

Schalldämmung

mit dem Schallpegelmesser XL2



Diese Anwendungsschrift beschreibt die Messung der Schalldämmung am Bau. Dies umfasst die Luftschalldämmung und Trittschalldämmung zwischen zwei Räumen sowie die Luftschalldämmung von Fassaden. Alle Messungen werden mit dem Schallpegelmesser XL2 durchgeführt und mit der Software Sound Insulation Reporter gemäss der Normenreihe ISO 16283 dokumentiert.

Die Schalldämmung wird durch Kombination mehrerer Schalldruckpegel- und Nachhallzeitmessungen berechnet. Der untersuchte Frequenzbereich reicht typischerweise von 50 Hz bis 5 kHz. Die gemessene Luftschalldämmung ist frequenzabhängig, kann aber als Einzahlwert, dem Schalldämmmass, berechnet werden.

Diese Anwendungsschrift gilt für Räume mit einem Volumen zwischen 25 m³ und 250 m³. Für kleinere Räume gelten besondere Methoden.



XL2-TA
Schallpegelmesser



Index

1. Vorbereitungen	2
2. Luftschalldämmung zwischen zwei Räumen	3
3. Trittschalldämmung	11
4. Fassadenschalldämmung	17
5. Sound Insulation Reporter Software	24
6. Grundlagen	25
7. Schalldämmung nach ASTM	28

1. Vorbereitungen

Konfiguration des Messgerätes

Der Schallpegelmesser muss den Anforderungen der Klasse 1 gemäss der Norm IEC 61672-1 genügen. Die empfohlene Konfiguration besteht aus:

- Schallpegelmesser XL2 oder XL2-TA (=XL2 Schallpegelmesser mit installierter TA-Option für rechtlich rückführbare Messungen)
- Erweitertes Akustik-Paket (notwendig für Nachhallzeitmessungen in Terzauflösung)
- XL2 Schalldämmungs-Option, oder aktives Sound Insulation Reporter 365 Jahresabonnement
- M2230 Messmikrofon
- ASD Kabel
- NTi Audio Schallkalibrator
- Mikrofon-Stativ
- Dodekaeder-Lautsprecher DS3
- Leistungsverstärker PA3
- Normhammerwerk TM3
- PC/Tablet mit installierter Sound Insulation Reporter Software

Kalibrierung

Zu Beginn und am Ende jedes Messtages sollte das komplette Schallpegel-Messsystem mit dem NTi Audio Schallkalibrator überprüft werden. Dieser Kalibrator erfüllt die Anforderungen der Klasse 1 gemäß der Norm IEC 60942.

Wichtig

- Das Schallpegel-Messsystem sollte spätestens alle zwei Jahre kalibriert werden.
- Tragen Sie während der Messungen einen geeigneten Gehörschutz!

2. Luftschalldämmung zwischen zwei Räumen

Für die Messung der Luftschalldämmung zwischen zwei Räumen in einem Gebäude sind folgende Messungen erforderlich:

- Schalldruckpegel im Senderaum
- Schalldruckpegel im Empfangsraum
- Hintergrundgeräuschpegel im Empfangsraum
- Nachhallzeit im Empfangsraum

Das Grundkonzept der Schalldämmungsmessung besteht darin, ein rosa Rauschsignal über den Dodekaeder-Lautsprecher DS3 im Senderaum abzuspielen. Dadurch wird ein diffuses Schallfeld im Raum erzeugt. Der erzeugte Schall wird durch eine Trennwand in den Empfangsraum übertragen, in dem ebenfalls ein diffuses Schallfeld angenommen wird.

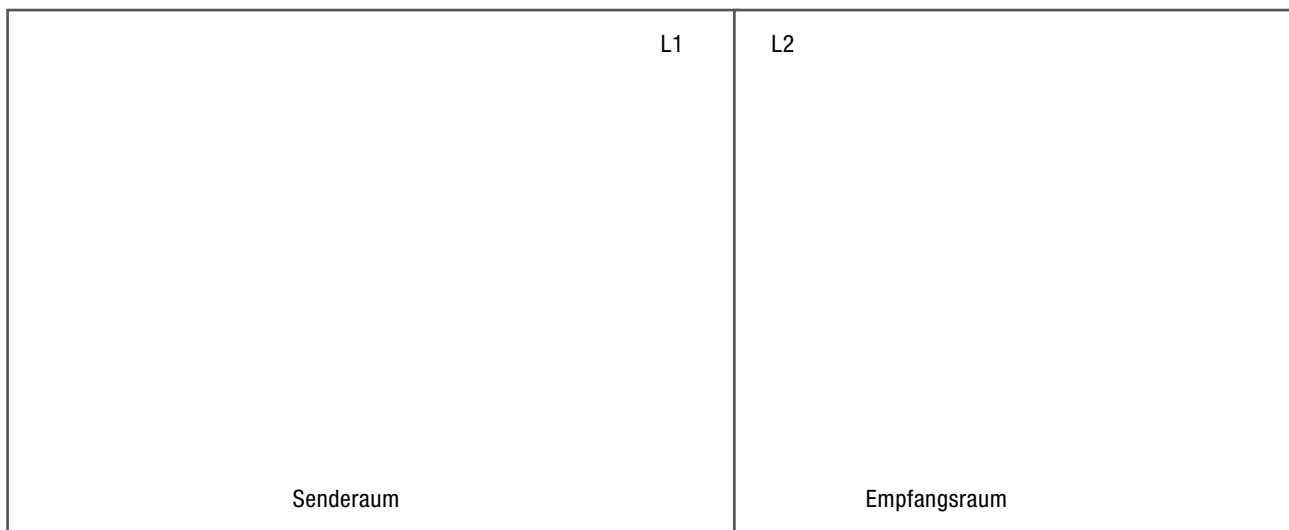
Zunächst wird das Schalldruckpegelspektrum im Senderaum an mehreren Mikrofonpositionen gemessen und gemittelt. Das Gleiche wird für den Empfangsraum wiederholt - störende Hintergrundgeräuschpegel werden abgezogen.

Die Differenz der Schalldruckpegel vom Sende- und Empfangsraum ergibt die Schalldämmung für die erste Lautsprecherposition an. Das gleiche Verfahren wird für eine zweite Lautsprecherposition wiederholt. Zur Korrektur des Raumeinflusses werden im Empfangsraum zusätzliche Nachhallzeitmessungen durchgeführt - z. B. ist der Empfangsraumpegel bei sehr halligen Räumen höher.

2.1 Erste Schritte

Wahl des Raumes

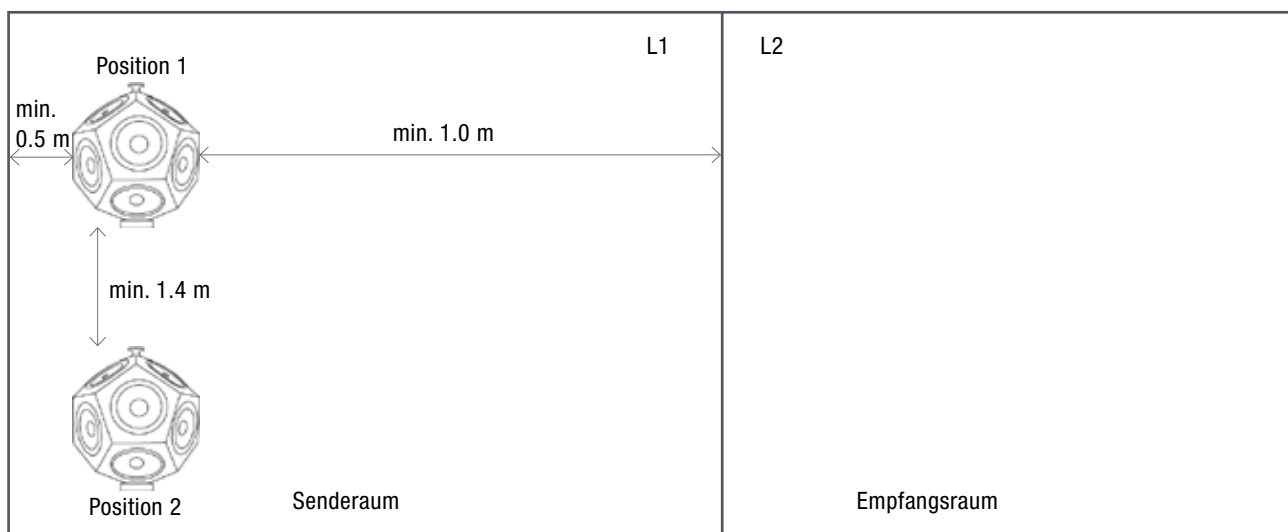
Die Luftschalldämmung wird zwischen zwei Räumen gemessen. Ein Raum wird als Sende- und der andere als Empfangsraum gewählt. Falls sich das Volumen der beiden Räume unterscheidet, ist der kleinere Raum als Empfangsraum zu verwenden. In Anwendungsfällen, in denen einer der Räume ein quaderförmiger Raum ist und der andere eine kompliziertere Geometrie aufweist, ist der quaderförmige Raum als Empfangsraum zu verwenden.



Auswahl Senderraum und Empfangsraum

Position des Lautsprechers

- Platzieren Sie den Lautsprecher im Senderraum.
- Die Messungen müssen mit mindestens zwei verschiedenen Lautsprecherpositionen durchgeführt werden.
- Wählen Sie die Lautsprecherposition 1 in einem Abstand von mindestens 0,5 m von einer Raumbegrenzung und mindestens 1,0 m von der Trennwand. Position 2 ist in ähnlicher Weise zu wählen, muss sich jedoch in einer anderen Ebene relativ zu den Raumbegrenzungen befinden und einen Mindestabstand von 1,4 m zu Position 1 aufweisen. Falls die Messung durch den Boden des Senderraums in den darunter liegenden Empfangsraum erfolgt, muss der Lautsprecher in mindestens 1 m Höhe stehen. Die Abstände werden von der Mitte der einzelnen Treiber des Dodekaeder-Lautsprechers DS3 gemessen, die der Begrenzung oder der anderen Lautsprecherposition am nächsten liegt.



