

**BE-207**

**BERICHTE**



**RINGVERSUCH FÜR BAUAKUSTISCHE  
MESSUNGEN 2001**



# **RINGVERSUCH FÜR BAUAKUSTISCHE MESSUNGEN 2001**

**BE-207**

Wien, Mai 2002

Autor:

Christoph Lechner (Arbeitsgruppe Forum Schall/UBA)

Ringversuchsleiter:

Christoph Lechner

Statistische Bearbeitung:

Alexandra König

Diese Arbeit entstand im Rahmen der Tätigkeit des Forum Schall, einer vom Umweltbundesamt unterstützten Expertengruppe mit Vertretern der Ämter und Landesregierungen und der Magistrate Graz, Innsbruck, Klagenfurt, Linz und St. Pölten.

Herzlichen Dank allen 15 teilnehmenden Prüfstellen, durch deren Bereitschaft und Einsatz eine hohe statistische Qualität und damit Aussagekraft der Ringversuchsergebnisse erreicht werden konnte.

Besonderer Dank gilt Frau Alexandra König und Herrn Werner Talasch für die tatkräftige Unterstützung.

Weitere Informationen zu Publikationen des Umweltbundesamtes finden Sie unter: <http://www.ubavie.gv.at>

## **Impressum**

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH, Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien  
Eigenvervielfältigung

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, Mai 2002  
Alle Rechte vorbehalten (all rights reserved)  
ISBN 3-85457-647-1

## VORWORT

Seit dem Bestehen des Forum Schall, welches im Jahr 1994 als "Arbeitsgruppe Qualitätssicherung von Umweltmessdaten - schalltechnische Messungen und Berechnungen" durch die Landesumweltreferentenkonferenz eingerichtet wurde, sind eine Reihe von Ringversuchen und Vergleichsmessungen und –berechnungen durchgeführt worden. So fanden zwei Ringversuchsreihen für bauakustische Messungen, ein Ringversuch zur Messung von Straßenverkehrslärm, einer zur Messung der Schallemission, eine Vergleichsmessung bei einer Betriebsanlage und zwei Reihen von Vergleichsrechnungen mit Schallausbreitungsprogrammen statt. Wesentliches Ziel dieser Untersuchungen war die Bestimmung der Vertrauensbereiche der Mess- und Rechenergebnisse im schalltechnischen Bereich.

Der vorliegende Ringversuch schließt an diese Reihe an. Durch die geänderten Messvorschriften für bauakustische Messungen, im Besonderen durch den erweiterten Frequenzbereich, waren hier die Vergleichs- und Wiederholgrenzen zu erheben, so dass in Österreich von einigen Prüfstellen großes Interesse an der Durchführung eines weiteren Ringversuches bekundet wurde, dem das Forum Schall gerne nachgekommen ist.

Bei der Auswahl des Messobjektes wurde besonders darauf Augenmerk gelegt, dass dieses für den Großteil der zu bewältigenden bauakustischen Messungen gut entspricht. Daher wurde eine neue Wohnanlage kurz nach Fertigstellung als Prüfobjekt verwendet. Bauweise und Raumgrößen sind vielen in der Praxis vorzufindenden Messaufgaben ähnlich.

Das Kollektiv der Ringversuchsteilnehmer wurde statistisch gesehen nicht zufällig gewählt, sondern besteht erfreulicherweise aus dem Großteil der in Österreich schalltechnisch messenden Prüfstellen, die freiwillig an dem Ringversuch teilnahmen und deren Anzahl in Österreich ohnehin beschränkt ist.



## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>TEILNEHMER</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG</b> .....	<b>3</b>
3.1	MESSAUFGABEN .....	3
3.2	BAUTEILBESCHREIBUNG (LAUT ANGABE DES PLANERS).....	4
3.3	RAUM AUSSTATTUNG .....	5
3.4	DATENSAMMLUNG.....	5
<b>4</b>	<b>MESSDURCHFÜHRUNGEN DURCH DIE PRÜFSTELLEN</b> .....	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>STATISTISCHE BERECHNUNGEN UND DARSTELLUNGSFORM DER ERGEBNISSE</b> .....	<b>7</b>
5.1	KENNWERTE .....	7
5.2	DARSTELLUNG.....	7
5.3	BERECHNUNGEN ZU DEN EINZELNEN AUFGABEN.....	8
5.4	BEHANDLUNG VON AUSREISSERN .....	10
<b>6</b>	<b>ERGEBNISSE DER EINZELNEN AUFGABEN</b> .....	<b>11</b>
6.1	LUFTSCHALLMESSUNG WAND .....	11
6.2	LUFTSCHALLMESSUNG DECKE .....	15
6.3	TRITTSCHALLMESSUNG DECKE .....	19
6.4	VERGLEICH DER ANREGUNGSARTEN FÜR DIE NACHHALLZEITMESSUNG .....	23
<b>7</b>	<b>VERTRAUENSBEREICHE FÜR DIE EINZHLANGABEN</b> .....	<b>26</b>
<b>8</b>	<b>VERGLEICH MIT DEN RINGVERSUCHEN 1995/1996</b> .....	<b>27</b>
<b>9</b>	<b>SCHALLTECHNISCHE GRUNDLAGEN</b> .....	<b>28</b>
9.1	LITERATURHINWEISE .....	28
9.2	BEGRIFFSBESTIMMUNGEN.....	28
9.3	ANLEITUNG FÜR MESSUNGEN IM UNTEREN FREQUENZBEREICH .....	29
<b>10</b>	<b>ANHANG TABELLEN</b> .....	<b>31</b>
10.1	ZUSAMMENFASSUNG .....	31
10.2	AUFGABE 1: LUFTSCHALLMESSUNG WAND .....	32
10.3	AUFGABE 2: LUFTSCHALLMESSUNG DECKE .....	<b>FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.</b>
10.4	AUFGABE 3: TRITTSCHALLMESSUNG DECKE .....	36
10.5	NACHHALLZEITMESSUNGEN .....	38
<b>11</b>	<b>ANLAGE PLANSKIZZEN</b> .....	<b>40</b>

## 1 EINLEITUNG

Das UBA – Forum Schall wurde ursprünglich als „Arbeitsgruppe Schalltechnische Messungen“ auf Beschluss der Landesumweltreferentenkonferenz im September 1994 gegründet. Unter Leitung von Fr. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Judith Lang wurde ein Musterqualitätsmanagementhandbuch erstellt. Zur Bestimmung der Messunsicherheiten wurden in diesem Zusammenhang mehrere Ringversuche und Vergleichsmessungen durchgeführt. Neben bauakustischen Messungen wurden Immissionsmessungen des Straßenverkehrs und einer Betriebsanlage, der Schallemission einer Quelle sowie zwei Vergleichsrechnungsserien mittels Rechenprogrammen durchgeführt und ausgewertet.

Im Bericht UBA-BE-167 (Juni 1996) sind die Ergebnisse von zwei Ringversuchen für bauakustische Messungen in Gebäuden publiziert worden. Dieser Ringversuch wurde nach den damals gültigen ÖNORMEN S 5100 Teil 1 bis 3 und DIN 52210 Teil 5 durchgeführt. Der in diesen Messvorschriften vorgegebene Frequenzbereich beträgt 100 bis 3150 Hz.

Mittlerweile sind bei Messungen für den Luftschallschutz die ÖNORM EN ISO 140-4 und für den Trittschallschutz die ÖNORM EN ISO 140-7 anzuwenden. Hierin sind auch Angaben über die Messung und Bewertung im erweiterten Frequenzbereich von 50 bis 5000 Hz enthalten. Um nun für diese Frequenzbereiche, wie auch für die Spektrumanpassungswerte, Aussagen über die Messunsicherheiten treffen zu können, wurde nun ein weiterer Ringversuch für bauakustische Messungen durchgeführt. Die Ausschreibung dieses Ringversuches erfolgte auch nach der Überlegung, dass akkreditierten und zertifizierten Dienst- und Prüfstellen innerhalb Österreichs eine Teilnahme an derartigen Vergleichsmessungen ermöglicht wird. Damit wird diesen erleichtert, der laufenden Verpflichtung an der Teilnahme an solchen Ringversuchen im Rahmen ihrer Qualitätspolitik nachzukommen.

Da im Anhang zur ÖNORM EN 20140-2 noch keine Wiederhol- und Vergleichsgrenzen für den erweiterten Frequenzbereich wie auch teilweise keine Wiederholungsgrenzen für Feldversuche enthalten sind, können die Ergebnisse dieses Ringversuches auch als Anhaltswerte verwendet werden.

## 2 TEILNEHMER

Nur ein Teil der Arbeitsgruppenmitglieder des Forum Schall führt selbst bauakustische Messungen durch. Aus diesem Grund wurde der Kreis der Ringversuchsteilnehmer auf Versuchsanstalten und Ingenieurbüros erweitert. In alphabetischer Reihenfolge sind die Teilnehmer an diesem Ringversuch aufgelistet:

- Amt der Kärntner Landesregierung, Abt. 15 Umweltschutz und Technik
- Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Abt. Umweltschutz
- Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Abt. 1a
- Bautechnische Versuchs- u. Forschungsanstalt Salzburg
- Dr. Pfeiler GmbH, Graz
- Magistrat Graz, Umweltamt
- Magistrat Klagenfurt, Abteilung Umweltschutz
- Magistrat Linz, Amt für Natur und Umweltschutz



- Magistrat Villach, Sachverständigendienst
- Magistrat Wien, MA 22
- Magistrat Wien, MA 39 VFA
- NÖ Umweltschutzanstalt, Maria Enzersdorf
- Österreichisches Forschungs- u. Prüfzentrum Arsenal GesmbH, Wien
- TAS Schreiner GmbH, Linz
- TÜV Österreich, Prüfzentrum Wels

Die organisatorische Betreuung an Ort und Stelle übernahm dankenswerter Weise das Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Unterabteilung Lärm- und Strahlenschutz, namentlich Herr Dipl.-Ing. Robert Kernöcker und Herr Emil Böttcher.

### 3 AUFGABENSTELLUNG

#### 3.1 Messaufgaben

Der hier beschriebene Ringversuch wurde im Bereich Felduntersuchung an einem im Jahre 2001 errichteten Gebäude durchgeführt. Das ausgewählte Gebäude hat die Adresse Linz Urfahr Remisenhof II, Haus Hagen, Stiege 9, "Alltags- und Frauengerechtes Wohnen". Der Bauherr ist die Wohnungsanlagen Gesellschaft m. b. H. (WAG), A-4026 Linz, Mörikeweg 6. Das Gebäude war gerade erst fertiggestellt. Teile der Wohnanlage in der Umgebung waren noch in Bau. Aufgrund des Baufortschrittes und eines Lokalausweises mit dem Bauleiter Ing. Franz Wiesinger und den Herren des Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung ergaben sich entsprechend der Aufgabenstellungen folgende zu prüfende Trennbauteile:

##### **Aufgabe 1:**

Trennwand Wohnung / Stiege Luftschallmessung gemäß ÖNORM EN ISO 140-4

Kurzbezeichnung LSM Wand

Senderraum (SR): Haus Hagen, Stiege 9, 1.OG. – 2.OG., Stiegenhaus

Empfangsraum (ER): Haus Hagen, Stiege 9, 1.OG., Whg. 3, Zimmer

##### **Aufgabe 2:**

Decke zwischen Wohnräumen Luftschallmessung gemäß ÖNORM EN ISO 140-4

Kurzbezeichnung LSM Decke

Senderraum (SR): Haus Hagen, Stiege 9, 2.OG., Whg. 5, Zimmer

Empfangsraum (ER): Haus Hagen, Stiege 9, 1.OG., Whg. 3, Zimmer

**Aufgabe 3:**

Decke zwischen Wohnräumen Trittschallmessung gemäß ÖNORM EN ISO 140-7

Kurzbezeichnung TSM Decke

Senderraum (SR): Haus Hagen, Stiege 9, 2.OG., Whg. 5, Zimmer

Empfangsraum (ER): Haus Hagen, Stiege 9, 1.OG., Whg. 3, Zimmer

Die Teilnehmer am Ringversuch wurden gebeten, bei jeder Aufgabe fünf Prüfungen vorzunehmen. Für die gesamten Prüfungen stand der Zeitraum vom 9. Juli bis 30. August 2001 zur Verfügung.

Die Skizzen der beiden betroffenen Geschosse mit Stiegenhaus, Empfangsraum für alle Aufgaben und darüber liegenden Senderraum für Aufgabe 2 und 3 sind im Kapitel 11 dieses Berichtes enthalten.

**3.2 Bauteilbeschreibung (laut Angabe des Planers)**

<b>Aufbau</b>	<b>Dicke</b>	<b>flächenbezogene Masse</b>
Trennwand Wohnung / Stiege		
Innenputz	2,0 cm	32,0 kg/m <sup>2</sup>
VELOX WS 75 (Holzwollplatte)	7,5 cm	55,0 kg/m <sup>2</sup>
Stahlbeton	18,0 cm	432 kg/m <sup>2</sup>
VELOX WSD (Holzwollplatte)	3,5 cm	26,0 kg/m <sup>2</sup>
Innenputz	2,0 cm	32,0 kg/m <sup>2</sup>
Stiege		
Podest bestehend aus Stahlbetonplatte mit schwimmendem Estrich und Fliesen.		
Akustisch getrennter Lauf mit Fliesen.		
Decke		
Stahlbeton	18,0 cm	432 kg/m <sup>2</sup>
Beschüttung	7,0 cm	126 kg/m <sup>2</sup>
Awakust 34/30	3,0 cm	0,3 kg/m <sup>2</sup>
Estrich	6,0 cm	120 kg/m <sup>2</sup>
Parkettboden	1,0 cm	5,0 kg/m <sup>2</sup>
Außenwand		
Außenputz	2,5 cm	40 kg/m <sup>2</sup>
HL-Ziegel (Wärmeschutzziegel)	40,0 cm	300 kg/m <sup>2</sup>
Innenputz	1,5 cm	24 kg/m <sup>2</sup>

Innenwand  
 Einfach-Gipskartonständerwand 10,0 cm 27,8 kg/m<sup>2</sup>

### 3.3 Raumausstattung

Die Ausstattung der Prüfräume war für alle Teilnehmer bereits vorbereitet, da die Prüfräume sonst völlig leer gewesen wären. Die Teilnehmer wurden gebeten, diese Ausstattungsgegenstände in den Räumen zu belassen. Über die Anordnung derselben wurden keine Vorgaben getroffen. Die Gegenstände sind in der Folge aufgelistet:

Empfangsraum (ER): Filzbelag als Bodenschoner und Absorber,  
 1 Schaumstoffabsorber,  
 2 Styroporpakete als Streukörper.  
 Senderraum (SR): 2 Styroporpakete als Streukörper.

### 3.4 Datensammlung

Die Messdaten wurden von den Teilnehmern in eigens dafür entworfenen Vorlageblättern (siehe Abbildung 1) eingetragen und per e-mail an den Ringversuchsleiter retourniert. Weiters wurden die Teilnehmer gebeten, einen schriftlichen Prüfbericht zu erstatten. Dieser Bitte kamen allerdings nur acht der 15 Teilnehmer nach. Für die Bestimmung der Wiederhol- und Vergleichsgrenze hat dies keinen Einfluss, die Aussagen über die Form und Vollständigkeit der Prüfberichte besitzen damit allerdings nur eingeschränkt informellen Charakter.

Abbildung 1: ausgesendetes Formblatt für die statistischen Erhebungen

f [Hz]	Aufgabe 1 LSM Wand					Aufgabe 2 LSM Decke					Aufgabe 3 TSM Decke					Nachhallzeit										
	[dB]	1	2	3	4	5	[dB]	1	2	3	4	5	[dB]	1	2	3	4	5	[s]	1	2	3	4	5		
50	D <sub>nT</sub>						D <sub>nT</sub>						L <sub>nT</sub>						T							
63	D <sub>nT</sub>						D <sub>nT</sub>						L <sub>nT</sub>						T							
80	D <sub>nT</sub>						D <sub>nT</sub>						L <sub>nT</sub>						T							
100	D <sub>nT</sub>						D <sub>nT</sub>						L <sub>nT</sub>						T							
125	D <sub>nT</sub>						D <sub>nT</sub>						L <sub>nT</sub>						T							
160	D <sub>nT</sub>						D <sub>nT</sub>						L <sub>nT</sub>						T							
200	D <sub>nT</sub>						D <sub>nT</sub>						L <sub>nT</sub>						T							
250	D <sub>nT</sub>						D <sub>nT</sub>						L <sub>nT</sub>						T							
315	D <sub>nT</sub>						D <sub>nT</sub>						L <sub>nT</sub>						T							
400	D <sub>nT</sub>						D <sub>nT</sub>						L <sub>nT</sub>						T							
500	D <sub>nT</sub>						D <sub>nT</sub>						L <sub>nT</sub>						T							
630	D <sub>nT</sub>						D <sub>nT</sub>						L <sub>nT</sub>						T							
800	D <sub>nT</sub>						D <sub>nT</sub>						L <sub>nT</sub>						T							
1000	D <sub>nT</sub>						D <sub>nT</sub>						L <sub>nT</sub>						T							
1250	D <sub>nT</sub>						D <sub>nT</sub>						L <sub>nT</sub>						T							
1600	D <sub>nT</sub>						D <sub>nT</sub>						L <sub>nT</sub>						T							
2000	D <sub>nT</sub>						D <sub>nT</sub>						L <sub>nT</sub>						T							
2500	D <sub>nT</sub>						D <sub>nT</sub>						L <sub>nT</sub>						T							
3150	D <sub>nT</sub>						D <sub>nT</sub>						L <sub>nT</sub>						T							
4000	D <sub>nT</sub>						D <sub>nT</sub>						L <sub>nT</sub>						T							
5000	D <sub>nT</sub>						D <sub>nT</sub>						L <sub>nT</sub>						T							
	D <sub>nT,w</sub>						D <sub>nT,w</sub>						L <sub>nT,w</sub>													
	C						C						C <sub>i</sub>													
	C <sub>tr</sub>						C <sub>tr</sub>						C <sub>i,50-2500</sub>													
	C <sub>50-3150</sub>						C <sub>50-3150</sub>						Bezeichnung der Prüfstelle:													
	C <sub>50-5000</sub>						C <sub>50-5000</sub>						Messgerät:													
	C <sub>100-5000</sub>						C <sub>100-5000</sub>						Hammerwerk:													
	C <sub>tr, 50-3150</sub>						C <sub>tr, 50-3150</sub>						Sendeschalllautsprecherpositionen:													
	C <sub>tr, 50-5000</sub>						C <sub>tr, 50-5000</sub>						Schallfeldmittelwertbildung:													
	C <sub>tr, 100-5000</sub>						C <sub>tr, 100-5000</sub>						Nachhallzeitmessung:													

Wie aus dem Formblatt ersichtlich ist, waren von den Teilnehmern auch folgende Informationen einzutragen:

Bezeichnung der Prüfstelle:	Kurzbezeichnung
Messgerät:	Angabe der Type
Hammerwerk:	Angabe der Type
Sendeschaillautsprecherpositionen:	Anzahl Lautsprecherpositionen
Schallfeldmittelwertbildung:	Einzelpositionen (Anzahl), bewegtes Mikrofon od. Drehgalgen
Nachhallzeitmessung:	Art der Anregung

## 4 MESSDURCHFÜHRUNGEN DURCH DIE PRÜFSTELLEN

Tabelle 1: Angaben zur Messdurchführung

Nr.	Messgerät	Hammerwerk	Sendeschaillautsprecher	Schallfeldmittelwertbildung Empfangraum	Nachhallzeitmessung
1	Larson-Davis 2900	B&K 3204	2	bewegtes Mikrofon	Impuls
2	Larson-Davis 2900	NOR 211	2	bewegtes Mikrofon	Lautsprecher
3	Larson-Davis 2900 B	NOR 211	2	bewegtes Mikrofon	Lautsprecher
4	Norsonic 840	NOR 211	2	Drehgalgen	Lautsprecher
5	Larson Davis 2900	NOR 211	2	bewegtes Mikrofon	Lautsprecher
6	Larson Davis 2900 B	B&K 3204	2	bewegtes Mikrofon	Lautsprecher
7	Norsonic RTA 840	NOR 211	3	5 Einzelpositionen	Lautsprecher
8	Norsonic 840	B&K 3207	2	bewegtes Mikrofon	Lautsprecher
9	Norsonic 840	NOR 211	Wand 2 Decke 4	6 Einzelpositionen	MLS
10	Rion NI18, DAT, Norsonic 830	B&K 3204	2	bewegtes Mikrofon	Impuls
11	Norsonic 840	B&K 3204	2	LSM=6 ; TSM=10 Einzelpos.	Lautsprecher
12	Brüel & Kjaer 2144	B&K 3204	Wand 4 Decke 3	Drehgalgen	Lautsprecher
13	Brüel & Kjaer 2260	B&K 3204	2	5 bzw. 4 Einzelpositionen	Lautsprecher
14	Norsonic 830	B&K 3204	5	Drehgalgen	Impuls
15	Norsonic 840-2	B&K 3207	2	Drehgalgen	Impuls/Noise

## 5 STATISTISCHE BERECHNUNGEN UND DARSTELLUNGSFORM DER ERGEBNISSE

Die Vorbereitung und Auswertung des Ringversuches erfolgte nach ÖNORM EN 20140-2 „Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Angaben von Genauigkeitsanforderungen. Die Ermittlung der Wiederhol- und Vergleichspräzision erfolgte gemäß der ISO 5725-1 „Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Messverfahren und Messergebnissen“. Die Behandlung statistischer Ausreißer erfolgte nach DIN ISO 5725, Ausgabe 1988.

