

Hochschule für Telekommunikation Leipzig (FH)

Fachbereich Nachrichtentechnik
Elektroakustik

Abschlussarbeit zur Erlangung des akademischen Grades

Bachelor of Engineering

Thema: Realisierung von Hörtests und Auswirkungen im
Hinblick auf Umweltlärm mit Auswertungen

Vorgelegt von: Thomas Knabe

geboren am: 12.09.1986
in: Leisnig

Themensteller: Széchenyi István Universität Győr (Ungarn)
Egyetem ter 1
H-9026 Győr

Erstprüfer: Diplom-Physiklehrer Michael Graf

Zweitprüfer: Doktor György Wersényi

eingereicht am: 17.07.2009

Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich einen großen Dank an meine Familie aussprechen, ohne deren Unterstützung das gesamte Studium nicht möglich gewesen wäre.

Des Weiteren stelle ich meinen Dank an alle meine Freunde und Kommilitonen, welche mir Ablenkung und Freude bereiteten und mit Hilfe und Ratschlägen beistehen konnten.

Ein ganz großes Dank gilt auch den Betreuern, der Hochschule für Telekommunikation Leipzig und der Széchenyi István Universität Győr, welche großes Vertrauen in mich steckten und wichtige, hochwertige Geräte mir zur Verfügung stellten.

Kurzfassung

Die Arbeit der folgenden Seiten, die den Namen „*Realisierung von Hörtests und Auswirkungen im Hinblick auf Umweltlärm mit Auswertungen*“ trägt, wurde von Thomas Knabe erstellt und bildet die Bachelorarbeit, um den akademischen Abschluss ‚Bachelor of Engineering‘ zu erhalten. Sie ist der Abschluss eines sechs Semester dauernden Studiums des Bachelorstudiengangs Nachrichtentechnik an der Hochschule für Telekommunikation Leipzig. Aufbauend auf den Resultaten des Projektmoduls, welches an der Partneruniversität in Győr absolviert wurde, sind die weiteren Arbeiten an der Heimathochschule abgeschlossen wurden.

Im Wesentlichen beschreibt diese Arbeit die Vorgehensweise bei der Durchführung von akustischen Messungen, die für die Erreichung der gesetzten Ziele nötig sind. Um Verständnis für den Sinn der Arbeit zu bekommen, muss das Thema näher gebracht werden.

Das Hören von Musik über Kopfhörer und das Ertragen von Lärm verschiedener Quellen sind alltägliche Erscheinungen, denen wir ausgesetzt sind. Es können Messungen durchgeführt werden, mit denen zumindest die Lautstärken und damit auch die Belastungen für das menschliche Gehör ermittelt werden können. Dabei unterscheidet man zwischen Geräuschen, denen man ausgesetzt ist und denen man sich selbst aussetzt. Ziel der Arbeit ist es, Messwerte zu ermitteln, die eine Aussage über die Lärmbelastung in bestimmten Situationen geben und mögliche Erscheinungen oder gar Schädigungen abschätzen lassen. Dies geschieht durch Einbeziehung von Probandenberichten, Messwerten verschiedener Messgeräte und Interpretation der Ergebnisse.

Bereits im Projektmodul wurden äußere Lärmquellen bemessen, deren Auswertung diese Arbeit mit aufführt. Als eine spezielle Lärmquelle sind Messungen unter Motorradhelmen bei Motorradfahrten unternommen wurden. Zudem wurden Kopfhörerschallpegel gemessen, welche durch zum Beispiel MP3-Geräte verursacht werden. Zur Auswertung stellte man Statistiken mit Probandenurteilen auf, welche durch Hörschwellenmessungen mittels einer Audiometersoftware unterstützt wurden.

Aufbauend auf dieser Arbeit kann abgesehen werden, welchen Beitrag der alltägliche Umweltlärm zu der Hörermüdung des menschlichen Gehörs leistet.

Abstract

The work of the following pages, with the name "Realization of hearing tests and impact on the environment with noise analysis", was created by Thomas Knabe and forms the Bachelor thesis, to obtain the academical degree, Bachelor of Engineering '. It is the conclusion of a study lasting six semesters in Communications Engineering at the University of Applied Science Leipzig (HfTL). Based on the results of the project module, which was completed at the partner university of Győr in Hungary, the further work was finished at the home university in Germany.

In essence, this work describes the approach in the implementation of acoustic measurements, to achieve the set objectives. To understand the meaning of the work, the issue must be brought closer. Listening to music through headphones and the tolerance of various noise sources are everyday phenomena to which we are exposed. Measurements can be performed with at least the volume and the burden on the human ear can be identified. A distinction is made between the sounds, which one is exposed and where it suspends itself. The aim of this work is to determine measurements, to make a statement about the noise in certain situations and to assess possible symptoms, or even damage. This is done by involving volunteers reports, measurements of various measuring instruments and interpretation of results.

Already in the Project module External measurements were done and their evaluations are listed in this work. As a special source of noise, measurements under motorcycle helmets for motorcycle trips were done. Also noise on headphones were measured, caused by a mp3 device. To evaluate the data some statistices are presented by using the informations of the volunteers, supported by hearing level measurements by using an audiometer software. The results of that work maybe can show, which part the everyday environmental noise has to the lose of hearing.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis	9
1 Vorbetrachtungen	11
1.1 Akustik und Audiologie	11
2 Außenmessungen	17
2.1 Rückblick auf Messergebnisse	17
2.2 Analyse der Messdaten.....	18
2.2.1 Messungen in Győr	19
2.2.2 Messungen in Budapest.....	23
2.3 Mittelung der Messdaten	31
3 Messungen unter Motorradhelmen.....	37
3.1 Ziel und Messmethode	37
3.2 Messergebnisse mit Motorrad 1	39
3.2.1 Ergebnisse und Analysen zum MTR-Helm	39
3.2.2 Ergebnisse und Analysen zum Schubert-Helm.....	42
3.2.3 Vergleich der Helme	44
3.3 Messergebnisse mit Motorrad 2	46
3.3.1 Ergebnisse und Analysen zum Shark-Crosshelm.....	47
3.3.2 Ergebnisse und Analysen zum Shark-Integralhelm	50
3.3.3 Vergleich der Helme	52
3.4 Bemerkungen zur Messmethode	54
4 Kopfhörermessungen	55
4.1 Messungen an Probanden.....	55
4.1.1 Themendarstellung und Ziel des Versuchs	55
4.1.2 Technische Angaben und Musiktitel.....	56
4.1.3 Die Aufgabe der Probanden	57
4.1.4 Relevanz des subjektiven Eindrucks	58
4.1.5 Darstellung der Messergebnisse.....	58
4.2 Ausmessen der Schallpegel	60
4.2.1 Bedeutung für die Ergebnisse	60
4.2.2 Aufbau der Versuchsanordnung.....	60
4.2.3 Die Schallpegel der Musiktitel.....	62
4.2.4 Erste Erkenntnisse der Ausmessungen.....	64
5 Audiometermessungen	65
5.1 Verwendung eines Audiometers	65
5.2 Der Bezug zur Kopfhörermessung	65
5.3 Die Realisierung eines Audiometers mittels Software.....	66
5.3.1 Die Audiometer Simulator 3.0 Software.....	66
5.3.2 Die Home Audiometer 2.0 Software.....	68
5.4 Realisierung der Hörschwellenmessungen.....	73
6 Auswertung der Kopfhörermessungen.....	75
6.1 Durchschnittliche Lautstärken und Häufigkeiten.....	75
6.2 Durchschnittliche Lautstärken der Kategorien.....	82
6.3 Auswerten von Trends	86
6.4 Der Einfluss des Hörvermögens.....	90
Zusammenfassung	95
Quellenverzeichnis:	97
Selbständigkeitserklärung	99
Anlagenverzeichnis	101

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Hörbereich des menschlichen Ohres [5]	12
Abbildung 2: Lautstärkelevel nach ISO 226:2003 [6]	12
Abbildung 3: Straßenrand Győr	19
Abbildung 4: Frequenzspektrum Győr_Straßenrand_2	19
Abbildung 5: Frequenzspektrum Győr_Bahnhof_2	20
Abbildung 6: Frequenzspektrum Győr_Auto_2	21
Abbildung 7: Frequenzspektrum Győr_Zug_1	23
Abbildung 8: Straßenrand Budapest	23
Abbildung 9: Frequenzspektrum Budapest_Straßenrand_2	24
Abbildung 10: Frequenzspektrum Budapest_Bus_2	25
Abbildung 11: Frequenzspektrum Budapest_Zug_2	26
Abbildung 12: Frequenzspektrum Budapest_Straßenbahn_1	27
Abbildung 13: U-Bahn Budapest	28
Abbildung 14: Frequenzspektrum Budapest_U-Bahn_3	29
Abbildung 15: Frequenzspektrum Budapest_U-Bahn_2	30
Abbildung 16: Foto der Helmmessung auf Motorrad 1 (links) und Motorrad 2 (rechts)	38
Abbildung 17: MTR-Helm	39
Abbildung 18: Schallpegel-Geschwindigkeits-Diagramm, MTR-Helm	40
Abbildung 19: Frequenzspektrum ohne(links) und mit(rechts) MTR-Integralhelm	41
Abbildung 20: Schuberth-Helm	42
Abbildung 21: Schallpegel-Geschwindigkeits-Diagramm, Schuberth-Helm	43
Abbildung 22: Frequenzspektrum ohne(links) und mit(rechts) Schuberth-Integralhelm	44
Abbildung 23: Dämpfungs-Geschwindigkeits-Diagramm, Schuberth- zu MTR-Helm	46
Abbildung 24: Shark-Crosshelm	47
Abbildung 25: Schallpegel-Geschwindigkeits-Diagramm, Shark-Crosshelm	48
Abbildung 26: Frequenzspektrum ohne(links) und mit(rechts) Shark-Crosshelm	49
Abbildung 27: Shark-Integralhelm	50
Abbildung 28: Schallpegel-Geschwindigkeits-Diagramm, Shark-Integralhelm	51
Abbildung 29: Frequenzspektrum ohne(links) und mit(rechts) Shark-Integralhelm	52
Abbildung 30: Dämpfungs-Geschwindigkeits-Diagramm, Shark-Helm zu Crosshelm	54
Abbildung 31: Versuchsanordnung zur Kopfhörmessung	61
Abbildung 32: Foto der Versuchsanordnung zur Kopfhörmessung	61
Abbildung 33: Diagramm der L_{Aeq} über den Lautstärkeleveln	63
Abbildung 34: Benutzeroberfläche der Audiometer Simulator 3.0 Software	67
Abbildung 35: Audiogramme mit Vergleichsmessungen	67
Abbildung 36: Benutzeroberfläche der Home Audiometer 2.0 Software	69
Abbildung 37: Audiogramme mit Messergebnissen	69
Abbildung 38: Kalibrieren per Gehör	70
Abbildung 39: Versuchsanordnung zur Kalibrierung des Audiometers	71
Abbildung 40: Foto der Versuchsanordnung zur Audiometerkalibrierung	72
Abbildung 41: Häufigkeitsverteilung der Lautstärkeleveln	76
Abbildung 42: Häufigkeitsverteilung der eingestellten Schallpegel	77
Abbildung 43: Häufigkeitsverteilung über alle Titel	79
Abbildung 44: Häufigkeitsverteilung der Schallpegelgruppen	80
Abbildung 45: Prozentuale Anzahl der Schallpegel	80
Abbildung 46: Vergleich der verschiedenen Studien	81
Abbildung 47: Häufigkeit der Benutzungsdauer	85
Abbildung 48: Häufigkeitsverteilung der korrigierten Schallpegel	89
Abbildung 49: Audiogrammformular von Person 39	91

Abbildung 50: Audiogrammformular von Person 1	92
Abbildung 51: Audiogrammformular von Person 35	93
Abbildung 52: Audiogrammformular von Person 2	93

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beziehung der Schallpegel zur Einwirkdauer [8]	15
Tabelle 2: Messwerte Budapest.....	17
Tabelle 3: Messwerte Győr	18
Tabelle 4: Zusammengefasste Messwerte.....	32
Tabelle 5: Zusammengefasste Messwerte für Beispiel 1	33
Tabelle 6: Zusammengefasste Messwerte für Beispiel 2	34
Tabelle 7: Messwerte Motorrad 1, MTR-Helm	39
Tabelle 8: Messwerte Motorrad 1, Schuberth-Helm.....	43
Tabelle 9: Messwerte Motorrad 2, Shark-Crosshelm.....	47
Tabelle 10: Messwerte Motorrad 2, Shark-Integralhelm	50
Tabelle 11: Einteilung der Benutzungsdauer in Klassen	57
Tabelle 12: Messwertetabelle der Kopfhörmessungen	59
Tabelle 13: Beziehung der Lautstärkestufen zum LAeq.....	62
Tabelle 14: Mittelwerte und deren Schallpegel.....	75
Tabelle 15: Durchschnittspegel zu den Lautstärkestufen.....	77
Tabelle 16: Durchschnittspegel mit Gesamtanzahl.....	78
Tabelle 17: Geschlechterspezifische Zuordnung	82
Tabelle 18: Altersspezifische Zuordnung	83
Tabelle 19: Zuordnung nach Benutzerdauer	84
Tabelle 20: Durchschnittspegel der Klassen	84
Tabelle 21: Zuordnung der Klassen in Stunden pro Woche	85
Tabelle 22: Musiktitel mit Korrektur	87
Tabelle 23: Durchschnittspegel mit korrigierter Gesamtanzahl.....	88
Tabelle 24: Zusammenfassung der Hörschwellenwerte.....	90
Tabelle 25: Kopfhörmesswerte von Person 39	91
Tabelle 26: Kopfhörmesswerte von Person 1	92
Tabelle 27: Kopfhörmesswerte von Person 35	93
Tabelle 28: Kopfhörmesswerte von Person 2	93

1 Vorbetrachtungen

Die in dem folgenden Kapitel aufgeführten Informationen dienen der Heranführung an die Thematik der Arbeit. An diesem Punkt und im Quellenverzeichnis wird auf den Projektbericht mit dem Namen „Projektbericht_ThomasKnabe_2009“ verwiesen, der als ein Resultat des Projektmoduls zu betrachten ist, welches unter anderem zur Einarbeitung in das Thema diente. Dieser beinhaltet eine grundlegendere Einführung und sollte als Vorarbeit zu dieser Bachelorarbeit behandelt werden.

1.1 Akustik und Audiologie

Die Fähigkeit zu hören, ist ein für den Menschen wichtiger Sinn, um seine Umwelt wahrzunehmen. Taubheit oder Schwerhörigkeit führt zu einer eingeschränkten Kommunikationsfähigkeit. Oftmals sind Betroffene nicht mehr fähig, sich der Sprache zu bedienen. Dies kann zu einer totalen Verstummung führen. Deshalb ist es sehr wichtig, das Gehör zu schützen und zu schonen, damit man noch bis in das hohe Alter sich diesen Sinn erhalten kann.

Um zu verstehen, was beim Hören geschieht, sollte zuerst der Begriff des Schalls näher betrachtet werden. Der Schall stellt die Druck- und Dichteschwankungen in einem Medium dar. Das Trommelfell des menschlichen Gehörs ist in der Lage, diesen Schalldruck zu detektieren. Dies geschieht für alle Frequenzen des hörbaren Bereichs. Aufgrund der Anatomie des menschlichen Ohres, werden die Frequenzen im Bereich von 1000 bis 3000 Hz besonders gut wahrgenommen. In Abbildung 1-1 wird dieser Sachverhalt noch einmal verdeutlicht. In dieser sind wesentliche Eigenschaften unseres Hörvermögens dargestellt. Anhand dieser Grafik kann man erkennen, in welchem Frequenzbereich das menschliche Gehör Geräusche wahrnehmen kann und über welche Schallpegel diese zu erkennen sind. Zudem deutet sie auf die Bereiche hin, in denen Musik und Sprache wiedergegeben werden. Vor allem bei der Sprache ist erkennbar, dass diese sich in dem besonders gut wahrnehmbaren Bereich befindet, als hätte sich das menschliche Gehör darauf angepasst.

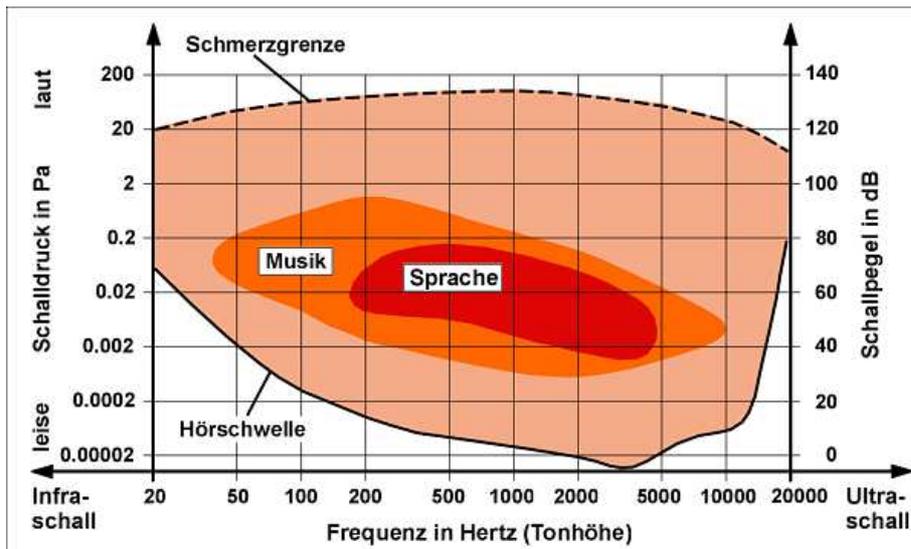


Abbildung 1: Hörbereich des menschlichen Ohres [5]

Die Empfindlichkeit des Gehörs ist demnach nicht über alle Frequenzen linear. Um das subjektive Lautstärkeempfinden mit physikalischen Gegebenheiten in Einklang zu bringen, müssen Messungen mit Menschen durchgeführt werden, um die Zusammenhänge zu erkennen. In Abbildung 1-2 sind, angefangen bei der Hörschwelle, die Kurven auch für lauterempfinden dargestellt. Die Messungen wurden von der International Organisation for Standardization (ISO) durchgeführt und in der ISO 226:2003 veröffentlicht.

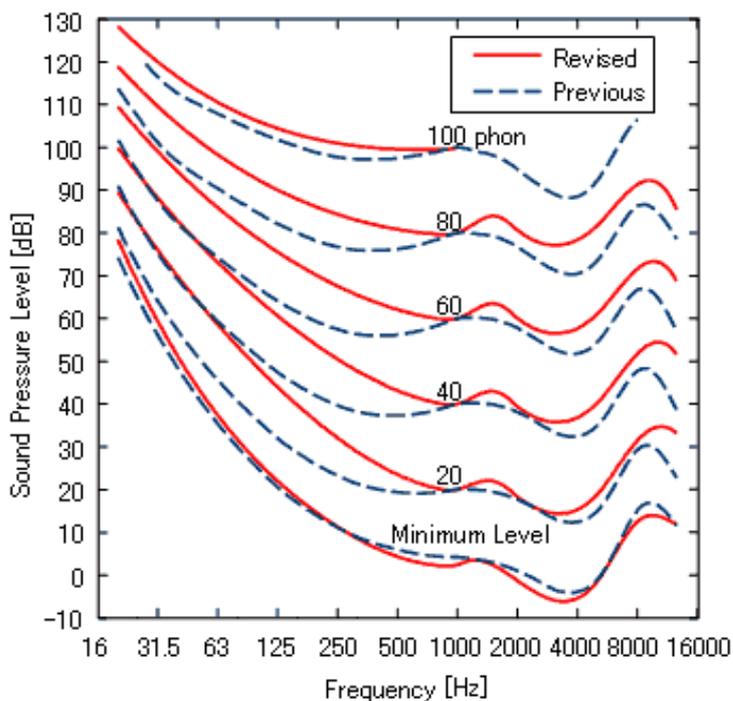


Abbildung 2: Lautstärkelevel nach ISO 226:2003 [6]

Der Vergleich mit den neuen Messungen (rot) lässt einen deutlichen Unterschied zu älteren Messungen (blau) erkennen. Die Einheit ‚phon‘ charakterisiert die von uns empfundene Lautstärke und stimmt nur mit dem Schalldruckpegel bei 1000 Hz zahlenmäßig überein. 80 phon empfindet der Mensch für alle hörbaren Frequenzen gleichlaut.

Um den extrem stark schwankenden Schallpegel in einem Wert zu fassen, kann man Messungen über definierte Zeiträume durchführen und mit Mittelung und Integration den gemessenen Schallpegel wiedergeben.

Als gebräuchlichster, gemittelter Parameter [1] wird der energie-äquivalente Dauerschallpegel ‚ L_{eq} ‘ verwendet. Die folgende Formel verweist auf dessen Berechnung:

$$L_{eq} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} * \int_0^T \frac{p_{eff}(t)^2}{p_0^2} dt \right)$$

Sobald von L_{Aeq} oder L_{eq} in dB(A) gesprochen wird, sollte man beachten, dass eine Frequenzbewertung nach der A-Kurve durchgeführt wurde.

Nachdem verdeutlicht werden konnte, was das menschliche Gehör für Töne wahrnimmt, sollte nun ergründet werden, ab wann diese Schaden anrichten können. Dabei stößt man häufig auf den Begriff Lärm. Es ist bekannt, dass Lärm nicht immer nur Schaden für das Gehör bedeutet, sondern auch jeglichen Schall beinhaltet, der störend und unangenehm von dem Menschen empfunden wird. In der Arbeitsmedizin hat es sich als sinnvoll erwiesen, den Lärm in fünf Kategorien einzuteilen, welche kurz beschrieben werden sollen.

Die 5 Lärmstufen nach LEHMANN [7]

Lärmstufe 0: 0 – 30 dB(A)

Hierbei kommt es nur zu Beeinflussungen, wenn höchste Aufmerksamkeit und Konzentration gefordert ist. Vor allem kann dann impulsartiger Schall die Konzentrationsfähigkeit beeinträchtigen.

Lärmstufe 1: 30 – 65 dB(A)

In diesem Bereich sind Hörschäden noch nicht zu erwarten. Jedoch können Geräusche dieser Größenordnung zum Beispiel eine Unterhaltung zwischen Personen stören und nachts zu unruhigem Schlaf führen. Vor allem intermittierender Schall, also minuten- oder sekundenlange Schalleinwirkung die mit minutenlangen Pausen wechselt, behindert den Einschlafvorgang.

Lärmstufe 2: 65 – 90 dB(A)

Belastungen dieser Lärmstufe stellen bereits eine Gefahr für den Organismus dar. Es kann dabei unter anderem zu Durchblutungsstörungen und Adrenalinausschüttungen kommen. Bei längerer Einwirkung von 80 – 90 dB(A) kann es zu einer Temporary Threshold Shift (TTS), einer temporären Hörschwellenverschiebung kommen.

Lärmstufe 3: 90 – 120 dB(A)

Neben den Folgen, die bereits bei Lärmstufe 2 eintreten, können hierbei noch zusätzlich psychische Störungen hinzukommen sowie erhebliche Stresssymptome. Bei längerer Einwirkung dieser Schallpegel lässt es sich auch nicht vermeiden, dass es zu einer Zerstörung des kortischen Organs kommt und Hörschäden verursacht.

Lärmstufe 4: >120 dB(A)

Hierbei wird die Schmerzschwelle an Lärm überschritten und es setzen angeborene Schutzmechanismen ein, wie das Zuhalten der Ohren und das Wegrennen. Es können Schwindelgefühle und Bewegungsstörungen auftreten. Selbst kurze Einwirkdauern führen schon zu einer Permanent Threshold Shift (PTS), einer bleibenden Hörschwellenverschiebung.

Das Empfinden von Geräuschen als Lärm ist aber eine subjektive Empfindung und kann sich von Mensch zu Mensch unterscheiden. Gleich ist meist die Einwirkdauer von hohen Schallpegeln, bei denen eine TTS die Folge ist. Eine TTS ist reversibel und sollte „als letzte Warnung unseres Gehörs“ wahrgenommen werden bevor es zu einer bleibenden Schädigung kommt. In Tabelle 1 werden Schallpegel mit Einwirkdauern gezeigt, die die tägliche Grenze darstellen, bevor es zu einer TTS kommt.

Tabelle 1: Beziehung der Schallpegel zur Einwirkdauer [8]

Schallpegel / dB(A)	Einwirkdauer	Schallpegel / dB(A)	Einwirkdauer
85	8 h	100	15 min
86	6 h 21 min	101	12 min
87	5 h 3 min	102	10 min
88	4 h	103	7,5 min
89	3 h 11 min	104	6 min
90	2 h 32 min	105	5 min
91	2 h	106	3,75 min
92	1 h 57 min	107	3 min
93	1 h 16 min	108	2,5 min
94	1 h	109	2 min
95	48 min	110	1,5 min
96	38 min	111	1,25 min
97	30 min	112	1 min
98	24 min	113	0,75 min
99	19 min		

2 Außenmessungen

2.1 Rückblick auf Messergebnisse

Die Außenmessungen beziehen sich auf die während des Projektmoduls durchgeführten Messungen in äußeren Umgebungen. Es kamen dabei Straßenkreuzungen, Busse, Züge, U-Bahnen und noch weitere lärmende Gegenden in Frage. Eine Dokumentation der Messergebnisse ist im Projektbericht „Hörtests und Umweltlärm“ in der Datei „Projektbericht_ThomasKnabe_2009“ in der beigelegten CD enthalten. Eine ausführlichere Auswertung der Daten erfolgt in Kapitel 2.2.

Zur Übersicht werden die Messwerte noch einmal in Tabelle 2 und Tabelle 3 aufgeführt. Es sind zusätzlich zum L_{Aeq} noch die Werte der L_{ASmax} und der L_{ASmin} aufgeführt. Sofern es möglich war, konnten einige Messungen mehrmals unter ähnlichen oder verschiedenen Bedingungen durchgeführt werden.

Ort Budapest:

Tabelle 2: Messwerte Budapest

Umgebung	L_{Aeq} / dB	L_{ASmax} / dB	L_{ASmin} / dB
Straßenrand_1	76,2	84,6	70,2
Straßenrand_2	78,4	86,1	71,7
Zug_1	74,2	83,5	64,3
Zug_2	77,5	86,5	71,4
Bus_1	69	78	60,5
Bus_2	76,6	80,7	70,2
Straßenbahn_1	71,9	84,5	60,1
Straßenbahn_2	71,9	80,2	63,8
Straßenbahn_3	69,9	75,5	65,3
U-Bahn_1	82,7	91,4	65,5
U-Bahn_2	88,5	96,5	60,9
U-Bahn_3	82,3	85,8	64,1

Ort Győr:

Tabelle 3: Messwerte Győr

Umgebung	L_{Aeq} / dB	L_{ASmax} / dB	L_{ASmin} / dB
Straßenrand_1	67,3	79,6	50,3
Straßenrand_2	73,6	89,1	56,5
Zug	64,5	81	52,1
Bahnhof_1	74,4	78,8	69,6
Bahnhof_2	77,2	84	70,4
Bahnhof_3	81,5	86,5	74,4
Auto_1	81,9	85,6	65,3
Auto_2	73,1	76	64,4

Die Messprotokolle der Außenmessungen sind in Anlage 1 einzusehen. Die Messdateien stehen auf der beigegefügt CD im Ordner „Außenmessungen“ zur Verfügung.

2.2 Analyse der Messdaten

Bei der Analyse der Messdaten wird auf die Schallpegel und die Messergebnisse im Spektrum eingegangen. Es wird nach Besonderheiten gesucht, als auch Maxima und Minima beurteilt. Bei den Messungen beobachtete Ereignisse können so anhand des Geräuschkennlinien erklärt werden. In den Protokollen liegen die Frequenzspektren in Terzbänder eingeteilt vor. Es ist auch zu beachten, dass die Amplituden die Schalldruckpegel in dB der jeweiligen Bänder repräsentieren. Es wurde dementsprechend keine Frequenzbewertung vorgenommen. Die rote senkrechte Linie in den Spektren markiert die Position des Cursors. Durch sie kann man sich die Mittenfrequenz eines Terzbands und die gemessenen Maximal-, Minimal- und Mittelungswerte anzeigen lassen. Diese erscheinen im grauen Feld unterhalb vom Fenster des Spektrums.

2.2.1 Messungen in Győr

Umgebung Straßenrand

Die Messumgebung ist in Abbildung 3 zu sehen. Es handelte sich um eine mehrspurige Straße, die sich nahe einer Kreuzung befand und mit Ampeln versehen war. Der Standort des Messgerätes war direkt neben dem Stativ, welches die Ampeln trägt.



Abbildung 3: Straßenrand Győr

Messdaten in: Győr_Straßenrand_1
Győr_Straßenrand_2

Aus den Spektren ist zu erkennen, dass die Abstände zwischen den Minima, den mittleren Werten und den Maxima relativ groß sind. Die hohen Werte stammen von den in unmittelbarer Nähe vorbeifahrenden Fahrzeugen. Die Minima entstanden, als kein Fahrzeug vorbeifuhr. Der Sachverhalt wird im Frequenzspektrum in Abbildung 4 veranschaulicht.

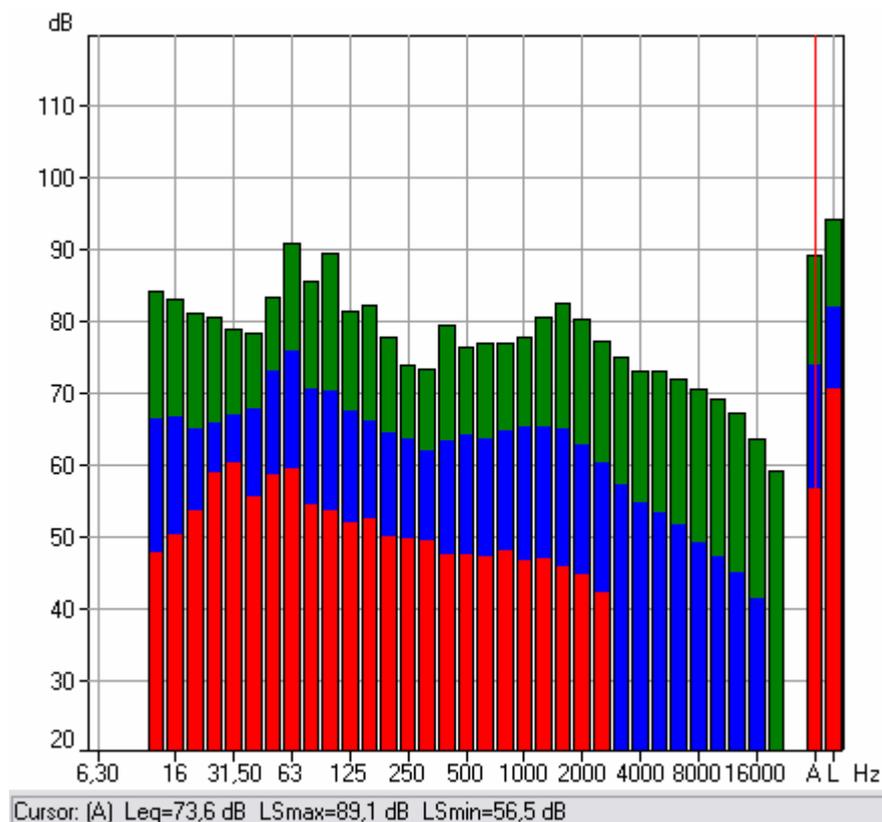


Abbildung 4: Frequenzspektrum Győr_Straßenrand_2

Das Spektrum an Geräuschen ist sehr breit und annähernd gleich verteilt, bis die spektralen Anteile dann ab 2000 Hz kontinuierlich abnehmen. Das ist der Grund, weshalb wir die Geräusche, die beim Straßenverkehr entstehen, meist als ein Rauschen wahrnehmen, weil das Spektrum dem eines Weißen Rauschen ähnelt.

Die Spitzenwerte liegen im Bereich von 63 Hz.

Umgebung Bahnhof

Bei der Umgebung Bahnhof handelt es sich um den Bahnhof in Győr. Es wurde der Schallpegel der ankommenden Züge gemessen. Der Messstandort befand sich dabei auf dem Bahnsteig mit ungefähr einem Meter Abstand zu den ankommenden Zügen. Die Messdauer beschränkte sich dabei ausschließlich auf die Einfahrtszeit.

Messdaten in: Győr_Bahnhof_1
Győr_Bahnhof_2
Győr_Bahnhof_3

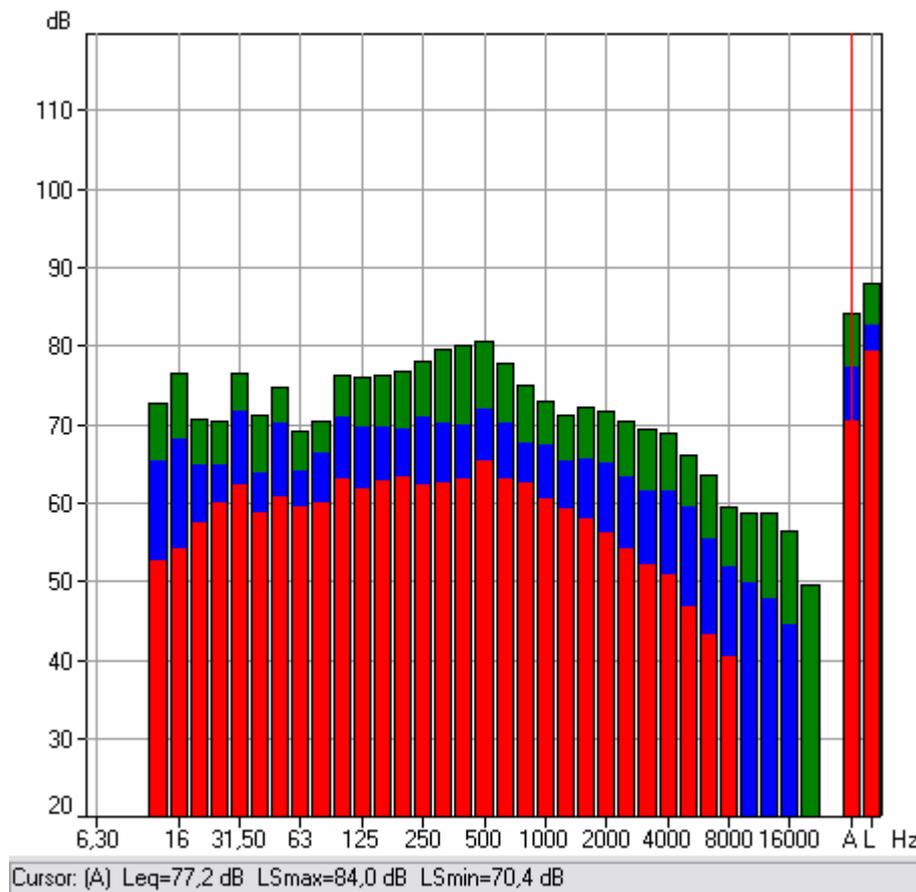


Abbildung 5: Frequenzspektrum Győr_Bahnhof_2

Bei Betrachtung dieser Spektren ist zu erkennen, dass die Abstände zwischen den Minima und Maxima im Vergleich zu denen bei der Umgebung Straßenrand nicht sehr groß sind. Abbildung 5 zeigt eines der Spektren .

Der Verlauf der Anteile für die einzelnen Frequenzen ist ungefähr konstant bis bogenförmig, mit Spitzenwerten im Bereich von 125 bis 1000 Hz. Für Frequenzen oberhalb von 1000 Hz sinken die Schallpegel kontinuierlich ab. Das empfundene Geräusch könnte man als ein hohes Rauschen bezeichnen, was durch das Quietschen der Bremsen stark geprägt ist.

Umgebung Auto

Hierbei befand sich das Messgerät auf dem Beifahrersitz eines Opel Astra F aus dem Baujahr 1996. Es wurde einmal mit relativ lauter Radiomusik und einmal ohne gemessen. Die Fahrgeschwindigkeit schwankte von 50 bis 90 km/h. Es wurden dabei Landstraßen befahren und ein keiner Teil der Stadt durchquert.

Messdaten in: Györ_Auto_1
Györ_Auto_2

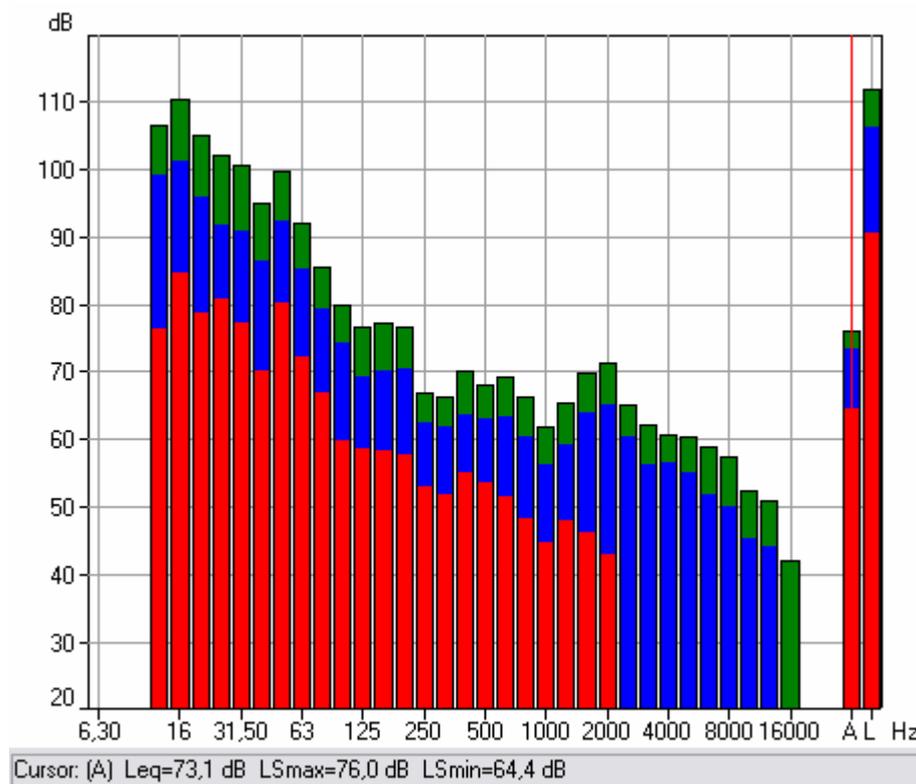


Abbildung 6: Frequenzspektrum Györ_Auto_2

Der Verlauf der Werte in den Frequenzspektren ist ähnlich für beide Messungen. Die Geräusche sind vor allem durch niederfrequente Anteile geprägt und nehmen zu höheren Frequenzen hin ab. Wie in Abbildung 6 zu erkennen ist, fallen die Schallpegel bei wachsender Frequenz.

Die Spitzenwerte bilden hierbei die Anteile unterhalb von 80 Hz mit zum Teil über 100 dB Schalldruckpegel im Mittel. Die Maximalwerte reichen sogar bis zu 110 dB. Diese tiefen Frequenzen werden aber von dem menschlichen Gehör weniger stark wahrgenommen.

Im Voraus hätte man ein ähnliches Spektrum, wie das der Messungen am Straßenrand erwarten können. In beiden Fällen setzt man sich dem allgemeinen Straßenverkehrslärm aus. Im Auto selbst ist man sogar noch näher an den Geräuschquellen. Durch Verkleidungsteile können zumindest höhere Frequenzen effektiv abgedämpft werden. Das erklärt den unterschiedlichen Verlauf der Anteile in den Spektren.

Umgebung Zug

Die Messung wurde in den Personenwaggons des Zuges durchgeführt. Diese waren in einzelne Abteile zu je sechs Sitzplätzen unterteilt. In dem bemessenen Abteil befanden sich zu der Zeit vier Personen. Es wurde einige Zeit nach dem Verlassen des Bahnhofes mit der Messung begonnen. Als Geräuschereignisse konnten vorbeifahrende Züge und Bremsgeräusche der Waggons festgestellt werden.

Messdaten in: Györ_Zug_1

Die Dauer dieser Messungen belief sich über mehrere Minuten. Im Spektrum sind daher wieder größere Unterschiede für Minima und Maxima, da man verschiedenen Geräuschsituationen ausgesetzt war, während zum Beispiel ein anderer Zug auf dem benachbarten Gleis vorbei fuhr oder der Zug eine Bremsung durchführte. Abbildung 7 zeigt dieses Frequenzspektrum.

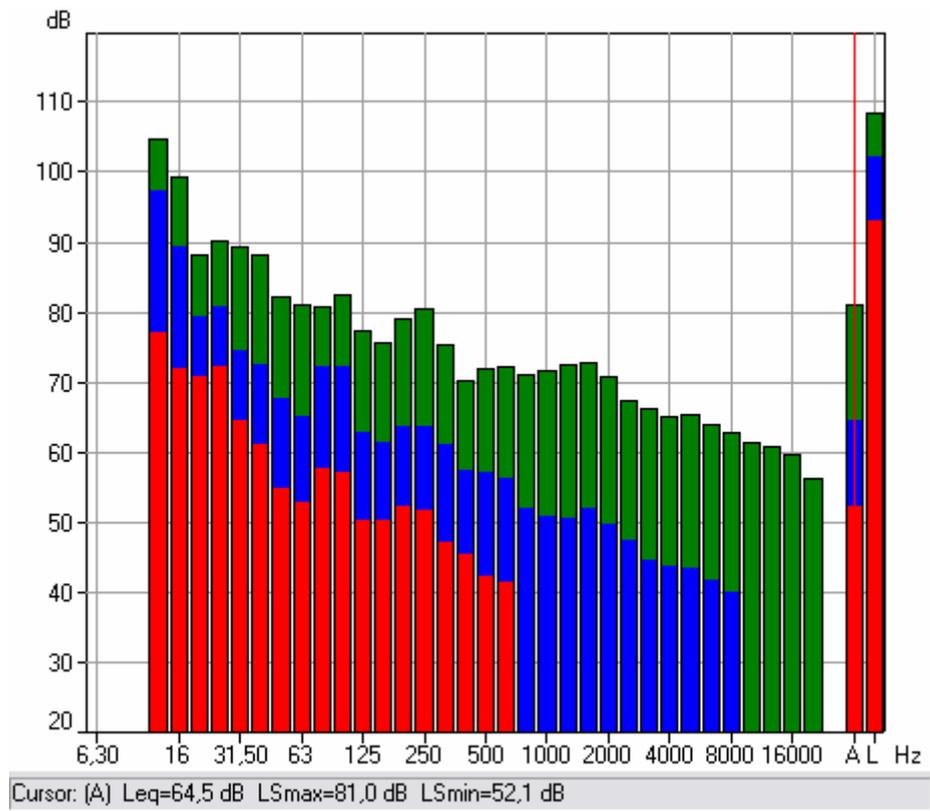


Abbildung 7: Frequenzspektrum Györ_Zug_1

Es sind wieder die tiefsten Frequenzen, welche die höchsten Schallpegel aufweisen. Mit steigender Frequenz fallen auch diese abermals ab. Die für unser Gehör sehr gut wahrnehmbaren Anteile befinden sich in einem relativ niedrigen Bereich, weshalb auch das Gesamtgeräusch mit $L_{Aeq} = 64,5$ dB ziemlich leise ausfällt.

2.2.2 Messungen in Budapest

Umgebung Straßenrand

Die Messung fand auch hier wieder an einem Straßenrand einer mehrspurigen, stark befahrenen Straße statt. Der Abstand des Messgerätes zur Fahrspur war ungefähr ein Meter. Es herrschte während der Messung fast pausenloser Verkehr. Abbildung 8 enthält ein Foto der Messumgebung.



Abbildung 8: Straßenrand Budapest

Messdaten in: Budapest_Straßenrand_1
Budapest_Straßenrand_2

Sieht man sich das Spektrum in Abbildung 9 an, stellt man fest, dass die Anteile nahezu gleich groß über die mittleren und tiefen Frequenzen sind. Erst bei höheren Tönen, bei über 2000 Hz, ist ein sichtbarer Rückgang zu verzeichnen. Die Spitzenwerte sind im Bereich von 63 Hz zu finden.

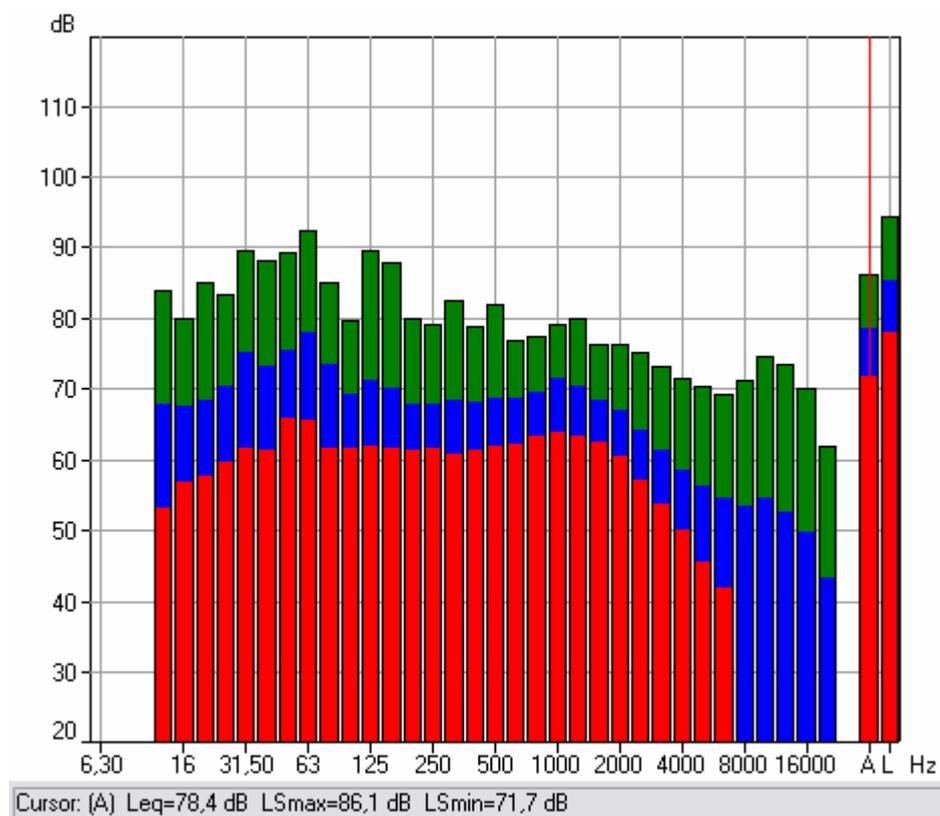


Abbildung 9: Frequenzspektrum Budapest_Straßenrand_2

Im Vergleich mit dem Frequenzspektrum der Messung am Straßenrand in Győr erkennt man, dass bei diesem Spektrum die Abstände zwischen Maxima und Minima kleiner sind. Vermutlich ist die Ursache dafür der ständige Verkehr an der gemessenen Straße. Es fahren permanent Fahrzeuge vorbei. Abgesehen davon weisen diese Spektren der unterschiedlichen Städte viele Ähnlichkeiten im Verlauf auf.

Umgebung Bus

Der Messstandort befand sich auf einem Stehplatz in der Mitte des Fahrzeugs, welches mit Menschen gefüllt war. Es handelte sich dabei um einen älteren Bus der Marke Ikarus. Es wurde über mehrere Minuten gemessen, sodass auch die Pausen an den Haltestellen mit erfasst wurden. Der Bus durchquerte dabei einige Stadtviertel der Stadt und fuhr oft auf stark befahrenen, mehrspurigen Straßen.

Messdaten in: Budapest_Bus_1
 Budapest_Bus_2

Das Spektrum dieser Messung weist wieder einen kontinuierlichen Abfall der Schallpegel für aufsteigende Frequenzen auf, wie in Abbildung 10 zu erkennen ist. Die Spitzenwerte liegen zwischen 16 und 80 Hz, wenn man davon absieht, dass Frequenzen unter 16 Hz nicht mehr vom Gehör wahrgenommen werden.

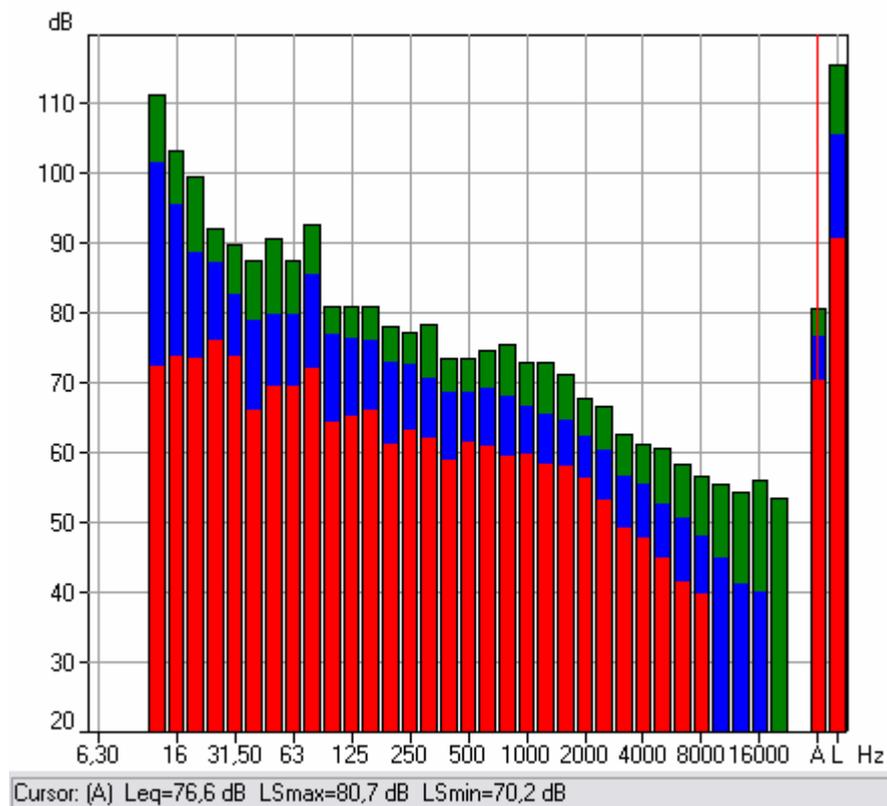


Abbildung 10: Frequenzspektrum Budapest_Bus_2

Es ist weiterhin zu sehen, dass die Maximal- und Minimalpegel ungefähr 10 dB auseinander liegen.

Umgebung Zug

Der Messstandort hierbei war in den Personenwaggons des Zugs. Diese waren mit Reihensitzen versehen und fast voll besetzt. Aufgrund der Hitze waren viele der Fenster geöffnet. Die erste Messung umfasste den Zeitraum kurz nach Verlassen des Bahnhofs, als sich der Zug noch im Stadtgebiet befand. Die zweite wurde dann bei voller Fahrt nach Verlassen dieses Gebiets durchgeführt. Als herausragende Geräuschereignisse kann man entgegenkommende Züge nennen.

Messdaten in: Budapest_Zug_1
 Budapest_Zug_2

In den Frequenzspektren, von denen eines in Abbildung 11 dargestellt ist, kann man einen stetigen Abfall der Anteile mit steigenden Frequenzen beobachten. Im Bereich von 250 bis 3000 Hz kommt es dabei zu einer Stagnation der Schallpegel, bevor sie dann wieder kontinuierlich sinken.

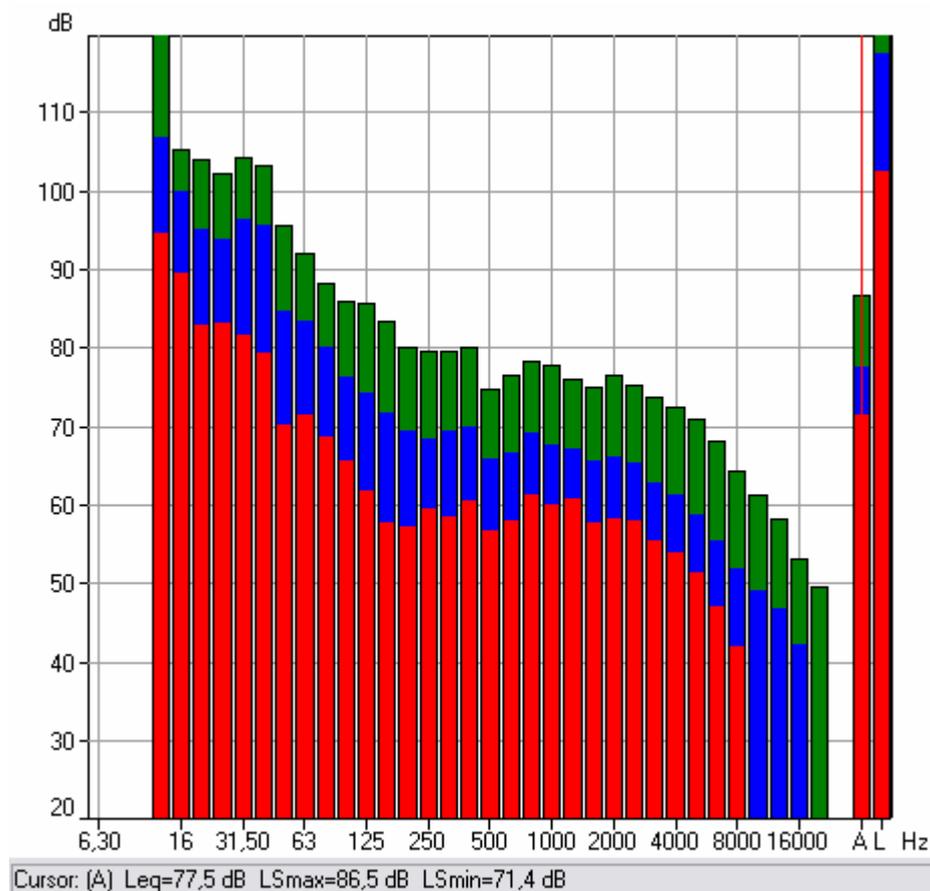


Abbildung 11: Frequenzspektrum Budapest_Zug_2

Bei Betrachtung der Spektren von Bus, Zug und Auto fällt auf, dass die Verläufe Ähnlichkeiten aufweisen. Beginnend mit hohen Spitzenwerten im tieffrequenten Bereich kommt es jeweils zu einem Abfall der spektralen Anteile mit aufsteigenden Frequenzen. Zumindest kann man bisher sagen, dass es bei den bisherigen Straßenfahrzeugen, die einer Messung unterzogen wurden, sich diese Tendenz abzeichnet.

Umgebung Straßenbahn

Die Messung wurde von einem Sitzplatz in der mit Menschen gefüllten Bahn durchgeführt. Bei dem Fahrzeug handelte es sich um eine neuere und moderne Straßenbahn. In der ersten Messung wurde über mehrere Minuten gemessen, sodass die Pausen mit erfasst wurden. Die anderen beiden Messungen beinhalten die reinen Fahrzeiten zwischen einigen Stationen.