Positionierung der Schallquelle für die Schallpegel-Messungen

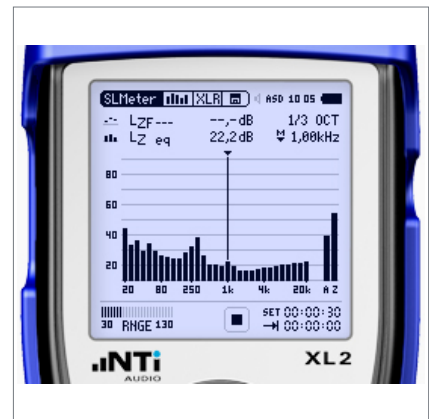
Testsignalpegel

- Reduzieren Sie die Pegeleinstellung am PA3-Leistungsverstärker auf das Minimum.
- Schalten Sie den PA3-Leistungsverstärker ein.
- Wählen Sie die Signalquelle "EQ Pink" für ein akustisch-flachen Frequenzgang im Senderraum. Wählen Sie "Pink", falls ein höherer Pegel erforderlich ist.
- Drücken Sie "Signal ON" und erhöhen den nun die Lautstärke, bis der Schallpegel im Empfangsraum in jedem Frequenzband von 50 Hz bis 5000 Hz mindestens 6 dB - besser 10 dB - höher ist als das Hintergrundgeräusch (in jedem Frequenzband von 50 Hz bis 5000 Hz). Falls dies nicht möglich ist, wird die Sound Insulation Reporter Software automatisch eine Korrektur gemäss der Norm ISO 16283-1 vornehmen.

2.2 Hintergrundgeräuschpegel im Empfangsraum

Vorbereitungen

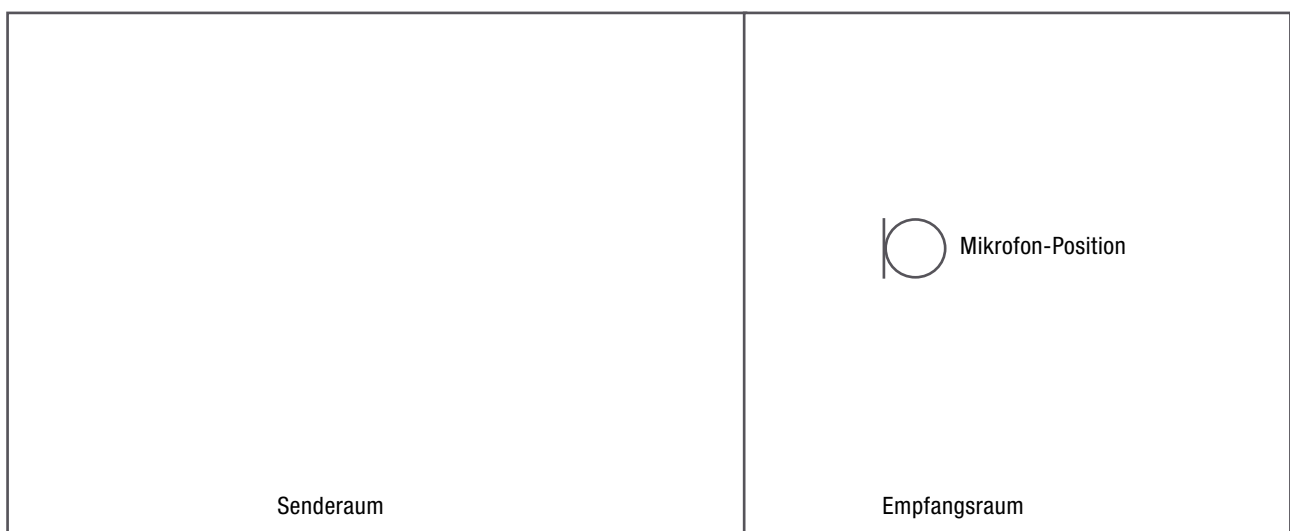
- Wählen Sie die Seite 'RTA' unter der Messfunktion 'SLMeter' auf dem XL2 Schallpegelmesser.
- Wählen Sie die Terzauflösung (1/3 OCT).
- Es wird empfohlen, den Raum während der Messung zu verlassen, um zu verhindern, dass vom Benutzer erzeugte Geräusche das Messergebnis beeinflussen.



Spektrum des Hintergrundgeräuschpegels im Empfangsraum

Messung

- Messen Sie während 15 Sekunden den Hintergrundpegel LZeq im Empfangsraum. Falls der Hintergrundpegel nicht konstant ist, soll eine längere Messdauer verwendet werden, z.B. 30 Sekunden.
- Speichern Sie die Messergebnisse im XL2.



Messung des Hintergrundgeräuschpegels

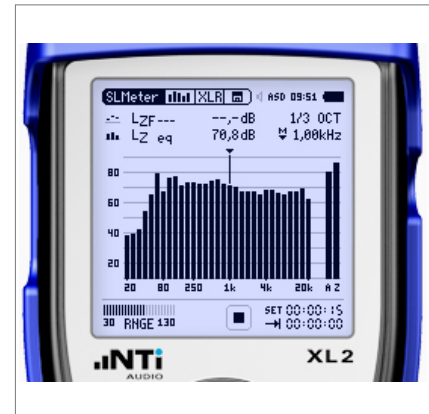
2.3 Schalldruckpegel an Lautsprecherposition 1

Vorbereitungen

Wählen Sie je fünf Positionen für das Mikrofon im Sende- und im Empfangsraum. Die Abstände dieser Positionen gegenüber Wänden, Decke und Boden sollen variieren und kein regelmäßiges Raster bilden. Markieren Sie z.B. die Positionen mit einem Klebeband auf dem Boden und achten Sie auf folgende Mindestabstände:

- 0.7 m zwischen den einzelnen Mikrofonpositionen
- 0.5 m zwischen jeder Mikrofonposition und den Wänden
- 1.0 m zwischen jeder Mikrofonposition und Lautsprecher

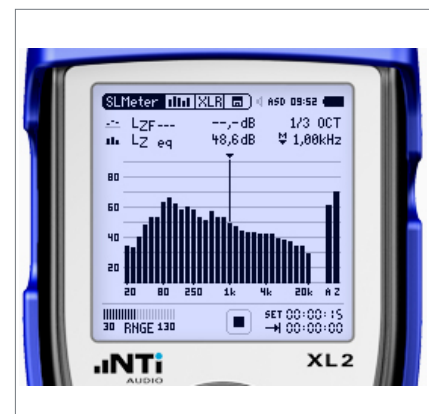
Es wird empfohlen, den Raum während der Messungen zu verlassen, da auch Personen etwas Schall absorbieren.



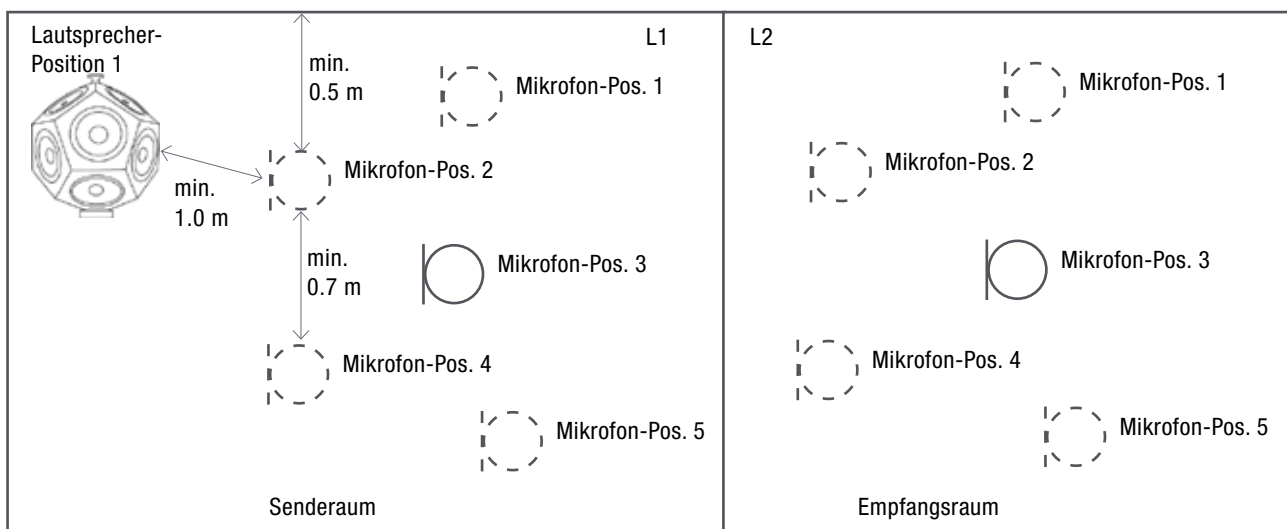
Pegelspektrum im Senderaum

Messungen im Senderaum & Empfangsraum

- Messen Sie das Pegelspektrum LZe_q im Senderaum an jeder Mikrofon-Position in Terzbandauflösung (1/3 OCT) mit einer Messdauer von 15 Sekunden.
- Speichern Sie die Messergebnisse im XL2.



Pegelspektrum im Empfangsraum



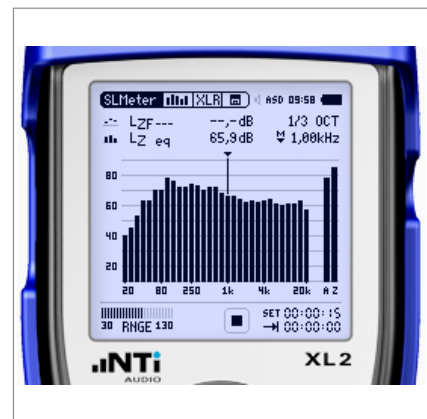
Messung des Schallpegels im Sende- und Empfangsraum an der Lautsprecherposition 1

2.4 Schalldruckpegel an Lautsprecherposition 2

Verschieben Sie den Dodekaeder-Lautsprecher DS3 an die Position 2 im Senderaum.