### 5.1 Kennwerte

Aus den einzelnen Messergebnissen jeder Prüfstelle wurden Mittelwert und Standardabweichung für alle Merkmalniveaus berechnet. Aus den Standardabweichungen wurde die laborinterne Varianz berechnet und daraus die Wiederholgrenze  $r$  festgelegt.

*Definition „Wiederholgrenze  $r$ “: Betrag, unter dem der Absolutwert der Differenz zwischen zwei einzelnen unter Wiederholbedingungen gewonnenen Ermittlungsergebnissen mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% erwartet werden kann.*

Aus den erhobenen Mittelwerten und den Mittelwerten der laborinternen Varianzen konnte die Varianz zwischen den teilnehmenden Prüfstellen erhoben und daraus die Vergleichsgrenze  $R$  abgeleitet werden.

*Definition „Vergleichsgrenze  $R$ “: Betrag, unter dem der Absolutwert der Differenz zwischen zwei einzelnen unter Vergleichsbedingungen gewonnenen Ermittlungsergebnissen mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% erwartet werden kann.*

Werden  $r$  und  $R$  von einer Prüfstelle nicht überschritten, können aus der Vergleichsgrenze und der Wiederholgrenze Vertrauensbereiche für bestimmte Situationen berechnet werden.

Das bedeutet unter anderem:

Wird von einem einzelnen Laboratorium nur eine einzige Ermittlung  $\gamma$  der zu messenden Größe durchgeführt, ist der **Vertrauensbereich** für den wahren Wert  $\mu$  (z.B. eine Anforderung oder ein in einem Vertrag festgelegten Wert):

$$\left( \gamma - \frac{R}{\sqrt{2}} \right) < \mu < \left( \gamma + \frac{R}{\sqrt{2}} \right)$$

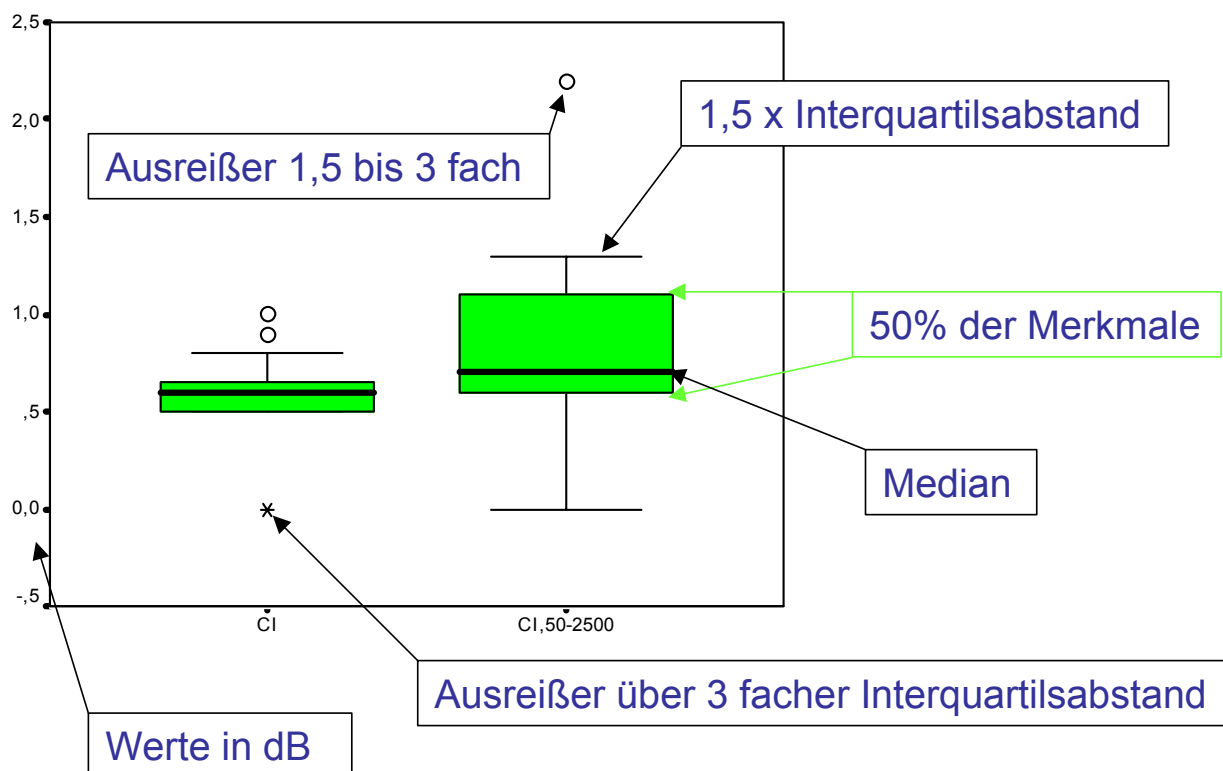
### 5.2 Darstellung

Mittelwerte und Standardabweichungen sind für alle Messmerkmale und Prüfstellen in Tabellen angegeben und graphisch in Form von Boxplots dargestellt.

Boxplots stellen schematisch eine Häufigkeitsverteilung dar. Zwischen dem 1. und 3. Quartil wird ein Balken aufgebaut, der somit 50% der Merkmale umfasst. Der Median wird als dickere Linie innerhalb des Kastens dargestellt. Wieweit die restlichen 50% der Werte streuen wird durch die Ausläufer ersichtlich. Diese werden unterschiedlich weit gezogen, in der in diesem Bericht gewählten Darstellungsform betragen sie den 1,5-fachen Interquartilabstand. Werte die weiter streuen, werden als Ausreißer bezeichnet und als Ring oder

Stern dargestellt, je nachdem ob sie zwischen 1,5 bis 3-fachen Interquartilsabstand (o) oder über 3-fachen Interquartilsabstand (\*) vom oberen oder unteren Rand des Kastens entfernt sind. Diese so gekennzeichneten „statistischen Ausreißer“ müssen aber noch keine tatsächlichen Fehlmessungen sein.

Abbildung 2: grafische Darstellung der Boxplot-Informationen an einem Beispiel



Die Werte für  $r$  und  $R$  sind in Abhängigkeit von der Frequenz sowie für die Einzulangaben in Tabellen angeführt und als Liniendiagramme im direkten Vergleich mit den nach ISO 140-3 geltenden Werten für die Wiederhol- und Vergleichsgrenze von Luftschalldämmmaßen und den nach ISO 140-6 geltenden Werten für Standard-Trittschallpegel dargestellt.

### 5.3 Berechnungen zu den einzelnen Aufgaben

Nach ÖNORM EN 20140-2 soll die Anzahl der teilnehmenden Laboratorien mindestens  $p = 8$  betragen, jedoch wird empfohlen, diese Anzahl zu erhöhen um die Anzahl der erforderlichen Mehrfachmessungen zu verringern. Die Anzahl  $n$  der Prüfergebnisse in jedem Laboratorium sollte so gewählt werden, dass  $p(n - 1) \geq 35$  ist.

### 5.3.1 Luftschallmessung Wand

14 Prüfstellen  $p$  (Nr. 7 hat diese Aufgabe nicht gemessen)

5 Mehrfachmessungen  $n$

$$p(n - 1) = 14(5-1) = 56 \geq 35$$

Bedingung nach ÖNORM EN 20140-2 erfüllt

Die Ergebnisse der Einzahlangaben der fünf Messungen jeder Prüfstelle und die Mittelwerte daraus sind in einer Tabelle dargestellt. Weiters sind Mittelwerte und Standardabweichungen aller Einzelmesswerte in Boxplots dargestellt, die Zahlenwerte sind aus den Tabellen im Anhang ersichtlich.

Aus den Mittelwerten der Standardabweichungen wurde für jede Prüfstelle die laborinterne Varianz und daraus die Wiederholgrenze  $r$  berechnet.

Die Varianz zwischen den teilnehmenden Prüfstellen wurde aus den Mittelwerten der einzelnen Messergebnisse und dem Mittelwert der laborinternen Varianz berechnet. Aus der Varianz zwischen den Labors leitet sich die Vergleichsgrenze  $R$  ab.

Die Werte für  $r$  und  $R$  sind für alle Frequenzen und Einzahlangaben angeführt und in Liniendiagrammen gegen die nach ISO 140-3 geltenden Werten für die Wiederhol- und Vergleichsgrenze für Luftschalldämmmaße aufgetragen.

### 5.3.2 Luftschallmessung Decke - Trittschallmessung Decke

15 Teilnehmer

15 Prüfstellen  $p$

5 Mehrfachmessungen  $n$

$$p(n - 1) = 15(5-1) = 60 \geq 35$$

Bedingung nach ÖNORM EN 20140-2 erfüllt

Die Ergebnisse der Einzahlangaben der fünf Messungen jeder Prüfstelle und die Mittelwerte daraus sind in einer Tabelle dargestellt. Weiters sind Mittelwerte und Standardabweichungen aller Einzelmesswerte in Boxplots dargestellt, die Zahlenwerte sind aus den Tabellen im Anhang ersichtlich.

Aus den Mittelwerten der Standardabweichungen wurde für jede Prüfstelle die laborinterne Varianz und daraus die Wiederholgrenze  $r$  berechnet.

Die Varianz zwischen den teilnehmenden Prüfstellen wurde aus den Mittelwerten der einzelnen Messergebnisse und dem Mittelwert der laborinternen Varianz berechnet. Aus der Varianz zwischen den Labors leitet sich die Vergleichsgrenze  $R$  ab.

Die Werte für  $r$  und  $R$  sind für alle Frequenzen und Einzahlangaben angeführt und in Liniendiagrammen gegen die nach ISO 140-6 geltenden Werten für die Wiederhol- und Vergleichsgrenze für Standard-Trittschallpegel aufgetragen.

### 5.3.3 Nachhallzeitmessung

#### Rauschanregung

11 Teilnehmer

9 Prüfstellen  $p$ : Nr. 11 hat nur ein Messergebnis aus allen Messungen bekannt gegeben und war daher nicht verwertbar, Nr. 8 machte nur 3 Messungen – es erfolgte ein Ausschluss dieser Prüfstelle

5 Mehrfachmessungen  $n$

$$p(n - 1) = 9(5-1) = 36 \geq 35$$

Bedingung nach ÖNORM EN 20140-2 erfüllt

#### Impulsanregung

4 Teilnehmer

4 Prüfstellen  $p$

5 Mehrfachmessungen  $n$

Grundsätzlich ist hier die Teilnehmerzahl bereits zu gering, da die Mindestanzahl von acht nicht erreicht wird, weiters gilt:

$$p(n - 1) = 4(5-1) = 16 < 35$$

Bedingung nach ÖNORM EN 20140-2 **nicht** erfüllt

Die Auswertung der Nachhallzeitmessungen mit Impulsschallanregung hat damit nicht die geforderte statistische Qualität. Die Ergebnisse werden nur als ergänzende Information, nicht aber zur Bewertung dieser Methode dargestellt.

Mittelwerte und Standardabweichungen sind in Boxplots dargestellt, die Zahlenwerte sind aus den Tabellen im Anhang ersichtlich.

### 5.4 Behandlung von Ausreißern

Mittels statistischer Tests wurden potentielle Ausreißer ermittelt und als auffällig markiert. Diese Daten wurden aber nicht automatisch selektiert, sondern einer Plausibilitätsprüfung unterzogen. Es zeigte sich, dass durch die Rundungsbestimmungen (Angabe der Endergebnisse auf ganze dB gerundet) derartige statistische Ausreißer zumeist gar keine wirklichen Ausreißer waren und weiter verwendet werden konnten. Ein tatsächlicher Ausreißer konnte auf einen handschriftlichen Übertragungsfehler zurückgeführt werden. Dieser wurde nach Diskussion korrigiert und der Messwert dafür eingesetzt. Somit konnten alle Messwerte als Basis in die statistische Endauswertung einbezogen werden.

Mit oben angeführter Ausnahme wurden keine späteren Korrekturen durchgeführt. Insbesondere wurde eine Beeinflussung durch Fremdgeräusche, die einige Prüfstellen durch Bau- lärm beklagten, nicht überprüft (durch eine Kontrolle der Fremdgeräuschkorrektur), da die Ergebnisse dieses Ringversuchs die Vertrauensbereiche unkorrigierter Feldmessungen zum Inhalt haben sollen.



## 6 ERGEBNISSE DER EINZELNEN AUFGABEN

### 6.1 Luftschallmessung Wand

In der nachstehenden Tabelle sind die Messwerte der 5 Einzelmessungen sowie die Mittelwerte dieser Messungen für jede Prüfstelle angegeben:

Tabelle 2: LSM Wand – Messwerte der Einzelaufgaben und Mittelwerte

Nr.	$D_{ntw}$	$C$	$C_{tr}$	$C_{50-3150}$	$C_{50-5000}$	$C_{100-5000}$	$C_{tr50-3150}$	$C_{tr50-5000}$	$C_{tr100-5000}$
1	54 54 53 53 53	-1 -1 -1 -1 -1	-2 -2 -3 -2 -2	-2 -1 -1 -1 -1	-1 0 -1 0 0	-1 0 0 0 0	-4 -4 -5 -3 -2	-4 -4 -5 -3 -2	-2 -2 -3 -2 -2
	53,4	-1,0	-2,2	-1,2	-0,4	-0,2	-3,6	-3,6	-2,2
2	53 53 53 53 54	-1 0 -1 0 -1	-2 -1 -2 -1 -2	-1 0 -1 -1 -1	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	-3 -2 -3 -2 -3	-3 -2 -3 -2 -3	-2 -1 -2 -1 -2
	53,2	-0,6	-1,6	-0,8	0,0	0,0	-2,6	-2,6	-1,6
3	53 54 53 53 53	0 -1 -1 -1 0	-1 -2 -1 -1 -1	0 -1 -1 -1 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	-3 -3 -4 -3 -3	-3 -3 -4 -3 -3	-1 -2 -1 -1 -1
	53,2	-0,6	-1,2	-0,6	0,0	0,0	-3,2	-3,2	-1,2
4	55 55 55 55 55	0 0 -1 -1 0	-1 -1 -1 -1 -1	-1 -1 -1 -1 -1	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	-5 -6 -5 -5 -5	-5 -6 -5 -5 -5	-1 -1 -1 -1 -1
	55,0	-0,4	-1,0	-1,0	0,0	0,0	-5,2	-5,2	-1,0
5	52 52 52 52 52	-1 -1 0 -1 -1	-1 -2 -1 -2 -2	-1 -1 0 -1 -1	0 0 0 0 0	0 0 1 0 0	-3 -3 -3 -3 -3	-3 -3 -3 -3 -3	-1 -2 -1 -2 -2
	52,0	-0,8	-1,6	-0,8	0,0	0,2	-3,0	-3,0	-1,6
6	53 53 53 53 53	-1 -1 -1 -1 -1	-1 -1 -1 -1 -1	-1 -1 -1 -1 -1	0 0 0 -1 0	0 0 0 0 0	-2 -3 -3 -2 -3	-2 -3 -3 -3 -3	-1 -1 -1 -1 -1
	53,0	-1,0	-1,0	-1,0	-0,2	0,0	-2,6	-2,8	1,0
8	53 52 52 53 52	-1 0 0 -1 0	-2 -1 -1 -2 -1	-1 0 0 -1 0	0 1 0 -1 0	0 1 0 -1 0	-3 -2 -2 -3 -2	-3 -2 -2 -3 -2	-2 -1 -1 -2 -1
	52,4	-0,4	-1,4	-0,4	0,0	0,0	-2,4	-2,4	-1,4
9	55 56 56 55 55	0 -1 -1 0 0	-1 -1 -2 -1 -1	0 -1 -1 0 0	0 0 0 0 1	1 0 0 1 1	-4 -4 -4 -3 -4	-4 -4 -3 -4	-1 -1 -2 -1 -1
	55,4	-0,4	-1,2	-0,4	0,2	0,6	-3,8	-3,8	-1,2
10	52 50 50 51 52	-1 0 -1 -1 -1	-2 -1 -2 -2 -3	-1 -1 -1 -1 -1	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	-4 -3 -3 -5 -5	-4 -3 -3 -5 -5	-2 -1 -2 -2 -3
	51,2	-0,8	-2,0	-1,0	0,0	0,0	-4,0	-4,0	-2,0
11	55 55 54 54 54	-1 -1 -1 -1 -1	-2 -2 -2 -2 -2	-1 -1 -1 -1 -1	-1 -1 0 -1 0	0 -1 0 0 0	-3 -3 -3 -3 -2	-3 -3 -3 -3 -2	-2 -2 -2 -2 -2
	54,4	-1,0	-2,0	-1,0	-0,6	-0,2	-2,8	-2,8	-2,0
12	54 54 54 54 54	-1 -1 -1 0 -1	-2 -2 -2 -2 -2	-1 -1 -1 0 -1	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	-4 -5 -4 -4 -5	-4 -5 -4 -4 -5	-2 -2 -2 -2 -2
	54,0	-0,8	-2,0	-0,8	0,0	0,0	-4,4	-4,4	-2,0
13	54 54 54 54 53	-1 -1 -1 -1 0	-2 -2 -2 -2 -1	-1 -1 -1 -1 -1	0 -1 -1 0 0	0 0 0 0 0	-5 -5 -4 -5 -4	-5 -5 -4 -5 -4	-2 -2 -2 -2 -1
	53,8	-0,5	-1,8	-1,0	-0,4	0,0	-4,6	-4,6	-1,8
14	54 54 54 54 54	-1 -1 -1 -1 -1	-2 -2 -2 -2 -2	-1 -1 -1 -1 -1	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	-5 -5 -4 -5 -5	-5 -5 -4 -5 -5	-2 -2 -3 -2 -2
	54,0	-1,0	-2,0	-1,0	0,0	0,0	-4,8	-4,8	-2,2
15	55 56 55 56 56	0 0 0 -1 -1	-1 -2 -2 -2 -2	-1 -1 -1 -2 -1	0 0 0 -1 -1	0 0 0 -1 0	-5 -5 -7 -6 -1	-5 -5 -7 -6 -1	-1 -2 -2 -2 -3
	55,6	-0,4	-1,8	-1,2	-0,4	-0,2	-4,8	-4,8	-2,0

