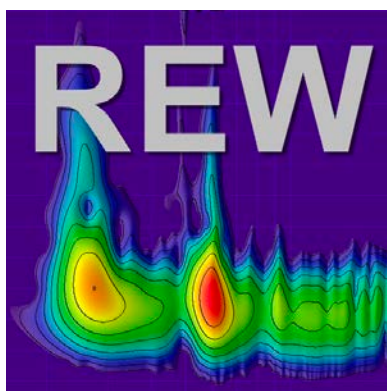


Dämpfung – REW-Anleitung

(iPhone/iPad/Android-App-Dokumentation)

Version 1.002

25. maaliskuuta 2025



Änderungsverlauf

Datum	Version	Änderung
-------	---------	----------

7.3.2025	1.002	Struktur des Textes wurde geändert
----------	-------	------------------------------------

Datum	Version	Änderung
-------	---------	----------

6.3.2025	1.001	Interpretationen für das Wasserfall-Diagramm, Noise Floor und Overlays hinzugefügt
----------	-------	--

Datum	Version	Änderung
-------	---------	----------

28.2.2025	1.0	Erste Veröffentlichung
-----------	-----	------------------------

Inhaltsverzeichnis

Sisällys

Änderungsverlauf	2
Inhaltsverzeichnis	3
1 Einleitung	4
2 Erläuterung der Begriffe	4
2.1 SNR (<i>Signal-to-Noise Ratio</i>)	4
2.2 SDR (<i>Signal-to-Distortion Ratio</i>)	4
2.3 THD (<i>Total Harmonic Distortion</i>)	5
2.4 THD+N (<i>Total Harmonic Distortion plus Noise</i>)	5
3 Wofür wird eine Spektralanalyse verwendet?	6
4 Messprozess	6
4.1 Praktische Hinweise zur Spektralanalyse mit REW	6
4.2 Spektralanalyse im RTA-Fenster	7
4.2.1 Stepped-Sine-Messung (Stepped sine)	8
4.3 Spektralanalyse nach der Messung	9
4.4 Zusammenfassung: Durchführung der Spektralanalyse	10
5 Interpretation der Messergebnisse	10
5.1 Measurement Info: SNR (<i>Signal-to-Noise Ratio</i>)	10
5.2 Measurement Info: SDR (<i>Signal-to-Distortion Ratio</i>)	10
5.3 RTA-Fenster: THD (<i>Total Harmonic Distortion</i>)	11
5.4 RTA-Fenster: THD+N (<i>Total Harmonic Distortion plus Noise</i>)	11
5.5 Clarity: C80 (<i>Music Clarity Index</i>)	13
5.6 Frequenzgang (<i>Frequency Response</i>)	14
5.7 Impulsantwort (<i>Impulse Response</i>)	16
5.8 Rauschpegel und Resonanzen (<i>SPL</i>)	16
5.9 Wasserfall-Diagramm / Spektrogramm	17
5.10 Noise Floor (<i>Rauschpegel</i>)	17
5.11 Overlays	18
6 Weitergabe Ihrer Messergebnisse an andere zur Auswertung	18

1 Einleitung

In welchem REW-Fenster wird die Spektralanalyse durchgeführt und wie?

REW (Room EQ Wizard) bietet mehrere Fenster und Tools, mit denen eine Spektralanalyse durchgeführt werden kann. Die Spektralanalyse erfolgt in der Regel im Real-Time Analyzer (RTA)-Fenster, aber auch Frequency Response durch Drücken des Measure-Icons und danach Harmonic Distortion-Analysen sind im Distortion-Tab verfügbar. Unten eine detaillierte Anleitung:

2 Erläuterung der Begriffe

Mit REW kann man das Signal-Rausch-Verhältnis (SNR), das Signal-Verzerrungs-Verhältnis (SDR), den Gesamtklirrfaktor (THD) und THD+N messen. Unten finden Sie eine Erklärung dieser Begriffe und ihrer Zusammenhänge.

Hinweis: Die SNR- und SDR-Werte sind in der Measurement Info (Tools->info) nur sichtbar, wenn eine Sweep-Messung durchgeführt wurde. THD und THD+N sind nur sichtbar, wenn eine Stepped-Sine-Messung durchgeführt wurde.

