VituixCAD

Das Lautsprecher Simulations Tool

von Kimmo Saunisto

Online Manual

Copyright © Joni Laakso 2018

Deutsche Übersetzung

Heinrich Weber

2018-04-03

Inhalt

VituixCAD 3
Vorwort zur deutschen Übersetzung 3
Generelle Informationen 3
Systemanforderungen 3
Installation und Upgrades 3
Hilfe 3
Kurzanleitung 4
Vorwort 4
Checkliste für die Entwicklung von Lautsprechern 4
Detaillierte Beschreibung 6
Hauptfenster 6
Menüs 6
Lautsprecher 7
Frequenzweiche 9
Dashboard (Grafiken) 14
Optimierer 17
Frequenzweichenschaltplan-Fenster 19
Stückliste 19
Impulsantwort 20
Verlustleistung in der Frequenzweiche 22
Optionen 23
Gehäuse-Tool 26
Lautsprecher-Datenbank 26
Lautsprecherkonfiguration 30
Strahler-/Gehäusetypen 31
Tabs 31
Exportfunktionen 34
Dashboard (Grafik) 34
Merger-Tool - Fügen von Nah- und Fernfeld 36
Kalkulations-Tool 39
Multiple output 39
Single Output 42
Zusätzliche Optionen 43
Grafik 43
Diffraktions-Tool – Simulation des Gehäuseeinflusses 44
SPL-Trace – Frequenz- und Impedanzgänge aus einer Grafik ermitteln 46
Hilfsrechner 48

VituixCAD

Vorwort zur deutschen Übersetzung

Das vorliegende Handbuch ist weitgehend eine wörtliche Übersetzung des Originals. Um den Bezug zu den jeweiligen Menüs zu erhalten, wurden die Originalbezeichnungen beibehalten. Deren Bedeutung oder Wirkung wird jedoch in den zugehörigen Abschnitten erläutert. Einige Begriffe müssen nicht übersetzt werden, da sie mittlerweile im deutschsprachigen Raum gebräuchlich sind bzw. die deutschen Begriffe eher weniger geläufig sind.

Generelle Informationen

VituixCAD ist eine Lautsprecher-Simulationssoftware. Die Simulation des Verhaltens eines Lautsprechers im Raum ist die Entwicklungsphilosophie. Obwohl die Gewichtung auf Energiefrequenzgang, Abstrahlcharakteristik und Bündelungsmaß liegt, ist es möglich, einen Lautsprecher ohne umfassende Winkelmessungen mit VituixCAD zu entwickeln. Dies wird jedoch nicht empfohlen.

VituixCAD bietet die Möglichkeit zur Entwicklung und Simulation von bis zu 6-Wege-Lautsprechern. Jeder Weg kann dabei bis zu 4 Lautsprecherchassis - im Folgenden immer Treiber genannt - in unterschiedlichen Konfigurationen enthalten. Das Softwarepaket enthält alles, was man für die Simulation und Entwicklung von Lautsprechern benötigt. Zusätzlich zum eigentlichen Simulator gibt es einen Gehäusesimulator (**Enclosure-Tool**), ein Tool für das Fügen von Frequenzgängen (**Merger-Tool**) und ein komplexes Kalkulationstool (**Calculator-Tool**).

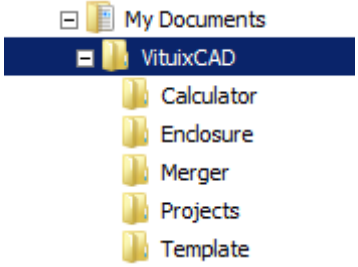
Dieses Dokument ist in drei Sektionen unterteilt: Generelle Informationen über die Software, Kurzanleitung und eine detaillierte Beschreibung aller Tools, Ansichten sowie der Theorie hinter der Software.

Systemanforderungen

- VituixCAD ist unter Windows XP, 7, 8 und 10 getestet.
- Microsoft .NET Framework 4 oder neuer. Getestet bis 4.7.1.
- Min. Bildschirmauflösung 1024x768 (4:3) oder 1280x720 (16:9), jedoch wird 1600x900 oder mehr empfohlen.

Installation und Upgrades

Verzeichnisse für Benutzer-Files nach der Installation:



Kommandozeilen (optional)

VituixCAD.exe *"path\filename"*	Öffnet VituixCAD Projektfile mit der Endung ".vxp"
VituixCAD.exe *Calculator*	Startet das Hauptprogramm und das "Calculator Tool"
VituixCAD.exe *Enclosure*	Startet das Hauptprogramm und das "Enclosure Tool"
VituixCAD.exe *Merger*	Startet das Hauptprogramm und das "Merger Tool"

Hilfe

Drücken Sie F1, um Hilfe zu erhalten. Das neueste Online-Handbuch wird mit Ihrem Standard-Browser aus dem Internet geöffnet. Fügen Sie dem Browser ein Lesezeichen für den schnellen Zugriff auf die neueste Version hinzu.

Sie können das PDF-Dokument auch im Verzeichnis „Eigene Dokumente\VituixCAD" speichern, um das Laden zu beschleunigen oder wenn die Internetverbindung nicht kontinuierlich verfügbar ist. Beachten Sie, dass Aktualisierungen Sie nicht über die F1-Taste erreichen, solange sich das lokale Handbuch in diesem Verzeichnis befindet.

Kurzanleitung

Vorwort

Diese Kurzanleitung ist eine chronologische Führung längs einer Lautsprecherentwicklung mit VituixCAD. Üblicherweise startet der Entwicklungsprozess mit der Entscheidung bzgl. Gehäusegröße, Lautsprecherchassis, Gehäusetyp, Abstimmung, etc. Das „*Enclosure-Tool*“ wird für die Simulation von unterschiedlichen Gehäusetypen sowie deren Abstimmung benutzt. Im nächsten Schritt gilt es einen Satz an akustischen und elektrischen Messungen zu generieren. Im „Merger-Tool“ können Nah- und Fernfeldmessungen zusammengefügt werden. Wenn diese Voraussetzungen gegeben sind, kann die Simulationsphase beginnen. Unabhängig davon, ob es Ihr Ziel ist, Ihrer Lautsprecher mit oder ohne Zwischenhörtests zu entwickeln, benötigen Sie irgendeine Qualitätskontrolle. Einige bevorzugen ihre Ohren, andere bevorzugen Messungen. Wenn sich ein Lautsprecher perfekt misst, aber schlechter klingt als alles, was man je gehört hat, ist etwas furchtbar falsch gelaufen. Diese Anleitung geht nicht darauf ein, was sich gut oder schlecht anhört, sondern lediglich auf grundlegende Schritte zur Qualitätssicherung und wie man den VituixCAD-Calculator für verschiedene Berechnungen und Manipulationen mit und von Messdaten verwenden kann. Der Bau Prototypen und Frequenzweichen werden in diesem Leitfaden ebenfalls nicht behandelt. Es wird außerdem davon ausgegangen, dass Sie über geeignete Messgeräte und Software verfügen und verstehen, wie Lautsprecherchassis für Entwicklungszwecke zu messen sind. Eine ausführlichere Beschreibung aller Werkzeuge und Menüs finden Sie im Abschnitt Detaillierte Beschreibung dieses Dokuments.

Checkliste für die Entwicklung von Lautsprechern

Untersuche die akustischen Parameter, Abmessungen, Materialien sowie die Möglichkeiten der Platzierung der Lautsprecher im Raum. Grundsätzlich ist es klug, zuerst ungünstige Randbedingungen (in der Regel der Raum) zu verbessern anstatt zu versuchen, alle Probleme über ein komplexes Lautsprecherdesign zu beheben.

Entwurfsplanung

- Lege das akustische Konzept fest: Art und Stärke der Richtwirkung, Treibertypen, Anzahl der Wege, Größe und Anzahl der Treiber.
- Schätze den Bereich ab, in dem die Gesamtempfindlichkeit und die Übergangsfrequenzen liegen könnten.
- Wähle Treiber und Komponenten zur Beeinflussung der Richtwirkung, um gesetzte Ziele zu erreichen
- Simuliere den Bassbereich mit dem Gehäuse-Tool.
- Simuliere die Beugung am Gehäuse mit dem „*Diffraction-Tool*“ und exportiere die ermittelte Übertragungsfunktion.
- Entwerfe das Lautsprechergehäuse.

Umsetzung

- Baue einen flexiblen Prototypen oder das finale Gehäuse, abhängig von den noch vorhandenen Unsicherheiten im Design.
- Verbinde die einzelnen Treiber oder Treibergruppen temporär mit Kabeln für die akustischen und elektrischen Messungen.

Messungen

- Bereite den Drehtisch für die Polarmessungen vor. Ein manueller Drehtisch ist leicht zu fertigen und einfach in der Handhabung, zum Beispiel mit Clio 10/11 oder ARTA 1.9. In ARTA ist auch die Anbindung eines motorgetriebenen DIY-Drehtisches möglich.
- Wähle den Winkelbereich für die Messungen außerhalb der 0°-Achse. Es ist nicht unbedingt erforderlich, mit konstanten 5° oder 10° Schritten den Voll- oder Halbkreis um den Lautsprecher zu messen, es wird jedoch dringend empfohlen. Die Simulation ist mit weniger als 10 Winkeln pro Achse möglich. Wenn Sie jedoch schon dabei sind, vertun Sie nicht die Chance, alle Messdaten auf einmal zu erhalten. Es ist nicht erforderlich die vertikale Achse zu messen, wenn die vertikalen Messungen den horizontalen Messungen ähnlich sind. So ist zum Beispiel ein Breitbandlautsprecher in der Mitte einer quadratischen Box symmetrisch in beide Richtungen.
- Messe die Winkelfrequenzgänge der einzelnen Treiber oder Treibergruppen als Fernfeldmessung. Verwende für alle Treiber dieselben Winkel außerhalb der Achse. Verhindere, dass das Messprogramm das Timing verfälscht: Verwende eine semi-zweikanalige oder eine zweikanalige Messung, um den Zeitbezug zum Mikrofon fix zu halten. Messe gefensterte Impulsantworten von derselben - oder zumindest einer

gleichen, gemessenen Entfernung zum Referenzpunkt - um eine gemeinsame Zeitreferenz für die verschiedenen Wege und Treiber zu erhalten.

- Messe die Nahfeldfrequenzgänge von Mittelton- und Tieftonlautsprecher(n) und Reflextunnel(n), wenn kein reflexionsarmer Raum verfügbar ist. Versuche Halbraumbedingungen herzustellen, um Diffraktionsverluste zu vermeiden. Bei kleinen Gehäusen lässt sich selbst bei Messentfernungen von weniger als 8 mm ein gewisser Anteil an Beugungsverlusten nicht vermeiden. Verwende möglichst die gleiche Messspannung wie bei der Fernfeldmessung (natürlich ohne Clipping oder übermäßige Verzerrung), um das Zusammenfügen von Nahfeld- und Fernfeldmessungen zu unterstützen.
- Messe die Impedanzgänge für jeden Treiber oder jede Treibergruppe.

Füge und bearbeite die Messdaten

- Füge Fernfeld- und Nahfeldmessungen mit dem Merger-Tool zusammen (sofern der Bereich <300 Hz nicht in reflexionsarmer Umgebung im Fernfeld gemessen wurde).
- Berücksichtige die Gehäuseeinflüsse (mittels „*Diffraction-Tool*“) im Nahfeldfrequenzgang.
- Exportiere den zusammengefügten Gesamtfrequenzgang als separate TXT-Datei (oder als erweiterte Datendatei, wenn keine Glättung erforderlich ist).
- Falls erforderlich, glätte den Frequenzgang mit dem „*Calculator-Tool*“.

Simuliere den Lautsprecher mit VituixCAD

- Eröffne ein neues, leeres Projekt und gebe dazu eine Beschreibung ein
- Lege die Anzahl der Wege fest
- Wähle die Anzahl der Lautsprecher und die Art der elektrischen Beschaltung
- Gebe Lautsprecherbezeichnungen, Einbaupositionen und mögliche Rotations- oder Neigungswinkel ein.
- Füge die Frequenzgänge ein
- Füge die Impedanzgänge ein
- Definiere eine grobe Zielkurve für den axialen Frequnzgang und den Energiefrequenzgang
- Definiere eine grobe Zielkurve für den axialen Frequenzgang pro Weg
- Entwickle die Frequenzweiche
  - Füge Filter Blöcke manuell oder mittels Wizard ein
  - Justiere die Parameter/Komponentenwerte der Filterblöcke manuell oder mit dem Wizard
  - Experimentiere mit der Weichentopologie und den Parametern/Komponentenwerten bis axialer Frequenzgang, Energiefrequenzgang, Bündelungsgrad, Rundstrahlcharakteristik und Impedanzgang die Zielvorstellungen trifft.
  - Speichere das Projekt regelmäßig. Nutze Save as… um Zwischenergebnisse festzuhalten.

Baue und installiere die Frequenzweiche

Qualitätsprüfungen

- Verpflichtende Prüfungen
  - Horizontale und vertikale Winkelmessungen, mindestens in 30° Schritten
  - Messung des Impedanzganges
- Hörprobe mit bekannten Musiktiteln

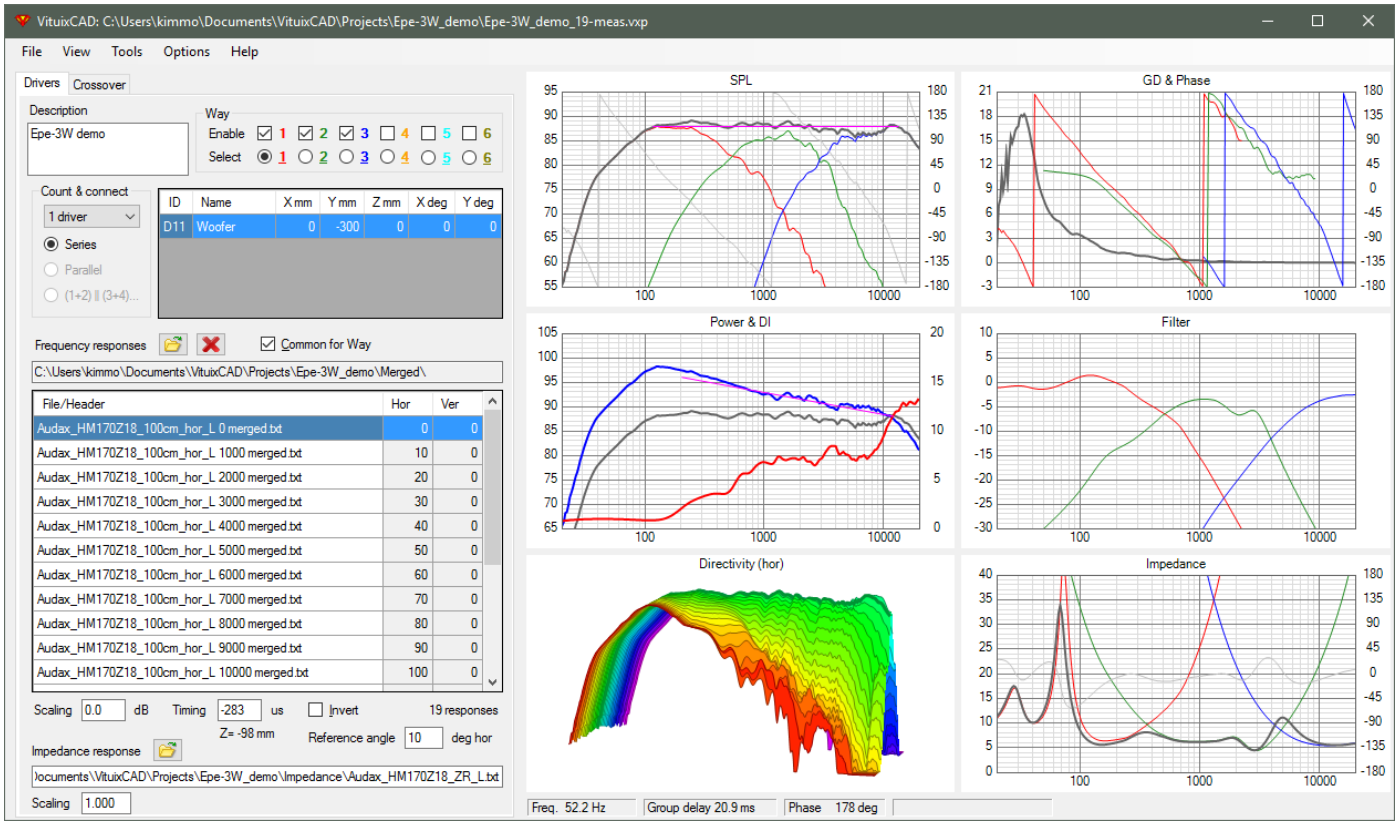
Wenn Sie nicht zufrieden sind → zurück ans Zeichenbrett

Zusätzliche Qualitätsprüfungen

- Excess Group Delay,
- Harmonische Verzerrungen,
- Intermodulationsverzerrungen,
- Kompression,
- Akustische Kompatibilität zum Hörraum,
- Frequenzgang im Raum,
- Klarheitsmaß.

Detaillierte Beschreibung

Hauptfenster



Das Hauptfenster ist in zwei Bereiche unterteilt, dem Steuerungsbereich auf der linken Seite und dem Dashboard (Grafik) auf der rechten Seite.

Menüs

File

New	(Ctrl+N)	Eröffne ein neues, leeres Projekt
Open	(Ctrl+O)	Öffnet ein existierendes Projekt
Recent >		Öffnet eines der vorher geöffneten Projekte
Save	(Ctrl+S)	Speichert das aktuelle Projekt
Save as…		Speichert das aktuelle Projekt unter einem anderen Filenamen
Export >		Export von Frequenzgang, Frequenzgang des Weges, Energiefrequenzgang, Bündelungsmaß, Impedanzgang, Group Delay, Filterverlauf für Treiber, Impedanzgang für Weg, Winkelfrequenzgang, Biquad Koeffizienten für Weg
Exit		Schliesst VituixCAD

View

Crossover schema	(Ctrl+F)	Öffnet Frequenzweichenschaltbild (nur Vorschau)
Optimize	(Ctrl+T)	Öffnet SPL-Zielkurve bzw. Optimierer
Parts list	(Ctrl+L)	Öffnet Stückliste
Impulse response	(Ctrl+I)	Öffnet Impulsantwort für Vorschau und Export
Power dissipation	[Ctrl+P]	Öffnet das Power dissipation Fenster
Units		Zeigt Einheiten (Ohm, F, H) für Frequenzweichenschaltbild
Part #		Zeigt Teilenummer anstatt der Werte im Frequenzweichenschaltbild

Tools

Enclosure	(F3)	Öffnet Enclosure-Tool
Merger	(F4)	Öffnet Merger-Tool
Calculator	(F5)	Öffnet Calculator-Tool
Diffraction	(F6)	Öffnet Diffraction-Tool
SPL Trace	(F7)	Öffnet SPL-Tracer-Tool

Auxiliary	(F8)	Öffnet Hilfsrechner

Options

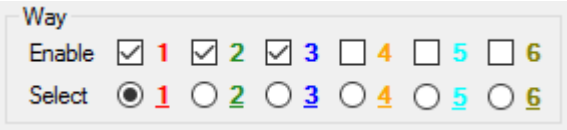
	(Alt+O)	Öffnet Optionsfenster

Help

Online Manual EN	(F1)	Öffnet das englische Originalhandbuch
Online Manual DE		Öffnet die deutsche Übersetzung des Handbuches
About		Information über VituixCAD. Zeigt den Verlauf der Änderungen.

Lautsprecher

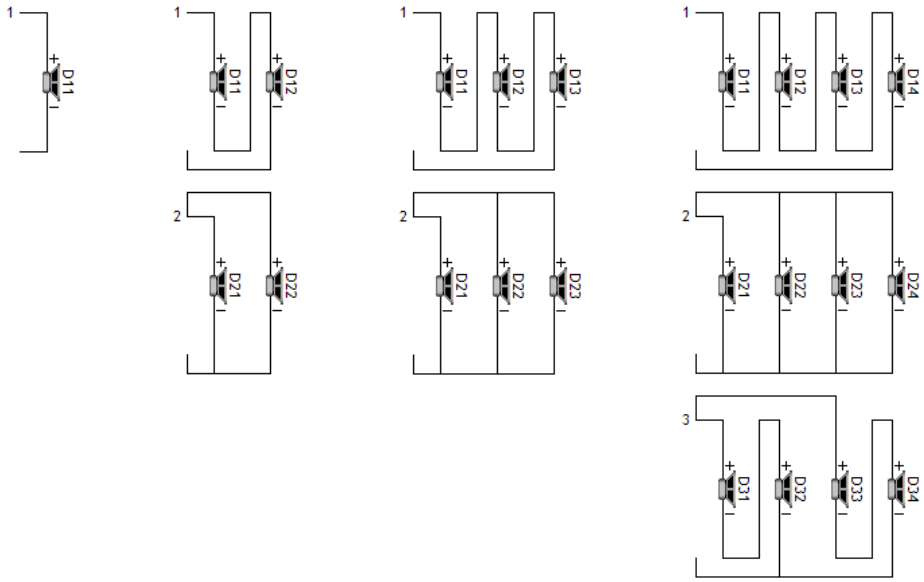
Wege / Zweige



Aktivieren Sie die Checkbox(en), um festzulegen, wie viele Wege im Projekt vorhanden sind. Wenn Sie einen Zweiweglautsprecher bauen, markieren Sie Checkbox 1 und 2. Der erste Weg ist normalerweise der Tieftonbereich. Einzelne Wege können während des Entwurfsprozesses deaktiviert werden, ohne dass die eingegebenen Daten verloren gehen. Dies ermöglicht die Fokussierung auf einen Weg, wenn das gesamte Projekt bereits aufgebaut wurde. Ungenutzte Wege können für alternative Weichendesigns genutzt und zum Vergleich mit dem Primärdesign ausgetauscht werden.

Mit den Optionsschaltflächen wählen Sie aus, mit welchem Weg Sie aktuell arbeiten.

Zähle & Verbinde



VituixCAD unterstützt bis zu 4 Lautsprecherchassis per Weg. Verfügbare Konfigurationen sind Serie (1), Parallel (2) und Serie-Parallel (3).

