

Hochschule für Telekommunikation Leipzig
Fachbereich Nachrichtentechnik
Institut für Grundlagen der Telekommunikation

**Abschlussarbeit zur Erlangung des akademischen Grades
Bachelor of Engineering**

Thema: Bewertung der Sprachverständlichkeit von
„Invisible-Audio“-Lautsprechern auf Glas und Holz

vorgelegt von: Sebastian Döhler

geboren am: 15.03.1983

in: Borna

Themensteller: Széchenyi István University
Egyetem tér 1.
H-9026 Győr , Ungarn

Erstprüfer: Dipl.-Phys.-L. Michael Graf

Zweitprüfer: Dr.-Ing. György Wersényi

Datum: 02.08.2013

Vorwort

Diese wissenschaftliche Ausarbeitung ist ein Resultat der engen Zusammenarbeit der Hochschule für Telekommunikation Leipzig und der Széchenyi István University in Győr. Erst durch die große Anteilnahme des Dipl.-Phys.-L. Michael Graf und dessen Kooperation zu den ungarischen Kollegen unter Dr.-Ing. György Wersényi ist eine Bearbeitung dieses Themas möglich gewesen. Mein Dank gebührt ihnen in großem Umfang. Auch die Unterstützung der Hochschule, die einen Transport des Testmaterials ermöglichte und die Hilfsbereitschaft und Geduld der an den Untersuchungen teilgenommenen Probanden, sei an dieser Stelle gedankt.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	4
2 Theoretische Grundlagen	5
2.1 Physikalische Grundlagen	5
2.2 Anatomie der Sprach- und Hörorgane	8
2.3 Grundlagen der Phonologie	12
3.1 Subjektive Messverfahren	18
3.1.1 Einsilber- und Zahlentestverfahren	18
3.1.2 Satztestverfahren	19
3.1.3 Reimtestverfahren	20
3.2 Objektive Messverfahren	23
3.2.1 Sprachübertragungsindex (STI)	23
3.2.2 Sprach-Störschallpegel (SIL)	26
4 Messdurchführung und –auswertung	27
4.1 Subjektive Ermittlung der SV	27
4.1.1 Auswahl & Anpassung der Verfahren	27
4.1.2 Wortlistenstellung	38
4.1.3 Auswertung	39
4.2 Objektive Ermittlung der SV	42
4.2.1 Auswahl & Anpassung der Verfahren	42
4.2.2 Auswertung	43
4.2.3 Vergleich des STI zwischen obj. und subj. Verfahren	44
5 Musiktest	45
5.1 Verfahrenserstellung	45
Es ist zu sehen, dass die Anhebung zwischen 30 – 80 Hz stattfindet.	47
5.2 Auswertung	48
6 Fazit und Ausblick	51

1 Einleitung

Neue technologische Konzepte sind stets eine Bereicherung für die Weiterentwicklung der jeweiligen Urtechnologie, bringen sie doch durch ihre neue Verfahrensweise auch neue Erkenntnisse ein. Besonders in Gebieten, die bereits erschöpft scheinen, sind innovative Ideen ein wichtiger Initiator dafür.

Der Bereich der elektrodynamischen Schallgeber ist eines dieser Gebiete, in dem nur selten neue Wege beschritten werden. Die Firma MSE Audio aus Overland Park (USA) gilt mit ihrer Produktlinie „Solid Drive“ als einer der wenigen echten Innovationsträger. Anstatt die Orientierung auf herkömmliche Aspekte wie Membranmaterial zu legen, wurde hier ein System geschaffen, welches erst gar keine Membrane benötigt, sondern sich die Schwingungsfähigkeit fester Körper zu Nutze macht. Dies geschieht, indem eine Masse in Bewegung gesetzt wird, deren Schwingungen über die feste Verbindung mit einem Körper auch diesen zu Schwingungsbewegungen anregt und so Schallenergie erzeugt. Die Einsatzgebiete und die akustischen Eigenschaften sind dabei so vielseitig wie sie auch unkalkulierbare Ergebnisse generieren.

In der folgenden wissenschaftlichen Ausarbeitung wird dieser Leerstand aufgegriffen. Hierfür wurden Untersuchungen von Solid-Drive-Schallgebern auf Glas- und Spanholzträgern durchgeführt, um einen Vergleich mit traditionellen Technologien zu verwirklichen. Besondere Konzentration wurde dabei auf die Bewertung der gesprochenen Sprache des Menschen als eines der wichtigsten Kommunikationsmittel gelegt, wozu bestehende Verfahren untersucht und für den Test angepasst wurden. So entstand ein subjektiver Sprachverständlichkeitstest mit mehreren Probanden der in seinen Ergebnissen mit denen eines objektiven Testverfahrens gegenübergestellt wurde. Im letzten Teil wurde mithilfe eines Musiktests die Untersuchung auf die subjektive Wahrnehmung des Bassgehalts und der Stimmendynamik vorgenommen, da organisierte Schallereignisse andere Charakteristika besitzen als die menschliche Stimme. Auch hier wurden mehrere Probanden zu ihren individuellen Eindrücken befragt. Den Abschluss bildet ein Fazit mit der Bewertung der Messergebnisse und einem Ausblick auf die Zukunft der neuen Technologie in Bezug auf praxisrelevante Einsatzmöglichkeiten.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Physikalische Grundlagen¹

Die Wahrnehmung eines Schallereignisses setzt eine einfache physikalische Wirkungskette voraus. Eine Schallquelle versetzt die sie umgebende Luft in Schwingungen. Eine Schwingung stellt eine zeitlich-periodische Änderung einer physikalischen Größe dar. Die Menge aller Schwingungen in einer bestimmten Zeit, also die Frequenz in Hertz, ist maßgeblich für die Tonhöhe eines Schallsignals. Durch Verdichtungen, auch Druckmaxima genannt, sowie Verdünnungen, auch Druckminima genannt, werden benachbarte Teilchen in Bewegung gesetzt. Diese Bewegungen werden durch die Luft übertragen und gelangen zum Ohr des Hörers. Abbildung 1 stellt eine Punktschallquelle dar, welche die Luftteilchen in Bewegung versetzt und so eine Änderung des zeitlich und örtlich abhängigen Schalldrucks p (Gleichung 2.1) bewirkt.

$$p(t) = \rho \cdot c \cdot v(t) \cos \varphi_v [\text{Pa}] \quad (2.1)$$

Die kleinen Punkte nehmen hierbei die Position der einzelnen Molekülteilchen ein, der unterschiedliche Abstand unter ihnen verdeutlicht die unterschiedlichen Druckfelder der Luft, die bei einer Punktschallquelle eine sphärische Ausbreitungsform der Schallwellen besitzen (siehe Abb. 2). Die Moleküle schwingen dabei längs der Ausbreitungsrichtung, ohne ihre Position zu verändern.

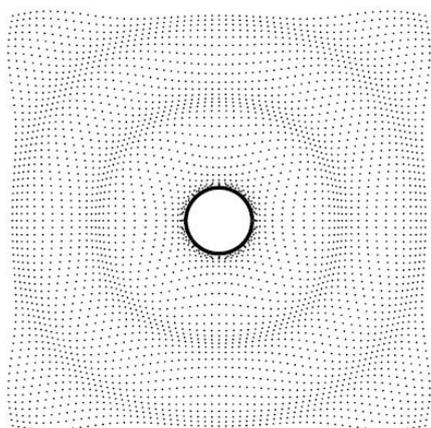


Abbildung 2 Luftmoleküle um eine aktive Punktschallquelle [2, S. 79]

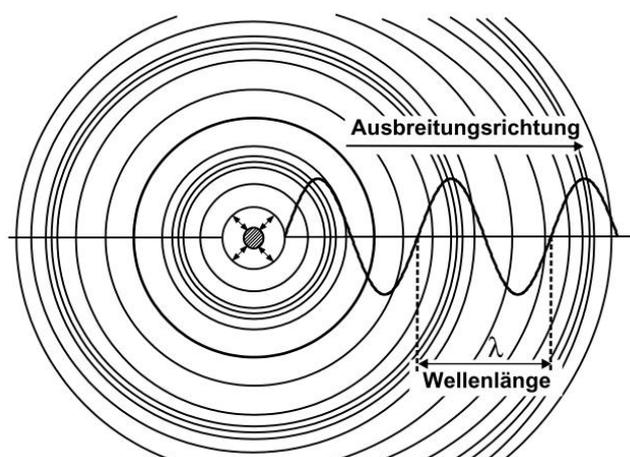


Abbildung 1: Ausbreitungsrichtung einer Schallwelle [1, S 20]

¹ Absatz entstanden unter Verwendung folgender Quellen: [1, S 19-31]; [2, S 1-15]; [10];

Die dabei entstehende Pendelbewegung wird als Schallschnelle v [m/s], die Geschwindigkeit mit der sich die Welle ausbreitet, als Schallgeschwindigkeit c [m/s] bezeichnet. Physikalisch finden diese Druckschwankungen in der übertragenden Luft aber auch in Gasen oder Flüssigkeiten statt. Aufgrund der Nichtanwesenheit von Luftmolekülen ist im Vakuum keine Schallausbreitung möglich.

$$I = \frac{P_{Acoust}}{A_{spheroid}} = \frac{P_{Acoust}}{4\pi \cdot r^2} \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (2.2)$$

Die im zeitlichen Mittel pro Flächeneinheit übertragene akustische Leistung P_{acoust} nennt man Schallintensität I . Für einen punktförmigen Kugelstrahler gilt dabei die Kugelfläche $A_{spheroid}$ (Gleichung 2.2).

$$L_p = 20 \text{ Lg} \frac{P_{eff}}{P_0} = 20 \text{ Lg} \frac{P_{RMS}}{P_{0 \text{ RMS}}} [\text{dB}] \quad (2.3)$$

Bezogen auf den vom Menschen wahrgenommenen Schalldruckbereich, erstreckt sich bei 1 kHz eine Spanne von mehr als 6 Zehnerpotenzen von 20 μPa – 60 Pa, was unterhalb von der Hörschwelle und oberhalb durch die Schmerzgrenze des Menschen begrenzt wird. Für eine bessere Handhabung wurde hier der Schalldruckpegel L_p [dB] (Gleichung 2.3) eingeführt. Als Bezugswert wurde p_0 mit 20 μPa festgelegt und für den Schalldruck wird dessen Effektivwert benutzt, wodurch ein Schalldruckpegel von 0 dB dem Erreichen der Hörschwelle entspricht und 140 dB die Schmerzgrenze symbolisiert.

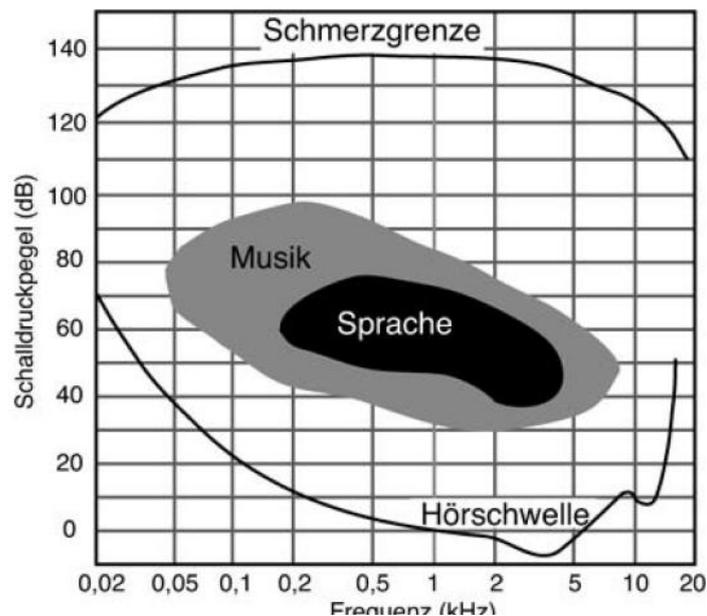


Abbildung 3 Schalldruckpegelbereich der menschlichen Wahrnehmung [3, S 33]

Elektrodynamische Wandler²

Um ein Verständnis der Funktionsweise der „Invisible-Audio-Schallgeber“ zu erhalten, wird kurz auf die Funktionsweise elektrodynamischer Wandler im Allgemeinen eingegangen. Dabei sitzt ein mit Kupferdraht umwickelter Schwingspulenträger in einer für ihn vorgesehenen Aussparung im Inneren eines Permanentmagneten, der im Zentrum einen Polkern besitzt, auf welchen der Träger gesetzt wird (Abbildung 4). Ein elektrisches Signal wird in das Chassis eingespeist. Dabei wird ein Tonsignal auf die entsprechenden Anschlüsse gegeben. Jedes Tonsignal besteht aus mindestens einem Wechselwirkungssignal. Die durch die Lorenzkraft erzeugte Antriebskraft versetzt die Schwingspule samt Träger in eine Schwingungsbewegung, die auf die Membrane des Lautsprecher-Chassis übertragen wird. Die Zentrierspinne verhindert dabei Taumelbewegungen in der Auslenkung. Die Lautsprecher-Membrane erzeugt demzufolge Druckmaxima und Druckminima in der Luft, was eine Schallwelle mit derselben Frequenz zur Folge hat. Somit wird ein elektrisches Wechselwirkungssignal in ein mechanisches umgewandelt.

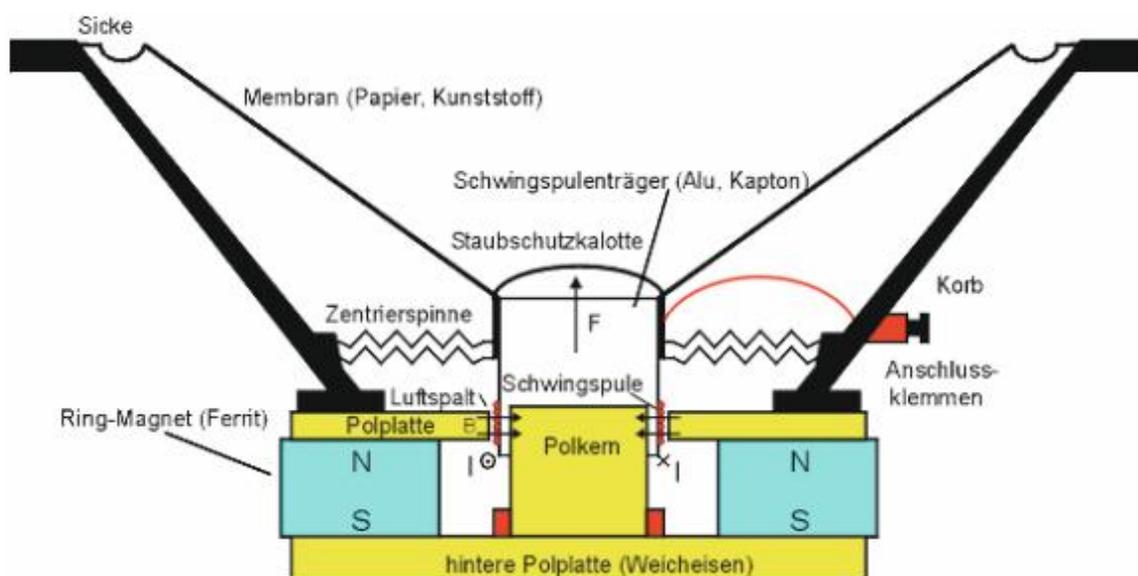


Abbildung 4 Aufbau eines elektrodynamischen Wändlers [4, S. 424]

Für eine ideale Klangwiedergabe muss ein üblicher Lautsprecher in einem auf seine Parameter korrekt berechneten Volumen sowie einem möglichst resonanzarmen Gehäuse spielen. Hochwertige Lautsprechergehäuse besitzen aus diesem Grund eine Vielzahl von Verstrebungen (Abbildung 6). Der Invisible-Audio-Schallgeber arbeitet mit demselben elektrodynamischen Prinzip, jedoch mit einer anderen Anordnung der Komponenten.

² Absatz entstanden unter Verwendung folgender Quellen: [4, S. 424-425],

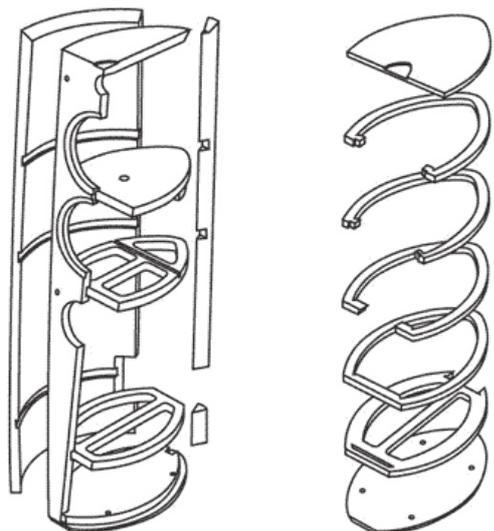


Abbildung 6 Querschnitt des Gehäuses eines Focal Profile 918 Lautsprechersystems [19]

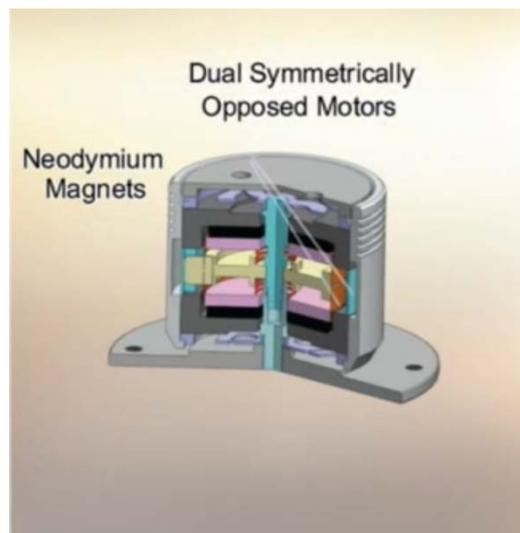


Abbildung 5 Querschnitt eines Solid Drive SD1sm Schallgebers [205]

So ist der Schwingspulenträger hier nicht mit einer Membrane verbunden, sondern mit einem massiven Metallkörper, der eine glatte Fläche besitzt. Mit dieser Fläche wird das System je nach Ausführung über eine Klebe- oder eine Schraubverbindung an einem festen Körper angebracht. Hier wird der Magnetträger samt Permanentmagnet durch Spannungsinduktion in eine mechanische Schwingung versetzt. Dabei wird allerdings noch kein wirkungsgradstarkes Schallsignal erzeugt, dies geschieht erst, wenn der Körper auf einen schwingungsfähigen festen Körper gebracht wird. Das Gesamtchassis besitzt ein Gewicht von 540 g, wovon der Großteil des Gewichtes im Magnetträger zu vermuten ist. Um das Frequenzspektrum von akustischen Systemen zu untersuchen, werden Rauschsignale benötigt. Von einem Rauschsignal spricht man, wenn mehrere Schwingungen enthalten sind. Die wichtigsten Rauschsignale in der Akustik sind das „Weiße Rauschen“ – in dem alle Frequenzen des vom menschlichen Hörorgan wahrnehmbaren Hörspektrums mit gleicher Amplitude enthalten sind, das „Rosa Rauschen“ – das sich vom weißen Rauschen nur darin unterscheidet, dass der Schalldruckpegel um 3 dB/Oktave gedämpft wird. Ein für spätere Kapitel weiteres wichtiges Signal ist das „Oktavbandrauschen“, indem eine begrenzte Anzahl von Schwingungen gleicher Amplitude des Oktavbandes konstruiert wird.

2.2 Anatomie der Sprach- und Hörorgane³

Um all diese Schallereignisse zu rekonstruieren, hat die Natur mit dem menschlichen Ohr ein erstaunliches Kunstwerk geschaffen. Wissenschaftsübergreifend könnte man das Ohr ebenfalls auch als elektrodynamischen Wandler bezeichnen. Durch Gesetzmäßigkeiten

³ Absatz entstanden unter Verwendung folgender Quellen: [6 S. 357-364]; [1 S. 57-60]; [1 S. 99-125]; [7 S. 1-7]; [23]; [24]

der Biochemie und Molekularbiologie, auf die in dieser Arbeit nicht näher eingegangen wird, werden mechanische Bewegungen angeregt, durch Schallwellen in Nervenimpulse umgewandelt, die wiederum elektrische Signale darstellen, welche weiter an das Gehirn geschickt werden um die Ergebnisse zu verarbeiten. Erst im Kopf entsteht dann der Höreindruck, der in dem menschlichen Erinnerungsvermögen abgespeichert wird. Das Ohr ist somit ein Antransport-Organ, welches der Umwandlung von Reizen dient. Anders als bei den in der akustischen Messtechnik eingesetzten Mikrofonen, kommt es zu Störeinflüssen des über den Luftschall transportierten Tonsignals unterhalb von 1,5 kHz, durch Abschattung und Reflexion von Kopf und Schulter.

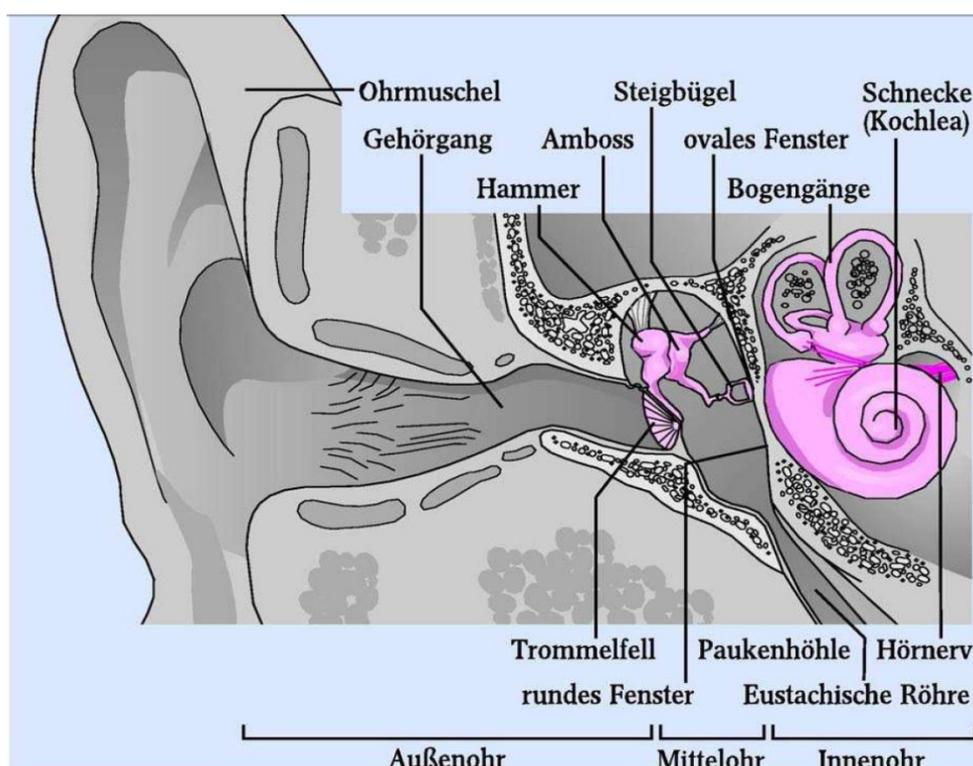


Abbildung 7 Anatomischer Aufbau des menschlichen Ohrs [20]

Aufgeteilt in Außen-, Mittel- und Innenohr bildet das Ohr ein geschickt aufeinander abgestimmtes Signalverarbeitungssystem. Die leichte Krümmung des rohrförmigen Gehörganges führt in Verbindung mit der Richtungswirkung der Ohrmuschel zu einer Verstärkung des Schalls. Mit einer Länge von 2,3 cm fungiert der Gehörgang als Hohlraum-Resonator. Die Resonanzfrequenz lässt sich somit näherungsweise mit der Gleichung 2.4 bestimmen indem man $\lambda/4 = 2,3 \text{ cm}$ setzt ergibt sich mit der Schallgeschwindigkeit c eine Resonanzfrequenz von $f = 3,7 \text{ kHz}$.

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{340 \text{ m}}{0,092 \text{ m}} = 3,7 \text{ kHz} \quad (2.4)$$

Aufgrund der Nachgiebigkeit des Trommelfells und der Absorption der mit kleinen Härchen überzogenen Haut liegt die tatsächliche Spannweite der Resonanzfrequenz zwischen 2 - 6 kHz, was dem Empfindlichkeitsmaximum der Hörschwelle entspricht. Das Mittelohr kann durch eine Verbindung der Eustachischen Röhre mit dem Nasen-Rachen-Raum im Luftdruck ausgeglichen werden, ist aber räumlich vom Außenohr durch das Trommelfell getrennt. Durch die Gehörknöchelchen Amboss, Hammer und Steigbügel werden die auf dem Trommelfell vom Luftschall erzeugten Schwingungen über das ovale Fenster in die Schnecke, in der sich eine Flüssigkeit befindet, übertragen. Aufgrund der Hebelwirkung der Mittelohrelemente und durch das in etwa 17-mal größere Verhältnis von Trommelfell zu dem ovalen Fenster entsteht eine zirka 20- bis 30-fache Verstärkung des Schalldruckes. Es kommt jedoch auch zur Verfälschung tiefer Frequenzen durch Reibung zwischen Hammer und Amboss. Zudem hat ein Schutzmechanismus des Mittelohres hier seinen Ursprung. So kommt es zu einer Dämpfung um bis zu 20 dB bei Überschreiten von 80 Dezibel mit einer Laufzeitverzögerung von 60 ms bei sehr hohen und 120 ms bei sehr niedrigen Schalldrücken.

Sehr lauten Geräuschen mit einem impulsförmigen Anstieg, wie zum Beispiel der Hammerschlag auf einen Stahlträger in einer ungedämpften Halle, ist das menschliche Ohr aber schutzlos ausgeliefert. Die Schallwahrnehmung über Knochenleitung gehört zu den letzten Faktoren die hier ihre Quelle haben, diese können 40 dB übertragen und führen zu einer Frequenzveränderung des gesamten wahrgenommenen Tonsignals, was der Hauptgrund ist, weshalb die eigene gesprochene Stimme über Tonband eine andere Klangfarbe zu haben scheint. Anders als die beiden zuvor behandelten Gehörgruppen ist die Kochlea des Innenohres eines der Organe im menschlichen Körper, das bei Geburt bereits voll ausgewachsen ist [6, S. 359]. Im Gegensatz zu den Bogengängen, die ihre Aufgabe in der Gleichgewichtsorientierung haben, bildet die Hörschnecke mit einer 3 bis 3,5 cm langen sensorischen Haarzellenbahn, welche in einer auf $2\frac{1}{2}$ Windungen aufgewickelten Schneckenform vorliegt, das Kernelement der akustischen Signalverarbeitung beim Mensch.

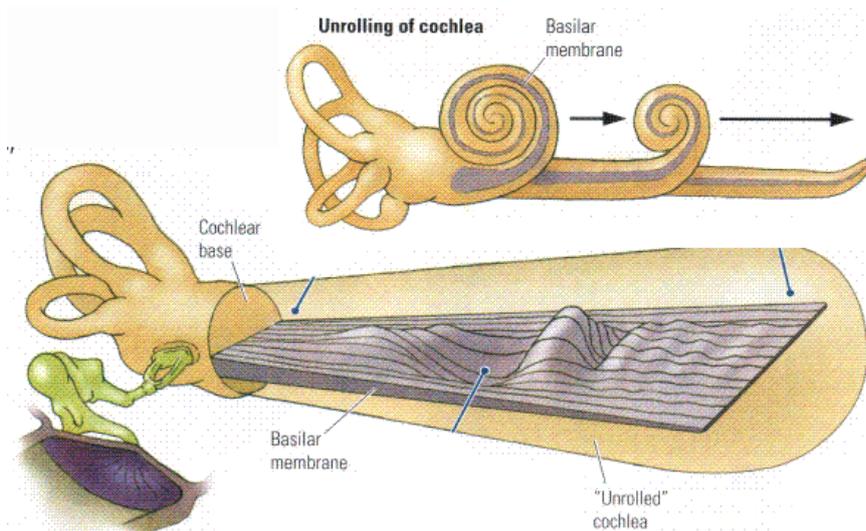


Abbildung 8 Kochlea mit Basilarmembran als Träger sensorischer Haarzellen [21]

Dabei sind Menschen in der Lage genau eine Stimme aus einer Menschenansammlung heraus zu erkennen und diese nach Wochen oder Monaten einer einzelnen Person zuzuordnen, was sich auch die Polizei bei der Täterfindung nach einer Straftat zunutze macht. Das liegt aber nicht nur an einem sehr komplexen Hörsystem, welches Töne in einem Spektrum über 10 Oktaven von 16 Hz bis 16 kHz und Schalldruckunterschiede von bis zu 0,5 dB wahrnehmen kann [22], sondern auch an der Unverwechselbarkeit unserer Stimme.

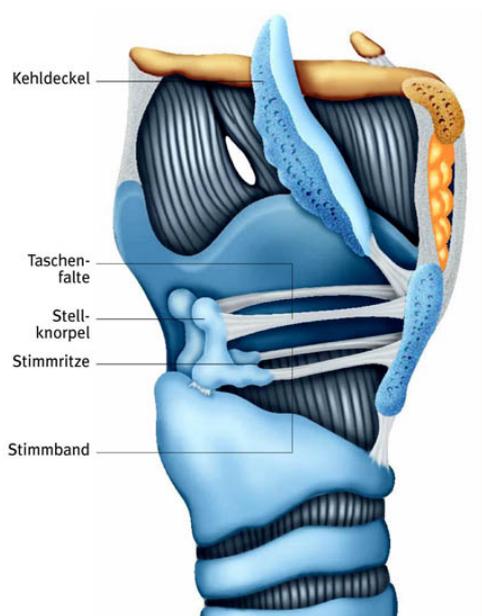


Abbildung 10 Kehlkopf mit Stimmband [23]

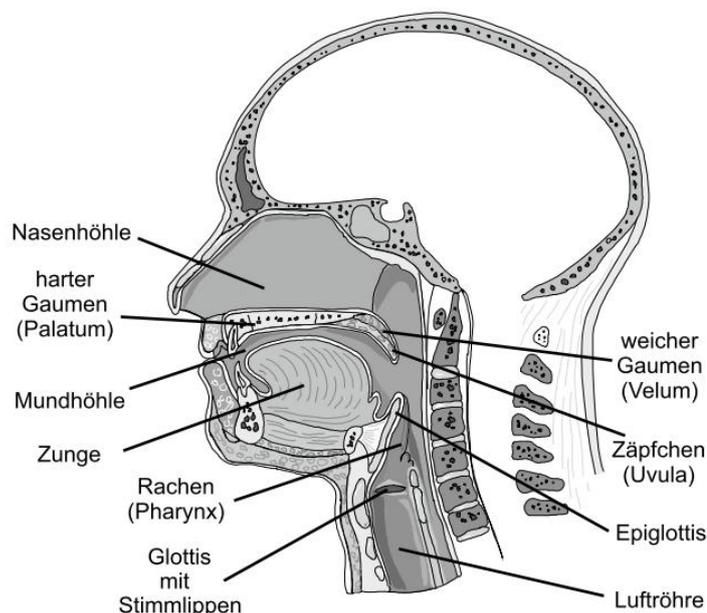


Abbildung 9 Anatomie des Menschlichen Sprachorganes [1, S. 58]

Die gesprochene Sprache ist ein Resultat einer Ablaufkette die im Inneren der Lunge mit einer Druckveränderung des Luftdruckes beginnt. Durch Anheben und Senken des Zwerchfells entsteht so ein Unterdruck in der Lunge mit einem resultierenden ingressiven Luftstrom in der Luftröhre einen Überdruck mit einem egressiven Luftstrom.

Das Lungenvolumen ändert sich dabei von 2 auf bis zu 7 Liter. In den europäischen Sprachen werden – anders als in asiatischen oder afrikanischen Kulturen – alle Tonbestandteile durch einen egressiven Luftstrom produziert, also beim Ausatmen. Dabei regt der Luftstrom die Stimmlippen der Glottis zu einer Schwingung an. Ihre Frequenz wird als Grundton bezeichnet, unterscheidet sich je nach Alter und Geschlecht und liegt bei 80 - 350 Hz. Die Glottis besitzt dabei ein oberes und ein unteres Faltenpaar, wobei nur das untere eine Bedeutung für die Lauterzeugung besitzt. Das obere Faltenpaar schließt sich beim Hinunterschlucken von Nahrung und schützt den Kehlkopf vor deren Eindringen. Bewegungen von Zunge und Unterkiefer führen so zu unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten der Luft[25] im sogenannten Vokaltrakt und konstruieren so zusammen mit den Konsonanten die uns bekannte Sprache.

2.3 Grundlagen der Phonologie⁴

Der in Kapitel 2.2 behandelte Aufbau des Sprachapparates wird nun wieder aufgegriffen und im Bezug auf die Erzeugung einzelner Töne näher betrachtet. Die im Kehlkopf erzeugte Grundfrequenz schwingt dabei nur periodisch wenn die Stimme zum Singen eingesetzt wird. Beim Sprechen gehören Schwankungen von bis zu 100% zur Normalität. Für ein Sprechsignal gestaltet das Gehirn zuvor eine Sequenz. Die Stimmenritze schließt sich, sobald der vom Lungenvolumen abgegebene Überdruck abgebaut ist.

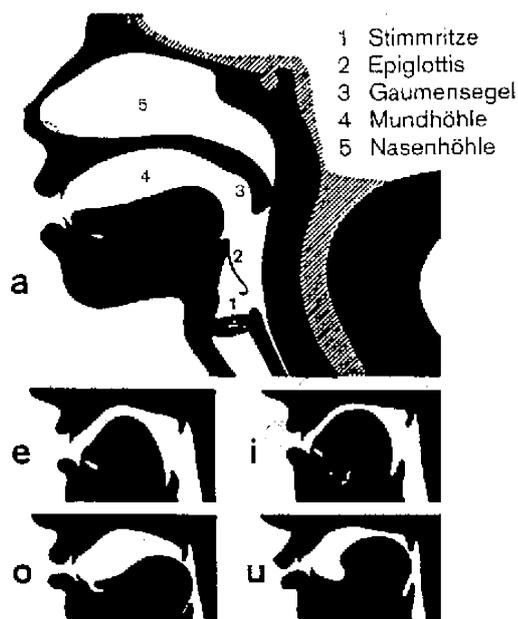


Abbildung 11 Sprachtaktdarstellung bei Erzeugung der Vokale [24]

Die Stimmenritze bewegt sich in Abhängigkeit des Luftstroms aber auch nach den sprecherspezifischen Eigenschaften der Stimmbänder und erzeugt so stimmhafte Laute als das Ergebnis einer quasi-periodischen Anregung im Vokaltrakt. Durch Positionsveränderung von Zunge, Gaumen, Kiefer, Lippen und dem Zusammenwirken unzähliger Muskeln wird die Sequenz abgearbeitet (Abbildung 11). Der Bewegungsvorgang zur Erzeugung der Vokallaute geschieht stufenlos und wird über das Vokalviereck visualisiert (Abbildung 12). Konsonanten entstehen in Abhängigkeit von Artikulationsart und Artikulationsort (siehe Anhang A.1). Die Konsonanten der deutschen Sprache werden demnach den Merkmalen: vokalisch, konsonantisch, kompakt, dunkel, nasal, abrupt, gespannt, stimmhaft und scharf zugeordnet. Ein einzelner Konsonant besitzt zwischen 3 und 5 dieser Merkmale. Das „L“ ist bspw. nach Konsonantentabellen vokalisch, konsonantisch und stimmhaft. [7 S. 34].

⁴Absatz entstanden unter Verwendung folgender Quellen: [6 S. 22-32]; [1 S. 61-66]; [7 S. 32-41]; [24]

Variationen von Phonemen entstehen. Der Hörer kann aufgrund der zeitlichen Entwicklung der spektralen Zusammensetzung zwischen Phonemen unterscheiden.

Betrachtet man nur einen Einsilber, so lässt dieser sich in einen Anlaut, einen Innenlaut und einen Auslaut aufteilen. Bei einer sich reimenden Wortfolge gleicht sich der Teil des Wortes, indem sich die Folge reimt (Abbildung 14). Trennt man diese Einsilber auf und zerlegt ihre An-, In- und Auslaute in die zeitlichen Anschnitte, in der ein Reim eintritt (Abbildung 15), so wird ersichtlich, dass die sich reimenden Einzellaute nicht mehr vom Hörer unterschieden werden könnten und jede Kombination mit den Lautteilen ohne Reim wieder eine voll-ständig decodierbare Lautfolge ergibt.

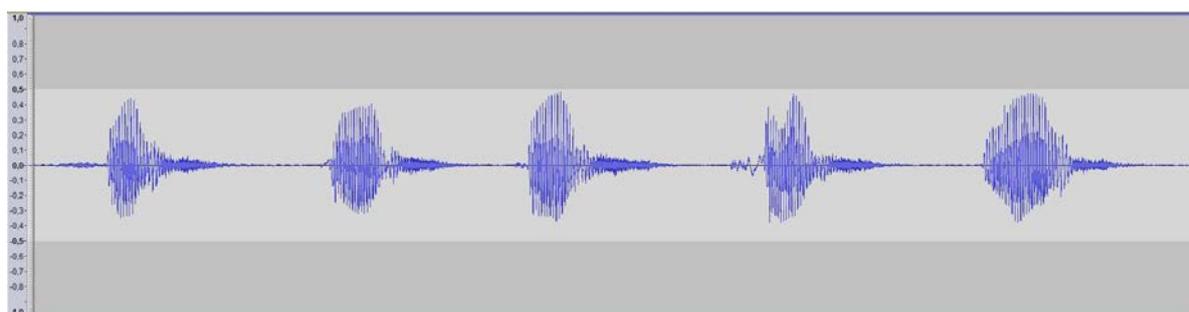


Abbildung 14 Einsilberfolge Schuss – Bus – Guss – Kuss – Nuss

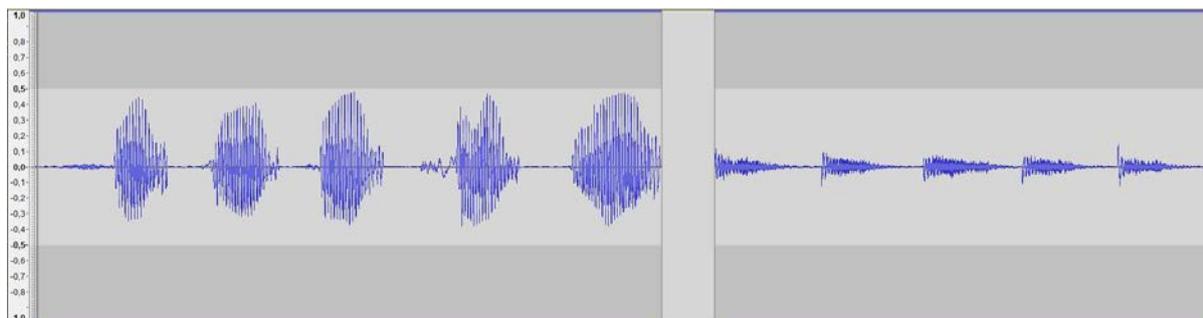


Abbildung 15 Einsilberfolge Schuss – Bus – Guss – Kuss - Nuss mit abgetrenntem Auslautteil

Im Kapitel 3.1.2 wird gezeigt, wie subjektive Verfahren zur Ermittlung der Sprachverständlichkeit sich diese Eigenschaft zu Nutze machen

Sprachverständlichkeit des Menschen⁵

Die Sprachverständlichkeit (SV) ist ein Maß, das die Höhe des vom Menschen verstandenen Sprachmaterials von 0-100% definiert. Dabei ist die SV für Einsilber eine andere als die von mehrsilbigen Worten oder von Sätzen. Die SV wird daher unterschiedlich verteilt durch Diskriminationsfunktionen (Dkf) des Sprachmaterials. Es ist die Transinformation

⁵ Absatz entstanden unter Verwendung folgender Quellen: [7 S. 40-52]; [28]; [44]; [29]; [30]; [39]

$I(X;Y)$ der gesprochenen Sprache und ist sowohl abhängig von der Qualität des Sprachmaterials $H(X)$ und vom Übertragungskanal, als auch von der individuellen Sprachperzeptionsleistung, also der Fähigkeit des Sprachverstehens des Hörers $H(Y)$. Dabei können Hörschäden $H(Y|X)$ oder Störsignale, Echos, Nachhallzeit und psychoakustische Verdeckungseffekte im Übertragungskanal $H(X|Y)$ zu einer Reduzierung der SV führen. Mathematisch kann sie über Differenziation (Gleichung 2.5) oder über Eintrittswahrscheinlichkeiten (Gleichung 2.6) ermittelt werden.

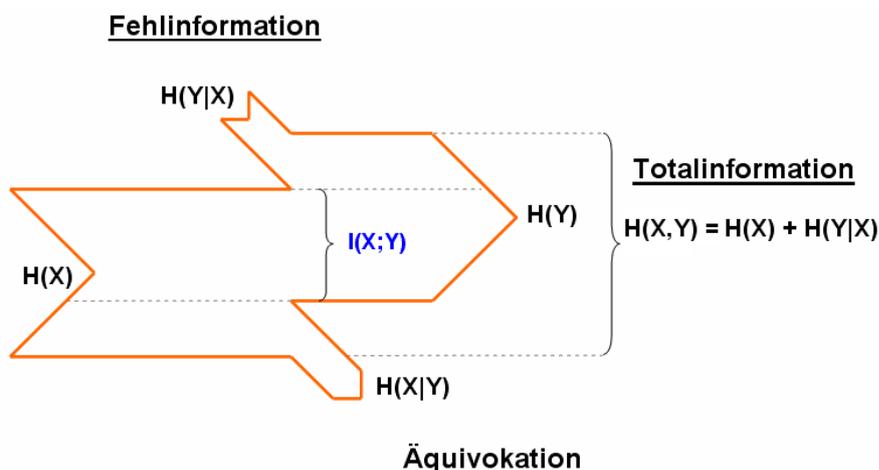


Abbildung 16 SV als Transinformation gesprochener Sprache [28]

$$I(X;Y) = H(X) - H(X|Y) = H(Y) - H(Y|X) \quad (2.5)$$

$$I(X;Y) = \sum_x \sum_y p(x,y) \cdot \log_2 \left(\frac{p(x,y)}{p(x)+p(y)} \right) \quad (2.6)$$

Für die numerische Bewertung der SV gibt es eine Reihe unterschiedlicher Messtechniken aus der Bauakustik und der Audiometrie. Jedes dieser Messverfahren arbeitet mit eigenen Bewertungsmaßstäben. Der Sprachverständlichkeitsindex (SVI) stellt eine Korrespondenz aller Möglichkeiten der Ermittlung der SV dar. Somit ist es möglich, durch den Gebrauch von Anpassungskurven oder Näherungsformeln eine Transformation der unterschiedlichen Verfahren durchzuführen.

