



umweltbundesamt^U

RINGVERSUCH 2007

Messung der
Schallimmission haustechnischer Geräusche
und der Schalldämmung von Außenbauteilen

Christoph Lechner



lebensministerium.at

forum
SCHALL

REPORT
REP-0120

Wien, 2007



Projektbetreuung BMLFUW

DI Helfried Gartner
Abteilung Verkehr, Mobilität, Siedlungswesen und Lärm

Projektbetreuung Umweltbundesamt

Mag. Roman Ortner

Autor

Christoph Lechner
Vorsitzender Forum Schall – forum.schall@aon.at

Lektorat

Maria Deweis, Umweltbundesamt

Satz/Layout

Ute Kutschera, Umweltbundesamt

Titelbild

dankenswerterweise zur Verfügung gestellt von Felicitas Matern, www.feelimage.at

Die vorliegende Publikation wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) erstellt.

Das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und das Umweltbundesamt danken allen, die durch ihre aktive Mitarbeit am Ringversuch zu den nunmehr vorliegenden Ergebnissen beigetragen haben.

Besonderer Dank gilt auch Herrn Ing. Werner Talasch für die Unterstützung in der Ringversuchsplanung und Herstellung der digitalen Aufzeichnungen.

Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter: <http://www.umweltbundesamt.at/>

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Eigenvervielfältigung

Gedruckt auf Recyclingpapier.

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2007

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 3-85457-918-7



INHALT

| | |
|--|----|
| ZUSAMMENFASSUNG | 7 |
| SUMMARY | 8 |
| 1 EINLEITUNG | 9 |
| 2 PLANUNG DES RINGVERSUCHES | 11 |
| 3 TEILNEHMENDE PRÜFSTELLEN | 12 |
| 4 MESSAUFGABEN | 13 |
| 4.1 Messung der Nachhallzeit | 13 |
| 4.1.1 Norm: ÖNORM EN ISO 3382 | 13 |
| 4.1.2 Benötigte Signale | 13 |
| 4.1.3 Gewünschte Ergebnisse | 13 |
| 4.2 Messung der Schalldämmung eines Fensters | 13 |
| 4.2.1 Norm: ÖNORM EN ISO 140-5 | 13 |
| 4.2.2 Benötigte Signale | 14 |
| 4.2.3 Gewünschte Ergebnisse | 14 |
| 4.3 Messung der Schalldämmung einer Fassade | 14 |
| 4.3.1 Norm: ÖNORM EN ISO 140-5 | 14 |
| 4.3.2 Benötigte Signale | 14 |
| 4.3.3 Gewünschte Ergebnisse | 15 |
| 4.4 Messung haustechnischer Geräusche nach dem Standardverfahren | 15 |
| 4.4.1 Norm: ÖNORM EN ISO 16032 | 15 |
| 4.4.2 Benötigte Signale | 15 |
| 4.4.3 Gewünschte Ergebnisse | 15 |
| 4.5 Messung haustechnischer Geräusche nach Kurzverfahren | 16 |
| 4.5.1 Norm: ÖNORM EN ISO 10052 | 16 |
| 4.5.2 Benötigte Signale | 16 |
| 4.5.3 Gewünschte Ergebnisse | 16 |
| 4.6 Anhang 1 der Ausschreibung des Ringversuches: Liste der Messsignale | 17 |
| 4.7 Anhang 2 der Ausschreibung des Ringversuches: Beschreibung des Empfangsraumes | 18 |
| 4.8 Datensammlung | 19 |
| 4.9 Benötigte Normen laut Ausschreibung des Ringversuches | 20 |
| 5 STATISTISCHE BERECHNUNGEN | 21 |
| 5.1 Kennwerte | 21 |



| | | |
|------------|--|----|
| 5.2 | Begriffserläuterungen | 21 |
| 5.2.1 | Standardabweichung | 22 |
| 5.2.2 | Varianz | 22 |
| 5.2.3 | Median (auch: Zentralwert) | 23 |
| 5.2.4 | Quartil | 23 |
| 5.2.5 | Interquartilsabstand..... | 23 |
| 5.2.6 | Konfidenzintervall und Irrtumswahrscheinlichkeit | 23 |
| 5.3 | Darstellung der Ergebnisse | 24 |
| 5.4 | Berechnungen zu den einzelnen Aufgaben | 24 |
| 5.5 | Behandlung von Ausreißern | 25 |
| 6 | ERGEBNISSE DER EINZELNEN AUFGABEN | 26 |
| 6.1 | Messung der Nachhallzeit mit Rauschanregung | 26 |
| 6.1.1 | Mittelwerte | 26 |
| 6.1.2 | Standardabweichungen | 27 |
| 6.2 | Messung der Nachhallzeit mit Impulsanregung | 28 |
| 6.2.1 | Mittelwerte | 28 |
| 6.2.2 | Standardabweichungen | 29 |
| 6.3 | Messung der Schalldämmung eines Fensters | 30 |
| 6.3.1 | Mittelwerte | 30 |
| 6.3.2 | Standardabweichungen | 31 |
| 6.4 | Messung der Schalldämmung einer Fassade | 32 |
| 6.4.1 | Mittelwerte | 32 |
| 6.4.2 | Standardabweichungen | 33 |
| 6.5 | Messung haustechnischer Geräusche | 34 |
| 6.5.1 | Mittelwerte | 34 |
| 6.5.2 | Standardabweichungen | 35 |
| 7 | STATISTISCHE ERGEBNISSE | 36 |
| 7.1 | Messung der Nachhallzeit | 36 |
| 7.2 | Messung der Schalldämmung von Außenbauteilen | 37 |
| 7.3 | Messung haustechnischer Geräusche | 38 |
| 8 | BOXPLOTS | 39 |
| 8.1 | Erläuterungen zu den Boxplots | 39 |
| 8.2 | Messung Nachhallzeiten mit Rauschanregung | 40 |
| 8.3 | Messung Nachhallzeiten mit Impulsanregung | 41 |
| 8.4 | Messung Schalldämmung eines Fensters | 42 |
| 8.5 | Messung Schalldämmung einer Fassade | 43 |
| 8.6 | Messung haustechnischer Geräusche – Standardverfahren | 44 |
| 8.7 | Messung haustechnischer Geräusche – Kurzverfahren | 45 |



| | | |
|-----------|--|----|
| 9 | VERTRAUENSBEREICHE FÜR DIE EINZAHLANGABEN | 46 |
| 9.1 | Messung der Schalldämmung von Außenbauteilen..... | 46 |
| 9.2 | Messung haustechnischer Geräusche | 47 |
| 10 | BEWERTUNG DER ERGEBNISSE | 48 |
| 10.1 | Messung der Nachhallzeit | 48 |
| 10.2 | Messung der Schalldämmung von Außenbauteilen..... | 49 |
| 10.3 | Messung haustechnischer Geräusche | 51 |
| 11 | FOLGERUNGEN | 52 |
| 12 | LITERATURVERZEICHNIS | 53 |
| 13 | SCHALLTECHNISCHE GRUNDLAGEN | 54 |
| 13.1 | Begriffsbestimmungen | 54 |
| 13.2 | Abbildungsverzeichnis | 56 |
| 13.3 | Tabellenverzeichnis | 57 |



ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen des vorliegenden Ringversuches wurden Wiederhol- und Vergleichsgrenzen sowohl für die Messung der Schalldämmung von Außenbauteilen wie auch für die Messung von haustechnischen Geräuschen ermittelt. Weiters wurde für die Messung der haustechnischen Geräusche ein Vergleich des Standard- und des Kurzverfahrens durchgeführt.

Ein Ergebnis des Ringversuches sind die Wiederhol- und Vergleichsgrenzen für die Messung der Schalldämmung von Außenbauteilen. Sie liegen im Bereich der auch im Normenwerk angeführten Referenzwerte und können dieser Publikation auch für den erweiterten Frequenzbereich entnommen werden. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass durch die Ringversuchsanordnung die Ungenauigkeiten der Messausstattung und der Auswertung, nicht jedoch die Einflüsse aus der Anwendung des Verfahrens an Ort und Stelle erfasst sind.

Bei der Messung haustechnischer Geräusche hat sich gezeigt, dass nur der $L_{AF,max,nT}$ in akzeptablen Grenzen bestimmbar ist. Dafür sind hier aber die Vergleichsgrenzen beim Standard- und beim Kurzverfahren nahezu gleich und die Mittelwerte der Ergebnisse nur unbedeutend voneinander abweichend. Es ist also kein Vorteil der Messung nach dem Standardverfahren im Vergleich zum Kurzverfahren zu erkennen.

Bei der Durchführung des Ringversuches hat sich herausgestellt, dass bei der Auswertung von Nachhallzeitmessungen mit Rauschanregung über digitale Aufzeichnungen Vorsicht geboten ist. Hier eignet sich das Verfahren mittels Impulsanregung eindeutig besser, die Vergleichsgrenzen liegen hier wesentlich niedriger. Weiters ist festzustellen, dass die A-bewertete Nachhallzeit zwar mit hoher Genauigkeit bestimmt werden kann, sich Fehler bei Messungen der Nachhallzeit im tieffrequenten Bereich aber stark in den aus Oktavbandpegeln berechneten, C-bewertet ermittelten Schallpegeln niederschlagen – weit mehr, als wenn diese in C-Bewertung gemessen werden.

Fazit

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass Messungen von haustechnischen Geräuschen nach dem Standardverfahren nicht genauer sind als Messungen nach dem Kurzverfahren. Daten mit hoher Genauigkeit und damit hoher Beweiskraft können ermittelt werden, indem das Kurzverfahren angewendet wird und ein messtechnischer Bezug auf die Nachhallzeit verpflichtend durchzuführen ist. Der Aufwand wird dadurch auf ein wesentlich geringeres Maß – ohne Einbußen bei der Genauigkeit – reduziert.

SUMMARY

During the interlaboratory comparison presented here the repeatability and reproducibility limits for measuring sound insulation of external building components and for measuring technical building noise were determined. For the measurement of technical building noise, a comparison of the standard and short-cut methods was also performed.

One result of the interlaboratory comparison was the repeatability and reproducibility limits for measurements of external building components. They are within the range of reference values as specified in the standards and can be taken from this publication and applied to a wider frequency range. What has to be considered, however, is that with the design of the interlaboratory comparison, inaccuracies of measurement equipment and analysis are taken into account, but not the influences prevailing when applying the method on the spot.

The measurements of technical building noise have shown that only the $L_{AF,max,nT}$ can be determined within acceptable limits. Here the reproducibility values obtained with the standard and the short-cut methods are nearly the same and the mean values of the results differ only insignificantly. There is thus no observable advantage in using the standard measurement method as opposed to the short-cut method.

When conducting the interlaboratory comparison it was found that caution is advised when analysing reverberation time measurements with noise excitation using digital recording. Here impulse excitation is clearly the better method, with considerably lower reproducibility limits. It was also found that, although the A-weighted reverberation time can be determined with high accuracy, errors which occur during measurements of reverberation time in the low-frequency range have a considerable impact on C-weighted sound levels calculated from octave band levels, an impact which is much higher than when measuring these sound levels with C-frequency weighting.

Conclusion

The results obtained show that the standard method for measurements of technical building noise is not more accurate than the short-cut method. Data of high accuracy and thus authenticity can thus be obtained by applying the short-cut method and performing obligatory measurements of the reverberation time. This cuts down costs considerably – without compromising on accuracy.



1 EINLEITUNG

Seit dem Bestehen der Arbeitsgruppe Forum Schall, welche im Jahr 1994 als „Arbeitsgruppe Qualitätssicherung von Umweltmessdaten – schalltechnische Messungen und Berechnungen“ durch die Landesumweltreferentenkonferenz eingerichtet wurde, ist eine Reihe von Ringversuchen und Vergleichsmessungen durchgeführt worden.

**Arbeitsgruppe
Forum Schall**

Im Rahmen früherer durchgeführter Ringversuche wurden zum Beispiel die Vertrauensbereiche bei der Bestimmung des Beurteilungspegels bei der Messung generell („Messung der Schallimmission 2003“) oder bei der Messung unter besonderer Berücksichtigung der Immissionssituation „Wohnbereich“ („Messung der Schallimmission 2005“) ermittelt. Ergebnisse der bereits durchgeführten Ringversuche sind wiederholt in die Bearbeitungen von Richtlinien und Normen eingegangen.

**frühere
Ringversuche
der Arbeitsgruppe**

Der vorliegende Ringversuch ergänzt die Reihe der Ringversuche um die Messung haustechnischer Geräusche sowie die Schalldämmung von Außenbauteilen. Die Ergebnisse dienen als fachliche Unterstützung des Komitees 208 „Akustische Eigenschaften von Bauprodukten und von Gebäuden“ im Österreichischen Normungsinstitut, von dem derzeit Regeln für den „Messtechnischen Nachweis der Erfüllung der Anforderungen“ erarbeitet werden. Dazu wurden die Messaufgaben auch auf die Ermittlung der Schalldämmung von Außenbauteilen erweitert.

**haustechnische
Geräusche, Schall-
dämmung von
Außenbauteilen**

Nachdem der Ringversuch „Messung der Schallimmission 2005“ ad hoc durchgeführt wurde und nur eine eingeschränkte Ausschreibung an mögliche Teilnehmer erfolgen konnte, kam als Feedback mancher Prüfstellen die Bitte, wieder einen breit angekündigten Ringversuch zu veranstalten, dem das Forum Schall natürlich gerne nachkommt.

Motivation für die Durchführung des Ringversuches

Mit der ÖNORM EN ISO 16032, Ausgabe 2004-12-01 (Standardverfahren) und der ÖNORM EN ISO 10052, Ausgabe 2005-04-01 (Kurzverfahren) liegen in Österreich Messverfahren vor, die in gewisser Weise konkurrenzierend den Nachweis von Schallimmissionen haustechnischer Geräusche ermöglichen. Durch die Neufassung der ÖNORM B 8115-2, ausgelöst durch die Harmonisierung der Technischen Bauvorschriften, ergibt sich die Notwendigkeit, den Nachweis an die Erfüllung des baulichen Schallschutzes in einem Beiblatt zu dieser Normenreihe zu regeln. Von vornherein liegt der Schluss nahe, dass das Standardverfahren eine höhere Genauigkeit aufweist als das Kurzverfahren. Es ist in seiner Durchführung und Auswertung aber wesentlich aufwändiger und zeitintensiver, weshalb für eindeutige Nachweise (im Sinne „eindeutig erreicht“ oder „eindeutig nicht erreicht“) auch das Kurzverfahren – gegebenenfalls unter Vorhaltung eines größeren Vertrauensbereiches – Anwendung finden sollte. Es ist daher notwendig, die Vertrauensbereiche beider Verfahren zu kennen. Durch das Heranziehen von Oktavbandpegeln, welche auf eine oktavweise ermittelte Nachhallzeit im Empfangsraum zu beziehen sind, ist es aber auch möglich, dass je nach tatsächlichem Auftreten der pegelbestimmenden Komponenten innerhalb des Frequenzbandes verfahrensbedingt auch ungenauere Ergebnisse erhalten werden.

**haustechnische
Geräusche –
Standardverfahren
versus Kurzverfahren**



***Schalldämmung
von Außenbauteilen
– Genauigkeit des
Messverfahrens***

In der Reihe der im Rahmen des Forum Schall durchgeführten Ringversuche fehlt bislang die Angabe der Genauigkeiten bei der Messung der Schalldämmung von Außenbauteilen. Hier muss auf die Angaben im Anhang A der ÖNORM EN 20140-2 zurückgegriffen werden. Auch werden die Messverfahren zur Ermittlung der Schalldämmung eines Bauteils und einer Fassade vorweg als gleichwertig hinsichtlich ihrer Genauigkeit eingestuft. Dies sollte in diesem Ringversuch verifiziert werden. Gleichzeitig sollten auch Anhaltspunkte für die Interpretation der Ergebnisse für haustechnische Geräusche geliefert werden.

Die Erfassung und Auswertung der Ergebnisse von Nachhallzeitmessungen mittels Rausch- und Impulsanregung ist Bestandteil der einzelnen Messaufgaben. Um einen Vergleich der beiden Methoden zur Nachhallzeitbestimmung ziehen zu können wurden daher die teilnehmenden Prüfstellen ersucht, die Zwischenergebnisse ebenfalls zur Verfügung zu stellen.



2 PLANUNG DES RINGVERSUCHES

Ein Ringversuch in situ für haustechnische Geräusche gestaltet sich wegen der oft sehr niedrigen Pegel als schwierig. Große Probleme können aber nicht nur wegen der im Vergleich zum Messsignal hohen Hintergrundgeräuschpegel auftreten, sondern auch in der praktischen Durchführung, welche in einem bewohnten Gebäude kaum in dem für einen Ringversuch notwendigen Umfang zumutbar wäre. Das Standardverfahren zur Messung haustechnischer Geräusche lässt eine Digitalaufzeichnung vernünftig erscheinen bzw. ist geradezu unerlässlich. Daher war der Gedanke nahe liegend, dass bei dem vorliegenden Ringversuch nicht Messungen an Ort und Stelle, sondern die Auswertung digitaler Aufzeichnungen Aufgabe sein sollte. Durch diese sind die Fehler durch die Aufstellung der Mikrofone und in der Anwendung des Verfahrens an Ort und Stelle für alle teilnehmenden Prüfstellen gleich. Diese Vorgangsweise eignet sich somit ausgezeichnet für den Vergleich der Messmethoden. Hier werden die verfahrenskausalen Ungenauigkeiten besser herausgearbeitet als bei der Ermittlung der Einzulangaben mit unterschiedlichen Mikrofonpositionen und Anregungsvorgängen. Bei einer Messung haustechnischer Geräusche selbst ist allerdings zu beachten, dass auch Abweichungen durch die Aufstellung der Mikrofone und in der Anwendung des Verfahrens an Ort und Stelle hervorgerufen werden können.

Auswertung digitaler Aufzeichnungen

Hinsichtlich der Methodik wurde mit dieser Ringversuchsordnung ein neuer Weg beschritten. Es sollte den Prüfstellen ermöglicht werden, mit wenig Aufwand an der Versuchsauswertung teilnehmen zu können. Leider wurde der Ringversuch nicht in dem erwarteten Ausmaß angenommen – nicht zuletzt deshalb, da der Umfang der Auswertungen erheblich war. Dies wurde ganz konkret auch im Zusammenhang mit den Messungen haustechnischer Geräusche nach dem Standardverfahren rückgemeldet, welches in Österreich noch nicht richtig in die Ingenieurpraxis eingeflossen zu sein scheint.

Die Aufzeichnungen der Messungen haustechnischer Geräusche erfolgten im Wohngebäude Dr. Ambros-Giner-Weg 16 in Thaur. Es handelt sich ausschließlich um Geräusche innerhalb derselben Nutzungseinheit. Der Empfangsraum ist in den Messaufgaben beschrieben.

Als Messgeräte wurden ein Echtzeitanalysator Norsonic Type 118 mit einem angeschlossenen digitalen Recorder Marantz PMD 660 verwendet.

3 TEILNEHMENDE PRÜFSTELLEN

neun Prüfstellen

Ursprünglich waren durch die Möglichkeit, ohne Reisetätigkeit am Ringversuch teilnehmen zu können, die Erwartungen an die Teilnahme recht hoch. Sie wurden aber aufgrund des hohen Auswerteaufwandes – nicht zuletzt bei der Messung haustechnischer Geräusche nach dem Standardverfahren – gedämpft und es haben nur 9 Prüfstellen teilgenommen.

In alphabetischer Reihenfolge sind die Teilnehmer an diesem Ringversuch aufgelistet:

- Ing. Gerhard NOVAK, Ingenieurbüro für Bauphysik;
- Land Oberösterreich, Abteilung Umwelt- und Anlagentechnik;
- Land Steiermark, FA 17c;
- Land Vorarlberg, Abt. Maschinenwesen;
- Österreichisches Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal Ges.m.b.H.;
- TAS Sachverständigenbüro für Technische Akustik SV-GmbH;
- TÜV Österreich Umwelttechnik und Chemie;
- Versuchs- und Forschungsanstalt der Stadt Wien MA 39;
- Versuchsanstalt TGM.

In der Ringversuchauswertung sind die Prüfstellen anonymisiert und nicht chronologisch oder alphabetisch geordnet. Sie erhielten die laufende Nummerierung von 1 bis 9 (siehe Tabelle 1).

verwendete Messgeräte

In nachstehender Tabelle 1 sind die verwendeten Messgeräte der Teilnehmer am Ringversuch wiedergegeben.