Treiberliste

Jeder Treiber kann mit Namen und Ort relativ zum "Design-Bezugspunkt" versehen werden. Der Design-Bezugspunkt liegt in der Regel auf Hörachse direkt auf der Schallwand. X [mm] ist die horizontale Koordinate; negativ nach links und positiv nach rechts. Y [mm] ist die vertikale Koordinate; negativ nach unten und positiv nach oben. Z [mm] ist die horizontale Entfernungskoordinate; negativ ist näher am Mikrofon und positiv weiter vom Mikrofon entfernt.

Die horizontale Drehung X [Grad] oder die vertikale Neigung Y [Grad] der Treiber wird ebenfalls unterstützt, aber der Winkel sollte den gemessenen Richtungen folgen, da VituixCAD die Frequenzgänge zwischen Achsen und außerhalb der Achse nicht interpoliert. Die Drehung X [Grad] ist positiv nach rechts und die Neigung Y [Grad] ist positiv nach oben.

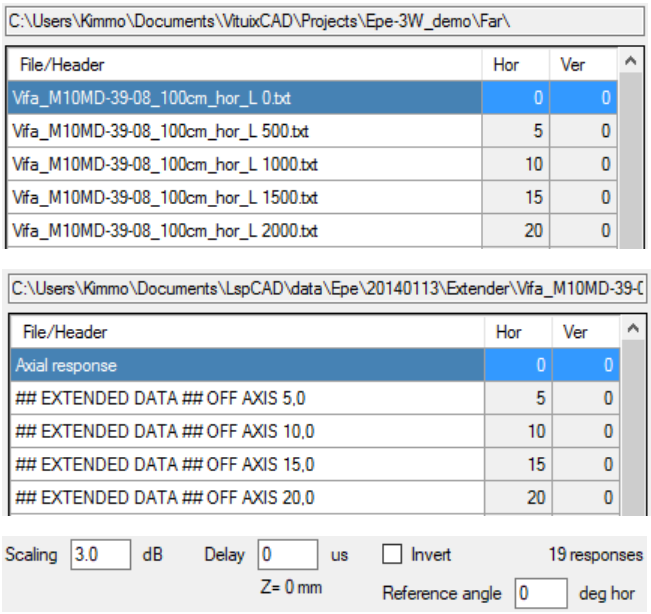
Mehrere Treiber sollten als ein Treiber eingegeben werden, wenn sie im Gehäuse als Paket gemessen wurden, d.h. alle Treiber gleichzeitig am Leistungsverstärker angeschlossen waren. Der Ort wird als Differenz zwischen Messhöhe und Design-Bezugspunkt eingegeben.

Beispiel 1: Ort (X,Y,Z) = (0,0,0) wenn das multiple Lautsprecherpaket auf Hörachse gemessen wurde.
Beispiel 2: Ort (X,Y,Z) = (0,-400,0) wenn das multiple Lautsprecherpaket 400 mm unter der Hörachse gemessen wurde.

Frequenzgang

Fügen Sie die Frequenzgänge des Treibers ein, indem Sie auf die Schaltfläche "Ordner" klicken oder die Dateien durch Drag & Drop ablegen. Sie können einzelne Off-Axis-Frequenzgänge oder das LspCAD- Format - das mit dem Merger-Tool erstellt wird - verwenden. Mit der Schaltfläche „Delete“ ✖ wird die komplette Liste gelöscht. Treiber Nr. 2-4 können alle Messungen von Treiber Nr. 1 zugeordnet werden, indem Sie „*Common for Way*“ aktivieren.

Es werden maximal 74 Datensätze pro Treiber unterstützt. Alle importierten Frequenzgänge werden bzgl. der Messwinkel mit den anderen Wegen und Treibern geprüft. **Nur diejenigen Winkel, die für alle aktivierten Wege und Treiber verfügbar sind, sind in der Simulation enthalten.**



Die Frequenzgänge können mit den Steuerungsfeldern unterhalb der Frequenzgangliste skaliert („*Scaling*“in dB), zeitlich verzögert („*Delay*“ in µs) oder die Polarität geändert („*Invert*“) werden. Die Winkel in der Frequenzgangtabelle (Hor/Ver) können durch Eingabe eines neuen Wertes in das Feld geändert werden, wenn VituxCAD den Wert nicht aus dem Dateinamen ableiten konnte oder die Messungen absichtlich getauscht werden sollen.

Der Referenzwinkel („*Reference Angle*“) ist die Richtung in der horizontalen Ebene, die als axialer Frequenzgang in den SPL, Power & DI und Phase Diagrammen angezeigt wird. Die Bündelungsgradberechnung verwendet ebenfalls den Referenzwinkel als Hauptachse. Die Optimierung auf eine frei gewählte axiale Richtung ist nützlich, wenn der axiale Frequenzgang schlecht oder nicht repräsentativ ist oder die zugehörigen Messdaten schlecht sind und keine genaue Abschätzung des Energiefrequenzganges verfügbar ist. Der Defaultwert für den Referenzwinkel ist 0 Grad horizontal.

Impedanzgang

Wählen Sie die Impedanz-Datei für einen Treiber aus, indem Sie auf die Schaltfläche klicken. Sie können das File auch direkt mit Drag & Drop einfügen.

Der Impedanz kann mit einem Multiplikator skaliert werden. Wenn z.B. mehrere Treiber als Treiberpaket eingegeben werden sollen, so kann der Impedanz eines einzelnen Treibers auf die Gesamtimpedanz des Treiberpakets skaliert werden.

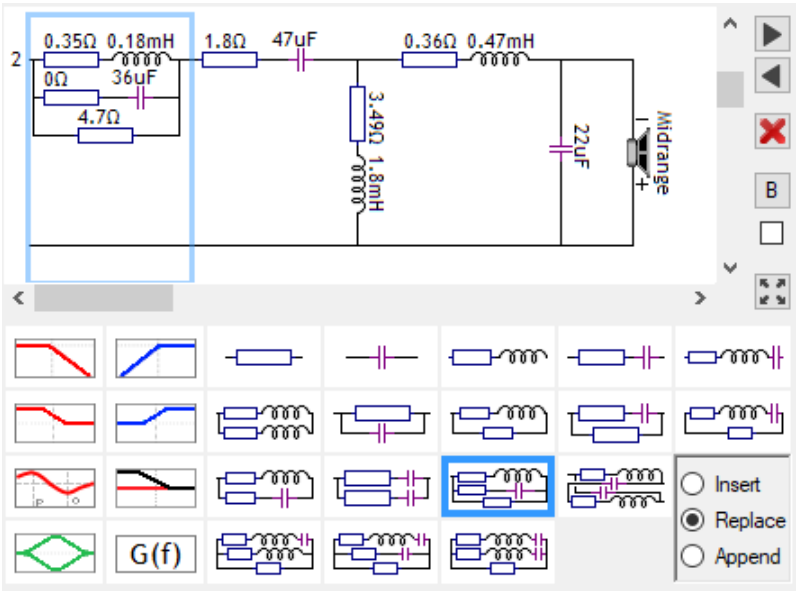
Unterstützte File-Typen für Frequenz- und Impedanzgang

VituixCAD unterstützt durch Tabulator, Leerzeichen oder Semikolon getrennte Formate sowie .txt , .frd oder .zma (Impedanz). Folgende Software-Exporte werden unterstützt:

- Audio Tools
- ARTA, LIMP
- Clio
- Edge
- FRD tools
- HOLM Impulse
- justMLS, LspCAD 6 extended format
- Klippel
- LspLAB
- REW
- SoundEasy
- XSim

Frequenzweiche

Frequenzweichenschaltbild



Es können jedem Weg maximal 15 Filterblöcke über das Frequenzweichen-Blockmenü oder dem „Wizard“ zugewiesen werden. Die Zuweisung via Drag & Drop ist ebenfalls verfügbar.

Filterblöcke können per Drag & Drop oder indem Sie auf die Pfeilschaltflächen rechts neben dem Schaltbild klicken innerhalb desselben Netzwerkes vorwärts und rückwärts verschoben werden. Einzelne Blöcke können mit Strg + Drag & Drop kopiert werden. Ein ausgewählter Block kann durch Klicken auf die Schaltfläche Löschen ✖ entfernt werden. Das gesamte Filter-Netzwerk des Weges kann im Popup-Menü gelöscht werden (rechter Mausklick) oder in einen anderen Weg oder ein Projekt eingefügt werden. Ein ausgewählter Block kann durch die Checkbox unterhalb des B-Buttons auf der rechten Seite des Frequenzweichen-Blockmenüs deaktiviert werden. Der Bypass-

Status der ausgewählten Blöcke im Weg wird durch Klicken auf die Schaltfläche B invertiert. Deaktivierte Blöcke sind im Schaltbild grau hinterlegt.

Bis zu zehn Änderungen an der Frequenzweiche können vor der Anpassung der Parameter mit dem Befehl *Undo* (Strg + Z) im Kontextmenü des Filterschemas rückgängig gemacht werden. Einstellungen zum Weg wie *Gain, Delay* und *Invert* sowie einzelne Parameteränderung werden nicht im Undo-Puffer gespeichert.

Die Schaltbild-Ansicht kann durch Klicken auf die Schaltfläche ⛶ erweitert werden. Das Schaltbild der gesamten Frequenzweiche ohne deaktivierte Blöcke oder Wege kann durch über das Menü „View“ → „Crossover Schema“ oder (Strg + F) geöffnet werden.

Insert/Replace/Append mode – Einfügen/Ersetzen/Anhängen

Filterblöcke werden im Schaltbild entsprechend des ausgewählten Modus platziert. Im Insert-Modus werden neue Blöcke links neben dem markierten Block platziert, ohne bestehende Blöcke zu überschreiben. Der Replace-Modus überschreibt den markierten Block. Der Replace-Modus wird automatisch aktiviert, wenn auf einen Filterblock im Schaltbild geklickt wird. Im Append-Modus werden neue Blöcke direkt rechts neben dem gerade ausgewählten Block hinzugefügt. Sie können zwischen den Modi durch die Optionsfelder wechseln oder die Taste Einfügen drücken, wenn der Mauszeiger über dem Schaltbild ist.

Insert cursor Replace cursor Append cursor

Filterblocktypen

Aktive Low-Pass und High-Pass Filter (f). Form und Ordnung können aus der Liste gewählt werden:

- 1st order
- 2nd order (Q)
- Linkwitz-Riley 12...48 dB/oct.
- Bessel 12...48 dB/oct.
- Butterworth 12...48 dB/oct.
- Chebyshev 0.5dB 12...48 dB/oct.
- 1st order linear-phase
- 2nd order linear-phase (Q)
- Linkwitz-Riley linear-phase 12...48 dB/oct.
- Horbach-Keele linear-phase (R)
- Horbach-Keele “MTM” linear-phase
- Brickwall linear-phase

Aktive Shelving Low-Pass und High-Pass Filter (f, gain). Form kann aus der Liste gewählt werden:

- 1st order
- 2nd order (Q)
- 1st order linear-phase
- 2nd order linear-phase (Q)

Aktive Linkwitz-Transform (fo, Qo, fp, Qp)

Aktive All-Pass Filter (f). Form und Ordnung können aus der Liste gewählt werden:

- 1st order
- 2nd order (Q)
- 1st order phase linearization
- 2nd order phase linearization (Q)

- Linkwitz-Riley phase linearization 12...48 dB/oct.
- Bessel HP phase linearization 12...48 dB/oct.
- Butterworth HP phase linearization 12...48 dB/oct.

Aktive Peak/Notch Filter. Form kann aus der Liste gewählt werden:

- Parametric EQ (f, Q, gain)
- Gain EQ (f, Q, gain)
- Phase EQ (f, Q, phase)

Transfer Functions-File, jeder unterstützte Filetyp.

Passive R1
Passive C1
Passive R1+L1
Passive R1+C1
Passive R1 || C2
Passive (R1+C1) || R2
Passive (R1+L1) || R2
Passive (R1+C1) || (R2+C2)
Passive (R1+L1) || (R2+L2)
Passive (R1+L1) || (R2+C2)
Passive (R1+L1) || (R2+C2) || R3 *(Parallel notch)*
Passive R1+L1+C1 *(Series notch)*
Passive (R1+L1+C1) || R2
Passive Lattice all-pass
Passive (R1+L1+C1) || (R2+L2) || R3
Passive (R1+L1+C1) || (R2+C2) || R3
Passive (R1+L1+C1) || (R2+L2+C2) || R3

Wichtig! Aktive Filter mit blau hinterlegtem Text sind NICHT minimalphasig. Diese Filterblöcke sind im Schaltbild mit 'FIR' gekennzeichnet. Für deren reale Anwendung werden entweder ein Convolver-Plugin oder ein DSP-Gerät mit FIR-Funktionen benötigt. Die Übertragungsfunktion aktiver Filter kann pro Weg als Impulsantwort im Wav- oder Txt-Dateiformat exportiert werden. Siehe auch Abschnitt Impulsantwort.

Biquad Koeffizienten

Aktive IIR-Blöcke können als digitale Biquadfilterkoeffizienten b0, b1, b2, a1, a2 in die Zwischenablage exportiert oder kopiert werden:

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}}$$

Das Format ist mit der erweiterten Ansicht von miniDSP Xover / PEQ kompatibel. Zum Beispiel Butterworth LP 1000 Hz 3. Ordnung:

biquad1,
b0=0.004015505022858,
b1=0.008031010045716,
b2=0.004015505022858,
a1=1.86140844453211,
a2=-0.877470464623539,
biquad2,
b0=0.061511768503622,
b1=0.061511768503622,
b2=0,
a1=0.876976462992757,
a2=0,

Die Biquads des Weges können als Textfile mit *File -> Export -> Biquad coefficients of Way* exportiert werden.

Die Koeffizienten können aus dem Kontextmenü des Schaltbildes in die Zwischenablage kopiert werden (rechter Mausklick):

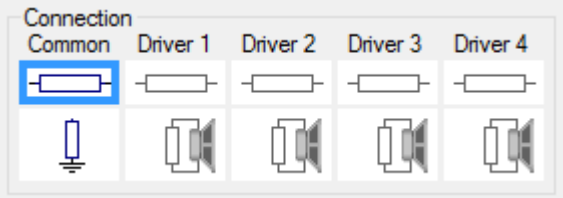
Kopiere *Biquad coefficients of selected Block (Strg+B)*
Kopiere *Biquad coefficients of Way (Strg+W)*

Hinweis! Wählen Sie vor dem Kopieren / Exportieren von Biquads die korrekte Abtastrate im Impulsantwortfenster. Dabei werden FIR, Übertragungsfunktionsdateien, passive und deaktivierte Filterblöcke ignoriert. Die Stabilität von Biquad-Filtern wird nicht überprüft

Verbindungen

Aktive Blöcke sind für alle Treiber immer gleich, da sie vor dem Leistungsverstärker platziert werden. Der Verstärker ist an passives Netzwerk und Treiber angeschlossen. Die Position des passiven Blocks kann über das Verbindungsmenü ausgewählt werden:

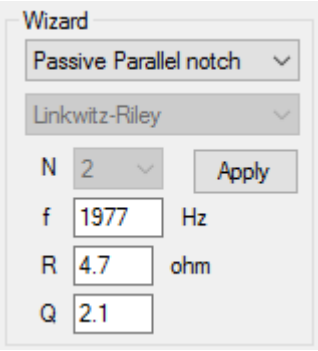
- In Serie im gemeinsamen (Weg) Netzwerk
- Shunt im gemeinsamen (Weg) Netzwerk
- In Serie im Treiber-Netzwerk
- Shunt im Treiber-Netzwerk



Im gemeinsamen Netzwerk ist das Bauteil/Filterelement entweder parallel (Shunt) oder in Reihe mit den Treibern verbunden. Im Treibernetz ist das Filterelement mit dem jeweiligen Treiber verbunden.

Ein passiver Filterblock kann direkt als Shunt eingefügt werden, indem die Umschalttaste gedrückt wird, während der Block in das Schaltbild eingefügt wird. Dadurch entfällt ein zusätzliches Klicken der Shunt-Taste (in der Gruppe "Connection").

Wizard

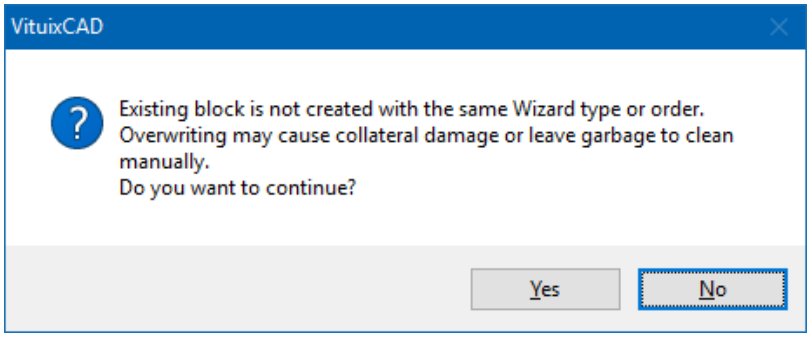


Der Wizard kann verwendet werden, um passive Filterblöcke hinzuzufügen oder zu ersetzen oder Parameter zu aktualisieren. Folgende Filtertypen sind über den Wizard verfügbar:

- Passive High pass; 1st...4th order Butterworth, Bessel, Chebychev 1.0dB or Linkwitz-Riley (f, ZL)
- Passive Low pass; 1st...4th order Butterworth, Bessel, Chebychev 1.0dB or Linkwitz-Riley (f, ZL)
- Passive Parallel notch (f, R, Q)
- Passive Series notch (f, R, Q)
- Passive Lattice all-pass (f, RL)
- Passive Zobel (Re, Le)
- Passive L-pad (ZL, gain)

Andere Typen sollten der Blockliste manuell hinzugefügt werden.

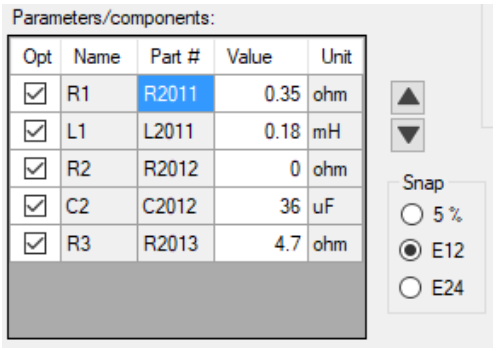
Filterblöcke, die vom Assistenten erstellt wurden, werden entsprechend dem Modus Replace/Insert/Append mode platziert. Passive Filter höherer Ordnung und L-Pads benötigen mehrere Blöcke. Das Ersetzen mit mehreren Blöcken erfordert möglicherweise eine Bestätigung:



Der existierende Filterblock ist nicht mit dem gleichen Typ oder Ordnung im Wizard erstellt. Das Überschreiben kann Schaden verursachen oder Müll hinterlassen, der nur manuell beseitigt werden kann.

Wollen Sie fortfahren?

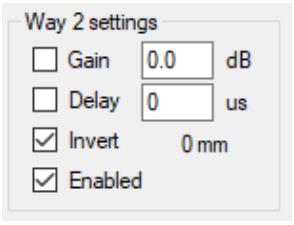
Parameter /Komponenten



Durch Auswahl des Filterblocks werden die entsprechenden Parameter / Komponenten der Liste geöffnet. Komponentenwerte können direkt in das Feld „*Value*“ eingegeben werden. Zusätzlich kann der Komponentenwert mit den Tasten Alt + Up / Down, den Pfeilbuttons oder dem Mausrad erhöht / verringert werden. Die Stufung wird durch den „*Snap-Wert*“ definiert. Verfügbare Werte sind 5%, E12 oder E24.

Der Parameter wird in die Frequenzgangoptimierung einbezogen, wenn das Optionsfeld „**Opt**“ ausgewählt ist. Andernfalls wird der Parameter ausgeschlossen und der vorhandene Wert gesperrt. Siehe Optimierer.

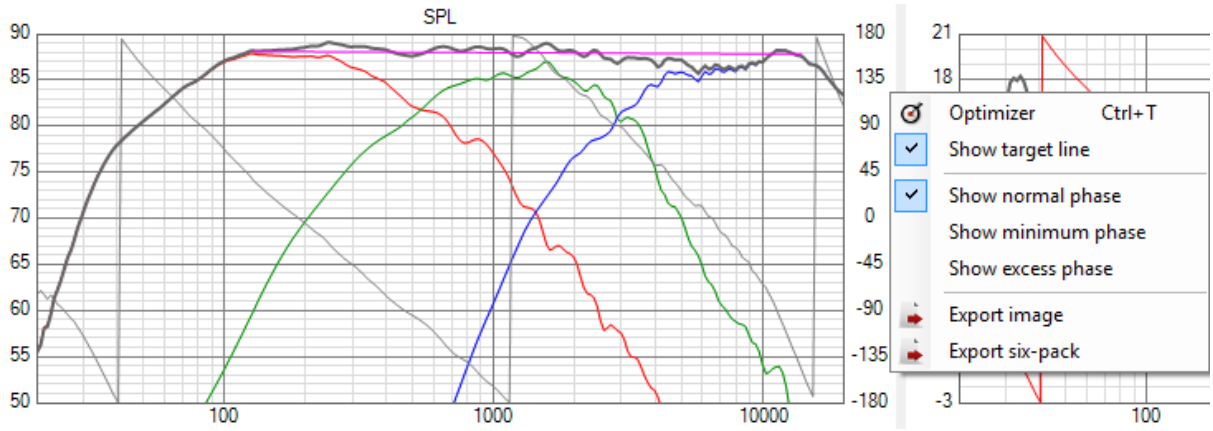
Wege # Einstellungen



Für jeden Weg stehen eine einstellbare aktive Verstärkung [dB] und DSP-Verzögerung [µs]. Verstärkung und Verzögerung können automatisch mit dem Optimierer eingestellt werden, indem die Checkbox aktiviert wird (siehe Optimierer). Die Polarität des Weges kann durch die Checkbox „*Invert*“ geändert werden. Mittels der Checkbox „*Enabled*“ wird der Weg aktiviert, sie ist ein Zwilling der Checkbox auf der Treiber Tabelle.