Tabelle 1 Korrespondenztabelle für die SV verschiedener Messverfahren nach DIN EN ISO 9921-2003

Einstufung der Verständlichkeit ^a	Sätze Wert % ^b	PB-Wörter ^c mit Bedeutung	Sinnlose Wörter CVC _{EQB}	STI ^d	SIL ^d dB	SII ^e
		Wert %	Wert %			
ausgezeichnet	100	>98	> 81	> 0,75	21	–
gut	100	93 bis 98	70 bis 81	0,60 bis 0,75	15 bis 21	> 0,75
angemessen	100	80 bis 93	53 bis 70	0,45 bis 0,60	10 bis 15	–
schwach	70 bis 100	60 bis 80	31 bis 53	0,30 bis 0,45	3 bis 10	< 0,45
schlecht	< 70	< 60	< 31	< 0,30	< 3	–

In der Audiometrie, wo ausschließlich subjektive Messverfahren verwendet werden, liegt die Hauptorientierung in der Ermittlung der Sprachverständlichkeitsschwelle (SVS), in der Literatur auch als 50%-Sprachverständlichkeit bezeichnet. Dabei handelt es sich um den Schallpegelwert, an dem ein Mensch die Hälfte der erhaltenen Informationen auffassen konnte. Ein Sprachschallereignis das unter der 50%-Grenze liegt wird als unverständlich bezeichnet. Um diese Grenze ermitteln zu können werden mindestens zwei Messwerte benötigt. Der erste Wert sollte in einem Bereich von 10 – 50 % der zweite Wert in einem Feld zwischen 50 - 90 % liegen. Je nach Toleranz des verwendeten Verfahrens können die Punkte linear verbunden werden oder es müssen weitere Messungen vorgenom-

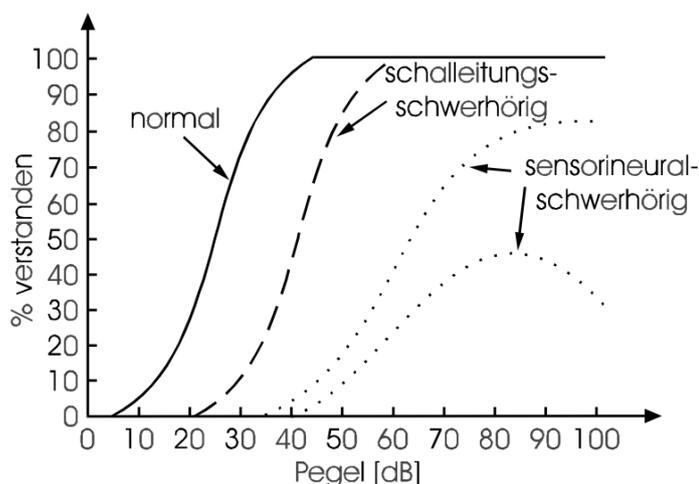


Abbildung 17 Verlauf der Dkf bei unterschiedlichen Hörschäden [39 S. 16]

men werden bis die Stelle ermittelt werden kann in der die Dkf des Probanden die Schwelle der 50%-Sprachverständlichkeit schneidet. Der Schnittpunkt trägt auf der horizontalen Achse den Schalldruckpegel ab der für die SVS des jeweiligen Hörers gilt. Die Abweichung der Normalkurve wird als Diskriminationsverlust bezeichnet. Bei den Messungen, die innerhalb schallarmer Räume stattfinden, wird der Grad der Äquivokation sehr gering gehalten, indem einheitliche Schallgeber in Form von ausgewählten Ohrhörern und sogenannte Laut-Tests in Satz- Silben- oder Phonem-Form einheitlicher Tonaufnahmen verwendet werden. Es wird in Ruhe oder mit eingespielten Störgeräuschen in Form von breitbandigem Rauschen gearbeitet. Somit ist die Transinformation bekannt und der ermittelte Wert gibt Aussage über die Fehlinformation, also einer eventuellen Hörschädigung. Dabei besitzt jeder Sprachtest, ganz gleich welche Art, eine Dkf – die prozentuale Sprachverständlichkeit als Funktion des Sprachpegels. Diese besitzt einen arkustangenförmigen Verlauf und variiert durch das verwendete Sprachtestverfahren. Da die Dkf für einen gesunden, normalhörenden Menschen bekannt sind, kann mithilfe der resultierenden Ergebnisfunktion auf den vorhandenen Hörschaden geschlossen werden (Abbildung 17). Ein Hörschaden kann zwei unterschiedliche Formen annehmen oder eine Kombination dieser sein. Man unterscheidet in der Pathologie zwischen der Schalleitungs-

schwerhörigkeit und der Sensorineural- oder Schallempfindungsschwerhörigkeit. Bei der Erstgenannten liegt eine Schädigung des Außen- oder Mittelohres vor, die sich in einer тонаudiografischen Untersuchung durch einen getrennten Verlauf von Knochenleitungs- und Luftleitungsaudiogramm bemerkbar macht.

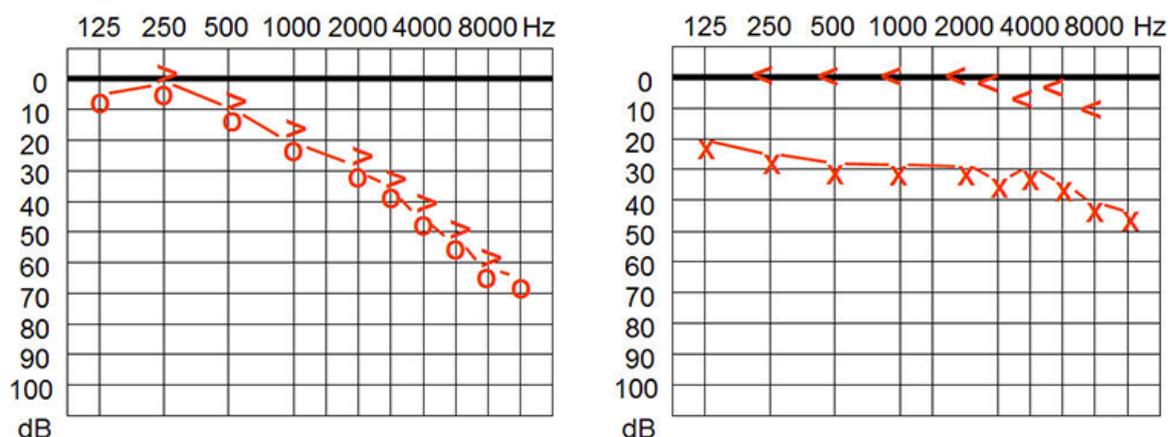


Abbildung 18 Tonaudiogramm unterschiedlicher Hörschäden [31]; [32]
 (<, > für Knochenleitung; x, o für Luftleitung)

Der Verlauf der Luftleitungshörfähigkeit verläuft hier gedämpft aber mit einem konstanten Hörpegel L_{HP} (Abbildung 18, links). Bei einer Schädigung des Innenohres haben beide Hörleitungsaudiogramme den gleichen Verlauf, brechen aber im Pegel bei bzw. ab einem Frequenzbereich deutlich ein. Wenn beide Fälle gleichzeitig eintreten, ist ein getrennter Verlauf beider Audiogramme mit Frequenzeinfall die Folge. Menschen im voranschreitenden Alter haben oft Probleme mit der Hörwahrnehmung. Die Ursache liegt in einer Störung der Innenohrfunktionalität, die einen tiefpassförmigen Audiogrammverlauf auslöst. Da in den europäischen Sprachen Mitlaute in höheren Frequenzbereichen angesiedelt sind, ist dieser Teil der Laute dann nicht mehr wahrnehmbar. Zusätzlich tritt durch die Verkrümmung der Diskriminationskurve eine Verzerrung der Klangfarbe ein. Pro Dekade verliert der Mensch zirka 1 kHz seines wahrnehmbaren Frequenzspektrums. Vokale liegen in etwa einem Bereich von 0,4-4 kHz, Konsonanten reichen jedoch bis zu 8 kHz. Die in der Glottis erzeugte Stimmgrundtonfrequenz liegt bei Männern mit 125 Hz in etwa bei der Hälfte der von Frauen.

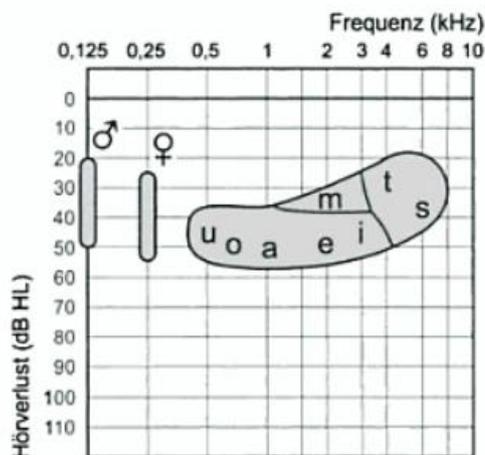


Abbildung 19 Verteilung der Laute über das Frequenzspektrum, [8]

3.1 Subjektive Messverfahren

3.1.1 Einsilber- und Zahlentestverfahren⁶

Bei den subjektiven Sprachverständlichkeitstests unterscheidet man zwischen offenen und geschlossenen Testverfahren. Wird eine Auswahl, möglicher Ergebnisse zur Verfügung gestellt, handelt es sich um einen geschlossenen Test. Er ist auch für Menschen geeignet, die Deutsch nicht zur Muttersprache haben, im Gegensatz zu offenen Tests, in denen die Patienten die verstanden geglaubten Ergebnisse dem Audiologen ohne Auswahlvorlage unmittelbar mitteilen müssen. Bereits 1953 veröffentlichte Hahlbrock mit dem Freiburger Sprachtest (FS) einen Sprachverständlichkeitstest, der den Patienten ein einem zweistufigen Verfahren untersuchte. Dieser nach DIN 45621 erstmals 1961 standardisierte Test ist ein offener Test und bis heute neben dem Marburger Satzverständnistest, der Einzige, für den eine Norm existiert. Im ersten Teil werden einsilbige Hauptwörter benutzt, von dem jedes Phonem verstanden werden muss, um das Wort zu rekonstruieren. Ein Messdurchgang beinhaltet 20 sinnhafte Wörter mit einer Silbe. Diese Wortfolge wird als Wortliste

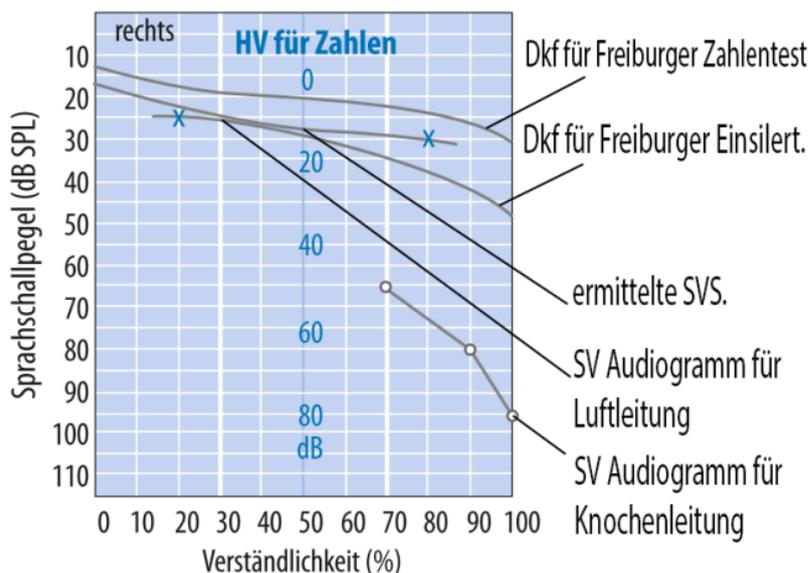


Abbildung 20 Diskriminationskurven der Freiburger Sprachtest [9, S. 169]

bezeichnet, von denen im FS 20 existieren. Der Anstieg der Dkf verläuft hier sehr seicht (Abbildung 20), da die vollständige Ermittlung aller Laute einsilbiger Wörter schwieriger ist als die von Mehrsilbrigen.

⁶ Absatz entstanden unter Verwendung folgender Quellen: [7 S. 40-52]; [1 S.147-156]; [9 S.68-73]; [45]; [50]; [51]

Der flache Kurvenverlauf hat zur Folge, dass ein höherer Schallpegel gewählt werden muss, um die SVS zu erreichen aber auch, damit die Auflösung der Schallpegelermittlung ansteigt. Der zweite Teil des FS besteht aus einem Zahlentest mit Zwei- und Mehrsilbern. Er beinhaltet 10 Wortlisten mit je 10 Zahlenwörtern. Aufgrund höherer Mengen von Silben kann das Gehirn trotz des Abhandenkommens einzelner Phoneme eines Wortes aus der verbleibenden Phonemanzahl das gesuchte Wort mithilfe des Erinnerungsvorrates aus bekannten Phonemkombinationen erstellen. Deshalb steigt die Verständlichkeit bei Mehrsilbern deutlich an. Messtechnisch bedeutet das zwar, dass mit einem geringeren Schallpegel des Quellsignals gearbeitet werden kann, da mit der Gesamtverständlichkeit auch die SVS entsprechend früher erkennbar ist, als bei einsilbigen Lauten. Zudem liegt aber auch eine höhere Unsicherheit bei der Erfassung der SVS vor, da die Pegelauflösung aufgrund des steileren Diskriminationskurvenverlaufs niedriger ist. Da bei diesem Test in enger Konversation mit dem Probanden gearbeitet wird, ist eine Automatisierung nicht möglich.

3.1.2 Satztestverfahren⁷

Jedes der Verfahren hat eine spezielle Eignung in der Audiometrie. Der FS ist beispielsweise nützlich für die Diagnostik von Hörschäden im Mittel- und Innenohr. Er stellte sich ebenso als zweckmäßig für die Anpassung von Hörgeräten in Fällen, bei denen die Form der Erkrankung bereits bekannt ist und eine Verbesserung der alltäglichen Anwendung der Systeme auch unter Anbetracht des binauralen Hörvermögens, dem Richtungshören, im Fokus liegt, heraus. Für Kinder und geistig behinderte Menschen sind diese Tests ebenfalls besser geeignet, da hier der Standpunkt der sprachlichen Entwicklung noch zusätzlichen Einfluss auf die Bandbreite der Testergebnisse hat. Bekanntester Vertreter ist der nach DIN 45621 standardisierte Marburger Satztest. Da dieser speziell für die Anwendung bei Kindern bis 6 Jahren geschaffen wurde, wird in dieser Arbeit auf andere Satztests eingegangen, die aus den Erfahrungen mit dem Marburger Satztest entstanden sind. Der erste aufzuführende Test ist der Göttinger Satztest. In ihm sind 200 Sätze gleicher Phonem- und Wortzahl enthalten die 20 Satzlisten unterteilt sind. Eine Satzliste bedeutet einen Messdurchlauf. Die Sätze bestehen aus 5 Wörtern mit einer sinnhaften Zusammensetzung, ergeben aber untereinander keinen Sinn. Auszug aus Liste 1:

„Jetzt wird das Fundament gelegt.“
„Das Haus hat keinen Garten.“

⁷ Absatz entstanden unter Verwendung folgender Quellen: [8 S. 58-61]; [46]; [7 S. 40-52]; [36]

Ein weiteres Verfahren, das nicht näher betrachtet wird, ist der Hochmair-Schulz-Moser Satztest (HSM-Satztest), da er vermehrt für die Knochenleitungsprüfung unter Störschall



Abbildung 21 Satzzusammenstellung des Oldenburger Satztest [29, S. 5]

eingesetzt wird. Ein noch recht neuer Satztest ist der von Wagener 1999 veröffentlichte Oldenburger Satztest (OLSA), der auf dem Göttinger Satztest aufbaut, jedoch mit inhaltsleeren Sätzen arbeitet die syntaktisch korrekt aufgestellt sind. Er umfasst 50 Wörter die aufgeteilt in Name-Verb-Zahlenwort-Adjektiv-Objekt in selbiger Reihenfolge stochastisch zusammengestellt werden. Je nach verstandener Wortanzahl wird der Signalschallpegel in Einerschritten um bis zu 3 dB gesenkt oder angehoben, da bei vorangeschrittenem Testlauf die Toleranz des Variationsspektrums verkleinert wird. Ähnlich wie Zahletests besitzen auch Satztests einen steilen Anstieg der Dkf.

3.1.3 Reimtestverfahren⁸

Die letzte Kategorie der subjektiven Testverfahren, die in dieser Arbeit untersucht wurden, sind die Reimtestverfahren. Der 1982 geschaffene Reimtest nach J. Sotscheck (RnS) bildete die Basis heutiger Reimtestverfahren. Er beinhaltet 99 Wortlisten mit je 6 einsilbigen Wörtern, die sich reimen. Die Listen sind bei diesem Test aber nochmals dreigeteilt. Die enthaltenen Wörter unterscheiden sich dabei nur in der Position, in der der Reim stattfindet. Wie bereits in Kapitel 2.3 beschrieben, besteht ein einsilbiges Wort aus einem Anlautteil, einem Vokalteil und einem Auslautteil. Handelt es sich dabei um einen Reim, ist mindestens einer der Teile bei der betrachteten Wortfolge gleich. Der Reimtest von Sotscheck macht sich diese Eigenschaft zu Nutze und schafft so ein geschlossenes Testprinzip, in dem der Patient eines der pro Liste enthaltenen Wörter vorgespielt bekommt und dann über Vorzeigen der gerade benutzten Wortliste alle 6 darin enthaltenen Reime zu

⁸ Absatz entstanden unter Verwendung folgender Quellen: [46]; [7 S. 40-52]; [37]; [50]; [51]; [52]

Gesicht bekommt. Er ist dann gezwungen eine Auswahl zu treffen, wodurch eine Ratewahrscheinlichkeit entsteht. Der Reimtest bietet jedoch als einziges Verfahren die zusätzliche Möglichkeit, die Sprachverständlichkeit auf die strukturelle Zusammensetzung eines Wortes zu untersuchen. So wurde der einst für die Nachrichten

Nr.	Anlautteil					Vokalteil					
1	Sinn	hin	bin	Zinn	Kinn	34	schief	Schiff	Schaf	schaff	schuf
2	fiel	schiel	Ziel	Kiel	Nil	35	Mehl	Mal	Moll	Mull	Müll
3	doch	poch	noch	Joch	Loch	36	Wild	Wald	wählt	Welt	wühlt
4	sehn	den	Gen	zehn	lehn	37	Wind	Wand	wohnt	wund	wähnt
5	wisch	Fisch	Tisch	zisch	misch	38	bis	Baß	Bus	büß	bös
6	Saum	Schaum	Zaum	kaum	Raum	39	seht	Saat	satt	sät	Süd
7	wir	vier	Pier	Tier	mir	40	hin	Hahn	Hohn	Huhn	höhn
8	sahn	Bahn	Zahn	mahn	Lahn	41	wieg	Weg	wag	wog	wäg
9	sät	tät	nät	jät	rät	42	hier	Heer	Haar	Herr	hör
10	hieß	dies	gies	nies	ließ	43	Kien	Kinn	Kahn	kenn	kühn
11	sehr	Teer	zehr	Meer	leer	44	dir	der	Dur	dürr	dörr
12	Wut	gut	Nut	Ruth	lud	45	biet	bitt	Beet	Bett	böt
13	Tag	mag	nag	jag	rag	46	lieg	leg	lag	Leck	lüg
14	vor	gor	Tor	Moor	Rohr	47	viel	fehl	Fall	Fell	füll
15	weil	Seil	peil	Teil	Zeil	48	Ritt	Reet	rot	rät	rett
16	Haus	Gauß	paus	raus	Laus	49	Sinn	sehn	sann	Sohn	Senn
17	Schein	dein	mein	nein	rein	50	Stiel	still	Stahl	Stall	stell
18	war	gar	Kar	Jahr	rar	51	Trieb	Trip	trapp	Trupp	trüb
19	weiß	beiß	Geiß	Reis	leis	52	back	Bock	bück	bög	Böck
20	fad	bat	Tat	Naht	Rat	53	schiel	Schill	Schall	scholl	schäl
21	Fund	Schund	Hund	Mund	rund	54	Mist	Most	mußt	meßt	müßt
22	vorn	Born	Dorn	Zorn	Korn	55	Rist	Rost	Rest	rüst	röst
23	wumm	summ	dumm	Mumm	Rum	56	trief	triff	traf	troff	Treff
24	Sicht	dicht	Gicht	nicht	Licht	57	sind	sehnt	Sand	Sund	send
25	Haff	baff	gaff	Kaff	raff	58	Hieb	heb	hob	Hub	hupp
26	Schuß	Bus	Guß	Kuß	Nuß	Auslautteil					
27	sind	find	schind	bind	Rind	59	reif	reib	reit	Reim	Rhein
28	wenn	Fenn	denn	nenn	renn	60	Muff	muß	Mumm	murr	Mull
29	säng	häng	peng	meng	läng	61	Mief	mies	miet	mim	mir
30	was	Haß	das	Paß	naß	62	Weg	wem	wen	Wehr	web
31	Fest	best	Test	Nest	Rest	63	nach	Naab	Naht	nag	nahm
32	wann	dann	Tann	Mann	ran	64	Ruf	Ruß	Ruch	Ruhm	Ruhr
33	Wacht	dacht	Macht	Nacht	Jacht	65	rauf	raus	Rauch	Raub	Raum
						66	Los	Lob	Lot	log	Lohn
						67	des	Depp	Deck	dämm	denn
						68	Saat	sag	sahn	Saar	Saal
						69	schief	schieß	schied	schien	schiel
						70	Graf	grab	Grat	Gram	Gral
						71	weiß	Weib	weit	Wein	weil
						72	Hof	hoch	hob	Hohn	hohl

Abbildung 22 Wortliste des WAKO Einsilber Reimtest [52, S. 52-53]

technik entwickelte Test 1989 von E. L. von Wallenberg und B. Kollmeier wiederentdeckt und in einer verbesserten Form unter der heutigen Bezeichnung: „WAKO-Einsilber-Reimtest“ nach von Wallenberg & Kollmeier“ veröffentlicht. Im WAKO wurden Wortlisten mit ungebräuchlichen Wörtern und Konsonantenhäufungen, so genannten Konsonantenclustern entfernt. Weiter wurden die Antwortwörter von 6 auf 5 reduziert und die Listen in ihrer Verteilung der Deutschen Sprache angepasst (Abbildung 22). So liegen nun für den Anlautteil 33, für den Vokalteil 25 und für den Auslautteil 14 Wortlisten mit je 5 Wörtern vor, die phonetisch ausgewogen sind. Durch die Modifikation konnte die Mess-

zeit (Mz) bei gleichbleibender Genauigkeit zur Ermittlung des Prozentsatzes korrekter Antworten drastisch reduziert werden [50]. Durch die Reduzierung der Auswahlwörter wurde aber eine Erhöhung der Ratewahrscheinlichkeit von 1/6 auf 1/5 vorgenommen. Die erwarteten Messergebnisse der SV im WAKO liegen so nicht bei 17 bis 100% sondern bei 20 bis 100%. Für eine Anpassung der Ergebnisse an andere Verfahren ohne Ratewahrscheinlichkeit ist die Gleichung 3.1 der Hörtech gGmbH [33, S.26] zu benutzen. Der errechnete Wert trägt die Bezeichnung Sprachverständlichkeitsindex (SVI).

$$SV = SVI = \frac{SV_{WAKO-20\%}}{0,8}, \text{ also: } \frac{SV_{WAKO} - \text{relative Häufigkeit} \cdot 100\%}{1 - \text{relative Häufigkeit}} \quad (3.1)$$

Neben dem RnS und dem WAKO existieren auch Zweisilber-Reimtests. Ein Kinderreimtest der mit dem Einblenden von Abbildungen der im Test genannten Wörter arbeitet und der Zweisilber-Reimtest nach Kliem und Kollmeier der durch das größere Antreffen von zweisilbigen Lauten in der Deutschen Sprache für deren Repräsentation zwar besser geeignet wäre, aber in der Praxis durch eine hohe Testlistenlänge und hohen technischen Aufwand [29, S.4] für die vorgenommenen Messungen nicht in Frage kommt.

3.2 Objektive Messverfahren

3.2.1 Sprachübertragungsindex (STI)⁹

Entgegen den SV-Messverfahren in der Audiometrie werden objektive Messverfahren häufig dann eingesetzt, wenn eine Messung mehrerer Messpunkte benötigt wird oder wenn keine Zeit für aufwändige Probandenmessungen gegeben ist. Es gibt heute eine große Anzahl unterschiedlicher Verfahren, die durch ihre hohe Genauigkeit und gute Repräsentation ihrer Ergebnisse mit der tatsächlich vorherrschenden Situation sich bewährt haben. Das heute am häufigsten zu Einsatz kommende Verfahren ist der Speech-Transmission-Index, kurz: STI. Er berücksichtigt sowohl Störgeräusche als auch Echo,

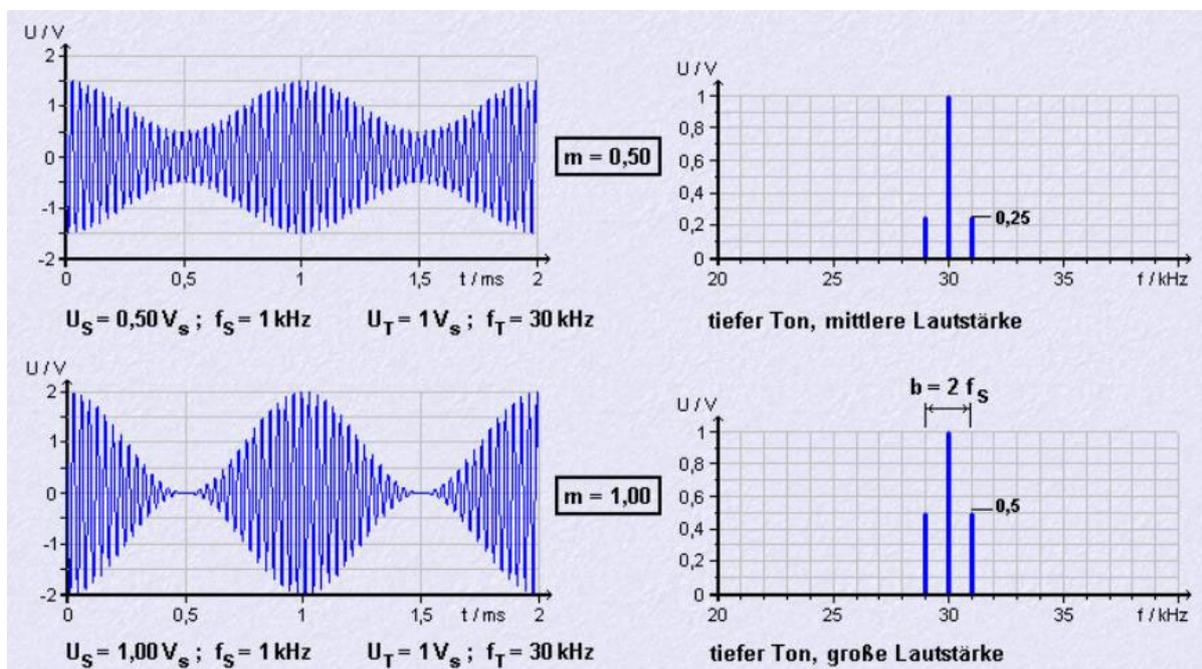


Abbildung 23 Modulationsgrad von $m=1$ und $m<1$ [203]

Nachhall, Einschränkungen der Wiedergabegeräte als auch psychoakustische Effekte wie Verdeckung und die menschliche Hörschwelle. Als Testsignal wird ein siebenfaches bandbegrenzt Oktavbandrauschen verwendet, welches mit 125 Hz bei dem Stimlippengrundton von Frauen beginnt und sich bis 8 kHz erstreckt. Das Rauschen wird mit 14 sehr niedrigen Frequenzen zwischen 0,63 und 12,5 Hz über Amplitudenmodulation (AM) so angepasst, dass es das menschliche Sprachspektrum vollständig abdeckt. Das STI-Verfahren kann sowohl für Übertragungsstrecken, Codiersysteme als auch Raumakustik eingesetzt werden. Es ist nach DIN EN 60268-16 standardisiert. Betrachtet auf die Raum-

⁹ Absatz entstanden unter Verwendung folgender Quellen: [4, S. 536-547]; [5, S. 267-307]; [203]; [42],[44]

akustik wird das modulierte Oktavbandrauschen über einen Lautsprecher ausgesendet und anschließend über ein an anderer Stelle platziertes Messmikrofon eingefangen und ausgemessen. Durch die oben genannten Störeinflüsse wird eine Antwort des Raumes auf die Modulation gegeben. Das Ausgangssignal wird dabei mit einem Modulationsgrad (Mg)

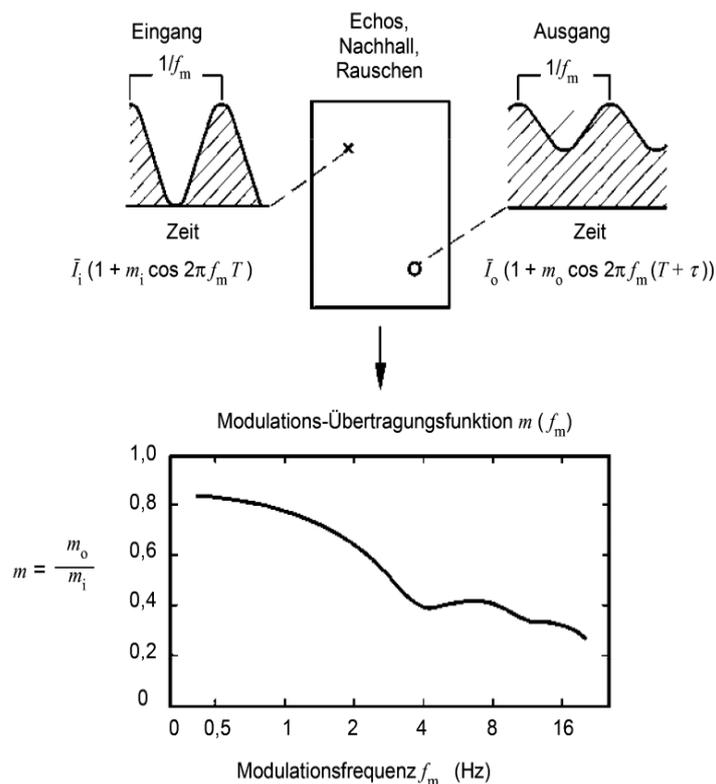


Abbildung 24 generierung der Modulationsübertragungsfunktion [42, S. 16]

von 1 moduliert (Abbildung 23). Das eingefangene Signal wird erneut auf den Mg hin untersucht und der Quotient von gemessenem $Mg m_o$ und dem Mg des Ausgangssignals m_i , bildet den Modulationsübertragungsgrad (Müg). Die Summe aller Müg ergibt die Modulations-Übertragungsfunktion (MTF) $m_{(f_m)}$ (Abbildung 24), die aus 98 Einzelwerten entsteht. Die aus der Impulsantwort ermittelte Intensität der Modulation I_k und die Intensität des Störgeräuschs $I_{Noise,k}$ ergeben zusammen mit der Hörschwelle $I_{rt,k}$ und der Verdeckung $I_{am,k}$ die korrigierte Impulsantwort $m'_{k,f}$ (Gleichung 3.2). Von den berechneten Werten wird in der Folge das effektive Signalrauschverhältnis $SNR_{k,f}$ gebildet. Dabei wird auf +/- 15 dB begrenzt. Ergebnisse, die unabhängig vom Vorzeichen den Wert 15 übersteigen, werden auf 15 korrigiert (Gleichung 3.3). Die $SNR_{k,f}$ werden auf einen Bereich von 0 und 1,0 abgebildet (Gleichung 3.4). Über alle 14 Modulationsfrequenzen wird in Folge der arithmetische Mittelwert (Mw) MTI_k gebildet (Gleichung 3.5). Der STI (Gleichung 3.5) ergibt sich aus der Berücksichtigung der Gewichtung α und einer Redundanzkorrektur β die nach DIN EN 60268-16 normiert sind (Tabelle 2).

$$m'_{k,f} = \frac{m_{k,f} I_k}{I_k + I_{Noise,k} + I_{rs,k} + I_k} \quad (3.1)$$

$$SNR_{k,f} = 10 \log_{10} \left(\frac{m'_{k,f}}{1 - m'_{k,f}} \right) \quad (3.3)$$

$$TI_{k,f} = \frac{SNR_{k,f} + 15}{30} \quad (3.3)$$

$$MTI_k = \frac{\sum_{f=1}^{14} TI_{k,f}}{14} \quad (3.4)$$

$$STI = \sum_{k=1}^7 \alpha_k MTI_k - \sum_{k=1}^6 \beta_k \sqrt{MTI_k MTI_{k-1}} \quad (3.5)$$

Tabelle 2 Oktavbandbewertungsfaktoren für den STI [42, S.42]

Oktavband Hz		125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
männlich	α	0,085	0,127	0,230	0,233	0,309	0,224	0,173
	β	0,085	0,078	0,065	0,011	0,047	0,095	–
weiblich	α	–	0,117	0,223	0,216	0,328	0,250	0,194
	β	–	0,099	0,066	0,062	0,025	0,076	–

ANMERKUNG Die Bewertungsfaktoren für den männlichen STI enthalten ein Artefakt, das gelegentlich bei Durchführung von Vorhersageberechnungen auftreten kann. Wenn das Modulations-Übertragungsverhältnis des 250-Hz-Oktavbands gleich oder kleiner als 0,08 ist (entspricht einem Übertragungsindex TI von 0,15), wobei die übrigen Oktavbänder einen maximalen Übertragungsindex von 1,0 aufweisen, wird der STI -Wert größer als 1,0. Bei vollständig beseitigtem Anteil des 250-Hz-Bands nimmt der STI 1,03 an. Für diese Situation wird empfohlen, den STI -Wert bei 1,0 zu begrenzen. In praktischen STI -Messsituationen ist ein Auftreten dieses Artefakts unwahrscheinlich, da Geräusche dies verhindern.

3.2.2 Sprach-Störschallpegel (SIL)¹⁰

Der nach DIN EN ISO 9921 normierte SIL (Gleichung 3.6) gehört zu einem der Vorgänger des STI. Er wird mithilfe des Sprach-Störschallpegels L_{SIL} (Gleichung 3.7) und des Sprachpegels $L_{S,A,L}$ (Gleichung 3.8) ermittelt. Für den Sprach-Störschallpegel sind die Schallpegel über 4 Oktavbänder ab 500 Hz an der Hörer-Position zu erfassen und über den M_w auszudrücken. Der Sprachpegel wird über die Differenz des Sprachpegels am Ort des Sprechers $L_{S,A,1m}$ und dem 20-fachen Logarithmus des Quotienten vom Sprecher-Hörer Abstand zu einem Meter gebildet. Dabei erfolgt die Festlegung für die Pegelhöhe des Sprecherorts über eine Tabelle der Sprachanstrengung (Tabelle 3).

$$SIL = L_{S,A,L} - L_{SIL} \quad [\text{dB}] \quad (3.6)$$

$$L_{SIL} = \frac{1}{4} \sum L_{N,oct,i} \quad [\text{dB}] \quad (3.7)$$

$$L_{S,A,L} = L_{S,A,1m} - 20 \log \left(\frac{r_{\text{Hörer-Position}}}{r_0} \right) \quad [\text{dB}] \quad (3.8)$$

Tabelle 3 Sprecherschallpegel für entsprechenden Stimmaufwand [44, S.11]

Stimmaufwand	$L_{S, A, 1 m}$ dB
sehr laut	78
laut	72
erhoben	66
normal	60
entspannt	54

¹⁰Absatz entstanden unter Verwendung folgender Quellen: [44], [42]

4 Messdurchführung und –auswertung

4.1 Subjektive Ermittlung der SV

4.1.1 Auswahl & Anpassung der Verfahren¹¹

Da, nach Kapitel 2.3, jeder Mensch eine andere SV besitzt oder Schäden der Hörorgane zu erheblichen Messdifferenzen führen würden, musste ein Bezugspunkt geschaffen werden, um Differenzen der Messobjekte feststellen zu können. Als Bezugspunkt kam deshalb ein Studiomonitor zusätzlich in der Messreihe zum Einsatz (Tabelle 4, 1. Position). Als Invisible-Audio-Treiber kamen ein Solid Drive SD1g für Glas und ein SD1sm für Holzgrundlagen zum Einsatz.

Tabelle 4 Kenndaten der verwendeten Schallgeber

Model	Leistung [W_{RMS}]	LF-Treiber [Zoll]	HF-Treiber [Zoll]	Frequenzgang [Hz]	Wirkungsgrad 1W auf 1m [dB]
t&m Systems 8pa	80	8	1	60-20.000	93
Solid Drive SD1g	30	-	-	60-15.000	-
Solid Drive SD1sm	30	-	-	60-15.000	-

Um eine Messsituation zu erschaffen die einer alltäglichen Anwendung der neuen Schallgeber gerecht wird, wurden als Trägerelemente ein Scheibe und ein üblicher Schultisch ausgewählt (Tabelle 5). Der Tisch wurde mittig in einem schallarmen Raum platziert, um so Freifeldbedingungen zu realisieren. Die Scheibe wurde in einem Winkel von 90° in eine angepasste Vorrichtung gegenüber der Sitzposition des Probanden geklemmt.

Tabelle 5 Trägermaterial

Träger	Material	Länge [cm]	Breite [cm]	Stärke [mm]	Besonderheiten
Scheibe	Floatglas	76	76	8	-
Tisch	Spanplatte	55	130	25	L-Form Gestell, 3mm ABS-Kante

Um Störgeräusche durch Reibung mit der Haltevorrichtung zu vermeiden, wurden Filzdämpfer mit einer Stärke von 3 mm verwendet. Zwischen Tisch und Scheibe war ein

¹¹Absatz entstanden unter Verwendung folgender Quellen: [47],

Podest mit einem Flachbildmonitor aufgestellt, sodass der Bildschirm von der Sitzfläche zwar zu erkennen war, jedoch der Monitor nicht in das direkte Schallfeld der Messkörper ragte. Um weitere Störgeräusche durch Reflexionen am Monitorpult zu unterbinden, ist hier eine noppenförmige Absorbermatte mit einer Stärke von etwa 6 cm verwendet worden. Unmittelbar hinter der Scheibe befand sich der Studiomonitor (LS). Im weiteren Verlauf des Textes wird die Kombination Solid-Drive-SD1g + Scheibe als SDg bezeichnet und die Zusammenstellung Solid-Drive-SD1sm + Tisch als SDh. Eine schematische Skizzierung der Messanordnung ist in Abbildung 23 zu sehen.

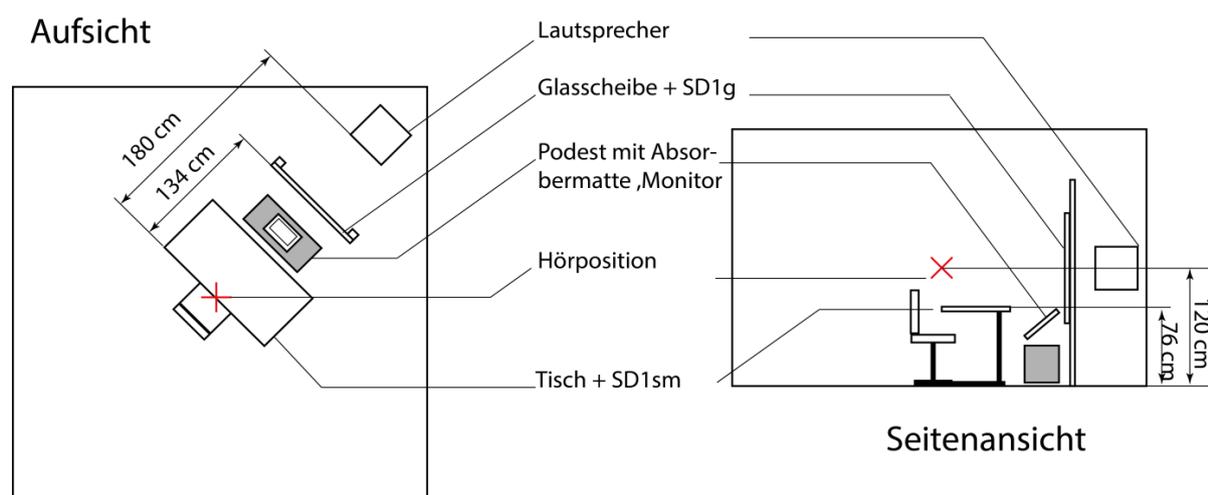


Abbildung 25 Messanordnung mit Abmessungen [erstellt mit dem Programm Adobe Illustrator CS5]

Unmittelbar hinter der Scheibe befand sich der Studiomonitor (LS). Da abgesehen vom FS keine Standards für subjektive Sprachverständlichkeitstest existieren, wurde sich bei der Messplatzgestaltung weitestgehend an der DIN EN ISO 8253-2 „Akustik-Audiometrische Prüfverfahren – Teil2“ orientiert. So wurde eine axiale Anordnung gewählt, auf der sich alle Messobjekte mittig in einer Linie befinden. Zudem wurde die Höhe der Hörposition mit der von LS und SDg gleichgesetzt. Der Gliederungspunkt 5 „Merkmale des Schallfeldes“ sollte in Bezug auf die vorliegende Testsituation erfüllt werden. Jedoch konnte der Unterpunkt 5.2 a) „Freies Schallfeld“ in dem es heißt:

„Der Lautsprecher ist in Kopfhöhe eines sitzenden Probanden aufzustellen. Die Bezugsachse muss durch den Bezugspunkt verlaufen. Der Abstand zwischen Bezugspunkt und Lautsprecher muss mindestens 1 m betragen.“ [47 S.11].

nicht erfüllt werden, da er die vorgegebene Messanordnung von SDh unmöglich gemacht hätte.

Als Antrieb für die passiven Solid Drive Chassis wurde ein hochwertiger Hifi-Verstärker der Firma Yamaha mit der Modelbezeichnung DSP-A2 [202] herangezogen. Das Audio-signal wurde ausgehend von der Soundkarte eines Laborcomputers an ein Mischpult weitergegeben, um die für in Kapitel 4.1.2 relevanten Bedingungen aus der DIN EN ISO 8253 für Audiometrische Messverfahren zu genügen, die vorgibt, dass über ein optisches Anzeigefeld die Amplitude überwacht werden kann. Zusätzlich konnte über hinzuziehen des Mischpultes die Regelbarkeit des Schallpegels verfeinert werden. Da die Messobjekte mit unterschiedlichen Abständen zur Hörposition platziert sind, wurde der Schallpegel aller Messobjekte auf einen Bezugswert von 65 dB eingemessen (Tabelle 6). Die Frequenzbewertung erfolgte A-bewertet, die Zeitbewertung wurde sowohl F- als auch S-bewertet erfasst. Eingemessen wurde in Übereinstimmung mit IEC 60651 anhand des äquivalenten Schallpegels L_{eq} . Dazu verwendet wurde ein Brüel & Kjaer Handpegelmesser des Typs 2270 mit der Software BZ-7222, welches auf einem Stativ platziert wurde. Gemessen wurde an der Hörposition. Für die Pegel 20, 30, 40 und 50 wurde ebenfalls eine solche Pegelanpassung vorgenommen und die jeweiligen Einstellungen am Mischpult und am Verstärker markiert. Die Genauigkeit lag bei +/- 1 dB bei den Pegeln 40, 50 und bei +/- 2 dB bei den Pegeln 20 und 30, bei 65 dB lag der Genauigkeit des L_{eq} bei +/- >0.5 dB. Als Testsignal diente weißes Rauschen.

Tabelle 4 Pegelmessung der Messobjektie und des Raumes in Ruhe

Messung	Verstrichene Zeit	LAeq [dB]	LCpeak [dB]	LAFmax [dB]	LAFmin [dB]
raum ruhe	00:01:01	16,9	50,3	18,2	16,5
w.R. Glas	00:00:59	65	78,5	65,7	46,4
w.R. Holz	00:00:59	65	77,7	65,6	49
w.R. LS	00:00:55	65	77,6	65,7	64,5

Für Die Probanden wurde der Messplatz in sitzender Position bereitgestellt. Während des Tests konnten die Teilnehmer mithilfe einer Kabellosen Maus die auf dem Bildschirm erscheinenden Testwörter nach Grad des Verständnisses auswählen. Die Probanden waren dazu aufgefordert, bei nicht eindeutig verstandenem Wort die Wegwerfoption auszuwählen. Für die Messreihen wurde eine Anzahl von 32 Probanden benutzt. 12 davon waren Frauen, der Rest Männer. Es nahmen Teilnehmer im Alter von 19 bis 33 Jahren an den Tests teil. Das mittlere Alter lag bei Ende 24.

SV-Test Auswahl¹²

Um die Messgenauigkeit zu erhöhen, wurden unterschiedliche Kriterien festgelegt, die zu einem repräsentativen Ergebnis führen. Das Alter der Probanden wurde auf 35 Jahre begrenzt, da altersbedingte Schäden des Innenohres bereits ab dem 40ten Lebensjahr auftreten können. Weitere Kriterien betreffen die Auswahl des Verfahrens. Um eine SV der einzelnen Lautsprecher zu ermitteln, müssten also für jedes Messobjekt mindestens 2 Messungen vorgenommen werden. Erreicht ein Proband einen SV-Wert nahe 0% oder nahe 100% müsste die jeweilige Messung wiederholt werden. Das würde aber auch eine Gesamtzahl von Messungen pro Proband von mindestens 6 Stück plus der darauf folgenden Musikbewertung bedeuten. So stand neben einer hohen Analysemöglichkeit (Alym), einer Repräsentation der Deutschen Sprache (RdDS) und einer möglichst hohen Präzision (Pz) auch eine geringe Mz der Einzelmessungen und Automatisierbarkeit (Atm) des Messverfahrens im Vordergrund.