2.1 SNR (Signal-to-Noise Ratio)

- Definition: Das SNR gibt das Verhältnis der Signalstärke zum im Messvorgang auftretenden Rauschen an. Es wird üblicherweise in Dezibel (dB) angegeben.
- Messung in REW:
 - REW kann das SNR auf Basis des Spektrums oder des Impulsverhaltens der Messdatei berechnen.
 - $\text{SNR} = 20\log_{10} \frac{\text{Signal-RMS-Leistung}}{\text{Rausch-RMS-Leistung}}$.

2.2 SDR (Signal-to-Distortion Ratio)

- Definition: Das SDR ist das Verhältnis zwischen dem Signal und Verzerrungen (harmonische sowie andere Nichtlinearitäten). Es zeigt, wie stark Verzerrungen im Vergleich zum Hauptsignal sind.
- Messung in REW:
 - Das SDR kann berechnet werden, indem man die Messdaten analysiert und die harmonischen Komponenten vom Signal trennt.
 - $\text{SDR} = 20\log_{10} \frac{\text{Signal-RMS-Leistung}}{\text{Verzerrungs-RMS-Leistung}}$.

2.3 THD (Total Harmonic Distortion)

- Definition: THD misst, wie viele harmonische Bestandteile im Vergleich zur Grundfrequenz im Signal enthalten sind. Es wird oft in Prozent ausgedrückt.
- Berechnung: $\text{THD (\%)} = 100 \cdot V_1 \sqrt{V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_n^2}$, wobei V_1 die Amplitude der Grundfrequenz ist und V_2, V_3, \dots, V_n die Amplituden der Oberschwingungen sind.
- REW bietet die Möglichkeit, das Spektrum anzusehen und THD für die harmonischen Komponenten zu berechnen.

2.4 THD+N (Total Harmonic Distortion plus Noise)

- Definition: THD+N ist der Gesamtklirrfaktor plus der Einfluss des Rauschens. Er misst den Gesamteinfluss aller (harmonischen und nicht-harmonischen) Verzerrungen und des Rauschens im Verhältnis zum Signal.
- Berechnung: $\text{THD+N (\%)} = 100 \cdot \text{Signal-RMS} \cdot \sqrt{\text{Summe}(\text{Verzerrungen}^2 + \text{Rauschen}^2)}$.

Zusammenhänge: SNR, SDR, THD und THD+N

1. SNR und THD+N:

- SNR berücksichtigt nur das Rauschen im Vergleich zum Signal.
- THD+N enthält sowohl harmonische Verzerrungen als auch Rauschen.

2. SDR und THD:

- SDR misst das Verhältnis der Verzerrungen (einschließlich harmonischer und anderer Verzerrungen) zum Signal.
- THD misst nur den Einfluss der harmonischen Verzerrungen.

3. THD vs THD+N:

- THD misst nur harmonische Verzerrungen.
- THD+N bezieht zusätzlich den Einfluss des Rauschens mit ein.

REW in der Praxis für Messungen

- THD und THD+N werden oft mittels Frequenz-Sweep oder einer festen Testfrequenz gemessen.
- SNR und SDR können mittels Spektralanalyse in REW ermittelt werden.
- REW kann diese Werte auch über den Frequenzbereich hinweg visualisieren.

3 Wofür wird eine Spektralanalyse verwendet?

1. Raumakustische Analyse:

- Erkennen von Raummoden, stehenden Wellen und gedämpften Frequenzen.

2. Evaluierung von Lautsprechern und Geräten:

- Messen des Frequenzgangs und der Verzerrungen von Lautsprechern.

3. Bewertung einer Schallquelle:

- Z.B. Analyse der Rausch- und Verzerrungspegel von Verstärkern, Mikrofonen oder anderen Geräten.

4. Überprüfung der Signalqualität:

- Identifizieren von Problemen wie Nichtlinearitäten oder falschen Frequenzgängen; Analyse der Rausch- und Verzerrungspegel von Geräten.