Messdaten in: Budapest_Straßenbahn_1
Budapest_Straßenbahn_2
Budapest_Straßenbahn_3

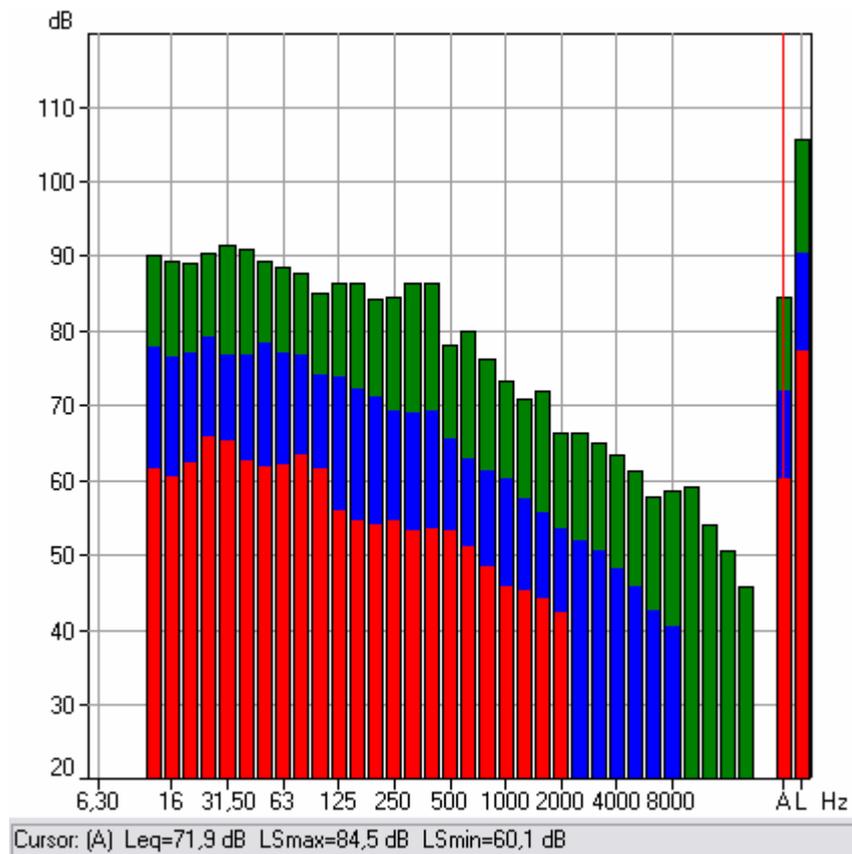


Abbildung 12: Frequenzspektrum Budapest_Straßenbahn_1

Zu beachten ist hierbei, dass die erste Messung 10 Minuten Zeit in Anspruch nahm. Das Frequenzspektrum dieser ist in Abbildung 12 zu sehen.

Man kann sehr gut die großen Abstände zwischen den Minima und Maxima sehen. Durch die Pausen an den Haltestellen sinkt die Geräuschbelastung auf ein Minimum ab. Bei voller Fahrt und bei Durchsagen in der Bahn erreichen die Schallpegel dann ihr Maximum.

Der Verlauf der Amplituden im Spektrum ist kontinuierlich sinkend. Im Gegensatz zu den restlichen Messungen in Fahrzeugen ist hier die Belastung durch sehr tiefe Töne nicht so extrem groß. Die Spektren der anderen Messungen unterscheiden sich kaum. Nur der Abstand zwischen Maxima und Minima ist deutlich geringer, weil die reine Fahrzeit gemessen wurde.

Umgebung U-Bahn

Bei den Fahrzeugen der Budapester U-Bahn handelt es sich um ältere Modelle. Gemessen wurde von den Sitzplätzen aus. Die ersten beiden Messungen enthalten die Geräusche der reinen Fahrzeit. Bei der dritten wurde über mehrere Minuten gemessen und auch die Pausen an den Haltestellen mit erfasst. Abbildung 13 enthält ein Foto der Messumgebung.



Abbildung 13: U-Bahn Budapest

Messdaten in: Budapest_U-Bahn_1
 Budapest_U-Bahn_2
 Budapest_U-Bahn_3

Weiterhin gilt zu beachten, dass die U-Bahnwagen mit reichlich Menschen gefüllt waren. Bei den Geräuschen der Langzeitmessung sind im Vergleich zu den Kurzzeitmessungen, also den reinen Fahrzeitmessungen, deutliche Unterschiede zu erkennen.

Die Schallpegel bei tiefen Frequenzen im Spektrum der längeren Messung stagnieren und sinken bei über 800 Hz kontinuierlich ab, wie es Abbildung 14 darstellt.

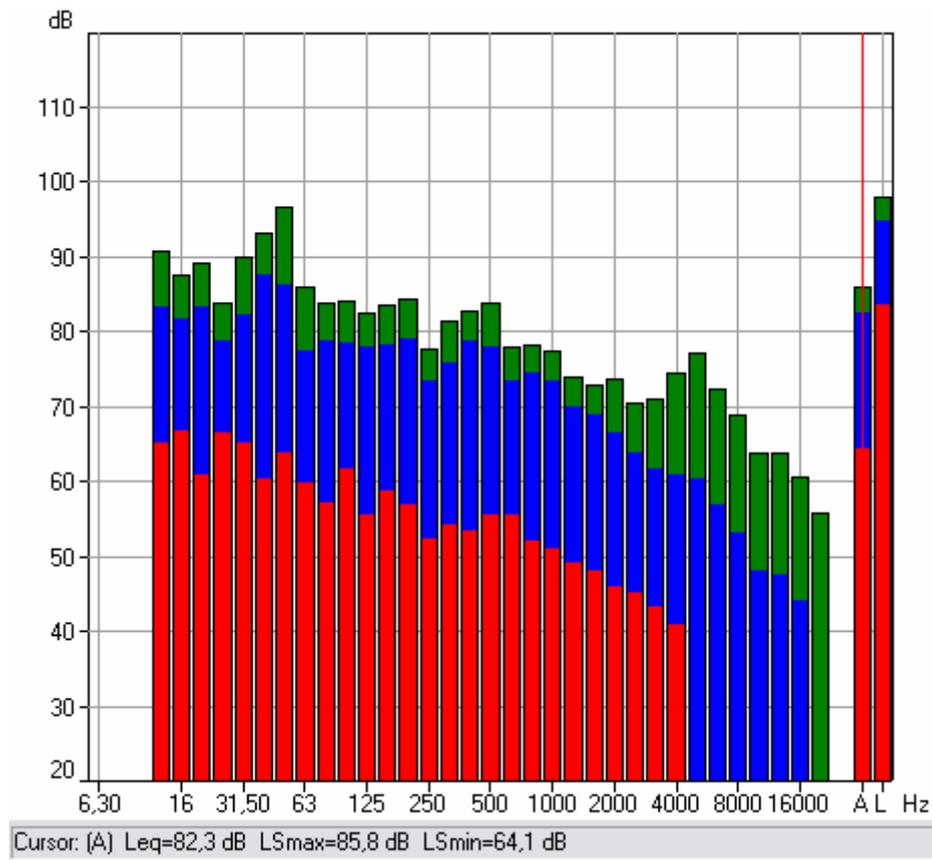


Abbildung 14: Frequenzspektrum Budapest_U-Bahn_3

Es ist zu sehen, dass die L_{eq} -Werte den Maximalwerten sehr nahe kommen und die Minimalwerte sehr weit unter diesen liegen. Die Ursache dafür können die sehr kurzen Pausen an den Haltestellen sein. Die reine Fahrzeit hatte eine größere Dauer.

Blickt man nun auf die Spektren der reinen Fahrzeiten, wie eines in Abbildung 15 zu sehen ist, erkennt man, dass zwischen 200 und 2000 Hz die Schallpegel sich durch höhere Werte von den benachbarten Frequenzen abheben. Die Ursache dafür müssen aber Unterschiede in den Gegebenheiten der Strecken oder Bahnen sein. Würde diese Besonderheit immer auftreten, müssten die L_{Smax} -Werte im Spektrum in Abbildung 14 für den genannten Frequenzbereich ebenfalls deutlich von den benachbarten abheben.

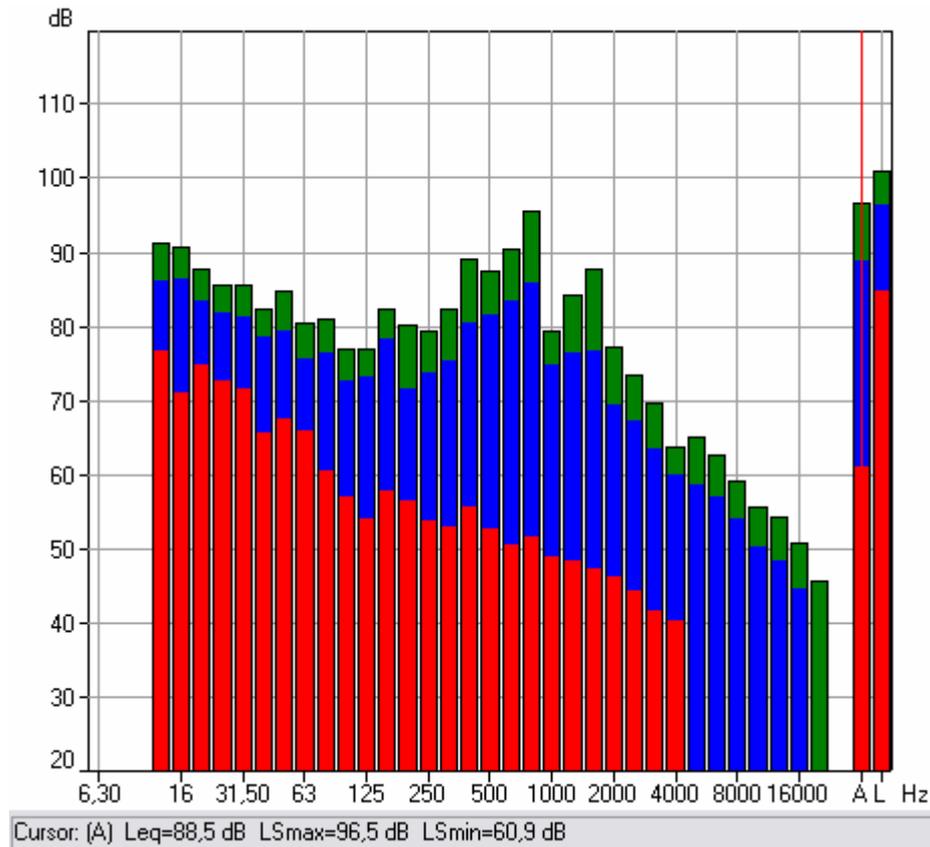


Abbildung 15: Frequenzspektrum Budapest_U-Bahn_2

Es fällt wieder auf, dass die Minimalwerte weit unter denen der L_{eq} - und Maximalwerte liegen. Der Grund hierfür könnte die geräuscharme Anfahrt von der Haltestelle sein. Bei voller Fahrt kommt es dann zum Teil zu sehr lauten Geräuschen, die sich oft als Pfeifen bemerkbar machen. Dieses Pfeifen verursacht die Schallpegelspitzen im Bereich zwischen 200 und 2000 Hz.

2.3 Mittelung der Messdaten

Anhand von Durchschnittswerten, die nach unterschiedlichen Aspekten gebildet werden, sollen Aussagen über die mittlere Lärmeinwirkung auf einen Menschen gefunden werden. Ein Blick in die Frequenzspektren soll ebenfalls vorgenommen werden.

Der Durchschnittswert aller gemessenen L_{Aeq} -Werte ist

$$L_{Aeq}^* = (76,2 + 78,4 + 74,2 + 77,5 + 69 + 76,6 + 71,9 + 71,9 + 69,9 + 82,7 + 88,5 + 82,3 + 67,3 + 73,6 + 64,5 + 74,4 + 77,2 + 81,5 + 81,9 + 73,1) \text{dB(A)} / 20$$

$$L_{Aeq}^* = \underline{\underline{75,6 \text{ dB(A)}}}$$

Für die Messwerte aus Budapest fiel die Mittelung mit

$$L_{Aeq}^*_{-B} = (76,2 + 78,4 + 74,2 + 77,5 + 69 + 76,6 + 71,9 + 71,9 + 69,9 + 82,7 + 88,5 + 82,3) \text{dB(A)} / 12$$

$$L_{Aeq}^*_{-B} = 76,6 \text{ dB(A)}$$

etwas über, und in Győr mit

$$L_{Aeq}^*_{-G} = (67,3 + 73,6 + 64,5 + 74,4 + 77,2 + 81,5 + 81,9 + 73,1) \text{dB(A)} / 8$$

$$L_{Aeq}^*_{-G} = 74,2 \text{ dB(A)}$$

etwas unter dem Gesamtdurchschnitt aus.

Die Werte befinden sich im Bereich der Lärmstufe 2 im 5 Lärmstufenmodell nach Lehmann.

Es wäre nun aber falsch, davon auszugehen, dass man zum Beispiel in Győr einem durchschnittlichem Schallpegel von 74,2 dB(A) ausgesetzt ist. Schließlich gibt es noch eine Vielzahl mehr an Geräuschquellen, die dafür ebenfalls gemessen werden müssten. Zudem sind die Einwirkdauern für jede Person unterschiedlich. Man müsste also erst herausfinden, wie lang sich eine Person im Durchschnitt in den verschiedenen Umgebungen aufhält und den Schall ertragen muss.

Bei der Erlangung dieser Ergebnisse wurde außerdem nicht berücksichtigt, dass einige Umgebungen mehrfach bemessen wurden.

Zum Vereinheitlichen der Umgebungen, kann man für die jeweils Gleichen die Durchschnittswerte berechnen. In Tabelle 4 sind die zusammengefassten Messwerte zu betrachten.

Tabelle 4: Zusammengefasste Messwerte

Umgebung im Ort Budapest	L_{Aeq} / dB
Bus	72,8
Straßenrand	77,3
Straßenbahn	71,2
U-Bahn	84,5
Zug	75,9
Umgebung im Ort Győr	L_{Aeq} / dB
Auto	77,5
Bahnhof	77,7
Straßenrand	70,5
Zug	64,5

Errechnet man nun den Mittelwert über die L_{Aeq}, erhält man

$$L_{Aeq}^*{}_m = (72,8 + 77,3 + 71,2 + 84,5 + 75,9 + 77,5 + 77,7 + 70,5 + 64,5)dB(A) / 9$$

$$L_{Aeq}^*{}_m = \underline{\underline{74,7 \text{ dB(A)}}}$$

und weicht schon etwas von der ersten Mittelwertbildung ab. Für den Ort Budapest würden damit

$$L_{Aeq}^*{}_{m_B} = (72,8 + 77,3 + 71,2 + 84,5 + 75,9)dB(A) / 5$$

$$L_{Aeq}^*{}_{m_B} = 76,3 \text{ dB(A)}$$

und für Győr

$$L_{Aeq}^*{}_{m_G} = (77,5 + 77,7 + 70,5 + 64,5)dB(A) / 4$$

$$L_{Aeq}^*{}_{m_G} = 72,6 \text{ dB(A)}$$

ebenfalls nur leichte Abweichungen stattfinden.

Ob man nun noch den Gesamtdurchschnitt pro Umgebung beider Städte bildet oder jede Stadt separat behandelt, ist vom Sinn und Zweck der Auswertung abhängig. Um zu einem Gesamtdurchschnitt zu erlangen, der für alle Städte gelten soll, müssten natürlich noch weitaus mehr Orte diesen Untersuchungen unterzogen werden. Somit bleibt es sinnvoll, beide Städte getrennt zu behandeln.

Nach wie vor lassen die Werte nicht auf die tägliche Lärmdosis schlussfolgern, der man ausgesetzt ist. Das Hauptproblem ist immer noch, dass die Gewichtung der verschiedenen Umgebungen in gleichen Anteilen erfolgt, was aber nicht der Realität entspricht.

Wenn man aber für fiktive Personen einen Tagesablauf kreiert, der realistisch ist, könnte man relevante Ergebnisse erhalten. Dies soll mit folgendem Beispiel demonstriert werden.

Eine Person möchte die Stadt Győr besuchen, um ein paar Einkäufe zu tätigen. Die Anreise erfolgt mit dem Auto. Nach einer halben Stunde Fahrt begibt sie sich zu Fuß an den Bahnhof, um eine befreundete Person vom Zug abzuholen, wofür sie wiederum eine halbe Stunde benötigt. Nachdem zwei Züge durchfahren, trifft endlich der Erwartete ein. Während des Einkaufs gehen die Personen an Läden der Innenstadt entlang, die sich an befahrenen Straßen befinden. Nach zwei Stunden bringt die Person ihre Bekanntschaft wieder an den Bahnhof, welche in den dritten einfahrenden Zug einsteigt. Die Person verlässt selbst auch die Stadt in ähnlicher Weise, wie zur Ankunft.

In Tabelle 5 ist zusammengefasst, welchem Lärm, wie lang oder wie oft die Person ausgesetzt war.

Tabelle 5: Zusammengefasste Messwerte für Beispiel 1

Umgebung	L_{Aeq} / dB	Dauer bzw. Anzahl
Auto	77,5	2 mal 30 min
Straßenrand	70,5	2 mal 30 min + 120 min
Bahnhof	77,7	6 mal 0,5 min

Um diese Gewichtung nun einzubeziehen, kann man wie folgt berechnen:

$$L_{Aeq}'_1 = (77,5 \text{ dB(A)} * 120 \text{ min} + 70,5 \text{ dB(A)} * 180 \text{ min} + 77,7 \text{ dB(A)} * 3 \text{ min}) / 303 \text{ min}$$

$$L_{Aeq}'_1 = \underline{\underline{73,3 \text{ dB(A)}}}$$

In diesem Fall könnte man behaupten, dass diese Person für ihre Aufenthaltszeit von ungefähr fünf Stunden im Schnitt 73,3 dB(A) an Schall ertragen musste.

Stellt man nun solch einen fiktiven Tagesablauf für ein zweites, etwas komplexeres Beispiel dar, kann man mit folgenden Umgebungen und Zeitdauern arbeiten:

- Mit Auto nach Győr; 30 min
- Vom Parkplatz zum Bahnhof; 30 min
- Im Bahnhof in den dritten Zug einsteigen
- Im Zug mit Personenabteilen nach Budapest; 1,5 h
- Nach Ankunft, warten auf Bus an Bushaltestelle; 15 min
- Busfahrt; 10 min
- Sightseeing durch die Straßen der Stadt; 2 h

- Straßenbahnfahrt; 20 min
- U-Bahn; 5 min
- Im Bahnhof in den erster Zug einsteigen
- Im Zug mit Reihensitzen; 2 h
- Vom Bahnhof zum Parkplatz; 30 min
- Fahrt aus Győr; 30 min

Kurz zusammengefasst kommt man dann bei diesem Ausflug auf die Einwirkungswerte, die in Tabelle 6 zu sehen sind.

Tabelle 6: Zusammengefasste Messwerte für Beispiel 2

Umgebung	L_{Aeq} / dB	Dauer bzw. Anzahl
Auto (Győr)	77,5	2 mal 30 min
Straßenrand (Győr)	70,5	2 mal 30 min
Bahnhof (gesamt)	77,7	4 mal 0,5 min
Zug (mit Abteilen)	64,5	90 min
Straßenrand (Budapest)	77,3	15 min + 120 min
Bus (Budapest)	72,8	10 min
U-Bahn (Budapest)	82,3	5 min
Straßenbahn (Budapest)	71,9	20 min
Zug (mit Reihensitzen)	75,9	120 min

Zu beachten ist hierbei, dass jeweils die L_{Aeq} -Werte für die Straßenbahnfahrt und die U-Bahnfahrt von den Dateien „Budapest_Straßenbahn_1“ und „Budapest_U-Bahn_3“ genommen wurden. Beide Messungen wurden über mehrere Minuten durchgeführt und beinhalten somit auch die Schallpegel der Wartezeiten an den Haltestellen.

Um den mittleren Gesamtpegel zu berechnen, dem die Person ausgesetzt war, kann man nun wieder die Gewichtung der jeweiligen Einwirkdauern einberechnen.

$$L_{Aeq,2} = (77,5 \text{ dB(A)} * 60 \text{ min} + 70,5 \text{ dB(A)} * 60 \text{ min} + 77,7 \text{ dB(A)} * 2 \text{ min} + 64,5 \text{ dB(A)} * 90 \text{ min} + 77,3 \text{ dB(A)} * 135 \text{ min} + 72,8 \text{ dB(A)} * 10 \text{ min} + 82,3 \text{ dB(A)} * 5 \text{ min} + 71,9 \text{ dB(A)} * 20 \text{ min} + 75,9 \text{ dB(A)} * 120 \text{ min}) / 502 \text{ min}$$

$$L_{Aeq,2} = \underline{\underline{73,6 \text{ dB(A)}}}$$

Für den oben beschriebenen Ablauf würde folglich dieser Wert der Realität nahe kommen.

Würde man nun noch mehr Geräuschsituationen messen, könnte man so einen Ablauf noch detaillierter darstellen.

Letztendlich sind die Endwerte beider Beispiele annähernd gleich und befinden sich auf dem ersten Blick in keinem kritischen Bereich für unser Gehör. Um diese Behauptung untermauern zu können, muss man sich das gesamte Geräuschspektrum mit Maximal- und Minimalwerten ansehen. Denn gerade bei L_{eq} - und Durchschnittswerten gehen viele Informationen über Spitzenwerte, welche die auch eine Gefahr für das Gehör darstellen können, verloren.

3 Messungen unter Motorradhelmen

3.1 Ziel und Messmethode

Motorradhelme haben in erster Linie die Funktion, den Kopf des Fahrers vor Verletzungen, Wind oder Insekten zu schützen. Doch wie gut schützt dieser auch das Gehör der Fahrer?

Der Sinn dieser Datenermittlung ist es, herauszufinden, welchem Schallpegel ein Motorradfahrer bei der Fahrt unter dem Motorradhelm ausgesetzt ist. Zudem wird auch das Frequenzspektrum betrachtet, aus dem ersichtlich ist, durch welche Töne sich das Geräusch zusammensetzt und welche eventuell durch den Helm besser oder schlechter gedämpft werden.

Bei diesem Versuch wurden zwei Motorräder, zwei Fahrer mit jeweils zwei verschiedenen Helmen getestet. Als Messgerät wurden der 2260 Observer beziehungsweise Investigator von Brüel und Kjær benutzt. Gemessen wurden der L_{eq} und das Frequenzspektrum. Die Kugelcharakteristik und die gute Qualität des Messmikrofons dieser Geräte konnte dabei optimal ausgenutzt werden.

Um den Pegel, den das Ohr schließlich während der Fahrt erreichen würde, möglichst gut ermitteln zu können, muss das Mikrofon nahe einem Ohr angebracht werden. Dazu konnte es unter dem Helmrand eingeführt werden, sodass es selbst direkt vor einem Ohr fixiert war. Mit Hilfe eines Verlängerungskabels konnte dann die Verbindung zum Messgerät hergestellt werden, welches sich selbst in einem Rucksack befand, den der Fahrer mitführte. In Abbildung 16 ist ein Foto zu sehen, welches die Methode verdeutlicht und beide Testfahrer mit ihren Motorrädern abbildet. Um nicht vom Verkehr abgelenkt zu werden, stellte man Timer ein, die dafür sorgten, dass das Gerät zu fest eingestellten Zeiten hochfuhr und eine Messung für eine definierte Dauer durchführte und speicherte und im Anschluss wieder herunterfuhr. Dem Fahrer mussten diese Zeiten bekannt sein und er musste über eine mit dem Gerät abgegliche Uhr verfügen. Die dadurch gewonnenen Daten konnten dann mit dem Programm Noise Explorer 7815 ausgelesen und bearbeitet werden.

Wie bereits erwähnt, ergab es sich, diese Messungen mit zwei verschiedenen Motorrädern inklusive deren Fahrer durchzuführen. Es wurde mit Motorrad 1 in Győr (Ungarn) und mit Motorrad 2 in Leipzig gemessen.



Abbildung 16: Foto der Helmmessung auf Motorrad 1 (links) und Motorrad 2 (rechts)

Um die äußeren Bedingungen ungefähr anzugleichen, sollte jeweils bei gutem Wetter und bei gleichen Fahrelementen getestet werden. Diese sind:

- **Stadtverkehr**, Stop and Go, Tempo 0 bis 50 km/h
- **Ortsdurchfahrt**, konstantes Tempo von 50 km/h
- **Landstraße/Bundesstraße**, Tempo 90 bis 100 km/h
- **Autobahn**, Tempo 120 bis 130 km/h

Aufgrund von starkem Verkehr auf den Straßen muss aber davon ausgegangen werden, dass die Bedingungen nicht immer optimal eingehalten werden konnten.

Weiterhin wurden noch die Standgeräusche der Maschinen gemessen, einmal direkt und einmal unter dem Helm des Fahrers.

Das Motorengeräusch ist während der Fahrt nicht die einzige Lärmquelle. Bei höheren Geschwindigkeiten sorgt auch das Zischen des Gegenwindes am Helm für einen erhöhten Pegel. Hinzu kommen noch die Umgebungsgeräusche von anderen Fahrzeugen, Baustellen und weiteren Lärmquellen.

3.2 Messergebnisse mit Motorrad 1

Bei Motorrad 1 handelt es sich um eine handelsübliche Straßenmaschine der Marke Kawasaki im Originalzustand. Der Antrieb kommt durch einen Viertaktmotor mit 600 ccm Hubraum. Die Messorte waren in der Umgebung der ungarischen Stadt Győr. Die Streckenelemente fanden sich in der Innenstadt, auf den umliegenden Landstraßen und der nahe gelegenen Autobahn.

3.2.1 Ergebnisse und Analysen zum MTR-Helm

Der erste getestete Helm ist von der Marke MTR. Es handelt sich dabei um ein preiswertes Modell eines Integralhelmes. Abbildung 17 beinhaltet das Foto eines MTR-Helms.



Abbildung 17: MTR-Helm

Die Messprotokolle aller durchgeführten Messungen mit Motorrad 1 sind in Anlage 2 untergebracht. Tabelle 7 zeigt eine kurze Übersicht der gewonnenen L_{eq} -Werte.

Tabelle 7: Messwerte Motorrad 1, MTR-Helm

Streckenelement	L_{Aeq} / dB	Unkritische Zeit
Standgeräusch bei Standgas	67,6	
Standgeräusch bei Standgas unter dem Helm	68,2	
Stadtverkehr	80,8	
Ortsdurchfahrt	85,4	8 h
Landstraße	101	12 min
Autobahn	102,5	7,5 min

Zusätzlich wurden in Tabelle 7 die unkritischen Zeiten aufgeführt. Damit sind die Einwirkzeiten gemeint, welche das Gehör verträgt, ohne dass erste Anomalien der Hörleistung auftreten. Der Zusammenhang der Schallpegel zu den Einwirkzeiten konnte aus Tabelle 1 ermittelt werden.

In Abbildung 18 wird der Zuwachs des gemessenen Schallpegels mit einer Grafik veranschaulicht.

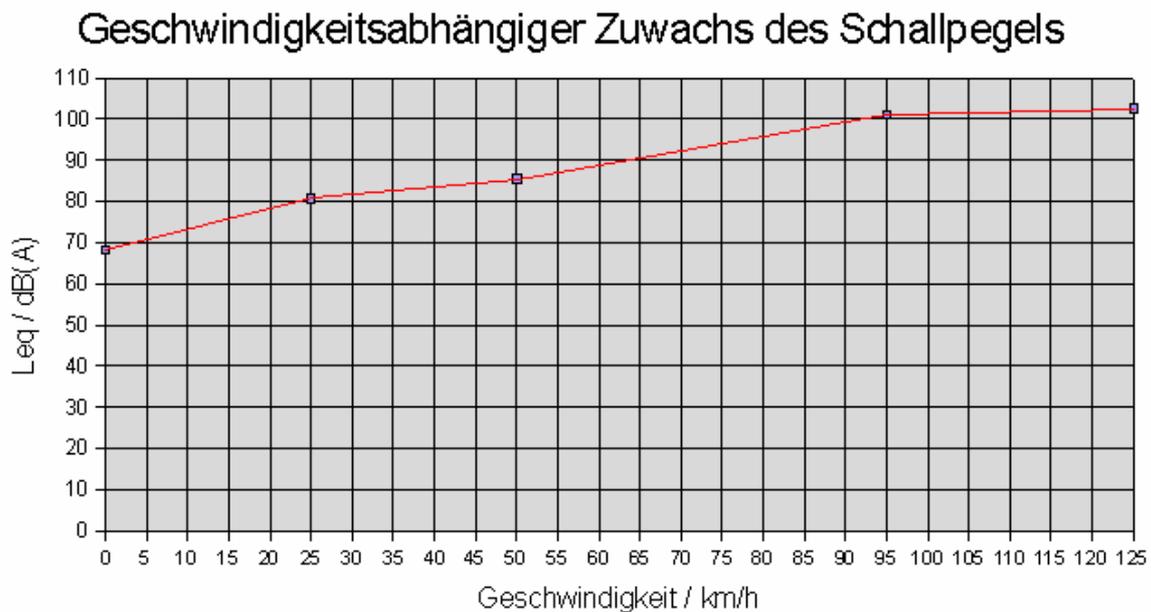


Abbildung 18: Schallpegel-Geschwindigkeits-Diagramm, MTR-Helm

Anhand der Messdaten kann man sagen, dass man durch diesen Helm bei höheren Geschwindigkeiten eine TTS [9] oder schwerwiegende Hörschäden erleiden kann. Bei der Landstraßenfahrt mit 90 bis 100 km/h muss man damit nach 12 Minuten Fahrzeit rechnen, bei einer Autobahnfahrt spätestens nach 10 Minuten. Bereits bei einem Tempo von 50 km/h erreicht man den kritischen Wert von 85 dB(A).

Bei Landstraßenfahrten ist es mitunter der Fall, dass man hinter anderen, langsameren Fahrzeugen hinterherfahren muss oder bei einer Ortsdurchfahrt herunterbremst. Somit würde in der Realität mehr Zeit sein, bis es für das Ohr kritisch wird.

Auf der Autobahn ist man aber meist viel länger als nur 10 Minuten unterwegs. Auf Strecken ohne Tempolimit neigt man oft dazu, auch schneller zu fahren. Dabei ist davon auszugehen, dass sich der Schallpegel am Ohr weiterhin erhöht und damit die Zeit, bis eine TTS eintritt, abnimmt.

Der höhere Schallpegel bei der Standgasmessung mit Helm im Gegensatz zur reinen Standgasmessung kommt daher, dass die Positionen des Mikrofons nicht dieselben waren. Die

erste Messung erfolgte auf Höhe des Motors bei einem Meter Entfernung, während die Messung mit Helm, natürlich beim Sitzen auf der Maschine, unternommen wurde. Durch die unmittelbare Nähe zum Motorrad kann der Schallpegel schon etwas höher sein. Dieser Umstand sollte bei allen Tabellen, in denen die Messwerte der Helmmessungen aufgeführt sind, beachtet werden. Zum direkten Vergleich der jeweiligen Schallpegel eines Helms sind die Standgeräuschkennwerte also nicht geeignet. Jedoch zum Vergleich mit anderen Motorrädern oder Helmen kann diese schon verwenden.

Folglich würden auch die Pegelwerte der einzelnen gemessenen Frequenzbänder etwas abweichen, wenn man bei der Standmessung ohne Helm direkt am Ohr der auf dem Motorrad sitzenden Person misst. Dennoch kann man anhand der zur Verfügung stehenden Werte einen qualitativen Vergleich der Frequenzspektren durchführen, ohne auf die Werte genauer einzugehen.

Beim Betrachten der Spektren kann man feststellen, dass bei den tieferen Frequenzen bis ungefähr 1000 Hz die hohen Schalldruckpegel auftreten. Bei den meisten Messungen lässt sich aber eine Abnahme der Pegel bei steigenden Frequenzen beobachten. In Abbildung 19 kann man die Spektren der verschiedenen Standgasmessungen ersehen.

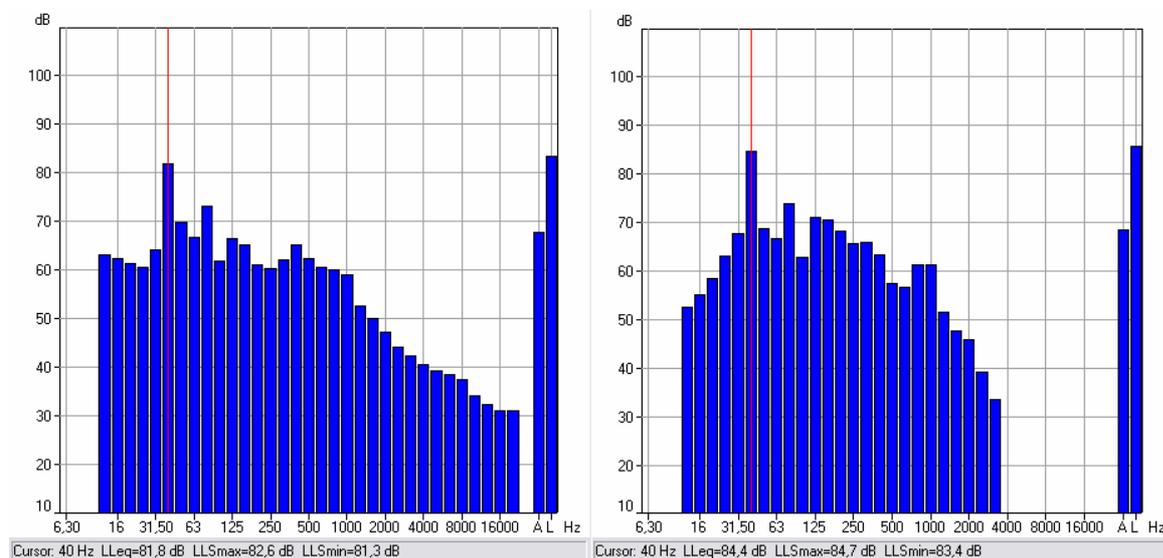


Abbildung 19: Frequenzspektrum ohne(links) und mit(rechts) MTR-Integralhelm

Es ist zu erkennen, dass bei der Messung mit Helm für Frequenzen ab ungefähr 4000 Hz kein Schalldruckpegel mehr messbar ist. Das heißt, dass die Dämpfung des Helms besonders bei hohen Tönen eintritt.

Es ist darauf zu achten, dass die dargestellten Spektren keiner Frequenzbewertung unterzogen wurden. Zu sehen sind also die L_{Leq} -Werte für die Mittenfrequenzen der einzelnen Terzbänder. Nach einer Frequenzbewertung mit der „A“-Bewertungskurve würden sich die Anteile der tiefen Frequenzen ab 250 Hz zum Teil erheblich verringern.

Ganz deutlich ist in Abbildung 19 auch zu sehen, dass bei 50 Hz jeweils die Pegel um ungefähr 10 dB über denen der anderen Frequenzen liegen. Solche Abstände zu den restlichen Werten sind bei keiner weiteren Messung mit diesem Helm festzustellen. Die Ursache dafür ist wie folgt erklärbar. Wenn man annimmt, dass es sich dabei um die Motordrehzahl bei Standgas handeln könnte, müsste diese bei ungefähr $50 \text{ 1/s} * (60 \text{ s} / 1 \text{ min}) = 3000 \text{ 1/min}$, also 3000 Umdrehungen pro Minute liegen, was eher ungewöhnlich ist. Da es sich aber um einen Vierzylindermotor handelt, dessen Kolben sich phasenversetzt bewegen und aufgrund ihrer Trägheit den Motorblock zum Mitschwingen verleiten, wodurch die Schwingung in die Luft übertragen wird, würde somit eine Drehzahl von 750 1/min jedes Zylinders realistisch sein.

3.2.2 Ergebnisse und Analysen zum Schubert-Helm

Für die nächste Messreihe wurde ein Helm der Marke Schubert und des Typs Concept 2 benutzt. Dabei handelt es sich um einen Integralhelm, der aufgrund seines relativ hohen Anschaffungspreises auf bessere Qualitäten vermuten lässt. In Abbildung 20 ist ein Foto eines Motorradhelms der Marke Schubert zu sehen.



Abbildung 20: Schubert-Helm

Die Messprotokolle aller durchgeführten Messungen mit Motorrad 1 sind in Anlage 2 hinterlegt. In Tabelle 8 wird ein Überblick zu den L_{eq} -Werten und den unkritischen Einwirkzeiten gegeben.

Tabelle 8: Messwerte Motorrad 1, Schubert-Helm

Streckenelement	L_{Aeq} / dB	Unkritische Zeit
Standgeräusch bei Standgas	67,6	
Standgeräusch bei Standgas unter dem Helm	66,8	
Stadtverkehr	76,6	
Ortsdurchfahrt	78,9	
Landstraße	93,2	1 h 16 min
Autobahn	94,1	1 h

In Abbildung 21 kann man den Verlauf der gemessenen Schallpegel zur Geschwindigkeit betrachten.

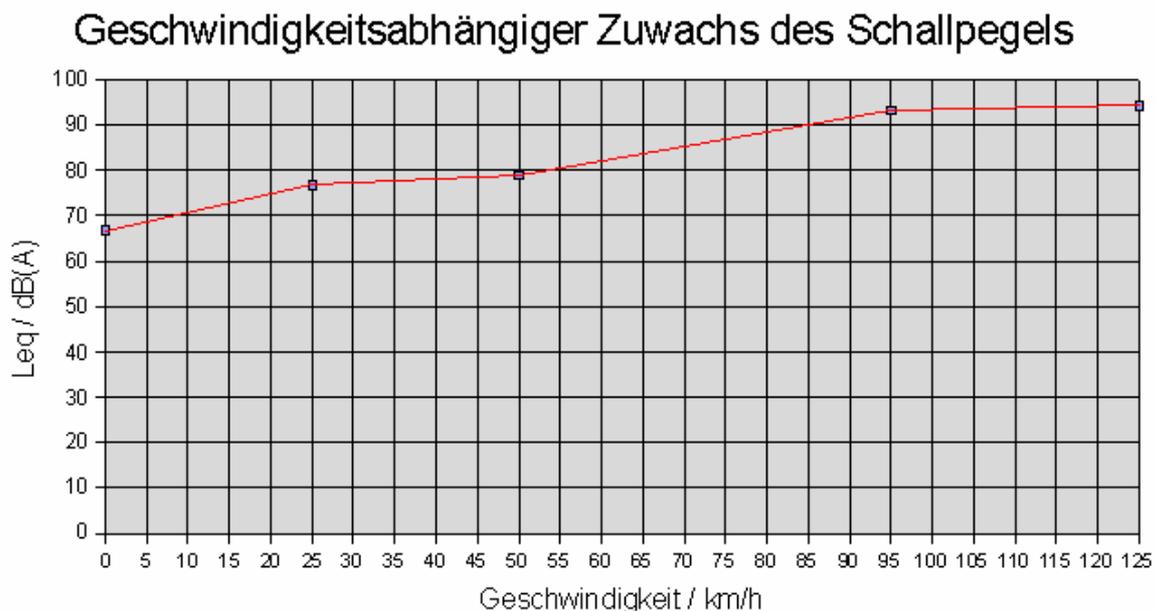


Abbildung 21: Schallpegel-Geschwindigkeits-Diagramm, Schubert-Helm

Es ist zu erkennen, dass die messbaren Werte selbst für hohe Geschwindigkeiten in einem noch annehmbaren Bereich liegen. Der kritische Wert von 85 dB(A) bei der Landstraßen- und Autobahnfahrt wird nur geringfügig überschritten. Autobahnfahrten für diesen Fall sind bis zu einer Stunde ohne Bedenken möglich. Landstraßenfahrten sogar eine Stunde und 16 Minuten. Für die Standgeräuschmessungen gilt auch hierbei zu beachten, dass die Standorte für die Messungen mit und ohne Helm verschieden waren.

Bei der Betrachtung der Frequenzspektren ist festzustellen, dass wiederum die Schalldruckpegel mit steigender Frequenz abnehmen. Die Spektren der

Standgeräuschmessungen mit und ohne Helm, wie sie in Abbildung 22 zu erkennen sind, lassen erkennen, dass bei Frequenzen oberhalb von 2000 Hz keine Schalldruckpegel mehr messbar sind.

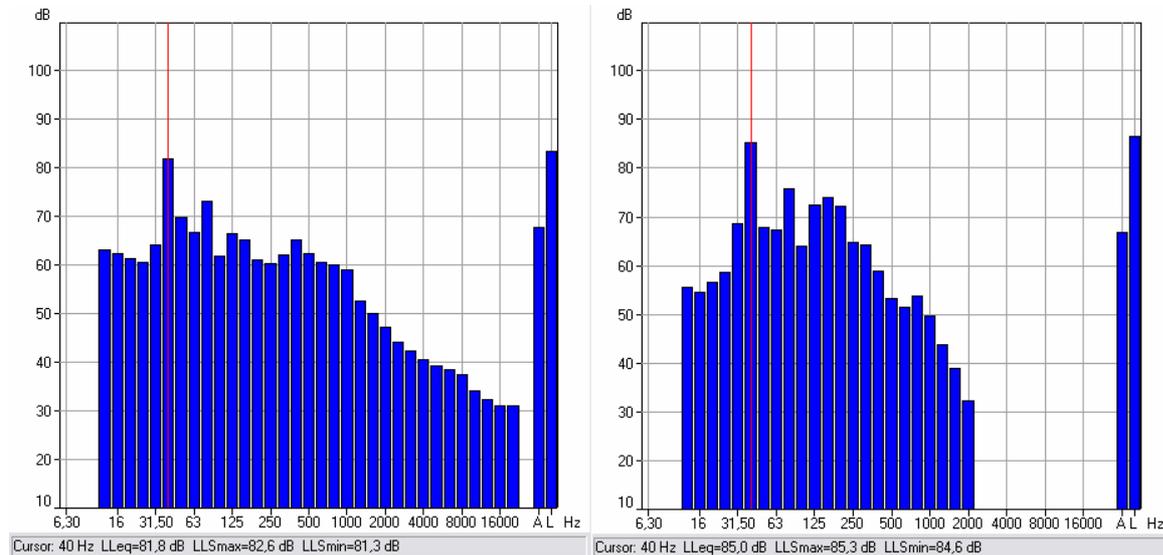


Abbildung 22: Frequenzspektrum ohne(links) und mit(rechts) Schuberth-Integralhelm

Es ist außerdem zu sehen, dass wieder ein hoher Pegelwert für die Frequenz von 50 Hz auftritt.

Unterzieht man das Spektrum wieder einer Frequenzbewertung nach der „A“-Kurve, änderte sich das Bild vor allem für die tieferen Frequenzen erheblich.

3.2.3 Vergleich der Helme

Aus den Frequenzspektren lässt sich bei beiden Helmen gut erkennen, dass für fast alle Messungen die Schllpegel bei steigenden Frequenzen sinken. Auch die Vergleiche der Standgeräuschmessungen ergeben ein ähnliches Bild. Beide Helme weisen ein tiefpassähnliches Verhalten auf.

Bei näherer Betrachtung der Standgeräuschmessung lassen sich bei den Spektren und den Schllpegeln Unterschiede feststellen. Während der MTR-Helm alle Töne ab 4000 Hz fast vollständig dämpft, sind beim Schuberth-Helm bereits ab 2500 Hz fast keine Schalldruckpegel mehr zu messen. Zudem ist ein um 1,4 dB niedrigerer L_{Aeq} -Wert für diesen

zu erkennen. Man kann demnach mit Recht behaupten, dass der Schuberth-Helm in diesem Fall etwas besser die Geräusche dämpft.

Wesentlich deutlicher werden die Unterschiede, wenn man Fahrt aufnimmt. Beim Stadtverkehr ist der gemessene Pegel für den Schuberth-Helm um 4,4 dB niedriger, für die Ortsdurchfahrt sogar 6,9 dB. Außerdem tritt dessen Filterwirkung stärker auf. Im Bereich von 3000 bis 4000 Hz sind kaum mehr Schalldruckpegel zu messen. Mit dem MTR-Helm treten noch welche bis zu 5000 oder gar 8000 Hz auf.

Wesentlich deutlicher sind die Unterschiede bei hohen Geschwindigkeiten zu erkennen. Mit Werten von 7,9 dB(A) weniger Schallpegel für die Landstraße und 8,4 dB(A) für die Autobahn macht der Schuberth-Helm die Schonwirkung für das menschliche Gehör klar deutlich. Ein Mensch selbst würde den Lärm fast nur noch als halb so laut empfinden im Vergleich zum MTR-Helm.

In Bezug auf die durchgeführten Messungen kann man sagen, dass der Schuberth-Helm die auftretenden Geräusche durchschnittlich um

$$(1,4 + 4,4 + 6,9 + 7,9 + 8,4)\text{dB(A)} / 5 = 29 \text{ dB(A)} / 5 = \underline{\underline{5,8 \text{ dB(A)}}}$$

mehr dämpft als der Schuberth-Helm, wenn man die Standgeräuschemessung mit in Betracht zieht. Will man den Unterschied der reinen Fahrtgeräusche betrachten, muss diese aus der Rechnung herausgenommen werden. Für diesen Fall ist die durchschnittliche Dämpfung mit

$$(4,4 + 6,9 + 7,9 + 8,4)\text{dB(A)} / 4 = 27,6 \text{ dB(A)} / 4 = \underline{\underline{6,9 \text{ dB(A)}}}$$

sogar noch größer.

Teilt man die gefahrenen Elemente zwei Geschwindigkeitsklassen zu, bei denen Stadtverkehr und Ortsdurchfahrt zu der langsamen Klasse gehören und die Landstraßen- und Autobahnfahrt zur schnellen Klasse zählen, lassen sich noch deutlichere Differenzen erkennen. Während bei langsamen Geschwindigkeiten mit

$$(4,4 + 6,9)\text{dB(A)} / 2 = \underline{\underline{5,65 \text{ dB(A)}}}$$

Dämpfung in Bezug zum MTR-Helm vorliegen, ist bei höherem Tempo mit

$$(7,9 + 8,4)\text{dB(A)} / 2 = \underline{\underline{8,15 \text{ dB(A)}}}$$

die Differenz sehr deutlich.

In Abbildung 23 ist schließlich der Verlauf der Dämpfungswerte des Schuberth-Helms in Bezug zum MTR-Helm zu sehen.

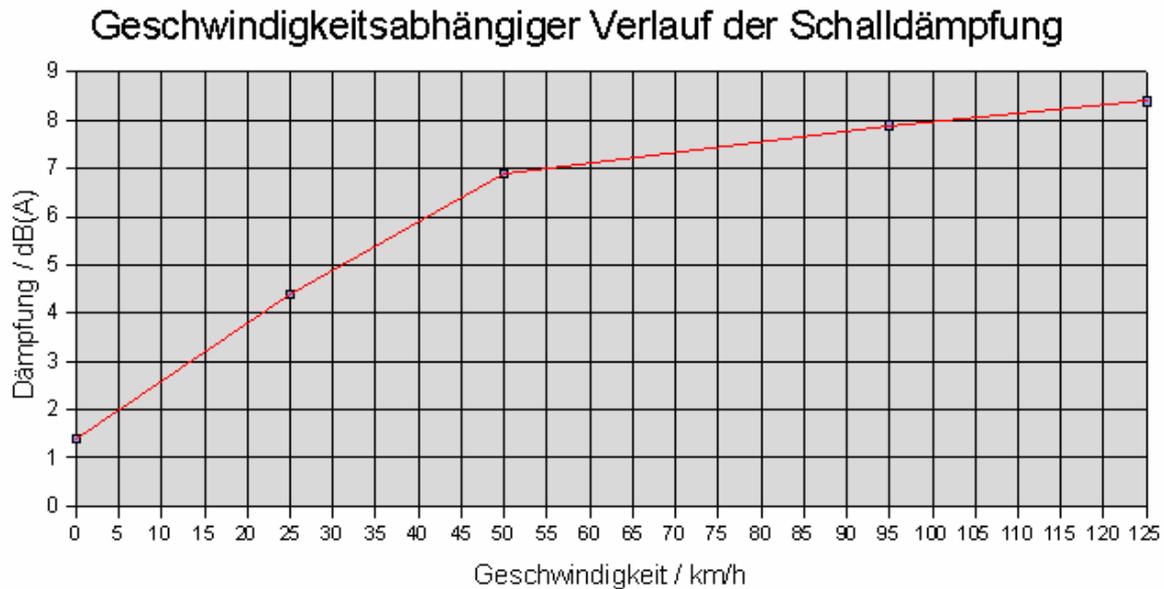


Abbildung 23: Dämpfungs-Geschwindigkeits-Diagramm, Schubert- zu MTR-Helm

Wie man erkennen kann, ist der Unterschied der Schallpegel unter den Helmen für kleine Geschwindigkeiten noch sehr gering, wächst dann aber rasch an. Bis in die hohen Geschwindigkeiten ist die Dämpfung des Schubert-Helms zum MTR-Helm anwachsend. Zwar wird dieses Dämpfungswachstum dabei immer geringer, aber die Werte erreichen schließlich einen deutlichen Unterschied, welcher letztendlich auch hörbar ist.

Abschließend kann man sagen, dass der Schubert-Helm für das Gehör mehr schützt, als der MTR-Helm, wenn man längere Touren fahren will. Für lange Fahrten mit über einer Stunde Dauer bei hohen Geschwindigkeiten sind dennoch Ohrstöpsel zu empfehlen.

3.3 Messergebnisse mit Motorrad 2

Bei Motorrad 2 handelt es sich um eine handelsübliche Enduro der Marke KTM und des Typ LC-4. Das heißt dieses Fahrzeug ist für Fahrten auf der Straße sowie im Gelände ausgestattet. Der Antrieb kommt durch einen Viertaktmotor mit 640 ccm Hubraum.

Die Messorte waren in der Umgebung der Stadt Leipzig. Die Streckenelemente fanden sich in der Innenstadt, auf den umliegenden Bundesstraßen und der nahe gelegenen Autobahn.

3.3.1 Ergebnisse und Analysen zum Shark-Crosshelm

Als Motorradhelm wurde hierbei ein für Crossstrecken geeigneter Helm der Marke Shark und des Typs MX220 benutzt. Der Unterschied zu üblichen Integralhelmen ist, dass dieser einige Änderungen im Design hat. Der Bereich vor dem Kinn verläuft etwas spitzer und er besitzt kein Visier. Die Augen werden nur durch eine spezielle, eng anliegende Brille geschützt. Abbildung 24 zeigt ein Foto eines Shark-Crosshelms.



Abbildung 24: Shark-Crosshelm

Die Messprotokolle aller durchgeführten Messungen mit Motorrad 2 sind in Anlage 2 untergebracht. Tabelle 9 zeigt eine kurze Übersicht der gewonnenen L_{Aeq} -Werte.

Tabelle 9: Messwerte Motorrad 2, Shark-Crosshelm

Streckenelement	L_{Aeq} / dB	Unkritische Zeit
Standgeräusch bei Standgas	86,4	6 h 21 min
Standgeräusch bei Standgas unter dem Helm	86,1	6 h 21 min
Stadtverkehr	93	1 h 16 min
Ortsdurchfahrt	96,6	30 min
Bundesstraße	103,2	7,5 min
Autobahn	105,7	3,75 min

In Abbildung 25 kann man den Verlauf der gemessenen Schallpegel zur Geschwindigkeit betrachten.

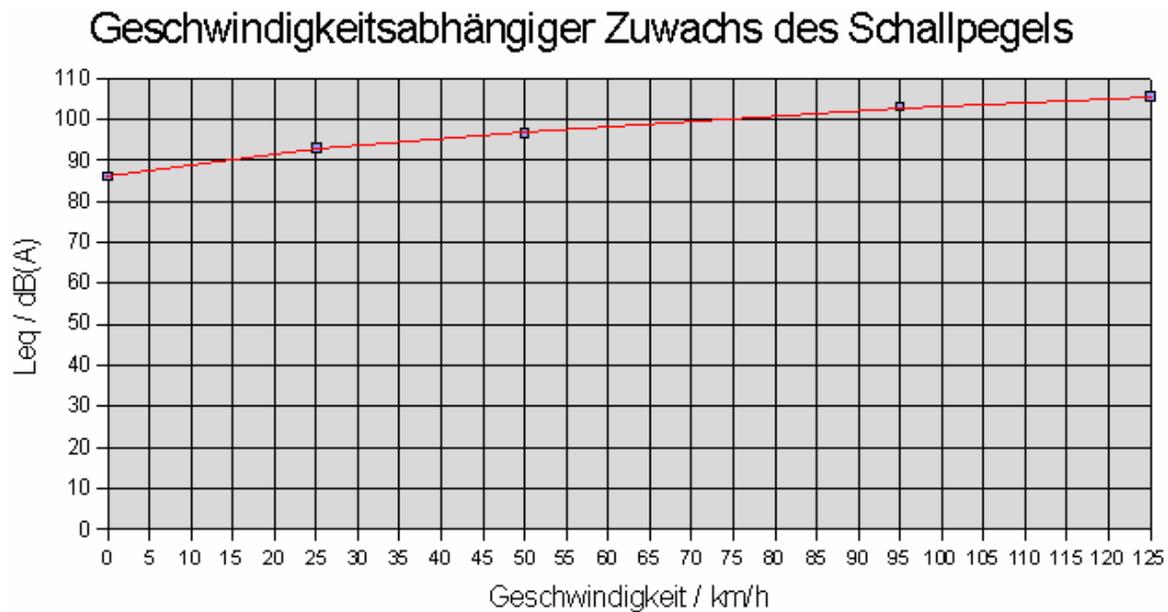


Abbildung 25: Schallpegel-Geschwindigkeits-Diagramm, Shark-Crosshelm

Bereits die Standgeräuschmessung bei Standgas ergab sehr hohe Messwerte. Es war zu erwarten, dass die restlichen Messergebnisse ziemlich überhöht sein werden. Urteilt man nach den Werten aus Tabelle 9, befindet sich der Schallpegel bereits im kritischen Bereich für das menschliche Gehör, wenn man noch nicht einmal fährt. Das heißt, beim Warten an Ampeln oder in Staus, kann es kaum geschont werden.

Im Stadtverkehr sollte man hierbei nicht länger als eine Stunde und 16 Minuten zubringen, bei Tempo 50 sind es sogar nur 30 Minuten.

Bei den höheren Geschwindigkeiten sind diese Zeiten noch erheblich geringer. Bei der Fahrt auf der Bundesstraße würde nach 7,5 Minuten, auf der Autobahn sogar schon nach 3,75 Minuten eine Hörschwellenverschiebung des Gehörs einsetzen.

Betrachtet man sich die Frequenzspektren, stellt man fest, dass im Bereich bis ungefähr 315 Hz die Pegel je nach gefahrenem Element stark schwanken. Über diesem Bereich hinaus setzt ein kontinuierlicher Abfall der Pegelwerte bei steigenden Frequenzen ein. Für die Streckenelemente bis 50 km/h Geschwindigkeit ist zu beobachten, dass sich die meisten Maxima im Bereich von 25 bis 800 Hz befinden. Steigt die Geschwindigkeit auf 100 bis 130 km/h an, werden diese Anteile von noch tieferen Frequenzen überholt.

