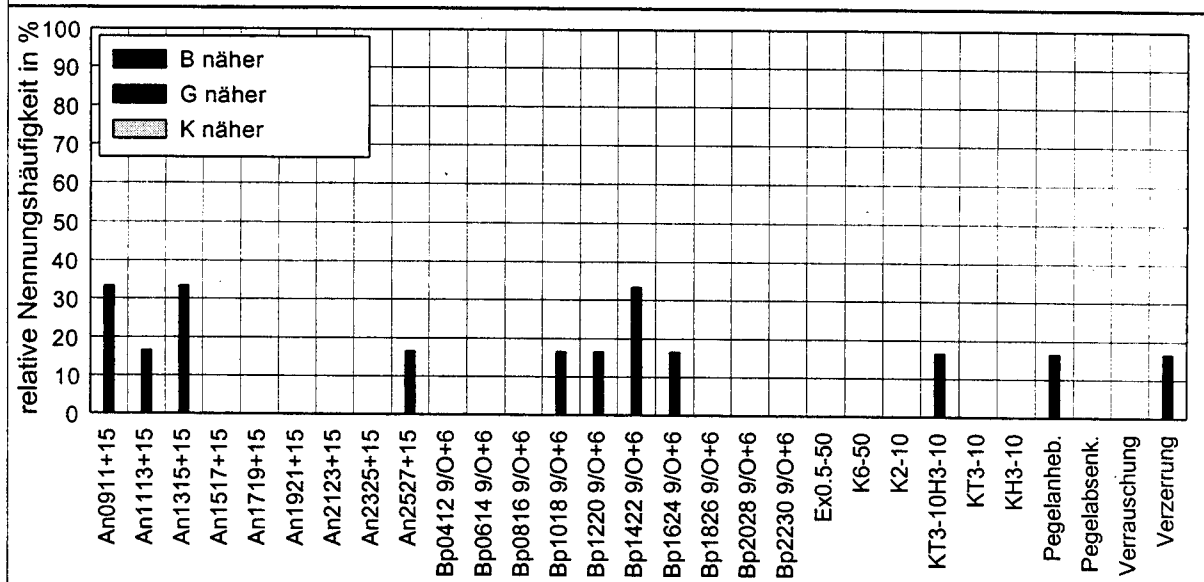
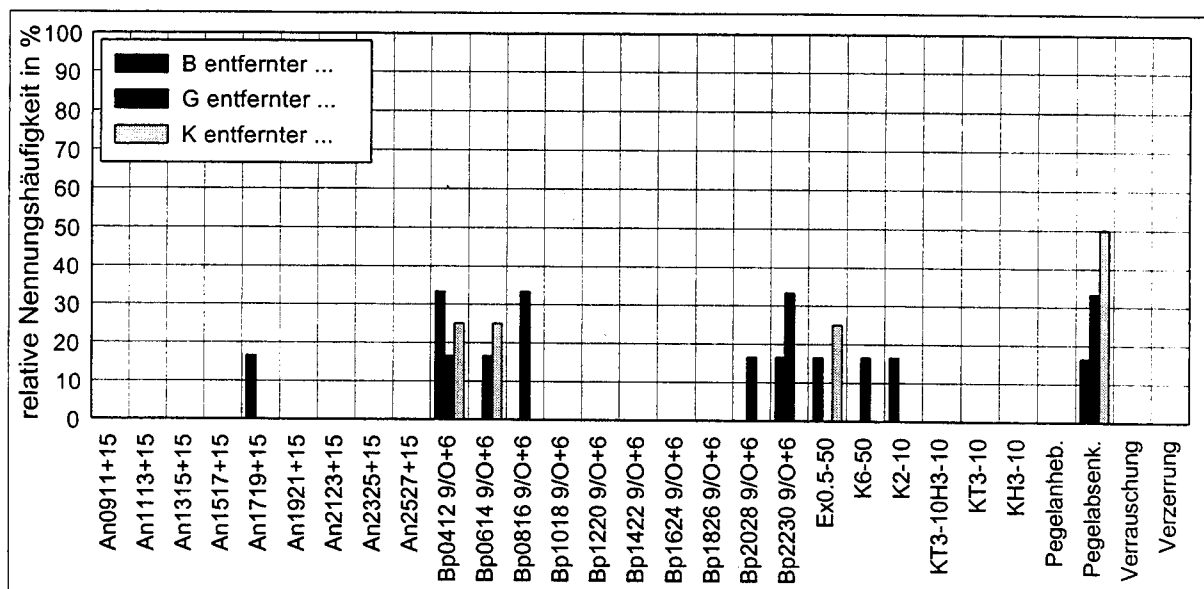
Anhang C