4 Messprozess

1. Positionieren Sie das Mikrofon an der Hörposition und führen Sie Ausgangsmessungen ohne Dämpfer durch. Speichern Sie Frequenzgang, Impulsantwort, SNR, SDR, THD, THD+N und C80.
2. Montieren Sie die Dämpfer unter den Lautsprechern und Geräten.
3. Führen Sie neue Messungen mit denselben Einstellungen durch.
4. Vergleichen Sie **relative** Änderungen (nicht absolute Werte) der Messergebnisse vor und nach der Installation der Dämpfer und achten Sie besonders auf den Tieffrequenzbereich sowie auf Klarheitsmesswerte.

Wenn Sie diese Messwerte analysieren und die Vorher-nachher-Ergebnisse vergleichen, erhalten Sie einen umfassenden Eindruck davon, wie die Dämpfer die Klangqualität beeinflussen. Besonders hilfreich sind SNR und SDR im Fenster „Measurement Info“, THD und THD+N im RTA-Fenster sowie der Clarity-Wert C80. Die Kombination dieser Werte vermittelt ein ganzheitliches Bild über die Auswirkung der Dämpfer auf die Klangqualität.

4.1 Praktische Hinweise zur Spektralanalyse mit REW

1. Starten Sie die Spektralanalyse:

- Drücken Sie das RTA (Real Time Analyzer)-Icon in REW.

2. Bereiten Sie das Signal vor:

- Verwenden Sie ein Messmikrofon, eine Soundkarte und einen Lautsprecher oder analysieren Sie eine aufgenommene Audiodatei.

3. Passen Sie die Einstellungen an:

- Wählen Sie FFT-Größe, Mittelung und Anzeigeeinstellungen.

4. Führen Sie die Analyse durch:

- Senden Sie das Testsignal (z.B. „Stepped sine“).
- Beobachten Sie das Spektrum in Echtzeit.

5. Interpretieren Sie das Spektrum:

- Suchen Sie nach harmonischen Verzerrungen, Rauschen und Abweichungen im Frequenzgang.

4.2 Spektralanalyse im RTA-Fenster

RTA (Real-Time Analyzer) ist ein Tool, um die Frequenzverteilung des Klangs in Echtzeit zu betrachten.

Wie gelangt man ins RTA-Fenster?

1. Starten Sie das REW-Programm.
2. Wählen Sie das RTA-Icon oder alternativ Tools -> RTA im Menü.

Schritte zur Durchführung der Spektralanalyse im RTA-Fenster:

1. Bereiten Sie die Messgeräte vor:

- Verwenden Sie ein Messmikrofon (z.B. UMIK-1) mit seiner Kalibrierungsdatei und eine kalibrierte Soundkarte.
- Platzieren Sie das Mikrofon an der gewünschten Messposition, z.B. am Hörplatz.

2. Starten Sie die RTA-Analyse:

- Klicken Sie auf das „Stepped sine“-Icon

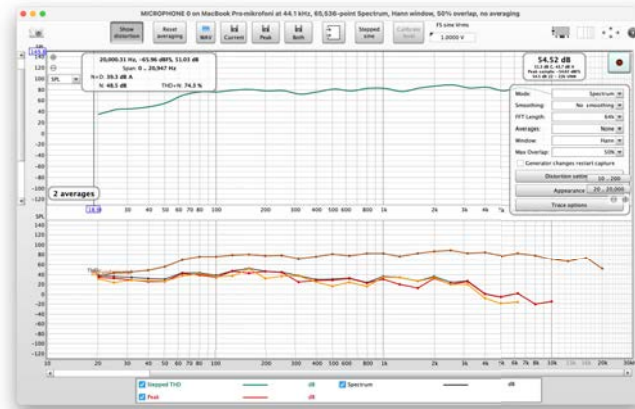
3. Legen Sie die Analyse-Parameter fest:

- Wählen Sie die FFT-Größe im „Zahnrad“-Icon (z.B. 32k oder 64k für eine genauere Analyse).
- Aktivieren Sie die Mittelung im „Zahnrad“-Icon unter „Averages:“ zur Glättung des

Rauschens.