Bei der Betrachtung der Spektren der Standmessungen, wie sie in Abbildung 26 zu sehen sind, fällt auf, dass die Maschine im höheren Frequenzbereich von 1000 bis 8000 Hz noch recht hohe Werte ergibt. Schließlich sind Töne im Bereich von 1000 bis 3000 Hz für den

Menschen besonders gut hörbar. Zu beachten ist, dass der Messbereich im Spektrum erst bei 40 dB beginnt.

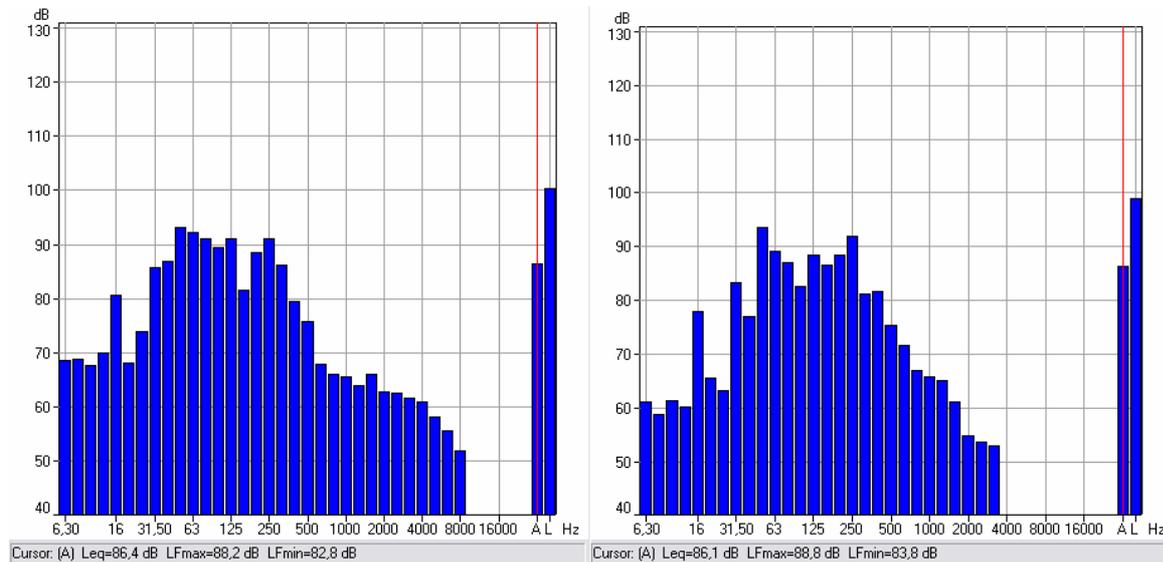


Abbildung 26: Frequenzspektrum ohne(links) und mit(rechts) Shark-Crosshelm

Es ist zudem zu erkennen, dass wieder hauptsächlich höhere Frequenzen abgedämpft werden. Für über 3150 Hz sinken diese in einen Pegelbereich unter 40 dB ab.

Bei den tiefen Frequenzen ist für beide Spektren bei 16 Hz ein deutlich höherer Wert gemessen worden im Vergleich zu den benachbarten Bändern. Die Ursache dafür ist wohl die Vibration des Motors und der gesamten Maschine. Denn es handelt sich um eine Einzylindermaschine, deren Standgas dem Motor eine Drehzahl von ungefähr 1000 1/min beschert, was 16 1/s entspricht. Durch die hohe Masse des einen Kolbens, wird der gesamte Motor zum Mitschwingen angeregt. Diese Schwingungen gehen dann in die Luft als Schall über.

Festzustellen ist, dass diese Maschine zu laut ist. Die Belästigung durch die hohen Schallpegel betreffen nicht nur den Fahrer, sondern auch die Menschen am Straßenrand und andere Verkehrsteilnehmer. Maßnahmen zum Gehörschutz sollten hier auf jeden Fall unternommen werden. Es wäre wohl am besten für alle den Auspuff der Maschine mit einer größeren Schalldämpfung zu versehen. Denn beim Hören der Maschinengeräusche war klar festzustellen, dass die lauten Geräusche zum größten Teil vom Auspuff stammten.

3.3.2 Ergebnisse und Analysen zum Shark-Integralhelm

Für diese Messungen benutzte man einen Helm der Marke Shark und des Typs RSV. Es handelt sich hierbei um einen handelsüblichen Integralhelm einer höheren Preisklasse. In Abbildung 27 ist ein Foto eines Shark-Integralhelms zu sehen.



Abbildung 27: Shark-Integralhelm

Die Messprotokolle der durchgeführten Messungen mit Motorrad 2 sind in Anlage 2 einzusehen. Ein Überblick über die gemessenen L_{eq} -Werten findet sich in Tabelle 10.

Tabelle 10: Messwerte Motorrad 2, Shark-Integralhelm

Streckenelement	L_{Aeq} / dB	Unkritische Zeit
Standgeräusch bei Standgas	86,4	6 h 21 min
Standgeräusch bei Standgas unter dem Helm	84,1	
Stadtverkehr	89,1	3 h 11 min
Ortsdurchfahrt	89,4	3 h 11 min
Bundesstraße	99,9	15 min
Autobahn	104,9	5 min

Den Verlauf der gemessenen Schallpegel zur gefahrenen Geschwindigkeit, kann man aus Abbildung 28 ersehen.

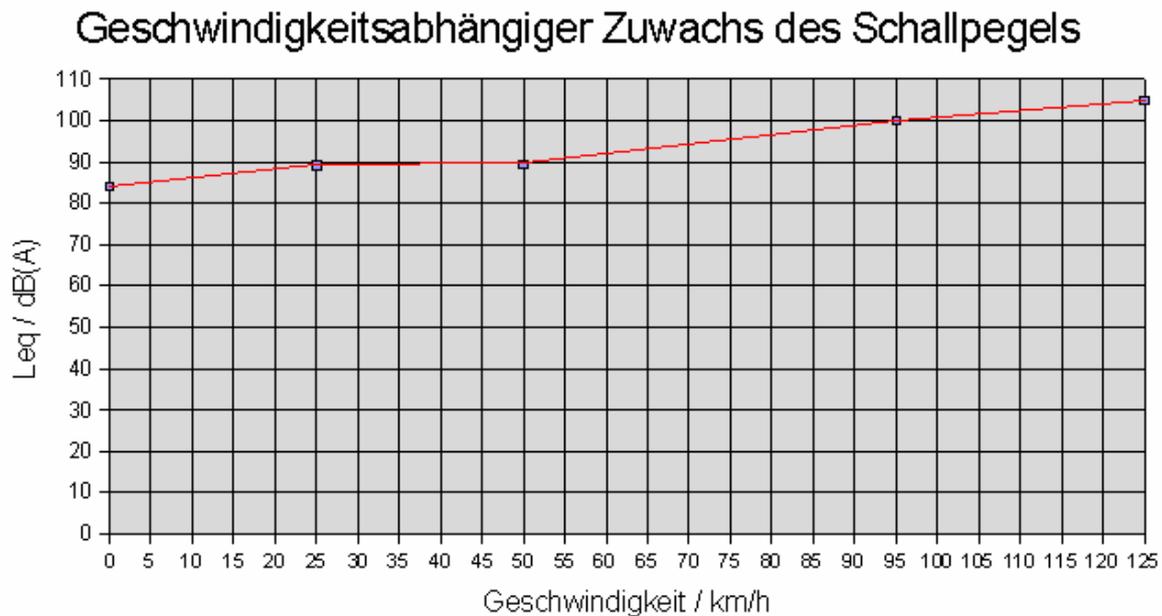


Abbildung 28: Schallpegel-Geschwindigkeits-Diagramm, Shark-Integralhelm

Beim Betrachten der Messwerte stellt man fest, dass auch diese wieder ziemlich hoch ausgefallen sind. Zumindest das Standgeräusch, welches man unter dem Helm wahrnimmt, weist noch keine kritischen Werte auf. Im Ort- und Stadtverkehr kann man den Daten aus Tabelle 10 zufolge drei Stunden und 11 Minuten lang fahren, ohne mit einer Beeinflussung der Gehörleistung im Nachhinein rechnen zu müssen.

Auf der Bundesstraße wäre nach 15 Minuten, auf der Autobahn schon nach 5 Minuten die Schonzeit für unser Gehör abgelaufen. Diese Werte prophezeien ein gefährliches Fahrvergnügen.

Beim Blick in die gemessenen Frequenzspektren für die Elemente Ortsdurchfahrt und Stadtverkehr kann man erkennen, dass sich die Pegel in den 50 Hz –Bereich wesentlich von den anderen abheben. Es wird vermutet, dass diese Erscheinung erneut durch die Motorendrehzahl hervorgerufen wurde, die umgerechnet mit 3000 1/min in einem realistischen Bereich liegt. Des weiteren ist zu beobachten, dass Frequenzen über 2000 bzw. 3150 Hz höchstens noch bei einem Schalldruckpegel unter 40 dB festzustellen sind. Die Pegel schwanken in einem Bereich bis zu 315 Hz relativ hoch. Ab dann fallen sie kontinuierlich ab, bei steigender Frequenz.

Bei der Messung auf der Bundesstraße sanken die gemessenen Pegel für Frequenzen über 4000 Hz und auf der Autobahnfahrt für über 5000 Hz bis unter 40 dB ab.

Die Spektren für die Messungen im Stand sind in Abbildung 29 ersichtlich.

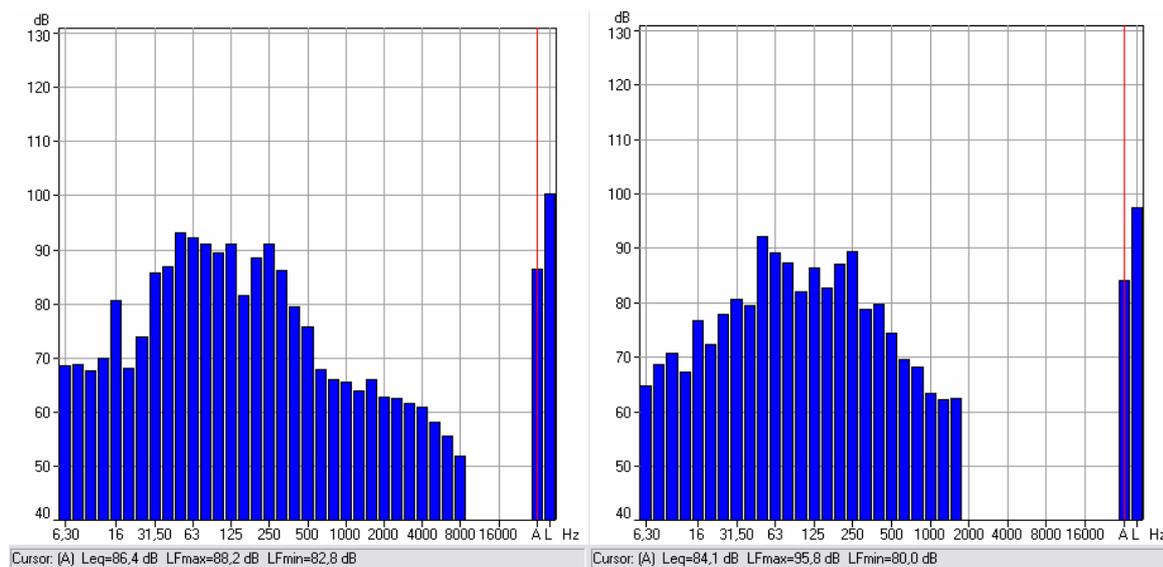


Abbildung 29: Frequenzspektrum ohne(links) und mit(rechts) Shark-Integralhelm

Es ist zu sehen, dass mit dem Helm die Frequenzen über 1600 Hz bis unter 40 dB gedämpft werden. Weitere, größere Unterschiede lassen sich nicht feststellen. Es ist auch wieder zu beachten, dass die Lage des Messmikrofons bei beiden Messungen verschieden war.

Auch bei dieser Messung ist zu sagen, dass die gemessenen Schallpegel an dem Ohr viel zu hohe Werte aufweisen und bei Fahrten von mehreren Stunden zu einer TTS oder schwerwiegenderen Schäden des Gehörs führen können.

3.3.3 Vergleich der Helme

Eine Gemeinsamkeit, welche die Helme aufweisen, ist der Verlauf des Spektrums. Die Pegelwerte für die einzelnen Frequenzen bis 315 Hz stagnieren um einen Bereich, während die darüber liegenden kontinuierlich abfallen. Auch hierbei kann man wieder sagen, die Motorradhelme weisen in Betracht der Frequenzspektren ein tiefpassähnliches Verhalten auf.

Schaut man auf die Spektren der Standgeräuschmessungen, erkennt man bereits markante Unterschiede. Es ist festzustellen, dass der Shark-Helm die Anteile der höheren Frequenzen stärker herausfiltert und letztendlich der gesamte L_{eq} -Wert um 2 dB niedriger ausfällt. Weiterhin kann man erkennen, dass sich beim Crosshelm die Frequenzen im Bereich von 16,

31 und 50 Hz relativ stark von den Umliegenden abheben, während diese beim Shark-Helm kaum aus dem Gesamtverlauf auffallen.

Bei den geringen Geschwindigkeiten fällt der Shark-Helm wiederum durch seine besseren Dämpfungswerte vor allem im Bereich der höheren Frequenzen auf. Insgesamt erreicht er dabei für den Stadtverkehr mit 3,9 dB(A) und für die Ortsdurchfahrt mit 7,2 dB(A) bessere Werte.

Für die höheren Geschwindigkeiten weisen die Spektrenverläufe der verschiedenen Helme ähnliche Unterschiede auf. Nur die Gesamtdämpfung ist mit 3,3 dB für die Bundesstraßenfahrt deutlich zurückgegangen. Bei der Autobahnstrecke kann man sogar sagen, dass mit einem um 0,8 dB kleineren Wert ein gleicher Level herrscht. Vor allem durch das starke Anwachsen der tiefen Frequenzen in den Spektren bei hohen Geschwindigkeiten verursacht diese geringen Dämpfungswerte. Denn bei beiden Helmen hat sich herausgestellt, dass sie hohe Frequenzen stärker dämpfen als tiefere.

Im Durchschnitt dämpft der Shark-Helm den gesamten Schallpegel um

$$(2 + 3,9 + 7,2 + 3,3 + 0,8)\text{dB(A)} / 5 = 17,2 \text{ dB(A)} / 5 = \underline{\underline{3,44 \text{ dB(A)}}}$$

besser als der Crosshelm.

Zieht man nur die reinen Fahrgeräuschmessungen in Betracht, erhält man mit

$$(3,9 + 7,2 + 3,3 + 0,8)\text{dB(A)} / 4 = 15,2 \text{ dB(A)} / 4 = \underline{\underline{3,8 \text{ dB(A)}}}$$

einen ähnlich hohen Wert.

Teilt man nun wieder die gefahrenen Elemente in zwei Geschwindigkeitsklassen ein, so ergibt sich für die langsamen Elemente mit

$$(3,9 + 7,2)\text{dB(A)} / 2 = 11,1 \text{ dB(A)} / 2 = \underline{\underline{5,55 \text{ dB(A)}}}$$

ein höherer Wert als für die schnelleren Elemente mit

$$(3,3 + 0,8)\text{dB(A)} / 2 = 4,1 \text{ dB(A)} / 2 = \underline{\underline{2,05 \text{ dB(A)}}}$$

Der Verlauf der Dämpfungswerte wird im Diagramm in Abbildung 30 dargestellt.

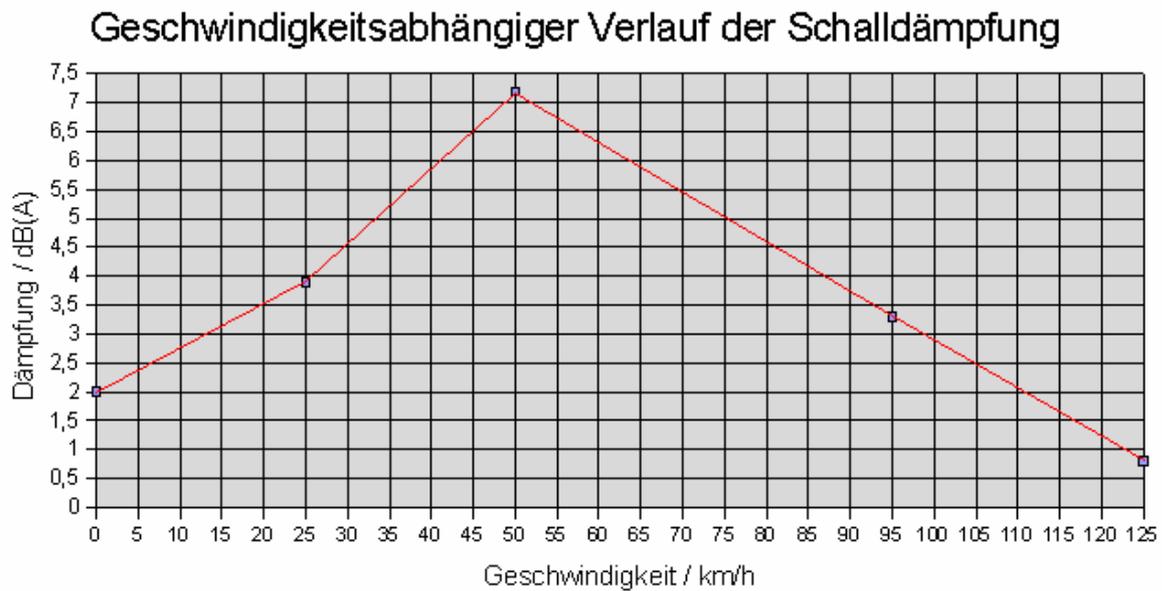


Abbildung 30: Dämpfungs-Geschwindigkeits-Diagramm, Shark-Helm zu Crosshelm

Für Fahrten mit Motorrad 2 sind nur Strecken zu empfehlen, auf denen man nicht schneller als 50 bis 70 km/h fährt. Dazu sollte der Shark-Helm benutzt werden. Schnelle und lange Fahrten stellen hierbei unabhängig vom benutzten Helm eine massive Gefährdung des Gehörs dar.

3.4 Bemerkungen zur Messmethode

Aufgrund der guten Qualität und der Kugelcharakteristik, die das verwendete Mikrofon besitzt, sollten die gemessenen Werte sehr realitätsnah sein. Dennoch ist unbekannt, wie sehr der stabähnliche Verstärker und die Verlängerung, ohne die es nicht funktionieren würde, die Messergebnisse beeinflusst. Im Rahmen weiterer Messungen auf diesem Gebiet wäre es aber nützlich, statt dem Mikrofon des Investigators ein Stethoskopmikrofon zu benutzen. Dies liegt noch näher am Gehörgang und hat abgesehen von den dünnen Verbindungsbügeln keine störenden Teile.

Schließlich lässt sich aus den gewonnenen Werten erkennen, dass die messbaren Schallpegel am Ohr wesentlich durch das Motorengeräusch und der Qualität des Helms beeinflusst werden.

4 Kopfhörmessungen

4.1 Messungen an Probanden

4.1.1 Themendarstellung und Ziel des Versuchs

Seit einigen Jahren sind durch den technischen Fortschritt und weltweite Märkte viele verschiedene, neuartige, kostengünstige und transportable Geräte erschienen, die unter anderem die Wiedergabe von Musik ermöglichen. Viele Menschen, meist Jugendliche, sind im Besitz eines dieser Geräte. Es ist zwar noch umstritten, wie gefährlich der individuelle Musikkonsum mit diesen Geräten ist [3], aber es muss wohl davon ausgegangen werden, dass festgestellte Gehörschäden bei Jugendlichen auch mit darauf zurückzuführen sind. Die Schädlichkeit des lauten Hörens von Musik für das menschliche Gehör ist oftmals bekannt, jedoch wissen weniger, dass auch die Einwirkdauer im Zusammenhang mit dem Schallpegel Auswirkungen auf das Gehör haben können.

Um sich ein Bild von den Ausmaßen des Musikkonsums machen zu können, kann man Untersuchungen durchführen, um mit deren Ergebnissen aussagekräftige Schlussfolgerungen zu ziehen. Die Frage, die dieser Test beantworten soll, ist, welchem Schalldruckpegel sich Menschen freiwillig aussetzen, wenn sie Musik zum Beispiel über einen MP3-Player mittels Kopfhörer wahrnehmen. Im Anschluss lassen sich durch die Aussagen mehrerer Probanden Statistiken erstellen und relevante Durchschnittswerte errechnen.

Das Ziel der Messungen soll es also sein, die Schalldruckpegel zu ermitteln, denen sich die Versuchspersonen freiwillig aussetzen, um Musik zu hören. Dabei werden die Lautstärken, die der MP3-Player anhand von Zahlen skaliert, notiert. Diese werden dann anschließend in einem Akustiklabor mittels eines geeigneten Messsystems ausgemessen. Mit diesen Werten kann man Schlussfolgerungen ziehen, ob die Person, abhängig von der Hördauer, sich zu hohen Schalldruckpegeln aussetzt und somit das eigene Gehör gefährdet.

4.1.2 Technische Angaben und Musiktitel

Zur Durchführung eines praxisnahen Tests stand handelsübliche Technik zur Verfügung.

Als Wiedergabegerät dient ein MP3-Player der Marke mpman und des Typs TK1. Es verfügt über die Fähigkeit, Filme, Bilder und Musik zu speichern und wiederzugeben. Musiktitel lassen sich im MP3-, als auch im WAV-Format, abspielen.

Die Kopfhörer sind von der Marke Technics und des Typs Stereo Headphones RP-F800.

Bei der Wiedergabe von Musik müssen vor allem gleiche Bedingungen für die Probanden herrschen. Das Abspielen derselben Titel unter Benutzung derselben Technik ist daher unumgänglich, wie auch das Durchführen in ähnlicher Umgebung mit nahezu gleichem Hintergrundschllpegel.

Die Auswahl an Musiktiteln erwies sich als schwieriger. Schließlich sollten sie einerseits ein breites Spektrum der verschiedenen Stile abdecken, andererseits nicht zu viel Zeit bei der Durchführung in Anspruch nehmen. Die Anzahl an Titeln wurde auf drei Stück zu je 20 Sekunden Dauer beschränkt. Sie bekamen die Namen „Klassik“, „Metal“ und „Pop“ und sollten auch die gleichnamigen Musikgenres bedienen. Es wurde auch beachtet, dass innerhalb der Titel keine Übergänge von lauten zu leisen oder leisen zu lauten Teilen erfolgte. Schließlich soll der Proband einem relativ konstantem Geräuschpegel ausgesetzt sein, um dann seine Einstellung zu treffen.

Um eine ausreichend gute Abspielqualität zu erlangen, liegen die Musikstücke im Microsoft Wave Sound Format vor und sollten auch in diesem wiedergegeben werden. Bei Tests stellte sich jedoch heraus, dass die Wiedergabe in diesem Format mit Störgeräuschen behaftet ist, die für die Durchführung der Messung inakzeptabel sind.

Die Lösung des Problems sollte die Konvertierung der Musikstücke in MPEG Layer 3 Audio Files mit einer Bitrate von 128 kbit/s sein. Beim Vergleich der Formate konnte man den Unterschied deutlich hören. Mit dem Qualitätsverlust, vor allem durch die Reduzierung hoher Töne, war das Ergebnis nicht zufrieden stellend.

Die endgültige Lösung des Problems konnte durch eine Konvertierung in das MPEG Layer 3 Format mit einer Bitrate von 320 kbit/s erreicht werden. Der Vergleich zeigte, dass kaum ein Verlust an Qualität zu hören war und die Titel problemlos mit dem Gerät wiedergegeben werden konnten. Die beschriebenen Musiktitel sind in allen genannten Formaten auf der beigefügten CD vorhanden. Es kann also jeder aus Interesse diesen Vergleich der Formate nachträglich durchführen und sich von der Qualität überzeugen.

Im Anschluss an die Messungen der Musiktitel werden den Probanden ein Sinuston mit einer Frequenz von 1 kHz und ein Weißes Rauschen vorgespielt. Der Sinn dessen wird in der Auswertung verdeutlicht. Auch diese Töne konnten ohne große Qualitätseinbußen in das MP3-Format mit 320 kbit/s konvertiert werden.

4.1.3 Die Aufgabe der Probanden

Die Probanden für diesen Messversuch wurden zufällig und mit deren Einverständnis ausgesucht. Die Anonymität derer soll dabei auch gewährleistet sein. Deshalb werden als einzige Angaben das Geschlecht (m oder w), das Alter (in Jahren), die Tatsache, wie oft diese Person Musik über einen MP3-Player, Discman oder Walkman hört, Aussagen über Musikgeschmack und zusätzliche Bemerkungen zu den jeweiligen Titeln, die eventuell relevant sind, notiert. Weitere Angaben sind für diese Messungen auch nicht nötig. Die Häufigkeit, mit der eine Person Musik über Kopfhörer wahrnimmt, wird in Klassen eingeteilt, deren Zuordnung in Tabelle 11 zu erkennen ist.

Tabelle 11: Einteilung der Benutzungsdauer in Klassen

Dauer	1 Stunde pro Monat oder weniger	1 Stunde pro Woche	3 bis 5 Stunden pro Woche	1 Stunde pro Tag	2 Stunden täglich oder mehr
Klasse	1	2	3	4	5

Der Proband wird während der Messung diese Kopfhörer tragen und sich nacheinander Musik (Klassik, Pop, Metal) und Töne (Sinus 1kHz, Weißes Rauschen) anhören. Dabei wird er durch Handzeichen mitteilen, ob der Titel lauter oder leiser abgespielt werden soll. Schließlich soll er die Einstellung finden, mit der er den Titel „genussvoll“ anhören würde. Der Proband soll die Musik als angenehm empfinden. Er sollte dabei nicht seine volle Konzentration an das Hören der Titel verlieren und weiterhin fähig sein, mit anderen Menschen zu reden, sie zu verstehen oder gar einer Nebenbeschäftigung nachgehen können. Diese Messung wird in lärmarmer Umgebung durchgeführt. Mit den Angaben zu deren Musikgeschmack und zusätzlichen Bemerkungen ist es möglich, bei der Auswertung auch die Ergebnisse einer subjektiven Betrachtung zu unterziehen.

4.1.4 Relevanz des subjektiven Eindrucks

Die Messungen mit den Probanden beruhen ausschließlich auf subjektiven Eindrücken. Jeder Mensch empfindet die Musik abhängig von Geschmack und Gemütszustand verschieden angenehm. Selbst wenn jemand Musik gern überdurchschnittlich laut hört, muss das noch nicht auf ein schlechteres Gehör deuten, sowie Menschen, die gern leise hören, nicht unbedingt ein unversehrtes besitzen.

Um also herauszufinden, wie gut ein Proband denn wirklich hört, können Hörschwellenmessungen durchgeführt werden. Auf diese wird in Kapitel 5 näher eingegangen.

Bei den Angaben über Musikgeschmack und Lieblingstitel lassen sich eventuell Trends oder Einflüsse beziffern. Sofern festzustellen ist, dass die abgespielten Lieblingstitel aufgrund ihrer Nähe zum bevorzugten Musikgenre von den Probanden lauter gehört werden wollen, als die restlichen Titel, kann man diese Beeinflussung eventuell vom Messergebnis reduzieren. Falls dieser Trend bei mehreren Messungen zu verzeichnen ist, kann mit Abzug der durchschnittlichen Abweichung das Ergebnis korrigiert werden.

Ebenfalls vom subjektiven Empfinden ist es abhängig, wie lästig man geräuschvolle und reine Töne empfindet. Beide können bereits bei Schallpegeln, die nicht gefährlich für das Ohr sind, eine lärmende Wirkung verursachen. Zur Realisierung werden den Probanden hierfür zum einen der Sinuston mit einer Frequenz von 1 kHz, der als reiner Ton im sehr gut hörbaren Frequenzbereich liegt, zum anderen das Weiße Rauschen, ein breitbandiges Signal, das sich aus allen hörbaren Frequenzen mit gleichem Schalldruckpegel zusammen setzt, vorgespielt.

4.1.5 Darstellung der Messergebnisse

An den Messungen nahmen über 50 Personen teil. Es stellte sich heraus, dass aufgrund widriger Umstände nicht alle Messwerte nutzbar waren. In Tabelle 12 sind 50 Personen mit den von ihnen bestimmten Werten aufgeführt. Der Hintergrundschallpegel lag meist bei ungefähr 50 dB(A). Eine ausführliche Auswertung der Ergebnisse erfolgt in Kapitel 6.

Die Angaben in Klammern, nach den Personennummern, sind dabei wie folgt zu verstehen:

Person X (Geschlecht, Alter, Häufigkeit des Hörens)

Tabelle 12: Messwertetabelle der Kopfhörmessungen

Probanden	Musikstück Klassik	Musikstück Metal	Musikstück Pop	Sinuston 1 kHz	Weißes Rauschen
Person 1 (m, 22, 3)	20	22	19	18	15
Person 2 (m, 26, 3)	26	28	27	14	16
Person 3 (m, 24, 4)	23	25	19	12	9
Person 4 (w, 21, 3)	20	21	21	15	12
Person 5 (m, 23, 3)	24	31	25	14	12
Person 6 (m, 23, 2)	27	28	24	16	16
Person 7 (m, 22, 1)	31	31	31	12	12
Person 8 (m, 23, 3)	31	31	31	23	20
Person 9 (m, 24, 1)	29	31	25	20	20
Person 10 (m, 22, 3)	20	24	20	16	12
Person 11 (w, 20, 4)	31	31	31	10	10
Person 12 (m, 19, 1)	21	21	24	18	18
Person 13 (m, 20, 5)	25	30	26	18	18
Person 14 (m, 25, 2)	26	26	21	13	13
Person 15 (w, 19, 3)	20	26	24	16	16
Person 16 (m, 20, 4)	23	18	20	15	5
Person 17 (m, 21, 4)	25	31	28	16	16
Person 18 (w, 22, 1)	24	24	24	17	14
Person 19 (w, 23, 1)	18	17	15	9	3
Person 20 (w, 22, 1)	24	24	23	15	15
Person 21 (w, 21, 1)	27	26	23	14	5
Person 22 (w, 21, 1)	15	15	12	2	1
Person 23 (m, 22, 3)	20	23	19	17	12
Person 24 (m, 24, 2)	22	22	19	4	4
Person 25 (m, 24, 4)	22	26	21	17	16
Person 26 (m, 23, 1)	22	25	21	21	23
Person 27 (m, 23, 2)	24	28	25	16	18
Person 28 (m, 26, 4)	18	21	17	0	1
Person 29 (m, 23, 4)	15	28	22	10	10
Person 30 (m, 24, 4)	21	23	20	14	10
Person 31 (w, 39, 1)	24	26	27	0	2
Person 32 (w, 37, 1)	22	25	25	12	4
Person 33 (w, 44, 1)	22	27	23	0	2
Person 34 (m, 26, 3)	28	31	31	15	18
Person 35 (m, 20, 3)	20	23	19	14	7
Person 36 (m, 22, 1)	25	31	19	1	1
Person 37 (w, 19, 5)	23	23	30	12	8
Person 38 (m, 53, 1)	19	22	17	5	2
Person 39 (w, 50, 1)	21	23	21	5	5
Person 40 (m, 21, 3)	16	14	10	0	1
Person 41 (m, 23, 3)	22	25	22	22	22
Person 42 (m, 24, 2)	21	21	17	8	1

Person 43 (m, 28, 2)	23	27	22	15	15
Person 44 (m, 23, 3)	22	27	24	15	15
Person 45 (m, 22, 1)	21	24	24	17	11
Person 46 (m, 23, 2)	22	22	15	14	11
Person 47 (m, 21, 3)	20	26	22	15	6
Person 48 (m, 27, 3)	26	29	25	20	21
Person 49 (m, 30, 3)	26	31	26	17	19
Person 50 (w, 20, 3)	22	28	25	2	2

4.2 Ausmessen der Schallpegel

4.2.1 Bedeutung für die Ergebnisse

Die ermittelten Werte der Kopfhörmessungen sind bisher nur als Lautstärkestufen des MP3-Players bekannt. Sie sind relativ nichtssagend und lassen auf keine Schalldruckpegel schlussfolgern. Da diese aber nötig sind, um aussagen zu können, ob die Musiktitel oder Geräusche in einem für das Gehör schädlichen Bereich liegen, muss der durchschnittliche Schalldruckpegel für jeden Titel in jeder relevanten Lautstärkestufe ausgemessen werden. Zudem lässt sich mit Schalldruckpegeln in Dezibel besser arbeiten, wenn man Vergleiche zu anderen Geräuschquellen ziehen will oder für weitere Berechnungen nutzen möchte.

4.2.2 Aufbau der Versuchsanordnung

Zur genauen Ausmessung der Schalldruckpegel wurde ein Kunstkopf mit dazugehörigem Messsystem benutzt.

Ein Kunstkopf ist ein aus Kunststoff hergestellter Torso mit Kopf. Die Ohren bestehen meist aus Weichgummi und sind vom Aussehen her den menschlichen Ohren nachgestellt. Im Ohr, auf Höhe des Trommelfells, befinden sich die Messmikrofone. Durch die Nachbildung des Gehörgangs kann so eine realitätsnahe Messung erfolgen, da gehörspezifische Effekte mit einbezogen werden.

Das Schema der Versuchsanordnung wird in Abbildung 31 dargestellt.

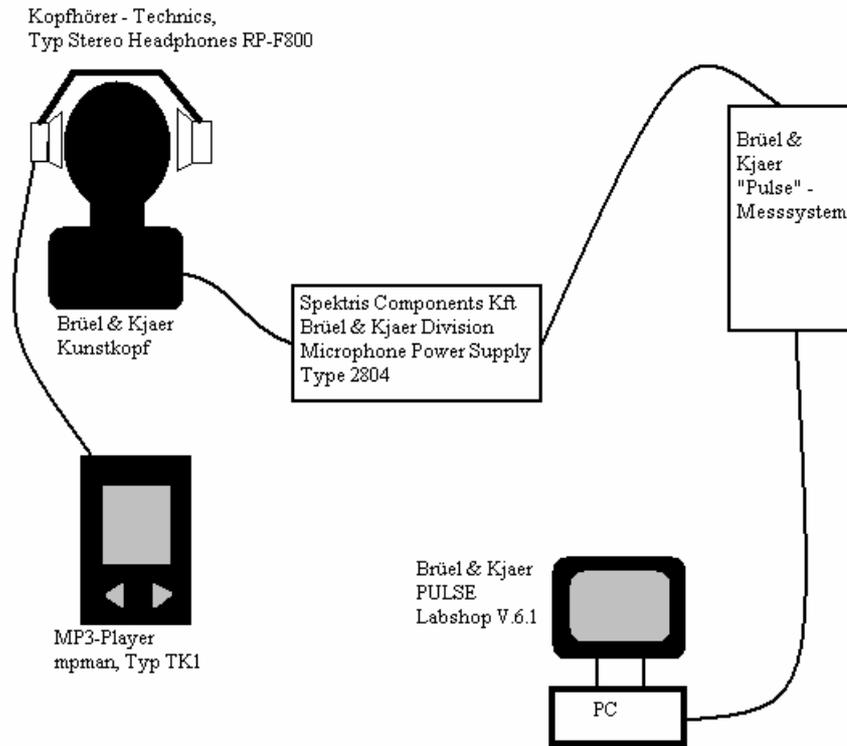


Abbildung 31: Versuchsanordnung zur Kopfhörmessung

Diese Messanordnung stand in einem Akustiklabor in Budapest für die Arbeit zur Verfügung. Dies zeigt Abbildung 32 in einem Foto vom Versuchsplatz.

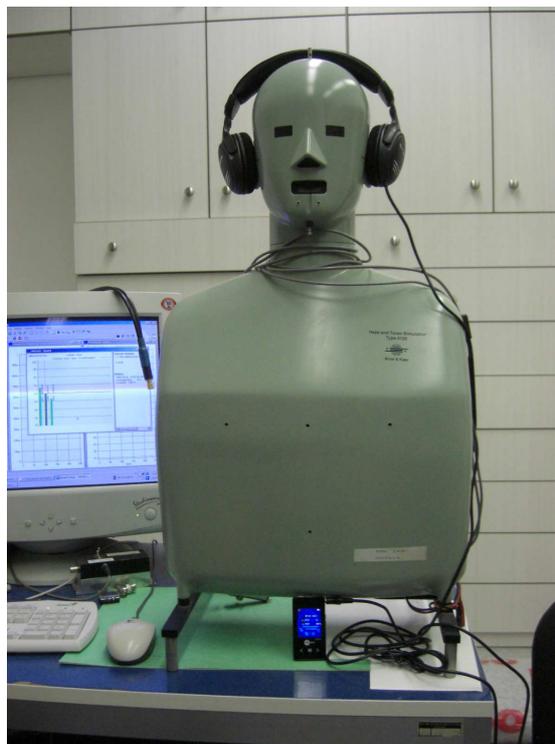


Abbildung 32: Foto der Versuchsanordnung zur Kopfhörmessung

Die Software Labshop V.6.1 bietet eine Vielzahl von messbaren Schallpegeln und weitere Verarbeitungsmöglichkeiten. Da die Musikstücke sich aus mehreren Frequenzen und schwankenden Schalldruckpegeln zusammensetzen, wurde der L_{Aeq} als repräsentativer Pegelwert ermittelt.

4.2.3 Die Schallpegel der Musiktitel

Nach der Durchführung der Messungen liegen nun die Werte der L_{Aeq} in dB(A) vor und sind in Tabelle 13 zusammengefasst.

Tabelle 13: Beziehung der Lautstärkestufen zum L_{Aeq}

Lautstärkestufen des MP3-Players	Klassik	Metal	Pop	Sinus 1kHz	Weißes Rauschen
20	59,1	60,7	59,6	71,5	73,9
21	61,3	62,8	61,0	73,4	75,8
22	62,5	63,9	62,9	75,1	78,2
23	64,2	65,7	65,2	76,9	79,8
24	65,8	67,2	66,2	78,6	81,6
25	67,4	68,7	68,2	80,1	83,1
26	69,2	70,6	69,5	82,1	85,2
27	70,7	72,2	71,1	83,7	87,1
28	72,7	74,0	72,9	85,5	88,7
29	74,3	75,5	74,4	87,1	90,3
30	76,3	77,2	76,1	88,9	92,4
31	77,6	79,0	77,8	90,5	93,9

Aus den Messwerten kann man errechnen, dass sich bei den Musiktiteln die Lautstärke durchschnittlich um 1,66 dB pro Lautstärkestufe ändert. Bei dem Sinuston mit 1,73 dB und dem Weißen Rauschen mit 1,81 dB ist es sogar noch mehr. Die Geraden in Abbildung 33 stellen den Zuwachst der L_{Aeq} -Werte zum den einstellbaren Lautstärkestufen dar und wurden mit Hilfe der Werte aus Tabelle 13 ermittelt.

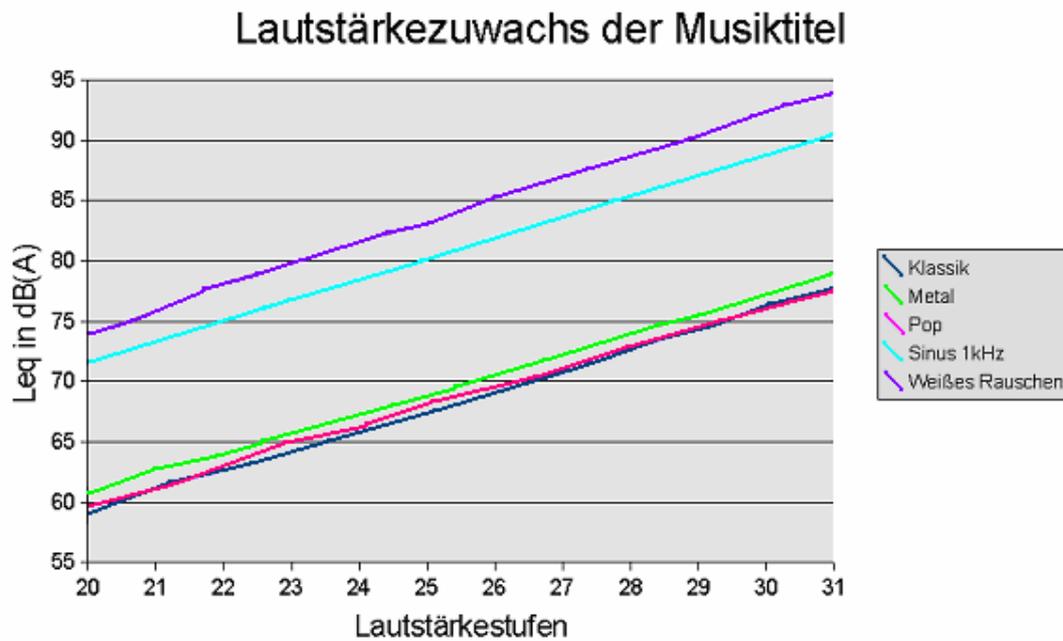


Abbildung 33: Diagramm der L_{Aeq} über den Lautstärkestufen

Es ist bei allen Geraden ein ungefähr gleichmäßiger Anstieg zu erkennen. Das bedeutet, dass der Schalldruckpegel des MP3-Gerätes mit Benutzung der Kopfhörer sich pro Stufe mit

$$10^{[1,66/20]} = 1,21$$

also um das 1,21-fache ändert. Damit wächst er beim Höherstellen der Stufen exponentiell an. Man kann also davon ausgehen und das Diagramm macht es auch ersichtlich, dass sich der Schallpegel für die Musikstücke über den gesamten Bereich mit durchschnittlich 1,66 dB pro Stufe ändert. Es wird angenommen, dass sich der Schallpegel am Kopfhörerausgang auch mit Abnahme der Lautstärkestufen linear verringert. Aufgrund eines zu hohen Hintergrundschallpegels war eine sinnvolle Ausmessungen der niedrigeren Lautstärkestufen unter 20 nicht sinnvoll. Zudem hatte man nach dem Beginn erster Kopfhörmessungen festgestellt, dass die meisten Probanden die in Tabelle 13 aufgeführten Stufen zumindest für die Musiktitel am häufigsten gewählt haben.

4.2.4 Erste Erkenntnisse der Ausmessungen

Es ist zu erkennen, dass bei dem Hören der Musikstücke mit dem MP3-Player über die Kopfhörer die L_{Aeq} -Werte nicht einmal annähernd in den kritischen Bereich von über 85 dB(A) gelangen. Das heißt selbst wenn man das Lautstärkevolumen auf Maximum stellt, würde es bei dieser Anordnung zu keiner Schädigung des Gehöres kommen. Das lässt vermuten, dass entweder das Gerät über eine Schallpegelbegrenzung verfügt, die eine Schädigung des Gehörs erst gar nicht zulässt, oder die benutzten Kopfhörer eine zu hohe Dämpfung aufweisen. Wahrscheinlich werden wohl beides Gründe für die relativ gering ausgefallenen Resultate sein. Das Messsystem sollte jedenfalls nicht dafür verantwortlich sein, da es vor Beginn der Messungen überprüft und kalibriert wurde.

5 Audiometermessungen

5.1 Verwendung eines Audiometers

Eine Möglichkeit, die Hörleistung eines Menschen zu ermitteln, kann man durch eine Hörschwellenmessung erreichen. Allgemeinmediziner und Ohrenärzte nutzen dafür oft spezielle Audiometer. Dieses Gerät erzeugt geeichte Prüfsignale [2], die dann an einen Schallwandler weitergeführt werden. Die Prüfsignale können in ihrer Art (z. B. Sinuston oder Rauschen), in der Frequenz und in deren Pegel variieren. Bei einer Messung werden beide Ohren separat beschallt. Die benutzten Schallwandler können Kopfhörer, Knochenhörer, Lautsprecher und andere sein. Der Prüfer kann jederzeit ablesen, welches Signal an welchem Ohr, bei welchem Pegel abgegeben wird.

Wichtige Interaktionen zwischen Prüfer und dem Proband sind einmal die Instruktion bevor man mit der Messung beginnt, sodass der zu Prüfende auch genau weiß, was zu tun ist. Zum anderen muss die Patientenrückmeldung bei der Wahrnehmung eines Signals während einer Messung gewährleistet sein. Der zu Prüfende sollte in einem Untersuchungsraum sein, der schalldicht ist, sodass keine Störgeräusche die Messung beeinflussen können.

5.2 Der Bezug zur Kopfhörmessung

Die Audiogramme, welche die Hörschwellenmessungen liefern, dienen zur Unterstützung der Aussagen und Auswertung der Kopfhörmessungen. Durch sie kann zum Beispiel abgeschätzt werden, ob ein Proband gern laut die Musik hört, weil es ihm einfach nur gefällt oder weil sein Gehör leicht geschädigt ist. Beim Vergleich der Audiogramme von verschiedenen gut hörenden Personen sind dann Unterschiede festzustellen.

Hörverluste bis 20 werden noch als normalhörend eingestuft [2]. Bei der Ermittlung nach CPT-AMA sind bis 20 % Hörverlust noch normal.

5.3 Die Realisierung eines Audiometers mittels Software

Die wichtigsten technischen Ausrüstungselemente um eine Hörschwellenmessung durchzuführen sind das Audiometer, die Schallwandler und eine audiologische Kabine. Als Schallwandler dienen die bei den Kopfhörmessungen bereits benutzten Kopfhörer der Marke Techniks (Typ Stereo Headphones RP-F800). Eine audiologische Kabine kann auch durch einen schallarmen Raum ersetzt werden. Unter Umständen genügt auch ein stiller Raum, mit geschlossenen Fenstern. Nur ein Audiometer stand nicht zur Verfügung. Aufgrund der hohen Anschaffungskosten wurde auch schnell nach einer anderen Lösung gesucht. Abhilfe schaffte die Verwendung von spezieller Software, welche mit dem PC wie ein Audiometer funktionierte.

5.3.1 Die Audiometer Simulator 3.0 Software

Mit diesem Programm lässt sich ein computerbasiertes Audiometer simulieren. Es ist als Beilage auf einer CD eines Fachbuchs [2] beigelegt und ist als Übungswerkzeug für den Audiometrie-Unterricht gedacht. Es bietet viele Einstellungen und lässt sich einfach bedienen. In Abbildung 34 kann man die Benutzeroberfläche des Programms betrachten.

Obwohl es sich hierbei nur um einen Simulator handelt, schien es für die Durchführung von Hörschwellenmessungen geeignet. Zudem bietet es Messungen zur Bestimmung der Unbehaglichkeitsschwelle an und verfügt weiterhin über Tests zur Sprachaudiometrie und andere Simulationstests. Über angeschlossene Kopfhörer konnte man Töne von 125 bis 8000 Hz für beide Ohren separat wiedergeben. Die Pegel ließen sich über die jeweiligen Regler in ihrer Lautstärke verändern. Bei der Wahrnehmung eines Tones konnte man dann per Eingabe einen Vermerk im Audiogramm hinterlassen. Es werden die für Audiogramme üblichen Symbole verwendet. Ein Beispiel dafür lässt sich aus Abbildung 35 entnehmen, bei dem die Audiogramme für beide Ohren durch Beispielmessungen ausgefüllt vorliegen. Der Stimulus, also das für das Gehör stimulierende Signal, kann zwischen Sinus, pulsierender Sinus, Wobbelton und Rauschen unterschieden werden. Als verwendbare Schallwandler kann bei den Einstellungen zwischen Kopfhörer, Knochenhörer oder Einsteckhörer unterschieden werden.

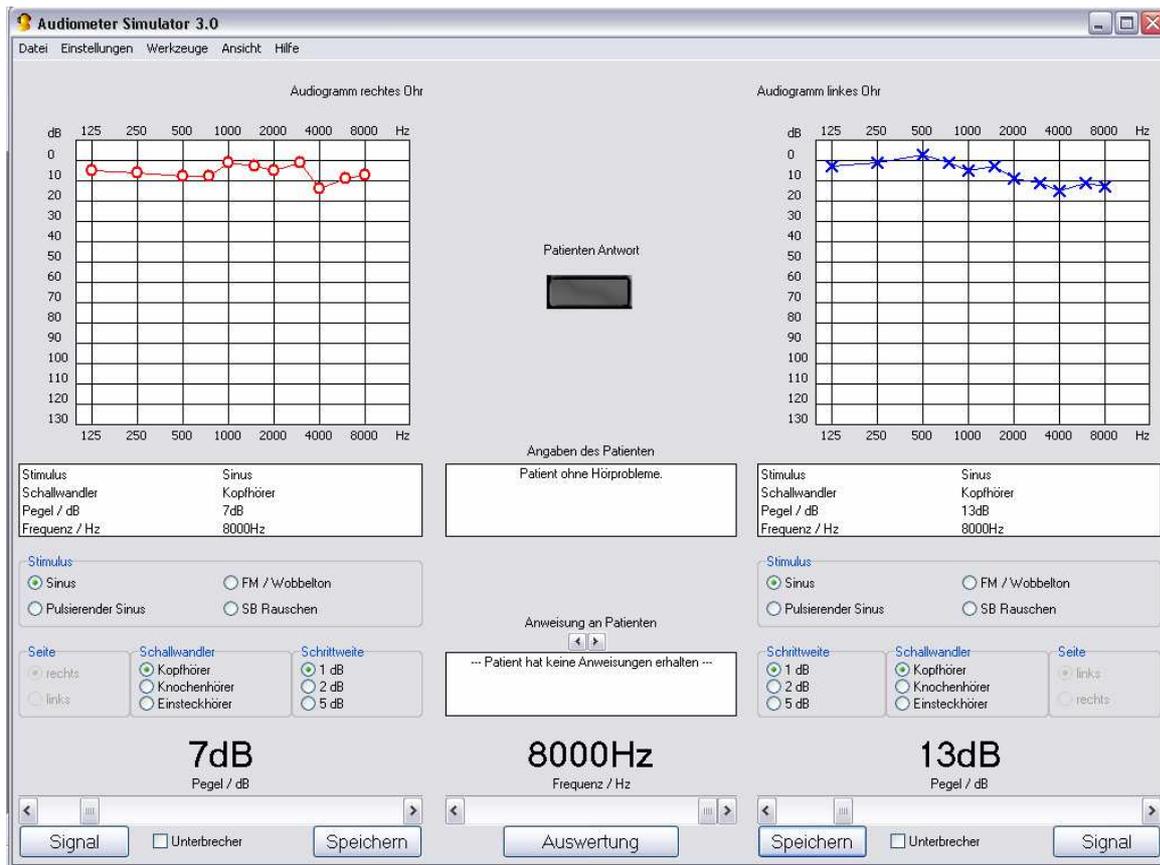


Abbildung 34: Benutzeroberfläche der Audiometer Simulator 3.0 Software

Das Programm stellt ein Audiogrammformular immer einschließlich der Antworten von zuvor definierten Patienten dar. Das heißt, man kann sich bei der Auswertung den Vergleich zu Patienten ohne Hörstörungen, wie in Abbildung 35 zu erkennen ist, oder mit Hörstörungen anzeigen lassen. Die Antworten von zuvor definierten Patienten sind in den Audiogrammen mit schwarz dargestellt.

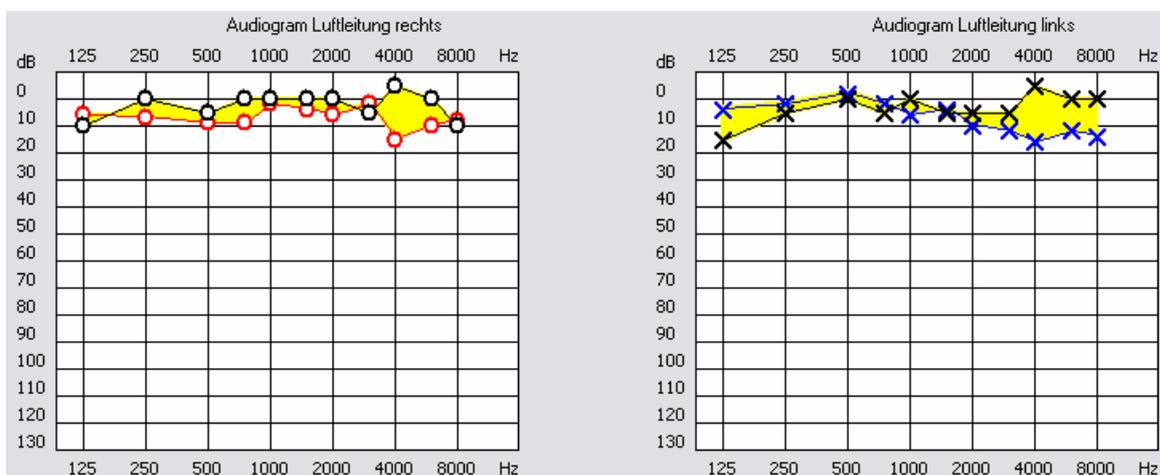


Abbildung 35: Audiogramme mit Vergleichsmessungen

Trotz der Vorteile und der vielen Details ist dieses Programm für sinnvolle Messung nicht geeignet. Eine Kalibrierung des Messsystems ist nahezu unmöglich. Das Programm selbst verfügt über keinerlei Optionen dazu und passt das Audiosystem des PCs nicht an. Nach Ausmessungen mit Hilfe des Messsystems und dem Kunstkopf, welches in Kapitel 4.2.2 verwendet wurde und in Abbildung 31 dargestellt ist, konnte man feststellen, dass die Pegel sich bei gleichmäßiger Regelung nicht gleichmäßig veränderten. Es traten größere Schwankungen auf.

Es scheiterte auch der Versuch, das PC-gestützte Audiometer auf Referenzwerte zu kalibrieren, die mit einem Kunstkopf-Messsystem ermittelt werden sollten. Man versuchte den von der Software angezeigten dB-Werten (Pseudowerte) die realen dB-Werte zuzuordnen, sodass man zum Beispiel bei angezeigten 60 dB (Pseudowert) in Wirklichkeit 20 dB wiedergibt. Dazu musste die Lautstärkeregelung des PCs sehr weit heruntergefahren werden. Denn bei dem Versuch, die Hörschwelle zu finden, stellte man fest, dass das Signal selbst bei eingestellten -9 dB (Pseudowert) noch wahrzunehmen war. Bei einer sehr tief eingestellten Lautstärkeregelung war jedoch die wirkliche Pegeldifferenz zwischen -9 dB (Pseudowert) 120 dB (Pseudowert) über alle Frequenzen nur sehr gering. Man kam nicht über den Grundgeräuschpegel von ca. 30 dB im schallarmen Raum. Das Kunstkopf-Messsystem im Akustiklabor ließ jedoch keine Frequenzanalyse zu, sodass man nicht die jeweiligen betroffenen Frequenzen separat hätte betrachten können. Das Messlabor in Budapest war aufgrund des Standortwechsels von Ungarn nach Deutschland nicht mehr zugänglich. Schließlich konnte in keinerlei Hinsicht eine Kalibrierung erfolgreich durchgeführt werden. Doch auch aufgrund des bereits festgestellten nichtlinearen Pegelverlaufs musste man von dieser Idee ohnehin zurückweichen.

Das Programm ist, wie der Name bereits sagt, nur ein Simulator. Die akustische Signalausgabe kann nur zur Veranschaulichung genutzt werden und ist für die Realisierung von Hörschwellenmessungen nicht geeignet.