„Schließlich ist bei experimentellen Verfahren die Zeitdauer der Testserien und deren Wiederholbarkeit bezüglich Aufmerksamkeit und Ermüdung der Versuchsperson zu berücksichtigen.“ [100 S. 23]

Ein weiteres wichtiges Kriterium für eine optimale Anwendung, bezogen auf die hohe Anzahl von Messungen pro Proband, war eine möglichst geringe Lernbarkeit des SV Testmaterials (LdT), da bei häufigen Testwiederholungen der Proband durch teilweises Erkennen bereits benutzter Wörter eine zusätzliche Ratewahrscheinlichkeit mit in die Testergebnisse einbringt. Als letzter wichtiger Punkt wurde die Möglichkeit der Transformation der ermittelten SV Werte in einen STI Wert von 7,5 als Voraussetzung für den Test bestimmt (STI 7,5). Eine geringe Anlernzeit an einen SV-Test ist zwar zu begrüßen, aber nicht maßgeblich für die Ergebnisse und deren Auswertungsmöglichkeit. Zwischen den in Kapitel 3.1 vorgestellten SV Tests fiel die Wahl auf den Einsilber-Reimtest in der modifizierten Variante nach Wallenberg und Kollmeier. Zunächst wurden die genannten Satztests als ungünstig eingestuft, da dort eine hohe Anzahl von Testdurchläufen für eine geringe Pz erforderlich wäre. Der OLSA bietet zwar eine reduzierte Mz – so ist es möglich dass nach in etwa 10 Satzlisten bereits ein angenäherter SVS Wert gegeben ist, jedoch besitzt der Test eine sehr hohe LdT. Aufgrund des geringen Gesamtwortinventars von 50 ist zu erwarten, dass Probanden bei später gemessenen Messobjekten keine ausreichend reproduzierbaren Ergebnisse generieren werden, da ein Teil der Wörter zu dem Zeitpunkt schon bekannt ist. Zudem ist der Test für Probanden mit einer mnemotechnisch ausgeprägten Auffassungsgabe als ungeeignet zu deklarieren [37]. Anfangs wurde zwar ein weiterer Test aufgrund seiner Standardisierung noch favorisiert, welcher dann aber Schwä-

¹² Absatz entstanden unter Verwendung folgender Quellen: [100]; [101]; [37], [50], [21], [39], [147], [152],[204],[200]

chen in der für diese Messung relevanten Kriterien zeigte. Gemeint ist der berühmte Freiburger Sprachtest. Der größte Mangel ist hier sicher die dauerhafte direkte Interaktion mit dem Probanden und die daraus resultierende fehlende Atm. Jedoch bietet der FS einen großen Schatz an praktischer Erprobung und damit verbundener Verlässlichkeit der erzeugten Messungen. Das wird bestätigt, da es bis zum heutigen Zeitpunkt auch der einzige SV-Test für Erwachsene in Deutschland ist, der von den gesetzlichen Krankenkassen anerkannt wird. Für eine vollständige Erhaltung dieser hohen Pz der SVS muss der FS jedoch vollständig, also in Wort und Zahl, durchgeführt werden. Trotzdem wurde der Test aufgrund der langjährigen Erfahrung in der Audiometrie näher betrachtet und enger in die Auswahl gezogen. Literaturrecherchen ergaben, dass K. Schubert in seinem Buch „Sprachhörprüfmethoden“ bereits 1958 schwere Kritik am von Hahlbrock entwickelten Testverfahren übte:

„Hahlbrock hebt als besonderen Vorteil seiner Sprachteste (1953) hervor, daß sie nach amerikanischem Vorbild aufgebaut seien. Jede Sprache ist aber ein Individuum, so daß derjenige Sprachtest der beste ist, der die nationale Eigenart am treuesten widerspiegelt.“

und

„Die Hahlbrockschen Sprachteste zeigen folgende Nachteile und sind daher zur Begutachtung des Sprachgehörs nicht geeignet.

- 1. Starke Abweichung von der prozentualen Lautverteilung im Deutschen.*
- 2. Sehr verschiedene Bekanntheitsqualität der Worte.*
- 3. Beschränkung des Wortmaterials auf eine Wortklasse.*
- 4. Unmöglichkeit, die Wortteste in sinnvoller und sinnloser Form anzuordnen zwecks Prüfung der Kombinationsgabe.*
- 5. Fehlende Relation zur deutschen Umgangssprache.“* [101, Vorwort]

Auch weitere Quellen wurden untersucht. In einem Bericht über die „Untersuchung zur Verständlichkeit des Freiburger Sprachtests mit dem Göttinger Satztest und dem Einsilber-Reimtest nach Wallenberg und Kollmeier“ in der 57. Ausgabe der 2009 erschienenen „HNO“, also fast 60 Jahre nach Schubert’s Veröffentlichung, hieß es:

„Die häufige Verwendung dieses Verfahrens ist heutzutage keineswegs mehr mit seiner besonderen Testqualität zu begründen. Es ist seit langem bekannt, dass die Testlisten nicht gleich schwierig sind, die Aufnahmetechnik nicht mehr zeitgemäß ist und die Aussprache der Testwörter als unnatürlich und überartikuliert beurteilt wird.“ [50, S.239]

Das untermauert die Aussage von Schubert. Im selben Untersuchungsbericht waren auch „höhere Verständlichkeiten im WaKo-Einsilber-Reimtest bei gleichen Darbietungspegeln“ zu sehen. Eine Untersuchung von 2012 wurde in der 61ten Ausgabe des HNO veröffentlicht, in der „der Einsatz neu-

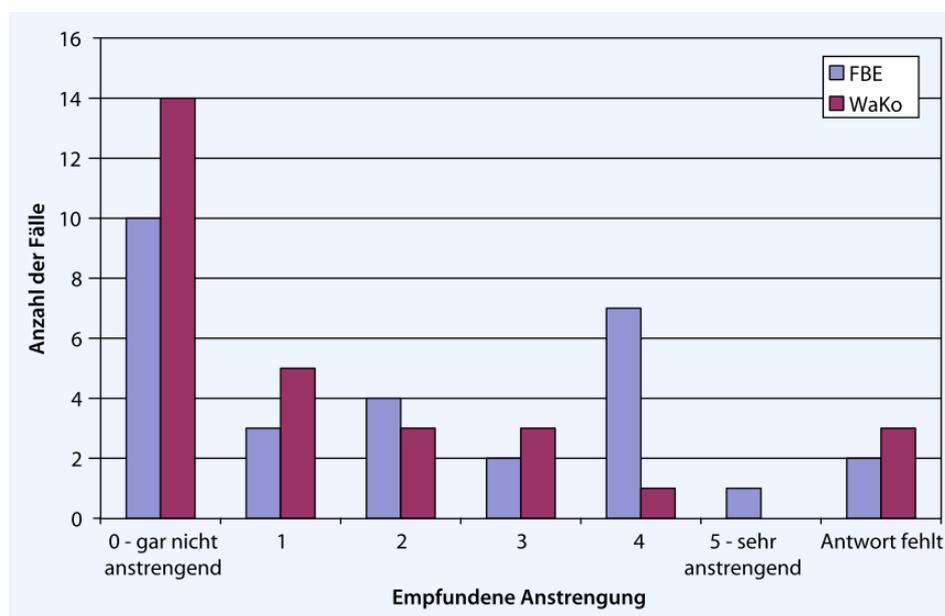


Abbildung 26 Empfundene Höranstrengung zwischen Einsilben-Teil des FS und WAKO [51, S.21]

er Testverfahren zur Erfassung des Sprachverstehens in Ruhe bei der Begutachtung erworbener Schwerhörigkeiten“ näher betrachtet wurde. Darin wurden die Probanden auch auf die empfundene Höranstrengung hin befragt (Abbildung 24), wonach über eine explosionsartige Aussprache der Testwörter im FS geklagt wurde.

Zur weiteren Auswahl standen noch die Reimtestverfahren, die gleich mehrere Vorteile miteinander vereinten und für die bevorstehende Messung sehr geeignet erschienen. So ist neben der guten RdDS auch eine sehr gute Atm gegeben. Eine geringe Mz steht hier in direktem Zusammenhang mit einer hohen Pz. Ganz besondere Beachtung bekommt hier aber die Aym, die neben den einzelnen Lauten auch die Zeitachse gesprochener Laute in drei Schichten untersucht (Abbildung 15). Eine geringe Anlernzeit ist aufgrund der gegebenen Atm und der einfacher Bedienung der erhältlichen Systeme ebenfalls geschaffen. Die LdT ist hier jedoch äußerst gering, da je nach verwendeten Wortlisten zwischen 360 (Wako) und 594 (Sotscheck) Testwörtern verwendet werden, die aufgrund ihrer hohen phonemischen Ähnlichkeit zueinander auch über mnemotechnische Lernstrategien in ihrer Wiederkehr nicht zu erlernen sind. Darüber hinaus sind die Diskriminationskurven der Reimtests sowie der des Einsilber-Teils des FS, die einzigen, mit der eine grafische Transformation auf den STI 7,5 möglich ist. Bezogen auf den WAKO, müsste eine 98% SV vorherrschen, damit ein STI-Wert von 7,5 erreicht werden kann (Abbildung 27). Sowohl

Satztests als auch Zahlenwörter-Tests haben aufgrund ihrer leichteren Verständlichkeit einen steileren Anstieg, was folglich auch eine Transformationsmöglichkeit zu niedrigen STI-Werten ermöglicht. Zwischen einem STI von 4.0 und 7,5 kann demnach nicht unterschieden werden, da die 100% SV bereits vorher unter diesem Test erreicht wurde.

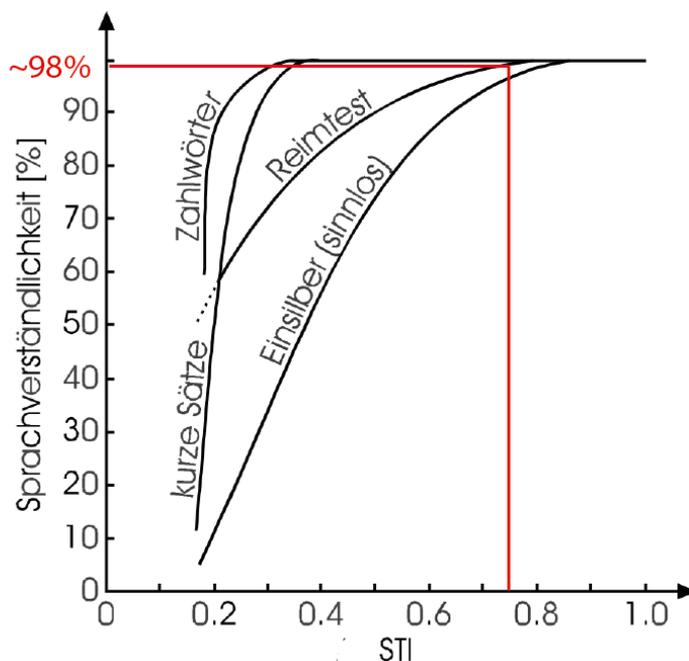


Abbildung 27 Korrespondenzfunktionen verschiedener Testverfahren mit Abtragung des STI 7,5 auf WAKO [39, S.13]

Ergänzend sei hier noch eine Variante der SV-Testverfahren genannt, der sogenannte Logatomtest (siehe „Sinnlose Wörter“, Tabelle 1), auch unter CVC-Test bekannt. Anders als das Testmaterial der anderen genannten Verfahren können Logatome keinen natürlichen Sprachfluss aufweisen sondern nur Phonologisch an eine Sprache angepasst werden.

„bab, blef, kruz, strim, glutsch,...“ [1, S.147]

Eine echte Repräsentierbarkeit der Sprache ist daher nur sehr eingeschränkt möglich. Dazu werden Reimtests als genauer bewertet. Die Vorteile in der höheren Verständlichkeit und der im Vergleich zu Logatomtests sehr kurzen Einarbeitungsphase [1, S. 152] und die weiter oben erwähnten Kritik am Freiburger Sprachtest verlagerten die Auswahl auf den WAKO.

Zu Gunsten der besseren Übersicht und der Prüfung der Auswahl sind die Auswahlkriterien in Tabelle 7 nochmals zusammengefasst. Dort wird ersichtlich, dass die einzelnen Feststellungen auf den vorangegangenen Seiten eine eindeutige Sprache sprechen und demzufolge der RnS oder der WAKO für die Messungen mehrerer unterschiedlicher technischer Messobjekte, für deren aussagekräftige Ergebnisse eine gehobene Anzahl von Probanden erforderlich ist, am ehesten in zum Einsatz kommen sollte.

Tabelle 5 Unterschied der SV-Tests in Hinblick auf die Auswahlkriterien

Test	Alym	RdDS	Pz	Mz	Atm	LdT	STI 7,5
FS Zahl	+	++	+	+	-	+	-
FS Wort	+	+	++	+	-	+	++
GöSa	-	++	+	-	-	+	-
OLSA	+	++	-	++	+	--	-
RnS	++	+	-	-	+	++	+
WAKO	++	+	-	+	+	++	+
CVC	+	--	++	-	+	++	-

Reduzierung der Ratewahrscheinlichkeit¹³

Da aber eine Diskrepanz der Pz zu den restlichen Vorteilen des Verfahrens bestand, fiel die Konzentration zunächst auf deren Verbesserung. Um eine solche Verbesserung zu ermöglichen, müsste nach Gleichung 3.1 (S.22) die Rw, bzw. die damit ausgedrückte relative Häufigkeit, dass ein Raten eintritt, reduziert werden. Die relative Häufigkeit ($h_n(E)$) ist definiert als Quotient der absoluten Häufigkeit ($H_n(E)$) und der Gesamtzahl (n) der in der Menge enthaltenen Elemente (Gleichung 4.1). Bezogen auf die gegebene Situation in einem WAKO liegt die Anzahl aller Elemente bei 5, also bei der der Wahlwörter. Die Anzahl des Eintretens eines Elements

$$h_n(E) = \frac{H_n(E)}{n} \quad (\text{Gleichung 4.1})$$

bzw.

$$\text{relative Häufigkeit} = \frac{\text{Anzahl des Eintretens eines Elements}}{\text{Gesamtzahl aller Elemente in der zugrunde liegenden Menge}}$$

liegt bei 1, also einer Auswahlmöglichkeit. Soll nun $h_n(E)$ sinken, muss entweder die Anzahl der Wahlwörter erhöht werden, oder die Auswahlmöglichkeit verkleinert werden. Da eine Erhöhung der Wahlwörter zu einer ähnlichen Situation wie dem RnS führen würde, der noch durch eine erhöhte Testzeit kritisiert wurde, fiel hier die Überlegung auf eine Anpassung der Auswahlmöglichkeiten. So wurde die Idee umgesetzt, eine weitere Antwortmöglichkeit in Form eines Wegwerfsymbols bei nichtverstandenen Testwort zu

¹³ [38

schaffen. Die Ratewahrscheinlichkeit fällt damit aber nicht komplett weg, da nun zwei Fälle den Extremwert definieren. Fall 1: Alle Testwörter die nicht verstanden wurden werden weggeworfen. Fall 2: Alle Testwörter die nicht verstanden wurden werden geraten. Somit halbiert sich aber die Menge der absoluten Häufigkeit auf 1/2. Im Ergebnis heißt das, dass durch Zugabe einer Wegwerfoption die Ratewahrscheinlichkeit ebenfalls halbiert wird und sich er SVI nun mit folgender Gleichung 4.2 berechnen lässt.

$$\begin{aligned}
 SVI &= \frac{SV_{WAKO} - 10\%}{0,9} = \frac{SV_{WAKO} - \frac{H_n(E)}{n} \cdot 100\%}{1 - \frac{H_n(E)}{n}} & (4.2) \\
 &= \frac{SV_{WAKO} - \frac{\left(\frac{(1+0)}{2}\right)}{5} \cdot 100\%}{1 - \frac{\left(\frac{(1+0)}{2}\right)}{5}}
 \end{aligned}$$

An dieser Stelle würden aber Probanden mit einer hohen Neigung zum Raten besser gewichtet werden, als ihr Ergebnis es zulässt. Andere Probanden, die eine geringere Toleranz besitzen und immer eine Kombination weg werfen, wenn sie nicht eindeutig zu verstehen war, würden demnach zu schlecht gewichtet in ihrem Ergebnis. Die Folge dessen war eine weitere Überlegung und so wurde die relative Häufigkeit auf Raten (Gleichung 4.4) für jeden Probanden separat in die SVI Gleichung eingebaut. Demnach lautet die resultierende Gleichung 4.3:

$$SVI = \frac{SV_{WAKO} - \frac{(h_{raten} n(E))}{5} \cdot 100\%}{1 - \frac{(h_{raten} n(E))}{5}} \quad (4.3)$$

$$h_{raten} n(E) = \frac{n_{Wegwerfoption}}{n_{falsche Antwort}} \quad (4.4)$$

Nach dieser Anpassung würde ein Proband mit 7 falschen Antworten aber 0 benutzten Wegwerfoptionen mit 0 gewichtet und mit der ursprünglichen Näherung des WAKO der Ratewahrscheinlichkeit von 20% mit seinem Ergebnis in die Messreihe fallen. Ein Proband allerdings, der 15 Fehler generiert und 11 davon über die Wegwerfoption als nicht verstanden kennzeichnete, würde mit 0,73 gewichtet und sein Ergebnis wird mit einer nur 5,4%-tigen Ratewahrscheinlichkeit in die Messreihe mit eingehen. Im Fall, das ein Proband 0 Fehler macht, wäre das Ergebnis der Analyse ohnehin nicht von Bedeutung.

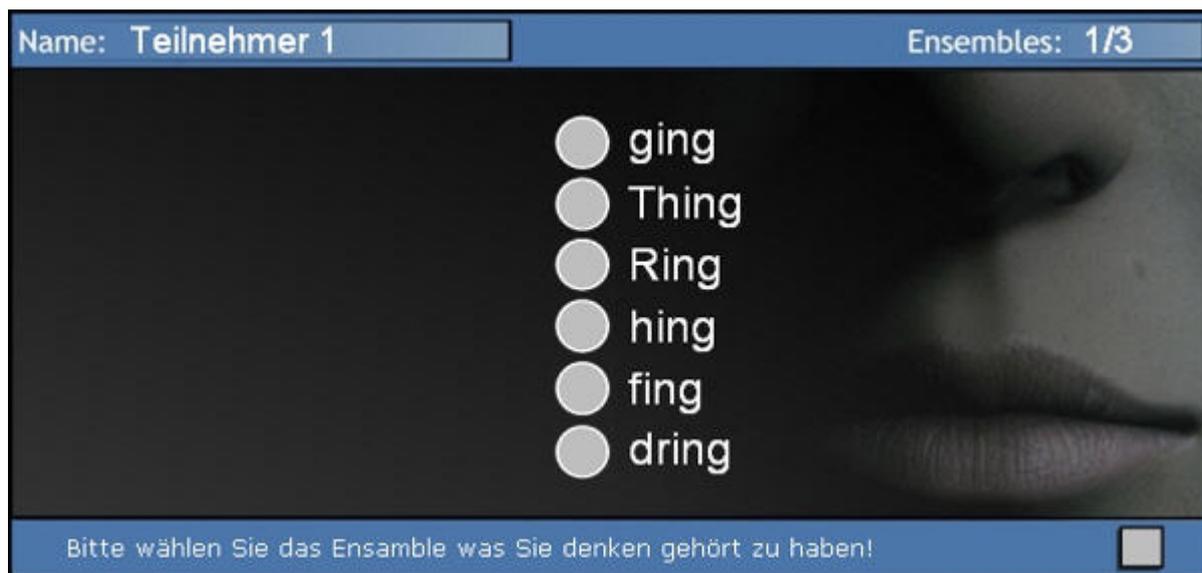


Abbildung 28 Wahlfeld während der Messung des Simasoft Reimtestprogramm [200]

Software¹⁴

Für die Programmierung einer entsprechenden Software, um einen Reimtest mit diesen Vorgaben durchführen zu können, war keine Zeit gegeben. Von der Universität Cottbus wurde ein Programm ausfindig gemacht das unter der Firma Simasoft kostenlos im Internet zum Download angeboten wird. Da es sich um ein Programm handelte, was noch mit dem alten System von Sotscheck arbeitete und da es einen eingebauten Editor besaß, mit dem eine Portierung/Ersetzung der Wortlisten möglich war, wurde dieses Programm als Basis für die Messungen verwendet. Es besitzt die Möglichkeit eines vollautomatischen Testablaufs, in dem nach eingeblendetem Countdown dem Probanden ein Wort über Lautsprecher eingespielt wird. Auf dem Monitor erscheint dann ein Feld, das die Auswahl von 6 Einsilbern frei gibt (Abbildung 28). Nach abgeschlossenem Testlauf wird eine Statistik erstellt (Abbildung 29), in der sowohl die Einzellaute-Verständlichkeit, $SV_{Sotscheck}$ (ungeachtet) als auch die SVI (gewichtet mit einer Ratewahrscheinlichkeit von $1/6$) angegeben werden. Als Wegwerfoption, um die verbesserte Gleichung der reduzierten R_w nutzen zu können, wurde die vorhandene Wortliste komplett gegen die von WAKO-Liste getauscht. Mit der Folge, dass ein Feld frei zur Verfügung stand. Dieses Feld sollte als Wegwerfoption benutzt werden. Da der Quellcode der Software aber nicht greifbar war, konnte nicht verhindert werden, dass das sechste Wort im Test auch vorkam. Aus diesem Grund wurde statt eines Wortes ein Breitbandrauschton eingefügt was im Ein- und Auslaut gedämpft wurde um explosionsartige Einschübe, wie sie im FS bemängelt wurden (Kapitel 4.1.1 SV-Testauswahl) zu unterbinden. Des Weiteren fand, um das Signal wegen das dichten Spektrums an die Lautstärke des im Test verwendeten Materials anzupassen, eine Redu-

¹⁴Absatz entstanden unter Verwendung folgender Quellen: [200]

zierung im Pegel um -3 dB statt. Da sonst trotz desselben Pegels eine deutliche Erhöhung der wahrnehmbaren Lautstärke die Folge wäre [201]. Der Text des Rauschsignals wurde mit sieben Bindestrichen ausgedrückt. Der Proband erhielt also eine Auswahl von 5 Ein-silber Testwörtern und einem Wort in dem folgendes stand: „-----“ und so die Wegwerfoption symbolisierte. Da die Anzahl der Rauschsignale von der Ergebnismenge abgezogen werden musste, und da die Gewichtung der SVI (hier: „wahre“ Verständlichkeit“) für die 5-Wörter Testlisten nicht verwendet werden kann, mussten Ergebnisse in einer separaten Auswertungstabelle erfolgen. Das hierfür benutzte Programm war Microsoft Excel 2010.

Teilnehmer Name: Teilnehmer 1					
Ensemble	Zielwort	gewähltes wort	wechsellautstellung	Testwortwiederholung	Ergebnis
1	nein	nein	Anlaut	1 mal	Richtige Antwort
2	süd	süd	Mittellaut	1 mal	Richtige Antwort
3	grab	grab	Endlaut	1 mal	Richtige Antwort
4	nag	nag	Anlaut	1 mal	Richtige Antwort
5	-----	-----	Mittellaut	1 mal	Richtige Antwort
6	-----	-----	Endlaut	1 mal	Richtige Antwort
7	noch	noch	Anlaut	1 mal	Richtige Antwort
8	Sand	Sand	Mittellaut	1 mal	Richtige Antwort
9	muß	muß	Endlaut	1 mal	Richtige Antwort
10	Hund	Hund	Anlaut	1 mal	Richtige Antwort
11	Heer	Heer	Mittellaut	1 mal	Richtige Antwort
12	mim	mim	Endlaut	1 mal	Richtige Antwort
13	Tann	dann	Anlaut	1 mal	Falsche Antwort
14	Mist	Mist	Mittellaut	1 mal	Richtige Antwort
15	schieß	schief	Endlaut	1 mal	Falsche Antwort
16	Pier	Pier	Anlaut	1 mal	Richtige Antwort
17	-----	-----	Mittellaut	1 mal	Richtige Antwort
18	miet	-----	Endlaut	1 mal	Falsche Antwort
19	Raum	Raum	Anlaut	1 mal	Richtige Antwort
20	Moll	Moll	Mittellaut	1 mal	Richtige Antwort
21	Lob	-----	Endlaut	1 mal	Falsche Antwort
22	-----	-----	Anlaut	1 mal	Richtige Antwort
23	böt	böt	Mittellaut	1 mal	Richtige Antwort
24	web	web	Endlaut	1 mal	Richtige Antwort

Verständlichkeit einfach	: 83,33 %
"wahre" Verständlichkeit	: 80 %
Anlaut	: 87,5 %
Mittellaut	: 100 %
Endlaut	: 62,5 %

Abbildung 29 Statistische Auswertung des Simasoft Reimtestprogramm [200]

4.1.2 Wortlistenstellung¹⁵

Anders als bei der Messsoftware, gestaltete sich die Beschaffung von Wortlisten in Form von Tonmaterial als schwierig. Folglich wurde eine eigene Aufnahme erstellt. Die laut DIN 8253-3 „Akustik – Audiometrische Prüfverfahren – Teil 3: Sprachaudiometrie“ genannten technischen Bedingungen 4.1-4.9 konnten erfüllt werden. Um auch der linguistischen Vorgabe in Punkt 4.2 weitestgehend gerecht werden zu können, obwohl kein geschulter Sprecher zur Verfügung stand, wurde wie später beschrieben vorgegangen. Im Unterpunkt 4.2 der DIN 8253-3 heißt es:

„Ein geeigneter Sprecher oder eine geeignete Sprecherin sollte eine normale und klare Artikulation ohne ausgeprägten Dialekt haben. Er oder sie sollte angewiesen werden, auf Deutlichkeit, natürliches Sprechtempo und natürlichen Stimmumfang zu achten sowie die Hervorhebung von Schlüsselwörtern zu vermeiden.“ [48]

Um eine Eindämmung schlecht formulierter Aussprache oder Dialektik vorzunehmen, wurde jedes der 360 Wörter der WAKO Wörterlisten zwischen drei und sieben Mal auf gesprochen (Abbildung 30). Zusätzlich wurde Wert auf Kontinuität in Pegel und Zeit schon während der Aufnahme gelegt, indem die Amplitude über die Zeitachse überwacht wurde und Korrekturen in der Aussprache in Echtzeit vorgenommen werden konnten. Von den Ergebnistondateien wurde nach oben genanntem Unterpunkt die Auswahl der Testwörter getroffen. Nach deren Auswahl fand eine erneute Anpassung im Schallpegel mit dem Programm Audacity statt.

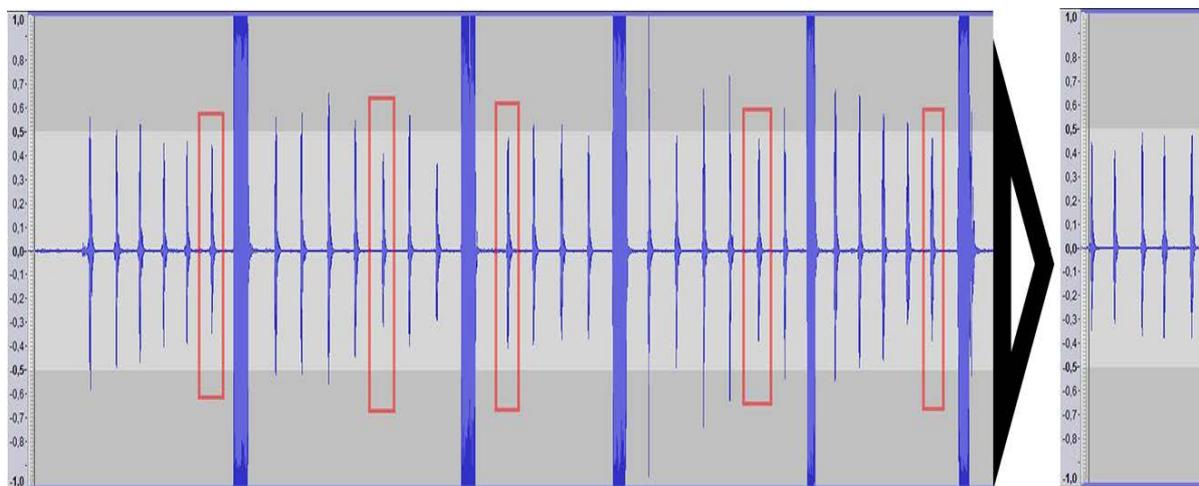


Abbildung 30 Auswahl der Tonaufnahmen über das Programm:Audacity

¹⁵Absatz entstanden unter Verwendung folgender Quellen: [48]

4.1.3 Auswertung

Für die in den Kapiteln 4.1.3 und 4.2.2 und 5.2 errechneten Ergebnisse wurden mit den statistischen Werkzeugen des arithmetischen Mittels (M_w) (Gleichung 4.5) und der Standardabweichung (S_{taw}) (Gleichung 4.6) alle folgenden Auswertungen durchgeführt.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (4.5)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}} \quad (4.6)$$

Für die Auswertung wurde die Software Microsoft Excel 2010 benutzt. Alle folgenden Diagramme, als auch die Diagramme im Anhang, wurden damit erzeugt.

Die Auswertung der Probandenmessung erfolgte damit, dass die Ergebnislisten in MS Excel übertragen wurde. Um eine geringe Messzeit zu gewähren und dementsprechend die Gefahr der Ermüdung und damit verbundener Verfälschung der Messergebnisse gering zu halten wurden 24er Testwortlisten verwendet für jeden einzelnen Durchlauf. Dabei wurde beachtet, dass das Vorkommen des Rauschsignals, also der „-----“ – Wegwerfoption von der Gesamtsumme der n-Testwörter abgezogen wurde.

Es gab je Proband eine leise und eine laute Messung für jedes Messobjekt. So wurde in Folge mit der Gleichung 4.3 die SV jeweils für den An-, Mittel-, und Auslaut der leisen Messung und dann der lauten Messung errechnet. Die Formel 4.3 konnte verwendet werden, da nachgewiesen werden konnte dass das Rauschsignal nicht als Wort fehlerkannt wurde. Von 705 aufgetretenen Rauschsignalen wurde nur 4 Mal ein Wort statt eines Rauschens vermutet. Die Wahrscheinlichkeit das ein Proband das Rauschen nicht erkennt, liegt demnach bei 0,57%. Der Mittelwert der drei einzelnen SV bildet die Gesamt SV der jeweiligen benutzten Lautstärke.

Tabelle 6 Messung 2 - leise: Bereich zw. 0-50%

		SV Anlaut	SV Mittellaut	SV Endlaut	SVI 1
LS	Mw	17,55%	47,93%	26,26%	30,58%
SDg	Mw	9,06%	44,30%	19,81%	24,39%
SDh	Mw	23,03%	62,40%	29,29%	38,24%
LS	Staw	14,23%	21,50%	17,59%	11,95%
SDg	Staw	14,56%	28,32%	17,67%	13,25%
SDh	Staw	22,70%	23,15%	16,78%	14,20%

Tabelle 7 Messung 2 - laut: Bereich zw. 50-100%

		SV Anlaut	SV Mittellaut	SV Endlaut	SVI 2
LS	Mw	55,56%	84,58%	64,61%	68,25%
SDg	Mw	67,35%	83,91%	67,84%	73,04%
SDh	Mw	66,74%	88,94%	68,64%	74,77%
LS	Staw	22,57%	18,45%	20,66%	10,80%
SDg	Staw	19,23%	18,53%	18,85%	10,49%
SDh	Staw	18,46%	11,24%	18,49%	10,21%

Der Grund für die hohe Staw liegt einmal an der kurzen Wortliste von 24, aber auch sehr an den bei niedrigen Pegeln größeren Hörunterschieden der Probanden.

Im nächsten Schritt wurde der SVS ermittelt, dazu wurde beachtet das nicht für jeden Probanden der Selbe Messpegel benutzt werden konnte, um einen Wert zw. 0-50% zu erhalten. Somit wurde über lineare Interpolation der Anstieg des Schallpegels mit Hilfe der gewonnenen SV Einzelwerte bei einem gesuchten Schallpegel ermittelt. Tabelle 10 zeigt das Beispiel von einer Interpolation auf 30dB. Der Wert des SVS bei dem jeweilig gerade berechneten Schallpegel konnte nun in der rechten Spalte abgelesen werden.

Tabelle 8 Gesamt SVS bei 30dB

		SVS 30dB An- laut	SVS 30dB Mit- tellaut	SVS 30dB Endlaut	SVS 30dB Ge- samt
LS	Mw	50,94%	80,74%	60,95%	64,21%
SDg	Mw	41,46%	66,21%	45,50%	51,05%
SDh	Mw	44,03%	76,47%	47,35%	55,95%
LS	Staw	20,00%	18,48%	19,84%	10,47%
SDg	Staw	18,38%	21,53%	19,48%	12,86%
SDh	Staw	15,30%	16,08%	12,11%	9,00%

Über die Ermittlung der SVS Gesamt bei den Pegelwerten 20, 25, 30, 35, 40 konnte eine Diskriminationskurve für die Messobjekte abgetragen werden (Abbildung 31). An deren Verlauf ist zu erkennen, dass der Lautsprecher bei allen Pegeln am besten verstanden wurde. Der Tisch war bei sehr niedrigen Pegeln noch vergleichbar auf einem Niveau mit dem Studiomonitor, fiel aber bei steigendem Pegel dann doch merklich ab. Die Glasscheibe verhielt sich genau entgegengesetzt und konnte mit einem deutlich steileren Anstieg der Dkf bei höheren Pegeln an die SV des LS heranreichen. Die 50% Sprachverständlichkeit und der Pegelabstand der unterschiedlichen Messobjekte kann ebenfalls aus der Abbildung herausgelesen werden. Weitere grafische Darstellungsformen sind im Anhang zu finden.

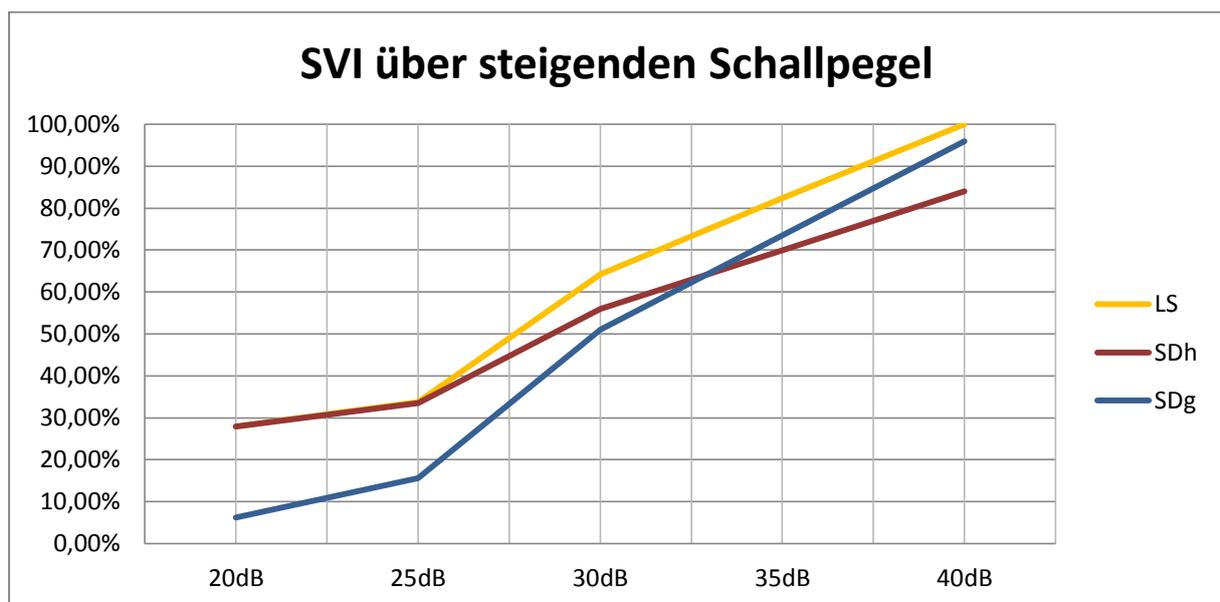


Abbildung 31 Diskriminationskurven der Messobjekte

Die Probanden empfanden die Gesamttestzeit von zirka 25 Minuten für angenehm und nicht anstrengend. Die Ergebnisse zeigten auch, dass von insgesamt im Test vorgekommenen 1691 Auswahlfehlern der Probanden, 686 Mal die Möglichkeit der Wegwerfoption genutzt wurde. Im Gegensatz dazu, wie bereits erwähnt, 0,57% ein Rauschsignal nicht als Rauschen erkannt wurde. Das zeigt dass die Reduzierung der Ratewahrscheinlichkeit Erfolg hatte.

4.2 Objektive Ermittlung der SV

4.2.1 Auswahl & Anpassung der Verfahren¹⁶

Die Generierung der für die STI Messung benötigten AM war aufgrund der dazu benötigten Frequenzen von teilweise unter 1 Hz nur mit sehr wenigen Geräten möglich. In diesem Fall konnte mit sehr alten analogen Frequenzgeneratoren, die diese Möglichkeit noch besaßen, diese Lücke geschlossen werden. Es hat sich jedoch heraus gestellt, dass kein ausreichend präzises Messsystem vorhanden war, um den Modulationsgrad der STI-AM Signale zu erfassen. Aus diesem Grund wurde dazu übergegangen, nach alternativen Möglichkeiten zu recherchieren, um einen STI Wert objektiv zu ermitteln. Die Wahl fiel somit auf das SIL-Messverfahren, nach dem es möglich ist, unter der Voraussetzung einer geringen Nachhallzeit von $t < 1$ s über eine Näherungsformel (Gleichung 4.2.1), eine Umrechnung auf STI vorzunehmen.

$$4 \cdot STI = 0.1 \cdot \frac{SIL}{1dB} + 0,9 \quad (4.7)$$

Da der SIL aber mit vorgegebenen Sprachanstrengungen arbeitet und lediglich den Störschall misst, ist eine Beurteilung unterschiedlicher Signalquellen hier nicht möglich gewesen, da als Störschall während der Probanden Messungen Ruhepegel des Messraumes gebildet wurden. Jedoch kann statt der verwendeten Tabellenvorgabe für den Stimmenauf-

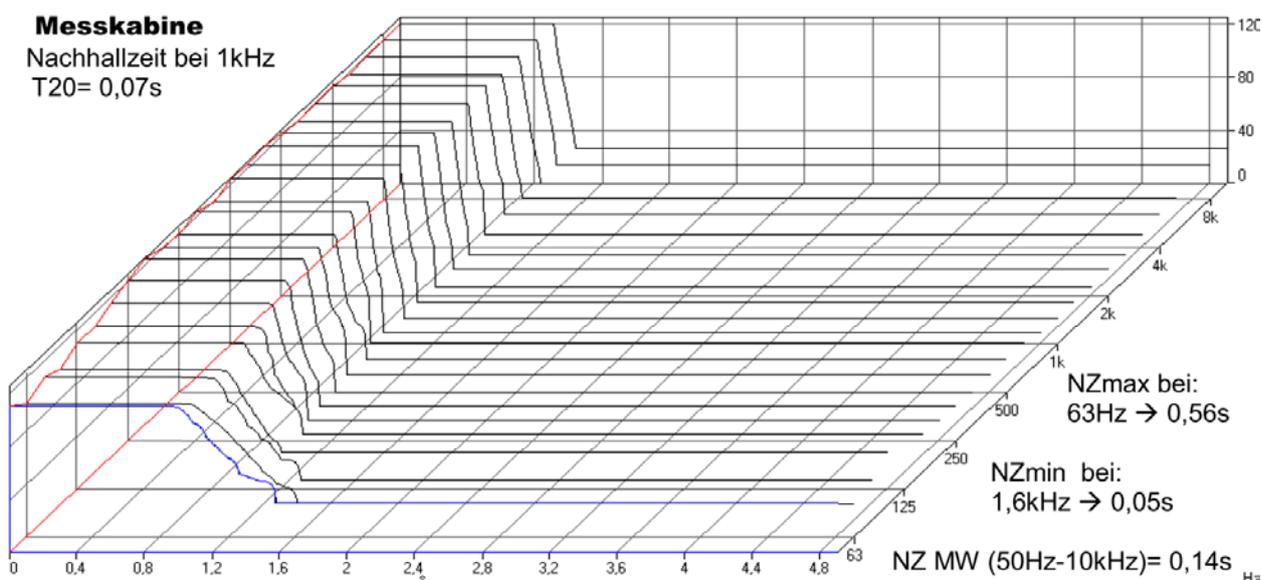


Abbildung 32 Nachhallzeit der Messkabine

wand (Tabelle 3) auch ein vorhandener ausgemessener Geräuschpegel für den Sprecherpegel eingesetzt werden. [5, S.251] Somit wurden an der Hörposition (Abbildung 25) unter Verwendung von weißem Rauschen des äquivalenten Schallpegels L_{eq} ausgemessen

¹⁶ Absatz entstanden unter Verwendung folgender Quellen: [5, S.241-242, 83]

bei 20, 30, 40 und 65dB, sowohl für SDg als auch für SDh. Als Tonsignal für den Sprechschall diente hier das Material des Reimtests. Indem alle Testworttondateien des Testwähren der Pegelmessung abgespielt wurden. Die Messdauer betrug jeweils 3,4 Minuten, für das durchlaufen aller Testwörter. Messwerkzeug und die Messanordnung wurden wie in Kapitel 4.1.1 beschrieben verwendet. Um die Gleichung (4.7) als Basis aber zu nutzen, wurde zunächst noch eine Nachhallzeitmessung, für den Schalltoden Raum ausgewertet, der vor einigen Monaten erstellt wurde (Abbildung 31). Damaliges Messsystem war das bereits in Kapitel 4.1.1 genannte Brül & Kiaer 2270. Messpunkt war die Raummitte mit 1 Meter Höhe zum Erdboden. Das Ergebnis zeigt, dass die Nachhallzeit der Kabine in einem Frequenzbereich von 500 – 4000 Hz eine Nachhallzeit von unter 1 Sekunde besitzt und die SIL für die STI Transformation benutzt werden konnte.

4.2.2 Auswertung

Tabelle 9 SIL bei 30db

Frequenz [Hz]	Leq SDh [dB]	Leq SDg [dB]	Leq ruhe [dB]	SIL SDh [dB]	SIL SDg [dB]	STI SDh	STI SDg
30 dB				1,22	1,173	0,256	0,254
500	7,1	6,62	-3,24				
1000	9,75	9,28	0,63				
2000	8,03	7,73	4,18				
4000	8,75	8,79	7,38				
L SIL:	8,4075	8,105	2,2375	6,17	5,868	0,379	0,372
Staw:	0,971040035	1,0241704	3,962501577				

Die Messungen ergaben, dass der SIL für die Scheibe bei höheren Pegeln schlechter ausfiel, als der des Tisches (Abbildung 33). Die Standardabweichung bei niedrigen Pegeln steigt an, was auch bei den Auswertungen der SV-Tests zu beobachten war (siehe Tabelle 8 und 9, die unteren beiden Zeilen). Da die Näherungsformel für den STI Wert linear verläuft, sind die Kurvenverläufe gleich. Eine grafische Auswertung, der berechneten 4 Pegel ergab, dass zwischen 40 dB und 65 dB ein rapider Anstieg verläuft. Aus diesem Grund wurde ein Messwert, in die Berechnungen mit aufgenommen, der bei 47dB lag. Das neue Ergebnis bestätigte die Vermutung, dass bei der 65dB Messung ein Fehler unterlaufen ist. Andernfalls steigt die SV binnen 13dB im Bereich zw. 47 und 65 Dezibel rapide an (siehe Abbildung 34).