Tabelle 1: Angaben zu den verwendeten Messgeräten.

| Prüfstelle Nr. | Messgerät |
|-----------------------|------------------------------------|
| 1 | Norsonic 840-2, Norsonic 118 |
| 2 | Norsonic 118 |
| 3 | Norsonic 840 und 843 |
| 4 | Norsonic 121/NOR-SIC 1005 |
| 5 | Norsonic 118 und 830 |
| 6 | Larson Davis 2900 und Norsonic 110 |
| 7 | Norsonic 840 |
| 8 | Norsonic 840 und Norsonic 121 |
| 9 | Norsonic 830 |



4 MESSAUFGABEN

Die Messaufgabe bestand in der Auswertung digitaler Signale, welche den Prüfstellen auf einer CD zur Verfügung gestellt wurden. Das Abspielen war über einen handelsüblichen CD-Player vorgesehen. Die Tracks sind in Anhang 1 der Ausschreibung des Ringversuches (Kapitel 4.6) beschrieben. Ungenauigkeiten, die sich durch die Qualität der Abspielgeräte ergeben könnten (was im gegebenen Frequenzbereich aber nicht zu erwarten war) treffen die Auswertungen in gleichem Maß, so dass sich bei der Bewertung der unterschiedlichen Ergebnisse der untersuchten Messmethoden keine tendenziell falschen Aussagen ergeben.

Im Folgenden sind die Messaufgaben der Ausschreibung wiedergegeben.

4.1 Messung der Nachhallzeit

4.1.1 Norm: ÖNORM EN ISO 3382

Die Messungen der Nachhallzeiten können sowohl mittels Rauschanregung (Verfahren des abgeschalteten Rauschens) als auch mit Impulsanregung (Verfahren der integrierten Impuls-Antwort) durchgeführt werden. Wenn die entsprechende Messgeräteausstattung zur Verfügung steht, wird um Durchführung beider Verfahren gebeten.

4.1.2 Benötigte Signale

- Nachhallzeit Rauschanregung: Track 2 bis 19 und/oder
- Nachhallzeit Impulsanregung: Track 20 bis 37

4.1.3 Gewünschte Ergebnisse

- Nachhallzeit T in Terz- und Oktavbändern, A-Bewertung und Z-Bewertung
5 Mehrfachmessungen

Formblatt: Nachhallzeit

4.2 Messung der Schalldämmung eines Fensters

4.2.1 Norm: ÖNORM EN ISO 140-5

Die Erzeugung des Schallfeldes wurde mittels Lautsprecher durchgeführt. Der Flächeninhalt des Prüfobjektes (Fenster) wird mit 3,4 m² angegeben. Der Empfangsraum ist in Anhang 2 der Ausschreibung des Ringversuches wie in Kapitel 4.7 beschrieben. Die Messung der Nachhallzeit hat mit Rauschanregung zu erfolgen, es wird die Anzahl der Messungen mit 6 festgelegt. Die Auswertergebnisse aus Kapitel 4.1 können hier direkt übernommen werden, allerdings aus einer eingeschränkten Anzahl von Messsignalen. Der mittlere Schalldruckpegel im Empfangsraum



wurde mit Drehgalgenmikrofon bestimmt. Eine Korrektur aufgrund eines ebenfalls mit Drehgalgenmikrofon gemessenen Fremdgeräusches ist durchzuführen. Die Messung an der äußeren Oberfläche des Außenbauteils wurde an zehn Punkten durchgeführt. Es obliegt dem Prüfer/der Prüferin, wie viele dieser Messpunkte er/sie für die Auswertung heranzieht.

4.2.2 Benötigte Signale

- Fremdgeräuschpegel Empfangsraum: Track 38;
- Empfangsraumpegel: Track 39 (Messung mit Drehgalgenmikrofon);
- Messung Oberfläche Fenster: Track 40–49.

Nachhallzeit: In allen Terzbändern mit 0,5 Sekunden anzunehmen!

4.2.3 Gewünschte Ergebnisse

- Bau-Schalldämm-Maß R'_{45° in Terzbändern und
 - Bewertung nach ÖNORM EN ISO 717-1: $R'_{w,45^\circ}$, C , C_{tr} , $C_{50-5.000}$, $C_{tr,50-5.000}$.
- 5 Mehrfachmessungen

Formblatt: Außenbauteile

4.3 Messung der Schalldämmung einer Fassade

4.3.1 Norm: ÖNORM EN ISO 140-5

In derselben Situation wie unter 4.2 ist auch die Schallpegeldifferenz zu bestimmen. Dies betrifft auch dieselben Empfangraumeigenschaften. Die Auswertung der Nachhallzeiten kann direkt aus Aufgabe 4.1 übernommen werden und soll nicht extra erfolgen. Eine Korrektur aufgrund eines ebenfalls mit Drehgalgenmikrofon gemessenen Fremdgeräusches ist durchzuführen. Die Messung vor der Fassade wurde an zehn Punkten durchgeführt. Es obliegt dem Prüfer/der Prüferin, wie viele dieser Messpunkte er/sie für die Auswertung heranzieht.

4.3.2 Benötigte Signale

- Fremdgeräuschpegel Empfangsraum: Track 38;
- Empfangsraumpegel: Track 39 (Messung mit Drehgalgenmikrofon);
- Messung vor der Fassade: Track 50–59.

Nachhallzeit: In allen Terzbändern mit 0,5 Sekunden anzunehmen!



4.3.3 Gewünschte Ergebnisse

- Schallpegeldifferenz D_{2m} in Terzbändern und
- Bewertung nach ÖNORM EN ISO 717-1: $D_{w,2m}$, C , C_{tr} , $C_{50-5.000}$, $C_{tr,50-5.000}$

5 Mehrfachmessungen

Formblatt: Außenbauteile

4.4 Messung haustechnischer Geräusche nach dem Standardverfahren

4.4.1 Norm: ÖNORM EN ISO 16032

Die Messaufgabe ist unterteilt in Garagentorantrieb (auf und zu), Heizungsanlage und Toilettenspülung. Für die Messauswertung hinsichtlich der Nachhallzeit sind die Ergebnisse (in Oktavbandbreite) aus Kapitel 4.1 zu verwenden. Es können beide Verfahren herangezogen werden, wobei anzugeben ist, ob Rauschanregung oder Impulsanregung verwendet wurde.

Nach dem Standardverfahren sind die Messpositionen an einer Ecke und zweimal im Nachhall-Schallfeld vorgesehen und in Oktavbändern auszuwerten. Dazu sind die jeweiligen Messsignale vorhanden und beschrieben.

Eine Fremdgeräuschkorrektur ist nicht vorzunehmen.

4.4.2 Benötigte Signale

- Nachhallzeit Rauschanregung: Track 2 bis 19 oder
- Nachhallzeit Impulsanregung Track 20 bis 37;
- Garagentor auf: Track 60–62;
- Garagentor zu: Track 63–65;
- Heizungsanlage: Track 66–68;
- Toilettenspülung: Track 69–71.

4.4.3 Gewünschte Ergebnisse

- maximaler Schalldruckpegel, Zeitbewertung „F“ $L_{AFmax,nT}$ und $L_{CFmax,nT}$;
- äquivalenter Dauerschalldruckpegel $L_{Aeq,nT}$ und $L_{Ceq,nT}$

Für alle Geräusche

5 Mehrfachmessungen

Formblatt: Haustechnik

4.5 Messung haustechnischer Geräusche nach Kurzverfahren

4.5.1 Norm: ÖNORM EN ISO 10052

Nach dem Kurzverfahren sind zwei Messpositionen, an einer Ecke und einmal im Nachhall-Schallfeld, vorgesehen. Dazu sind die jeweiligen Messsignale an den Positionen 1 und 2 zu verwenden. Das Ergebnis der Eckposition ist einfach, das Ergebnis im Nachhallfeld ist doppelt zu nehmen. Der Schall der haustechnischen Anlagen ist als A- und C-bewerteter Schalldruckpegel mit der Zeitbewertung „F“ zu messen.

Die Werte des Nachhallmaßes können alternativ ermittelt werden, entweder aus Tabelle 3 der Norm (unter Berücksichtigung der Empfangsraumeigenschaften nach Anhang 2 der Ausschreibung des Ringversuches) oder durch Heranziehung der arithmetischen Mittelwerte aus den Oktavbandwerten für 500 Hz, 1.000 Hz und 2.000 Hz nach Messaufgabe lt. Kapitel 4.1 zu Bildung der Standard-Schalldruckpegel.

Eine Fremdgeräuschkorrektur ist nicht vorzunehmen.

4.5.2 Benötigte Signale

- Nachhallzeit Rauschanregung: Track 2 bis 19 oder
- Nachhallzeit Impulsanregung Track 20 bis 37;
- Garagentor auf: Track 60–61;
- Garagentor zu: Track 63–64;
- Heizungsanlage: Track 66–67;
- Toilettenspülung: Track 69–70.

4.5.3 Gewünschte Ergebnisse

- maximaler Schalldruckpegel, Zeitbewertung „F“ $L_{AFmax,nT}$ und $L_{CFmax,nT}$;
- äquivalenter Dauerschalldruckpegel $L_{Aeq,nT}$ und $L_{Ceq,nT}$

Für alle Geräusche

5 Mehrfachmessungen

Formblatt: Haustechnik



4.6 Anhang 1 der Ausschreibung des Ringversuches: Liste der Messsignale

Tabelle 2: Angaben zur den Messsignalen.

| Track | Bezeichnung | Bemerkung |
|-------|---|------------|
| 1 | Kalibriersignal 1.000 Hz | 114 dB |
| 2 | Nachhallzeit Rauschanregung | Nr. 1 |
| 3 | Nachhallzeit Rauschanregung | Nr. 2 |
| 4 | Nachhallzeit Rauschanregung | Nr. 3 |
| 5 | Nachhallzeit Rauschanregung | Nr. 4 |
| 6 | Nachhallzeit Rauschanregung | Nr. 5 |
| 7 | Nachhallzeit Rauschanregung | Nr. 6 |
| 8 | Nachhallzeit Rauschanregung | Nr. 7 |
| 9 | Nachhallzeit Rauschanregung | Nr. 8 |
| 10 | Nachhallzeit Rauschanregung | Nr. 9 |
| 11 | Nachhallzeit Rauschanregung | Nr. 10 |
| 12 | Nachhallzeit Rauschanregung | Nr. 11 |
| 13 | Nachhallzeit Rauschanregung | Nr. 12 |
| 14 | Nachhallzeit Rauschanregung | Nr. 13 |
| 15 | Nachhallzeit Rauschanregung | Nr. 14 |
| 16 | Nachhallzeit Rauschanregung | Nr. 15 |
| 17 | Nachhallzeit Rauschanregung | Nr. 16 |
| 18 | Nachhallzeit Rauschanregung | Nr. 17 |
| 19 | Nachhallzeit Rauschanregung | Nr. 18 |
| 20 | Nachhallzeit Impulsanregung | Nr. 1 |
| 21 | Nachhallzeit Impulsanregung | Nr. 2 |
| 22 | Nachhallzeit Impulsanregung | Nr. 3 |
| 23 | Nachhallzeit Impulsanregung | Nr. 4 |
| 24 | Nachhallzeit Impulsanregung | Nr. 5 |
| 25 | Nachhallzeit Impulsanregung | Nr. 6 |
| 26 | Nachhallzeit Impulsanregung | Nr. 7 |
| 27 | Nachhallzeit Impulsanregung | Nr. 8 |
| 28 | Nachhallzeit Impulsanregung | Nr. 9 |
| 29 | Nachhallzeit Impulsanregung | Nr. 10 |
| 30 | Nachhallzeit Impulsanregung | Nr. 11 |
| 31 | Nachhallzeit Impulsanregung | Nr. 12 |
| 32 | Nachhallzeit Impulsanregung | Nr. 13 |
| 33 | Nachhallzeit Impulsanregung | Nr. 14 |
| 34 | Nachhallzeit Impulsanregung | Nr. 15 |
| 35 | Nachhallzeit Impulsanregung | Nr. 16 |
| 36 | Nachhallzeit Impulsanregung | Nr. 17 |
| 37 | Nachhallzeit Impulsanregung | Nr. 18 |
| 38 | Fremdgeräuschpegel Empfangsraum | Drehgalgen |
| 39 | Empfangsraumpegel Lautsprecherbeschallung | Drehgalgen |
| 40 | Messung Oberfläche Fenster | Nr. 1 |
| 41 | Messung Oberfläche Fenster | Nr. 2 |

| Track | Bezeichnung | Bemerkung |
|-------|----------------------------|-----------------|
| 42 | Messung Oberfläche Fenster | Nr. 3 |
| 43 | Messung Oberfläche Fenster | Nr. 4 |
| 44 | Messung Oberfläche Fenster | Nr. 5 |
| 45 | Messung Oberfläche Fenster | Nr. 6 |
| 46 | Messung Oberfläche Fenster | Nr. 7 |
| 47 | Messung Oberfläche Fenster | Nr. 8 |
| 48 | Messung Oberfläche Fenster | Nr. 9 |
| 49 | Messung Oberfläche Fenster | Nr. 10 |
| 50 | Messung vor der Fassade | Nr. 1 |
| 51 | Messung vor der Fassade | Nr. 2 |
| 52 | Messung vor der Fassade | Nr. 3 |
| 53 | Messung vor der Fassade | Nr. 4 |
| 54 | Messung vor der Fassade | Nr. 5 |
| 55 | Messung vor der Fassade | Nr. 6 |
| 56 | Messung vor der Fassade | Nr. 7 |
| 57 | Messung vor der Fassade | Nr. 8 |
| 58 | Messung vor der Fassade | Nr. 9 |
| 59 | Messung vor der Fassade | Nr. 10 |
| 60 | Garagentor auf | Pos. 1 Ecke |
| 61 | Garagentor auf | Pos. 2 Hallfeld |
| 62 | Garagentor auf | Pos. 3 Hallfeld |
| 63 | Garagentor zu | Pos. 1 Ecke |
| 64 | Garagentor zu | Pos. 2 Hallfeld |
| 65 | Garagentor zu | Pos. 3 Hallfeld |
| 66 | Heizungsanlage | Pos. 1 Ecke |
| 67 | Heizungsanlage | Pos. 2 Hallfeld |
| 68 | Heizungsanlage | Pos. 3 Hallfeld |
| 69 | Toilettenspülung | Pos. 1 Ecke |
| 70 | Toilettenspülung | Pos. 2 Hallfeld |
| 71 | Toilettenspülung | Pos. 3 Hallfeld |

4.7 Anhang 2 der Ausschreibung des Ringversuches: Beschreibung des Empfangsraumes

- Wohnzimmer möbliert;
- Grundfläche: 6,61 x 3,59 m², großteils aufgelegte Teppiche;
- Höhe: 2,53 m;
- Wände: Ziegelmauerwerk beidseitig verputzt;
- Decke: Stahlbeton;
- Boden: schwimmender Betonestrich mit Klebparkett.



4.8 Datensammlung

Die Messdaten wurden von den Teilnehmerinnen/Teilnehmern in Vorlageblättern eingetragen und dem Ringversuchsleiter nach Durchführung der Messungen retourniert.

Aufgabe 2.1 Messung der Nachhallzeit

| Terzbandauswertung | f [Hz] | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 | 4000 | 5000 | | |
|---------------------------------|--------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
| Rauschanregung (Track 2-19) | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Impulsanregung (Track 20-37) | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Oktavbandsauswertung | f [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | A | Z |
|---------------------------------|--------|----|-----|-----|-----|------|------|------|---|---|
| Rauschanregung (Track 2-19) | 1 | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | | | |
| Impulsanregung (Track 20-37) | 1 | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | | | |

Abbildung 1: Formblatt für die Auswertung der Nachhallzeitmessungen.

Aufgabe 2.2 Messung der Schalldämmung eines Fensters

| R _{w,45°} | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 | 4000 | 5000 | R _{w,45°} | C | C _{tr} | C50-5000 | C _{tr} 50-5000 | |
|--------------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|---|-----------------|----------|-------------------------|--|
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Aufgabe 2.3 Messung der Schalldämmung einer Fassade

| D _{2m} | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 | 4000 | 5000 | D _{w,2m} | C | C _{tr} | C50-5000 | C _{tr} 50-5000 | |
|-----------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------------|---|-----------------|----------|-------------------------|--|
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Abbildung 2: Formblatt für die Auswertung der Messung der Schalldämmung der Außenbauteile.

Aufgabe 2.4 Messung haustechnischer Geräusche nach dem Standardverfahren

| | Garagentor auf | | | | Garagentor zu | | | | Heizungsanlage | | | | Toilette | | | |
|---|----------------|----------------|--------------|--------------|----------------|----------------|--------------|--------------|----------------|----------------|--------------|--------------|----------------|----------------|--------------|--------------|
| | $L_{AFmax,nT}$ | $L_{CFmax,nT}$ | $L_{Aeq,nT}$ | $L_{Ceq,nT}$ | $L_{AFmax,nT}$ | $L_{CFmax,nT}$ | $L_{Aeq,nT}$ | $L_{Ceq,nT}$ | $L_{AFmax,nT}$ | $L_{CFmax,nT}$ | $L_{Aeq,nT}$ | $L_{Ceq,nT}$ | $L_{AFmax,nT}$ | $L_{CFmax,nT}$ | $L_{Aeq,nT}$ | $L_{Ceq,nT}$ |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Aufgabe 2.5 Messung haustechnischer Geräusche nach dem Kurzverfahren

| | Garagentor auf | | | | Garagentor zu | | | | Heizungsanlage | | | | Toilette | | | |
|---|----------------|----------------|--------------|--------------|----------------|----------------|--------------|--------------|----------------|----------------|--------------|--------------|----------------|----------------|--------------|--------------|
| | $L_{AFmax,nT}$ | $L_{CFmax,nT}$ | $L_{Aeq,nT}$ | $L_{Ceq,nT}$ | $L_{AFmax,nT}$ | $L_{CFmax,nT}$ | $L_{Aeq,nT}$ | $L_{Ceq,nT}$ | $L_{AFmax,nT}$ | $L_{CFmax,nT}$ | $L_{Aeq,nT}$ | $L_{Ceq,nT}$ | $L_{AFmax,nT}$ | $L_{CFmax,nT}$ | $L_{Aeq,nT}$ | $L_{Ceq,nT}$ |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Abbildung 3: Formblatt für die Auswertung der Messung haustechnischer Geräusche.

4.9 Benötigte Normen laut Ausschreibung des Ringversuches

ÖNORM EN ISO 3382, Ausgabe 2000-09-01:

Akustik – Messung der Nachhallzeit von Räumen mit Hinweis auf andere akustische Parameter.

ÖNORM EN ISO 140-5, Ausgabe 1999-07-01:

Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 5: Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden am Bau.

ÖNORM EN ISO 16032, Ausgabe 2004-12-01:

Akustik – Messung des Schalldruckpegels von haustechnischen Anlagen in Gebäuden – Standardverfahren.

ÖNORM EN ISO 10052, Ausgabe 2005-04-01:

Akustik – Messung der Luftschalldämmung und Trittschalldämmung und des Schalls von haustechnischen Anlagen in Gebäuden – Kurzverfahren.

ÖNORM EN ISO 717-1, Ausgabe 1. Juli 1997:

Akustik – Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Teil 1: Luftschalldämmung.



5 STATISTISCHE BERECHNUNGEN

Die Vorbereitung und Auswertung des Ringversuches erfolgte sinngemäß nach ÖNORM EN 20140-2. Die Ermittlung der Wiederhol- und Vergleichspräzision erfolgte gemäß der DIN ISO 5725-1. Die Behandlung statistischer Ausreißer erfolgte nach DIN ISO 5725, Ausgabe 1988.

5.1 Kennwerte

Aus den einzelnen Messergebnissen jeder Prüfstelle bzw. jedes Messteams wurden Mittelwert und Standardabweichung für alle untersuchten Merkmale ermittelt. Aus den Standardabweichungen wurde die laborinterne Varianz berechnet und daraus die „Wiederholgrenze r“ festgelegt.

Definition der „**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 der „**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 γ der zu messenden Größe durchgeführt, ist der **Vertrauensbereich** für den wahren Wert μ (z. B. eine Anforderung oder ein in einem Vertrag festgelegter Wert):

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

5.2 Begriffserläuterungen

Vor allem in der folgenden Darstellung werden statistische Begriffe verwendet, die nicht allgemein geläufig sind. Es werden daher die verwendeten Begriffe vorab erläutert¹.

¹ Die Bezugsquelle ist das ILMES – Internet-Lexikon der Methoden der empirischen Sozialforschung.
<http://www.lrz-muenchen.de/~wlm/ilmes.htm>

5.2.1 Standardabweichung

Die Standardabweichung ist die Wurzel aus der Varianz eines Datenbündels. Durch das Wurzelziehen wird die Quadrierung der Abweichungen „rückgängig gemacht“, so dass die Standardabweichung die gleiche Maßeinheit hat wie die Datenwerte selbst.

Wie bei der Varianz ist zu unterscheiden zwischen der Standardabweichung, die die gegebenen Daten charakterisiert („empirische Standardabweichung“) und der Standardabweichung, die aus Stichprobendaten als Schätzwert für die Grundgesamtheit berechnet wird. Es gilt also:

Empirische Standardabweichung:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Standardabweichung als Schätzung für die Grundgesamtheit:

$$S(\text{oder } \hat{\sigma}) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

5.2.2 Varianz

Die Varianz

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

ist die Summe der quadrierten Abweichungen der einzelnen Werte eines Datenbündels vom Mittelwert, dividiert durch die Anzahl der Beobachtungen n . Die Varianz ist also ein Maß dafür, wie weit die einzelnen Werte im Durchschnitt vom Mittelwert entfernt liegen; es handelt sich mithin um ein Streuungsmaß.