Dashboard (Grafiken)

SPL



Standardmäßig zeigt das SPL-Diagramm Gesamt-SPL, Gesamt-SPL-Zielkurve, SPL pro Weg, SPL pro Treiber und die Gesamtphase an. Alle Kurven beziehen sich auf den Referenzwinkel, siehe auch Frequenzgänge. Die Farbcodierung der Kurven ist wie folgt:

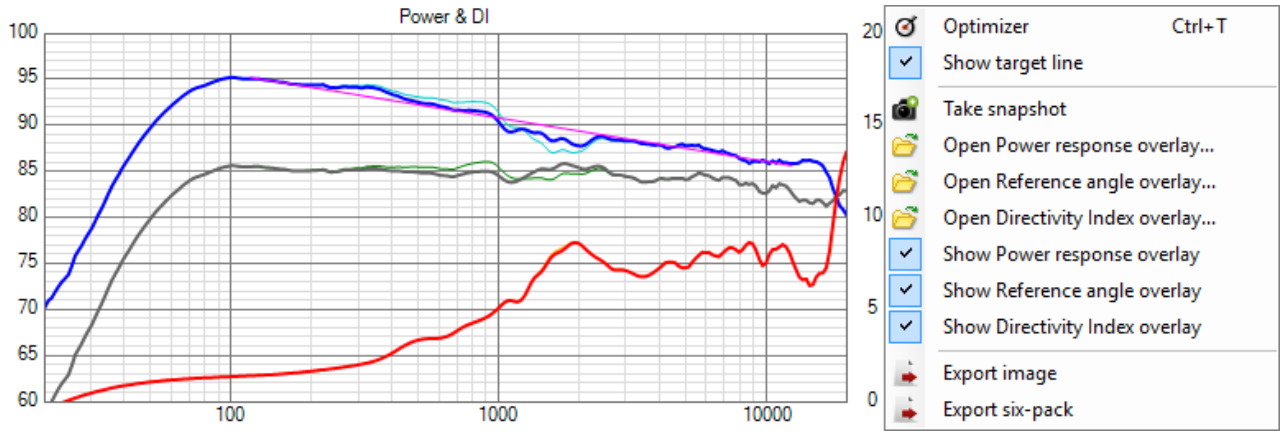
Total SPL: schwarz
Total Phase: grau. Optional, deaktiviert durch Deaktivieren von „*show normal phase*“ im Kontextmenü
Minimum Phase: hellgrün. Optional zu aktivieren durch „*Show minimum phase*“ “ im Kontextmenü
Excess Phase: Stahlblau. Optional zu aktivieren durch “*Show excess phase*“ “ im Kontextmenü
SPL per Weg: rot, grün, blau, orange, cyan, olivengrün
SPL per Treiber: hellrot, hellgrün, hellblau, hellorange, helles cyan, helles olivengrün
Justierbare SPL-Zielkurve: magenta. Optional, deaktiviert durch Deaktivieren von „*Show Target line*“ im Kontextmenü

Die SPL-Zielkurve kann durch Ziehen der Linienenden mit der Maus sowie „Shift“ oder „Strg“ eingestellt werden. Dies ist die Zielkurve für die Optimierung des axialen Frequenzganges. Siehe Optimierer.

Zoomen

Jede Grafik kann durch Doppelklick in die Mitte des Grafikbereichs auf die volle Größe und zurück gezoomt werden

Power & DI

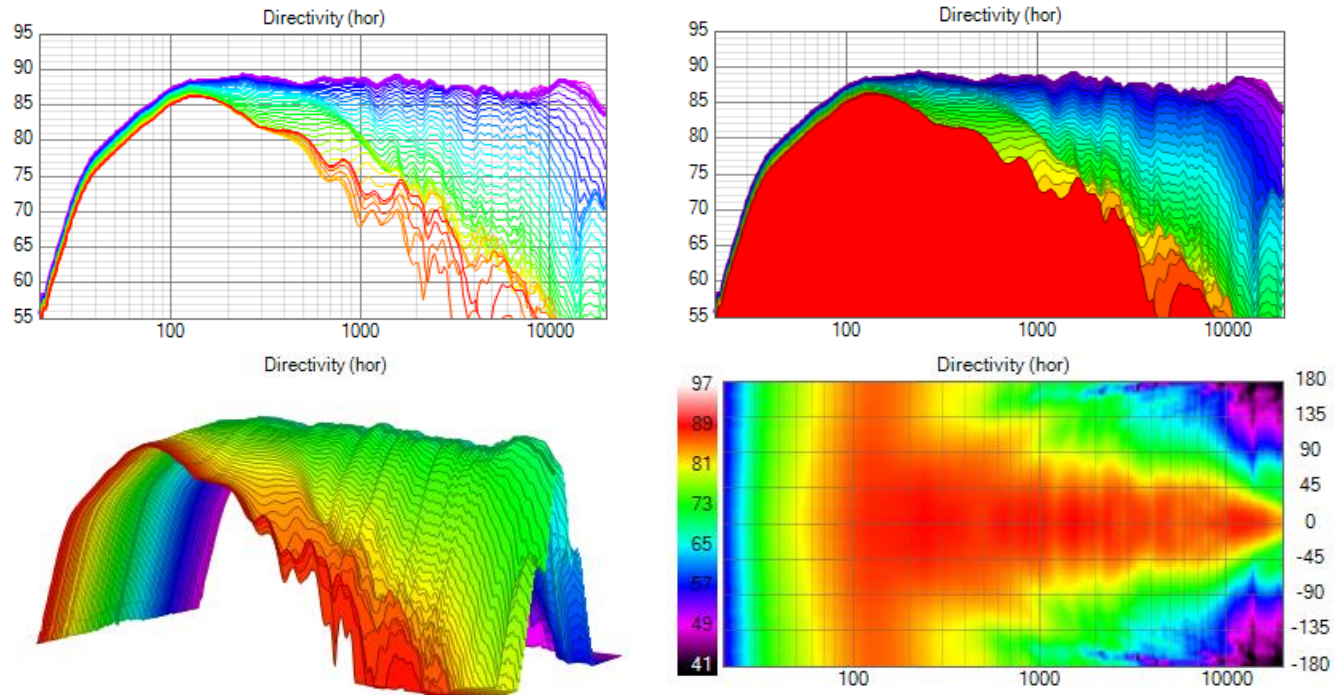


Die Grafik zeigt die Annäherung an den Energiefrequenzgang (blau), den Frequenzgang für den Referenzwinkel (schwarz) und das Bündelungsmaß (rot). Es gibt eine einstellbare Zielkurve (Magenta), die normalerweise für den Energiefrequenzgang genutzt wird. Die Zielkurve kann durch Ziehen der Linienenden mit der Maus sowie „Shift“ oder „Strg“ angepasst werden. Dies ist auch die Zielkurve für die Optimierung des Energiefrequenzganges. Siehe Optimierer.

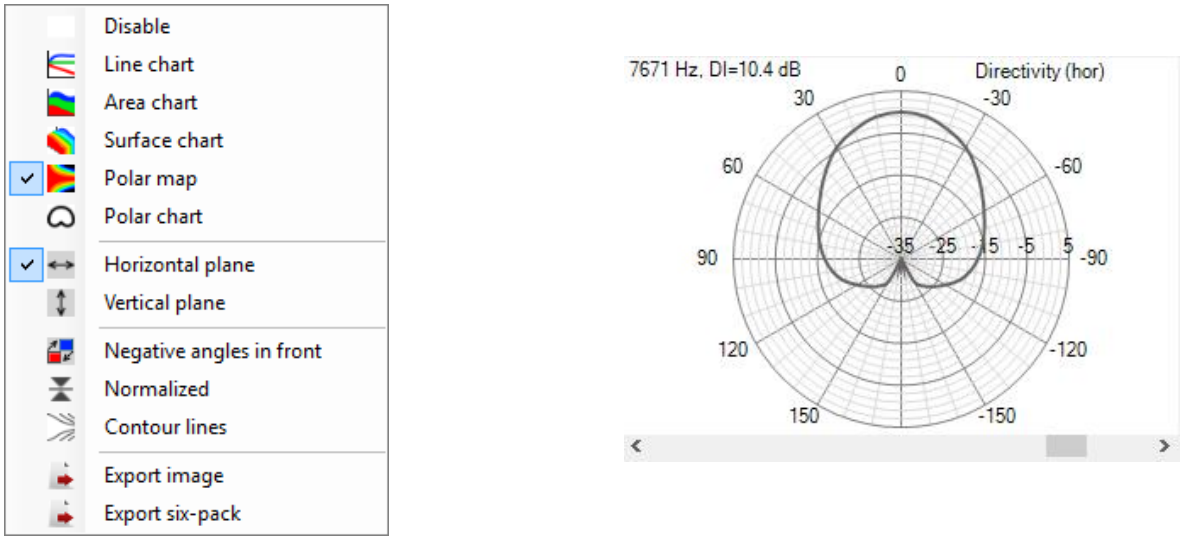
Weitere Informationen was in der Berechnung enthalten ist und wie berechnet wird, finden Sie unter „*Optionen*“ → Energiefrequenzgang und Berechnung des Bündelungsgrads.

Die Grafik kann drei Overlays enthalten, typischerweise eine für jede Kurve. Das Snapshot / Overlay-Menü wird mit der rechten Maustaste geöffnet. Der Snapshot-Befehl speichert die aktuelle Situation. Auch Frequenzgang-Dateien können als Overlays geladen werden. Energiefrequenzgang und Referenzwinkel-Overlay beziehen sich auf die linke Y-Skala, der Bündelungsgrad auf die rechte Y-Skala. Die Sichtbarkeit von Overlays wird mit den *Show-Overlay*-Befehlen individuell ausgewählt.

Directivity - Richtwirkung



Das Kontextmenü "*Directivity Graph Options*" wird mit einem rechten Mausklick über der Grafik geöffnet:

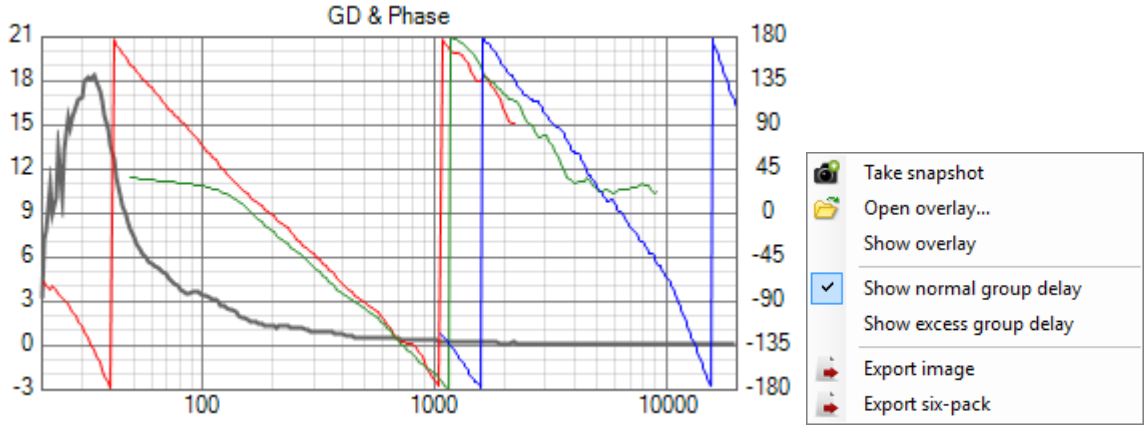


Diese Grafik zeigt die Simulation der Richtwirkung als Linien-, Flächen- oder Oberflächendiagramm, Polarkarte (der Farben wegen auch als Temperaturkarte bekannt) oder Polardiagramm. Es müssen Frequenzgänge für alle Winkel vorhanden sein (summarisch für alle Wege und Treiber), wenn Sie dieses Diagramm anzeigen wollen. Der gewählte Referenzwinkel wird durch eine dicke Linie angezeigt.

Die Oberflächengrafik kann durch Rotation, Neigen, Zoomen und Schwenken verändert werden, indem Sie die Grafik mit der Maus ziehen und drehen. Sie können das Diagramm schwenken, indem Sie beim Ziehen die Strg-Taste drücken. Die Grenzen für Rotation und Neigung liegen zwischen 10° und 170°.
Wenn Sie *„Polar Chart"* aktivieren, wird das Polardiagramm bei der mit der horizontalen Bildlaufleiste

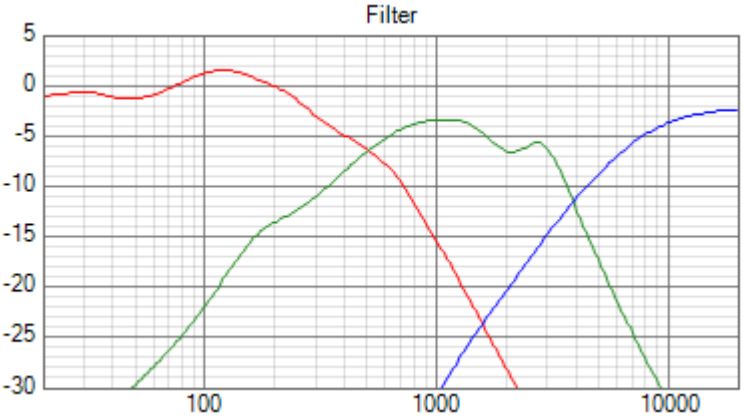
ausgewählten Frequenz angezeigt.
Wenn Sie *„Negative angles in front“ aktivieren*, wird die Winkelachse des Diagramms invertiert.
Bei Aktivierung von *„Normalized“* wird der Frequenzgang auf den gewählten Referenzwinkel normiert.
Durch Aktivierung von *„Contour Lines“* werden die Ränder der Pegelbereiche in der Polar-Karte mit Linien versehen. Die Pegelschritte betragen 3 dB.

Gruppenlaufzeit & Phase



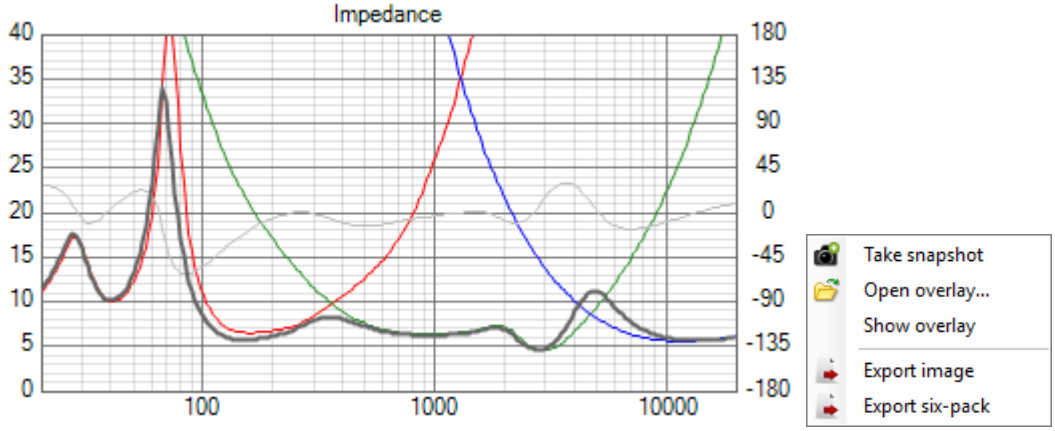
Diese Grafik zeigt die Gesamt-Gruppenlaufzeit (Schwarz) und die Phase der einzelnen Treiber bezogen auf den Referenzwinkel. Die Farbcodierung folgt den gleichen Regeln wie im Abschnitt "Ways" definiert. Optional kann die Excess-Gruppenlaufzeit durch Aktivierung von “*Show Excess group delay*“ im Kontext Menü angezeigt werden (Stahlblau). Die Gruppenlaufzeitverzögerung kann ausgeblendet werden, indem die Option "*Show normal Group Delay*“ deaktiviert wird.

Filter



Diese Grafik zeigt die Filterwirkung für die einzelnen Treiber. Die Farbkodierung folgt den gleichen Regeln wie im Abschnitt "Ways" definiert.

Impedance

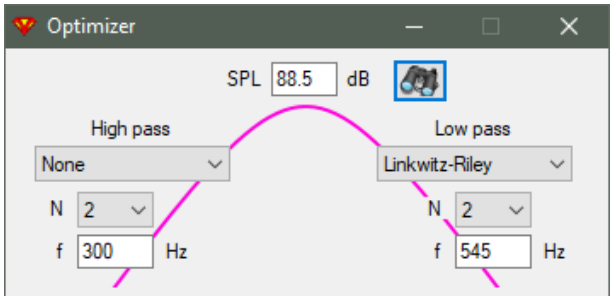


Diese Grafik zeigt die Gesamtimpedanz (schwarz), die Phase (grau) und die Impedanzen je Weg. Die Farbkodierung folgt den gleichen Regeln wie im Abschnitt "Ways" definiert.

Phasen-, Filter- und Impedanzdiagramme können eine Overlaykurve anzeigen. Das Snapshot / Overlay-Menü wird mit der rechten Maustaste geöffnet. Der „*Take Snapshot*“ Befehl speichert die aktuelle Situation. Mittels „*Open Overlay*“ können auch als Frequenz- / Impedanzdateien als Overlay geladen werden.

Optimierer

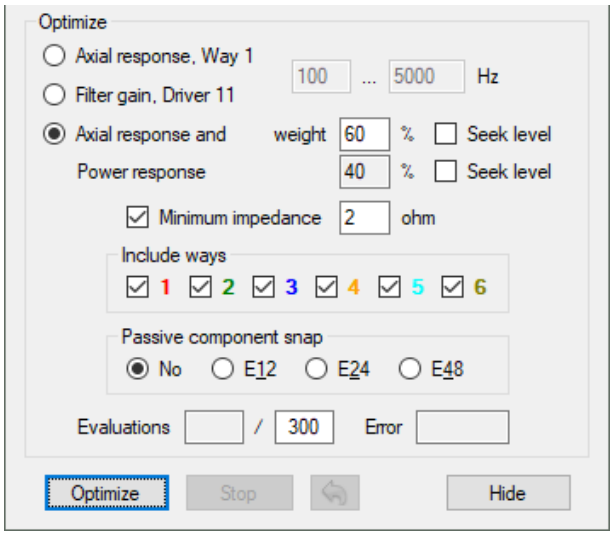
SPL –Zielkurve des Weges



Jeder Weg kann mit einer individuellen Zielkurve belegt werden. Das Optimize-Fenster kann im Kontext-Menü des SPL-Diagramms aktiviert werden. Wählen Sie „*Axial response, Way #*“, um die Zielkurve anzuzeigen. Hochpass-, Tiefpass- und Bandpasskurven sind verfügbar. VituixCAD unterstützt folgende Zielkurven: 1. bis 8. Ordnung Butterworth, Bessel, Chebychev 0.5 dB und Linkwitz-Riley.

Der Ziel-Pegel kann manuell über das Textfeld SPL eingestellt oder automatisch vom Gesamt-SPL-Ziel gelesen werden, indem Sie auf klicken. Das Filterdesign kann aus dem oberen Dropdown-Menü ausgewählt werden (Hoch- oder Tiefpass). Das untere Dropdown-Menü (N) steuert über die Ordnung die Flankensteilheit. Die Eckfrequenz wird im letzten Textfeld (f) angepasst.

Optimieren



Der axiale Frequenzgang des aktuell ausgewählten Wegs kann automatisch auf eine Zielkurve optimiert werden, indem „*Axial response, Way #*“ markiert wird. Erstellen Sie eine Zielkurve in diesem Fenster und geben Sie in den zwei Textfeldern den Frequenzbereich an, in dem der Optimierer mittels Minimierung der Summe der kleinsten Abstandsquadrate optimieren darf. Wählen Sie die zu optimierenden Komponenten durch aktivieren der jeweiligen Checkbox in der Registerkarte „*Crossover*“. Starten Sie den Optimierungsvorgang mit der Schaltfläche „*Optimize*“.

Die Übertragungsfunktion des Filters (nur Betrag) des aktuell ausgewählten Treibers kann automatisch an das Ziel angepasst werden, indem „*Filtergain, Driver #*“ markiert wird. Öffnen Sie die Zielkurve als Overlay im Filterdiagramm und geben Sie den zu optimierenden Frequenzbereich in den Textfeldern an. Wählen Sie die zu

optimierenden Parameter mittels der Checkboxen im Bereich „Parameters / Components“ in der Registerkarte Crossover. Starten Sie den Optimierungsvorgang mit der Schaltfläche „*Optimize*“.

Sowohl der gesamte Axialfrequenzgang als auch der Energiefrequenzgang können automatisch an die Zielkurve angepasst werden, indem „*Axial response* and *Power response*„ aktiviert werden. Die Gewichtung zwischen den beiden Frequenzgängen wird durch Angabe der Prozentwerte gesteuert. Ein höherer Wert erzeugt eine kleinere Differenz zwischen dem jeweiligen Ziel und der Antwort. Zum Beispiel: Axial = 60%, Power = 40% lässt mehr Fehler beim Energiefrequenzgang zu als beim axialen Frequenzgang, was besser sein kann, wenn der Lautsprecher sehr gerichtet abstrahlt oder der beabsichtigte Hörabstand sehr kurz ist.

Der Frequenzgang wird sowohl auf die Steigung als auch auf den Pegel der Ziellinie optimiert, wenn „*Seek level*“ aktiviert ist. Wenn diese Option nicht aktiviert ist, interessiert sich der Optimierer nicht für den Pegel, sondern nur für die Steigung innerhalb des Gültigkeitsbereiches der Zielkurve.

Die Zielkurven werden im SPL- und Power & DI-Diagramm festgelegt. Der Optimierer berechnet den quadratischen Fehler innerhalb des gewählten Frequenzbereichs zu jeder Zielkurve. Wählen Sie die zu optimierenden Wege mit Checkboxen (1 ... 6) und die zu optimierenden Komponenten durch aktivieren der jeweiligen Checkbox in der Registerkarte „*Crossover*“. Starten Sie den Optimierungsvorgang mit der Schaltfläche „*Optimize*“.