4. Beobachten Sie das Spektrum:

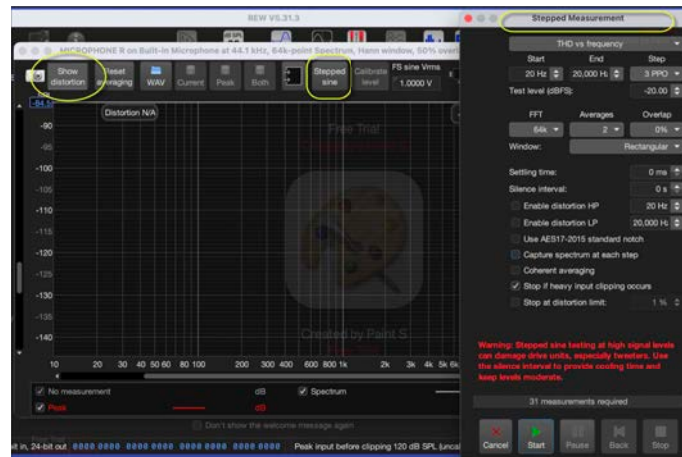
- Der Frequenzgang wird grafisch dargestellt. Sie können hineinzoomen und sich auf einen bestimmten Frequenzbereich konzentrieren.
- Prüfen Sie Rausch- und Verzerrungsspitzen sowie mögliche Resonanzen.



Kuva 1: REW RTA

4.2.1 Stepped-Sine-Messung (Stepped sine)

Eine Stepped-Sine-Messung kann sehr niedrige Verzerrungspegel viel genauer messen als ein Sweep, insbesondere bei hohen Frequenzen und höheren Harmonischen. Stepped-Sine-Messungen zeigen Verzerrungskomponenten bis zur neunten Harmonischen, den THD (Total Harmonic Distortion) und das Grundrauschen ähnlich wie Sweep-basierte Ergebnisse, enthalten aber zusätzlich THD+N (Total Harmonic Distortion plus Noise und nicht-harmonische Verzerrung) sowie N (Rauschen und nicht-harmonische Verzerrung). Beachten Sie, dass das Grundrauschen (Noise Floor) das gemessene Rauschspektrum ohne Signalausgabe zeigt. „Rauschen“ in N und THD+N kennzeichnet die Summenpegel aller nicht-harmonischen Verzerrungen und des Rauschens über den gesamten Frequenzbereich bei jeder Testfrequenz. Daher liegt es deutlich höher als das eigentliche Grundrauschen.



Kuva 2: Stepped-Sine-Messung

4.3 Spektralanalyse nach der Messung

Nach Durchführung einer Messung kann man das Spektrum des Frequenzgangs genauer analysieren:

1. Führen Sie eine Messung durch (z.B. Sweep-Frequenztest), indem Sie das Measure-Icon oder alternativ Tools->Measure im Menü auswählen.
2. Prüfen Sie den Signalpegel, indem Sie „Check levels“ wählen, sodass er etwa bei 90 dB liegt. Drücken Sie dann „Start“.
3. Wechseln Sie ins „SPL & Phase“-Fenster, in dem die Messresultate als Frequenzgang dargestellt sind.
4. Sie können die Darstellung des Signals beeinflussen:
 - Octave smoothing: Ein geglättetes Spektrum erleichtert die Interpretation. Wählen Sie z.B. im Graph-Menü 1/12 smoothing.

Harmonic Distortion-Fenster:

1. Führen Sie eine Messung durch (z.B. Sweep-Frequenztest), indem Sie das Measure-Icon oder Tools-> Measure wählen und öffnen Sie den Reiter Distortion im Menü.
2. Hier sehen Sie ein Spektrum mit:
 - Gesamtschalldruck (SPL).
 - Bändern für die harmonischen Verzerrungen (z.B. 2. Harmonische, 3. Harmonische etc.).
3. THD und THD+N werden berechnet und grafisch dargestellt.

4.4 Zusammenfassung: Durchführung der Spektralanalyse

1. Öffnen Sie das RTA-Fenster, um die Frequenzverteilung in Echtzeit zu analysieren, indem Sie das RTA-Icon drücken.
2. Führen Sie eine Messung im Frequency Response-Fenster durch, um genauere Ergebnisse zu erhalten (Measure-Icon).
3. Verwenden Sie die Tools zur Analyse der harmonischen Verzerrungen (Distortion), um Verzerrungen und Rauschen zu isolieren.
4. Passen Sie FFT-Parameter und Anzeigeeinstellungen Ihren Anforderungen an.