Die oben angegebene Formel charakterisiert ein gegebenes Datenbündel. Handelt es sich bei den Daten um eine Stichprobe und soll ein Schätzwert für die Varianz in der Grundgesamtheit berechnet werden, so wird die Größe

$$S^2(\text{oder } \hat{\sigma}^2) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

herangezogen.

Ein Konfidenzintervall für die Varianz in einer Grundgesamtheit lässt sich mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von α folgendermaßen bestimmen:

Untere Grenze:

$$\frac{(n-1)S^2}{\chi_{1-\alpha/2}^2(n-1)}$$



Obere Grenze:

$$\frac{(n-1)S^2}{\chi_{\alpha/2}^2(n-1)}$$

Die Varianz kann sinnvollerweise nur bei metrischen Daten berechnet werden. Jedoch lassen sich Abwandlungen davon als allgemeine Ausdrücke der „Variabilität“ von Daten auch auf andere Daten anwenden.

5.2.3 Median (auch: Zentralwert)

Der Median ist der „mittlere“ Wert eines (der Größe nach geordneten) Datenbündels, anders gesagt, derjenige Wert, unter- und oberhalb dessen jeweils die Hälfte der Datenwerte liegt. Liegt eine ungerade Anzahl von Datenwerten vor, ist der Median im Wortsinn der mittlere Wert; bei einer geraden Anzahl wird er in geeigneter Weise „interpoliert“ (siehe die einschlägigen Lehrbücher). Der Median ist identisch mit dem 50 %-Quantil.

Es handelt sich beim Median um ein Lagemaß. Er ist weniger gegen einzelne stark abweichende Werte anfällig als das arithmetische Mittel und daher oft besser als dieses geeignet, die zentrale Tendenz eines Datenbündels zu charakterisieren.

5.2.4 Quartil

Quartile teilen ein der Größe nach geordnetes Datenbündel in vier Teile. Das 25 %-Quartil (oft auch als 1. Quartil bezeichnet) gibt denjenigen Wert an, der das untere Viertel der Datenwerte von den oberen drei Vierteln trennt, usw. Das 50 %-Quartil (oder 2. Quartil) ist der Median. Der Abstand zwischen dem 25 %-Quartil und dem 75 %-Quartil (3. Quartil) wird als Interquartilsabstand bezeichnet. Es handelt sich bei Quartilen (mit Ausnahme des Medians) mithin um Streuungsmaße.

5.2.5 Interquartilsabstand

Der Interquartilsabstand, manchmal auch Interquartilbereich oder auch nur Quartilabstand genannt, ist der Abstand zwischen dem 25 %-Quartil (oder 1. Quartil) und dem 75 %-Quartil (oder 3. Quartil) eines Datenbündels. Es handelt sich mithin um ein Streuungsmaß. Da nur die „inneren“ 50 Prozent der Daten berücksichtigt werden, ist das Maß gegen einzelne stark abweichende Datenwerte resistent.

5.2.6 Konfidenzintervall und Irrtumswahrscheinlichkeit

Die aus Stichproben geschätzten Parameter für eine Grundgesamtheit weichen notwendigerweise fast immer von den wahren Parametern ab. Exakt den „richtigen“ Wert zu erhalten, ist ein recht unwahrscheinliches Ereignis. Man kann jedoch zeigen, dass die meisten Stichprobenwerte nicht sehr weit vom wahren Wert abweichen. Im Rahmen der Statistik wird gezeigt, dass man aus der Stichprobe Intervalle schätzen kann, die den wahren Parameter mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit (der Überdeckungswahrscheinlichkeit) enthalten. Diese Intervalle

werden als Konfidenzintervalle bezeichnet. Andersherum wird häufig nach der Irrtumswahrscheinlichkeit gefragt, mit der das Intervall den wahren Parameter *nicht* enthält. Man erhält damit Aussagen folgender Art: Mit einer (Irrtums-)Wahrscheinlichkeit von p enthält das Konfidenzintervall mit der Untergrenze GU und der Obergrenze GO nicht den wahren Wert. Häufig wählt man für p einen Wert von 0,05.

Der wahre Wert liegt entweder in dem gegebenen Intervall oder nicht. Eine Aussage über ein Konfidenzintervall ist mit einer (beispielsweise) 95-prozentigen Überdeckungswahrscheinlichkeit so zu verstehen, dass in 95 Prozent aller Stichproben das Konfidenzintervall den wahren Wert enthält.

5.3 Darstellung der Ergebnisse

Mittelwerte und Standardabweichungen sind für alle Messwerte und Prüfstellen im Folgenden in Tabellen angegeben und graphisch in Form von Boxplots dargestellt. Die Darstellung in Tabellenform erfolgt in Kapitel 6, die Boxplots werden als Zusammenfassung in Kapitel 8 behandelt.

5.4 Berechnungen zu den einzelnen Aufgaben

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

Bei den einzelnen Messaufgaben wurden unterschiedlich viele Mehrfachmessungen durchgeführt, auch war die Beteiligung der Prüfstellen an den gestellten Aufgaben unterschiedlich. Streng nach ÖNORM EN 20140-2 erfüllt der Ringversuch das Kriterium für die Anzahl der teilnehmenden Prüfstellen lediglich im Vergleich der Messung haustechnischer Geräusche mit Frequenzbewertung „A“. Zu Vergleichszwecken sind aber auch die anderen Ergebnisse gut geeignet, denn sie liegen mit Ausnahme der Messung der Schalldämmung einer Fassade bei fünf Prüfstellen mit jeweils fünf Mehrfachmessungen. Diese Anzahl erlaubt jedenfalls eine Gegenüberstellung mit den Ergebnissen aus früheren Ringversuchen, welche in Anhang A von ÖNORM EN 20140-2 dargestellt sind.

Aus den Mittelwerten der Standardabweichungen wurden 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 Prüfstellen leitet sich die Vergleichsgrenze R ab.



5.5 Behandlung von Ausreißern

Potenzielle Ausreißer wurden mittels Crochantest ermittelt und als auffällig markiert. Diese Daten wurden aber nicht automatisch selektiert, sondern einer Plausibilitätsprüfung unterzogen. Es zeigte sich, dass einige der so selektierten Ausreißer gar keine echten Ausreißer waren und der weiteren statistischen Bearbeitung unterzogen werden konnten. Tatsächliche Ausreißer wurden vor allem im Bereich der Nachhallzeitmessung (z. B. Prüfstelle Nr. 4) eliminiert und dienten nicht der statistischen Analyse. Offensichtliche Ausreißer, die durch die niedrigen laborinternen Standardabweichungen aber nicht im Crochantest ausgewiesen wurden, stellten die Ergebnisse der Messungen von Prüfstelle Nr. 8 bei Fassaden- und Fenstermessung dar. Hier wurden in den Terzbändern 80 Hz, 200 Hz 250 Hz 1 kHz, 4 kHz und 5 kHz im Vergleich zu den anderen Prüfstellen unwahrscheinliche Messergebnisse gemeldet, welche eliminiert wurden.



6 ERGEBNISSE DER EINZELNEN AUFGABEN

6.1 Messung der Nachhallzeit mit Rauschanregung

6.1.1 Mittelwerte

Tabelle 3: Messung der Nachhallzeit, Rauschanregung Mittelwerte obere Frequenzbänder in Terzbandbreite, untere in Oktavbandbreite. Einzahlangaben mit Frequenzbewertungen A und Z; alle Werte in Sekunden.

| Prüfstelle Nr./ Frequenz | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------------------------|---|---|------|------|------|------|---|------|------|
| 50 Hz | | | | | 1,37 | 1,52 | | | |
| 63 Hz | | | 1,94 | | 1,12 | 1,16 | | | |
| 80 Hz | | | | | 1,27 | 1,36 | | | |
| 100 Hz | | | 1,05 | 1,88 | 0,82 | 0,94 | | 1,04 | 0,89 |
| 125 Hz | | | 0,73 | 1,39 | 0,76 | 0,79 | | 0,87 | 0,74 |
| 160 Hz | | | 0,78 | 1,43 | 0,80 | 0,85 | | 0,96 | 0,75 |
| 200 Hz | | | 0,75 | 1,16 | 0,71 | 0,86 | | 0,91 | 0,79 |
| 250 Hz | | | 0,64 | 1,04 | 0,70 | 0,79 | | 0,78 | 0,67 |
| 315 Hz | | | 0,57 | 1,01 | 0,68 | 0,75 | | 0,73 | 0,63 |
| 400 Hz | | | 0,53 | 0,85 | 0,65 | 0,72 | | 0,70 | 0,62 |
| 500 Hz | | | 0,42 | 0,74 | 0,65 | 0,70 | | 0,65 | 0,57 |
| 630 Hz | | | 0,43 | 0,76 | 0,57 | 0,70 | | 0,65 | 0,59 |
| 800 Hz | | | 0,42 | 0,69 | 0,55 | 0,69 | | 0,62 | 0,57 |
| 1.000 Hz | | | 0,36 | 0,63 | 0,52 | 0,64 | | 0,58 | 0,52 |
| 1.250 Hz | | | 0,35 | 0,60 | 0,51 | 0,66 | | 0,59 | 0,54 |
| 1.600 Hz | | | 0,43 | 0,66 | 0,56 | 0,72 | | 0,65 | 0,58 |
| 2.000 Hz | | | 0,44 | 0,62 | 0,57 | 0,73 | | 0,66 | 0,61 |
| 2.500 Hz | | | 0,45 | 0,64 | 0,52 | 0,74 | | 0,64 | 0,60 |
| 3.150 Hz | | | 0,44 | 0,59 | 0,52 | 0,68 | | 0,63 | 0,58 |
| 4.000 Hz | | | 0,38 | 0,54 | 0,52 | 0,64 | | 0,62 | 0,55 |
| 5.000 Hz | | | 0,35 | 0,53 | 0,50 | 0,61 | | 0,58 | 0,52 |
| 63 Hz | | | 0,82 | | 1,26 | 1,39 | | | |
| 125 Hz | | | 0,75 | 0,93 | 0,80 | 0,83 | | 0,95 | 0,80 |
| 250 Hz | | | 0,65 | 0,72 | 0,70 | 0,80 | | 0,81 | 0,69 |
| 500 Hz | | | 0,49 | 0,64 | 0,62 | 0,72 | | 0,67 | 0,59 |
| 1.000 Hz | | | 0,42 | 0,57 | 0,53 | 0,66 | | 0,60 | 0,54 |
| 2.000 Hz | | | 0,47 | 0,62 | 0,55 | 0,71 | | 0,65 | 0,60 |
| 4.000 Hz | | | 0,43 | 0,58 | 0,52 | 0,63 | | 0,61 | 0,55 |
| A | | | 0,53 | | 0,51 | | | 0,66 | 0,64 |
| Z | | | 0,63 | | | | | 0,72 | 0,71 |



6.1.2 Standardabweichungen

Table 4: Messung der Nachhallzeit, Rauschanregung Standardabweichungen obere Frequenzbänder in Terzbandbreite, untere in Oktavbandbreite. Einzahlangaben mit Frequenzbewertungen A und Z; alle Werte in Sekunden.

| Prüfstelle Nr./ Frequenz | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------------------------|---|---|-------|-------|-------|-------|---|-------|-------|
| 50 Hz | | | | | 0,025 | 0,039 | | | |
| 63 Hz | | | 0,897 | | 0,015 | 0,060 | | | |
| 80 Hz | | | | | 0,023 | 0,016 | | | |
| 100 Hz | | | | 0,570 | 0,009 | 0,037 | | 0,076 | 0,051 |
| 125 Hz | | | 0,004 | 0,342 | 0,009 | 0,020 | | 0,034 | 0,013 |
| 160 Hz | | | 0,009 | 0,522 | 0,008 | 0,023 | | 0,053 | 0,021 |
| 200 Hz | | | 0,011 | 0,246 | 0,016 | 0,013 | | 0,029 | 0,008 |
| 250 Hz | | | 0,008 | 0,205 | 0,012 | 0,015 | | 0,021 | 0,005 |
| 315 Hz | | | 0,011 | 0,179 | 0,010 | 0,009 | | 0,018 | 0,008 |
| 400 Hz | | | 0,018 | 0,072 | 0,000 | 0,010 | | 0,014 | 0,008 |
| 500 Hz | | | 0,022 | 0,061 | 0,015 | 0,008 | | 0,022 | 0,004 |
| 630 Hz | | | 0,025 | 0,119 | 0,008 | 0,008 | | 0,022 | 0,005 |
| 800 Hz | | | 0,026 | 0,068 | 0,009 | 0,005 | | 0,014 | 0,005 |
| 1.000 Hz | | | 0,029 | 0,058 | 0,000 | 0,010 | | 0,021 | 0,000 |
| 1.250 Hz | | | 0,025 | 0,053 | 0,007 | 0,006 | | 0,022 | 0,005 |
| 1.600 Hz | | | 0,026 | 0,051 | 0,011 | 0,014 | | 0,001 | 0,004 |
| 2.000 Hz | | | 0,029 | 0,034 | 0,009 | 0,013 | | 0,006 | 0,000 |
| 2.500 Hz | | | 0,029 | 0,033 | 0,004 | 0,016 | | 0,019 | 0,004 |
| 3.150 Hz | | | 0,029 | 0,021 | 0,008 | 0,024 | | 0,015 | 0,004 |
| 4.000 Hz | | | 0,025 | 0,025 | 0,004 | 0,020 | | 0,005 | 0,005 |
| 5.000 Hz | | | 0,029 | 0,028 | 0,005 | 0,017 | | 0,013 | 0,000 |
| 63 Hz | | | | | 0,017 | 0,016 | | | |
| 125 Hz | | | 0,012 | 0,046 | 0,005 | 0,017 | | 0,023 | 0,028 |
| 250 Hz | | | 0,004 | 0,016 | 0,005 | 0,007 | | 0,008 | 0,005 |
| 500 Hz | | | 0,011 | 0,034 | 0,004 | 0,005 | | 0,013 | 0,004 |
| 1.000 Hz | | | 0,011 | 0,034 | 0,004 | 0,007 | | 0,006 | 0,003 |
| 2.000 Hz | | | 0,009 | 0,038 | 0,009 | 0,006 | | 0,006 | 0,002 |
| 4.000 Hz | | | 0,013 | 0,032 | 0,005 | 0,002 | | 0,004 | 0,002 |
| A | | | 0,009 | | 0,000 | | | 0,012 | 0,004 |
| Z | | | 0,004 | | | | | 0,012 | 0,004 |



6.2 Messung der Nachhallzeit mit Impulsanregung

6.2.1 Mittelwerte

Tabelle 5: Messung der Nachhallzeit, Impulsanregung Mittelwerte obere Frequenzbänder in Terzbandbreite, untere in Oktavbandbreite. Einzahlangaben mit Frequenzbewertungen A und Z; alle Werte in Sekunden.

| Prüfstelle Nr./ Frequenz | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------------------------|------|------|------|---|------|---|------|---|------|
| 50 Hz | 1,31 | | 1,30 | | 1,10 | | 1,27 | | 1,72 |
| 63 Hz | 1,12 | | 1,06 | | 1,23 | | 1,07 | | 1,31 |
| 80 Hz | 1,02 | | 0,95 | | 0,96 | | 0,97 | | 1,26 |
| 100 Hz | 0,81 | | 0,73 | | 0,77 | | 0,74 | | 1,04 |
| 125 Hz | 0,83 | | 0,74 | | 0,73 | | 0,75 | | 0,84 |
| 160 Hz | 0,84 | | 0,80 | | 0,75 | | 0,81 | | 0,79 |
| 200 Hz | 0,78 | | 0,76 | | 0,81 | | 0,76 | | 0,76 |
| 250 Hz | 0,74 | | 0,72 | | 0,72 | | 0,72 | | 0,70 |
| 315 Hz | 0,66 | | 0,67 | | 0,67 | | 0,67 | | 0,66 |
| 400 Hz | 0,65 | | 0,60 | | 0,67 | | 0,60 | | 0,59 |
| 500 Hz | 0,62 | | 0,59 | | 0,61 | | 0,59 | | 0,59 |
| 630 Hz | 0,64 | | 0,62 | | 0,59 | | 0,62 | | 0,62 |
| 800 Hz | 0,56 | | 0,52 | | 0,50 | | 0,52 | | 0,49 |
| 1.000 Hz | 0,54 | | 0,50 | | 0,48 | | 0,50 | | 0,48 |
| 1.250 Hz | 0,55 | | 0,50 | | 0,50 | | 0,50 | | 0,50 |
| 1.600 Hz | 0,55 | | 0,51 | | 0,48 | | 0,51 | | 0,52 |
| 2.000 Hz | 0,53 | | 0,49 | | 0,48 | | 0,50 | | 0,52 |
| 2.500 Hz | 0,54 | | 0,51 | | 0,51 | | 0,51 | | 0,53 |
| 3.150 Hz | 0,55 | | 0,50 | | 0,50 | | 0,50 | | 0,52 |
| 4.000 Hz | 0,51 | | 0,48 | | 0,49 | | 0,48 | | 0,49 |
| 5.000 Hz | 0,49 | | 0,47 | | 0,47 | | 0,47 | | 0,45 |
| 63 Hz | 1,29 | 1,19 | 1,24 | | 1,19 | | 1,24 | | 1,43 |
| 125 Hz | 0,83 | 0,76 | 0,78 | | 0,76 | | 0,78 | | 0,89 |
| 250 Hz | 0,71 | 0,73 | 0,70 | | 0,73 | | 0,70 | | 0,71 |
| 500 Hz | 0,63 | 0,60 | 0,61 | | 0,62 | | 0,61 | | 0,60 |
| 1.000 Hz | 0,54 | 0,50 | 0,51 | | 0,49 | | 0,51 | | 0,49 |
| 2.000 Hz | 0,54 | 0,49 | 0,50 | | 0,49 | | 0,50 | | 0,52 |
| 4.000 Hz | 0,52 | 0,49 | 0,49 | | 0,49 | | 0,49 | | 0,49 |
| A | 0,55 | 0,50 | 0,51 | | 0,54 | | 0,54 | | 0,54 |
| Z | 0,58 | 0,53 | 0,53 | | | | 0,51 | | 0,57 |



6.2.2 Standardabweichungen

Tabelle 6: Messung der Nachhallzeit, Impulsanregung Standardabweichungen obere Frequenzbänder in Terzbandbreite, untere in Oktavbandbreite. Einzahlangaben mit Frequenzbewertungen A und Z; alle Werte in Sekunden.

| Prüfstelle Nr./ Frequenz | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|---|-------|---|-------|---|-------|
| 50 Hz | 0,064 | | 0,016 | | 0,041 | | 0,022 | | 0,130 |
| 63 Hz | 0,060 | | 0,000 | | 0,186 | | 0,004 | | 0,130 |
| 80 Hz | 0,022 | | 0,008 | | 0,083 | | 0,015 | | 0,103 |
| 100 Hz | 0,032 | | 0,008 | | 0,204 | | 0,005 | | 0,109 |
| 125 Hz | 0,032 | | 0,000 | | 0,011 | | 0,000 | | 0,015 |
| 160 Hz | 0,042 | | 0,005 | | 0,004 | | 0,000 | | 0,013 |
| 200 Hz | 0,016 | | 0,004 | | 0,000 | | 0,007 | | 0,008 |
| 250 Hz | 0,017 | | 0,000 | | 0,000 | | 0,004 | | 0,004 |
| 315 Hz | 0,009 | | 0,005 | | 0,000 | | 0,000 | | 0,009 |
| 400 Hz | 0,012 | | 0,005 | | 0,000 | | 0,004 | | 0,004 |
| 500 Hz | 0,005 | | 0,005 | | 0,000 | | 0,005 | | 0,008 |
| 630 Hz | 0,005 | | 0,000 | | 0,000 | | 0,000 | | 0,005 |
| 800 Hz | 0,018 | | 0,000 | | 0,000 | | 0,000 | | 0,005 |
| 1.000 Hz | 0,007 | | 0,000 | | 0,005 | | 0,000 | | 0,005 |
| 1.250 Hz | 0,011 | | 0,004 | | 0,000 | | 0,000 | | 0,011 |
| 1.600 Hz | 0,008 | | 0,000 | | 0,000 | | 0,000 | | 0,005 |
| 2.000 Hz | 0,009 | | 0,000 | | 0,009 | | 0,000 | | 0,005 |
| 2.500 Hz | 0,007 | | 0,000 | | 0,009 | | 0,000 | | 0,004 |
| 3.150 Hz | 0,010 | | 0,000 | | 0,013 | | 0,000 | | 0,008 |
| 4.000 Hz | 0,004 | | 0,000 | | 0,013 | | 0,000 | | 0,004 |
| 5.000 Hz | 0,010 | | 0,000 | | 0,022 | | 0,000 | | 0,005 |
| 63 Hz | 0,023 | 0,007 | 0,011 | | 0,177 | | 0,021 | | 0,112 |
| 125 Hz | 0,014 | 0,009 | 0,008 | | 0,065 | | 0,004 | | 0,041 |
| 250 Hz | 0,007 | 0,000 | 0,005 | | 0,000 | | 0,002 | | 0,003 |
| 500 Hz | 0,006 | 0,000 | 0,000 | | 0,000 | | 0,001 | | 0,003 |
| 1.000 Hz | 0,005 | 0,000 | 0,000 | | 0,005 | | 0,001 | | 0,007 |
| 2.000 Hz | 0,007 | 0,000 | 0,000 | | 0,004 | | 0,001 | | 0,003 |
| 4.000 Hz | 0,007 | 0,000 | 0,000 | | 0,009 | | 0,001 | | 0,006 |
| A | 0,005 | 0,004 | 0,000 | | 0,005 | | 0,001 | | 0,005 |
| Z | 0,008 | 0,000 | 0,004 | | | | 0,000 | | 0,000 |