Messungen im Senderaum

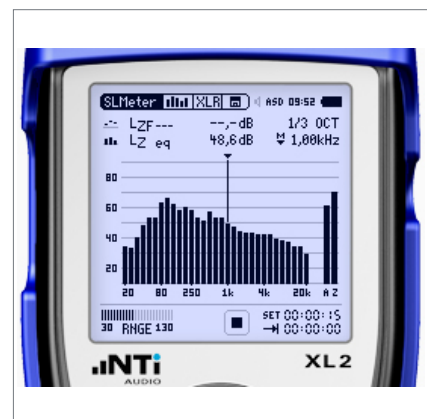
- Messen Sie das Pegelspektrum LZeq im Senderaum an jeder Mikrofon-Position mit einer Messdauer von 15 Sekunden.
- Speichern Sie die Messergebnisse im XL2.



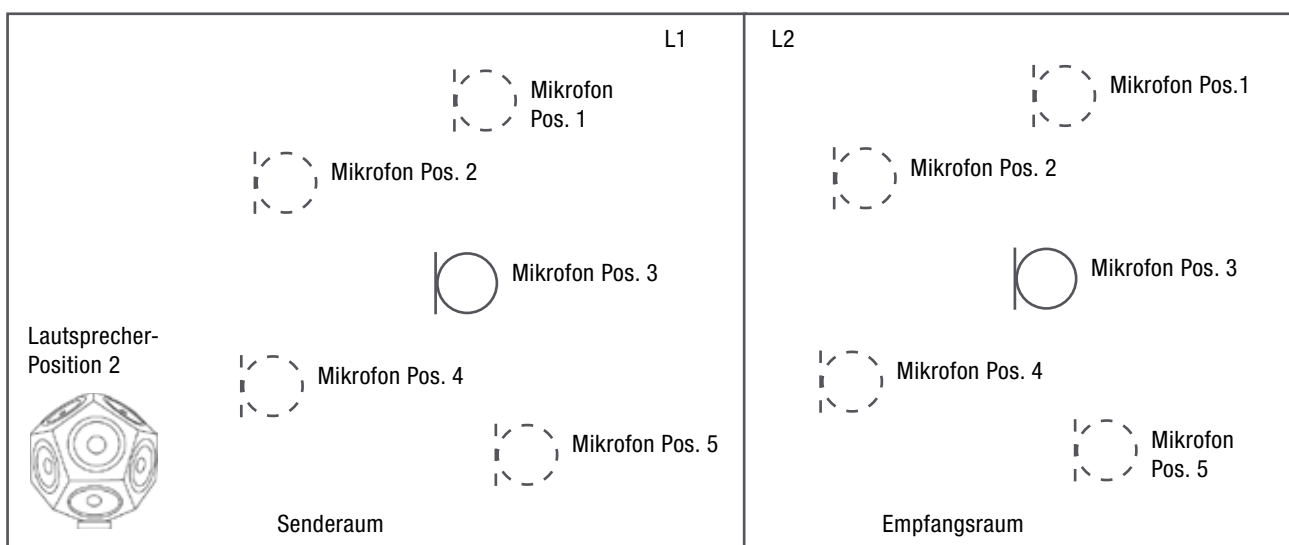
Pegelspektrum im Senderaum

Messungen im Empfangsraum

- Messen Sie das Pegelspektrum LZeq im Empfangsraum an jeder Mikrofon-Position für eine Dauer von 15 Sekunden.
- Speichern Sie die Messergebnisse im XL2.



Pegelspektrum im Empfangsraum

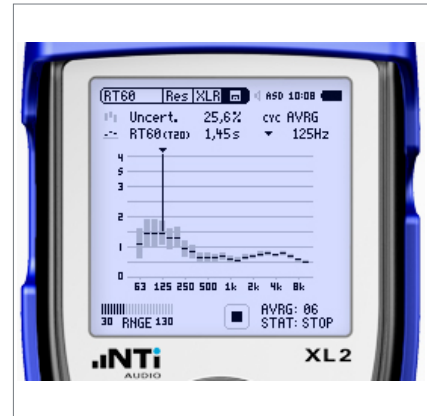


Messung des Pegels im Sende- und Empfangsraum an der Lautsprecherposition 2

2.5 Nachhallzeit im Empfangsraum

Vorbereitungen

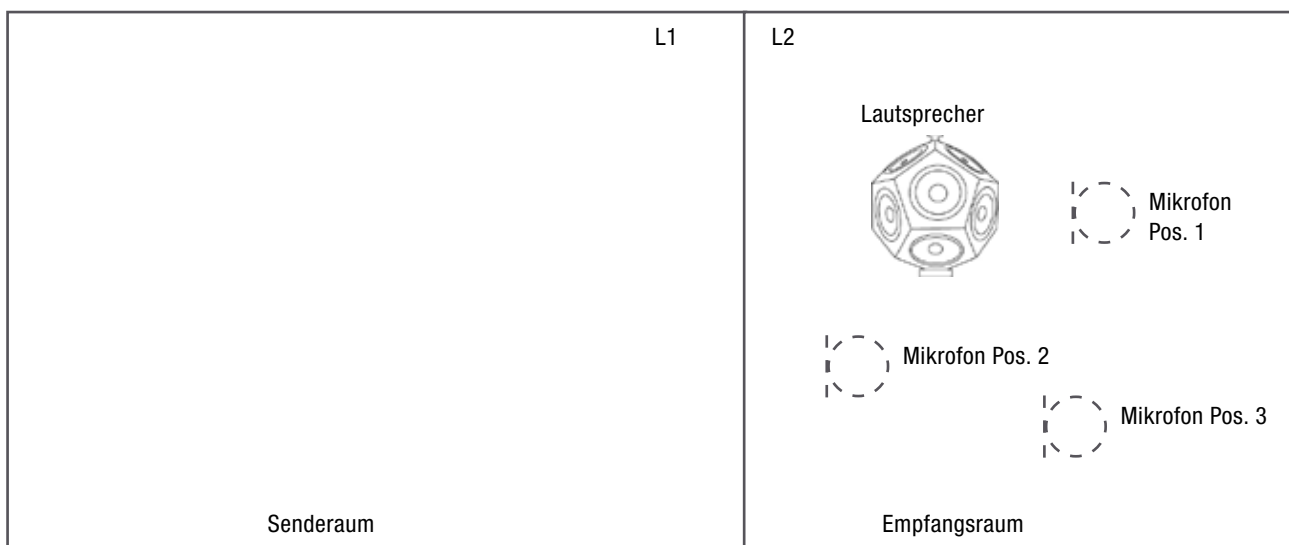
- Positionieren Sie den Dodekaeder-Lautsprecher DS3 im Empfangsraum.
- Definieren Sie die Mikrofonpositionen im Empfangsraum.
- Wählen Sie auf dem Schallpegelmesser XL2 die Messfunktion RT60 in Terzbandauflösung (1/3 OCT).



Nachhallzeit T

Messung

- Starten Sie die Messung auf dem XL2.
- Starten Sie das getaktete Rosa Rauschsignal.
zu beachten: Die Ein/Aus-Zyklen sollten länger dauern als die erwartete Nachhallzeit.
- Messen Sie mindestens drei Zyklen pro Position.
- Stoppen Sie die Messung auf dem XL2.
- Wiederholen Sie diese Prozedur an den anderen Mikrofonpositionen.
- Speichern Sie die Messergebnisse im XL2.



Messung der Nachhallzeit T im Empfangsraum

2.6 Datenanalyse und Messbericht

Verifizieren und dokumentieren Sie die Messdaten mit der Sound Insulation Reporter Software. Laden Sie dazu alle Ergebnisse in die Software und erzeugen den Schalldämmungs-Messbericht. Die Software berechnet die gewichteten Bewertungen basierend auf der verschobenen Bezugskurve gemäss der Norm ISO 717-1.

Berechnungsformeln:

- $D = L1 - L2$
- $D_n = D - 10 \log (A / 10)$
- $D_{nT} = D + 10 \log (T/0.5)$
- $R' = D + 10 \log (S/A)$
- $A = 0.16 * V / T$

A	Äquivalente Absorptionsfläche des Empfangsraums [m ²]
D	Pegeldifferenz zwischen Sende- und Empfangsraum [dB]
D _n	Normalisierte Pegeldifferenz [dB] (die Pegeldifferenz D wird auf eine äquivalente Absorptionsfläche von 10 m ² im Empfangsraum normiert)
D _{nT}	Standardisierte Pegeldifferenz [dB] (die Pegeldifferenz D wird auf eine Bezugs-Nachhallzeit von 0.5 Sekunden im Empfangsraum normiert)
D _{nT,w}	Gewichtete standardisierte Pegeldifferenz [dB] (d.h. der Wert der Bezugskurve bei 500 Hz nach Verschiebung der Bezugskurve)
L1	Schalldruckpegel im Senderaum [dB]
L2	Schalldruckpegel im Empfangsraum [dB]
R'	Bau-Schalldämmmass [dB]
R' _w	Gewichtetes Bau-Schalldämmmass [dB] (d.h. der Wert der Bezugskurve bei 500 Hz nach Verschiebung der Bezugskurve)
S	Fläche der Trennwand zwischen dem Sende- und Empfangsraum [m ²]
T	Nachhallzeit im Empfangsraum [s]
V	Volumen des Empfangsraums [m ³]

3. Trittschalldämmung

Für die Messung der Trittschalldämmung können zwei verschiedene Geräuschquellen verwendet werden

- Normhammerwerk
zur Bewertung einer Vielzahl von leichten, harten Stößen, wie z. B. Schritte in Schuhen mit harten Absätzen oder herunterfallende Gegenstände
- Gummiball
zur Bewertung schwerer, weicher Stöße, z. B. von barfuss gehenden Personen oder springenden Kindern, sowie zur Quantifizierung der absoluten Belästigung

Hier wird die Messung mit der Normhammerwerk beschrieben.