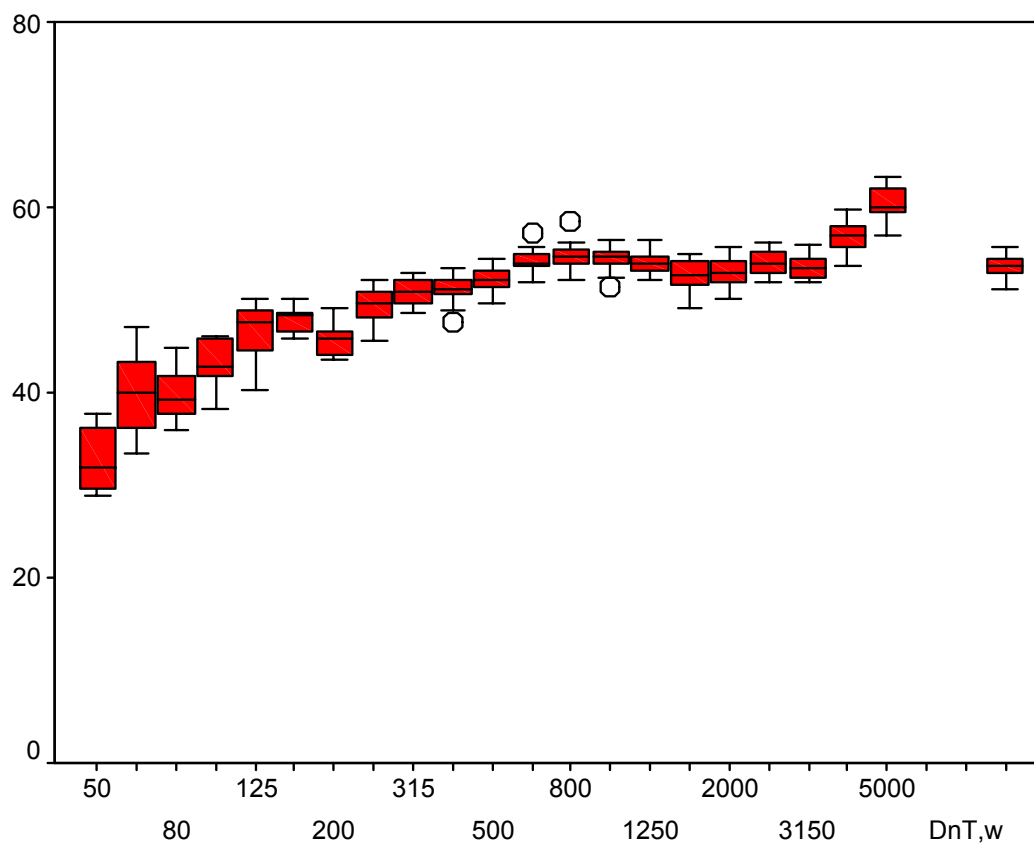
Abbildung 3: LSM Wand - Boxplots Mittelwerte Terzbänder und  $D_{nT,w}$  in dB

Abbildung 4: LSM Wand - Boxplots Mittelwerte Spektrumanpassungswerte in dB

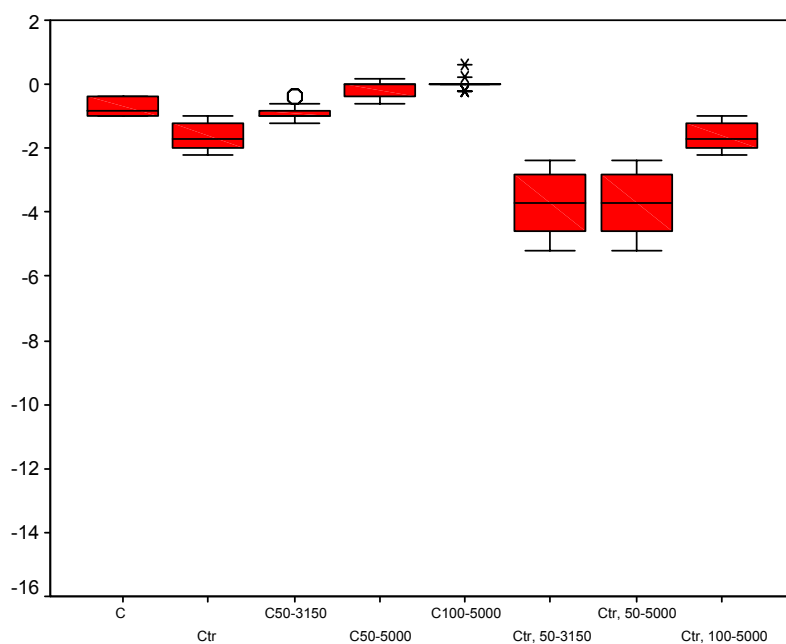


Abbildung 5: LSM Wand - Boxplots Standardabweichungen Terzbänder und  $D_{nT,w}$  in dB

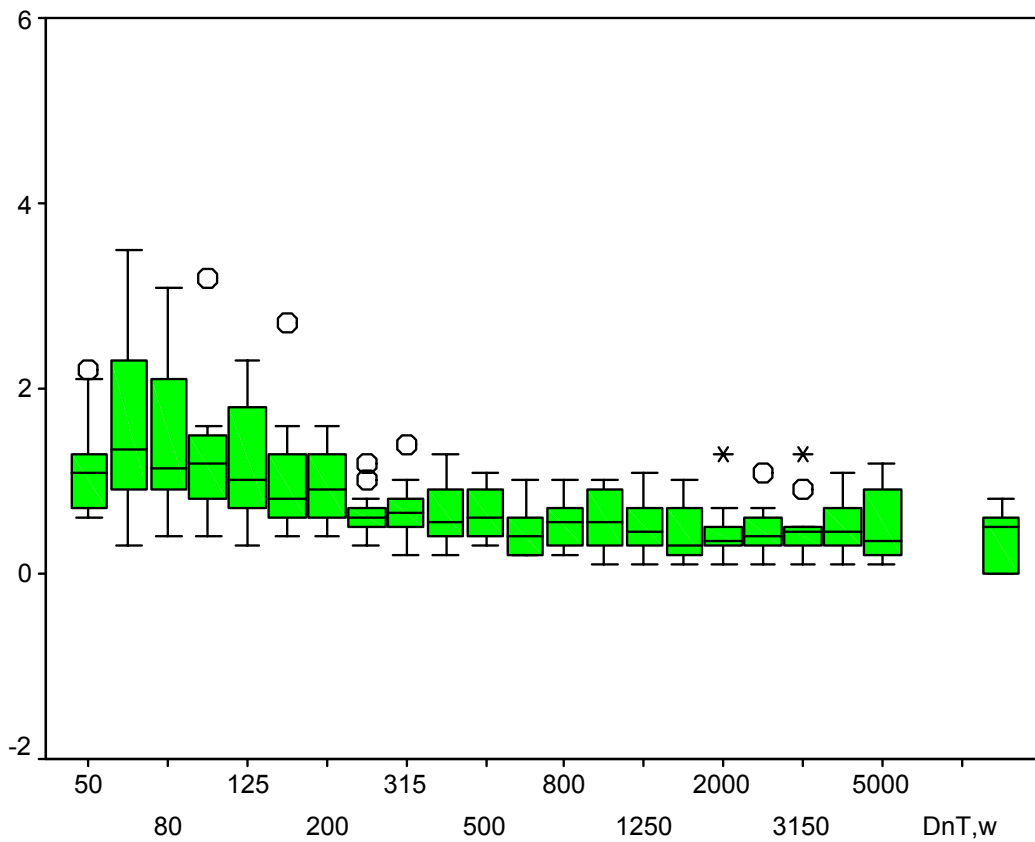


Abbildung 6: LSM Wand - Boxplots Standardabweichungen Spektrumanpassungswerte in dB

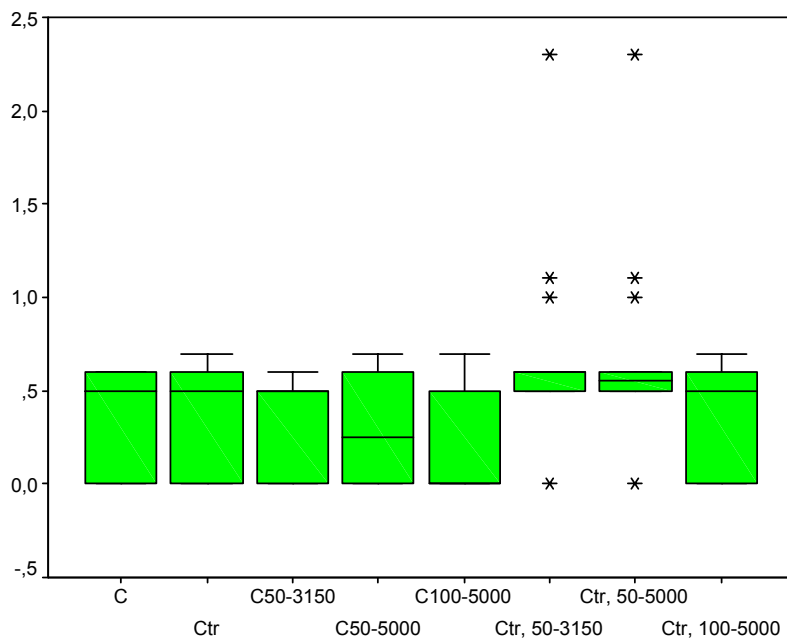
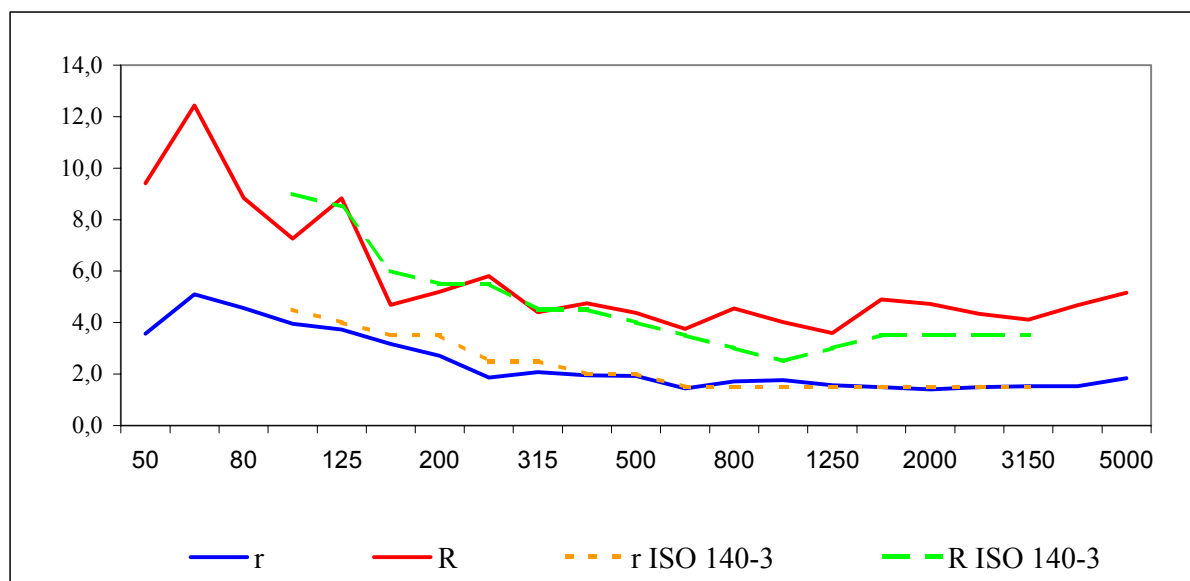


Abbildung 7: LSM Wand - Wiederholgrenze  $r$  und Vergleichsgrenze  $R$  Ringversuch - EN 20140-2

In EN 20140-2 entspricht die Angabe für die Vergleichsgrenze  $R$  für Feldversuche jener von  $R$  für Laboruntersuchungen. Die Werte wurden unter guten akustischen Bedingungen bestimmt und können in kleinen Räumen oder in Räumen mit signifikanter Flankenübertragung schlechter sein.

Abbildung 7 zeigt beim durchgeführten Ringversuch zufriedenstellende Übereinstimmungen mit den Genauigkeitsangaben der Norm. Vor allem trifft dies für die Wiederholgrenze  $r$  zu, die über den gesamten Frequenzbereich praktisch eingehalten ist. Aufgrund der Messsituation mit kleinem Empfangsraum liegen die Überschreitungen der beim Ringversuch ermittelten Vergleichsgrenze  $R$  in einem tolerablen Bereich.

Es zeigt sich für den erweiterten Frequenzbereich, dass hier die Genauigkeiten deutlich sinken. Die ermittelten Werte unter 100 Hz übersteigen fast zur Gänze den in der Norm angegebenen Genauigkeitsbereich für das bisher tiefste Terzband von 100 Hz.

## 6.2 Luftschallmessung Decke

In der nachstehenden Tabelle sind die Messwerte der 5 Einzelmessungen sowie die Mittelwerte dieser Messungen für jede Prüfstelle angegeben:

Tabelle 3: LSM Decke – Messwerte der Einzelmessungen und Mittelwerte

Nr.	$D_{ntw}$	$C$	$C_{tr}$	$C_{50-3150}$	$C_{50-5000}$	$C_{100-5000}$	$C_{tr50-3150}$	$C_{tr50-5000}$	$C_{tr100-5000}$
1	62 62 61 61 61	-1 -1 -1 -1 -1	-4 -4 -3 -3 -4	-2 -3 -2 -1 -2	-1 -2 -1 0 -1	0 -1 0 0 0	-8 -11 -8 -7 -8	-8 -11 -8 -7 -8	-4 -4 -3 -3 -4
	61,4	-1,0	-3,6	2,0	-1,0	-0,2	-8,4	-8,4	-3,6
2	61 61 61 61 61	-1 -1 -1 -1 -1	-3 -3 -3 -3 -3	-2 -2 -2 -2 -2	-1 -1 -1 -1 -1	0 0 0 0 0	-9 -8 -7 -8 -8	-9 -8 -7 -8 -8	-3 -3 -3 -3 -3
	61,0	-1,0	-3,0	-2,0	-1,0	0,0	-8,0	-8,0	-3,0
3	61 61 61 61 61	-1 -1 -1 -1 -1	-3 -4 -3 -3 -3	-1 -2 -1 -1 -2	-1 -1 -1 0 -1	0 0 0 0 0	-7 -8 -7 -6 -8	-7 -8 -7 -6 -8	-3 -4 -3 -3 -3
	61,0	-1,0	-3,2	-1,4	-0,8	0,0	-7,2	-7,2	-3,2
4	63 63 63 63 63	-1 -1 -1 -1 -1	-4 -4 -4 -4 -4	-4 -4 -4 -4 -4	-3 -3 -3 -3 -3	0 0 0 0 0	-14 -13 -14 -14 -14	-14 -13 -14 -14 -14	-4 -4 -4 -4 -4
	63,0	-1,0	-4,0	-4,0	-3,0	0,0	-13,6	-13,6	-4,0
5	61 61 61 61 61	-1 -2 -1 -1 -1	-3 -4 -4 -4 -3	-2 -2 -2 -2 -2	-1 -1 -1 -1 -1	0 -1 0 0 0	-9 -8 -9 -9 -8	-9 -8 -9 -9 -8	-3 -4 -4 -4 -3
	61,0	-1,2	-3,6	-2,0	-1,0	-0,2	-8,6	-8,6	-3,6
6	61 61 61 61 61	-1 -1 -1 -1 -1	-3 -3 -3 -2 -2	-3 -2 -2 -2 -2	-3 -2 -2 -2 -2	-2 -1 -2 -1 -1	-11 -10 -9 -8 -9	11 -10 -9 -8 -9	-3 -3 -3 -2 -2
	61,0	-1,0	-2,6	-2,2	-2,2	-1,4	-9,4	-9,4	-2,6
7	61 61 61 61 61	-1 -1 -1 -1 -1	-3 -4 -4 -4 -4	-2 -2 -1 -1 -2	-1 -1 0 -1 -1	0 0 0 0 -1	-8 -9 -7 -8 -9	-8 -9 -7 -8 -9	-3 -4 -4 -4 -4
	61,0	-1,0	-3,8	-1,6	-0,8	-0,8	-8,2	-8,2	-3,8
8	61 61 61 61 61	-1 -1 -1 -1 -1	-4 -5 -4 -3 -5	-1 -2 -1 -1 -2	-1 -1 -1 -1 -1	0 0 0 0 0	-6 -7 -7 -6 -7	-6 -7 -7 -6 -7	-4 -5 -4 -3 -5
	61,0	-1,0	-4,2	-1,4	-1,0	0,0	-6,6	-6,6	-4,2
9	62 62 62 62 62	-1 -1 -1 -1 -1	-4 -3 -4 -4 -4	-2 -2 -2 -2 -2	-1 -1 -1 -1 -1	0 0 0 0 0	-9 -10 -9 -10 -9	9 -10 -9 -10 -9	-4 -3 -4 -4 -4
	62,0	-1,0	-3,8	-2,0	-1,0	0,0	-9,4	-9,4	-3,8
10	63 63 62 62 62	-2 -2 -1 -2 -2	-6 -6 -4 -6 -5	-4 -6 -3 -5 -4	-3 -6 -2 -4 -3	-1 -1 0 -1 -1	-13 -17 -14 -15 -14	13 -17 -14 -15 -14	-6 -6 -4 -6 -5
	62,4	-1,8	-5,4	-4,4	-3,6	-0,8	-14,4	-14,4	-5,4
11	63 63 62 62 62	-1 -2 -1 -1 -2	-4 -4 -3 -3 -5	-2 -2 -1 -1 -2	-1 -1 0 0 -1	-1 -1 0 0 -1	-6 -6 -6 -5 -6	-6 -6 -6 -5 -6	-4 -4 -3 -3 -5
	62,4	-1,4	-3,8	-1,6	-0,6	-0,6	-5,8	-5,8	-3,8
12	63 62 63 63 63	-2 -1 -2 -1 -2	-4 -3 -4 -4 -4	-2 -2 -2 -2 -3	-2 -1 -2 -2 -2	-1 0 -1 -1 -1	-9 -8 -9 -10 -10	-9 -8 -9 -10 -10	-4 -3 -4 -4 -4
	62,8	-1,6	-3,8	-2,2	-1,8	-0,8	-9,2	-9,2	-3,8
13	61 62 62 63 62	-1 -2 -1 -2 -1	-4 -5 -4 -5 -5	-2 -3 -2 -3 -2	-1 -2 -1 -2 -2	0 -1 0 -1 -1	-9 -10 -10 -12 -10	-9 -10 -10 -12 -10	-4 -5 -4 -5 -5
	62,0	-1,4	-4,6	-2,4	-1,6	-0,6	-10,2	-10,2	-4,6
14	63 63 64 63 63	-2 -2 -2 -1 -1	-8 -7 -7 -6 -5	-5 -4 -4 -6 -3	-4 -3 -3 -5 -2	-2 -1 -1 -1 0	-16 -14 -14 -17 -13	-16 -14 -14 -17 -13	-8 -7 -7 -6 -5
	63,2	-1,6	-6,6	-4,4	-3,4	-1,0	-14,8	-14,8	-6,6
15	62 62 62 62 62	-1 -1 -2 -1 -2	-4 -4 -5 -4 -5	-2 -2 -2 -2 -2	-1 -1 -1 -1 -1	-6 -8 -7 -8 -7	-6 -8 -7 -8 -7	-6 -8 -7 -8 -7	-4 -4 -5 -4 -5
	62,0	-1,4	-4,4	-2,0	-1,0	-4,0	-7,2	-7,2	-4,4