6.3 Messung der Schalldämmung eines Fensters

6.3.1 Mittelwerte

Tabelle 7: Messung der Schalldämmung eines Fensters, Mittelwerte in dB.

| Prüfstelle Nr./ Frequenz | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------------------------|-------|---|-------|-------|---|-------|-------|-------|---|
| 50 Hz | 17,76 | | 18,04 | 17,58 | | 22,08 | 16,34 | 22,67 | |
| 63 Hz | 17,60 | | 17,50 | 18,08 | | 18,68 | 17,10 | 19,07 | |
| 80 Hz | 24,12 | | 24,02 | 24,48 | | 23,60 | 23,60 | 15,89 | |
| 100 Hz | 25,48 | | 25,50 | 25,62 | | 24,52 | 24,62 | 21,87 | |
| 125 Hz | 24,16 | | 24,32 | 24,32 | | 24,40 | 24,20 | 23,45 | |
| 160 Hz | 24,04 | | 24,20 | 24,18 | | 26,84 | 24,22 | 24,93 | |
| 200 Hz | 18,60 | | 18,66 | 18,24 | | 19,16 | 18,70 | 23,02 | |
| 250 Hz | 25,44 | | 25,52 | 25,70 | | 27,88 | 25,86 | 18,24 | |
| 315 Hz | 26,32 | | 26,40 | 26,64 | | 27,64 | 26,04 | 24,23 | |
| 400 Hz | 27,52 | | 27,70 | 27,86 | | 30,34 | 27,70 | 26,76 | |
| 500 Hz | 27,98 | | 27,70 | 28,00 | | 29,00 | 27,78 | 27,84 | |
| 630 Hz | 25,84 | | 25,80 | 26,60 | | 25,36 | 25,80 | 27,39 | |
| 800 Hz | 26,66 | | 26,48 | 27,30 | | 25,58 | 26,58 | 24,65 | |
| 1.000 Hz | 31,74 | | 31,70 | 31,86 | | 31,80 | 31,00 | 25,93 | |
| 1.250 Hz | 32,98 | | 32,92 | 33,30 | | 32,60 | 32,40 | 31,17 | |
| 1.600 Hz | 33,54 | | 33,60 | 33,82 | | 33,70 | 32,46 | 32,27 | |
| 2.000 Hz | 32,68 | | 32,70 | 32,60 | | 33,46 | 31,38 | 33,34 | |
| 2.500 Hz | 31,92 | | 31,92 | 31,82 | | 32,20 | 30,62 | 33,04 | |
| 3.150 Hz | 28,94 | | 28,92 | 28,82 | | 30,30 | 27,70 | 32,35 | |
| 4.000 Hz | 25,82 | | 25,88 | 26,18 | | 29,80 | 24,56 | 29,51 | |
| 5.000 Hz | 16,64 | | 16,70 | 16,56 | | 26,70 | 15,40 | 29,28 | |
| $R'_{w,45^\circ}$ | 29,80 | | 30,00 | 30,00 | | 30,00 | 29,00 | 29,00 | |
| C | -0,60 | | -1,00 | -0,80 | | 0,00 | 0,00 | -1,00 | |
| C_{tr} | -2,00 | | -2,00 | -2,00 | | -2,00 | -1,00 | -3,00 | |
| $C_{50-5.000}$ | -5,20 | | -5,00 | -5,00 | | -1,00 | -5,00 | -1,00 | |
| $C_{tr,50-5.000}$ | -3,20 | | -3,40 | -3,00 | | -2,00 | -3,00 | -3,00 | |



6.3.2 Standardabweichungen

Tabelle 8: Messung der Schalldämmung eines Fensters, Standardabweichungen in dB.

| Prüfstelle Nr./ Frequenz | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------------------------|-------|---|-------|-------|---|-------|-------|-------|---|
| 50 Hz | 1,573 | | 0,089 | 0,130 | | 0,148 | 0,089 | 0,170 | |
| 63 Hz | 1,217 | | 0,000 | 0,370 | | 0,130 | 0,000 | 0,085 | |
| 80 Hz | 0,239 | | 0,045 | 0,832 | | 0,000 | 0,000 | 0,033 | |
| 100 Hz | 0,444 | | 0,000 | 0,750 | | 0,045 | 0,045 | 0,068 | |
| 125 Hz | 0,378 | | 0,045 | 0,259 | | 0,141 | 0,000 | 0,078 | |
| 160 Hz | 1,011 | | 0,000 | 0,164 | | 0,089 | 0,045 | 0,042 | |
| 200 Hz | 0,914 | | 0,055 | 0,195 | | 0,055 | 0,000 | 0,112 | |
| 250 Hz | 1,823 | | 0,045 | 0,255 | | 0,045 | 0,089 | 0,294 | |
| 315 Hz | 1,137 | | 0,000 | 0,195 | | 0,152 | 0,089 | 0,161 | |
| 400 Hz | 2,312 | | 0,000 | 0,434 | | 0,055 | 0,000 | 0,023 | |
| 500 Hz | 0,646 | | 0,000 | 0,000 | | 0,000 | 0,045 | 0,058 | |
| 630 Hz | 0,611 | | 0,000 | 0,394 | | 0,055 | 0,000 | 0,066 | |
| 800 Hz | 0,577 | | 0,045 | 0,224 | | 0,045 | 0,045 | 0,054 | |
| 1.000 Hz | 0,207 | | 0,000 | 0,089 | | 0,071 | 0,000 | 0,117 | |
| 1.250 Hz | 0,311 | | 0,045 | 0,158 | | 0,071 | 0,000 | 0,052 | |
| 1.600 Hz | 0,416 | | 0,000 | 0,084 | | 0,000 | 0,055 | 0,019 | |
| 2.000 Hz | 0,268 | | 0,000 | 0,000 | | 0,089 | 0,045 | 0,064 | |
| 2.500 Hz | 0,545 | | 0,045 | 0,084 | | 0,000 | 0,045 | 0,014 | |
| 3.150 Hz | 0,378 | | 0,045 | 0,045 | | 0,000 | 0,000 | 0,012 | |
| 4.000 Hz | 0,432 | | 0,045 | 0,045 | | 0,000 | 0,055 | 0,005 | |
| 5.000 Hz | 0,288 | | 0,000 | 0,089 | | 1,233 | 0,000 | 0,004 | |
| $R'_{w,45^\circ}$ | 0,447 | | 0,000 | 0,000 | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| C | 0,548 | | 0,000 | 0,447 | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| C_{tr} | 0,000 | | 0,000 | 0,000 | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| $C_{50-5.000}$ | 0,447 | | 0,000 | 0,000 | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| $C_{tr,50-5.000}$ | 0,447 | | 0,548 | 0,000 | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |

6.4 Messung der Schalldämmung einer Fassade

6.4.1 Mittelwerte

Tabelle 9: Messung der Schalldämmung einer Fassade, Mittelwerte in dB.

| Prüfstelle Nr./ Frequenz | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------------------------|-------|---|-------|-------|---|-------|-------|-------|---|
| 50 Hz | 22,44 | | 24,84 | 22,96 | | 26,04 | 21,22 | 28,21 | |
| 63 Hz | 23,22 | | 20,42 | 21,76 | | 23,24 | 22,90 | 24,01 | |
| 80 Hz | 29,64 | | 29,50 | 29,86 | | 29,90 | 29,40 | 21,45 | |
| 100 Hz | 31,02 | | 29,80 | 30,82 | | 31,40 | 30,32 | 27,21 | |
| 125 Hz | 30,16 | | 29,60 | 30,88 | | 30,64 | 30,20 | 28,64 | |
| 160 Hz | 27,08 | | 27,20 | 26,66 | | 28,28 | 27,18 | 30,70 | |
| 200 Hz | 26,54 | | 28,54 | 26,20 | | 26,66 | 26,90 | 25,73 | |
| 250 Hz | 30,08 | | 33,42 | 31,36 | | 30,94 | 30,56 | 25,85 | |
| 315 Hz | 32,50 | | 31,74 | 30,38 | | 33,04 | 32,54 | 28,56 | |
| 400 Hz | 34,68 | | 34,80 | 33,34 | | 35,24 | 34,50 | 32,65 | |
| 500 Hz | 34,24 | | 32,78 | 32,14 | | 34,30 | 33,88 | 34,55 | |
| 630 Hz | 33,04 | | 30,82 | 32,68 | | 33,10 | 32,74 | 33,29 | |
| 800 Hz | 32,52 | | 32,42 | 33,24 | | 32,78 | 32,42 | 31,48 | |
| 1.000 Hz | 38,48 | | 36,08 | 37,62 | | 39,16 | 37,90 | 31,60 | |
| 1.250 Hz | 40,26 | | 39,32 | 39,70 | | 40,28 | 39,50 | 37,78 | |
| 1.600 Hz | 40,42 | | 40,28 | 40,66 | | 40,70 | 39,48 | 39,20 | |
| 2.000 Hz | 40,12 | | 38,64 | 38,82 | | 40,78 | 38,68 | 39,98 | |
| 2.500 Hz | 38,90 | | 38,80 | 38,40 | | 39,50 | 37,70 | 40,47 | |
| 3.150 Hz | 35,60 | | 35,20 | 34,68 | | 36,50 | 34,30 | 39,10 | |
| 4.000 Hz | 33,54 | | 33,12 | 32,74 | | 37,30 | 32,40 | 36,00 | |
| 5.000 Hz | 24,74 | | 23,40 | 23,86 | | 35,18 | 23,60 | 36,88 | |
| $D_{w,2m}$ | 37,00 | | 36,00 | 35,80 | | 37,00 | 36,00 | 35,40 | |
| C | -1,00 | | -1,00 | -1,00 | | -1,00 | -1,00 | -1,00 | |
| C_{tr} | -3,00 | | -2,00 | -2,40 | | -2,00 | -2,00 | -3,40 | |
| $C_{50-5.000}$ | -4,80 | | -5,00 | -4,40 | | -1,00 | -5,00 | -0,40 | |
| $C_{tr,50-5.000}$ | -4,00 | | -3,00 | -3,40 | | -3,00 | -3,00 | -3,40 | |

6.4.2 Standardabweichungen

Tabelle 10: Messung der Schalldämmung einer Fassade, Standardabweichungen in dB.

| Prüfstelle Nr./ Frequenz | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----------------------------|-------|---|-------|-------|---|-------|-------|-------|
| 50 Hz | 0,472 | | 0,089 | 2,021 | | 0,134 | 0,084 | 0,199 |
| 63 Hz | 0,540 | | 0,045 | 1,923 | | 0,134 | 0,000 | 0,075 |
| 80 Hz | 0,568 | | 0,000 | 0,723 | | 0,000 | 0,000 | 0,069 |
| 100 Hz | 0,268 | | 0,000 | 0,804 | | 0,000 | 0,045 | 0,068 |
| 125 Hz | 0,472 | | 0,000 | 1,958 | | 0,152 | 0,000 | 0,104 |
| 160 Hz | 0,295 | | 0,000 | 0,913 | | 0,045 | 0,045 | 0,134 |
| 200 Hz | 0,336 | | 0,055 | 1,744 | | 0,055 | 0,000 | 0,201 |
| 250 Hz | 0,370 | | 0,045 | 1,781 | | 0,089 | 0,089 | 0,291 |
| 315 Hz | 0,718 | | 0,055 | 1,754 | | 0,195 | 0,089 | 0,159 |
| 400 Hz | 0,554 | | 0,000 | 3,446 | | 0,055 | 0,000 | 0,010 |
| 500 Hz | 0,422 | | 0,045 | 2,772 | | 0,000 | 0,045 | 0,125 |
| 630 Hz | 0,297 | | 0,045 | 2,179 | | 0,000 | 0,055 | 0,175 |
| 800 Hz | 0,427 | | 0,045 | 1,563 | | 0,045 | 0,045 | 0,175 |
| 1.000 Hz | 0,421 | | 0,045 | 2,022 | | 0,089 | 0,000 | 0,141 |
| 1.250 Hz | 0,416 | | 0,045 | 0,718 | | 0,045 | 0,000 | 0,090 |
| 1.600 Hz | 0,228 | | 0,045 | 0,522 | | 0,000 | 0,045 | 0,150 |
| 2.000 Hz | 0,268 | | 0,055 | 1,522 | | 0,045 | 0,045 | 0,109 |
| 2.500 Hz | 0,224 | | 0,000 | 1,338 | | 0,000 | 0,000 | 0,122 |
| 3.150 Hz | 0,158 | | 0,000 | 0,904 | | 0,000 | 0,000 | 0,108 |
| 4.000 Hz | 0,532 | | 0,045 | 1,210 | | 0,000 | 0,000 | 0,149 |
| 5.000 Hz | 0,329 | | 0,000 | 1,358 | | 1,230 | 0,000 | 0,136 |
| $D_{w,2m}$ | 0,000 | | 0,000 | 0,837 | | 0,000 | 0,000 | 0,548 |
| C | 0,000 | | 0,000 | 0,000 | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| C_{tr} | 0,000 | | 0,000 | 0,548 | | 0,000 | 0,000 | 0,548 |
| $C_{50-5.000}$ | 0,447 | | 0,000 | 0,894 | | 0,000 | 0,000 | 0,548 |
| $C_{tr,50-5.000}$ | 0,000 | | 0,000 | 0,548 | | 0,000 | 0,000 | 0,548 |



6.5 Messung haustechnischer Geräusche

6.5.1 Mittelwerte

Tabelle 11: Messung haustechnischer Geräusche, Mittelwerte in dB.

| Geräusch | | Prüfstelle Nr. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Standardverfahren | Garagentor auf | L _{AFmax,nT} | 69,00 | 70,10 | 70,00 | | 71,00 | 68,70 | 69,05 | 71,01 | 69,00 |
| | | L _{CFmax,nT} | 82,00 | 81,74 | 85,00 | | 83,00 | 78,30 | | 85,04 | 83,60 |
| | | L _{Aeq,nT} | 70,00 | 58,78 | 57,00 | | 59,64 | 58,42 | 59,89 | 57,03 | |
| | | L _{Ceq,nT} | 84,00 | 71,38 | 70,80 | | 72,04 | 69,60 | 73,81 | 71,26 | |
| | Garagentor zu | L _{AFmax,nT} | 67,00 | 67,90 | 68,00 | | 68,20 | 66,58 | 66,66 | 67,14 | 67,00 |
| | | L _{CFmax,nT} | 77,50 | 77,12 | 78,00 | | 78,60 | 71,18 | | 78,63 | 77,00 |
| | | L _{Aeq,nT} | 69,00 | 57,68 | 56,00 | | 58,40 | 57,00 | 58,42 | 56,00 | |
| | | L _{Ceq,nT} | 79,00 | 67,52 | 66,20 | | 68,18 | 65,32 | 68,77 | 66,95 | |
| | Heizungsanlage | L _{AFmax,nT} | 64,00 | 65,40 | 66,00 | | 63,20 | 62,00 | 64,64 | 65,11 | 61,00 |
| | | L _{CFmax,nT} | 78,00 | 69,58 | 87,00 | | 79,00 | 69,66 | | 87,39 | 85,60 |
| | | L _{Aeq,nT} | 68,00 | 57,04 | 56,80 | | 57,06 | 53,22 | 57,31 | 56,19 | 57,20 |
| | | L _{Ceq,nT} | 76,50 | 70,62 | 79,00 | | 71,38 | 66,72 | 80,09 | 79,61 | 80,00 |
| Toilette | L _{AFmax,nT} | 61,00 | 62,54 | 64,00 | | 64,00 | 60,68 | 61,65 | 62,97 | | |
| | L _{CFmax,nT} | 69,00 | 64,12 | 71,60 | | 71,00 | 64,60 | | 72,88 | 66,80 | |
| | L _{Aeq,nT} | 63,00 | 59,42 | 59,00 | | 60,02 | 57,98 | 59,95 | 58,02 | 60,00 | |
| | L _{Ceq,nT} | 68,00 | 61,80 | 63,00 | | 62,44 | 60,42 | 63,46 | 63,04 | | |
| Kurzverfahren | Garagentor auf | L _{AFmax,nT} | 70,00 | 70,74 | 71,00 | 71,74 | 72,00 | 69,40 | 70,59 | 70,23 | 71,00 |
| | | L _{CFmax,nT} | 86,00 | 86,74 | 87,00 | 89,58 | 86,00 | 84,92 | | 85,91 | 86,00 |
| | | L _{Aeq,nT} | 58,00 | 59,84 | 58,00 | 61,08 | 60,74 | 59,48 | 60,84 | 57,66 | |
| | | L _{Ceq,nT} | 73,00 | 75,58 | 73,00 | 76,76 | 74,90 | 74,86 | 76,32 | 72,98 | |
| | Garagentor zu | L _{AFmax,nT} | 67,00 | 67,60 | 68,00 | 68,30 | 69,20 | 66,24 | 67,47 | 66,80 | 67,40 |
| | | L _{CFmax,nT} | 80,00 | 80,08 | 80,80 | 83,88 | 81,20 | 78,60 | | 79,26 | 80,00 |
| | | L _{Aeq,nT} | 56,00 | 58,36 | 57,00 | 59,08 | 59,10 | 57,76 | 58,95 | 56,65 | |
| | | L _{Ceq,nT} | 68,00 | 70,30 | 68,20 | 70,88 | 70,22 | 69,76 | 70,72 | 68,50 | |
| | Heizungsanlage | L _{AFmax,nT} | 65,00 | 64,20 | 66,60 | 67,60 | 64,00 | 63,50 | 64,67 | 64,09 | 62,00 |
| | | L _{CFmax,nT} | 87,00 | 86,90 | 88,00 | 89,22 | 82,00 | 84,26 | | 86,21 | 85,00 |
| | | L _{Aeq,nT} | 57,00 | 57,52 | 57,00 | 57,96 | 57,72 | 56,46 | 57,98 | 56,49 | 58,00 |
| | | L _{Ceq,nT} | 79,00 | 79,88 | 79,60 | 79,82 | 74,20 | 77,90 | 80,36 | 78,90 | 80,00 |
| Toilette | L _{AFmax,nT} | 62,00 | 62,60 | 65,00 | 64,18 | 65,00 | 61,32 | 62,55 | 61,87 | | |
| | L _{CFmax,nT} | 70,80 | 70,80 | 73,00 | 74,16 | 73,00 | 69,40 | | 70,73 | 70,00 | |
| | L _{Aeq,nT} | 59,00 | 59,94 | 59,80 | 60,64 | 60,60 | 59,24 | 60,50 | 58,83 | 61,00 | |
| | L _{Ceq,nT} | 64,00 | 63,86 | 64,00 | 64,24 | 63,74 | 63,14 | 64,57 | 63,42 | | |

6.5.2 Standardabweichungen

Tabelle 12: Messung haustechnischer Geräusche, Standardabweichungen in dB.