Die Messung der Trittschalldämmung erfordert die folgenden Messungen:

- Hintergrundgeräuschpegel im Empfangsraum
- Schalldruckpegel im Empfangsraum
- Nachhallzeit im Empfangsraum

3.1 Erste Schritte

Wahl des Raumes

In der Regel wird die Trittschalldämmung zwischen zwei übereinander liegenden Räumen gemessen. Das Normhammerwerk TM3 wird im oberen Raum, dem Senderaum, positioniert. Die Messungen werden im unteren Raum, dem Empfangsraum, durchgeführt.

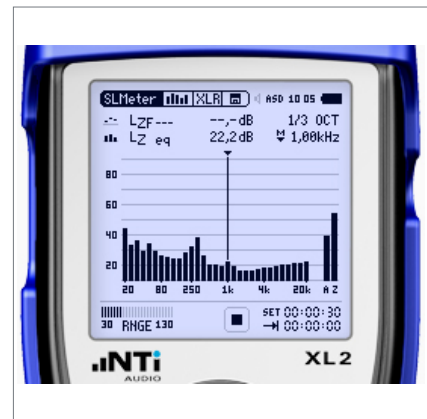
Position der Quelle

- Positionieren Sie das Normhammerwerk TM3 im Senderaum.
- Die Messungen müssen mit mindestens vier verschiedenen Quellenpositionen durchgeführt werden. Der Mindestabstand zu jeder Wand muss 0,5 m betragen. Bei Bodenkonstruktionen mit Unterzügen sollte das Normhammerwerk in einem Winkel von 45° zur Richtung der Unterzüge aufgestellt werden.

3.2 Hintergrundgeräuschpegel im Empfangsraum

Vorbereitungen

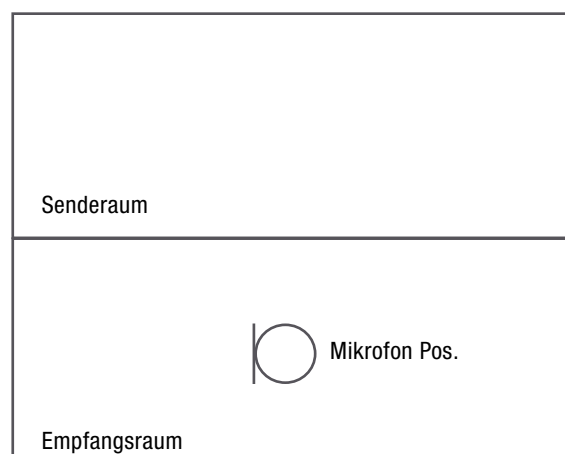
- Wählen Sie die Seite 'RTA' unter der Messfunktion 'SLMeter' auf dem XL2 Schallpegelmesser.
- Wählen Sie die Terzauflösung (1/3 OCT).
- Es wird empfohlen, den Raum während der Messung zu verlassen, um zu verhindern, dass vom Benutzer erzeugte Geräusche das Messergebnis beeinflussen.



Spektrum des Hintergrundgeräuschpegels im Empfangsraum

Messung

- Messen Sie während 15 Sekunden den Hintergrundpegel LZeq im Empfangsraum. Falls der Hintergrundpegel nicht konstant ist, soll eine längere Messdauer verwendet werden, z.B. 30 Sekunden.
- Speichern Sie die Messergebnisse im XL2.



Messung des Hintergrundgeräuschpegels - Seitenansicht

3.3 Schalldruckpegel im Empfangsraum

Vorbereitung

Das Normhammerwerk TM3 ist an mindestens vier verschiedenen, zufällig auf dem zu prüfenden Boden verteilten Stellen aufzustellen. Die Verbindungslinie des Hammers sollte in einem Winkel von 45° zur Richtung etwaiger Balken oder Rippen im Boden verlaufen. Jede Schallquellenposition muss einen Mindestabstand von 0,5 m zu jeder Raumbegrenzung haben.

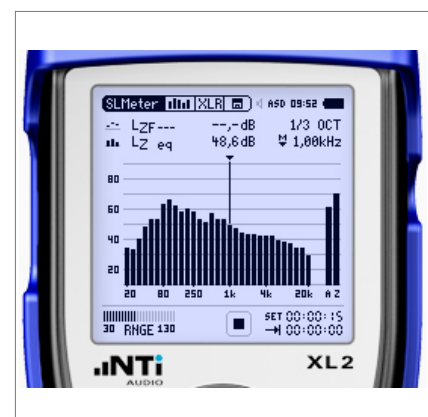
Es sind vier Mikrofonpositionen festzulegen, die innerhalb des maximal zulässigen Raumes im Empfangsraum verteilt sind. Für jede Quellenposition sind mindestens zwei Mikrofonpositionen zu verwenden. Die Mikrofonpositionen müssen in einer anderen Ebene als die Raumgrenzen liegen und dürfen kein regelmäßiges Raster bilden. Markieren Sie die Positionen zum Beispiel mit einem Klebeband auf dem Boden. Es gelten die folgenden Mindestabstände:

- 0,7 m zwischen den Mikrofonpositionen
- 0,5 m von jeder Raumbegrenzung
- 1,0 m von der Trennwand, die durch die Aufprallquelle angeregt wird.

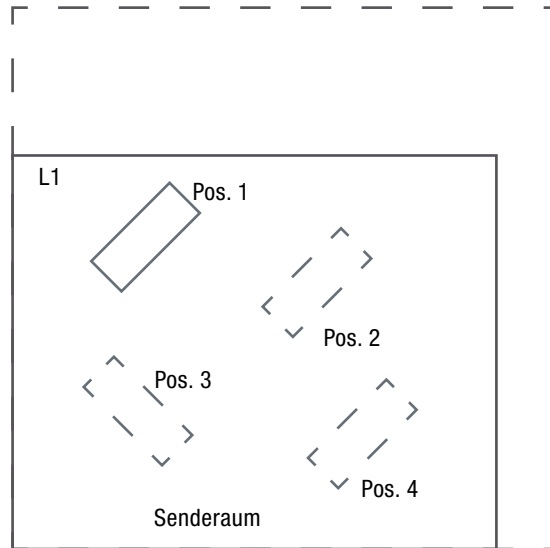
Es wird empfohlen, den Raum während der Pegelmessung zu verlassen, da der Bediener eine zusätzliche Absorption verursacht.

Messungen

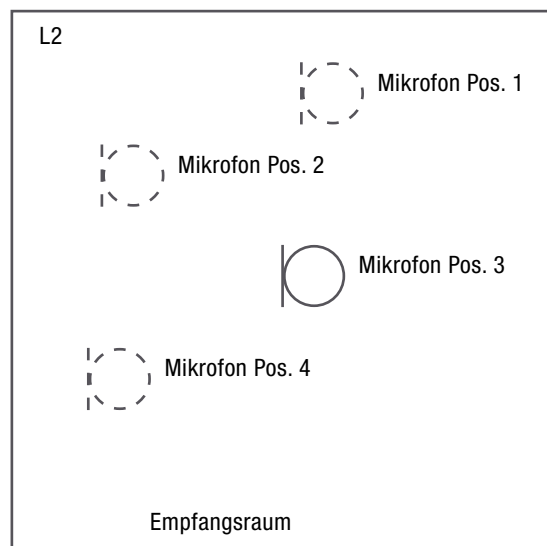
- Messen Sie das Schallpegelspektrum LZeq an jeder Mikrofonposition für eine Messdauer von 15 Sekunden.
- Speichern Sie die Messergebnisse im XL2.



Geräuschspektrum im Empfangsraum



Normhammerwerk-Positionen - Ansicht von oben

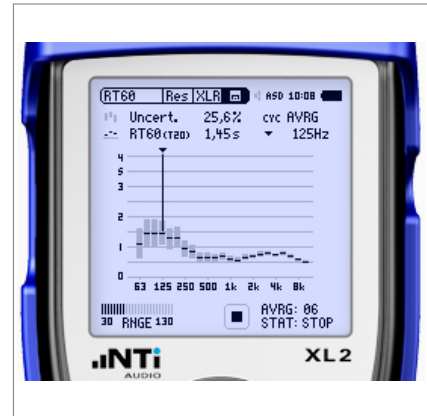


Messung des Schallpegels im Empfangsraum bei Normhammerwerk an Position 1 - Ansicht von oben

3.4 Nachhallzeit im Empfangsraum

Vorbereitungen

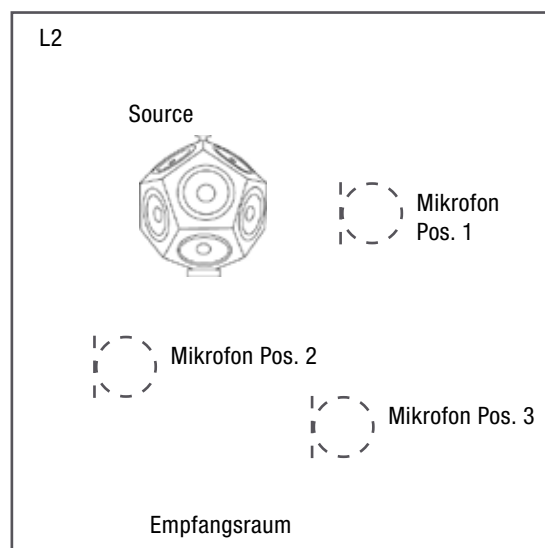
- Positionieren Sie den Dodekaeder-Lautsprecher DS3 im Empfangsraum.
- Definieren Sie die Mikrofonpositionen im Empfangsraum.
- Wählen Sie auf dem Schallpegelmesser XL2 die Messfunktion RT60 in Terzbandauflösung (1/3 OCT).