5.3.2 Die Home Audiometer 2.0 Software

Mit Hilfe dieser Software [10] kann man laut Herstellerangaben seinen PC in ein Audiometer verwandeln. Das Testen des Gehörs soll mit einer Standard-Soundkarte möglich sein. Wie aus Abbildung 36 zu erkennen ist, bietet die Benutzeroberfläche nicht ganz so viele Einstellungsmöglichkeiten, wie die Audiometer Simulator 3.0 Software.

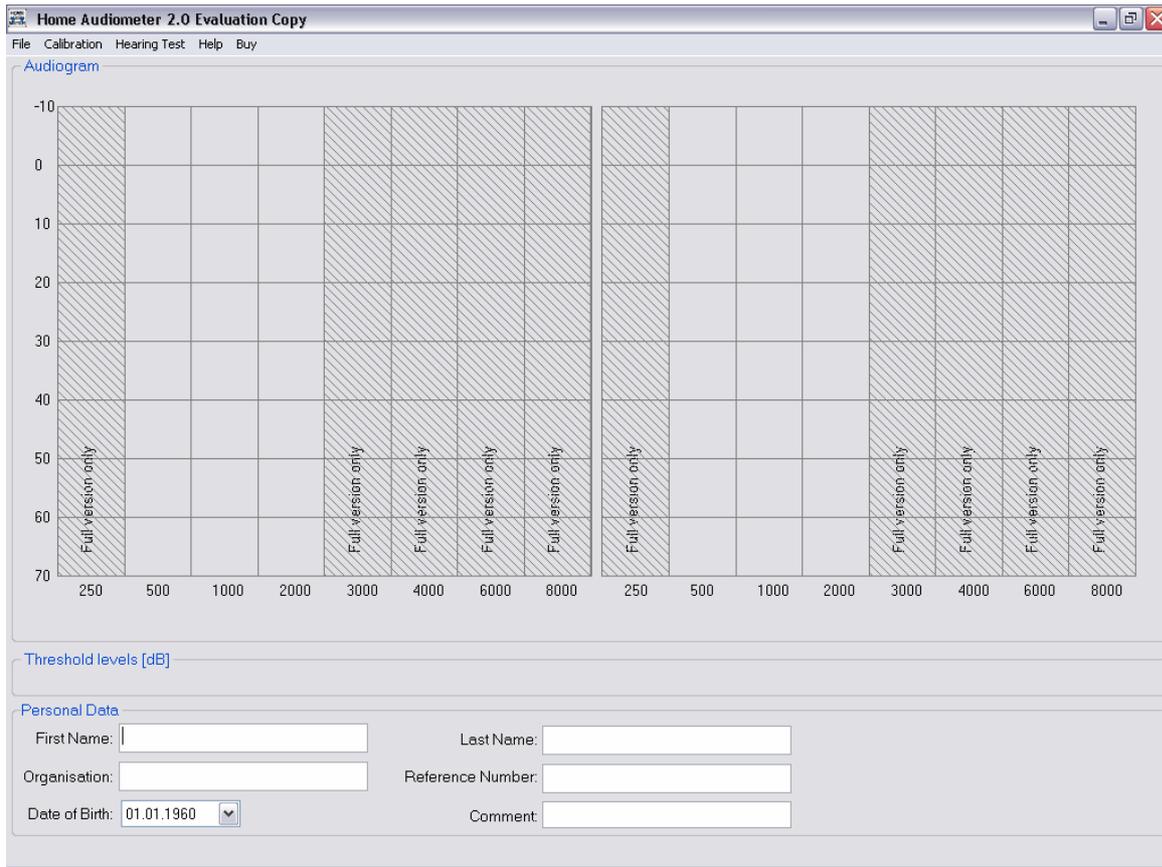


Abbildung 36: Benutzeroberfläche der Home Audiometer 2.0 Software

Die Ergebnisse werden aufgezeichnet und nach der Messung in Audiogrammen präsentiert. Abbildung 37 zeigt eine Beispielmessung.



Abbildung 37: Audiogramme mit Messergebnissen

Mit der Vollversion der Software ist es möglich, Hörschwellenmessungen durchzuführen, über einen Frequenzbereich von 250 bis 8000 Hz, natürlich für beide Ohren separat. Wird eine Messung gestartet, öffnet sich ein Audiogrammformular, in dem beobachtet werden kann, bei welchem Pegel das wiedergegebene Signal ertönt. Der Test beginnt an dem linken Ohr mit 500 Hz beim Pegel 0 dB (HL). Das Signal ertönt im zwei Sekunden Takt. Dabei ist eine Sekunde lang das Signal zu hören, die nächste Sekunde ist Pause. Falls die Taste „Strg“ nicht gedrückt wird, erhöht sich der Pegel von Signal zu Signal um 3 dB. Die Antwort des Probanden erfolgt selbständig. Das heißt immer dann, wenn ein Ton wahrgenommen wird, soll die Taste „Strg“ der PC-Tastatur kurz von der Testperson selbst gedrückt werden. Das Ergebnis wird sofort im Audiogramm vermerkt und der Pegel des nächsten Signals ist wieder 3 dB geringer. Das Testsignal kann pro Frequenz 8- bis 15-mal erklingen, dann wird zur nächsten Frequenz gewechselt.

Das Programm bietet eine Möglichkeit der Kalibrierung durch das menschliche Gehör. Im Kalibrieremenü lassen sich für alle relevanten Frequenzen die Nullpegel für das Audiogramm einstellen. Dies geschieht für beide Ohren separat. Es wird empfohlen dazu einen jungen, normal hörenden Menschen zu benutzen. Wie in Abbildung 38 zu erkennen, soll mittels Variieren der Lautstärkeregelung und des Wave-Output-Pegels die durchschnittliche Hörschwelle bestimmt werden, also die Nulllinie im Audiogrammformular.

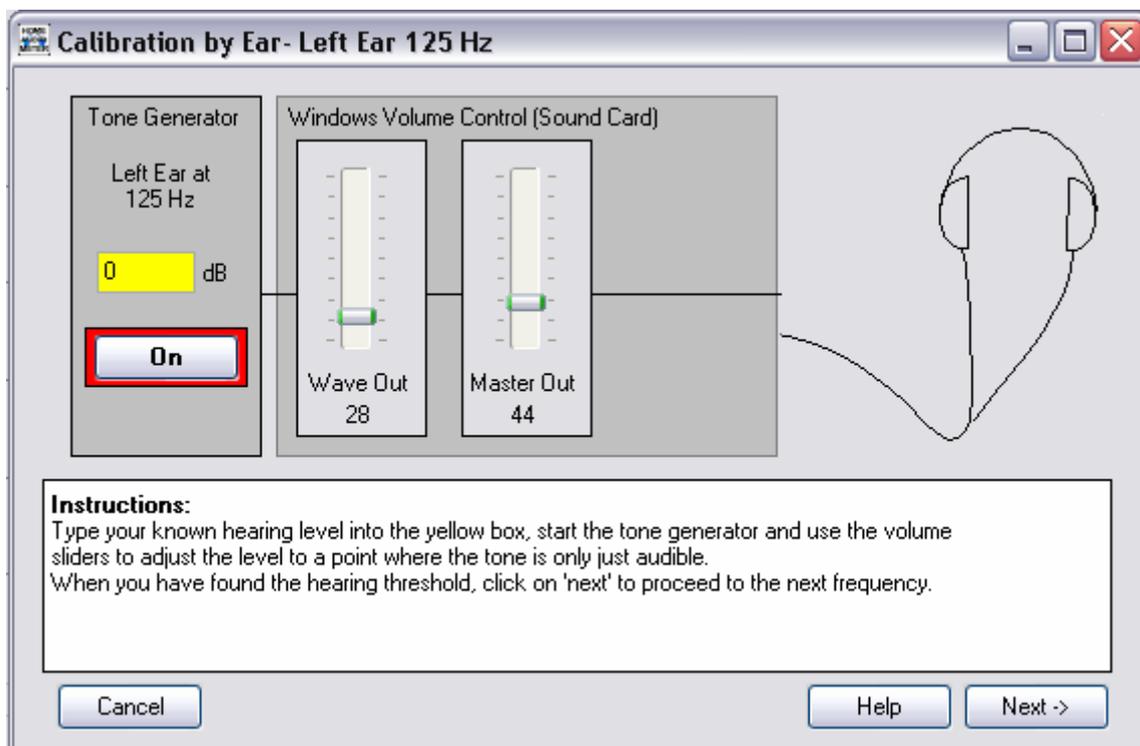


Abbildung 38: Kalibrieren per Gehör

Der Hersteller sagt, dass die Genauigkeit der wiedergegebenen Pegel bei 10 dB liegt über einen Hörbereich von 70 dB, während selbst die eines geeichten Audiometers nur 5 dB erreicht. Das Testverfahren entspräche auch den ISO und IEC Standards.

Die Kalibrierung per Gehör bringt uns nahe der perfekten Einstellung, ist allein als Grundlage für eine sinnvolle Messung noch nicht ausreichend. Schließlich sollten die Ergebnisse möglichst realitätsnah sein. Zur Überprüfung der Kalibrierung wurden die Schallpegel an einem Kunstkopf-Messsystem ausgemessen, welches natürlich zuvor ebenfalls einer Eichung auf einen 1 kHz Sinuston mit einem Pegel von 94 dB unterzogen wurde. Die Abbildung 39 stellt die Versuchsanordnung zur Überprüfung dar.

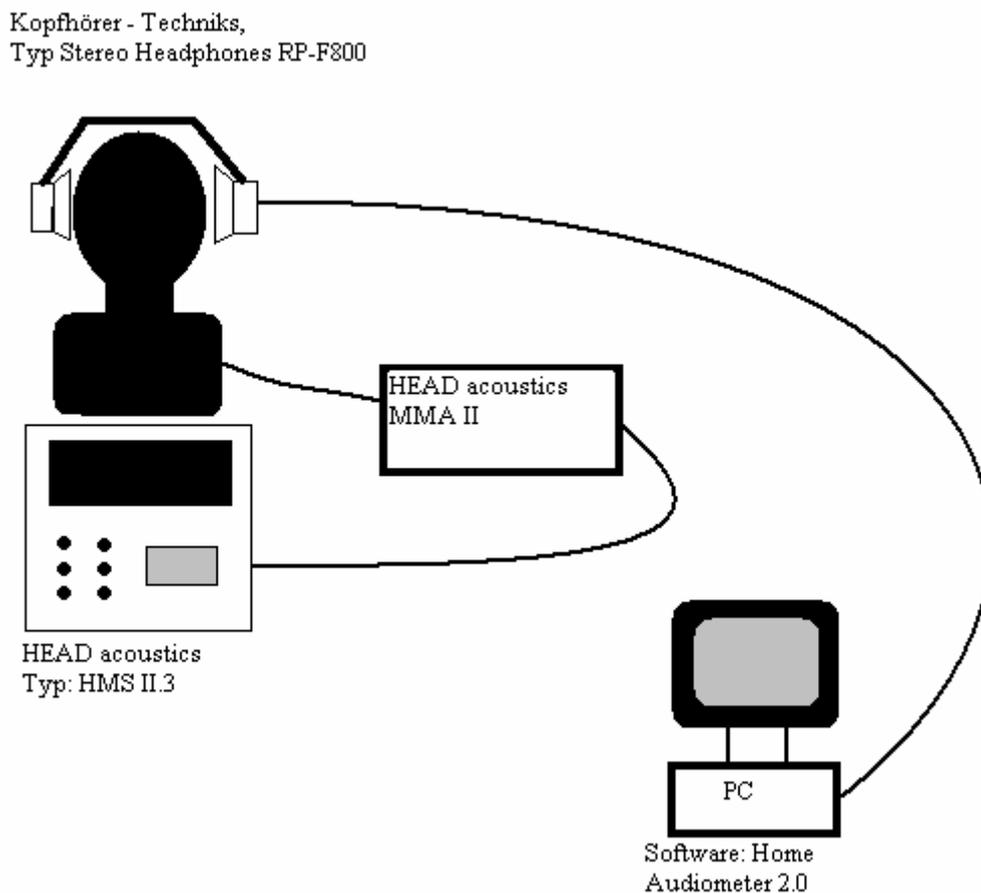


Abbildung 39: Versuchsanordnung zur Kalibrierung des Audiometers

Ein Foto des Aufbaus ist in Abbildung 40 zu sehen. Der Vorgang konnte im schallarmen Raum der HfTL vorgenommen werden, wo das nötige Equipment vorhanden war.

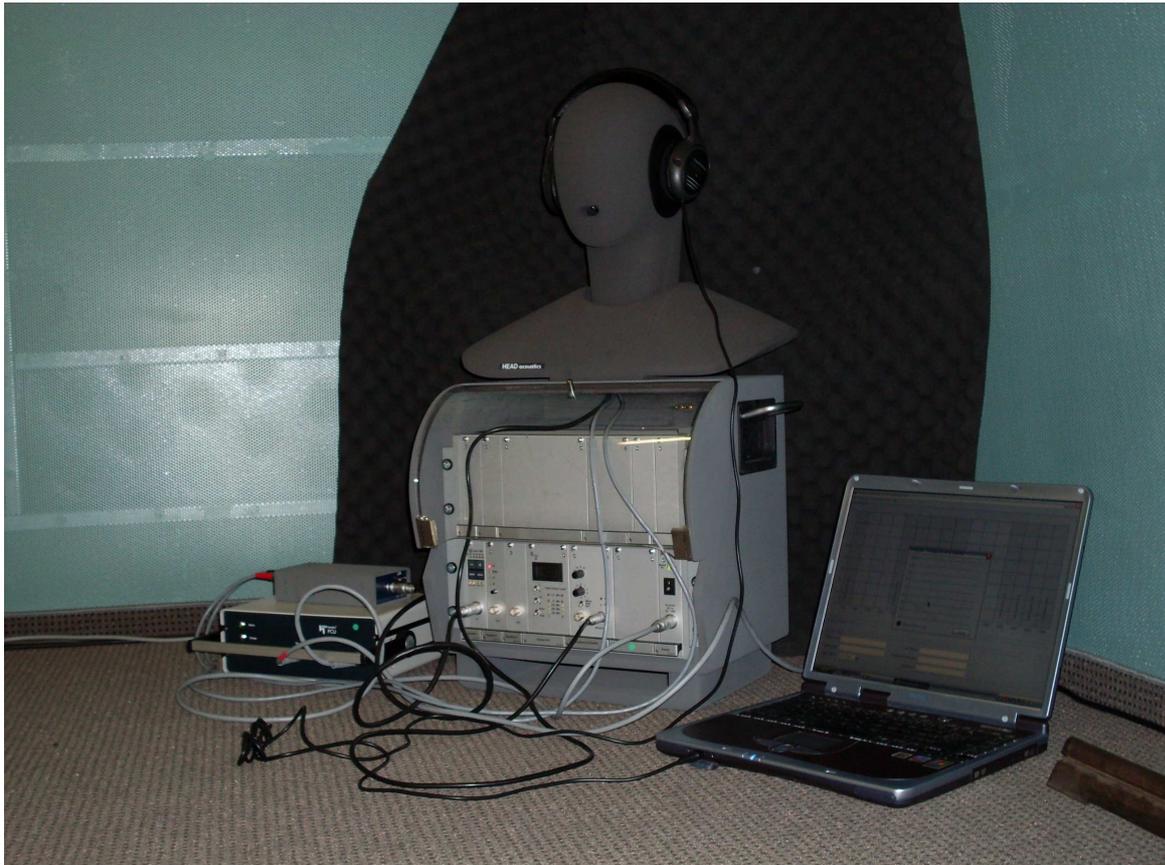


Abbildung 40: Foto der Versuchsanordnung zur Audiometerkalibrierung

Die Kalibrierung wurde zuerst mit dem eigenen Gehör vorgenommen. Die Hörschwelle für das Programm wurde also der eigenen angepasst. Danach wurde eine Messung gestartet, ohne die Taste „Strg“ zu drücken. Spätestens dann, wenn die vom Programm angezeigten Pegelwerte im Bereich von 40 dB und mehr sind, kann der gemessene Wert am Display des Kunstkopf-Messsystem abgelesen werden. Sollten die Werte voneinander abweichen, kann eine Nachbearbeitung der Kalibrierdaten erfolgen.

Ist die Kalibrierung abgeschlossen, werden die eingestellten Pegel und Daten in einer Datei abgespeichert. Somit erspart man sich die Mühe, das System nach dem Starten des Programms erneut zu eichen.

Als Nachteil kann man die beschränkte Funktionsfähigkeit sehen. Mehr als eine Hörschwellenmessung ist mit dem Programm nicht machbar. Zudem kann man in den Messablauf nicht eingreifen. Es ist nicht möglich, für einzelne Frequenzen die Messung manuell durchzuführen.

Das Programm steht in seiner kostenfreien Nutzung nur als Demoversion zur Verfügung. Das heißt, die Funktionsfähigkeiten sind etwas eingeschränkt. Man kann zwar kalibrieren und

Messungen starten, jedoch nur für die Frequenzen 500, 1000 und 2000 Hz. Auch das Speichern der Ergebnisse ist nicht möglich. Letztlich kann man diese aber mit einem Screenshot in einer Bilddatei festhalten.

Obwohl die eingeschränkte Funktionsfähigkeit der Demosoftware eine vollständige Hörschwellenmessung nicht ermöglicht, lassen sich dennoch aus den messbaren Frequenzen Rückschlüsse über das Hörvermögen der Person schließen. Außerdem verkürzt es die Dauer eines Tests erheblich. Eine Messung mit Probanden gestaltet sich für sie attraktiver, wenn sie nicht zu viel Zeit dabei verlieren. Schließlich wurde sich für diese Software entschieden, da sie einen gleichmäßigen Messablauf bietet und realistische Pegel darstellt und ausgibt.

5.4 Realisierung der Hörschwellenmessungen

Aufgrund der späten Einsatzfähigkeit des softwarebasierten Audiometers, konnte nicht jeder Proband, der an den Kopfhörmessungen teilnahm, auch eine Hörschwellenmessung bewerkstelligen. Dies würde auch nicht dem angestrebten Ziel entsprechen. Die Ergebnisse sollen nur für einzelne Stichproben einen Überblick schaffen, wie denn das Hörvermögen einiger Probanden ist.

Für die Hörschwellenmessungen wurden die Personen entweder in den schallarmen Raum der HfTL oder in einen ruhigen Raum geführt. Nachdem die Instruktionen über die Abfolge bekannt waren, wurde noch ein Eingewöhnungstest veranstaltet, damit der Messablauf für den Probanden klar war.

Die Dauer einer Messung belief sich auf ungefähr zehn Minuten. Die Probanden berichteten dabei häufig, dass man sich stark konzentrieren muss, um die Töne bei geringen Pegeln wahrzunehmen.

Die Auswertung der Messergebnisse erfolgt zusammen mit denen der Kopfhörmessungen in Kapitel 6. Die Audiogrammformulare selbst kann man in Anlage 3 betrachten.

6 Auswertung der Kopfhörmessungen

Wie schon erwähnt, wird in diesem Kapitel eine Auswertung der Messergebnisse der Kopfhörmessungen an den Probanden vorgenommen. Dazu werden Durchschnittswerte berechnet, Statistiken erstellt und Trends analysiert. Es wird auch überprüft, in wie fern das Hörvermögen dabei eine Rolle spielen könnte.

6.1 Durchschnittliche Lautstärken und Häufigkeiten

Unbeachtet aller anderen Umstände werden nun die Mittelwerte der Lautstärkestufen errechnet, mit denen jeder Titel gehört wurde. Dazu werden die entsprechenden Schalpegel ergänzt. Tabelle 14 zeigt die Ergebnisse.

Tabelle 14: Mittelwerte und deren Schalpegel

Titel	Klassik	Metal	Pop	Sinuston	Rauschen
Durchschnittswert	22,78	25,24	22,42	12,62	10,9
Schalpegel / dB(A)	63,8	69,2	64,1	58,7	57,4

Für den Sinus und das Rauschen wurde ausgehend von Lautstärkestufe 20 für jede weitere niedrigere Stufe der jeweilige, durchschnittliche Änderungswert in dB abgezogen. Für den Sinuston sind das 1,73 dB/Lautstärkestufe und für das Rauschen 1,81 dB/Lautstärkestufe.

Die durchschnittlichen Schalpegelwerte zu jedem Titel wurden durch Interpolation ermittelt.

Die nötigen Werte wurden aus Tabelle 13 entnommen. Dazu wurde wie folgt vorgegangen:

Bsp.: Titel Klassik

$$\text{Geg.: Stufe } 22 \rightarrow L_{\text{eq}} = 62,5 \text{ dB(A)}$$

$$\text{Stufe } 23 \rightarrow L_{\text{eq}} = 64,2 \text{ dB(A)}$$

$$\text{Durchschnittliche Lautstärkestufe} = 22,78$$

$$\text{Lsg.: } L = 62,5 \text{ dB(A)} + ((22,78 - 22)/(23 - 22)) * (64,2 - 62,5) \text{ dB(A)}$$

$$L = 63,826 \text{ dB(A)} \approx 63,8 \text{ dB(A)}$$

Wie zu sehen ist, wurde der Titel "Metal" im Schnitt am lautesten gehört mit ungefähr 5 dB Abstand zu den restlichen Musiktiteln.

Im gesamten Durchschnitt wurden die Musiktitel angehört mit

$$(63,8 + 69,2 + 64,1) \text{ dB} / 3 = \underline{\underline{65,7 \text{ dB}}}$$

Um zu sehen, wie oft bei welcher Lautstärke gehört wurde, kann man die Anzahl der benutzten Lautstärkestufen pro Titel in einem Diagramm darstellen, wie es in Abbildung 41 zu sehen ist.

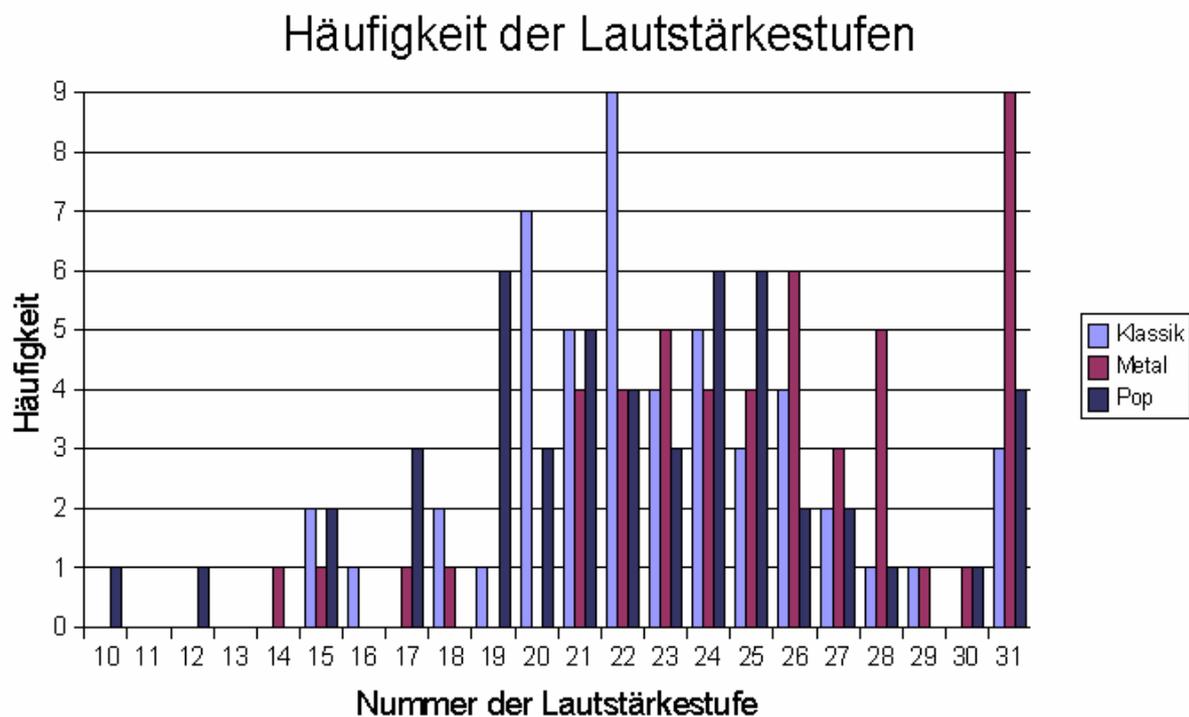


Abbildung 41: Häufigkeitsverteilung der Lautstärkestufen

Im nächsten Schritt werden allen aufgeführten Lautstärkestufen die dazugehörigen Schallpegel zugeordnet. Um diesen Sachverhalt einheitlich darstellen zu können, müssen dafür erst einmal die durchschnittlichen Schallpegel pro Lautstärkestufe für alle Musiktitel berechnet werden. Weil diese ohnehin sehr nahe beieinander liegen, ist die Verfälschung des Ergebnisses gering.

In Tabelle 15 sind die jeweiligen durchschnittlichen Schallpegel zu den entsprechenden Lautstärkestufen dargestellt. Für die Lautstärkestufen, die in dieser Tabelle nicht aufgeführt sind, aber von einigen Personen gewählt wurden, ist beginnend von Stufe 20 für jede weitere Stufe nach unten der bereits ermittelte durchschnittliche Schallpegel von 1,66 dB Änderung

pro Lautstärkestufe abgezogen worden. Nur so konnte eine vollständige Häufigkeitsverteilung erlangt werden. Diese Schallpegel sind unter anderem in Tabelle 16 aufgeführt.

Tabelle 15: Durchschnittspegel zu den Lautstärkestufen

Lautstärkestufe	Klassik / dB(A)	Metal / dB(A)	Pop / dB(A)	Durchschnitts-schallpegel / dB(A)
20	59,1	60,7	59,6	59,8
21	61,3	62,8	61	61,7
22	62,5	63,9	62,9	63,1
23	64,2	65,7	65,2	65,03
24	65,8	67,2	66,2	66,4
25	67,4	68,7	68,2	68,1
26	69,2	70,6	69,5	69,77
27	70,7	72,2	71,1	71,33
28	72,7	74	72,9	73,2
29	74,3	75,5	74,4	74,73
30	76,3	77,2	76,1	76,53
31	77,6	79	77,8	78,13

Anhand der Durchschnittswerte ist es nun möglich die Häufigkeitsverteilung für die eingestellten Schallpegel darzustellen. In Abbildung 42 wird dieses Diagramm ersichtlich.

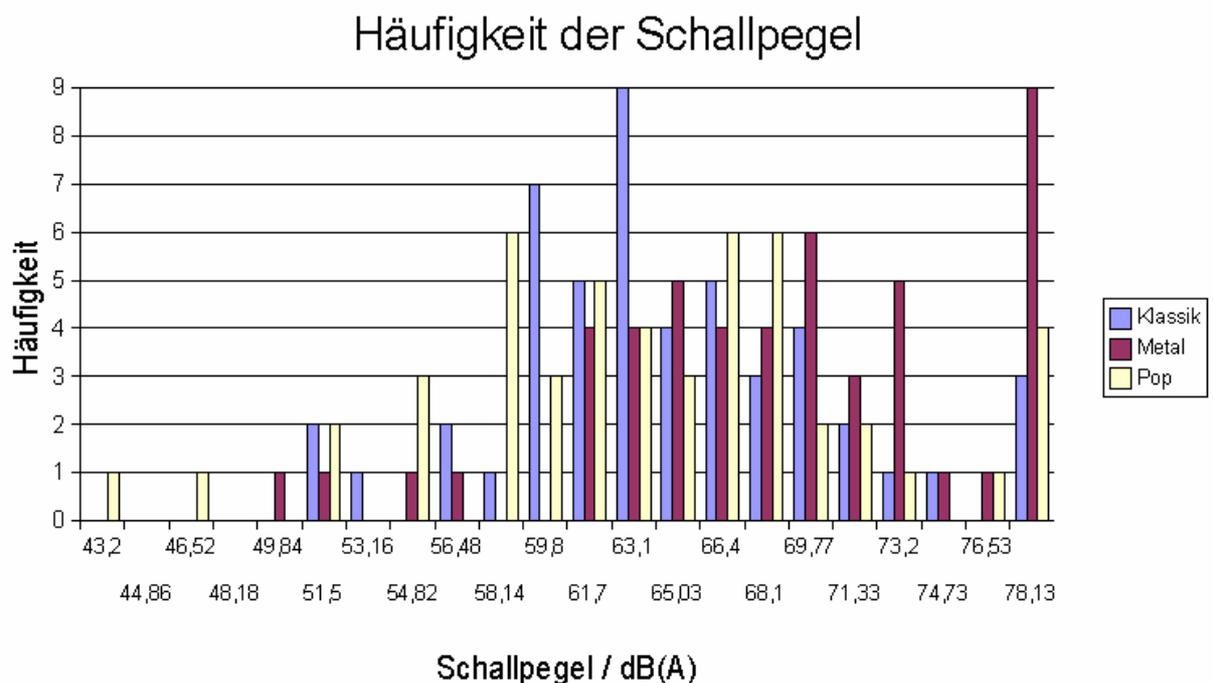


Abbildung 42: Häufigkeitsverteilung der eingestellten Schallpegel

Wie zu erkennen ist, schwankt die Häufigkeitsverteilung abhängig von den Musiktiteln. Während der Metal-Titel zu höheren Pegeln neigt, schwanken die anderen beiden zum größten Teil zwischen 58 und 70 dB(A). Im Zuge weiterer Analysen soll abgeschätzt werden, in wie fern sich der persönliche Musikgeschmack auf die Verteilung ausübt und es wird versucht eine Korrektur dieser Verteilung zu unternehmen.

Um die Verteilung über alle Musiktitel zu bekommen, muss die Anzahl jedes Titels pro Lautstärkestufe addiert werden. In Tabelle 16 sind alle notwendigen Angaben dazu aufgeführt.

Tabelle 16: Durchschnittspegel mit Gesamtanzahl

Lautstärkestufen	Durchschnittliche Schallpegel / dB(A)	Anzahl der gewählten Lautstärkestufen			
		Klassik	Metal	Pop	Gesamt
10	43,2	0	0	1	1
11	44,86	0	0	0	0
12	46,52	0	0	1	1
13	48,18	0	0	0	0
14	49,84	0	1	0	1
15	51,5	2	1	2	5
16	53,16	1	0	0	1
17	54,82	0	1	3	4
18	56,48	2	1	0	3
19	58,14	1	0	6	7
20	59,8	7	0	3	10
21	61,7	5	4	5	14
22	63,1	9	4	4	17
23	65,03	4	5	3	12
24	66,4	5	4	6	15
25	68,1	3	4	6	13
26	69,77	4	6	2	12
27	71,33	2	3	2	7
28	73,2	1	5	1	7
29	74,73	1	1	0	2
30	76,53	0	1	1	2
31	78,13	3	9	4	16

In Abbildung 43 ist die Anzahl der gewählten Lautstärkestufen für alle Titel pro einstellbaren Schallpegel in Diagrammform dargestellt. Es ergibt sich eine Häufigkeitsverteilung.

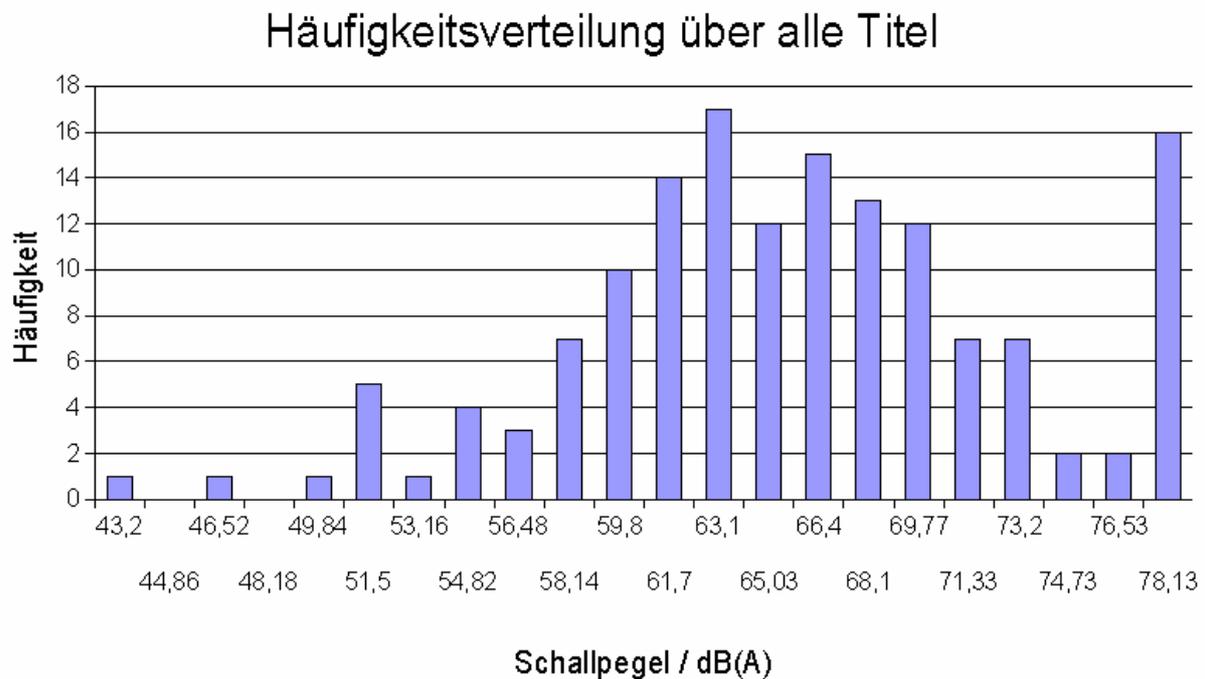


Abbildung 43: Häufigkeitsverteilung über alle Titel

Es ist eine Verteilung zu erkennen, die mit ihrem Verlauf der Gaußschen Glockenkurve ähnelt. Nur die Werte bei 78,13 dB(A), also Lautstärkestufe 31, fallen stark aus dem Verlauf heraus. Zur Vollständigkeit wurden die Werte nicht weggelassen, da es nicht mehr der Realität entsprechen würde. Da die meisten Probanden, die Stufe 31 wählten am liebsten auch noch lauter gehört hätten, sind diese Werte also nur die Häufung aller derer, die noch darüber liegen könnten. Würden also die Pegelwerte noch bis 85 dB(A) gehen, würde die Verteilung wahrscheinlich gleichmäßig abfallen.

Um das Diagramm etwas übersichtlicher zu gestalten, kann man die Schallpegel in Gruppen von 5 dB Umfang zusammenfassen. Angefangen bei Gruppe 40 – 45 dB(A) würde diese Verteilung dann bei 75 – 80 dB(A) enden. Aufgrund einiger zusätzlicher gesammelter Informationen bei der Durchführung der Kopfhörermessungen konnte nachvollzogen werden, wie oft einige Probanden die Titel gern lauter gehört hätten. Demnach wollten die Befragten insgesamt 14 Mal einen der Titel noch lauter hören als es das Maximum an wiederzugebender Lautstärke möglich machte. In Abbildung 44 ist daher noch eine Stelle mit „> 80“ gekennzeichnet, welche alle Schallpegel über 80 dB(A) beinhalten soll.

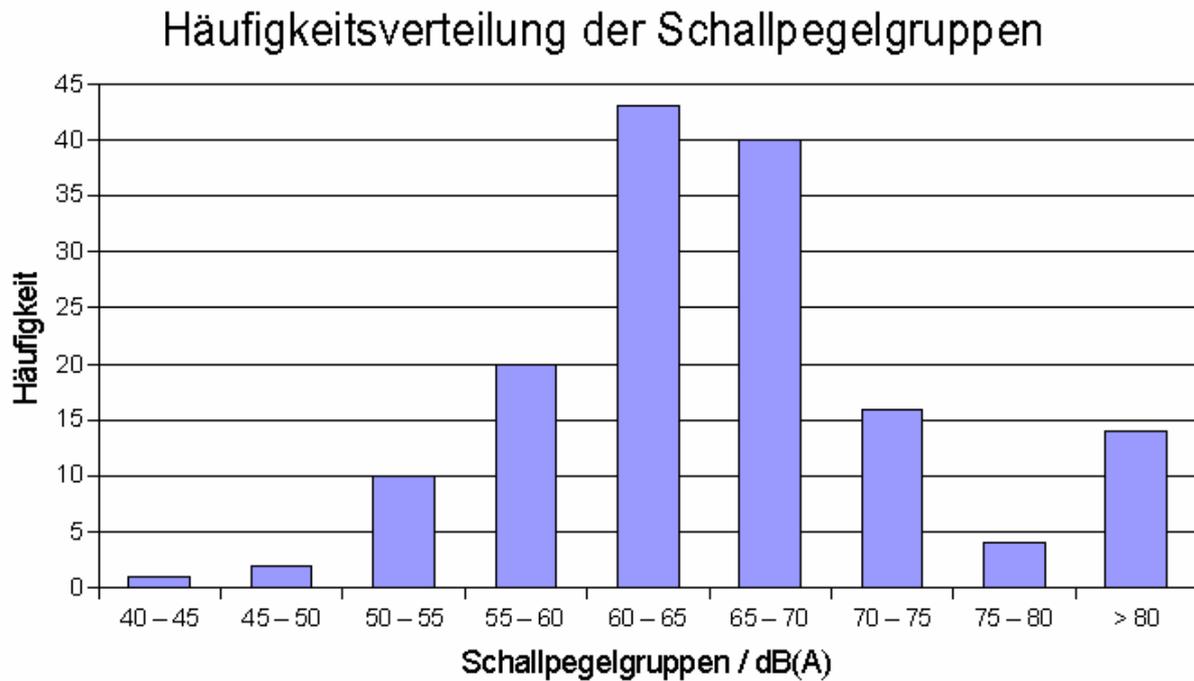


Abbildung 44: Häufigkeitsverteilung der Schallpegelgruppen

Abbildung 45 zeigt die Anzahl der gewählten Schallpegel in Prozent. Es ist schnell zu erkennen, dass über 50 % der Befragten die Titel bei Schallpegeln von 60 bis 70 dB(A) angehört haben.

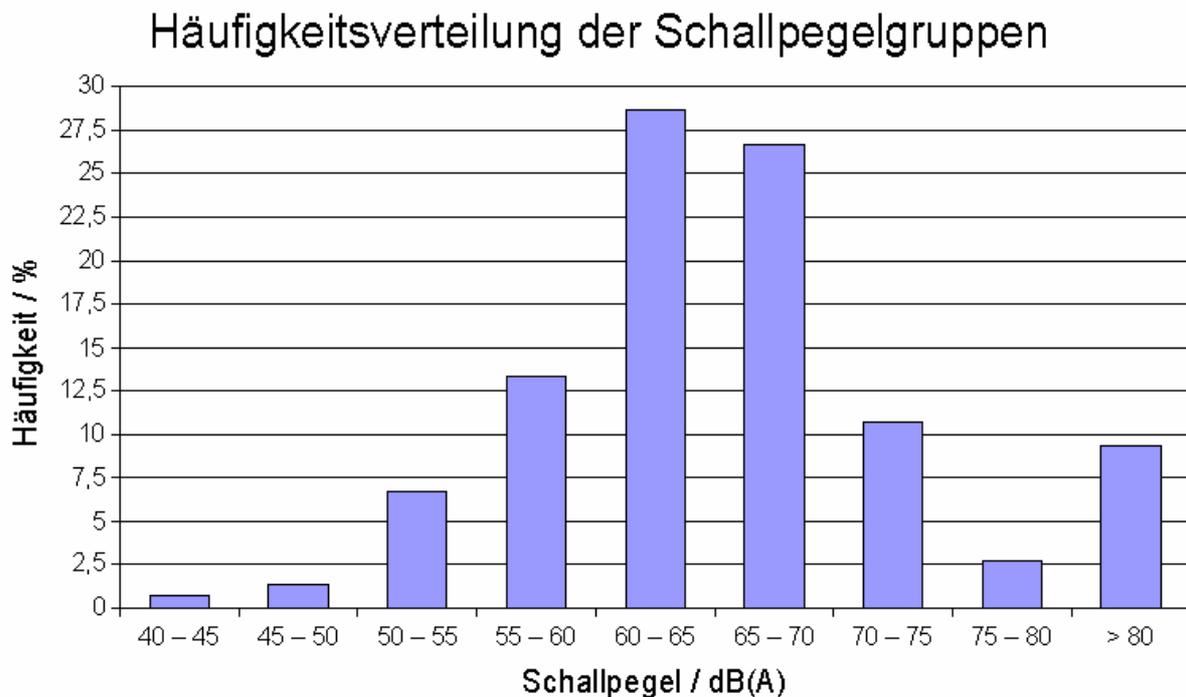


Abbildung 45: Prozentuale Anzahl der Schallpegel

Im Vergleich zu den Statistiken anderer Institutionen kann man Unterschiede zu dieser feststellen. In der DAGA97 [3] existiert eine Studie mit dem Titel „Gefährdung durch Walkman-Geräte“. Der Vergleich zu den darin aufgeführten Werten ist im Diagramm in Abbildung 46 dargestellt. Dabei sind die blauen Balken die Werte der eigenen Studie und die in lila Farbe der Studie aus der DAGA97.

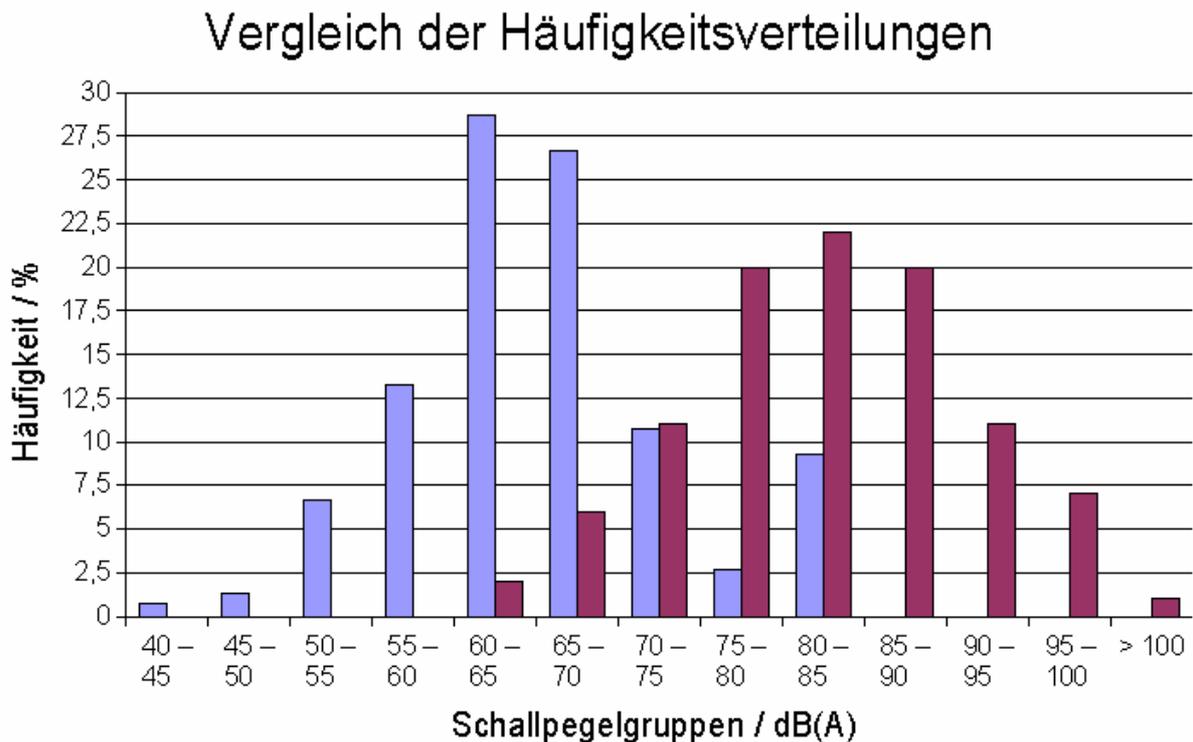


Abbildung 46: Vergleich der verschiedenen Studien

Bei dieser lag die maximale Häufigkeit der eingestellten Schallpegel bei 81 bis 85 dB(A), während die eigene Statistik ein Maximum zwischen 60 bis 65 oder gar bis 70 dB(A) aufweist. Die Gründe für diese Unterschiede sind jedoch deutlich. Bei der „DAGA97-Studie“ wurden hauptsächlich Schüler im Alter von 10 bis 23 Jahren befragt. Zudem fanden die Messungen an Schulen und an Straßen statt. Bei der eigenen Statistik wurden mit nur wenigen Ausnahmen Studenten im Alter von 19 bis 30 Jahren befragt. Die Messorte waren meist Räumlichkeiten mit geringem Hintergrundschallpegel.

6.2 Durchschnittliche Lautstärken der Kategorien

In diesem Abschnitt werden die Personen nach ihrem Geschlecht, Alter und ihrer Häufigkeit des Benutzens von Kopfhörern klassifiziert und in unterschiedliche Kategorien eingeteilt.

Kategorie Geschlecht

In Tabelle 17 werden die durchschnittlichen Lautstärken der Titel geschlechterspezifisch zugeordnet.

Tabelle 17: Geschlechterspezifische Zuordnung

Titel	Weibliche Personen		Männliche Personen	
	Durchschnittliche Lautstärkestufe	Durchschnittlicher Pegel / dB(A)	Durchschnittliche Lautstärkestufe	Durchschnittlicher Pegel / dB(A)
Klassik	22,36	63,1	22,94	64,1
Metal	24	67,2	25,72	70,1
Pop	23,14	65,3	22,14	63,2
Sinus	9,21	52,8	13,94	61
Rauschen	7,07	50,5	12,39	60,1

Stellt man nun Vergleiche zwischen den Musiktiteln, erkennt man keine großen Unterschiede. Die männlichen Personen hörten im Durchschnitt den Klassik-Titel mit 1 dB und den Metal-Titel mit einem um 2,9 dB höheren Pegel. Die weiblichen Personen hörten den Pop-Titel um 2,1 dB lauter.

Bei dem Rauschen und dem Sinuston sind die Unterschiede schon etwas erheblicher. Hierbei hörten die männlichen Personen den Sinus um 8,2 dB und das Rauschen um 9,6 dB lauter. Demnach ertragen die männlichen Personen den Sinuston und das Rauschen mit fast doppelter empfundener Lautstärke.

Kategorie Alter

In der nächsten Kategorie werden die Personen nach ihrem Alter unterschieden. Es wäre aber zu umfangreich und nicht sehr aussagekräftig, die Analysen für jedes vertretene Alter durchzuführen. Daher werden die Personen in zwei Altersklassen eingeteilt. Die Teilung erfolgt beim Durchschnittsalter. Aus dieser Berechnung wurden alle Personen, die älter als 30

Jahre sind, ausgeschlossen, da diese zu stark vom mittleren Alter abweichen. Der Durchschnittswert liegt dann bei 22,69 Jahren. Würde man die fünf Personen, welche über 30 Jahre alt sind ebenfalls bei der Mittelwertberechnung berücksichtigen, hätte man einen Altersdurchschnitt von 24,88 Jahren.

Alle Personen bis 22 Jahre gehören zur Altersklasse 1, alle Personen die älter als 22 Jahre sind zur Klasse 2.

In Tabelle 18 werden die durchschnittlichen Lautstärken der Titel altersspezifisch zugeordnet.

Tabelle 18: Altersspezifische Zuordnung

Titel	Personen der Altersklasse 1		Personen der Alterklasse 2	
	Durchschnittliche Lautstärkestufe	Durchschnittlicher Pegel / dB(A)	Durchschnittliche Lautstärkestufe	Durchschnittlicher Pegel / dB(A)
Klassik	22,41	63,2	23,39	64,8
Metal	24,36	67,7	26,22	71,0
Pop	22,45	63,9	22,35	63,7
Sinus	12,73	58,9	14,3	61,3
Rauschen	9,86	55,5	13,61	62,3

Auch wenn die Unterschiede nicht sehr groß sind, ist die Tendenz zu höheren Pegeln der Altersklasse 2 zu erkennen. Im Durchschnitt hörten diese alle Titel und Geräusche um ein paar dB lauter als die Alterklasse 1.

Die Musiktitel wurden demnach im Durchschnitt mit

$$(1,6 + 3,3 + -0,2) \text{ dB} / 3 \approx \underline{\underline{1,6 \text{ dB}}}$$

mehr Schallpegel gehört.

Der Sinuston wurde mit 2,4 dB mehr Schallpegel von den älteren Probanden gehört. Deutlich höher fällt der Unterschied zu dem Rauschen mit 6,8 dB auf. Der Grund hierbei könnte das verminderte Hörvermögen von höheren Frequenzen, das sich mit zunehmendem Alter bei vielen Menschen abzeichnet.

Auch wenn die Abweichung von Altersklasse 1 zu 2 nicht sehr groß ist, könnte man vermuten, dass die Älteren die Musik schon etwas lauter hören müssen, um sie genau so gut zu hören wie die Jüngeren.

Kategorie Einwirkdauer

Hierbei werden die Angaben der Probanden zur Häufigkeit des Hörens mit Kopfhörern in Augenschein genommen. In Tabelle 19 sind die durchschnittlichen Lautstärken der Titel abhängig von der Häufigkeit des Hörens zugeordnet. Mit „Stufe“ sind die durchschnittlich eingestellten Lautstärkestufen gemeint. Unter „Pegel“ sind die dazugehörigen Schallpegel in dB(A) zu verstehen. Die Bedeutung der „Klasse“ geht aus Tabelle 11 hervor.

Tabelle 19: Zuordnung nach Benutzerdauer

Klasse	1		2		3		4		5	
	Stufe	Pegel								
Klassik	22,81	63,9	23,57	65,1	22,53	63,4	22,25	62,9	24	65,8
Metal	24,5	68	24,86	68,5	25,88	70,4	25,38	69,4	26,5	71,4
Pop	22,13	63,2	20,43	60,2	22,94	65,1	22,25	63,5	28	72,9
Sinus	10,5	55,1	12,29	58,2	14,88	62,6	11,75	57,2	15	62,9
Rauschen	8,63	53,3	11,14	57,9	13,29	61,8	9,63	55,1	13	61,2

Zur besseren Übersicht sind in Tabelle 20 die Mittelwerte der Schallpegel der Musiktitel für jede Benutzerdauer aufgeführt.

Tabelle 20: Durchschnittspegel der Klassen

Klasse	1	2	3	4	5
Durchschnittspegel / dB(A)	65	64,6	66,3	65,3	70

Weil für Klasse 5 nur zwei Probanden zugeordnet werden konnten, ist ein Vergleich mit den Restlichen zu leichtfertig. Beim Vergleich der anderen Klassen untereinander ist zu erkennen, dass sich keine klare Tendenz zu höheren oder niedrigeren Pegeln erkennen lässt. Die Unterschiede der Werte sind sehr gering und schwanken zwischen 64,6 und 66,3 dB(A).

Möchte man etwas über die Häufigkeit der Benutzungsdauern erfahren, kann man in Abbildung 47 Informationen dazu finden.

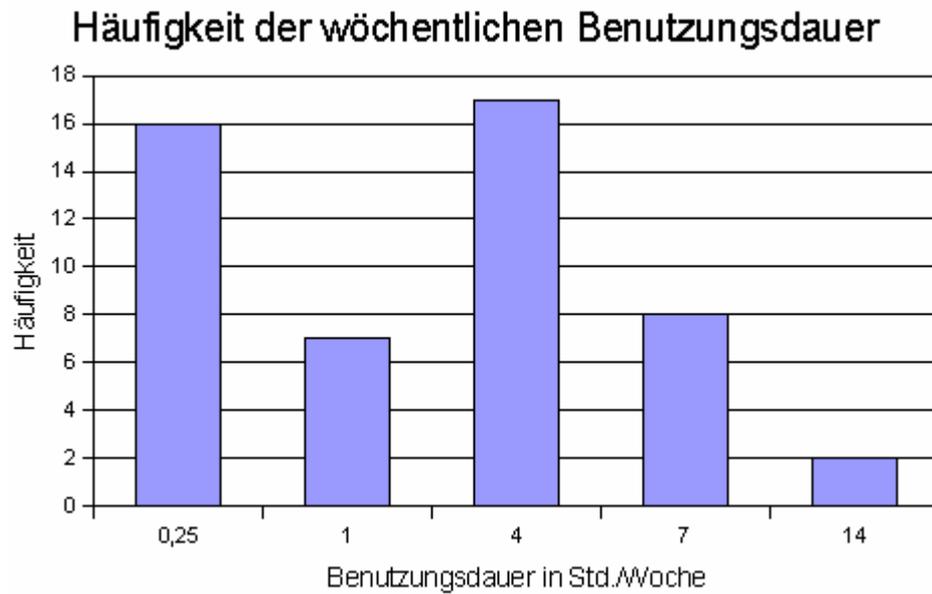


Abbildung 47: Häufigkeit der Benutzungsdauer

Die Zuordnung der Klassen in Stunden pro Woche erfolgte dabei wie in Tabelle 21 beschrieben.

Tabelle 21: Zuordnung der Klassen in Stunden pro Woche

Klasse	1	2	3	4	5
Stunden	0,25	1	4	7	14

Beim Vergleich mit der Studie aus der DAGA97 erkennt man ähnliche Tendenzen. In dieser befanden sich die Spitzenwerte im Bereich von 1 bis 4 Stunden. Für längere Zeiten nahmen die Werte kontinuierlich ab. Der Unterschied zu dieser Studie liegt bei dem großen Wert der Geringbenutzer, also der Klasse 1. Viele der Personen von Klasse 1 gaben an, dass sie nie Kopfhörer benutzen und müssten daher aus der Statistik komplett entfernt werden. Diese Informationen wurden aber nicht notiert, sodass nicht nachvollzogen werden kann, welche Probanden aus der Statistik entfernt werden müssten.

6.3 Auswerten von Trends

An dieser Stelle soll analysiert werden, wie stark der Einfluss des persönlichen Musikgeschmacks das Urteilsvermögen beeinflussen kann. Fast jedem ist bewusst, dass man zu Musik, die man gern anhört, oft zum Höherstellen der Lautstärke neigt. Dazu wurden alle Probanden nach ihrem Lieblingstitel oder den Lieblingstiteln der vorgespielten Musikstücke gefragt. Dabei wurde 14-mal der Klassik-Titel, 32-mal der Metal-Titel und 15-mal der Pop-Titel als bevorzugtes Musikstück genannt.

Beim Ausmessen der Schallpegel jedes Musiktitels für die Lautstärkestufen wurde festgestellt, dass die L_{Aeq} -Werte für die Titel annähernd gleich sind. Das bedeutet, für die Personen müsste jeder Titel bei fest eingestellter Stufe gleichlaut vorkommen. Die Ergebnisse der Kopfhörmessungen zeigen jedoch, dass starke Abweichungen auftreten, die man auf den Musikgeschmack zurückführen könnte.

Eine Möglichkeit die Beeinflussung durch die bevorzugten Musikstücke, sofern diese auch lauter als die Restlichen gehört wurden, zu korrigieren, ist es sie dem Schallpegel der restlichen gehörten Stücke anzupassen. Sofern es sich dabei um einen bevorzugten Titel handelt, wird dieser auf den Durchschnittspegel der beiden Übrigen herabkorrigiert. Im Beispiel für Person 1 wird dies verdeutlicht.