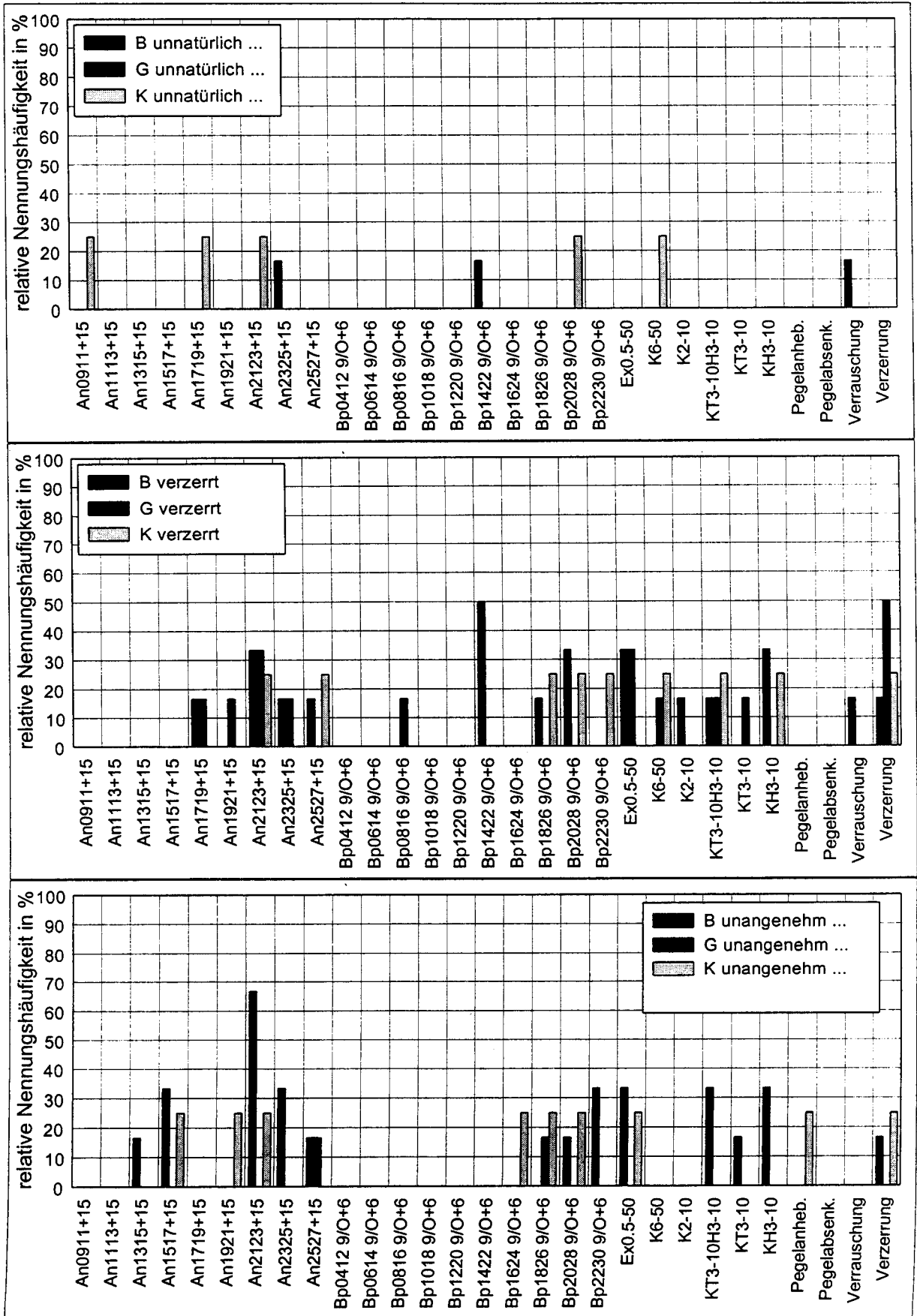
Anhang C



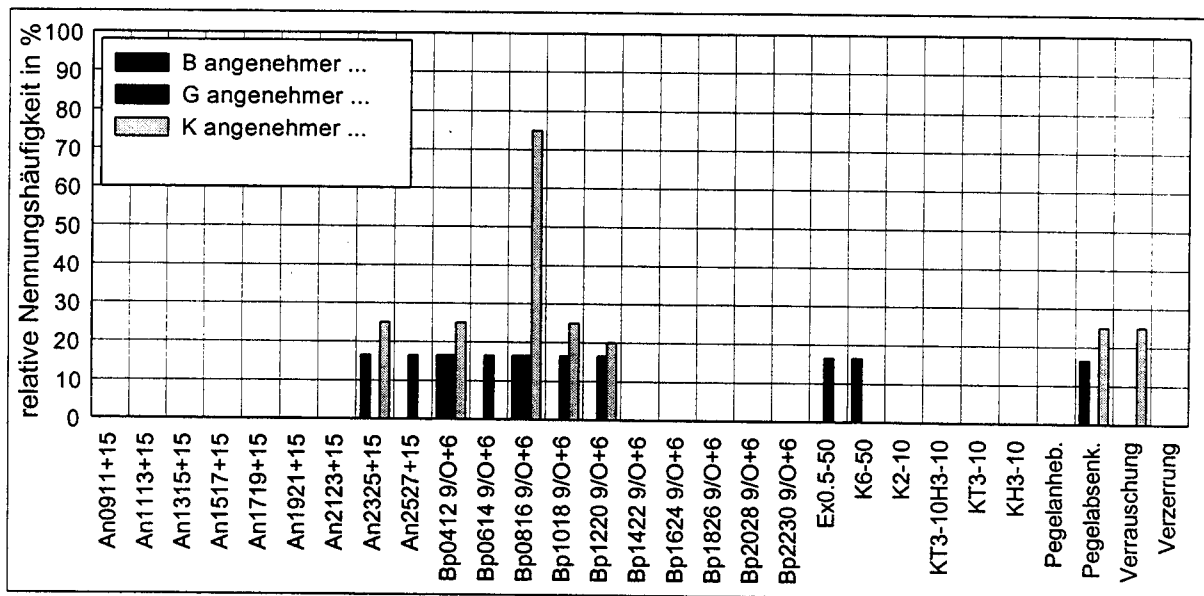
Anhang C



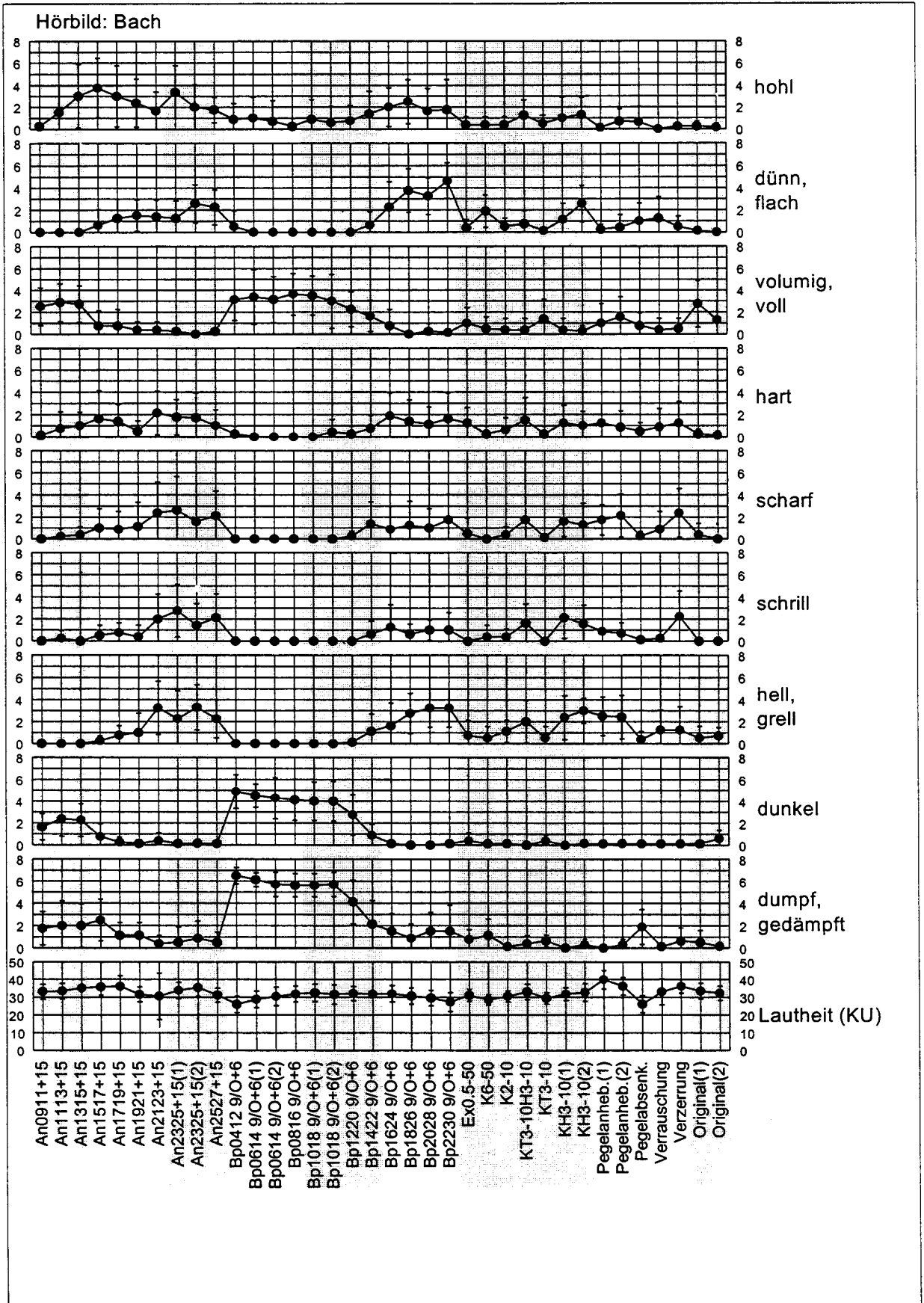
Anhang C



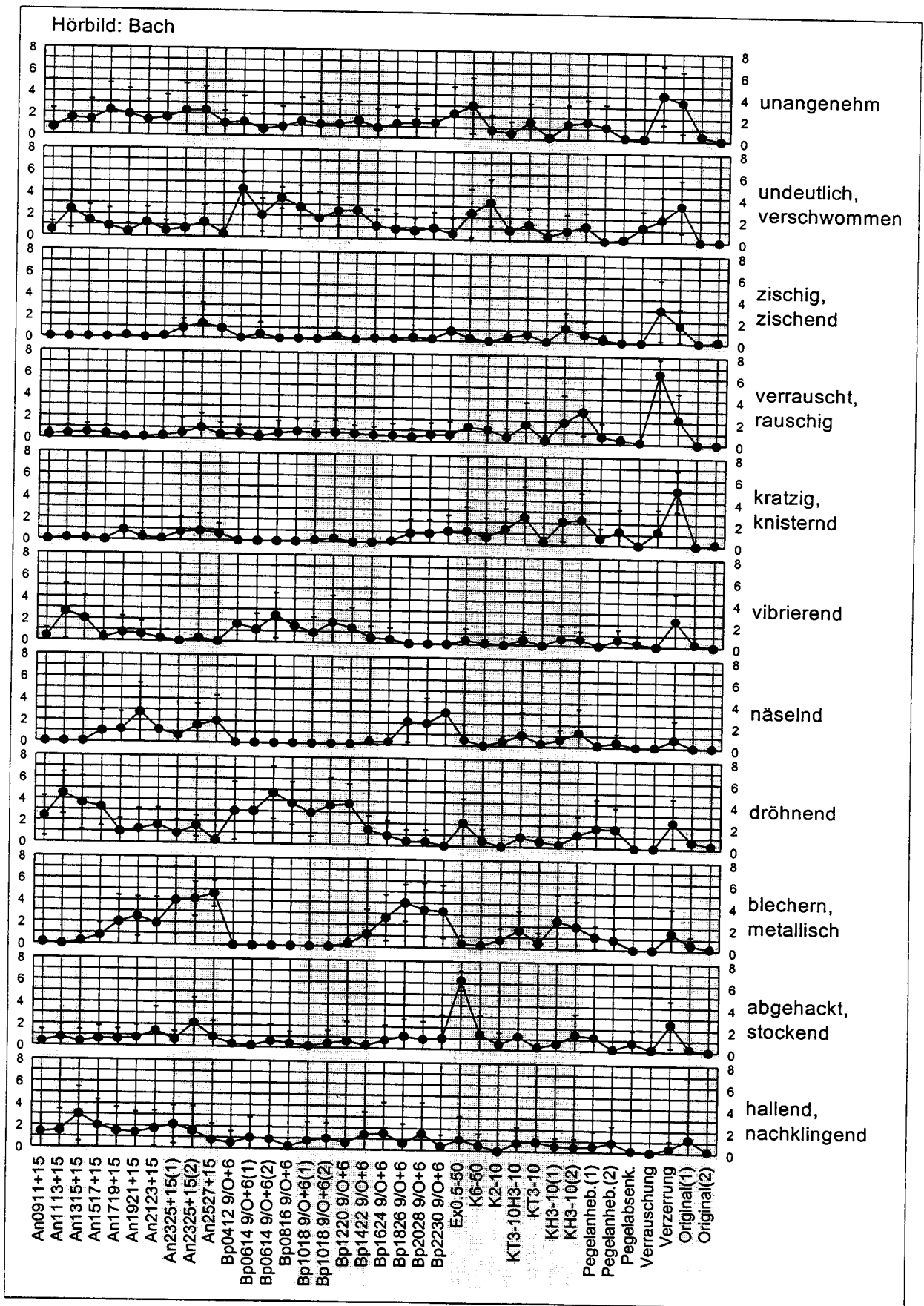
Anhang C



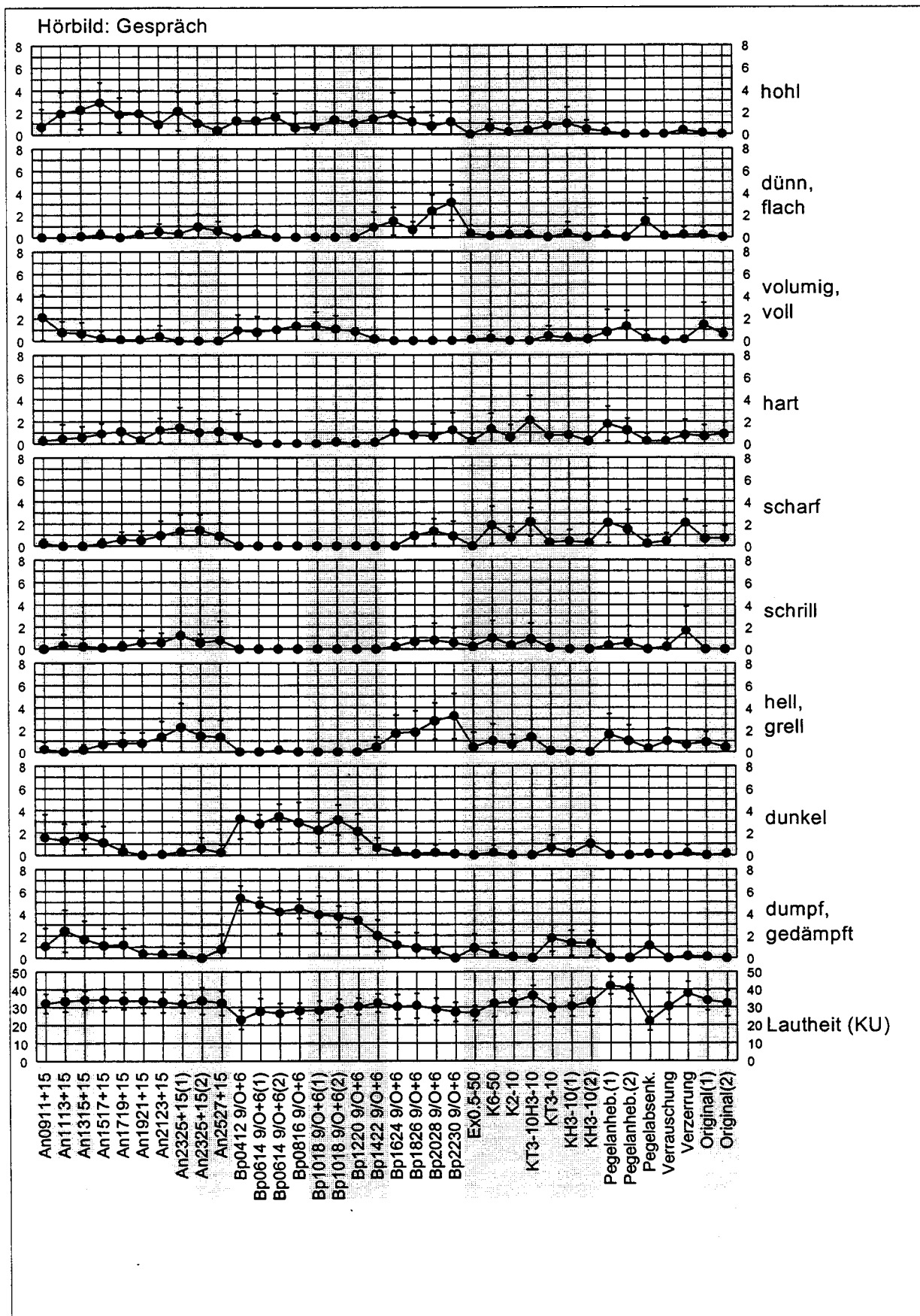
Anhang C



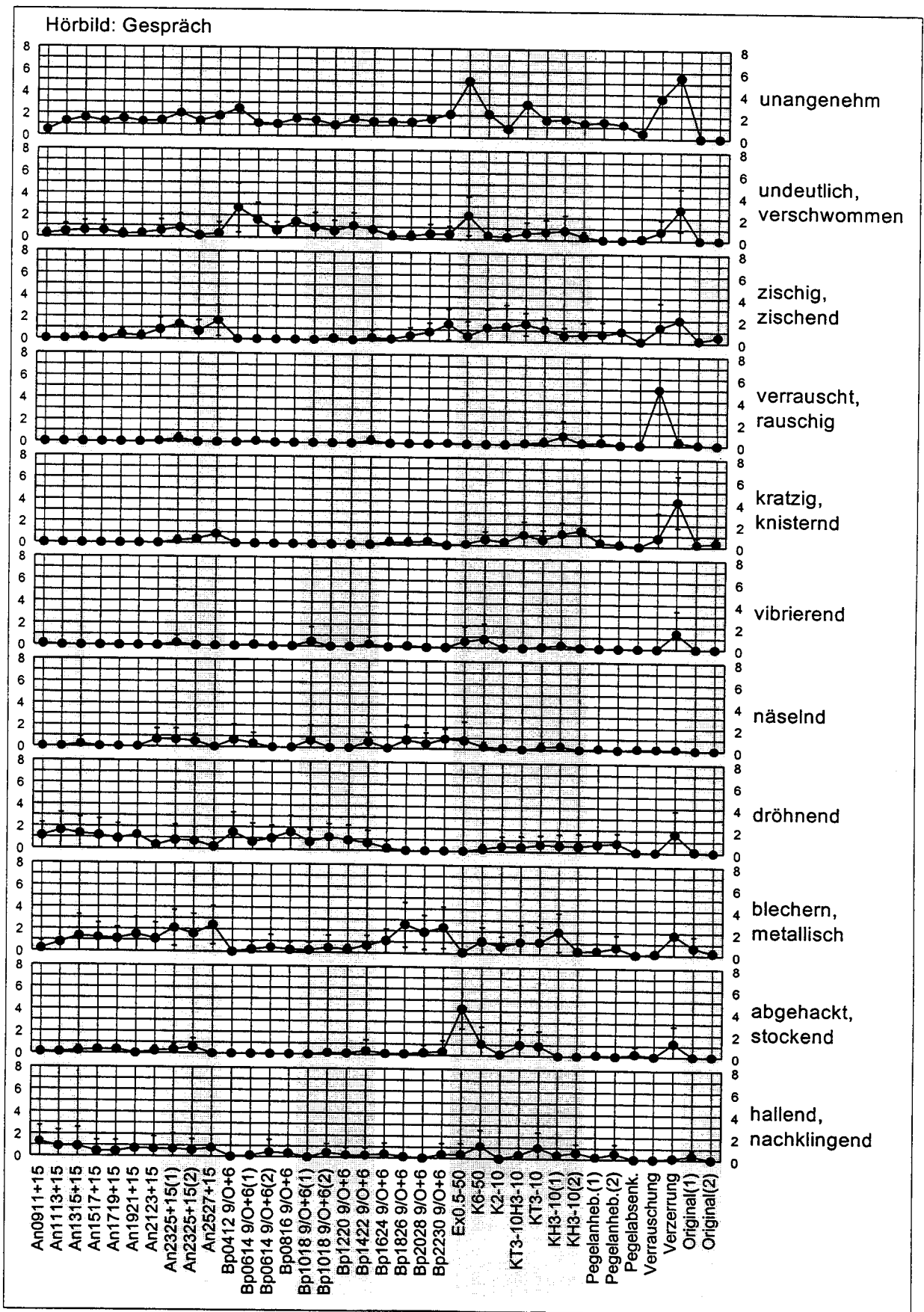
Anhang C



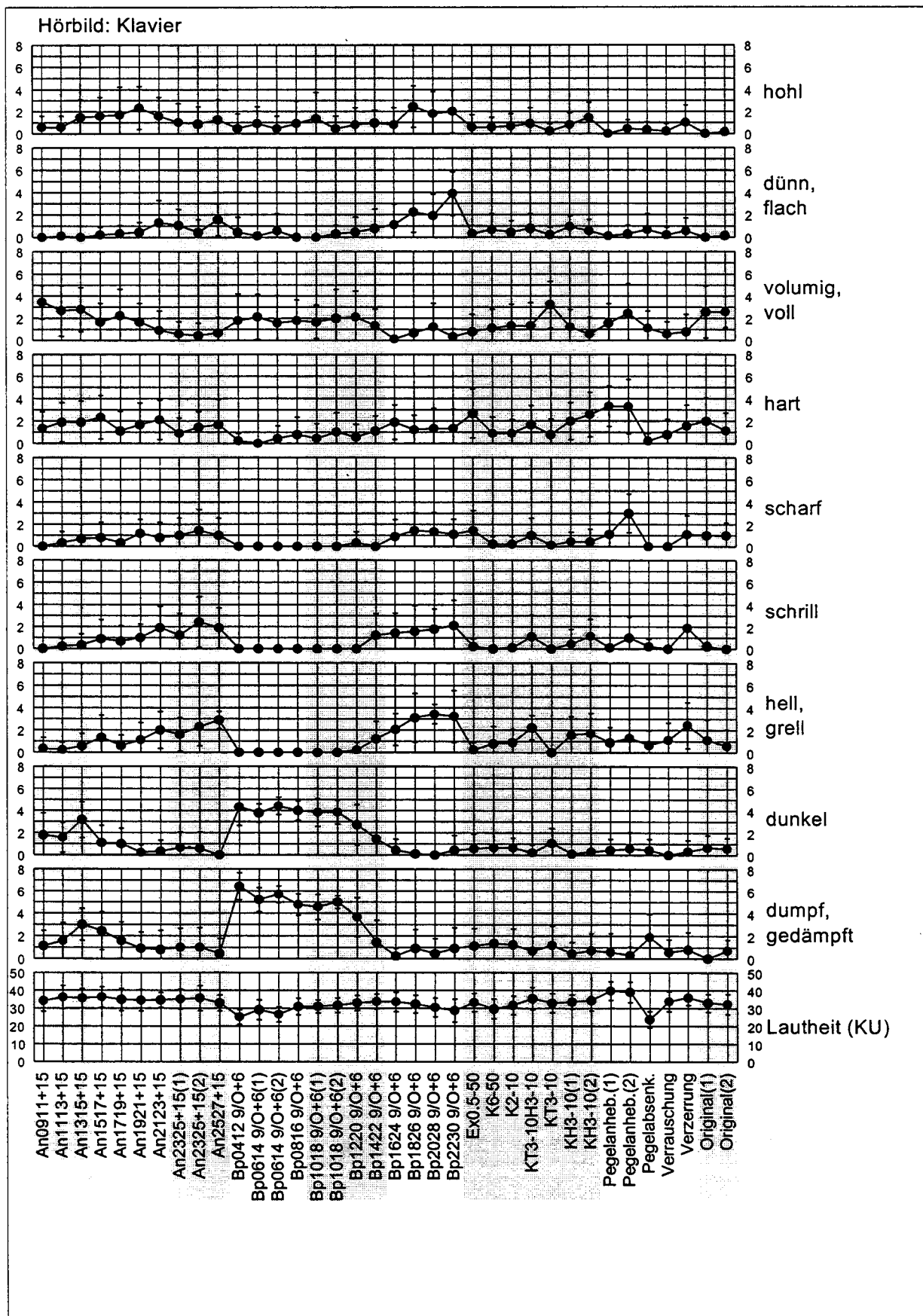
Anhang C



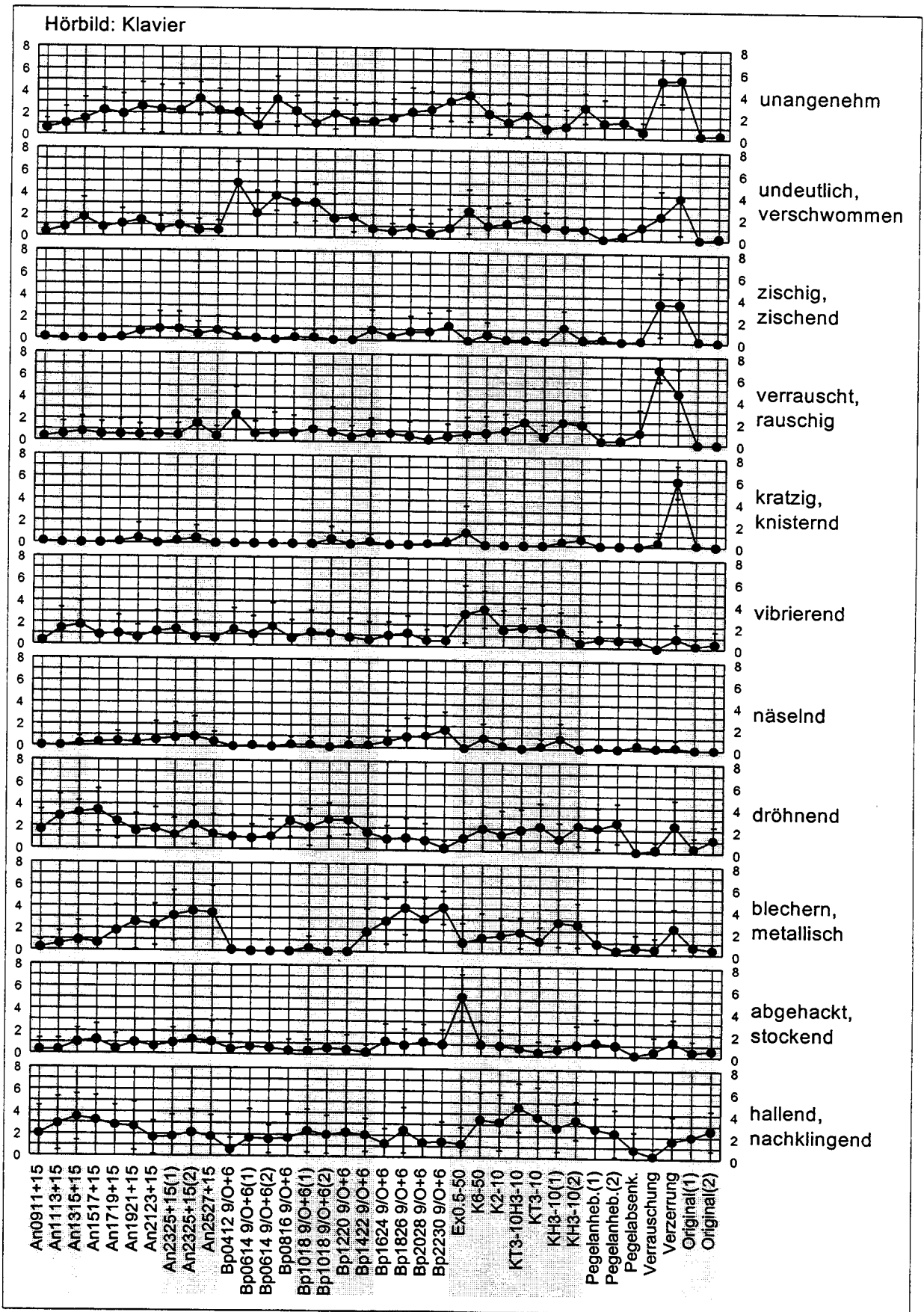
Anhang C



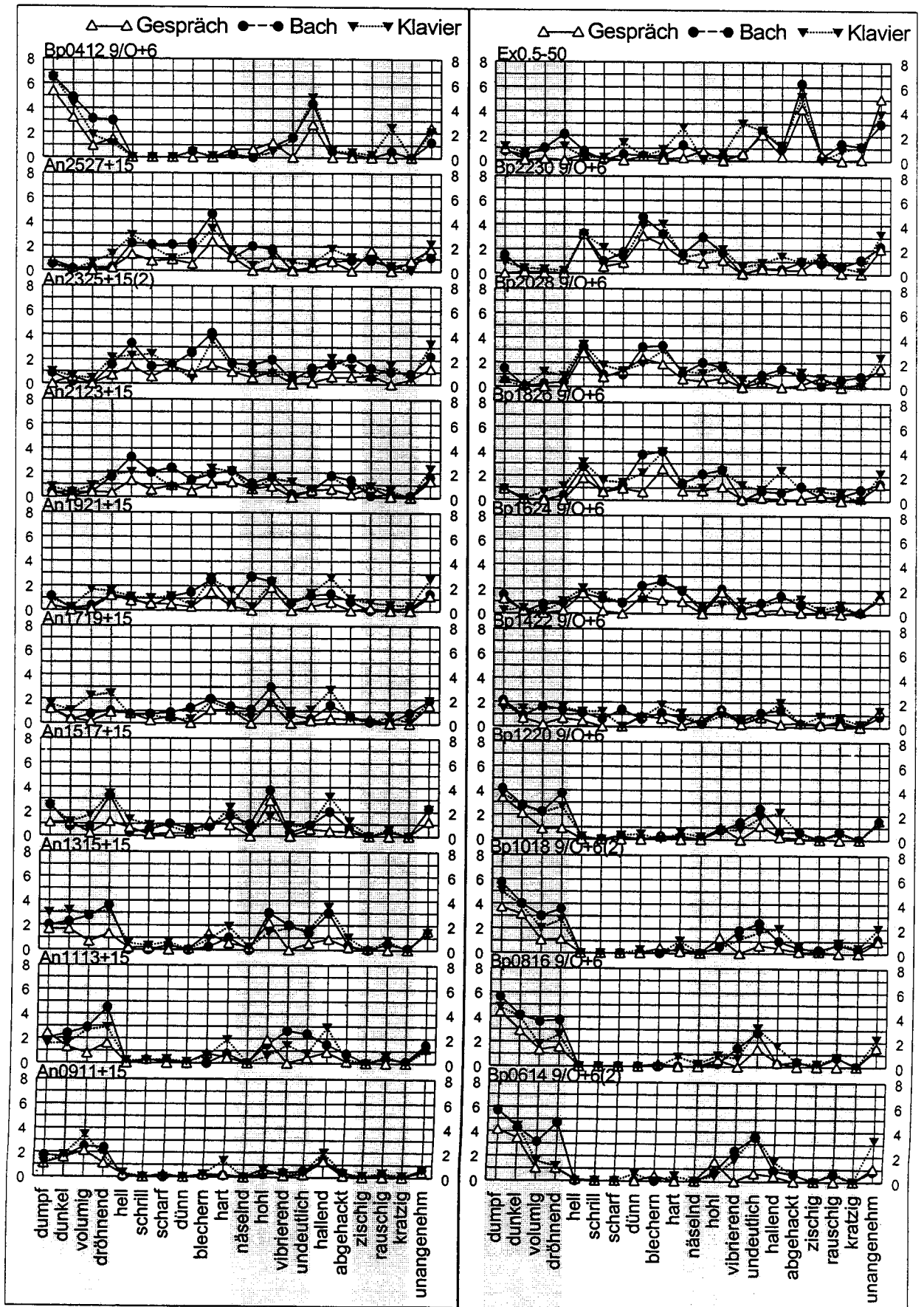
Anhang C



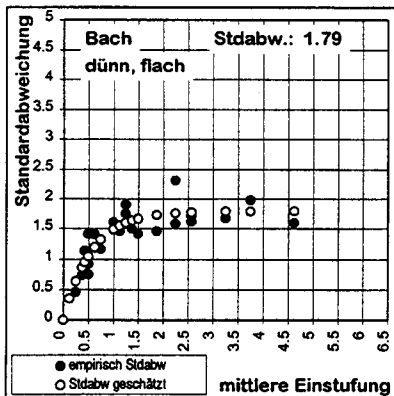
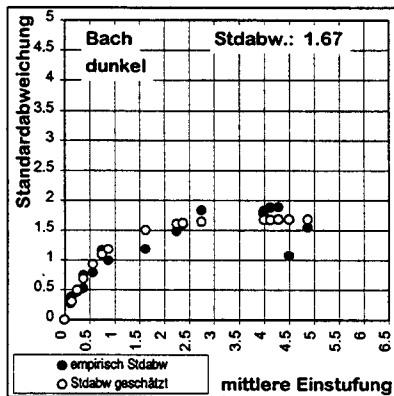
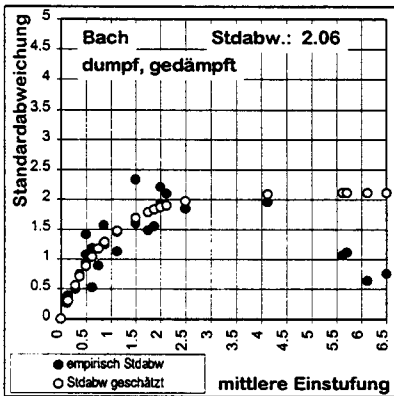
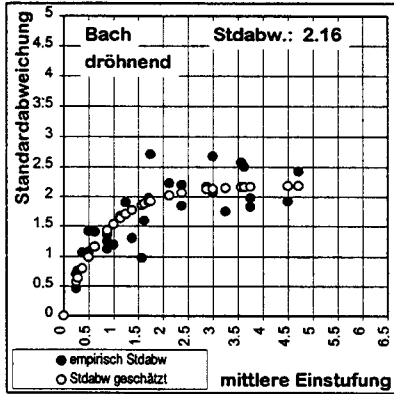
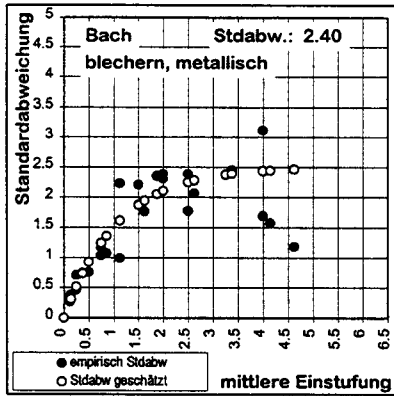
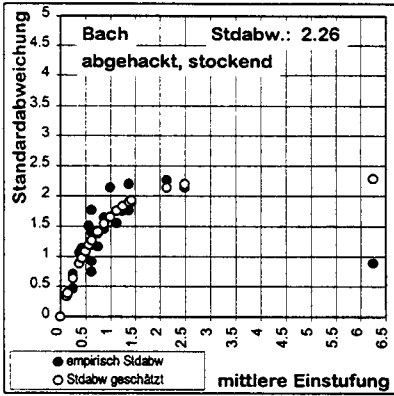
Anhang C



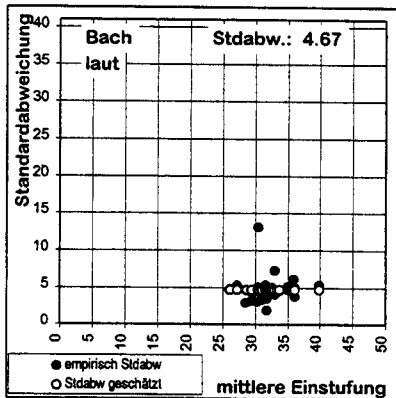
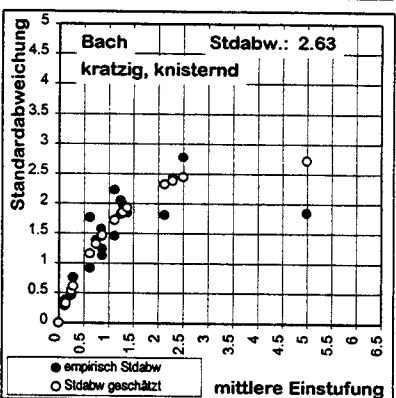
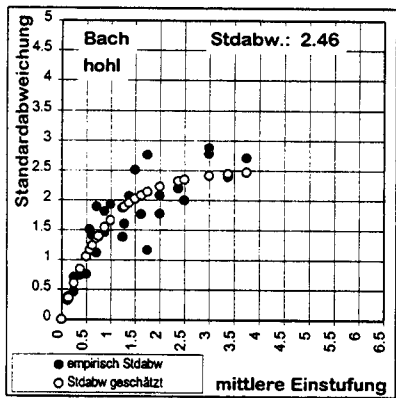
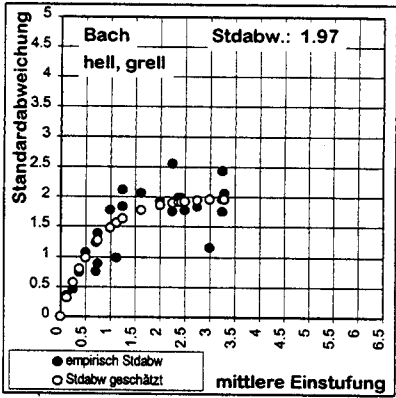
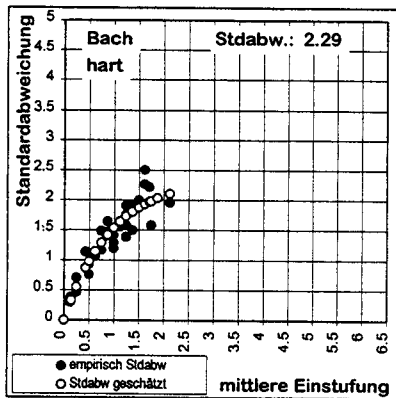
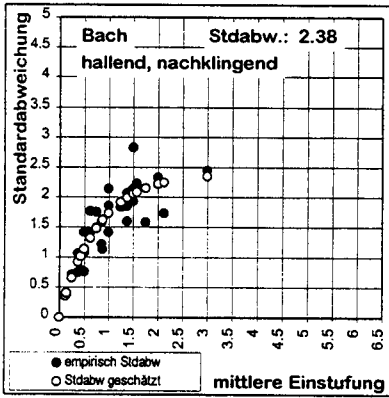
Anhang C



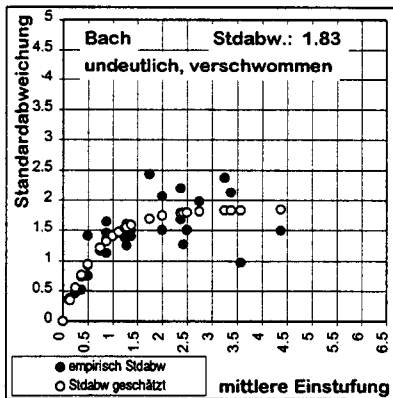
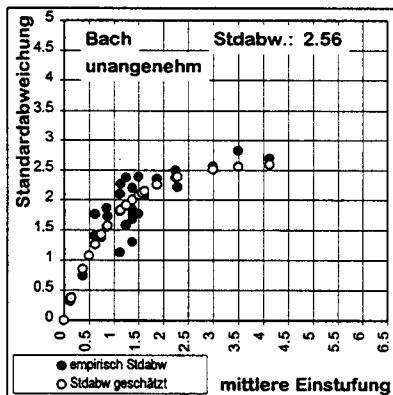
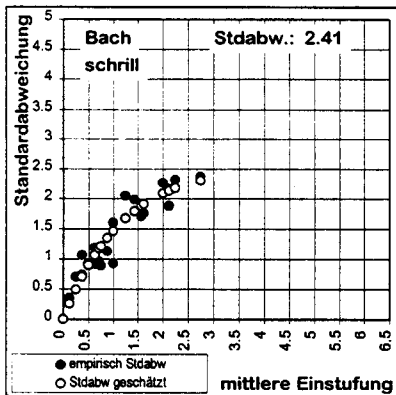
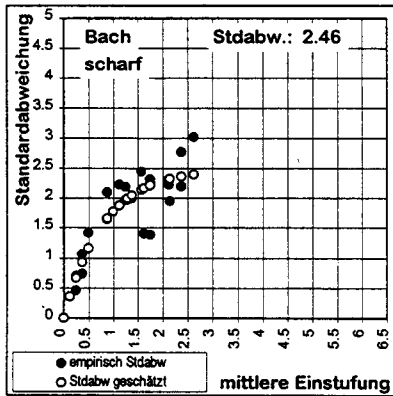
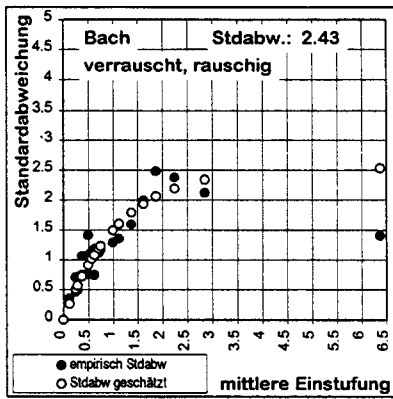
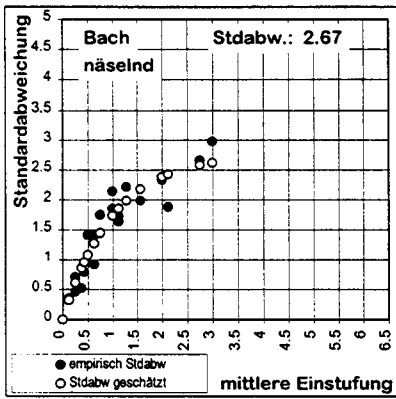
Anhang C



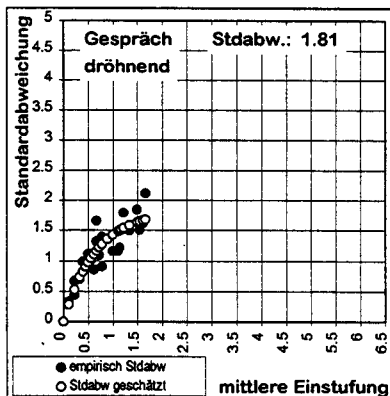
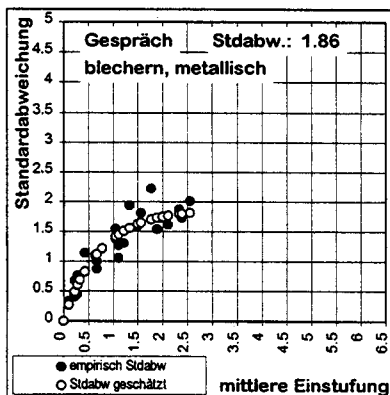
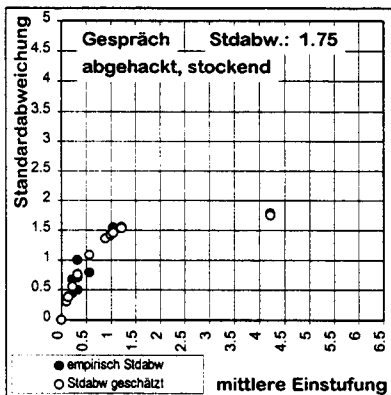
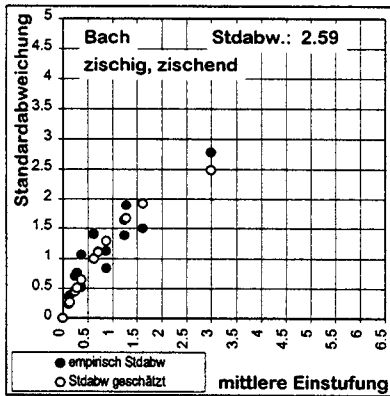
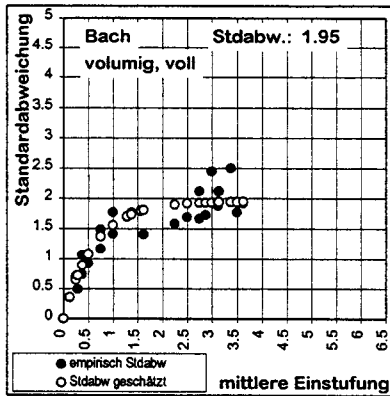
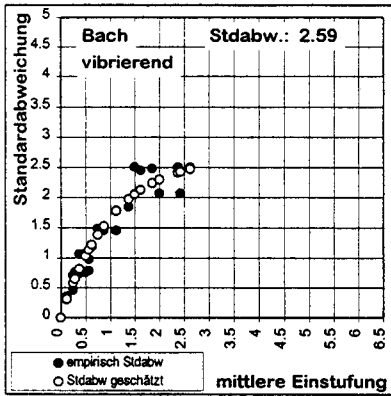
Anhang C



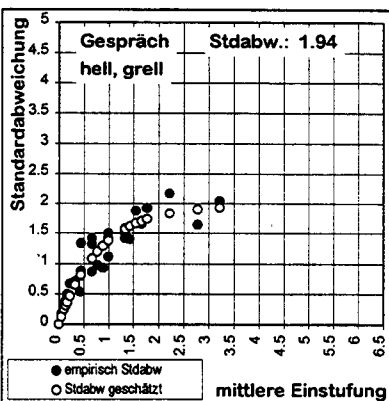
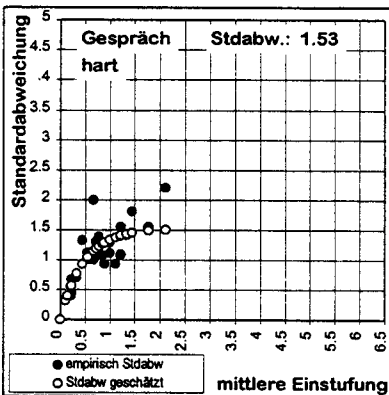
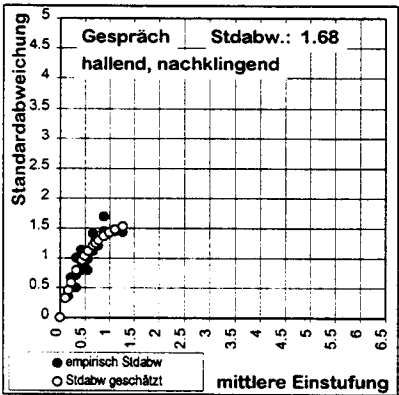
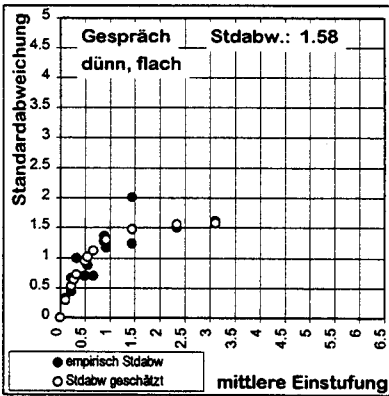
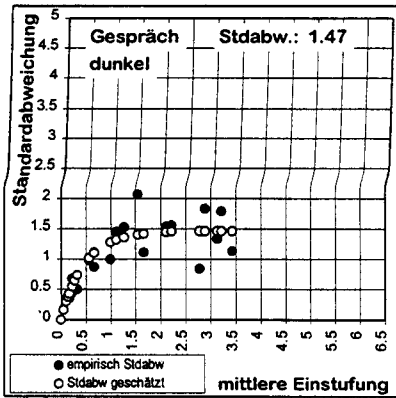
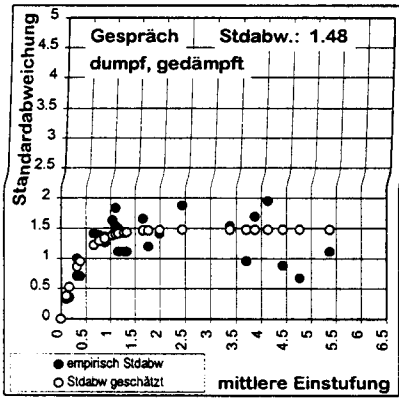
Anhang C



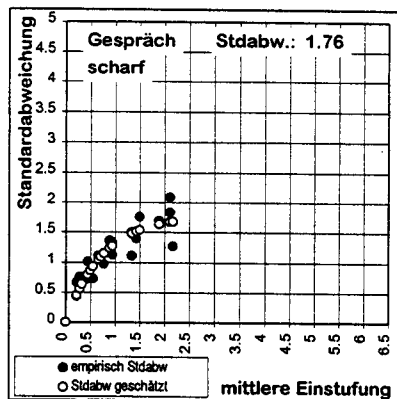
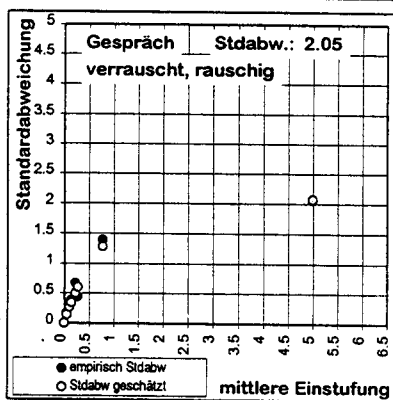
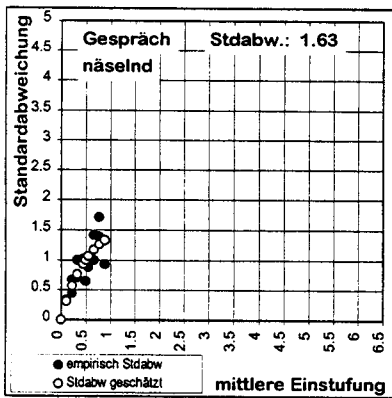
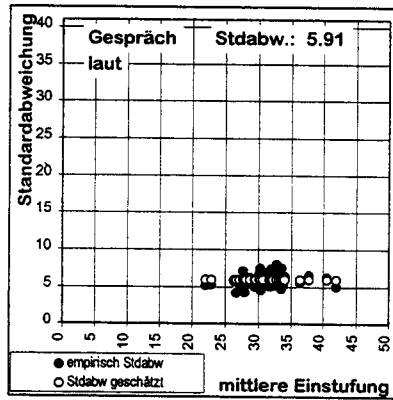
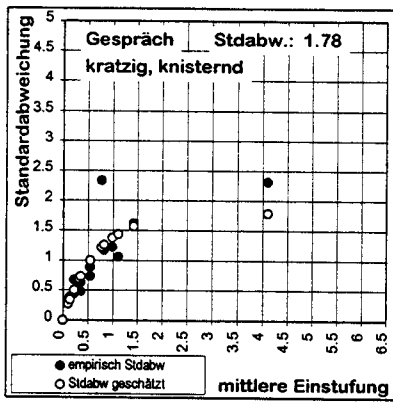
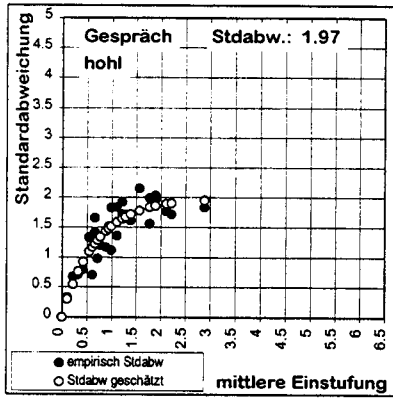
Anhang C



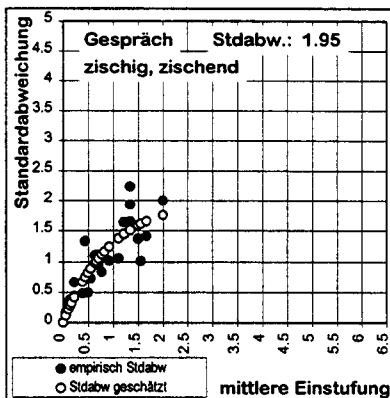
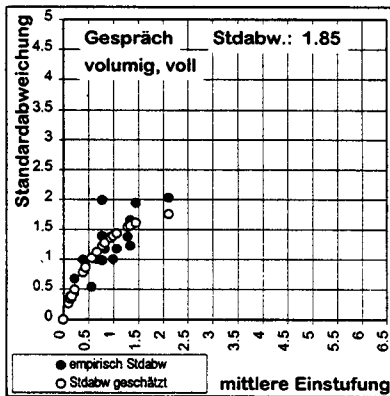
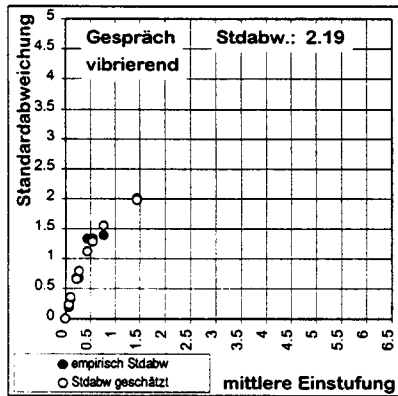
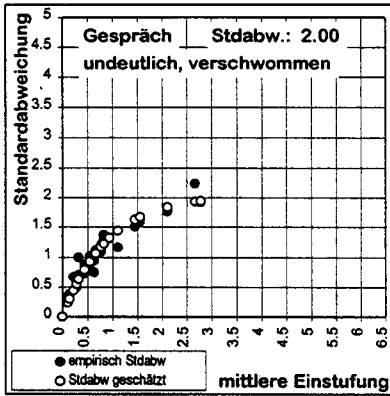
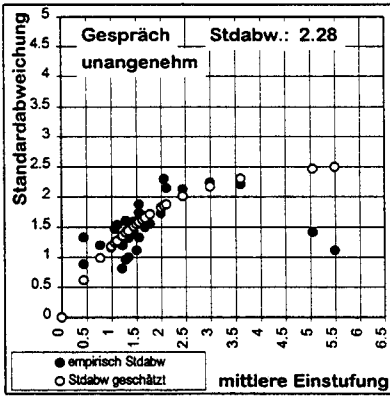
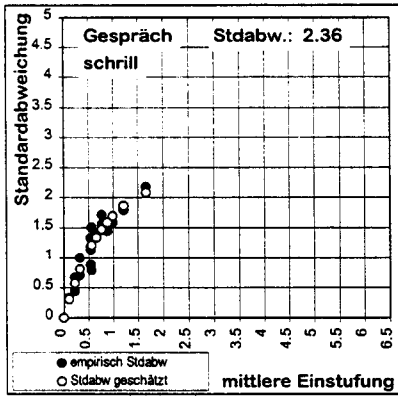
Anhang C