Aktivieren Sie „*Minimum impedance*“ und geben Sie den Mindestwert in das Textfeld ein, wenn Sie die minimale Impedanz mit kontrollieren möchten. Der angezeigte quadratische Fehler erhöht sich, wenn die minimale Impedanz unter den gewählten Wert fällt. Während der Optimierung des axialen Frequenzganges und Energiefrequenzganges wird das Minimum aus dem Gesamtimpedanzverlauf ermittelt. Während der Optimierung des axialen Frequenzganges oder der Übertragungsfunktion des Filters eines Weges wird das Minimum aus der Impedanz des ausgewählten Weges ermittelt.

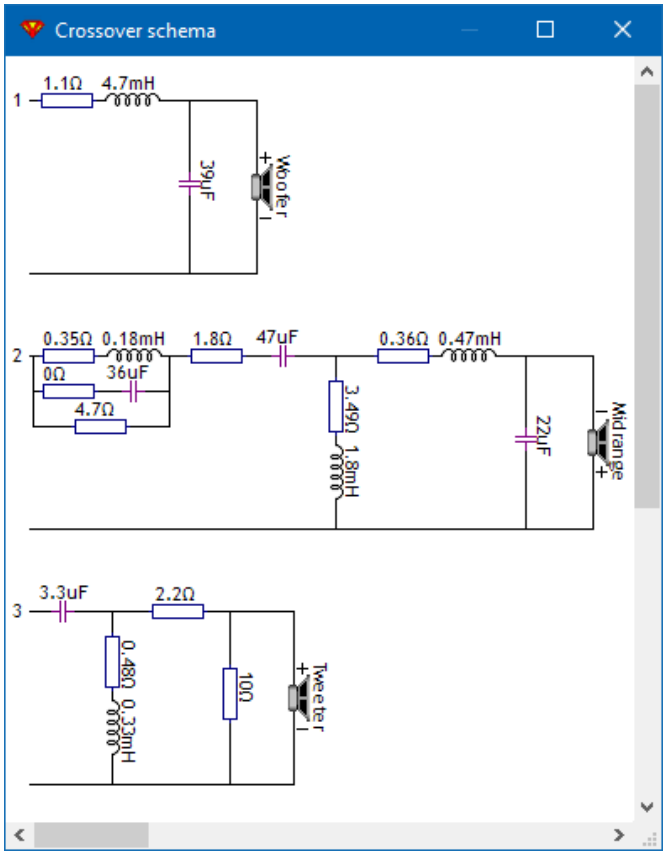
Passive Frequenzweichenbauteile können in der E-Serie auf den nächstliegenden Wert gerundet werden, wenn Sie E12, E24 oder E48 aktivieren. **Hinweis!** Die Werte werden nach der Optimierung gerundet, was den quadratischen Fehler am Ende erhöht.

Die Optimierung kann zu einem schlechten Ergebnis führen, wenn die anfänglichen Parameterwerte zu weit von einer guten Lösung entfernt sind und die Methode ein falsches lokales Minimum findet. Passen Sie die Parameter manuell näher an die akzeptable Lösung an und starten Sie den Optimierer mit der Schaltfläche „Optimize“ neu. Das Ergebnis kann mit „*Undo*“ zurückgewiesen werden. Mit „Undo“ können bis zu zehn Änderungen wiederhergestellt werden.

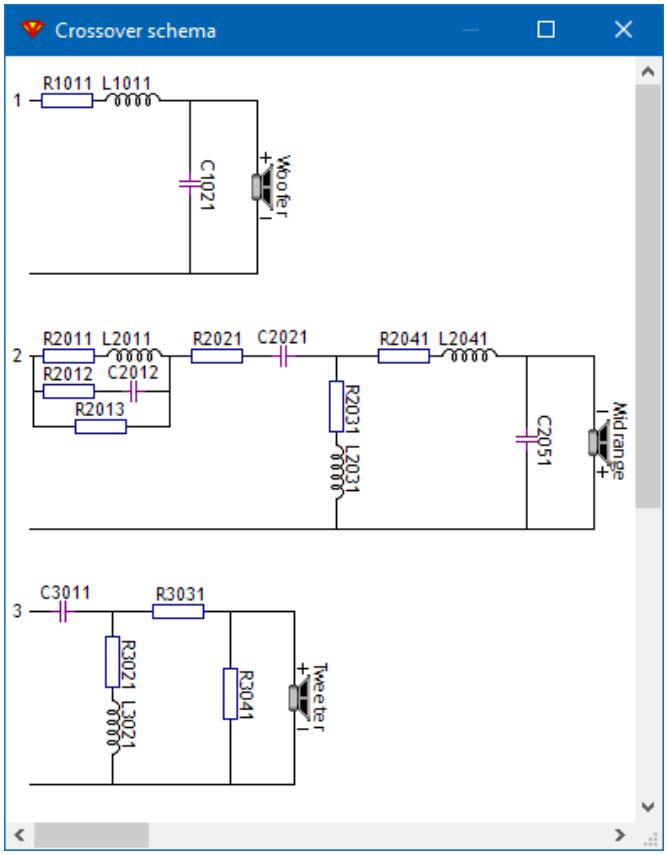
Der Optimierer stoppt, wenn der Fehler Null ist (selten) oder die Stopptaste gedrückt wird oder maximale Anzahl der Optimierungsvorgänge erreicht werden. Das anfängliche gesetzte Maximum beträgt 300 Optimierungen. Einfache Probleme mit nur wenigen zu optimierenden Parametern können mit weniger als 100 Berechnungen gelöst werden.

Die Optimierung kann beschleunigt werden, indem das Directivity-Diagramm deaktiviert wird (insbesondere das Polar- und das Oberflächen-Diagramm).

Frequenzweichenschaltplan-Fenster



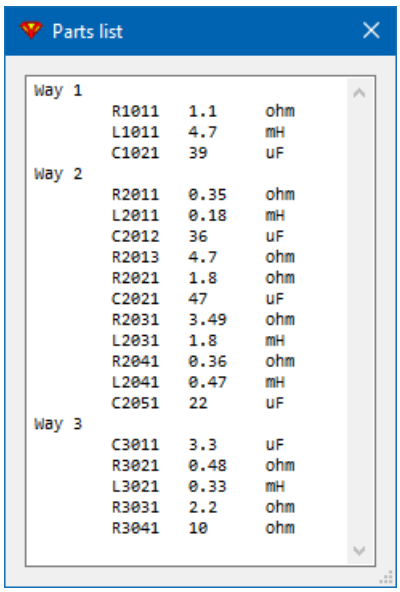
Units



Part #

Schaltbild der gesamten Frequenzweiche ohne deaktivierte Wege und Filterblöcke. Die Anzeige von Werten oder Komponentennamen wird durch das Menü „View“ → *„Units“ oder „Part #“* gesteuert.

Stückliste

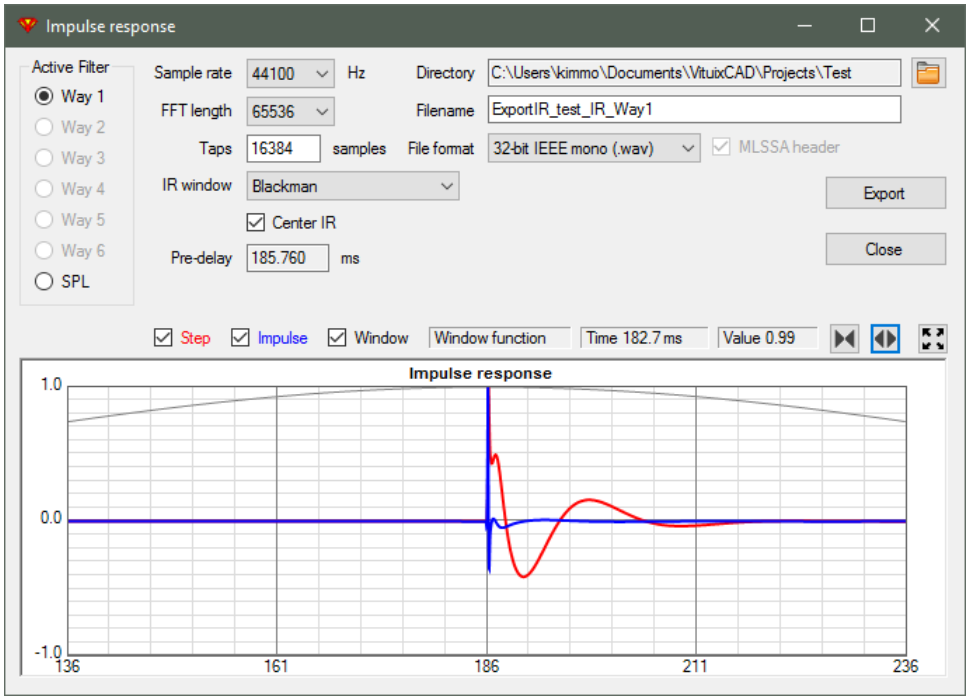


Die Stückliste zeigt passive Filterkomponenten und deren Werte als Text an. Die Liste kann mittels rechter Maustaste, „alles auswählen und kopieren“ in Ihre bevorzugte Tabellenkalkulation oder Ihren Texteditor kopiert werden. Bitte achten Sie darauf, dass der Widerstand der Spulen entweder direkt als Wert in Reihe mit der Spule oder als separater Widerstand angegeben sein kann.

Impulsantwort

Die Übertragungsfunktion der aktiven Filter pro Weg oder der gesamte, axiale SPL kann als Impulsantwort im Zeitbereich exportiert werden. Eine typische Anwendung ist, eine Impulsantwort als WAV-Datei für Lautsprecher-Controller mit DSP FIR-Unterstützung oder ein Convolver-Plugin zu erzeugen. Passive Filter (pro Treiber) können nicht direkt als Impulsantwort exportiert werden. Es ist aber mit folgendem Trick möglich: Ersetzen Sie den akustischen Frequenzgang des Treibers durch einen synthetischen, flachen Frequenzgang und exportieren den gesamten, axialen SPL, während die anderen Wege deaktiviert sind.

Der Frequenzgang wird extrapoliert, um das gesamte Band von 0 Hz bis zur halben Abtastrate (Nyquist-Frequenz) vor der inversen Fast-Fourier-Transformation abzudecken. Nach der inversen FFT wird die Impulsantwort mit der Fensterfunktion multipliziert, um ungewollte Artefakte aufgrund von spektralen Lecks zu reduzieren.



Sample rate: 44100, 48000, 96000, 192000 Hz.
Der Initialwert ist 44100 Hz, entsprechend CD-Audio-Qualität.

FFT length: 8192, 16384, 32768, 65536, 131072, 262144 bins.
Der Initialwert ist 65536. Die Frequenzauflösung der FFT wird berechnet durch *Sample rate / FFT length*.
Zum Beispiel: 48000 Hz / 65536 = 0.732 Hz.

Taps: 512...131072 Samples.
Die max. Zahl der Taps ist durch *FFT length / 2 begrenzt*. Durch die Pfeiltasten nach oben/unten wird der nächste 2^N-Wert eingestellt.

IR Fenster Function: Rechteck, Bartlett, Hanning, Hamming, Blackman, Blackman-Harris, Nuttall, Blackman-Nuttall, Cosine.
Das initiale Fenster ist Blackman. Überprüfen Sie die Form und Zentrierung in der Grafik mit einer angemessenen Zeitspanne. Siehe auch Wikipedia: Fenster function.
Hinweis: Die erweiterten Fenster-Funktionen sind für Spektrumanalysen mit hohem S/N ausgelegt und setzen leise Nebenkeulen voraus. Der Impulsantwort-Export funktioniert gut mit klassischem Blackman, Hanning etc.

Center IR verschiebt den zeitlichen Verlauf der Quelle des Frequenzgangs vor der inversen FFT durch Erhöhen des Phasenwinkels (um Verzögerung * Frequenz * 2pi rad). Die hinzugefügte Verzögerung ist die Hälfte der Impulsantwortlänge. Die Impulsspitze liegt notwendigerweise nicht exakt im Mittelpunkt. Die hinzugefügte Verzögerung wird im Textfeld „**Pre Delay**“ angezeigt. Dieser Wert kann wieder in die Analyseanwendung eingegeben oder kopiert werden, um das Timing / die Phase des ursprünglichen Frequenzgangs wieder

herzustellen. **Center IR** kann deaktiviert werden, wenn keine Zentrierung erforderlich ist, typischerweise ist das bei IIR-Filtern der Fall. Es wird eine Verzögerung von 1,0 Millisekunden eingefügt, um ein geringes Pre-Ringing und eine gewisse Timing-Toleranz zu erlauben, ohne den ersten Abtastwert des Impulspeaks zu verändern.

File Format: 16 Bit PCM Mono (.WAV), 16 Bit PCM Stereo (.WAV), 32 Bit IEEE Mono (.WAV), 32 Bit IEEE Stereo (.WAV), 64 Bit IEEE Mono. wav), 64-bit IEEE Stereo (.wav), 32/64 Bit mono (.txt), miniDSP Binärdatei (.bin), miniDSP manueller Modus (.txt, wird auch in die Zwischenablage kopiert).

Das Signal in 16-Bit-PCM-WAV ist auf ± 32760 skaliert und IEEE-WAV auf ± 0,999, um eine Fehlermeldung über möglicherweise abgeschnittene Werte zu vermeiden. Stereo-WAV hat auf beiden Kanälen dasselbe Signal.

Die Skalierung der Werte in der Textdatei entspricht der der Quelle. Die Textdatei hat eine einzelne Spalte von 0.0 s mit einer Schrittweite von 1 / Abtastrate [s]:

8.49378929663085E-25
1.64194430575251E-15
-3.17746589425256E-15 …

Ein **MLSSA Header** kann der Textdatei hinzugefügt werden, um das Lesen der Impulsantwort bei Anwendungen zu unterstützen, die eine ASCII-MLSSA-Datei (.txt) importieren - wie z.B. ARTA:

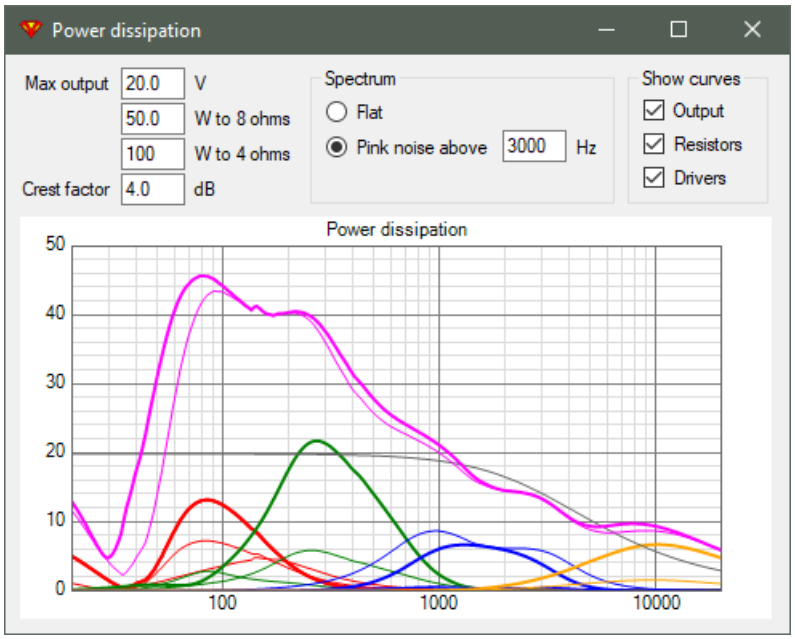
0	*start character*
0.0226757369614512	*1000/Sample rate*
16384	*taps*

Die Impuls- und Sprungantworten werden automatisch mit den ausgewählten IFFT-Parametern aktualisiert, wenn die Frequenzweiche geändert wird. Die Zeitskala kann mit Pfeiltasten erweitert und komprimiert werden. Das Diagramm kann für eine Vorschau auf das gesamte Fenster gezoomt werden.

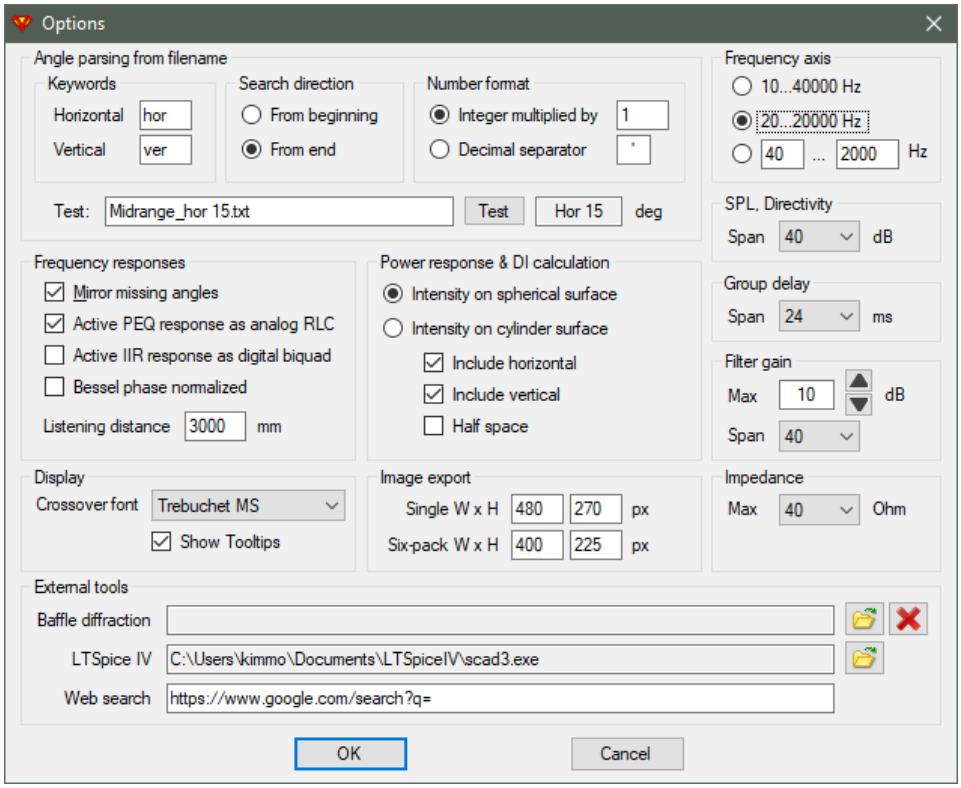
Verlustleistung in der Frequenzweiche

Das Diagramm zeigt das elektrische Leistungsspektrum des Verstärkerausgangs sowie der Treiber und der Widerstände in passiven Frequenzweichen. Das Cursor-Label zeigt Treiber- ID und Name oder Teilenummer und den Widerstandswert. Mit den Checkboxen „Show Curves“ können die sichtbaren Kurven ausgewählt werden. Einstellbare Parameter für das Ausgangssignal vom Leistungsverstärker sind:

- Maximale Spannung oder Leistung für konstante 8 oder 4 Ohm Last relativ zur Verstärkung des Weges.
- Scheitelfaktor. Verhältnis der maximalen Ausgangsspannung zum effektiven RMS-Wert in dB, der die Komprimierung / Lautstärke des Musiksignals repräsentiert. Der Wert sollte ein kurzfristiges Minimum sein, um sicherzustellen, dass die Widerstände die Energie speichern und ableiten können. Typische Crest-Faktoren für den gesamten Musiktitel oder das ganze Album könnte zu hoch sein.
- Spektrum: Flat oder rosa Rauschen über der angegebenen Frequenz. Rosa Rauschen repräsentiert das effektive RMS-Spektrum von Musiksignalen. Die typische Eckfrequenz des pinkfarbenen Spektrums liegt bei etwa 2 kHz, aber es gibt signifikante Unterschiede innerhalb der Musikgenres und -aufnahmen. Der Anfangswert ist auf 3 kHz eingestellt.



Optionen



Generierung des Winkels aus dem Filenamen

Damit VituixCAD Messwinkel und Achsen aus den Dateinamen der Messungen analysieren kann, müssen das Dateibenennungsformat / die Syntax definiert werden. „*Key Words*“ definiert, wie zwischen horizontaler und vertikaler Achse unterschieden wird. Die horizontale Achse wird ausgewählt, wenn das Schlüsselwort für „*Vertical*“ nicht im Dateinamen gefunden wird. „*Search Direction*“ legt fest, ob VituixCAD den Winkelwert vom Anfang des Dateinamens (hor_+150_myProjekt_mydriver.txt) oder vom Ende (myProjekt_mydriver_hor_+150.txt) ermitteln soll. „*Number Format*“ definiert, wie der Winkelwert im Dateinamen formatiert wird. Wenn Sie zum Beispiel 1500 verwenden, um 15 Grad anzugeben, verwenden Sie „*Integer multiplied by*“ 100. Zur Verifizierung Ihrer Syntax steht eine Testfunktion zur Verfügung.

Frequenzgang

„*Mirror Missing*“ definiert, ob VituixCAD fehlende Messdaten spiegeln soll:

- wenn der negative Winkel nicht verfügbar ist, auf den gleichen positiven Winkel (oder umgekehrt)
- wenn der vertikale Winkel nicht verfügbar ist, auf den gleichen horizontalen Winkel (oder umgekehrt)
- wenn kein vertikaler Winkel verfügbar ist, auf den absoluten horizontalen Winkel, der ausgewählt wurde (oder umgekehrt).

„Active PEQ-Response as analog RLC“: Der Q-Wert und der Frequenzgang von aktiven Peak/ Notch (IIR)-Filtern sind mit analogen RLC-Schaltungen kompatibel: Reihe Q = sqrt (L / C) / R, parallel Q = sqrt (C / L) * R. Der Referenzwert der BW (Bandbreite) liegt bei 3dB bei hohen Peaks.
Wenn die Checkbox nicht aktiviert ist, sind Q-Wert und Frequenzgang kompatibel zu vielen digitalen Geräten wie z.B. DCX2496 oder miniDSP. Der Antwortpeak ist schmal, weil der Referenzpegel der BW gleich A[dB] / 2 ist. Die Einstellung wird in der Projektdatei (.vxp) gespeichert.