| Geräusch | | Prüfstelle Nr. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| Standardverfahren | Garagentor auf | L _{AFmax,nT} | | 0,583 | 0,000 | | 0,000 | 0,000 | 0,042 | 0,025 | 0,000 | |
| | | L _{CFmax,nT} | 1,414 | 0,611 | 0,000 | | 0,000 | 0,000 | | 0,047 | 0,548 | |
| | | L _{Aeq,nT} | | 0,130 | 0,000 | | 0,114 | 0,045 | 0,009 | 0,019 | | |
| | | L _{Ceq,nT} | 0,000 | 0,110 | 0,447 | | 0,114 | 0,000 | 0,028 | 0,061 | | |
| | Garagentor zu | L _{AFmax,nT} | | 0,245 | 0,000 | | 0,447 | 0,045 | 0,122 | 0,029 | 0,000 | |
| | | L _{CFmax,nT} | 0,707 | 0,466 | 0,000 | | 0,894 | 0,045 | | 0,081 | 0,000 | |
| | | L _{Aeq,nT} | | 0,110 | 0,000 | | 0,122 | 0,000 | 0,013 | 0,018 | | |
| | | L _{Ceq,nT} | 0,000 | 0,239 | 0,447 | | 0,084 | 0,045 | 0,019 | 0,064 | | |
| | Heizungsanlage | L _{AFmax,nT} | | 1,364 | 0,000 | | 0,447 | 0,000 | 0,056 | 0,024 | 0,000 | |
| | | L _{CFmax,nT} | 5,657 | 1,453 | 0,000 | | 0,000 | 0,055 | | 0,018 | 0,548 | |
| | | L _{Aeq,nT} | | 0,089 | 0,447 | | 0,134 | 0,045 | 0,018 | 0,020 | 0,447 | |
| | | L _{Ceq,nT} | 4,950 | 0,192 | 0,000 | | 0,045 | 0,045 | 0,051 | 0,016 | 0,000 | |
| Toilette | L _{AFmax,nT} | | 0,152 | 0,000 | | 0,000 | 0,045 | 0,049 | 0,024 | | | |
| | L _{CFmax,nT} | 1,414 | 0,205 | 0,548 | | 0,000 | 0,071 | | 0,033 | 0,447 | | |
| | L _{Aeq,nT} | | 0,239 | 0,000 | | 0,045 | 0,045 | 0,006 | 0,025 | 0,000 | | |
| | L _{Ceq,nT} | 0,000 | 0,071 | 0,000 | | 0,055 | 0,045 | 0,006 | 0,022 | | | |
| Kurzverfahren | Garagentor auf | L _{AFmax,nT} | 0,000 | 0,055 | 0,000 | 0,055 | 0,000 | 0,071 | 0,067 | 0,032 | 0,000 | |
| | | L _{CFmax,nT} | 0,000 | 0,089 | 0,000 | 0,045 | 0,000 | 0,045 | | 0,032 | 0,000 | |
| | | L _{Aeq,nT} | 0,000 | 0,152 | 0,000 | 0,084 | 0,114 | 0,164 | 0,023 | 0,032 | | |
| | | L _{Ceq,nT} | 0,000 | 0,110 | 0,000 | 0,270 | 0,158 | 0,055 | 0,014 | 0,032 | | |
| | Garagentor zu | L _{AFmax,nT} | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,447 | 0,089 | 0,032 | 0,032 | 0,548 | |
| | | L _{CFmax,nT} | 0,000 | 0,045 | 0,447 | 0,045 | 0,447 | 0,000 | | 0,025 | 0,000 | |
| | | L _{Aeq,nT} | 0,000 | 0,167 | 0,000 | 0,084 | 0,122 | 0,230 | 0,006 | 0,032 | | |
| | | L _{Ceq,nT} | 0,000 | 0,224 | 0,447 | 0,084 | 0,110 | 0,055 | 0,015 | 0,032 | | |
| | Heizungsanlage | L _{AFmax,nT} | 0,000 | 0,552 | 0,548 | 0,122 | 0,000 | 0,100 | 0,072 | 0,032 | 0,000 | |
| | | L _{CFmax,nT} | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,045 | 0,000 | 0,055 | | 0,050 | 0,000 | |
| | | L _{Aeq,nT} | 0,000 | 0,084 | 0,000 | 0,089 | 0,045 | 0,114 | 0,006 | 0,032 | 0,000 | |
| | | L _{Ceq,nT} | 0,000 | 0,228 | 0,548 | 0,164 | 0,000 | 0,000 | 0,034 | 0,032 | 0,000 | |
| Toilette | L _{AFmax,nT} | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,110 | 0,000 | 0,045 | 0,065 | 0,043 | | | |
| | L _{CFmax,nT} | 0,447 | 0,000 | 0,000 | 0,055 | 0,000 | 0,000 | | 0,032 | 0,000 | | |
| | L _{Aeq,nT} | 0,000 | 0,152 | 0,447 | 0,182 | 0,000 | 0,089 | 0,006 | 0,035 | 0,000 | | |
| | L _{Ceq,nT} | 0,000 | 0,055 | 0,000 | 0,385 | 0,055 | 0,055 | 0,006 | 0,037 | | | |

7 STATISTISCHE ERGEBNISSE

7.1 Messung der Nachhallzeit

In der folgenden Tabelle 13 sind die Mittelwerte, Wiederhol- und Vergleichsgrenzen der beiden Anregungsarten für die Nachhallzeitmessung gegenübergestellt.

Tabelle 13: Mittelwerte m , Wiederholgrenzen r und Vergleichsgrenzen R für Rausch- und Impulsanregung; alle Werte in Sekunden.

| Frequenz | Rauschanregung | | | Impulsanregung | | |
|----------|----------------|-----|-----|----------------|-----|-----|
| | m | r | R | m | r | R |
| 50 Hz | 1,4 | 0,1 | 0,3 | 1,3 | 0,2 | 0,7 |
| 63 Hz | 1,2 | 0,2 | 0,5 | 1,2 | 0,3 | 0,4 |
| 80 Hz | 1,3 | 0,1 | 0,2 | 1,0 | 0,2 | 0,4 |
| 100 Hz | 0,9 | 0,1 | 0,3 | 0,8 | 0,3 | 0,4 |
| 125 Hz | 0,8 | 0,1 | 0,2 | 0,8 | 0,0 | 0,2 |
| 160 Hz | 0,8 | 0,1 | 0,2 | 0,8 | 0,1 | 0,1 |
| 200 Hz | 0,8 | 0,0 | 0,2 | 0,8 | 0,0 | 0,1 |
| 250 Hz | 0,7 | 0,0 | 0,2 | 0,7 | 0,0 | 0,0 |
| 315 Hz | 0,7 | 0,0 | 0,2 | 0,7 | 0,0 | 0,0 |
| 400 Hz | 0,6 | 0,0 | 0,2 | 0,6 | 0,0 | 0,1 |
| 500 Hz | 0,6 | 0,0 | 0,3 | 0,6 | 0,0 | 0,0 |
| 630 Hz | 0,6 | 0,0 | 0,3 | 0,6 | 0,0 | 0,1 |
| 800 Hz | 0,6 | 0,0 | 0,3 | 0,5 | 0,0 | 0,1 |
| 1.000 Hz | 0,5 | 0,0 | 0,3 | 0,5 | 0,0 | 0,1 |
| 1.250 Hz | 0,5 | 0,0 | 0,3 | 0,5 | 0,0 | 0,1 |
| 1.600 Hz | 0,6 | 0,0 | 0,3 | 0,5 | 0,0 | 0,1 |
| 2.000 Hz | 0,6 | 0,0 | 0,3 | 0,5 | 0,0 | 0,1 |
| 2.500 Hz | 0,6 | 0,0 | 0,3 | 0,5 | 0,0 | 0,0 |
| 3.150 Hz | 0,6 | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,0 | 0,1 |
| 4.000 Hz | 0,5 | 0,0 | 0,3 | 0,5 | 0,0 | 0,0 |
| 5.000 Hz | 0,5 | 0,0 | 0,3 | 0,5 | 0,0 | 0,0 |
| 63 Hz | 1,3 | 0,0 | 0,6 | 1,2 | 0,1 | 0,3 |
| 125 Hz | 0,8 | 0,1 | 0,2 | 0,8 | 0,1 | 0,2 |
| 250 Hz | 0,7 | 0,0 | 0,2 | 0,7 | 0,0 | 0,0 |
| 500 Hz | 0,6 | 0,0 | 0,2 | 0,6 | 0,0 | 0,0 |
| 1.000 Hz | 0,6 | 0,0 | 0,2 | 0,5 | 0,0 | 0,1 |
| 2.000 Hz | 0,6 | 0,0 | 0,3 | 0,5 | 0,0 | 0,1 |
| 4.000 Hz | 0,5 | 0,0 | 0,2 | 0,5 | 0,0 | 0,0 |
| A | 0,6 | 0,0 | 0,2 | 0,5 | 0,0 | 0,1 |
| Z | 0,7 | 0,0 | 0,1 | 0,5 | 0,0 | 0,1 |

7.2 Messung der Schalldämmung von Außenbauteilen

In der folgenden Tabelle 14 sind die Mittelwerte, Wiederhol- und Vergleichsgrenzen für die beiden Arten der Messung von Außenbauteilen gegenübergestellt.

Tabelle 14: Mittelwerte m , Wiederholgrenzen r und Vergleichsgrenzen R für die Messung eines Fensters und einer Fassade; alle Werte in dB.

| Frequenz | Fenster | | | Fassade | | |
|----------------------------|---------|-----|------|---------|-----|------|
| | m | r | R | m | r | R |
| 50 Hz | 18,4 | 2,0 | 6,4 | 23,6 | 0,7 | 6,2 |
| 63 Hz | 17,8 | 1,6 | 2,2 | 22,4 | 0,8 | 3,9 |
| 80 Hz | 24,0 | 1,1 | 1,4 | 29,6 | 0,8 | 0,9 |
| 100 Hz | 25,1 | 1,1 | 1,8 | 30,6 | 0,4 | 2,0 |
| 125 Hz | 24,3 | 0,6 | 0,6 | 30,2 | 0,7 | 1,3 |
| 160 Hz | 24,7 | 1,3 | 3,6 | 27,4 | 0,4 | 1,6 |
| 200 Hz | 18,7 | 1,2 | 1,4 | 27,2 | 0,5 | 2,6 |
| 250 Hz | 26,1 | 2,3 | 3,5 | 31,3 | 0,6 | 4,2 |
| 315 Hz | 26,6 | 1,5 | 2,2 | 32,5 | 1,1 | 1,8 |
| 400 Hz | 28,2 | 2,9 | 4,2 | 34,8 | 0,8 | 1,1 |
| 500 Hz | 28,1 | 0,8 | 1,6 | 33,8 | 0,6 | 2,0 |
| 630 Hz | 25,9 | 0,9 | 1,5 | 32,4 | 0,4 | 3,1 |
| 800 Hz | 26,5 | 0,8 | 1,9 | 32,5 | 0,6 | 0,7 |
| 1.000 Hz | 31,6 | 0,3 | 1,0 | 37,9 | 0,6 | 3,7 |
| 1.250 Hz | 32,8 | 0,4 | 1,1 | 39,8 | 0,6 | 1,5 |
| 1.600 Hz | 33,4 | 0,5 | 1,6 | 40,2 | 0,3 | 1,5 |
| 2.000 Hz | 32,6 | 0,4 | 2,1 | 39,6 | 0,4 | 3,0 |
| 2.500 Hz | 31,7 | 0,7 | 1,8 | 38,7 | 0,3 | 2,1 |
| 3.150 Hz | 28,9 | 0,5 | 2,6 | 35,4 | 0,2 | 2,6 |
| 4.000 Hz | 26,4 | 0,6 | 5,5 | 34,1 | 0,7 | 6,2 |
| 5.000 Hz | 18,4 | 1,6 | 13,2 | 26,7 | 1,8 | 15,9 |
| $R'_{w,45^\circ}/D_{w,2m}$ | 29,8 | 0,6 | 1,3 | 36,5 | 0,0 | 1,6 |
| C | -0,5 | 0,9 | 1,5 | -1,0 | 0,0 | 0,0 |
| C_{tr} | -1,8 | 0,0 | 1,3 | -2,3 | 0,0 | 1,4 |
| $C_{50-5.000}$ | -4,2 | 0,6 | 5,1 | -4,0 | 0,6 | 5,5 |
| $C_{tr,50-5.000}$ | -2,9 | 0,9 | 1,7 | -3,3 | 0,0 | 1,4 |

7.3 Messung haustechnischer Geräusche

In der folgenden Tabelle 15 sind die Mittelwerte, Wiederhol- und Vergleichsgrenzen der beiden Anregungsarten für die beiden Arten der Messung von Außenbauteilen gegenübergestellt.

Tabelle 15: Mittelwerte m , Wiederholgrenzen r und Vergleichsgrenzen R für das Standard- und das Kurzverfahren; alle Werte in dB.

| Geräusch | | Standardverfahren | | | Kurzverfahren | | |
|---------------------|-----------------------|-------------------|-----|------|---------------|-----|-----|
| | | m | r | R | m | r | R |
| Garagentor auf | L _{AFmax,nT} | 69,8 | 0,6 | 2,7 | 70,7 | 0,1 | 2,3 |
| | L _{CFmax,nT} | 82,7 | 1,2 | 7,0 | 86,5 | 0,1 | 3,9 |
| | L _{Aeq,nT} | 58,8 | 0,2 | 7,1 | 59,5 | 0,3 | 3,9 |
| | L _{Ceq,nT} | 72,3 | 0,5 | 10,0 | 74,7 | 0,3 | 4,3 |
| Garagentor zu | L _{AFmax,nT} | 67,3 | 0,6 | 1,9 | 67,6 | 0,7 | 2,5 |
| | L _{CFmax,nT} | 76,8 | 1,1 | 7,6 | 80,5 | 0,6 | 4,5 |
| | L _{Aeq,nT} | 57,6 | 0,2 | 7,0 | 57,9 | 0,3 | 3,4 |
| | L _{Ceq,nT} | 67,9 | 0,6 | 9,4 | 69,6 | 0,5 | 3,3 |
| Heizungs- anlage | L _{AFmax,nT} | 63,9 | 1,5 | 5,3 | 64,6 | 0,7 | 4,7 |
| | L _{CFmax,nT} | 79,3 | 1,7 | 22,9 | 86,1 | 0,1 | 6,4 |
| | L _{Aeq,nT} | 56,7 | 0,7 | 7,0 | 57,3 | 0,2 | 1,8 |
| | L _{Ceq,nT} | 75,2 | 0,2 | 15,2 | 78,9 | 0,6 | 5,3 |
| Toilette | L _{AFmax,nT} | 62,6 | 0,2 | 3,7 | 63,1 | 0,1 | 4,1 |
| | L _{CFmax,nT} | 68,5 | 0,8 | 10,2 | 71,5 | 0,4 | 4,7 |
| | L _{Aeq,nT} | 59,3 | 0,3 | 3,1 | 59,9 | 0,5 | 2,3 |
| | L _{Ceq,nT} | 62,7 | 0,1 | 5,1 | 63,9 | 0,4 | 1,3 |

8 BOXPLOTS

8.1 Erläuterungen zu den Boxplots

Boxplots stellen eine Häufigkeitsverteilung schematisch dar. Zwischen dem ersten und dritten 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, die vom Balken aus nach oben und unten aufgetragen werden. Die Ausläufer können unterschiedlich weit gezogen werden (manche AutorInnen gehen bis zu den Extremwerten, andere bis zum 10. und 90. Perzentil). In der in diesem Bericht gewählten Darstellungsform beträgt die Länge der Ausläufer maximal das 1,5-fache des Interquartilsabstandes, aber nur soweit Daten vorhanden sind. Werte, die weiter streuen, werden als Ausreißer bezeichnet und als Ring oder Stern dargestellt, je nachdem, ob sie einen 1,5- bis 3-fachen Interquartilsabstand (o) oder mehr als den 3-fachen Interquartilsabstand (*) aufweisen. Die neben den Symbolen angegebene Nummer dient der Zuordnung zur entsprechenden Prüfstelle.

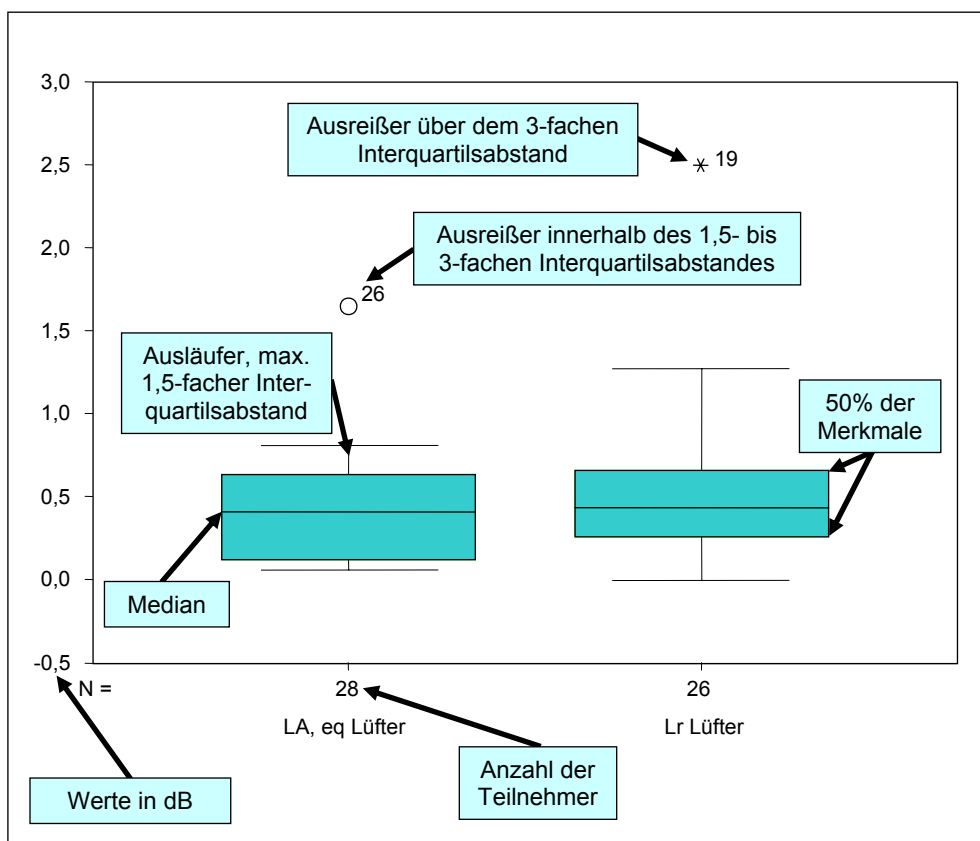


Abbildung 4: Grafische Darstellung der Boxplot-Informationen an einem Beispiel.

8.2 Messung Nachhallzeiten mit Rauschanregung

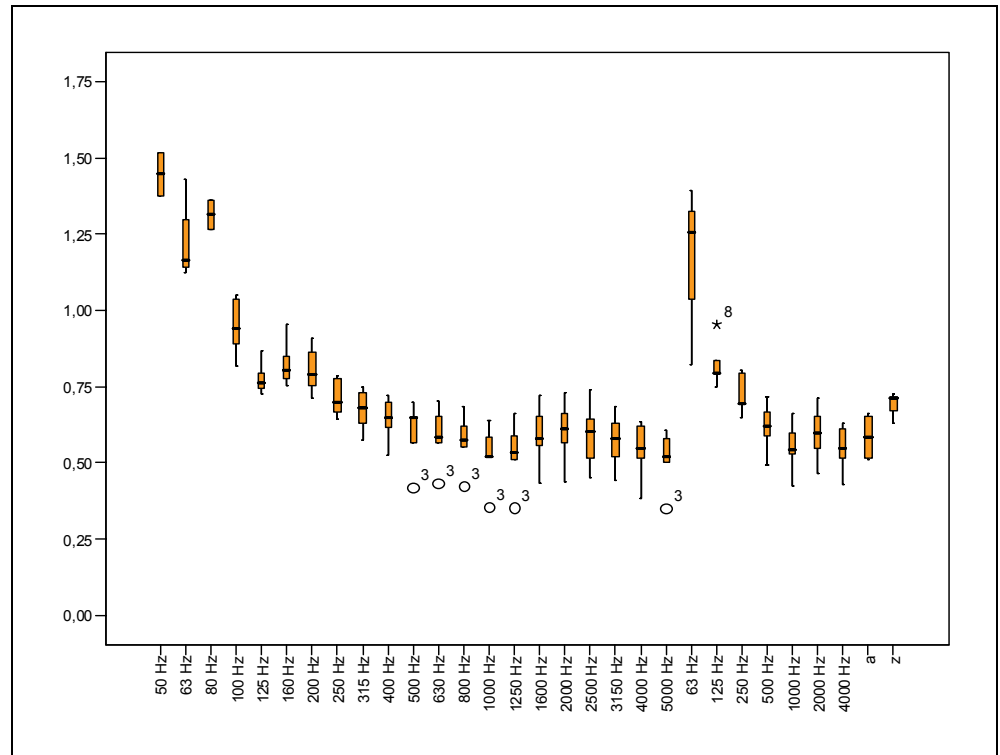


Abbildung 5: Nachhallzeiten mit Rauschanregung, Boxplots Mittelwerte in Sekunden.