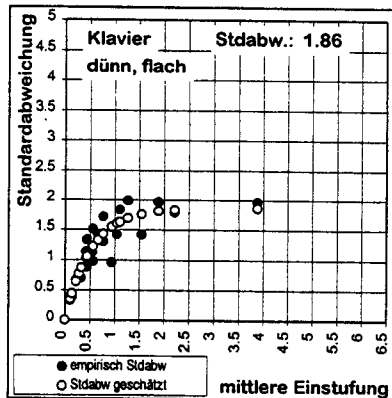
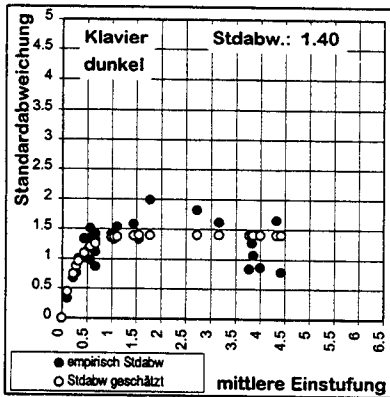
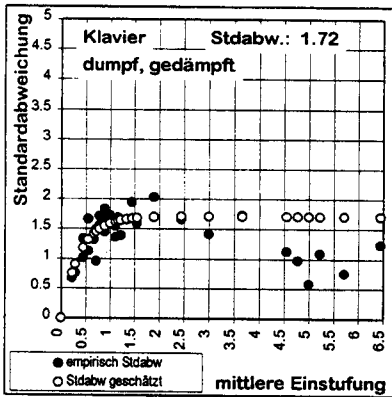
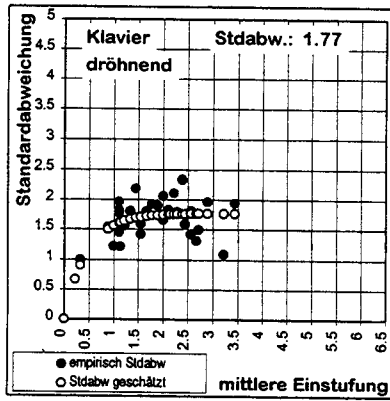
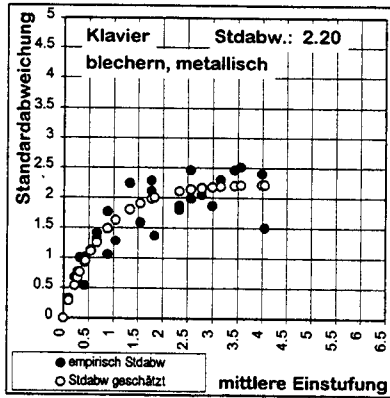
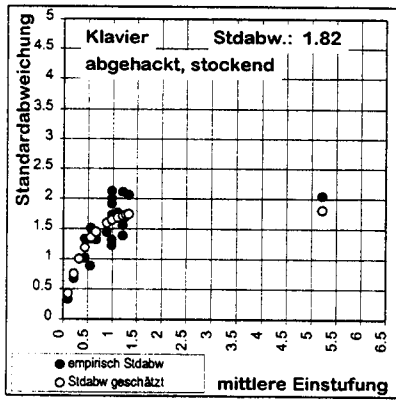
Anhang C



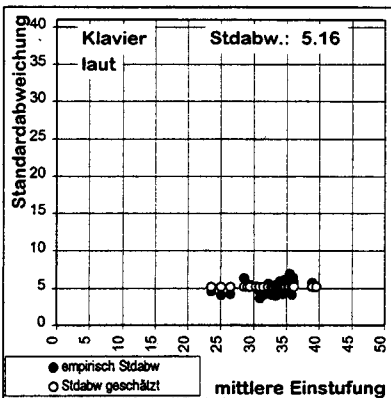
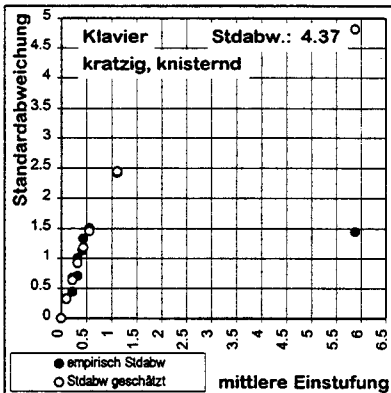
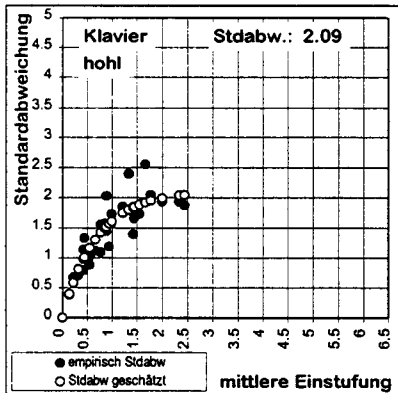
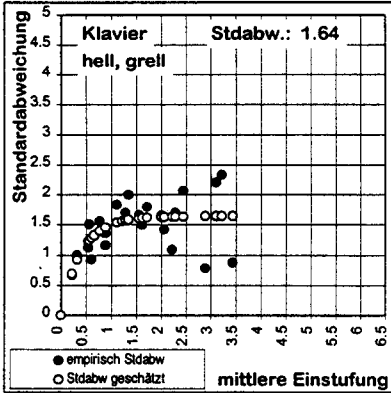
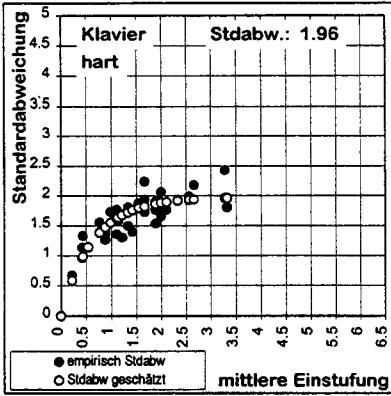
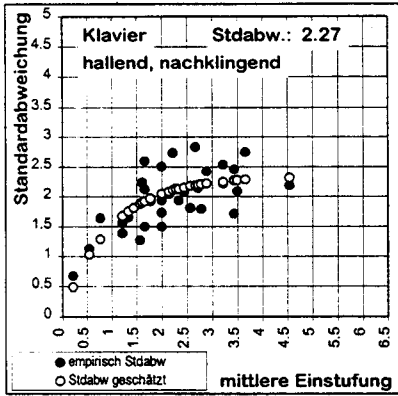
Anhang C



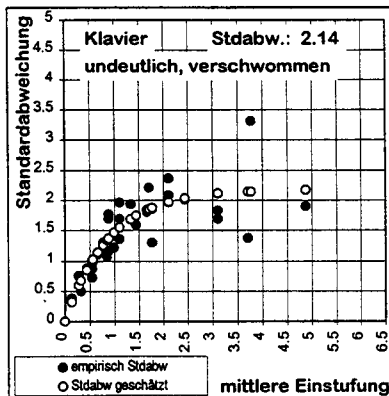
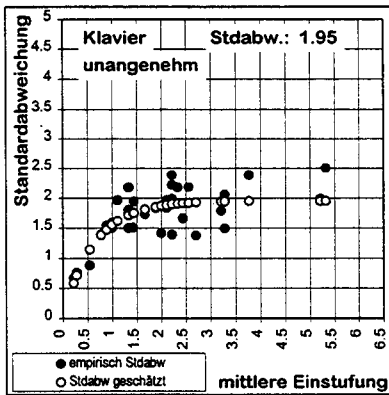
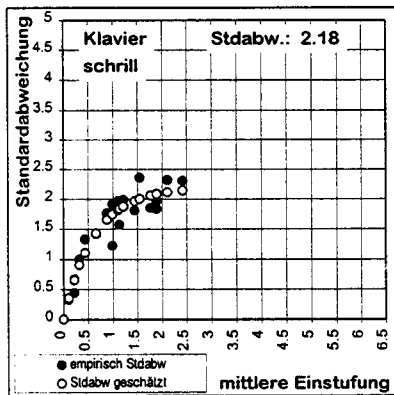
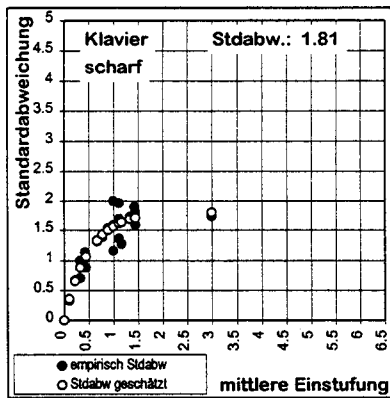
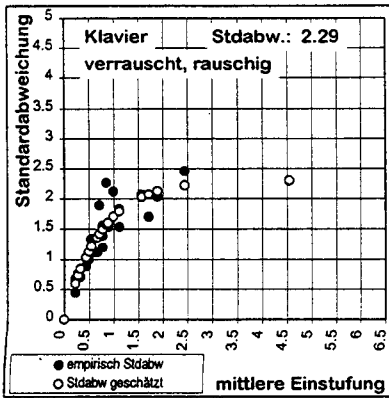
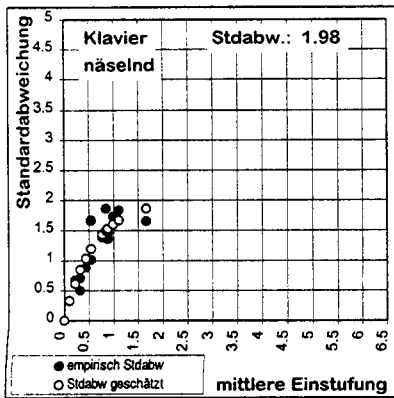
Anhang C



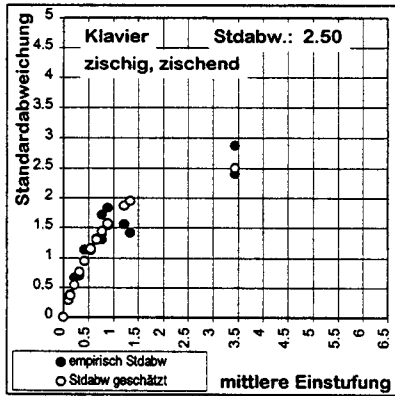
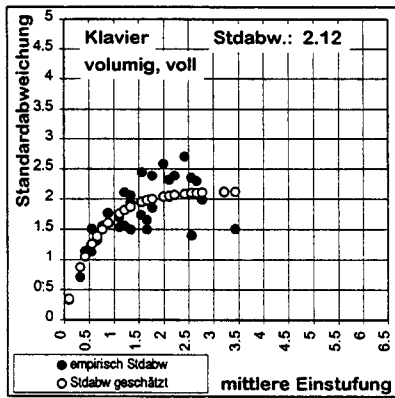
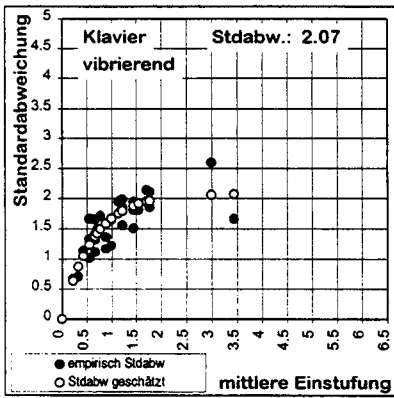
Anhang C