“Active IIR response as digital biquad”: Wenn aktiviert, ist der Frequenzgang der aktiven IIR-Filter mit dem digitalen Biquad kompatibel. Wegen der endlichen Abtastrate ist er bei hohen Frequenzen nicht ideal. Die Einstellung wird in der Projektdatei (vxp) gespeichert. Die Abtastrate wird im Impulsantwortfenster ausgewählt.

Wenn die „*digitale Biquad*“ Option aktiviert ist, wird die Frequenzachse von Diagrammen auf die Nyquist-Frequenz begrenzt (Abtastrate / 2).
Hinweis! Der interne Frequenzbereich liegt im Bereich von 10 Hz-40 kHz, was zu einem Fehler bei der Minimum-Phasenberechnung führt, wenn die Abtastrate weniger als 96 kHz beträgt.

”*Bessel phase normalized*” Der Phasenwinkel bei der Nennfrequenz ist gemäß der Ordnung der Filter normalisiert: 90° (2^{nd}), 135° (3^{rd}), … 360° (8^{th}). Der Pegel bei Nennfrequenz variiert: -4.8 dB (2^{nd}), -6.3 dB (3^{rd}), … -13.5 dB (8^{th}). Dies ist eine beliebte Bessel-Funktion in vielen digitalen Devices wie z.B. Xilica oder miniDSP.
Wenn nicht aktiviert, wird der Pegel bei der Nennfrequenz auf -3,0 dB normiert. Dies ist in den Designtabellen von Herstellern linearer Schaltungen wie Analog Devices und Texas Instruments üblich. Wählen Sie vor dem Entwurf der Frequenzweiche die Bessel-Normalisierung aus, die mit Ihrer Zielvorgabe kompatibel ist.Die Einstellung wird in der Projektdatei (.vxp) gespeichert.

„Listening distance“ ist die virtuelle Entfernung vom Lautsprecher zum Hörer oder Mikrofon. Sie wird benötigt, um Phasendifferenzen und Amplitudenrelationen zwischen den Treibern an verschiedenen Orten zu berechnen. Geben Sie den typischen Hörabstand in mm ein. Der Standardwert ist 2500 mm.

Display

Der Zeichensatz für das Frequenzweichenschaltbild („*Crossover Font*“) und die Sichtbarkeit von Tipps („*Show Tooltips*“) können gewählt werden.

Power Response & Directivity Index (DI) Kalkulation

“Intensity on spherical surface”: Wird normalerweise für Vollbereichs- oder Mehrwegelautsprecher gewählt. Die Schallintensität auf der Kugeloberfläche um den Lautsprecher herum wird aus radialen Messungen in der horizontalen und vertikalen Ebene berechnet.

$$Q(f) = \frac{2N}{\pi \sum_{n=1}^{N} \left|\frac{p_{(\theta_n)}}{p_{(0)}}\right|^2 sin\theta_n}$$

$$DI(f) = 10log_{10}Q(f)$$

“Intensity on cylinder surface”: Wird für lange Linienquellen gewählt, oder wenn temporär entweder die horizontale oder vertikale Richtwirkung interessant ist – mit ungenauem Energiefrequenzgang und Bündelungsgrad. Die Intensität auf der Zylinderoberfläche um den Lautsprecher herum wird als Durchschnittswert aus radialen Messungen berechnet, typischerweise in einer (horizontalen) Ebene. Die Checkboxen steuern, welche Ebenen im Energiefrequenzgang und in der Berechnung des Bündelungsgrades enthalten sind (horizontal, vertikal oder beides).

Wenn „Half Space“ aktiviert ist, werden Winkel von > 90 Grad von der Berechnung des Energiefrequenzganges und des DI ausgeschlossen. Das Directivity-Diagramm zeigt nur Winkel von -90 bis +90 Grad. Diese Einstellung ist für Wandeinbaulautsprecher oder andere eindeutig unidirektionale Lautsprecher gedacht. Übliche Lautsprecher und Dipole mit DI <10 dB sollten auf „Full Space“ gemessen und simuliert werden.

Image Export

“Single W x H” ist die Größe der exportierten Grafik. Default ist 480x270 Pixel.
“Six-Pack W x H” ist die Größe einer exportierten Grafik in der Gruppe aller 6 Grafiken im Hauptprogramm oder im Enclosure-Tool. Default ist 400x225 Pixel. Der Defaultwert kann durch Doppelklick auf das Label gesetzt werden.

Skalierung der Grafiken

Frequency axis
Der Frequenzbereich ist programmintern fest eingestellt auf 10 bis 39794 Hz mit einer Dichte von 48 Punkten / Oktave. Sie können jedoch den sichtbaren Bereich einschränken. Die Optionen sind entweder fest eingestellt mit 20 bis 20000 Hz oder benutzerdefiniert mit mindestens 10 bis 400 Hz und maximal 1000 bis 40000 Hz.

SPL, Directivity

„*Span*“ steuert die vertikale Skalierung von SPL-Diagrammen: SPL, Power & DI und Directivity Waterfall, Spannweite der Y-Achse: 20, 30, 40 oder 60 dB

Group delay

“Span” steuert die vertikale Skalierung von GD & Phasen-Diagrammen. GD-Spannweite: 2, 4, 8, 16, 24 or 40 ms.

Filter gain

„Max“ definiert die Obergrenze und Span steuert die vertikale Skala des Filterdiagramms. Verstärkungsspanne: 30, 35, 40, 45, 50 oder 60 dB

Impedance

„Max“ definiert die Obergrenze der Impedanzgrafik. Impedanzmaximum: 20, 30, 40, 60 oder 80 Ohm

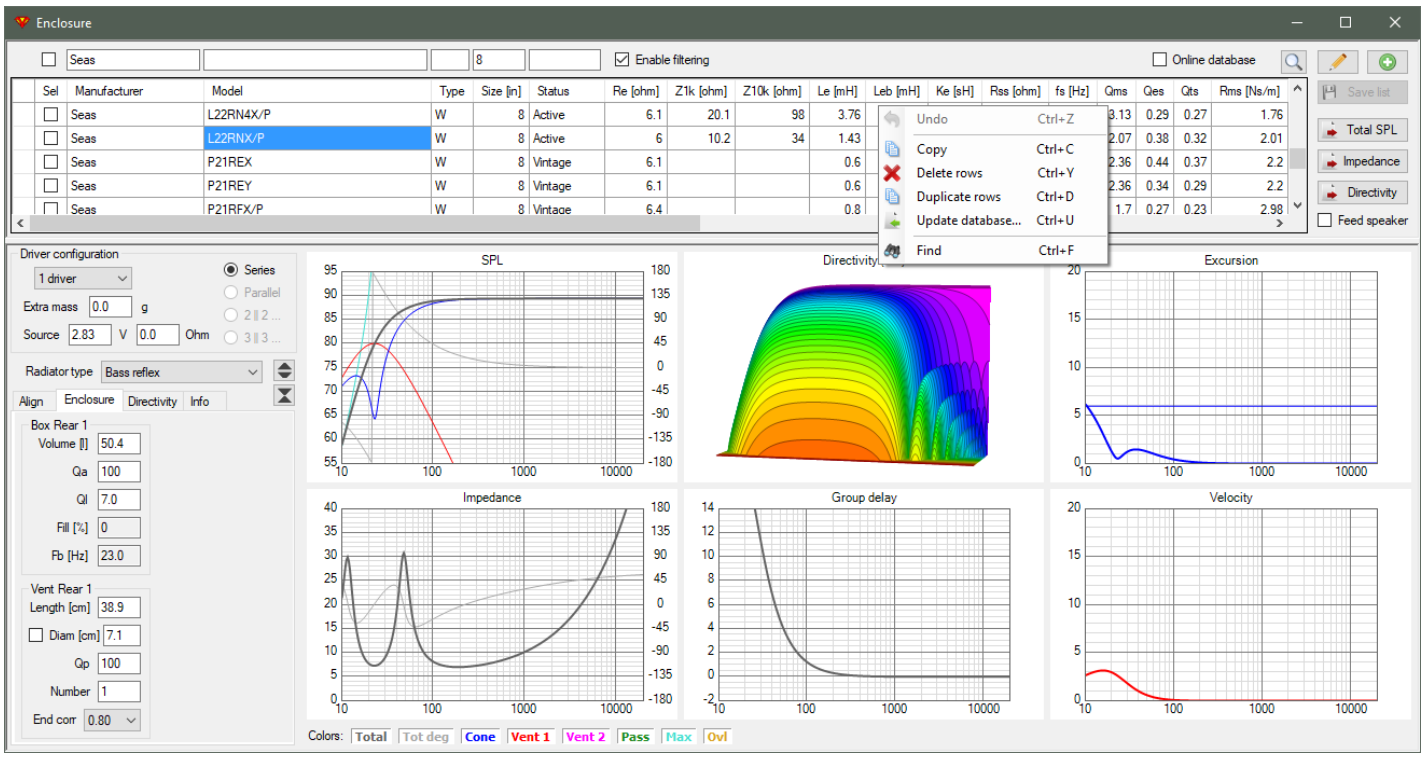
External tools

Die Pfade in den Textfeldern definieren (externe) Anwendungen, die VituixCAD öffnen soll, wenn entsprechende Schaltflächen / Menüpunkte gewählt werden. Wählen Sie die Anwendung aus, indem Sie auf den Ordner klicken oder die Datei im Textfeld ablegen.

Baffle diffraction	Ausführbare Datei eines externen Simulators, z. B. Tolvan Edge
Spice	Ausführbare Datei von LTspice IV oder eines kompatiblen Circuit Simulators
Web search	Suchbefehl für Treiber im Enclosure tool

Die Textbox „*Baffle-Diffraction*“ muss leer sein, wenn der interne Simulator genutzt werden soll.

Gehäuse-Tool



Lautsprecher-Datenbank

VituixCAD kann die Treiberdaten aus der Online-Datenbank https://kimmosaunisto.net/ laden, wenn die Checkbox „*Online database*“ aktiviert ist. Die Ergänzung, Modifikation oder Löschung von Treibern ist jedoch nur in der lokalen Datenbank möglich.

Durch die Aktivierung der Checkbox „*Enable Filtering*“ wird die Filterung aktiviert. Sie können die Treiberliste direkt nach Treibern filtern (Aktivierung der Checkbox in Spalte Sel) oder nach Hersteller, Modell, Typ, Größe und Status. Die Filterung wird durch Drücken der Eingabetaste oder durch Bewegen des Cursors auf ein anderes Textfeld aktualisiert. Wenn Kriterien in mehreren Feldern eingegeben sind, so sind diese durch ein logisches UND verknüpft. Ein einzelnes Feld kann mehrere durch Semikolon (;) oder Komma (,) getrennte Kriterien enthalten. Kriterien in einem einzelnen Feld sind durch ein logisches ODER verknüpft. Beispielsweise sind:

- Seas und BMS-Treiber sichtbar, wenn bei Manufacturer=Seas;BMS eingegeben ist
- 8” Scan-Speak und Seas Treiber sichtbar, wenn bei Manufacturer=Scan;Seas und bei Size=8 eingegeben ist

Die Treiberdatenbank enthält die folgenden Felder:

Hersteller	
Modell	
Typ	**S**ub, **W**oofer, **M**id, **F**ullrange, **C**oax oder **PR** (Passivmembran)
Größe	Nomineller Durchmesser [Zoll]
Status	Aktiv, Ausgelaufen, Vorläufig oder Vintage
Re	DC Widerstand [Ohm]
Z1k	Impedanz @ 1 kHz [Ohm]
Z10k	Impedanz @ 10 kHz [Ohm]
Le	Schwingspuleninduktivität [mH] oder gebundene Induktivität [mH], s. Impedance models
Leb	freie Induktivität [mH], siehe Impedance models
Ke	Semi-Induktivität [sH], siehe Impedance models
Rss	Shunt Widerstand [Ohm], siehe Impedance models
fs	Freiluft Resonanz [Hz]
Qms	Mechanische Güte
Qes	Elektrische Güte

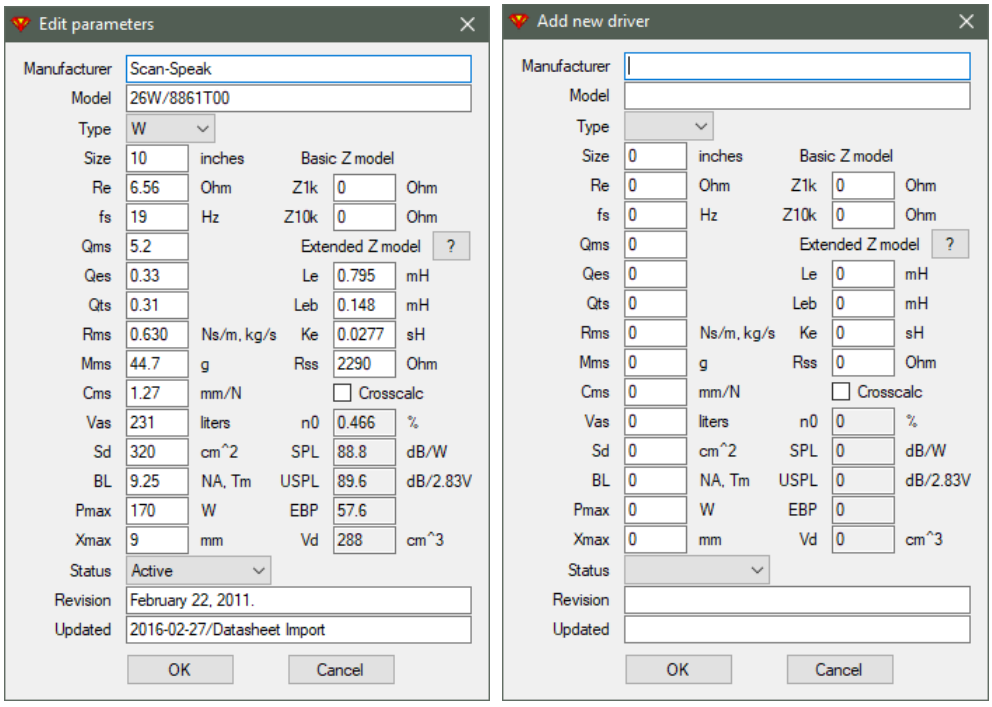
Qts	Totale Güte
Rms	Mechanischer Widerstand [Ns/m, kg/s]
Mms	Bewegte Masse mit Luftlast [g]
Cms	Nachgiebigkeit der Aufhängung [mm/N]
Vas	Äquivalentvolumen [Liter]
Sd	Effektive Membranfläche [cm^2]
Bl	Kraftfaktor [N/A, Tm]
Pmax	Maximale Langzeit-Eingangsleistung [W]
Xmax	Maximale lineare Auslenkung, One Way Peak [mm]
Revision	Revisionsstand des Datenblattes oder Datum des Datensatzes
Updated	Datum/Name im Format yyyy-mm-dd/Vorname Nachname

Die Treiberliste kann durch Anklicken der Spaltenüberschrift sortiert werden. Ein Klick mit der rechten Maustaste öffnet ein Menü mit weiteren Optionen zum Suchen und Modifizieren in der Treiberliste:

Undo (Rückgängig machen aller Änderungen)
Copy (Kopieren)
Delete rows (Löschen)
Duplicate rows (Duplizieren)
Update database
Find (Suchen)

Mit der Lupe wird nach dem gewählten Treiber im Internet gesucht (Google Search mit Ihrem Default Browser).

Die Parameter des gewählten Treibers können mittels modifiziert werden. Neue Treiber können mittels eingefügt werden. Mit OK werden die Parameter akzeptiert bzw. das Fenster geschlossen.



Aktivieren Sie die Checkbox „*Crosscalc*“, um andere Parameter zu aktualisieren, während ein Parameter angepasst wird. SPL, USPL, EBP, n0 und Vd werden nur zur Information berechnet.

Die Treiberdatenbank ist eine einfache tabulatorgetrennte Textdatei, die sich standardmäßig im Verzeichnis: Eigene Dokumente\VituixCAD\Enclosure\VituixCAD_Drivers.txt befindet. Die Datenbank kann mit einem externen Tool wie Microsoft Excel verwaltet werden, sofern das ursprüngliche Dateiformat einschließlich Spaltenüberschriften, Maßeinheiten und Dezimalsymbol nicht geändert wird.

Impedanzmodelle

Das „*Enclosure-Tool*“ verwendet zwei unterschiedliche Impedanzmodelle:

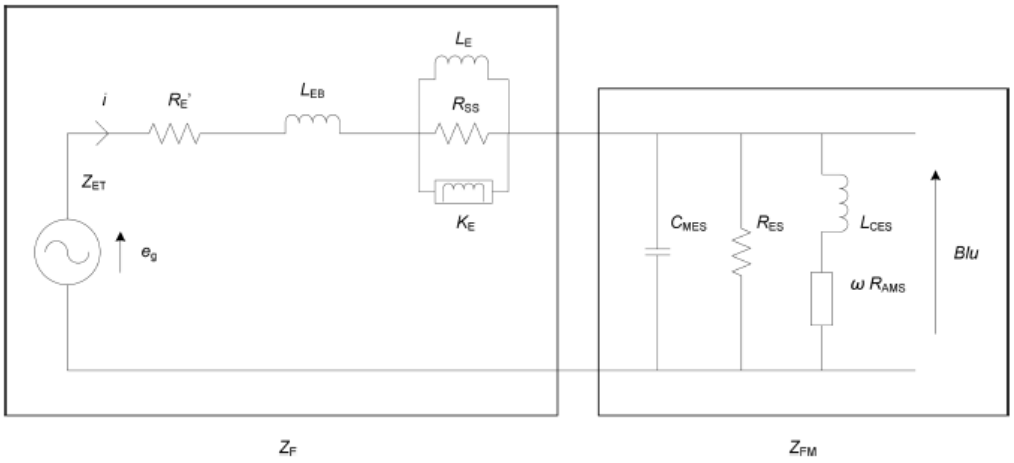
1. Das **Basis-Impedanzmodell basiert** auf einer exponentiellen Ausgleichskurve durch zwei Impedanzwerte, die durch den Nutzer eingegeben werden: Z1k und Z10k.

   $Z_L = Kf^n \qquad n = \log\left(\frac{Z_{L10k}}{Z_{L1k}}\right)$

   Dies ist das primäre Modell, das für die Berechnung des Impedanzgangs verwendet wird, wenn sowohl Z1k als auch Z10k größer als Null sind. Die eingegebenen Werte sollten größer oder gleich Re sein.

– Das **erweiterte Impedanzmodell,** das ausführlich in einem Aufsatz von Knud Thorborg, Carsten Tinggaard, Finn Agerkvist und Claus Futtrup im JAES Volume 58 Issue 6 pp. 472-486; June 2010 - Frequency Dependence of Damping and Compliance in Loudspeaker Suspensions erläutert wird.

  Lautsprecher-Ersatzschaltbild (von der elektrischen Seite gesehen):

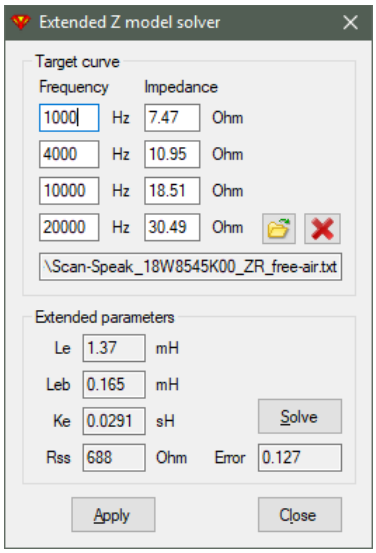


  Berechnungsregeln, wenn nicht alle Parameter des erweiterten Impedanzmodells angewendet werden:
  - die Semi-Induktivität Ke wird genutzt, wenn das Eingabefeld Le leer oder Null ist
  - die gebundene Induktivität Le wird genutzt, wenn das Eingabefeld Ke leer oder Null ist
  - der Shunt Widerstand Rss wird ignoriert (=unendlich) wenn leer oder Null.

  Das Sekundärmodell wird genutzt, wenn Z1k oder Z10k oder beide Werte leer oder Null sind.

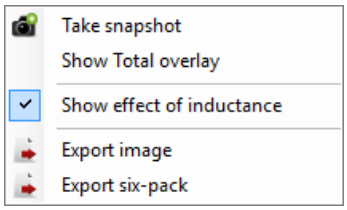
Das Extrahieren von Le, Leb, Ke und Rss aus der Impedanzkurve des Herstellerdatenblattes oder der Impedanzmessung ist mit dem „**Extended Z Model Solver**“ möglich, welcher mit der ? Schaltfläche im „Add new Driver“ Menüaktiviert wird.

Hinweis! Re, fs, Rms, Mms, Vas, Sd und Bl sollten eingegeben werden und > 0 sein vor der Extraktion



Geben Sie vier Punkte im Bereich von 1-20 kHz aus der Impedanzkurve ein oder öffnen Sie eine Impedanzdatei (txt, zma) und passen Sie die Frequenzen an, wenn sie nicht optimal sind. Drücken Sie „Solve“, um den Optimierer zu starten. Der Optimierer sucht nach Werten für Le, Leb, Ke und Rss die dem Ziel am nächsten kommen. Die Parameter können für den Treiber mit der Schaltfläche „Apply“ übernommen werden, wenn die Summe der Fehlerquadrate kleiner als 0,5 beträgt. Wiederholen Sie den Vorgang durch Anpassen der Anfangswerte von Le, Leb, Ke und Rss im Menü „Extended Z model solver“ wenn der Solver keine akzeptable Lösung gefunden hat (Fehlerfeld ist rot) und es sicher ist, dass die Zielpunkte für das erweiterte Z-Modell geeignet sind.

Die Schwingspuleninduktivität (samt Verlusten) wird in der Frequenzgangberechnung berücksichtigt, wenn die Checkbox *„Show effect of inductance“* im Menü des SPL-Diagramms aktiviert ist.