Abbildung 8: LSM Decke - Boxplots Mittelwerte Terzbänder und  $D_{nT,w}$  in dB

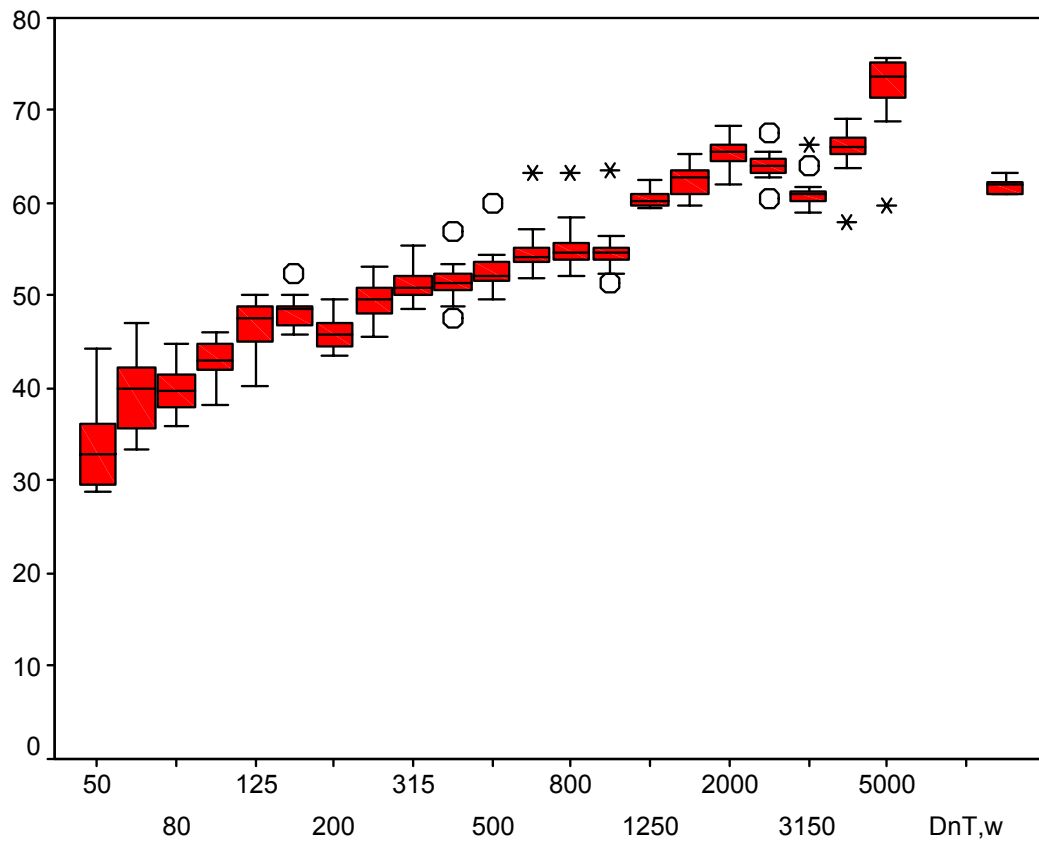


Abbildung 9: LSM Decke - Boxplots Mittelwerte Spektrumanpassungswerte in dB

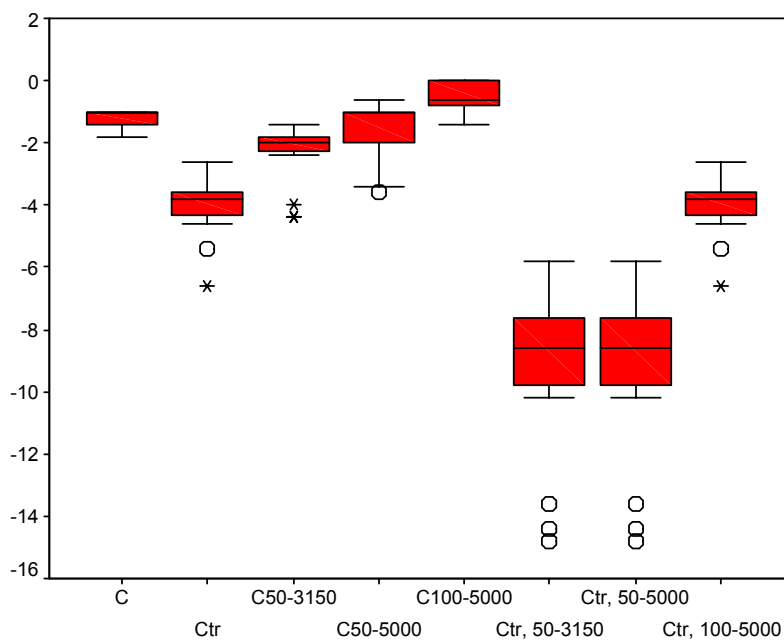


Abbildung 10: LSM Decke - Boxplots Standardabweichungen Terzbänder und  $D_{nT,w}$  in dB

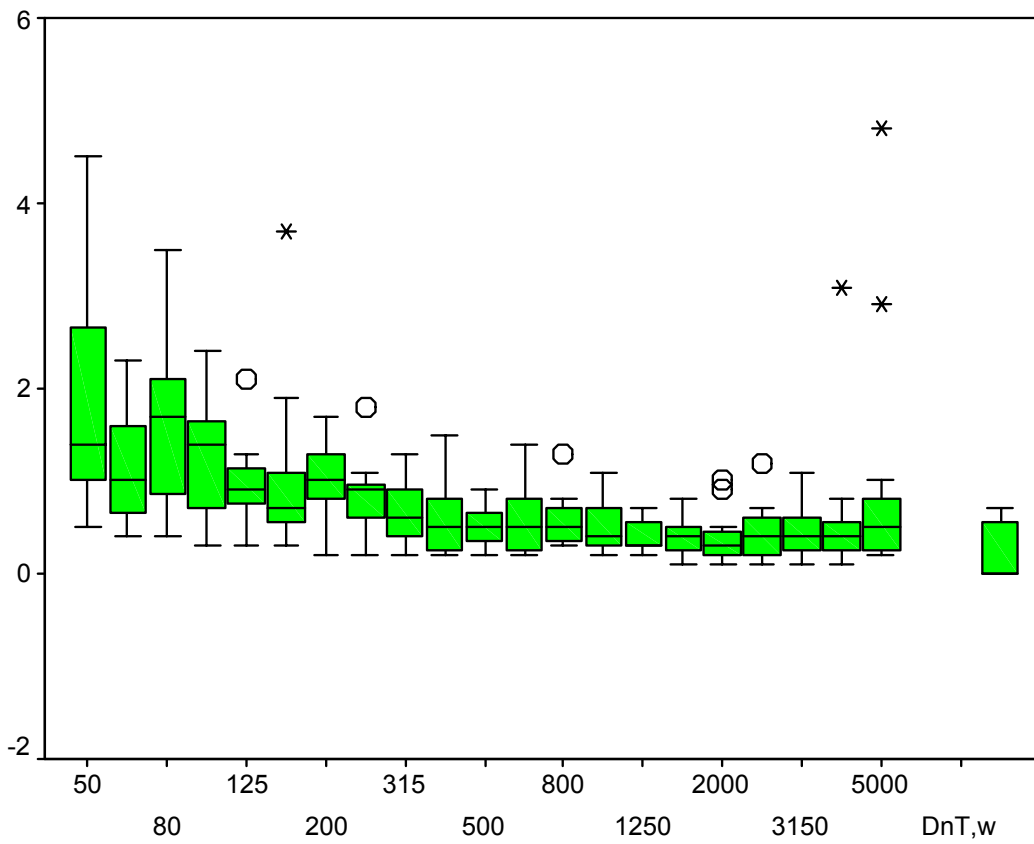


Abbildung 11: LSM Decke - Boxplots Standardabweichungen Spektrumanpassungswerte in dB

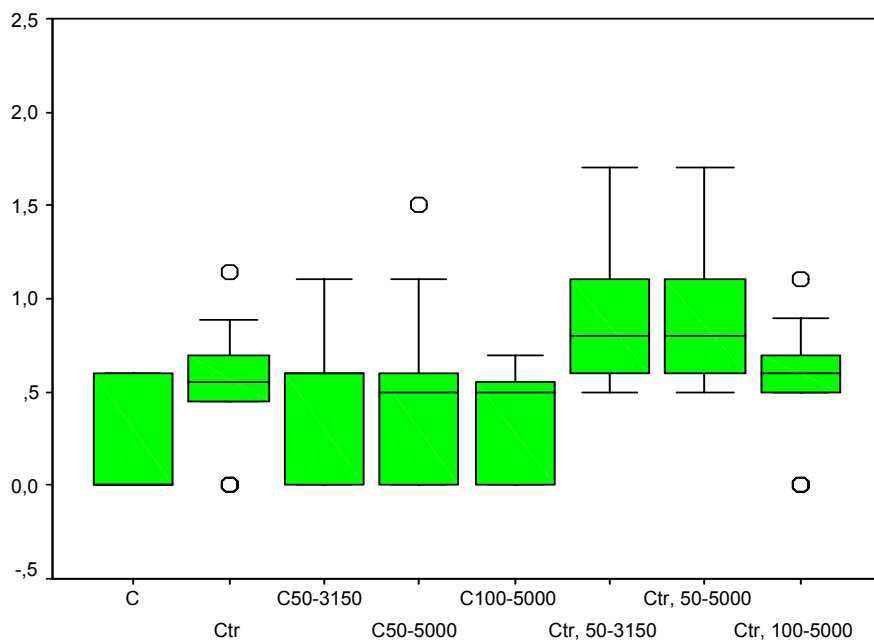
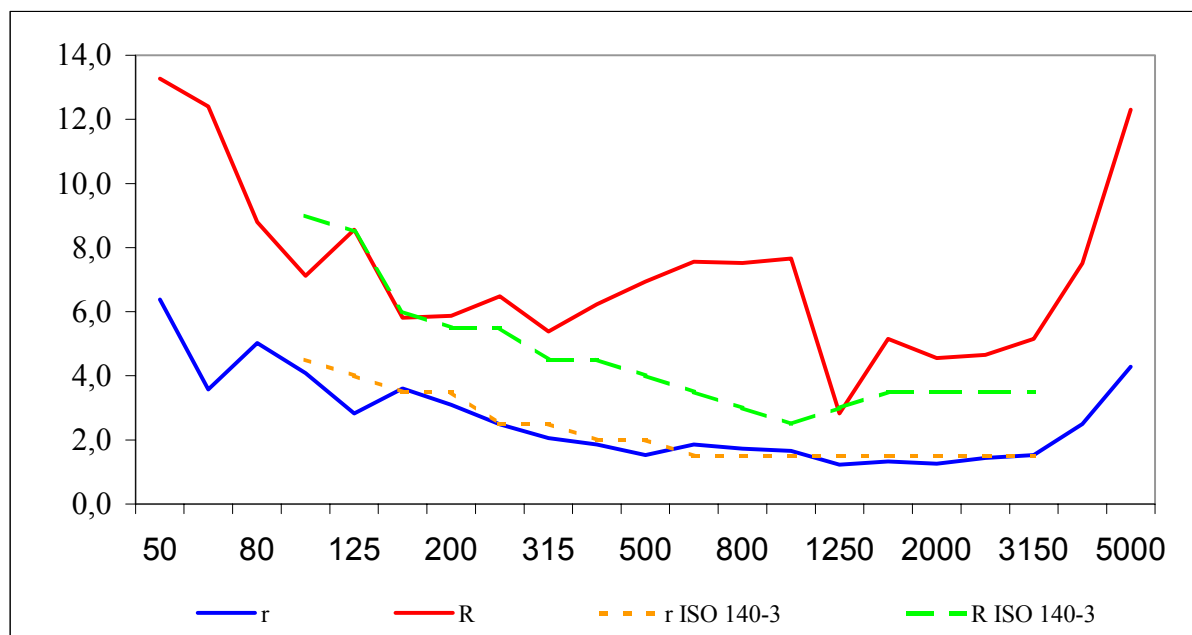


Abbildung 12: LSM Decke - Wiederholgrenze  $r$  und Vergleichsgrenze  $R$  Ringversuch - EN 20140-2

Wie bereits bei der Betrachtung der Luftschallmessung an der Wand festgehalten, entspricht die Vergleichsgrenze  $R$  der EN 20140-2 für Feldversuche jener für Laborversuche. Während die Wiederholgrenze  $r$  wiederum sehr gut den Anforderungen der Norm entspricht, fällt die Vergleichsgrenze  $R$  deutlich aus der Empfehlungskurve heraus. Bei der Decke mit der vergleichsweise wesentlich höheren Standard-Schallpegeldifferenz sind mögliche Ursachen die vorhandenen Flankenübertragungen. Der relativ kleine Empfangsraum mit einem Volumen von  $28 \text{ m}^3$  trägt für diese Abweichungen ebenso bei. Nicht nur im unteren erweiterten Frequenzbereich werden die Genauigkeiten wesentlich geringer, was sich in wesentlich größeren Werten für  $r$  und  $R$  ausdrückt, auch im oberen Frequenzbereich ist dies der Fall. Eine mögliche Ursache dafür ist der Fremdgeräuscheinfluss, der durch die hohen Schallpegeldifferenzen im oberen erweiterten Frequenzbereich besonders groß war.



### 6.3 Trittschallmessung Decke

In der nachstehenden Tabelle sind die Messwerte der 5 Einzelmessungen sowie die Mittelwerte dieser Messungen für jede Prüfstelle angegeben:

Tabelle 4: TSM Decke – Messwerte der Einzulangaben und Mittelwerte

Nr.	$L'_{ntw}$	$C_I$	$C_{I, 50-2500}$
1	48 47 48 48 48	-5 -4 -5 -5 -5	0 2 0 -1 -1
	47,8	-4,8	0,0
2	50 51 50 50 50	-6 -8 -6 -7 -6	-5 -5 -4 -4 -6
	50,2	-6,6	-4,6
3	51 51 50 51 51	-7 -6 -6 -7 -7	-4 -4 -3 -4 -4
	50,8	-6,6	-3,8
4	49 49 48 49 49	-6 -7 -5 -6 -6	1 0 2 1 1
	48,8	-6	1,0
5	51 51 50 51 50	-7 -7 -6 -7 -6	-3 -4 -1 -2 -2
	50,6	-6,6	-2,4
6	51 50 50 50 50	-7 -7 -6 -6 -6	-4 -3 -3 -3 -4
	50,2	-6,4	-3,4
7	49 49 49 48 49	-6 -6 -6 -6 -5	-3 -1 -1 -1 -3
	48,8	-5,8	-1,8
8	49 49 49 49 49	-7 -6 -6 -6 -6	-4 -4 -3 -3 -3
	49,0	-6,2	-3,2
9	48 48 48 48 48	-6 -6 -6 -6 -6	-3 -3 -3 -3 -3
	48,0	-6,0	-3,0
10	49 49 49 49 50	-4 -5 -4 -4 -5	-2 -3 -3 -3 -4
	49,2	-4,4	-3,0
11	47 47 47 47 47	-5 -5 -5 -6 -5	-2 -2 -2 -2 -2
	47,0	-5,2	-2,0
12	47 47 48 48 47	-5 -6 -6 -6 -5	-2 -3 -3 -3 -2
	47,4	-5,6	-2,6
13	48 48 48 49 47	-6 -5 -6 -7 -5	-4 -3 -5 -6 -3
	48,0	-5,8	-4,2
14	49 49 50 50 49	-4 -6 -6 -4 -5	4 1 -2 0 1
	49,4	-5,8	0,8
15	49 49 49 49 48	-6 -6 -6 -6 -5	-3 -3 -3 -3 -1
	48,8	-5,8	-2,6

Abbildung 13: TSM Decke - Boxplots Mittelwerte Terzbänder und  $L'_{nT,w}$  in dB

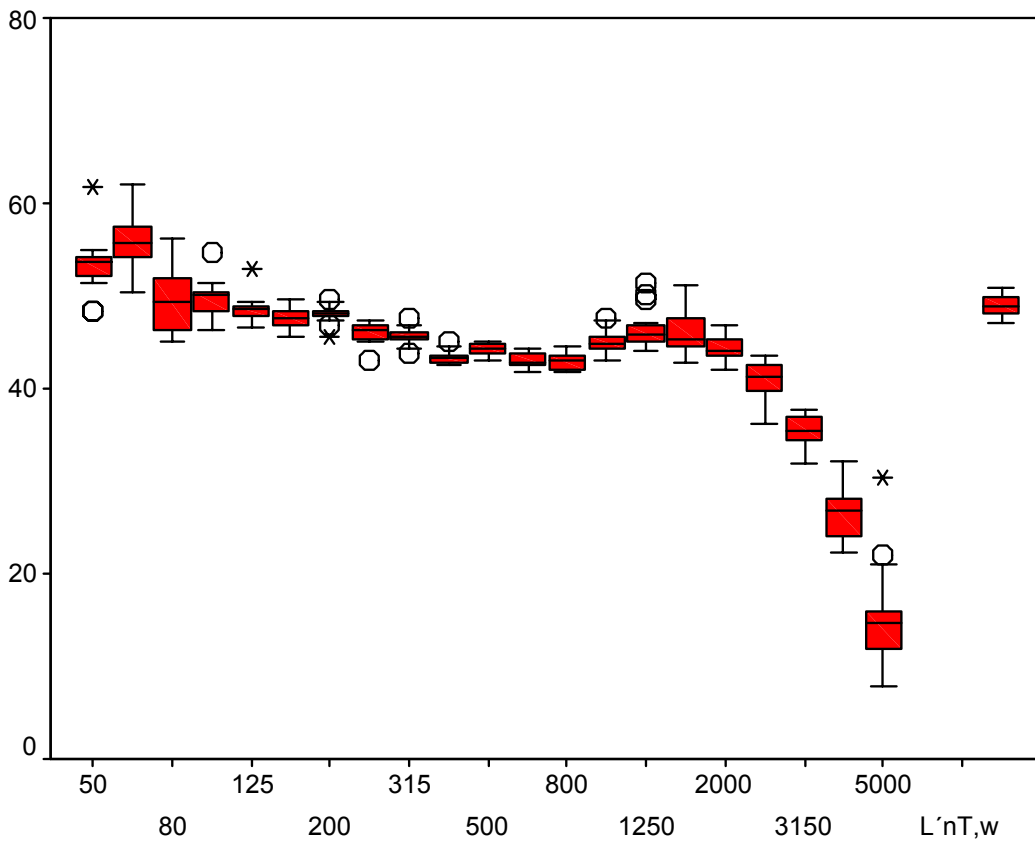


Abbildung 14: LSM Decke - Boxplots Mittelwerte Spektrumanpassungswerte in dB

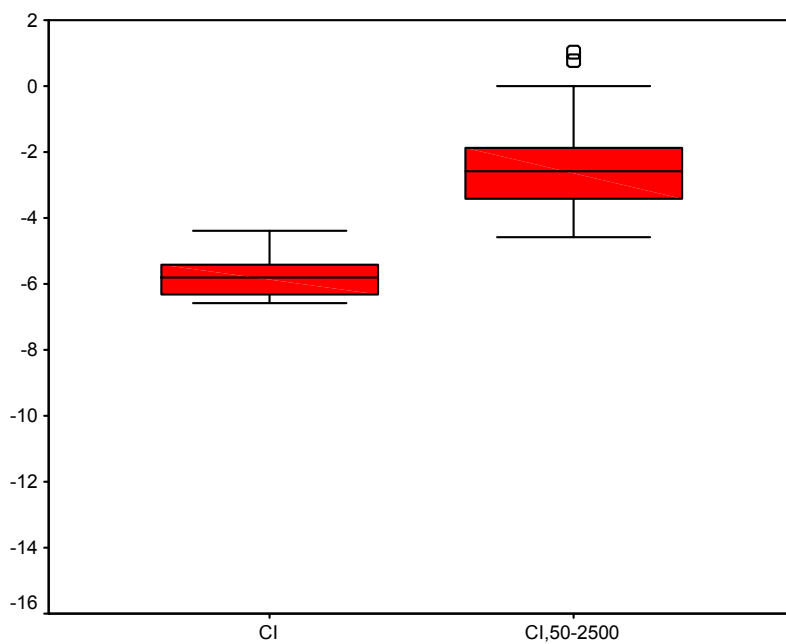


Abbildung 15: TSM Decke - Boxplots Standardabweichungen Terzbänder und  $L'_{nT,w}$  in dB