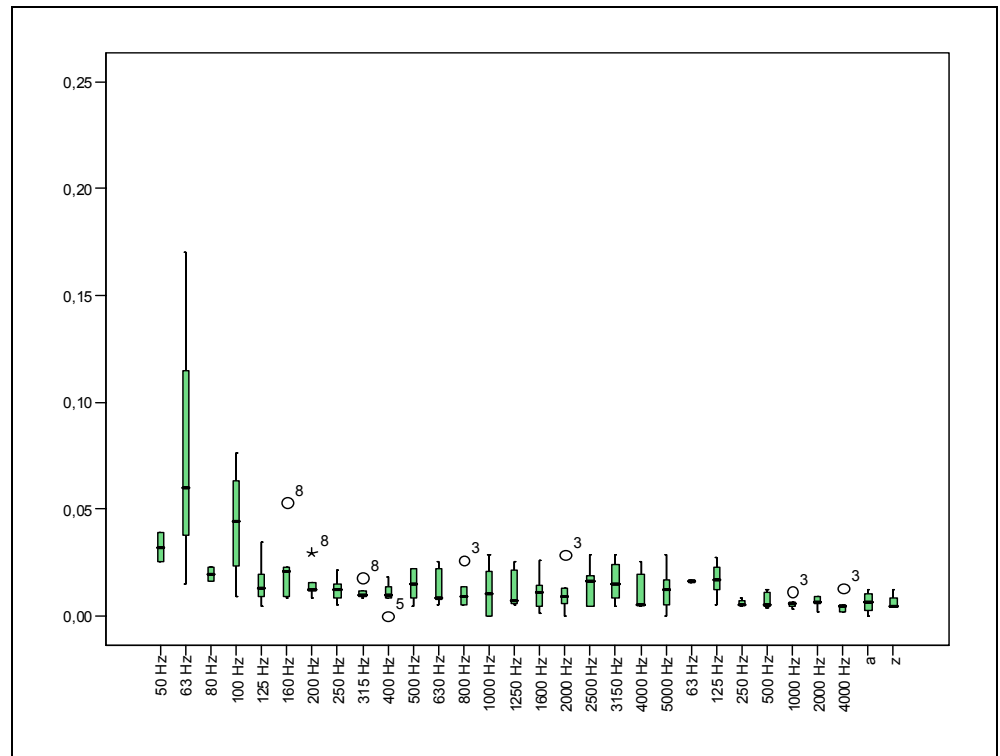


Abbildung 6: Nachhallzeiten mit Rauschanregung, Boxplots Standardabweichungen in Sekunden.



8.3 Messung Nachhallzeiten mit Impulsanregung

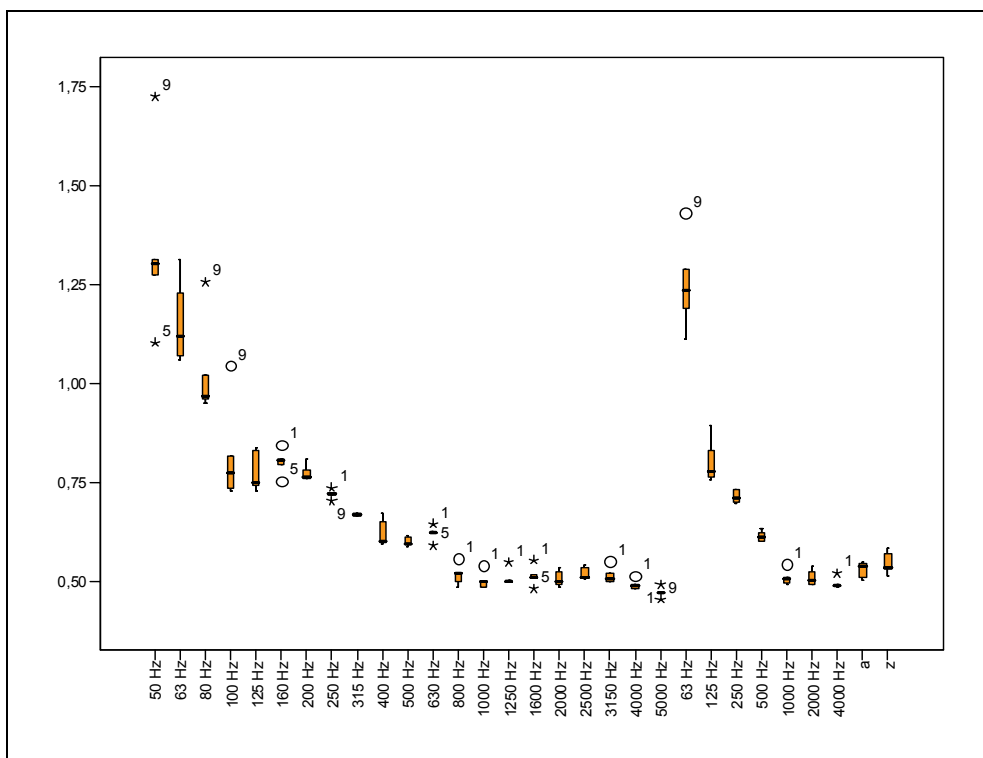


Abbildung 7: Nachhallzeiten mit Impulsanregung, Boxplots Mittelwerte in Sekunden.

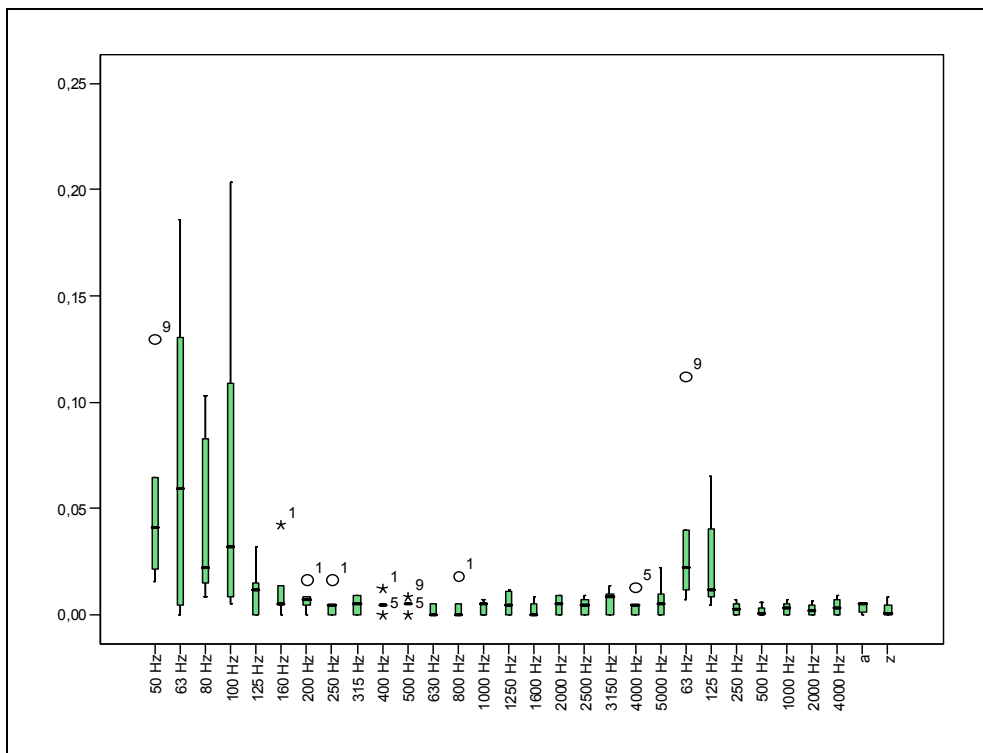


Abbildung 8: Nachhallzeiten mit Impulsanregung, Boxplots Standardabweichungen in Sekunden.

8.4 Messung Schalldämmung eines Fensters

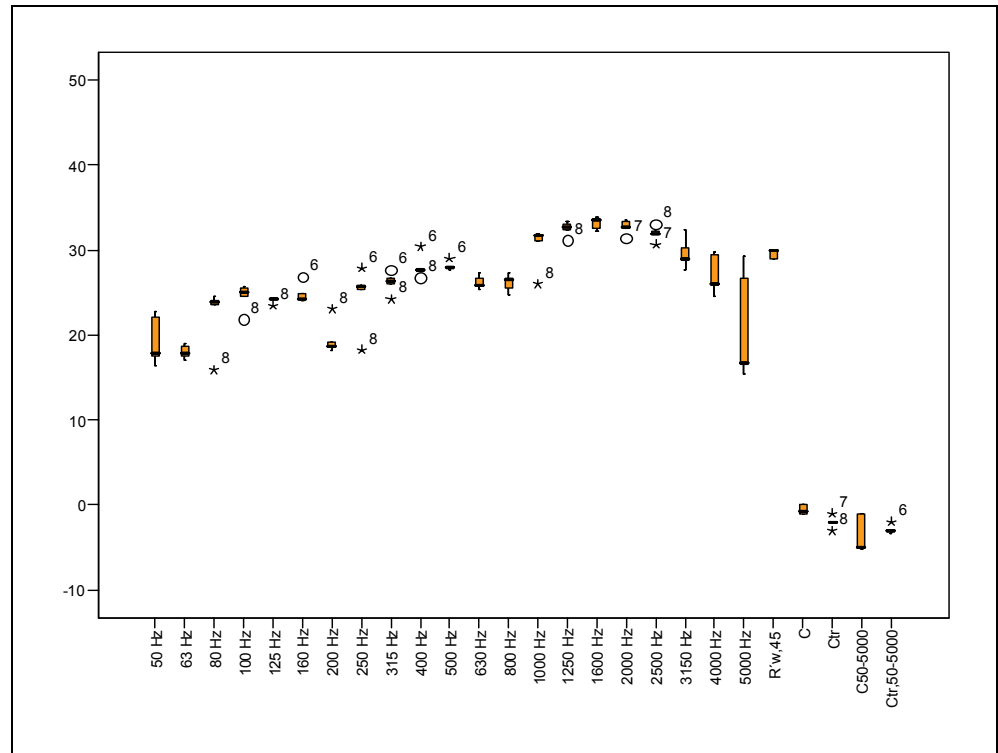


Abbildung 9: Schalldämmung eines Fensters, Boxplots Mittelwerte in dB.

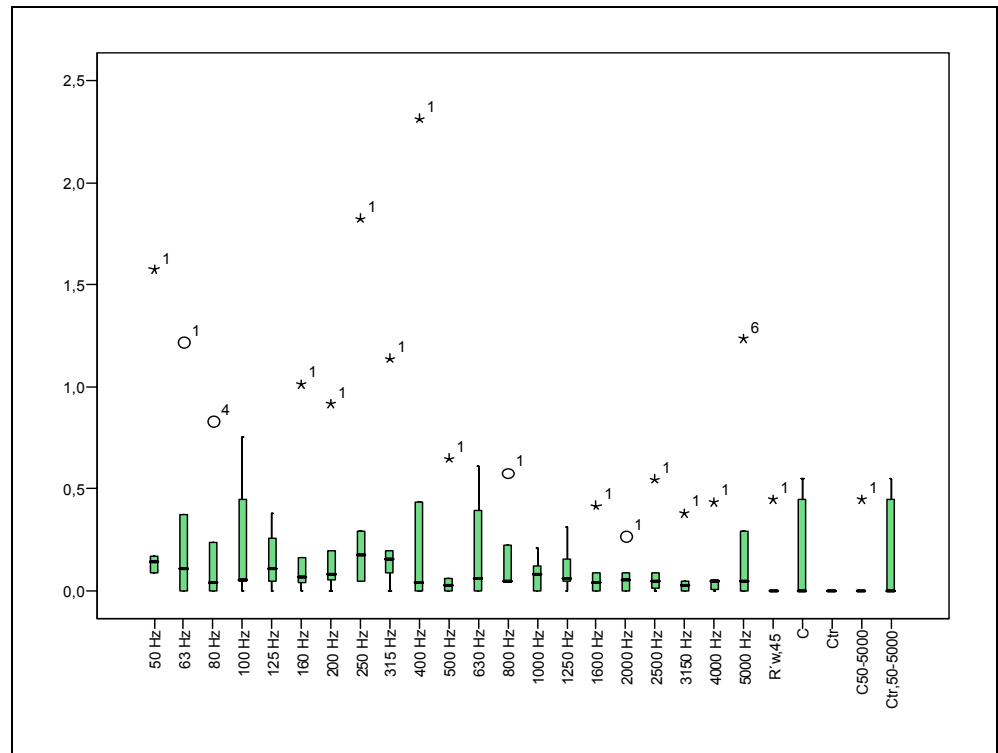


Abbildung 10: Schalldämmung eines Fensters, Boxplots Standardabweichungen in dB.



8.5 Messung Schalldämmung einer Fassade

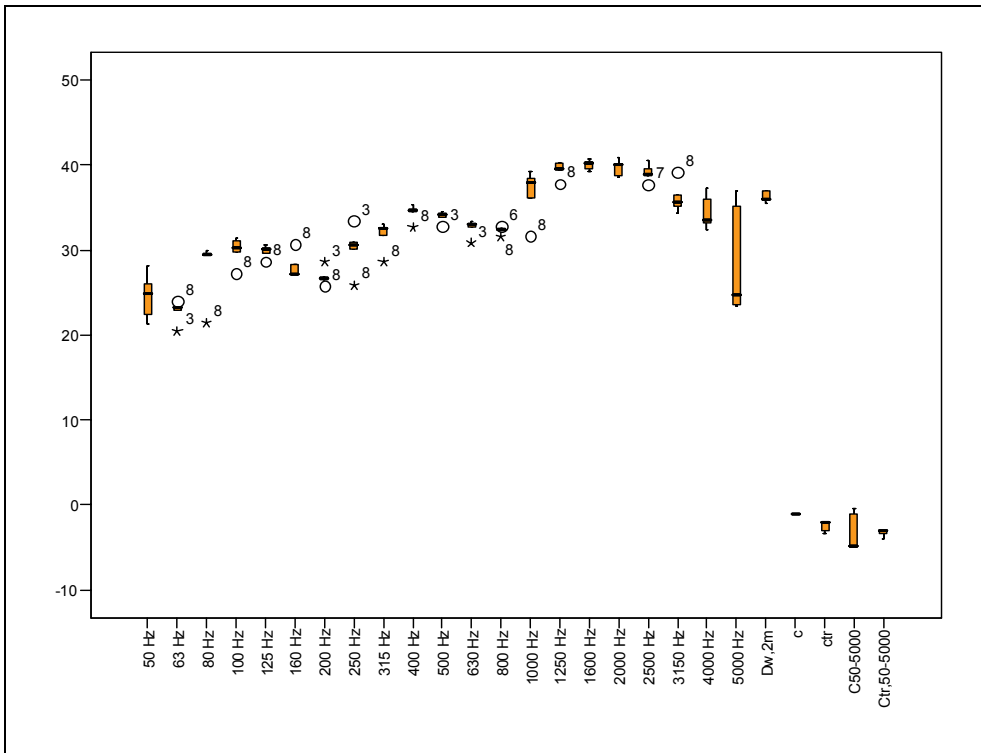


Abbildung 11: Schalldämmung einer Fassade, Boxplots Mittelwerte in dB.

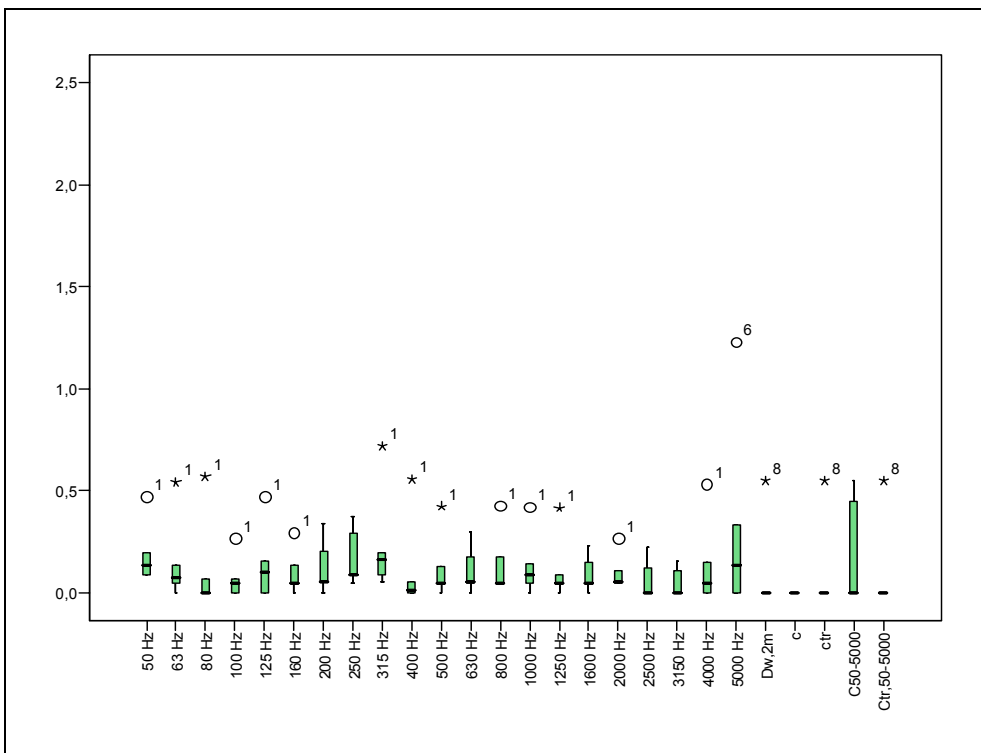


Abbildung 12: Schalldämmung einer Fassade, Boxplots Standardabweichungen in dB.

8.6 Messung haustechnischer Geräusche – Standardverfahren

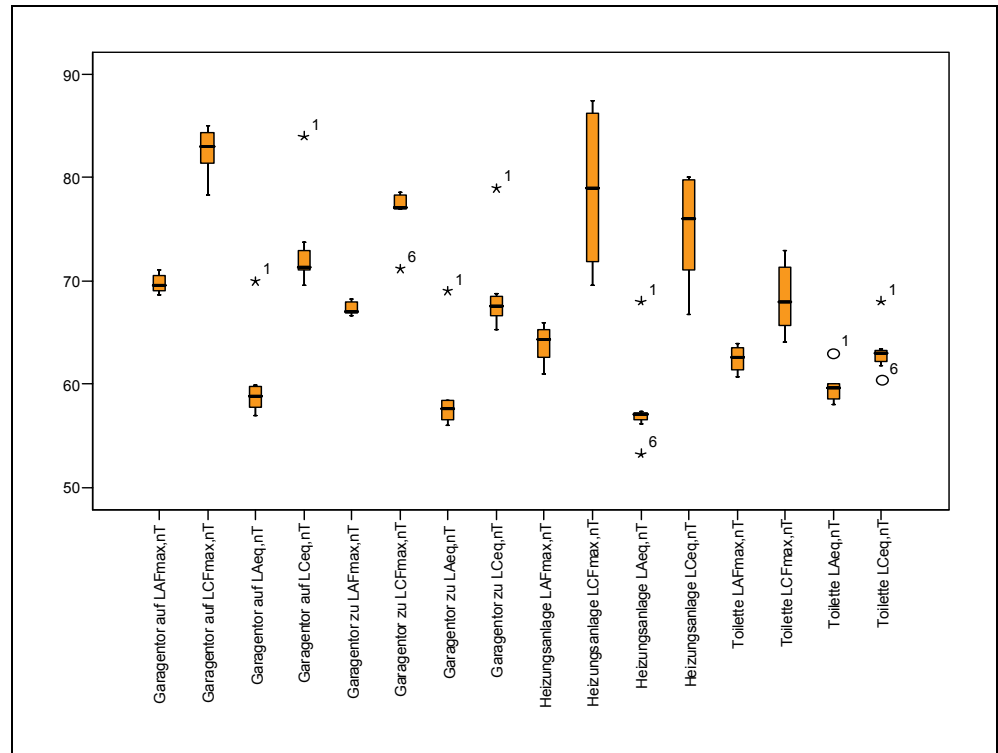


Abbildung 13: Haustechnische Geräusche – Standardverfahren, Boxplots Mittelwerte in dB.

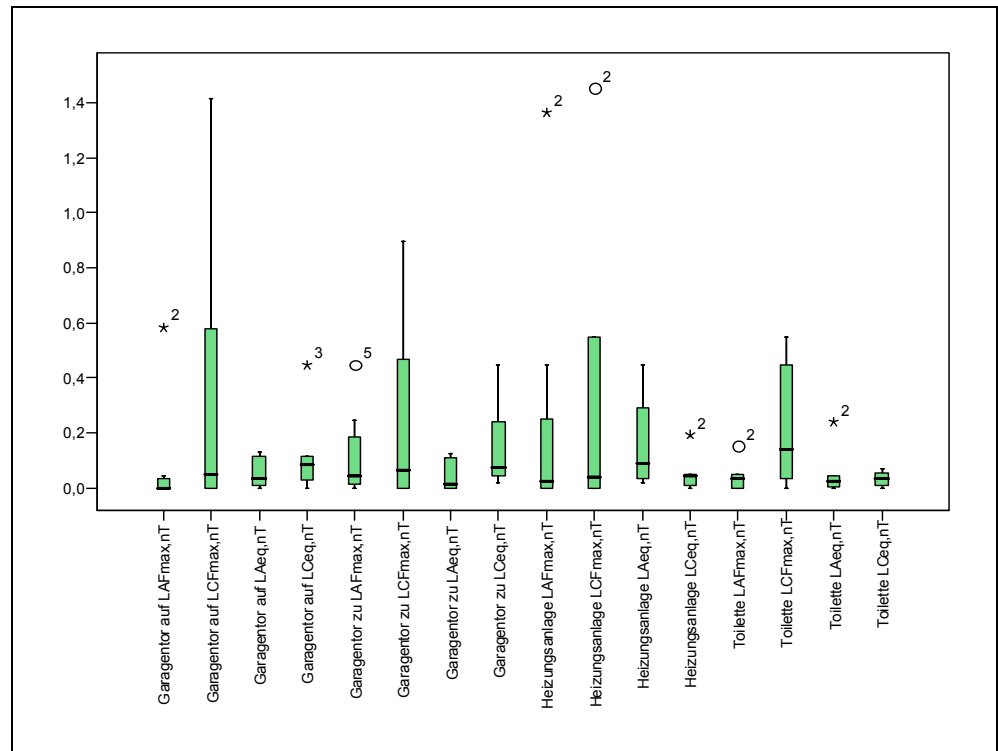


Abbildung 14: Haustechnische Geräusche – Standardverfahren, Boxplots Standardabweichungen in dB.