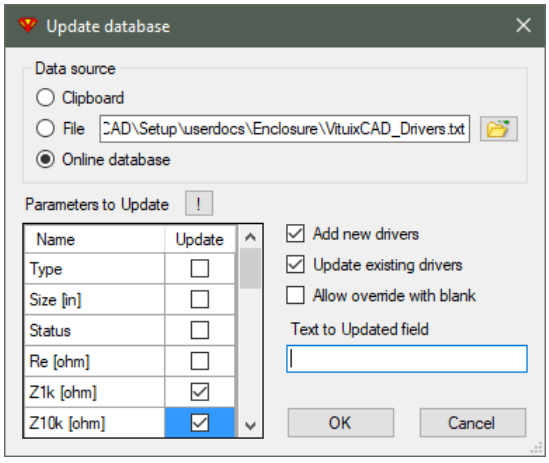


Update der Datenbank

Die lokale Treiberdatenbank kann mit Daten aus der Zwischenablage oder einer lokalen Textdatei oder der Online-Datenbank@kimmosaunisto.net aktualisiert werden.

Reihenfolge und Anzahl der Spalten der Quelldaten und der lokalen Zieldatenbank müssen übereinstimmen, wenn die Quelldaten keine Kopfzeile mit den Parameternamen in der ersten Zeile enthalten. Die Übereinstimmung der Spalten sollte insbesondere mit Daten aus der Zwischenablage überprüft werden. Lokale Textdateien und Online-Datenbanken weisen normalerweise Kopfzeilen auf. In diesem Fall werden die Werte unabhängig von der Spaltenreihenfolge in die richtigen Felder kopiert.

Das Fenster „Update Database“ wird mittels der rechten Maustaste über der Treibertabelle geöffnet.



Datenquelle (*Data Source*) auswählen: Zwischenablage *(Clipboard)*, Textdatei *(File)* oder Online-Datenbank.

Treiber, deren Hersteller und Modell nicht in der lokalen Datenbank gefunden wurden, werden durch die Option *„Add new drivers“* hinzugefügt.

Treiber, deren Hersteller und Modell in der lokalen Datenbank gefunden wurden, werden aktualisiert, indem Sie *„Update existing drivers“* auswählen. Wählen Sie die zu aktualisierenden Parameter aus der Liste aus. Die Auswahl wird durch die Taste ! invertiert. Durch die Option *„Allow override with blank“* kann der vorhandene Wert durch Leerzeichen ersetzt werden. Andernfalls überschreibt der leere Wert aus den Quelldaten den vorhandenen Wert nicht.

Mit der Aktivierung der Option „ *Text to update field*“ wird der vorhandene Text durch den eingegebenen Text überschrieben. Wenn das Textfeld leer ist, wird der Text aus den Quelldaten kopiert.

Lautsprecherkonfiguration

Im Dropdown-Menü wird die Anzahl der Treiber festgelegt. Wenn mehr als ein Treiber ausgewählt ist, steuern die Optionsfelder auf der rechten Seite, wie die Treiber angeschlossen sind.

Anzahl der Treiber; 1, 2, 3, 4, 6, 8, 9 oder 12 Stück
Elektrische Verbindung; seriell, parallel, 2 || 2 ..., 3 || 3 ...

Pro Treiber kann virtuell eine Zusatzmasse [g] aufgebracht werden, um die Zunahme von Mms und die Abnahme von fs und Empfindlichkeit am Treiber zu simulieren. Die Zusatzmasse wird durch Doppelklick auf das label "*Extra Mass*" auf Null zurückgesetzt.

Die Ausgangsspannung des Verstärkers [V] und der Ausgangswiderstand [Ohm] sind für alle Treiber gleich. Die Ausgangsspannung kann geändert werden, um die Membranauslenkung und die Luftgeschwindigkeit im Reflextunnel bei höherer elektrischer Leistung zu simulieren. Die Standardspannung von 2,83 Volt wird durch Doppelklick auf "*Source*" wiederhergestellt. Der Ausgangswiderstand emuliert die Ausgangsimpedanz des Leistungsverstärkers und/oder des Kabelwiderstandes. Die Erhöhung des Serienwiderstandes ist eine Quick and Dirty-Methode, um den elektrischen Gütefaktor zu erhöhen und die Empfindlichkeit zu verringern.

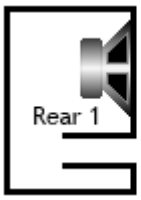
Strahler-/Gehäusetypen

Folgende Strahler-/Gehäusetypen werden durch das „*Enclosure-Tool*“ unterstützt:

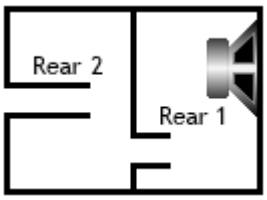
Infinite Baffle

Closed

Bassreflex

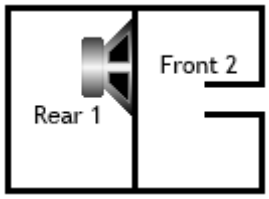


Double tuned Bassreflex

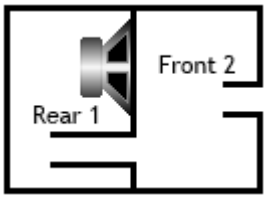


Passive Radiator

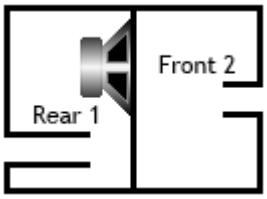
Bandpass Type 1



Bandpass Type 2

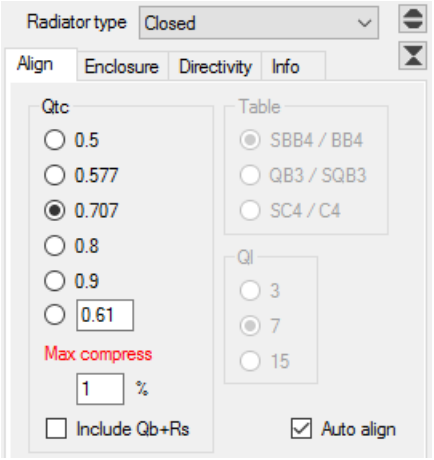


Bandpass Type 3

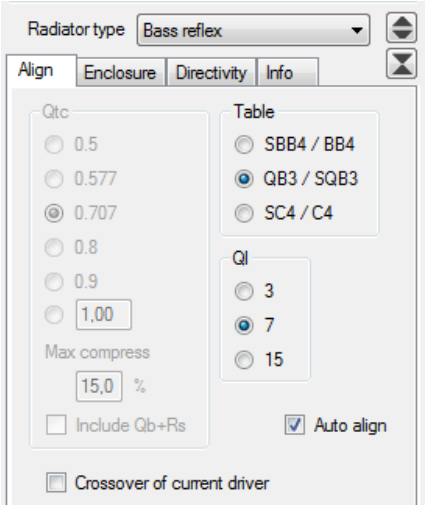


Tabs

Auslegung/Abstimmung – Abstimmung von Lautsprechern, Geschlossen (Closed) und Bassreflex



Die Auslegung einer geschlossenen Box wird durch Auswählen oder Eingeben von Qtc bestimmt. Optional ist eine „Alarmgrenze“ für Nichtlinearitäten [*Max. Compress = % von Xmax*] aufgrund von Luftkompression wählbar. Wenn „*Max. Compress*“ aktiviert ist, ist der Pegel der Box begrenzt und gewünschtes Qtc wird nicht erzeugt, wenn die Alarmgrenze überschritten wird. Wenn Sie Kompressionsverzerrungen nicht interessieren, weil Sie ein bestimmtes Qtc benötigen, erhöhen Sie den Wert für „*Max. Compress*“ bis die rote Farbe verschwindet. Die auf der Registerkarte "*Enclosure*" eingegebene Güte Q und der Serienwiderstand Rs werden in die Auslegung eingeschlossen, wenn Sie „*Include Qb + Rs*“ aktivieren. Andernfalls erfolgt die Auslegung mittels der Grundformel: Vb = Vas / ((Qtc / Qts) 2-1). Beide Optionen sind Annäherungen, aber normalerweise liegen die Ergebnisse bei Einschluss von Qb + Rs näher am effektiven Qtc im Bereich der Systemresonanz.

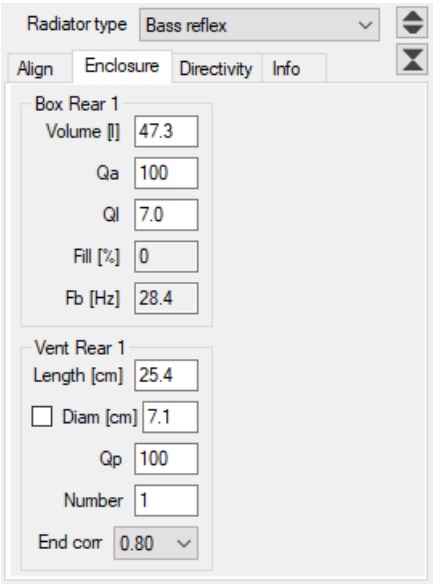


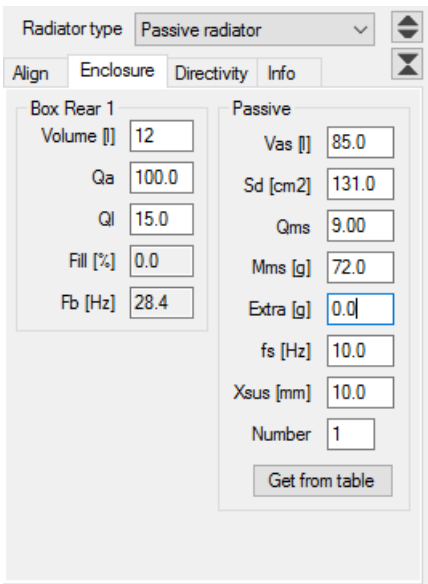
Die Abstimmung von Bassreflexgehäusen erfolgt mit Thiele/Hoge/Bullock -Tabellen: SBB4/BB4, QB3/SQB3 und SC4/C4 mit Ql 3, 7 oder 15.

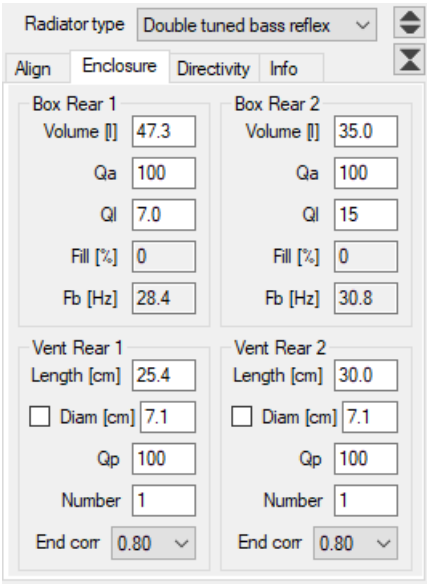
Mit Aktivierung von "*Auto align*" wird die Abstimmung sofort ausgeführt, wenn die Parameter eingegeben werden oder der Treiber oder der Gehäusetyp geändert wird.

Die Filterübertragungsfunktion des aktuell ausgewählten Treibers im Hauptprogramm kann für den Treiber im „*Enclosure-Tool*" angewendet werden. Die Verknüpfung erfolgt mit der Checkbox „*Crossover of current driver*" auf der Registerkarte „*Align*". Die Übertragungsfunktionen im Gehäuse-Tool werden während der Anpassung des Filters aktualisiert. Die Übertragungsfunktion des Filters wird im Gruppenlaufzeit-Diagramm mit der dB-Skala (rechts) angezeigt.

Gehäuseparameter für verschiedenen Gehäusetypen







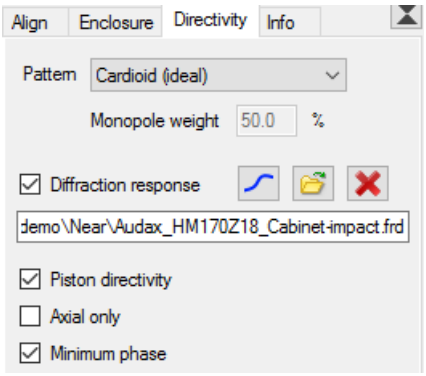
Justierbare Box- und Reflextunnel-Parameter hängen vom Gehäusetyp ab.

Justierbare Boxenparameter: Boxenvolumen [l], Qa, Ql. Die Resonanzfrequenz der Box Fb [Hz] wird kalkuliert.
Anmerkung: Fill [%] ist in dieser Version nicht implementiert.

Justierbare Reflextunnel Parameter: Länge [cm], Durchmesser [cm], Qp, Anzahl, Endkorrekturfaktor für Reflextunnel: 0.614, 0.732, 0.80, 0.850, 0.90, 0.95 oder 1.00

Der *"Get from table"* Button liest die Parameter des Passivradiators aus der aktuellen Zeile der Lautsprecherdatenbank (auch normale Lautsprecher mit Magnet sind als Passivradiator verwendbar).

Directivity – Baffle Step und Bündelung



Das Tabellenblatt „*Directivity*“ enthält unter „*Pattern*“ eine Auswahl von Lehrbuch-Abstrahlcharakteristiken:

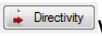
Omni (ideal)
Cardioid (ideal)
Super-cardioid (ideal)
Hyper-cardioid (ideal)
Dipole (ideal)
Gradient (ideal). Die Gewichtung des Monopol-Anteils ist justierbar 0…100 %.

Dies ermöglicht die Erzeugung von idealen Off-Axis-Übertragungsfunktionen für den simulierten Direktstrahler. Wählen Sie Omni (ideal), um die Lehrbuch-Abstrahlcharakteristiken zu deaktivieren.

Es ist möglich, den Gehäuseeinfluss in einer Vollraumsimulation in der Grafik „Directivity“ zu zeigen. Laden Sie dazu die simulierten Übertragungsfunktion des Gehäuseeinflusses durch Klicken auf die Schaltfläche „Open“ und aktivieren Sie „*Diffraction Response*“.

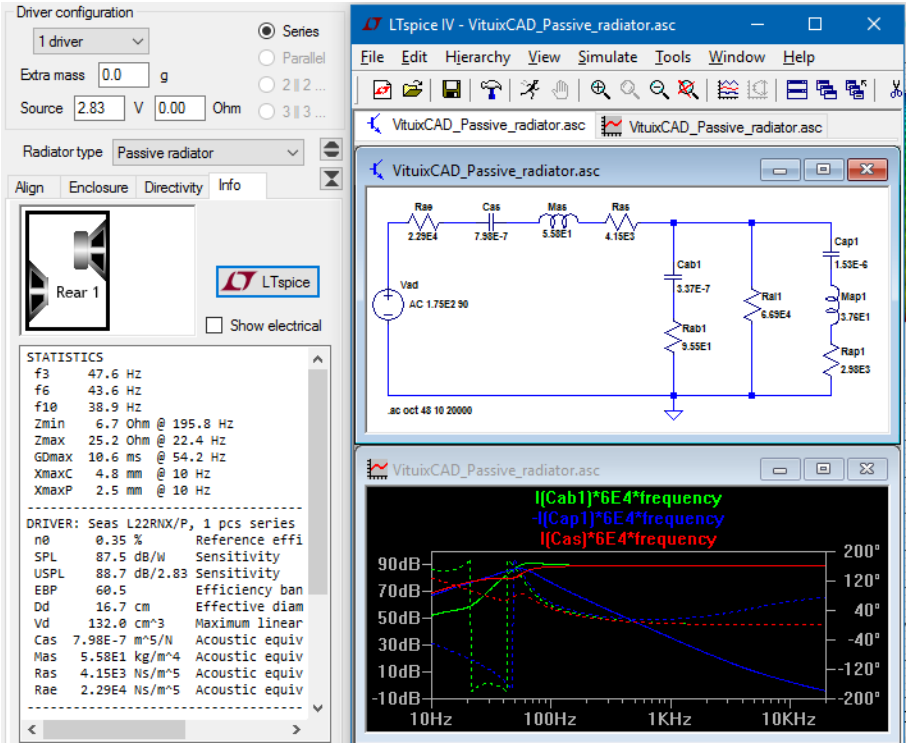
Aktivieren Sie „*Axial only*“ um Berechnung, Anzeige und Export von Off-Axis-Übertragungsfunktionen zu vermeiden. Diese sind obsolet, wenn die Simulation des Gehäuseeinflusses nur die axiale Übertragungsfunktion enthält. Das „*Diffraction Tool*“ wird aufgerufen, wenn Sie auf die Schaltfläche „*Baffle Step*“ klicken.

Wenn „*Piston Directivity*“ aktiviert ist, wird die Richtwirkung, die durch die Membrangröße entsteht, in die Simulation einbezogen. Der Off-Axis-Winkel ist bei der Berechnung im Bereich von 0 ° bis 90 ° begrenzt, sofern für „*Pattern*“ nicht Dipol (ideal) gewählt ist.

Für die Übertragungsfunktionen im „*Directivity-Export*“ 

wird die Minimalphase berechnet, wenn „*Minimum Phase*“ aktiviert ist. Das ist wegen der besseren Genauigkeit die Default-Einstellung.

Info – Akustische und elektrische Äquivalentparameter



Das Tabellenblatt „*Info*“ zeigt das Gehäusebild für den gewählten Gehäusetyp und die zugehörigen berechneten akustischen Parameter des Treibers, der Boxen und - sofern zutreffend - des Reflextunnels. Optional ist die Anzeige der elektrischen Äquivalenzwerte verfügbar. Die Statistik im Tabellenblatt „*Info*“ listet: f-3dB, f-6dB, f-10dB, min. Impedanz, max. Impedanz, max. Gruppenlaufzeit, max. Auslenkung von Konus und Passivstrahler und max. Luftgeschwindigkeit im Reflextunnel.

Optional kann die Berechnung mittels externem Schaltungssimulator (LTspice IV) durchgeführt werden. Dazu werden die akustischen Parameter von Treiber und Gehäuse an LTspice übergeben. Der Pfad für die ausführbare LTspice-Datei muss im Fenster „*Options*“ definiert werden.
Hinweis! Der Effekt der Schwingspuleninduktivität wird in der SPL-Kurve nicht dargestellt.

Exportfunktionen

SPL, Impedanz- und Winkelfrequenzgänge können exportiert werden, wenn Sie diese anstelle der akustischen und elektrischen Messungen für die Simulation verwenden wollen. Die Winkelfrequenzgänge (Off-Axis) und die Impedanzgänge werden für den aktuell ausgewählten Treiber geroutet, indem”*Feed-Speaker*” vor dem Export aktiviert wird.

Dashboard (Grafik)

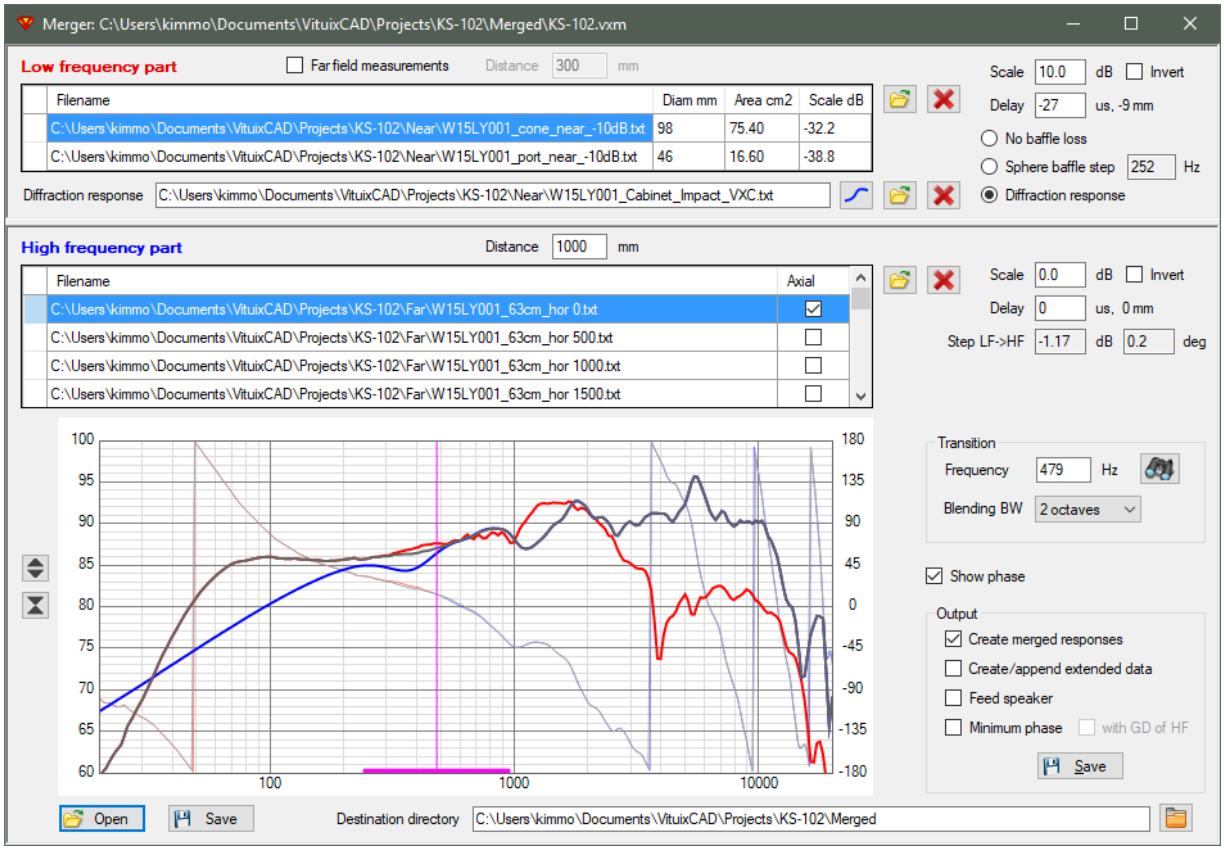
Jedes Diagramm im Dashboard kann durch Doppelklick auf den mittleren Bereich auf die volle Größe und wieder zurück gezoomt werden. Die Farbkodierung der Grafen ist unterhalb des Dashboards definiert. Das Dashboard des „Enclosure –Tools“ enthält die folgenden Grafiken:

- Total SPL [dB] und Phase, SPL von Membran und Port, Maximum SPL und Overlay Total SPL. Snapshot, Frequenzgänge und Sichtbarkeit des Overlays werden über das Kontextmenü gesteuert (Mausklick rechts).
- Gesamtimpedanz [Ohm] und Phase und Impedanz-Overlay. Snapshot, Impedanzgang und Sichtbarkeit von Overlays werden über das Kontextmenü gesteuert (Mausklick rechts).
- Richtcharakteristik: Wasserfall, Oberflächengrafik, Polarkarte oder Polardiagramm. Nur für positive horizontale Winkel.
- Gruppenlaufzeit [ms]. Optional kann der Frequenzgang [dB] der Frequenzweiche angezeigt werden.
- Spitzenauslenkung und Xmax [mm] von Membran und Passivstrahler.