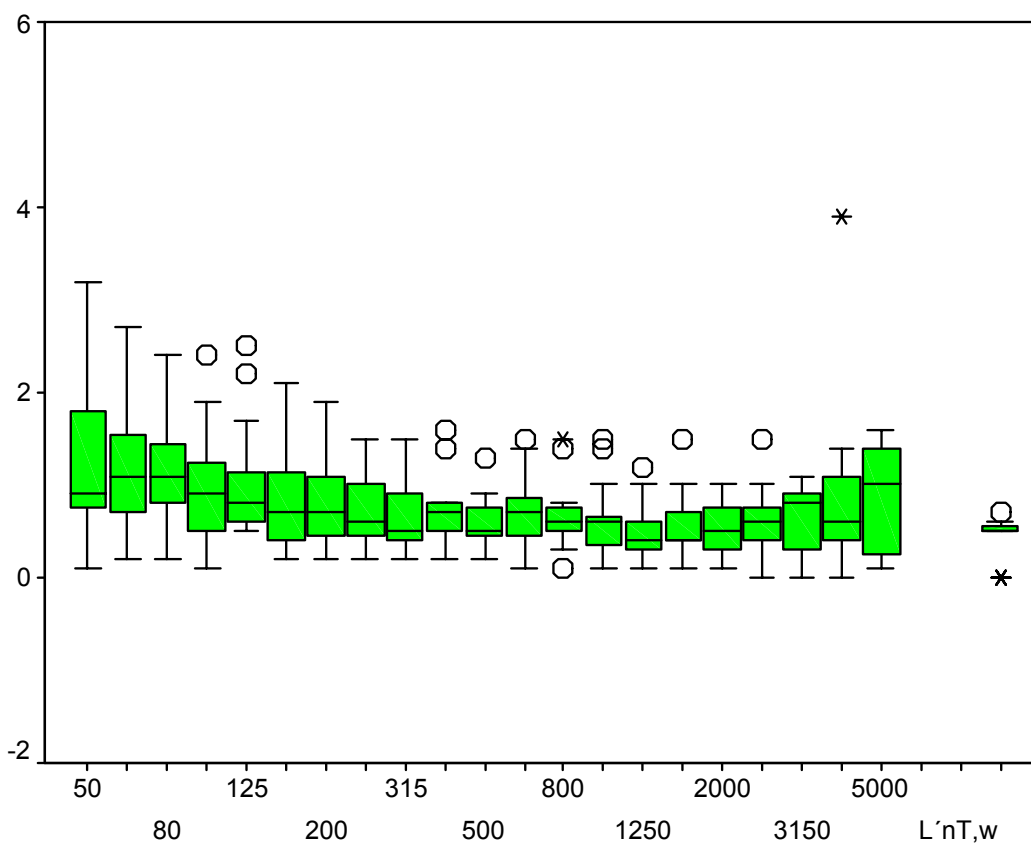


Abbildung 16: TSM Decke - Boxplots Standardabweichungen Spektrumanpassungswerte in dB

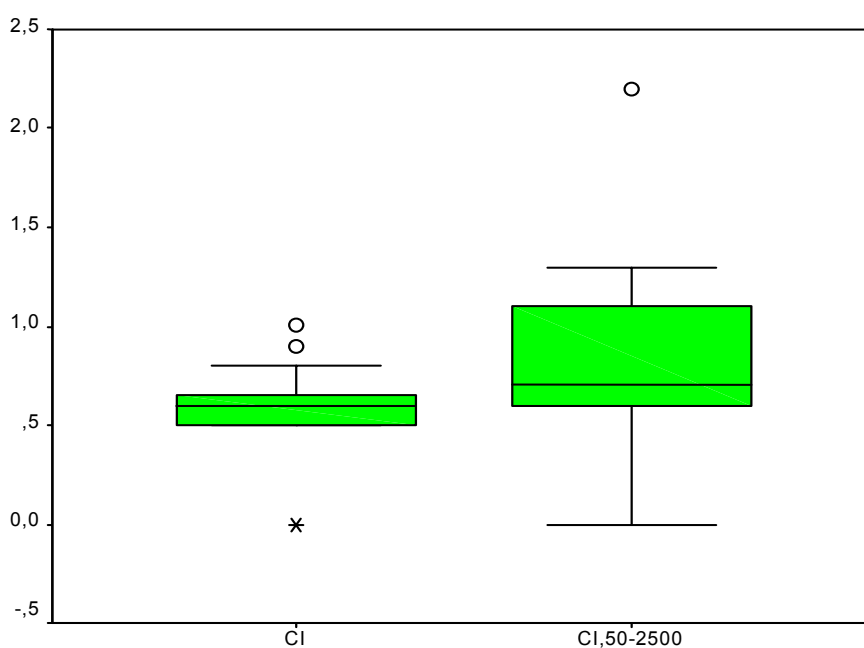


Abbildung 17: TSM Decke - Wiederholgrenze  $r$  und Vergleichgrenze  $R$  Ringversuch - EN 20140-2 Normenwerte für Laboruntersuchungen

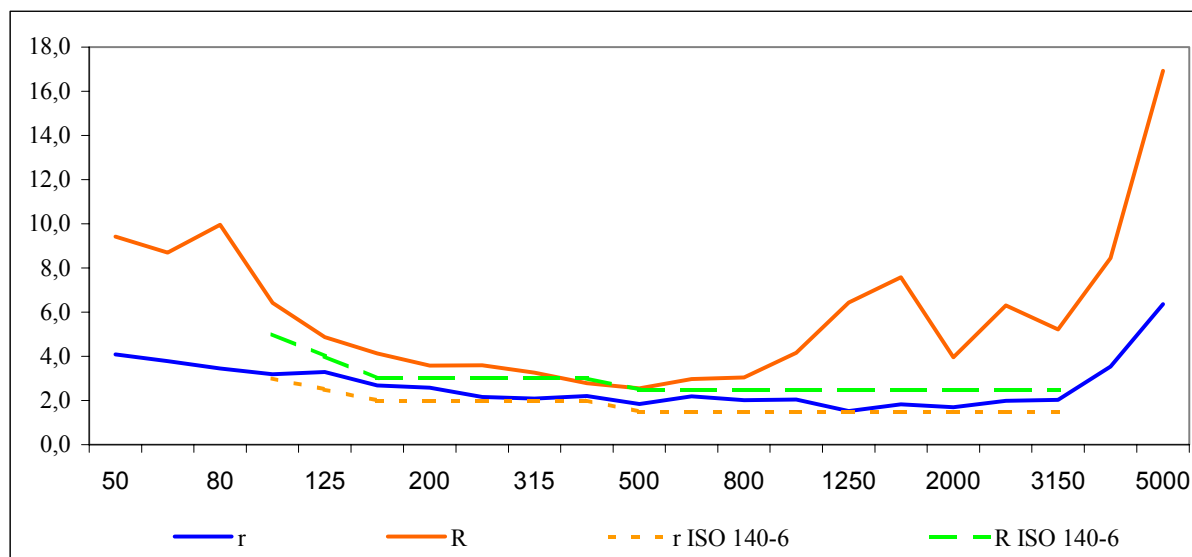
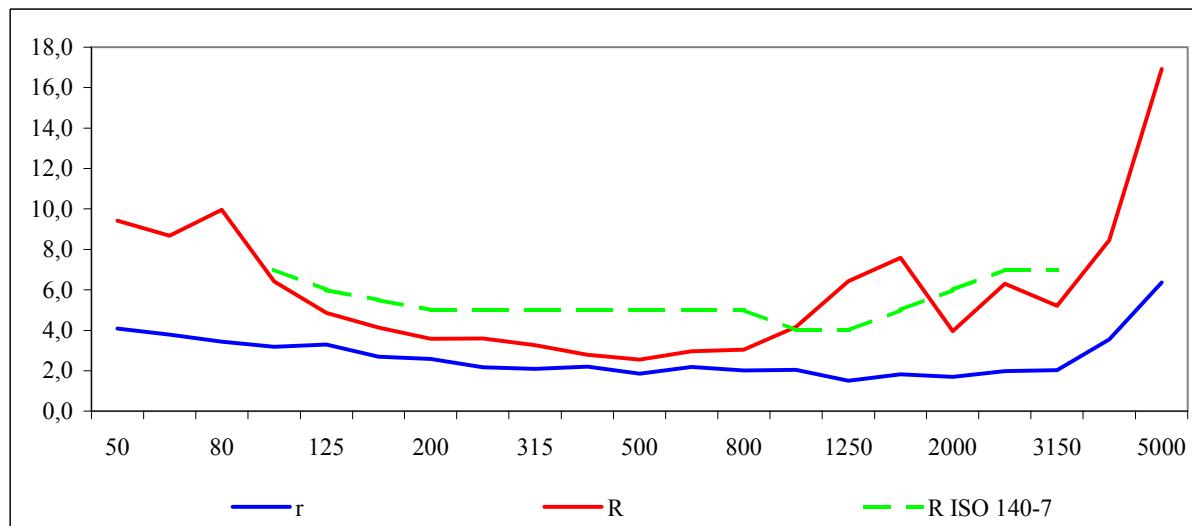


Abbildung 18: TSM Decke - Wiederholgrenze  $r$  und Vergleichgrenze  $R$  Ringversuch - EN 20140-2 Normenwerte für Felduntersuchungen



Für Trittschallmessungen unterscheidet EN 20140-2 zwischen Laboruntersuchungen und Feldmessungen. Letztere basieren auf Untersuchungen, die sieben Laboratorien in Großbritannien an einer Holzbalkendecke durchgeführt haben. Auch bei dieser Messaufgabe liegen die Wiederholgrenzen  $r$  in einem guten Bereich. Die Wiederholgrenze  $R$  überschreitet im Frequenzbereich um 1600 Hz die Anforderungswerte. Dies ist jener Frequenzbereich, bei dem eine Erhöhung der Kurve für den Standard-Trittschallpegel auffällig ist. Es kann davon ausgegangen werden, dass Schallbrücken im Bodenaufbau vorhanden sind und hier eine Übertragung in den Empfangsraum auch über flankierende Bauteile erfolgte.

## 6.4 Vergleich der Anregungsarten für die Nachhallzeitmessung

Die Auswertung der Nachhallzeiten für sich war nicht Gegenstand des Ringversuches. Sämtliche Nachhallzeiten gehen bereits über die Bewertung der gemessenen Pegeldifferenzen und Trittschallpegel ein. Die unterschiedlichen Anregungen zur Messung der Nachhallzeiten wurden aber dazu verwendet, eine Gegenüberstellung der Genauigkeiten dieser Verfahren durchzuführen. Aufgrund der zu geringen Anzahl an Teilnehmern, die Impulsanregung anwendeten, hat die Aussage statistisch nur geringe Aussagekraft.

Der Vergleich der Mittelwerte und Standardabweichungen lässt zwei Schlüsse zu:

Bei der gegebenen Empfangsraumgröße von 28 m<sup>3</sup> ergeben sich im Standard-Messbereich von 100 bis 3150 Hz keine signifikanten Unterschiede beider Anregungsarten. Im unteren erweiterten Frequenzbereich sinkt die Genauigkeit der Impulsanregung im Vergleich zur Rauschanregung.

In der folgenden Tabelle 5 sind die Mittelwerte und Nachhallkorrekturen bezogen auf T<sub>0</sub> von 0,5 sec der beiden Anregungsarten ersichtlich, ebenso die Differenzen dieser Korrekturen:

Tabelle 5: Darstellung der Mittelwerte und Nachhallkorrekturen für Rausch- und Impulsanregung

f [Hz]	Mittelwerte [sec]		Nachhallkorrektur [dB]		Differenz [dB]
	Rausch	Impuls	Rausch	Impuls	
50	1,47	1,09	4,68	3,38	1,30
63	0,98	0,68	2,92	1,34	1,59
80	0,76	0,45	1,82	-0,46	2,28
100	0,50	0,42	0,00	-0,76	0,76
125	0,61	0,60	0,86	0,79	0,07
160	0,63	0,72	1,00	1,58	-0,58
200	0,70	0,70	1,46	1,46	0,00
250	0,77	0,75	1,88	1,76	0,11
315	0,74	0,69	1,70	1,40	0,30
400	0,73	0,70	1,64	1,46	0,18
500	0,73	0,70	1,64	1,46	0,18
630	0,80	0,76	2,04	1,82	0,22
800	0,90	0,90	2,55	2,55	0,00
1000	0,85	0,84	2,30	2,25	0,05
1250	0,75	0,75	1,76	1,76	0,00
1600	0,74	0,77	1,70	1,88	-0,17
2000	0,71	0,74	1,52	1,70	-0,18
2500	0,67	0,70	1,27	1,46	-0,19
3150	0,64	0,65	1,07	1,14	-0,07
4000	0,66	0,64	1,21	1,07	0,13
5000	0,62	0,60	0,93	0,79	0,14

Abbildung 19: Vergleich der Nachhallzeitmessungen – Mittelwerte Rauschanregung

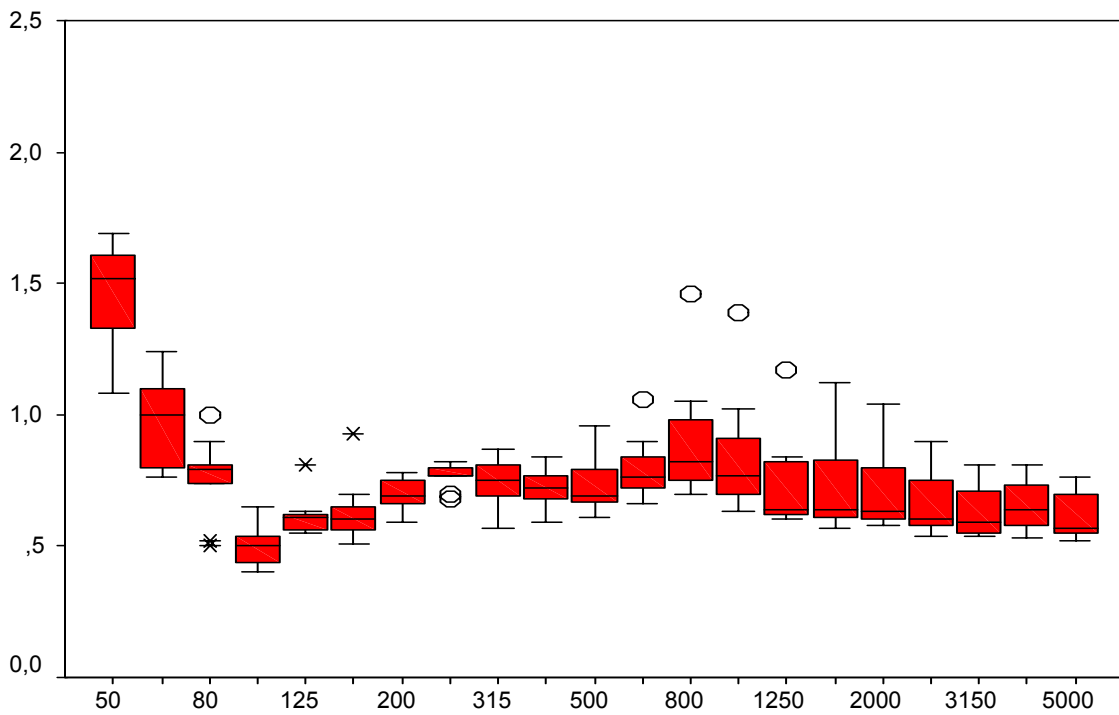


Abbildung 20: Vergleich der Nachhallzeitmessungen – Mittelwerte Impulsanregung

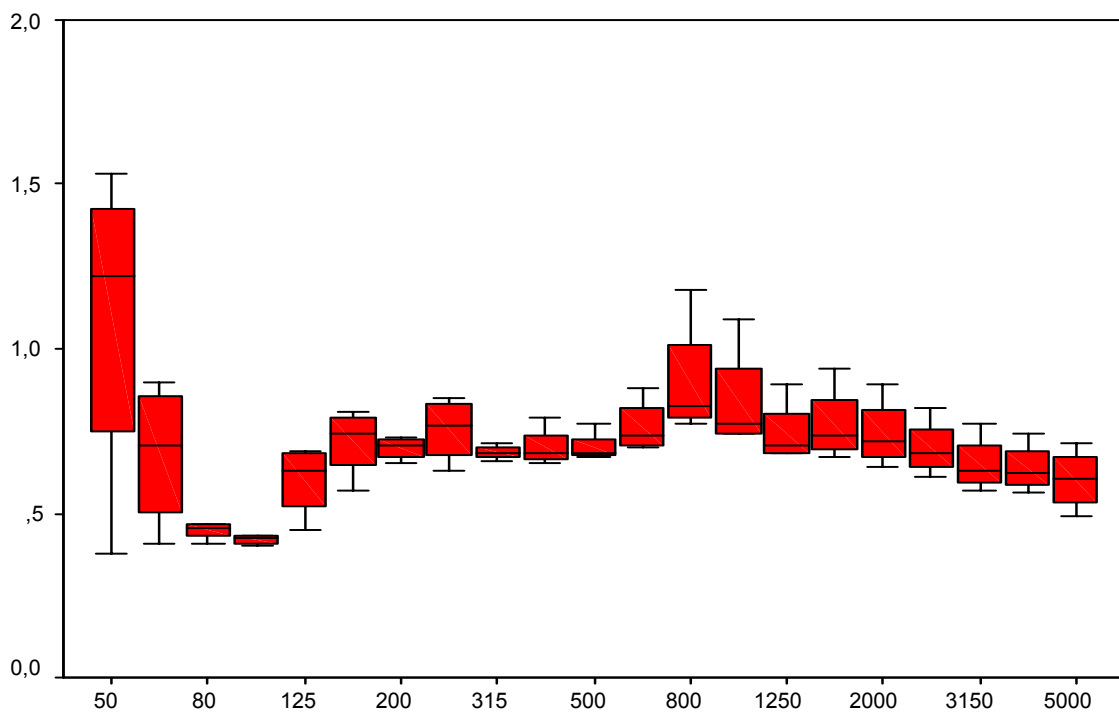


Abbildung 21: Vergleich der Nachhallzeitmessungen – Standardabweichungen Rauschanregung