Nachhallzeit T

Messung

- Starten Sie die Messung auf dem XL2.
- Starten Sie das getaktete Rosa Rauschsignal.
zu beachten: Die Ein/Aus-Zyklen sollten länger dauern als die erwartete Nachhallzeit.
- Messen Sie mindestens drei Zyklen pro Position.
- Stoppen Sie die Messung auf dem XL2.
- Wiederholen Sie diese Prozedur an den anderen Mikrofonpositionen.
- Speichern Sie die Messergebnisse im XL2.



Messung der Nachhallzeit T im Empfangsraum

3.5 Datenanalyse und Messbericht

Verifizieren und dokumentieren Sie die Messdaten mit der Sound Insulation Reporter Software. Laden Sie dazu alle Ergebnisse in die Software und erzeugen den Schalldämmungs-Messbericht. Die Software berechnet die gewichteten Bewertungen basierend auf der verschobenen Bezugskurve gemäss der Norm ISO 717-2.

Berechnungsformeln

- $L'_n = L_i + 10 \log (A / 10)$
- $L'_{nT} = L_i - 10 \log (T / 0.5)$
- $A = 0.16 * V / T$

A	Äquivalente Absorptionsfläche des Empfangsraums [m ²]
L _i	Trittschallpegel im Empfangsraum [dB]
L' _n	Normalisierter Trittschallpegel [dB]
L _{n,w}	Gewichteter normalisierter Trittschallpegel [dB] (d.h. der Wert der Bezugskurve bei 500 Hz nach Verschiebung der Bezugskurve)
L' _{nT}	Standardisierte Trittschallpegel [dB]
L' _{nT,w}	Gewichteter standardisierter Trittschallpegel [dB] (d.h. der Wert der Bezugskurve bei 500 Hz nach Verschiebung der Bezugskurve)
T	Nachhallzeit im Empfangsraum [s]
V	Volumen des Empfangsraums [m ³]

4. Fassadenschalldämmung

Bei der Messung der Fassadenschalldämmung werden die folgenden zwei Messverfahren unterschieden:

- Bauteil-Lautsprecher-Verfahren
 - für Schalldämmungsmessungen an Fassadenelementen, z.B. Fenstern
 - Ziel der Messung ist es, Ergebnisse für das Schalldämmmass zu erhalten, die mit Labormessungen verglichen werden können,
- Gesamt-Lautsprecher-Verfahren
 - liefert die tatsächliche Schallpegelminderung einer zu prüfenden Fassade an einem bestimmten Ort im Vergleich zu einer Position 2 m vor der Fassade
 - bevorzugte Methode für Schalldämmungsmessungen ganzer Fassaden einschließlich aller flankierenden Wege
 - Das Ergebnis kann nicht mit dem von Labormessungen verglichen werden.

Hier wird die globale Messmethode beschrieben.

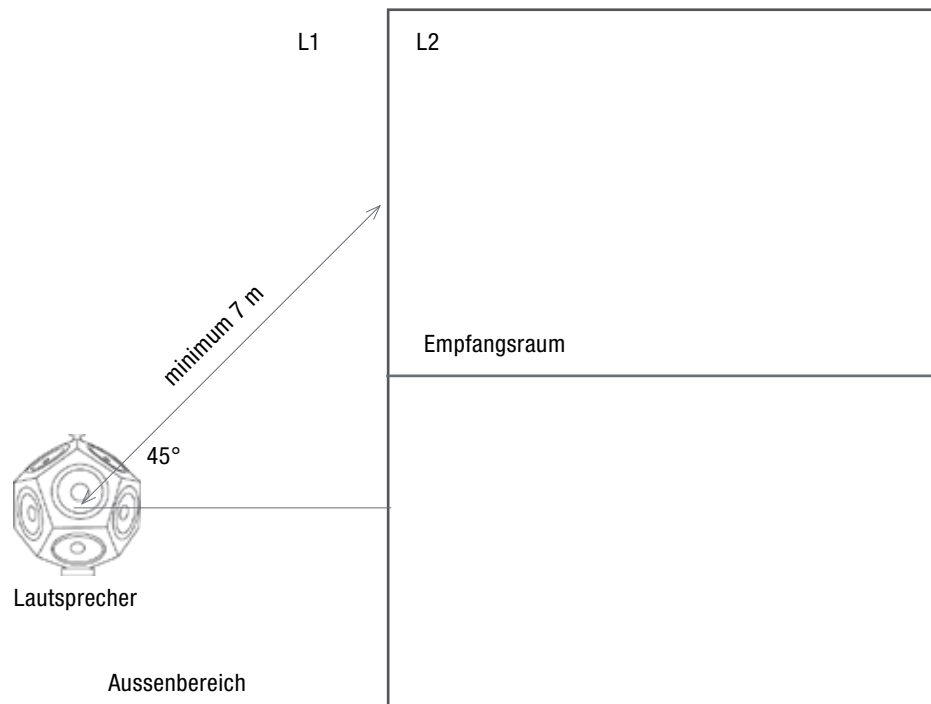
Die Messung der Luftschalldämmung von Fassaden erfordert die folgenden Messungen:

- Hintergrundgeräuschpegel im Empfangsraum
- Schalldruckpegel vor der Fassade
- Schalldruckpegel im Empfangsraum
- Nachhallzeit im Empfangsraum

4.1 Erste Schritte

Position des Lautsprechers

- Stellen Sie den Dodekaeder-Lautsprecher DS3 im Freien vor der Fassade auf. Der Abstand D muss mindestens 5 m betragen.
- Der Einfallswinkel des Schalls auf die Fassade muss $45^\circ \pm 5^\circ$ betragen. Der Abstand zwischen dem Lautsprecher und der Mitte der zu prüfenden Fassade muss mindestens 7 m betragen.
- Der Sende-Schalldruckpegel wird 2 m vor der Fassade gemessen.
- Die Messungen können an einer oder mehreren Lautsprecherpositionen durchgeführt werden. Bei sehr großen Räumen oder wenn der Raum zwei oder mehr Aussenwände hat, sind mehrere Lautsprecherpositionen erforderlich.



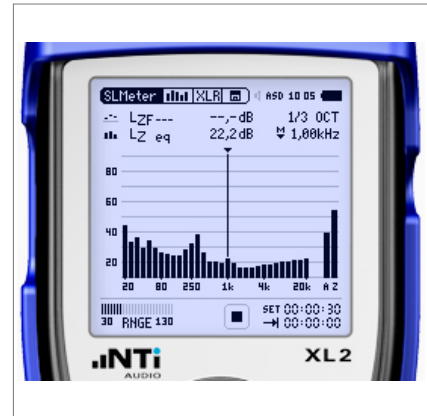
Pegel des Testsignals

- Beginnen Sie mit einem niedrigen Pegel des Rosa-Rauschen-Testsignals.
- Erhöhen Sie den Pegel, bis er im Empfangsraum mindestens 6 dB - besser 10 dB - höher ist als das Hintergrundgeräusch (in jedem Frequenzband von 50 Hz bis 5000 Hz). Falls dies nicht möglich ist, wendet die Software Sound Insulation Reporter automatisch Korrekturen gemäß der Norm an.

4.2 Hintergrundgeräuschpegel im Empfangsraum

Vorbereitungen

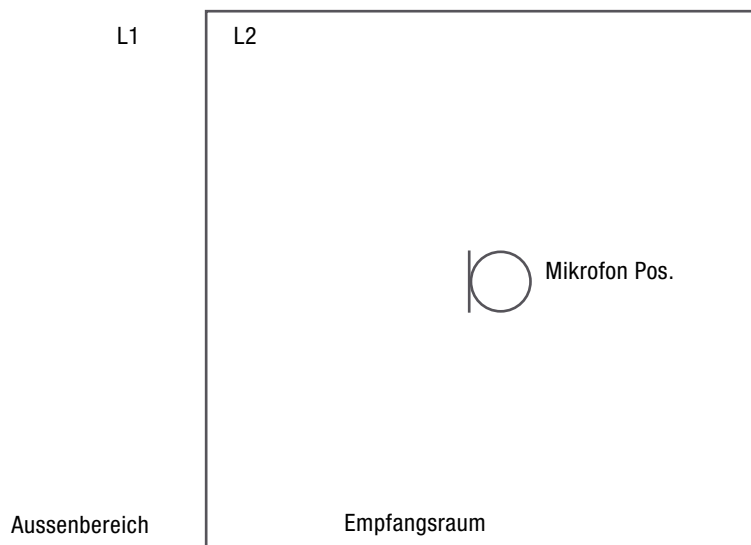
- Wählen Sie die Seite 'RTA' unter der Messfunktion 'SLMeter' auf dem XL2 Schallpegelmesser.
- Wählen Sie die Terzauflösung (1/3 OCT).
- Es wird empfohlen, den Raum während der Messung zu verlassen, um zu verhindern, dass vom Benutzer erzeugte Geräusche das Messergebnis beeinflussen.



Spektrum des Hintergrundgeräuschpegels im Empfangsraum

Messung

- Messen Sie während 15 Sekunden den Hintergrundpegel LZeq im Empfangsraum. Falls der Hintergrundpegel nicht konstant ist, soll eine längere Messdauer verwendet werden, z.B. 30 Sekunden.
- Speichern Sie die Messergebnisse im XL2.