- Luftgeschwindigkeit [m/s] von Port oder Eingangsleistung: Volt-Ampere [VA], Wirkleistung [W] und Pmax [W].

Sichtbarkeit der Grafik wird über das Kontextmenü ausgewählt (rechter Mausklick). Für die unendliche Schallwand (Infinite Baffle), das geschlossene Gehäuse und den Passivstrahler wird aufgrund des fehlenden Ports die Leistung angezeigt.

Merger-Tool - Fügen von Nah- und Fernfeld



Das Merger-Tool fügt den Gesamtfrequenzgang aus zwei separaten Abschnitten zusammen: Niederfrequenzteil und Hochfrequenzteil. Der Niederfrequenzgang kann entweder einer Fernfeldmessung (reflexionsarm) oder einer Nahfeldmessung mit Simulation des Gehäuseeinflusses entstammen. Die Grafik zeigt die Vorschau von Niederfrequenzteil (rot), Hochfrequenzteil (blau), Summe (schwarz) und Phase (optional). Der Grafik-Cursor (Magenta) steuert die „Fügefrequenz“ und zeigt auch den Bereich, in dem das Fügen stattfindet.

Tieffrequenter Teil mit Nahfeldmessungen

Das Merger-Tool fügt Nahfeldmessungen + Simulation des Gehäuseeinflusses oder 2π-Simulationen + Simulation des Gehäuseeinflusses oder 4π-Simulationen zu Fernfeldmessungen zusammen. Zusammengefügte Off-Axis-Frequenzgänge enthalten Richtungsinformationen unterhalb der Übergangsfrequenz basierend auf dem gefensterten axialen Frequenzgang, dividiert durch einen gefensterten Off-Axis-Frequenzgang. Eine zuverlässige Richtungsinformation bei niedrigen Frequenzen erfordert ein sehr langes Zeitfenster.

Deaktiviere “*Far field measurements*”. Die Nahfeld-Frequenzgänge werden hinzugefügt, indem Sie auf die Ordner-Schaltfläche auf der rechten Seite klicken oder die Dateien mittels Drag & Drop in die Liste bringen. Sie können mehrere Frequenzgänge haben, normalerweise sind es Nahfeldmessung für Membran und Nahfeldmessung für einen oder mehrere Port(s). Wenn Sie den Durchmesser [mm] oder die Fläche [cm2] eines Treibers eingeben, dann skaliert das Merger-Tool automatisch auf Fernfeld. Die Skalierung kann direkt in den Zeilen der Tabelle über "Durchmesser [mm]", "Fläche [cm2]" oder "Skalierung [dB]" sowie über das Textfeld "*Scale*" oder "*Distance*" durch Eingabe eines Werts oder über die Auf/Ab-Tasten eingestellt werden.

Für die Berücksichtigung des Gehäuseeinflusses stehen drei Optionen zur Verfügung: „No baffle loss“, „Sphere baffle Loss“ (mit justierbarer Frequenz) oder „Diffraction Response“ mit dem internen „*Diffraction-Tool*“ oder einem externem Simulator (z.B. Edge, Leap, LspCAD, SoundEasy). Die Übertragungsfunktion des Gehäuseeinflusses kann ausgewählt werden, indem Sie auf die Schaltfläche "Ordner" klicken oder die Datei direkt in das Textfeld ablegen. Das „*Diffraction-Tool*“ wird ausgeführt, indem Sie auf die Schaltfläche „Baffle Step“ klicken.

Tieffrequenter Teil (LF) mit Fernfeldmessungen

Die LF-Frequenzgänge müssen die gleichen Off-Axis-Winkel - mit identischer Winkelcodierung im Dateinamen - haben wie die HF-Frequenzgänge. Ansonsten können LF- und HF-Frequenzgänge nicht gepaart werden.

Überprüfen Sie die Fernfeldmessungen. Die Fernfeld-Frequenzgänge werden hinzugefügt, indem Sie rechts auf die Ordner-Schaltfläche klicken oder Dateien direkt in der Liste ablegen. Geben Sie den Messabstand für die LF- und HF-Messungen ein und das Merger-Tool berechnet die Skalierung für den LF-Bereich automatisch. Die Skalierung kann auch über das Textfeld „*Scale*“ angepasst werden, indem Sie entweder einen Wert eingeben oder die Tasten Auf / Ab benutzen.

Hochfrequenter Teil (HF)

Fernfeldmessungen können hinzugefügt werden, indem Sie auf die Schaltfläche "Ordner" klicken oder die Dateien direkt in die Liste einfügen. Die Skalierung kann manuell über das Textfeld „*Scale*“ auf der rechten Seite angepasst werden. Die axiale Messung wird ausgewählt, indem die axiale Spalte in der Dateiliste aktiviert wird. Der Standardwinkel beträgt 0 Grad in der horizontalen Ebene. Der gefügte Summenfrequenzgang für einen bestimmten Winkel kann durch Klicken auf den entsprechenden Winkelfrequenzgang in der Dateiliste in der Vorschau angezeigt werden.

Übergangsbereich

Der Übergang vom LF- zum HF-Teil kann manuell über das Textfeld „*Frequency*“, den Grafikcursor oder die Auf/Ab Tasten oder automatisch durch Klicken auf die Fernglasschaltfläche eingestellt werden. Die automatische Option sucht nach dem niedrigsten Amplitudenkreuzungspunkt der LF- und HF-Frequenzgänge.

Es wird eine Warnung mit roter Hintergrundfarbe ausgegeben, wenn die Übergangsfrequenz die maximale Nahfeldfrequenz des größten Tieftonstrahlers übersteigt. $f_{NFmax} = c / \pi / Dd$ (c = 344,0 m / s).

Der Bereich für die Amplituden- und Phasenüberblendung zwischen niedrigen und hohen Frequenzen kann aus der Dropdown-Liste ausgewählt werden: keine, 1, 2, 3 oder 4 Oktaven.

Das Delay des Niederfrequenzteils wird automatisch bei der Änderung der Übergangsfrequenz berechnet, kann aber auch manuell eingestellt werden.

Ausgabe

Wählen Sie aus, welche Elemente Sie ausgeben möchten. „*Create merged responses“* erstellt die gefügten Summenfrequenzgänge für die vorhandenen Messdaten. „*Create/append extended data“* kombiniert LF- und HF-Frequenzgänge in einer einzigen Datei mit dem erweiterten Datenformat von LspCAD 6. Zusammengefügte Frequenzgänge werden für den aktuell ausgewählten Treiber ins Hauptprogramm weitergeleitet, indem Sie vor dem Speichern „*Feed-Speaker*“ aktivieren.

Zusammengefügte Frequenzgänge werden mit Minimalphase exportiert, wenn „*Minimum Phase*“ aktivieren. Gemessene und eingegebene Delays gehen verloren und alle Werte bei allen Frequenzen werden auf das gleiche akustische Zentrum = 0 mm normalisiert. Die Farbe des zusammengefügten Phasenganges ist im Diagramm zitronengelb.

Das Excess Group Delay der HF-Antwort bei der 1,4 fachen Übergangsfrequenz wird zum zusammengefügten minimalen Phasengang addiert durch Prüfung des GD von HF. Diese Option speichert das gemessene Delay (bei der 1,4 fachen Übergangsfrequenz) und dem vom Benutzer eingestellten Delay.

Die Option Minimalphase kann erforderlich sein, wenn der gemessene Fernfeld-HF-Frequenzgang bei der Übergangsfrequenz nicht minimalphasig ist, obwohl der Treiber tatsächlich Minimalphase aufweist. Signifikante Fehler sind bei einigen Messprogrammen möglich, wenn das IR-Zeitfenster zu kurz ist. Wenn die Frequenzgänge zweikanalig gemessen werden und der Phasenfehler bei der Übergangsfrequenz nur wenige Grad beträgt, wird das Erzwingen der berechneten Minimalphase nicht empfohlen.

Ziel-Directory

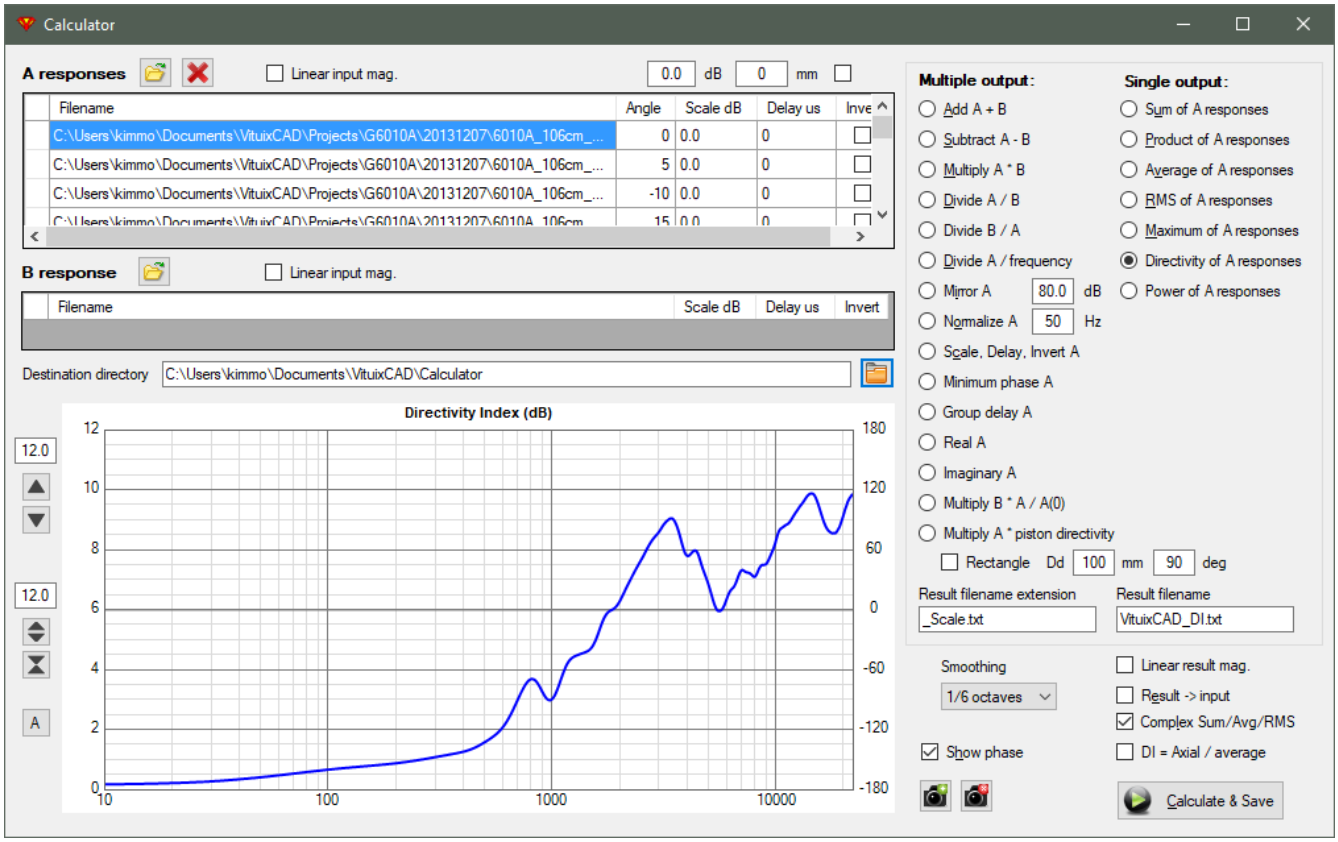
Wählen Sie das Arbeitsverzeichnis aus, in dem Sie die Ausgabedateien speichern möchten

Save und Open

Merger Projekte können mit der Schaltfläche „Save“ in der unteren linken Ecke gespeichert werden. Die Dateierweiterung ist .vxm (intern XML).

Gespeicherte Merger-Projekte können mit der Schaltfläche "*Open*" geöffnet werden oder die die .vxm-Datei direkt im Merger-Tool-Fenster geschoben werden.

Kalkulations-Tool



Das „*Calculator-Tool*“ ist ein generisches Mathematik-Tool für die Bearbeitung von Daten. Die meisten mathematischen Funktionen, die für die Lautsprechersimulation erforderlich sind, sind bereits in „Enclosure-Tool“, „Merger-Tool“ und dem allgemeinen Simulator enthalten. Das „*Calculator-Tool*“ bietet zusätzliche Funktionen und Flexibilität zur Bearbeitung von Kalibrierungsdateien, Messdaten aus Vorversuchen oder zur Analyse kompletter Lautsprecher und einzelner Treiber.

Responses

Die Primärliste für Dateien mit Übertragungsfunktionen ist 'A-Responses'. In dieser Liste werden mehrere Dateien akzeptiert. Unter "B-Response" kann nur eine einzige Datei für eine Übertragungsfunktion abgelegt werden.

Die Dateien werden hinzugefügt, indem Sie auf die Ordnerschaltfläche klicken oder Dateien in die Liste einfügen. Die Mehrfach-Dateiauswahl im Öffne-Dialog ist aktiviert. Die Schaltfläche „*Delete*“ ✖ löscht die gesamte Dateienliste. Deaktivieren Sie „*Linear Input Mag*“, wenn der Betrag in den Dateien in dB angegeben ist. Aktivieren Sie „*Linear Input Mag*“ für Übertragungsfunktionen, bei denen der Betrag nicht in dB angegeben ist (Impedanz-, Druck- oder Spannung). Die Angabe des Phasenwinkels muss in Grad sein. Das „*Calculator-Tool*“ sorgt dafür, dass die Phase sich automatisch im Bereich -180 bis + 180 Grad befindet. Alle geladenen Dateien werden verarbeitet.

Für jede Übertragungsfunktion ist manuelle Skalierung, Timing und Polaritätsumkehr verfügbar. Simultane(s) Skalierung / Timing / Invertierung aller Übertragungsfunktionen ist über die Dateiliste verfügbar. Der Winkel im Dateinamen wird erkannt und wird in der Spalte hinter dem Dateinamen angezeigt. Er wird für die Kalkulation der Bündelung und des Energiefrequenzganges benötigt. Weitere Informationen finden Sie unter Optionen.

Multiple output

Hier sind Funktionen gelistet, die für jede Eingangsantwort A mehrere Ergebnisantworten erzeugen:

Add A + B

Addiert A und B.
Default für die resultierende Endung des Filenamens ist _Add.txt.

Addiere den Frequenzgang des Subwoofers (B) und den Frequenzgang des Hauptlautsprechers (A).

Subtract A – B

Subtrahiere A minus B.
Default für die resultierende Endung des Filenamens ist _Subtract.txt.

Multiply A * B

Multipliziere A mit B.
Default für die resultierende Endung des Filenamens ist _Multiply.txt.

Erzeugt einen Fernfeldfrequenzgang durch Multiplizieren von Nahfeldmessungen (A) mit der Begungssimulation des Gehäuses (B).
Testen von Equalizern, Hochpass- oder Tiefpassfiltern durch Multiplizieren von Rohfrequenzgängen (A) mit Filterübertragungsfunktion (B).
Korrigiert eine unkalibrierte Messung (A) durch Multiplikation mit der Kalibrierungsdatei, um den Gesamtfrequenzgang Ihres Messsystems darzustellen (B).

Divide A / B

Dividiere A durch B.
Default für die resultierende Endung des Filenamens ist _DivideAB.txt.

Normalisiert polare Messungen, indem Off-Axis-Messungen (A) durch axiale Messungen (B) dividiert werden.

Divide B / A

Dividiere B durch A.
Default für die resultierende Endung des Filenamens ist _DivideBA.txt.

Divide A / frequency

Dividiert den Betrag von A durch die Frequenz.
Default für die resultierende Endung des Filenamens ist _DivideByFreq.txt.

Berechnet die Membranauslenkung mittels Division eines jeden Wertes der Nahfeldmessung (A) durch die zugehörige Frequenz.

Mirror A

A wird um den eingegebenen dB-Wert gespiegelt.
Default für die resultierende Endung des Filenamens ist _Mirror.txt.

Erstellt eine Equalizer-Zielfunktion durch Spiegeln des ursprünglichen Frequenzganges um die eingegebene Ebene.
Erstellt eine Korrekturfrequenzgang durch Spiegeln des Gesamtfrequenzganges Ihres Messsystems.

Normalize A

A wird auf den Betrag bei einer gewählten Frequenz normalisiert.
Default für die resultierende Endung des Filenamens ist _Normalize.txt.

Reduzieren Sie die überschüssige Richtwirkung der gefensterten Off-Axis-Frequenzgänge, indem Sie die Frequenzgänge auf den Betrag bei z.B. 40 Hz des axialen Frequenzganges normalisieren (sofern Sie sicher sind, dass die Quelle bei dieser Frequenz perfekt Omni abstrahlt).

Scale, Delay, Invert A

Keine Berechnung- lediglich Skalierung, Timeshifting oder Änderung der Polarität des Betrages von A.
Default für die resultierende Endung des Filenamens ist _Scale.txt.

Skaliert Messung (A) auf geschätzten oder bekannten SPL [dB / 2.83V / 1m].
Glättet Messung (A) ohne weitere Manipulation.

Re-Sampelt Messung (A) vom linearen zum logarithmischen Frequenzinkrement; REW-Export auf 24 ... 48 Punkte / Oktave. Dies kann eine angemessene Zeitverschiebung erforderlich machen, um die korrekte Phase aufrecht zu erhalten.
Zeitverschiebung der Messung (A), wenn die Zeitreferenz (0 s) beim Mikrofon liegt oder der Startpunkt des IR-Zeitfensters viel zu weit vor dem Impulssignal war.
Invertiert Messung (A), wenn die Mikrofonpolarität während der Messung invertiert wurde oder die Mikrofon- und Vorverstärker-Kombination ständig invertiert.

Minimum Phase A

A wird in Minimum-Phase konvertiert. Die Frequenzgänge unter 10 Hz und über 22 kHz werden aus der ersten und letzten 1/2 Oktave abgeschätzt.

Default für die resultierende Endung des Filenamens ist _MinPhase.txt.

Group Delay A

Berechne Gruppenlaufzeit von A in ms.
Default für die resultierende Endung des Filenamens ist _GroupDelay.txt.

Real A

Der Realteil von A wird berechnet: die Phase wird auf 0° oder -180° gesetzt (wenn *„Invert“* aktiviert ist).
Default für die resultierende Endung des Filenamens ist _Real.txt.

Erzeugung einer Korrekturdatei nur für die Amplitude (ohne Phase). Das kann nützlich sein, wenn Phaseninformationen irrelevant oder schädlich sind.
Erzeugung einer vollständigen Impedanzkurve für eine ideale resistive Komponente.

Imaginary A

Der Imaginärteil von A wird berechnet: die Phase wird auf 90° oder -90° gesetzt (wenn *„Invert“* aktiviert ist).
Default für die resultierende Endung des Filenamens ist _Imaginary.txt.

Erzeugung einer vollständigen Impedanzkurve für eine ideale reaktive Komponente.

Multiply B * A / A(0)

Erzeugt einen Off-Axis-Frequenzgang für eine gemessene axiale Datei B mit Richtungsinformationen in Datei A. Die Winkeldaten können mit dem Beugungs-Tool simuliert werden oder können einem kompatiblen Satz von Fernfeldmessungen entstammen. Der 0°-Winkel von A ist die Referenz für die Berechnung.
Default für die resultierende Endung des Filenamens ist _MultiplyBdA.txt.

Multiply A * Piston Directivity

A wird mit der Directivity des Strahlers/der Membran multipliziert. Die Berechnungsparameter sind für kreisförmige Membranen der Durchmesser oder für rechteckige Membranen die Breite sowie der Off-Axis-Winkel in Grad. Dabei wird der Off-Axis-Winkel angewendet, der im Dateinamen kodiert ist, wenn 0 Grad eingegeben wurde.
Die Directivity-Funktion für einen kreisförmigen Strahler ist 2 * J1 (k * a * sin (Winkel)) / (k * a * sin (Winkel)), wobei J1 (x) eine Bessel-Funktion erster Ordnung ist, k = Wellenzahl und a = Radius. Die Directivity-Funktion für rechteckige Strahler ist Sin (k * x * sin (Winkel)), wobei x die Breite ist. Die Phasenverschiebung wird mit -k * x * sin (Winkel) angenähert.

Default für die resultierende Endung des Filenamens ist _PistonDir.txt.

Berechnet einen Off-Axis-Frequenzgang - einschließlich der Richtwirkung der Membran - aus einer axialen Messung oder einer Nahfeldmessung.

Single Output

Hier sind Funktionen gelistet, die aus mehreren Eingangsfunktionen eine Einzelfunktion berechnen:

Sum of A Responses

$= A_0 + A_1 + A_2 + \ldots$

Default für die resultierende Endung des Filenamens ist VituixCAD_Sum.txt.

Erstellt einen Summenfrequenzgang für mehrere Lautsprecher.
Summiert Nahfeldmessungen aller Membranen und Reflextunnel. Jede Messung kann für unterschiedliche Strahlungsflächen skaliert werden.
Erstellt einen Summenfrequenzgang für mehrere Wege / Bänder.
Simuliert Kammfiltereffekte, indem verzögerte und nicht verzögerte Messungen summieren. Siehe hierzu auch „Komplexe Berechnung“.

Product of A Responses

$= A_0 * A_1 * A_2 * \ldots$

Diese Berechnung erzeugt sehr schnell einen Überlauffehler, wenn mehrere Dateien geladen werden. In der Regel wird die Produktberechnung auf maximal zwei bis drei Messungen angewendet.
Default für die resultierende Endung des Filenamens ist VituixCAD_Product.txt.