5 Interpretation der Messergebnisse

5.1 Measurement Info: SNR (Signal-to-Noise Ratio)

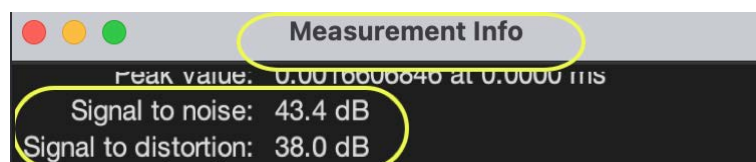
Das SNR zeigt das Signalniveau im Verhältnis zum Hintergrundrauschen. Dämpfer können mechanische Vibration reduzieren, was zu einem niedrigeren Hintergrundrauschen und einer Verbesserung des SNR führen kann.

Interpretation:

- Ein höheres SNR mit Dämpfern zeigt, dass sie den Einfluss des Rauschens verringert haben.
- Ein gutes SNR liegt üblicherweise bei mindestens 60 dB, Verbesserungen sollte man vor allem im Tieffrequenzbereich (20–200 Hz) untersuchen.

Wo zu finden:

- Das SNR wird im Measurement Info-Fenster angezeigt, das mit der Messdatei geöffnet wird (Tools->Info).



Kuva 3: Measurement Info: SNR (Signal-to-Noise Ratio)

5.2 Measurement Info: SDR (Signal-to-Distortion Ratio)

Das SDR beschreibt das Signalniveau im Verhältnis zu harmonischen Verzerrungen. Dämpfer können die durch Resonanzen und Vibrationen verursachte harmonische Verzerrung reduzieren.

Interpretation:

- Ein höherer SDR-Wert zeigt einen reineren Klang. Ein guter SDR liegt meistens bei mindestens 80 dB.
- Veränderungen im Tieffrequenzbereich (20–200 Hz) sind besonders wichtig, da sich Resonanzen und Vibrationen oft in diesem Bereich bemerkbar machen.

Wo zu finden:

- Der SDR wird ebenfalls im Measurement Info-Fenster angezeigt.

5.3 RTA-Fenster: THD (Total Harmonic Distortion)

THD misst den Anteil der harmonischen Verzerrungen im Verhältnis zum Signal. Dämpfer können den Einfluss von Vibrationen verringern, was den THD-Wert senkt.

Interpretation:

- $THD < 1\%$ gilt als gut. Ein Rückgang in den Tieffrequenzen (20–200 Hz) bei Verwendung von Füßen (Tassu) zeigt, dass diese Vibrationen und dadurch verursachte Verzerrungen reduzieren.

Wo zu finden:

- Im RTA (Real-Time Analyzer)-Fenster, wo THD als Echtzeitanalyse pro Frequenzband angezeigt wird.
- Grundlegende Verzerrungsanzeige:



Kuva 4: RTA-Fenster: THD (Total Harmonic Distortion)

5.4 RTA-Fenster: THD+N (Total Harmonic Distortion plus Noise)

THD+N misst den kombinierten Einfluss von harmonischer Verzerrung und Hintergrundrauschen im Verhältnis zum Signal. Dämpfer können beides reduzieren, insbesondere in tiefen Frequenzbereichen.

Interpretation:

- Ein geringerer THD+N-Wert zeigt eine Verbesserung der Klangqualität, da Verzerrung und Rauschen abgenommen haben.
- Besonders in den tieferen Frequenzen kann man an THD+N erkennen, wie effektiv die

Dämpfer wirken.