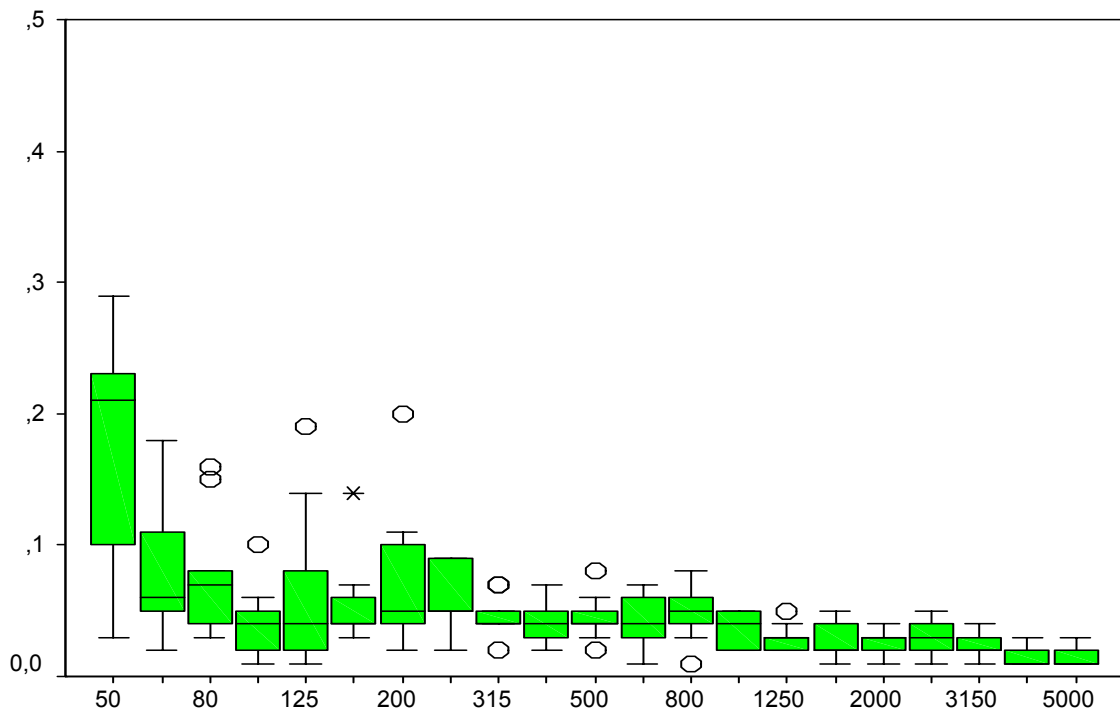
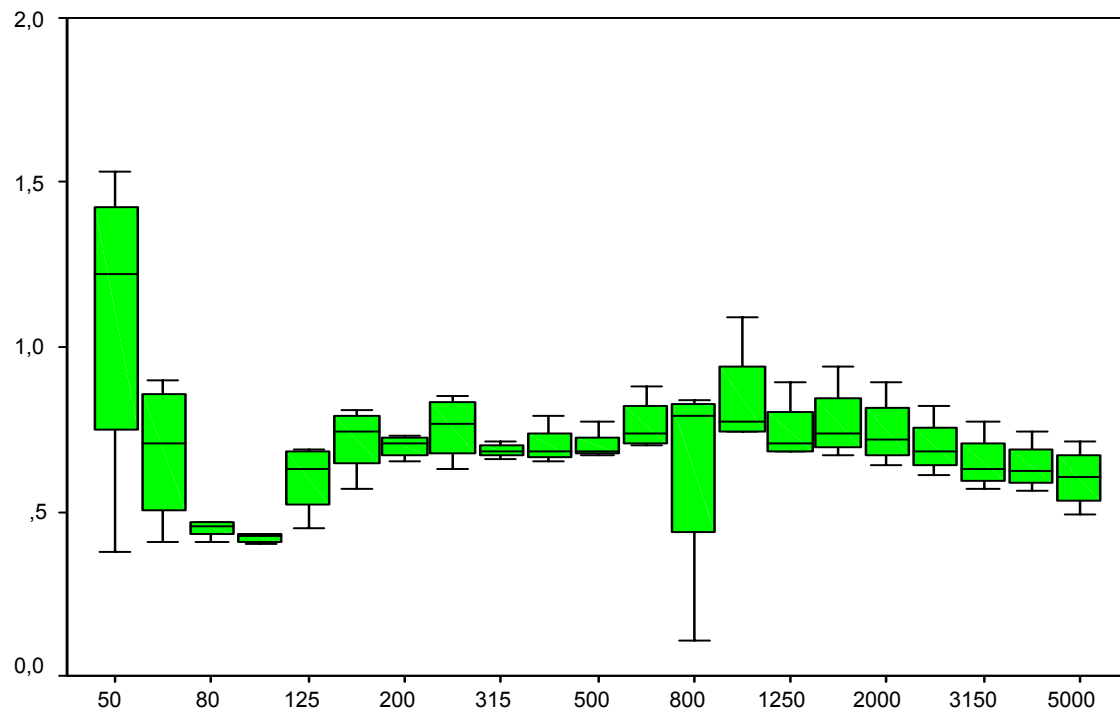


Abbildung 22: Vergleich der Nachhallzeitmessungen – Standardabweichungen Impulsanregung



## 7 VERTRAUENSBEREICHE FÜR DIE EINZHLANGABEN

Tabelle 6: Zusammenfassung der Vertrauensbereiche für die Einzulangaben in dB

LSM Wand		LSM Decke		TSM Decke	
$\gamma \pm$	$R/\sqrt{2}$	$\gamma \pm$	$R/\sqrt{2}$	$\gamma \pm$	$R/\sqrt{2}$
$D_{nT,w}$	2,62	$D_{nT,w}$	1,72	$L'_{nT,w}$	2,44
$C$	0,91	$C$	0,84	$C_I$	1,73
$C_{tr}$	1,09	$C_{tr}$	2,23	$C_{I, 50-2500}$	3,78
$C_{50-3150}$	0,83	$C_{50-3150}$	2,27		
$C_{50-5000}$	0,83	$C_{50-5000}$	2,26		
$C_{100-5000}$	0,72	$C_{100-5000}$	1,16		
$C_{tr,50-3150}$	2,41	$C_{tr,50-3150}$	5,78		
$C_{tr,50-5000}$	2,38	$C_{tr,50-5000}$	5,78		
$C_{tr,100-5000}$	1,18	$C_{tr,100-5000}$	2,23		

Verantwortlich für den relativ großen Vertrauensbereich bei der Einzulangabe  $D_{nT,w}$  ist mit großer Wahrscheinlichkeit die Beschallung und damit die Sendeschallpegelmessung im Stiegenhaus. Durch die Aufstellung der Lautsprecher auf den Podesten und Abschirmung der Trennwand durch die Stiegenläufe ergeben sich bei der Messung Schallfelder, die deutlich unterschiedlich hohe Pegel an den einzelnen Messpunkten hervorrufen. Dieses Problem ist aber für Beschallung und Sendeschallpegelmessung in Stiegenhäusern geradezu typisch. Der ermittelte Vertrauensbereich kann in diesem Sinn für diese speziellen Trennwände zwischen Stiegenhäusern zu Aufenthaltsräumen angegeben werden.

Ein weiteres Problem trat bei der Messung durch Schallübertragung über die Verbindungstüren auf. Durch Abdichten der Wohnungseingangstüre konnte von einzelnen Prüfstellen eine Differenz von 1 dB, das heißt eine Erhöhung der bewerteten Standard-Schallpegeldifferenz um 1 dB beobachtet werden.

In ÖNORM EN ISO-4 ist im Anhang D eine Anleitung zur Messung im unteren Frequenzbereich angeführt. Diese ist in Auszügen im Kapitel „Schalltechnische Grundlagen“ in diesem Bericht wiedergegeben. Die Auswertung der gesammelten Daten zeigt, dass sich ein Teil der Prüfstellen an diesen Empfehlungen nicht orientiert. Inwieweit die Beachtung dieser Anweisung die Genauigkeiten in den unteren Frequenzbändern steigern könnte, ist durch diesen Ringversuch nicht zu beantworten. Darüber hinaus wären noch detailliertere Anleitungen an das Messpersonal wünschenswert, beispielsweise hinsichtlich Annäherung Schallquelle zu flankierenden Bauteilen, Verwendung von unterschiedlichen Lautsprechern und Auswahl der geeigneten Messpositionen.



## 8 VERGLEICH MIT DEN RINGVERSUCHEN 1995/1996

In der folgenden Tabelle 7 wird der Vergleich mit den bereits gewonnenen Vertrauensbereichen aus den Ringversuchen 1995 und 1996 (veröffentlicht UBA – BE 067) angestellt. Verglichen werden die Einzulangaben für  $D_{nT,w}$  und  $L'_{nT,w}$ , da diese Werte nach den derzeit gültigen Normen und Verordnungen für den Schallschutz die Mindestanforderungen beschreiben.

Tabelle 7: Vergleich der Vertrauensbereiche für die Einzulangaben in dB im Vergleich zu 1995/1996

Ringversuch	$\gamma \pm$	$R/\sqrt{2}$
1995 Decke, Stahlbeton, Estrich	$D_{nT,w}$	0,96
	$L'_{nT,w}$	2,80
1996 Rippendecke, Estrich	$D_{nT,w}$	2,00
	$L'_{nT,w}$	1,30
2001 Decke, Stahlbeton, Estrich	$D_{nT,w}$	1,72
	$L'_{nT,w}$	2,44
2001 Wand zu Stiegenhaus	$D_{nT,w}$	2,62

Im UBA-Bericht UBA-BE-067 wurde auch auf die Form und Vollständigkeit der abgegebenen Prüfberichte Augenmerk gelegt. Diese Kriterien waren für den vorliegenden Ringversuch nicht ausschlaggebend. Nachdem die Daten durch das Auswertblatt transportiert wurden, haben nur acht Prüfstellen die erbetenen, schriftlichen Berichte abgegeben. Davon waren fünf vollständig im Sinne der geforderten Angaben der ÖNORM EN ISO 140. Auch wurde überprüft, ob die Skalierung der Ergebnisdiagramme im vorgeschriebenen Raster erfolgte. Dies war ebenfalls nur bei fünf Prüfstellen der Fall. Eine Tendenz zum Besseren ist bezüglich dieser Belange festzustellen.

## 9 SCHALLTECHNISCHE GRUNDLAGEN

### 9.1 Literaturhinweise

ISO 5725-1	1994-12-15 „Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 1: General principles and definitions“ inklusive COR 1998
ÖNORM EN 20140-2	Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen; Teil 2: Angabe von Genauigkeitsanforderungen, Ausgabe 1. August 1993
ÖNORM EN ISO 140-4	Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen; Teil 4: Messung der Luftschalldämmung zwischen Räumen in Gebäuden, Ausgabe 1999-07-01
ÖNORM EN ISO 140-7	Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen; Teil 7: Messung der Trittschalldämmung zwischen Räumen in Gebäuden, Ausgabe 1999-07-01
ÖNORM EN ISO 717-1	Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen; Teil 1: Luftschalldämmung, Ausgabe 1. Juli 1997
ÖNORM EN ISO 717-2	Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen; Teil 2: Trittschalldämmung, Ausgabe 1. Juli 1997
UBA-BE-067	Ergebnisse von zwei Ringversuchen für bauakustische Messungen in Gebäuden, Juni 1996

### 9.2 Begriffsbestimmungen

**Schalldruckpegel  $L_p$ :** zehnfacher dekadischer Logarithmus des Verhältnisses der Quadrate des Effektivwertes des Schalldrucks  $p$  und des Bezugsschalldrucks  $p_0$

$$L_p = 10 \log (p^2 / p_0^2) \text{ in Dezibel (dB)}$$

Der Bezugsschalldruck  $p_0$  ist mit 20  $\mu$ Pa festgelegt.

Sofern nicht eine Verwechslung mit dem Schalleistungspegel zu erwarten ist, wird vielfach statt Schalldruckpegel die vereinfachte Bezeichnung Schallpegel verwendet.

**Schallpegeldifferenz  $D$ :** Unterschied zwischen dem Schallpegel  $L_1$  im Senderraum und dem Schallpegel  $L_2$  im Empfangsraum.

$$D = L_1 - L_2 = 20 \log (p_1/p_2)$$

**Standard-Schallpegeldifferenz  $D_{nT}$ :** Schallpegeldifferenz, bezogen auf die für Wohnräume und Räume ähnlicher Nutzung und Größe genormte Nachhallzeit  $T_0 = 0,5$  s im Empfangsraum, unter Berücksichtigung der gemessenen Nachhallzeit  $T$ .

$$D_{nT} = D + 10 \log (T/T_0)$$

**bewertete Standard-Schallpegeldifferenz  $D_{nT,w}$ :** Einzahlangabe für die Standard-Schallpegeldifferenz, nach ÖNORM EN ISO 717-1 aus den Werten von  $D_{nT}$  in Abhängigkeit von der Frequenz ermittelt.

**Spektrum-Anpassungswert  $C$  und  $C_{tr}$ :** Wert, der zur Einzahlangabe  $R_w$  oder  $R'_w$  oder  $D_{nT,w}$  addiert wird, um ein bestimmtes Schallpegelspektrum zu berücksichtigen. Er wird nach EN ISO 717-1 berechnet.  $C$  berücksichtigt rosa Rauschen,  $C_{tr}$  das Straßenverkehrsgeräusch.

Indizes wie 50-3150, 50-5000 etc. beschreiben Spektrumanpassungswerte, die über die Terzbänder der angegebenen Frequenzen gebildet werden.

**Trittschallpegel  $L$ :** Terzbandschallpegel des Geräusches, das in einem Raum entsteht, wenn das Normhammerwerk auf einer Decke oder Stiege betrieben wird.

**Standard-Trittschallpegel  $L_{nT}$ :** Trittschallpegel, bezogen auf die für Wohnräume und Räume ähnlicher Nutzung und Größe genormte Nachhallzeit  $T_0 = 0,5$  s im Empfangsraum, unter Berücksichtigung der gemessenen Nachhallzeit  $T$ .

$$L_{nT} = L - 10 \log (T/T_0)$$

**bewerteter Standard-Trittschallpegel  $L'_{nT,w}$ :** Einzahlangabe für den Standard-Trittschallpegel, nach ÖNORM EN ISO 717-2 aus den Werten von  $L_{nT}$  in Abhängigkeit von der Frequenz ermittelt.

**Spektrum-Anpassungswert für Trittschallpegel  $C_f$ :** Wert in dB, der zur Einzahlangabe addiert wird, um das Trittschallspektrum zu berücksichtigen, das einem typischen Gehgeräusch entspricht.  $C_{f, 50-2500}$  ist der Spektrumanpassungswert für den erweiterten Frequenzbereich, der über die Terzbänder von 50 bis 2500 Hz gebildet wird.

**Nachhallzeit  $T$ :** Zeit in s, in der nach Abschalten einer Schallquelle der Schallpegel im Raum um 60 dB abnimmt.

### 9.3 Anleitung für Messungen im unteren Frequenzbereich

Im Anhang D (informativ) zur ÖNORM EN ISO 140-4 ist die Anleitung für Messungen im unteren Frequenzbereich enthalten. Besonders unterhalb von 100 Hz können die Bedingungen für ein diffuses Schallfeld nicht erwartet werden, speziell dann nicht, wenn die Raumvolumina nur 50 m<sup>3</sup> oder sogar weniger betragen. Der Empfangsraum beim Ringversuch hat ein Volumen von 28 m<sup>3</sup>. Die allgemeine Anforderung, dass die Raumabmessungen mindestens eine Wellenlänge betragen sollten, wurde beim gegenständlichen Empfangsraum nicht erfüllt.

Zu den Raumbegrenzungen hin wird unterhalb eines Abstandes von etwa einem Viertel der Wellenlänge eine starke Schalldruckpegelerhöhung gemessen. Die Mindestabstände der Normenanforderung sind daher linear zu erhöhen und für Messungen im 50 Hz Band zu verdoppeln. Da alle Teilnehmer Echtzeitanalysatoren verwendeten und hier das unterste Frequenzband ausschlaggebend ist, ergibt sich im Empfangsraum ein Mindestabstand zwischen Mikrofon zur Raumbegrenzung von 1,2 m.

Zur Erzielung eines zuverlässigen räumlichen Mittelwertes der Schalldruckpegel muss die Anzahl der Mikrofonpositionen erhöht werden. Bei Verwendung eines bewegten Mikrofons sollten alle Teile des zulässigen Raumvolumens gleichmäßig abgetastet werden. Bei sehr tiefen Frequenzen, bei denen die Raummaße in den Bereich einer halben Wellenlänge gelangen, findet man extrem niedrige Schalldruckwerte im Mittelteil des Raumes. Deshalb müssen auch außerhalb dieses Bereiches geeignete Mikrofonpositionen angeordnet werden.

Durch die mangelnde Diffusität in kleinen Räumen bei Messungen bei tiefen Frequenzen kann teilweise durch das Anregen verschiedener Schallfelder nacheinander und Mittelwertbildung der Ereignisse kompensiert werden. Deshalb muss die Anzahl der Lautsprecherpositionen erhöht werden, die Mindestanzahl sollte drei sein.

Infolge der geringen Bandbreite der Filter und der geringen Überlappung der Moden sollten Mittelungszeiten für Messungen im 50-Hz-Band auf mindestens 15 s erhöht werden (etwa das dreifache verglichen mit den Anforderungen an Messungen bei 100 Hz). Bei Verwendung eines bewegten Mikrofons sollte die Mittelungszeit mindestens 60 s betragen.



## 10 ANHANG TABELLEN

### 10.1 Zusammenfassung

Tabelle 8: Mittelwerte  $m$ , Wiederholgrenzen  $r$  und Vergleichsgrenzen  $R$  in dB

[Hz]	[dB]	LSM Wand			LSM Decke			[dB]	TSM Decke			[s]	Impuls			Rauschen		
		$m$	$r$	$R$	$m$	$r$	$R$		$m$	$r$	$R$		$m$	$r$	$R$	$m$	$r$	$R$
50	$D_{nT}$	32,6	3,6	9,4	33,4	6,4	13,3	$L'_{nT}$	53,3	4,1	9,4	$T$	1,09	0,37	1,44	1,47	0,55	0,75
63	$D_{nT}$	39,8	5,1	12,4	39,4	3,6	12,4	$L'_{nT}$	56,0	3,8	8,7	$T$	0,68	0,33	0,68	0,98	0,30	0,55
80	$D_{nT}$	39,9	4,6	8,8	39,9	5,0	8,8	$L'_{nT}$	49,4	3,4	10,0	$T$	0,45	0,23	0,22	0,76	0,27	0,51
100	$D_{nT}$	43,2	4,0	7,3	43,2	4,1	7,1	$L'_{nT}$	49,7	3,2	6,4	$T$	0,42	0,22	0,20	0,50	0,14	0,25
125	$D_{nT}$	46,7	3,7	8,8	46,9	2,8	8,6	$L'_{nT}$	48,6	3,3	4,9	$T$	0,60	0,21	0,36	0,61	0,27	0,33
160	$D_{nT}$	47,8	3,2	4,7	48,1	3,6	5,8	$L'_{nT}$	47,6	2,7	4,1	$T$	0,72	0,15	0,32	0,63	0,20	0,40
200	$D_{nT}$	45,8	2,7	5,2	46,1	3,1	5,9	$L'_{nT}$	48,0	2,6	3,6	$T$	0,70	0,19	0,19	0,70	0,27	0,30
250	$D_{nT}$	49,2	1,9	5,8	49,5	2,5	6,5	$L'_{nT}$	46,0	2,2	3,6	$T$	0,75	0,21	0,33	0,77	0,20	0,23
315	$D_{nT}$	50,8	2,1	4,4	51,1	2,1	5,4	$L'_{nT}$	45,7	2,1	3,3	$T$	0,69	0,15	0,14	0,74	0,13	0,27
400	$D_{nT}$	51,1	1,9	4,8	51,5	1,9	6,2	$L'_{nT}$	43,4	2,2	2,8	$T$	0,70	0,15	0,22	0,73	0,15	0,26
500	$D_{nT}$	52,4	1,9	4,4	52,9	1,5	6,9	$L'_{nT}$	44,3	1,9	2,6	$T$	0,70	0,14	0,18	0,73	0,13	0,31
630	$D_{nT}$	54,3	1,4	3,8	54,9	1,9	7,6	$L'_{nT}$	43,0	2,2	3,0	$T$	0,76	0,34	0,38	0,80	0,16	0,37
800	$D_{nT}$	54,8	1,7	4,6	55,4	1,7	7,5	$L'_{nT}$	42,9	2,0	3,0	$T$	0,90	0,31	0,60	0,90	0,20	0,70
1000	$D_{nT}$	54,4	1,8	4,0	55,0	1,7	7,7	$L'_{nT}$	45,1	2,1	4,2	$T$	0,84	0,22	0,51	0,85	0,12	0,67
1250	$D_{nT}$	53,9	1,6	3,6	60,6	1,2	2,8	$L'_{nT}$	46,4	1,5	6,4	$T$	0,75	0,17	0,32	0,75	0,10	0,53
1600	$D_{nT}$	52,5	1,5	4,9	62,4	1,3	5,2	$L'_{nT}$	46,2	1,8	7,6	$T$	0,77	0,13	0,35	0,74	0,09	0,52
2000	$D_{nT}$	53,1	1,4	4,7	65,5	1,3	4,6	$L'_{nT}$	44,4	1,7	4,0	$T$	0,74	0,17	0,33	0,71	0,08	0,44
2500	$D_{nT}$	54,0	1,5	4,3	64,1	1,4	4,7	$L'_{nT}$	40,8	2,0	6,3	$T$	0,70	0,14	0,28	0,67	0,09	0,35
3150	$D_{nT}$	53,7	1,5	4,1	61,3	1,5	5,2	$L'_{nT}$	35,4	2,0	5,2	$T$	0,65	0,14	0,27	0,64	0,11	0,29
4000	$D_{nT}$	56,9	1,5	4,7	65,8	2,5	7,5	$L'_{nT}$	26,4	3,6	8,5	$T$	0,64	0,12	0,24	0,66	0,06	0,27
5000	$D_{nT}$	60,4	1,8	5,2	72,4	4,3	12,3	$L'_{nT}$	15,4	6,4	16,9	$T$	0,60	0,10	0,27	0,62	0,06	0,27
	$D_{nT,w}$	53,6	1,3	3,7	61,8	1,0	2,4	$L'_{nT,w}$	48,9	1,3	3,5							
	$C$	-0,7	1,2	1,3	-1,2	1,0	1,2	$C_I$	-5,8	1,7	2,4							
	$C_{tr}$	-1,6	1,2	1,5	-4,0	1,7	3,2	$C_{I, 50-2500}$	-2,3	2,7	5,3							
	$C_{50-3150}$	-0,9	1,0	1,2	-2,4	1,6	3,2											
	$C_{50-5000}$	-0,1	1,1	1,2	-1,6	1,7	3,2											
	$C_{100-5000}$	0,0	1,0	1,0	-0,5	1,2	1,6											
	$C_{tr, 50-3150}$	-3,7	2,4	3,4	-9,4	2,8	8,2											
	$C_{tr, 50-5000}$	-3,7	2,4	3,4	-9,4	2,8	8,2											
	$C_{tr, 100-5000}$	-1,7	1,3	1,7	-4,0	1,7	3,2											