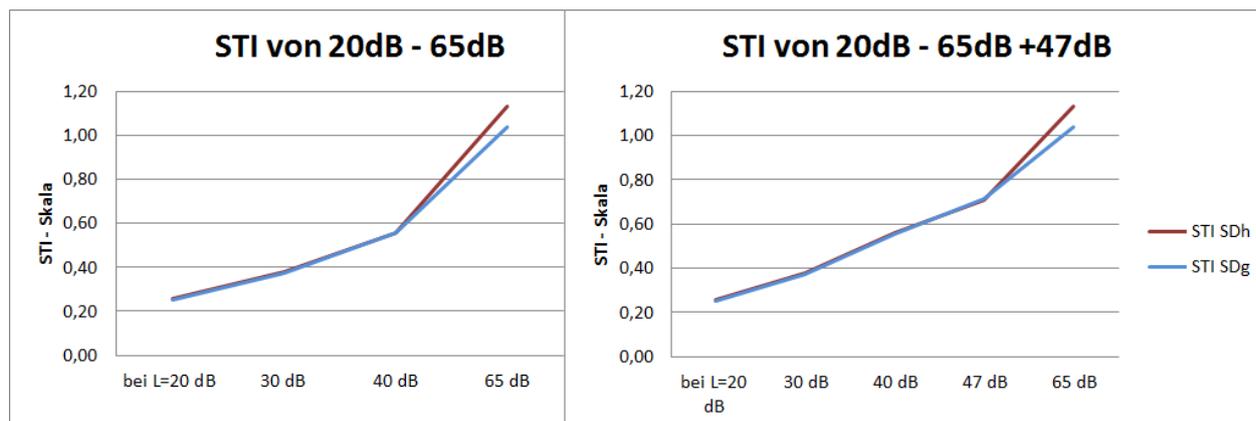


Abbildung 33 Anstieg der SV über SIL auf STI transformiert

4.2.3 Vergleich des STI zwischen obj. und subj. Verfahren

Dazu wurden aus dem subjektiven SV-Test die in dem Kapitel 4.1.3 beschriebenen Verfahren benutzt, um zu ermitteln, ab welchem Pegel die einzelnen Messobjekte die 98% Grenze überschreiten. Demnach erreicht der Tisch die Schwelle bei 45 dB, die Scheibe benötigt nur ca. 41 dB (Abbildung 35). Nach Abbildung 27 bedeutet dies, einen STI Wert von 7,5. Bezogen auf den Anstieg des STI-Wertes, des objektiven Verfahrens, lässt sich

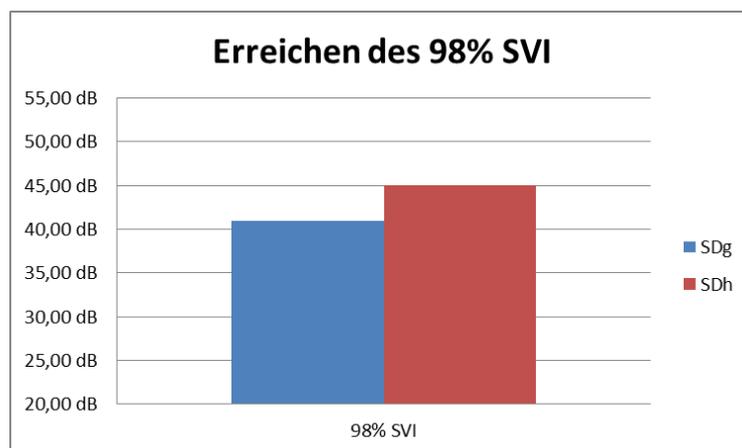


Abbildung 34 Erreichen der 98% SV von SDg und SDh

grafisch ablesen, dass hier ein Pegel von etwa 47dB benötigt wird, um einen STI von 7,5 zu erreichen. Dabei verläuft die Kurve für den Tisch jedoch steiler, als die des Glases, was den genauen Unterschied, zu der in Abbildung 31 gemachten Beobachtung, bedeutet. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass beide Verfahren zum Ergebnis haben, dass eine nach DIN EN ISO 9921 „ausgezeichnete“ Sprachverständlichkeit laut Tabelle 1 und der hier untersuchten Beobachtungen unter vorliegenden Gegebenheiten, in einem Bereich von 40 bis 50 Dezibel erreicht werden kann. Für genauere Bewertung der Gründe, für die Differenz der Einzelergebnisse und für eine ausreichend sichere Aussage über die Verlässlichkeit der jeweiligen Verfahren, müssten erneute Messungen mit einer Anpassung der Messbedingungen vorgenommen werden.

5 Musiktest

5.1 Verfahrenserstellung

Im Abschluss sollte die subjektive Wahrnehmung der Probanden auf Musik ermittelt werden. Da Musik ein unendlich großes Feld an Variationsspielraum bietet und unterschiedliche Interpretationsmöglichkeiten besitzt, ist eine Orientierung auf einen kleinen Teil der Messmöglichkeiten gefallen, um die ohnehin relativ hohe Gesamttestzeit pro Proband nicht weiter unnötig zu vergrößern. So wurden, unter Berücksichtigung des zeitlichen

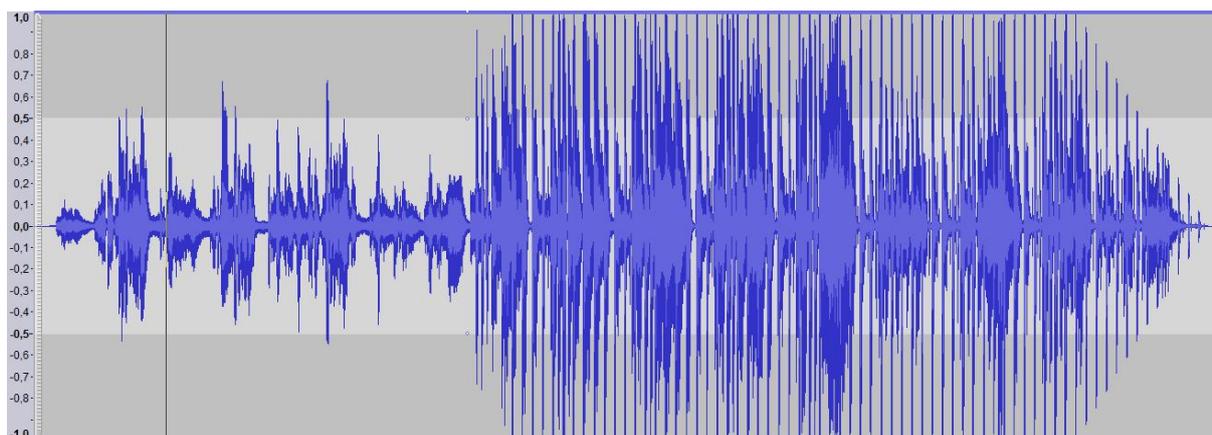


Abbildung 36 Testtrack 1: Lena Mayer Landrut - "I Like To Bang My Head"

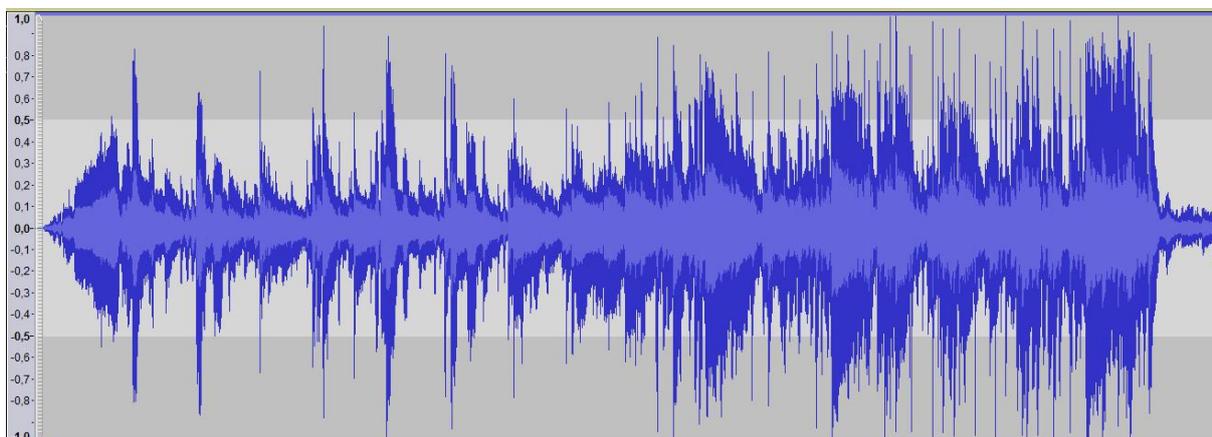


Abbildung 35 Testtrack 2: Katie Melua - "spiders web"

Verlaufs, unterschiedliche Werke untersucht und ein Konzept ausgearbeitet, für das es möglich sein sollte, eine Differenzierung des Bassgehaltes und der Tonalität in Bezug auf die Stimmendynamik von charakterstarken Frauenstimmen von den Probanden zu erhalten.

So wurde die Überlegung verfestigt eine Sequenz zu wählen, durch die es möglich ist, diese Merkmale voneinander zu trennen. Im Ergebnis wurden 3 Musikstücke ausgewählt,

welche jeweils etwa 1 Minute abgespielt wurden. Zwischen ihnen befand sich eine Pause von 10 Sekunden. Für den Test wurde ein zusätzlicher Aktiv-Subwoofer in einem geschlossenen Gehäuse, mit etwa 15 Litern Fassungsvermögen, hinzugezogen. Der Sub-

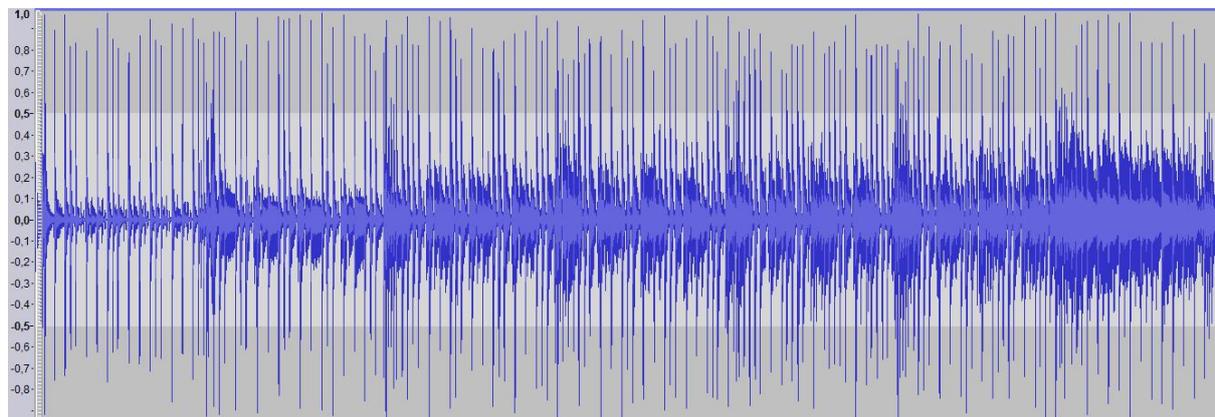


Abbildung 37 Testtrack 3: Schlagzeugstück

woofer konnte, mittels Kabelfernbedienung von der Hörposition aus, zugeschaltet werden. Pro Proband wurden einmal der Tisch und einmal die Scheibe, mit allen drei Liedern, angehört. Die Testpersonen konnten in dieser Zeit frei über Zuschaltung des Subwoofer bestimmen. Um nicht auch psychisch bedingte Einflüsse, wie ein mit einem Lied zusammenhängendes persönliches Ereignis, in die Ergebnisse mit einfließen zu lassen, wurde versucht Stücke zu finden, die nicht zum Radiomainstream gehören. Es sollte aber auch versucht werden, mit den Liedern einen gewissen Bezug zu den Probanden herzustellen. So wurde der erste Track von Lena Meyer Landrut gewählt, da ihre Stimme einen hohen Bekanntheitsgrad einnimmt. Jedoch wurde der Testsong „I Like To Bang My Head“ nicht aus dem Album ausgekoppelt und erhält daher nur einen eingeschränkten Bekanntheitsgrad. Betrachtet man den Song genauer erkennt man, dass sich hier die Stimmen und Bassdynamik in Waage hält. Die erste Hälfte beginnt mit einem Intro. In der zweiten Hälfte setzt ein monotoner Funk-ähnlicher Bass ein. Der Zweite Testsong stammt von Katie Melua mit dem Titel „spider’s web“. Dieser bietet ein sehr breites Stimmenfeld und einen eher gemächlichen Basscharakter, über Streichinstrumente. In diesem Song herrscht die Stimmendynamik vor. Als direkten Gegenzug wurde für den letzten Song ein Schlagzeugstück ausgewählt, dass von der Sound Quality Test CD 2004 der European Mobile Media Accociation stammt. Es beinhaltet keine Sänger aber einen sehr agilen, ebenfalls wieder funkähnlichen, monotonen Basscharakter. Auch unter Betrachtung des zeitlichen Verlauf der Stücke ist zu sehen, dass der erste Song von seinem Monotonieverhalten und seiner mittleren Dynamik, die Eigenschaften des zweiten und dritten Lises vereint. In der Befragung konnte die Klangqualität in 5 Schritten, von grässlich bis exzellent, bewertet werden und der Bass, als voll und ganz ausreichend, gerade so ausreichend, oder nicht ausreichend. In einer abschließenden Frage wurde ermittelt, ob die Probanden für eine Ergänzung des Bassanteils über Subwoofer im Allgemeinen einen Aufpreis zahlen wür-

den. Abschließend wurden die Lieder im Frequenzspektrum über die volle Spielzeit ausgemessen, um grobe tonale Unterschiede zu vermeiden. Um den Subwoofer an Messobjekte anzupassen, wurde über weißes Rauschen, eine Ausbesserung der unteren Frequenzlöcher vorgenommen, ohne den Subwoofer in den Vordergrund geraten zu lassen.

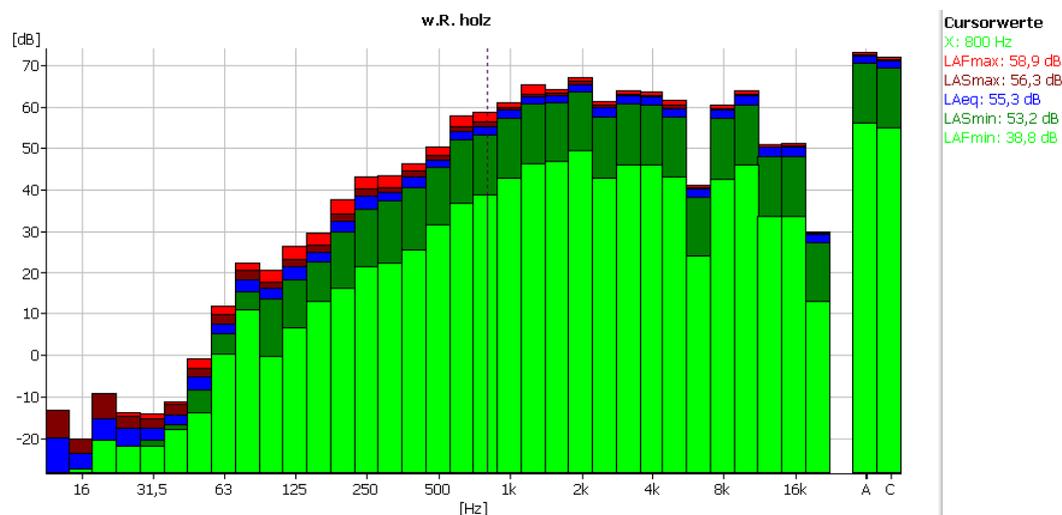


Abbildung 38 SDh bei weißem Rauschen ohne Sub

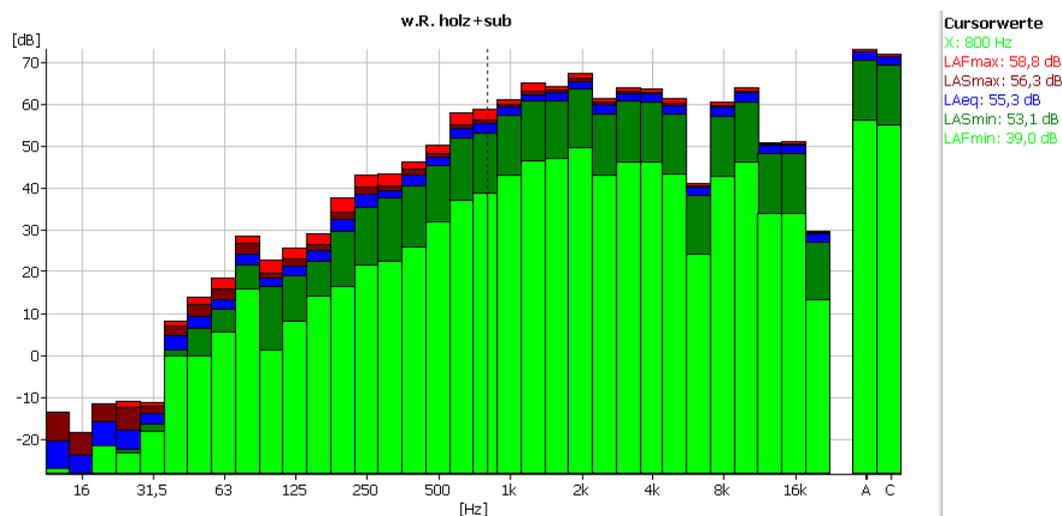


Abbildung 39 SDh bei weißem Rauschen mit Sub

Es ist zu sehen, dass die Anhebung zwischen 30 – 80 Hz stattfindet.

5.2 Auswertung

Für die Auswertung der Fragebögen, die zum Erstellen des Musiktests an die Probanden ausgeteilt wurden, wurde eine numerische Überleitung angefertigt, um die statistische Auswertung zu erleichtern (Tabelle 12). Die Auswertung des Mw und der Staw ergab eine erhöhte Abweichung des Mw bei den Klang-Ergebnissen des Tisches, im Gegensatz

Tabelle 10 Numerische Zuteilung der Antwortmöglichkeiten

	0	1	2	3	4
Klang	grässlich		akzeptabel		exzellent
Bassgehalt	nicht ausreichend	gerade so ausreichend	voll & ganz ausreichend	-	-
Subwoofer gegen Aufpreis?	nein	ja	-	-	-

zur Scheibe (Tabelle 13). Das Gegenteil bei der Bassbewertung. Dort war eine Streuung der Mw Werte auf Seiten von SDg höher. Insgesamt liegt bei der Klangwertung eine Steigung über die Messzeit und eine größere Sicherheit für beide Messobjektie vor. Für die Klangwertung lag eine Steigung der Höhe der Wertung und größere Sicherheit für beide

Tabelle 11 Einzelergebnisse des Musiktest für Mw und Staw

	Messobj.	Tr1-Klang	Tr.1 Bass	Tr.1 Sub	Tr2-Klang	Tr.2 Bass	Tr.2 Sub	Tr3-Klang	Tr.3 Bass	Tr.3 Sub
Mw:	SDh	2,28	1,63	0,38	2,53	1,47	0,34	2,53	1,16	0,63
Mw:	SDg	2,81	1,16	0,69	2,91	1,13	0,41	3,03	1,06	0,66
Staw:	SDh	1,30	0,54	0,48	1,12	0,71	0,47	0,93	0,71	0,48
Staw:	SDg	0,95	0,71	0,46	0,88	0,74	0,49	0,77	0,79	0,47

Messobjektie vor. Zugunsten eines besseren Überblicks, wurden die weiteren Auswertungen grafisch vorgenommen. In den Diagrammen ist SDg als „Glas“ und SDh als „Holz“ bezeichnet. Es ist zu erkennen, dass die Scheibe eine wesentlich höhere Wertung für den Klang erhält, der bei der Scheibe in seiner Verteilung zwar eine leichte Steigung vorzeigt

aber insgesamt recht ausgewogen verläuft. Für die Klangwertung des Tisches, ist deutlich ein Anstieg zu erkennen, bei fortlaufendem Tonmaterial (Abbildung 41). Verteilt auf die Wertungsauflösung sieht man eine eindeutige Tendenz zu einer angenehmen Klangwahrnehmung. Dort siedelt sich die maximale Anzahl der Probanden für SDg bei einem Wert an, der über akzeptable Anforderungen hinausgeht. Für SDh liegt das Maximum bei einer akzeptablen Wertung, jedoch bei keiner negativen Wahrnehmung. Übergehend zu der Aus-

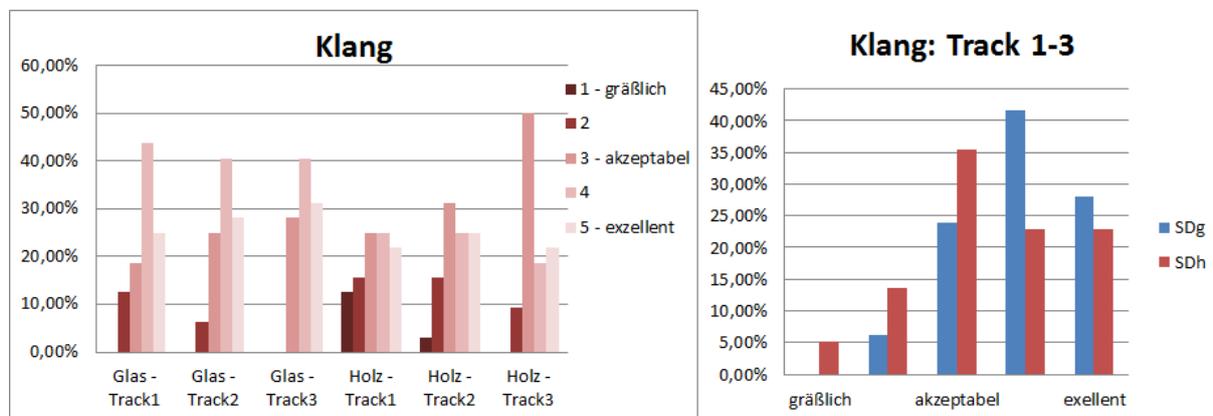


Abbildung 40 Klangwertung des Musiktest

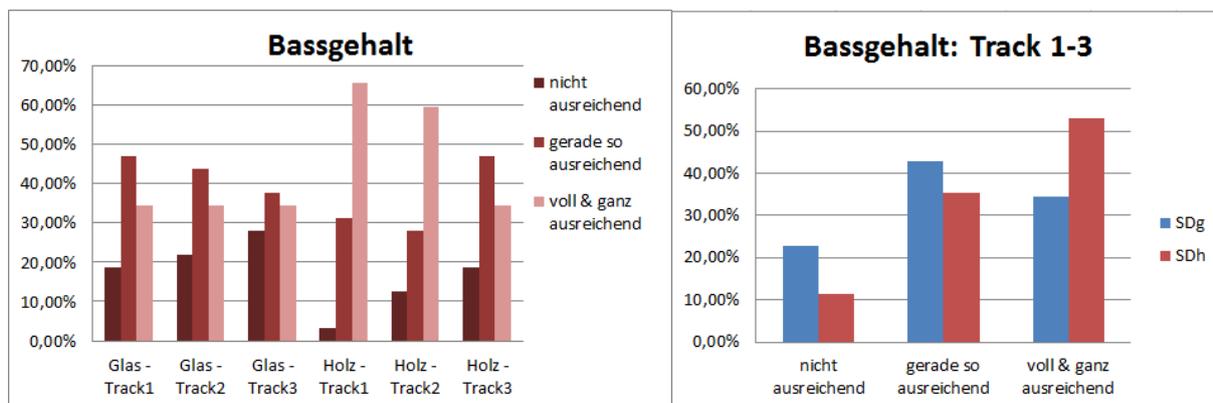


Abbildung 41 Basswertung des Musiktest

wertung des Bassgehaltes, ist bei Beiden ein deutlicher Abfall der Akzeptanz beim Probanden zu erkennen. Hinsichtlich auf die Gesamtverteilung ist zu sehen, dass der Großteil der Teilnehmer die Tieftoneigenschaften des Tisches besser wertet, als die der Scheibe. Die Antworten für SDg lassen ein Maximum bei einer gerade so ausreichenden Performance zu (Abbildung 41). Übergehend zu der Frage, ob es den Probanden für einen Subwoofer im Allgemeinen wert wäre, einen Aufpreis zu zahlen, antworteten fast 60% der Befragten mit ja, wenn man die Glasscheibe betrachtet, und ca. 55% mit nein, wenn man seinen Blick auf die Ergebnisse des Tisches richtet (Abbildung 42). Hier zeigt sich aber eine unterschiedliche Wertungsverteilung, im Hinblick auf die einzelnen Lieder. Es ist auffällig, dass sowohl Scheibe, als auch Tisch, im dritten Track, dem Schlagzeugstück, einen Mangel an Bass besaßen, im zweiten Track aber das genaue Gegenteil der Fall war,

also genau dort wo der Vordergrund in der Stimme lag. Für den ersten Track ist sogar das direkte Gegenteil zu sehen, zwischen SDh und SDg. Dort wurde die Scheibe als unzureichend, der Tisch als ausreichend wahrgenommen, wenn es um die Frage nach einer zusätzlichen Investition, für Beseitigung dieses Mangels, ging. Daraus kann man schlussfolgern, dass der in Track 3 festgestellte Mängel der Tieftonwiedergabe dazu führt, dass auch bei dem ersten Lied, in dem die Verteilung von impulsartigen Bässen und Stimmenwiedergabe gleich verteilt war, die Probanden den Aufpreis in Kauf nehmen würden. Abschließend kommt aus der Analyse hervor, dass die voranschreitende Testzeit eher zu einer höheren Akzeptanz der Klangqualität und einen steigenden Anspruch an Bassgehalt führt, als das verwendete Tonmaterial. Für eine Testwiederholung ist eine zu einer Ungleichverteilung der Musikstücke, über die Abspielzeit zu raten, so dass der folgende Proband die Lieder nicht in der selben Reihenfolge hört, wie der ihm vorangegangene.

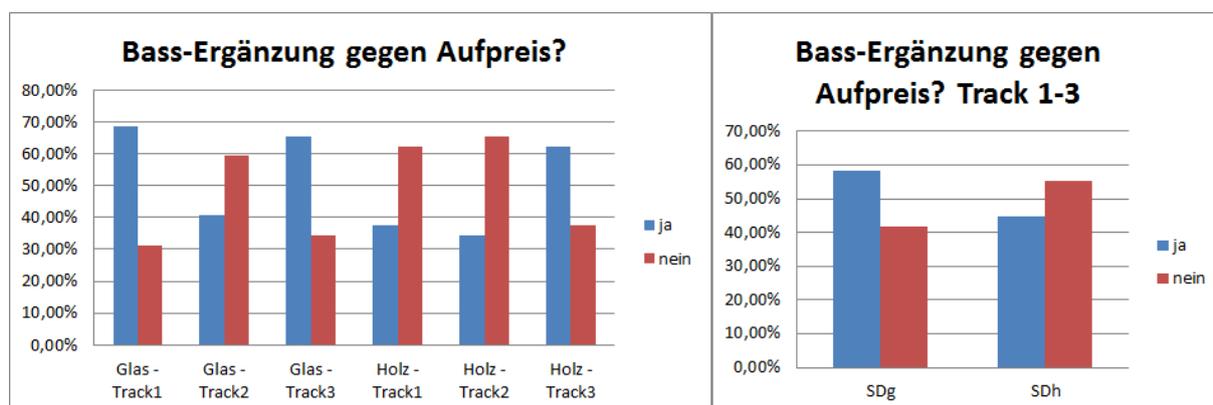


Abbildung 42 Wertung über die Subwooferergänzung

6 Fazit und Ausblick

Die Untersuchungen ergaben, dass Sprachverständlichkeitstests für die differentielle Bewertung von unterschiedlichen Schallgebern durchaus verwendet werden können. Diese haben aber auch aufgezeigt, dass es viele Hindernisse auf dem Weg einer seriösen Messanordnungsaufstellung gibt. Der Umstand, der alterungsbedingten Hörschäden, hat dabei ein sehr junges Alter der Probanden zur Folge. Für Messobjekte für deren Bewertung ein langjähriger Erfahrungswert der Probanden nötig wäre, ist ein subjektiver Sprachverständlichkeitstest daher nicht zu empfehlen. Des Weiteren ist das hier verwendete subjektive SV-Verfahren, als zu ungenau zu bewerten. Der Hauptgrund hierfür liegt an der Menge, der zu bewertenden Ergebnisse und in der verwendeten Interpolation, die aufgrund mangelnder Werte hier nur linear durchgeführt werden konnte. Für eine Verbesserung des Verfahrens ist zu empfehlen, dass ein Programm erstellt wird, indem es möglich ist, eine Wegwerfoption zu benutzen, ohne dass dadurch die Gesamtanzahl der wertbaren Messungen, durch ein einblendendes Ersatz-Textwort, reduziert wird. Eine weitere deutliche Verbesserung, bei der statischen Auswertung, würde das Verwenden einer Interpolationsfunktion erbringen, welche die Charakteristik der Diskriminationsfunktion des verwendeten Sprachtests besitzt.

Insgesamt kann gesagt werden, dass bei der Ermittlung einer exzellenten Sprachverständlichkeit, beide Verfahren eine annähernd ähnliche Ergebnisfolge hatten. In Anbetracht des ungleich höheren Aufwandes, ist eine subjektive Messung hier nicht wirtschaftlich, wohl aber dann, wenn ein hoher Anspruch an große Analysierbarkeit gegeben ist. Sicher sind auch die entwickelten Verbesserungen, in Bezug auf die Reduzierung der Ratewahrscheinlichkeit von Reimtestverfahren, für Anwendungen im Bereich der Audiometrie interessant, da so eine Verkürzung der Testzeit geschaffen werden kann.

In Hinblick auf die Invisible-Audio-Schallgeber, ist eine Einsatzfähigkeit zur Verwendung als Sprachschallgerät, als auch eine Tauglichkeit zum Musikhören in störerschallarmen Situationen nachgewiesen worden. Hier ist ein breites Einsatzspektrum zu erwarten, da eine schnelle und komfortable Installation zu Ergebnissen führt mit einem erstaunlich hohen Maß an Einsatzfähigkeit. Jedoch schwanken die Ergebnisse stark zwischen dem verwendeten Trägermaterial. Hier sollte bei einer Testwiederholung eine höhere Anzahl an unterschiedlichen Testmaterialien hinzugezogen werden.

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erklären, dass ich die von mir an der Deutschen Telekom Hochschule für Telekommunikation Leipzig eingereichte Belegarbeit zum Thema
Bewertung der Sprachverständlichkeit von „invisible Audio“-Lautsprechern
auf Glas und Holz
selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Leipzig, den 31.03.2014

Unterschrift:

Abkürzungsverzeichnis

Alym	Analysemöglichkeit
AM	Amplitudenmodulation
Atm	Automatisierbarkeit
Dkf	Diskriminationsfunktion
FS	Freiburger Sprachtest
HSM	Hochmair-Schulz-Moser
LdT	Lernbarkeit des Testmaterials
LS	Studiomonitor: t&m8pa
Mg	Modulationsgrad
MTF	Modulationsübertragungsfunktion
Müg	Modulationsübertragungsgrad
Mw	Mittelwert
Mz	Messzeit
OLSA	Oldenburger Satztest
Pz	Präzision
RdDS	Repräsentation der Deutschen Sprache
RnS	Reimtest nach Sotscheck
Rw	Ratewahrscheinlichkeit
SDg	Solid Drive SD1g auf Glastreiber
SDh	Solid Drive SD1sm auf Spanholztreiber
Staw	Standardabweichung
STI	Speech Transmission Index
STI 7,5	Transformierbarkeit mit STI von 7,5
SV	Sprachverständlichkeit

SVI	Sprachverständlichkeitsindex
SVS	Sprachverständlichkeitsschwelle/ 50% Sprachverständlichkeit
WAKO	Einsilber-Reimtest nach von Wallenberg und Kollmeier

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ausbreitungsrichtung einer Schallwelle [1, S 20]	5
Abbildung 2 Luftmoleküle um eine aktive Punktschallquelle [2, S. 79]	5
Abbildung 3 Schalldruckpegelbereich der menschlichen Wahrnehmung [3, S 33]	6
Abbildung 4 Aufbau eines elektrodynamischen Wandlers [4, S. 424]	7
Abbildung 5 Querschnitt eines Solid Drive SD1sm Schallgebers [205]	8
Abbildung 6 Querschnitt des Gehäuses eines Focal Profile 918 Lautsprechersystems [19]	8
Abbildung 7 Anatomischer Aufbau des menschlichen Ohres [20].....	9
Abbildung 8 Cochlea mit Basilarmembran als Träger sensorischer Haarzellen [21]	10
Abbildung 9 Anatomie des Menschlichen Sprachorganes [1, S. 58]	11
Abbildung 10 Kehlkopf mit Stimmband [23]	11
Abbildung 11 Sprachtaktdarstellung bei Erzeugung der Vokale [24].....	12
Abbildung 12 Vokalviereck [25].....	13
Abbildung 13 Zeit- und Frequenzaufschlüsselung gesprochener Sprache [1 S. 108].....	13
Abbildung 14 Einsilberfolge Schuss – Bus – Guss – Kuss – Nuss	14
Abbildung 15 Einsilberfolge Schuss – Bus – Guss – Kuss - Nuss mit abgetrenntem Auslautteil.....	14
Abbildung 16 SV als Transinformation gesprochener Sprache [28].....	15
Abbildung 17 Verlauf der Dkf bei unterschiedlichen Hörschäden [39 S. 16]	16
Abbildung 18 Tonaudiogramm unterschiedlicher Hörschäden [31]; [32] (<, > für Knochenleitung; x, o für Luftleitung)	17
Abbildung 19 Verteilung der Laute über das Frequenzspektrum, [8]	17
Abbildung 20 Diskriminationskurven der Freiburger Sprachtest [9, S. 169]	18
Abbildung 21 Satzzusammenstellung des Oldenburger Satztest [29, S. 5]	20
Abbildung 22 Wortliste des WAKO Einsilber Reimtest [52, S. 52-53]	21
Abbildung 23 Modulationsgrad von $m=1$ und $m<1$ [203].....	23
Abbildung 24 generierung der Modulationsübertragungsfunktion [42, S. 16].....	24
Abbildung 25 Messanordnung mit Abmessungen [erstellt mit dem Programm Adobe Illustrator CS5]	28
Abbildung 26 Empfundene Höhranstrengung zwischen Einsilben-Teil des FS und WAKO [51, S.21] ...	32
Abbildung 27 Korrespondenzfunktionen verschiedener Testverfahren mit Abtragung des STI 7,5 auf WAKO [39, S.13]	33
Abbildung 28 Wahlfeld während der Messung des Simasoft Reimtestprogramm [200].....	36
Abbildung 29 Statistische Auswertung des Simasoft Reimtestprogramm [200]	37
Abbildung 30 Auswahl der Tonaufnahmen über das Programm: Audacity	38
Abbildung 31 Diskriminationskurven der Messobjekte	41
Abbildung 32 Nachhallzeit der Messkabinene	42
Abbildung 33 Anstieg der SV über SIL auf STI transformiert	44
Abbildung 34 Erreichen der 98% SV von SDg und SDh	44
Abbildung 35 Testtrack 2: Katie Melua - "spiders web"	45
Abbildung 36 Testtrack 1: Lena Mayer Landrut - "I Like To Bang My Head"	45
Abbildung 37 Testtrack 3: Schlagzeugstück.....	46
Abbildung 38 SDh bei weißem Rauschen ohne Sub	47
Abbildung 39 SDh bei weißem Rauschen mit Sub	47
Abbildung 40 Klangwertung des Musiktest	49
Abbildung 41 Basswertung des Musiktest.....	49

Abbildung 42 Wertung über die Subwooferergänzung	50
--	----

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Korrespondenztabelle für die SV verschiedener Messverfahren nach DIN EN ISO 9921-2003	15
Tabelle 2 Oktavbandbewertungsfaktoren für den STI [42, S.42]	25
Tabelle 3 Sprecherschallpegel für entsprechenden Stimmenaufwand [44, S.11]	26
Tabelle 4 Pegelmessung der Messobjekte und des Raumes in Ruhe	29
Tabelle 5 Unterschied der SV-Tests in Hinblick auf die Auswahlkriterien.....	34
Tabelle 6 Messung 2 - leise: Bereich zw. 0-50%	40
Tabelle 7 Messung 2 - laut: Bereich zw. 50-100%	40
Tabelle 8 Gesamt SVS bei 30dB	40
Tabelle 9 SIL bei 30db.....	43
Tabelle 10 Numerische Zuteilung der Antwortmöglichkeiten	48
Tabelle 11 Einzelergebnisse des Musiktest für Mw und Staw	48

Quellenverzeichnis

Bücher

[1] Fellbaum, Klaus: Sprachverarbeitung und Sprachübertragung. 2.Auflage.

Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012

[2] Möser, Michael: Technische Akustik. 8.,aktualisierte Auflage.

Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009

[3] Friedrich,Hans Jörg: Tontechnik für Mediengestalter. 1.Auflage.

Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008

[4] Weinzierl, Stefan: Handbuch der Audiotechnik. 1.Auflage.

Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008

[5] Lazarus/Hans, Sust/Charlotte A., Steckel/Rita, Kulka/Marko, Kurtz/Patrick: Akustische Grundlagen sprachlicher Kommunikation. 1.Auflage.

Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007

[6] Wendler/Jürgem, Seidner/Wolfram, Eysholdt/Ulrich: Lehrbuch der Phoniatrie und Pädaudiologie. 4.Auflage.

Georg Thime-Verlag Stuttgart, 2005

[7] Kießling/Jürgen, Kollmeier/Birger, Diller/Gottfried: Versorgung und Rehabilitation mit Hörgeräten. 2.Auflage.

Georg Thime-Verlag Stuttgart, 2005

[8] Mrowinski, Dieter: Audiometrie: eine Anleitung für die praktische Hörprüfung. 1.Auflage.

Georg Thime-Verlag Stuttgart, 2006

[9] Reiß, Michael: Facharztwissen HNO-Heilkunde. 1.Auflage.

Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009

[100] Specht/Helmut v., Diller/Gottfried: Materialsammlung vom 15.Multidisziplinären Kolloquium der GEERS-STIFTUNG am 22. Und 23. Februar 2010 im Wissenschaftszentrum Bonn. 1.Auflage.

Geers-Stiftung Bonn 2011

[101] Schubert, Kurt: Sprachhörprüfmethoden – Grundlagen, Würdigung und Anwendung bei Begutachtung und Hörgeräteanpassung. 1.Auflage.

Georg Thime-Verlag Stuttgart, 1958

Zeitschriften und andere Publikationen

[10] Graf, Michael: Elektroakustik - Der Weg zum guten Ton, HfTL-Hochschule für Telekommunikation Leipzig.

Leipzig: 2011

[33] HörTech gGmbH: Bedienungsanleitung Reimtest nach Wallenberg und Kollmeier wako Oldenburg: 2013

(hoertech.hausdeshoerens-oldenburg.de/web/dateien/Bedienungsanleitung.wako.pdf)

[34] HörTech gGmbH: Einsilber-Reimtest nach von Wallenberg und Kollmeier

Oldenburg: 2011

(http://www.hoertech.de/web/dateien/HT.WAKO_Handbuch_Rev01.0_mitUmschlag.pdf)

[50] HNO 2009 57, S.239-250, Untersuchung zur Vergleichbarkeit des Freiburger Sprachtests mit dem Göttinger Satztest und dem Einsilber-Reimtest nach von Wallenberg und Kollmeier.

Berlin: Springer Medizin Verlag, 2008.

[51] HNO 2013 61, S.14-24, Sukowski/H. , Wagener/K.C. ,Thiele/C. ,Uppenkamp/S. ,Kollmeier/B.

Der Einsatz neuer Testverfahren zur Erfassung des Sprachverstehens in Ruhe bei der Begutachtung erworbener Schwerhörigkeiten.

Berlin: Springer Medizin Verlag, 2013.

[52] Audiologische Akustik 2/89, S50-65, Wallenberg/E.L.v., Kollmeier/Birger.