Messung des Hintergrundgeräuschpegels im Empfangsraum - Ansicht von oben

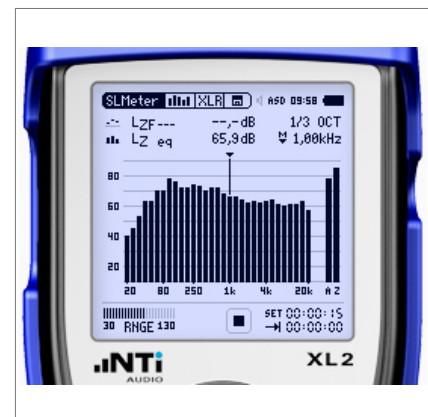
4.3 Schalldruckpegel vor der Fassade

Vorbereitung

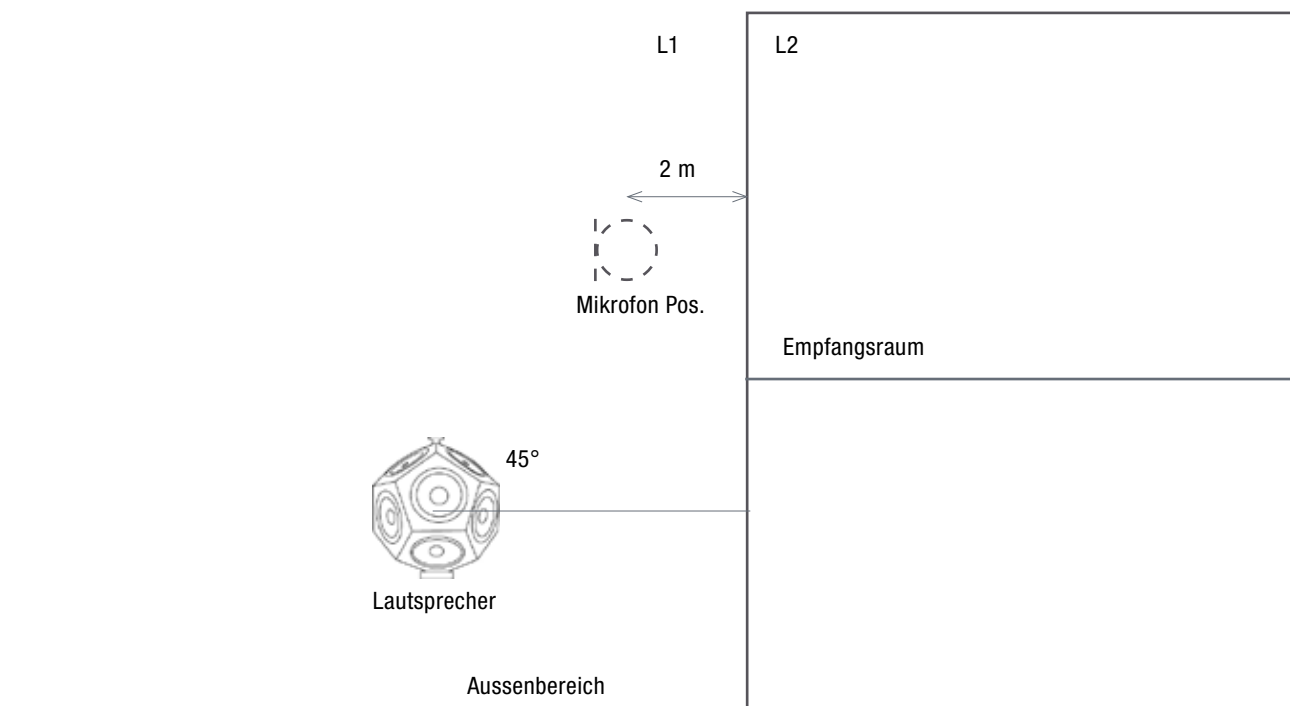
Der Sende-Schalldruckpegel wird im Freien 2 m (+/- 0,2 m) vor der zu prüfenden Fassadenflächenmitte gemessen. Die Höhe des Mikrofons beträgt 1,5 m über dem Boden des Empfangsraums.

Messungen

- Messen Sie das Pegelspektrum LZeq an jeder Mikrofon-Position mit einer Messdauer von 15 Sekunden.
- Speichern Sie die Messergebnisse im XL2.



Pegelspektrum vor der Fassade



Messung des Schallpegels im Sendebereich im Freien - Seitenansicht

4.4 Schalldruckpegel im Empfangsraum

Vorbereitung

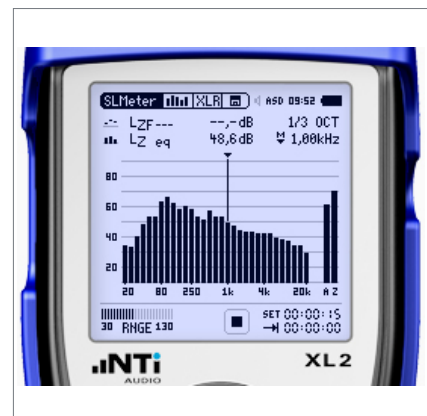
Legen Sie fünf Mikrofonpositionen im Sende- und Empfangsraum fest, die im Rahmen des maximal zulässigen Platzes in jedem Raum verteilt sind. Die Positionen müssen in einer anderen Ebene als die Raumgrenzen liegen und dürfen kein regelmäßiges Raster bilden. Markieren Sie die Positionen zum Beispiel mit einem Klebeband auf dem Boden. Es gelten die folgenden Mindestabstände:

- 0,7 m zwischen den Mikrofonpositionen
- 0,5 m von jeder Raumbegrenzung
- 1,0 m zwischen jeder Mikrofonposition und dem Sprecher

Es wird empfohlen, den Raum während der Pegelmessung zu verlassen, da der Bediener eine zusätzliche Absorption verursacht.

Messungen

- Messen Sie das Pegelspektrum LZeq an jeder Mikrofon-Position mit einer Messdauer von 15 Sekunden.
- Speichern Sie die Messergebnisse im XL2.

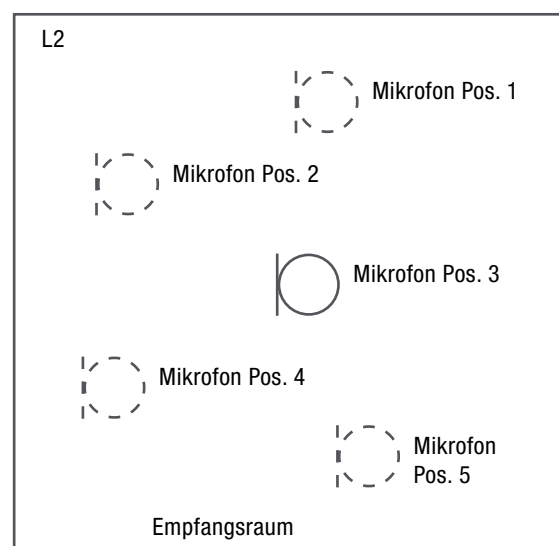


Pegelspektrum im Empfangsraum

L1

L2

Aussenbereich

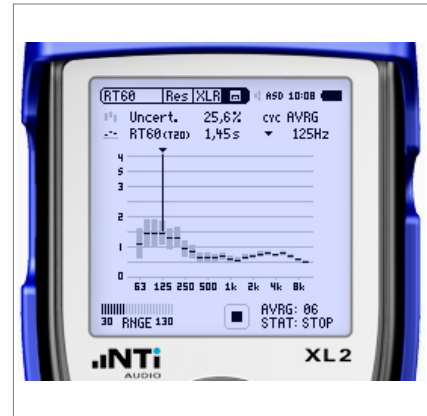


Messung des Schallpegels im Empfangsraum - Ansicht von oben

4.5 Nachhallzeit im Empfangsraum

Vorbereitungen

- Positionieren Sie den Dodekaeder-Lautsprecher DS3 im Empfangsraum.
- Definieren Sie die Mikrofonpositionen im Empfangsraum.
- Wählen Sie auf dem Schallpegelmesser XL2 die Messfunktion RT60 in Terzbandauflösung (1/3 OCT).



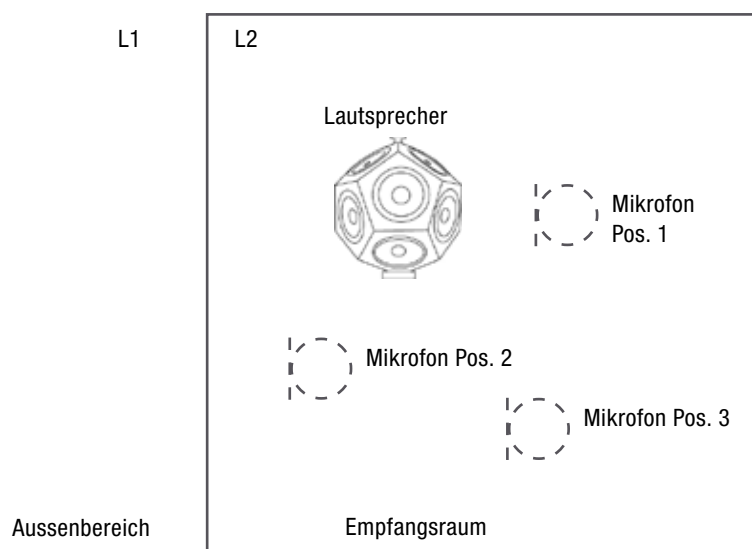
Nachhallzeit T

Messung

- Starten Sie die Messung auf dem XL2.
- Starten Sie das getaktete Rosa Rauschsignal.
zu beachten: Die Ein/Aus-Zyklen sollten länger dauern als die erwartete Nachhallzeit.
- Messen Sie mindestens drei Zyklen pro Position.
- Stoppen Sie die Messung auf dem XL2.
- Wiederholen Sie diese Prozedur an den anderen Mikrofonpositionen.
- Speichern Sie die Messergebnisse im XL2.