Wo zu finden:

- Im RTA-Fenster erscheint THD+N in derselben Frequenzanalyse wie THD. Erfordert eine Stepped-Sine-Messung; wird bei Sweep-Messungen nicht angezeigt.
- Im Hauptfenster Distortion, falls eine Stepped-Sine-Messung durchgeführt wurde:



Kuva 5: RTA-Fenster: THD+N (Total Harmonic Distortion plus Noise)

THD+N (Total Harmonic Distortion + Noise) beeinflusst die Klangqualität auf vielfältige Weise, da sowohl harmonische Verzerrungen als auch Rauschen im Audiosignal erfasst werden. Die Auswirkung auf die Klangqualität hängt von seiner Größe, vom Frequenzbereich und von der Hörumgebung ab. Hier ein detaillierter Überblick:

1. Einfluss harmonischer Verzerrungen

- Niedrige THD-Werte ($< 0.1\%$ bzw. unter -60 dB): Bei solchen Verzerrungspegeln bleibt die Signalqualität praktisch unverändert, und der Klang wird als sehr sauber und natürlich wahrgenommen. Diese Werte gelten für hochwertiges Audio als akzeptabel.
- Hohe THD-Werte ($> 1\%$ bzw. unter -40 dB): Harmonische Verzerrungen fügen dem Signal zusätzliche Frequenzen hinzu, die im Originalsignal nicht vorhanden waren. Dies kann den Klang:
 - Rau oder unscharf erscheinen lassen.
 - Auf hohen Frequenzen künstlich oder „laut“ wirken lassen.
 - Weniger natürlich klingen lassen, besonders in Musik und menschlichen Stimmen.

2. Einfluss des Rauschens

- Rauschen kann leise Details des Audiosignals überdecken, besonders in feinen Passagen von Musik oder Filmen.
- Hohe THD+N-Werte können zu einer geringeren Dynamik (Unterschied zwischen leisen und lauten Tönen) führen, was den Klang eintönig oder unangenehm macht.

3. Unterschiede bei tiefen und hohen Frequenzen

- Tiefe Frequenzen (< 100 Hz): THD+N wirkt hier weniger störend, weil das menschliche Gehör harmonische Verzerrungen bei tiefen Frequenzen weniger wahrnimmt.

Hohe Werte können jedoch Bass klanglich unscharf oder „matschig“ erscheinen lassen.

- Hohe Frequenzen (> 1 kHz): Das menschliche Gehör ist in hohen Frequenzbereichen empfindlicher gegenüber Verzerrungen. THD+N kann zu scharfen, unangenehmen Klängen führen oder die Natürlichkeit hoher Töne beeinträchtigen.

4. Auswirkung auf Musik und Sprache

- Musik: THD+N kann den Klang und die Harmonie von Instrumenten stark beeinflussen. Zum Beispiel kann das Timbre von Klavier, Geige oder Gitarre an Natürlichkeit verlieren und „plastisch“ oder weniger lebendig klingen.
- Sprache: Die menschliche Stimme kann weniger klar oder unnatürlich klingen, wenn THD+N hoch ist.

5. Hörermüdung

- Hohe THD+N-Werte können zu Hörermüdung führen, da Verzerrungen und Rauschen zusätzlichen Druck aufs Gehör ausüben. Dies fällt bei längeren Hörsitzungen besonders auf.

6. Subjektive Wahrnehmung

- Wissenschaftlich betrachtet ist ein hoher THD+N-Wert meist negativ, aber in manchen Fällen kann ein geringer Anteil an harmonischen Verzerrungen „Wärme“ oder „Angenehmheit“ in analogem Audio hinzufügen. Dies ist typisch für manche Röhrenverstärker.

Zusammenfassung

- **Niedrige THD+N-Werte** verbessern die Klangqualität, da sie einen klaren, natürlichen und detaillierten Klang bieten.
- **Hohe THD+N-Werte** verschlechtern die Klangqualität durch Hinzufügen von Rauschen und Verzerrungen, was den Klang rau, unscharf oder unangenehm macht.
- **Die Wirkung ist am stärksten in hohen Frequenzen**, wo das menschliche Gehör am empfindlichsten ist.

Die Kontrolle von THD+N ist entscheidend, um eine hohe Klangqualität zu erreichen, insbesondere in HiFi- und Studio-Umgebungen.

5.5 Clarity: C80 (Music Clarity Index)

C80 beschreibt die Klarheit von Musik, indem betrachtet wird, wie viel der Schallenergie in den ersten 80 Millisekunden ankommt, verglichen mit der später eintreffenden Energie.

Dämpfer können den C80-Wert verbessern, indem sie Reflexionen und Resonanzen durch Vibra-

tion reduzieren.