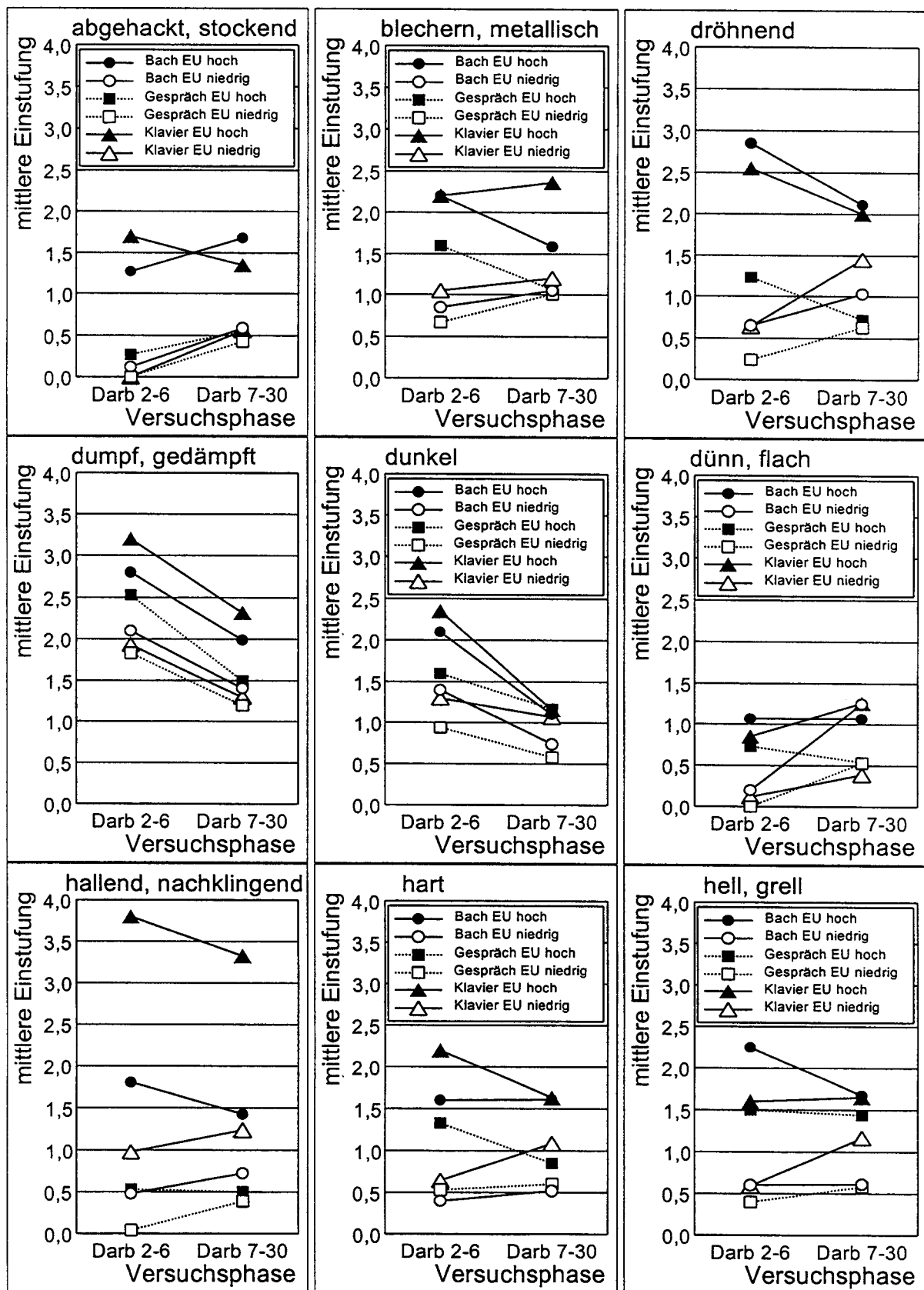
Anhang C



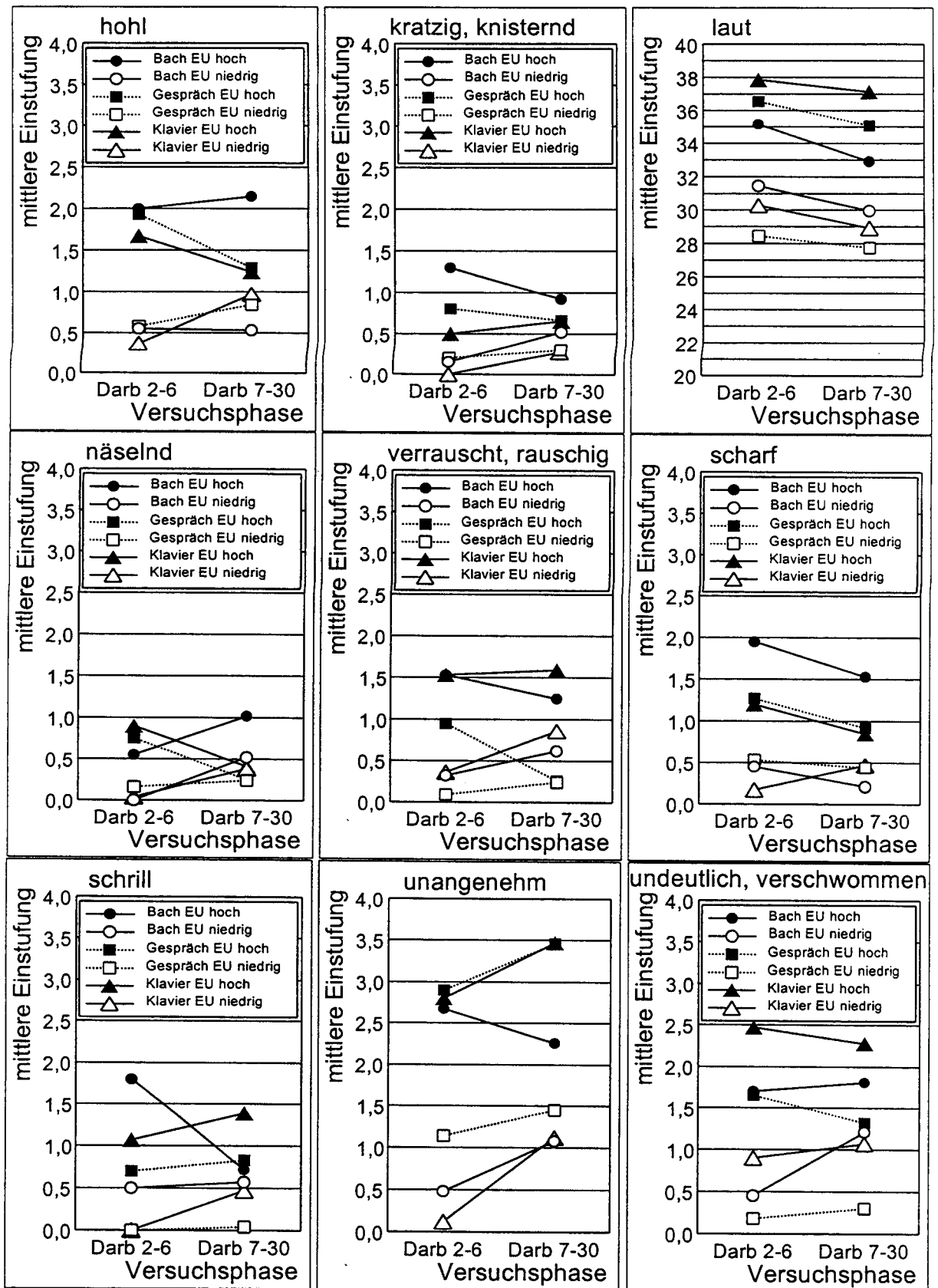
Anhang C



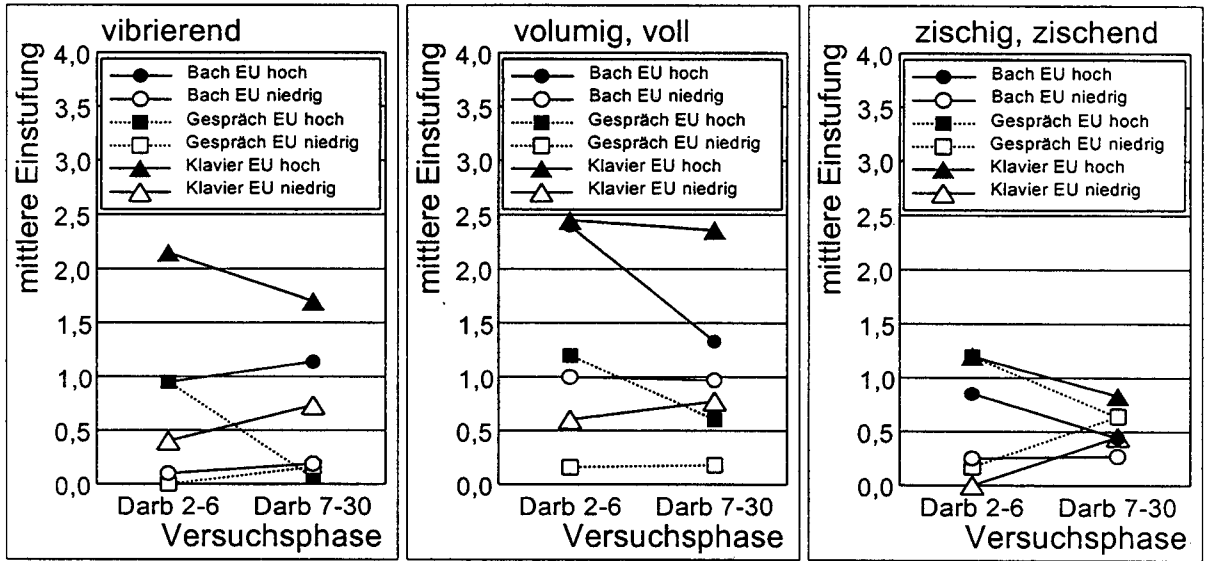
Anhang C



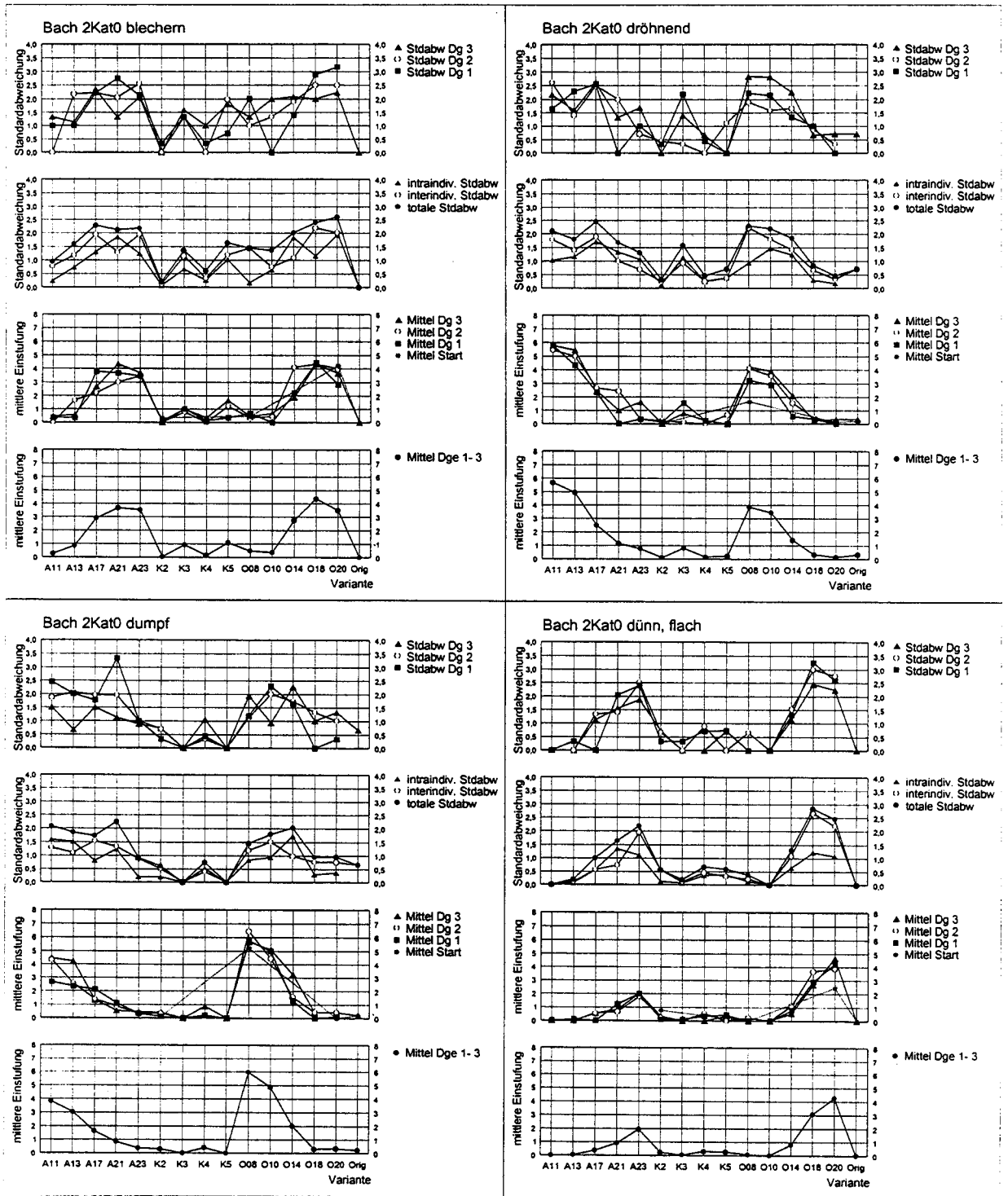
Anhang C



Anhang C

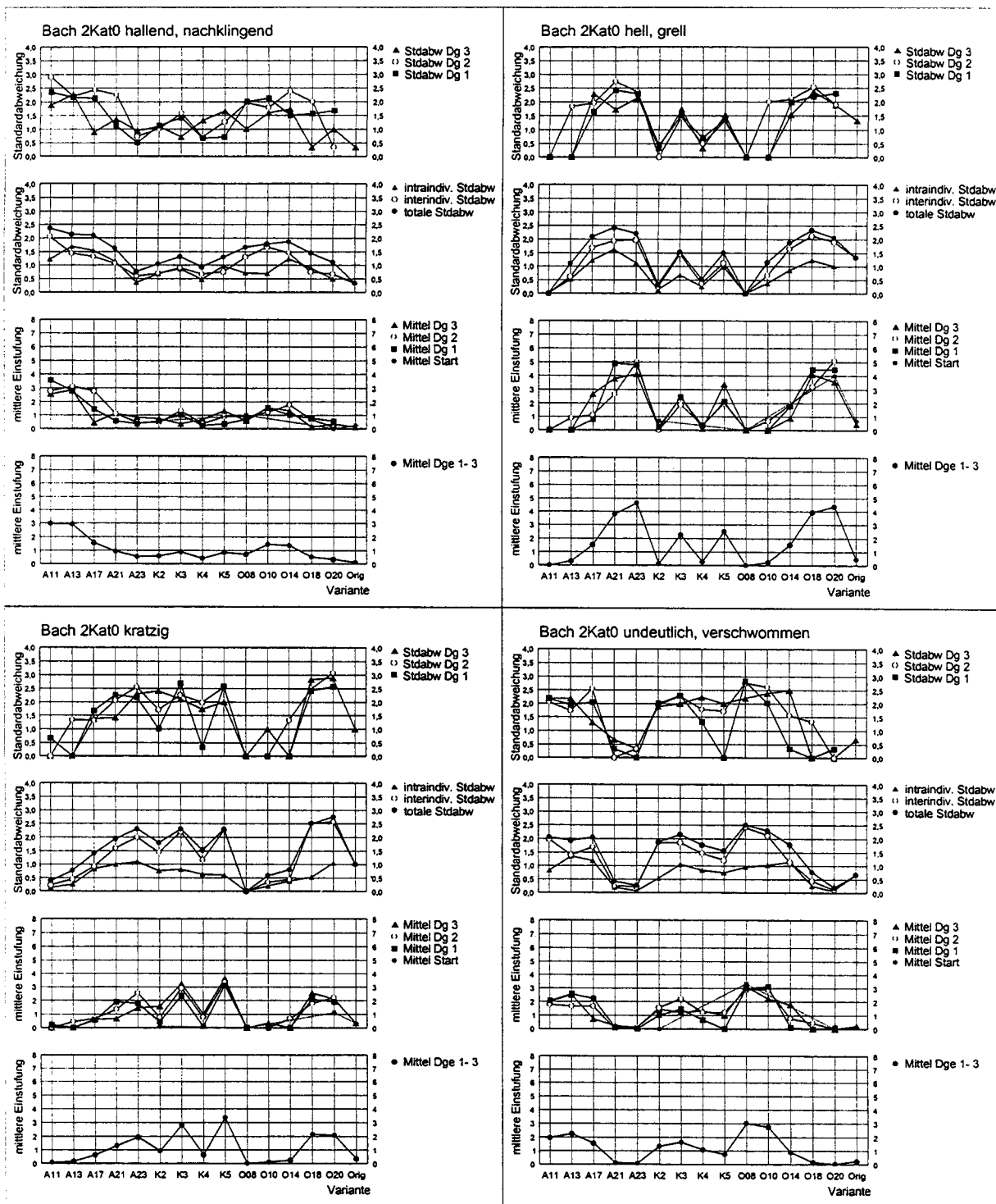


Anhang C



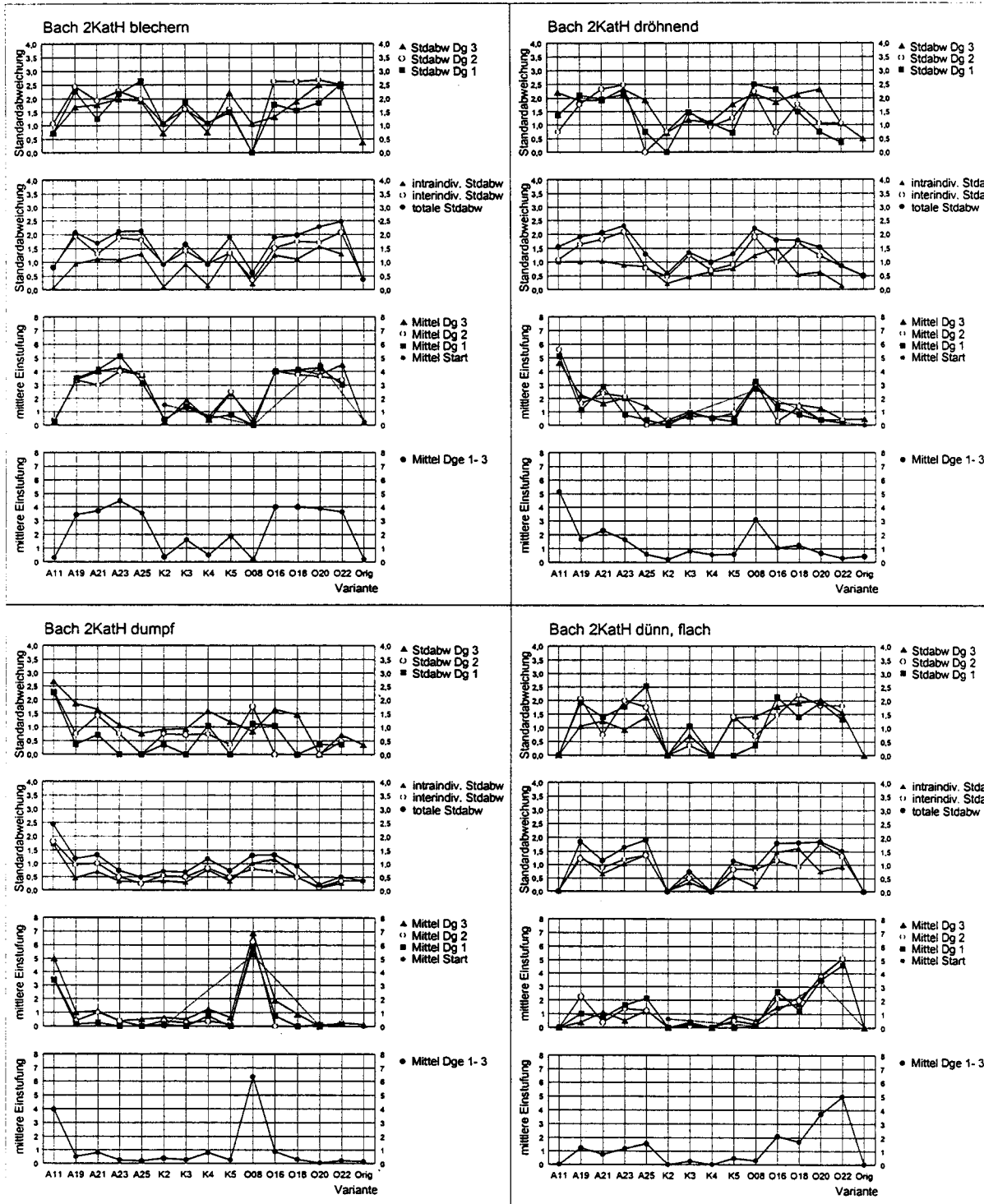
Abkürzungserläuterung: A11=An1113+15; A13=An1315+15; A17=An1719+15; A19=An1921+15; A21=An2123+15; A23=An2325+15; A25=An2527+15; K2=K2-10; K3=KT3-10H3-10; K4=KT3-10; K5=KH3-10; O08=Bp0816 9/O+6; O10=Bp1018 9/O+6; O14=Bp1422 9/O+6; O16=Bp1624 9/O+6; O18=Bp1826 9/O+6; O20=Bp2028 9/O+6; O22=Bp2230 9/O+6; Orig=Original. Stdabw=Standardabweichung; intraindiv. Stdabw=mittlere Standardabweichung der individuellen Daten über die Durchgänge 1-3; interindiv. Stdabw.=Standardabweichung der individuellen Einstufungsmittelwerte über die Durchgänge 1-3; totale Stdabw.=Standardabweichung der individuellen Einstufungen über die Durchgänge 1-3 (Intra- und Intervarianz). Start=Startphase (Darbietungen 1-4).

Anhang C



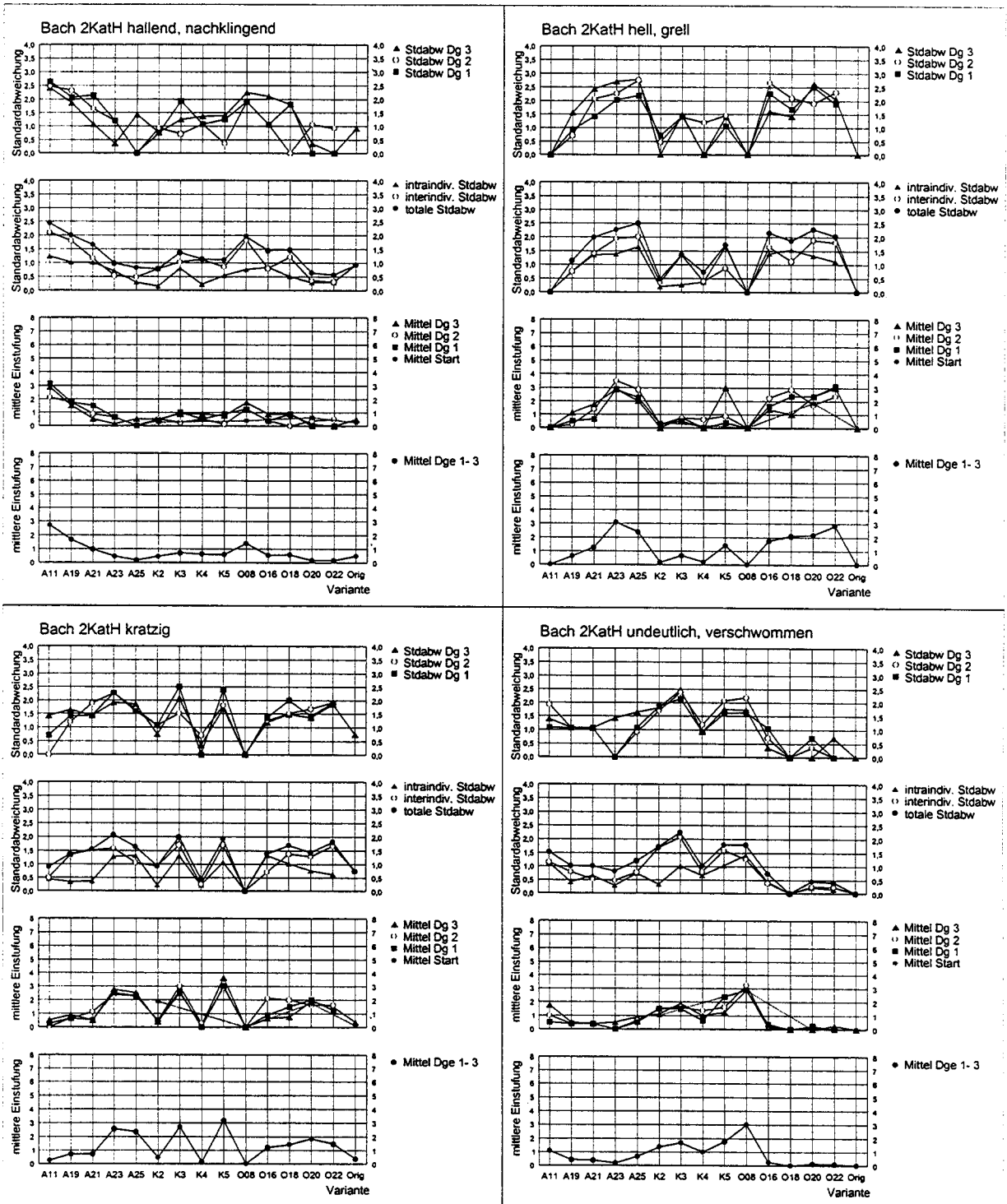
Abkürzungserläuterung: A11=An1113+15; A13=An1315+15; A17=An1719+15; A19=An1921+15; A21=An2123+15; A23=An2325+15; A25=An2527+15; K2=K2-10; K3=KT3-10H3-10; K4=KT3-10; K5=KH3-10; O08=Bp0816 9/O+6; O10=Bp1018 9/O+6; O14=Bp1422 9/O+6; O16=Bp1624 9/O+6; O18=Bp1826 9/O+6; O20=Bp2028 9/O+6; O22=Bp2230 9/O+6; Orig=Original. Stdabw=Standardabweichung; intraindiv. Stdabw.=Standardabweichung der individuellen Daten über die Durchgänge 1-3; interindiv. Stdabw.=Standardabweichung der individuellen Einstufungsmittelwerte über die Durchgänge 1-3; totale Stdabw.=Standardabweichung der individuellen Einstufungen über die Durchgänge 1-3 (Intra- und Intervarianz). Start=Startphase (Darbietungen 1-4).

Anhang C



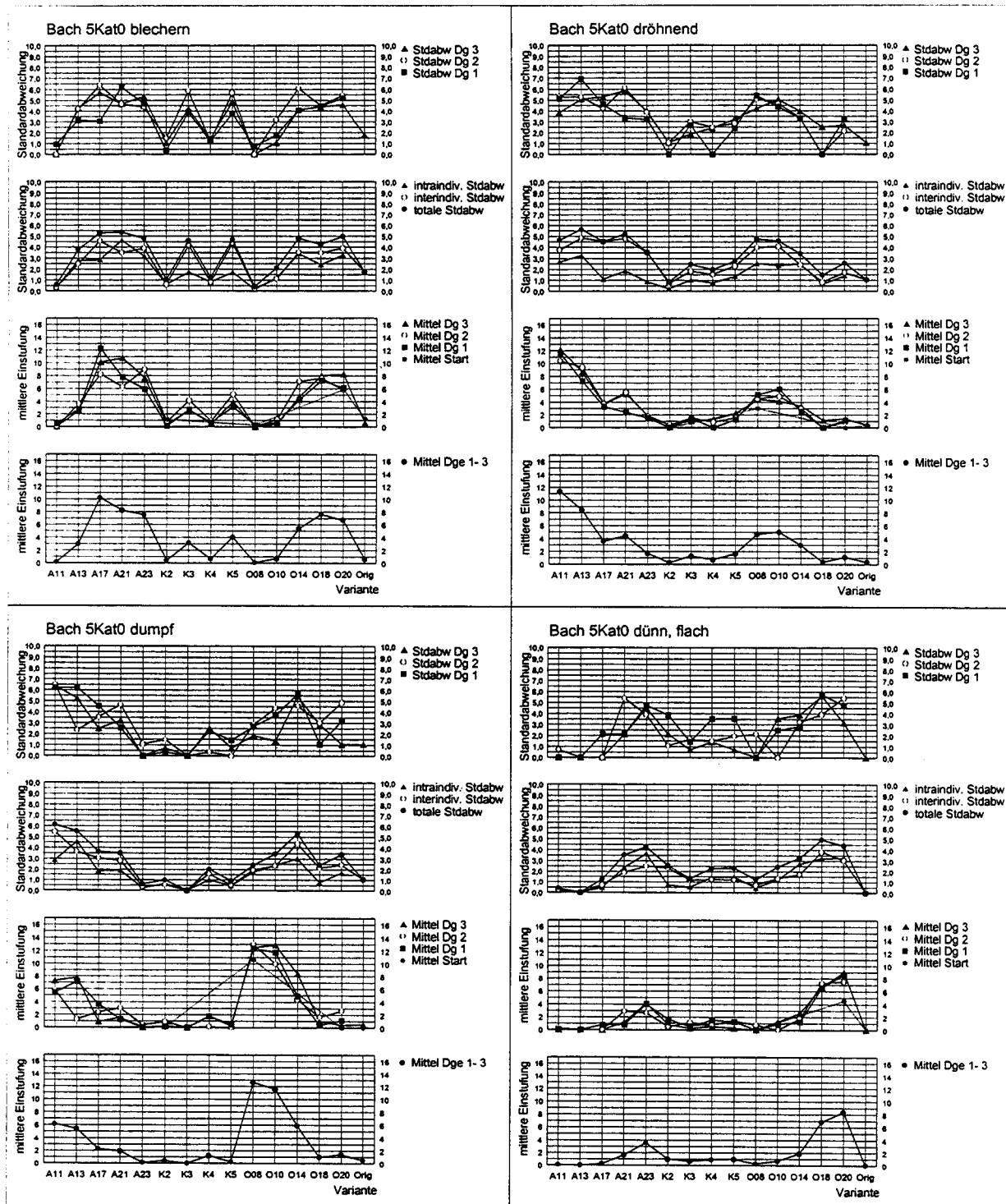
Abkürzungserläuterung: A11=An1113+15; A13=An1315+15; A17=An1719+15; A19=An1921+15; A21=An2123+15; A23=An2325+15; A25=An2527+15; K2=K2-10; K3=KT3-10H3-10; K4=KT3-10; K5=KH3-10; O08=Bp0816 9/O+6; O10=Bp1018 9/O+6; O14=Bp1422 9/O+6; O16=Bp1624 9/O+6; O18=Bp1826 9/O+6; O20=Bp2028 9/O+6; O22=Bp2230 9/O+6; Orig=Original. Stdbw=Standardabweichung; intraindiv. Stdbw=mittlere Standardabweichung der individuellen Daten über die Durchgänge 1-3; interindiv. Stdbw.=Standardabweichung der individuellen Einstufungsmittelwerte über die Durchgänge 1-3; totale Stdbw.=Standardabweichung der individuellen Einstufungen über die Durchgänge 1-3 (Intra- und Intervarianz Start=Startphase (Darbietungen 1-4).

Anhang C



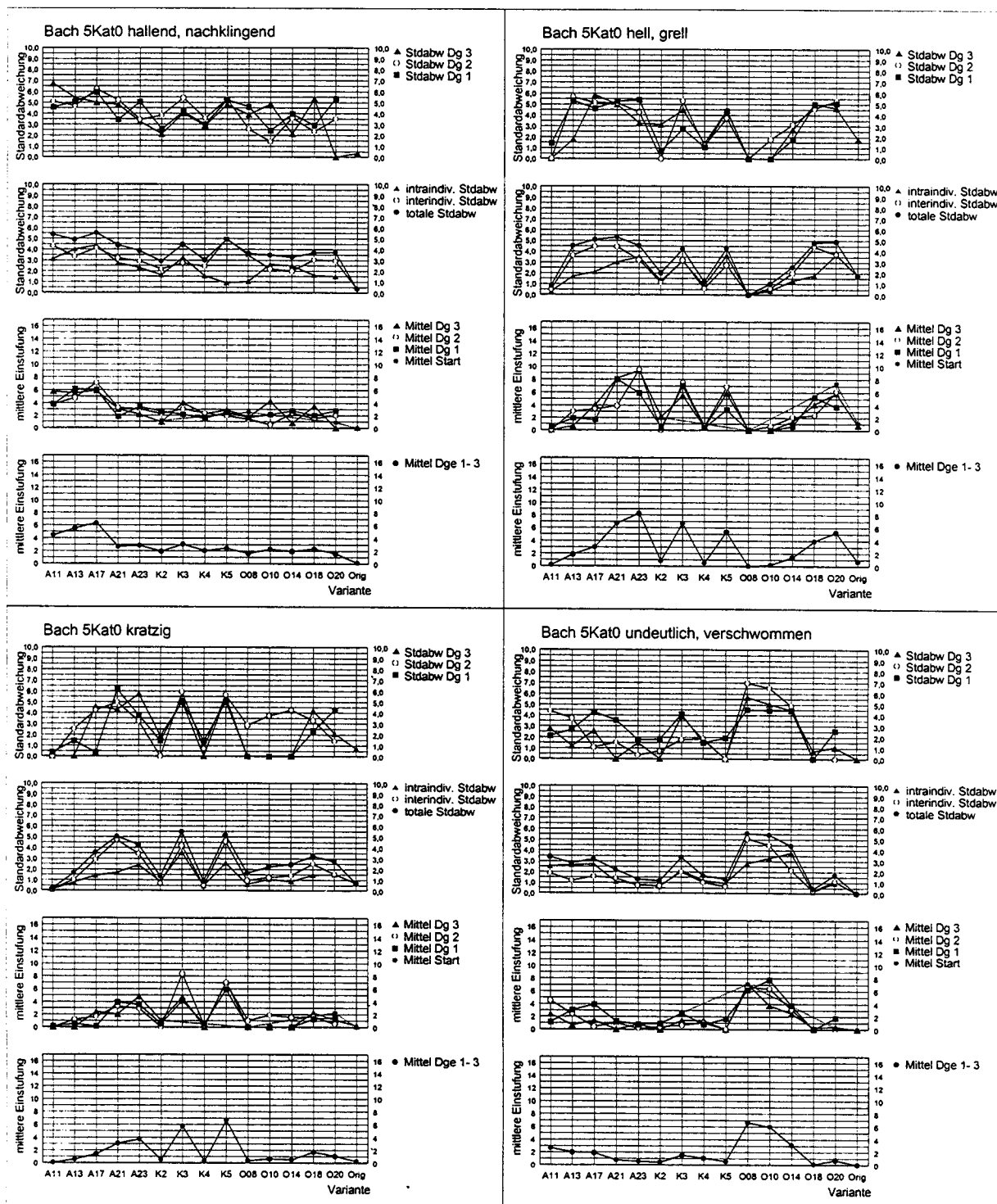
Abkürzungserläuterung: A11=An1113+15; A13=An1315+15; A17=An1719+15; A19=An1921+15; A21=An2123+15; A23=An2325+15; A25=An2527+15; K2=K2-10; K3=KT3-10H3-10; K4=KT3-10; K5=KH3-10; O08=Bp0816 9/O+6; O10=Bp1018 9/O+6; O14=Bp1422 9/O+6; O16=Bp1624 9/O+6; O18=Bp1826 9/O+6; O20=Bp2028 9/O+6; O22=Bp2230 9/O+6; Orig=Original. Stdbaw=Standardabweichung der individuellen Daten über die Durchgänge 1-3; intraindiv. Stdbaw=Standardabweichung der individuellen Einstufungsmittelwerte über die Durchgänge 1-3; totale Stdbaw=Standardabweichung der individuellen Einstufungen über die Durchgänge 1-3 (Intra- und Intervarianz). Start=Startphase (Darbietungen 1-4).

Anhang C



Abkürzungserläuterung: A11=An1113+15; A13=An1315+15; A17=An1719+15; A19=An1921+15; A21=An2123+15; A23=An2325+15; A25=An2527+15; K2=K2-10; K3=KT3-10H3-10; K4=KT3-10; K5=KH3-10; O08=Bp0816 9/O+6; O10=Bp1018 9/O+6; O14=Bp1422 9/O+6; O16=Bp1624 9/O+6; O18=Bp1826 9/O+6; O20=Bp2028 9/O+6; O22=Bp2230 9/O+6; Orig=Original. Stdabw=Standardabweichung; intraindiv. Stdabw=mittlere Standardabweichung der individuellen Daten über die Durchgänge 1-3; interindiv. Stdabw.=Standardabweichung der individuellen Einstufungsmittelwerte über die Durchgänge 1-3; totale Stdabw.=Standardabweichung der individuellen Einstufungen über die Durchgänge 1-3 (Intra- und Intervarianz). Start=Startphase (Darbietungen 1-4).

Anhang C



Abkürzungserläuterung: A11=An1113+15; A13=An1315+15; A17=An1719+15; A19=An1921+15; A21=An2123+15; A23=An2325+15; A25=An2527+15; K2=K2-10; K3=KT3-10H3-10; K4=KT3-10; K5=KH3-10; O08=Bp0816 9/O+6; O10=Bp1018 9/O+6; O14=Bp1422 9/O+6; O16=Bp1624 9/O+6; O18=Bp1826 9/O+6; O20=Bp2028 9/O+6; O22=Bp2230 9/O+6; Orig=Original. Stdabw=Standardabweichung; intraindiv. Stdabw.=Standardabweichung der individuellen Daten über die Durchgänge 1-3; interindiv. Stdabw.=Standardabweichung der individuellen Einstufungsmittelwerte über die Durchgänge 1-3; totale Stdabw.=Standardabweichung der individuellen Einstufungen über die Durchgänge 1-3 (Intra- und Intervarianz). Start=Startphase (Darbietungen 1-4).

Anhang D

Sprachverständlichkeit - Texte von Sendlmeier

Text 3

Das Gerichtsverfahren um den Spielkasinoskandal ist abgeschlossen. Der langjährige Geschäftsführer des Spielkasinos wurde zu einer Freiheitsstrafe von fünfzehn Monaten auf Bewährung verurteilt. Der ehemalige Geschäftsführer hat nach Ansicht des Gerichts unberechtigt Schecks an den inzwischen verstorbenen Spielkasinochef ausgestellt. Damit hat er einen Schaden von knapp zwei Millionen Mark verursacht.

Text 4

Der Landeswahlleiter von Nordrhein-Westfalen hat die Deutsche Bundespost und die Postgewerkschaft gebeten, die Briefwahl bis zum nächsten Sonntag nicht zu behindern. Die Bürger und Bürgerinnen des Landes erinnerte er daran, daß der Wahlbrief am kommenden Sonntag spätestens bis achtzehn Uhr bei der Gemeinde eingegangen sein müsse. Da sich die Postbeförderung durch die Streikmaßnahmen zum Teil verzögere, sei es zu empfehlen, die Wahlbriefe selbst oder durch eine Vertrauensperson bei der Gemeinde abzuliefern.

Text 7

Die Sonnenblume ist eine alte Kulturpflanze. Die Kulturform der gemeinen Sonnenblume entwickelte sich in vorkolumbianischer Zeit im südlichen Teil Nordamerikas. Aus Peru kam sie ab fünfzehnhundertneunundsechzig über Spanien nach Europa. Die gläubigen Russen kultivierten sie ab achtzehnhundertdreißig in Massen, um ein nicht-tierisches Fett zu gewinnen. Die UdSSR ist noch heute ein Hauptanbaugebiet für Sonnenblumen. Sonnenblumenöl ist gelb, angenehm riechend und fett.

Text 9

Jedes Jahr zur Urlaubszeit dasselbe Problem Während der Abwesenheit quillt zu Haus der Briefkasten über. Gut, wenn sich jemand findet, der ihn regelmäßig leert. Wer keinen solchen freundlichen Helfer hat, macht es vielleicht wie der achtundzwanzigjährige Student Rolf und laßt sich die Post an den Urlaubsort nachschicken. Er füllte den dafür vorgesehenen Nachsendeantrag aus und fuhr beruhigt in den Urlaub. Doch ausgerechnet ein wichtiges amtliches Schriftstück, das mit Postzustellungsurkunde verschickt worden war, wurde trotz Nachsendeantrag nicht weitergeleitet.

Text 11 *

Für umweltfreundliche Verbraucher ist es schon eine Gewohnheit, daß Altglas in den Container kommt. Aus den Scherben können nämlich wieder neue Gläser produziert werden. Über eineinhalb Millionen Tonnen Einweggläser landen so in den Sammelbehältern und später in der Schmelze. Die Industrie aber sieht das Glasrecycling gefährdet, denn der Bundes-Umweltminister will bei den Getränken ein Zwangspfand auf alle Einwegbehälter; also für Blechdosen genauso wie für Kartonverpackungen. Dann aber schleppen die Kunden die Flaschen zum Händler, um ihr Pfand zu kassieren, nicht zum Container.

Text 15 *

Der Alterssportlehrer, der natürlich auch medizinisch ausgebildet sein muß kann den Senioren am ehesten gerecht werden. Durch den Umgang mit Senioren schon während des Studiums kennt er die Bedürfnisse seiner Schüler und stellt fest, daß er mit der Weisheit "höher, schneller, weiter" nichts ausrichten kann. Senioren sind im wahrsten Sinne des Wortes Ausnahmesportler, die während eines langen Berufslebens zumeist den Anschluß an den Sport verloren haben. Der Student muß also lernen, sie wieder sanft an Bewegung zu gewöhnen, weder zu anspruchsvoll, noch zu langweilig.

Text 16 *

Ende Neunzehnhunderteinundsechzig war eine halbe Million Amerikanerinnen auf der Pille, wie man sagt. Eine Zahl, die zunächst stetig anstieg, auf über siebzig Millionen weltweit. Heute sind viele Amerikanerinnen pillenmüde. Darüber hinaus ist die industrielle Forschung in Sachen Empfängnisverhütung in den USA praktisch zum Stillstand gekommen. In Europa - nicht in Amerika - wird an der Pille für den Mann gearbeitet. Neben dem Iran sind die Vereinigten Staaten das einzige Land, in dem die Uhr in Sachen Empfängnisverhütung zurückgeschraubt wird.

Anhang D

Text 22

Der Gesetzgeber zwingt den Fahrradfahrer inzwischen zu bestimmten Umrüstarbeiten an seinem Fahrrad. So wurde in der neuen Straßenverkehrsordnung festgelegt, daß jedes Rad neben den gelben Speichenreflektoren mit zwei weiteren ausgerüstet sein muß. Nach vorne gehört ein großer weißer und nach hinten ein großer roter Reflektor. Und das für den Fall, wenn das Licht bei einer Fahrt im Dunklen plötzlich ausfällt. Dies allerdings muß nicht sein, denn man kann sich vor Störungen solcher Art dadurch schützen, daß man sich die Lichtenanlage einmal ganz kritisch ansieht.

Text 23 *

Gut die Hälfte der Bundesbürger lebt auf dem Lande und nicht in den Ballungszentren. Dennoch hat sich die Landbevölkerung daran gewöhnen müssen, gegenüber den Städtern in vielen Dingen des alltäglichen Lebens benachteiligt zu werden. Die Bundesbahn hat z.B. viele Nahverkehrsstrecken in den letzten Jahren stillgelegt. Viele Tante-Emma-Läden haben schließen müssen, und Kindergärten und Schulen findet man in der Regel nur noch in der nächstgrößeren Stadt. Und auch bei den Serviceleistungen der Post gibt es auf dem Lande Einschränkungen gegenüber den Städtern.

Text 25

Zwölfhundertvierundreißig wurde Stralsund das Stadtrecht verliehen. Mit umfangreichen Privilegien versehen und mit einer deutschen Verfassung ausgestattet, blühte der Ort noch im dreizehnten Jahrhundert zu einer der bedeutendsten Städte der Hanse auf. Durch einen breiten Wassergürtel ist die Stadt gegen die Landseite abgeschirmt. Aus diesem Grund wurden bei dem Bau der Stadtmauer auch einige Landtore vorgesehen. Zwei von ihnen stehen heute noch. Doch wer durch eines dieser Tore die Stadt betritt, wird eines fortschreitenden Verfalls ansichtig.

Text 26 *

Sehr alt ist in Dänemark der Brauch, wonach die Hochzeitsgäste dem Brautpaar einen Streich spielen. Besonders - und nicht von ungefähr - hatten sie es dabei oft auf das Bett abgesehen. Sie versteckten die Decken oder schütteten Krümel auf das Laken. Im Laufe der Zeit ist der Schabernack indes so groß geworden, daß von reinem Vandalismus berichtet werden muß. Nunmehr wird das Schlafzimmer total zerstört. Ja, ganze Wohnungen werden auf den Kopf gestellt, so daß mehr als die erste heilige Nacht mit der Wiederherstellung draufgeht.

Text 27 *

Die besten, also erfolgreichsten Projekte sind die, die Frauen selber starten. Aus ihrer eigenen Situation heraus, um mit ihren Problemen fertig zu werden. Zum Beispiel: Tatsache ist, daß Frauen der Dritten Welt keinerlei Zugang zum Bankwesen haben und damit auch an einen Kredit, sei er noch so klein, herankommen. Dies nahm eine Bankfachfrau zum Anlaß im Jahre neunzehnhundertneunundsiebzig die Weltfrauenbank zu gründen. Hier können sich Frauen Geld für ihre kleinen und kleinsten Geschäfte leihen.