L1

L2



Messung der Nachhallzeit T im Empfangsraum

4.6 Datenanalyse und Messbericht

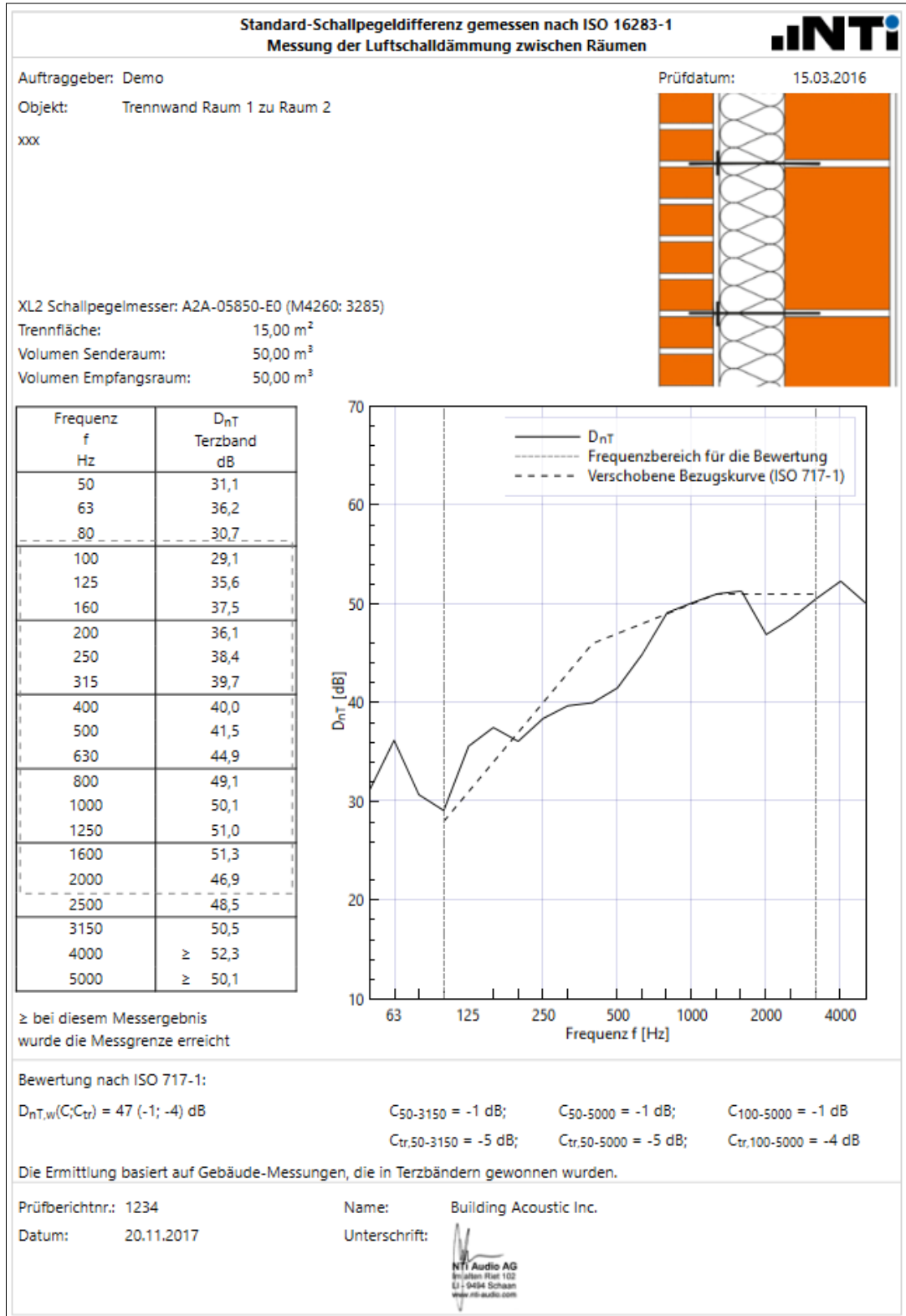
Verifizieren und dokumentieren Sie die Messdaten mit der Sound Insulation Reporter Software. Laden Sie dazu alle Ergebnisse in die Software und erzeugen den Schalldämmungs-Messbericht. Die Software berechnet die gewichteten Bewertungen basierend auf der verschobenen Bezugskurve gemäss der Norm ISO 717-1.

Berechnungsformeln:

- $D_{2m} = L_{1,2m} - L_2$
- $D_{2m,n} = D_{2m} - 10 \log (A / 10)$
- $D_{2m,nT} = D_{2m} + 10 \log (T / 0.5)$
- $R'_{45^\circ} = D + 10 \lg (S / A) - 1.5$
- $A = 0.16 * V / T$

A	Äquivalente Absorptionsfläche des Empfangsraums [m ²]
D	Pegeldifferenz zwischen Aussenbereich und Empfangsraum [dB]
D_{2m}	Pegeldifferenz zwischen 2 m vor der Fassade und Empfangsraum [dB]
$D_{2m,n}$	Normalisierte Pegeldifferenz [dB] (die Pegeldifferenz D wird auf eine äquivalente Absorptionsfläche von 10 m ² im Empfangsraum normiert)
$D_{2m,nT}$	Standardisierte Pegeldifferenz [dB] (die Pegeldifferenz D wird auf eine Bezugs-Nachhallzeit von 0.5 Sekunden im Empfangsraum normiert)
$D_{nT,w}$	Gewichtete standardisierte Pegeldifferenz [dB] (d.h. der Wert der Bezugskurve bei 500 Hz nach Verschiebung der Bezugskurve)
$L_{1,2m}$	Schalldruckpegel 2 m vor der Fassade [dB]
L_2	Schalldruckpegel im Empfangsraum [dB]
R'_{45°	Bau-Schalldämmass [dB]
$R'_{45^\circ,w}$	Gewichtetes Bau-Schalldämmass [dB] (d.h. der Wert der Bezugskurve bei 500 Hz nach Verschiebung der Bezugskurve)
S	Fläche der Trennwand zwischen dem Sende- und Empfangsraum [m ²]
T	Nachhallzeit im Empfangsraum [s]
V	Volumen des Empfangsraums [m ³]

5. Sound Insulation Reporter Software



Sound Insulation Reporter - Musterbericht

6. Grundlagen

6.1 Diffuses Schallfeld

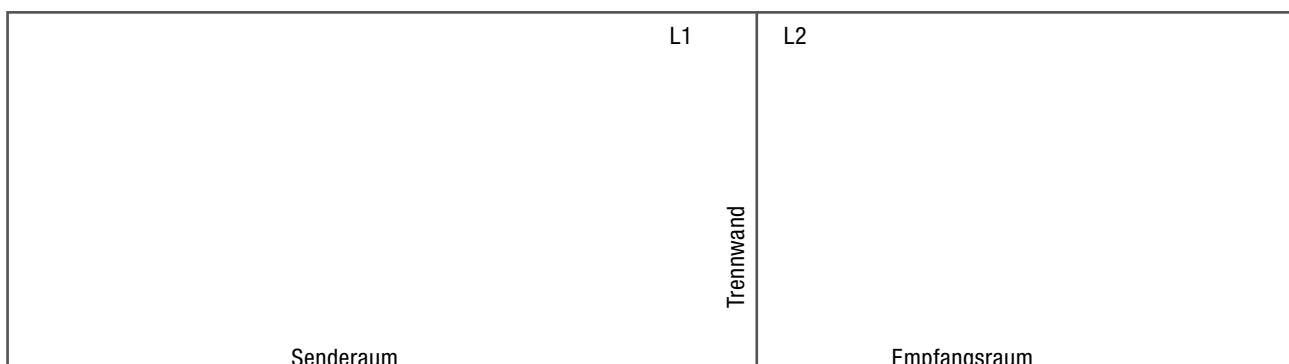
Bei Schalldämmungsmessungen wird häufig das Schallfeld in den Räumen als diffus betrachtet (d.h. die Schallenergiedichte ist im gesamten Raum gleichmässig verteilt). Dies ist jedoch nicht ganz korrekt, da diffuse Schallfelder in realen quaderförmigen Räumen mit stationären Oberflächen und absorbierenden Begrenzungen nicht auftreten. In der realen Situation gibt es jedoch einige Räume, in denen es im Mittel- und Hochtonbereich Annäherungen an ein diffuses Schallfeld gibt. In den tieferen Frequenzbändern unter etwa 400 Hz und besonders unter 100 Hz sind keine Diffusfeldbedingungen in den Prüfräumen zu erwarten, insbesondere bei einem Raumvolumen von 50 m³ oder weniger. Das hier beschriebene Messverfahren ermöglicht die Messung der Schalldämmung in Unkenntnis darüber, ob das Schallfeld als diffus oder nicht diffus betrachtet werden kann.

6.2 Positionierung der Schallquelle

Bei der Messung der Luftschalldämmung in einem nicht diffusen Schallfeld ist es notwendig, möglichst viele Moden (akustische Resonanzen) im Senderraum anzuregen, um eine möglichst hohe Schallenergie zu erreichen. Dazu muss der Lautsprecher in der Nähe der Ecken positioniert werden, da von einer Eckposition aus mehr Raum-Moden angeregt werden, als wenn die Schallquelle an einem zentralen Punkt steht. Abgesehen davon ist es notwendig, Mittelwertmessungen an mehr als einer Lautsprecherposition vorzunehmen. („Sound Insulation“ von Carl Hopkins, 2007, Elsevier & Überarbeitung der internationalen Normen von Carl Hopkins, 2015, Elsevier)

6.3 Schalldämmmass R

Das Schalldämmmass R beschreibt die Schalldämmung einer Wand bzw. Decke oder von Bauteilen, die in einem Messlabor zwischen zwei Räumen installiert sind. Bei solchen Labormessungen ist es wichtig, dass der vom Senderraum über die Seitenwände in den Empfangsraum übertragene Schall mindestens 15 dB unter dem Schallpegel liegt, der durch die zu prüfende Trennwand übertragen wird.