Sprachverständlichkeitsmessungen für die Audiologie mit einem Reimtest in deutscher Sprache: Erstellung und Evaluation von Testlisten

Normen

[41] DIN EN ISO 3382: "Messung der Nachhallzeit mit Hinweis auf andere akustische Parameter", Fassung März 2000

[42] DIN EN 60268-16: "Elektroakustische Geräte –Teil 16: Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachübertragungsindex", Fassung Mai 2012

[43] DIN EN 61672-1: "Elektroakustik - Schallpegelmesser Teil 1: Anforderungen", Fassung Oktober 2003

[44] DIN EN ISO 9921: "Ergonomie –Beurteilung der Sprachkommunikation", Fassung 2004

[45] DIN 45621-1: "Sprache für Gehörprüfung", Fassung August 1995

[46] DIN 45621-3: “ Sprache für Gehörprüfung - Wörter für die Gehörprüfung bei Kindern”, Fassung April 1985

[47] DIN EN ISO 8253-2: “ Akustik –Audiometrische Prüfverfahren –Teil 2: Schallfeld-Audiometrie mit reinen Tönen und schmalbandigen Prüfsignalen ”, Fassung Juli 2010

[48] DIN EN ISO 8253-3: “ Akustik –Audiometrische Prüfverfahren –Teil 3: Sprachaudiometrie”, Fassung August 2012

Internetquellen

[19] http://www.hifi-regler.de/pictures/prodpics/zusatz/z-gehaeuse_profile.gif

(aufgerufen am 15.01.2014)

[20] <http://public.beuth-hochschule.de/~fagel/Ohr.jpg>

(aufgerufen am 18.01.2014)

[21] http://www.cs.indiana.edu/~port/teach/641/inner_ear.gif

(aufgerufen am 18.01.2014)

[22] <http://www.markus-fiedler.de/psychoakustik.html>

(aufgerufen am 19.01.2014)

[23] <http://www.jameda.de/gesundheits-lexikon/stimmband/>

(aufgerufen am 19.01.2014)

[24] <http://www.iem.thm.de/telekom-labor/zinke/digiaudi/diss/node4.htm>

(aufgerufen am 25.01.2014)

[25] <http://www.univie.ac.at/Hausa/Phonetik/ADateiPhonetik.html>

(aufgerufen am 25.01.2014)

[26] <http://www.dma.ufg.ac.at/assets/4578/intern/vokalviereck2.jpg>

(aufgerufen am 25.01.2014)

[27] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cf/Entroy_XY.png

(aufgerufen am 22.02.2014)

[28] <http://de.wikipedia.org/wiki/Transinformation>

(aufgerufen am 22.02.2014)

[29] http://medi.uni-oldenburg.de/download/docs/lehre/pichl09/06_Kollmeier.pdf

(aufgerufen am 22.02.2014)

[30] http://medi.uni-oldenburg.de/download/docs/lehre/kollm_audiologie/audiol1.pdf

(aufgerufen am 23.02.2014)

[31] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3e/Tonaudiogramm_w_sl.jpg

(aufgerufen am 23.02.2014)

[32] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/03/Tonaudiogramm_w_sens.jpg

(aufgerufen am 23.02.2014)

[33] http://www.hoertech.de/web/dateien/HT.OLSA_Handbuch_Rev01.0_mitUmschlag.pdf

(aufgerufen am 23.02.2014)

[36] http://www.hoertech.de/web/dateien/HT.OLSA_Handbuch_Rev01.0_mitUmschlag.pdf

(aufgerufen am 23.02.2014)

[37] http://www.tm-lines.com/WebRoot/Store/Shops/tm-lines/MediaGallery/bedienungsanleitung/de/tmSystems_Bedienungsanleitung_pa-Serie.pdf

(aufgerufen am 01.03.2014)

[38] http://de.wikipedia.org/wiki/Relative_H%C3%A4ufigkeit

(aufgerufen am 01.03.2014)

[39] http://medi.uni-oldenburg.de/download/docs/lehre/kollm_audiologie/audiol6.pdf

(aufgerufen am 23.02.2014)

[200] <http://www.siemasoft.de/programme/toolsutilities/reimtest/index.php>

(aufgerufen am 01.03.2014)

[201] http://de.wikipedia.org/wiki/Loudness_war

(aufgerufen am 01.03.2014)

[202] <http://www2.yamaha.co.jp/manual/pdf/av/english/am/DSP-A2.pdf>

(aufgerufen am 25.03.2014)

[203] <http://elektroniktutor.de/signalkunde/am.html>

(aufgerufen am 25.03.2014)

[204] http://de.wikipedia.org/wiki/Relative_H%C3%A4ufigkeit

(aufgerufen am 25.03.2014)

[205] <http://www.soliddrive.it/img/tecnologia/t2.jpg>

(aufgerufen am 25.03.2014)

Anlagen

Anlagen

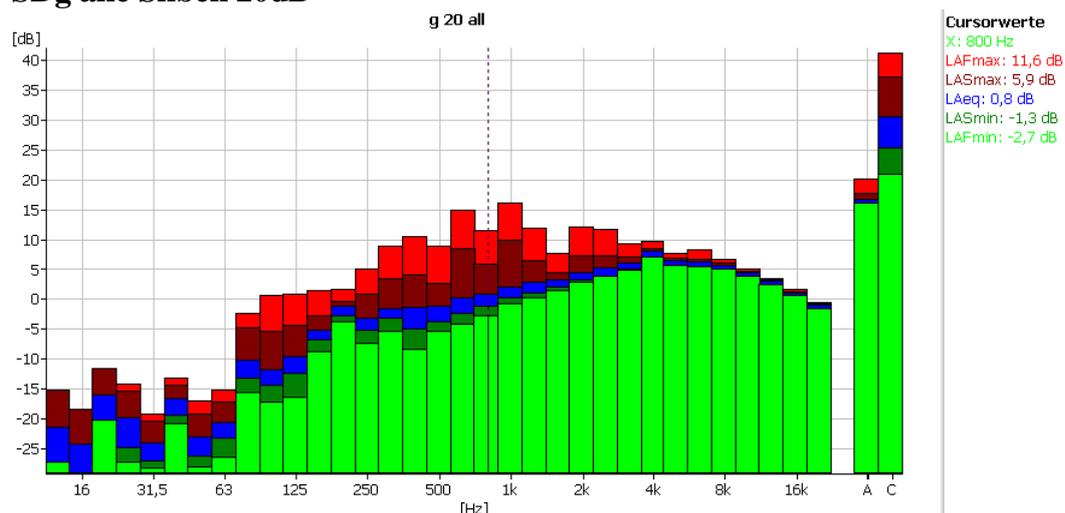
Tab. 3.1 Artikulationsarten

Verschlusslaute (Explosivlaute)	Der Luftstrom wird durch Zunge oder Gaumen gestoppt, so dass er weder durch den Mund noch durch die Nase entweichen kann (oraler und nasaler Verschluss). Nach einem Druckaufbau wird der Verschluss plötzlich frei gegeben. Verschlusslaute können stimmhaft sein, dann schwingen die Stimmbänder kurz an; sie können aber auch stimmlos sein, dann verbleiben die Stimmbänder in ihrer Ruhestellung. Beispiele für Verschlusslaute sind: [b, d] → stimmhaft und [p, t, k] → stimmlos.
Reibelaute (Frikative, Spiranten)	Der Luftstrom wird im Mund- oder Rachenraum eingeengt, so dass ein rauschartiger Laut entsteht. Auch Reibelaute können stimmhaft und stimmlos sein. Beispiele für Reibelaute: [j, f].
Nasale	Die Luft entweicht durch die Nase; die Mundhöhle ist weitgehend verschlossen. Nasale sind stets stimmhaft. Beispiele für Nasale: [m, n].
Seitenlaute (Laterale)	Der Luftstrom entweicht rechts und/oder links an der Zunge vorbei durch den Mundraum. Laterale sind stimmhaft. Beispiel für Laterale: [l].
Schwinglaute (Intermittierende, Vibranten)	Zäpfchen oder Zunge werden durch den Luftstrom zum Schwingen gebracht. Intermittierende sind stimmhaft. Beispiele für Intermittierende sind das Zungen-r und das Zäpfchen-r.
Affrikaten	Sie sind zusammen ausgesprochene Verschluss- und Reibelaute mit etwa gleicher Artikulationsstelle. Beispiele: [p _f , t _s]

Tab. 3.2 Artikulationsorte

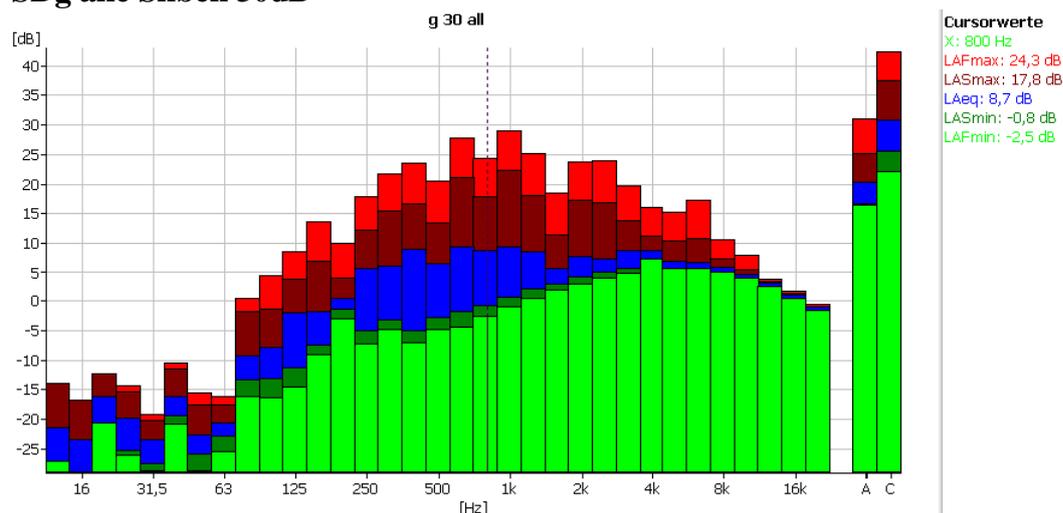
Lippenlaute (Bilabiale)	Lautbildung durch Ober- und Unterlippe; Beispiel: [p].
Lippenzahnlaute (Labiodentale)	Lautbildung durch Unterlippe und obere Schneidezähne; Beispiel: [f].
Zahnlaute (Dentale) und Alveolare	Zungenspitze oder vorderster Zungenrücken bewegt sich gegen die oberen Schneidezähne oder gegen die Alveolen (obere Zahnfächer). Beispiele: [t, d, n, ð, s, z].
Vordergaumenlaute (Palatale)	Lautbildung zwischen vorderem Zungenrücken und Palatum (hartem Gaumen); Beispiel: [ç] in „ich“.
Palatoalveolare	Lautbildung zwischen Zungenspitze oder dem vorderen Zungenrücken gegen den hinteren Teil der Alveolen oder den vorderen Teil des Vordergaumens. Beispiele: [ʃ, ʒ].
Hintergaumenlaute (Velare)	Lautbildung zwischen Zunge und Velum (weicher Gaumen); Beispiele: [k, g, ŋ].
Zäpfchenlaute (Uvulare)	Lautbildung durch Zunge und Uvula (Zäpfchen); Beispiel: Zäpfchen-r [ʀ].
Stimmritzenlaute (Glottale, Laryngale)	Lautbildung in der Glottis (Stimmritze); Beispiel: [h].

SDg alle Silben 20dB



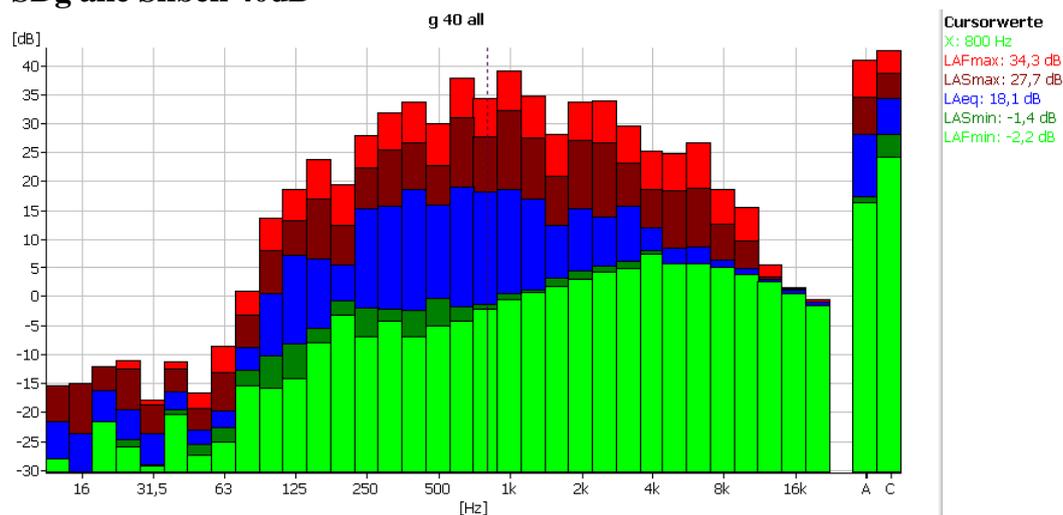
g 20 all	Total	01.01.0001 00:00:00			
Frequenz	LAFmax	LASmax	LAFmin	LASmin	LAeq
12,5Hz	-15,1	-15,1	-27,19	-27,19	-21,43
16Hz	-18,34	-18,34	-29,15	-29,15	-24,07
20Hz	-11,58	-11,58	-20,2	-20,2	-16,02
25Hz	-14,23	-15,44	-27,17	-24,7	-19,77
31,5Hz	-19,15	-20,45	-28,14	-26,96	-23,97
40Hz	-13,18	-14,29	-20,82	-19,42	-16,66
50Hz	-17,02	-19,25	-28,04	-26,11	-23
63Hz	-15,1	-17,18	-26,25	-23,18	-20,57
80Hz	-2,47	-4,85	-15,58	-13,17	-10,12
100Hz	0,69	-5,3	-17,13	-14,36	-11,83
125Hz	0,82	-4,34	-16,29	-12,45	-9,67
160Hz	1,36	-2,86	-8,84	-6,82	-5,14
200Hz	1,64	-0,37	-3,69	-2,84	-1,1
250Hz	5,29	0,77	-7,34	-5,11	-3,08
315Hz	8,93	3,58	-5,36	-3,23	-1,56
400Hz	10,53	4,19	-8,34	-5	-1,29
500Hz	9,01	2,67	-5,38	-3,78	-1,27
630Hz	14,93	8,56	-4,14	-2,44	0,16
800Hz	11,59	5,95	-2,69	-1,26	0,78
1kHz	16,27	9,99	-0,74	0,16	2,09
1,25kHz	12,12	6,68	0,31	1,1	2,75
1,6kHz	7,88	4,61	1,48	2,04	3,39
2kHz	12,2	7,41	2,87	3,3	4,56
2,5kHz	11,85	7,43	4,02	4,07	5,4
3,15kHz	9,45	7,12	5,04	5,15	6,19
4kHz	9,88	8,71	7,21	6,92	8,26
5kHz	7,84	7	5,8	5,56	6,66
6,3kHz	8,47	6,89	5,7	5,06	6,47
8kHz	6,73	6,18	5,21	4,61	5,92
10kHz	5,24	4,82	4	3,31	4,62
12,5kHz	3,64	3,19	2,43	1,71	3,03
16kHz	1,66	1,29	0,57	-0,15	1,09
20kHz	-0,5	-0,85	-1,48	-2,23	-1,03
A	20,26	17,79	16,29	15,59	16,9
C	41,16	37,21	21,01	25,32	30,64

SDg alle Silben 30dB



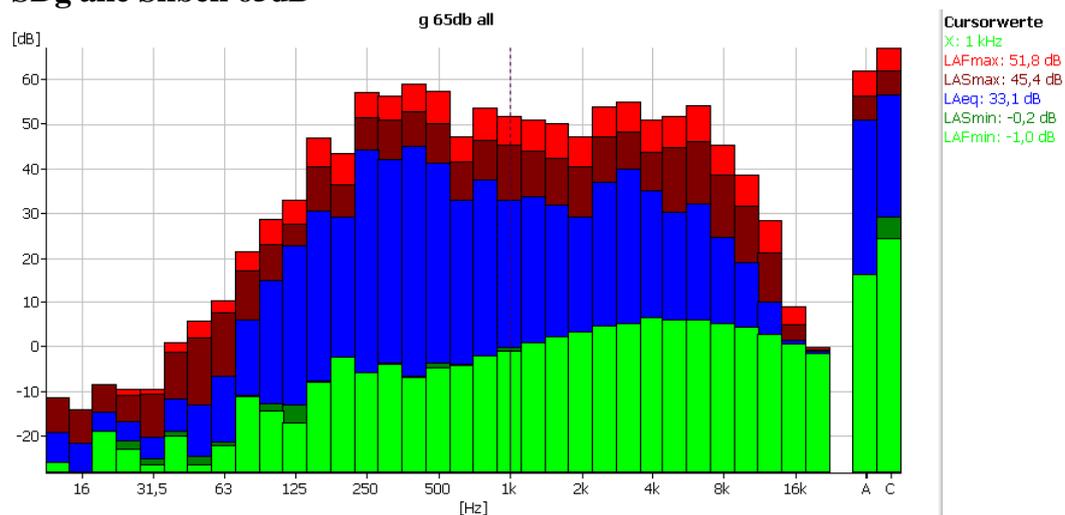
g 30 all	Total	01.01.0001 00:00:00			
Frequenz	LAFmax	LASmax	LAFmin	LASmin	LAeq
12,5Hz	-13,91	-13,91	-27,12	-27,12	-21,44
16Hz	-16,78	-16,78	-29,11	-29,11	-23,52
20Hz	-12,32	-12,32	-20,7	-20,7	-16,04
25Hz	-14,22	-15,4	-26,04	-25,33	-19,85
31,5Hz	-19,22	-20,28	-28,63	-27,56	-23,45
40Hz	-10,53	-11,59	-20,72	-19,34	-16,11
50Hz	-15,51	-17,63	-28,75	-25,78	-22,54
63Hz	-16,12	-17,58	-25,41	-22,75	-20,54
80Hz	0,46	-1,74	-16,17	-13,28	-9,22
100Hz	4,44	-1,39	-16,26	-13,11	-7,76
125Hz	8,67	3,71	-14,5	-11,22	-2,01
160Hz	13,7	6,99	-9,13	-7,36	-1,72
200Hz	9,91	4,19	-3,03	-1,37	0,43
250Hz	17,83	12,23	-7,3	-4,96	5,63
315Hz	21,63	15,47	-4,81	-3,09	6,24
400Hz	23,56	16,7	-7,06	-5,07	9
500Hz	20,56	13,36	-4,89	-2,86	6,62
630Hz	27,89	21,2	-4,39	-1,78	9,28
800Hz	24,28	17,82	-2,54	-0,84	8,68
1kHz	28,99	22,34	-0,88	0,75	9,28
1,25kHz	25,08	18,07	0,52	2,06	8,51
1,6kHz	18,47	11,48	1,8	2,94	5,67
2kHz	23,8	17,23	2,98	4,22	7,73
2,5kHz	23,98	16,92	4,19	5,07	7,42
3,15kHz	19,72	13,9	5,01	5,82	8,7
4kHz	16,1	11,29	7,29	7,13	8,79
5kHz	15,23	10,45	5,79	5,09	6,87
6,3kHz	17,23	10,79	5,77	5,09	6,75
8kHz	10,55	7,37	5,17	4,45	6
10kHz	7,9	5,54	4,01	3,3	4,68
12,5kHz	3,6	3,21	2,44	1,65	3,02
16kHz	1,64	1,24	0,53	-0,31	1,09
20kHz	-0,54	-0,88	-1,51	-2,53	-1,04
A	31,02	25,23	16,46	16,69	20,26
C	42,44	37,47	22,12	25,63	30,95

SDg alle Silben 40dB



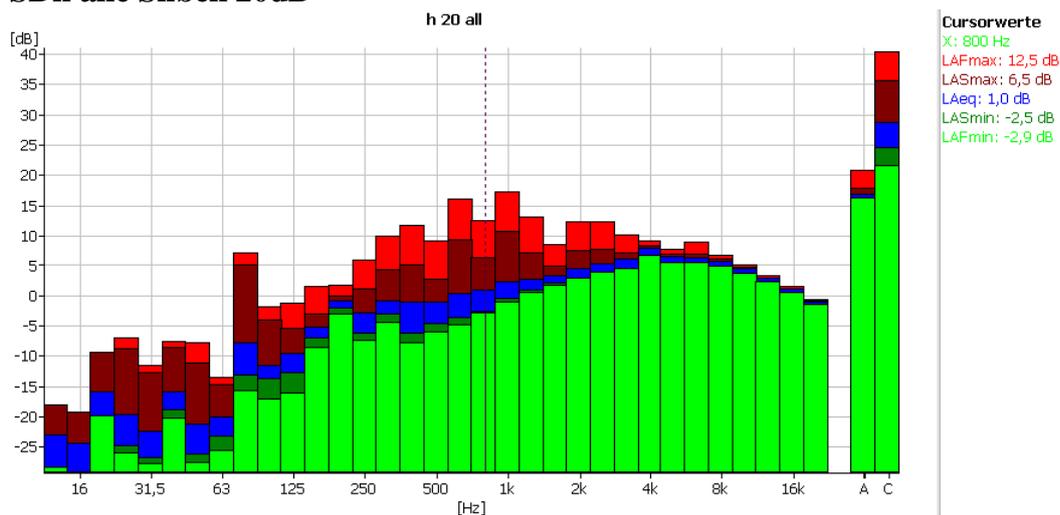
g 40 all	Total	01.01.0001 00:00:00			
Frequenz	LAFmax	LASmax	LAFmin	LASmin	LAeq
12,5Hz	-15,42	-15,42	-27,92	-27,92	-21,51
16Hz	-14,94	-14,94	-30,45	-30,45	-23,6
20Hz	-12,19	-12,19	-21,57	-21,57	-16,17
25Hz	-11,08	-12,46	-25,84	-24,77	-19,52
31,5Hz	-17,95	-18,65	-29,14	-28,95	-23,6
40Hz	-11,23	-12,45	-20,3	-19,54	-16,52
50Hz	-16,7	-19,31	-27,4	-25,4	-22,96
63Hz	-8,66	-13,15	-25,18	-22,67	-19,77
80Hz	0,88	-3,12	-15,46	-12,78	-8,78
100Hz	13,78	8,11	-15,81	-10,31	0,51
125Hz	18,63	13,35	-14,15	-8,15	7,23
160Hz	23,89	16,9	-7,96	-5,5	6,63
200Hz	19,4	12,57	-3,16	-0,65	5,6
250Hz	27,95	22,32	-6,87	-2,01	15,35
315Hz	31,8	25,52	-4,26	-2,27	15,82
400Hz	33,63	26,7	-6,9	-2,46	18,76
500Hz	30,07	22,83	-5,06	-0,26	15,97
630Hz	37,88	31,14	-4,18	-1,88	19,08
800Hz	34,26	27,74	-2,18	-1,43	18,15
1kHz	38,98	32,28	-0,49	0,47	18,68
1,25kHz	34,76	27,56	0,63	1,03	17,06
1,6kHz	28,23	20,97	1,81	3,38	12,46
2kHz	33,81	27,02	3,26	4,55	15,43
2,5kHz	33,89	26,61	4,48	5,49	13,96
3,15kHz	29,61	23,16	5,13	6,27	15,83
4kHz	25,17	18,7	7,5	8,22	11,99
5kHz	24,85	18,45	5,95	5,51	8,49
6,3kHz	26,68	18,86	5,78	5,42	8,65
8kHz	18,7	12,73	5,27	4,89	6,55
10kHz	15,61	9,81	4,03	3,41	5,12
12,5kHz	5,64	3,69	2,5	1,91	3,08
16kHz	1,63	1,27	0,55	-0,16	1,09
20kHz	-0,6	-0,86	-1,59	-2,2	-1,02
A	40,87	34,62	16,39	17,37	28,07
C	42,5	38,63	24,21	28,08	34,26

SDg alle Silben 65dB



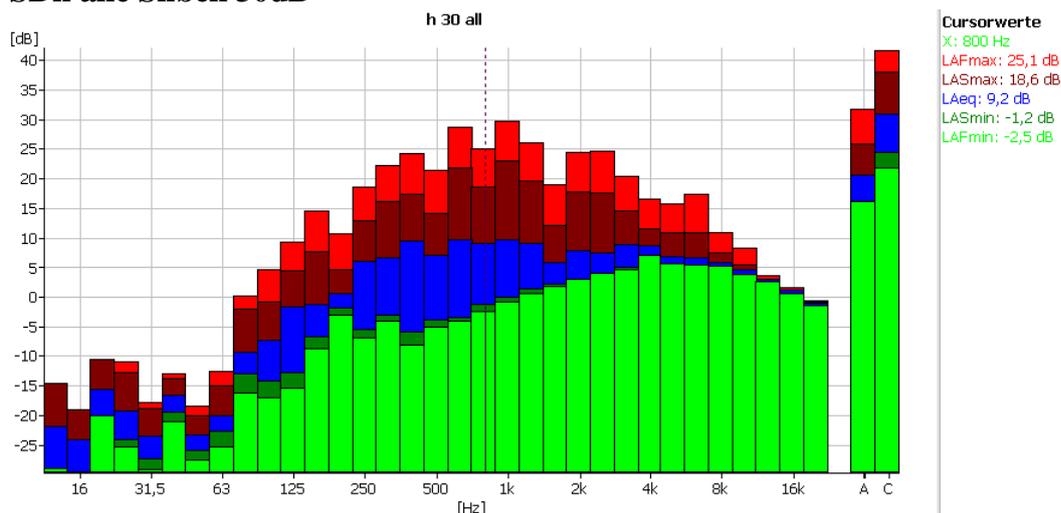
g 65db all	Total	01.01.0001 00:00:00			
Frequenz	LAFmax	LASmax	LAFmin	LASmin	LAeq
12,5Hz	-11,51	-11,51	-25,82	-25,82	-19,2
16Hz	-14,23	-14,23	-28,31	-28,31	-21,58
20Hz	-8,51	-8,51	-18,89	-18,89	-14,6
25Hz	-9,45	-10,83	-23,06	-20,97	-16,73
31,5Hz	-9,68	-10,73	-26,56	-25,22	-20,25
40Hz	0,81	-1,17	-20	-18,94	-11,74
50Hz	5,68	1,82	-26,35	-24,67	-13,17
63Hz	10,17	7,43	-22,16	-21,31	-6,67
80Hz	21,48	17,17	-11,07	-10,84	5,87
100Hz	28,7	22,97	-14,44	-12,77	14,88
125Hz	32,88	27,57	-16,97	-13,05	22,74
160Hz	46,97	40,44	-8,03	-7,8	30,64
200Hz	43,55	36,39	-2,29	-2,48	29,24
250Hz	57,15	51,59	-5,86	-6,08	44,15
315Hz	56,28	50,87	-4	-3,75	42,18
400Hz	58,87	52,72	-6,97	-6,65	44,97
500Hz	57,45	50,02	-4,65	-3,74	41,27
630Hz	47,29	41,49	-4,33	-3,83	32,98
800Hz	53,52	46,31	-2,2	-2,02	37,58
1kHz	51,77	45,36	-1	-0,22	33,11
1,25kHz	50,84	43,89	0,81	0,67	33,75
1,6kHz	50,2	42,45	2,09	2,05	31,94
2kHz	47,28	40,38	3,24	2,79	29,37
2,5kHz	53,87	47,27	4,51	3,95	36,9
3,15kHz	54,85	48,14	5,23	4,67	39,84
4kHz	51,01	43,7	6,59	6,23	35,28
5kHz	51,77	44,72	5,86	5,45	30,37
6,3kHz	54,03	46,03	5,99	5,36	32,17
8kHz	45,29	38,52	5,25	4,46	24,6
10kHz	38,71	31,65	4,27	3,41	19,11
12,5kHz	28,56	21,16	2,64	1,88	9,99
16kHz	8,96	5	0,63	-0,11	1,45
20kHz	-0,3	-0,84	-1,53	-2,25	-1,05
A	62,05	56,24	16,29	15,25	51,02
C	66,93	61,92	24,39	29,2	56,64

SDh alle Silben 20dB



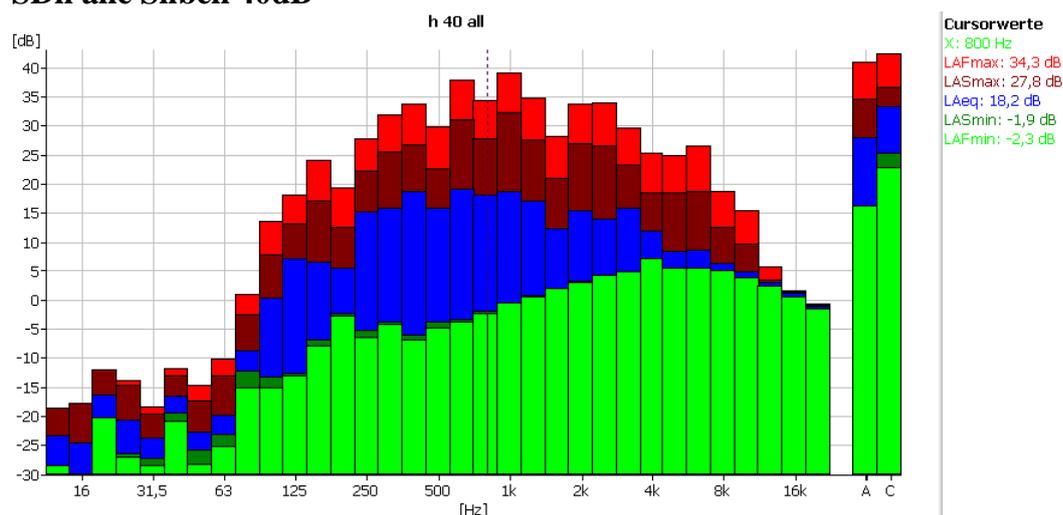
h 20 all	Total	01.01.0001 00:00:00			
Frequenz	LAFmax	LASmax	LAFmin	LASmin	LAeq
12,5Hz	-17,97	-17,97	-28,22	-28,22	-23,02
16Hz	-19,3	-19,3	-29,28	-29,28	-24,36
20Hz	-9,35	-9,35	-19,81	-19,81	-15,77
25Hz	-6,97	-8,8	-25,97	-24,79	-19,56
31,5Hz	-11,45	-12,77	-27,71	-26,8	-22,46
40Hz	-7,51	-8,62	-20,26	-18,85	-15,8
50Hz	-7,79	-11,17	-27,49	-26,03	-21,13
63Hz	-13,44	-14,65	-25,58	-23,12	-20
80Hz	7,28	5,32	-15,6	-13,01	-7,81
100Hz	-1,77	-3,96	-17,14	-13,77	-11,53
125Hz	-1,19	-5,42	-16	-12,62	-9,47
160Hz	1,61	-3,03	-8,58	-7,01	-5,15
200Hz	1,66	-0,09	-3,01	-2,04	-0,87
250Hz	6,1	1,06	-7,3	-6,25	-2,81
315Hz	9,92	4,39	-4,47	-3,03	-0,95
400Hz	11,77	5,2	-7,7	-6,21	-1,02
500Hz	9,2	2,95	-6,06	-4,59	-1,15
630Hz	16,03	9,44	-4,78	-3,62	0,41
800Hz	12,53	6,54	-2,92	-2,55	1,01
1kHz	17,23	10,83	-1,05	-0,55	2,28
1,25kHz	13,22	7,3	0,56	0,94	2,86
1,6kHz	8,63	4,97	1,63	2,15	3,42
2kHz	12,37	7,64	3,02	3,09	4,63
2,5kHz	12,35	7,89	4,08	4,04	5,41
3,15kHz	10,21	7,24	4,66	4,55	6,18
4kHz	9,26	8,45	6,9	6,64	8,07
5kHz	7,92	6,97	5,76	5,57	6,65
6,3kHz	9,06	7,07	5,65	5,19	6,49
8kHz	6,86	6,24	4,99	4,76	5,9
10kHz	5,37	4,79	3,96	3,41	4,6
12,5kHz	3,58	3,16	2,37	1,72	3
16kHz	1,55	1,22	0,59	-0,15	1,06
20kHz	-0,65	-0,93	-1,53	-2,33	-1,08
A	20,85	17,97	16,28	15,6	16,92
C	40,35	35,58	21,65	24,57	28,72

SDh alle Silben 30dB



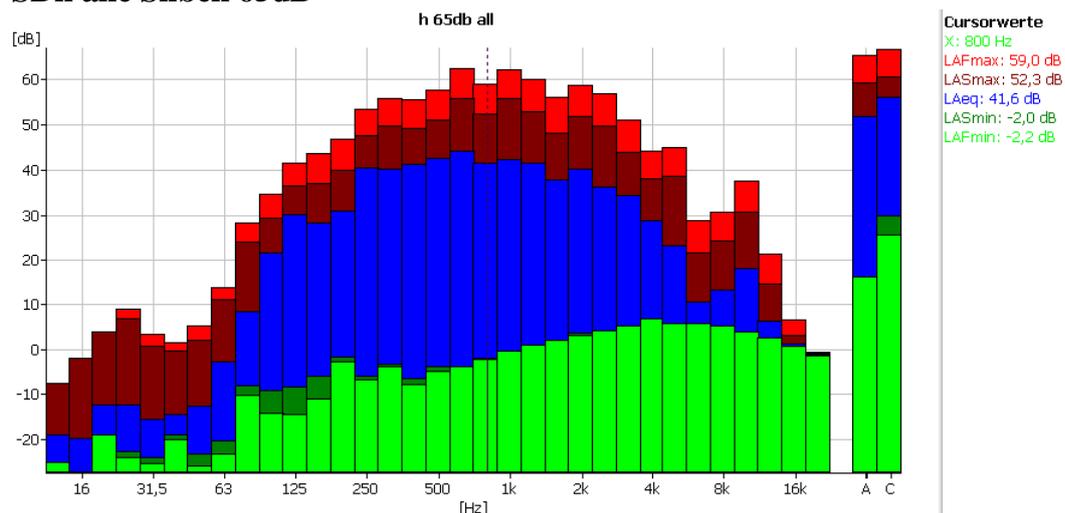
h 30 all	Total	01.01.0001 00:00:00			
Frequenz	LAFmax	LASmax	LAFmin	LASmin	LAeq
12,5Hz	-14,46	-14,46	-28,82	-28,82	-21,88
16Hz	-18,94	-18,94	-29,64	-29,64	-23,96
20Hz	-10,52	-10,52	-20,01	-20,01	-15,57
25Hz	-10,94	-12,69	-25,25	-23,92	-19,28
31,5Hz	-17,75	-18,84	-29,12	-27,15	-23,32
40Hz	-12,93	-13,81	-20,89	-19,48	-16,63
50Hz	-18,35	-20,01	-27,36	-25,83	-23,13
63Hz	-12,43	-15,02	-25,27	-22,64	-20
80Hz	0,12	-1,98	-16,23	-12,91	-9,23
100Hz	4,71	-0,8	-16,98	-14,22	-7,36
125Hz	9,39	4,57	-15,28	-12,81	-1,58
160Hz	14,7	7,81	-8,73	-6,68	-1,25
200Hz	10,75	4,68	-3,07	-1,85	0,58
250Hz	18,6	13,02	-6,93	-5,45	6,12
315Hz	22,28	16,16	-4,12	-3,05	6,74
400Hz	24,36	17,5	-8,06	-5,94	9,54
500Hz	21,4	14,19	-5,13	-3,98	7,1
630Hz	28,66	21,95	-4,11	-3,39	9,86
800Hz	25,08	18,6	-2,5	-1,23	9,23
1kHz	29,78	23,08	-0,96	-0,11	9,75
1,25kHz	26,16	19,68	0,56	1,38	9,18
1,6kHz	19,06	12,2	1,81	2,19	5,97
2kHz	24,52	17,91	3,04	2,98	8,03
2,5kHz	24,74	17,62	4,23	4,25	7,64
3,15kHz	20,45	14,58	4,74	5,15	8,96
4kHz	16,58	11,57	7,2	7,02	8,75
5kHz	15,89	10,94	5,74	5,76	6,89
6,3kHz	17,52	10,97	5,65	5,68	6,77
8kHz	11,02	7,55	5,32	4,92	6
10kHz	8,44	5,63	3,91	3,75	4,68
12,5kHz	3,87	3,21	2,48	2,14	3,02
16kHz	1,61	1,24	0,59	0,26	1,07
20kHz	-0,65	-0,92	-1,56	-2,04	-1,07
A	31,76	25,9	16,31	15,65	20,6
C	41,6	37,89	21,82	24,41	30,93

SDh alle Silben 40dB



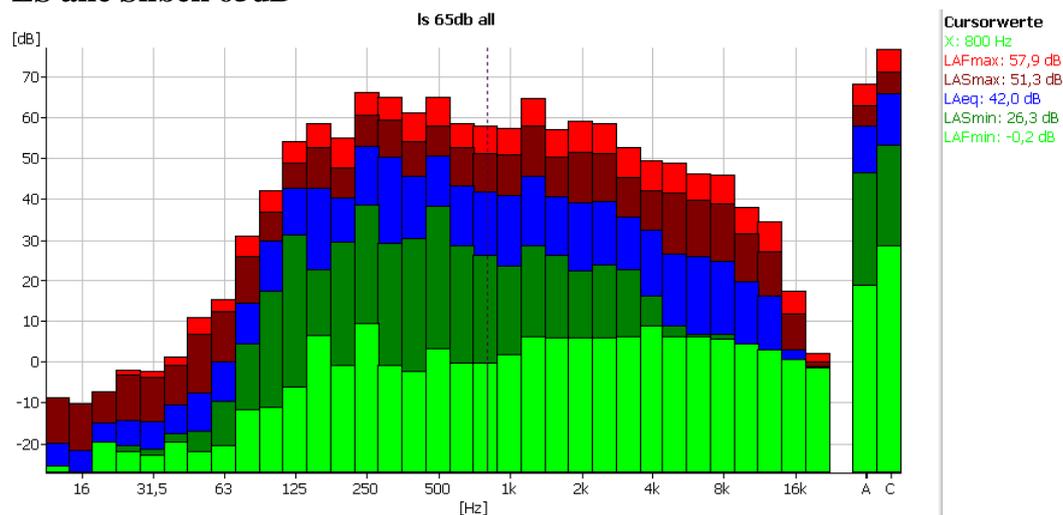
h 40 all	Total	01.01.0001 00:00:00			
Frequenz	LAFmax	LASmax	LAFmin	LASmin	LAeq
12,5Hz	-18,52	-18,52	-28,33	-28,33	-23,35
16Hz	-17,7	-17,7	-30,05	-30,05	-24,47
20Hz	-12,01	-12,01	-20,17	-20,17	-16,26
25Hz	-13,94	-14,6	-26,92	-26,44	-20,58
31,5Hz	-18,44	-19,52	-28,35	-27,16	-23,67
40Hz	-11,73	-12,96	-20,73	-19,47	-16,49
50Hz	-14,58	-17,28	-28,15	-25,79	-22,64
63Hz	-10,14	-13,07	-25,18	-23,07	-19,88
80Hz	0,98	-2,5	-14,97	-12,22	-8,7
100Hz	13,67	7,85	-15,04	-13,3	0,37
125Hz	18,24	13,31	-13,02	-12,69	7,19
160Hz	24,16	17,09	-7,81	-6,86	6,67
200Hz	19,38	12,61	-2,68	-2,3	5,66
250Hz	27,85	22,29	-6,36	-5,32	15,37
315Hz	31,83	25,65	-4,14	-3,89	15,85
400Hz	33,67	26,74	-6,82	-6,02	18,79
500Hz	29,96	22,72	-4,76	-3,82	16
630Hz	37,89	31,17	-3,78	-3,38	19,11
800Hz	34,29	27,76	-2,25	-1,87	18,19
1kHz	39	32,3	-0,61	-0,4	18,71
1,25kHz	34,76	27,56	0,57	0,76	17,1
1,6kHz	28,26	21,01	1,95	1,93	12,5
2kHz	33,81	27,03	3,08	3,12	15,48
2,5kHz	33,94	26,67	4,37	3,89	14,03
3,15kHz	29,63	23,25	5,12	4,5	15,87
4kHz	25,28	18,66	7,39	6,63	11,96
5kHz	25	18,5	5,76	5,32	8,5
6,3kHz	26,64	18,8	5,66	5,22	8,65
8kHz	18,76	12,71	5,29	4,72	6,51
10kHz	15,47	9,75	4,04	3,58	5,11
12,5kHz	5,92	3,67	2,44	1,74	3,07
16kHz	1,56	1,24	0,48	-0,15	1,07
20kHz	-0,63	-0,9	-1,52	-2,35	-1,06
A	40,9	34,66	16,31	15,3	28,1
C	42,31	36,54	22,84	25,43	33,35

SDh alle Silben 65dB



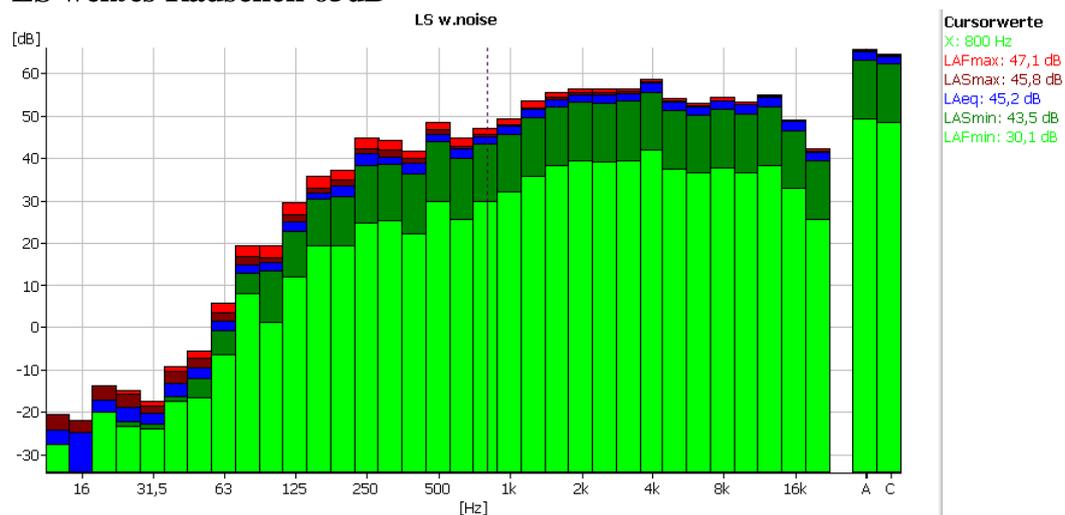
h 65db all	Total	01.01.0001 00:00:00			
Frequenz	LAFmax	LASmax	LAFmin	LASmin	LAeq
12,5Hz	-7,54	-7,54	-25,05	-25,05	-18,96
16Hz	-1,81	-1,81	-27,4	-27,4	-19,66
20Hz	3,95	3,95	-18,83	-18,83	-12,35
25Hz	9,01	6,83	-24,01	-22,54	-12,29
31,5Hz	3,26	0,72	-25,35	-24,02	-15,33
40Hz	1,39	-0,37	-19,97	-18,8	-14,35
50Hz	5,23	2,08	-25,73	-23,28	-12,46
63Hz	13,81	11,11	-23,12	-20,19	-2,63
80Hz	28,4	23,91	-10,05	-8,08	8,43
100Hz	34,6	29,27	-14,05	-8,99	21,65
125Hz	41,66	36,42	-14,44	-8,26	30,06
160Hz	43,77	36,92	-10,9	-5,84	28,34
200Hz	46,84	39,86	-2,82	-1,65	31,06
250Hz	53,59	47,52	-6,8	-5,85	40,41
315Hz	55,8	49,65	-3,92	-3,3	40,29
400Hz	55,56	49,19	-7,68	-6,34	41,24
500Hz	57,67	51,11	-4,82	-3,9	42,61
630Hz	62,5	55,87	-3,72	-3,81	44,16
800Hz	58,97	52,33	-2,15	-2,03	41,58
1kHz	62,36	55,85	-0,44	-0,99	42,35
1,25kHz	60,09	53	0,86	0,88	41,41
1,6kHz	56,02	48,23	1,9	2,02	37,85
2kHz	58,87	51,93	3,16	3,54	40,15
2,5kHz	56,97	49,72	4,22	3,94	36,24
3,15kHz	51,04	43,85	5,11	4,92	34,41
4kHz	44,26	38,22	6,7	6,1	28,68
5kHz	44,87	38,58	5,87	5,42	23,13
6,3kHz	28,89	21,72	5,82	5,35	10,52
8kHz	30,74	24,31	5,17	4,53	13,22
10kHz	37,52	30,62	4,01	3,19	18,08
12,5kHz	21,4	14,59	2,59	1,69	6,19
16kHz	6,47	3,06	0,63	-0,21	1,27
20kHz	-0,59	-0,93	-1,55	-2,26	-1,07
A	65,51	59,26	16,24	15,41	51,9
C	66,77	60,76	25,67	29,98	56,09

LS alle Silben 65dB



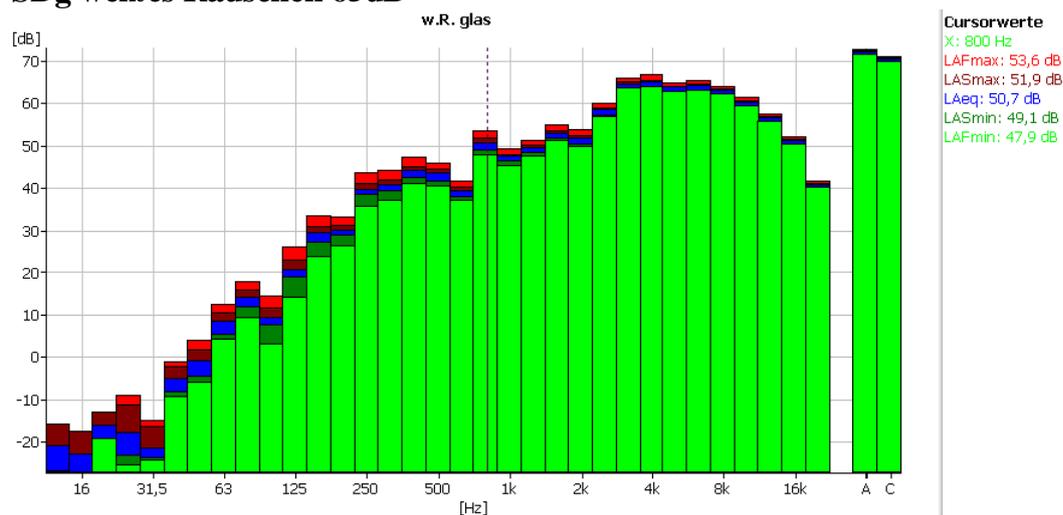
Is 65db all	Total	01.01.0001 00:00:00			
Frequenz	LAFmax	LASmax	LAFmin	LASmin	LAeq
12,5Hz	-8,73	-8,73	-25,4	-25,4	-19,78
16Hz	-10,25	-10,25	-27,15	-27,15	-21,47
20Hz	-7,2	-7,2	-19,42	-19,42	-14,86
25Hz	-2,08	-3,18	-22,03	-20,49	-14,25
31,5Hz	-2,15	-3,83	-22,82	-21,2	-14,65
40Hz	1,3	-0,92	-19,59	-17,38	-10,56
50Hz	10,76	6,74	-21,83	-16,83	-7,68
63Hz	15,14	12,44	-20,52	-9,55	-0,08
80Hz	31,11	26,07	-11,6	4,31	14,46
100Hz	42,31	36,83	-11,07	17,36	29,91
125Hz	54,26	48,85	-6,08	31,49	42,75
160Hz	58,59	52,67	6,39	22,88	42,88
200Hz	55,09	47,77	-0,75	29,61	40,38
250Hz	66,3	60,61	9,45	38,63	53,02
315Hz	65,08	59,59	-0,88	29,26	50,47
400Hz	61,26	54,05	-2,37	30,52	45,56
500Hz	64,98	57,91	3,29	38,49	50,77
630Hz	58,7	52,77	-0,16	28,82	43,23
800Hz	57,9	51,33	-0,22	26,32	42,01
1kHz	57,54	50,97	1,78	23,71	40,89
1,25kHz	64,81	57,86	6,28	28,7	45,75
1,6kHz	57,05	50,28	5,91	26,35	40,72
2kHz	59,01	51,61	6,02	22,6	39,27
2,5kHz	58,43	51,34	5,97	24,09	39,61
3,15kHz	52,62	45,35	6,28	22,75	35,65
4kHz	49,42	42,25	8,82	16,03	32,46
5kHz	49,03	41,55	6,11	8,89	26,69
6,3kHz	46,33	39,89	6,15	6,67	26,19
8kHz	45,85	38,93	5,73	6,76	24,89
10kHz	38,16	31,61	4,44	4,14	19,69
12,5kHz	34,65	27,22	2,86	2,79	16,04
16kHz	17,4	11,72	0,74	0,04	3,1
20kHz	2,09	-0,08	-1,48	-2,27	-1,02
A	68,12	62,86	18,89	46,69	58,11
C	76,58	71,18	28,74	53,23	65,77