8.7 Messung haustechnischer Geräusche – Kurzverfahren

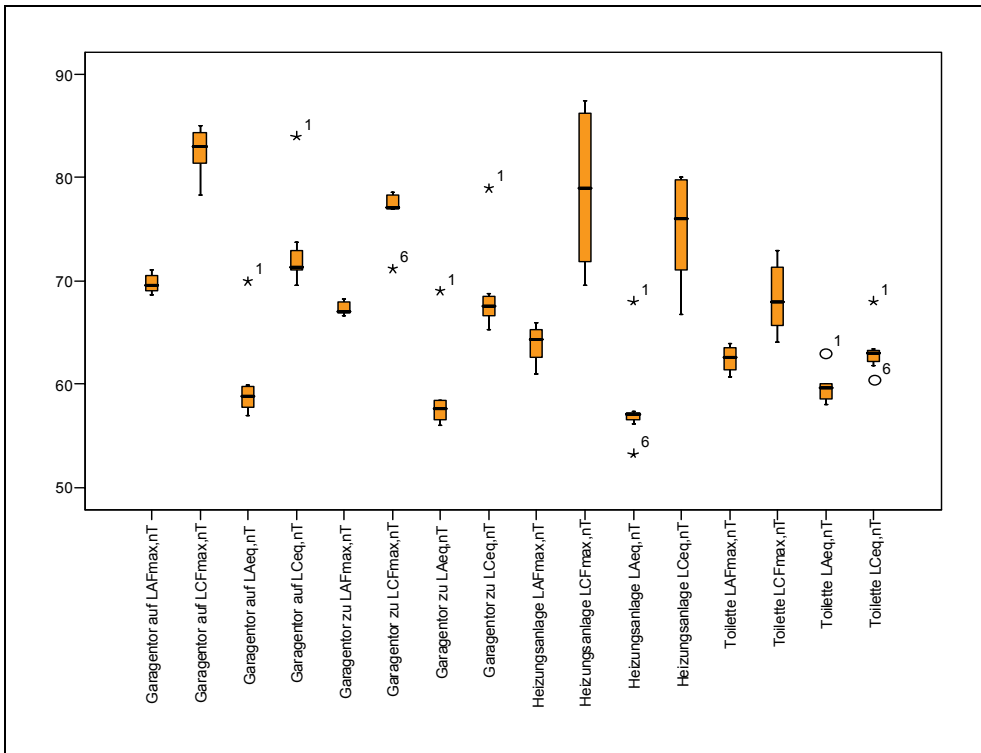


Abbildung 15: Haustechnische Geräusche – Kurzverfahren, Boxplots Mittelwerte in dB.

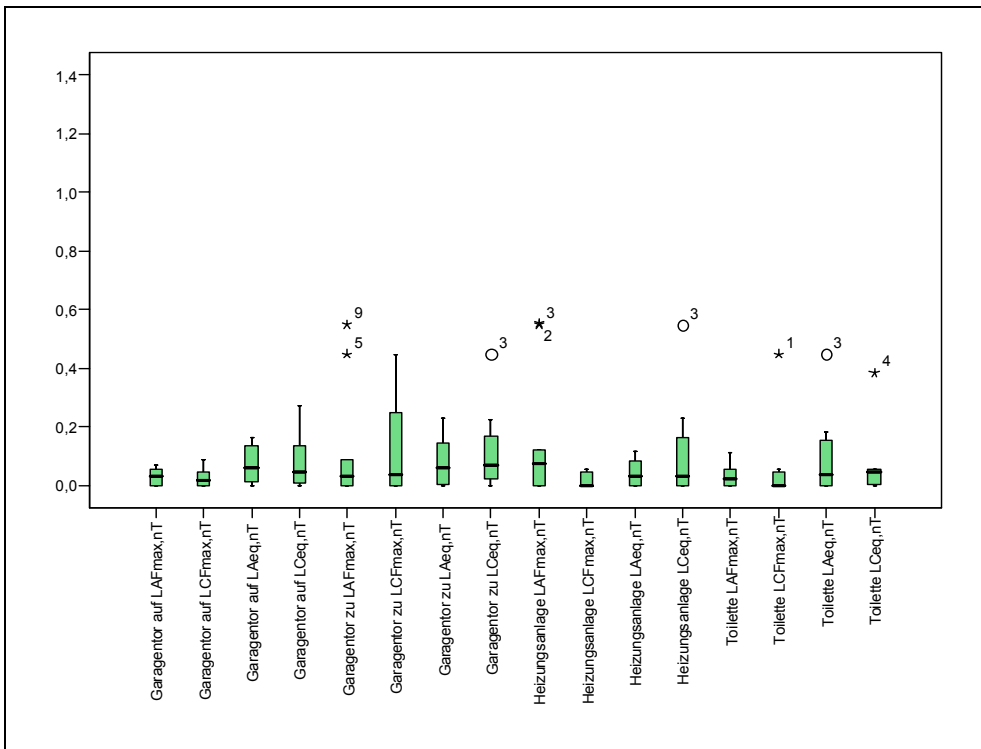


Abbildung 16: Haustechnische Geräusche – Kurzverfahren Boxplots Standardabweichungen in dB.

9 VERTRAUENSBEREICHE FÜR DIE EINZAHLANGABEN

Wie in Kapitel 5.1 angeführt gilt: Wird von einem **einzelnen** Laboratorium nur eine einzige Ermittlung γ der zu messenden Größe durchgeführt, ist der **Vertrauensbereich** für den wahren Wert μ (z. B. eine Anforderung oder ein in einem Vertrag festgelegter Wert).

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

In diesem Sinn wird für die Messung der Schalldämmung von Außenbauteilen und haustechnischen Einrichtungen der jeweilige Vertrauensbereich, welcher sich aus dem Ringversuch ergeben hat, wiedergegeben.

9.1 Messung der Schalldämmung von Außenbauteilen

In der folgenden Tabelle 16 sind die Vertrauensbereiche für den Fall einer einzelnen Messung einer Prüfstelle für die beiden Arten der Messung von Außenbauteilen gegenübergestellt.

Tabelle 16: Schalldämmung von Außenbauteilen – Vertrauensbereiche für die Einzahlangabe und Vergleich in dB.

| $\pm R/\sqrt{2}$ | Fenster | Fassade | Differenz |
|----------------------|---------|---------|-----------|
| $R'_{w,45}/D_{w,2m}$ | 0,9 | 1,1 | 0,2 |
| C | 1,1 | 0,0 | -1,1 |
| C_{tr} | 0,9 | 1,0 | 0,1 |
| $C_{50-5.000}$ | 3,6 | 3,9 | 0,3 |
| $C_{tr,50-5.000}$ | 1,2 | 1,0 | -0,2 |



9.2 Messung haustechnischer Geräusche

In der folgenden Tabelle 17 sind die Vertrauensbereiche für den Fall einer einzelnen Messung einer Prüfstelle für die beiden Messmethoden zur Bestimmung der Schallimmissionen haustechnischer Anlagen gegenübergestellt.

Tabelle 17: *Haustechnische Geräusche – Zusammenfassung der Vertrauensbereiche für die Einzulangaben und Vergleich in dB.*

| Geräusch | | Standardverfahren | Kurzverfahren | Differenz |
|---------------------|-----------------------|-------------------|---------------|-----------|
| Garagentor auf | L _{AFmax,nT} | 1,9 | 1,6 | -0,3 |
| | L _{CFmax,nT} | 4,9 | 2,7 | -2,2 |
| | L _{Aeq,nT} | 5,0 | 2,8 | -2,2 |
| | L _{Ceq,nT} | 7,0 | 3,0 | -4,0 |
| Garagentor zu | L _{AFmax,nT} | 1,4 | 1,8 | 0,4 |
| | L _{CFmax,nT} | 5,4 | 3,2 | -2,2 |
| | L _{Aeq,nT} | 5,0 | 2,4 | -2,6 |
| | L _{Ceq,nT} | 6,6 | 2,3 | -4,3 |
| Heizungs- anlage | L _{AFmax,nT} | 3,8 | 3,3 | -0,5 |
| | L _{CFmax,nT} | 16,2 | 4,5 | -11,7 |
| | L _{Aeq,nT} | 5,0 | 1,2 | -3,7 |
| | L _{Ceq,nT} | 10,8 | 3,8 | -7,0 |
| Toilette | L _{AFmax,nT} | 2,6 | 2,9 | 0,3 |
| | L _{CFmax,nT} | 7,2 | 3,3 | -3,9 |
| | L _{Aeq,nT} | 2,2 | 1,6 | -0,6 |
| | L _{Ceq,nT} | 3,6 | 0,9 | -2,7 |

10 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

10.1 Messung der Nachhallzeit

In nachstehender Abbildung 17 sind zur besseren Ersichtlichkeit die Mittelwerte und die Vergleichsgrenzen der beiden Anregungsarten für die Nachhallzeitmessung dargestellt.

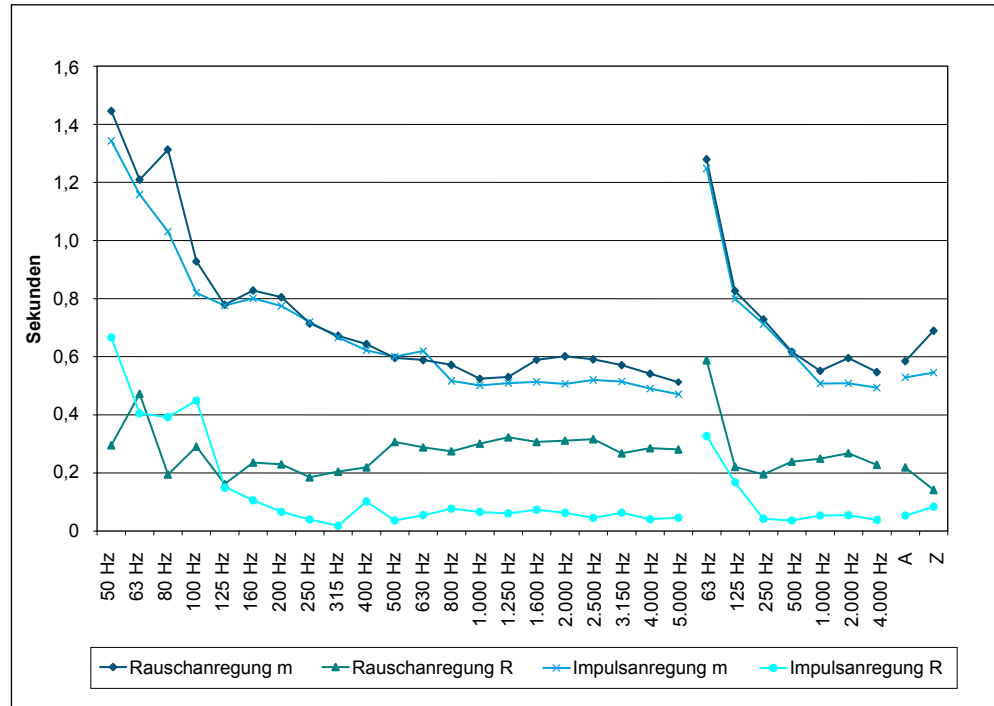


Abbildung 17: Vergleich Mittelwerte *m* und Vergleichsgrenzen *R* für Rausch- und Impulsanregung; alle Werte in Sekunden.

Im Diagramm fällt auf, dass die einzelnen herausragenden Vergleichsgrenzen sowohl bei Rausch- als auch Impulsanregung in denselben Frequenzbändern auftreten. In fast allen Frequenzbändern ist der Vertrauensbereich bei Impulsanregung deutlich kleiner, das heißt in der vorliegenden Messanordnung genauer. Die Ursache liegt allerdings weniger im Verfahren als in der Bedienung der Geräte bei Digitalaufzeichnungen. Bei unmittelbar durchgeführter Nachhallzeitmessung erfolgt die Ansteuerung des Lautsprechers in der Regel über den im Schallpegelmessgerät integrierten Rauschgenerator, damit ist der Messbeginn klar definiert. In Zukunft sollte darauf Bedacht genommen werden, dass bei nachträglicher Analyse von Abfallkurven die Messgerätekombination entsprechend geeignet ist, andernfalls ist in diesem Fall die Messung mittels Impulsanregung eindeutig zu bevorzugen.

Auffällig in der Analyse ist auch, dass die Vergleichsgrenzen für die Summenabfallkurve in A- und Z-Bewertung sehr niedrig sind. Im untersten Oktavband erreichen die Vergleichsgrenzen Werte von 0,3 bis 0,6 Sekunden. Dies ist im Zusammenhang mit dem Bezug auf die normierte Nachhallzeit bei der Messung haustechnischer Geräusche von größtem Interesse. Finden sich bei haustechnischen Einrichtungen die maßgebenden Immissionsanteile im tieffrequenten Bereich, ist eine hohe Genauigkeit bereits aufgrund der Ungenauigkeit bei der Nachhallzeitmessung nicht zu erreichen.

10.2 Messung der Schalldämmung von Außenbauteilen

In nachstehender Abbildung 18 sind zur besseren Ersichtlichkeit die Mittelwerte und die Vergleichsgrenzen der beiden Arten der Messung der Außenbauteile dargestellt.

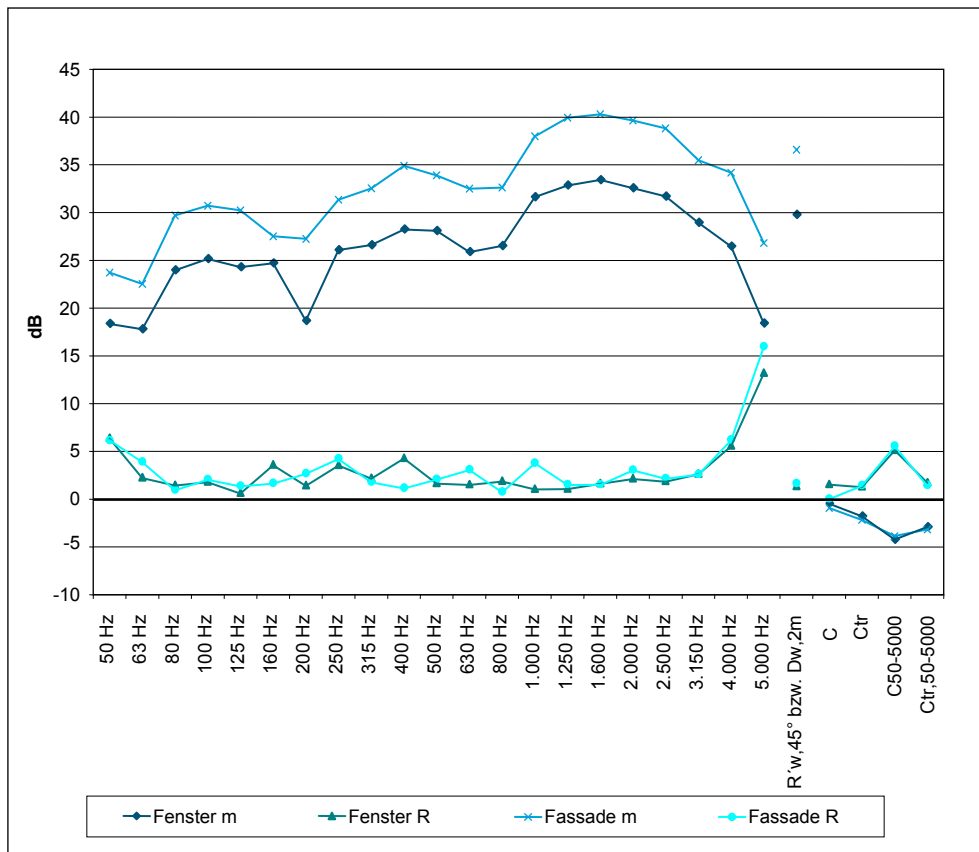


Abbildung 18: Vergleich Mittelwerte *m* und Vergleichsgrenzen *R* für Messung eines Fensters und einer Fassade; alle Werte in dB.

Das hier abgebildete Diagramm zeigt klar, dass die beiden Messmethoden, zum einen bei der Ermittlung der Schalldämmung eines Bauteils, zum anderen einer Fassade zu gleichwertigen Ergebnissen führen. Eine Bevorzugung der Genauigkeit dieser Methoden kann nach den Ergebnissen dieser Ringversuches nicht abgeleitet werden. Von Interesse sind die Übereinstimmungen der Wiederhol- und Vergleichsgrenzen mit den Angaben in ÖNORM EN 12140-2, Anhang A.

Im Wesentlichen – mit jeweils einer Überschreitung – liegen die in diesem Ringversuch ermittelten Wiederhol- und Vergleichsgrenzen in dem in ÖNORM EN 20140-2 Anhang A beschriebenen Rahmen. Dies ist weiter nicht überraschend, da die Fehler in der Anwendung des Verfahrens am Messort in der Ringversuchsplanung durch die Analyse digitaler Signale eliminiert wurden. Auffällig sind aber trotzdem die viel kleineren Wiederhol- und Vergleichsgrenzen im tieffrequenten Bereich.

Die Wiederhol- und Vergleichsgrenzen, die aus diesem Ringversuch ermittelt wurden sind den Angaben in ÖNORM EN 12140-2, Anhang A für Ergebnisse nach ÖNORM EN ISO 140-3 in den folgenden Diagrammen gegenübergestellt.

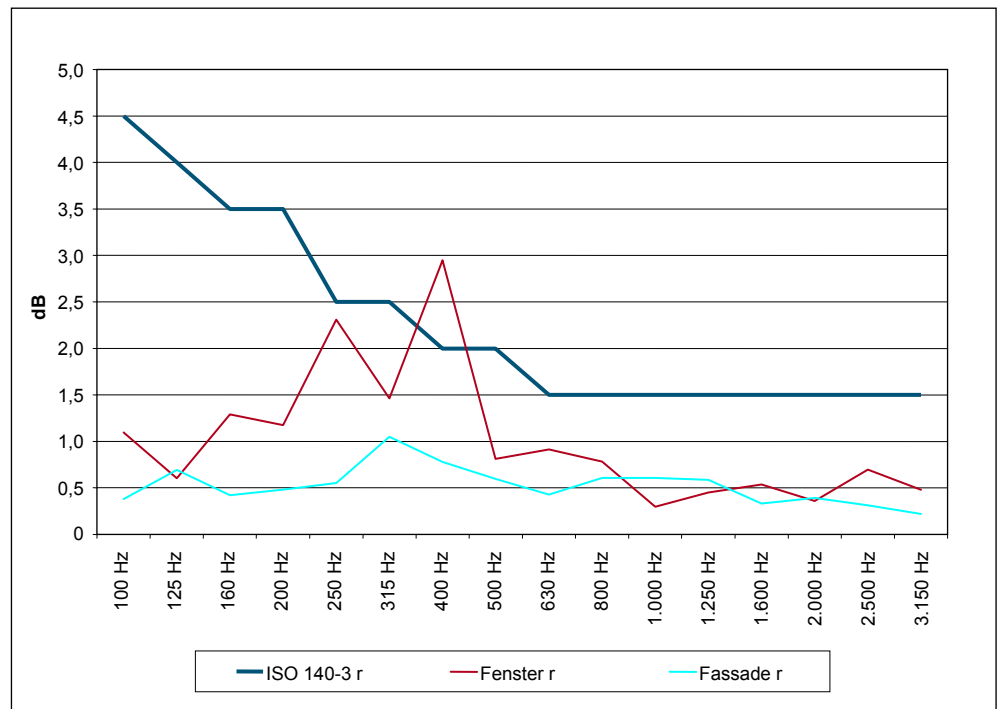


Abbildung 19: Vergleich der Wiederholgrenzen r für die Messung von Bauteilen dieses Ringversuches mit ISO 140-3.