Gegeben sind folgende Informationen:

Proband	Musikstück Klassik	Musikstück Metal	Musikstück Pop	Bevorzugtes Musikstück
Person 1 (m, 22, 3)	20	22	19	Metal

Durchschnittspegel der übrigen Titel entspricht dem Mittelwert der Lautstärkestufen von Klassik und Pop. $(20 + 19) / 2 = \underline{19,5}$

Das heißt der Metal-Titel wird von Lautstärkestufe 22 auf 19,5 herabkorrigiert, was einer Differenz von $22 - 19,5 = \underline{2,5}$ entspricht.

Handelt es sich um zwei bevorzugte Titel, lässt sich vermuten, dass der Person der Verbliebene nicht sehr gefällt. Jedenfalls ist es schwer hierbei eine Korrektur zu finden, weshalb diese hierbei weggelassen wird. Falls alle drei Titel als hervorragend empfunden wurden, kann ebenfalls keine sinnvolle Korrektur erfolgen.

In Tabelle 22 sind die Probanden zu sehen, bei denen eine Korrektur nach oben genanntem Muster in Frage kam, ihre Bevorzugten Titel, die jeweilige Differenz zum Durchschnittswert und die korrigierten Stufenwerte der Musiktitel.

Tabelle 22: Musiktitel mit Korrektur

Probanden	Bevorzugtes Musikstück	Abstufung in Lautstärke-stufen	Musikstück Klassik	Musikstück Metal	Musikstück Pop
Person 1 (m, 22, 3)	Metal	2,5	20	19,5	19
Person 4 (w, 21, 3)	Pop	0,5	20	21	20,5
Person 5 (m, 23, 3)	Metal	6,5	24	24,5	25
Person 6 (m, 23, 2)	Metal	2,5	27	25,5	24
Person 9 (m, 24, 1)	Metal	4	29	27	25
Person 10 (m, 22, 3)	Metal	4	20	20	20
Person 12 (m, 19, 1)	Pop	3	21	21	21
Person 15 (w, 19, 3)	Metal	4	20	22	24
Person 17 (m, 21, 4)	Metal	5,5	25	25,5	28
Person 19 (w, 23, 1)	Klassik	2	16	17	15
Person 21 (w, 21, 1)	Klassik	2,5	24,5	26	23
Person 23 (m, 22, 3)	Metal	3,5	20	19,5	19
Person 25 (m, 24, 4)	Metal	4,5	22	21,5	21
Person 26 (m, 23, 1)	Metal	3,5	22	21,5	21
Person 27 (m, 23, 2)	Metal	3,5	24	24,5	25
Person 33 (w, 44, 1)	Metal	4,5	22	22,5	23
Person 35 (m, 20, 3)	Metal	3,5	20	19,5	19
Person 36 (m, 22, 1)	Metal	9	25	22	19
Person 37 (w, 19, 5)	Pop	7	23	23	23
Person 38 (m, 53, 1)	Metal	4	19	18	17
Person 41 (m, 23, 3)	Metal	3	22	22	22
Person 43 (m, 28, 2)	Metal	4,5	23	22,5	22
Person 44 (m, 23, 3)	Metal	4	22	23	24
Person 47 (m, 21, 3)	Metal	5	20	21	22
Person 49 (m, 30, 3)	Metal	5	26	26	26

Die Abnahme der Lautstärke-stufen belief sich im Durchschnitt auf 4,06 Stufen pro Titel. Um ein neues Bild von der Häufigkeitsverteilung zu bekommen, muss man die Personen aus Tabelle 22 wieder zu den restlichen Personen hinzufügen. Tabelle 23 gibt ein Bild über die neue Verteilung der Lautstärke-stufen.

Tabelle 23: Durchschnittspegel mit korrigierter Gesamtanzahl

Stufe	Schallpegel / dB(A)	Anzahl der gewählten Lautstärkestufen			
		Klassik	Metal	Pop	Gesamt
10	43,2	0	0	1	1
11	44,86	0	0	0	0
12	46,52	0	0	1	1
13	48,18	0	0	0	0
14	49,84	0	1	0	1
15	51,5	2	1	2	5
16	53,16	2	0	0	2
17	54,82	0	1	3	4
18	56,48	1	2	0	3
19	58,14	1	0	6	7
19,5	58,97	0	3	0	3
20	59,8	7	1	3	11
20,5	60,75	0	0	1	1
21	61,7	5	5	5	15
21,5	62,4	0	2	0	2
22	63,1	9	5	4	18
22,5	64,1	0	2	0	2
23	65,03	4	4	4	12
24	66,4	5	3	5	13
24,5	67,3	1	2	0	3
25	68,1	3	2	6	11
25,5	68,9	0	2	0	2
26	69,77	4	4	2	10
27	71,33	1	1	2	4
28	73,2	1	3	1	5
29	74,73	1	1	0	2
30	76,53	0	1	0	1
31	78,13	3	4	4	11

Wie zu sehen ist, kamen zu den bisherigen Lautstärkestufen noch einige halbe Stufen hinzu. Die Pegel dafür wurden aus den Benachbarten gemittelt. Eine Übersicht über die neue Verteilung ist in Abbildung 48 zu sehen. Es stellt die korrigierte Häufigkeitsverteilung über die angegebenen Schallpegelgruppen dar.

Im Vergleich zum Diagramm in Abbildung 44 sind deutliche Veränderungen zu erkennen. Die Anzahl der höheren Stufen ist geringer geworden. Diese haben sich zum größten Teil in dem Bereich von 65 bis 70 dB(A) angesammelt.

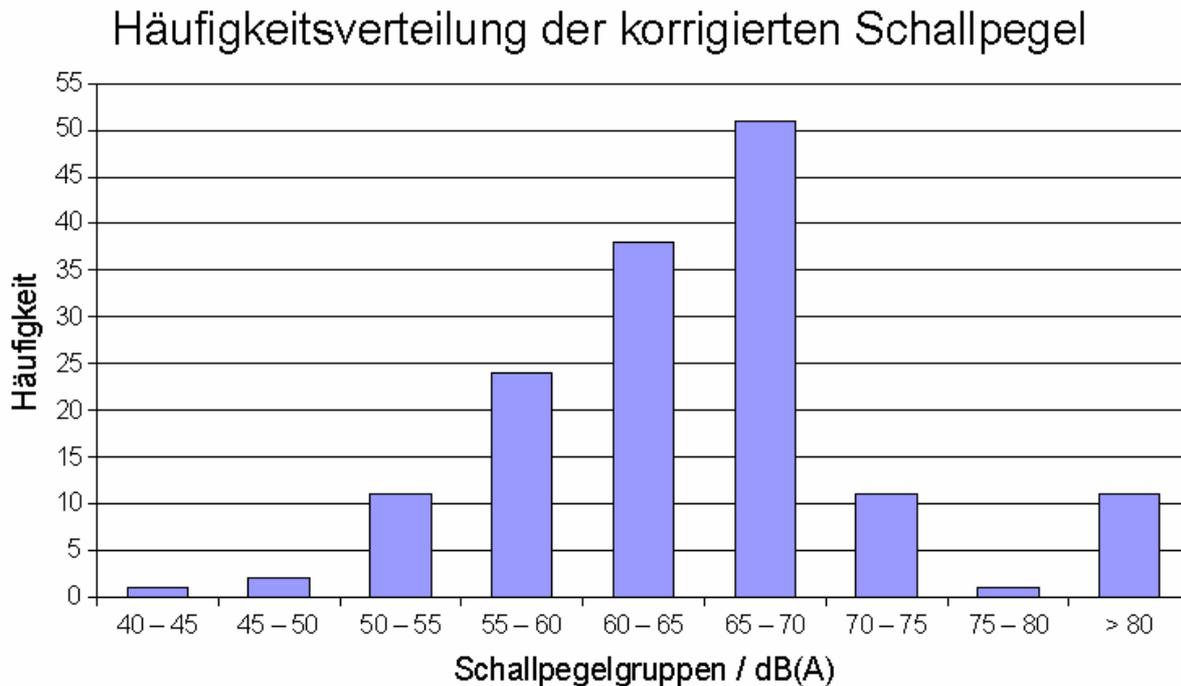


Abbildung 48: Häufigkeitsverteilung der korrigierten Schallpegel

Ob dieses Korrekturverfahren realistisch ist, kann man abschließend nicht sagen. Dazu müssten noch mehr Informationen von den Probanden ermittelt werden. Es sollten nicht nur Angaben über den bevorzugten Titel gemacht werden, sondern auch über den Unbeliebtesten.

Als weiteren Punkt der Trendanalyse werden der 1 kHz Sinuston und das Weiße Rauschen betrachtet. Im Fokus dieser Ermittlungen sollte herausgefunden werden, ob absehbar ist, dass reine Töne angenehmer oder unangenehmer zum Rauschen empfunden werden. Den Grad des Empfindens, ob diese angenehm oder nicht sind, liefern die eingestellten Schallpegel. Beim Rückblick auf die bisher durchgeführten Auswertungen in den Tabellen 10, 13, 14 und 15 ist jedoch kein klarer Trend absehbar. Die Werte bewegen sich meist ungefähr im selben Bereich und weichen nur gering voneinander ab. Somit kann zu diesem Teil der Untersuchungen gesagt werden, dass ein reiner Ton nicht beliebter oder unbeliebter gegenüber Rauschen ist. Im Zuge weiterer Forschung dazu könnte man diese Tests mit mehr reinen Tönen unterschiedlicher Frequenz versehen und auch unterschiedliche Rauschgeräusche dazu überprüfen. Erst die Ergebnisse dieser Untersuchungen würden aufschlussreichere Ergebnisse dazu liefern.

6.4 Der Einfluss des Hörvermögens

Es soll nun abgeschätzt werden, ob das Hörvermögen der Probanden einen Einfluss auf die Messdaten der Kopfhörmessungen haben könnte. Die Audiogrammformulare werden dazu analysiert. Sie geben Auskunft über die Hörschwelle der Personen. Ist diese weit außerhalb des normalen Bereichs, müsste bei den Kopfhörmesswerten dieser Personen eine Korrektur erfolgen. Da aber eine Korrektur mit Werten schwer abschätzbar ist, wäre es eventuell angebracht, deren Werte aus der Statistik zu entfernen. Eine Person gilt noch als normal hörend, sofern sie den Schallpegel jeder Frequenz noch unter 20 dB HLL wahrnehmen kann [2], also der Hörverlust unter 20 dB HL bleibt.

Es haben sich insgesamt 10 Personen zur Durchführung dieser Messung bereit erklärt. Die Audiogramme sind in Anlage 3 zu ersehen.

Anhand der gemessenen Hörschwellen kann man für jede Frequenz die Durchschnittswerte bilden. Tabelle 24 fasst die dafür nötigen Informationen zusammen. Die Werte sind mit der Einheit dB HL zu verstehen.

Tabelle 24: Zusammenfassung der Hörschwellenwerte

Linkes Ohr	Frequenz / Hz			Rechtes Ohr	Frequenz / Hz		
	Personen- nummer	500	1000		2000	Personen- nummer	500
1	14	16	18	1	9	15	11
2	9	13	14	2	3	14	14
3	14	12	25	3	11	10	29
4	19	19	40	4	16	19	46
5	5	8	16	5	5	11	11
6	8	7	14	6	4	12	14
7	10	11	10	7	5	4	5
8	13	4	10	8	7	10	11
9	4	7	7	9	7	7	14
10	-2	3	12	10	5	10	19
Durch- schnitt	9,4	10	16,6	Durch- schnitt	7,2	11,2	17,4

Es ist zu sehen, dass die Durchschnittswerte sich im normal hörenden Bereich befinden. Auch die Einzelwerte überschreiten nur in wenigen Fällen diesen. Es ist auch die Tendenz zu erkennen, dass mit steigenden Frequenzen sich die Werte erhöhen. Dabei kann es sich aber auch um Fehler bei der Kalibrierung der Messsoftware handeln und sollte noch nicht als bedenkend eingestuft werden.

Vergleicht man nun einzelne Audiogramme miteinander, kann man vielleicht Beeinflussungen durch Hörverluste feststellen. Dabei wird ein Audiogrammformular mit einem guten Ergebnis dem mit einem schlechten gegenübergestellt. Dazu werden auch noch die Kopfhörmesswerte verglichen.

Es werden nun die Werte der Personen 4 und 9 gegenüber gestellt. Dazu werden zu jeder die gewonnenen Kopfhörer- und Audiogrammwerte in den Tabellen 25 und 26 als auch in den Abbildungen 49 und 50 dargestellt.

Audiogramm 04

Tabelle 25: Kopfhörmesswerte von Person 39

Proband	Musikstück Klassik	Musikstück Metal	Musikstück Pop	Sinuston 1 kHz	Weißes Rauschen
Person 39 (w, 50, 1)	21	23	21	5	5

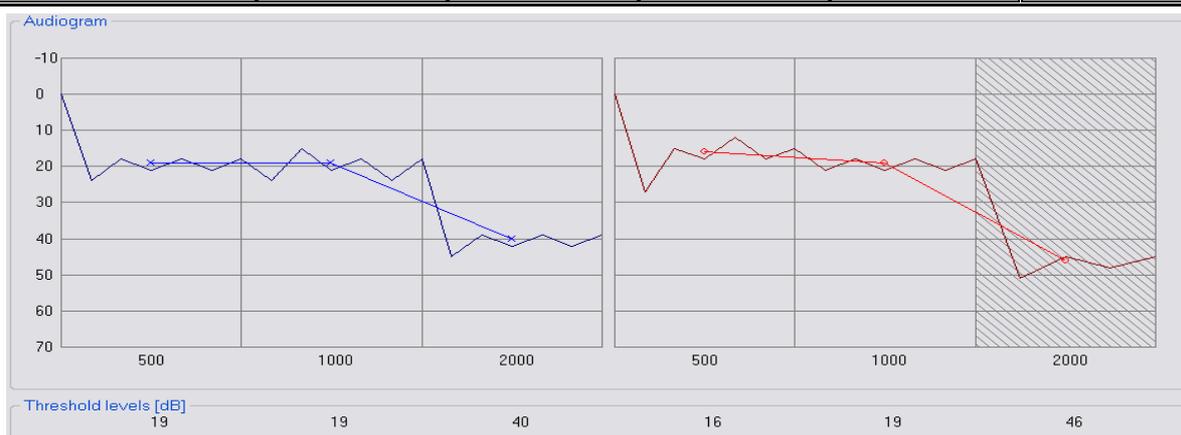


Abbildung 49: Audiogrammformular von Person 39

Audiogramm 09

Tabelle 26: Kopfhörermesswerte von Person 1

Proband	Musikstück Klassik	Musikstück Metal	Musikstück Pop	Sinuston 1 kHz	Weißes Rauschen
Person 1 (m, 22, 3)	20	22	19	18	15

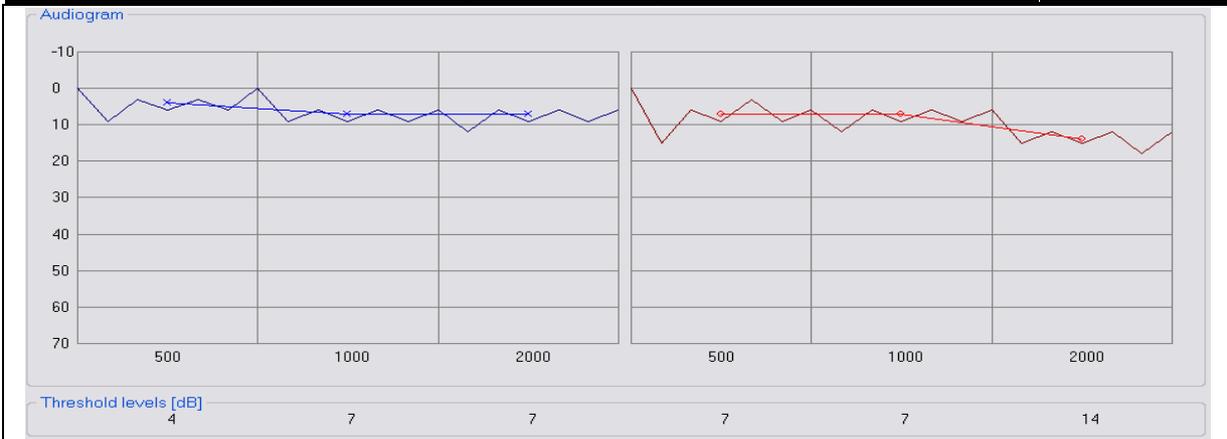


Abbildung 50: Audiogrammformular von Person 1

Beim Vergleich der Werte ist festzustellen, dass trotz unterschiedlichem Hörvermögen die Personen die Musiktitel mit annähernd gleichem Pegel sich anhörten. Dabei sollte man beachten, dass das Hörvermögen von Person 39 keine sehr kritischen Werte aufweist. Lediglich für 2000 Hz fallen die Werte über 20 dB HL aus. Bei den anderen Frequenzen liegen sie noch im normalen Bereich. Weiterhin ist zu erkennen, dass diese Person den Sinuston und das Rauschen weniger gut ertragen kann als Person 1.

Zur weiteren Analyse werden die Werte der Personen 3 und 10 zum Vergleich herangezogen. Die Kopfhörer- und Audiogrammwerte sind in den Tabellen 27 und 28 sowie in den Abbildungen 51 und 52 zu finden.

Audiogramm 03

Tabelle 27: Kopfhörermesswerte von Person 35

Proband	Musikstück Klassik	Musikstück Metal	Musikstück Pop	Sinuston 1 kHz	Weißes Rauschen
Person 35 (m, 20, 3)	20	23	19	14	7

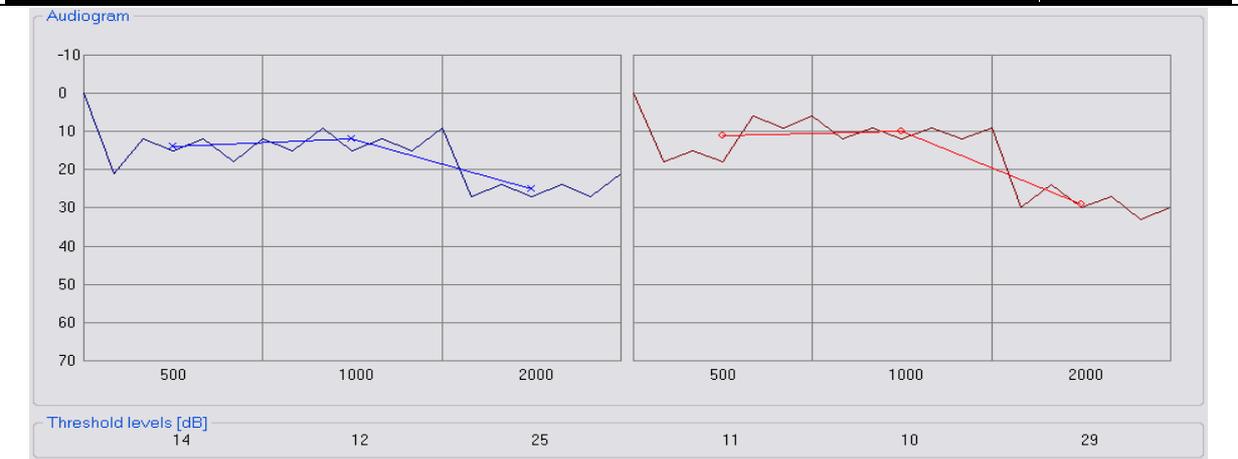


Abbildung 51: Audiogrammformular von Person 35

Audiogramm 10

Tabelle 28: Kopfhörermesswerte von Person 2

Proband	Musikstück Klassik	Musikstück Metal	Musikstück Pop	Sinuston 1 kHz	Weißes Rauschen
Person 2 (m, 26, 3)	26	28	27	14	16

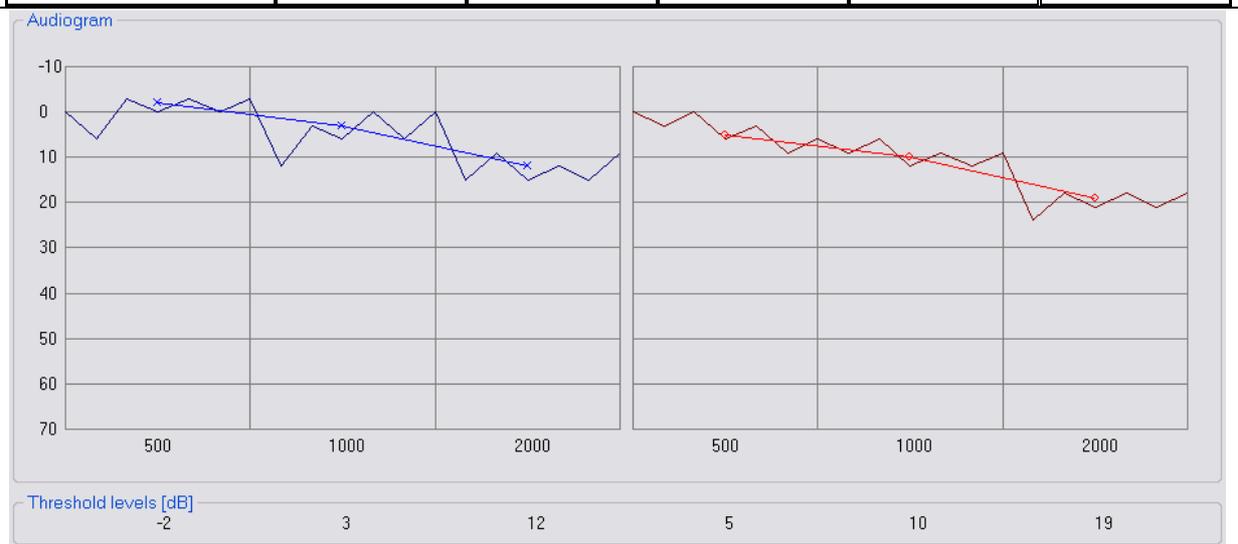


Abbildung 52: Audiogrammformular von Person 2

Beim Vergleich kann man feststellen, dass Person 2 mit den besseren Hörschwellenwerten die Musiktitel im Durchschnitt lauter angehört hat als Person 35. Auch den Sinuston und das Rauschen konnte Person 2 zum Teil lauter anhören bis es unangenehm wurde.

Auch wenn dies nur einige Beispiele sind, zeichnet sich ab, dass das subjektive Empfinden wohl die Ursache für die eingestellten Werte ist. Es konnte hierbei nicht festgestellt werden, ob ein geringfügig schlechteres Hörvermögen für höhere Werte bei den Kopfhörmessungen sorgt. Dennoch ist wohl davon auszugehen, dass ab mittelgradiger Schwerhörigkeit, also 40 – 55 dB HLL bei allen Frequenzen mit höheren Werten gerechnet werden müsste. Weil diese Untersuchungen keinen solchen Fall aufweisen, konnte es nicht überprüft werden.

Zusammenfassung

Bei den Außenmessungen konnte man einige Werte ermitteln und einer Analyse unterziehen. Die Ergebnisse und die Frequenzspektren geben Aufschluss über die Fülle und die Intensität der Geräusche. Will man herausfinden, welcher Lärmdosis ein Mensch in einer Stadt pro Tag ausgesetzt ist, müssten noch viel mehr Umgebungen dieser Stadt bemessen werden. Dazu sollten mehrere Menschen nach ihrem täglichen Tagesablauf befragt werden, um im Mittel angeben zu können, welche Umgebungen mit welcher Dauer gewichtet werden sollten.

Die gesammelten Messwerte der Probanden für die Kopfhörmessungen verliefen erfolgreich und lieferten einige aussagekräftige Ergebnisse. Es konnten durch Analysen nach unterschiedlichen Kriterien einige Trends deutlich gemacht werden. Die Abweichung der selbst erstellten Statistik zu denen von anderen Institutionen kam vor allem durch die geräuscharme Umgebung und dem Altersunterschied der Probanden. In Anknüpfung daran, könnten nach dem gleichen Schema weitere Messungen in geräuschvolleren Umgebungen durchgeführt werden. Als Wiedergabegerät sollte man dann eines mit höherer Pegelausgangsleistung benutzen oder ein verstärkendes Element zwischengeschaltet werden. Mit Hilfe von Kopfhörern, PC und Software konnte ein Audiometer eingerichtet und funktionstüchtig gemacht werden. Es konnten Messungen durchgeführt und Audiogramme erstellt werden. Die Messergebnisse gaben aber keinen Aufschluss über Beeinflussung der Kopfhörmessungen durch ein schlechteres Hörvermögen.

Die Messungen unter dem Motorradhelm lieferten bereits gute Messwerte, mit denen durchaus sinnvolle Schlussfolgerungen gezogen werden konnten. Die Qualität des Messgerätes und die Nähe des Mikrofons zum Gehör unterstützen diese Behauptung. Für weiterführende Messungen würde sich die Benutzung eines Stethoskopmikrofons eignen. Weiterhin könnte man diese Messungen für noch mehr Elemente durchführen. Oder man unternimmt eine Messung von größerer Dauer auf einer langen Fahrt, bei der man noch mehr Situationen ausgesetzt ist.

Quellenverzeichnis:

Bücher:

- [1] Möser, M.: Technische Akustik, Berlin: Springer, 7. Auflage, 2007
- [2] Kompis, M.: Audiologie, Bern: Huber, 2. Auflage, 2009

Zeitschriftenaufsätze und wissenschaftliche Arbeiten:

- [3] Felchin, B. W. Hohmann, „Gefährdung durch Walkman-Geräte“, DAGA 1997, S.493-494
- [4] Knabe, T.: „Hörtests und Umweltlärm“, Projektbericht, 2009

Internetquellen:

- [5] Ohrenspitzer: Der Hörbereich des Menschen – Schallpegelmessung. Internet:
URL http://www.ohrenspitzer.de/fileadmin/media/Ohrenspitzer/BW/5-Service_Download/AnleitungenTipps/arbeitsmaterial_schallpegelmessung.pdf (Stand 14.06.2009)
- [6] UdK Berlin: Normal equal-loudness-level contours. Internet:
URL <http://www.sengpielaudio.com/Acoustics226-2003.pdf> (Stand 14.06.2009)
- [7] Rädtker: Auswirkungen von Lärm auf den Organismus. Internet:
URL <http://www.grundkurs-physik.de/laerm/Auswirkungen.htm> (Stand 14.06.2009)
- [8] Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz.
Internet: URL
http://www.lgl.bayern.de/arbeitsschutz/technischer_arbeitsschutz/doc/laerm_schautafeln.pdf (Stand 11.07.2009)
- [9] Medizinische Abkürzungen im Internet. Internet:
URL <http://www.med-serv.de/ma-2172-tts.html> (Stand 10.07.2009)
- [10] Esser, T.: Audio Software, Home Audiometer Gehörtest. Internet:
URL <http://www.esseraudio.com/home-audiometer-geh%C3%B6rtest-h%C3%B6rtest-deutsch-software-f%C3%BCr-windows.htm> (Stand 02.07.2009)
- [11] Ensslen: Lärm und Lärmschwerhörigkeit. Internet:
URL http://www.vdri.de/downloads/fachinformationen/laerm_wolfenbuettel.pdf (Stand 14.06.2009)

Selbständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass die von mir an der Hochschule für Telekommunikation Leipzig (FH) eingereichte Abschlussarbeit zum Thema

Realisierung von Hörtests und Auswirkungen im Hinblick auf Umweltlärm mit Auswertungen

vollkommen selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Leipzig den 17.07.2009

Unterschrift

Thomas Knabe

Anlagenverzeichnis

Die folgenden Seiten beinhalten die Messprotokolle aller durchgeführten Messungen, die mit dem 2260 Investigator beziehungsweise Observer oder der Audiometersoftware unternommen wurden. Der Aufbau des Anlagenbereiches ist wie folgt beschrieben.

Anlage 1: Außenmessungen	103
Anlage 2: Helmmessungen	145
Anlage 3: Audiogramme	191

Anlage 1: Außenmessungen

Inhaltsregister

Budapest

Budapest_Bus_1.....	104
Budapest_Bus_2.....	106
Budapest_Straßenbahn_1.....	108
Budapest_Straßenbahn_2.....	110
Budapest_Straßenbahn_3.....	112
Budapest_Straßenrand_1.....	114
Budapest_Straßenrand_2.....	116
Budapest_U-Bahn_1.....	118
Budapest_U-Bahn_2.....	120
Budapest_U-Bahn_3.....	122
Budapest_Zug_1.....	124
Budapest_Zug_2.....	126

Győr

Győr_Auto_1.....	128
Győr_Auto_2.....	130
Győr_Bahnhof_1.....	132
Győr_Bahnhof_2.....	134
Győr_Bahnhof_3.....	136
Győr_Straßenrand_1.....	138
Győr_Straßenrand_2.....	140
Győr_Zug_1.....	142

Budapest_Bus_1

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		11.03.2009 07:52:31
Endzeit:		11.03.2009 07:55:57
Verstr. Zeit:		0:03:26
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		39,6-119,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

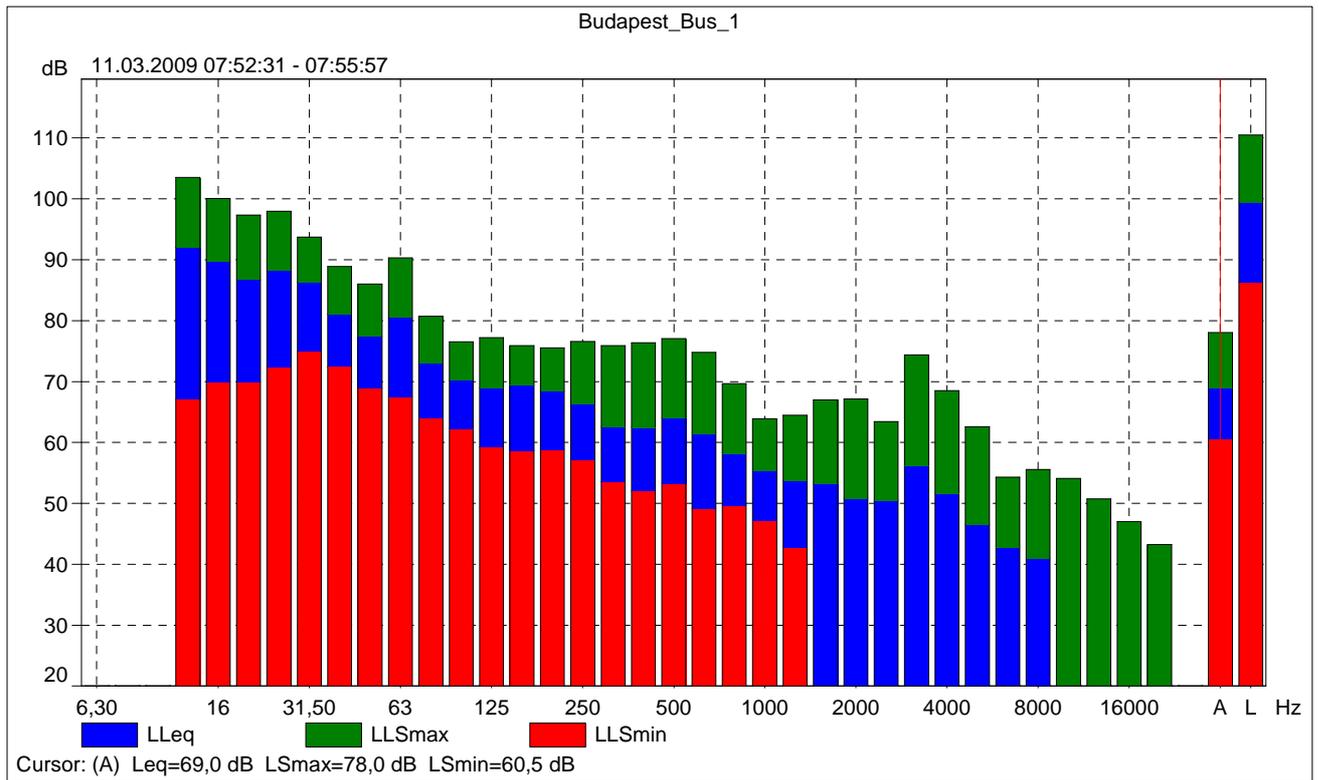
Identifikation:
Budapest, im Bus

Bearbeiter:
Thomas Knabe

Meßort:
Stehplatz im vollbesetzten Bus

Budapest_Bus_1

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	69,0	78,0	60,5
Zeit:	07:52:31	07:55:57	0:03:26				
Datum	11.03.2009	11.03.2009					



Budapest_Bus_2

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		01.04.2009 09:45:42
Endzeit:		01.04.2009 09:48:35
Verstr. Zeit:		0:02:53
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		39,6-119,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

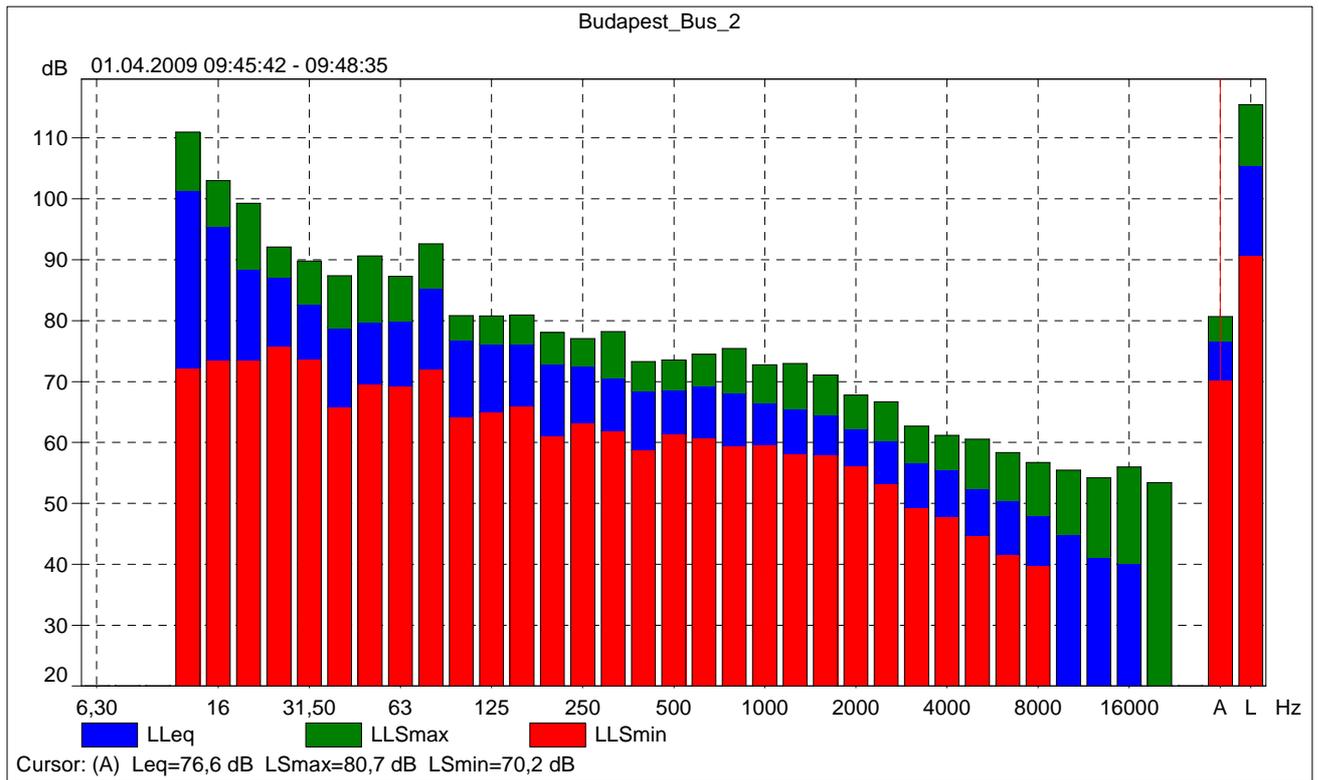
Identifikation:
Budapest, im Bus

Bearbeiter:
Thomas Knabe

Meßort:
Stehplatz im vollbesetzten Bus

Budapest_Bus_2

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,04	76,6	80,7	70,2
Zeit:	09:45:42	09:48:35	0:02:53				
Datum	01.04.2009	01.04.2009					



Budapest_Straßenbahn_1

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		11.03.2009 12:35:33
Endzeit:		11.03.2009 12:45:34
Verstr. Zeit:		0:10:01
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		39,6-119,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

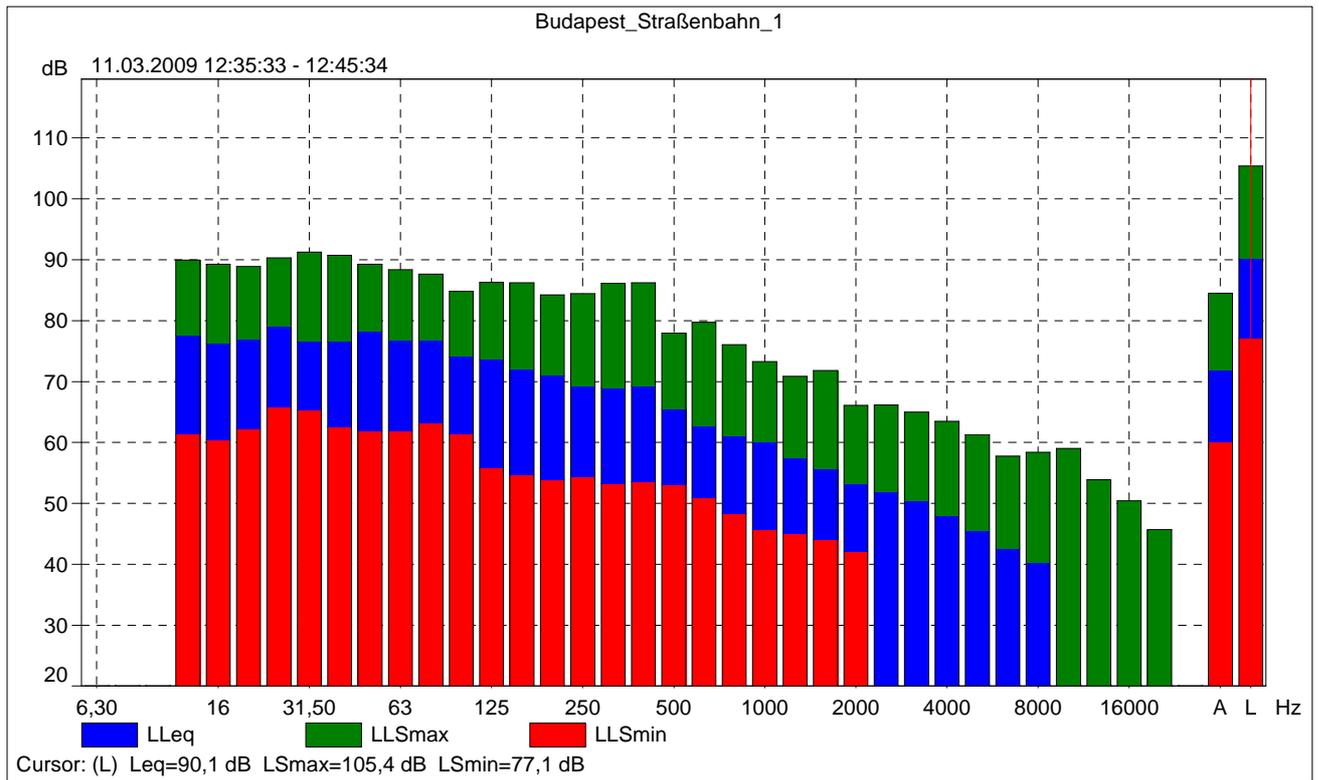
Identifikation:
Budapest, in der Straßenbahn

Bearbeiter:
Thomas Knabe

Meßort:
Sitzplatz in halbbesetzter Straßenbahn

Budapest_Straßenbahn_1

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	71,9	84,5	60,1
Zeit:	12:35:33	12:45:34	0:10:01				
Datum	11.03.2009	11.03.2009					



Budapest_Straßenbahn_2

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		11.03.2009 12:47:07
Endzeit:		11.03.2009 12:48:07
Verstr. Zeit:		0:01:00
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		39,6-119,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Budapest, in der Straßenbahn, reine Fahrtzeit ohne Ein- und Ausstiegspause

Bearbeiter:

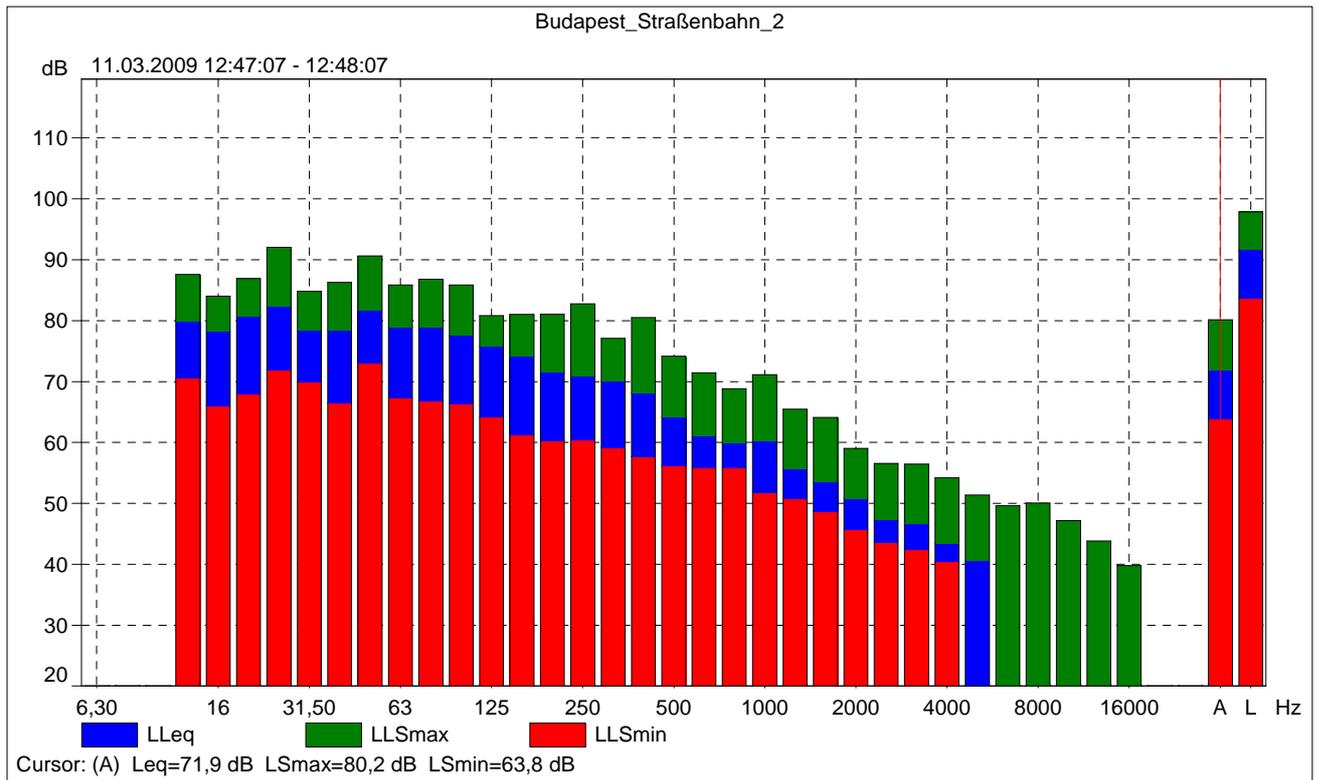
Thomas Knabe

Meßort:

Sitzplatz in der halbbesetzten Straßenbahn

Budapest_Straßenbahn_2

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	71,9	80,2	63,8
Zeit:	12:47:07	12:48:07	0:01:00				
Datum	11.03.2009	11.03.2009					



Budapest_Straßenbahn_3

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		11.03.2009 12:51:19
Endzeit:		11.03.2009 12:52:07
Verstr. Zeit:		0:00:48
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		39,6-119,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Budapest, in der Straßenbahn, reine Fahrtzeit ohne Ein- und Ausstiegspause

Bearbeiter:

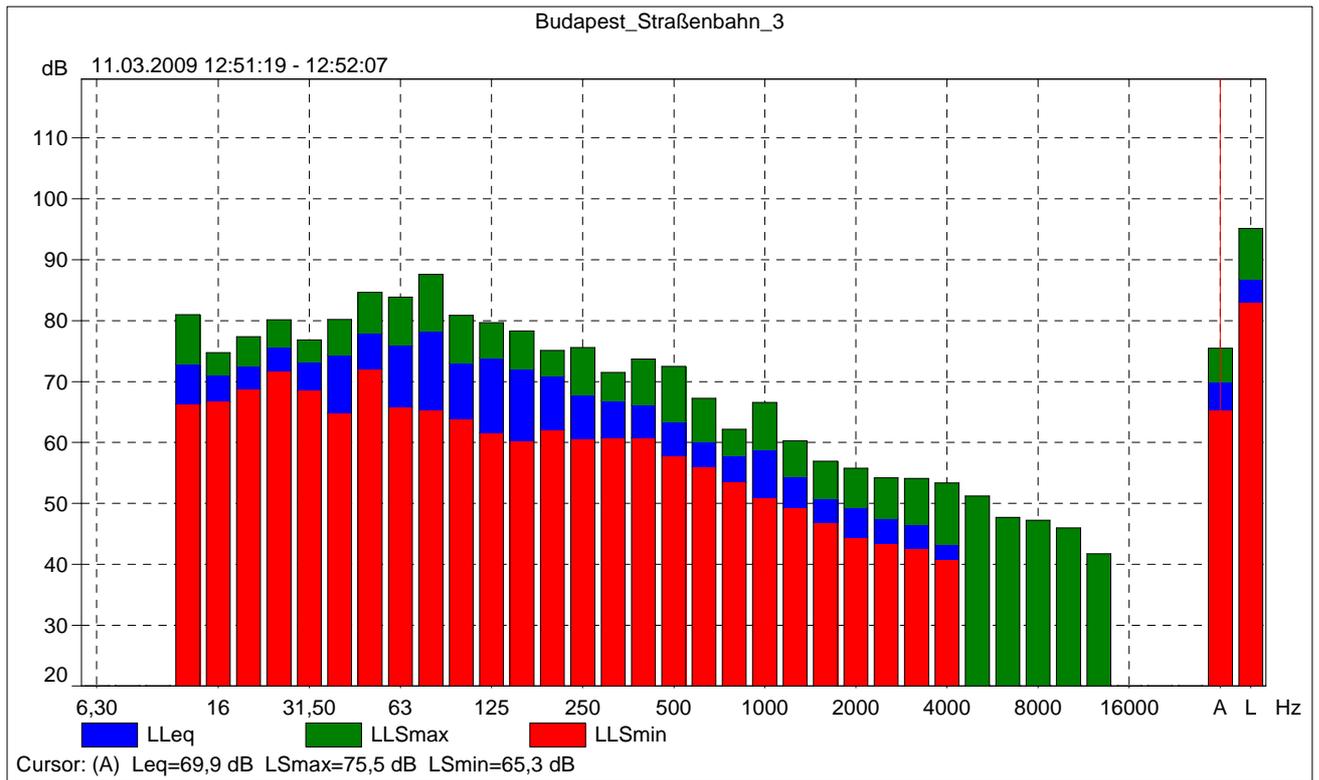
Thomas Knabe

Meßort:

Sitzplatz in der halbbesetzten Straßenbahn

Budapest_Straßenbahn_3

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	69,9	75,5	65,3
Zeit:	12:51:19	12:52:07	0:00:48				
Datum	11.03.2009	11.03.2009					



Budapest_Straßenrand_1

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		11.03.2009 07:49:53
Endzeit:		11.03.2009 07:51:22
Verstr. Zeit:		0:01:29
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		39,6-119,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Budapest, Bushaltestelle an stark befahrener Straße

Bearbeiter:

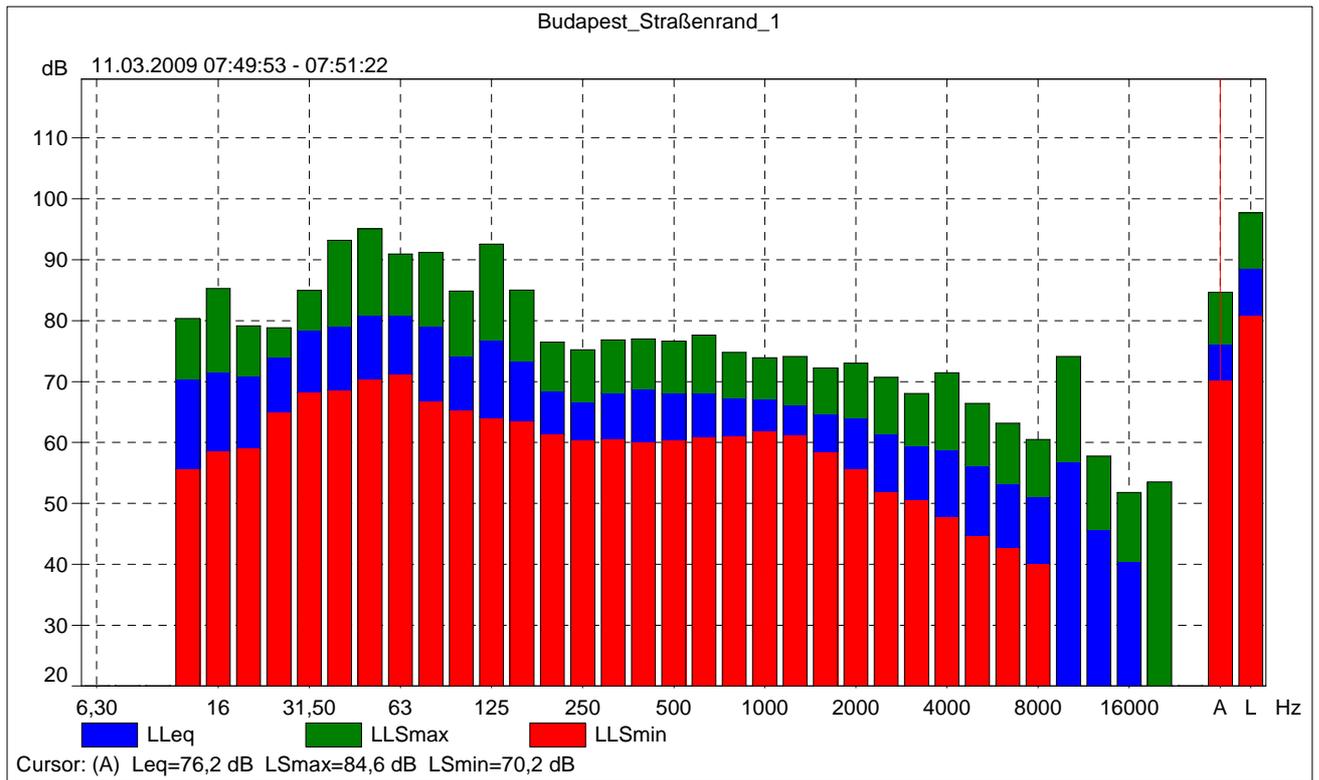
Thomas Knabe

Meßort:

Straßenrand, 1 m Abstand zur Fahrspur

Budapest_Straßenrand_1

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	76,2	84,6	70,2
Zeit:	07:49:53	07:51:22	0:01:29				
Datum	11.03.2009	11.03.2009					



Budapest_Straßenrand_2

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		01.04.2009 09:38:46
Endzeit:		01.04.2009 09:44:56
Verstr. Zeit:		0:06:10
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		39,6-119,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Budapest, Bushaltestelle an stark befahrener Straße

Bearbeiter:

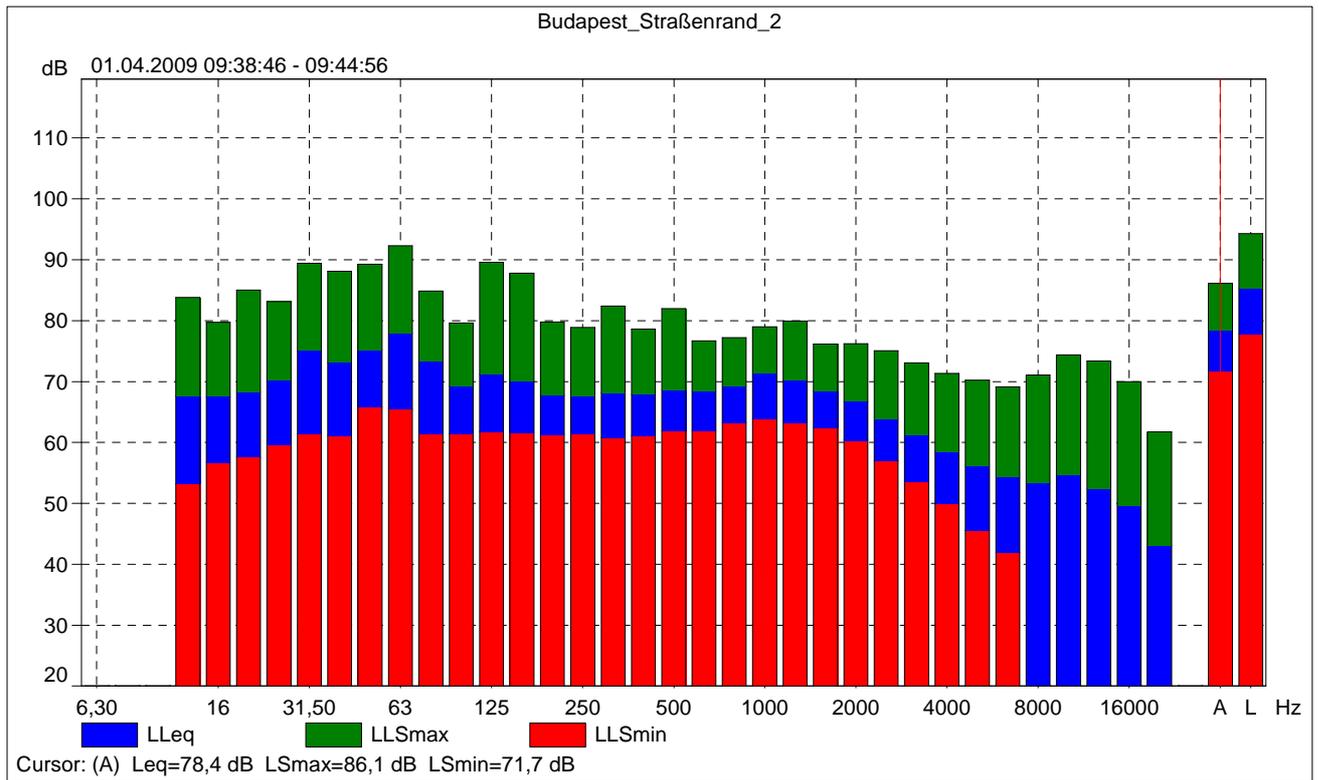
Thomas Knabe

Meßort:

Straßenrand, 1 m Abstand zur Fahrspur

Budapest_Straßenrand_2

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	78,4	86,1	71,7
Zeit:	09:38:46	09:44:56	0:06:10				
Datum	01.04.2009	01.04.2009					