## 10.2 Aufgabe 1: Luftschallmessung Wand

Tabelle 9: LSM Wand - Mittelwerte in dB

	Nr.	1	9	2	6	3	5	4	12	14	8	10	11	13	15
50	$D_{nT}$	33,7	31,1	37,7	36,1	31,2	32,8	29,2	29,6	36,7	34,2	29,6	36,4	28,9	29,6
63	$D_{nT}$	41,1	43,4	40,0	36,3	38,4	40,6	34,5	44,7	33,5	39,9	35,0	47,1	44,4	38,1
80	$D_{nT}$	38,7	43,8	41,8	39,8	42,6	38,5	41,4	38,2	35,9	41,2	37,7	44,8	37,7	35,9
100	$D_{nT}$	42,2	45,9	43,7	46,1	45,7	41,6	45,9	41,1	42,1	41,7	38,3	44,0	42,3	43,5
125	$D_{nT}$	47,6	50,2	48,3	48,9	47,5	43,6	49,7	46,9	40,3	44,6	42,8	48,9	45,7	48,8
160	$D_{nT}$	49,1	48,2	48,5	50,1	48,6	45,7	48,5	47,3	46,1	47,5	46,1	49,0	46,5	48,6
200	$D_{nT}$	44,1	49,1	45,1	46,4	46,7	43,9	48,1	46,0	45,9	45,3	43,5	44,0	45,7	47,3
250	$D_{nT}$	48,2	51,9	46,9	48,0	49,4	49,6	52,1	50,3	50,8	46,6	45,6	49,2	49,9	51,1
315	$D_{nT}$	50,4	53,0	51,2	51,6	50,9	48,5	52,2	50,5	49,4	49,7	48,6	52,2	50,9	52,6
400	$D_{nT}$	50,7	53,4	50,9	50,6	52,2	49,3	51,7	50,9	51,9	47,7	48,9	52,8	51,4	52,5
500	$D_{nT}$	52,9	54,4	51,5	51,6	52,7	51,0	52,2	52,0	53,2	51,6	49,5	54,2	51,5	54,5
630	$D_{nT}$	54,0	55,0	54,3	53,8	53,9	53,7	55,7	54,1	52,8	53,5	52,0	55,4	54,7	57,1
800	$D_{nT}$	55,0	56,3	54,5	53,6	53,9	54,0	58,4	54,6	54,8	53,3	52,1	55,3	55,4	56,2
1000	$D_{nT}$	54,0	55,2	55,3	54,8	54,0	51,5	56,4	54,9	54,2	53,7	52,3	55,0	54,4	56,0
1250	$D_{nT}$	53,3	56,4	54,3	53,9	53,1	52,3	54,7	54,0	54,8	53,3	52,1	53,1	53,7	55,5
1600	$D_{nT}$	51,6	54,9	52,6	52,0	50,6	50,4	54,1	53,2	54,3	52,3	49,2	52,9	52,6	54,7
2000	$D_{nT}$	52,4	55,7	51,9	51,5	52,3	52,0	54,8	54,0	54,1	51,8	50,2	53,6	53,5	55,5
2500	$D_{nT}$	53,7	55,8	52,5	52,0	54,1	52,8	56,0	55,3	54,0	52,8	52,0	54,5	53,8	56,3
3150	$D_{nT}$	53,2	56,0	52,3	52,0	53,8	52,4	55,3	54,5	53,9	52,8	52,0	53,9	53,2	56,0
4000	$D_{nT}$	56,5	59,8	55,6	53,7	57,4	56,0	57,5	58,2	58,5	55,7	55,0	58,1	56,5	57,6
5000	$D_{nT}$	59,8	63,4	59,9	57,0	61,6	59,7	59,6	62,1	62,0	59,5	58,0	62,3	60,6	60,3
	$D_{nT,w}$	53,4	55,4	53,2	53,0	53,2	52,0	55,0	54,0	54,0	52,4	51,2	54,4	53,8	55,6
	$C$	-1,0	-0,4	-0,6	-1,0	-0,6	-0,8	-0,4	-0,8	-1,0	-0,4	-0,8	-1,0	-0,8	-0,4
	$C_{tr}$	-2,2	-1,2	-1,6	-1,0	-1,2	-1,6	-1,0	-2,0	-2,0	-1,4	-2,0	-2,0	-1,8	-1,8
	$C_{50-3150}$	-1,2	-0,4	-0,8	-1,0	-0,6	-0,8	-1,0	-0,8	-1,0	-0,4	-1,0	-1,0	-1,0	-1,2
	$C_{50-5000}$	-0,4	0,2	0,0	-0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,6	-0,4	-0,4
	$C_{100-5000}$	-0,2	0,6	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,2	0,0	-0,2
	$C_{tr,50-3150}$	-3,6	-3,8	-2,6	-2,6	-3,2	-3,0	-5,2	-4,4	-4,8	-2,4	-4,0	-2,8	-4,6	-4,8
	$C_{tr,50-5000}$	-3,6	-3,8	-2,6	-2,8	-3,2	-3,0	-5,2	-4,4	-4,8	-2,4	-4,0	-2,8	-4,6	-4,8
	$C_{tr,100-5000}$	-2,2	-1,2	-1,6	-1,0	-1,2	-1,6	-1,0	-2,0	-2,2	-1,4	-2,0	-2,0	-1,8	-2,0

Tabelle 10: LSM Wand Standardabweichungen in dB

	Nr.	1	9	2	6	3	5	4	12	14	8	10	11	13	15
50	$D_{nT}$	1,2	0,6	1,2	1,1	1,0	1,8	0,6	0,6	0,7	1,1	1,3	2,2	1,0	2,1
63	$D_{nT}$	2,4	0,5	2,1	0,9	2,7	1,3	0,3	1,4	1,0	0,7	2,3	1,9	1,1	3,5
80	$D_{nT}$	3,1	1,5	1,0	1,3	2,3	1,0	0,4	0,7	2,0	0,9	2,2	2,1	0,9	1,0
100	$D_{nT}$	3,2	1,5	0,8	1,5	1,5	1,0	0,4	0,9	0,8	1,6	1,4	0,4	0,9	1,4
125	$D_{nT}$	1,3	1,0	1,0	1,8	1,9	1,3	0,5	0,9	0,7	0,6	2,3	0,3	0,9	2,2
160	$D_{nT}$	1,6	0,6	0,6	0,8	1,4	0,6	0,4	0,8	0,9	0,4	1,3	0,6	1,0	2,7
200	$D_{nT}$	0,9	1,0	1,3	0,8	1,2	1,3	0,6	0,5	0,4	0,6	1,3	0,9	0,4	1,6
250	$D_{nT}$	0,7	0,6	0,3	0,6	0,7	1,0	0,3	0,5	0,4	0,5	0,6	0,8	0,5	1,2
315	$D_{nT}$	0,5	1,0	0,6	0,8	0,7	0,7	0,5	0,2	0,5	0,4	0,8	0,6	0,9	1,4
400	$D_{nT}$	0,4	0,5	0,6	0,4	0,8	0,5	0,2	0,2	0,4	1,0	0,9	0,9	0,7	1,3
500	$D_{nT}$	0,4	0,9	0,3	0,6	0,5	0,7	0,3	0,4	0,6	0,8	0,9	0,5	1,1	1,1
630	$D_{nT}$	0,4	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,7	0,6	1,0	0,4	0,4	0,8
800	$D_{nT}$	1,0	0,6	0,6	0,3	0,9	0,4	0,2	0,6	0,3	0,5	0,9	0,3	0,5	0,7
1000	$D_{nT}$	1,0	0,9	0,3	0,2	0,7	0,6	0,1	1,0	0,2	0,4	1,0	0,6	0,5	0,3
1250	$D_{nT}$	1,1	0,6	0,3	0,4	0,6	0,4	0,2	0,8	0,3	0,2	0,5	0,7	0,7	0,1
1600	$D_{nT}$	1,0	0,3	0,4	0,2	0,5	0,8	0,2	0,2	0,2	0,3	1,0	0,7	0,3	0,1
2000	$D_{nT}$	0,7	0,4	0,4	0,3	0,5	0,3	0,1	0,1	0,3	0,3	1,3	0,5	0,3	0,5
2500	$D_{nT}$	0,7	0,3	0,5	0,2	0,4	0,4	0,2	0,1	0,4	0,3	1,1	0,6	0,7	0,6
3150	$D_{nT}$	0,5	0,5	0,5	0,1	0,3	0,4	0,1	0,2	0,5	0,3	1,3	0,4	0,5	0,9
4000	$D_{nT}$	0,7	0,3	0,6	0,3	0,4	0,2	0,1	0,2	0,5	0,8	0,7	0,3	0,6	1,1
5000	$D_{nT}$	1,2	0,3	0,5	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,4	1,1	0,9	0,7	0,2	1,2
	$D_{nT,w}$	0,6	0,6	0,5	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,8	0,6	0,5	0,6
	$C$	0,0	0,6	0,6	0,0	0,6	0,5	0,6	0,5	0,0	0,6	0,5	0,0	0,5	0,6
	$C_{tr}$	0,5	0,5	0,6	0,0	0,5	0,6	0,0	0,0	0,0	0,6	0,7	0,0	0,5	0,5
	$C_{50-3150}$	0,5	0,6	0,5	0,0	0,6	0,5	0,0	0,5	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,5
	$C_{50-5000}$	0,6	0,5	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,6	0,6	0,6
	$C_{100-5000}$	0,5	0,6	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,5	0,0	0,5
	$C_{tr,50-3150}$	1,1	0,5	0,6	0,6	0,5	0,0	0,5	0,6	0,5	0,6	1,0	0,5	0,6	2,3
	$C_{tr,50-5000}$	1,1	0,5	0,6	0,5	0,5	0,0	0,5	0,6	0,5	0,6	1,0	0,5	0,6	2,3
	$C_{tr,100-5000}$	0,5	0,5	0,6	0,0	0,5	0,6	0,0	0,0	0,5	0,6	0,7	0,0	0,5	0,7

### 10.3 Aufgabe 2: Luftschallmessung Decke

Tabelle 11: LSM Decke - Mittelwerte in dB

	Nr.	1	9	2	6	3	5	4	12	14	8	10	11	13	15	7
50	$D_{nT}$	39,7	40,8	40,0	38,5	41,5	40,4	40,1	39,3	31,1	45,5	40,0	41,6	31,3	44,7	44,3
63	$D_{nT}$	34,2	36,6	36,3	33,6	36,0	35,1	30,0	36,2	29,5	43,1	29,2	42,9	36,9	39,7	33,7
80	$D_{nT}$	39,0	35,4	36,3	35,4	38,5	36,2	32,4	37,2	32,8	37,9	30,4	43,2	37,6	39,4	40,4
100	$D_{nT}$	43,9	44,6	44,9	48,1	47,1	45,6	47,0	45,6	40,0	42,8	40,8	46,4	41,7	44,3	43,1
125	$D_{nT}$	50,9	51,7	50,1	52,7	47,8	49,4	56,9	53,6	50,3	52,1	48,3	52,2	55,6	53,4	49,8
160	$D_{nT}$	53,0	51,8	50,8	52,5	52,6	51,1	51,3	53,5	49,9	51,9	52,8	53,1	51,9	53,3	52,3
200	$D_{nT}$	49,1	48,2	52,2	51,5	49,0	49,2	50,4	50,7	48,7	49,2	52,1	48,9	48,5	47,8	49,5
250	$D_{nT}$	54,7	53,1	54,1	55,4	52,8	53,4	55,6	55,0	55,4	52,9	53,3	55,0	55,4	54,7	53,2
315	$D_{nT}$	55,4	55,7	54,3	56,2	56,3	55,0	55,3	55,3	57,1	53,3	56,2	57,2	55,1	56,5	55,4
400	$D_{nT}$	57,7	57,9	57,7	57,2	57,8	56,6	58,6	57,6	60,3	56,0	57,4	58,4	57,9	58,3	56,9
500	$D_{nT}$	60,1	60,7	61,2	61,1	60,4	60,5	62,3	61,1	63,4	59,5	60,7	61,6	60,3	60,9	60,1
630	$D_{nT}$	62,7	63,4	62,9	62,6	63,6	63,2	65,7	64,3	66,9	63,0	63,4	63,5	64,4	63,9	63,4
800	$D_{nT}$	63,3	64,3	63,7	63,3	64,0	63,4	67,1	65,5	67,5	63,6	63,4	65,0	65,5	64,3	63,3
1000	$D_{nT}$	62,4	64,5	62,9	62,9	63,6	62,1	65,2	64,8	65,8	63,1	63,2	64,2	64,7	64,0	63,5
1250	$D_{nT}$	60,2	62,0	59,7	59,7	59,6	59,5	61,8	61,4	62,5	60,2	60,2	60,4	60,6	60,5	60,0
1600	$D_{nT}$	63,0	63,6	59,7	59,7	60,8	60,0	63,7	65,1	65,2	62,3	62,7	63,4	63,3	62,4	61,4
2000	$D_{nT}$	65,0	66,4	63,8	62,0	63,9	64,8	67,3	66,7	68,4	65,0	66,3	66,0	66,2	65,6	64,2
2500	$D_{nT}$	63,5	65,5	62,9	60,6	63,0	63,1	65,6	64,8	67,5	63,3	64,7	65,0	64,0	64,3	63,2
3150	$D_{nT}$	60,2	61,6	60,0	59,1	60,8	60,2	61,8	60,5	64,0	60,9	66,4	61,0	61,1	61,0	60,7
4000	$D_{nT}$	65,1	67,7	63,7	58,1	65,5	65,8	64,7	68,3	69,2	67,1	67,0	66,5	66,2	65,9	66,2
5000	$D_{nT}$	68,8	75,4	69,2	59,6	72,8	74,0	73,6	75,3	73,9	70,2	75,3	75,7	75,5	73,6	72,6
	$D_{nT,w}$	61,4	62,0	61,0	61,0	61,0	61,0	63,0	62,8	63,2	61,0	62,4	62,4	62,0	62,0	61,0
	$C$	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,2	-1,0	-1,6	-1,6	-1,0	-1,8	-1,4	-1,4	-1,4	-1,0
	$C_{tr}$	-3,6	-3,8	-3,0	-2,6	-3,2	-3,6	-4,0	-3,8	-6,6	-4,2	-5,4	-3,8	-4,6	-4,4	-3,8
	$C_{50-3150}$	-2,0	-2,0	-2,0	-2,2	-1,4	-2,0	-4,0	-2,2	-4,4	-1,4	-4,4	-1,6	-2,4	-2,0	-1,6
	$C_{50-5000}$	-1,0	-1,0	-1,0	-2,2	-0,8	-1,0	-3,0	-1,8	-3,4	-1,0	-3,6	-0,6	-1,6	-1,0	-0,8
	$C_{100-5000}$	-0,2	0,0	0,0	-1,4	0,0	-0,2	0,0	-0,8	-1,0	0,0	-0,8	-0,6	-0,6	-0,8	-0,8
	$C_{tr,50-3150}$	-8,4	-9,4	-8,0	-9,4	-7,2	-8,6	-13,6	-9,2	-14,8	-6,6	-14,4	-5,8	-10,2	-7,2	-8,2
	$C_{tr,50-5000}$	-8,4	-9,4	-8,0	-9,4	-7,2	-8,6	-13,6	-9,2	-14,8	-6,6	-14,4	-5,8	-10,2	-7,2	-8,2
	$C_{tr,100-5000}$	-3,6	-3,8	-3,0	-2,6	-3,2	-3,6	-4,0	-3,8	-6,6	-4,2	-5,4	-3,8	-4,6	-4,4	-3,8



Tabelle 12: LSM Decke - Standardabweichungen in dB

	Nr.	1	9	2	6	3	5	4	12	14	8	10	11	13	15	7
50	$D_{nT}$	1,5	0,8	0,5	3,3	1,0	3,1	1,0	1,0	4,5	2,2	1,2	1,4	0,8	4,3	2,1
63	$D_{nT}$	1,8	1,1	0,8	0,4	1,8	1,0	0,4	0,5	1,6	0,5	1,6	1,5	0,9	0,8	2,3
80	$D_{nT}$	2,2	1,0	2,0	3,5	2,0	0,8	0,5	0,4	2,1	0,4	2,7	1,7	0,9	2,1	1,1
100	$D_{nT}$	0,6	1,4	1,0	1,7	0,6	1,3	0,4	0,3	1,6	2,4	1,5	2,2	0,8	2,2	1,6
125	$D_{nT}$	0,8	0,8	0,3	1,2	1,0	0,8	0,5	1,1	1,3	0,5	2,1	1,2	0,9	0,7	0,9
160	$D_{nT}$	1,3	0,7	0,5	0,6	1,3	0,9	0,4	0,6	3,7	0,7	1,9	0,5	0,9	0,3	0,9
200	$D_{nT}$	1,6	0,9	1,0	0,4	1,3	1,0	0,2	0,7	1,3	1,2	0,8	0,8	1,0	1,7	1,6
250	$D_{nT}$	0,9	0,9	0,5	0,7	0,9	0,9	0,2	0,3	1,1	0,4	1,1	1,8	0,8	0,8	1,0
315	$D_{nT}$	1,0	0,6	0,4	0,4	0,6	0,8	0,4	0,2	1,3	0,3	1,1	0,8	0,9	0,9	0,2
400	$D_{nT}$	0,3	0,8	0,5	0,2	0,5	0,8	0,2	0,2	0,3	0,4	0,7	1,5	0,9	0,2	0,8
500	$D_{nT}$	0,6	0,7	0,4	0,3	0,3	0,7	0,4	0,5	0,2	0,3	0,5	0,9	0,8	0,5	0,5
630	$D_{nT}$	0,7	0,8	0,2	0,2	0,5	0,4	0,2	0,2	0,7	0,8	1,4	0,5	0,8	0,3	0,9
800	$D_{nT}$	1,3	0,7	0,6	0,4	0,3	0,7	0,3	0,3	0,4	0,3	0,7	0,8	0,8	0,5	0,5
1000	$D_{nT}$	0,9	0,5	0,3	0,4	0,3	0,6	0,2	0,2	0,6	0,3	1,1	0,9	0,8	0,3	0,4
1250	$D_{nT}$	0,6	0,4	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3	0,4	0,7	0,3	0,6	0,3	0,7	0,2	0,3
1600	$D_{nT}$	0,7	0,4	0,1	0,5	0,1	0,4	0,1	0,2	0,8	0,3	0,8	0,5	0,4	0,3	0,5
2000	$D_{nT}$	0,9	0,5	0,1	0,4	0,4	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	1,0	0,2	0,5	0,4	0,3
2500	$D_{nT}$	0,7	0,2	0,2	0,5	0,5	0,6	0,1	0,1	0,4	0,2	1,2	0,2	0,7	0,6	0,2
3150	$D_{nT}$	0,4	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4	0,1	0,3	0,9	0,1	0,8	0,4	0,7	0,5	1,1
4000	$D_{nT}$	0,7	0,4	0,1	0,2	0,3	0,8	0,1	0,2	0,4	0,4	3,1	0,3	0,7	0,3	0,4
5000	$D_{nT}$	4,8	0,8	0,2	0,3	0,2	0,8	0,2	0,3	0,2	0,3	2,9	0,5	0,7	0,7	1,0
	$D_{nT,w}$	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,0	0,6	0,6	0,7	0,0	0,0
	$C$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,6	0,6	0,0	0,5	0,6	0,6	0,6	0,0
	$C_{tr}$	0,6	0,5	0,0	0,6	0,5	0,6	0,0	0,5	1,1	0,8	0,9	0,8	0,6	0,6	0,5
	$C_{50-3150}$	0,7	0,0	0,0	0,5	0,6	0,0	0,0	0,5	1,1	0,6	1,1	0,6	0,6	0,0	0,6
	$C_{50-5000}$	0,7	0,0	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0	0,5	1,1	0,0	1,5	0,6	0,6	0,0	0,5
	$C_{100-5000}$	0,5	0,0	0,0	0,6	0,0	0,5	0,0	0,5	0,7	0,0	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5
	$C_{tr,50-3150}$	1,5	0,6	0,7	1,1	0,8	0,6	0,6	0,8	1,6	0,6	1,7	0,5	1,1	0,8	0,8
	$C_{tr,50-5000}$	1,5	0,6	0,7	1,1	0,8	0,6	0,6	0,8	1,6	0,6	1,7	0,5	1,1	0,8	0,8
	$C_{tr,100-5000}$	0,6	0,5	0,0	0,6	0,5	0,6	0,0	0,5	1,1	0,8	0,9	0,8	0,6	0,6	0,5