LS weißes Rauschen 65dB



LS w.noise	Total	01.01.0001 00:00:00			
Frequenz	LAFmax	LASmax	LAFmin	LASmin	LAeq
12,5Hz	-20,52	-20,52	-27,61	-27,61	-24,02
16Hz	-21,8	-21,8	-34,29	-34,29	-24,74
20Hz	-13,67	-13,67	-20,02	-20,02	-16,98
25Hz	-14,97	-15,79	-23,26	-22,15	-18,85
31,5Hz	-17,53	-18,43	-23,79	-22,69	-20,31
40Hz	-9,12	-10,36	-17,47	-16,3	-13,11
50Hz	-5,54	-7,14	-16,65	-11,95	-9,54
63Hz	5,73	3,51	-6,55	-0,72	1,51
80Hz	19,38	17,09	7,84	13,08	14,94
100Hz	19,59	16,56	1,19	13,6	15,5
125Hz	29,8	26,96	12,3	22,92	25,07
160Hz	35,82	33,14	19,42	30,44	31,87
200Hz	37,25	35,05	19,41	31,08	33,57
250Hz	44,94	42,2	24,89	38,44	41,15
315Hz	44,28	42,15	25,41	38,7	40,3
400Hz	41,81	40,11	22,24	36,44	38,81
500Hz	48,59	46,81	30,08	43,91	45,6
630Hz	44,89	42,97	25,83	40,18	42,3
800Hz	47,08	45,79	30,06	43,51	45,21
1kHz	49,33	48,07	32,26	45,68	47,54
1,25kHz	53,49	52,03	35,94	49,66	51,59
1,6kHz	55,47	54,41	38,34	52,32	53,91
2kHz	56,3	55,47	39,62	53,31	55,03
2,5kHz	56,46	55,61	39,24	53,03	55,11
3,15kHz	56,52	55,78	39,55	53,48	55,32
4kHz	58,82	58,12	42,13	55,72	57,7
5kHz	54,25	53,58	37,42	51,21	53,18
6,3kHz	53,05	52,52	36,6	50,29	52,29
8kHz	54,31	53,73	37,75	51,49	53,48
10kHz	53,34	52,9	36,65	50,6	52,63
12,5kHz	55,02	54,59	38,4	52,34	54,37
16kHz	49,13	48,83	32,91	46,7	48,68
20kHz	42,2	41,83	25,82	39,65	41,63
A	65,59	65,29	49,46	63,24	65,15
C	64,52	64,27	48,53	62,2	64,11

SDg weißes Rauschen 65dB

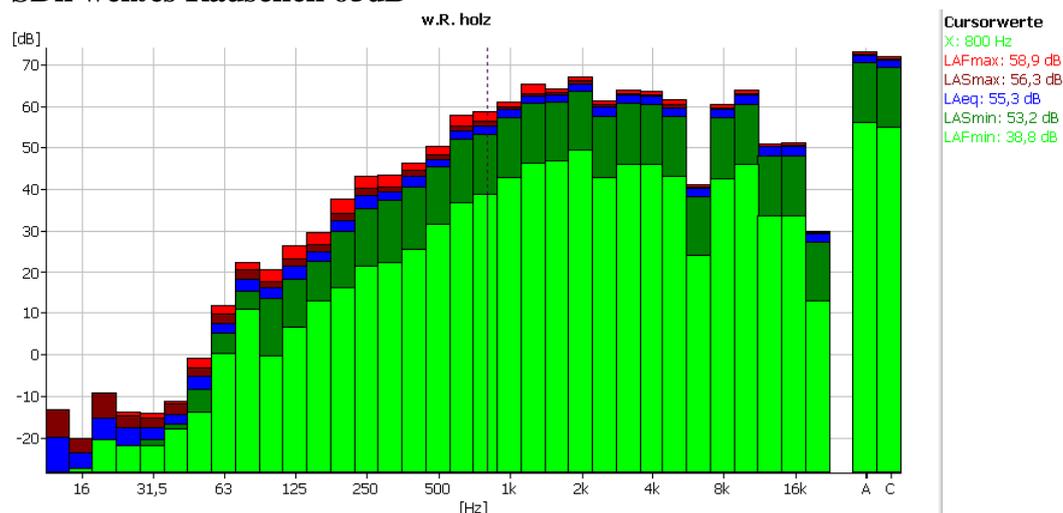


w.R. glas	Total	01.01.0001 00:00:00			
Frequenz	LAFmax	LASmax	LAFmin	LASmin	LAeq
12,5Hz	-15,66	-15,66	-26,69	-26,69	-20,67
16Hz	-17,38	-17,38	-27,24	-27,24	-22,85
20Hz	-12,86	-12,86	-19,05	-19,05	-15,92
25Hz	-8,98	-11,15	-25,21	-23	-17,73
31,5Hz	-14,75	-16,39	-24,21	-23,64	-21,34
40Hz	-1,1	-2,13	-9,15	-8,16	-5,06
50Hz	3,98	1,8	-5,95	-4,37	-0,86
63Hz	12,49	10,51	4,22	5,56	8,62
80Hz	17,88	15,81	9,43	11,75	14,05
100Hz	14,52	11,47	3,04	7,71	9,49
125Hz	26,33	23,22	14,14	19,2	20,9
160Hz	33,53	31,02	24,03	27,3	29,65
200Hz	33,42	31,21	26,57	29,08	30,1
250Hz	43,79	41,07	35,87	38,6	39,72
315Hz	44,31	41,9	37,34	39,52	40,85
400Hz	47,33	45,22	41,22	42,73	44,29
500Hz	46	44,47	40,72	41,87	43,61
630Hz	41,86	40,21	37,25	38	39,52
800Hz	53,58	51,88	47,92	49,13	50,7
1kHz	49,47	48,08	45,44	46,41	47,59
1,25kHz	51,27	50,22	47,77	48,4	49,61
1,6kHz	54,83	53,5	51,22	51,75	52,86
2kHz	53,74	52,55	49,99	50,36	51,87
2,5kHz	60,08	58,96	57	57,29	58,61
3,15kHz	66,06	64,99	63,58	63,71	64,68
4kHz	66,67	65,54	64,04	64,12	65,17
5kHz	64,7	64,11	62,82	62,81	63,86
6,3kHz	65,39	64,54	63,14	63,04	64,25
8kHz	64,06	63,44	62,2	62,22	63,13
10kHz	61,35	60,49	59,44	59,11	60,24
12,5kHz	57,51	56,95	55,75	55,59	56,59
16kHz	52,08	51,61	50,47	50,1	51,28
20kHz	41,74	41,16	40,35	39,82	40,93
A	72,74	72,35	71,64	71,15	72,21
C	71,07	70,68	70,01	69,48	70,55

SDg + Sub weißes Rauschen 65dB

w.R. Glas LS	Total	01.01.0001 00:00:00			
Frequenz	LAFmax	LASmax	LAFmin	LASmin	LAeq
12,5Hz	-11,69	-11,69	-27,27	-27,27	-19,44
16Hz	-19,84	-19,84	-29,13	-29,13	-23,73
20Hz	-3,97	-3,97	-20,06	-20,06	-13,78
25Hz	-5,22	-6,98	-26,57	-24,06	-16,52
31,5Hz	-13,45	-14,63	-22,66	-20,67	-16,97
40Hz	-3,8	-4,81	-12,42	-11,08	-7,89
50Hz	5,57	3,18	-6,34	-2	0,81
63Hz	12,08	9,52	0,63	5,78	7,67
80Hz	19,04	17,06	7,53	12,54	15,1
100Hz	12,25	9,4	-3,61	5,19	7,43
125Hz	21,63	18,72	5,41	15,57	17,23
160Hz	31,38	29,33	16,6	26,12	27,94
200Hz	34,13	31,93	16,25	28,7	30,86
250Hz	42,89	40,33	24,05	37,28	39,08
315Hz	45	42,1	25,61	39	40,99
400Hz	48,19	46,13	29,54	43,22	45,15
500Hz	45,45	44,18	27,88	41,31	43,32
630Hz	42	40,55	24,14	37,77	39,87
800Hz	54,11	52,41	35,07	49,17	51,18
1kHz	50,21	48,71	32,41	46,09	48,15
1,25kHz	52,27	50,92	35,11	48,32	50,39
1,6kHz	57,32	56,2	39,01	53,53	55,36
2kHz	55,54	54,17	37,57	51,38	53,43
2,5kHz	62,53	61,44	45,48	59,03	61,07
3,15kHz	65,36	64,28	48,68	62,09	63,82
4kHz	65,83	64,9	49,01	62,74	64,53
5kHz	64,74	64,06	48,52	61,98	63,78
6,3kHz	65,38	64,52	48,94	62,35	64,15
8kHz	63,75	62,91	47,05	60,61	62,57
10kHz	61,35	60,83	44,81	58,56	60,46
12,5kHz	56,67	56,1	40,15	53,75	55,77
16kHz	52,91	52,31	36,19	50,05	52,08
20kHz	46,47	46,09	30,28	43,87	45,84
A	72,55	72,27	56,66	70,23	72,08
C	70,91	70,63	55,04	68,6	70,44

SDh weißes Rauschen 65dB

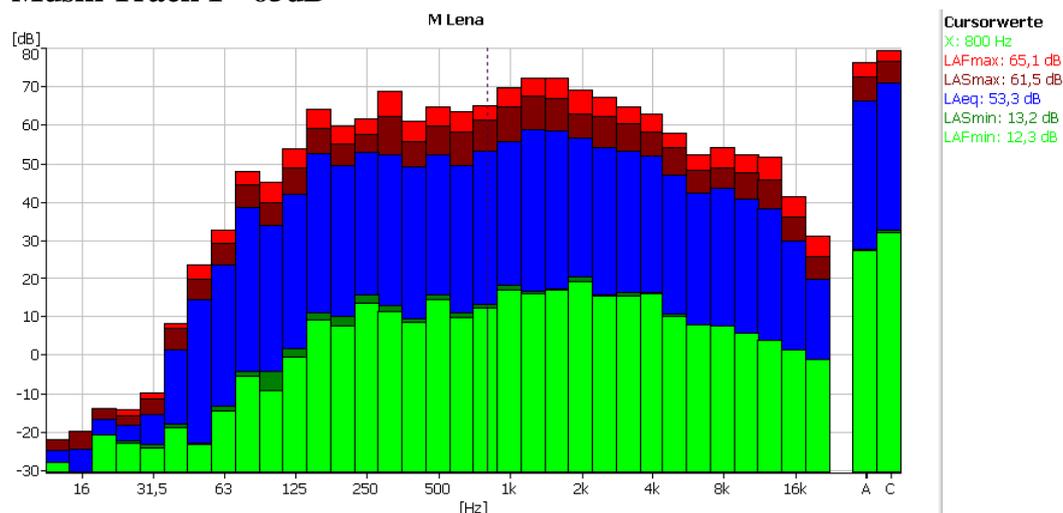


w.R. holz	Total	01.01.0001 00:00:00			
Frequenz	LAFmax	LASmax	LAFmin	LASmin	LAeq
12,5Hz	-13,2	-13,2	-28,45	-28,45	-19,75
16Hz	-20,05	-20,05	-27,21	-27,21	-23,47
20Hz	-9,14	-9,14	-20,44	-20,44	-15,09
25Hz	-13,81	-14,67	-21,71	-21,68	-17,61
31,5Hz	-14,11	-15,11	-21,83	-20,42	-17,65
40Hz	-11,12	-11,75	-17,83	-16,58	-14,27
50Hz	-0,83	-3,03	-13,67	-8,32	-5,23
63Hz	11,8	9,81	0,24	5,1	7,64
80Hz	22,55	20,73	11,09	15,23	18,03
100Hz	20,65	17,68	-0,4	13,63	16,23
125Hz	26,47	23,22	6,59	18,49	21,59
160Hz	29,57	26,73	12,96	22,88	25,2
200Hz	37,74	34,33	16,27	30,01	32,6
250Hz	43,21	40,32	21,56	35,35	38,49
315Hz	43,39	40,7	22,51	37,35	39,36
400Hz	46,47	44,54	25,77	40,55	43,28
500Hz	50,37	48,39	31,73	45,54	47,34
630Hz	57,95	55,19	36,98	52,03	54,24
800Hz	58,88	56,32	38,82	53,18	55,3
1kHz	61,12	60,01	42,93	57,32	59,32
1,25kHz	65,22	63,17	46,3	60,72	62,36
1,6kHz	64,31	63,33	46,87	61,01	62,86
2kHz	67,22	66,16	49,56	63,61	65,41
2,5kHz	61,45	60,42	42,86	57,61	59,94
3,15kHz	63,88	63,05	46,16	60,64	62,66
4kHz	63,55	62,86	46,09	60,46	62,49
5kHz	61,5	60,36	43,23	57,71	59,6
6,3kHz	41,29	40,71	24,14	38,31	40,41
8kHz	60,57	59,7	42,7	57,19	59,41
10kHz	63,93	63,14	45,95	60,58	62,82
12,5kHz	50,89	50,53	33,76	48,2	50,3
16kHz	51,19	50,56	33,75	48,23	50,25
20kHz	29,87	29,54	13,13	27,35	29,37
A	73,03	72,6	56,04	70,43	72,39
C	71,91	71,45	54,89	69,28	71,24

SDg + Sub weißes Rauschen 65dB

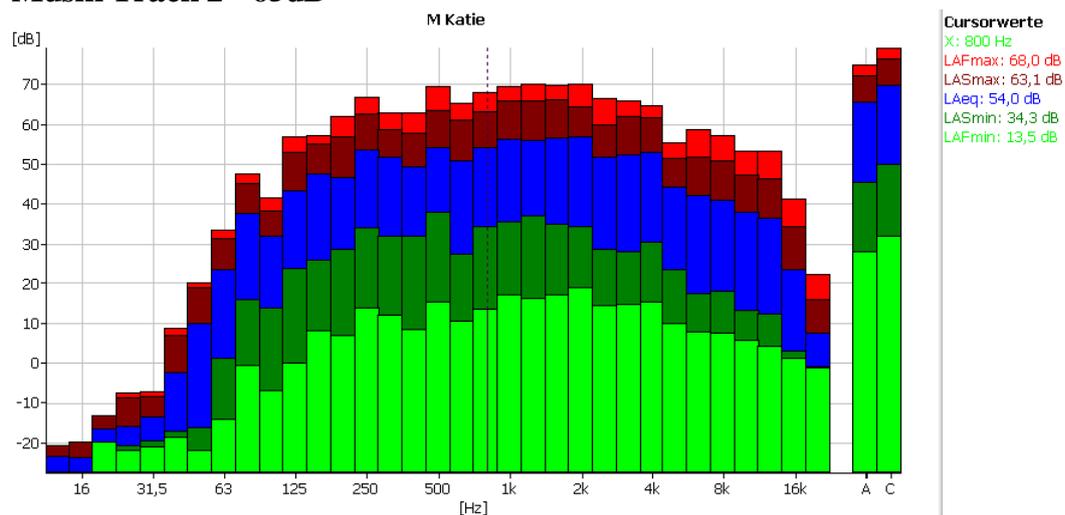
w.R. holz+su	Total	01.01.0001 00:00:00			
Frequenz	LAFmax	LASmax	LAFmin	LASmin	LAeq
12,5Hz	-13,46	-13,46	-26,86	-26,86	-20,21
16Hz	-18,14	-18,14	-28,21	-28,21	-23,63
20Hz	-11,56	-11,56	-21,31	-21,31	-15,71
25Hz	-10,74	-12,37	-23,11	-22,13	-17,77
31,5Hz	-11,15	-12	-18,05	-16,33	-13,79
40Hz	8,11	7,18	0,03	1,41	4,78
50Hz	13,79	12,07	0,04	6,36	9,27
63Hz	18,65	15,75	5,56	10,95	13,42
80Hz	28,69	27,06	15,73	21,83	24,37
100Hz	22,94	19,88	1,3	16,34	18,73
125Hz	25,72	23,2	8,06	19,4	21,65
160Hz	29,29	26,62	14,09	22,66	25,2
200Hz	37,74	34,26	16,35	29,89	32,55
250Hz	43,11	40,25	21,77	35,41	38,47
315Hz	43,42	40,67	22,79	37,77	39,34
400Hz	46,39	44,46	25,97	40,49	43,21
500Hz	50,36	48,34	31,96	45,51	47,28
630Hz	57,87	55,13	37,22	52	54,19
800Hz	58,77	56,26	38,96	53,14	55,25
1kHz	61,07	59,97	43,08	57,3	59,28
1,25kHz	65,16	63,1	46,45	60,68	62,3
1,6kHz	64,27	63,29	47,12	60,8	62,84
2kHz	67,19	66,11	49,77	63,59	65,36
2,5kHz	61,39	60,37	43,07	57,6	59,89
3,15kHz	63,84	63	46,36	60,63	62,61
4kHz	63,51	62,83	46,29	60,44	62,45
5kHz	61,46	60,31	43,44	57,69	59,55
6,3kHz	41,23	40,66	24,35	38,31	40,37
8kHz	60,54	59,68	42,94	57,21	59,4
10kHz	63,9	63,12	46,16	60,58	62,8
12,5kHz	50,87	50,5	33,98	48,2	50,28
16kHz	51,15	50,52	33,96	48,22	50,22
20kHz	29,84	29,52	13,35	27,35	29,35
A	72,97	72,56	56,24	70,42	72,35
C	71,88	71,43	55,09	69,28	71,21

Musik Track 1 - 65dB



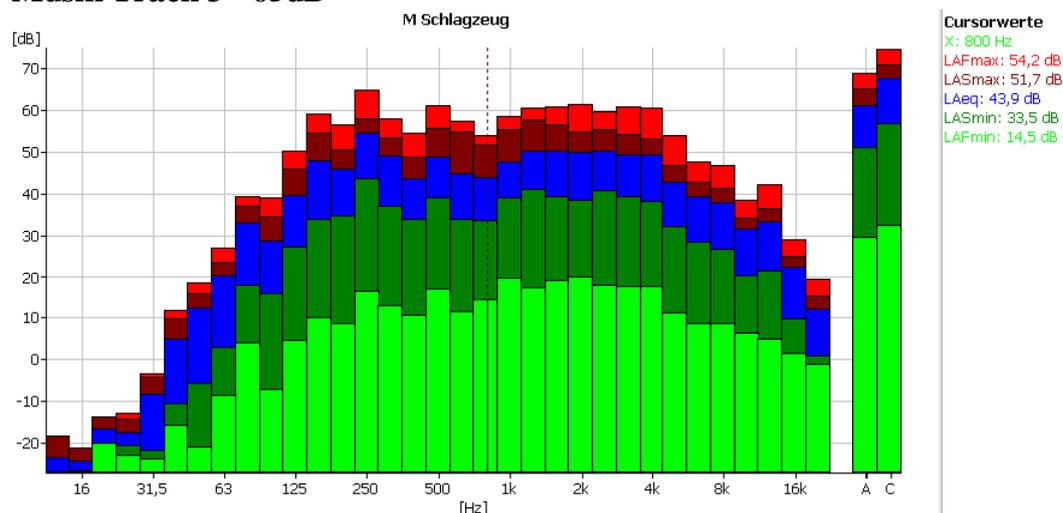
M Lena	Total	01.01.0001 00:00:00			
Frequenz	LAFmax	LASmax	LAFmin	LASmin	LAeq
12,5Hz	-21,87	-21,87	-27,85	-27,85	-24,63
16Hz	-19,8	-19,8	-30,62	-30,62	-24,43
20Hz	-13,85	-13,85	-20,57	-20,57	-16,58
25Hz	-14,03	-15,59	-22,94	-22,25	-18,17
31,5Hz	-9,91	-11,23	-24,03	-23,19	-15,53
40Hz	8,28	6,84	-18,9	-17,94	1,37
50Hz	23,66	19,95	-23,07	-22,89	14,3
63Hz	32,63	29,36	-14,57	-13,22	23,88
80Hz	47,96	44,52	-5,43	-4,32	38,69
100Hz	45,04	39,8	-9,1	-4,23	34,12
125Hz	53,82	48,99	-0,62	1,78	42,06
160Hz	64,12	59,34	9,11	10,96	52,59
200Hz	59,7	55,11	7,48	10,08	49,59
250Hz	61,74	57,76	13,57	15,61	53,02
315Hz	68,74	62,15	11,41	12,98	52,47
400Hz	60,9	55,89	8,6	9,43	49,23
500Hz	64,76	59,81	14,45	15,64	52,28
630Hz	63,63	58,12	9,9	10,96	49,58
800Hz	65,09	61,48	12,3	13,21	53,34
1kHz	69,59	64,83	16,82	18,31	55,75
1,25kHz	72,21	67,46	16	16,75	58,86
1,6kHz	72,16	66,84	16,89	17,33	58,51
2kHz	69,16	63,01	19,21	20,62	56,58
2,5kHz	67,13	62,21	15,42	15,71	54,21
3,15kHz	64,9	60,36	15,32	16,43	53,42
4kHz	62,75	58,26	15,87	16,38	52,11
5kHz	58,01	54,31	10,14	10,56	47,05
6,3kHz	52,21	48,14	7,8	7,86	42,47
8kHz	54,35	48,95	7,49	7,62	43,66
10kHz	52,26	47,59	5,64	5,61	40,95
12,5kHz	51,71	45,97	3,85	3,52	38,47
16kHz	41,4	36,32	1,34	0,47	30,07
20kHz	31,28	25,82	-1,24	-2,02	19,88
A	76,4	72,53	27,64	27,84	66,37
C	79,31	76,56	32,28	32,77	70,94

Musik Track 2 - 65dB



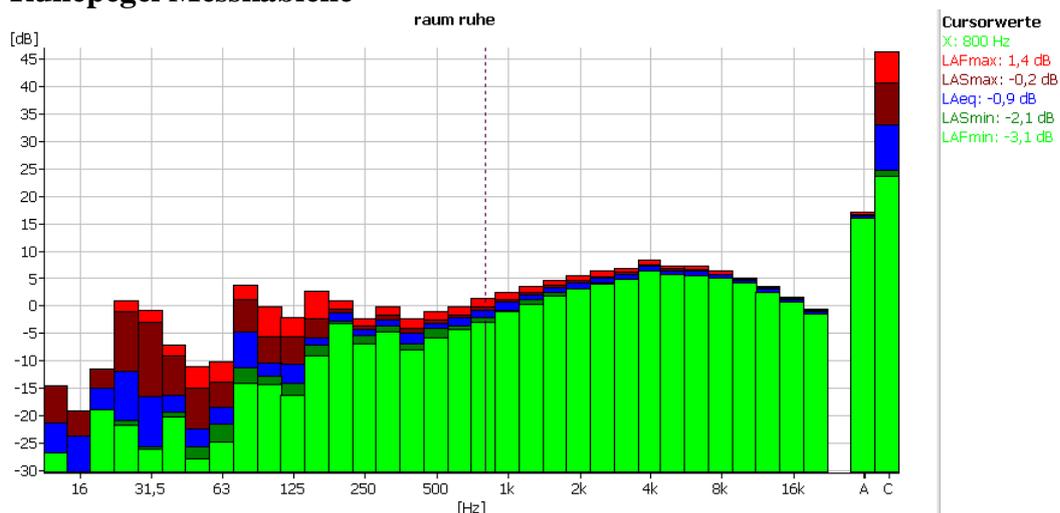
M Katie	Total	01.01.0001 00:00:00			
Frequenz	LAFmax	LASmax	LAFmin	LASmin	LAeq
12,5Hz	-20,71	-20,71	-27,5	-27,5	-23,38
16Hz	-19,72	-19,72	-27,19	-27,19	-23,57
20Hz	-13,04	-13,04	-19,84	-19,84	-16,52
25Hz	-7,59	-8,8	-21,79	-20,73	-15,99
31,5Hz	-7,02	-8,31	-20,78	-19,31	-13,3
40Hz	8,59	6,9	-18,63	-17,14	-2,23
50Hz	20,1	18,76	-21,79	-16,03	10,01
63Hz	33,39	31,43	-14,11	1,27	23,78
80Hz	47,69	45,26	-0,52	15,9	37,77
100Hz	41,45	38,28	-6,93	13,69	32,17
125Hz	56,71	53,08	-0,06	23,99	43,29
160Hz	57,2	55	8,09	25,97	47,57
200Hz	61,97	56,99	6,99	28,68	46,63
250Hz	66,66	62,64	13,63	34,08	53,59
315Hz	62,87	58,74	11,83	31,98	51,67
400Hz	62,74	57,8	8,47	32,02	49,53
500Hz	69,35	63,47	15,23	37,91	54,1
630Hz	65,35	61,11	10,57	27,6	50,91
800Hz	67,96	63,07	13,47	34,34	54,03
1kHz	69,35	65,69	17,18	35,67	56,34
1,25kHz	70,14	65,83	16,2	37,16	55,88
1,6kHz	69,85	66,16	17,07	35,12	56,48
2kHz	69,95	64,5	18,77	34,38	56,89
2,5kHz	66,43	59,78	14,47	28,84	51,76
3,15kHz	65,75	61,88	14,73	28,24	52,3
4kHz	64,75	61,63	15,4	30,57	52,9
5kHz	55,48	51,42	9,98	23,68	44,18
6,3kHz	58,57	51,75	7,69	17,23	42,06
8kHz	57,15	51,01	7,52	17,9	40,88
10kHz	53,36	47,34	5,73	13,29	38,09
12,5kHz	53,41	46,38	4,24	12,22	36,49
16kHz	41,31	34,38	1,29	2,92	23,74
20kHz	22,57	15,96	-1,21	-0,9	7,43
A	74,76	72,17	28,11	45,39	65,52
C	78,97	76,37	32,17	49,92	69,64

Musik Track 3 - 65dB



M Schlagzeug	Total	01.01.0001 00:00:00			
Frequenz	LAFmax	LASmax	LAFmin	LASmin	LAeq
12,5Hz	-18,23	-18,23	-27,22	-27,22	-23,58
16Hz	-21,32	-21,32	-26,55	-26,55	-24,48
20Hz	-13,63	-13,63	-20,08	-20,08	-16,66
25Hz	-12,84	-14,26	-23	-20,71	-17,44
31,5Hz	-3,25	-4,24	-23,91	-21,69	-8,26
40Hz	11,73	9,94	-15,77	-10,69	4,87
50Hz	18,36	15,7	-20,79	-5,63	12,47
63Hz	26,94	23,73	-8,57	2,87	20,55
80Hz	39,42	37,06	4,12	17,89	32,99
100Hz	39,23	34,46	-7,02	15,76	28,83
125Hz	50,28	45,97	4,78	27,29	39,65
160Hz	59,28	54,67	10,08	34	48,06
200Hz	56,53	50,57	8,82	34,69	45,96
250Hz	64,81	58	16,29	43,66	54,65
315Hz	58,2	53,35	12,95	36,97	49,17
400Hz	54,66	48,82	10,57	33,92	43,76
500Hz	61,13	55,86	16,91	39,24	48,82
630Hz	57,42	54,79	11,62	33,93	44,89
800Hz	54,15	51,7	14,49	33,51	43,86
1kHz	58,72	55,58	19,88	39,23	47,7
1,25kHz	60,53	57,89	17,35	41,11	50,26
1,6kHz	60,96	56,5	19,05	39,5	50,38
2kHz	61,5	54,87	20,04	38,56	50,04
2,5kHz	59,74	55,41	17,96	40,78	50,33
3,15kHz	60,91	54,26	17,65	39,32	49,53
4kHz	60,51	53,08	17,61	38,22	49,43
5kHz	54,07	46,82	11,33	32,24	42,8
6,3kHz	47,6	42,94	8,69	28,37	39,31
8kHz	46,74	41,33	8,72	26,76	38,01
10kHz	38,48	34,29	6,47	20,58	31,52
12,5kHz	42,31	36,45	5,03	21,62	33,47
16kHz	29,17	24,97	1,56	9,92	22,32
20kHz	19,55	15,3	-1,14	1,03	12,15
A	68,82	65,15	29,51	51,22	61,29
C	74,8	70,9	32,65	56,82	67,69

Ruhepegel Messkabine



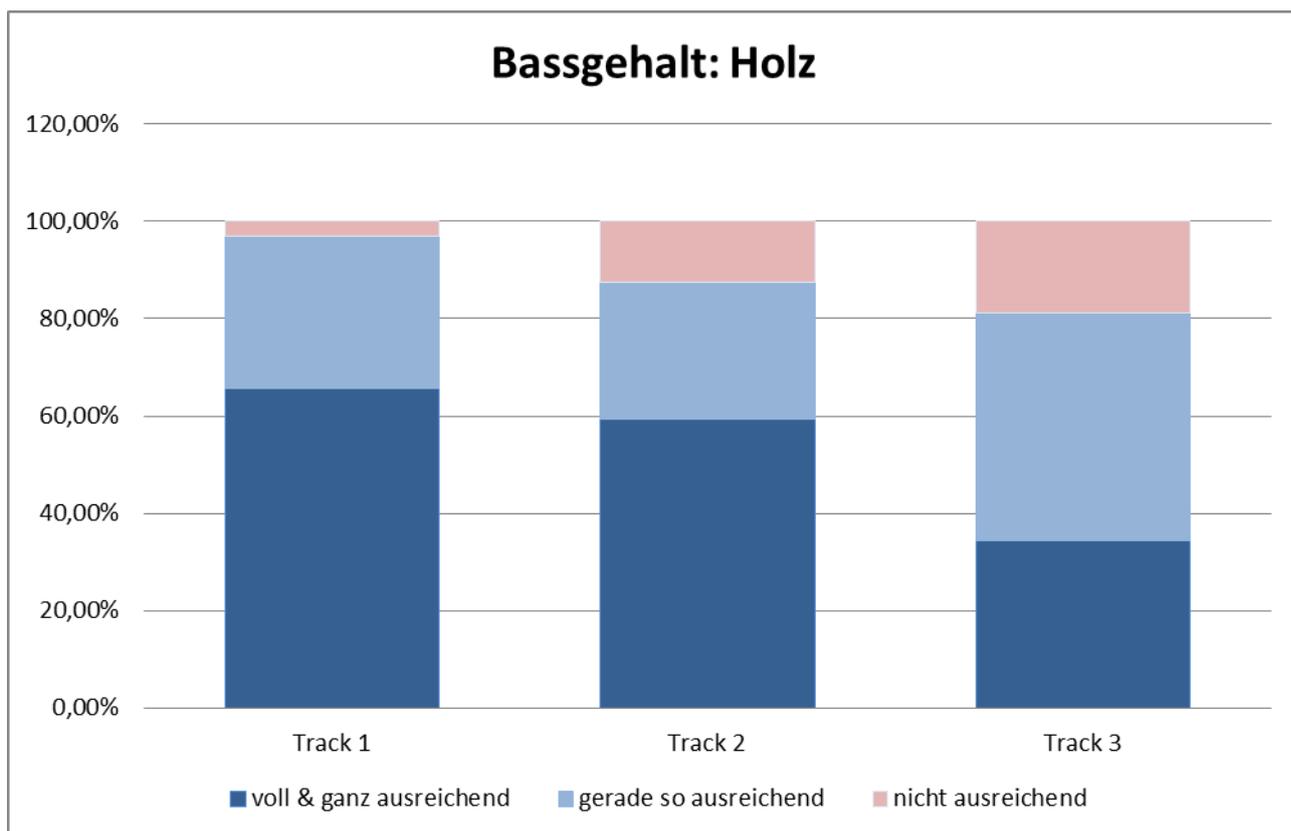
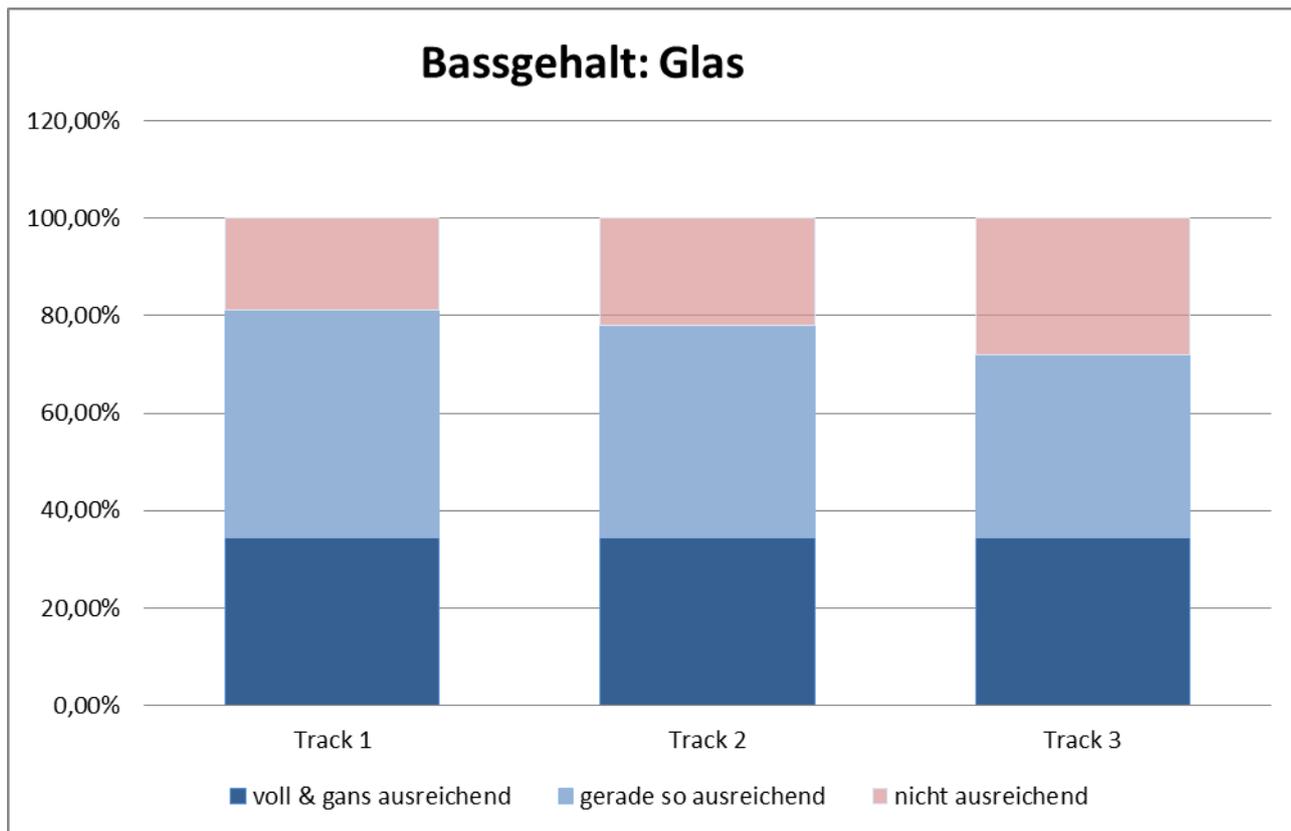
raum ruhe	Total	01.01.0001 00:00:00			
Frequenz	LAFmax	LASmax	LAFmin	LASmin	LAeq
12,5Hz	-14,66	-14,66	-26,81	-26,81	-21,24
16Hz	-19,25	-19,25	-30,48	-30,48	-23,72
20Hz	-11,53	-11,53	-18,84	-18,84	-15,09
25Hz	0,95	-1,09	-21,78	-20,8	-11,98
31,5Hz	-0,79	-3	-26,14	-25,64	-16,46
40Hz	-7,18	-9,19	-20,35	-19,44	-16,22
50Hz	-11,15	-14,96	-27,85	-25,59	-22,49
63Hz	-10,23	-13,97	-24,73	-21,65	-18,56
80Hz	3,64	1,16	-14,25	-11,27	-4,79
100Hz	-0,29	-5,65	-14,34	-12,82	-10,36
125Hz	-2,13	-5,7	-16,33	-14,1	-10,59
160Hz	2,59	-2,44	-9,25	-7,29	-6
200Hz	0,84	-0,64	-3,37	-2,77	-1,22
250Hz	-2,34	-3,7	-6,96	-5,4	-4,37
315Hz	-0,31	-1,76	-4,89	-3,79	-2,55
400Hz	-2,41	-4,17	-7,95	-6,89	-5,07
500Hz	-1,02	-2,56	-5,78	-4,18	-3,24
630Hz	-0,13	-1,66	-4,35	-3,74	-2,3
800Hz	1,36	-0,2	-3,06	-2,1	-0,85
1kHz	2,3	1,09	-1,15	-0,82	0,63
1,25kHz	3,51	2,41	0,17	1,05	2,04
1,6kHz	4,58	3,61	1,63	2,28	3,21
2kHz	5,62	4,65	3	2,79	4,18
2,5kHz	6,5	5,53	3,96	4,16	5,19
3,15kHz	6,9	6,22	4,74	4,87	5,89
4kHz	8,53	7,66	6,47	6,31	7,38
5kHz	7,49	6,86	5,82	5,42	6,62
6,3kHz	7,36	6,71	5,73	5,35	6,51
8kHz	6,58	5,98	5,16	4,7	5,8
10kHz	5,16	4,77	4,03	3,41	4,59
12,5kHz	3,52	3,16	2,43	2,03	3,01
16kHz	1,58	1,24	0,63	-0,13	1,09
20kHz	-0,6	-0,93	-1,57	-2,24	-1,05
A	17,12	16,67	16,19	15,31	16,48
C	46,44	40,74	23,62	24,74	33,07

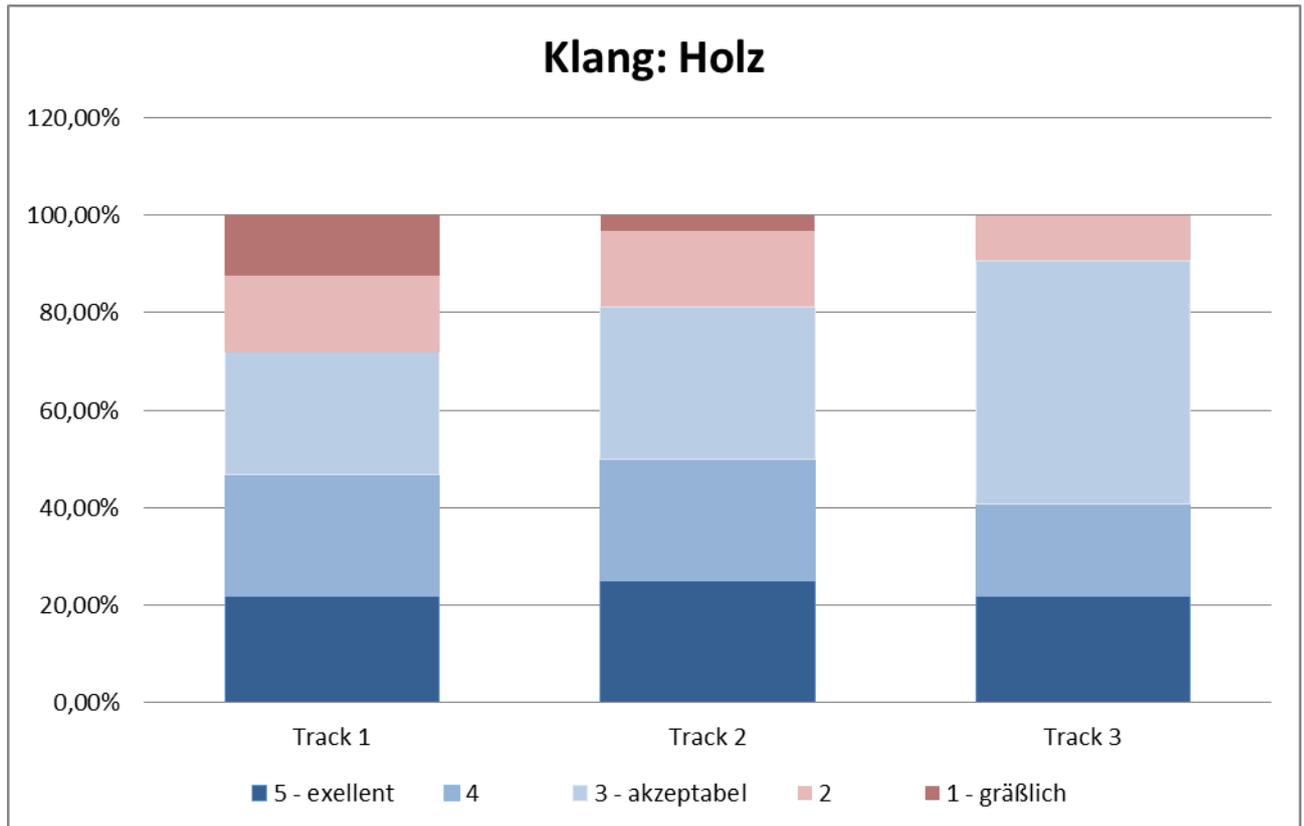
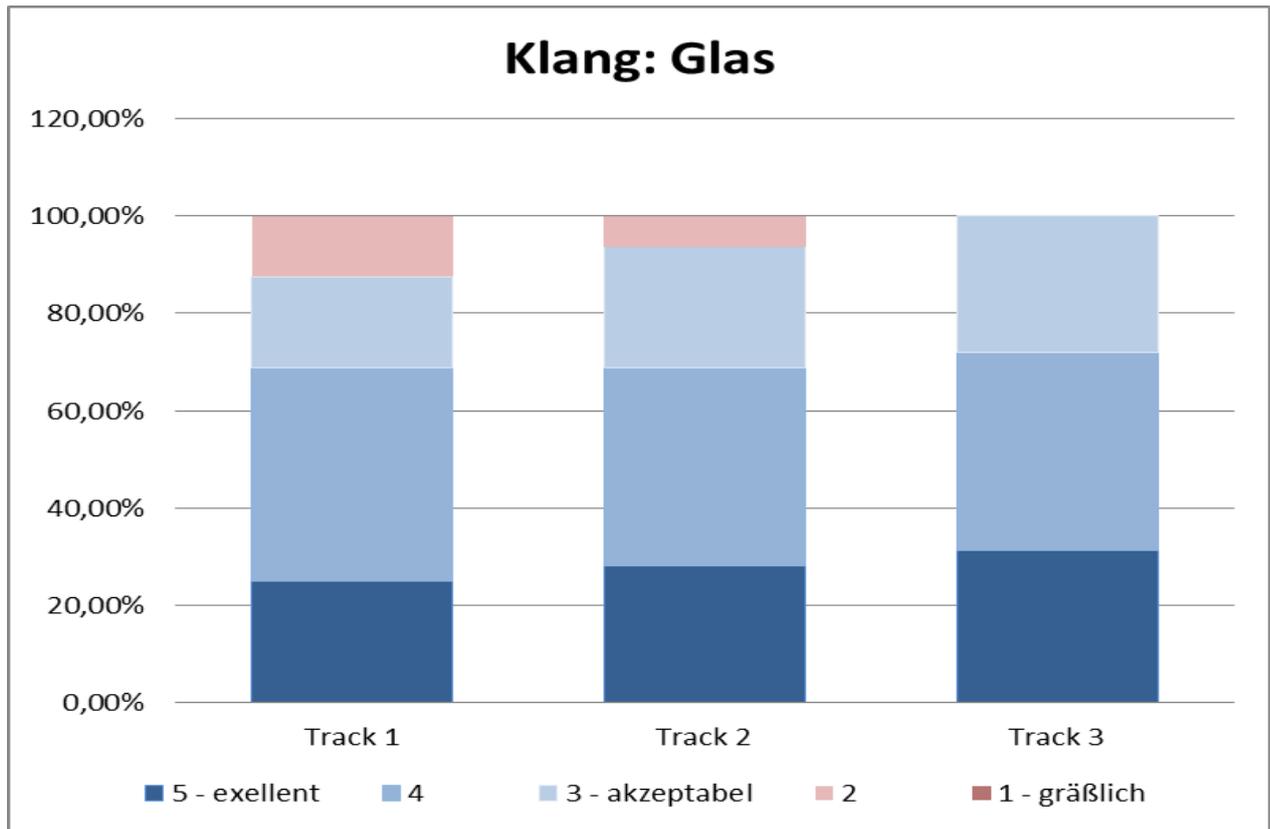
Auswertung Musiktest