Text 29 *

Als im Frühjahr siebzehnhundertvierzig Friedrich Wilhelm der Erste, auch der Soldatenkönig genannt, starb, atmeten seine Untertanen auf. Alle Hoffnungen richteten sich nun auf seinen Sohn und Nachfolger Friedrich den Zweiten. Aber nicht nur Preußen, in ganz Europa war man davon überzeugt, daß der junge Mann nun alles unternehmen würde, um Werten wie Toleranz und Freiheit zu ihrem Recht zu verhelfen. Und tatsächlich, die ersten Tage der Regierung Friedrich des Zweiten schienen die schönsten Hoffnungen zu bestätigen.

Text 31 *

Schwester Vera ist schon seit neunundzwanzig Jahren in einem Orden, der sich die Familienfürsorge zur Aufgabe gemacht hat. Sie hatte die Idee, mit den Familien zusammen zu kochen und anschließend an einem großen Tisch zusammen zu essen. Dabei, so sagt sie kommt man sich schnell näher und ist daher bereit, seine Probleme preiszugeben. Auf diese Weise ist Schwester Vera zum Kochen gekommen und hat in der Zwischenzeit, neben all ihren fürsorglichen Tätigkeiten, zwei Kochbücher herausgegeben. Eines der beiden ist bereits in der zwölften Auflage erschienen.

Anhang D

Text 33 *

Sämtliche zweiundsiebzig Talsperren unseres schönen Landes sollen überprüft, saniert und auf den technisch neuesten Stand gebracht werden. Auch der Umweltschutz soll dabei nicht zu kurz kommen. Das jedenfalls ist das Ziel eines umfangreichen Sanierungsprogramms und Modernisierungsprogramms des Landes Nordrhein-Westfalen. Einundzwanzig der zweiundsiebzig Talsperren sind schon reichlich alt. Sie sind vor neunzehnhundertvierzehn gebaut worden und müssen sich eine Rundumsanierung gefallen lassen. Allerdings ist keine dieser Anlagen so brüchig geworden, daß sie nicht mehr zu reparieren wären.

Text 39 *

Eine Geschäftsfrau aus Erlangen hat eine Marktlücke entdeckt: Die Betreiberin eines Wolladens vollendet das, was andere begonnen haben und nicht zu Ende bringen: Strickarbeiten. Ihr Strickdienst ist so erfolgreich, daß der kleine Laden aus allen Nähten platzt. Die Jungunternehmerin, die ursprünglich die Arbeit allein bewältigen wollte, muß jetzt schon Mitstrickerinnen einstellen, um alle Aufträge zu schaffen.

Text 44

Jeden Morgen der schöne Blick aus dem Fenster, über die Straße, auf die schöne alte Buche. Bis dann eines Morgens von der Buche nur noch die Hälfte zu sehen ist. Da hat jemand über Nacht einen Anhänger am Straßenrand abgestellt. Eine Art rollende Litfaßsäule, mit Werbung für etwas, das sowieso kaum einer braucht. Alle Versuche, den Schandfleck zu entfernen, schlagen fehl - niemand fühlt sich für den "werbenden Anhänger" zuständig.

Sprachverständlichkeit - Dialoge

Im Restaurant

Gespräch 1: (ca. 60 Sekunden)

Mann: Entschuldige bitte meine Verspätung, ich hoffe Du wartest noch nicht so lange.

Frau: Ach das macht doch nichts, ich bin auch erst seit 10 Minuten hier. Na, Du siehst ja ziemlich geschafft aus, hattest Du viel zu tun?

Mann: Ach frag' besser nicht. Wir hatten den ganzen Morgen nichts zu tun, dafür war heute mittag "die Hölle los" und gerade als ich gehen wollte, kam noch ein Kunde, deshalb komme ich ja auch so spät. Aber wie war es denn bei Dir?

Frau: Ach, eigentlich ganz gut. Ich war übrigens so frei, Dir etwas zu trinken mitzubestellen. Ich hoffe, das ist in Ordnung.

Mann: Ja vielen Dank. Hast Du schon etwas zu essen bestellt?

Frau: Nein, damit wollte ich auf Dich warten, hier ist die Karte.

Mann: Danke. Was nimmst Du denn?

Frau: Ich werde heute das Fischgericht von der Tageskarte probieren.

Mann: Hmm, Fisch. Nein, mir ist heute nicht nach Fisch. Hast Du die Fleischgerichte hier schon gegessen?

Frau: Ja, erst vor kurzem habe ich die Nr. 77 probiert. Das hat sehr gut geschmeckt.

Mann: Also gut, dann nehme ich das.

Gespräch 2: (ca. 56 Sekunden)

Mann: Ja hallo, Dich habe ich ja schon lange nicht mehr gesehen. Darf ich mich zu Dir setzen?

Frau: Na klar, setz Dich doch, ich esse sowieso nicht gerne alleine.

Mann: Wie geht es Dir denn so? Du siehst gut aus.

Frau: Danke, mir geht es auch sehr gut. Ich habe seit Januar eine neue Stelle in Frankfurt und bin eigentlich nur rein zufällig hier.

Mann: Ach deshalb sieht man Dich hier nicht mehr, ich hatte mich schon gewundert.

Frau: Und Du? Was machst Du denn so?

Mann: Das Übliche, bei mir hat sich nicht viel geändert. Ich habe immer noch die gleiche Stelle und wohne immer noch in dieser schrecklichen Wohnung, aber ich bin gerade auf Wohnungssuche.

Anhang D

Frau: Wie ist denn hier der Wohnungsmarkt? Ist es immer noch so schlimm wie vor drei Jahren?

Mann: Nein, ganz so schlimm ist es nicht mehr, aber ich möchte gerne wieder in die Innenstadt ziehen, und da ist die Auswahl dann nicht mehr so groß.

Frau: Ja, das kann ich mir vorstellen. Und wahrscheinlich sind die wenigen Wohnungen, die dann angeboten werden zu klein oder zu teuer. In Frankfurt hatte ich wirklich Glück. Die Wohnungssuche wurde von der Firma übernommen.

Gespräch 3: (ca. 53 Sekunden)

Mann: Hat Dir das Essen geschmeckt?

Frau: Na ja, es geht so. Wie war denn Deines?

Mann: Nicht so besonders. Ich glaube nicht, daß ich nochmals hierher komme.

Frau: Nein, das werde ich wohl auch nicht mehr tun. Im Nachhinein tut es mir leid, daß ich Dich überredet habe hierher und nicht, wie üblich, in unserer Stammlokal zu gehen.

Mann: Ach, was soll's. Schließlich muß man ja auch mal etwas neues ausprobieren und daß es hier nicht so gut ist, konntest Du ja schließlich nicht wissen.

Frau: Auch wahr. Aber sag mal, wie geht es denn eigentlich Deinen Geschwistern?

Mann: Soweit ich weiß, geht es ihnen ganz gut. Thomas schreibt gerade an seiner Doktorarbeit und Sabine ist letzten Monat mit Ihrem Freund zusammengezogen.

Frau: Na, da höre ich ja schon die Hochzeitsglocken läuten.

Mann: Ach nein, so wie ich meine Schwester kenne, kann das noch eine Weile dauern. So schnell heiraten sie wohl nicht.

Frau: Sag, wollen wir gehen?

Mann: Ja, den Kaffee können wir ja woanders trinken.

Gespräch 4: (ca. 55 Sekunden)

Mann: Haben Sie schon gewählt?

Frau: Nein, ich habe eigentlich keinen Hunger, aber eine Kleinigkeit sollte ich schon essen.

Mann: Ich kann Ihnen den griechischen Salat empfehlen, der ist wirklich ausgezeichnet.

Frau: Salat ist eine sehr gute Idee, aber ich mag leider keine Oliven. Aber ich sehe gerade, es gibt auch einen „Bunten Sommersalat“ mit Tomaten, Schinken und Käse. Das ist jetzt genau das Richtige.

Mann: Wie ich von Frau Siegel hörte, sind Sie in den Elternbeirat gewählt worden. Ich gratuliere Ihnen ganz herzlich.

Frau: Vielen Dank, Herr Fischer. Ich hatte mich beworben, damit endlich eine Initiative ergriffen wird, um den Schulweg sicherer zu machen. Ich möchte, daß wir gemeinsam mit den Lehrern und der Polizei ein Sicherheitstraining für die Kinder anbieten. Wenn wir uns die Arbeit aufteilen, dann wird es für die Schule bezahlbar und wir könnten etwas beruhigter sein, wenn unsere Kinder auf der Straße sind.

Mann: Das hört sich wirklich sehr gut an. Ich werde Sie gerne dabei unterstützen. Wenn es Ihnen gelingt, den Direktor auf Ihre Seite zu bekommen, dann stehe ich gerne zur Verfügung.

Gespräch 5: (ca. 55 Sekunden)

Frau: Guten Abend, Herr Singer. Es ist wirklich nett, daß Sie heute Zeit für mich haben.

Mann: Guten Abend, Frau Metzger. Gar kein Problem, aber ich bin wirklich gespannt darauf, was sie auf dem Herzen haben.

Frau: Ich hätte ja auch bei Ihnen vorbei kommen können, aber ich dachte mir, es wäre einfacher mein Anliegen bei einem Essen zu besprechen.

Mann: Sie spannen mich vielleicht auf die Folter. Ich hoffe, daß es nichts unangenehmes ist.

Frau: Aber nein, überhaupt nicht! Ich wollte nur die Lage sondieren, da ich gerne das Büro anmieten würde, das über meiner Wohnung gerade frei wird. Ich habe vor, mich jetzt doch selbständig zu machen und es wäre für mich ideal, wenn Wohnung und Geschäftsräume so nahe beieinander lägen.

Mann: Das überrascht mich. Ich wußte überhaupt nicht, daß Sie sich mit dem Gedanken tragen, eine eigene Firma zu gründen. Ich würde Sie wirklich gerne unterstützen, da ich Sie sehr sympathisch finde, aber leider habe ich die Räume schon einer Anwaltskanzlei versprochen.

Anhang D

Frau: Das ist aber sehr schade.

Mann: Nun, bis jetzt ist noch nichts endgültig entschieden, da die Kanzlei im Messezentrum eventuell größere Räume bekommt. Sollte der Vertrag bis Ende des Monats nicht zustande kommen, könnte ich Sie mir durchaus als Mieterin vorstellen.

Im Großraumbüro

Gespräch 1: (ca. 55 Sekunden)

Mann: Guten Morgen.

Frau: Guten Morgen. Sie wollten mich sprechen?

Mann: Ja, ich hätte da eine kleine Arbeit für Sie, vorausgesetzt Sie haben Zeit.

Frau: Nun, das kommt darauf an, wie umfangreich die Arbeit ist und bis wann sie fertig sein muß, da ich für Herrn Schmidt noch zur Post gehen soll.

Mann: Ach es ist nur eine Kleinigkeit und wenn Sie es heute nicht schaffen sollten, so reicht es auch, wenn Sie es morgen fertig machen. Ich brauche eine Kopie von diesen beiden Ordnern.

Frau: Ach so, ja das ist kein Problem. Aber ich glaube der Kopierer ist kaputt. Zumindest ging er vorhin nicht.

Mann: Oh nein, nicht schon wieder. Haben Sie den Kundendienst denn schon angerufen?

Frau: Soweit ich weiß, wurde das bereits von Frau Meier erledigt.

Mann: Nun ja, da kann man nur hoffen, daß es nicht wieder so lange dauert wie beim letzten Mal. Ich muß die Ordner morgen abend zurückgeben.

Frau: Notfalls müssen wir eben in einer anderen Abteilung kopieren.

Mann: Ja, wenn es da mal keinen Ärger wegen der Abrechnung gibt.

Frau: Nun das werden wir ja sehen. Ich gehe jetzt erst einmal zur Post und melde mich dann wieder bei Ihnen.

Gespräch 2: (ca. 55 Sekunden)

Mann: Haben Sie schon gehört, daß wir neue Büromöbel bekommen sollen?

Frau: Was, neue Büromöbel? Nein, davon weiß ich nichts.

Mann: Doch, ich habe es eben von der Sekretärin des Chefs erfahren.

Frau: Und ich dachte, für so etwas wäre kein Geld vorhanden.

Mann: Kein Geld vorhanden? Na, haben Sie eine Ahnung. Die tun doch immer so, als wären sie kurz vorm Verhungern.

Frau: Ja, und dabei werfen Sie es dann mit vollen Händen zum Fenster heraus. Was brauchen wir denn neue Büromöbel. So ein Unfug.

Mann: Aber seien Sie doch froh. Ich meine, es arbeitet sich doch ganz anders in einem schönen Büro, oder finden Sie nicht?

Frau: Ach, mir ist das so ziemlich egal. Ich finde es eher lästig. Denken Sie doch nur an das Aus- und Einräumen der Schreibtische und Schränke.

Mann: Also mich stört das weniger. Im Gegenteil, bei der Gelegenheit kann man doch gleich ausmisten.

Frau: Ausmisten? Ich weiß ja nicht was Sie auszumisten haben. Mein Schreibtisch ist jedenfalls ordentlich, und meine Schränke auch.

Mann: Na, so habe ich das ja auch nicht gemeint. Sie sind ja heute vielleicht empfindlich.

Frau: Ach entschuldigen Sie, aber ich habe heute einen schlechten Tag.

Gespräch 3: (ca. 45 Sekunden)

Mann: Entschuldigen Sie bitte die Störung.

Frau: Was gibt es denn?

Mann: Oh, störe ich Sie etwa, ich kann auch später wieder kommen?

Frau: Nein, nein, ist schon in Ordnung. Ich komme heute sowieso zu nichts, weil ständig jemand ankommt.

Mann: Nun das tut mir leid, aber ich suche wieder einmal einen Ordner.

Frau: Was für einen Ordner denn. Soweit ich weiß, habe ich keinen von Ihnen.

Mann: Ich weiß ja auch nicht, ob Sie ihn haben. Ich suche ihn ja nur.

Frau: Nein, ich habe ihn nicht. Aber wo Sie schon hier sind, könnten Sie mir hier kurz helfen?

Anhang D

Mann: Worum geht es denn?

Frau: Ach, ich muß hiervon eine Liste anfertigen. Und wenn es Ihnen nichts ausmacht, so könnten Sie mir die Zahlen diktieren.

Mann: Kein Problem. Aber da ist ja mein Ordner.

Frau: Wo?

Mann: Na da drüben, unter den Rechnungsbüchern.

Frau: Ach, wie kommt der denn dahin?

Mann: Keine Ahnung, aber das spielt ja auch keine Rolle. Hauptsache er ist wieder da. Ich suche ihn nämlich schon den ganzen Vormittag.

Gespräch 4: (ca. 55 Sekunden)

Mann: Frau Maschke, hätten Sie eventuell Zeit die Akte Kornder noch einmal durchzusehen?

Frau: Aber Herr Zepp, ich habe Ihnen doch schon gestern deutlich zu verstehen gegeben, daß ich vor Anfang nächster Woche keine Zeit mehr für Zusatzaufgaben habe! Wenn der Auftrag von Stortz nicht bis Freitag abgewickelt ist, müssen wir eine Konventionalstrafe zahlen, die wir nicht so leicht verkraften können.

Mann: Sie haben ja völlig recht, aber ich stehe doch genau vor demselben Problem wie Sie und Sie hatten schließlich den Vorgang erfaßt. Sie haben die Informationen in einer halben Stunde herausgezogen, aber ich müßte mich durch jedes einzelne Protokoll kämpfen und verliere mindestens einen Tag dabei!

Frau: Ich sehe das ja auch ein, aber aus einer halben Stunde wird sehr schnell ein halber Tag und das kann ich mir im Moment wirklich nicht erlauben. Sie können ja Herrn Schmidt fragen, ob er die Verantwortung für eine eventuelle Verzögerung übernimmt, aber ich werde meine gute Position nicht auf's Spiel setzen.

Mann: Sie können sich darauf verlassen, daß ich das tun werde.

Gespräch 5: (ca. 55 Sekunden)

Mann: Guten Tag, Frau Zang. Ich habe hier die Papiere, die Sie für Herrn Kosch fertigmachen sollen.

Frau: Guten Tag, Herr Schweigert. Das ist aber nett von Ihnen, daß Sie sie mir vorbei bringen. Ich wollte sie mir nach der Mittagspause selbst holen, aber so kann ich gleich damit anfangen.

Mann: Aber das ist doch selbstverständlich. Das mache ich für Sie doch gerne. Außerdem mußte ich sowieso hier vorbei, da ich zum Chef gerufen wurde. Es stehen wieder einige Beförderungen an, und ich glaube, daß ich dieses Mal gute Chancen habe.

Frau: Ich drücke Ihnen die Daumen. Sie wären bestimmt ein hervorragender Abteilungsleiter. Nicht wie der Müller, dieser Sklaventreiber. Nie ein anerkennendes Wort oder gar ein Lob. Man bekommt immer nur zu hören, was man falsch gemacht hat.

Mann: Aber Sie sind eine hervorragende Kraft, und das weiß auch jeder in der Abteilung. Wenn Sie nicht gewesen wären, hätte der letzte Auftrag niemals pünktlich das Haus verlassen.

Frau: Vielen Dank, Herr Schweigert, das tut wirklich gut, wenn man weiß, wie man eingeschätzt wird.

Im Supermarkt an der Kasse

Gespräch 1: (ca. 60 Sekunden)

Mann: Ich weiß nicht, ob mein Geld reicht. Könntest Du mir notfalls etwas leihen?

Frau: Da muß ich erst mal nachsehen. Viel habe ich nicht mehr.

Mann: Ich brauche ja auch nicht viel. Höchstens 10 Mark.

Frau: Ach so, ja das läßt sich machen. Willst Du es gleich.

Mann: Nein, warte erst mal. Kann ja sein, daß es reicht.

Frau: Oh, sieh mal da drüben. Hast Du die schon probiert?

Mann: Was denn?

Frau: Na die neuen Hustenbonbons mit Anisgeschmack.

Mann: Nein, ich mag kein Anis.

Frau: Nein?! Ich schon, und wie!

Mann: Dann nimm doch eine Packung mit.

Frau: Nein, lieber nicht. Ich esse sie dann immer gleich auf einmal.

Anhang D

Mann: Ja, dann laß es lieber bleiben.

Frau: Eben. Weißt Du eigentlich, ob Sabine und Klaus heute abend zu Besuch kommen?

Mann: Ach ja, das wollte ich Dir ja noch erzählen. Sabine hat heute morgen angerufen und abgesagt. Ich soll Dich schön grüßen.

Frau: Ja, das dachte ich mir schon. Es wäre ja auch das erste Mal, daß die beiden eine Verabredung einhalten.

Mann: Haben wir eigentlich noch Milch?

Frau: Ja, ich glaube schon, aber ich kann ja sicherheitshalber noch eine holen.

Mann: Dann beeile Dich aber, wir sind gleich dran.

Gespräch 2: (ca. 50 Sekunden)

Frau: Oh je, die Schlange ist ja endlos.

Mann: Hm, typisch. Die haben schon wieder nur eine Kasse besetzt.

Frau: Ja, und das zur Mittagszeit. Ich verstehe das einfach nicht.

Mann: Ich auch nicht, aber aufregen bringt auch nichts.

Frau: Es ärgert mich aber trotzdem. Ich habe schließlich etwas besseres vor, als in der Mittagspause an irgend einer Kasse zu stehen.

Mann: Da bist Du wohl nicht die einzige, die anderen hier sehen auch nicht so aus, als wären sie zum Vergnügen hier.

Frau: Gehen wir nachher noch einen Kaffee trinken? Ich meine für den Fall, daß wir hier vor Ende der Mittagspause noch herauskommen.

Mann: Ja, meinerwegen schon. Hier um die Ecke gibt es ein nettes Straßencafé.

Frau: Hm, hört sich gut an. Sag mal, ist das da drüben nicht der Neue aus der Verwaltung?

Mann: Wo? Ach beim Obststand. Ja, ich glaube schon, oder?

Frau: Na, jetzt hat er sich umgedreht. Ganz sicher bin ich mir nicht.

Mann: Ist ja auch egal. Ach sieh mal, jetzt besetzen sie die anderen Kassen doch.

Gespräch 3: (ca. 47 Sekunden)

Mann: Oh je, da haben wir ja eine ganze Menge eingekauft.

Frau: Ja, vor allem, wenn ich daran denke, daß wir das alles noch zum Auto schleppen müssen.

Mann: Wieso, wir können doch den Einkaufswagen mitnehmen, und dann wieder zurückbringen.

Frau: Ach, das ist doch so weit. Aber ich könnte ja das Auto holen.

Mann: Stimmt, auf die Idee wäre ich gar nicht gekommen.

Frau: Was mußt Du eigentlich noch erledigen?

Mann: Ich wollte noch schnell beim Arzt vorbei.

Frau: Was willst Du denn beim Arzt?

Mann: Ich soll für Tante Herta einen Brief abholen. Mußt Du noch etwas erledigen?

Frau: Ja, ich muß noch zum Gärtner und fragen, ob er die Palmen schon bekommen hat.

Mann: Was für Palmen denn? Du hast doch schon so viele Pflanzen.

Frau: Ich soll für unsere Sekretärin ein Geschenk besorgen. Sie hat am Montag Geburtstag.

Mann: Ach so. Na, wenn wir sowieso zum Gärtner fahren, kann ich ja gleich ein paar Salatsetzlinge mitnehmen.

Frau: Ist es dafür nicht noch etwas früh?

Gespräch 4: (ca. 50 Sekunden)

Frau: Guten Morgen, Herr Siedler.

Mann: Guten Morgen, Frau Schüssler.

Frau: Gehört der Wasserkasten auch zu ihnen?

Mann: Ja. - Das Rezept für den Schmorbraten, das sie mir letzte Woche gegeben haben ist phantastisch. Ich habe es am Wochenende gleich ausprobiert. Vor allem die Rosinen dazu sind einfach toll.

Frau: Ja, ich habe das auch schon oft gekocht und alle waren ganz begeistert.

Mann: Falls sie wieder so ein tolles Rezept haben, sagen sie es mir auf jeden Fall.

Frau: Natürlich. - War das alles?

Mann: Ja, heute brauche ich nicht so viel.

Frau: Das macht dann zweiundfünfzig Mark und sechsunddreißig.

Anhang D

Mann: Einen Moment.

Frau: Haben sie vielleicht sechsendreißig Pfennige klein?

Mann: Da muß mal nachsehen. - Ja. Bitte.

Frau: Danke, und das Restgeld zurück.

Mann: Auf Wiedersehen, Frau Schüssler.

Frau: Auf Wiedersehen, Herr Siedler.

Gespräch 5: (ca. 50 Sekunden)

Mann: Guten Tag, Frau Hoffmann.

Frau: Hallo, Herr Peters.

Mann: Heute ist es endlich richtig warm, vielleicht wird es ja nun doch endlich Sommer.

Frau: Ja, das sieht so aus. Aber wir fahren sowieso nächste Woche in Urlaub.

Mann: Wo fahren sie denn hin?

Frau: Wir fahren nach Korsika.

Mann: Fahren sie mit dem Auto hin?

Frau: Nein, das ist uns zu anstrengend. Wir fahren mit der Bahn nach Genua und nehmen dann die Fähre nach Korsika.

Mann: Und wie bewegen sie sich dann auf Korsika fort?

Frau: Wir haben vor, für einige Tage einen Mietwagen zu nehmen und sonst wollen wir die Schmalspurbahn benutzen. Das sind zum Teil noch uralte Diesellokomotiven, die mit hoher Geschwindigkeit auf einer Strecke fahren, die durch den Fels gehauen ist, oder über extrem hohe Brücken führt.

Mann: Ich weiß nicht, ob mir das Spaß machen würde. Wie teuer ist es denn, auf Korsika mit der Bahn zu fahren?

Frau: Die ist wirklich sehr billig. Vor zwei Jahren haben wir für eine Fahrt von Norden nach Süden umgerechnet 15 Mark bezahlt.

In der Straßenbahn

Gespräch 1: (ca. 51 Sekunden)

Mann: Oh nein, es regnet.

Frau: Ach, hast Du denn keinen Schirm dabei?

Mann: Nein, ich habe ihn wie immer vergessen.

Frau: Aber es sah doch schon den ganzen Tag nach Regen aus.

Mann: Ja schon, aber ich war heute morgen sehr in Eile.

Frau: Nichts zu machen, dann werden wir eben naß, ich habe nämlich auch keinen.

Mann: Ach, und wieso nicht? Wenn ich fragen darf.

Frau: Ich habe ihn letzte Woche im Restaurant stehen lassen und ich hatte nur den einen.

Mann: Na gut, dann werden wir eben naß.

Frau: Wir könnten eine Station früher aussteigen und ins Kaufhaus am Markt gehen. Dort warten wir dann, bis es zu regnen aufgehört hat.

Mann: Glaubst Du wirklich, daß es nur ein Schauer ist?

Frau: Vielleicht haben wir ja Glück. Es wäre zumindest einen Versuch wert.

Mann: Hm, ja das stimmt. Vielleicht finden wir dort sogar einen billigen Regenschirm.

Frau: Ja, wer weiß, ob ich meinen überhaupt wiederbekomme. Und ein zweiter kann auch nicht schaden.

Mann: Also gut. Dann müssen wir bei der übernächsten Haltestelle aussteigen.

Frau: Ja, gehen wir einen Schirm kaufen.

Gespräch 2: (ca. 45 Sekunden)

Mann: Fährst Du eigentlich oft mit der Straßenbahn?

Frau: Nein, nur gelegentlich. Ich gehe lieber zu Fuß, oder nehme das Rad.

Mann: Hast Du eigentlich noch dein Auto?

Anhang D

Frau: Nein, ich habe es verkauft. Seit ich in der Stadt wohne, bin ich nicht mehr sehr oft gefahren, da wurde es einfach zu teuer.

Mann: Ich kann mich noch nicht so ganz von meinem Wagen trennen, aber überlegt habe ich mir das auch schon.

Frau: Hättest Du denn die Möglichkeit, Dir ab und zu eines zu leihen?

Mann: Nein, die meisten Leute, die ich kenne, haben keines.

Frau: Na, dann ist es schwierig. Ich kenne ein paar Leute, die ein Auto haben und es mir notfalls auch leihen.

Mann: Das ist ja sehr praktisch, und gelegentlich braucht man es ja doch.

Frau: Wo mußt Du eigentlich aussteigen?

Mann: Ich fahre bis zum Bahnhof, und Du?

Frau: Ich auch, ich brauche noch eine Fahrkarte.

Mann: Wo fährst Du denn hin.

Frau: Ich will am Wochenende nach Freiburg.

Mann: Oh, wie schön. Na dann viel Spaß.

Gespräch 3: (ca. 47 Sekunden)

Mann: Da haben wir ja gerade noch Glück gehabt.

Frau: Ja, ich hätte nicht gedacht, daß wir es noch schaffen.

Mann: Wäre die S-Bahn pünktlich gewesen, hätten wir es auch nicht geschafft.

Frau: Wie lange wohnst Du jetzt eigentlich schon hier.

Mann: Ich bin vor fünf Jahren hierher gezogen.

Frau: Dann kennst Du Dich in der Stadt bestimmt gut aus.

Mann: Ja, mittlerweile schon.

Frau: Hätten wir eigentlich lange warten müssen, wenn wir die Bahn verpaßt hätten.

Mann: Nein, nicht so lange. Die fahren hier alle 10 Minuten.

Frau: Ach so, Na ja das geht ja.

Mann: Ja, das ist schon in Ordnung. Aber es ärgert mich doch immer wieder, wenn ich eine verpasse.

Frau: Ist es noch weit bis zum Marktplatz?

Mann: Es sind noch drei Stationen. Den Rest müssen wir dann zu Fuß gehen. Aber es sind nur einige hundert Meter. Schlimm ist nur, daß die Rolltreppen seit einer Woche nicht mehr funktionieren. Das Treppensteigen fällt mir mit dem verstauchten Bein schon schwer.

Gespräch 4: (ca. 54 Sekunden)

Mann: Gestern waren wir im Theaterstück „Draußen vor der Tür“.

Frau: Von wem ist das eigentlich?

Mann: Ähm, Büchner? Nein, das fällt mir jetzt auch nicht ein.

Frau: Vielleicht fällt es dir ja später noch ein.

Mann: Was ich auf jeden Fall erzählen wollte: Dieses Ensemble spielt ja normalerweise nur Komödien - aber diese Aufführung war wirklich gut.

Frau: Sind die nicht aus Neustadt?

Mann: Ja, bis jetzt hab ich nur Komödien von denen gesehen, die ganz nett waren, aber nie besonders gut. - Vor allem der Hauptdarsteller hat mir gestern sehr gut gefallen.

Frau: Der mit der Brille?

Mann: Ja - aber wie heißt jetzt eigentlich der Autor? Mein Gott(!) Es liegt mir auf der Zunge.

Frau: Ich hab das Buch zu Hause, aber der Autor fällt mir auch nicht ein. Büchner ist es bestimmt nicht.

Mann: Ja, das weiß ich auch! - Das läßt mir jetzt keine Ruhe mehr.

Frau: Falls es dir noch einfällt, werde ich es erst heute abend erfahren - ich muß jetzt gleich aussteigen.