### 10.3 Aufgabe 3: Trittschallmessung Decke

Tabelle 13: TSM Decke - Mittelwerte in dB

	Nr.	1	9	2	6	3	5	4	12	14	8	10	11	13	15	7
50	$L'_{nT}$	54,0	52,2	52,3	53,7	54,4	54,8	54,1	53,0	61,7	52,6	48,3	53,8	48,3	51,4	54,9
63	$L'_{nT}$	59,1	54,0	53,9	57,4	55,8	59,1	62,1	54,2	57,5	54,6	54,2	54,0	50,5	56,4	57,3
80	$L'_{nT}$	54,3	45,4	46,1	49,5	49,3	52,4	56,3	45,1	52,6	49,5	48,9	46,7	46,2	51,3	47,6
100	$L'_{nT}$	50,7	47,7	48,5	49,9	50,2	50,3	50,0	46,3	51,4	51,0	54,7	46,9	48,1	50,0	49,1
125	$L'_{nT}$	48,3	48,9	48,7	48,7	47,5	48,5	47,3	47,6	48,5	48,1	52,8	46,7	48,1	49,4	49,4
160	$L'_{nT}$	47,7	48,3	49,5	49,1	48,4	48,2	48,6	45,6	47,6	45,6	48,0	47,3	46,2	46,5	47,7
200	$L'_{nT}$	49,5	46,8	48,1	48,1	48,3	47,6	48,1	45,5	48,5	48,4	48,3	48,0	47,3	49,3	48,7
250	$L'_{nT}$	46,4	45,0	47,2	46,8	46,1	46,3	45,6	43,1	46,3	45,2	47,4	45,1	46,2	46,7	46,8
315	$L'_{nT}$	45,6	45,6	46,6	46,4	45,1	46,0	45,8	45,4	47,6	45,4	46,8	43,7	44,4	45,4	45,6
400	$L'_{nT}$	42,8	43,1	43,6	43,9	43,5	44,6	43,6	43,0	43,5	42,9	45,0	42,6	42,8	42,6	43,3
500	$L'_{nT}$	43,0	43,9	45,1	45,1	44,8	45,1	44,2	43,4	44,9	44,1	44,5	43,3	44,6	43,8	44,1
630	$L'_{nT}$	42,5	42,6	43,1	44,4	43,8	44,2	43,7	42,0	42,8	42,7	42,6	42,4	41,7	43,2	43,7
800	$L'_{nT}$	41,9	42,1	43,6	43,8	44,6	43,7	41,8	42,5	43,8	42,5	43,0	41,9	42,0	43,0	43,0
1000	$L'_{nT}$	43,0	44,5	45,1	45,8	47,6	47,4	44,1	45,2	47,1	44,9	45,0	43,9	44,8	44,3	44,0
1250	$L'_{nT}$	44,2	45,2	46,7	46,8	51,3	50,1	44,2	47,0	49,7	45,9	45,1	45,3	44,1	45,1	45,8
1600	$L'_{nT}$	44,7	45,2	46,4	46,8	51,2	50,5	42,7	48,2	49,9	45,6	45,0	44,9	43,4	44,3	43,6
2000	$L'_{nT}$	43,6	44,4	46,6	46,8	45,2	44,6	45,4	42,0	43,1	44,1	43,7	43,3	43,7	45,3	43,6
2500	$L'_{nT}$	39,4	40,9	43,6	43,5	39,9	40,6	42,8	36,1	37,2	41,4	41,2	39,5	41,3	42,2	42,9
3150	$L'_{nT}$	35,4	35,1	37,4	37,3	36,2	36,0	36,9	31,9	33,3	35,5	34,5	32,9	34,5	37,0	37,6
4000	$L'_{nT}$	28,4	25,6	28,0	32,1	27,9	26,7	28,3	22,6	22,6	26,8	24,1	22,2	24,1	28,1	28,4
5000	$L'_{nT}$	22,1	9,8	21,0	30,5	15,9	15,9	13,7	15,6	12,8	13,3	10,6	7,8	10,9	15,9	14,8
	$L'_{nT,w}$	47,8	48,0	50,2	50,2	50,8	50,6	48,8	47,4	49,4	49,0	49,2	47,0	48,0	48,8	48,8
	$C_I$	-4,8	-6,0	-6,6	-6,4	-6,6	-6,6	-6,0	-5,6	-5,0	-6,2	-4,4	-5,2	-5,8	-5,8	-5,8
	$C_{I, 50-2500}$	0,0	-3,0	-4,6	-3,4	-3,8	-2,4	1,0	-2,6	0,8	-3,4	-3,0	-2,0	-4,2	-2,6	-1,8

Tabelle 14: TSM Decke - Standardabweichungen in dB

	Nr.	1	9	2	6	3	5	4	12	14	8	10	11	13	15	7
50	$L'_{nT}$	0,8	0,4	0,9	1,3	0,8	0,7	0,1	2,0	3,2	0,9	1,4	0,6	1,6	2,0	2,0
63	$L'_{nT}$	1,5	0,5	2,2	1,1	1,0	1,2	0,2	0,6	2,7	0,4	1,4	1,0	1,7	0,8	1,6
80	$L'_{nT}$	1,4	0,3	1,5	0,9	1,1	1,3	0,2	2,4	1,5	0,2	1,1	0,7	1,5	1,1	1,1
100	$L'_{nT}$	0,4	0,6	0,9	0,5	1,0	1,0	0,1	1,4	2,4	0,3	0,5	1,1	1,9	0,9	1,5
125	$L'_{nT}$	1,1	0,5	0,8	0,8	0,6	0,7	0,5	1,2	2,5	0,9	1,7	0,5	2,2	0,6	0,6
160	$L'_{nT}$	0,5	1,1	1,2	0,5	0,7	0,9	0,2	0,2	2,1	0,7	1,6	0,4	1,3	0,4	0,2
200	$L'_{nT}$	0,6	0,4	0,8	0,5	1,4	0,5	0,2	0,4	1,9	0,3	0,8	0,7	1,4	0,7	1,4
250	$L'_{nT}$	0,4	0,5	1,1	0,7	0,7	0,6	0,3	0,2	1,5	0,4	1,0	0,5	1,1	0,5	1,0
315	$L'_{nT}$	0,2	0,9	0,4	1,0	0,6	0,5	0,4	0,3	1,1	0,3	0,9	0,9	1,5	0,4	0,5
400	$L'_{nT}$	0,6	0,8	0,6	0,7	0,5	0,3	0,2	0,8	1,6	0,5	0,7	0,8	1,4	0,2	0,7
500	$L'_{nT}$	0,6	0,5	0,2	0,5	0,5	0,5	0,3	0,4	0,9	0,5	0,7	0,9	1,3	0,4	0,8
630	$L'_{nT}$	0,3	0,5	0,9	0,5	0,7	0,4	0,1	0,4	1,4	0,6	0,8	0,7	1,5	1,0	0,7
800	$L'_{nT}$	0,3	0,3	0,6	0,5	0,8	0,8	0,1	0,5	1,4	0,6	0,6	0,7	1,5	0,5	0,6
1000	$L'_{nT}$	0,6	0,6	1,0	0,3	0,6	0,5	0,1	0,2	1,5	0,6	0,4	0,7	1,4	0,3	0,5
1250	$L'_{nT}$	0,5	0,7	0,5	0,4	0,1	0,3	0,1	0,3	1,2	0,7	0,5	0,3	1,0	0,1	0,3
1600	$L'_{nT}$	0,4	0,4	0,2	0,7	0,5	0,3	0,1	0,4	0,9	0,4	0,7	0,5	1,5	0,4	1,0
2000	$L'_{nT}$	0,5	0,4	0,9	0,9	0,6	0,5	0,1	0,2	1,0	0,2	0,5	0,5	1,0	0,2	0,6
2500	$L'_{nT}$	0,6	0,4	0,6	0,8	0,7	0,7	0,0	0,4	1,0	0,4	0,6	0,2	1,5	0,9	0,6
3150	$L'_{nT}$	1,1	0,2	0,5	0,9	0,8	0,7	0,0	0,2	0,9	0,3	0,9	0,3	1,0	1,0	0,8
4000	$L'_{nT}$	3,9	0,3	0,5	0,6	1,1	0,6	0,0	0,3	1,4	0,3	1,1	0,5	1,1	1,0	1,0
5000	$L'_{nT}$	8,0	0,1	0,2	0,2	1,5	1,0	0,1	0,4	1,4	1,6	1,4	0,3	1,3	1,0	0,7
	$L'_{nT,w}$	0,5	0,0	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,0	0,5	0,0	0,7	0,5	0,5
	$C_I$	0,5	0,0	0,9	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	1,0	0,5	0,6	0,5	0,8	0,5	0,5
	$C_{I, 50-2500}$	1,2	0,0	0,6	0,6	0,5	1,1	0,7	0,6	2,2	0,6	0,7	0,0	1,3	0,9	1,1

## 10.4 Nachhallzeitmessungen

Tabelle 15: Mittelwerte der Nachhallzeitmessung in s

f [Hz]	Nr	Impuls				Rauschen								
		1	10	14	15	9	2	6	3	5	4	12	13	7
50	T	1,53	1,32	0,38	1,12	1,61	1,42	1,33	1,52	1,08	1,69	1,60	1,68	1,32
63	T	0,81	0,60	0,41	0,90	1,18	1,00	0,80	1,03	0,80	0,95	1,10	1,24	0,76
80	T	0,46	0,45	0,41	0,47	0,80	1,00	0,81	0,74	0,50	0,76	0,90	0,52	0,79
100	T	0,42	0,43	0,43	0,40	0,40	0,52	0,55	0,49	0,50	0,44	0,65	0,54	0,41
125	T	0,67	0,45	0,69	0,59	0,62	0,57	0,56	0,55	0,55	0,63	0,81	0,61	0,62
160	T	0,81	0,72	0,77	0,57	0,60	0,57	0,51	0,60	0,54	0,70	0,93	0,56	0,65
200	T	0,73	0,65	0,72	0,69	0,69	0,68	0,70	0,66	0,66	0,59	0,78	0,76	0,75
250	T	0,85	0,63	0,81	0,72	0,80	0,70	0,78	0,77	0,68	0,77	0,82	0,82	0,77
315	T	0,68	0,66	0,69	0,71	0,82	0,68	0,75	0,69	0,57	0,87	0,81	0,74	0,75
400	T	0,68	0,65	0,79	0,68	0,77	0,71	0,66	0,72	0,59	0,84	0,81	0,77	0,68
500	T	0,68	0,68	0,77	0,67	0,79	0,67	0,67	0,68	0,61	0,96	0,80	0,74	0,69
630	T	0,70	0,71	0,88	0,76	0,84	0,72	0,72	0,73	0,66	1,06	0,90	0,83	0,76
800	T	0,84	0,77	1,18	0,81	0,89	0,75	0,75	0,71	0,70	1,46	1,05	0,98	0,82
1000	T	0,75	0,74	1,09	0,79	0,87	0,70	0,70	0,69	0,63	1,39	1,02	0,91	0,77
1250	T	0,69	0,68	0,89	0,72	0,84	0,62	0,63	0,61	0,60	1,17	0,81	0,82	0,64
1600	T	0,72	0,67	0,94	0,75	0,83	0,64	0,62	0,60	0,61	1,12	0,87	0,82	0,57
2000	T	0,70	0,64	0,89	0,74	0,80	0,61	0,63	0,58	0,60	1,04	0,80	0,78	0,58
2500	T	0,67	0,61	0,82	0,69	0,75	0,58	0,60	0,58	0,54	0,90	0,78	0,73	0,58
3150	T	0,57	0,62	0,77	0,64	0,74	0,54	0,59	0,54	0,55	0,81	0,71	0,68	0,58
4000	T	0,56	0,61	0,74	0,64	0,77	0,58	0,64	0,53	0,58	0,81	0,73	0,66	0,60
5000	T	0,49	0,58	0,71	0,63	0,74	0,55	0,57	0,52	0,54	0,76	0,70	0,66	0,55

Tabelle 16: Standardabweichungen für die Nachhallzeitmessungen in Sekunden

f [Hz]	Nr.	Impuls				Rauschen								
		1	10	14	15	9	2	6	3	5	4	12	13	7
50	T	0,07	0,20	0,03	0,15	0,03	0,23	0,22	0,24	0,11	0,07	0,21	0,10	0,29
63	T	0,09	0,15	0,04	0,15	0,05	0,18	0,02	0,13	0,09	0,05	0,11	0,06	0,05
80	T	0,01	0,12	0,08	0,08	0,04	0,15	0,07	0,16	0,03	0,04	0,07	0,03	0,08
100	T	0,03	0,03	0,13	0,08	0,02	0,05	0,10	0,04	0,06	0,01	0,04	0,02	0,02
125	T	0,02	0,14	0,02	0,04	0,01	0,02	0,01	0,04	0,14	0,08	0,19	0,04	0,04
160	T	0,03	0,08	0,06	0,03	0,04	0,07	0,03	0,06	0,04	0,03	0,14	0,04	0,06
200	T	0,05	0,10	0,05	0,05	0,04	0,10	0,08	0,11	0,05	0,02	0,04	0,04	0,20
250	T	0,03	0,10	0,08	0,07	0,02	0,09	0,07	0,05	0,05	0,05	0,04	0,09	0,09
315	T	0,04	0,06	0,07	0,03	0,05	0,04	0,07	0,04	0,04	0,07	0,04	0,04	0,02
400	T	0,01	0,09	0,05	0,03	0,03	0,06	0,02	0,04	0,05	0,04	0,04	0,03	0,07
500	T	0,04	0,05	0,07	0,02	0,03	0,04	0,05	0,04	0,04	0,06	0,08	0,02	0,04
630	T	0,04	0,10	0,21	0,05	0,04	0,03	0,03	0,07	0,01	0,04	0,03	0,06	0,07
800	T	0,12	0,14	0,11	0,04	0,01	0,07	0,05	0,04	0,06	0,03	0,08	0,05	0,05
1000	T	0,09	0,07	0,10	0,04	0,02	0,05	0,04	0,05	0,03	0,02	0,05	0,02	0,04
1250	T	0,06	0,06	0,09	0,01	0,03	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,05	0,02	0,03
1600	T	0,07	0,03	0,05	0,00	0,02	0,02	0,05	0,02	0,03	0,02	0,01	0,04	0,04
2000	T	0,09	0,04	0,06	0,03	0,03	0,02	0,04	0,01	0,01	0,03	0,03	0,02	0,04
2500	T	0,08	0,03	0,04	0,02	0,02	0,04	0,05	0,03	0,04	0,01	0,02	0,03	0,03
3150	T	0,05	0,08	0,03	0,03	0,01	0,03	0,04	0,02	0,04	0,01	0,02	0,02	0,03
4000	T	0,07	0,04	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02	0,01
5000	T	0,06	0,03	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02

## 11 ANLAGE PLANSKIZZEN

Abbildung 23: Lageskizze Stiegenhaus – Empfangsraum

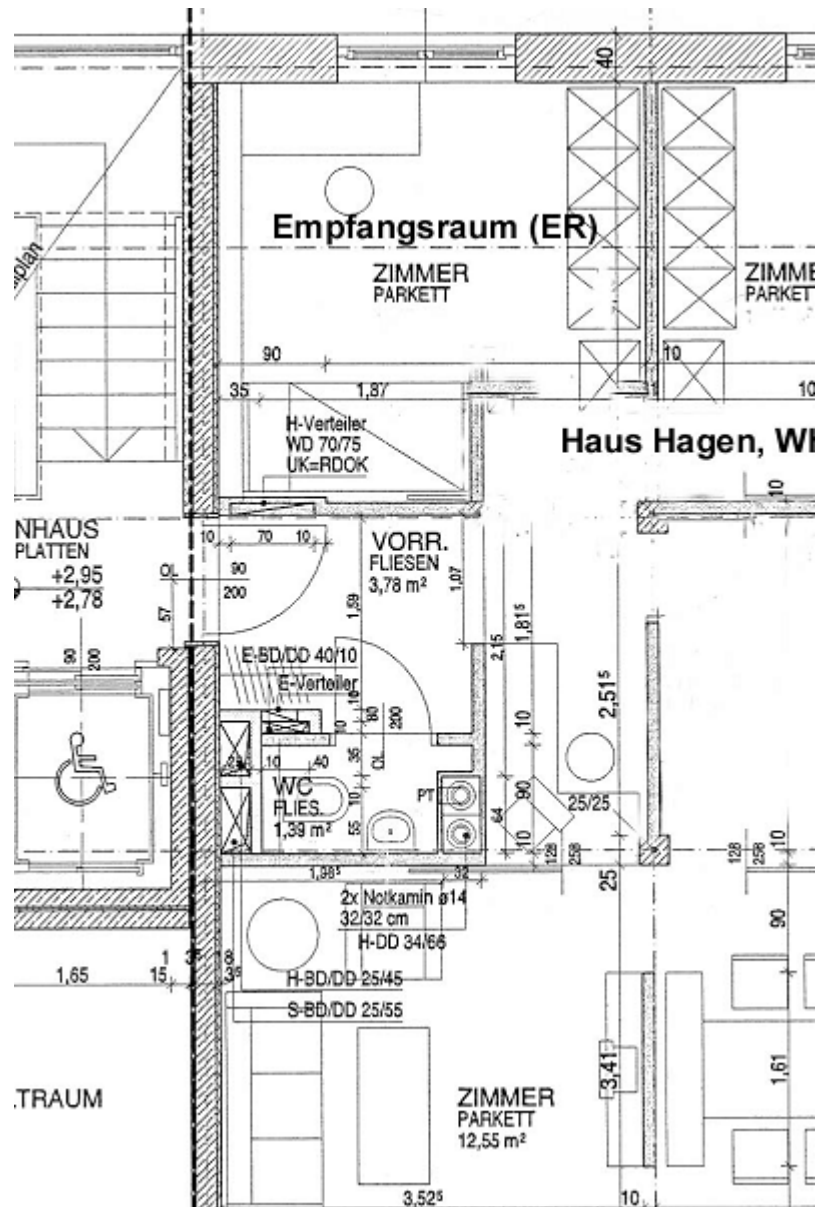


Abbildung 24: Lageskizze Stiegenhaus – Senderaum