Interpretation:

- $C80 \geq -1$ dB weist auf eine gute Musikkларheit hin. Ein höherer C80-Wert nach der Installation von Dämpfern zeigt einen Anstieg des direkten Schallanteils im Verhältnis zum Nachhall.

Wo zu finden:

- Im Impulse Response-Fenster, in dem die Klarheitsmesswerte (C50 und C80) verfügbar sind. Overlays:



Kuva 6: Clarity: C80 (Music Clarity Index)

5.6 Frequenzgang (Frequency Response)

Der Frequenzgang zeigt, wie linear ein Lautsprecher unterschiedliche Frequenzen wiedergibt. Dämpfer können Resonanzen im Tieffrequenzbereich ausgleichen, die durch übertragene Vibrationen auf den Untergrund entstehen.

Interpretation:

- Ein gleichmäßigerer Frequenzgang mit Füßen zeigt, dass Resonanzen abgenommen haben.
- Achten Sie besonders auf Veränderungen im Tieffrequenzbereich (20–200 Hz) vor und nach der Installation der Dämpfer.

Wo zu finden:

- Im Frequenzgang-Diagramm der Messergebnisse, wählen Sie den Tab „All SPL“.
- Grundslegend:



Kuva 7: Frequenzgang (Frequency Response)

- Was sagt es aus?
 - Wenn Vibrationen Resonanzen verursachen, erscheinen sie oft als Unregelmäßigkeiten im Frequenzgang, z.B. in Form von Spitzen oder Einbrüchen bei bestimmten

Frequenzen.

- Messergebnis:
 - Achten Sie auf Spitzen oder Einbrüche im niedrigen oder mittleren Frequenzbereich (Anzeichen für Resonanz). **Verwechseln Sie Resonanzen jedoch nicht mit Raummoden.**
 - Verwenden Sie das **REW-Modal Analysis/Room Simulation**-Tool, das hilft, die Wechselwirkung zwischen Raum und Lautsprecher zu erkennen. Geben Sie dabei die Raummaße (in Metern) an, damit die Software theoretische Moden berechnen kann. Sie erzeugt ein Ergebnis für die Messung, und Sie können den Einfluss der Moden z.B. im Frequenzgang-Diagramm betrachten.



Kuva 8: Frequenzgang

Praktisches Beispiel

Angenommen, Ihr Raum ist 5 m lang, 4 m breit und 2,5 m hoch. Sie geben diese Maße in REW ein, und die Software berechnet folgende Moden:

- Längenmode: 34 Hz ($343 \text{ m/s} / (2 \times 5 \text{ m})$).
- Breitenmode: 43 Hz ($343 \text{ m/s} / (2 \times 4 \text{ m})$).
- Höhenmode: 69 Hz ($343 \text{ m/s} / (2 \times 2,5 \text{ m})$).

Im Frequenzgang-Diagramm aus der eingebundenen Modenanzeige sehen Sie, wie stark diese Moden sind und welche Auswirkungen sie auf den Frequenzgang haben. Wenn bei 43 Hz ein langer Nachhall und eine hohe Amplitude auftreten, können Sie beispielsweise in Erwägung ziehen, einen Helmholtz-Resonator in den Raum zu bringen, um diese Mode zu dämpfen. **Die durch diese Moden entstehenden Einbrüche und Spitzen im Frequenzgang sollten Sie als separate Faktoren beim Aufspüren möglicher Resonanzprobleme berücksichtigen.**

5.7 Impulsantwort (Impulse Response)

Die Impulsantwort zeigt, wie der Direktschall und Reflexionen den Hörer zeitlich erreichen.

Dämpfer können zusätzliche Reflexionen verringern, die durch Vibrationen oder die Lautsprecherbasis entstehen.

Interpretation:

- Eine klarere Impulsantwort ohne zusätzliche Peaks zeigt, dass Dämpfer störende Reflexionen reduzieren.