Budapest_U-Bahn_1

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		11.03.2009 14:09:13
Endzeit:		11.03.2009 14:10:12
Verstr. Zeit:		0:00:59
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		39,6-119,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Budapest, in der U-Bahn, reine Fahrzeit ohne Ein- und Ausstiegspause

Bearbeiter:

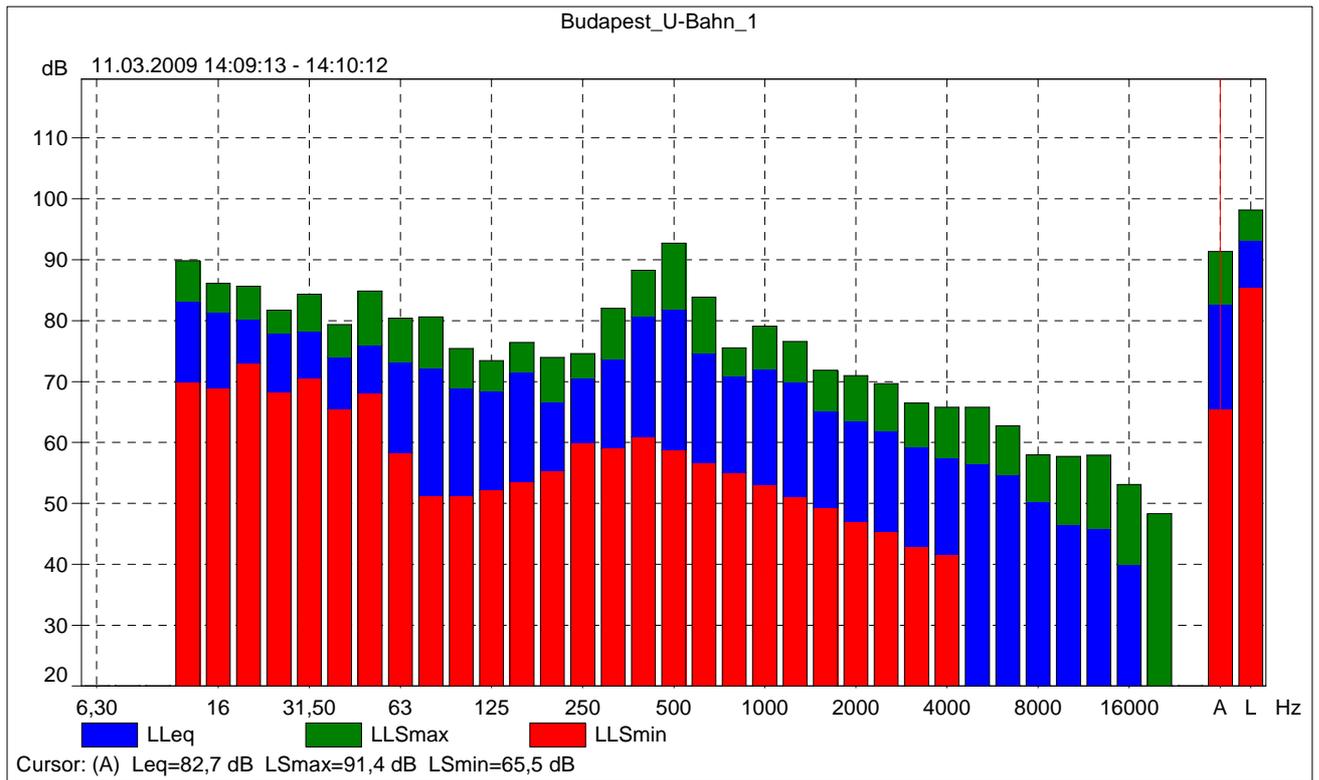
Thomas Knabe

Meßort:

Stehplatz in vollbesetzter U-Bahn

Budapest_U-Bahn_1

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	82,7	91,4	65,5
Zeit:	14:09:13	14:10:12	0:00:59				
Datum	11.03.2009	11.03.2009					



Budapest_U-Bahn_2

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		11.03.2009 14:10:51
Endzeit:		11.03.2009 14:12:04
Verstr. Zeit:		0:01:13
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		39,6-119,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Budapest, in der U-Bahn, reine Fahrzeit ohne Ein- und Ausstiegspause

Bearbeiter:

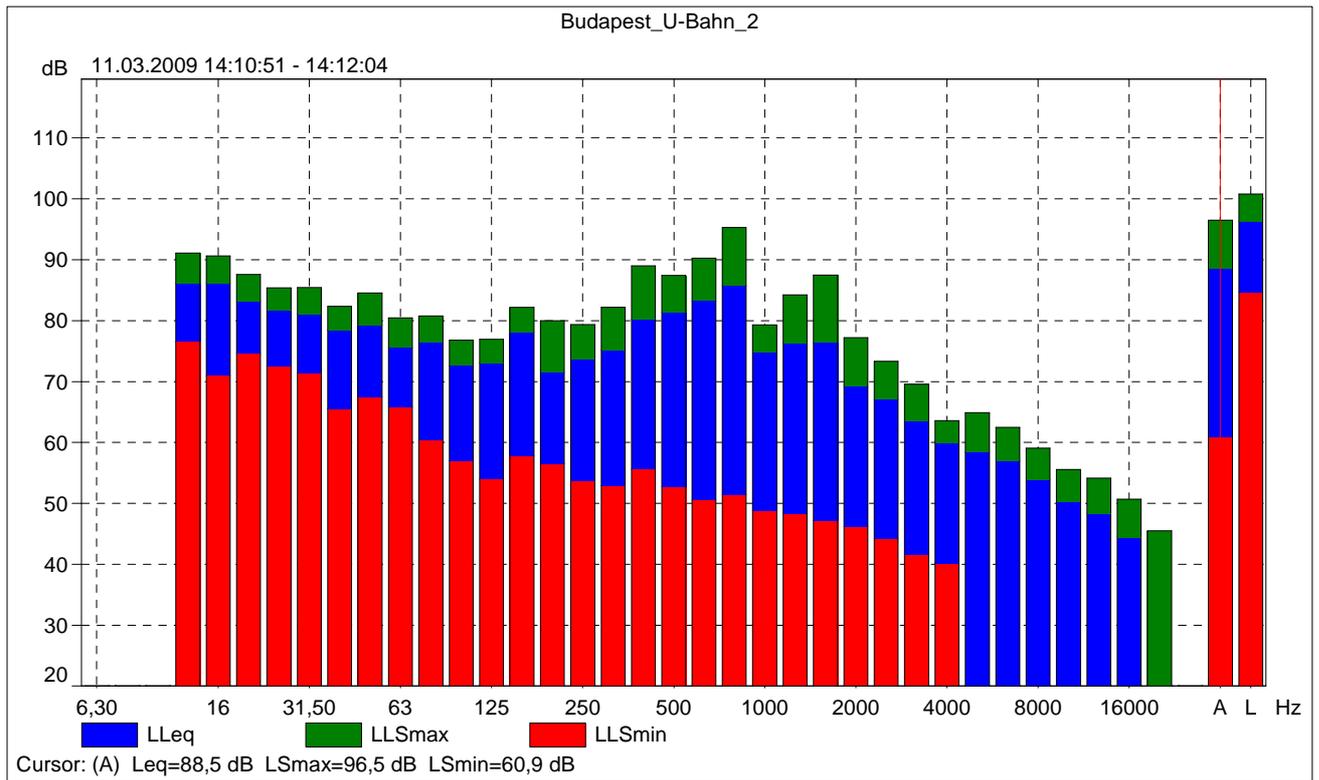
Thomas Knabe

Meßort:

Stehplatz in der vollbesetzten U-Bahn

Budapest_U-Bahn_2

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	88,5	96,5	60,9
Zeit:	14:10:51	14:12:04	0:01:13				
Datum	11.03.2009	11.03.2009					



Budapest_U-Bahn_3

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		01.04.2009 18:58:41
Endzeit:		01.04.2009 19:01:47
Verstr. Zeit:		0:03:06
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		39,6-119,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

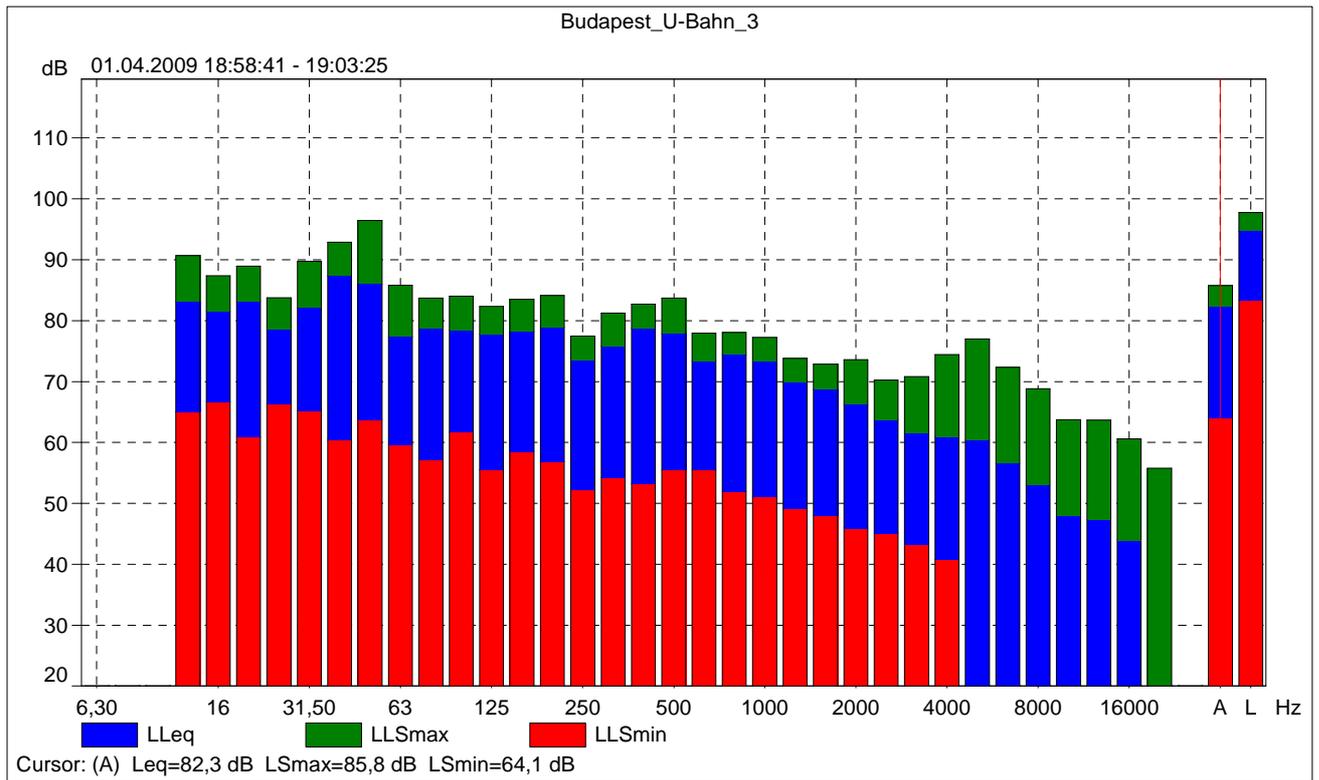
Identifikation:
Budapest, in der U-Bahn

Bearbeiter:
Thomas Knabe

Meßort:
Sitzplatz in der halbvoll besetzten U-Bahn

Budapest_U-Bahn_3

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	82,3	85,8	64,1
Zeit:	18:58:41	19:03:25	0:03:06				
Datum	01.04.2009	01.04.2009					



Budapest_Zug_1

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		11.03.2009 15:46:40
Endzeit:		11.03.2009 15:51:39
Verstr. Zeit:		0:04:59
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		39,6-119,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Budapest, Zug, im Eisenbahnwaggon, nach Verlassen des Bahnhofes

Bearbeiter:

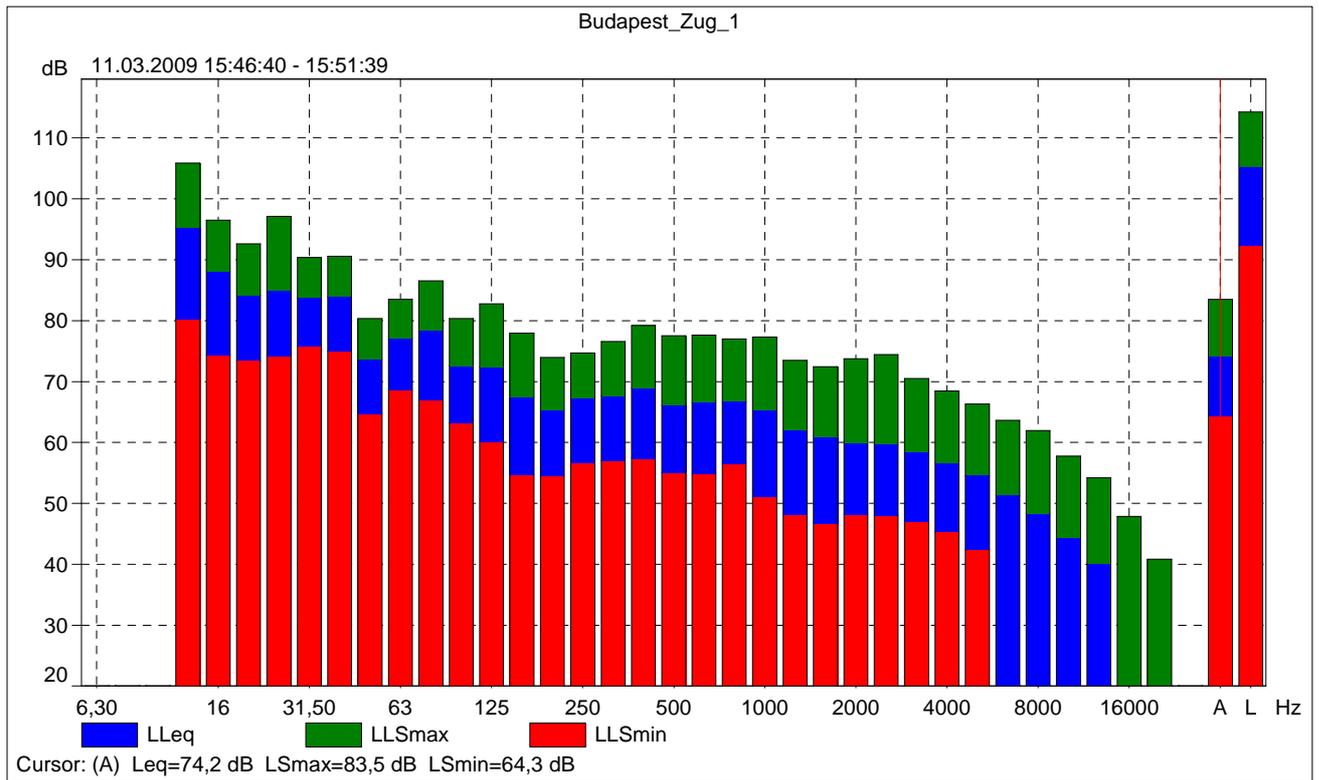
Thomas Knabe

Meßort:

Sitzplatz im halbvoll besetzten Waggon mit Reihensitzen

Budapest_Zug_1

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	74,2	83,5	64,3
Zeit:	15:46:40	15:51:39	0:04:59				
Datum	11.03.2009	11.03.2009					



Budapest_Zug_2

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		11.03.2009 16:00:19
Endzeit:		11.03.2009 16:10:20
Verstr. Zeit:		0:10:01
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		39,6-119,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Strecke Budapest nach Győr, Zug, im Eisenbahnwaggon

Bearbeiter:

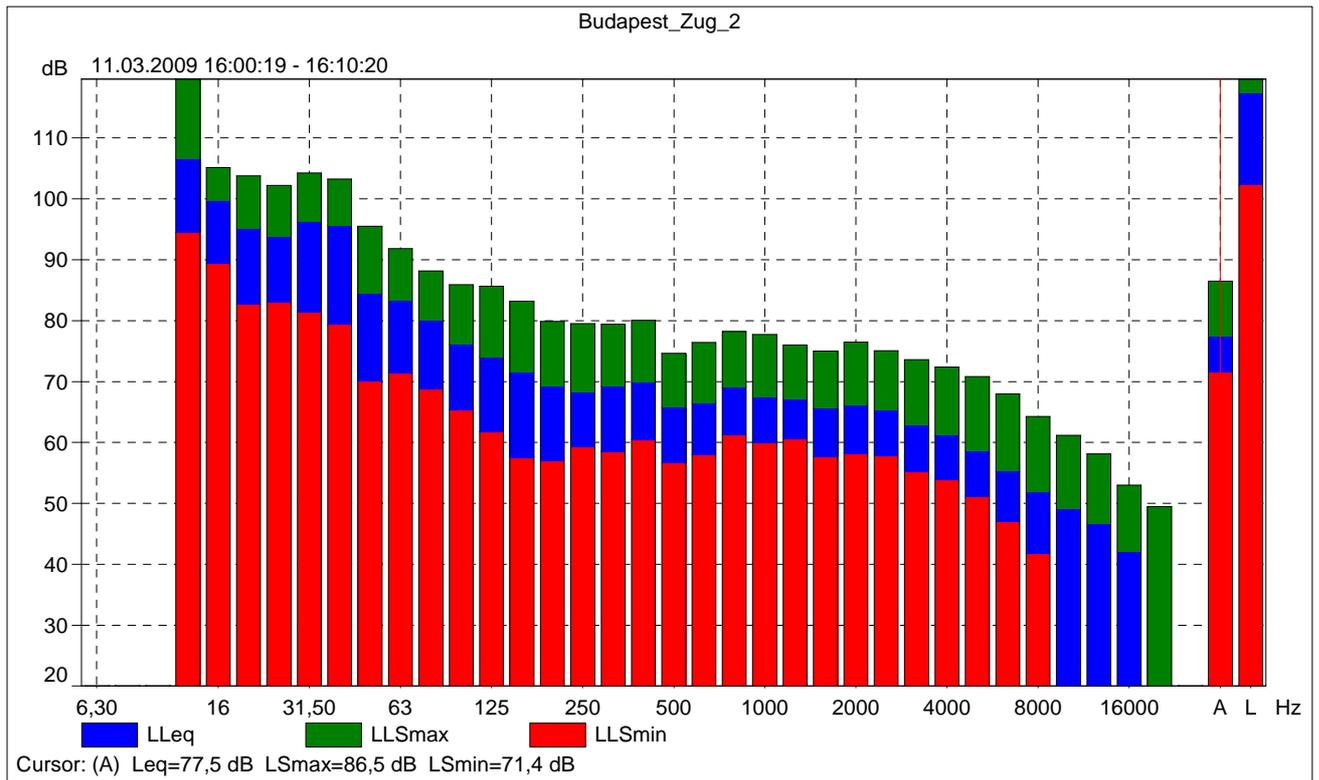
Thomas Knabe

Meßort:

Sitzplatz im halbvoll besetzten Waggon mit Reihensitzen

Budapest_Zug_2

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				11,40	77,5	86,5	71,4
Zeit:	16:00:19	16:10:20	0:10:01				
Datum	11.03.2009	11.03.2009					



Györ_Auto_1

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		22.03.2009 16:35:07
Endzeit:		22.03.2009 16:40:32
Verstr. Zeit:		0:05:25
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		39,6-119,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Landstraße nahe Györ, im Auto, bei Tempo 50 bis 90 km/h, offenes Fenster, Radio an

Bearbeiter:

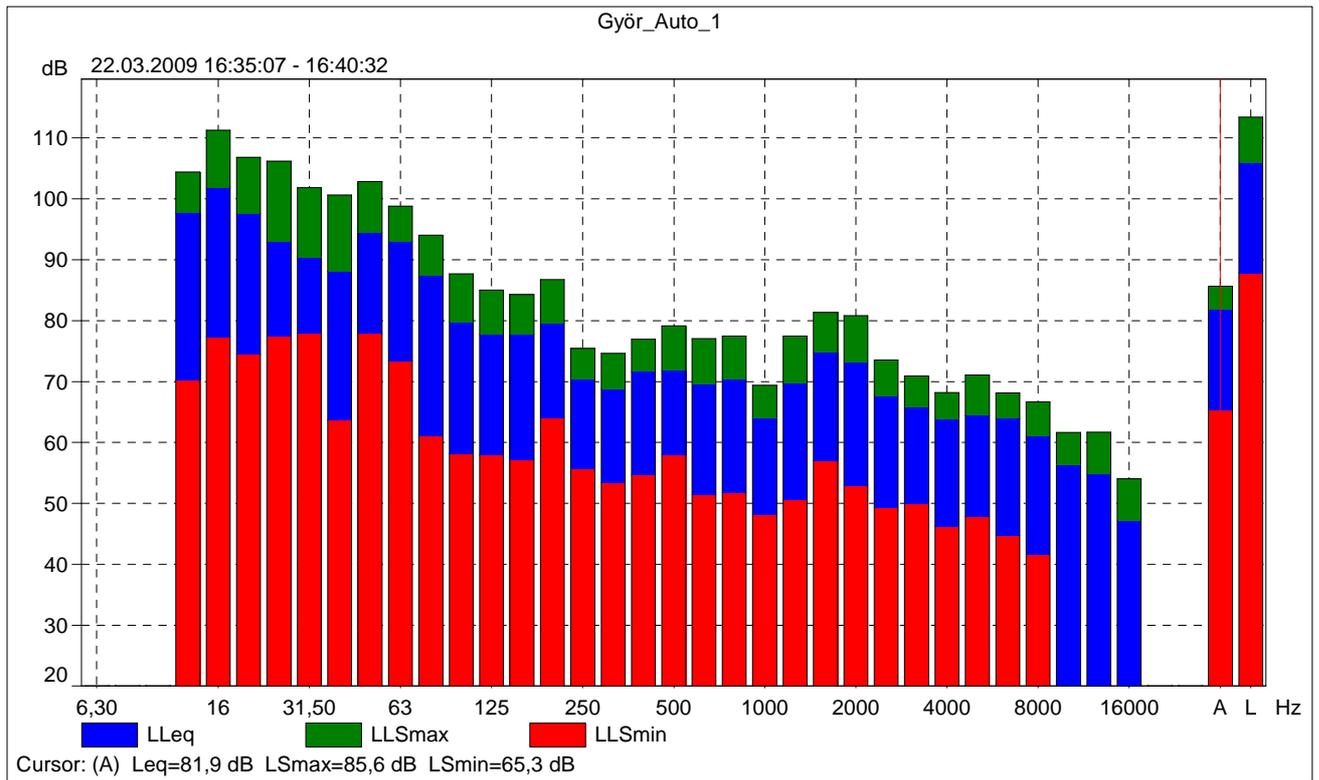
Thomas Knabe

Meßort:

auf dem Beifahrersitz

Györ_Auto_1

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,04	81,9	85,6	65,3
Zeit:	16:35:07	16:40:32	0:05:25				
Datum	22.03.2009	22.03.2009					



Györ_Auto_2

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		22.03.2009 16:41:43
Endzeit:		22.03.2009 16:46:34
Verstr. Zeit:		0:04:51
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		39,6-119,6 dB

	Zeit:	Frequenz:
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Landstraße nahe Györ, im Auto, bei Tempo 50 bis 90 km/h, offenes Fenster, Radio aus

Bearbeiter:

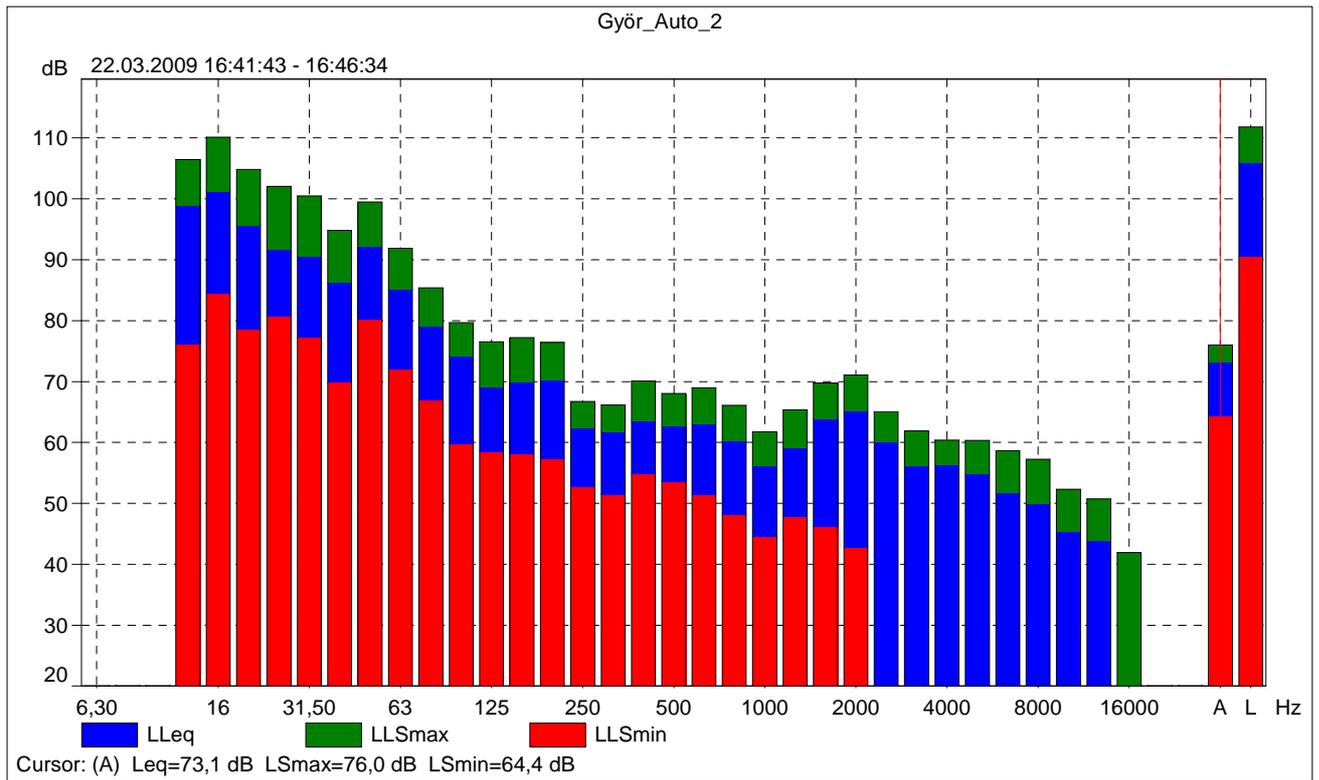
Thomas Knabe

Meßort:

auf dem Beifahrersitz

Györ_Auto_2

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	73,1	76,0	64,4
Zeit:	16:41:43	16:46:34	0:04:51				
Datum	22.03.2009	22.03.2009					



Györ_Bahnhof_1

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		16.03.2009 15:13:48
Endzeit:		16.03.2009 15:14:07
Verstr. Zeit:		0:00:19
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		39,6-119,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Györ, Bahnhof, ankommender Zug

Bearbeiter:

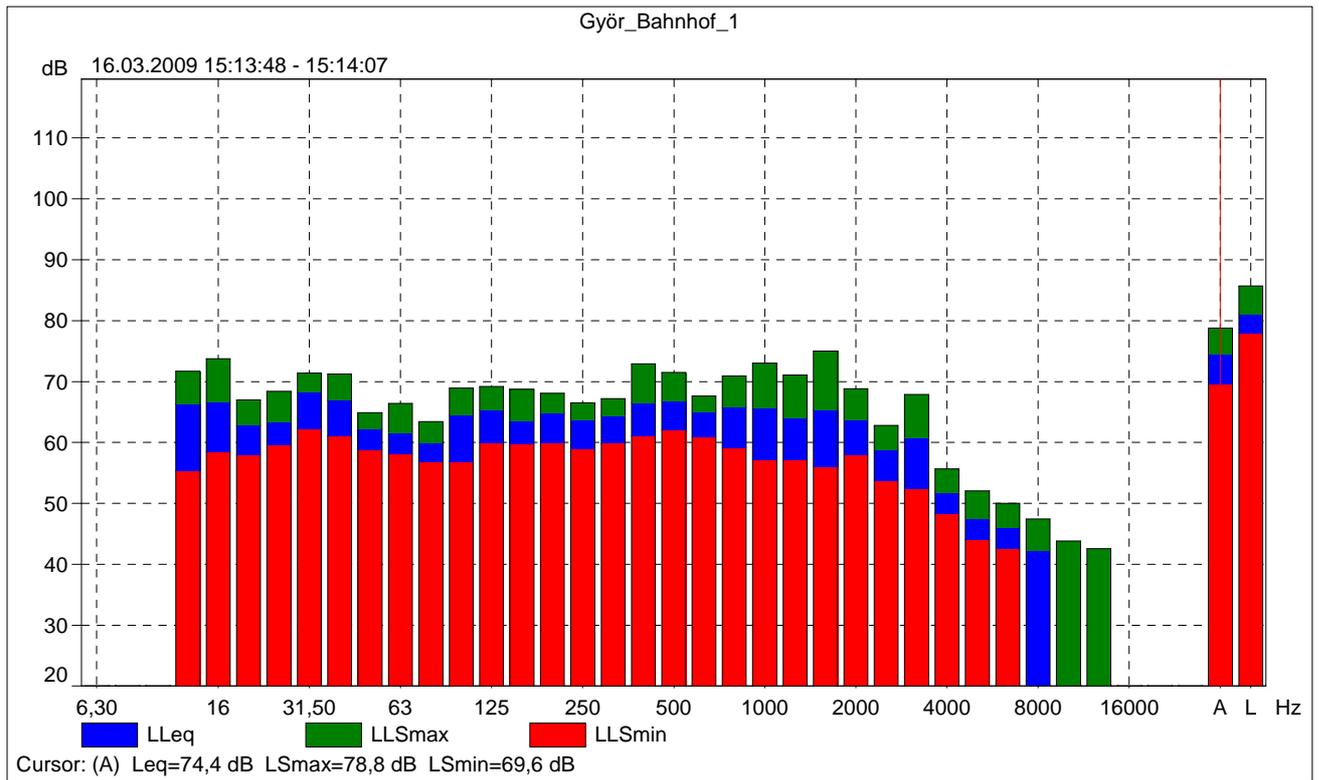
Thomas Knabe

Meßort:

Bahnsteig, 2m Entfernung vom Gleis

Györ_Bahnhof_1

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	74,4	78,8	69,6
Zeit:	15:13:48	15:14:07	0:00:19				
Datum	16.03.2009	16.03.2009					



Györ_Bahnhof_2

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		16.03.2009 15:24:48
Endzeit:		16.03.2009 15:25:31
Verstr. Zeit:		0:00:43
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		39,6-119,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Györ, Bahnhof, ankommender Zug

Bearbeiter:

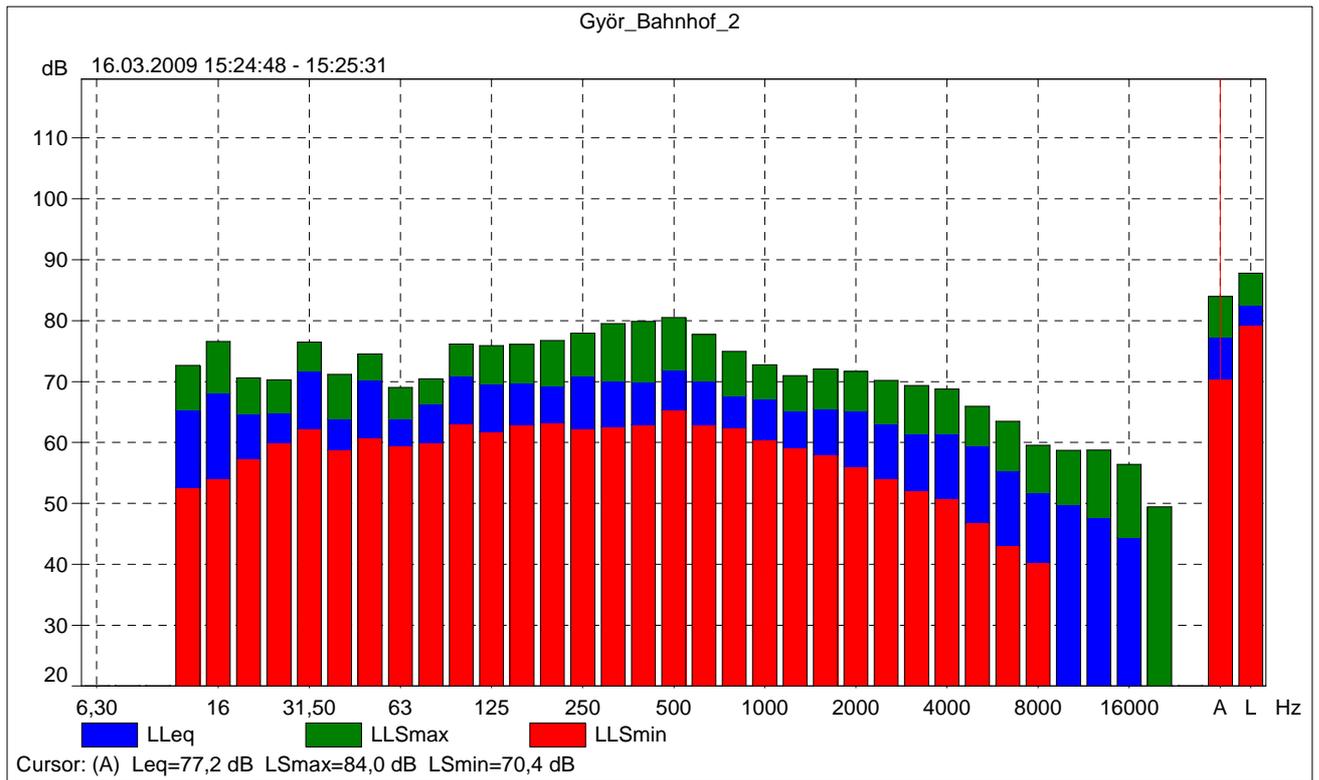
Thomas Knabe

Meßort:

Bahnsteig, 2m Entfernung vom Gleis

Györ_Bahnhof_2

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	77,2	84,0	70,4
Zeit:	15:24:48	15:25:31	0:00:43				
Datum	16.03.2009	16.03.2009					



Györ_Bahnhof_3

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		16.03.2009 15:34:51
Endzeit:		16.03.2009 15:35:13
Verstr. Zeit:		0:00:22
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		39,6-119,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

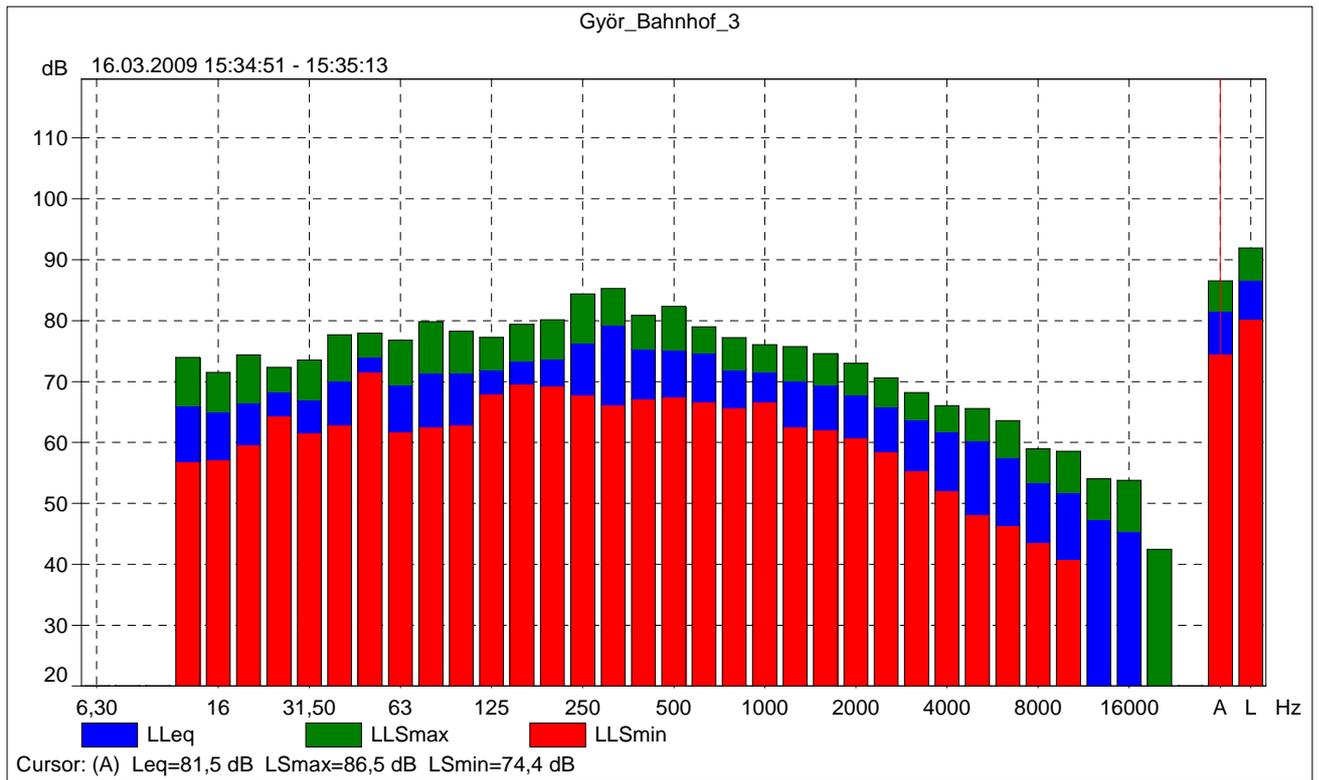
Identifikation:
Györ, Bahnhof, ankommender Zug

Bearbeiter:
Thomas Knabe

Meßort:
Bahnsteig, 2m Entfernung vom Gleis

Györ_Bahnhof_3

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	81,5	86,5	74,4
Zeit:	15:34:51	15:35:13	0:00:22				
Datum	16.03.2009	16.03.2009					



Györ_Straßenrand_1

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		16.03.2009 14:42:06
Endzeit:		16.03.2009 14:47:07
Verstr. Zeit:		0:05:01
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		39,6-119,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Györ, Straßenrand einer leicht befahrenen Straße

Bearbeiter:

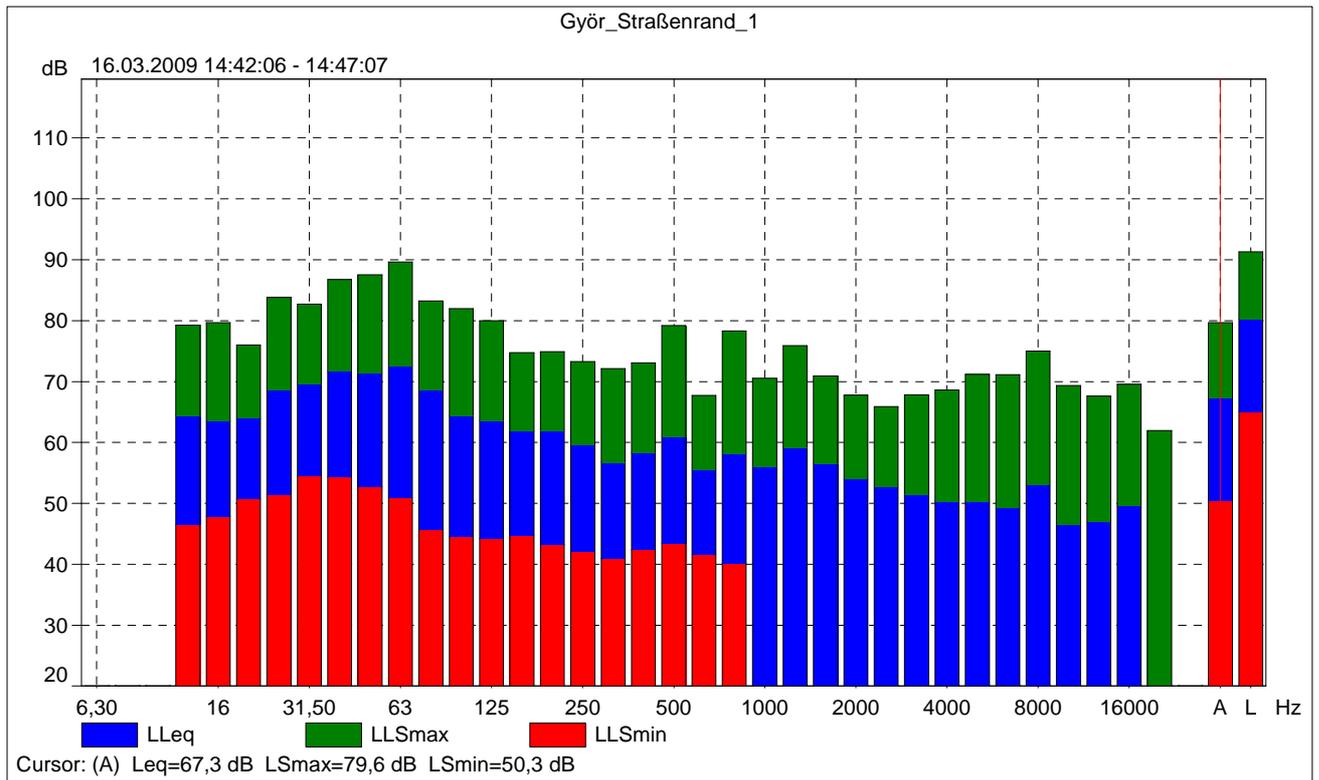
Thomas Knabe

Meßort:

Bürgersteig, 1m Entfernung zur Fahrspur

Györ_Straßenrand_1

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	67,3	79,6	50,3
Zeit:	14:42:06	14:47:07	0:05:01				
Datum	16.03.2009	16.03.2009					



Györ_Straßenrand_2

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		16.03.2009 15:47:40
Endzeit:		16.03.2009 15:52:42
Verstr. Zeit:		0:05:02
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		39,6-119,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Györ, Straßenrand einer stark befahrenen Straße

Bearbeiter:

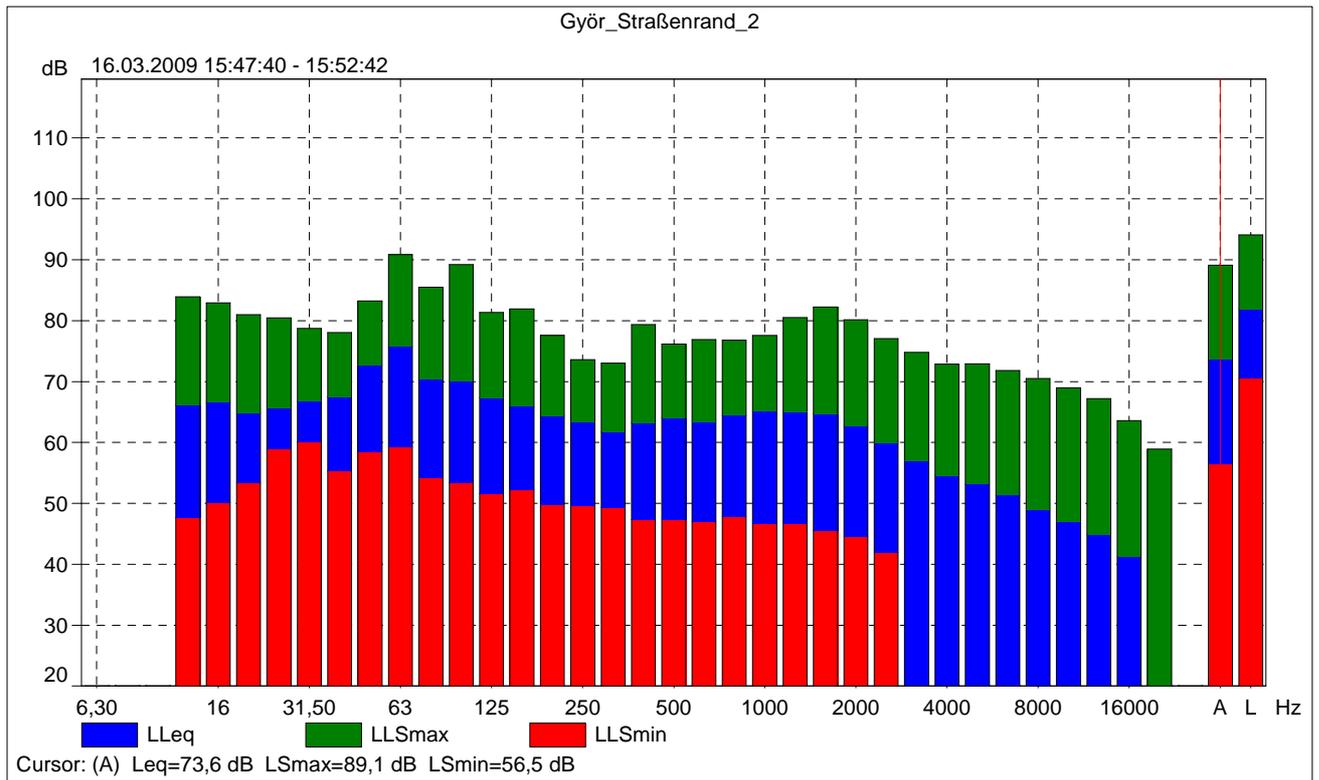
Thomas Knabe

Meßort:

Bürgersteig, 1m Entfernung zur Fahrspur

Györ_Straßenrand_2

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	73,6	89,1	56,5
Zeit:	15:47:40	15:52:42	0:05:02				
Datum	16.03.2009	16.03.2009					



Györ_Zug_1

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		11.03.2009 06:38:10
Endzeit:		11.03.2009 06:49:00
Verstr. Zeit:		0:10:50
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		39,6-119,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

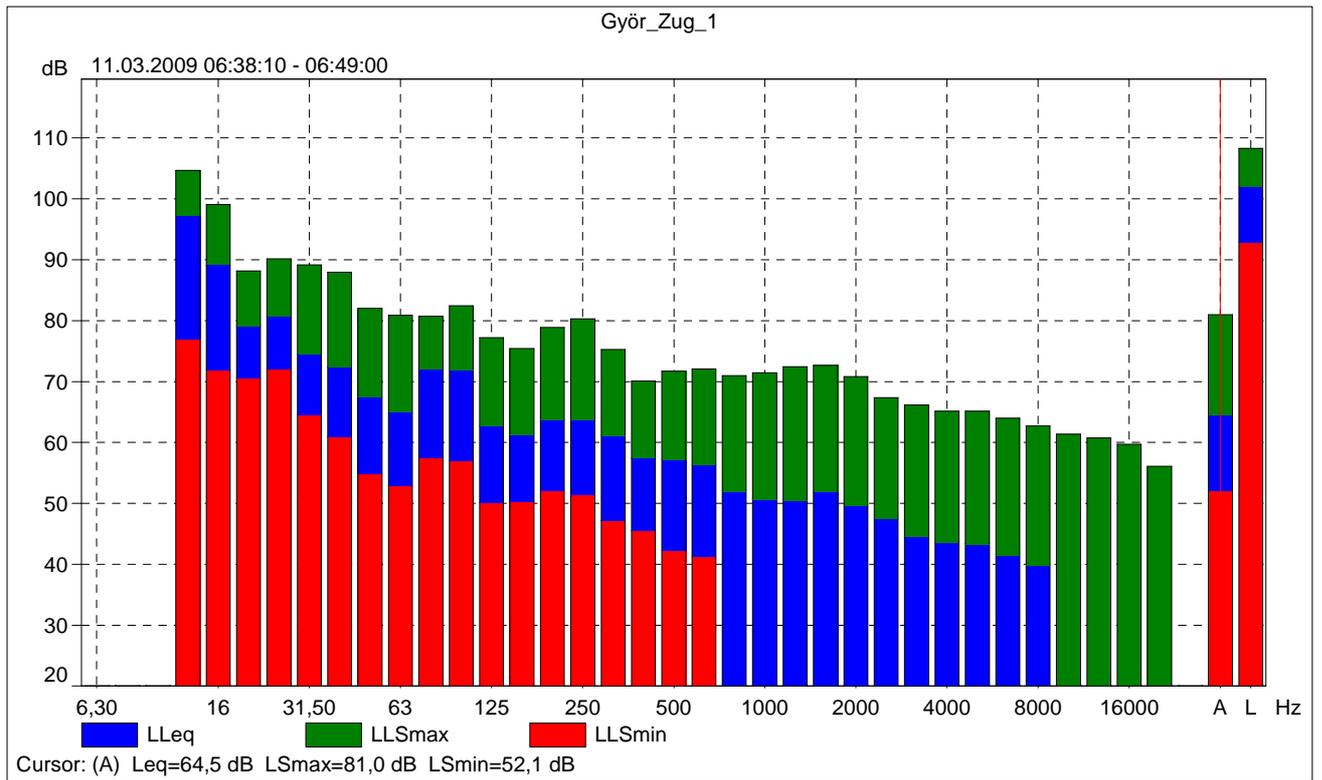
Identifikation:
Strecke Györ nach Budapest, Zug, im Eisenbahnwaggon

Bearbeiter:
Thomas Knabe

Meßort:
Sitzplatz im geschlossenen Sechspersonenabteil

Györ_Zug_1

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	64,5	81,0	52,1
Zeit:	06:38:10	06:49:00	0:10:50				
Datum	11.03.2009	11.03.2009					



Anlage 2: Helmmessungen

Inhaltsregister

Motorrad 1

Mo1_Stand.....146

MTR-Integralhelm

Mo1_MTR_Stand.....148

Mo1_MTR_Stadtverkehr.....150

Mo1_MTR_Ortsdurchfahrt.....152

Mo1_MTR_Landstraße.....154

Mo1_MTR_Autobahn.....156

Schuberth-Integralhelm

Mo1_Schuberth_Stand.....158

Mo1_Schuberth_Stadtverkehr.....160

Mo1_Schuberth_Ortsdurchfahrt.....162

Mo1_Schuberth_Landstraße.....164

Mo1_Schuberth_Autobahn.....166

Motorrad 2

Mo2_Stand.....168

Shark-Crosshelm

Mo2_Cross_Stand.....170

Mo2_Cross_Stadtverkehr.....172

Mo2_Cross_Ortsdurchfahrt.....174

Mo2_Cross_Bundesstraße.....176

Mo2_Cross_Autobahn.....178

Shark-Integralhelm

Mo2_Shark_Stand.....180

Mo2_Shark_Stadtverkehr.....182

Mo2_Shark_Ortsdurchfahrt.....184

Mo2_Shark_Bundesstraße.....186

Mo2_Shark_Autobahn.....188

Mo1_Stand

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		07.05.2009 10:13:11
Endzeit:		07.05.2009 10:13:42
Verstr. Zeit:		0:00:31
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		29,6-109,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Motorrad 1, Messung bei Standgas, 1 m Entfernung von Motorrad

Bearbeiter:

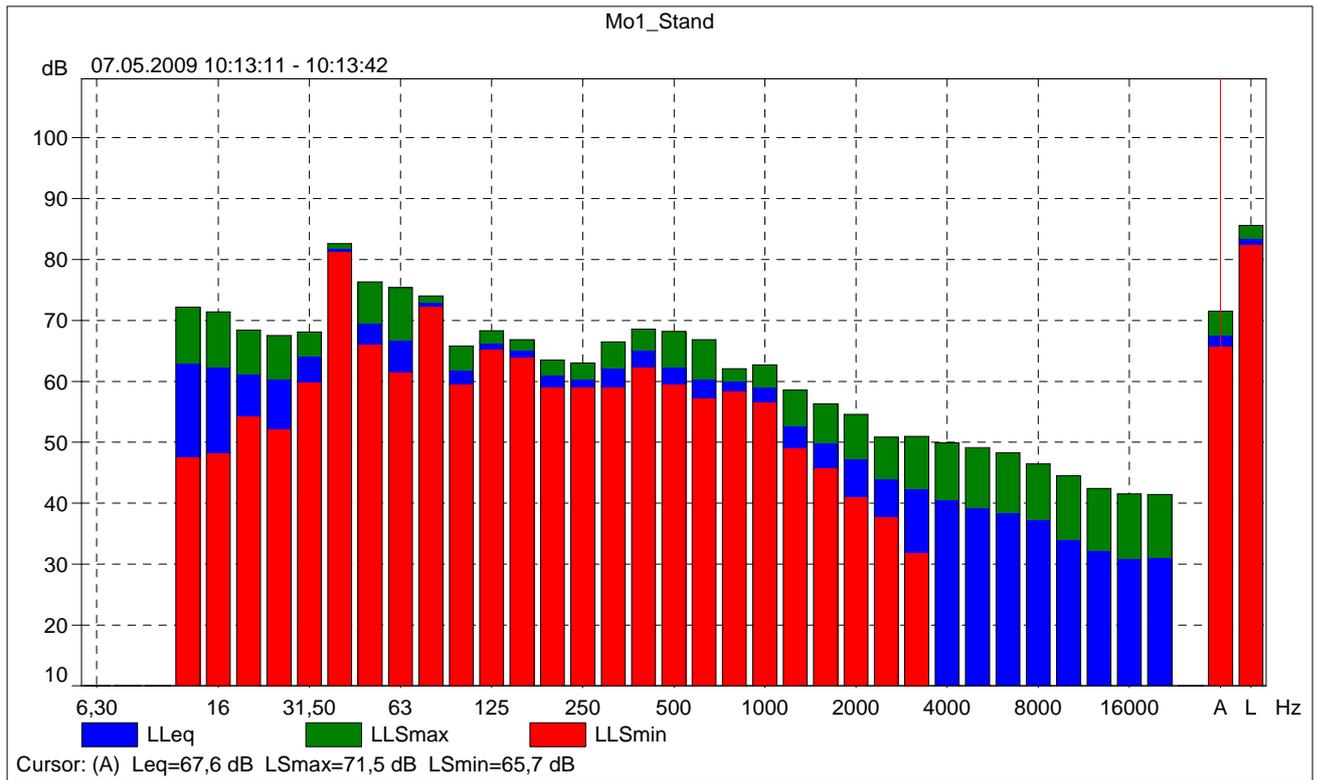
Thomas Knabe

Meßort:

Parkplatz

Mo1_Stand

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	67,6	71,5	65,7
Zeit:	10:13:11	10:13:42	0:00:31				
Datum	07.05.2009	07.05.2009					



Mo1_MTR_Stand

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		07.05.2009 11:58:39
Endzeit:		07.05.2009 11:59:10
Verstr. Zeit:		0:00:31
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		29,6-109,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Motorrad 1, Helm: MTR, Messung unter Motorradhelm, bei Standgas

Bearbeiter:

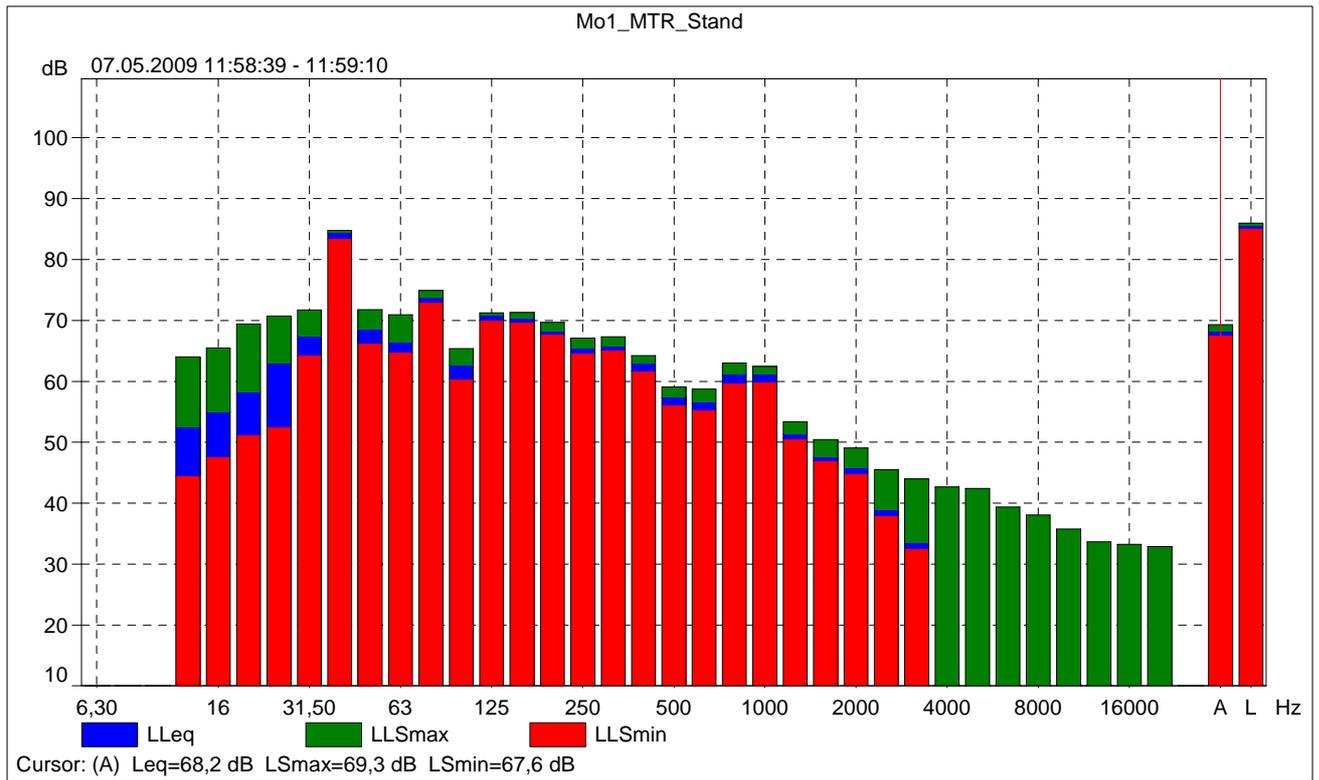
Thomas Knabe

Meßort:

Parkplatz

Mo1_MTR_Stand

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	68,2	69,3	67,6
Zeit:	11:58:39	11:59:10	0:00:31				
Datum	07.05.2009	07.05.2009					



Mo1_MTR_Stadtverkehr

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		07.05.2009 11:15:01
Endzeit:		07.05.2009 11:16:00
Verstr. Zeit:		0:00:59
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		29,6-109,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

	Protokollierung	
Abspeicherrate:	0:01:00	
Breitband-Parameter	Hauptparameter	
Spektrum-Parameter	Leq	

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Windschirmkorrektur:		Keine
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Motorrad 1, Helm: MTR, Messung unter Motorradhelm, 0-50 km/h

Bearbeiter:

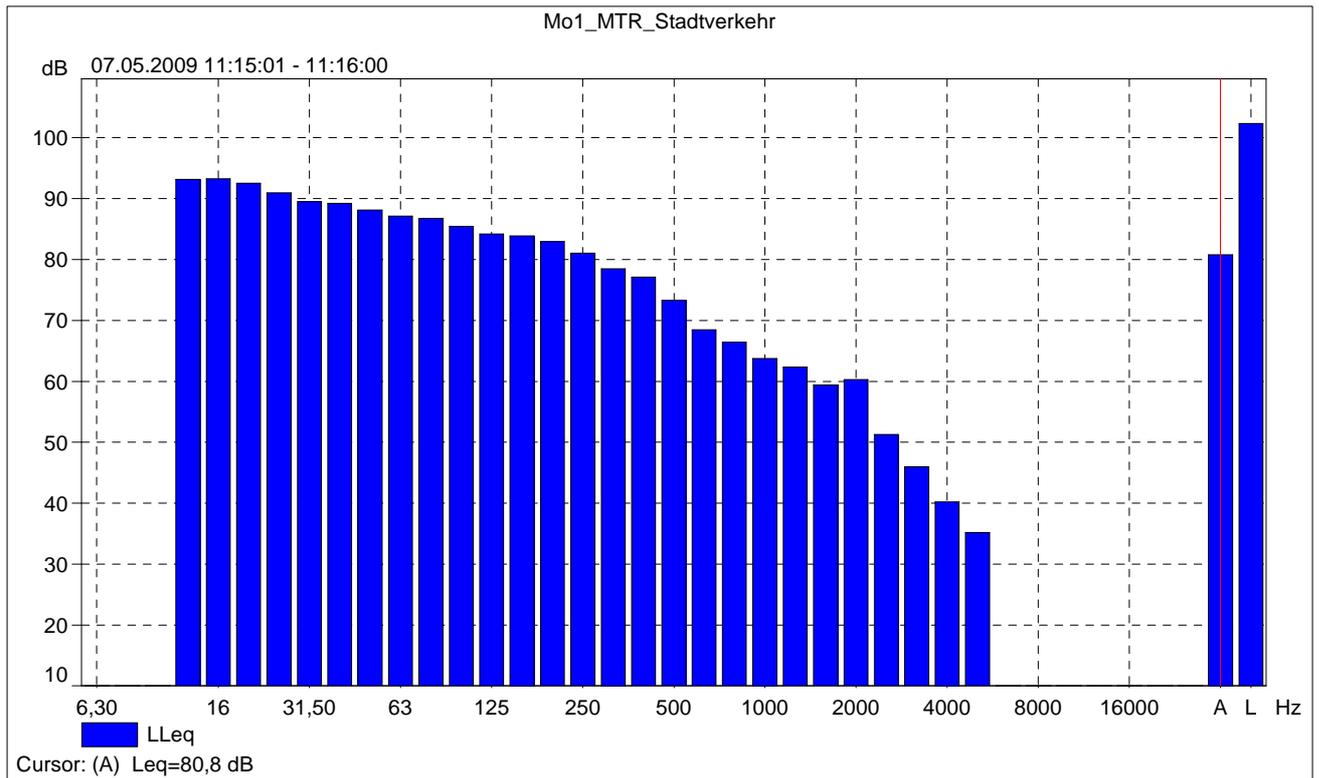
Thomas Knabe

Meßort:

Stadtverkehr, Ampelkreuzungen stark befahrener Straßen in Győr (Ungarn)

Mo1_MTR_Stadtverkehr

	Startzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LAFmax [dB]	LAFmin [dB]
Wert			1,52	80,8	88,6	67,6
Zeit:	11:15:01	0:00:59				
Datum	07.05.2009					



Mo1_MTR_Ortsdurchfahrt

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		07.05.2009 10:32:01
Endzeit:		07.05.2009 10:33:00
Verstr. Zeit:		0:00:59
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		29,6-109,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

	Protokollierung	
Abspeicherrate:	0:03:00	
Breitband-Parameter	Hauptparameter	
Spektrum-Parameter	Leq	

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Windschirmkorrektur:		Keine
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Motorrad 1, Helm: MTR, Messung unter Motorradhelm, 50 km/h, 3000-3500 1/min

Bearbeiter:

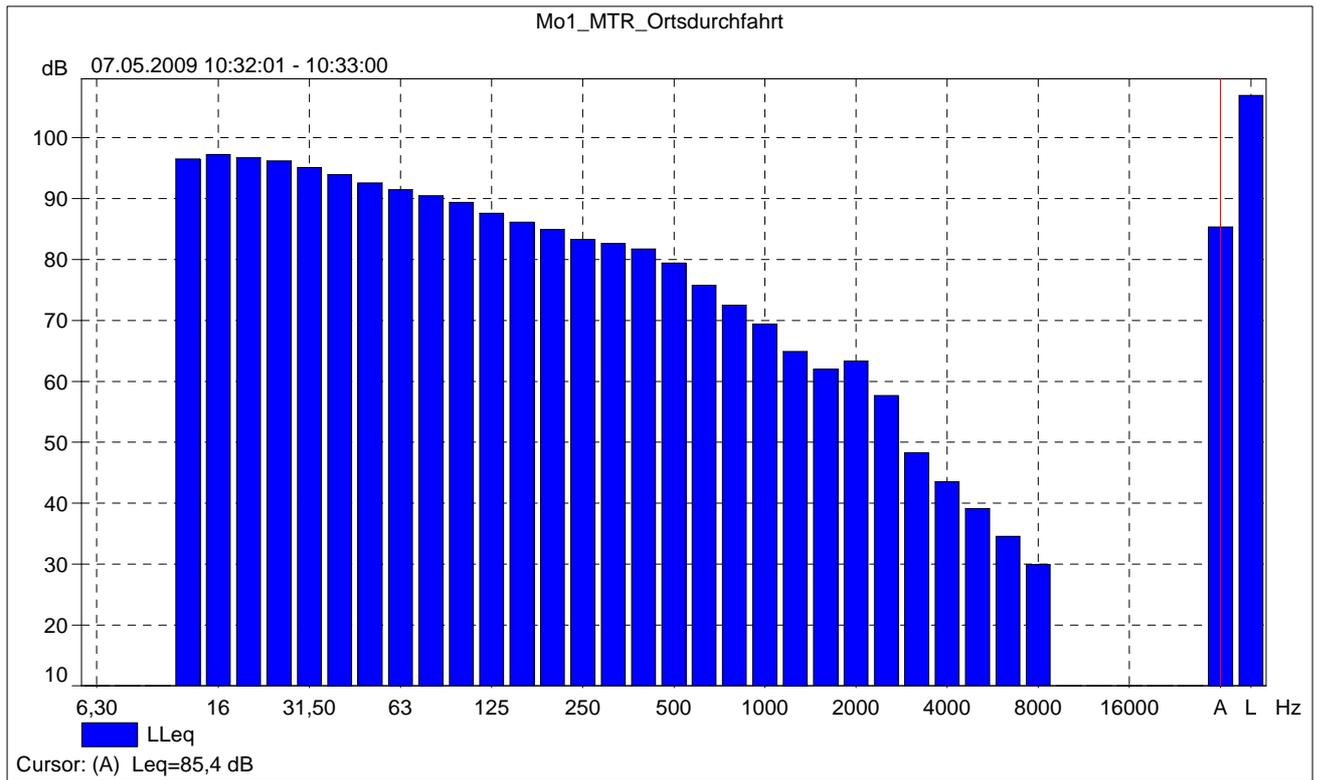
Thomas Knabe

Meßort:

Städtische, leichtbefahrene Straße in Györ (Ungarn)

Mo1_MTR_Ortsdurchfahrt

	Startzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LAFmax [dB]	LAFmin [dB]
Wert			11,75	85,4	90,8	80,8
Zeit:	10:32:01	0:00:59				
Datum	07.05.2009					



Mo1_MTR_Landstraße

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		07.05.2009 11:10:01
Endzeit:		07.05.2009 11:11:00
Verstr. Zeit:		0:00:59
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		29,6-109,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

	Protokollierung	
Abspeicherrate:	0:01:00	
Breitband-Parameter	Hauptparameter	
Spektrum-Parameter	Leq	

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Windschirmkorrektur:		Keine
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Motorrad 1, Helm: MTR, Messung unter Motorradhelm, 90 km/h, 5000 1/min

Bearbeiter:

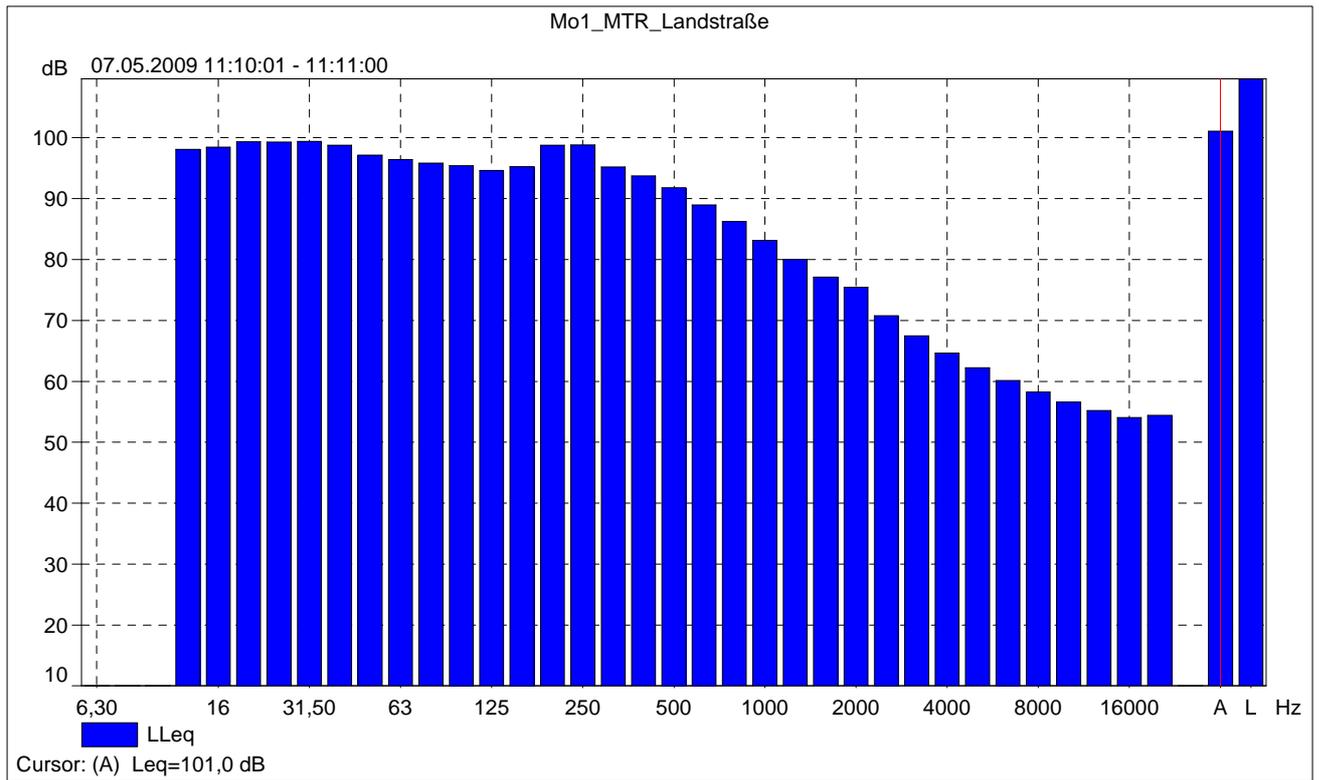
Thomas Knabe

Meßort:

Landstraße nahe Györ (Ungarn)

Mo1_MTR_Landstraße

	Startzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LAFmax [dB]	LAFmin [dB]
Wert			70,91	101,0	106,1	94,6
Zeit:	11:10:01	0:00:59				
Datum	07.05.2009					



Mo1_MTR_Autobahn

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		07.05.2009 11:05:01
Endzeit:		07.05.2009 11:06:00
Verstr. Zeit:		0:00:59
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		29,6-109,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

	Protokollierung	
Abspeicherrate:	0:01:00	
Breitband-Parameter	Hauptparameter	
Spektrum-Parameter	Leq	

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Windschirmkorrektur:		Keine
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Motorrad 1, Helm: MTR, Messung unter Motorradhelm, 120 km/h, 6000-6500 1/min

Bearbeiter:

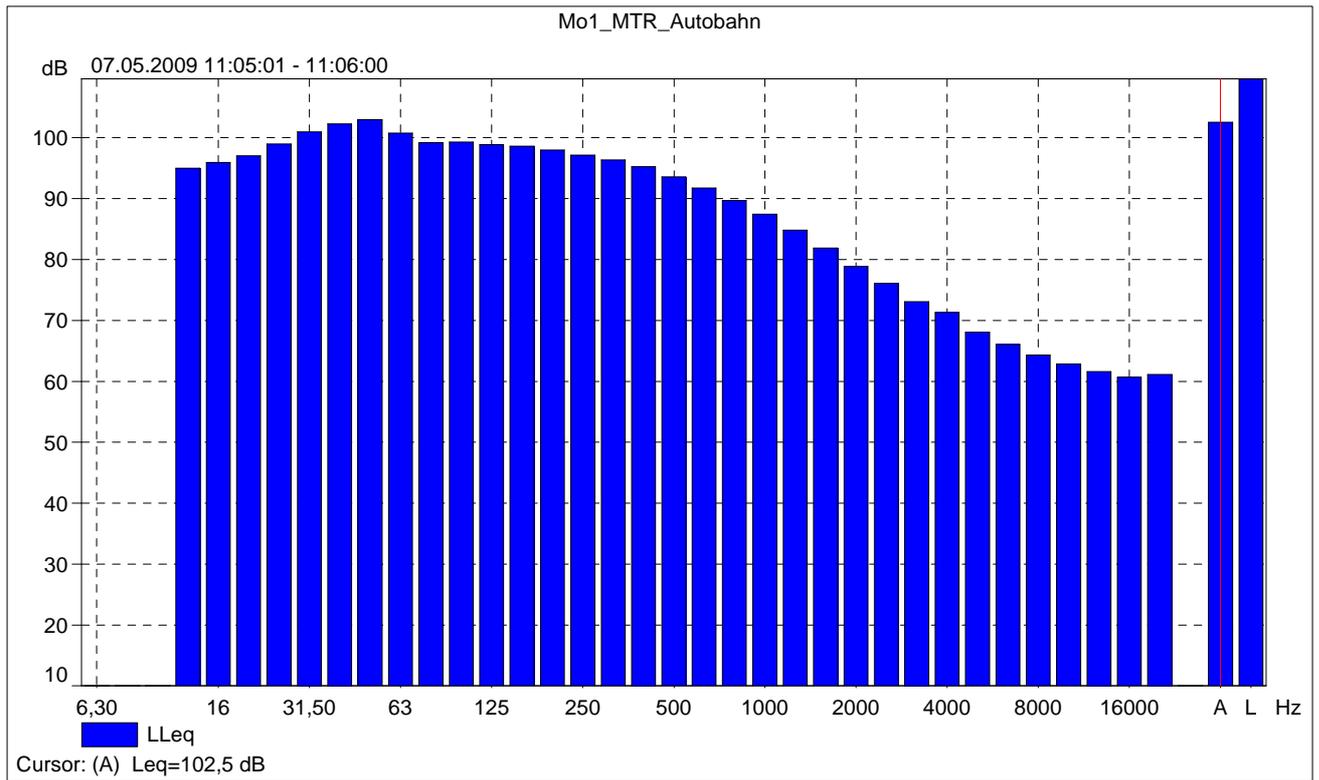
Thomas Knabe

Meßort:

Autobahn nahe Györ (Ungarn)

Mo1_MTR_Autobahn

	Startzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LAFmax [dB]	LAFmin [dB]
Wert			91,58	102,5	104,8	96,1
Zeit:	11:05:01	0:00:59				
Datum	07.05.2009					



Mo1_Schuberth_Stand

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		07.05.2009 11:56:07
Endzeit:		07.05.2009 11:56:37
Verstr. Zeit:		0:00:30
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		29,6-109,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Motorrad 1, Helm: Schuberth Concept 2, Messung unter Motorradhelm, bei Standgas

Bearbeiter:

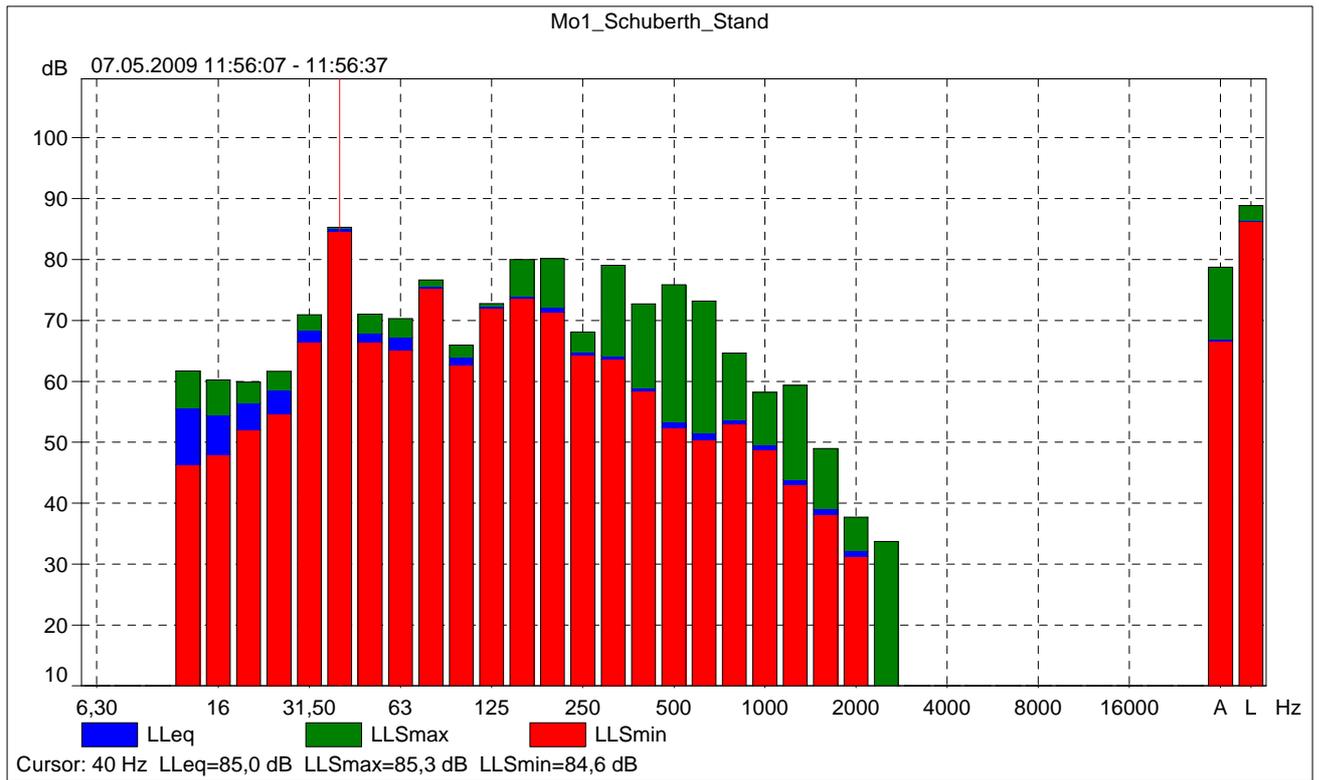
Thomas Knabe

Meßort:

Parkplatz

Mo1_Schuberth_Stand

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	66,8	78,7	66,5
Zeit:	11:56:07	11:56:37	0:00:30				
Datum	07.05.2009	07.05.2009					



Mo1_Schuberth_Stadtverkehr

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		07.05.2009 11:45:01
Endzeit:		07.05.2009 11:46:00
Verstr. Zeit:		0:00:59
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		29,6-109,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

	Protokollierung	
Abspeicherrate:	0:01:00	
Breitband-Parameter	Hauptparameter	
Spektrum-Parameter	Leq	

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Windschirmkorrektur:		Keine
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Motorrad 1, Helm: Schuberth Concept 2, Messung unter Motorradhelm, 0-50 km/h

Bearbeiter:

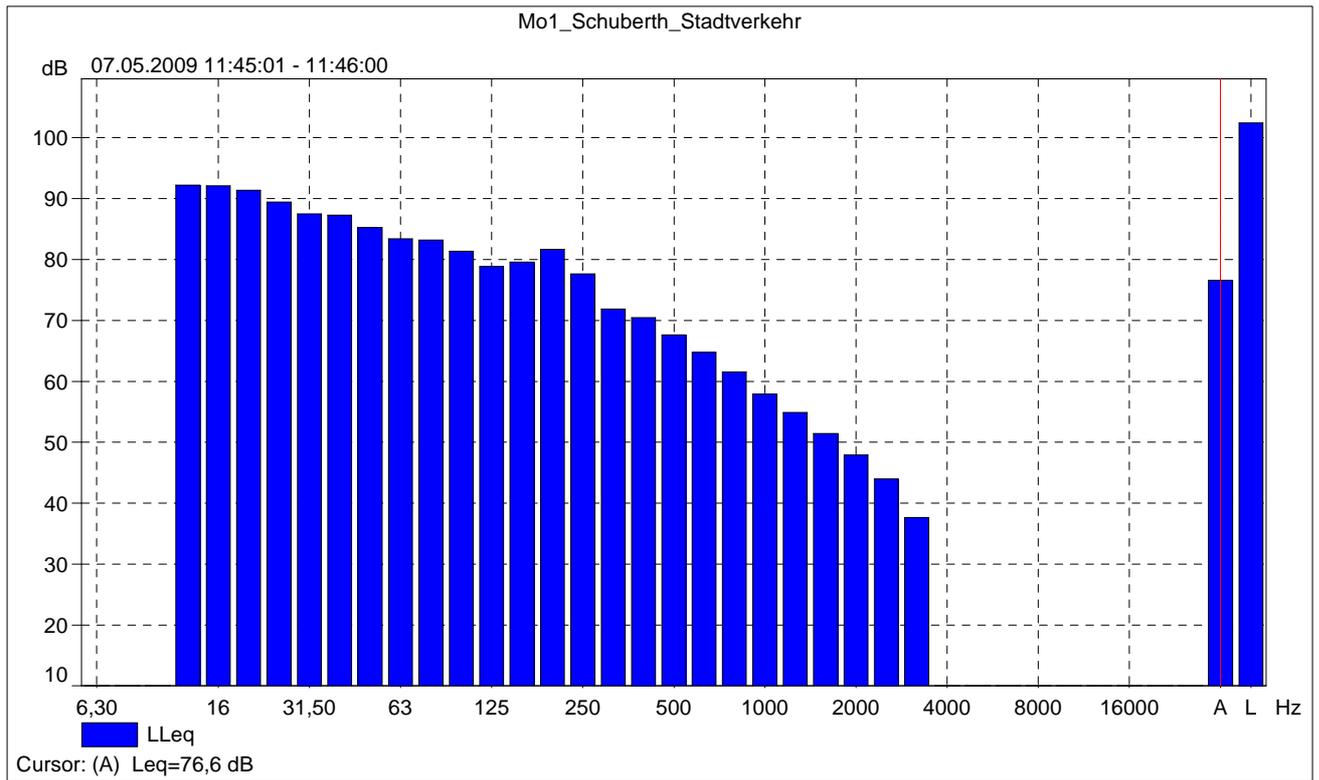
Thomas Knabe

Meßort:

Stadtverkehr, Ampelkreuzungen stark befahrener Straßen in Győr (Ungarn)

Mo1_Schuberth_Stadtverkehr

	Startzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LAFmax [dB]	LAFmin [dB]
Wert			1,79	76,6	84,4	66,8
Zeit:	11:45:01	0:00:59				
Datum	07.05.2009					



Mo1_Schuberth_Ortsdurchfahrt

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		07.05.2009 11:30:01
Endzeit:		07.05.2009 11:31:00
Verstr. Zeit:		0:00:59
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		29,6-109,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

	Protokollierung	
Abspeicherrate:	0:01:00	
Breitband-Parameter	Hauptparameter	
Spektrum-Parameter	Leq	

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Windschirmkorrektur:		Keine
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Motorrad 1, Helm: Schuberth Concept 2, Messung unter Motorradhelm, 50 km/h, 3000-3500 1/min

Bearbeiter:

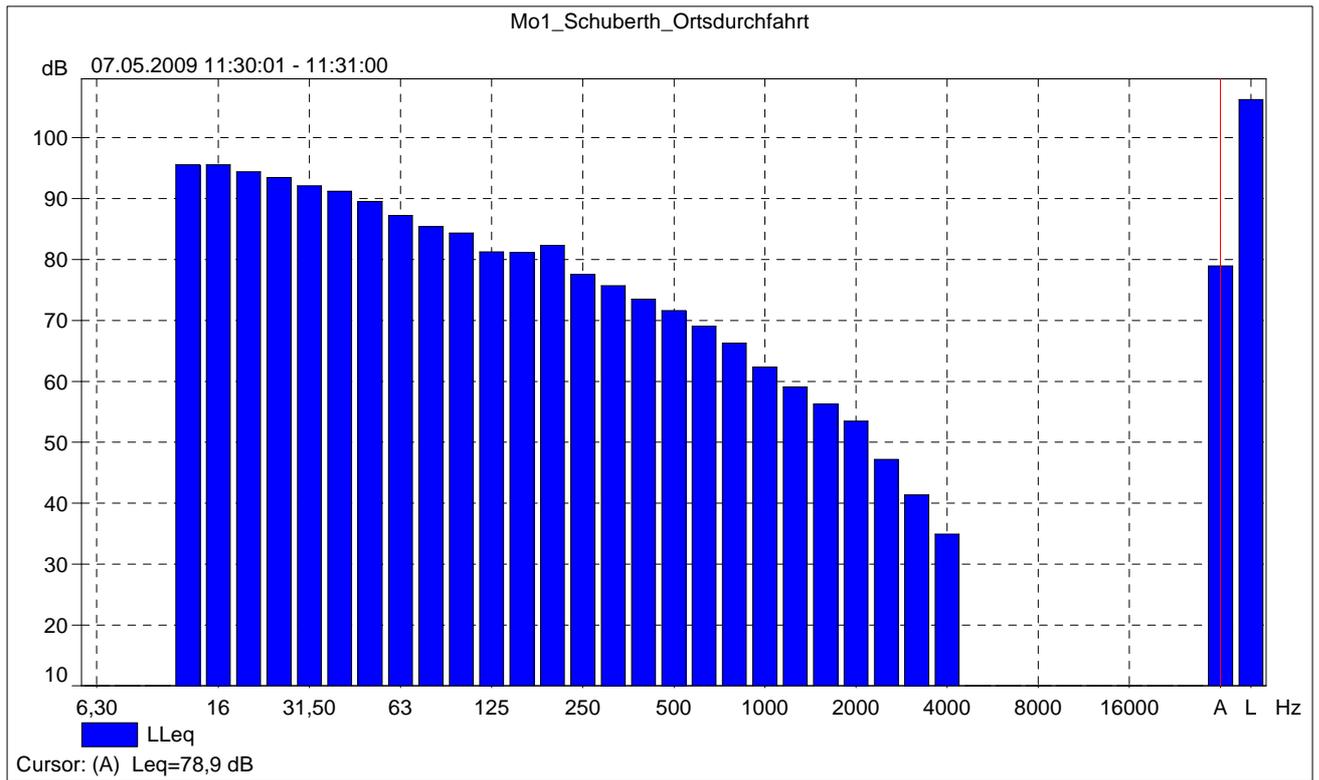
Thomas Knabe

Meßort:

Städtische, leichtbefahrene Straße in Győr (Ungran)

Mo1_Schuberth_Ortsdurchfahrt

	Startzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LAFmax [dB]	LAFmin [dB]
Wert			7,25	78,9	82,8	65,6
Zeit:	11:30:01	0:00:59				
Datum	07.05.2009					



Mo1_Schuberth_Landstraße

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		07.05.2009 11:35:01
Endzeit:		07.05.2009 11:36:00
Verstr. Zeit:		0:00:59
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		29,6-109,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

	Protokollierung	
Abspeicherrate:	0:01:00	
Breitband-Parameter	Hauptparameter	
Spektrum-Parameter	Leq	

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Windschirmkorrektur:		Keine
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Motorrad 1, Helm: Schuberth Concept 2, Messung unter Motorradhelm, 90 km/h, 5000 1/min

Bearbeiter:

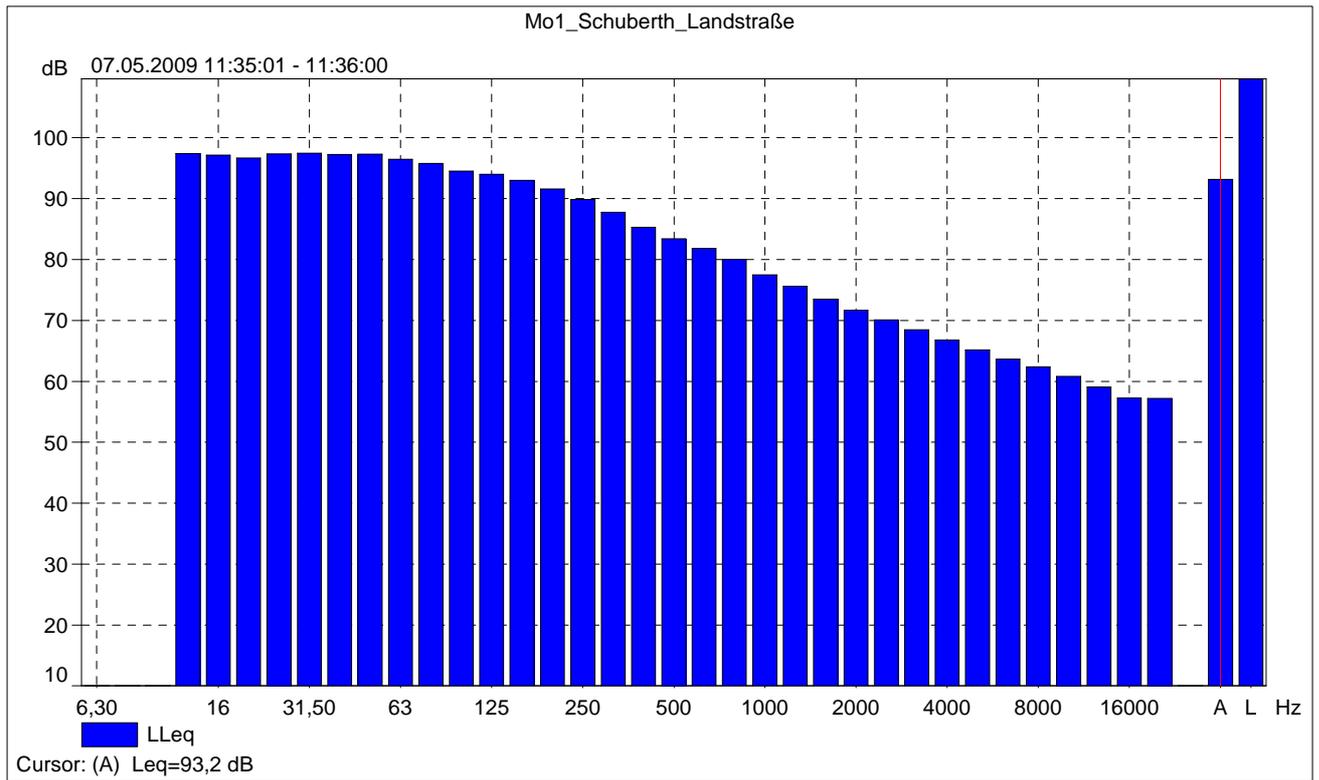
Thomas Knabe

Meßort:

Landstraße nahe Győr (Ungarn)

Mo1_Schuberth_Landstraße

	Startzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LAFmax [dB]	LAFmin [dB]
Wert			65,72	93,2	100,2	78,1
Zeit:	11:35:01	0:00:59				
Datum	07.05.2009					



Mo1_Schuberth_Autobahn

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7219 Version 1.0
Startzeit:		07.05.2009 11:40:01
Endzeit:		07.05.2009 11:41:00
Verstr. Zeit:		0:00:59
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		29,6-109,6 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	S	L
Oktavmessungen:	S	L

	Protokollierung	
Abspeicherrate:	0:01:00	
Breitband-Parameter	Hauptparameter	
Spektrum-Parameter	Leq	

Meßgerät Seriennummer:		2361279
Mikrofon Seriennummer:		2370708
Eingang:		Mikrofon
Windschirmkorrektur:		Keine
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		31.10.2002 15:03:21
Kalibrierpegel:		94,0 dB
Übertragungsfaktor:		-25,6 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Motorrad 1, Helm: Schuberth Concept 2, Messung unter Motorradhelm, 120 km/h, 6000-6500 1/min

Bearbeiter:

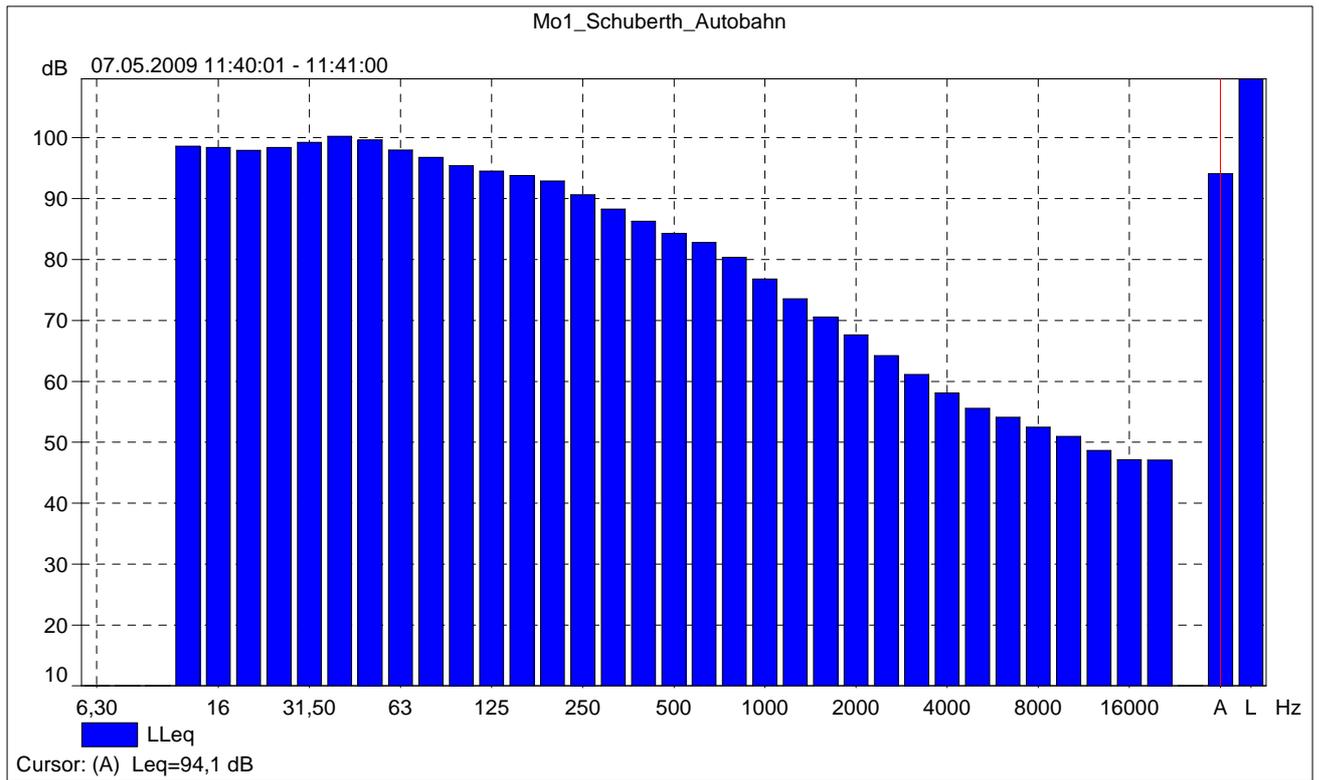
Thomas Knabe

Meßort:

Autobahn nahe Györ (Ungarn)

Mo1_Schuberth_Autobahn

	Startzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LAFmax [dB]	LAFmin [dB]
Wert			58,79	94,1	97,5	74,8
Zeit:	11:40:01	0:00:59				
Datum	07.05.2009					



Mo2_Stand

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7210 Version 2.1
Startzeit:		15.06.2009 12:47:32
Endzeit:		15.06.2009 12:48:03
Verstr. Zeit:		0:00:31
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		50,8-130,8 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	F	L

Meßgerät Seriennummer:		2354806
Mikrofon Seriennummer:		2352795
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		08.06.2009 12:28:17
Kalibrierpegel:		93,5 dB
Übertragungsfaktor:		-26,8 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Motorrad 2, Messung bei Standgas, 1 m Entfernung von Motorrad

Bearbeiter:

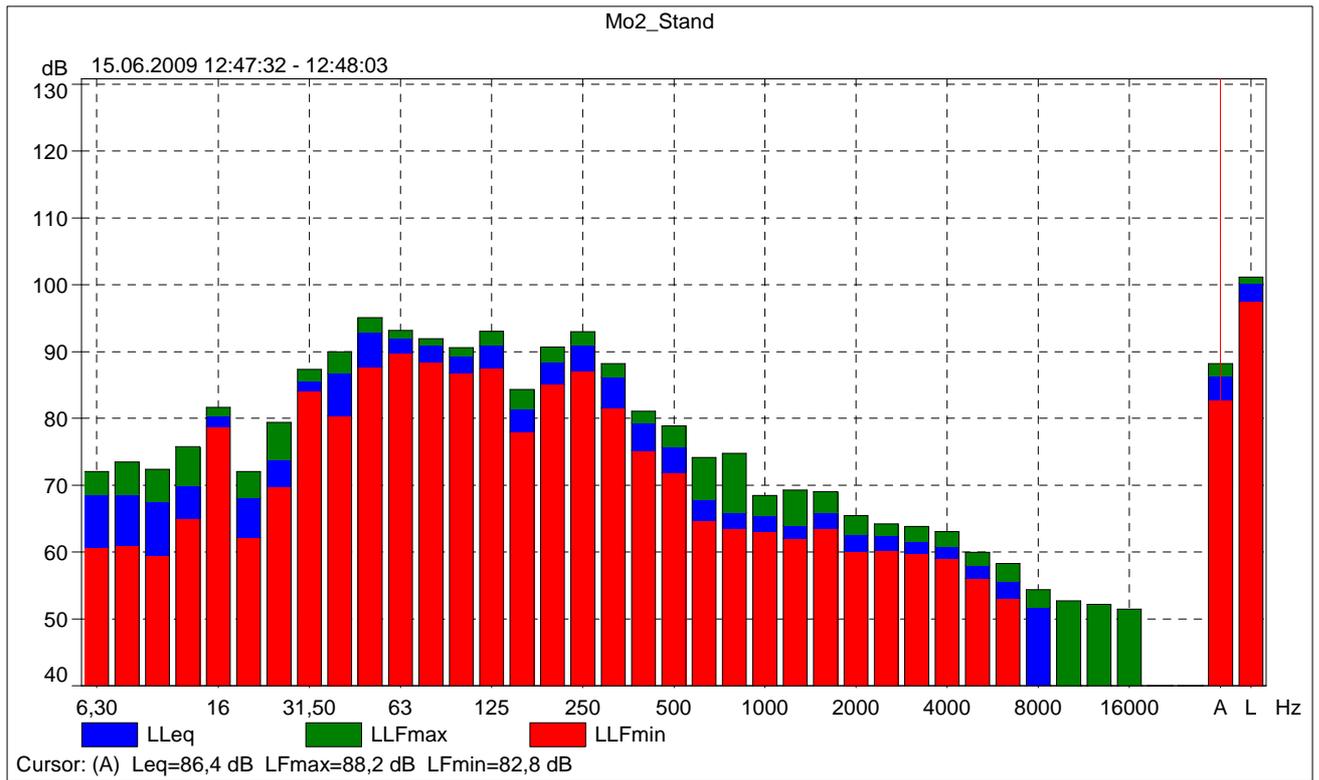
Thomas Knabe

Meßort:

Parkplatz

Mo2_Stand

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	86,4	87,0	85,2
Zeit:	12:47:32	12:48:03	0:00:31				
Datum	15.06.2009	15.06.2009					



Mo2_Cross_Stand

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7210 Version 2.1
Startzeit:		15.06.2009 14:17:56
Endzeit:		15.06.2009 14:18:27
Verstr. Zeit:		0:00:31
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		50,8-130,8 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	F	L

Meßgerät Seriennummer:		2354806
Mikrofon Seriennummer:		2352795
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		08.06.2009 12:28:17
Kalibrierpegel:		93,5 dB
Übertragungsfaktor:		-26,8 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Motorrad 2, Helm: Cross, Messung unter Motorradhelm, bei Standgas

Bearbeiter:

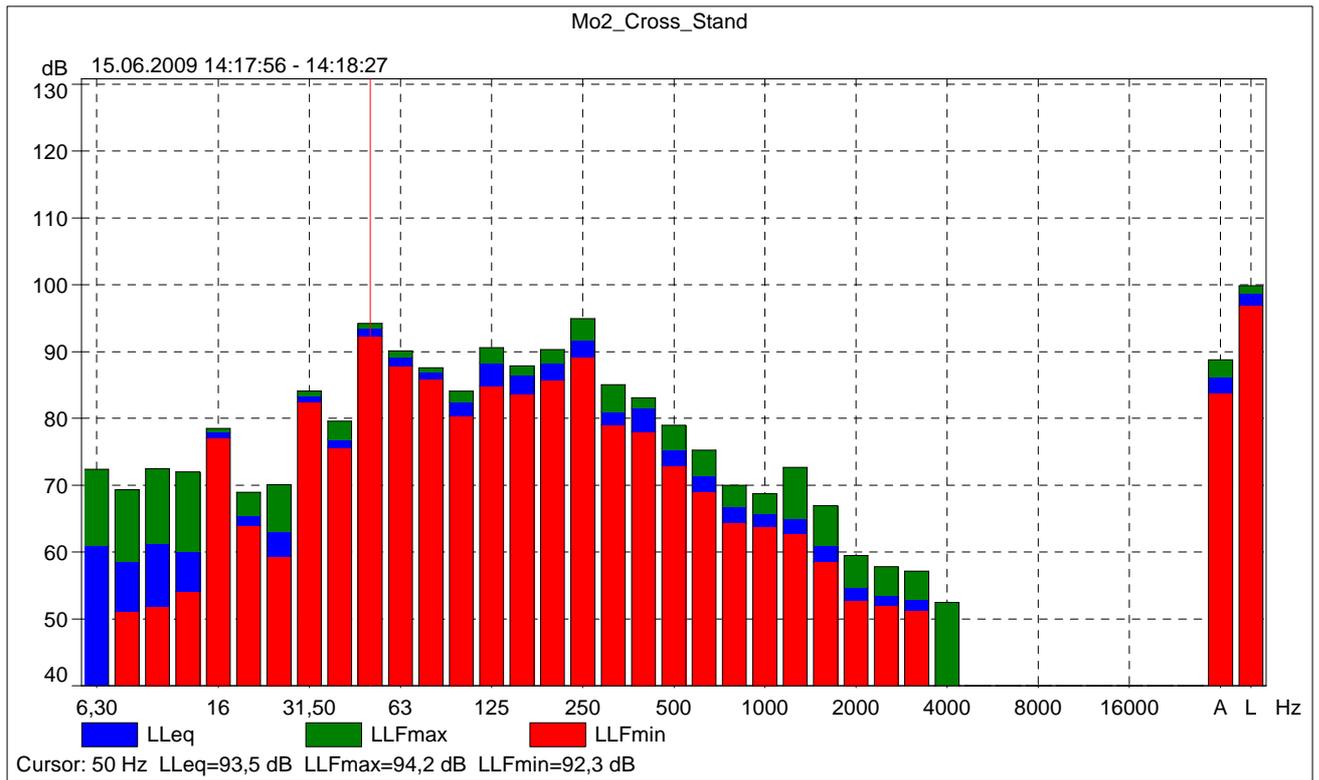
Thomas Knabe

Meßort:

Parkplatz

Mo2_Cross_Stand

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	86,1	91,0	85,7
Zeit:	14:17:56	14:18:27	0:00:31				
Datum	15.06.2009	15.06.2009					



Mo2_Cross_Stadtverkehr

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7210 Version 2.1
Startzeit:		15.06.2009 13:10:01
Endzeit:		15.06.2009 13:11:01
Verstr. Zeit:		0:01:00
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		50,8-130,8 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	F	L

Meßgerät Seriennummer:		2354806
Mikrofon Seriennummer:		2352795
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		08.06.2009 12:28:17
Kalibrierpegel:		93,5 dB
Übertragungsfaktor:		-26,8 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Motorrad 2, Helm: Cross, Messung unter Motorradhelm, 0-50 km/h

Bearbeiter:

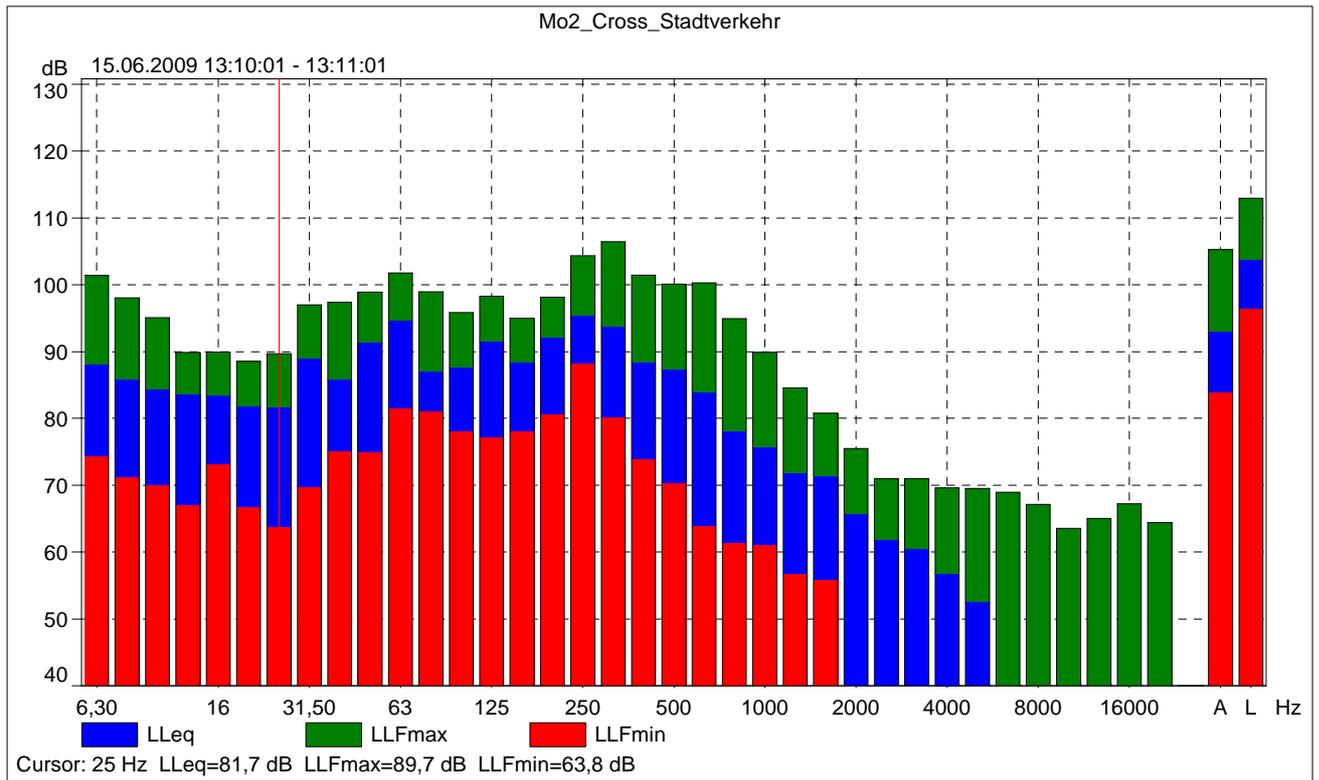
Thomas Knabe

Meßort:

Städtische, mäßigbefahrene Straßen in Leipzig

Mo2_Cross_Stadtverkehr

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	93,0	102,7	86,2
Zeit:	13:10:01	13:11:01	0:01:00				
Datum	15.06.2009	15.06.2009					



Mo2_Cross_Ortsdurchfahrt

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7210 Version 2.1
Startzeit:		15.06.2009 13:14:01
Endzeit:		15.06.2009 13:15:01
Verstr. Zeit:		0:01:00
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		50,8-130,8 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	F	L

Meßgerät Seriennummer:		2354806
Mikrofon Seriennummer:		2352795
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		08.06.2009 12:28:17
Kalibrierpegel:		93,5 dB
Übertragungsfaktor:		-26,8 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Motorrad 2, Helm: Cross, Messung unter Motorradhelm, 50 km/h

Bearbeiter:

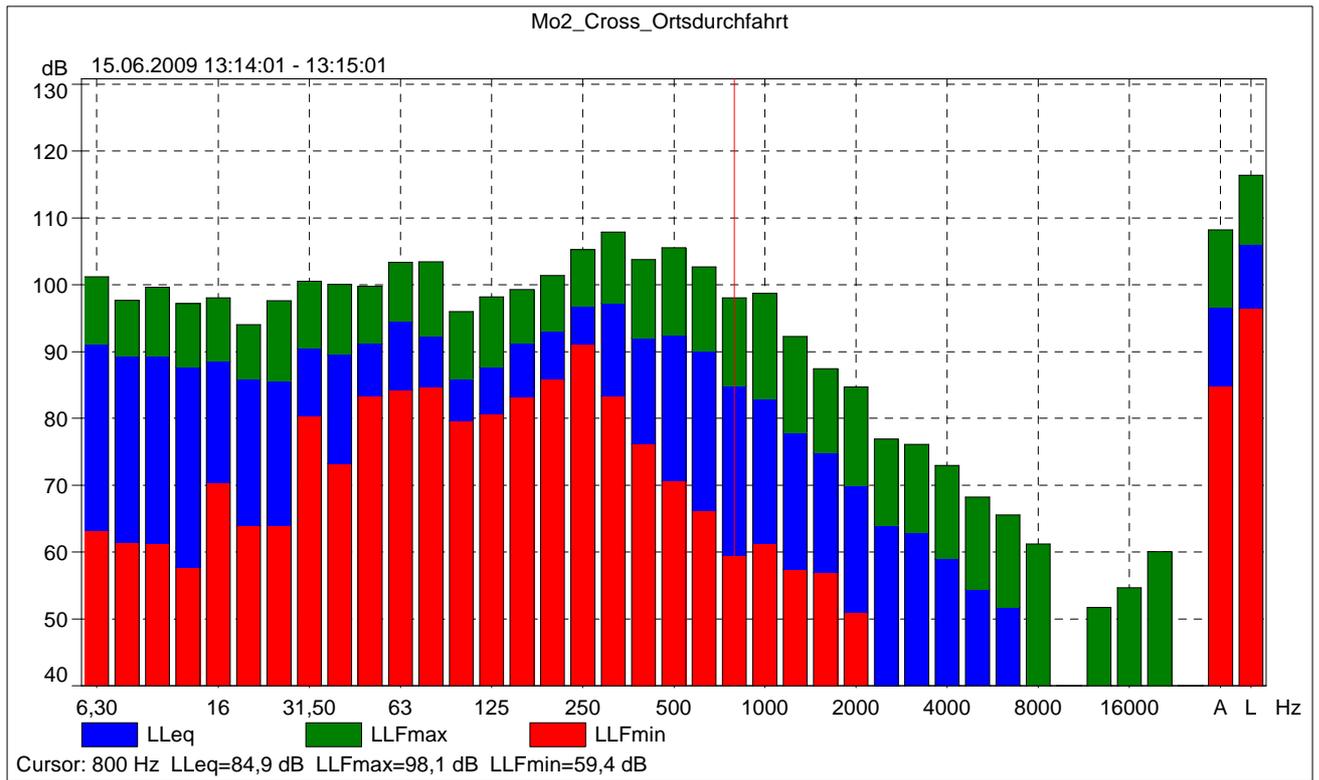
Thomas Knabe

Meßort:

Städtische, mäßigbefahrene Straßen in Leipzig

Mo2_Cross_Ortsdurchfahrt

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	96,6	106,8	86,7
Zeit:	13:14:01	13:15:01	0:01:00				
Datum	15.06.2009	15.06.2009					



Mo2_Cross_Bundesstraße

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7210 Version 2.1
Startzeit:		15.06.2009 13:17:01
Endzeit:		15.06.2009 13:18:01
Verstr. Zeit:		0:01:00
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		50,8-130,8 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	F	L

Meßgerät Seriennummer:		2354806
Mikrofon Seriennummer:		2352795
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		08.06.2009 12:28:17
Kalibrierpegel:		93,5 dB
Übertragungsfaktor:		-26,8 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Motorrad 2, Helm: Cross, Messung unter Motorradhelm, 100 km/h

Bearbeiter:

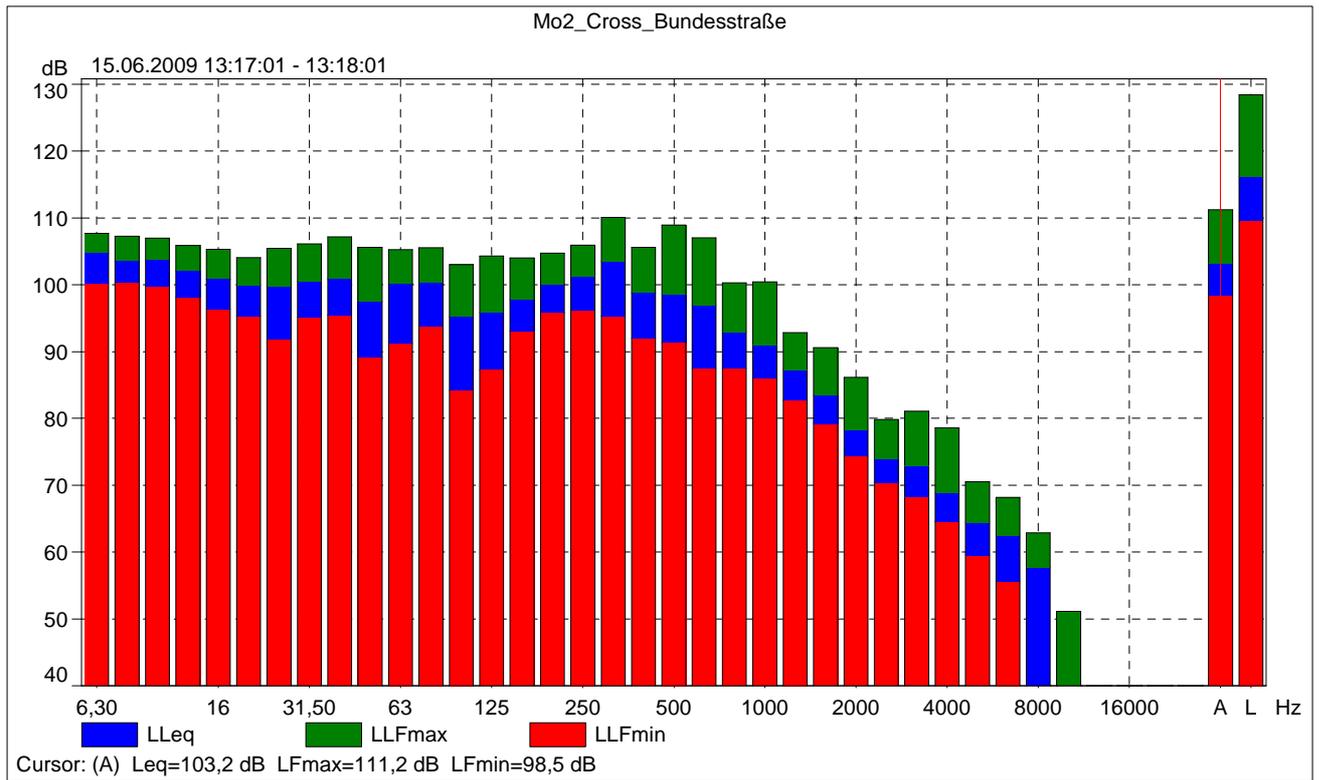
Thomas Knabe

Meßort:

Bundesstraße nahe Leipzig

Mo2_Cross_Bundesstraße

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	103,2	109,2	99,6
Zeit:	13:17:01	13:18:01	0:01:00				
Datum	15.06.2009	15.06.2009					



Mo2_Cross_Autobahn

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7210 Version 2.1
Startzeit:		15.06.2009 13:19:01
Endzeit:		15.06.2009 13:20:01
Verstr. Zeit:		0:01:00
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		50,8-130,8 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	F	L

Meßgerät Seriennummer:		2354806
Mikrofon Seriennummer:		2352795
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		08.06.2009 12:28:17
Kalibrierpegel:		93,5 dB
Übertragungsfaktor:		-26,8 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Motorrad 2, Helm: Cross, Messung unter Motorradhelm, 130 km/h

Bearbeiter:

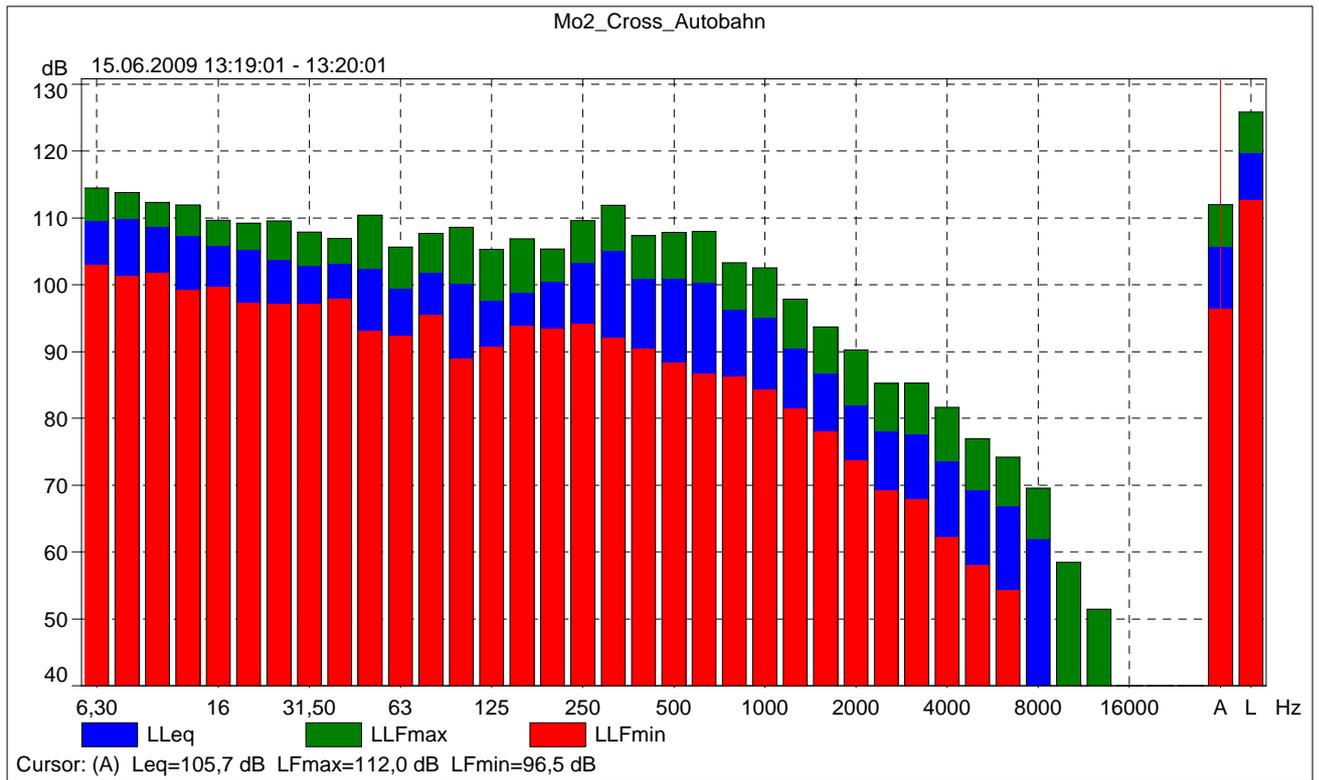
Thomas Knabe

Meßort:

Autobahn nahe Leipzig

Mo2_Cross_Autobahn

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	105,7	111,2	98,8
Zeit:	13:19:01	13:20:01	0:01:00				
Datum	15.06.2009	15.06.2009					



Mo2_Shark_Stand

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7210 Version 2.1
Startzeit:		15.06.2009 14:16:51
Endzeit:		15.06.2009 14:17:22
Verstr. Zeit:		0:00:31
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		50,8-130,8 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	F	L

Meßgerät Seriennummer:		2354806
Mikrofon Seriennummer:		2352795
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		08.06.2009 12:28:17
Kalibrierpegel:		93,5 dB
Übertragungsfaktor:		-26,8 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Motorrad 2, Helm: Shark RSV, Messung unter Motorradhelm, bei Standgas

Bearbeiter:

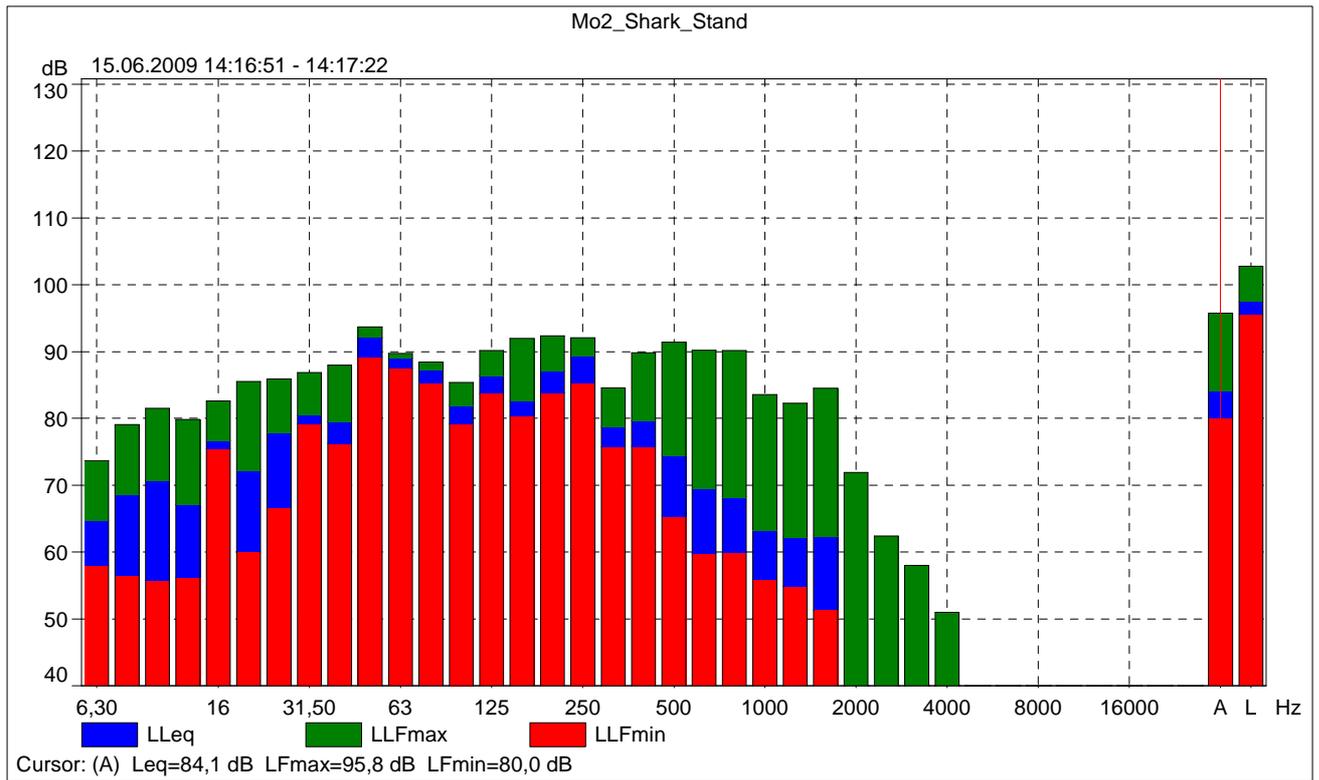
Thomas Knabe

Meßort:

Parkplatz

Mo2_Shark_Stand

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	84,1	88,6	82,6
Zeit:	14:16:51	14:17:22	0:00:31				
Datum	15.06.2009	15.06.2009					



Mo2_Shark_Stadtverkehr

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7210 Version 2.1
Startzeit:		15.06.2009 14:01:01
Endzeit:		15.06.2009 14:02:01
Verstr. Zeit:		0:01:00
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		50,8-130,8 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	F	L

Meßgerät Seriennummer:		2354806
Mikrofon Seriennummer:		2352795
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		08.06.2009 12:28:17
Kalibrierpegel:		93,5 dB
Übertragungsfaktor:		-26,8 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Motorrad 2, Helm: Shark RSV, Messung unter Motorradhelm, 0-50 km/h

Bearbeiter:

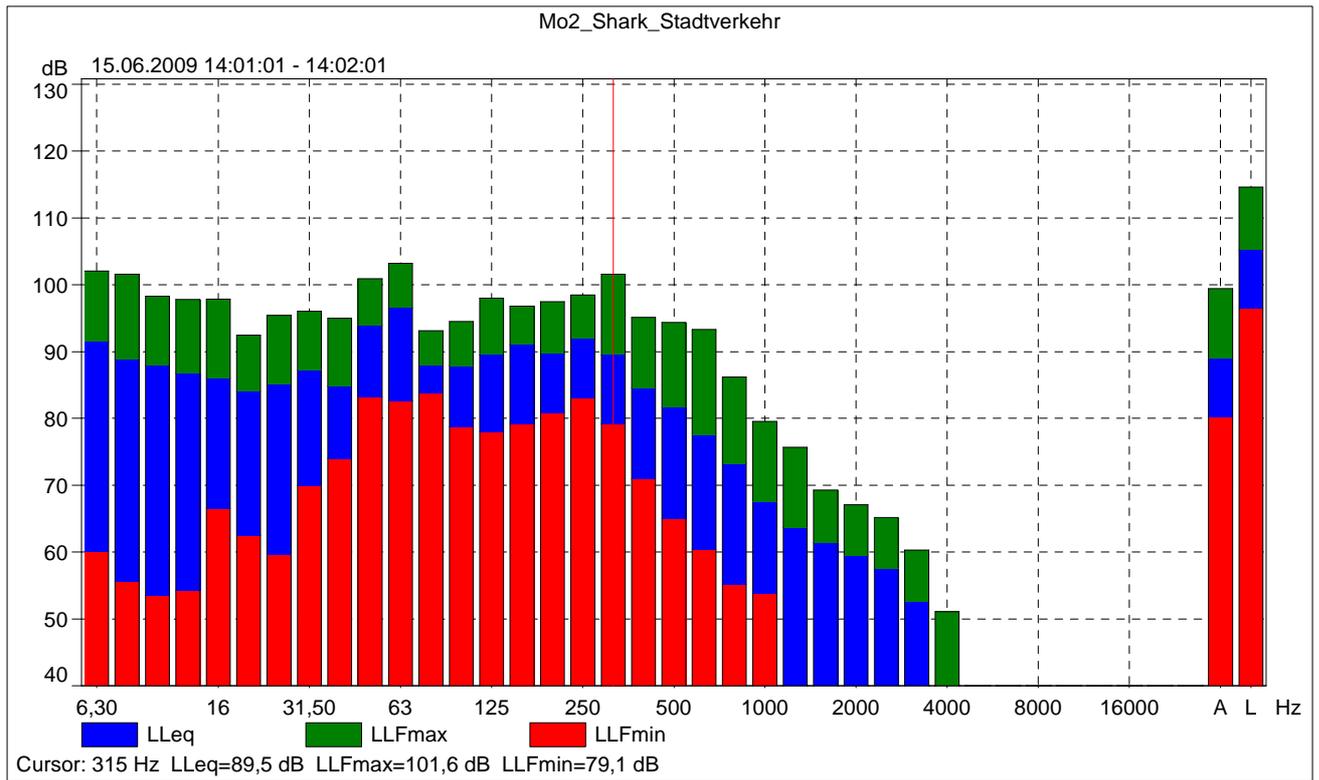
Thomas Knabe

Meßort:

Städtische, mäßigbefahrene Straßen in Leipzig

Mo2_Shark_Stadtverkehr

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	89,1	95,2	83,2
Zeit:	14:01:01	14:02:01	0:01:00				
Datum	15.06.2009	15.06.2009					



Mo2_Shark_Ortsdurchfahrt

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7210 Version 2.1
Startzeit:		15.06.2009 13:48:01
Endzeit:		15.06.2009 13:49:01
Verstr. Zeit:		0:01:00
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		50,8-130,8 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	F	L

Meßgerät Seriennummer:		2354806
Mikrofon Seriennummer:		2352795
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		08.06.2009 12:28:17
Kalibrierpegel:		93,5 dB
Übertragungsfaktor:		-26,8 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Motorrad 2, Helm: Shark RSV, Messung unter Motorradhelm, 50 km/h

Bearbeiter:

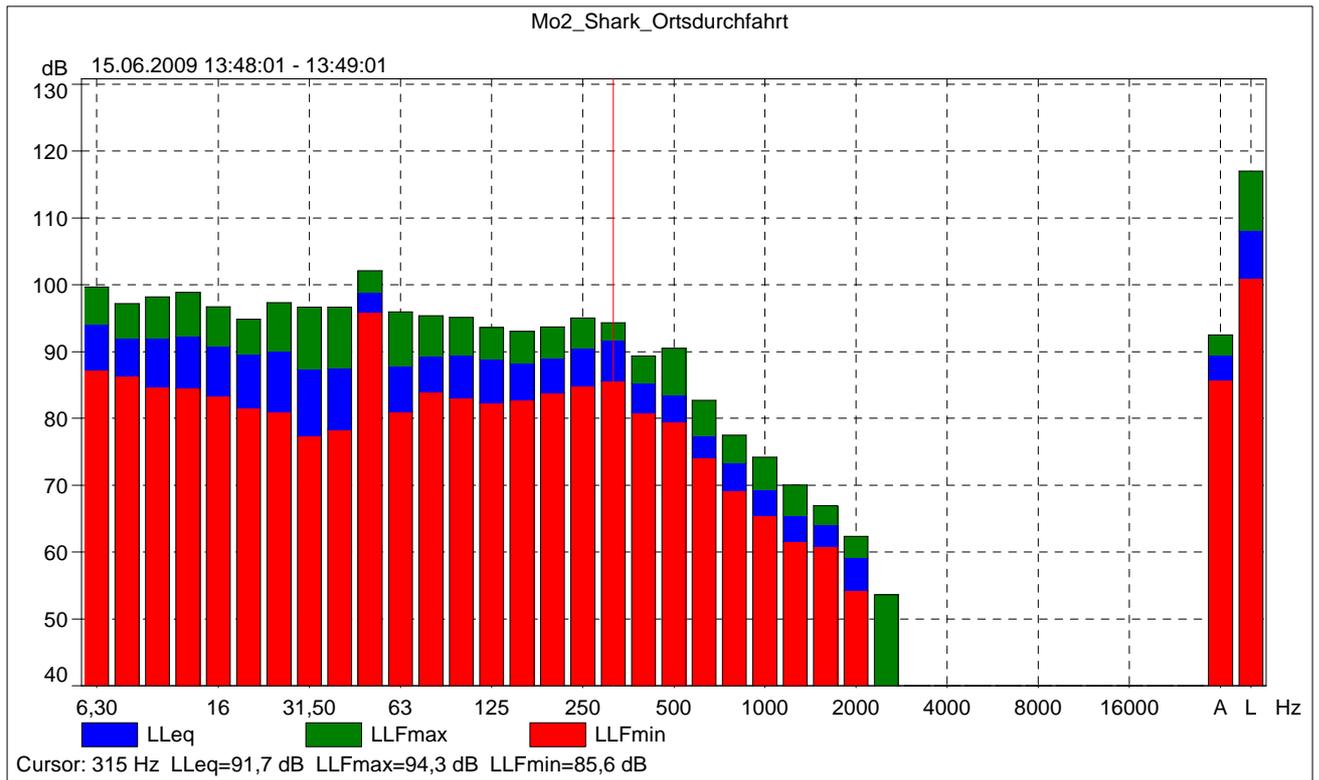
Thomas Knabe

Meßort:

Städtische, mäßigbefahrene Straßen in Leipzig

Mo2_Shark_Ortsdurchfahrt

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,00	89,4	90,9	87,8
Zeit:	13:48:01	13:49:01	0:01:00				
Datum	15.06.2009	15.06.2009					



Mo2_Shark_Bundesstraße

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7210 Version 2.1
Startzeit:		15.06.2009 13:51:01
Endzeit:		15.06.2009 13:52:01
Verstr. Zeit:		0:01:00
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		50,8-130,8 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	F	L

Meßgerät Seriennummer:		2354806
Mikrofon Seriennummer:		2352795
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		08.06.2009 12:28:17
Kalibrierpegel:		93,5 dB
Übertragungsfaktor:		-26,8 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Motorrad 2, Helm: Shark RSV, Messung unter Motorradhelm, 100 km/h

Bearbeiter:

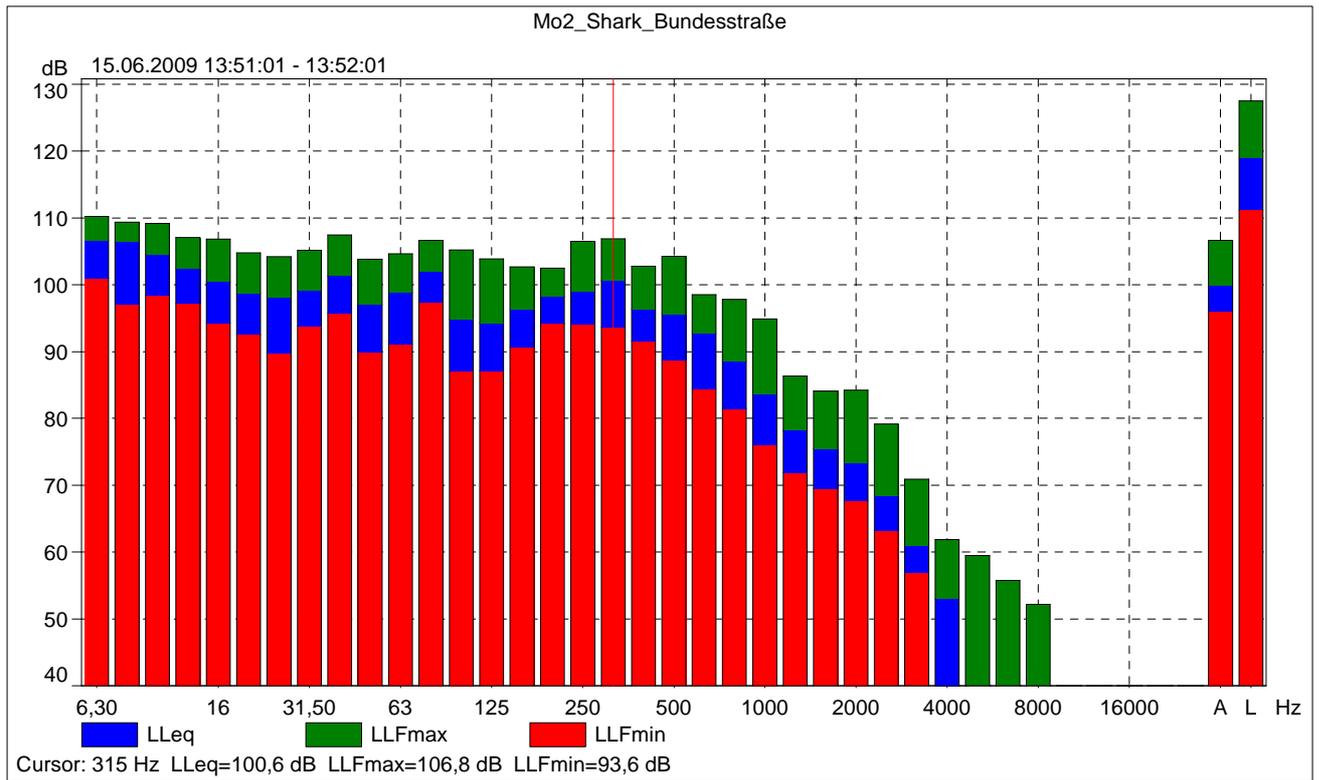
Thomas Knabe

Meßort:

Bundesstraße nahe Leipzig

Mo2_Shark_Bundesstraße

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,15	99,9	105,7	96,7
Zeit:	13:51:01	13:52:01	0:01:00				
Datum	15.06.2009	15.06.2009					



Mo2_Shark_Autobahn

Meßgerät:		2260
Applikation:		BZ7210 Version 2.1
Startzeit:		15.06.2009 13:53:01
Endzeit:		15.06.2009 13:54:01
Verstr. Zeit:		0:01:00
Bandbreite:		Terz
Peak über:		140,0 dB
Meßbereich:		50,8-130,8 dB

	Zeit:	Frequenz
Breitband-Messung	S F I	A L
Breitband-Statistik:	F	L

Meßgerät Seriennummer:		2354806
Mikrofon Seriennummer:		2352795
Eingang:		Mikrofon
Pol. Spannung:		0 V
Schallfeldkorrektur:		Frei

Kalibrierzeit:		08.06.2009 12:28:17
Kalibrierpegel:		93,5 dB
Übertragungsfaktor:		-26,8 dB
ZF0023:		Nicht verwendet

Identifikation:

Motorrad 2, Helm: Shark RSV, Messung unter Motorradhelm, 130 km/h

Bearbeiter:

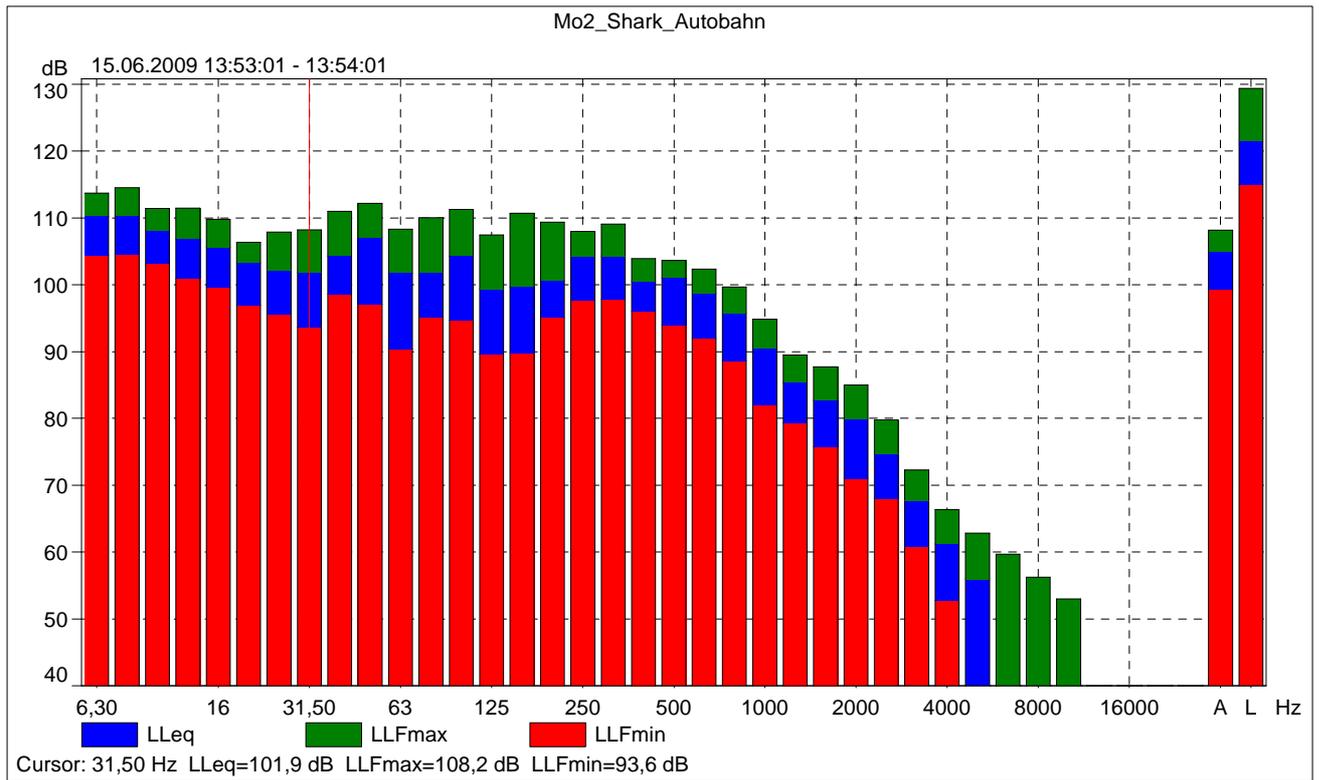
Thomas Knabe

Meßort:

Autobahn nahe Leipzig

Mo2_Shark_Autobahn

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LASmax [dB]	LASmin [dB]
Wert				0,27	104,9	106,4	102,1
Zeit:	13:53:01	13:54:01	0:01:00				
Datum	15.06.2009	15.06.2009					



Anlage 3: Audiogramme

Inhaltsregister:

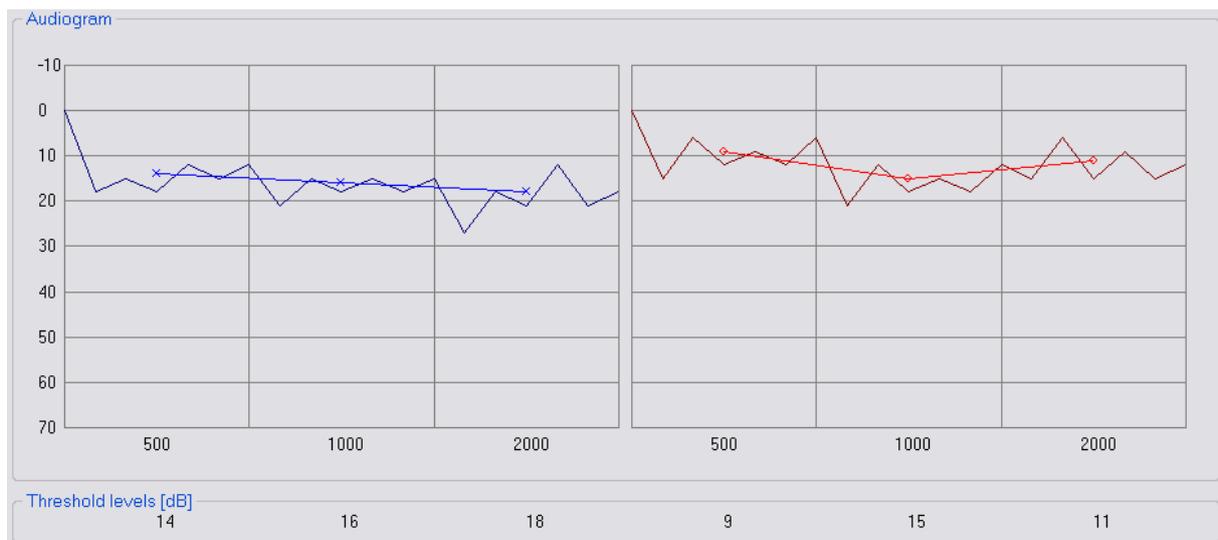
Audiogramm 01 – Person 21.....	192
Audiogramm 02 – Person 22.....	193
Audiogramm 03 – Person 35.....	194
Audiogramm 04 – Person 39.....	195
Audiogramm 05 – Person 38.....	196
Audiogramm 06 – Person 40.....	197
Audiogramm 07 – Person 41.....	198
Audiogramm 08 – Person 3.....	199
Audiogramm 09 – Person 1.....	200
Audiogramm 10 – Person 2.....	201

Audiogramm 01

Werte der Kopfhörmessungen:

Proband	Musikstück Klassik	Musikstück Metal	Musikstück Pop	Sinuston 1 kHz	Weißes Rauschen
Person 21 (w, 21, 1)	27	26	23	14	5

Audiogrammformular:

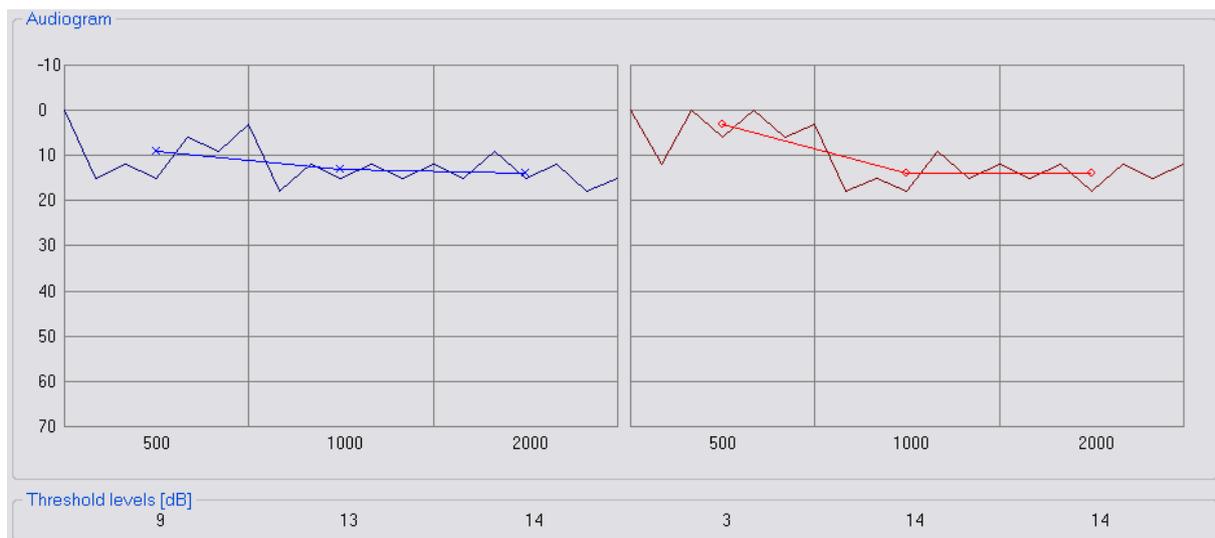


Audiogramm 02

Werte der Kopfhörmessungen:

Probanden	Musikstück Klassik	Musikstück Metal	Musikstück Pop	Sinuston 1 kHz	Weißes Rauschen
Person 22 (w, 21, 1)	15	15	12	2	1

Audiogrammformular:

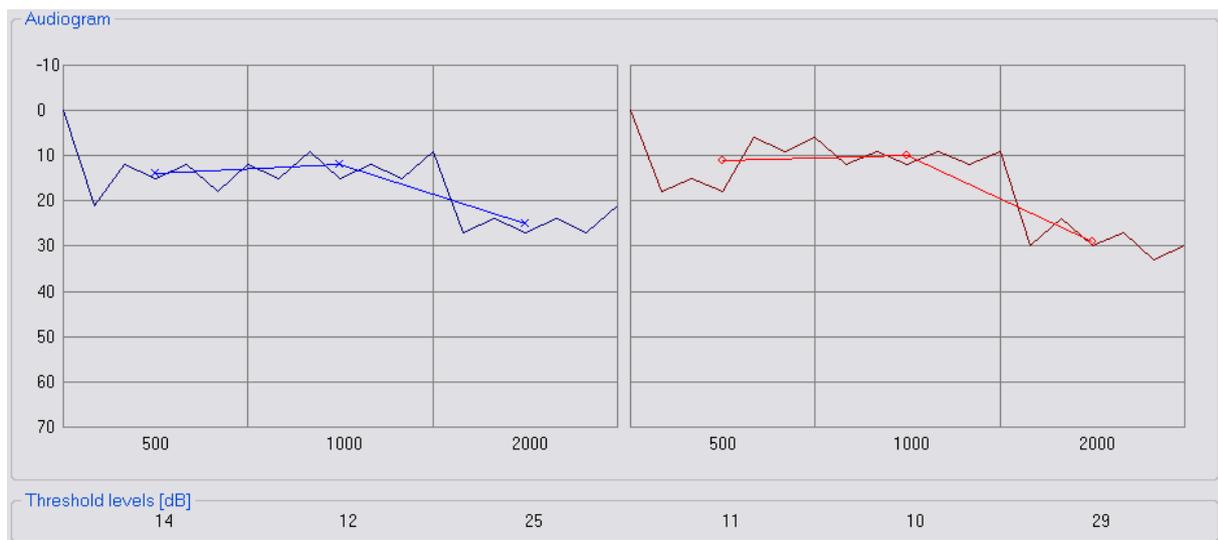


Audiogramm 03

Werte der Kopfhörmessungen:

Probanden	Musikstück Klassik	Musikstück Metal	Musikstück Pop	Sinuston 1 kHz	Weißes Rauschen
Person 35 (m, 20, 3)	20	23	19	14	7

Audiogrammformular:

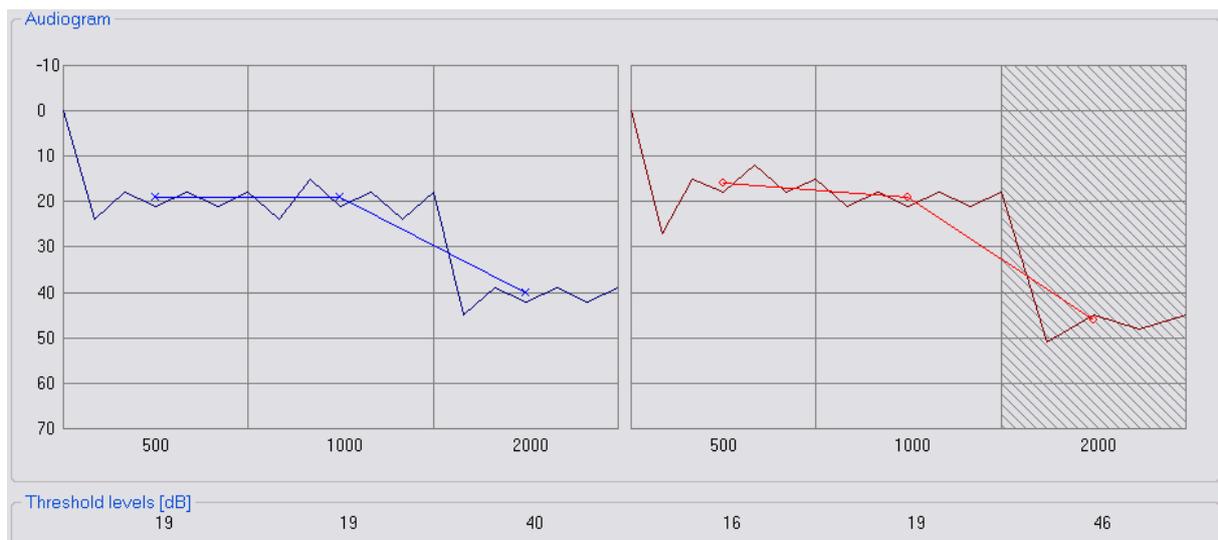


Audiogramm 04

Werte der Kopfhörmessungen:

Probanden	Musikstück Klassik	Musikstück Metal	Musikstück Pop	Sinuston 1 kHz	Weißes Rauschen
Person 39 (w, 50, 1)	21	23	21	5	5

Audiogrammformular:

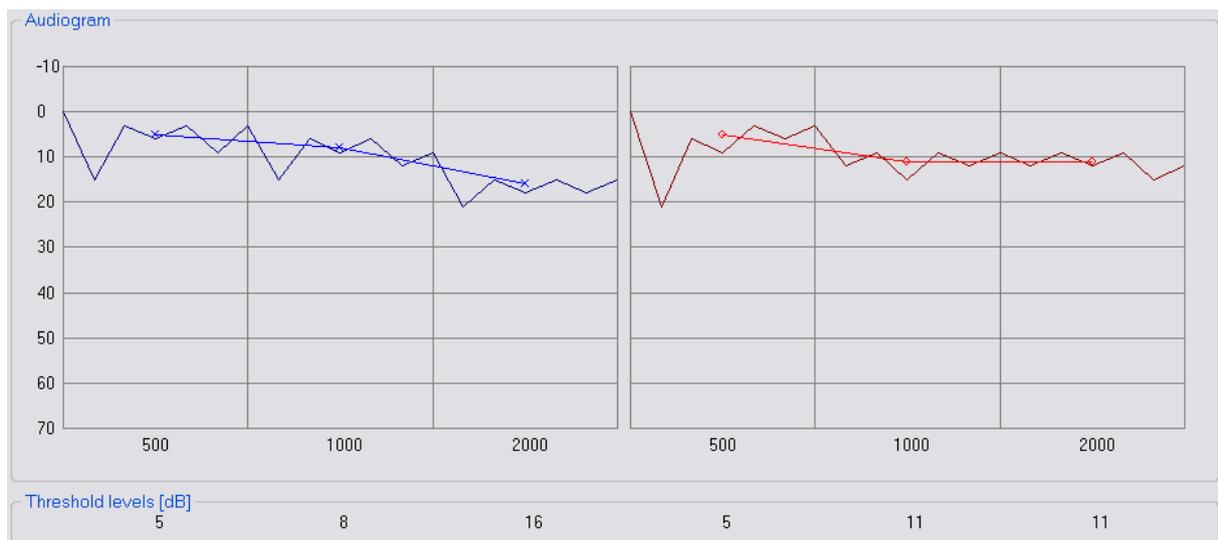


Audiogramm 05

Werte der Kopfhörmessungen:

Probanden	Musikstück Klassik	Musikstück Metal	Musikstück Pop	Sinuston 1 kHz	Weißes Rauschen
Person 38 (m, 53, 1)	19	22	17	5	2

Audiogrammformular:

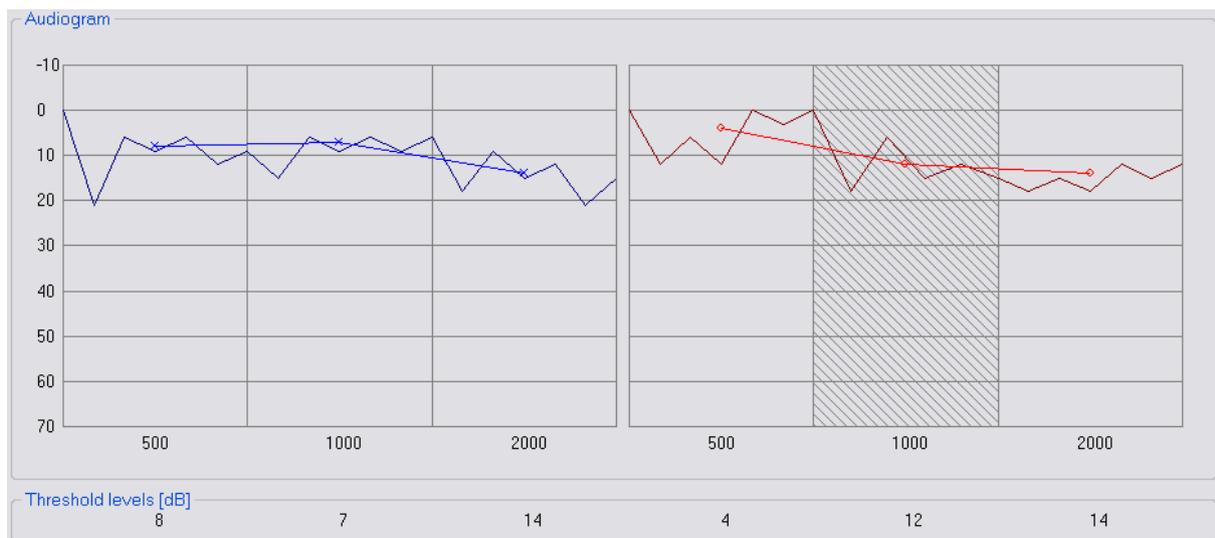


Audiogramm 06

Werte der Kopfhörmessungen:

Probanden	Musikstück Klassik	Musikstück Metal	Musikstück Pop	Sinuston 1 kHz	Weißes Rauschen
Person 40 (m, 21, 3)	16	14	10	0	1

Audiogrammformular:

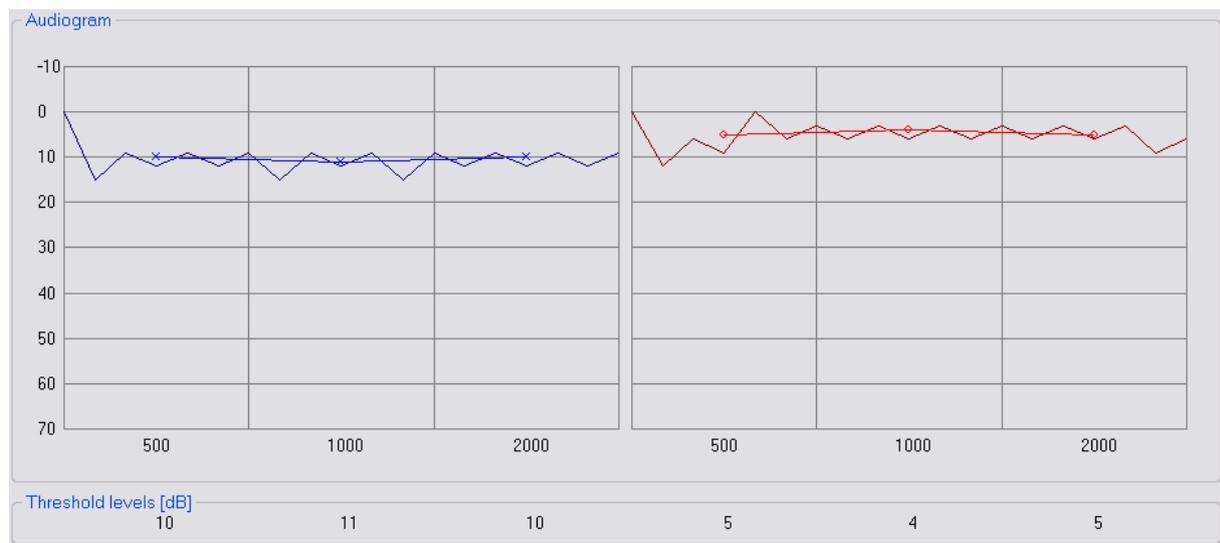


Audiogramm 07

Werte der Kopfhörmessungen:

Probanden	Musikstück Klassik	Musikstück Metal	Musikstück Pop	Sinuston 1 kHz	Weißes Rauschen
Person 41 (m, 23, 3)	22	25	22	22	22

Audiogrammformular:

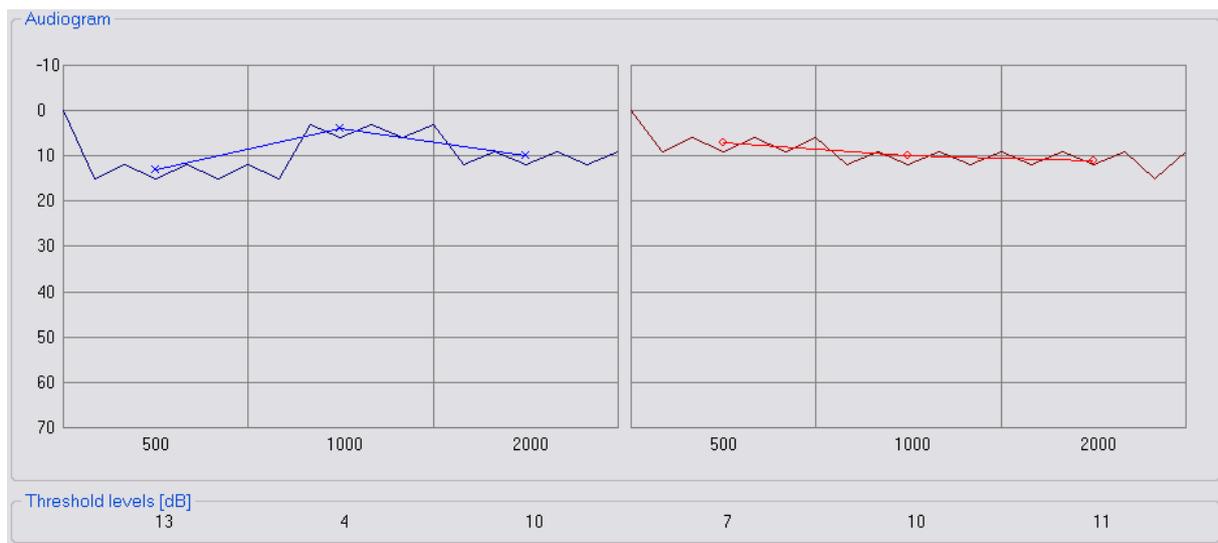


Audiogramm 08

Werte der Kopfhörmessungen:

Probanden	Musikstück Klassik	Musikstück Metal	Musikstück Pop	Sinuston 1 kHz	Weißes Rauschen
Person 3 (m, 24, 4)	23	25	19	12	9

Audiogrammformular:

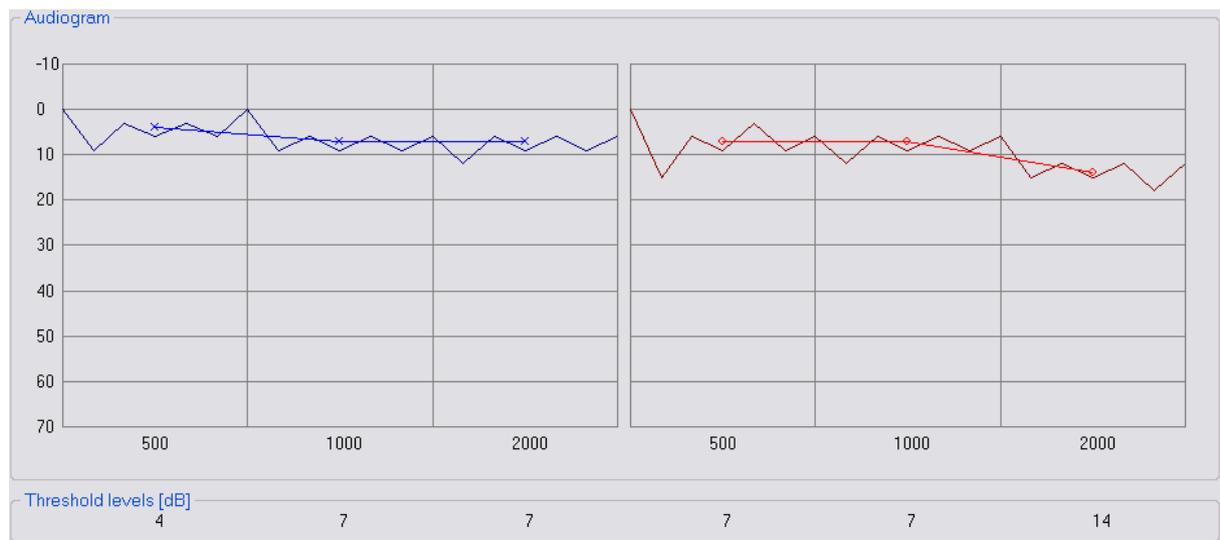


Audiogramm 09

Werte der Kopfhörmessungen:

Probanden	Musikstück Klassik	Musikstück Metal	Musikstück Pop	Sinuston 1 kHz	Weißes Rauschen
Person 1 (m, 22, 3)	20	22	19	18	15

Audiogrammformular:

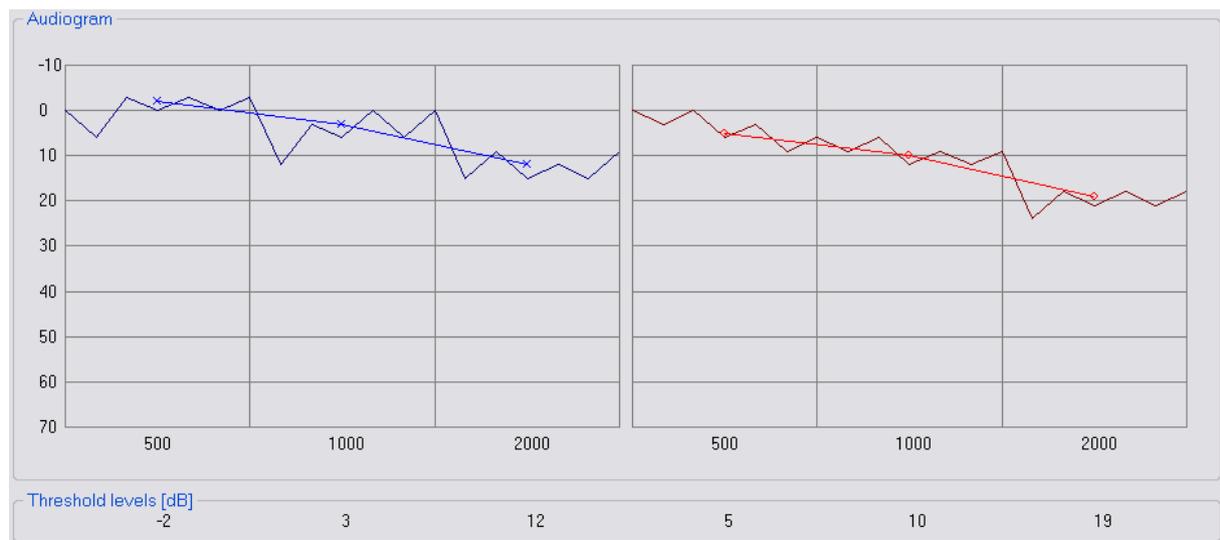


Audiogramm 10

Werte der Kopfhörmessungen:

Probanden	Musikstück Klassik	Musikstück Metal	Musikstück Pop	Sinuston 1 kHz	Weißes Rauschen
Person 2 (m, 26, 3)	26	28	27	14	16

Audiogrammformular:



Inhaltsverzeichnis der Begleit-CD

Diese CD enthält Computer-lesbare Programmdateien.

Ordner	Inhalt
Audiometerdateien	Die Audiogramme der Probanden, die Setup-Datei der Audiometersoftware mit den Kalibrierungsdateien
Außenmessungen	Die Messprotokolle der durchgeführten Messungen und die NXP-Datei
Bachelorarbeit	Die Bachelorarbeit und den Projektbericht
Helmmessungen	Die Messprotokolle der durchgeführten Messungen für Motorrad 1 und Motorrad 2 und die dazugehörigen NXP-Dateien
Kopfhörermessungen	Die Messergebnisse der Kopfhörermessung und die benutzten Audiodateien in verschiedenen Formaten