	2,81	1,16	0,69	2,91	1,13	0,41	3,03	1,06	0,66		
\bar{x} von SDg	2,28	1,63	0,38	2,53	1,47	0,34	2,53	1,16	0,63	Σ	%
gräßlich	0	0,00%	0	0	0,00%	0	0	0,00%	0	0	0,00%
akzeptabel	4	12,50%	2	2	6,25%	0	0	0,00%	6,1875	6,1875	6,25%
excellent	6	18,75%	8	8	25,00%	9	9	28,13%	23,71875	23,71875	23,96%
nicht ausreichend	14	43,75%	13	13	40,63%	10	10	31,25%	41,25	41,25	41,67%
gerade so ausreichend	8	25,00%	6	9	28,13%	7	9	28,13%	22,6875	22,6875	22,92%
voll & ganz ausreichend	15	46,88%	11	14	43,75%	11	12	37,50%	42,28125	42,28125	42,71%
nein	11	34,38%	10	31,25%	19	59,38%	11	34,38%	34,03125	34,03125	34,38%
ja	22	68,75%	22	68,75%	13	40,63%	21	65,63%	40,90625	40,90625	41,74%
gräßlich	4	12,50%	1	1	3,13%	0	0	0,00%	5,15625	5,15625	5,21%
akzeptabel	5	15,63%	5	5	15,63%	3	3	9,38%	13,40625	13,40625	13,54%
excellent	8	25,00%	10	10	31,25%	16	16	50,00%	35,0625	35,0625	35,42%
nicht ausreichend	8	25,00%	8	8	25,00%	6	6	18,75%	22,6875	22,6875	22,92%
gerade so ausreichend	7	21,88%	8	8	25,00%	7	7	21,88%	22,6875	22,6875	22,92%
voll & ganz ausreichend	1	3,13%	4	4	12,50%	6	6	18,75%	11,34375	11,34375	11,46%
nein	10	31,25%	9	9	28,13%	15	15	46,88%	35,0625	35,0625	35,42%
ja	21	65,63%	20	62,50%	21	65,63%	11	34,38%	52,59375	52,59375	53,13%
	12	37,50%	12	37,50%	11	34,38%	20	62,50%	54,28125	54,28125	55,39%
									43,71875	43,71875	44,61%

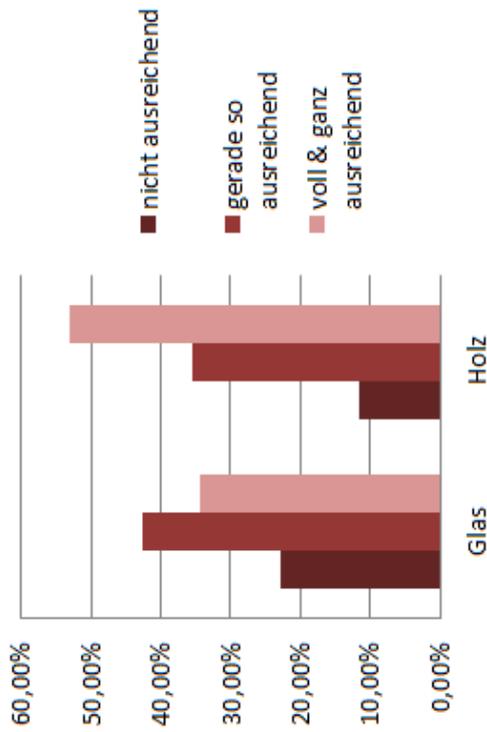
Teilnehmer	Geschlecht	Alter	Tonquelle	Tr.1-Klang	Tr.1-Bass	Tr.1-Sub	Tr.2-Klang	Tr.2-Bass	Tr.2-Sub	Tr.3-Klang	Tr.3-Bass	Tr.3-Sub
t01	m	31	+SDg	4	1	1	4	2	0	4	1	1
t02	m	26	+SDg	4	2	1	3	1	1	4	2	1
t03	w	20	+SDg	3	1	1	3	0	0	2	0	1
t04	m	22	+SDg	3	2	1	3	1	0	2	0	0
t05	m	19	+SDg	2	2	0	3	2	0	3	1	1
t06	m	19	+SDg	1	2	0	3	2	0	2	2	0
t07	m	25	+SDg	3	1	1	4	0	1	3	1	1
t08	w	33	+SDg	3	1	1	2	0	1	2	0	1
t09	m	30	+SDg	4	0	1	4	1	1	4	2	0
t10	m	25	+SDg	1	0	0	2	1	0	2	0	0
t11	w	25	+SDg	3	1	0	3	1	0	3	0	1
t12	m	29	+SDg	3	1	1	3	1	1	4	2	1
t13	w	22	+SDg	4	1	1	4	1	1	4	1	1
t14	w	21	+SDg	3	1	1	4	1	0	4	0	1
t15	m	22	+SDg	1	0	1	3	1	1	3	1	1
t16	m	27	+SDg	2	2	0	3	2	0	3	2	0
t17	w	24	+SDg	4	2	0	2	2	0	2	1	0
t18	w	22	+SDg	3	2	0	2	2	0	3	1	0
t19	m	24	+SDg	4	2	1	4	2	0	4	2	0
t20	m	26	+SDg	4	1	0	4	1	0	4	1	1
t21	w	23	+SDg	2	2	1	3	2	0	4	2	1
t22	w	25	+SDg	3	0	1	4	2	0	3	0	1
t23	m	28	+SDg	2	0	1	2	0	1	2	1	1
t24	m	22	+SDg	2	1	1	1	0	1	2	2	1
t25	m	25	+SDg	2	1	1	1	0	1	3	2	1
t26	m	25	+SDg	3	1	1	3	1	0	3	1	0
t27	m	24	+SDg	3	1	1	3	2	1	3	2	0
t28	m	25	+SDg	4	1	0	4	1	0	4	0	1
t29	m	23	+SDg	1	2	1	2	0	1	3	1	1
t30	w	26	+SDg	3	1	1	3	1	0	3	0	1
t31	w	31	+SDg	3	2	0	2	2	0	2	2	0
t32	w	25	+SDg	3	0	1	2	1	1	3	1	1

Teilnehmer	Geschlecht	Alter	Tonquelle	Tr1-Klang	Tr.1Bass	Tr.1Sub	Tr2-Klang	Tr.2Bass	Tr.2Sub	Tr3-Klang	Tr.3Bass	Tr.3Sub
t01	m	31	+SDh	2	2	0	2	2	0	2	2	0
t02	m	26	+SDh	3	2	0	3	2	0	4	2	1
t03	w	20	+SDh	4	2	1	4	1	0	3	1	1
t04	m	22	+SDh	4	2	1	4	2	1	4	1	1
t05	m	19	+SDh	4	2	0	3	2	0	4	2	1
t06	m	19	+SDh	4	2	0	4	1	1	4	1	1
t07	m	25	+SDh	4	2	1	4	2	1	4	2	1
t08	w	33	+SDh	3	1	1	4	0	1	2	1	0
t09	m	30	+SDh	3	0	1	2	0	0	2	0	1
t10	m	25	+SDh	1	2	1	2	2	1	1	2	1
t11	w	25	+SDh	1	1	0	2	1	0	2	1	0
t12	m	29	+SDh	1	1	1	2	1	1	2	1	1
t13	w	22	+SDh	3	1	1	3	1	1	2	1	1
t14	w	21	+SDh	3	1	0	3	1	0	2	1	0
t15	m	22	+SDh	2	1	1	3	1	1	2	0	1
t16	m	27	+SDh	0	2	0	2	2	0	2	2	0
t17	w	24	+SDh	4	2	0	4	2	0	4	2	0
t18	w	22	+SDh	2	2	0	3	2	0	3	2	0
t19	m	24	+SDh	2	2	1	3	2	0	3	2	0
t20	m	26	+SDh	2	1	0	1	2	0	2	1	1
t21	w	23	+SDh	4	2	0	4	2	0	2	1	1
t22	w	25	+SDh	3	2	0	2	2	0	3	2	0
t23	m	28	+SDh	2	1	0	2	2	0	2	1	1
t24	m	22	+SDh	1	2	0	1	2	0	1	0	1
t25	m	25	+SDh	0	2	0	0	2	0	1	0	1
t26	m	25	+SDh	3	2	0	2	2	0	3	1	1
t27	m	24	+SDh	2	1	0	1	0	1	2	1	1
t28	m	25	+SDh	3	2	0	3	2	0	3	2	0
t29	m	23	+SDh	0	2	1	1	0	1	2	0	1
t30	w	26	+SDh	2	1	1	1	1	0	2	1	1
t31	w	31	+SDh	0	2	0	4	2	0	4	1	0
t32	w	25	+SDh	1	2	0	2	1	1	2	0	0

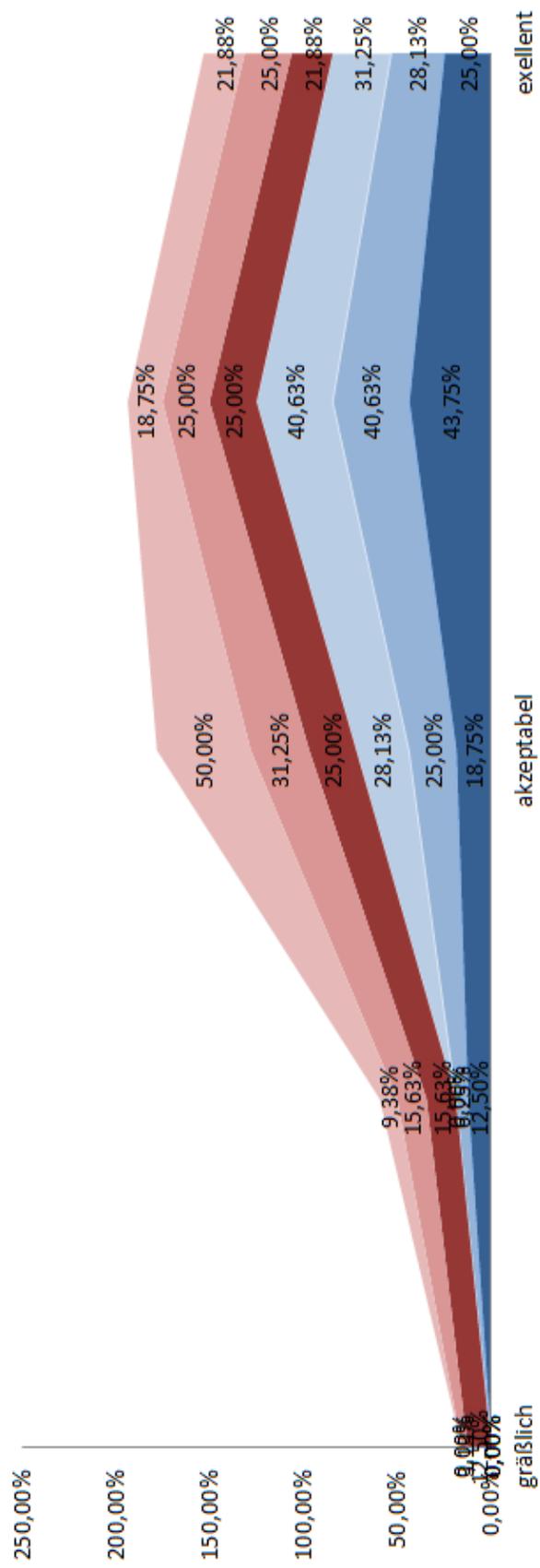
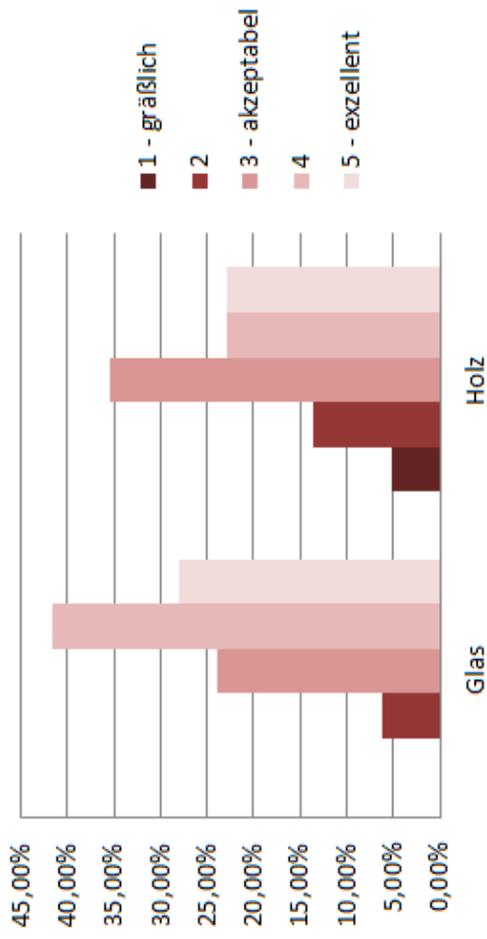




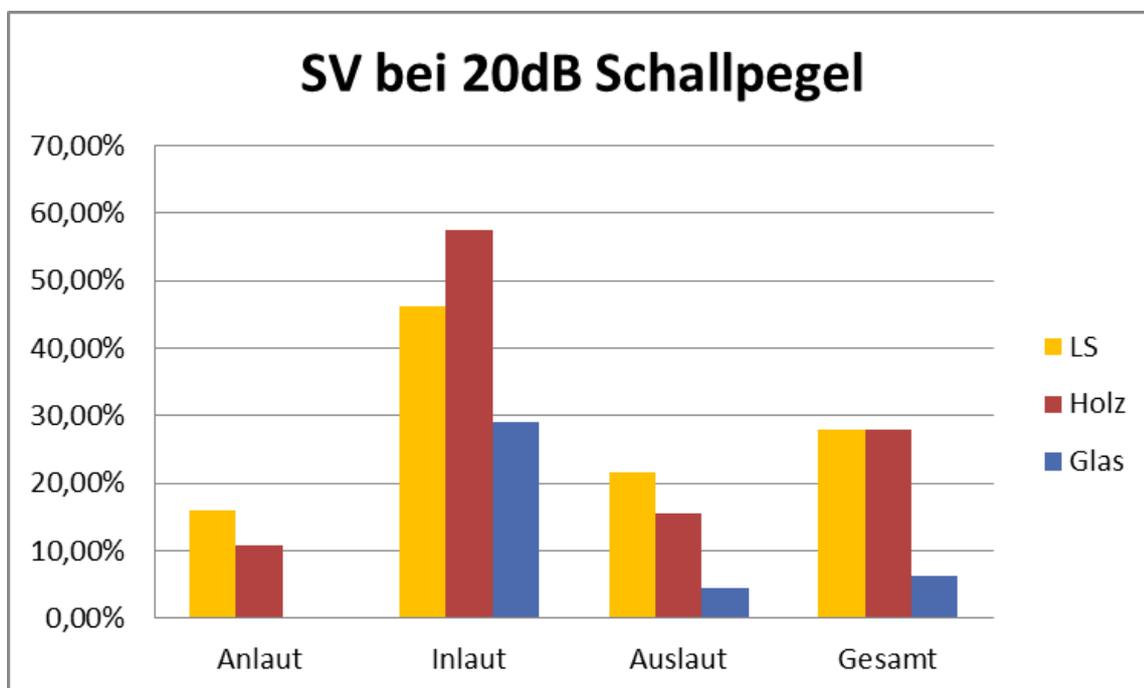
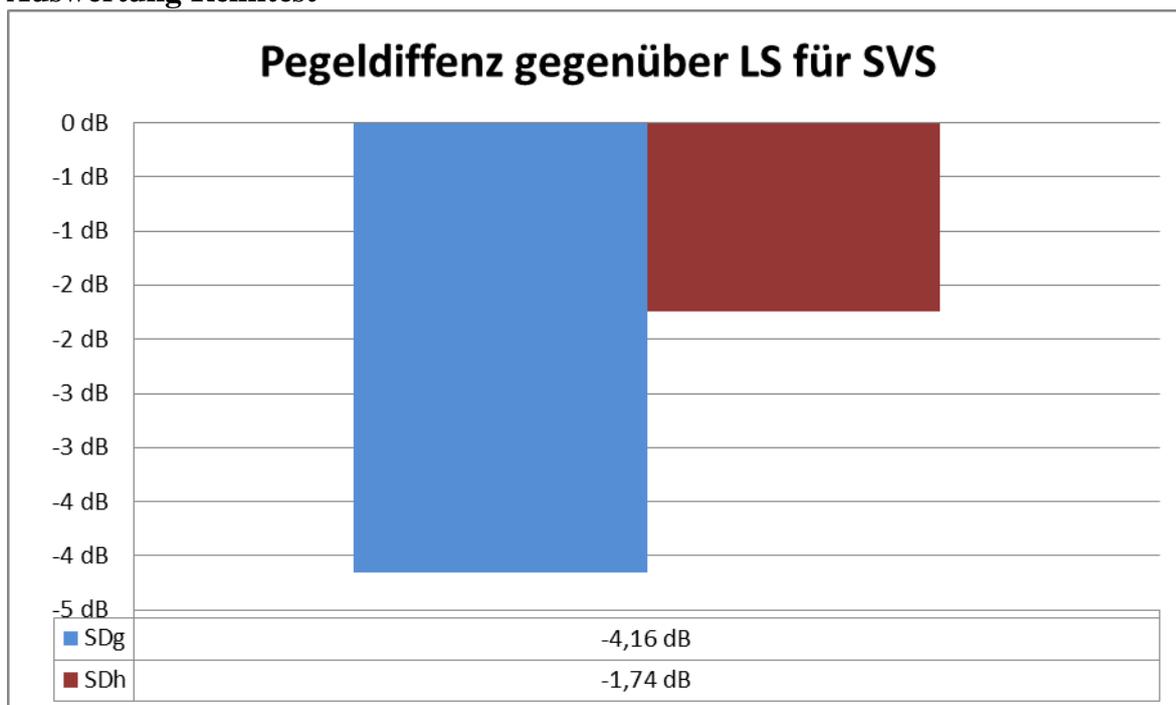
Bassgehalt - Gesamt

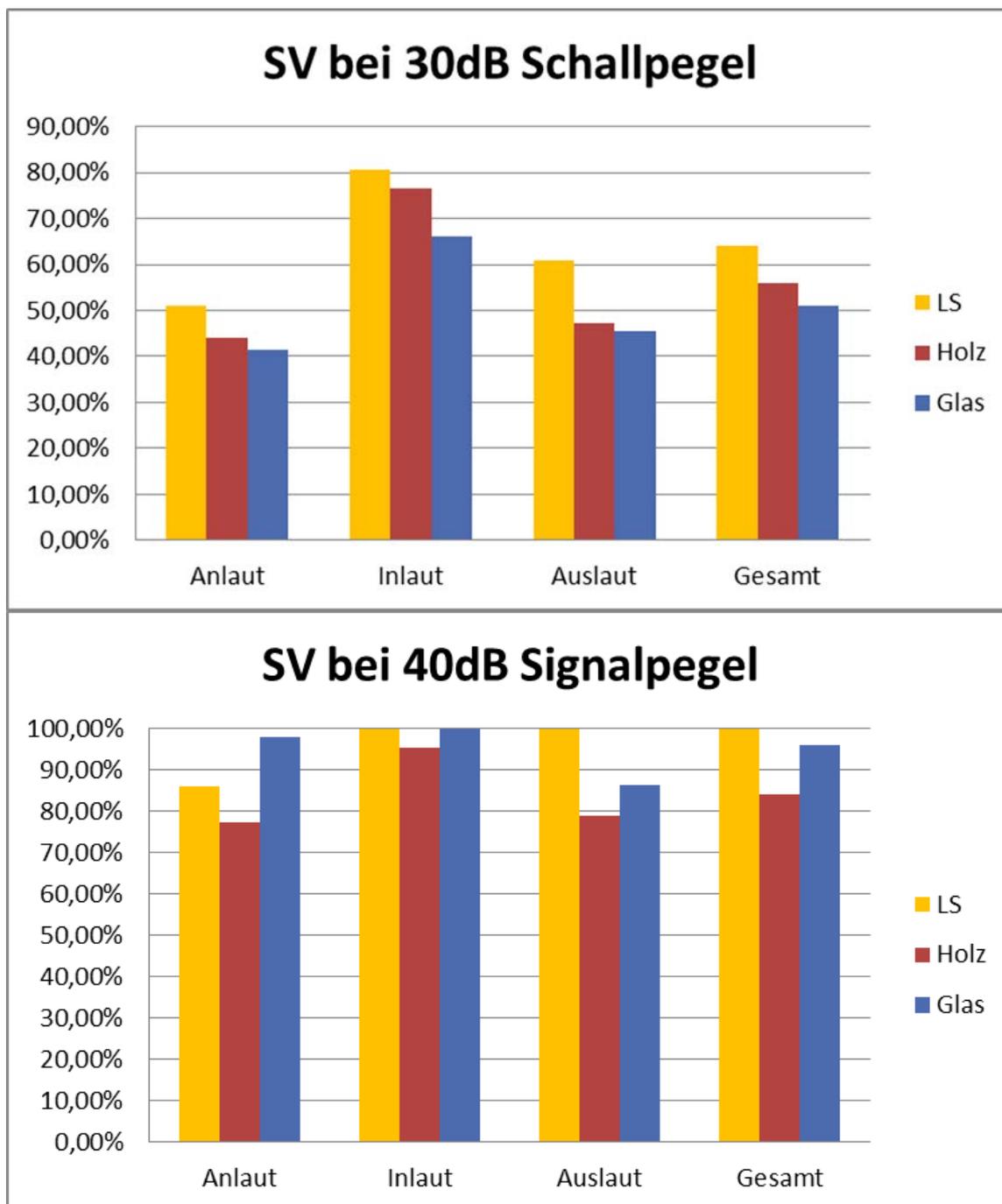


Klang - Gesamt



Auswertung Reimtest





Teilnehmer	Geschlecht	Alter	Tonquelle	n Testwörter	L1[dB]	R:1An	R:1Vok	R:1Aus	Σ R:1	F:1An	F:1Vok	F:1Aus	Σ F:1
t01	m	31	LS	24	20	0	1	1	2	5	2	5	12
t02	m	26	LS	24	18	0	2	1	3	5	3	5	13
t03	w	20	LS	24	20	0	1	1	2	5	0	2	7
t04	m	22	LS	24	20	0	2	0	2	5	1	4	10
t05	m	19	LS	24	20	0	2	0	2	6	2	4	12
t06	m	19	LS	24	20	6	1	1	8	1	5	4	10
t07	m	25	LS	24	20	1	1	0	2	5	3	5	13
t08	w	33	LS	24	20	0	1	1	2	8	3	5	16
t09	m	30	LS	24	20	0	2	2	4	5	4	3	12
t10	m	25	LS	24	20	4	1	0	5	3	5	7	15
t11	w	25	LS	24	20	5	1	1	7	2	2	6	10
t12	m	29	LS	24	20	1	3	2	6	6	2	3	11
t13	w	22	LS	24	20	0	2	2	4	7	3	2	12
t14	w	21	LS	24	20	0	2	0	2	8	5	6	19
t15	m	22	LS	24	20	0	2	2	4	7	5	5	17
t16	m	27	LS	24	20	0	1	3	4	4	2	3	9
t17	w	24	LS	24	20	0	3	1	4	6	2	5	13
t18	w	22	LS	24	20	2	1	1	4	3	3	3	9
t19	m	24	LS	24	20	0	2	1	3	8	3	4	15
t20	m	26	LS	24	20	3	1	5	9	3	3	1	7
t21	w	23	LS	24	20	6	0	2	8	2	2	5	9
t22	w	25	LS	24	20	0	0	3	3	5	4	3	12
t23	m	28	LS	24	20	0	0	1	1	4	5	5	14
t24	m	22	LS	24	25	0	1	1	2	6	4	5	15
t25	m	25	LS	24	25	1	1	3	5	5	3	3	11
t26	m	25	LS	24	25	0	0	3	3	5	3	3	11
t27	m	24	LS	24	18	0	1	2	3	8	7	5	20
t28	m	25	LS	24	18	1	1	4	6	7	2	3	12
t29	m	23	LS	24	18	1	2	0	3	6	3	6	15
t30	w	26	LS	24	25	0	1	1	2	6	2	6	14
t31	w	31	LS	24	25	6	0	0	6	1	3	7	11
t32	w	25	LS	24	20	0	3	1	4	8	2	5	15

Teilnehmer	Tonquelle	SV1 An	SV1 Vok	SV1 Aus	SV1	SV1 An 10%V1	Vok 10%V1	Aus 10%V1	10%SV1	An gew\1	Vok gew\1	Aus gew\1	SVI 1 gew.
t01	LS	37,50%	71,43%	28,57%	45,83%	30,56%	68,25%	20,63%	39,81%	26,47%	66,39%	15,97%	36,27%
t02	LS	37,50%	50,00%	28,57%	38,69%	30,56%	44,44%	20,63%	31,88%	24,70%	39,76%	13,94%	26,13%
t03	LS	37,50%	100,00%	71,43%	69,64%	30,56%	100,00%	68,25%	66,27%	21,88%	100,00%	64,29%	62,05%
t04	LS	37,50%	83,33%	50,00%	56,94%	30,56%	81,48%	44,44%	52,16%	24,57%	79,89%	39,66%	48,04%
t05	LS	25,00%	66,67%	50,00%	47,22%	16,67%	62,96%	44,44%	41,36%	8,65%	59,40%	39,10%	35,72%
t06	LS	50,00%	28,57%	42,86%	40,48%	44,44%	20,63%	36,51%	33,86%	38,68%	12,40%	29,92%	27,00%
t07	LS	28,57%	57,14%	37,50%	41,07%	20,63%	52,38%	30,56%	34,52%	16,94%	50,17%	27,33%	31,48%
t08	LS	0,00%	57,14%	28,57%	28,57%	0,00%	52,38%	20,63%	24,34%	0,00%	48,28%	13,79%	20,69%
t09	LS	37,50%	33,33%	50,00%	40,28%	30,56%	25,93%	44,44%	33,64%	30,56%	25,93%	44,44%	33,64%
t10	LS	25,00%	28,57%	12,50%	22,02%	16,67%	20,63%	2,78%	13,36%	12,50%	16,67%	0,00%	9,72%
t11	LS	33,33%	71,43%	14,29%	39,68%	25,93%	68,25%	4,76%	32,98%	22,71%	66,87%	0,62%	30,07%
t12	LS	14,29%	60,00%	50,00%	41,43%	4,76%	55,56%	44,44%	34,92%	3,23%	54,84%	43,55%	33,87%
t13	LS	12,50%	50,00%	66,67%	43,06%	2,78%	44,44%	62,96%	36,73%	7,64%	47,22%	64,81%	39,89%
t14	LS	0,00%	16,67%	25,00%	13,89%	0,00%	7,41%	16,67%	8,02%	0,00%	8,26%	17,43%	8,56%
t15	LS	12,50%	16,67%	16,67%	15,28%	2,78%	7,41%	7,41%	5,86%	9,03%	13,37%	13,37%	11,92%
t16	LS	50,00%	71,43%	40,00%	53,81%	44,44%	68,25%	33,33%	48,68%	42,03%	66,87%	30,43%	46,45%
t17	LS	25,00%	60,00%	28,57%	37,86%	16,67%	55,56%	20,63%	30,95%	15,49%	54,93%	19,52%	29,98%
t18	LS	50,00%	57,14%	57,14%	54,76%	44,44%	52,38%	52,38%	49,74%	40,91%	49,35%	49,35%	46,54%
t19	LS	0,00%	50,00%	42,86%	30,95%	0,00%	44,44%	36,51%	26,98%	0,00%	42,93%	34,78%	25,91%
t20	LS	40,00%	57,14%	66,67%	54,60%	33,33%	52,38%	62,96%	49,56%	30,36%	50,26%	61,31%	47,31%
t21	LS	0,00%	75,00%	16,67%	30,56%	0,00%	72,22%	7,41%	26,54%	0,00%	72,01%	6,72%	26,24%
t22	LS	37,50%	50,00%	40,00%	42,50%	30,56%	44,44%	33,33%	36,11%	29,69%	43,75%	32,50%	35,31%
t23	LS	50,00%	37,50%	28,57%	38,69%	44,44%	30,56%	20,63%	31,88%	47,62%	34,52%	25,17%	35,77%
t24	LS	25,00%	42,86%	28,57%	32,14%	16,67%	36,51%	20,63%	24,60%	13,46%	34,07%	17,58%	21,70%
t25	LS	28,57%	57,14%	40,00%	41,90%	20,63%	52,38%	33,33%	35,45%	14,71%	48,83%	28,36%	30,63%
t26	LS	37,50%	62,50%	40,00%	46,67%	30,56%	58,33%	33,33%	40,74%	23,08%	53,85%	26,15%	34,36%
t27	LS	0,00%	0,00%	16,67%	5,56%	0,00%	0,00%	7,41%	2,47%	0,00%	0,00%	14,53%	4,84%
t28	LS	0,00%	71,43%	25,00%	32,14%	0,00%	68,25%	16,67%	28,31%	0,00%	70,24%	21,88%	30,70%
t29	LS	14,29%	50,00%	25,00%	29,76%	4,76%	44,44%	16,67%	21,96%	11,15%	48,17%	22,26%	27,19%
t30	LS	25,00%	71,43%	14,29%	36,90%	16,67%	68,25%	4,76%	29,89%	7,35%	64,71%	0,00%	24,02%
t31	LS	50,00%	62,50%	12,50%	41,67%	44,44%	58,33%	2,78%	35,19%	38,36%	53,77%	0,00%	30,71%
t32	LS	0,00%	60,00%	28,57%	29,52%	0,00%	55,56%	20,63%	25,40%	0,00%	56,04%	21,51%	25,85%

Teilnehmer	Tonquelle	L2 [dB]	R.2.An	R.2.Vok	R.2.Aus	Σ R.2	F.2.An	F.2.Vok	F.2.Aus	Σ F.2	SV2.An	SV2.Vok	SV2.Aus
t01	LS	30	3	2	2	7	1	3	0	4	80,00%	50,00%	100,00%
t02	LS	25	2	2	4	8	3	2	2	7	50,00%	66,67%	50,00%
t03	LS	30	1	2	1	4	2	0	2	4	71,43%	100,00%	71,43%
t04	LS	30	2	3	0	5	2	0	2	4	66,67%	100,00%	75,00%
t05	LS	30	4	1	1	6	1	2	4	7	75,00%	71,43%	42,86%
t06	LS	30	3	1	2	6	2	1	0	3	60,00%	85,71%	100,00%
t07	LS	30	0	1	0	1	2	2	3	7	75,00%	71,43%	62,50%
t08	LS	30	0	0	2	2	4	0	1	5	50,00%	100,00%	83,33%
t09	LS	40	0	2	3	5	0	3	3	6	100,00%	50,00%	40,00%
t10	LS	30	0	2	2	4	3	1	2	6	62,50%	83,33%	66,67%
t11	LS	30	0	3	2	5	3	1	2	6	62,50%	80,00%	66,67%
t12	LS	30	3	0	4	7	1	1	1	3	80,00%	87,50%	75,00%
t13	LS	30	1	2	1	4	2	0	5	7	71,43%	100,00%	28,57%
t14	LS	30	6	2	1	9	1	1	3	5	50,00%	83,33%	57,14%
t15	LS	30	7	1	1	9	1	1	2	4	0,00%	85,71%	71,43%
t16	LS	30	1	0	0	1	2	0	5	7	71,43%	100,00%	37,50%
t17	LS	30	0	2	0	2	1	0	2	3	87,50%	100,00%	75,00%
t18	LS	30	0	2	2	4	2	0	2	4	75,00%	100,00%	66,67%
t19	LS	30	0	1	2	3	5	0	1	6	37,50%	100,00%	83,33%
t20	LS	30	2	1	1	4	2	0	4	6	66,67%	100,00%	42,86%
t21	LS	30	0	3	3	6	5	0	1	6	37,50%	100,00%	80,00%
t22	LS	30	0	0	1	1	5	0	1	6	37,50%	100,00%	85,71%
t23	LS	30	0	1	2	3	4	2	2	8	50,00%	71,43%	66,67%
t24	LS	34	0	2	0	2	1	0	2	3	87,50%	100,00%	75,00%
t25	LS	34	2	3	2	7	2	1	2	5	66,67%	80,00%	66,67%
t26	LS	34	1	5	1	7	4	0	1	5	42,86%	100,00%	85,71%
t27	LS	34	0	1	1	2	2	1	1	4	75,00%	85,71%	85,71%
t28	LS	34	0	1	1	2	5	1	2	8	37,50%	85,71%	71,43%
t29	LS	34	1	1	1	3	2	0	0	2	71,43%	100,00%	100,00%
t30	LS	30	4	2	2	8	3	3	1	7	25,00%	50,00%	83,33%
t31	LS	34	0	2	0	2	3	0	4	7	62,50%	100,00%	50,00%
t32	LS	34	1	2	2	5	2	1	2	5	71,43%	83,33%	66,67%

Teilnehmer	Tonquelle	SV2	SV2 An 10%V2 Vok 10W12 Aus 10	SV1 2 10%V2 An gew/2 Vok gew/2 Aus gew/2	SV1 2 gew.	30db An	30dB Vok	30dB Aus					
t01	LS	76,67%	77,78%	44,44%	100,00%	74,07%	76,47%	41,18%	100,00%	72,55%	77,78%	44,44%	100,00%
t02	LS	55,56%	44,44%	62,96%	44,44%	50,62%	39,76%	59,84%	39,76%	46,45%	54,37%	76,19%	61,45%
t03	LS	80,95%	68,25%	100,00%	68,25%	78,84%	64,29%	100,00%	64,29%	76,19%	68,25%	100,00%	68,25%
t04	LS	80,56%	62,96%	100,00%	72,22%	78,40%	59,77%	100,00%	69,83%	76,53%	62,96%	100,00%	72,22%
t05	LS	63,10%	72,22%	68,25%	36,51%	58,99%	69,55%	65,20%	30,40%	55,05%	72,22%	68,25%	36,51%
t06	LS	81,90%	55,56%	84,13%	100,00%	79,89%	50,94%	82,48%	100,00%	77,81%	55,56%	84,13%	100,00%
t07	LS	69,64%	72,22%	68,25%	58,33%	66,27%	70,93%	66,78%	56,40%	64,70%	72,22%	68,25%	58,33%
t08	LS	77,78%	44,44%	100,00%	81,48%	75,31%	39,66%	100,00%	79,89%	73,18%	44,44%	100,00%	81,48%
t09	LS	63,33%	100,00%	44,44%	33,33%	59,26%	100,00%	44,44%	33,33%	59,26%	65,28%	35,19%	38,89%
t10	LS	70,83%	58,33%	81,48%	62,96%	67,59%	56,25%	80,56%	61,11%	65,97%	58,33%	81,48%	62,96%
t11	LS	69,72%	58,33%	77,78%	62,96%	66,36%	56,52%	76,81%	61,35%	64,90%	58,33%	77,78%	62,96%
t12	LS	80,83%	77,78%	86,11%	72,22%	78,70%	77,42%	85,89%	71,77%	78,36%	77,78%	86,11%	72,22%
t13	LS	66,67%	68,25%	100,00%	20,63%	62,96%	69,84%	100,00%	24,60%	64,81%	68,25%	100,00%	20,63%
t14	LS	63,49%	44,44%	81,48%	52,38%	59,44%	44,95%	81,65%	52,82%	59,81%	44,44%	81,48%	52,38%
t15	LS	52,38%	-11,11%	84,13%	68,25%	47,09%	-3,96%	85,15%	70,30%	50,50%	-11,11%	84,13%	68,25%
t16	LS	69,64%	68,25%	100,00%	30,56%	66,27%	66,87%	100,00%	27,54%	64,80%	68,25%	100,00%	30,56%
t17	LS	87,50%	86,11%	100,00%	72,22%	86,11%	85,92%	100,00%	71,83%	85,92%	86,11%	100,00%	72,22%
t18	LS	80,56%	72,22%	100,00%	62,96%	78,40%	70,45%	100,00%	60,61%	77,02%	72,22%	100,00%	62,96%
t19	LS	73,61%	30,56%	100,00%	81,48%	70,68%	28,67%	100,00%	80,98%	69,88%	30,56%	100,00%	81,48%
t20	LS	69,84%	62,96%	100,00%	36,51%	66,49%	61,31%	100,00%	33,67%	64,99%	62,96%	100,00%	36,51%
t21	LS	72,50%	30,56%	100,00%	77,78%	69,44%	30,04%	100,00%	77,61%	69,22%	30,56%	100,00%	77,78%
t22	LS	74,40%	30,56%	100,00%	84,13%	71,56%	29,69%	100,00%	83,93%	71,21%	30,56%	100,00%	84,13%
t23	LS	62,70%	44,44%	68,25%	62,96%	58,55%	47,62%	70,07%	65,08%	60,92%	44,44%	68,25%	62,96%
t24	LS	87,50%	86,11%	100,00%	72,22%	86,11%	85,58%	100,00%	71,15%	85,58%	55,25%	71,78%	49,29%
t25	LS	71,11%	62,96%	77,78%	62,96%	67,90%	60,20%	76,12%	60,20%	65,51%	44,15%	66,49%	49,79%
t26	LS	76,19%	36,51%	100,00%	84,13%	73,54%	29,67%	100,00%	82,42%	70,70%	33,86%	81,48%	61,55%
t27	LS	82,14%	72,22%	84,13%	84,13%	80,16%	74,36%	85,35%	85,35%	81,68%	54,17%	63,10%	64,95%
t28	LS	64,88%	30,56%	84,13%	68,25%	60,98%	34,90%	85,12%	70,24%	63,42%	22,92%	80,16%	55,36%
t29	LS	90,48%	68,25%	100,00%	100,00%	89,42%	70,38%	100,00%	100,00%	90,13%	52,38%	86,11%	79,17%
t30	LS	52,78%	16,67%	44,44%	81,48%	47,53%	7,35%	38,24%	79,41%	41,67%	16,67%	44,44%	81,48%
t31	LS	70,83%	58,33%	100,00%	44,44%	67,59%	53,77%	100,00%	38,36%	64,04%	52,16%	81,48%	25,93%
t32	LS	73,81%	68,25%	81,48%	62,96%	70,90%	68,60%	81,68%	63,37%	71,22%	48,75%	74,07%	50,87%

Teilnehmer	Tonguelle	SVI 2 gew.	50% SVS	30db An x 30dB Vok x30dB Aus xSVI 2 gew.	50% SVS x	Σ F.	Σ -----	Gewichtung	Σ R.	Σ R. nicht erk.
t01	LS	74,07%	22,97	76,47%	41,18%	100,00%	72,55%	23,78	9	0
t02	LS	64,00%	24,77	50,52%	74,18%	58,20%	60,97%	26,22	11	0
t03	LS	78,84%	7,05	64,29%	100,00%	64,29%	76,19%	11,47	6	0
t04	LS	78,40%	19,18	59,77%	100,00%	69,83%	76,53%	20,69	7	0
t05	LS	58,99%	24,90	69,55%	65,20%	30,40%	55,05%	27,39	8	0
t06	LS	79,89%	23,51	50,94%	82,48%	100,00%	77,81%	24,53	14	0
t07	LS	66,27%	24,88	70,93%	66,78%	56,40%	64,70%	25,58	3	0
t08	LS	75,31%	25,03	39,66%	100,00%	79,89%	73,18%	25,58	4	0
t09	LS	46,45%	32,77	65,28%	35,19%	38,89%	46,45%	32,77	9	0
t10	LS	67,59%	26,76	56,25%	80,56%	61,11%	65,97%	27,16	9	0
t11	LS	66,36%	25,10	56,52%	76,81%	61,35%	64,90%	25,72	12	0
t12	LS	78,70%	23,44	77,42%	85,89%	71,77%	78,36%	23,63	13	0
t13	LS	62,96%	25,06	69,84%	100,00%	24,60%	64,81%	24,06	8	0
t14	LS	59,44%	28,16	44,95%	81,65%	52,82%	59,81%	28,09	11	0
t15	LS	47,09%	30,71	-3,96%	85,15%	70,30%	50,50%	29,87	13	0
t16	LS	66,27%	20,75	66,87%	100,00%	27,54%	64,80%	21,94	5	0
t17	LS	86,11%	23,45	85,92%	100,00%	71,83%	85,92%	23,58	6	0
t18	LS	78,40%	20,09	70,45%	100,00%	60,61%	77,02%	21,14	8	0
t19	LS	70,68%	25,27	28,67%	100,00%	80,98%	69,88%	25,48	6	0
t20	LS	66,49%	20,26	61,31%	100,00%	33,67%	64,99%	21,52	13	0
t21	LS	69,44%	25,47	30,04%	100,00%	77,61%	69,22%	25,53	14	0
t22	LS	71,56%	23,92	29,69%	100,00%	83,93%	71,21%	24,09	4	0
t23	LS	58,55%	26,79	47,62%	70,07%	65,08%	60,92%	25,66	4	0
t24	LS	58,77%	28,72	53,53%	70,70%	47,34%	57,19%	28,99	4	0
t25	LS	53,48%	29,04	39,98%	63,99%	46,05%	50,01%	30,00	12	0
t26	LS	58,97%	27,54	26,74%	79,49%	57,41%	54,55%	28,87	10	0
t27	LS	60,74%	27,79	55,77%	64,01%	67,64%	62,47%	27,40	5	0
t28	LS	52,81%	28,62	26,17%	81,40%	58,15%	55,24%	27,44	8	0
t29	LS	72,55%	24,65	55,57%	87,04%	80,56%	74,39%	23,80	6	0
t30	LS	47,53%	30,70	7,35%	38,24%	79,41%	41,67%	32,36	10	0
t31	LS	53,19%	29,11	46,92%	79,45%	21,31%	49,23%	30,21	8	0
t32	LS	57,90%	27,57	49,00%	74,36%	51,41%	58,26%	27,45	9	0

Teilnehmer	Geschlecht	Alter	Tonquelle	n Testwörter	L1 [dB]	R.1An	R.1Vok	R.1Aus	Σ R.1	F.1An	F.1Vok	F.1Aus	Σ F.1
t01	m	31	SD1g+SDg	24	20	1	3	2	6	6	1	5	12
t02	m	26	SD1g+SDg	24	20	0	4	0	4	7	2	8	17
t03	w	20	SD1g+SDg	24	27	0	1	2	3	4	3	2	9
t04	m	22	SD1g+SDg	24	20	1	0	2	3	7	6	4	17
t05	m	19	SD1g+SDg	24	37	0	1	1	2	4	2	4	10
t06	m	19	SD1g+SDg	24	20	1	0	1	2	6	4	6	16
t07	m	25	SD1g+SDg	24	20	1	1	2	4	7	6	4	17
t08	w	33	SD1g+SDg	24	20	0	1	1	2	7	1	7	15
t09	m	30	SD1g+SDg	24	20	0	0	2	2	6	6	4	16
t10	m	25	SD1g+SDg	24	30	0	1	1	2	4	0	3	7
t11	w	25	SD1g+SDg	24	20	0	0	2	2	8	3	5	16
t12	m	29	SD1g+SDg	24	20	5	2	1	8	3	5	5	13
t13	w	22	SD1g+SDg	24	30	0	2	2	4	4	4	3	11
t14	w	21	SD1g+SDg	24	27	2	1	1	4	5	5	7	17
t15	m	22	SD1g+SDg	24	20	0	0	1	1	7	2	7	16
t16	m	27	SD1g+SDg	24	27	0	3	3	6	7	2	2	11
t17	w	24	SD1g+SDg	24	27	0	2	1	3	8	4	5	17
t18	w	22	SD1g+SDg	24	27	6	2	1	9	2	2	5	9
t19	m	24	SD1g+SDg	24	20	1	3	1	5	6	3	7	16
t20	m	26	SD1g+SDg	24	20	5	2	2	9	3	5	4	12
t21	w	23	SD1g+SDg	24	20	0	3	0	3	8	2	6	16
t22	w	25	SD1g+SDg	24	20	0	1	0	1	8	4	6	18
t23	m	28	SD1g+SDg	24	20	1	0	2	3	7	3	5	15
t24	m	22	SD1g+SDg	24	27	0	0	2	2	5	3	4	12
t25	m	25	SD1g+SDg	24	20	1	2	1	4	7	3	6	16
t26	m	25	SD1g+SDg	24	27	0	0	1	1	5	5	6	16
t27	m	24	SD1g+SDg	24	27	1	1	2	4	7	1	5	13
t28	m	25	SD1g+SDg	24	27	0	4	1	5	6	1	5	12
t29	m	23	SD1g+SDg	24	27	0	0	2	2	7	0	5	12
t30	w	26	SD1g+SDg	24	20	1	0	0	1	7	7	5	19
t31	w	31	SD1g+SDg	24	20	2	2	2	6	6	5	3	14
t32	w	25	SD1g+SDg	24	27	6	2	1	9	2	4	3	9