Mann: Borchert!!! Wolfgang Borchert.

Gespräch 5: (ca. 50 Sekunden)

Mann: Ja hallo, dich hab' ich ja schon lange nicht mehr gesehen.

Frau: Hallo Thomas, Hm - ja - das ist jetzt bestimmt ein halbes Jahr, daß wir uns nicht mehr gesehen haben.

Mann: Wie geht es dir denn?

Anhang D

Frau: Ganz gut. Ich habe jetzt eine neue Arbeit gefunden und Miriam arbeitet jetzt endlich auch hier. Jetzt muß sie nicht mehr jeden Tag fünfzig Kilometer zur Arbeit fahren. Und wie geht es dir?

Mann: Ach ja, immer dasselbe - auf der Arbeit Überstunden ohne Ende, für immer noch dieselbe schlechte Bezahlung. Was machst du denn jetzt? Wollen wir zusammen einen Kaffee trinken gehen?

Frau: Nein, ich habe leider keine Zeit, aber heute abend könnten wir ein Bier trinken gehen. Ich frage auch Miriam, ob sie Zeit hat.

Mann: Heute abend geht es schlecht, weil ich da schon mit Doris ins Kino gehen wollte. Aber ihr könnt gerne mitgehen.

Frau: Ja gut, klar - dann gehen wir heute abend zusammen ins Kino und anschließend vielleicht noch einen Wein trinken oder ein Bier.

In der Fabrikhalle

Gespräch 1: (ca. 52 Sekunden)

Mann: Haben Sie Herrn Müller heute schon gesehen?

Frau: Ja, soweit ich weiß, ist er im Lager.

Mann: Ich dachte schon er wäre krank.

Frau: Nein, heute morgen war er in der Verwaltung und seit heute mittag ist er im Lager.

Mann: Was meinen Sie, schaffen wir den Auftrag bis nächste Woche?

Frau: Ja, ich denke schon. Es läuft besser als erwartet.

Mann: Wenn uns diesmal nur nicht wieder eine Grippewelle dazwischenkommt.

Frau: Ja, das kann man natürlich nur hoffen. Aber wir müßten es auf jeden Fall schaffen. So gut wie diesmal lief es schon lange nicht mehr.

Mann: Wir werden aber demnächst einiges ändern müssen. Ich habe vor die Abteilung zu vergrößern.

Frau: Aha, heißt das wir bekommen mehr Leute?

Mann: Ja, aber auch sonst wird sich einiges ändern, denn wir kommen mit den Aufträgen nicht mehr nach.

Frau: Na, das hört man ja gerne. Haben Sie denn schon konkrete Pläne?

Mann: Ja, aber das besprechen wir in der Sitzung am Mittwoch.

Frau: Gut. Soll ich Herrn Müller etwas ausrichten, wenn er wiederkommt?

Mann: Nein, nicht nötig, ich gehe selbst gleich ins Lager.

Gespräch 2: (ca. 52 Sekunden)

Mann: Weißt Du, was es heute in der Kantine gibt?

Frau: Nein, ich habe noch nicht nachgesehen. Wahrscheinlich gibt es wieder Schnitzel.

Mann: Ja, ganz bestimmt. Mittwochs gibt es ja meistens Schnitzel.

Frau: Hm, Schnitzel oder Gulasch. Der Koch könnte sich auch einmal etwas anderes einfallen lassen.

Mann: Irgendwie habe ich heute gar keine Lust zu arbeiten.

Frau: Ich auch nicht so recht, aber wir haben ja gleich Pause.

Mann: Ja, zum Glück. Hast Du die Neue eigentlich schon gesehen?

Frau: Nein, aber Klaus meint sie wäre ganz nett.

Mann: Ja, das ist sie auch und sie hat sich wohl auch recht schnell eingearbeitet.

Frau: Ach, Du kennst sie schon?

Mann: Ja, ich habe sie gestern in der Kantine kennengelernt.

Frau: Wo ist denn eigentlich Frau Müller? Ist sie krank?

Mann: Nein, sie arbeitet nicht mehr hier.

Frau: Oh! Wieso denn das?

Mann: Soweit ich weiß, wurde sie entlassen.

Frau: Na, ja. Sie hat ja auch ziemlich oft gefehlt. Wann ist denn das passiert?

Mann: Warten Sie mal, ich glaube es ist jetzt drei Wochen her.

Gespräch 3: (ca. 60 Sekunden)

Frau: Hallo, Sie habe ich ja schon lange nicht mehr gesehen. Waren Sie krank?

Anhang D

Mann: Ja, und nein. Ich war mit meiner Familie im Urlaub und danach war ich zwei Wochen krank.

Frau: Ach so, Ich dachte schon, sie hätten hier aufgehört. Was hatten Sie denn?

Mann: Es war wahrscheinlich ein Grippevirus. Mir ging es bereits in der letzten Urlaubswoche nicht besonders gut.

Frau: Da hat es Sie aber ganz schön erwischt. Ich weiß nicht, wann ich das letzte mal so lange krank war.

Mann: Ja, normalerweise dauert es bei mir auch nicht so lange. Aber diesmal wollte es einfach nicht besser werden.

Frau: Aber jetzt geht es Ihnen doch wieder gut, oder?

Mann: Ja, ich fühle mich zwar noch etwas müde, aber im großen und ganzen geht es.

Frau: Da sind sie aber in eine sehr hektische Projektphase zurückgekommen. Ich hoffe, Sie können das verkraften.

Mann: Es ist manchmal schon sehr anstrengend, aber zum Glück habe ich bereits vor dem Urlaub eine ganze Menge vorgearbeitet, so daß jetzt nur noch Routinetätigkeiten anstehen. Und am Freitag muß der Auftrag sowie so abgeschlossen sein.

Frau: Stimmt, dann wird es wieder etwas ruhiger, wenn der Chef nicht neue Aufträge dazwischengeschoben hat, ohne uns Bescheid zu geben.

Gespräch 4: (ca. 53 Sekunden)

Frau: Herr Krüger! Die Lieferung an Escher muß heute noch raus!

Mann: Da bin ich gerade schon dabei. - Was ist jetzt eigentlich mit dem Betriebsausflug?

Frau: Der findet am nächsten Freitag statt. Wir dachten so ab Frau4 Uhr.

Mann: Und wo geht's jetzt hin.

Frau: Wir wollten nach Heidelberg fahren. Da gibt es ein kleines Lokal mit sehr gutem Essen. Frau Meier hatte die Idee, daß wir mit dem Schiff hinfahren. Nachdem das Wetter so schön bleiben soll, wird das bestimmt lustig.

Mann: Ja, das ist eine sehr gute Idee. Da kann man etwas trinken und muß nicht mit dem Auto zurückfahren oder ein Taxi nehmen.

Frau: Außerdem dauert der Ausflug dann auch nicht so lange, da das Schiff schon um sechs Uhr wieder zurückfährt. Dann sind wir um sieben wieder hier. Und wer dann noch will, kann ja auch hier einen Trinken gehen.

Mann: Das klingt ja wirklich gut.

Frau: Die Lieferung ist wirklich schon komplett zusammengestellt, Herr Krüger?

Mann: Ja, die geht in einer halben Stunde weg.

Gespräch 5: (ca. 55 Sekunden)

Mann: Guten Morgen, Frau Fuchs.

Frau: Guten Morgen! Kann ich ihnen helfen?

Mann: Ja, ich suche den Herrn Meier.

Frau: Welchen Herrn Meier suchen Sie denn? Wir haben zwei.

Mann: Herr Schübler hat mich zu ihm geschickt. Es geht um den Auftrag Beck.

Frau: Um was geht es denn da?

Mann: Die Frage von Herrn Schübler war, ob wir den Auftrag überhaupt annehmen können.

Frau: Ich denke, daß Herr Erwin Meier der zuständige Abteilungsleiter ist. Den finden sie hier durch die Türe, den Gang entlang und dann rechts. Es ist die zweite Türe auf der linken Seite mit der Zimmernummer 7. - Sind sie neu hier? - Ich habe sie vorher noch nie gesehen.

Mann: Ja, ich arbeite erst seit dem ersten Juli hier. Im Verkauf bei Herrn Schübler. Mein Name ist übrigens Johannes Lenz.

Frau: Na, dann werden wir uns in Zukunft ja öfter sehen, Herr Lenz

Mann: Vielen Dank für die Auskunft. Ich muß also zu Herrn Erwin Meier?

Frau: Genau!

Anhang D

Im fahrenden Auto

Gespräch 1: (ca. 55 Sekunden)

Mann: Seit wann hast Du das Auto denn schon?

Frau: Oh, noch nicht lange, seit etwa einem Monat. Gefällt es Dir?

Mann: Ja, ich finde es gut. Vor allem gefällt mir die Farbe.

Frau: Na ja, die Farbe gefällt mir nicht so sehr, ich hätte lieber ein rotes gehabt.

Mann: Das ist eben Geschmackssache. Mir gefallen rote Autos nicht so sehr.

Frau: Aber es war recht günstig. Sonst hätte ich es mir leisten können.

Mann: Darf ich das Radio anmachen.

Frau: Welches Radio denn, ich habe doch gar keines.

Mann: Ach ja, stimmt ja. Ich bin es einfach gewohnt, daß Du ein Radio hast.

Frau: Das ging mir am Anfang auch so. Ich habe ständig ins Leere gefaßt.

Mann: Was verbraucht der Wagen denn?

Frau: Ich weiß es gar nicht so genau. Ich glaube der Verbrauch liegt bei sechs Litern.

Mann: Oh, das geht ja.

Frau: Ja, das finde ich auch. Wann bekommst Du Deinen Wagen denn wieder.

Mann: Ich weiß nicht genau, wahrscheinlich morgen. Kannst Du mich da vorne rauslassen?

Frau: Wo? An der Kreuzung?

Mann: Ja.

Frau: Kein Problem, die Ampel springt gleich auf rot.

Gespräch 2: (ca. 54 Sekunden)

Mann: Das ist nett, daß Sie mich mitnehmen.

Frau: Oh, keine Ursache. Was ist denn mit Ihrem Wagen?

Mann: Der ist in der Werkstatt. Er wollte gestern abend einfach nicht mehr anspringen.

Frau: So etwas ist immer ärgerlich. Woran liegt es denn?

Mann: Das weiß ich leider auch nicht. An der Batterie liegt es jedenfalls nicht. Das haben wir schon getestet.

Frau: Was meinte denn der Mechaniker?

Mann: Auf Anhieb konnte er auch nichts sagen. Ich werde heute abend anrufen.

Frau: Da kann man ja nur hoffen, daß es nichts Größeres ist. Ich weiß noch, wie es mir ohne Auto erging.

Mann: Ja, man gewöhnt sich so leicht daran.

Frau: Soll ich Sie heute abend wieder mit zurücknehmen?

Mann: Oh, das wäre sehr nett. Wann fahren Sie denn in etwa.

Frau: Also ich arbeite bis 17 Uhr. Ich muß allerdings danach noch schnell was einkaufen.

Mann: Das trifft sich ja gut. Ich arbeite heute nämlich auch nur bis 17 Uhr und einkaufen müßte ich auch noch. Sie fahren doch sicher auch zum Großhandel im Gewerbegebiet?

Frau: Ja, da ist das meiste schon sehr viel billiger.

Gespräch 3: (ca. 52 Sekunden)

Frau: Ich glaube wir kommen schon wieder zu spät.

Mann: Ja, aber diesmal ist es nicht unsere Schuld. Wer konnte denn auch ahnen, daß hier so viel Verkehr ist.

Frau: Wo fährst Du denn hin?

Mann: Wieso denn?

Frau: Na, wir hätten da vorne rechts abbiegen müssen.

Mann: Oh ja, Du hast recht. Ich glaube, ich lerne es nie. Hier verfare ich mich immer.

Frau: Dann fahre halt die nächste rechts.

Mann: Nein, das geht nicht. Soweit ich weiß, ist es eine Einbahnstraße.

Frau: Dann müssen wir eben wenden.

Mann: Ja, bei der nächsten Gelegenheit. Zu spät sind wir ja sowieso schon.

Frau: Wo sind eigentlich die Blumen? Hast Du sie in den Kofferraum gelegt?

Mann: Nein, ich habe sie nicht mitgenommen, ich dachte Du hättest sie.

Frau: Oh nein, dann stehen sie noch zuhause. Was machen wir denn jetzt?

Anhang D

Mann: Ich weiß auch nicht. Wenn wir zurückfahren, kommen wir hoffnungslos zu spät.

Frau: Da hast Du recht, aber ich möchte auch nicht ohne Blumen erscheinen.

Mann: Am besten setze ich Dich bei ihnen ab und hole dann schnell die Blumen.

Frau: Ja, das ist unter diesen Umständen wohl das Beste.

Gespräch 4: (ca. 47 Sekunden)

Frau: Gestern habe ich einen Brief von der GEZ bekommen.

Mann: GEZ?

Frau: Die Gebühreneinzugszentrale - ob mein Autoradio angemeldet sei?

Mann: Und, ist es angemeldet?

Frau: Natürlich nicht. Ich hatte die ganze Zeit angenommen, daß das durch meinen Mann abgedeckt wäre. Aber weil das mein Auto ist und ich eigene Einkünfte habe, muß ich das Autoradio anmelden. Ist nur die Frage wie groß die Nachzahlung ist, die die wollen.

Mann: Seit wann hast du denn das Auto?

Frau: Seit ungefähr zwei Jahren.

Mann: Oh ja, das kann ziemlich teuer werden. Ist das Auto überhaupt auf dich zugelassen?

Frau: Nein, das ist auf Martin zugelassen.

Mann: Wie ist das dann eigentlich? Mußt du das jetzt getrennt anmelden, nur weil du dieses Auto nutzt? Das wäre aber nicht in Ordnung.

Frau: Das weiß ich auch nicht, aber ich werde bestimmt nicht bei der GEZ nachfragen. Eigentlich habe ich überhaupt kein Auto - so gesehen.

Gespräch 5: (ca. 50 Sekunden)

Frau: Nächste Woche muß ich meinen Wagen zum Kundendienst in die Werkstatt bringen.

Mann: Ach ja, zur Werkstatt. Letzte Woche habe ich mein Auto zum TÜV in die Werkstatt gebracht.

Frau: Und was ist passiert?

Mann: Also in die Werkstatt habe ich das Auto nur gebracht, weil sowieso ein Ölwechsel gemacht werden mußte, und der Sicherheitsgurt auf dem Beifahrersitz doch ständig klemmt.

Frau: Das hat mich auch immer genervt!

Mann: Kurz nachdem ich das Auto in der Werkstatt abgegeben hatte, ruft mich jemand zurück, um mir den Kostenvoranschlag mitzuteilen. Über 1000 Mark sollte die Reparatur kosten.

Frau: Was war denn alles kaputt?

Mann: Die Ölwanne hatte ein Loch, die Bremsschläuche waren von einem Marder angebissen worden und die Zündung mußte neu eingestellt werden.

Frau: Wieviel hast du dann wirklich bezahlt?

Mann: 1246 Mark und ein paar Pfennige. Die Rechnung war über drei Seiten lang.

Frau: Autofahren ist schon sehr teuer.

Während des Tischdeckens

Gespräch 1: (ca. 60 Sekunden)

Mann: Kann ich Dir irgend etwas helfen?

Frau: Oh ja, Du könntest den Tisch decken, wenn Du Zeit hast.

Mann: Welches Geschirr soll ich denn nehmen, das weiße oder das geblünte?

Frau: Ach nimm das weiße, oder nein, ich denke das geblünte ist besser.

Mann: Das geblünte, also gut, wie Du willst. Wie viele kommen denn jetzt eigentlich?

Frau: Wir sind insgesamt zu acht. Ach, würdest Du bitte einmal die Soße probieren.

Mann: Aber gerne. Hm, riecht das gut.

Frau: Und, fehlt noch was?

Mann: Ich glaube, sie könnte noch etwas Salz und Thymian vertragen, aber sonst ist sie sehr gut.

Frau: Also gut, Salz und Thymian. Kannst Du nachher bitte noch ein paar Getränke aus dem Keller holen?

Anhang D

Mann: Ja. Aber ich decke jetzt erst einmal den Tisch zu Ende. Acht Personen, hast Du gesagt. Da brauchen wir aber noch ein paar Stühle.

Frau: Du kannst ja die aus dem Arbeitszimmer noch holen, dann müßte es eigentlich reichen.

Frau: Ja, mach ich. So langsam bekomme ich richtig Hunger.

Mann: Du wirst dich wohl noch etwas gedulden müssen. Oh nein, nicht diese Gläser nimm doch bitte die neuen.

Gespräch 2: (ca. 53 Sekunden)

Frau: Oh, Du deckst ja den Tisch, das ist aber nett von Dir.

Mann: Ja, wieso denn nicht. Den Kaffee habe ich auch schon gekocht.

Frau: Oh, wie schön. Dann werde ich den Rest vorbereiten.

Mann: Sind die Kinder schon wach?

Frau: Nein, ich glaube nicht. Ich wollte sie erst wecken, wenn das Frühstück fertig ist.

Mann: Hast Du denn gut geschlafen?

Frau: Wie ein Stein, und Du.

Mann: Eigentlich sehr gut, aber ich war schon so früh wach.

Frau: Haben wir eigentlich noch Toastbrot im Gefrierschrank.

Mann: Das weiß ich nicht, aber ich kann ja einmal nachsehen.

Frau: Nein, laß nur, ich mache das schon. Ach, da sind ja noch Brötchen. Sollen wir die aufbacken.

Mann: Ja, warum nicht. Wo sind eigentlich die Eierbecher? Ich habe sie vorhin schon gesucht, aber nicht gefunden.

Frau: Die sind neuerdings im Schrank über der Spüle. Ich habe hier letzte Woche etwas umgeräumt.

Mann: Das habe ich schon bemerkt. Den Brotkorb konnte ich nämlich auch nicht finden.

Frau: Der ist auch da oben, wo die Eierbecher jetzt sind.

Mann: Soll ich die Kinder schon wecken?

Frau: Ach ja, sei so gut, das Frühstück ist so gut wie fertig.

Gespräch 3: (ca. 56 Sekunden)

Frau: Wieso deckst Du denn den Tisch. Sollte Klara das nicht machen?

Mann: Schon, aber Klara ist noch nicht da.

Frau: Wieso denn nicht? Die Schule müßte doch schon längst aus sein.

Mann: Ja, eigentlich schon, aber wahrscheinlich trödelte sie mal wieder.

Frau: Oh dieses Kind. Es ist doch immer wieder das gleiche mit ihr.

Mann: Du sagst es. Von wem sie das wohl hat.

Frau: Ha, Ha! Was gibt es heute eigentlich zu essen? Es riecht so angebrannt.

Mann: Oh nein! Kannst Du hier bitte weitermachen. Ich muß mal nach dem Essen sehen.

Frau: Wie gut, daß wir hier in der Küche essen. Sonst hätten wir das gar nicht bemerkt.

Mann: Gerade noch einmal Glück gehabt. Es ist nur leicht angebrannt.

Frau: Die Gabel ist ja völlig verbogen. Wer war denn das schon wieder.

Mann: Na wer wohl? Wir haben doch immer verbogenes Besteck, wenn Klaras Freundinnen zum Essen hier waren.

Frau: Vielleicht sollte ich für das nächste Mal Plastikbesteck besorgen, denn die Kinder lassen sich einfach nicht mehr zähmen.

Mann: Ja, oder du schickst den Eltern eine Rechnung. Ach, da kommt ja unsere Klara.

Frau: Wurde ja auch Zeit.

Gespräch 4: (47 Sekunden)

Mann: Birgit hat sich ein neues Service gekauft. Das sieht wirklich toll aus.

Frau: Sicher ganz modern, wie ich sie kenne.

Mann: Nein, nichts ausgefallenes. Das sind ziemlich große Teller. Ganz in weiß und mit einer Verzierung am Rand. Das ist so eine Art Geflecht und sieht so ähnlich aus wie Ratan.

Frau: Du meinst die Teller, die sie hingestellt hat, als wir das letzte mal bei ihr waren?

Mann: Ja. - Der Michaela haben die Teller ja auch gut gefallen.

Anhang D

Frau: Michaela hat doch demnächst Geburtstag. Wäre das nicht eine gute Idee, ihr ein solches Service zu schenken. Sie hat doch gemeint, daß sie sich sowas nie selber kaufen würde.

Mann: Das ist eine sehr gute Idee. Ich geh' morgen mal in das Geschäft und schaue, ob das Service noch im Angebot ist.

Frau: Wir könnten ja auch erst einmal nur die Teller schenken und dann nach und nach das Service aufstocken. Ein Weihnachtsgeschenk bekommt sie von uns ja auch immer.

Mann: Das ist wirklich eine tolle Idee.

Gespräch 5: (ca. 56 Sekunden)

Mann: Du, kann ich dir irgendwie helfen? Du siehst ziemlich genervt aus.

Frau: Ja, das bin ich auch. - Hartmut und Ursula kommen in einer halben Stunde und ich wollte vorher gerne noch duschen. Der Braten ist in der Röhre, aber die Suppe muß noch abgeschmeckt werden.

Mann: In Ordnung, was kann ich denn machen?

Frau: Du könntest zum Beispiel den Tisch decken und dann den Wein aus dem Keller holen. Nehme bitte die neuen Weingläser, die alten sehen wirklich nicht mehr schön aus. Und vergesse die Serviettenringe nicht wieder.

Mann: Soll ich die Stoffservietten nehmen, oder die lustigen Papierservietten?

Frau: Die Stoffservietten natürlich! Die Papierservietten passen nun wirklich nicht zu einem festlichen Essen.

Mann: Welchen Wein sollen wir denn zum Essen trinken?

Frau: Der Portugieser würde sicher am besten passen. Das sind die Flaschen, die gleich oben auf dem Regal liegen. Ach ja, und den Abfalleimer kannst du auch noch ausleeren.

Mann: Du meinst, daß der Wein gleich rechts liegt?

Frau: Ja -

Mann: Dann leere ich jetzt zuerst den Abfalleimer und bringe den Wein mit hoch.

Während der Geschirrspüler läuft

Gespräch 1: (ca. 47 Sekunden)

Frau: Du bist ja schon da. Hattest Du heute früher Feierabend?

Mann: Nein, wieso? Es ist doch schon fast sieben Uhr.

Frau: Was, schon so spät. Oh je, die Uhr ist ja schon wieder stehen geblieben. Willst du nicht endlich einmal die Batterien wechseln?!

Mann: Das mache ich später. Was essen wir denn heute?

Frau: Wir haben von gestern noch etwas Braten übrig. Dazu könnten wir Bratkartoffeln und Salat machen.

Mann: Ich hätte aber lieber Nudeln.

Frau: Gut, dann machen wir eben Nudeln dazu. Ich habe die Kartoffeln ja noch nicht gekocht.

Mann: Ist noch Kaffee da?

Frau: Ja, in der Thermoskanne müßte noch welcher sein.

Mann: Wo sind denn die ganzen Messer?

Frau: In der Spülmaschine. Die müßte aber bald fertig sein, sie läuft schon eine ganze Weile.

Mann: Ich gehe schnell noch in den Keller. Brauchst Du irgend etwas von unten?

Frau: Ja, Du könntest ein paar Flaschen Wasser mitbringen. Aber nimm bitte das Leergut mit hinunter.

Mann: Mache ich.

Gespräch 2: (ca. 55 Sekunden)

Mann: Wieso hast Du die Spülmaschine denn schon angestellt.

Frau: Wieso denn nicht. Sie war doch voll.

Mann: Ich hätte das Besteck doch noch gerne mit hineingetan.

Frau: Ach, daran habe ich nicht gedacht. Tut mir leid.

Mann: Was meinst Du, sollen wir mit dem Nachtsch noch etwas warten?

Frau: Ja, warte doch noch etwas. Das Essen war schon sehr viel.

Mann: Ich hatte schon befürchtet es wäre zu wenig und jetzt ist doch so viel übrig geblieben.

Frau: Das macht doch nichts. Wir können es einfrieren, oder etwa nicht?

Anhang D

Mann: Doch schon. Also, dann warten wir mit dem Nachttisch noch.

Frau: Wo sind denn die Fotos vom Urlaub?

Mann: Die liegen in der obersten Schublade im Wohnzimmer-schrank. Was willst Du denn damit?

Frau: Deine Eltern haben mich danach gefragt. Sie wollten sie gerne sehen.

Mann: Haben sie die denn noch nicht gesehen? Ach nein, wir hatten sie ja das letzte Mal vergessen.

Frau: Ich hole jetzt die Fotos. Kommst Du dann auch? Es ist bestimmt schöner, wenn wir sie alle gemeinsam ansehen.

Mann: Ja, gleich. Ich mache das hier nur eben fertig.

Gespräch 3: (ca. 50 Sekunden)

Mann: Wieso stellst Du die Geschirrspülmaschine denn schon vor dem Frühstück an?

Frau: Ich habe sie angestellt, weil sie voll war.

Mann: Du könntest sie doch auch später anstellen, wenn wir mit dem Essen fertig sind.

Frau: Die Maschine soll aber nicht laufen, wenn man nicht im Haus ist.

Mann: Dann stelle sie halt erst abends an. Mich stört der Lärm jedenfalls beim Essen.

Frau: Dann müssen wir in Zukunft im Eßzimmer frühstücken, wenn die Maschine läuft.

Mann: Hast Du heute abend Training?

Frau: Ja, aber ich gehe heute nicht hin.

Mann: Wieso denn nicht? Hast Du keine Lust?

Frau: Doch Lust hätte ich schon, aber mir tut das Knie heute wieder so weh.

Mann: Du solltest damit endlich einmal zum Arzt gehen. Das tut Dir doch schon eine ganze Weile weh.

Frau: Ja, vielleicht sollte ich das wirklich tun. Ich weiß nur nicht wann ich dafür Zeit finde. Ich will nicht extra frei nehmen dafür.

Mann: Geh doch gleich heute abend. Er hat heute bis 19 Uhr Sprechstunde.

Frau: Ach, mal sehen. Es hängt davon ab, wie lange ich heute arbeiten muß.

Gespräch 4: (ca. 50 Sekunden)

Frau: Kannst Du bitte einmal nachsehen, ob wir noch Wein im Kühlschrank haben?

Mann: Es sind noch zwei Flaschen Riesling da. Soll ich für heute abend noch ein paar Flaschen kaltstellen?

Frau: Ich glaube schon. Für acht Personen sind zwei Flaschen Wein vielleicht doch etwas wenig. Wie ich deinen Bruder kenne, trinkt der sowieso eine ganze Flasche.

Mann: Du mußt aber auch immer auf ihm herumhacken. Berthold ist schon in Ordnung. Ich glaube, wir sollten zum Essen den Silvaner trinken und nach dem Essen dann den Riesling.

Frau: Ja, ich glaube das paßt am besten. Vom Silvaner muß noch eine ganze Kiste im Keller sein, und in der Speisekammer stehen noch zwei Flaschen Riesling.

Mann: Ich hole sie gleich. Brauchst Du sonst noch etwas aus dem Keller? Vielleicht Kartoffeln?

Frau: Nein danke, die Kartoffeln habe ich schon heute nachmittag geholt, aber Du könntest einige Flaschen Saft mitbringen, da die Kinder sicher auch durstig sein werden.

Gespräch 5: (ca. 55 Sekunden)

Mann: Seit wann hast Du denn eine Geschirrspülmaschine?

Frau: Noch gar nicht so lange. Nach der großen Feier an Ostern hatte ich die Nase voll vom endlosen Geschirrspülen.

Mann: Lohnt sich die Maschine denn bei einem Ein-Personen-Haushalt?

Frau: Oh, ja. Ich habe relativ viel Geschirr, so daß ich die Maschine nur ein- oder zweimal die Woche brauche, je nachdem, ob ich am Freitag oder Samstag Gäste zum Essen habe.

Mann: Und Du spülst gar nichts mehr mit der Hand?

Frau: Nein, nur die teuren Gläser, die sind nicht spülmaschinenfest.

Mann: Vielleicht findet sich in meiner Küche ja auch noch ein Platz für eine Spülmaschine. Sie ist aber deutlich kleiner als Deine. Auf der anderen Seite, würde es doch ausreichen, wenn einer von uns beiden eine Maschine hat. Ich bringe Dir einfach mein Geschirr vorbei, schließlich helfen sich Nachbarn doch gegenseitig.

Frau: Das würde Dir so passen, was? Aber, wenn Du dafür mit deinem tollen Staubsauger auch meine Wohnung saugst, könnten wir sogar darüber reden. Ich glaube meine Waschmaschine hält auch nicht mehr so lange.

Anhang D

Mann: (lacht) Schon gut, schon gut. Ich glaube ich wasche doch lieber mit der Hand ab, bevor ich noch zur Ein-Mann-Putzkolonne werde.

Während des Staubsaugens

Gespräch 1: (ca. 55 Sekunden)

Frau: Hast Du den Mülleimer schon geleert?

Mann: Ja, gerade eben. Ich wollte jetzt zum Einkaufen. Was brauchen wir denn?

Frau: Laß mich einmal überlegen. Hmm, wir brauchen auf jeden Fall Brot und Milch.

Mann: Haben wir noch Marmelade?

Frau: Ja, aber nicht mehr viel.