Wo zu finden:

- Im Impulse Response-Fenster, das einen detaillierten Überblick über die Schallankunft gibt.
- Grlegendend:



Kuva 9: Impulsantwort (Impulse Response)

- Was sagt es aus?
 - **Impulse Response** analysiert, wie Lautsprecher oder System auf einen plötzlichen Impuls reagieren. Unerwünschte Vibrationen erscheinen als längerer Impuls-Nachhall.
 - **ETC (Energy Time Curve)** zeigt, wie die Energie im Laufe der Zeit abnimmt.
 - **RT60** gibt an, wie lange der Schall bei einer bestimmten Frequenz benötigt, um um 60 dB abzufallen.
- Messergebnis:
 - Suchen Sie in der Impulsantwort nach zusätzlichen Energiepeaks oder langsam abklingenden Bereichen.
 - Vibrationen äußern sich meist als längeres Nachschwingen.

5.8 Rauschpegel und Resonanzen (SPL)

SPL und Spektralanalyse zeigen den Hintergrundrauschpegel sowie Resonanzspitzen. Dämpfer können den durch Vibration verursachten tieffrequenten Rauschpegel und Resonanzen reduzieren.

Interpretation:

- Ein niedriger Hintergrundrauschpegel und weniger Resonanzspitzen weisen auf eine wirksame Dämpfung von Vibrationen hin.

Wo zu finden:

- Im All SPL-Fenster können Sie Rauschpegel und Resonanzen frequenzbandspezifisch betrachten.
- Grundsätzlich:



Kuva 10: Rauschpegel und Resonanzen (SPL)

5.9 Wasserfall-Diagramm / Spektrogramm

- **Was zeigt es?**
 - Eine Waterfall- oder Spektrogramm-Analyse zeigt das Abklingen des Frequenzgangs über die Zeit.
 - Dies kann **nachschwingende Resonanzen** (Resonanzen) im System aufzeigen, was oft auf ungenügende Dämpfung oder mechanische Probleme hindeutet.
- **Messergebnis:**
 - Achten Sie auf Frequenzen, die nur langsam abklingen oder „stehenbleiben“. Berücksichtigen Sie Raummoden (siehe Abschnitt Frequenzgang).
- **Bedeutung bei Vibrationen:**
 - Mechanische Vibrationen oder Gehäuseresonanzen von Lautsprechern erscheinen in solchen Messungen typischerweise als deutliche Peaks, die nicht rasch abklingen.

5.10 Noise Floor (Rauschpegel)

- **Was sagt es aus?**
 - Der Noise Floor gibt Aufschluss über das niedrige, unerwünschte Geräuschniveau im System, das z.B. durch mechanische Vibration verursacht sein kann.
- **Messergebnis:**
 - Führen Sie eine **RTA (Real-Time Analyzer)**-Analyse ohne Signal durch. Dies

zeigt das Hintergrundrauschen des Systems.

- Prüfen Sie in den Messungen auch niedrige Frequenzen, wo sich Vibrationen oft als Rauschen (z.B. 10–100 Hz) bemerkbar machen.

- **Bedeutung bei Vibrationen:**

- Mechanische Vibration kann Rauschen erzeugen, das besonders bei niedrigen Frequenzen auftritt. Dies lässt sich durch Analyse des Rauschspektrums aufdecken.

5.11 Overlays

Verwenden Sie Overlays - distortion, um die Vorher-nachher-Ergebnisse (Grafiken der Diagramme) zu vergleichen.



Kuva 11: Overlays

6 Weitergabe Ihrer Messergebnisse an andere zur Auswertung

Wenn Sie Ihre Messergebnisse anderen zur Auswertung bereitstellen möchten, geben Sie zusätzlich zur .mdat-Datei auch die Preferences (save preferences to file) und die Mikrofon-Kalibrierungsdatei weiter, da andernfalls die Diagramme beim Interpreter nicht korrekt gezeichnet werden und die Zahlenwerte falsch sein können.

Die REW-.mdat-Datei sollte Vorher- und Nachher-Messungen sowie Sweep- und Stepped-Sine-Messungen enthalten – also mindestens diese vier – damit der Auswertende alle relevanten Messwerte aus beiden Messmethoden hat.

Achten Sie auf eine aussagekräftige Benennung und Beschreibung jeder Messung: Benennen Sie sie zum Beispiel „vorher“ und „nachher“ oder z.B. „sweep“ oder „stepped“, damit der

Auswertende schnell und einfach die Ergebnisse vergleichen kann.