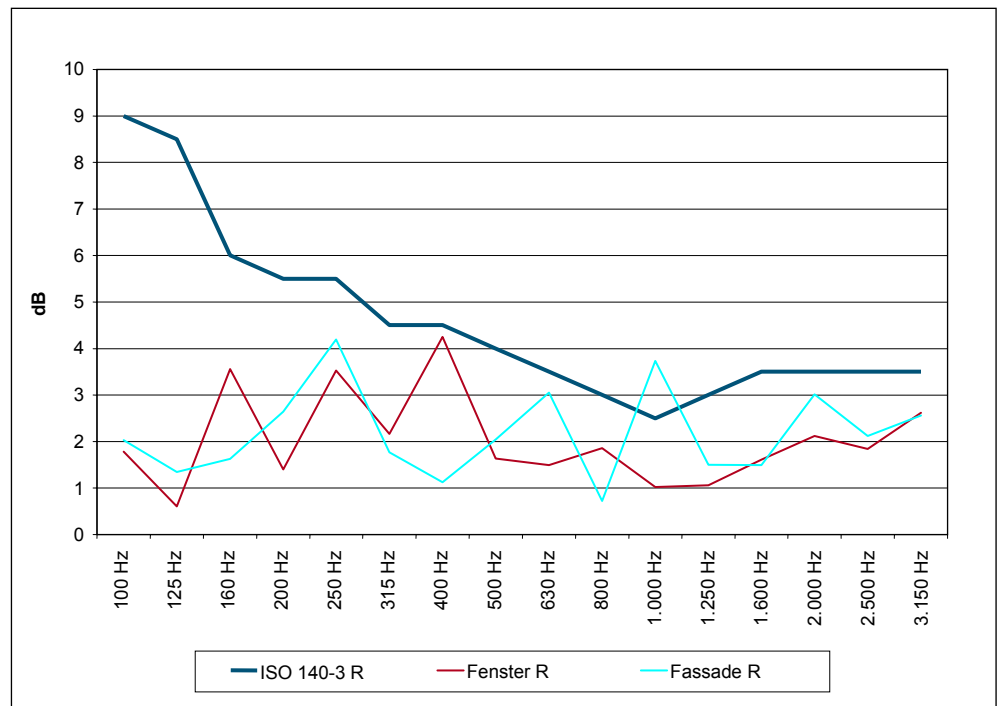


Abbildung 20: Vergleich der Vergleichsgrenzen R für die Messung von Bauteilen dieses Ringversuches mit ISO 140-3.

10.3 Messung haustechnischer Geräusche

In nachstehender Abbildung 21 sind zur besseren Ersichtlichkeit die Mittelwerte und die Vergleichsgrenzen der beiden Methoden zur Messung haustechnischer Geräusche dargestellt.

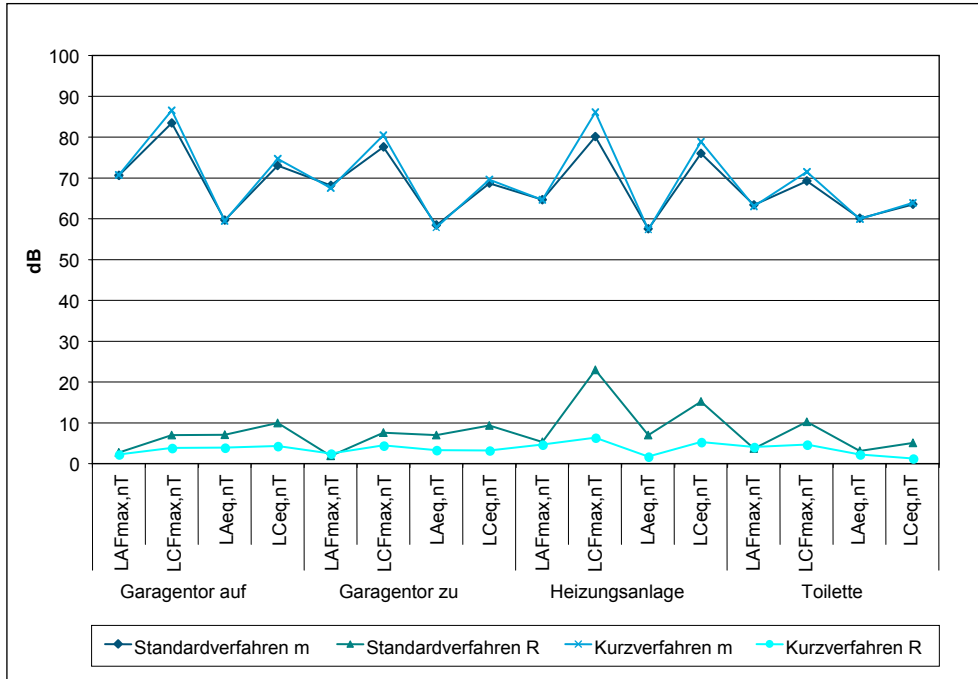


Abbildung 21: Haustechnische Geräusche – Vergleich Mittelwerte *m* und Vergleichsgrenzen *R* für das Standard- und das Kurzverfahren; alle Werte in dB.

Bei der Messung haustechnischer Geräusche zeigt sich, dass das Kurzverfahren wesentlich engere Vergleichsgrenzen aufweist als das Standardverfahren. Bei den $L_{AF,max,nT}$ – und hier sind Anforderungen in ÖNORM B 8115-2 definiert – sind die Vergleichsgrenzen auch auf vergleichbarem Niveau. In allen übrigen Fällen, insbesondere bei Angabe eines C-bewertet ermittelten Pegels ist das Standardverfahren deutlich ungenauer. Dafür verantwortlich zeichnet entscheidend auch die Messung der Nachhallzeit. Es war bereits aufgrund der in Kapitel 10.1 beschriebenen Vergleichsgrenzen zu erwarten, dass sich auch im Bereich der Messung haustechnischer Geräusche die Ungenauigkeiten der Nachhallzeitmessungen in den C-bewerteten Messergebnissen eklatant niederschlagen müssen.

Dramatisch wirken sich die Vertrauensbereiche auch in der Zusammenschau A-bewertetes und C-bewertetes Messergebnis aus. Gemäß ÖNORM B 8115-2 darf der C-bewertete Schallpegel um nicht mehr als 20 dB über dem höchstzulässigen A-bewerteten Schallpegel liegen. Andernfalls gilt das Geräusch als tieffrequent und es wird für die Anforderung der C-bewertete Schallpegel bestimmend.

Im Fall der Heizungsanlage ließe sich bereits die Einhaltung dieser Forderung diskutieren. Im L_{eq} ist diese Differenz mit hoher Wahrscheinlichkeit erreicht, während bei den $L_{F,max}$ die Messverfahren deutlich höhere Differenzen aufweisen. Das Geräusch wurde bei der Messung in keinsten Weise als klassisch tieffrequent empfunden. Es wäre durchaus zu überdenken, inwieweit diese Forderung in vollem Umfang aufrecht bleiben soll und ob nicht ein Nachweis mit A-Bewertung genügt.

11 FOLGERUNGEN

Ermittlung der Nachhallzeit

Der Ringversuch hat gezeigt, dass bei der Auswertung von Nachhallzeitmessungen mit Rauschanregung über digitale Aufzeichnungen Vorsicht geboten ist. Hier eignet sich das Verfahren mittels Impulsanregung eindeutig besser, die Vergleichsgrenzen liegen hier wesentlich niedriger.

Schalldämmung von Außenbauteilen

Wiederhol- und Vergleichsgrenzen für den erweiterten Frequenzbereich

Bei der Messung der Schalldämmung von Außenbauteilen liegen die Ergebnisse im Bereich jener, die als Referenzwerte in ÖNORM EN 20140-2 beschrieben sind. Dies bedeutet auch, dass hinsichtlich Wiederhol- und Vergleichsgrenzen die Ergebnisse dieses Ringversuches für den erweiterten Frequenzbereich herangezogen bzw. aus den bisher bekannten Werten abgeschätzt werden können. Diese Abschätzung ist notwendig, da dieser Ringversuch ausschließlich die Ungenauigkeiten der Messausstattung und der Auswertung, nicht aber der Anwendung des Verfahrens an Ort und Stelle ausweisen kann. Die Messung des Fensters und der Fassade liefert trotz nicht unerheblicher Unterschiede bei der Erfassung der Sendepiegel gleichwertige Ergebnisse hinsichtlich der Genauigkeit. Der Unterschied zwischen $R'_{w,45^\circ}$ und $D_{2m,nT}$ ist frequenzunabhängig, wenn das Fenster der für die Standard-Schallpegeldifferenz bestimmende Bauteil ist. Dies hat sich im Ringversuch sehr deutlich gezeigt (siehe Abbildung 18).

Messung haustechnischer Geräusche

nur $L_{AF,max,nT}$ ausreichend genau bestimmbar

Bezüglich der Messung haustechnischer Geräusche vor allem im Zusammenhang mit dem Nachweis zur Erfüllung der Anforderungen an den baulichen Schallschutz wird an einer Lösung zu suchen sein. Die einzige in akzeptablen Grenzen zu bestimmende Größe ist der $L_{AF,max,nT}$. Hier sind aber die Vergleichsgrenzen beim Standard- und beim Kurzverfahren nahezu gleich und die Mittelwerte der Ergebnisse unbedeutend abweichend, so dass der Vorteil der Messung nach dem Standardverfahren nicht zu erkennen ist. In Kombination mit den Messungen der Nachhallzeiten zeigt sich auch, dass die A-bewertete Nachhallzeit mit hoher Genauigkeit bestimmt werden kann. Fehler bei Messungen der Nachhallzeit im tieffrequenten Bereich schlagen stark in den aus Oktavbandpegeln berechneten, C-bewertet ermittelten Schallpegeln durch – weit mehr, als wenn diese in C-Bewertung gemessen werden. Eine wahrscheinliche Ursache dafür ist auch der Umstand, dass der Pegelkorrekturwert für die Oktavbandbewertung nur für die Mittelfrequenz gültig ist und nicht für davon deutlich abweichende Frequenzen im selben Oktavband.

Standardverfahren nicht genauer als Kurzverfahren

Auf Basis der vorliegenden Ergebnisse ist es nach Ansicht des Autors nicht vertretbar, Ergebnisse des Standardverfahrens bei der Messung haustechnischer Geräusche als genauer zu qualifizieren als jene des Kurzverfahrens. Daten mit hoher Genauigkeit und damit hoher Beweiskraft können ermittelt werden, indem das Kurzverfahren angewendet wird und ein messtechnischer Bezug auf die Nachhallzeit (nicht bloß durch Schätzung) verpflichtend durchzuführen ist. Der Aufwand wird dadurch auf ein wesentlich geringeres Maß ohne Einbuße an die Genauigkeit reduziert.



12 LITERATURVERZEICHNIS

- UMWELTBUNDESAMT (1996): Judith Lang Ergebnisse von Vergleichsmessungen der Schallimmissionen durch den Straßenverkehr und durch einen Betrieb. Berichte, Bd. BE-069. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT(2002): Christoph Lechner, Ringversuch für bauakustische Messungen. Berichte, Bd. BE-207. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2005): Christoph Lechner, Ringversuch Messung der Schallimmission 2005. Berichte, Bd. BE-276. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2006): Christoph Lechner, Ringversuch Messung der Schallimmission 2005. Vergleich von Messmethoden an Hand von Straßenverkehr. Reports, Bd. REP-0060, Wien.

Rechtsnormen und Leitlinien

- ÖNORM B 8115-2: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau – Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz. Ausgabe 2006 12 01.
- ÖNORM EN 20140-2: Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen; Teil 2: Angabe von Genauigkeitsanforderungen. Ausgabe 1. August 1993.
- ÖNORM EN ISO 140-3: Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 3: Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen in Prüfständen. Ausgabe 2005-04-01.
- ÖNORM EN ISO 140-5: Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 5: Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden am Bau. Ausgabe 1999-07-01.
- ÖNORM EN ISO 717-1: Akustik – Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Teil 1: Luftschalldämmung. Ausgabe 1. Juli 1997.
- ÖNORM EN ISO 3382: Akustik – Messung der Nachhallzeit von Räumen mit Hinweis auf andere akustische Parameter. Ausgabe 2000-09-01.
- ÖNORM EN ISO 10052: Akustik – Messung der Luftschalldämmung und Trittschalldämmung und des Schalls von haustechnischen Anlagen in Gebäuden – Kurzverfahren. Ausgabe 2005-04-01.
- ÖNORM EN ISO 16032: Akustik – Messung des Schalldruckpegels von haustechnischen Anlagen in Gebäuden – Standardverfahren. Ausgabe 2004-12-01.
- DIN ISO 5725-1 „Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Messverfahren und Messergebnissen. Ausgabe 1997 inklusive Berichtigung 1998.

13 SCHALLTECHNISCHE GRUNDLAGEN

13.1 Begriffsbestimmungen

Die exakten Begriffsbestimmungen und Definitionen sind den im Literaturverzeichnis angeführten Bezugsnormen zu entnehmen. Im Folgenden werden die wesentlichsten Begriffe wiedergegeben:

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

$$L_p = 10 \cdot \log \frac{p^2}{p_0^2} \text{ in Dezibel (dB) mit } p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$$

Vielfach wird statt Schalldruckpegel die vereinfachte Bezeichnung Schallpegel verwendet.

A-bewerteter Schalldruckpegel $L_{p,A}$: der mit A-Bewertung ermittelte Schalldruckpegel. Die A-Bewertung ist in der Verordnung des Bundesministers für Eich- und Vermessungswesen vom 29. Juni 1979 festgelegt und stellt eine gewisse Annäherung an die Lautheitsempfindung des Menschen dar. Der A-bewertete Schalldruckpegel wird in der Regel für die Beschreibung der Schallimmissionen verwendet.

Energieäquivalenter Dauerschallpegel L_{eq} : Einzahlangabe, die zur Beschreibung von Schallereignissen mit schwankendem Schalldruckpegel dient. Der energieäquivalente Dauerschallpegel wird als jener Schalldruckpegel errechnet, der bei dauernder Einwirkung dem unterbrochenen Geräusch oder Geräusch mit schwankendem Schalldruckpegel energieäquivalent ist.

Der **A-bewertete energieäquivalente Dauerschallpegel $L_{A,eq}$** ist der mit der A-Bewertung ermittelte energieäquivalente Dauerschallpegel.

Nachhallzeit (T): Die Nachhallzeit ist die Zeit in s, in der nach Abschalten der Schallquelle der Schallpegel im Raum um 60 dB abnimmt.

Terzbandpegel: unbewertet in den einzelnen Terzbändern gemessener Schalldruckpegel.

Bau-Schalldämm-Maß, R'_{45° : Maß für die Luftschalldämmung eines Bauteils, wenn die Schallquelle ein Lautsprecher ist und der Schalleinfallswinkel 45° beträgt. Mit dem Index w wird das bewertete Bau-Schalldämm-Maß bezeichnet.

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

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

Schallpegeldifferenz, D_{2m} : Differenz zwischen dem Schalldruckpegel außen, 2 m vor der Fassade und dem zeitlich und über den Raum gemittelten Schalldruckpegel im Empfangsraum in Dezibel.

Standard-Schallpegeldifferenz, $D_{2m,nT}$: Die Schallpegeldifferenz bezogen auf einen Bezugswert der Nachhallzeit im Empfangsraum in Dezibel. Mit dem Index w wird die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz bezeichnet.



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

Indizes wie 50-3150, 50-5.000 etc. beschreiben Spektrumanpassungswerte, die über die Terzbänder der angegebenen Frequenzen gebildet werden.

$L_{AFmax,nT}$: mit A-Bewertung ermittelter, maximaler Schalldruckpegel mit Zeitbewertung „F“ und auf eine Nachhallzeit von 0,5 s standardisiert.

$L_{CFmax,nT}$: mit C-Bewertung ermittelter, maximaler Schalldruckpegel mit Zeitbewertung „F“ und auf eine Nachhallzeit von 0,5 s standardisiert.

$L_{Aeq,nT}$ mit A-Bewertung ermittelter, energieäquivalenter Dauerschallpegel mit Zeitbewertung „F“ und auf eine Nachhallzeit von 0,5 s standardisiert.

$L_{Ceq,nT}$ mit C-Bewertung ermittelter, energieäquivalenter Dauerschallpegel mit Zeitbewertung „F“ und auf eine Nachhallzeit von 0,5 s standardisiert.



13.2 Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Formblatt für die Auswertung der Nachhallzeitmessungen..... | 19 |
| Abbildung 2: Formblatt für die Auswertung der Messung der Schalldämmung der Außenbauteile. | 19 |
| Abbildung 3: Formblatt für die Auswertung der Messung haustechnischer Geräusche. | 20 |
| Abbildung 4: Grafische Darstellung der Boxplot-Informationen an einem Beispiel. | 39 |
| Abbildung 5: Nachhallzeiten mit Rauschanregung, Boxplots Mittelwerte in Sekunden..... | 40 |
| Abbildung 6: Nachhallzeiten mit Rauschanregung, Boxplots Standardabweichungen in Sekunden..... | 40 |
| Abbildung 7: Nachhallzeiten mit Impulsanregung, Boxplots Mittelwerte in Sekunden..... | 41 |
| Abbildung 8: Nachhallzeiten mit Impulsanregung, Boxplots Standardabweichungen in Sekunden..... | 41 |
| Abbildung 9: Schalldämmung eines Fensters, Boxplots Mittelwerte in dB. | 42 |
| Abbildung 10: Schalldämmung eines Fensters, Boxplots Standardabweichungen in dB. | 42 |
| Abbildung 11: Schalldämmung einer Fassade, Boxplots Mittelwerte in dB. | 43 |
| Abbildung 12: Schalldämmung einer Fassade, Boxplots Standardabweichungen in dB. | 43 |
| Abbildung 13: Haustechnische Geräusche – Standardverfahren, Boxplots Mittelwerte in dB. | 44 |
| Abbildung 14: Haustechnische Geräusche – Standardverfahren, Boxplots Standardabweichungen in dB..... | 44 |
| Abbildung 15: Haustechnische Geräusche – Kurzverfahren, Boxplots Mittelwerte in dB. | 45 |
| Abbildung 16: Haustechnische Geräusche – Kurzverfahren Boxplots Standardabweichungen in dB. | 45 |
| Abbildung 17: Vergleich Mittelwerte m und Vergleichsgrenzen R für Rausch- und Impulsanregung; alle Werte in Sekunden. | 48 |
| Abbildung 18: Vergleich Mittelwerte m und Vergleichsgrenzen R für Messung eines Fensters und einer Fassade; alle Werte in dB..... | 49 |
| Abbildung 19: Vergleich der Wiederholgrenzen r für die Messung von Bauteilen dieses Ringversuches mit ISO 140-3..... | 50 |
| Abbildung 20: Vergleich der Vergleichsgrenzen R für die Messung von Bauteilen dieses Ringversuches mit ISO 140-3..... | 50 |
| Abbildung 21: Haustechnische Geräusche – Vergleich Mittelwerte m und Vergleichsgrenzen R für das Standard- und das Kurzverfahren; alle Werte in dB. | 51 |



13.3 Tabellenverzeichnis

| | | |
|-------------|---|----|
| Tabelle 1: | Angaben zu den verwendeten Messgeräten. | 12 |
| Tabelle 2: | Angaben zur den Messsignalen..... | 17 |
| Tabelle 3: | Messung der Nachhallzeit, Rauschanregung Mittelwerte obere Frequenzbänder in Terzbandbreite, untere in Oktavbandbreite. Einzahlangaben mit Frequenzbewertungen A und Z; alle Werte in Sekunden. | 26 |
| Tabelle 4: | Messung der Nachhallzeit, Rauschanregung Standardabweichungen obere Frequenzbänder in Terzbandbreite, untere in Oktavbandbreite. Einzahlangaben mit Frequenzbewertungen A und Z; alle Werte in Sekunden. | 27 |
| Tabelle 5: | Messung der Nachhallzeit, Impulsanregung Mittelwerte obere Frequenzbänder in Terzbandbreite, untere in Oktavbandbreite. Einzahlangaben mit Frequenzbewertungen A und Z; alle Werte in Sekunden. | 28 |
| Tabelle 6: | Messung der Nachhallzeit, Impulsanregung Standardabweichungen obere Frequenzbänder in Terzbandbreite, untere in Oktavbandbreite. Einzahlangaben mit Frequenzbewertungen A und Z; alle Werte in Sekunden. | 29 |
| Tabelle 7: | Messung der Schalldämmung eines Fensters, Mittelwerte in dB..... | 30 |
| Tabelle 8: | Messung der Schalldämmung eines Fensters, Standardabweichungen in dB..... | 31 |
| Tabelle 9: | Messung der Schalldämmung einer Fassade, Mittelwerte in dB..... | 32 |
| Tabelle 10: | Messung der Schalldämmung einer Fassade, Standardabweichungen in dB..... | 33 |
| Tabelle 11: | Messung haustechnischer Geräusche, Mittelwerte in dB..... | 34 |
| Tabelle 12: | Messung haustechnischer Geräusche, Standardabweichungen in dB..... | 35 |
| Tabelle 13: | Mittelwerte m, Wiederholgrenzen r und Vergleichsgrenzen R für Rausch- und Impulsanregung; alle Werte in Sekunden. | 36 |
| Tabelle 14: | Mittelwerte m, Wiederholgrenzen r und Vergleichsgrenzen R für die Messung eines Fensters und einer Fassade; alle Werte in dB. ... | 37 |
| Tabelle 15: | Mittelwerte m, Wiederholgrenzen r und Vergleichsgrenzen R für das Standard- und das Kurzverfahren; alle Werte in dB. | 38 |
| Tabelle 16: | Schalldämmung von Außenbauteilen – Vertrauensbereiche für die Einzahlangabe und Vergleich in dB..... | 46 |
| Tabelle 17: | Haustechnische Geräusche – Zusammenfassung der Vertrauensbereiche für die Einzahlangaben und Vergleich in dB. | 47 |