Mann: Also gut, dann bringe ich noch welche mit. Erdbeer oder Himbeer?

Frau: Ach, nehme was Dir am besten schmeckt. Ach ja, Butter ist auch nicht mehr viel da.

Mann: Was meinst Du, soll ich noch Schinken und Käse mitbringen?

Frau: Schinken ja, aber Käse ist noch genug da. Fährst Du auch zum Getränkeshändler?

Mann: Ja, das Leergut ist schon im Wagen.

Frau: Dann sei doch bitte so nett und nehme meinen Mantel mit in die Reinigung, die ist gleich daneben.

Mann: Kann ich machen. Was meinst Du, soll ich uns beim Bäcker noch Kuchen holen?

Frau: Oh ja, dann können wir nachher zusammen Kaffee trinken. Ich bin hier sowieso bald fertig.

Mann: Also gut. Ich denke, daß ich in einer Stunde wieder hier bin. Wo ist eigentlich der Einkaufskorb?

Frau: Der müßte in der Küche hinter dem Vorhang stehen.

Gespräch 2: (ca. 53 Sekunden)

Mann: Wieso bist Du denn schon wieder am staubsaugen?

Frau: Ach, die Kinder waren im Wald und sind dann mit ihren schmutzigen Schuhen hier durchgelaufen.

Mann: Ach so. Wann kommt Deine Mutter eigentlich, wollte sie nicht schon längst hier sein?

Frau: Sie hat gerade angerufen und abgesagt. Sie fühlt sich heute nicht so gut, sie kommt erst morgen.

Mann: Wieso, was hat sie denn? Ist es wieder der Kreislauf?

Frau: Ja, aber sie meint, es wäre nicht so schlimm.

Mann: Dann könnten wir ja nachher noch spazierengehen, oder hast Du keine Lust?

Frau: Doch, das ist eine gute Idee. Ich mach das hier nur eben fertig.

Mann: Wo sind denn die Kinder?

Frau: Drüben bei Geigers. Frau Geiger hat sie zum Spaghettessen eingeladen.

Mann: Das ist aber nett. Was essen wir denn heute?

Frau: Ach, ich weiß noch nicht. Ich habe noch nicht darüber nachgedacht.

Mann: Sollen wir nachher essen gehen?

Frau: Und die Kinder?

Mann: Wir können ja Frau Geiger fragen, ob sie auf sie aufpaßt.

Frau: Das wäre natürlich eine Idee. Aber dann sollten wir auf den Spaziergang verzichten, sonst wird es zu spät.

Gespräch 3: (ca. 56 Sekunden)

Mann: Hast Du mein grünes Hemd gesehen?

Frau: Welches grüne Hemd?

Mann: Na, das neue, das ich mir erst vor kurzem gekauft habe.

Frau: Ach das. Das ist in der Wäsche.

Mann: Hmm, was ziehe ich denn dann an?

Frau: Wieso ziehst Du nicht das blaue an? Das steht Dir doch sehr gut.

Mann: Weil das blaue nicht zur Hose paßt und ich keine Lust habe, mich komplett umzuziehen.

Frau: Und das gelbe Hemd von Deiner Mutter? Das paßt doch auch ganz gut.

Mann: Stimmt, das könnte passen. Und was ist mit Dir, willst Du Dich nicht umziehen?

Frau: Doch, aber ich will hier nur noch eben fertig saugen. Ich brauche nicht mehr lange.

Mann: Wir müssen nämlich bald los, wenn wir nicht zu spät kommen wollen.

Anhang D

Frau: Ich brauche nicht lange zum Umziehen. Ich habe mir die Sachen schon zurechtgelegt.

Mann: Wo sind denn die Eintrittskarten? Die lagen doch gestern noch hier.

Frau: Ich habe sie schon in die Handtasche gesteckt, damit wir sie nicht wieder vergessen.

Mann: Na, dann ist ja alles klar. Ich ziehe mich jetzt um. Kommst Du dann auch?

Frau: Ja, ja, jetzt dräng mich doch nicht so. Ich bin ja gleich fertig.

Gespräch 4: (ca. 60 Sekunden)

Frau: Oh, du bist schon da. Ich dachte, du kommst erst heute abend.

Mann: Ja, das dachte ich auch, aber die Besprechung in München hat nicht so lange gedauert.

Frau: Einen Moment; ich bin gleich fertig mit dem Staubsaugen. Wie liefen denn die Gespräche in München?

Mann: Na ja, die wissen immer noch nicht, was sie wollen. Aber, was gibt es denn zu essen?

Frau: Worauf hast du denn Lust?

Mann: Wie wäre es, wenn wir ausgingen?

Frau: Ja, das ist eine gute Idee. Wo möchtest du denn gerne essen?

Mann: Wie wäre es mit „Bella Italia“ in der Bismarckstraße.

Frau: Ach nein, da waren wir doch das letzte Mal überhaupt nicht zufrieden und für ihre Qualität ist das Essen viel zu teuer.

Mann: Dann müssen wir aber mit dem Auto fahren und ich bin heute schon lange genug hinter dem Steuer gesessen. Wenn, dann mußt du heute fahren.

Frau: Das ist ja doch nur eine Ausrede, damit du Wein trinken kannst.

Mann: Wie wäre es mit dem neuen griechischen Lokal in der Münzstraße. Ich glaube, daß es Akropolis heißt. Da könntest du wieder einmal gebackene Leber essen?

Frau: Oh ja, das klingt gut. Gib mir noch fünf Minuten zum Staubsaugen, dann ziehe ich mich um und wir können losgehen.

Diskussionsrunde

Diskussion 1: (ca. 60 Sekunden)

Spr. 1: Habt Ihr schon vom Spielplatz gehört?

Spr. 2: Nein, was denn? Ist wieder etwas passiert?

Spr. 4: Nein, er soll zugunsten von Parkplätzen verkleinert werden.

Spr. 1: Die Parkplatzsituation ist doch gar nicht schlecht hier.

Spr. 4: Also ich finde das in Ordnung. Es gibt wirklich zu wenig Parkplätze.

Spr. 2: Aber da müßte sich doch eine andere Lösung finden lassen.

Spr. 3: Ach wieso denn? Der Spielplatz bleibt ja, er wird nur etwas kleiner.

Spr. 1: Glaubst Du etwa, die Anwohner hätten etwas davon?

Spr. 2: Dann kommen doch nur noch mehr mit ihrem Auto zum Spielplatz.

Spr. 4: Ach, ich würde das nicht so schwarz sehen. Tagsüber brauchen wir die Parkplätze doch gar nicht und abends ist niemand mehr auf dem Spielplatz.

Spr. 3: Eben, und ein Parkplatz ist mir immer noch lieber als die Flaschencontainer, die ursprünglich geplant war.

Spr. 1: Ich bin trotzdem dagegen. Ich finde es einfach unfair, den Kindern den Spielplatz zu verkleinern.

Spr. 4: Ich weiß wirklich nicht, weshalb Du Dich deshalb so aufregst. Denk doch nur an die Vorteile.

Spr. 2: Vorteile? Was glaubst Du denn, was hier am Wochenende los ist, wenn hier alle mit dem Auto vorbeifahren, weil Sie zum Spielplatz wollen?

Spr. 3: Also mir ist das ziemlich egal. Ich will nur endlich einmal einen Parkplatz finden, wenn ich abends nach hause komme.

Diskussion 2: (ca. 65 Sekunden)

Spr. 1: Wir müssen uns jetzt endlich wegen der Dienstplanänderung einig werden.

Spr. 2: Einigen ist gut. Du sagst einfach der Dienstplan wird geändert, und wir sollen zustimmen.

Spr. 3: Wieso? So schlecht ist der Änderungsvorschlag doch nicht.

Anhang D

Spr. 4: Ja, Dir kann es ja egal sein, wann Du arbeitest. Schließlich lebst Du ja allein.

Spr. 1: Es stimmt doch gar nicht, daß ich hier bestimmen will. Sonst hätte ich Euch doch nicht gefragt. Wir sollten uns nur bald einig werden.

Spr. 2: Ich finde den Dienstplan, so wie er ist, völlig in Ordnung und der vorgeschlagene Schichtdienst paßt mir überhaupt nicht.

Spr. 3: Ich weiß nicht, was Du gegen Schichtdienst hast. Ich finde es gut, ab und zu morgens frei zu haben.

Spr. 1: Eben, gerade das habe ich mir auch gedacht. Aber wir können die Änderungen nur einführen, wenn alle einverstanden sind.

Spr. 4: Ich bin aber nicht damit einverstanden. Ich komme bei den Schichtwechseln völlig aus meinem Rhythmus.

Spr. 2: Ja, nicht nur das. Man kann dann überhaupt nichts mehr planen, ohne vorher auf den Dienstplan zu schauen.

Spr. 3: Meine Güte, jetzt seid doch nicht so unflexibel. Wie oft kommt es denn vor, daß man schon Wochen im voraus etwas plant.

Spr. 1: Wenn es wirklich einmal nicht paßt, kann der Dienst ja jederzeit getauscht werden.

Diskussion 3: (ca. 62 Sekunden)

Spr. 1: Ein Großteil der Innenstadt soll für den Autoverkehr gesperrt werden.

Spr. 2: Das ist auch gut so. Dann kann man endlich in Ruhe durch die Stadt bummeln.

Spr. 3: Für die Lebensmittelgeschäfte in der Innenstadt ist das aber nicht günstig.

Spr. 4: Meines Erachtens hätte es gereicht, wenn die Haupteinkaufsstraße gesperrt wird, und nicht gleich der ganze Bezirk.

Spr. 3: Ja, das finde ich auch. Und von wegen in Ruhe schlendern. Bis man dann bummeln kann, läuft man erst eine ganze Weile.

Spr. 1: Aber wieso denn, Du kannst doch außerhalb parken und dann mit der Straßenbahn fahren.

Spr. 2: Eben. In der Innenstadt bekommt man doch sowieso keinen Parkplatz. Laufen mußt Du doch jetzt auch.

Spr. 4: Gut, es mag ja sein, daß man tagsüber schlecht einen Parkplatz bekommt, aber dafür kann man abends ganz gut parken.

Spr. 2: Aber, das stimmt doch gar nicht. Die meisten Parkplätze sind für die Anwohner reserviert.

Spr. 3: Ich weiß ja nicht, wo Ihr bislang immer parken wolltet. Ich hatte abends nie Probleme, einen Parkplatz zu bekommen.

Spr. 1: Ich verstehe wirklich nicht, weshalb Ihr Euch so aufregt. Denkt doch auch einmal an die Anwohner.

Spr. 4: Stimmt, für die Anwohner wird es wesentlich angenehmer.

Diskussion 4: (ca. 55 Sekunden)

Spr. 1: Haben wir dieses Thema damit eingehend behandelt und können zum nächsten übergehen?

Spr. 2: Nein, die konkrete Umsetzung ist immer noch nicht klar.

Spr. 3: Natürlich ist die klar! Nur Ihnen vielleicht wieder einmal nicht.

Spr. 4: Ich dachte eigentlich auch, daß dies nun eingehend behandelt wäre.

Spr. 2: Was ich nicht verstehe - oder besser was wir noch nicht geklärt haben ist, wer macht jetzt konkret was und wann.

Spr. 4: Wir wollten hier nur die grobe Planung durchführen, damit sich jeder Gedanken machen kann, wie die Arbeit konkret aussehen könnte. Einen Zeitplan wollten wir eigentlich noch nicht aufstellen.

Spr. 2: Aber das Ganze ist doch hinfällig, wenn wir das nicht machen. Jeder überlegt sich dann nur, wie es prinzipiell geht, aber wir wissen doch auch, daß dann immer der andere gemeint ist, wenn es darum geht, wirklich etwas zu tun.

Spr. 1: Also so kann man das - glaube ich - nicht sehen.

Spr. 2: Doch so läuft es aber - genau so!

Spr. 3: Vielleicht ist das bei ihnen so. Aber in der Regel hat es bisher doch immer funktioniert.

Anhang D

Sprachverständlichkeit - Instruktionen

Explorationsuntersuchung

Instruktion zur Schwellenmessung

"Ich muß nun zuerst feststellen, wie gut Deine Hörschwellen sind, d.h. wie laut Töne unterschiedlicher Tonhöhe sein müssen, damit Du sie gerade eben wahrnehmen kannst. Dazu setzt Du bitte diesen Kopfhörer auf und sagst mir zu jedem Ton, den ich Dir vorspiele, ob Du ihn gehört hast, oder nicht. Die Töne sind zu Beginn jeder Messung deutlich zu hören und werden in sehr großen Stufen immer leiser, bis Du sie nicht mehr hören kannst. Danach werden sie in mittelgroßen Stufen wieder lauter, bis Du sie hörst und in einem letzten Durchgang in sehr kleinen Stufen leiser, bis Du Sie wiederum nicht mehr hören kannst. Bist Du dir einmal nicht ganz sicher, ob Du wirklich den richtigen Ton gehört hast, kann ich den Ton noch einmal wiederholen. Insgesamt messe ich fünf verschiedene Tonhöhen."

Noch Fragen?

Instruktion zur Textbeurteilung

"Bei der Anpassung von Hörgeräten spielt die Rehabilitation der Sprachverständlichkeit die größte Rolle. Dazu werden in der Regel Leistungsmaße erhoben, d.h. es wird geprüft, wieviele Wörter, Silben, etc. ein Patient bei verschiedenen Lautstärken und Hörgeräteeinstellungen versteht. Anschließend wird die Einstellung beibehalten, bei der die höchste Verständlichkeit erzielt wurde. Für die Zufriedenheit mit dem Hörgerät und seiner Leistung ist die Wiedergabequalität aber auch ein entscheidender Faktor. Wir möchten deshalb prüfen, wie die Qualität der Wiedergabe mit der Verständlichkeit zusammenhängt. Wir haben eine dafür eine kürzere Prozedur gewählt, als dies normalerweise üblich ist. Du sollst während des Versuchs verschiedene längere Textpassagen anhand von 4 Skalen beurteilen. Die Textpassagen sind teilweise so bearbeitet, wie sie mit durchschnittlichen Hörgeräten klingen würden. Deine Aufgabe ist also eine kritische Beurteilung der Wiedergabequalität dieser Geräte. Es gibt eine Skala auf der Du die akustische Verständlichkeit der Textwiedergabe angeben sollst, d.h. nicht bezogen auf den Sinn. Zusätzlich gibt es noch eine Skala auf der Du die Klarheit der Wiedergabe (**nicht der Sprecherin**) angeben sollst, eine Skala auf der Du angeben sollst, wie anstrengend das Hören und der Versuch den Text zu verstehen war, und zum Abschluß noch eine Skala auf der Du die Gesamtqualität der Wiedergabe (**welche Qualität hat das entsprechende Hörgerät**) einstufen sollst. Es ist wichtig, daß Du immer versuchst so viel zu verstehen, wie nur möglich, um eine gleichmäßige Beurteilung aller Geräteeinstellungen zu erhalten. Teilweise sind die Texte sehr, sehr leise und eine Abfrage der Skalierung während der Textdarbietung würde stören. Deshalb sind auf den Skalen kleine Magnete, mit denen Du während der ca. 30 sekundigen Darbietung alle Urteile markieren kannst. Die Reihenfolge, in der Du vorgehst, kannst Du selbst bestimmen. Nach dem Ende der Textpassage frage ich Dich dann nach deinen Einstufungen. Bewege die Magneten nach jeder Textpassage bitte wieder auf die Skalenüberschriften, damit der Ausgangspunkt für jede Darbietung derselbe ist.

Noch Fragen?

Herstellung vorgegebener Verständlichkeiten

Für insgesamt 43 Gespräche (9 Gesprächssituationen mit jeweils 5 bzw. 4 Gesprächen) sollen jeweils die Verständlichkeiten **gerade ein bißchen verständlich (5%)**, **die Hälfte verstanden (50%)**, **gerade noch nicht alles verstanden (95%)** und **ohne jegliche Anstrengung alles verstanden (>100%)** eingestellt werden. Im Hintergrund wird ein sogenanntes rosa Rauschen als Störgeräusch zu hören sein.

Aufgabe:

Das Störgeräusch wird immer mit demselben Schallpegel dargeboten, der Schallpegel der Gespräche, und damit verbunden ihre Verständlichkeit, kann mit dem Drehregler erhöht werden. Zu Beginn jedes Durchgangs sind die Gespräche so leise, daß sie im Hintergrundrauschen kaum gehört werden können. Mit dem Regler kann der Schallpegel der Gespräche in sehr kleinen Stufen (0.15 dB) erhöht werden. Eine Absenkung des Schallpegels ist **nicht möglich!** Der Schallpegel der Gespräche soll solange erhöht werden, bis das gerade dargebotene Gespräch **gerade ein bißchen verständlich (5%)** ist. Ist dieser Punkt erreicht (oder überschritten), dann ist der kleine rote Knopf am Regler zu drücken und die dann am Bildschirm erscheinende Angabe des eingestellten Schallpegels in das Protokollblatt einzutragen. Wurde die Zielverständlichkeit **exakt** eingestellt, ist neben das Schallpegelfeld des Protokollblatts ein = einzutragen. Wurde die Zielverständlichkeit geringfügig überschritten ein >, wurde sie

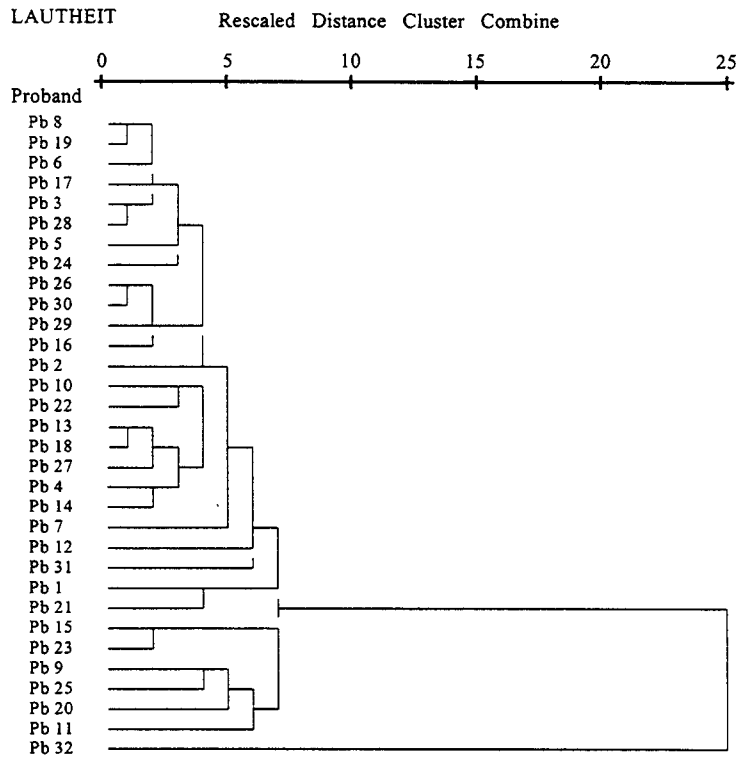
Anhang D

mäßig überschritten ein >> und wurde sie deutlich überschritten ein >>>. Anschließend wird die „Dialogbox“ durch Anklicken des „Knopfes“ **neue Messung** verlassen. Das Gespräch beginnt wieder am Anfang, der eingestellte Schallpegel wird beibehalten. Jetzt ist der Schallpegel des Gesprächs solange zu erhöhen bis **die Hälfte des Gesprächs verständlich (50%)** ist. Wiederum ist der rote Knopf zu drücken, der eingestellte Schallpegel abzulesen und einzutragen, und mit dem Knopf **neue Messung** weiterzumachen. Die nächste einzustellende Verständlichkeit ist **gerade noch nicht alles verstanden (95%)**. Auch hier gilt wieder die eben geschilderte Vorgehensweise. Die letzte noch einzustellende Verständlichkeit ist **ohne jegliche Anstrengung alles verstanden**. Ist auch diese Einstellung gemacht, dann wird die Dialogbox mit dem Knopf **fertig** verlassen. Jetzt geht die Versuchssteuerung in den Pause-Zustand über und muß durch Anklicken des Knopfes **PLAY** für das nächste Gespräch neu gestartet werden.

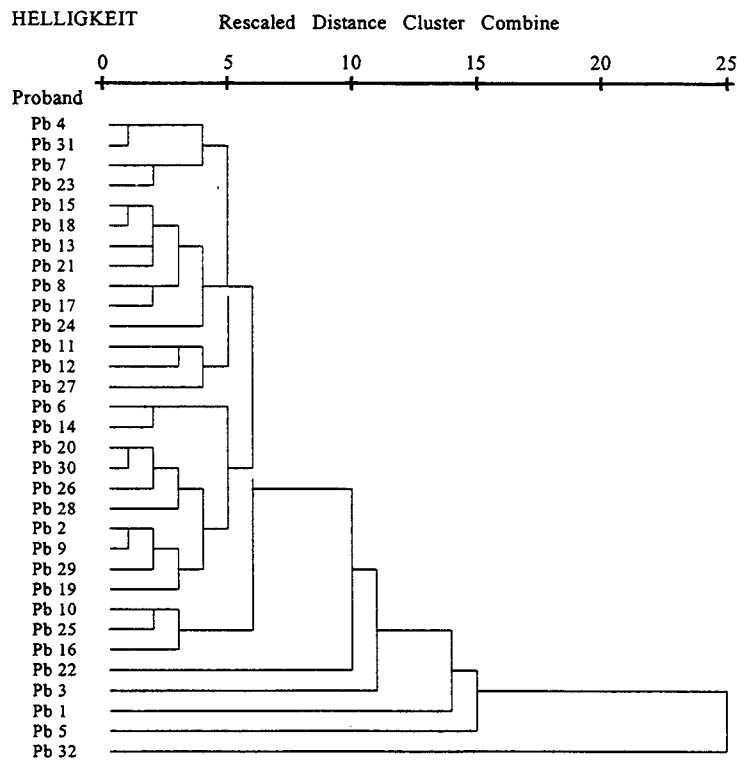
WICHTIG: Mit Verständlichkeit ist akustische Wortverständlichkeit gemeint. Es müssen keine kompletten Sätze oder Inhalte verstanden werden, sondern es reicht für **gerade ein bißchen verständlich**, wenn eine Reihe von eventuell unverbundenen Wörtern verstanden wird.

Es ist außerordentlich wichtig, bei den Einstellungen immer gleichermaßen konzentriert vorzugehen. Aus diesem Grund sollten immer dann ausreichende Pausen gemacht werden, wenn die Konzentration merklich nachläßt.

Anhang E

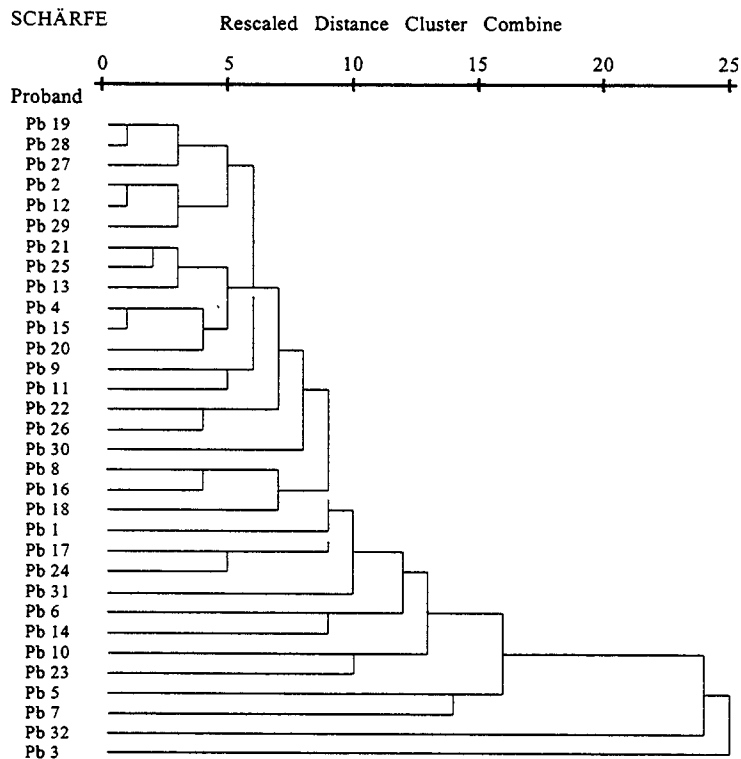


Dendrogramm zur Clusteranalyse der Beurteilung der Lautheit von 27 Klangvarianten (Musik) für 32 Probanden. Ähnlichkeitsmaß: Pearson-Korrelation; Aggregationsmethode: Average Linkage zwischen Gruppen.

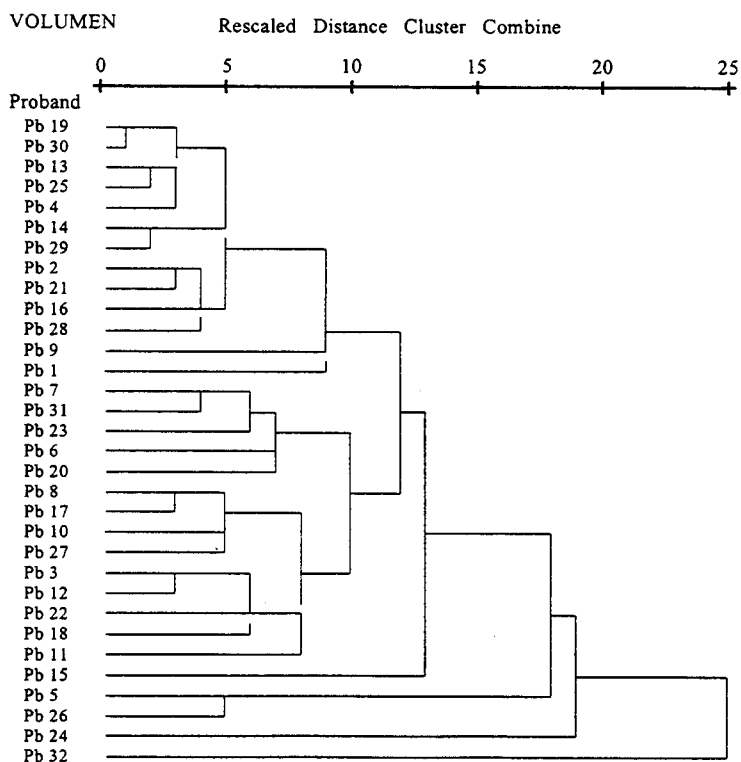


Dendrogramm zur Clusteranalyse der Beurteilung der Helligkeit von 27 Klangvarianten (Musik) für 32 Probanden. Ähnlichkeitsmaß: Pearson-Korrelation; Aggregationsmethode: Average Linkage zwischen Gruppen.

Anhang E

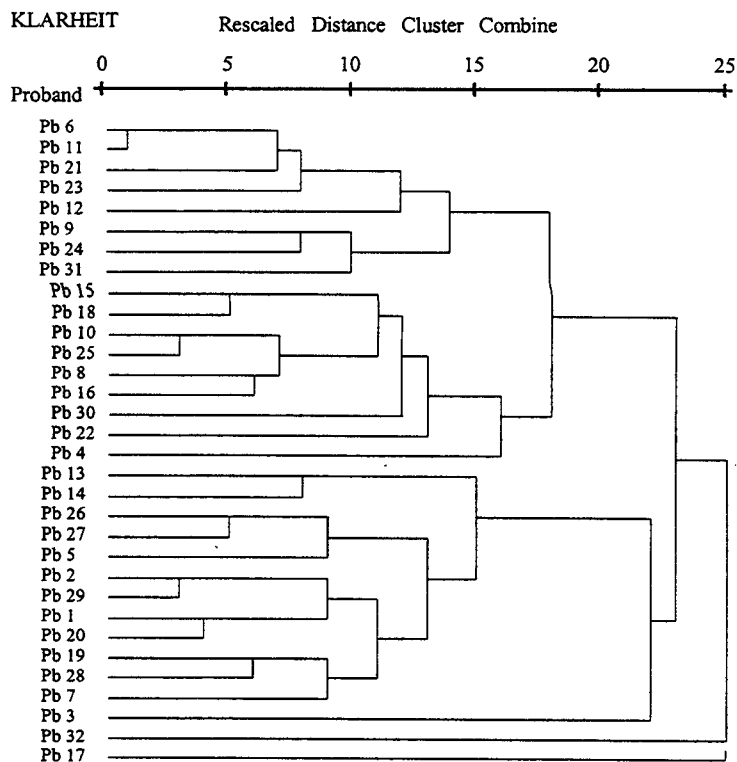


Dendrogramm zur Clusteranalyse der Beurteilung der Schärfe von 27 Klangvarianten (Musik) für 32 Probanden. Ähnlichkeitsmaß: Pearson-Korrelation; Aggregationsmethode: Average Linkage zwischen Gruppen.