Teilnehmer	Tonquelle	SV1 An	SV1 Vok	SV1 Aus	SV1	SV1 An 10%V1 Vok 10%V1 Aus 10%SVI 1 10%V1 An ge wV1 Vok ge wV1 Aus ge SVI 1 gew.	SV1 An 10%V1 Vok 10%V1 Aus 10%SVI 1 10%V1 An ge wV1 Vok ge wV1 Aus ge SVI 1 gew.	SV1 An 10%V1 Vok 10%V1 Aus 10%SVI 1 10%V1 An ge wV1 Vok ge wV1 Aus ge SVI 1 gew.	SV1 An 10%V1 Vok 10%V1 Aus 10%SVI 1 10%V1 An ge wV1 Vok ge wV1 Aus ge SVI 1 gew.	SV1 An 10%V1 Vok 10%V1 Aus 10%SVI 1 10%V1 An ge wV1 Vok ge wV1 Aus ge SVI 1 gew.	SV1 An 10%V1 Vok 10%V1 Aus 10%SVI 1 10%V1 An ge wV1 Vok ge wV1 Aus ge SVI 1 gew.		
t01	+ SDg	14,29%	80,00%	16,67%	36,98%	4,76%	77,78%	7,41%	29,98%	0,00%	75,36%	0,00%	25,12%
t02	+ SDg	12,50%	50,00%	0,00%	20,83%	2,78%	44,44%	0,00%	15,74%	0,00%	42,71%	0,00%	14,24%
t03	+ SDg	50,00%	57,14%	66,67%	57,94%	44,44%	62,96%	62,96%	53,26%	40,91%	49,35%	60,61%	50,29%
t04	+ SDg	0,00%	25,00%	33,33%	19,44%	0,00%	16,67%	25,93%	14,20%	0,00%	12,23%	21,99%	11,41%
t05	+ SDg	50,00%	71,43%	42,86%	54,76%	44,44%	68,25%	36,51%	49,74%	40,91%	66,23%	32,47%	46,54%
t06	+ SDg	14,29%	50,00%	14,29%	26,19%	4,76%	44,44%	4,76%	17,99%	0,00%	40,34%	0,00%	13,45%
t07	+ SDg	0,00%	14,29%	33,33%	15,87%	0,00%	4,76%	25,93%	10,23%	0,00%	0,43%	22,56%	7,66%
t08	+ SDg	12,50%	85,71%	0,00%	32,74%	2,78%	84,13%	0,00%	28,97%	1,79%	83,97%	0,00%	28,58%
t09	+ SDg	25,00%	25,00%	33,33%	27,78%	16,67%	25,93%	25,93%	19,75%	14,06%	14,06%	23,61%	17,25%
t10	+ SDg	50,00%	100,00%	57,14%	69,05%	44,44%	100,00%	52,38%	65,61%	37,50%	100,00%	46,43%	61,31%
t11	+ SDg	0,00%	62,50%	16,67%	26,39%	0,00%	58,33%	7,41%	21,91%	0,00%	56,58%	3,51%	20,03%
t12	+ SDg	0,00%	16,67%	28,57%	15,08%	0,00%	7,41%	20,63%	9,35%	0,00%	10,34%	23,15%	11,16%
t13	+ SDg	50,00%	33,33%	50,00%	44,44%	44,44%	25,93%	44,44%	38,27%	42,31%	23,08%	42,31%	35,90%
t14	+ SDg	16,67%	28,57%	0,00%	15,08%	7,41%	20,63%	0,00%	9,35%	9,59%	22,51%	0,00%	10,70%
t15	+ SDg	12,50%	75,00%	0,00%	29,17%	2,78%	72,22%	0,00%	25,00%	10,71%	74,49%	0,00%	28,40%
t16	+ SDg	12,50%	60,00%	60,00%	44,17%	2,78%	55,56%	55,56%	37,96%	0,00%	53,13%	53,13%	35,42%
t17	+ SDg	0,00%	33,33%	28,57%	20,63%	0,00%	25,93%	20,63%	15,52%	0,00%	22,33%	16,78%	13,04%
t18	+ SDg	0,00%	66,67%	28,57%	31,75%	0,00%	62,96%	20,63%	27,87%	0,00%	59,68%	13,59%	24,42%
t19	+ SDg	14,29%	40,00%	0,00%	18,10%	4,76%	33,33%	0,00%	12,70%	0,00%	27,14%	0,00%	9,05%
t20	+ SDg	0,00%	16,67%	33,33%	16,67%	0,00%	7,41%	25,93%	11,11%	0,00%	3,10%	22,48%	8,53%
t21	+ SDg	0,00%	60,00%	25,00%	28,33%	0,00%	55,56%	16,67%	24,07%	0,00%	56,82%	19,03%	25,28%
t22	+ SDg	0,00%	42,86%	25,00%	22,62%	0,00%	36,51%	16,67%	17,72%	0,00%	34,69%	14,29%	16,33%
t23	+ SDg	0,00%	62,50%	16,67%	26,39%	0,00%	58,33%	7,41%	21,91%	0,00%	58,33%	7,41%	21,91%
t24	+ SDg	37,50%	62,50%	33,33%	44,44%	30,56%	58,33%	25,93%	38,27%	31,01%	58,60%	26,41%	38,67%
t25	+ SDg	0,00%	50,00%	14,29%	21,43%	0,00%	44,44%	4,76%	16,40%	0,00%	45,78%	7,06%	17,61%
t26	+ SDg	37,50%	37,50%	14,29%	29,76%	30,56%	30,56%	4,76%	21,96%	30,96%	30,96%	5,32%	22,41%
t27	+ SDg	0,00%	85,71%	16,67%	34,13%	0,00%	84,13%	7,41%	30,51%	0,00%	83,73%	5,06%	29,60%
t28	+ SDg	25,00%	75,00%	28,57%	42,86%	16,67%	72,22%	20,63%	36,51%	21,64%	73,88%	25,37%	40,30%
t29	+ SDg	12,50%	100,00%	16,67%	43,06%	2,78%	100,00%	7,41%	36,73%	8,43%	100,00%	12,79%	40,41%
t30	+ SDg	0,00%	12,50%	37,50%	16,67%	0,00%	2,78%	30,56%	11,11%	0,00%	3,60%	31,14%	11,58%
t31	+ SDg	0,00%	16,67%	50,00%	22,22%	0,00%	7,41%	44,44%	17,28%	0,00%	6,91%	44,15%	17,02%
t32	+ SDg	0,00%	33,33%	57,14%	30,16%	0,00%	25,93%	52,38%	26,10%	0,00%	27,35%	53,30%	26,88%

Teilnehmer	Tonquelle	L2 [dB]	R.2An	R.2Vok	R.2Aus	Σ R.2	F.2An	F.2Vok	F.2Aus	Σ F.2	SV2An	SV2Vok	SV2Aus
t01	+ SDg	37	0	0	2	2	3	1	1	5	62,50%	87,50%	83,33%
t02	+ SDg	30	3	0	5	8	3	2	0	5	40,00%	75,00%	100,00%
t03	+ SDg	37	0	1	0	1	1	0	3	4	87,50%	100,00%	62,50%
t04	+ SDg	37	0	2	1	3	2	3	0	5	75,00%	50,00%	100,00%
t05	+ SDg	47	0	3	1	4	2	0	1	3	75,00%	100,00%	85,71%
t06	+ SDg	37	0	2	3	5	2	1	2	5	75,00%	83,33%	60,00%
t07	+ SDg	37	0	1	2	3	4	1	1	6	50,00%	85,71%	83,33%
t08	+ SDg	30	0	1	1	2	4	0	3	7	50,00%	100,00%	57,14%
t09	+ SDg	37	2	4	1	7	2	0	4	6	66,67%	100,00%	42,86%
t10	+ SDg	37	2	4	1	7	1	0	3	4	83,33%	100,00%	57,14%
t11	+ SDg	37	0	1	0	1	2	1	3	6	75,00%	85,71%	62,50%
t12	+ SDg	30	4	0	2	6	0	2	2	4	100,00%	75,00%	66,67%
t13	+ SDg	37	0	1	2	3	2	2	0	4	75,00%	71,43%	100,00%
t14	+ SDg	37	2	0	1	3	1	1	4	6	83,33%	87,50%	42,86%
t15	+ SDg	37	2	1	0	3	1	0	3	4	83,33%	100,00%	62,50%
t16	+ SDg	37	0	1	2	3	2	0	2	4	75,00%	100,00%	66,67%
t17	+ SDg	30	0	1	0	1	2	1	4	7	75,00%	85,71%	50,00%
t18	+ SDg	37	0	0	2	2	2	2	2	6	75,00%	75,00%	66,67%
t19	+ SDg	37	0	1	1	2	1	0	0	1	87,50%	100,00%	100,00%
t20	+ SDg	30	1	1	2	4	5	0	3	8	28,57%	100,00%	50,00%
t21	+ SDg	30	1	3	1	5	1	1	1	3	85,71%	80,00%	85,71%
t22	+ SDg	37	0	0	3	3	4	1	1	6	50,00%	87,50%	80,00%
t23	+ SDg	37	2	1	2	5	1	2	2	5	83,33%	71,43%	66,67%
t24	+ SDg	37	1	2	0	3	3	0	2	5	57,14%	100,00%	75,00%
t25	+ SDg	37	1	1	0	2	0	1	1	2	100,00%	85,71%	87,50%
t26	+ SDg	37	0	0	0	0	1	0	2	3	87,50%	100,00%	75,00%
t27	+ SDg	37	0	1	1	2	4	0	1	5	50,00%	100,00%	85,71%
t28	+ SDg	37	1	2	1	4	1	0	1	2	85,71%	100,00%	85,71%
t29	+ SDg	37	0	1	2	3	3	0	3	6	62,50%	100,00%	50,00%
t30	+ SDg	37	0	0	1	1	2	3	2	7	75,00%	62,50%	71,43%
t31	+ SDg	37	0	0	1	1	2	3	2	7	75,00%	62,50%	71,43%
t32	+ SDg	30	6	2	1	9	1	4	3	8	50,00%	33,33%	57,14%

Teilnehmer	Tonquelle	SV2	5V2 An 10%V2 Vok 10%V12 Aus 10SVI 2 10%V2 An gewV2 Vok gewV2 Aus gewSVI 2 gew.	30db An	30dB Vok	30dB Aus							
t01	+ SDg	77,78%	58,33%	86,11%	81,48%	75,31%	53,80%	84,60%	79,47%	72,62%	36,27%	82,68%	50,98%
t02	+ SDg	71,67%	33,33%	72,22%	100,00%	68,52%	31,25%	71,35%	100,00%	67,53%	33,33%	72,22%	100,00%
t03	+ SDg	83,33%	86,11%	100,00%	58,33%	81,48%	85,23%	100,00%	55,68%	80,30%	56,94%	66,67%	61,57%
t04	+ SDg	75,00%	72,22%	44,44%	100,00%	72,22%	70,74%	41,49%	100,00%	70,74%	42,48%	33,01%	69,50%
t05	+ SDg	86,90%	72,22%	100,00%	84,13%	85,45%	70,45%	100,00%	83,12%	84,52%	25,00%	46,03%	3,17%
t06	+ SDg	72,78%	72,22%	81,48%	55,56%	69,75%	70,17%	80,11%	52,27%	67,52%	44,44%	66,23%	34,64%
t07	+ SDg	73,02%	44,44%	84,13%	81,48%	70,02%	41,92%	83,41%	80,64%	68,65%	26,14%	51,45%	58,61%
t08	+ SDg	69,05%	44,44%	100,00%	52,38%	65,61%	43,88%	100,00%	51,90%	65,26%	44,44%	100,00%	52,38%
t09	+ SDg	69,84%	62,96%	100,00%	36,51%	66,49%	61,81%	100,00%	34,52%	65,44%	43,90%	65,69%	32,15%
t10	+ SDg	80,16%	81,48%	100,00%	52,38%	77,95%	79,17%	100,00%	46,43%	75,20%	44,44%	100,00%	52,38%
t11	+ SDg	74,40%	72,22%	84,13%	58,33%	71,56%	71,05%	83,46%	56,58%	70,36%	42,48%	73,51%	37,36%
t12	+ SDg	80,56%	100,00%	72,22%	62,96%	78,40%	100,00%	73,10%	64,14%	79,08%	100,00%	72,22%	62,96%
t13	+ SDg	82,14%	72,22%	68,25%	100,00%	80,16%	71,15%	67,03%	100,00%	79,40%	44,44%	25,93%	44,44%
t14	+ SDg	71,23%	81,48%	86,11%	36,51%	68,03%	81,92%	86,44%	38,01%	68,79%	29,63%	40,28%	10,95%
t15	+ SDg	81,94%	81,48%	100,00%	58,33%	79,94%	82,99%	100,00%	61,73%	81,58%	49,07%	88,56%	34,31%
t16	+ SDg	80,56%	72,22%	100,00%	62,96%	78,40%	70,70%	100,00%	60,94%	77,21%	23,61%	68,89%	57,78%
t17	+ SDg	70,24%	72,22%	84,13%	44,44%	66,93%	70,87%	83,36%	41,75%	65,33%	72,22%	84,13%	44,44%
t18	+ SDg	72,22%	72,22%	72,22%	62,96%	69,14%	69,76%	69,76%	59,68%	66,40%	21,67%	65,74%	33,33%
t19	+ SDg	95,83%	86,11%	100,00%	100,00%	95,37%	84,82%	100,00%	100,00%	94,94%	52,61%	72,55%	58,82%
t20	+ SDg	59,52%	20,63%	100,00%	44,44%	55,03%	16,94%	100,00%	41,86%	52,93%	20,63%	100,00%	44,44%
t21	+ SDg	83,81%	84,13%	77,78%	84,13%	82,01%	84,58%	78,41%	84,58%	82,52%	84,13%	77,78%	84,13%
t22	+ SDg	72,50%	44,44%	86,11%	77,78%	69,44%	42,86%	85,71%	77,14%	68,57%	26,14%	65,69%	52,61%
t23	+ SDg	73,81%	81,48%	68,25%	62,96%	70,90%	81,48%	68,25%	62,96%	70,90%	47,93%	64,17%	40,09%
t24	+ SDg	77,38%	52,38%	100,00%	72,22%	74,87%	52,69%	100,00%	72,40%	75,03%	37,10%	70,83%	39,81%
t25	+ SDg	91,07%	100,00%	84,13%	86,11%	90,08%	100,00%	84,51%	86,45%	90,32%	58,82%	67,79%	52,61%
t26	+ SDg	87,50%	86,11%	100,00%	72,22%	86,11%	86,19%	100,00%	72,38%	86,19%	47,22%	51,39%	25,00%
t27	+ SDg	78,57%	44,44%	100,00%	84,13%	76,19%	43,04%	100,00%	83,73%	75,59%	13,33%	88,89%	30,42%
t28	+ SDg	90,48%	84,13%	100,00%	84,13%	89,42%	85,07%	100,00%	85,07%	90,05%	36,90%	80,56%	39,68%
t29	+ SDg	70,83%	58,33%	100,00%	44,44%	67,59%	60,76%	100,00%	47,67%	69,48%	19,44%	100,00%	18,52%
t30	+ SDg	69,64%	72,22%	58,33%	68,25%	66,27%	72,46%	58,69%	68,52%	66,56%	42,48%	35,46%	52,73%
t31	+ SDg	69,64%	72,22%	58,33%	68,25%	66,27%	72,07%	58,11%	68,09%	66,09%	42,48%	37,36%	58,45%
t32	+ SDg	46,83%	44,44%	25,93%	52,38%	40,92%	45,51%	27,35%	53,30%	42,05%	44,44%	25,93%	52,38%

Teilnehmer	Tonquelle	SVI 2 gew.	50% SVS	30db An x 30dB Vok x30dB Aus xSVI 2 gew.	50% SVS x	Σ F.	Σ -----	Gewichtung	Σ R.	Σ R. nicht erk.	
t01	+ SDg	56,64%	27,51	31,65%	80,80%	46,75%	53,06%	28,90	17	8	0
t02	+ SDg	68,52%	26,49	31,25%	71,35%	100,00%	67,53%	26,71	22	8	0
t03	+ SDg	61,73%	25,84	54,20%	64,55%	59,13%	59,29%	26,90	13	3	0
t04	+ SDg	48,33%	30,49	41,61%	29,44%	67,88%	46,31%	31,06	22	6	0
t05	+ SDg	24,74%	37,07	20,23%	42,60%	-2,99%	19,95%	37,91	13	3	0
t06	+ SDg	48,44%	30,51	41,28%	63,74%	30,75%	45,25%	31,49	21	4	0
t07	+ SDg	45,40%	31,31	24,66%	49,24%	56,72%	43,54%	31,80	23	7	0
t08	+ SDg	65,61%	25,74	43,88%	100,00%	51,90%	65,26%	25,84	22	10	0
t09	+ SDg	47,25%	31,00	42,15%	64,61%	30,03%	45,60%	31,55	22	8	0
t10	+ SDg	65,61%	21,15	37,50%	100,00%	46,43%	61,31%	24,30	11	0	0
t11	+ SDg	51,12%	29,62	41,80%	72,39%	34,73%	49,64%	30,12	22	7	0
t12	+ SDg	78,40%	25,89	100,00%	73,10%	64,14%	79,08%	25,72	17	11	0
t13	+ SDg	38,27%	31,96	42,31%	23,08%	42,31%	35,90%	32,27	15	5	0
t14	+ SDg	26,95%	33,93	31,29%	41,69%	11,40%	28,13%	33,77	23	14	0
t15	+ SDg	57,32%	27,74	53,23%	89,50%	36,31%	59,68%	26,91	20	18	0
t16	+ SDg	50,09%	29,98	21,21%	67,19%	55,47%	47,96%	30,49	15	4	0
t17	+ SDg	66,93%	29,01	70,87%	83,36%	41,75%	65,33%	29,12	24	7	1
t18	+ SDg	40,25%	32,36	20,93%	62,70%	27,42%	37,02%	33,09	15	2	0
t19	+ SDg	61,33%	27,67	49,89%	70,00%	58,82%	59,57%	28,11	17	2	0
t20	+ SDg	55,03%	28,86	16,94%	100,00%	41,86%	52,93%	29,34	20	6	0
t21	+ SDg	82,01%	24,47	84,58%	78,41%	84,58%	82,52%	24,32	19	12	0
t22	+ SDg	48,15%	30,61	25,21%	64,71%	51,26%	47,06%	30,96	24	9	0
t23	+ SDg	50,73%	29,75	47,93%	64,17%	40,09%	50,73%	29,75	20	10	0
t24	+ SDg	49,25%	30,20	37,51%	71,02%	40,21%	49,58%	30,12	17	9	0
t25	+ SDg	59,74%	27,75	58,82%	68,56%	53,76%	60,38%	27,57	18	11	0
t26	+ SDg	41,20%	31,37	47,53%	51,67%	25,44%	41,55%	31,33	19	10	0
t27	+ SDg	44,22%	31,27	12,91%	88,61%	28,66%	43,39%	31,44	18	7	0
t28	+ SDg	52,38%	29,55	40,67%	81,72%	43,28%	55,22%	28,95	14	11	0
t29	+ SDg	45,99%	31,30	24,13%	100,00%	23,26%	49,13%	30,30	18	14	0
t30	+ SDg	43,56%	31,99	42,62%	36,00%	53,13%	43,92%	31,88	26	14	0
t31	+ SDg	46,10%	31,35	42,40%	37,03%	58,23%	45,89%	31,43	21	10	0
t32	+ SDg	40,92%	31,84	45,51%	27,35%	53,30%	42,05%	31,57	17	10	0

Teilnehmer	Geschlecht	Alter	Tonquelle	n Testwörter	L1 [dB]	R.1An	R.1Vok	R.1Aus	Σ R.1	F.1An	F.1Vok	F.1Aus	Σ F.1
t01	m	31	+SDh	24	20	3	0	2	5	2	3	3	8
t02	m	26	+SDh	24	20	0	1	2	3	5	2	5	12
t03	w	20	+SDh	24	27	0	1	2	3	4	0	4	8
t04	m	22	+SDh	24	27	2	0	0	2	1	1	4	6
t05	m	19	+SDh	24	27	0	2	2	4	3	3	3	9
t06	m	19	+SDh	24	27	0	1	2	3	6	3	3	12
t07	m	25	+SDh	24	27	0	1	0	1	5	2	4	11
t08	w	33	+SDh	24	27	0	1	1	2	6	0	4	10
t09	m	30	+SDh	24	20	0	2	2	4	6	5	5	16
t10	m	25	+SDh	24	27	0	2	2	4	3	3	3	9
t11	w	25	+SDh	24	20	0	2	0	2	7	3	7	17
t12	m	29	+SDh	24	20	0	1	2	3	8	3	4	15
t13	w	22	+SDh	24	20	1	2	1	4	4	2	5	11
t14	w	21	+SDh	24	20	0	0	1	1	6	4	5	15
t15	m	22	+SDh	24	27	0	1	1	2	7	3	4	14
t16	m	27	+SDh	24	27	1	0	2	3	4	4	4	12
t17	w	24	+SDh	24	27	0	0	1	1	5	2	3	10
t18	w	22	+SDh	24	30	1	0	0	1	1	0	5	6
t19	m	24	+SDh	24	20	1	0	1	2	6	3	6	15
t20	m	26	+SDh	24	27	0	1	2	3	5	0	3	8
t21	w	23	+SDh	24	27	3	2	1	6	4	1	3	8
t22	w	25	+SDh	24	27	0	0	1	1	6	0	5	11
t23	m	28	+SDh	24	20	0	1	3	4	8	1	4	13
t24	m	22	+SDh	24	20	0	0	1	1	8	3	6	17
t25	m	25	+SDh	24	20	2	0	2	4	5	3	4	12
t26	m	25	+SDh	24	27	1	1	1	3	4	2	5	11
t27	m	24	+SDh	24	20	0	5	2	7	8	2	2	12
t28	m	25	+SDh	24	20	0	2	2	4	8	2	3	13
t29	m	23	+SDh	24	27	1	0	2	3	6	1	3	10
t30	w	26	+SDh	24	20	1	0	2	3	5	4	3	12
t31	w	31	+SDh	24	20	0	3	2	5	7	3	5	15
t32	w	25	+SDh	24	27	1	0	2	3	4	3	3	10

Teilnehmer	Tonquelle	SV1An	SV1Vok	SV1Aus	SV1	SV1An 10%V1	Vok 10%V1	Aus 10%V1	SV1 10%V1	An gew\1	Vok gew\1	Aus gew\1	SV1 1 gew.
t01	+ SDh	60,00%	62,50%	50,00%	57,50%	55,56%	58,33%	44,44%	52,78%	53,13%	56,05%	41,41%	50,20%
t02	+ SDh	37,50%	71,43%	16,67%	41,87%	30,56%	68,25%	7,41%	35,41%	23,99%	65,25%	0,00%	29,75%
t03	+ SDh	50,00%	100,00%	33,33%	61,11%	44,44%	100,00%	25,93%	56,79%	45,45%	100,00%	27,27%	57,58%
t04	+ SDh	83,33%	87,50%	50,00%	73,61%	81,48%	86,11%	44,44%	70,68%	80,26%	85,20%	40,79%	68,75%
t05	+ SDh	62,50%	50,00%	50,00%	54,17%	58,33%	44,44%	44,44%	49,07%	55,36%	40,48%	40,48%	45,44%
t06	+ SDh	25,00%	57,14%	50,00%	44,05%	16,67%	52,38%	44,44%	37,83%	7,61%	47,20%	38,41%	31,07%
t07	+ SDh	37,50%	71,43%	50,00%	52,98%	30,56%	68,25%	44,44%	47,75%	28,98%	67,53%	43,18%	46,56%
t08	+ SDh	25,00%	100,00%	42,86%	55,95%	16,67%	100,00%	36,51%	51,06%	11,18%	100,00%	32,33%	47,84%
t09	+ SDh	25,00%	16,67%	16,67%	19,44%	16,67%	7,41%	7,41%	10,49%	18,63%	9,59%	9,59%	12,60%
t10	+ SDh	62,50%	50,00%	50,00%	54,17%	58,33%	44,44%	44,44%	49,07%	54,08%	38,78%	38,78%	43,88%
t11	+ SDh	12,50%	50,00%	12,50%	25,00%	2,78%	44,44%	2,78%	16,67%	1,21%	43,55%	1,21%	15,32%
t12	+ SDh	0,00%	57,14%	33,33%	30,16%	0,00%	52,38%	25,93%	26,10%	0,00%	52,13%	25,53%	25,89%
t13	+ SDh	42,86%	66,67%	28,57%	46,03%	36,51%	62,96%	20,63%	40,04%	36,51%	62,96%	20,63%	40,04%
t14	+ SDh	25,00%	50,00%	28,57%	34,52%	16,67%	44,44%	20,63%	27,25%	18,10%	45,40%	22,00%	28,50%
t15	+ SDh	12,50%	57,14%	42,86%	37,50%	2,78%	52,38%	36,51%	30,56%	7,45%	54,67%	39,56%	33,89%
t16	+ SDh	42,86%	50,00%	33,33%	42,06%	36,51%	44,44%	25,93%	35,63%	31,43%	40,00%	20,00%	30,48%
t17	+ SDh	37,50%	75,00%	57,14%	56,55%	30,56%	72,22%	52,38%	51,72%	26,86%	70,74%	49,85%	49,15%
t18	+ SDh	85,71%	100,00%	37,50%	74,40%	84,13%	100,00%	30,56%	71,56%	82,14%	100,00%	21,88%	68,01%
t19	+ SDh	14,29%	62,50%	14,29%	30,36%	4,76%	58,33%	4,76%	22,62%	0,00%	54,33%	0,00%	18,11%
t20	+ SDh	37,50%	100,00%	50,00%	62,50%	30,56%	100,00%	44,44%	58,33%	21,88%	100,00%	37,50%	53,13%
t21	+ SDh	20,00%	83,33%	57,14%	53,49%	11,11%	81,48%	52,38%	48,32%	6,98%	80,62%	50,17%	45,92%
t22	+ SDh	25,00%	100,00%	28,57%	51,19%	16,67%	100,00%	20,63%	45,77%	17,37%	100,00%	21,31%	46,23%
t23	+ SDh	0,00%	85,71%	20,00%	35,24%	0,00%	84,13%	11,11%	31,75%	0,00%	84,76%	14,67%	33,14%
t24	+ SDh	0,00%	62,50%	14,29%	25,60%	0,00%	58,33%	4,76%	21,03%	0,00%	58,11%	4,26%	20,79%
t25	+ SDh	16,67%	62,50%	33,33%	37,50%	7,41%	58,33%	25,93%	30,56%	4,62%	57,08%	23,69%	28,46%
t26	+ SDh	42,86%	71,43%	28,57%	47,62%	36,51%	68,25%	20,63%	41,80%	35,24%	67,62%	19,05%	40,63%
t27	+ SDh	0,00%	33,33%	66,67%	33,33%	0,00%	25,93%	62,96%	29,63%	0,00%	28,57%	64,29%	30,95%
t28	+ SDh	0,00%	66,67%	50,00%	38,89%	0,00%	62,96%	44,44%	35,80%	0,00%	64,91%	47,37%	37,43%
t29	+ SDh	14,29%	87,50%	50,00%	50,60%	4,76%	86,11%	44,44%	45,11%	10,95%	87,01%	48,05%	48,67%
t30	+ SDh	28,57%	50,00%	50,00%	42,86%	20,63%	44,44%	44,44%	36,51%	19,95%	43,97%	43,97%	35,96%
t31	+ SDh	12,50%	40,00%	16,67%	23,06%	2,78%	33,33%	7,41%	14,51%	0,00%	31,33%	4,62%	11,98%
t32	+ SDh	42,86%	62,50%	50,00%	51,79%	36,51%	58,33%	44,44%	46,43%	37,50%	58,98%	45,31%	47,27%

Teilnehmer	Tonquelle	L2 [dB]	R.2An	R.2Vok	R.2Aus	Σ R.2	F.2An	F.2Vok	F.2Aus	Σ F.2	SV2An	SV2Vok	SV2Aus
t01	+ SDh	37	0	1	2	3	5	1	1	7	37,50%	85,71%	83,33%
t02	+ SDh	30	0	0	1	1	4	0	2	6	50,00%	100,00%	71,43%
t03	+ SDh	37	0	1	0	1	2	1	1	4	75,00%	85,71%	87,50%
t04	+ SDh	37	0	2	1	3	2	1	0	3	75,00%	83,33%	100,00%
t05	+ SDh	37	0	2	0	2	1	1	4	6	87,50%	83,33%	50,00%
t06	+ SDh	37	0	1	1	2	1	2	2	5	87,50%	71,43%	71,43%
t07	+ SDh	37	0	4	0	4	4	1	4	9	50,00%	75,00%	50,00%
t08	+ SDh	37	0	1	1	2	4	1	3	8	50,00%	85,71%	57,14%
t09	+ SDh	37	1	0	3	4	3	2	2	7	57,14%	75,00%	60,00%
t10	+ SDh	37	1	0	3	4	2	0	1	3	71,43%	100,00%	80,00%
t11	+ SDh	37	2	1	2	5	1	2	1	4	83,33%	71,43%	83,33%
t12	+ SDh	37	1	1	2	4	2	1	3	6	71,43%	85,71%	50,00%
t13	+ SDh	37	2	2	2	6	1	1	3	5	83,33%	83,33%	50,00%
t14	+ SDh	37	0	1	2	3	2	0	2	4	75,00%	100,00%	66,67%
t15	+ SDh	37	0	2	0	2	2	1	5	8	75,00%	83,33%	37,50%
t16	+ SDh	37	1	1	0	2	2	1	3	6	71,43%	85,71%	62,50%
t17	+ SDh	37	4	1	2	7	0	1	0	1	100,00%	85,71%	100,00%
t18	+ SDh	40	0	2	1	3	1	1	1	3	87,50%	83,33%	85,71%
t19	+ SDh	30	0	2	0	2	2	0	2	4	75,00%	100,00%	75,00%
t20	+ SDh	40	4	1	0	5	2	0	1	3	50,00%	100,00%	87,50%
t21	+ SDh	37	0	3	0	3	1	0	1	2	87,50%	100,00%	87,50%
t22	+ SDh	37	5	1	2	8	1	0	1	2	66,67%	100,00%	83,33%
t23	+ SDh	37	4	2	2	8	1	0	2	3	75,00%	100,00%	66,67%
t24	+ SDh	37	1	2	1	4	1	0	3	4	85,71%	100,00%	57,14%
t25	+ SDh	37	1	2	2	5	3	1	3	7	57,14%	83,33%	50,00%
t26	+ SDh	37	0	1	0	1	4	1	1	6	50,00%	85,71%	87,50%
t27	+ SDh	37	2	0	1	3	1	0	2	3	83,33%	100,00%	71,43%
t28	+ SDh	37	0	1	3	4	1	0	2	3	87,50%	100,00%	60,00%
t29	+ SDh	37	0	2	0	2	5	0	1	6	37,50%	100,00%	87,50%
t30	+ SDh	50	0	2	1	3	1	0	0	1	87,50%	100,00%	100,00%
t31	+ SDh	40	0	0	2	2	3	0	1	4	62,50%	100,00%	83,33%
t32	+ SDh	37	0	0	1	1	2	0	2	4	75,00%	100,00%	71,43%

Teilnehmer	Tonquelle	SV2	SV2 An 10%V2 Vok 10%V12 Aus 10 SV1 2 10%V2 An gew/2 Vok gew/2 Aus gew/2 SV1 2 gew.	30db An	30dB Vok	30dB Aus							
t01	+ SDh	68,85%	30,56%	84,13%	81,48%	65,39%	26,76%	83,26%	80,47%	63,50%	40,85%	73,51%	66,23%
t02	+ SDh	73,81%	44,44%	100,00%	68,25%	70,90%	39,19%	100,00%	65,25%	68,15%	44,44%	100,00%	68,25%
t03	+ SDh	82,74%	72,22%	84,13%	86,11%	80,82%	72,73%	84,42%	86,36%	81,17%	52,78%	95,24%	43,98%
t04	+ SDh	86,11%	72,22%	81,48%	100,00%	84,57%	70,39%	80,26%	100,00%	83,55%	78,70%	84,72%	61,11%
t05	+ SDh	73,61%	86,11%	81,48%	44,44%	70,68%	85,12%	80,16%	40,48%	68,58%	66,67%	55,56%	44,44%
t06	+ SDh	76,79%	86,11%	68,25%	68,25%	74,21%	84,60%	64,80%	64,80%	71,40%	37,50%	57,14%	51,59%
t07	+ SDh	58,33%	44,44%	72,22%	44,44%	53,70%	43,18%	71,59%	43,18%	52,65%	34,72%	69,44%	44,44%
t08	+ SDh	64,29%	44,44%	84,13%	52,38%	60,32%	40,79%	83,08%	49,25%	57,71%	25,00%	95,24%	41,27%
t09	+ SDh	64,05%	52,38%	72,22%	55,56%	60,05%	53,50%	72,88%	56,60%	61,00%	37,68%	45,53%	35,73%
t10	+ SDh	83,81%	68,25%	100,00%	77,78%	82,01%	65,01%	100,00%	75,51%	80,17%	61,31%	61,11%	54,44%
t11	+ SDh	79,37%	81,48%	68,25%	81,48%	77,07%	81,18%	67,74%	81,18%	76,70%	49,07%	58,45%	49,07%
t12	+ SDh	69,05%	68,25%	84,13%	44,44%	65,61%	68,09%	84,04%	44,15%	65,43%	40,15%	71,06%	36,82%
t13	+ SDh	72,22%	81,48%	81,48%	44,44%	69,14%	81,48%	81,48%	44,44%	69,14%	62,96%	73,86%	34,64%
t14	+ SDh	80,56%	72,22%	100,00%	62,96%	78,40%	72,70%	100,00%	63,60%	78,77%	49,35%	77,12%	45,53%
t15	+ SDh	65,28%	72,22%	81,48%	30,56%	61,42%	73,56%	82,37%	33,89%	63,27%	23,61%	61,11%	34,72%
t16	+ SDh	73,21%	68,25%	84,13%	58,33%	70,24%	65,71%	82,86%	55,00%	67,86%	46,03%	56,35%	35,65%
t17	+ SDh	95,24%	100,00%	84,13%	100,00%	94,71%	100,00%	83,28%	100,00%	94,43%	51,39%	75,79%	66,67%
t18	+ SDh	85,52%	86,11%	81,48%	84,13%	83,91%	84,38%	79,17%	82,14%	81,89%	84,13%	100,00%	30,56%
t19	+ SDh	83,33%	72,22%	100,00%	72,22%	81,48%	69,55%	100,00%	69,55%	79,70%	72,22%	100,00%	72,22%
t20	+ SDh	79,17%	44,44%	100,00%	86,11%	76,85%	37,50%	100,00%	84,38%	73,96%	33,76%	100,00%	54,06%
t21	+ SDh	91,67%	86,11%	100,00%	86,11%	90,74%	85,47%	100,00%	85,47%	90,31%	33,61%	87,04%	62,50%
t22	+ SDh	83,33%	62,96%	100,00%	81,48%	81,48%	63,28%	100,00%	81,64%	81,64%	30,56%	100,00%	38,89%
t23	+ SDh	80,56%	72,22%	100,00%	62,96%	78,40%	73,33%	100,00%	64,44%	79,26%	42,48%	93,46%	41,61%
t24	+ SDh	80,95%	84,13%	100,00%	52,38%	78,84%	84,04%	100,00%	52,13%	78,72%	49,49%	82,84%	32,77%
t25	+ SDh	63,49%	52,38%	81,48%	44,44%	59,44%	50,95%	80,92%	42,77%	58,21%	33,86%	71,95%	36,82%
t26	+ SDh	74,40%	44,44%	84,13%	86,11%	71,56%	43,33%	83,81%	85,83%	70,99%	38,89%	73,02%	40,28%
t27	+ SDh	84,92%	81,48%	100,00%	68,25%	83,25%	82,14%	100,00%	69,39%	83,84%	47,93%	69,50%	66,08%
t28	+ SDh	82,50%	86,11%	100,00%	55,56%	80,56%	86,84%	100,00%	57,89%	81,58%	50,65%	84,75%	50,98%
t29	+ SDh	75,00%	30,56%	100,00%	86,11%	72,22%	35,06%	100,00%	87,01%	74,03%	12,50%	90,28%	56,94%
t30	+ SDh	95,83%	86,11%	100,00%	100,00%	95,37%	85,99%	100,00%	100,00%	95,33%	42,46%	62,96%	62,96%
t31	+ SDh	81,94%	58,33%	100,00%	81,48%	79,94%	57,08%	100,00%	80,92%	79,33%	30,56%	66,67%	44,44%
t32	+ SDh	82,14%	72,22%	100,00%	68,25%	80,16%	72,66%	100,00%	68,75%	80,47%	47,22%	70,83%	51,59%

Teilnehmer	Tonquelle	SVI 2 gew.	50% SVS	30db An x 30dB Vok x30dB Aus xSVI 2 gew.	50% SVS x	Σ F.	Σ -----	Gewichtung	Σ R.	Σ R. nicht erk.			
t01	+ SDh	60,20%	16,26	37,61%	72,06%	64,38%	58,02%	19,75	15	4	0,27	8	0
t02	+ SDh	70,90%	24,11	39,19%	100,00%	65,25%	68,15%	25,27	18	2	0,11	4	0
t03	+ SDh	64,00%	24,17	53,64%	95,32%	45,00%	64,65%	23,79	12	7	0,58	4	0
t04	+ SDh	74,85%	12,11	77,30%	83,72%	58,55%	73,19%	14,33	9	2	0,22	5	0
t05	+ SDh	55,56%	27,43	64,29%	52,38%	40,48%	52,38%	28,97	15	3	0,20	6	0
t06	+ SDh	48,74%	30,35	30,71%	52,48%	46,33%	43,17%	31,69	17	1	0,06	5	1
t07	+ SDh	49,54%	30,78	33,24%	68,75%	43,18%	48,39%	32,64	20	8	0,40	5	0
t08	+ SDh	53,84%	25,86	20,07%	94,92%	37,41%	50,80%	29,19	18	4	0,22	4	0
t09	+ SDh	39,65%	33,55	39,14%	46,82%	37,25%	41,07%	33,14	23	14	0,61	8	0
t10	+ SDh	58,96%	27,28	57,36%	57,14%	49,80%	54,77%	28,69	12	1	0,08	8	0
t11	+ SDh	52,20%	29,38	48,25%	57,78%	48,25%	51,43%	29,60	21	9	0,43	7	0
t12	+ SDh	49,34%	30,28	40,05%	70,90%	36,48%	49,14%	30,37	21	10	0,48	7	0
t13	+ SDh	57,15%	25,82	62,96%	73,86%	34,64%	57,15%	25,82	16	8	0,50	10	0
t14	+ SDh	57,33%	27,56	50,22%	77,52%	46,47%	58,07%	27,27	19	11	0,58	4	0
t15	+ SDh	39,81%	33,30	27,28%	62,98%	37,86%	42,71%	32,48	22	16	0,73	4	0
t16	+ SDh	46,01%	31,15	41,71%	52,86%	30,50%	41,69%	32,22	18	3	0,17	5	0
t17	+ SDh	64,62%	26,60	48,80%	74,51%	64,89%	62,73%	27,19	11	3	0,27	8	0
t18	+ SDh	71,56%	12,54	82,14%	100,00%	21,88%	68,01%	17,04	9	0	0,00	4	0
t19	+ SDh	81,48%	24,65	69,55%	100,00%	69,55%	79,70%	25,18	19	2	0,11	4	0
t20	+ SDh	62,61%	21,15	25,48%	100,00%	48,32%	57,93%	25,05	11	0	0,00	8	1
t21	+ SDh	61,05%	27,40	30,52%	86,43%	60,76%	59,24%	27,92	10	3	0,30	9	0
t22	+ SDh	56,48%	28,19	31,14%	100,00%	39,41%	56,85%	28,07	13	7	0,54	9	0
t23	+ SDh	59,19%	26,65	43,14%	93,73%	43,95%	60,27%	26,21	16	11	0,69	12	0
t24	+ SDh	55,03%	28,52	49,44%	82,75%	32,42%	54,87%	28,57	21	10	0,48	5	0
t25	+ SDh	47,54%	31,45	31,87%	71,11%	34,92%	45,96%	32,31	19	7	0,37	9	0
t26	+ SDh	50,73%	29,76	37,67%	72,48%	39,08%	49,74%	30,08	17	7	0,41	4	0
t27	+ SDh	61,17%	26,46	48,32%	70,59%	67,29%	62,06%	26,12	15	10	0,67	10	0
t28	+ SDh	62,13%	25,39	51,08%	85,55%	53,56%	63,40%	24,84	16	12	0,75	8	0
t29	+ SDh	53,24%	28,80	18,18%	90,91%	59,74%	56,28%	27,52	16	13	0,81	5	0
t30	+ SDh	56,13%	26,88	41,96%	62,64%	62,64%	55,75%	27,09	13	6	0,46	6	0
t31	+ SDh	47,22%	30,85	28,54%	65,66%	42,77%	45,66%	31,29	19	7	0,37	7	0
t32	+ SDh	56,55%	28,06	48,05%	71,29%	52,34%	57,23%	27,82	14	8	0,57	4	1

L1 [dB]	R.1 An	SV1 An	SV1 Vok	SV1 Aus	SV1	SV1 An 10%V1 Vok 10%V1 Aus 10%SV1 1 10%V1 An gewV1 Vok gew1 Aus geSV1 1 gew.
LS	Mw	25,67%	53,97%	35,12%	38,25%	19,85% 49,20% 27,91% 32,32% 17,55% 47,93% 26,26% 30,58%
SDg	Mw	13,97%	50,93%	27,45%	30,78%	9,62% 45,48% 21,13% 25,41% 9,06% 44,30% 19,81% 24,39%
SDh	Mw	30,68%	66,89%	37,90%	45,16%	24,71% 63,22% 31,00% 39,64% 23,03% 62,40% 29,29% 38,24%
LS	Staw	0,1717673	0,20385984	0,16221589	0,128769	0,15706 0,217983 0,18024 0,13225 0,14225 0,2150446 0,17588 0,119496
SDg	Staw	0,1722015	0,24996707	0,18349967	0,132187	0,153346 0,277741 0,180575 0,1341 0,14562 0,2832067 0,17674 0,132513
SDh	Staw	0,2274166	0,20575947	0,14887937	0,136313	0,231605 0,228622 0,165422 0,14667 0,22699 0,231488 0,16785 0,142012

L1 [dB]	R.1 An	SV2 An	SV2 Vok	SV2 Aus	SV2	SV2 An 10%V2 Vok 10%V2 Aus 10%SV1 2 10%V2 An gew2 Vok gew2 Aus geSV1 2 gew.
LS	Mw	61,17%	86,60%	69,15%	72,31%	56,86% 85,11% 65,72% 69,23% 55,56% 84,58% 64,61% 68,25%
SDg	Mw	71,40%	85,78%	71,60%	76,26%	68,22% 84,20% 68,44% 73,62% 67,35% 83,91% 67,84% 73,04%
SDh	Mw	70,89%	90,40%	72,34%	77,88%	67,65% 89,34% 69,27% 75,42% 66,74% 88,94% 68,64% 74,77%
LS	Staw	0,2024659	0,15735127	0,18020403	0,094385	0,224962 0,174835 0,200227 0,10487 0,22571 0,18453 0,2066 0,107999
SDg	Staw	0,1678606	0,1654023	0,16587208	0,093252	0,186512 0,18378 0,184302 0,10361 0,19233 0,18528 0,18847 0,104909
SDh	Staw	0,1599225	0,09730539	0,16594967	0,089878	0,177692 0,108117 0,184389 0,09986 0,18462 0,1124 0,18493 0,102118