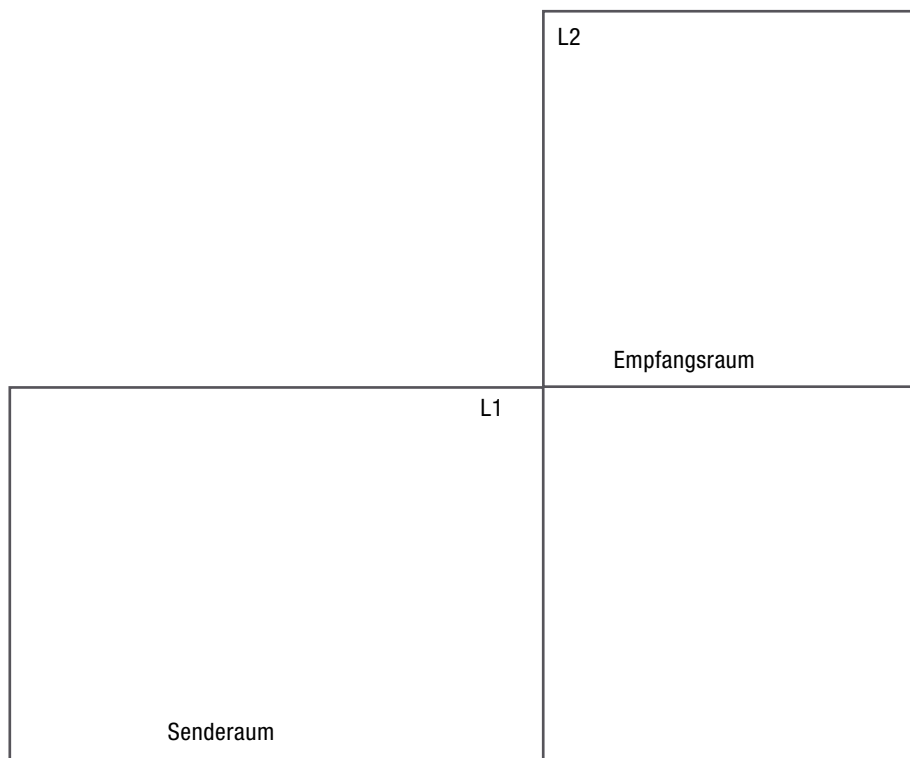
Typische Raumaufteilung

6.4 Bau-Schalldämmmass R'

Am Bau kommt es vor, dass der Schall aus dem Senderaum z.T. seitlich an der zu untersuchenden Trennwand vorbei übertragen wird (z.B. über einen Fensterladenkasten oder einen elektrischen Kanal). Der Schallpegel im Empfangsraum stammt daher nicht nur von dem Schall, der durch die Trennwand übertragen wird. Daher wird am Bau das so genannte "Bau-Schalldämmmass R' " gemessen.

6.5 Normalisierte Pegeldifferenz D_n

Die normierte Pegeldifferenz D_n wird verwendet, wenn keine gemeinsame Trennfläche vorhanden ist oder wenn die Trennfläche nicht leicht zu bestimmen ist (z.B. Lüfteröffnung, Belüftung, ...). Dazu wird der Schalldruckpegel im Sende- und Empfangsraum gemessen und die Differenz D berechnet. Da der Pegel im Empfangsraum von der Schallabsorption im Raum abhängt, wird die Pegeldifferenz auf die tatsächliche Absorptionsfläche im Empfangsraum bezogen, und auf eine Referenzabsorptionsfläche von 10 m^2 normiert. Bezogen auf das Schalldämmmass R ist somit z.B. eine Pegeldifferenz D_n von 40 dB als eine Trennwand von 10 m^2 mit $R = 40 \text{ dB}$ zu interpretieren.



Räume ohne gemeinsame Trennfläche

6.6 Standardisierte Pegeldifferenz D_nT

Die genormte Pegeldifferenz beschreibt die Schalldämmung zwischen zwei Räumen. Dieser Parameter muss in nationalen Normen üblicherweise eine Mindestanforderung erfüllen. Dazu wird der Schalldruckpegel im Sende- und Empfangsraum gemessen und die Differenz D berechnet. Da der Pegel in den Empfangsräumen von der Nachhallzeit T im Raum abhängt, wird die Pegeldifferenz auf die gemessene Nachhallzeit im Empfangsraum in Bezug auf eine Referenznachhallzeit von 0.5 Sekunden normiert.

6.7 Normen

ISO 16283-1	Akustik - Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen am Bau - Teil 1: Luftschalldämmung
ISO 16283-2	Akustik - Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen am Bau - Teil 2: Trittschalldämmung
ISO 16283-3	Akustik - Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen am Bau - Teil 3: Fassadenschalldämmung
ISO 717-1	Akustik - Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 1: Luftschalldämmung
ISO 717-2	Akustik - Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 2: Trittschalldämmung
IEC 61672-1	Elektroakustik - Schallpegelmesser - Teil 1: Anforderungen
IEC 61260-1	Elektroakustik - Bandfilter für Oktaven und Bruchteile von Oktaven - Teil 1: Anforderungen
IEC 60942	Elektroakustik - Schallkalibratoren
ISO 3382-2	Akustik - Messung von Parametern der Raumakustik - Teil 2: Nachhallzeit in gewöhnlichen Räumen

7. Schalldämmung nach ASTM

7.1 Luftschalldämmung zwischen zwei Räumen

ASTM spezifiziert die Messung der Luftschalldämmung zwischen zwei Räumen in E336 und E413.

Berechnungsformeln:

- $NR = L1 - L2$
- $NNR = NR + 10 \log (T / 0.5)$
- $ATL = NR + 10 \log (S / A)$
- $A = 55.26 * V / (c * T)$
- $c = 20.047 * \text{SQRT} (273.15 + t)$

ATL	Apparent transmission loss [dB]
ASTC	Apparent sound transmission class [dB] (single number rating obtained by applying the classification procedure of Classification E413 to apparent transmission loss data)
A	Sound absorption in the receiving room [m ²]
c	Speed of sound [m/s]
L1	Sound pressure level in the sending room [dB]
L2	Sound pressure level in the receiving room [dB]
NR	Noise reduction between the sending and receiving room [dB]
NIC	Noise isolation class [dB] (a single-number rating calculated in accordance with Classification E413 using measured values of noise reduction)
NNR	Normalized noise reduction [dB] (the level difference D is standardized to the 0.5 seconds reference value of the reverberation time in the receiving room)
NNIC	Normalized noise isolation class [dB] (a single-number rating calculated in accordance with Classification E413 using measured values of normalized noise reduction)
S	Partition area between the sending and receiving room [m ²]
t	Room temperature [°C]
T	Reverberation time in the receiving room [s]
V	Volume of the receiving room in [m ³]

7.2 Trittschalldämmung

ASTM spezifiziert die Messung der Trittschalldämmung in E1007 und E989.

Berechnungsformeln:

- $ANISPL = ISPL - 10 \log (10 / A)$
- $RTNISPL = ISPL - 10 \log (T / 0.5)$
- $A = 55.26 * V / (c * T)$
- $c = 20.047 * \text{SQRT} (273.15 + t)$

A	Sound absorption in the receiving room [m ²]
AiIC	Apparent impact insulation class [dB] (a single-number rating derived from values of ANISPL in accordance with Classification E989, formerly FiIC for field impact insulation class)
ANISPL	Absorption normalized impact sound pressure level [dB]
c	Speed of sound [m/s]
ISPL	Impact sound pressure level produced in the receiving room by the operation of the standard tapping machine on a floor-ceiling assembly [dB]
ISR	Impact sound rating [dB] (a single-number rating derived from values of ISPL in accordance with Classification E989)
NISR	Normalized impact sound rating [dB] (a single-number rating derived from values of RTNISPL in accordance with Classification E989)
RTNISPL	Reverberation time normalized impact sound pressure level [dB]
t	Room temperature [°C]
T	Reverberation time in the receiving room [s]
V	Volume of the receiving room in [m ³]

7.3 Fassadenschalldämmung

ASTM spezifiziert die Messung der Fassadenschalldämmung in E966 und E1332.

Berechnungsformeln:

- $OINR = L_{free} - L_{in}$
- $OINR = L_{2m} - L_{in} - 2 \text{ dB}$
- $OINR = L_{flush} - L_{in} - 5 \text{ dB}$
- $AOITL = OINR + 10 \log (S * \cos \Theta / A) + 6 \text{ dB}$
- $A = 55.26 * V / (c * T)$
- $c = 20.047 * \text{SQRT} (273.15 + t)$

A	Sound absorption in the receiving room [m ²]
AOITC	Apparent outdoor-indoor transmission class [dB] (a single-number rating calculated in accordance with Classification E1332 using measured values of apparent outdoor-indoor transmission loss)
AOITL	Apparent outdoor-indoor transmission loss [dB]
c	Speed of sound [m/s]
L _{2m}	Nearby microphone method - sound pressure level measured 2 m in front of facade [dB]
L _{flush}	Flush microphone method - sound pressure level measured very close to the facade [dB]
L _{free}	Calibrated source method - sound pressure level of the source calibrated in free-field environment at the same distance that the source is to be facade [dB]
L _{in}	Sound pressure level in the receiving room [dB]
OINIC	Outdoor-indoor noise isolation class [dB] (a single-number rating calculated in accordance with Classification E1332 using values of outdoor-indoor noise reduction)
OINR	Outdoor-indoor noise reduction [dB]
S	Partition area between the outdoor area and receiving room [m ²]
t	Room temperature [°C]
T	Reverberation time in the receiving room [s]
Θ	Angle of incidence of test sound [°]
V	Volume of the receiving room in [m ³]

7.4 Normen

ASTM E336	Standard Test Method for Measurement of Airborne Sound Attenuation between Rooms in Buildings
ASTM E413	Classification for Rating Sound Insulation
ASTM E1007	Standard Test Method for Field Measurement of Tapping Machine Impact Sound Transmission Through Floor-Ceiling Assemblies and Associated Support Structures
ASTM E989	Standard Classification for Determination of Single-Number Metrics for Impact Noise
ASTM E966	Standard Guide for Field Measurements of Airborne Sound Attenuation of Building Facades and Facade Elements
ASTM E1332	Standard Classification for Rating Outdoor-Indoor Sound Attenuation
ANSI/ASA S1.4 / Part 1	American National Standard Electroacoustics - Sound Level Meters - Part 1: Specifications (a nationally adopted international standard IEC 61672-1)
ANSI/ASA S1.11 / Part 1	Electroacoustics - Octave-band and Fractional-octave-band Filters -Part 2: Pattern-evaluation Tests (a nationally adopted international standard IEC 61260-1)
ANSI/ASA S1.40	American National Standard Specifications and Verification Procedures for Sound Calibrators
IEC 60942	Electroacoustics - Sound calibrators
ASTM E2235	Standard Test Method for Determination of Decay Rates for Use in Sound Insulation Test Methods