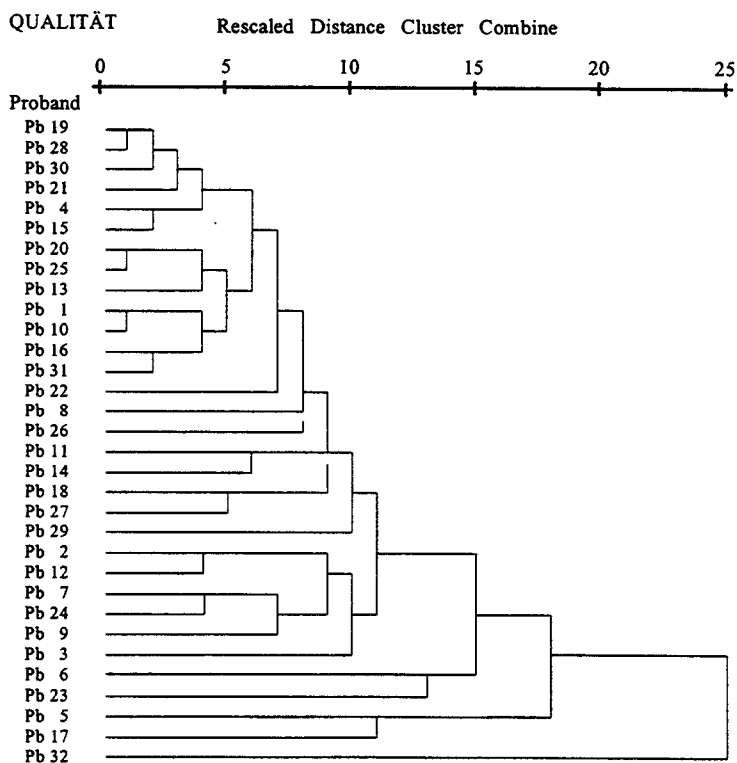


Dendrogramm zur Clusteranalyse der Beurteilung des Volumens von 27 Klangvarianten (Musik) für 32 Probanden. Ähnlichkeitsmaß: Pearson-Korrelation; Aggregationsmethode: Average Linkage zwischen Gruppen.

Anhang E



Dendrogramm zur Clusteranalyse der Beurteilung der Klarheit von 27 Klangvarianten (Musik) für 32 Probanden. Ähnlichkeitsmaß: Pearson-Korrelation; Aggregationsmethode: Average Linkage zwischen Gruppen.



Dendrogramm zur Clusteranalyse der Beurteilung der Gesamtqualität von 27 Klangvarianten (Musik) für 32 Probanden. Ähnlichkeitsmaß: Pearson-Korrelation; Aggregationsmethode: Average Linkage zwischen Gruppen.

Anhang E

Item	Qualität		Klarheit		Volumen		Schärfe		Helligkeit		Lautheit	
	a.M.	s	a.M.	s	a.M.	s	a.M.	s	a.M.	s	a.M.	s
POP	10.53	2.68	12.78	3.54	1.44	2.94	-0.25	3.94	-0.56	3.21	6.69	3.70
OOO	10.06	2.17	11.94	3.10	-1.28	3.36	-0.38	3.03	0.59	2.59	0.06	3.24
PPP	9.91	2.91	13.75	3.62	1.72	3.50	2.34	4.32	-0.16	2.81	8.22	3.24
OMM	9.72	2.64	12.09	3.70	-1.28	3.24	-1.94	2.90	-1.44	2.64	-2.00	3.16
OOM	9.03	2.16	10.47	3.12	-0.34	2.40	-2.59	3.97	-3.00	3.06	0.19	3.30
MOO	8.91	2.39	12.31	2.69	-4.44	3.07	0.97	3.05	2.47	3.82	-1.97	2.80
POO	8.88	2.38	11.03	2.39	1.78	3.77	-0.56	4.41	-0.25	3.74	5.13	3.40
MMM	8.44	2.56	10.50	2.86	-2.56	3.61	-3.19	3.24	-2.97	3.06	-4.47	2.98
OPP	8.03	2.50	11.91	3.70	-0.97	4.45	5.13	3.45	4.09	3.21	5.13	4.00
OPO	7.97	2.71	11.72	3.29	0.19	4.11	3.44	4.27	1.34	4.39	5.28	3.91
OOP	7.91	2.21	11.81	3.26	-2.78	3.78	4.00	3.72	3.50	2.74	1.94	3.52
POM	7.66	1.89	9.31	2.78	2.00	3.16	-4.03	4.20	-5.06	3.72	2.88	3.63
OMO	7.50	2.17	8.97	2.82	-1.41	4.13	-4.69	4.23	-4.22	3.71	-3.38	3.42
PPO	7.44	2.21	11.00	3.42	0.31	4.84	4.50	3.91	2.03	3.51	7.50	3.50
PMM	7.16	1.85	8.88	2.20	1.78	3.34	-5.38	3.94	-5.72	3.08	1.31	3.45
MOM	7.06	2.05	11.09	2.79	-5.00	3.37	-2.53	4.03	-0.38	4.01	-3.97	4.16
OPM	6.97	2.07	9.19	3.52	-0.75	3.78	-1.84	5.75	-1.53	6.11	3.28	3.22
PPM	6.88	2.27	9.66	2.81	0.56	4.89	1.50	5.86	0.28	6.20	2.53	3.24
OMP	6.81	2.09	9.53	3.17	-3.88	3.69	-2.22	4.79	-1.41	4.67	-2.28	3.53
MMO	6.66	2.40	10.47	3.54	-6.00	3.81	0.38	4.35	3.03	5.22	-4.63	4.18
PMP	6.53	2.09	8.97	3.16	0.28	4.25	-2.84	5.76	-3.75	5.05	1.09	3.31
PMO	6.03	1.75	7.16	2.60	5.19	3.69	-5.78	5.56	-7.06	3.97	3.38	4.13
MPP	6.00	2.02	10.88	4.11	-4.81	4.77	5.88	4.67	6.81	3.43	2.78	3.25
MMP	5.34	1.82	10.81	4.34	-7.75	3.37	5.34	4.52	7.41	4.50	-2.91	3.78
MPO	5.16	2.02	11.47	4.73	-5.69	4.58	6.56	4.24	8.34	3.63	7.56	3.51
MOP	4.81	2.12	11.78	4.74	-6.63	4.69	6.91	4.98	8.50	4.01	5.06	5.29
MPM	4.00	2.62	8.25	4.36	-6.28	5.44	6.25	6.05	8.56	4.06	0.97	4.28

Arithmetische Mittelwerte und Standardabweichungen für die Beurteilung von 27 Klangvariationen durch 31 Probanden auf sechs Dimensionen. Die Items sind nach den Urteilen für die Dimension „Gesamtqualität“ absteigend sortiert. Der erste Buchstabe des Itemcodes steht für die Variation des Tieftonbereichs, der zweite für diejenige des Mitteltonbereichs und der dritte für die des Hochtonbereichs. M bedeutet dabei eine Absenkung des Bereichs um 12 dB, O steht für keine Variation und P für eine Anhebung um 12 dB.

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 0-1:	INDIVIDUELLE LAUTHEITSFUNKTION	2
ABBILDUNG 1-1:	SCHEMA DES VORGESCHLAGENEN ANPAßPROZESSES	5
ABBILDUNG 2-1:	SCHEMA FÜR DIE ZEITLICHE UND INHALTLICHE BEZIEHUNG DER VIER HAUPTBEREICHE DER FORSCHUNGSARBEITEN	12
ABBILDUNG 3-1:	MIKROFONCHARAKTERISTIKA DES VERWENDETEN MITTE-SEITESTEREO- MIKROFONS IM ORIGINAL UND NACH DER MATRIZIERUNG	14
ABBILDUNG 3-2:	MÖGLICHE WIEDERGABEANORDNUNG ZUR VERBESSERUNG DES RAUMKLANGS	15
ABBILDUNG 3-3:	VERSUCHSANORDNUNG ZUR FELDSTUDIE.....	18
ABBILDUNG 3-4:	MEßPLATZ ZUR HÖRFELDSKALIERUNG.....	18
ABBILDUNG 3-5:	MEßANORDNUNG ZUR BESTIMMUNG DER HÖRGERÄTEÜBERTRAGUNGSEIGEN- SCHAFTEN	20
ABBILDUNG 3-6:	ÜBERBLICK ZUR SIGNALANALYSE.....	21
ABBILDUNG 3-7:	VERANSCHAULICHUNG DER ZEITSIGNALQUADRIERUNG IM SPEKTRALBEREICH.....	24
ABBILDUNG 3-8:	DÄMPFUNG VON HÜLLKURVENSCHWANKUNGEN BEI	25
ABBILDUNG 3-9:	ZEITVERLAUF DES KURZZEITEFFEKTIVWERTES FÜR DAS KLANGBILD KREISSÄGE	27
ABBILDUNG 3-10:	DARSTELLUNG DES KURZZEITEFFEKTIVWERTES ÜBER DER ZEIT UND DER FREQUENZ IN EINEM SONAGRAMM.....	28
ABBILDUNG 3-11:	DARSTELLUNG STATISTISCHER KENNWERTE DES KURZZEITEFFEKTIVWERT- ZEITVERLAUFS ZUR KENNZEICHNUNG DER DYNAMIK EINES KLANGBILDES	29
ABBILDUNG 3-12:	ANSTIEG DES KURZZEITEFFEKTIVWERTES	30
ABBILDUNG 4-1:	BEISPIELE FÜR TIEF- BZW. HOCHFREQUENTE GERÄUSCHE.....	35
ABBILDUNG 4-2:	BEISPIEL FÜR EIN WENIG DYNAMISCHES SIGNAL - LEICHTER REGEN	36
ABBILDUNG 4-3:	BEISPIEL FÜR EIN DYNAMISCHES SIGNAL - KLAVIERAKKORDE	36
ABBILDUNG 4-4:	ANSTIEG DES RMS-ZEITVERLAUFES ZUR KENNZEICHNUNG EINES IMPULSHALTIGEN KLANGBILDES	37
ABBILDUNG 4-5:	DEMONSTRATION DER VERDECKUNGSWIRKUNG DES HINTERGRUNDGE- RÄUSCHES STRAßENBAHN	38
ABBILDUNG 4-6:	ANHEBUNG DES MITTLEREN SPRACHPEGELS DURCH VERSTÄRKTES HINTER- GRUNDGERÄUSCH.....	39
ABBILDUNG 5-1:	RÄUMLICHE ANORDNUNG VON PROBAND, DIAPROJEKTOR, LAUTSPRECHER UND LEINWAND	48
ABBILDUNG 5-2:	MITTLERE LAUTHEITSRURTEILE FÜR ALLE KLANGBILDER UND VERSUCHSBE- DINGUNGEN.....	51
ABBILDUNG 5-3:	STANDARDABWEICHUNGEN FÜR ALLE KLANGBILDER UND VERSUCHSBE- DINGUNGEN.....	52
ABBILDUNG 5-4:	MITTLERE LAUTHEITSRURTEILE JE KLANGBILD.....	57
ABBILDUNG 5-5:	STANDARDABWEICHUNGEN JE KLANGBILD.....	58
ABBILDUNG 6-1:	EQUALIZER-EINSTELLUNGEN FÜR 27 FREQUENZGANGVARIATIONEN.....	67
ABBILDUNG 6-2:	DAUERSPEKTREN DER HÄNDEL-MUSIKSTÜCKE	68
ABBILDUNG 6-3:	URTEILSSKALEN ZU WAHRNEHMUNGSDIMENSIONEN	69
ABBILDUNG 6-4:	ENTWICKLUNG DER ÄHNLICHKEITSKOEFFIZIENTEN	72
ABBILDUNG 6-5:	MITTELWERT-STREUUNGSDIAGRAMME	76
ABBILDUNG 6-6:	MITTELWERT-STREUUNGSDIAGRAMME	77
ABBILDUNG 6-7:	EIGENSCHAFTSPROFILE ÜBER ALLE DIMENSIONEN	86
ABBILDUNG 6-8:	MAXIMALE ANZAHL DIFFERENZIERBARER KLANGVARIANTEN.....	88
ABBILDUNG 6-9:	KATEGORIENUNTERTEILUNGSSKALA DUMPFHEIT.....	93
ABBILDUNG 6-10:	KOLLEKTIVE DUMPFHEITSEINSTUFUNGEN	95

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 6-11:	AUSPRÄGUNGSBEZOGENE KOLLEKTIVE PSYCHOMETRISCHE FUNKTIONEN, TEIL 1	96
ABBILDUNG 6-12:	AUSPRÄGUNGSBEZOGENE KOLLEKTIVE PSYCHOMETRISCHE FUNKTIONEN, TEIL 2	97
ABBILDUNG 6-13:	UNTERTEILTE ZWEI-KATEGORIEN-SKALA DER MONOPOLAREN EIGENSCHAFTS- AUSPRÄGUNG	98
ABBILDUNG 6-14:	UNTERTEILTE FÜNF-KATEGORIEN-SKALA DER MONOPOLAREN EIGENSCHAFTS- AUSPRÄGUNG	99
ABBILDUNG 6-15:	DUMPFHEITSFUNKTIONEN EINES NORMALHÖRIGENKOLLEKTIVS UND EINES HOCHTONSCHWERHÖRIGEN PROBANDEN	108
ABBILDUNG 6-16:	HÖRFELDAUDIOMETRIE DES SCHWERHÖRIGEN PROBANDEN	109
ABBILDUNG 6-17:	SCHEMA EINER STEIGERUNGSREIHE	111
ABBILDUNG 6-18:	HÜLLKURVEN DER DREI ORIGINALHÖRBILDER	113
ABBILDUNG 6-19:	SPEKTRALE PEGELSTATISTIKEN DER DREI HÖRBILDORIGINALS	114
ABBILDUNG 6-20:	BEISPIELE FÜR STARKE UND SCHWACHE STUFE DER EINOKTAVBREITEN ANHEBUNG	115
ABBILDUNG 6-21:	BEISPIELE FÜR STARKE UND SCHWACHE STUFE DES DREIOKTAV- BREITEN BANDPASSES	116
ABBILDUNG 6-22:	EINKANALIGE KOMPRESSION VARIATIONSPARAMETER	118
ABBILDUNG 6-23:	BEISPIEL DER SPEKTRAL-PEGELSTATISTISCHEN DARSTELLUNG EINER STEIGERUNGSREIHE	121
ABBILDUNG 6-24:	ANORDNUNG DES BOXENPAARS UND DES PROBANDENSTUHLIS IM LABORRAUM	122
ABBILDUNG 6-25:	EIGENSCHAFTSSCHEIBE ZUR HÖRBILDBESCHREIBUNG	138
ABBILDUNG 6-26:	EIGENSCHAFTSSCHEIBE MIT PAPPBLLENDE UND AUSPRÄGUNGSSKALA	139
ABBILDUNG 6-27:	SCHEMA DER REIZDARBIETUNG	141
ABBILDUNG 6-28:	KOLLEKTIVE INVENTARKATEGORISIERUNG DER HÖRBILDVARIANTEN, TEIL 1	145
ABBILDUNG 6-29:	KOLLEKTIVE INVENTARKATEGORISIERUNG DER HÖRBILDVARIANTEN, TEIL 2	146
ABBILDUNG 6-30:	PSYCHOPHYSIKALISCHE PROFILE DER INVENTAREIGENSCHAFTEN, TEIL 1	151
ABBILDUNG 6-31:	PSYCHOPHYSIKALISCHE PROFILE DER INVENTAREIGENSCHAFTEN, TEIL 2	152
ABBILDUNG 6-32:	ANTEIL HOHER ERSTURTEILE JE PROBAND IN DER STARTPHASE DES VERSUCHS.	154
ABBILDUNG 6-33:	ABHÄNGIGKEIT DER EINSTUFUNGSSTREUUNG VOM EINSTUFUNGSMITTELWERT	156
ABBILDUNG 6-34:	STANDARDABWEICHUNGSSCHÄTZUNGEN FÜR DIE MITTE DER AUS- PRÄGUNGSSKALA	158
ABBILDUNG 6-35:	VERWENDETE EIGENSCHAFTSTAFELN	160
ABBILDUNG 6-36:	HELL- UND DUMPFHEITEN DER REIZE DER BEIDEN SEITEN	162
ABBILDUNG 6-37:	PSYCHOPHYSIKALISCHE PROFILE DER INVENTAREIGENSCHAFTEN JE VERSUCHSGRUPPE	166
ABBILDUNG 6-38:	PSYCHOPHYSIKALISCHE PROFILE DER DREI VERSUCHSGRUPPEN UND DES VERSUCHSINVENTARKATEGORISIERUNG I	169
ABBILDUNG 6-39:	MITTLERER ANTEIL DER INTRAINDIVIDUELLEN EINSTUFUNGSVARIANZ	171
ABBILDUNG 6-40:	SCHÄTZUNG DER TOTALEN EINSTUFUNGSSTREUUNG	172
ABBILDUNG 7-1:	MITTLERE SPRACHVERSTÄNDLICHKEIT	183
ABBILDUNG 7-2:	FREQUENZGÄNGE	187
ABBILDUNG 7-3:	VERSTÄNDLICHKEITSSKALEN	188
ABBILDUNG 7-4:	ANSTRENGUNGSSKALA UND DIE ZWEI QUALITÄTSSKALEN	190
ABBILDUNG 7-5:	MODIFIZIERTE VERSTÄNDLICHKEITS- UND ANSTRENGUNGSSKALA	195
ABBILDUNG 7-6:	MITTELWERTE DER VERSTÄNDLICHKEITSURTEILE	200
ABBILDUNG 7-7:	SCHÄTZUNG DER MITTLEREN INTRAINDIVIDUELLEN STANDARDABWEICHUNG ÜBER DREI DURCHGÄNGE	201

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 7-8:	SCHÄTZUNG DER INTERINDIVIDUELLEN STANDARDABWEICHUNG	202
ABBILDUNG 7-9:	DIREKTER VERGLEICH VON INTRA- UND INTERSTREUUNG	202
ABBILDUNG 7-10:	HÄUFIGKEIT DER NUTZUNG VON SKALENSTUFEN.....	203
ABBILDUNG 7-11:	ZUSAMMENHANG ZWISCHEN VERSTÄNDLICHKEIT UND ZUM VERSTEHEN NOTWENDIGER ANSTRENGUNG.....	204
ABBILDUNG 7-12:	ZUSAMMENHANG ZWISCHEN SCHALLPEGEL, FILTERUNG, SKALIERTER GESAMTQUALITÄT UND DEUTLICHKEIT	206
ABBILDUNG 7-13:	VERGLEICH DER MITTLEREN URTEILE FÜR VERSTÄNDLICHKEIT UND ANSTRENGUNG.....	208
ABBILDUNG 7-14:	MITTLERE VERSTÄNDLICHKEITSFUNKTIONEN UND ANSTRENGUNGSVERLAUF	210
ABBILDUNG 7-15:	VERGLEICH ZWISCHEN AUFSTIEGENDER UND ABSTIEGENDER SERIE	211
ABBILDUNG 7-16:	TOTALE STANDARDABWEICHUNG DER VERSTÄNDLICHKEITS- UND ANSTRENGUNGSURTEILE	212
ABBILDUNG 7-17:	MITTELWERTE UND STANDARDABWEICHUNGEN	215
ABBILDUNG 7-18:	VERSTÄNDLICHKEITSFUNKTIONEN FÜR DIALOGE, TEIL 1.....	224
ABBILDUNG 7-19:	VERSTÄNDLICHKEITSFUNKTIONEN FÜR DIALOGE, TEIL 2.....	225
ABBILDUNG 7-20:	VERSTÄNDLICHKEITSFUNKTIONEN FÜR DIALOGE, TEIL 3.....	225
ABBILDUNG 7-21:	VERSTÄNDLICHKEITSFUNKTIONEN FÜR DIALOGE, TEIL 4.....	226
ABBILDUNG 7-22:	VERSTÄNDLICHKEITSFUNKTIONEN FÜR DIALOGE, TEIL 5.....	227
ABBILDUNG 7-23:	VERSTÄNDLICHKEITSFUNKTIONEN FÜR DIALOGE, TEIL 6.....	227
ABBILDUNG 7-24:	VERSTÄNDLICHKEITSFUNKTIONEN FÜR DIALOGE, TEIL 7.....	228
ABBILDUNG 7-25:	VERSTÄNDLICHKEITSFUNKTIONEN FÜR DIALOGE, TEIL 8.....	229
ABBILDUNG 7-26:	VERSTÄNDLICHKEITSFUNKTIONEN FÜR DIALOGE, TEIL 9.....	229
ABBILDUNG 8-1:	BEISPIEL EINER INDIVIDUELLEN LAUTHEITSFUNKTION	237
ABBILDUNG 8-2:	ERGEBNIS EINER MONAURALEN HÖRFELDAUDIOMETRISCHEN UNTERSUCHUNG	238
ABBILDUNG 8-3:	KATEGORIENUNTERTEILUNGSSKALA: LAUTHEIT.....	240
ABBILDUNG 8-4:	SCHEMA ZUR AUSWAHL DER GEEIGNETEN HÖRFELDVERSION	243
ABBILDUNG 8-5:	EIGENSCHAFTSTAFEL ZUR BESCHREIBUNG UND AUSPRÄGUNGS- EINSTUFUNG VON KLANGEIGENSCHAFTEN	246
ABBILDUNG 8-6:	KATEGORIENUNTERTEILUNGSSKALA	248
ABBILDUNG 8-7:	KATEGORIENUNTERTEILUNGSSKALEN	250
ABBILDUNG 8-8:	LAUTHEITSKENNLINIEN EINES HOCHTONSCHWERHÖRIGEN PROBANDEN.....	259
ABBILDUNG 8-9:	LAUTHEITSKENNLINIENVERLAUF EINES PROBANDEN ÜBER DEN ANPASSUNGSPROZEß HINWEG. TEIL 1	260
ABBILDUNG 8-10:	LAUTHEITSKENNLINIENVERLAUF EINES PROBANDEN ÜBER DEN ANPASSUNGSPROZEß HINWEG. TEIL 2	261
ABBILDUNG 8-11:	MITTLERE START- UND ENDEEINSTELLUNG DES HÖRGERÄTS ALS LAUTHEITSKENNLINIEN	262
ABBILDUNG 8-12:	VERTEILUNG DER DIFFERENZEN DER VERSTÄRKUNGSPARAMETER	264
ABBILDUNG 8-13:	INDIVIDUELLER VERLAUF DER PARAMETEROPTIMIERUNG	265
ABBILDUNG 8-14:	MITTLERE LAUTHEITSEINSTUFUNG DER LAUTHEITSSKALIERTEN HÖRBILDER.....	266
ABBILDUNG 8-15:	INDIVIDUELLER VERLAUF DER KLANGFEHLEREINSTUFUNGEN	267
ABBILDUNG 8-16:	GEMITTELTE AUSPRÄGUNGSEINSTUFUNG DER KLANGEIGENSCHAFTEN	268
ABBILDUNG 8-17:	MITTLERE VERÄNDERUNG DER SPRACHVERSTÄNDLICHKEITSMASSE	269

Tabellenverzeichnis

TABELLE 4-1:	HAUPTINFLUSSGRÖßEN AUF SUBJEKTIVE EMPFINDUNGSGRÖßEN DER SCHALLWAHRNEHMUNG.....	34
TABELLE 4-2:	LAUTHEITSURTEILE ÜBER DIE IN DER FELDPHASE VERWENDETEN KLANGBILDER.....	35
TABELLE 5-1:	DIE REIHENFOLGE DER AUSGEWÄHLTEN KLANGBILDER.....	47
TABELLE 5-2:	MITTELWERTE UND STANDARDABWEICHUNGEN JE KLANGBILD.....	50
TABELLE 5-3:	HÄUFIGKEIT DER SCHALLQUELLENENTFERNUNGEN UND DIE HÄUFIGKEIT DER VARIANZREDUKTION UND VARIANZERHÖHUNG BEI JEDER ENTFERNUNG.....	53
TABELLE 5-4:	MITTELWERTE UND STANDARDABWEICHUNGEN JE KLANGBILD.....	56
TABELLE 6-1:	AUFSCHLÜSSELUNG DER DARBIETUNGSREIHENFOLGE.....	70
TABELLE 6-2:	MINIMA UND MAXIMA DER MITTLEREN URTEILE FÜR JEDE DIMENSION.....	74
TABELLE 6-3:	HÄUFIGKEITEN.....	81
TABELLE 6-4:	AUFLISTUNG DER FÄLLE, IN DENEN DIE KOMBINIERT VARIATION IN 2 FREQUENZBEREICHEN IN DEN 3 VARIATEN ZU ÜBEREINSTIMMENDEN MITTLEREN URTEILEN FÜHRTE....	83
TABELLE 6-5:	ABHÄNGIGKEIT DER KLANGQUALITÄT VON ÜBERTRAGUNGSFEHLERN, TEIL 1.....	83
TABELLE 6-6:	ABHÄNGIGKEIT DER KLANGQUALITÄT VON ÜBERTRAGUNGSFEHLERN, TEIL 2.....	84
TABELLE 6-7:	ANZAHL UNTERSCHIEDBARER KLANGVARIANTEN.....	87
TABELLE 6-8:	DIMENSIONSKOMBINATIONEN.....	87
TABELLE 6-9:	SPEKTRALE MODIFIKATIONEN.....	117
TABELLE 6-10:	DYNAMISCHE MODIFIKATIONEN.....	119
TABELLE 6-11:	PEGELVARIANTEN.....	119
TABELLE 6-12:	VERZERRUNGSVARIANTEN.....	120
TABELLE 6-13:	VERRAUSCHUNGSVARIANTEN.....	120
TABELLE 6-14:	SCHWERHÖRIGEN-GRUPPE.....	123
TABELLE 6-15:	BESCHREIBUNGSPROTOKOLL EINES NORMALHÖRIGEN PROBANDEN, TEIL 1.....	126
TABELLE 6-16:	BESCHREIBUNGSPROTOKOLL EINES NORMALHÖRIGEN PROBANDEN, TEIL 2.....	127
TABELLE 6-17:	BESCHREIBUNGSPROTOKOLL EINES NORMALHÖRIGEN PROBANDEN, TEIL 3.....	128
TABELLE 6-18:	AUSSCHNITT AUS DER HÄUFIGKEITSSTATISTIK DER STEIGERUNGSBESCHREIBUNGEN.....	130
TABELLE 6-19:	SENSITIVITÄTEN DER KLANGEIGENSCHAFTEN, TEIL 1.....	132
TABELLE 6-20:	SENSITIVITÄTEN DER KLANGEIGENSCHAFTEN, TEIL 2.....	133
TABELLE 6-21:	EIGENSCHAFTSINVENTAR-21.....	137
TABELLE 6-22:	VERWENDETE REIZREIHENFOLGEN.....	140
TABELLE 6-23:	ZUSAMMENSETZUNG VON SERIE 0.....	162
TABELLE 6-24:	REIHENFOLGEN DER BEIDEN SERIEN 0 UND H.....	163
TABELLE 7-1:	ÜBERSICHT ÜBER DIE DREI VORBEREITENDEN UNTERSUCHUNGEN.....	185
TABELLE 7-2:	IN DER UNTERSUCHUNG EINGESetzte DARBIETUNGSSCHALLPEGEL.....	186
TABELLE 7-3:	ZUORDNUNG DER 17 TEXTE VON SENDLMEIER.....	192
TABELLE 7-4:	ABFOLGE DER REDEPASSAGEN FÜR DIE BEIDEN UNABHÄNGIGEN VERSUCHSGRUPPEN.....	196
TABELLE 7-5:	MITTELWERTE UND STANDARDABWEICHUNGEN.....	214
TABELLE 7-6:	SIGNIFIKANTE UNTERSCHIEDE ZWISCHEN DEN 4 DARBIETUNGEN DER REDEPASSAGE 27 (A-D) UND DEN RESTLICHEN REDEPASSAGEN.....	216
TABELLE 7-7:	CHARAKTERISIERUNG DER DIALOGE.....	218
TABELLE 7-8:	ZUORDNUNG DER DIALOGE ZU DEN DREI BLÖCKEN.....	219
TABELLE 7-9:	ZUORDNUNG DER BLOCKREIHENFOLGE ZU DEN PROBANDEN.....	220
TABELLE 7-10:	HÄUFIGKEIT MIT DER EIN BLOCK ZU JEDEM MEßZEITPUNKT VORKAM.....	220
TABELLE 7-11:	PEGELEINSTELLUNGEN RELATIV ZUM ORIGINALPEGEL FÜR JEDEN TEXT.....	223
TABELLE 7-12:	PEGELKORREKTUREN FÜR JEDEN DIALOG.....	230

Tabellenverzeichnis

TABELLE 8-1:	ERMITTLUNG DER ZIELVERSTÄRKUNGEN FÜR DIE VIER VERSTÄRKUNGS- PARAMETER DES RESOUND-HÖRGERÄTS	245
TABELLE 8-2:	VORLÄUFIGE NORM FÜR DIE OPTIMIERUNG VERWENDETER KLANGBILDER	249
TABELLE 8-3:	SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DER ERSTEN PHASE DES ANPAßPROZESSES	251
TABELLE 8-4:	SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DER ZWEITEN PHASE DES ANPAßPROZESSES	253
TABELLE 8-5:	SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DER DRITTEN PHASE DES ANPAßPROZESSES	254
TABELLE 8-6:	KONSTANTEN DER NORMLAUTHEITSFUNKTIONEN	258
TABELLE 8-7:	MITTLERE VERÄNDERUNG DER VERSTÄRKUNGSPARAMETER	263
TABELLE 8-8:	KONTINGENZTABELLE: HÄUFIGKEIT VON FEHLERNENNUNGEN	268