Average of A Responses

$= (A_0 + A_1 + A_2 + \ldots) / N$

Default für die resultierende Endung des Filenamens ist VituixCAD_Average.txt.

Berechnet den Frequenzgang des „Hörfensters“ durch Mittelung der Messungen von z.B. ± 30° horizontal und ± 5° vertikal. Siehe auch Komplexe Berechnung.

RMS of A Responses

$= SQRT ((A_0^2 + A_1^2 + A_2^2 + \ldots) / N)$

RMS ist eine Alternative zur einfachen Mittelung (arithmetisches Mittel). Das Quadrieren skaliert die einzelnen Größenwerte für Fläche oder Leistung, zum Beispiel von Schalldruck zu Intensität. Siehe auch Komplexe Berechnung.
Default für die resultierende Endung des Filenamens ist VituixCAD_RMS.txt.

Maximum of A Responses

Sucht den maximalen Wert aus mehreren Messdateien (A) für jeden Frequenzpunkt. Der Phasenwinkel für das Ergebnis wird der Datei mit dem maximalen Wert entnommen.
Default für die resultierende Endung des Filenamens ist VituixCAD_Maximum.txt.

Erzeugt einen Referenzfrequenzgang für die manuelle Berechnung des Directivity-Index, wenn die bevorzugte Referenzkurve der maximale Schalldruck innerhalb des Hörfensters sein soll, anstelle des Achsfrequenzganges (weil er z.B. Einbrüche durch Beugung enthält).

Directivity of A Responses

Berechnet den Bündelungsgrad Q (f) aus Winkelmessungen (A), wenn *„Linear result mag“* aktiviert ist und *„DI=Axial/average“* nicht aktiviert ist.
Berechnet das Bündelungsmaß DI (f) aus Winkelmessungen (A), wenn *„Linear result mag“* aktiviert ist und *„DI=Axial/average“* nicht aktiviert sind. Die Maßeinheit des Ergebnisses ist dB.

Um die Intensität auf der sphärischen Oberfläche aus radialen Messungen berechnen zu können, müssen die Phasenwinkel im Dateinamen kodiert sein. Der Winkelschritt muss konstant sein.

Die horizontale 0°Messung wird automatisch als Referenz gewählt. Der Inhalt dieser Datei kann geändert werden, wenn eine andere Messung oder ein anderes berechnetes Ergebnis als Referenz verwendet werden soll. Default für die resultierende Endung des Filenamens ist VituixCAD_DI.txt.

Die Directivity kann als Verhältnis vom axialen zum mittleren Schalldruck berechnet werden, indem *„DI=Axial/average“* aktiviert wird. Diese Option ist gültig, wenn die polaren Messungen real 3D abbilden, d. h. in gleichmäßigen Abständen Messungen auf der gesamten sphärischen Oberfläche rund um den Strahler herum enthalten. Eine andere Anwendung besteht darin, entweder die horizontale oder vertikale Bündelung zu berechnen, ohne Anspruch auf ein korrektes Ergebnis für den Vollraum.

Power of A Responses

Die Näherung des Energiefrequenzganges wird aus Referenzfrequenzgang + Richtungsindex + $10*\log_{10}(4\pi)$ berechnet. Diese Methode erfordert einen Satz von gültigen Messungen, wie im vorherigen Abschnitt zur Berechnung der Bündelung angegeben. Default für die resultierende Endung des Filenamens ist VituixCAD_Power.txt.

Zusätzliche Optionen

„Complex Sum/Avg/RMS“ muss aktiviert sein, um komplexe Vektorsummen, Mittelwerte oder RMS-Werte mit Phasenwinkelinformation zu berechnen. Die komplexe Berechnung reagiert empfindlich auf den Phasenwinkel; die Summe von zwei gleichen Größen mit entgegengesetzter Polarität ist = 0. Dies ist die Default-Option, die korrekte Ergebnisse mit Frequenzgängen liefert.

Wenn *„Complex calculation“* nicht aktiviert ist, werden die absoluten Beträge summiert. Diese Option ist nützlich, wenn die Phaseninformation zu zufällig oder unsymmetrisch sind (wie bei mehreren Raumantworten), was im Ergebnis zu steilen Absenkungen führt. Der Phasenwinkel der Ergebnisantwort wird ohnehin mit komplexen Zahlen berechnet, aber die Minimalphasenmerkmale bleiben nicht vollständig erhalten.

“Smoothing” Optionen sind 1/1, 1/2, 1/3, 1/6, 1/12 Oktaven oder keine.

Die Ergebnisse der Berechnung können in die Eingabedatei zurückgeschrieben werden, wenn Sie *„Result -> input“* aktivieren. “*Multiple Result Dateien*“ werden in die Datei A und *„Single Result Dateien*“ in die Datei B zurückgeschrieben. Dadurch werden die Berechnungen aktiviert ohne manuelles Laden der Ergebnisdateien zur Eingabe. Die Ergebnisdateien werden im Zielverzeichnis gespeichert, welches über die Ordnerschaltfläche geändert werden kann.

Ergebnisdateien werden durch Betätigung des Buttons *„Calculate & Save“* erstellt. Die Berechnung der Grafik - ohne Erzeugung einer Ergebnisdatei - wird ausgeführt, wenn Dateien geladen werden, eine Berechnungsformel ausgewählt, geglättet oder eine andere zusätzliche Option geändert wird.

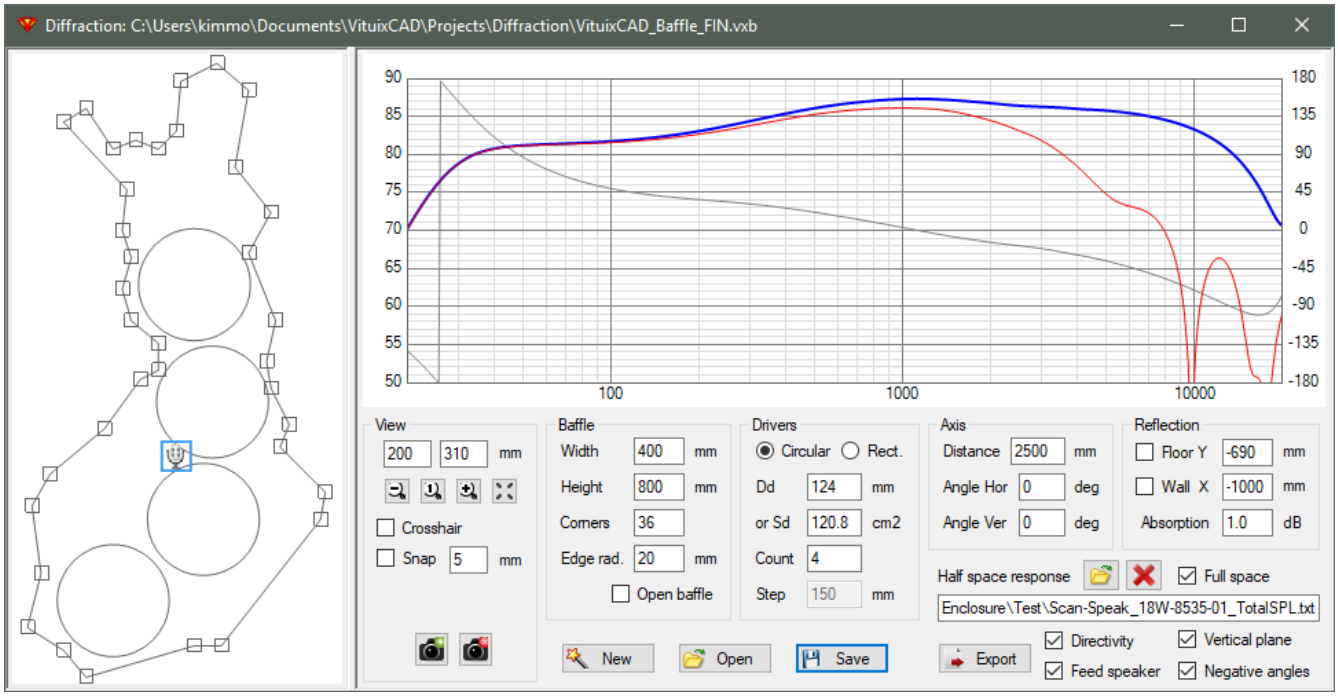
Grafik

Sie können entweder einen Titel oder einen Kommentar direkt in das Diagramm eingeben, z.B. um das aufgenommene Bild für die Veröffentlichung zu beschriften.

Maximum und Bereich der Größenachse werden durch die Pfeiltasten oder die Eingabe des Wertes oder durch die Up/Down-Tasten in den Textfeldern eingestellt. Die Größe kann automatisch skaliert werden, indem Sie auf die Schaltfläche A klicken. Der Maßstab der Phasenachse ist fix -180 ... + 180 Grad.

Es können max. 10 Overlays mit der Schaltfläche *„Add Overlay*“ in das Diagramm eingefügt werden. *„Clear Overlay*“ löscht das letzte sichtbare Overlay.

Diffraktions-Tool – Simulation des Gehäuseeinflusses



Der Beugungssimulator berechnet den Einfluss des Gehäuses oder den Frequenzgang eines Treibers in einer Schallwand. Wenn dieser interne Simulator verwendet werden soll, darf im Optionsfenster kein externer Beugungssimulator ausgewählt sein. Die Simulation basiert auf einer einfachen Strahlentheorie: Jeder Treiber ist eine Punktquelle, die 72 Strahlen in festen 5°-Schritten in Richtung Schallwandkante sendet. Die Weglängen der kürzesten Beugungen erster Ordnung werden berechnet und mit entsprechender Verzögerung summiert, d. H. mit Phaseninformation bezogen auf einem Abhörpunkt. Die Größe der gebeugten Strahlen ist frequenzabhängig. Die Gewichtungsfaktoren werden aus den Abmessungen des Strahlers und dem Kantenradius berechnet. Die maximale Anzahl der Ecken beträgt 36 und das Minimum ist 3. Die Schallwand kann bis zu 50 Treiber mit gleichen Abmessungen enthalten. Eine vereinfachte Berücksichtigung des Raumes mit Boden- und Seitenwandreflexionen ist verfügbar.

Initialisierung

Beginnen Sie mit der Gestaltung der Schallwand, indem Sie die Hauptabmessungen eingeben: Breite, Höhe und Anzahl der Ecken. Wählen Sie die Treiberform aus: kreisförmig oder rechteckig. Geben Sie den effektiven Durchmesser Dd oder die Fläche Sd für kreisrunde oder Breite und Höhe für rechteckige Membranen ein sowie die Anzahl der Treiber und Step, was die vertikale Distanz zwischen den Treibern ist (sofern mehr als eine Treiber). Drücken Sie die Taste „New“, um die getätigten Eingaben mit Treibern und Mikrofon im Zeichenbereich zu erstellen.

Das Hinzufügen und Löschen von Ecken und Treibern ist über das Popup-Menü möglich. Ecken werden an der Cursorposition hinzugefügt, d. H. Sie müssen möglicherweise 2 Ecken korrigieren, um die neue gewünschte Form der Schallwand zu erhalten. Der Treiber wird an der Cursorposition eingefügt.

Auszoomen, 1, In und Fit sind über Zoomtasten verfügbar. Sie können das gesamte Bild der Schallwand durch Ziehen mit der Maus verschieben, sofern kein Objekt ausgewählt ist (leeren Bereich anklicken). Die Ortskoordinaten sind Millimeter. Bei „Zoom 1“ entspricht 1px = 1mm. Der Koordinatenursprung (0, 0) befindet sich in der unteren linken Ecke. Der Ursprung kann zur Cursorposition verschoben werden, indem gleichzeitig die linke Maustaste und die Strg-Taste gedrückt wird. Wenn eine Ecke, ein Treiber oder das Mikrofon ausgewählt ist, bewegt sich der Ursprung zum Mittelpunkt der Auswahl.

Die axiale Halbraummessung eines Treibers kann für die Simulation der Frequenzgänge im Vollraum im Textfeld „*Half Space Response*“ geladen werden. Für den Export aktivieren Sie die Checkbox "*Full space* ". Die Y-Achse wird automatisch angepasst.

Aktivieren Sie „*Open Baffle*“ für Dipol-Lautsprecher mit einfacher Schallwand.

Anpassung

Einzelne Objekte, Ecken, Treiber oder Mikrofon werden ausgewählt, indem Sie mit der linken Maustaste auf das Objekt klicken. Das ausgewählte Objekt wird markiert und die aktuelle Position (X, Y) wird im Feld „*View*“ angezeigt. Die Position kann durch Ziehen oder Eingeben von Koordinaten oder durch Drücken der Pfeiltasten in den Textfeldern verändert werden. Bei Aktivierung von „*Snap*“ wird die Objektbewegung auf die Schrittweite begrenzt, die im Textfeld angegeben wurde. Das Objekt bewegt sich orthogonal, wenn die Umschalttaste beim Ziehen gedrückt wird. Der Fadenkreuz-Cursor unterstützt das Ausrichten von Objekten. Die Grafik wird zeitgleich während der Anpassung aktualisiert.

Sie können die Auswahl rückgängig machen, indem Sie auf den leeren Bereich klicken. Solange kein Objekt ausgewählt ist, werden die Koordinaten des Mauszeigers im Bereich „*View*“ angezeigt.

Kantenradius und Treiber Dd oder Sd, Breite und Höhe können nach Projektinitialisierung durch Eingabe von Wert oder durch Drücken der Auf-/Ab-Tasten in den Textfeldern angepasst werden. Die Schallwandzeichnung und die Grafik werden während der Anpassung aktualisiert.

Mikrofon- bzw. Hörposition

Das Mikrofonsymbol stellt den Abhörpunkt auf Achse bei der gewählten Distanz dar. Die Schallwand kann horizontal und vertikal gedreht werden, indem im Bereich „*Axis*“ „*Angle Hor*“ oder „*Angle Ver*“ eingegeben wird oder mittels Auf-/Ab-Tasten. Der Rotationsursprung ist der gedachte, senkrechte Auftreffpunkt der Mikrofonachse auf die Schallwandoberfläche.

Reflexionen

Aktivieren Sie „*Floor*“ und geben Sie die Bodenhöhe in mm ein, um den Einfluss der Bodenreflexion auf den Frequenzgang zu berücksichtigen. Die Seitenwandreflexion wird mit berücksichtigt, wenn das Feld „*Wall*“ aktiviert ist. Eine negative X-Koordinate lokalisiert die Wand auf der linken Seite. Die Absorption der Grenzflächen können Sie berücksichtigen, indem Sie im Feld „*Absorption*“ Werte zwischen 0 und 20 dB eingeben.

File-Funktionen

Speichern Sie das Projekt mit dem Button „Save“. Die Dateierweiterung ist .vxb, jedoch ist es eine normal lesbare XML-Datei mit den Hauptabmessungen der Schallwand sowie Lage der Ecken und Treiber. Sie können die Datei drucken, um das endgültige Gehäusedesign zu unterstützen. Öffne vorhandenes „*Baffle-Projekt*“ durch Drücken der Open-Taste.

Exportiert den simulierten Gehäuseeinfluss oder den Full-Space-Frequenzgang, der in der Grafik gezeigt wird, durch Drücken der Export-Taste.

Sie können auch Off-Axis-Frequenzgänge in 10°-Schritten exportieren, indem Sie „*Directivity*“ aktivieren. Die Frequenzgänge der vertikalen Ebene für 10° bis 170° werden durch Aktivieren der Checkbox „*Vertikal Plane*“ exportiert, für negative Winkel -10° bis -170° durch Aktivieren der Checkbox „*Negative Angels*“. Die Frequenzgänge werden an den aktuell ausgewählten Treiber im Hauptprogramm geroutet, wenn Sie vor dem Export die Checkbox „*Feed Speaker*“ aktivieren. Geben Sie den Namen der Stammdatei für die Frequenzgänge ein. Das Programm erweitert den Dateinamen um horizontales/vertikales Schlüsselwort und Winkel, wobei die im Optionsfenster definierte Kodierung verwendet wird.

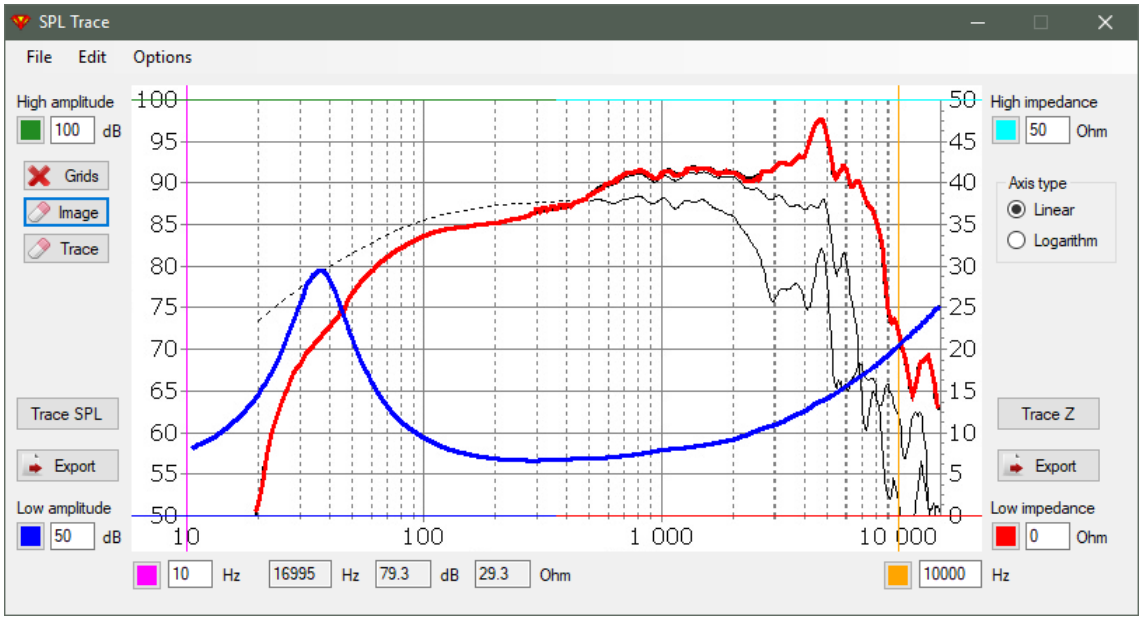
Grafik

Mit „*Add overlay*“ können max. 10 Overlays dem Diagramm beigefügt werden. „*Clear Overlay*“ löscht das letzte sichtbare Overlay.

Hinweis!

1) *Abschrägungen (z.B. 45° Fasen) können als Radius eingegeben werden.*
2) *Ein langer Flächenstrahler sollte durch aneinanderreihen mehrerer kleiner rechteckiger Treiber mit Step = Height konstruiert werden.*

SPL-Trace – Frequenz- und Impedanzgänge aus einer Grafik ermitteln



Das SPL-Trace-Tool kann Frequenz- und Impedanzgänge aus einer Bitmap ermitteln, die aus einer Datei geladen oder aus der Zwischenablage eingefügt wurde. Mehrere Bilddateitypen werden unterstützt, wie z.B. png, jpg, bmp und gif. Es wird ein externes Tool benötigt, um die Bitmap in die Zwischenablage aus einem Lautsprecherdatenblatt (pdf) oder von der Webseite zu kopieren. Das Snipping-Tool, das in Windows 10 installiert ist, funktioniert hierfür gut.

Die empfohlene Größe für die Grafik beträgt 800 x 400 Pixel oder mehr, um eine angemessene Auflösung und Genauigkeit zu gewährleiten. Die Grafik wird im SPL-Trace-Fenster in der Originalgröße gezeigt, oder kleiner, wenn benötigt.

Hinweis! Die Hintergrundfarbe der Grafik sollte weiß oder sehr hell sein, mit einer Helligkeit (HSL)> 90%. Dunkler Hintergrund sollte mit einer Bildbearbeitungssoftware wie Paint ersetzt werden.

Extrahieren der Verläufe:

1. „*Open*“ Image File (*File→Open image oder Ctrl+O*) oder durch Einfügen mittels Edit -> Paste image oder Ctrl+V vom Clipboard.
2. Frequenzgrenzen einstellen: Definieren Sie die niedrigste Frequenz in der Grafik mit dem Magenta-Cursor. Geben Sie die ermittelte Frequenz in das Textfeld ein oder passen Sie den Wert mit den Pfeiltasten nach oben / unten oder dem Mausrad an. Definieren Sie die höchste Frequenz mit dem orangefarbenen Cursor. Geben Sie den Frequenzwert in das Textfeld ein oder passen Sie ihn an.
3. Amplitudengrenzen einstellen: Definieren Sie mit dem blauen Cursor die niedrigste markierte Amplitude. Geben Sie den Amplitudenwert in das Textfeld ein oder passen Sie ihn an. Definieren Sie die höchste Amplitude mit dem grünen Cursor. Geben Sie den Amplitudenwert in das Textfeld ein oder passen Sie ihn an.
4. Impedanzgrenzen einstellen: Definieren Sie mit dem roten Cursor die niedrigste Impedanz. Geben Sie den Impedanzwert in das Textfeld ein oder passen Sie ihn an. Definieren Sie die höchste Impedanz mit dem Cyan-Cursor. Geben Sie den Impedanzwert in das Textfeld ein oder passen Sie ihn an.
5. Wählen Sie den Impedanz-Achsentyp: Linear oder Logarithmisch. Die lineare Skala hat absolute Inkremente und beginnt normalerweise bei null Ohm. Zum Beispiel von 0 bis 60 Ohm mit Schritten von 10 Ohm. Die logarithmische Skala muss oberhalb von Null Ohm beginnen und die Intervalle bleiben natürlich nicht gleich. Zum Beispiel 2, 4, 8, 16, 32, 64 Ohm.

6. Bewegen Sie den Mauszeiger in den Grafikbereich und überprüfen Sie, ob die Werte für Hz, dB und Ohm in der Statuszeile richtig berechnet wurden.
   Warnung: Die Kommandos "*Paste*" bzw. „*File open*" löschen die vorherigen Einstellungen wenn die Größe des Bildes geändert wird.

7. Löscht die Rasterlinien im Grafikbereich, wenn die Helligkeit der Linienfarbe <90% ist und der Farbunterschied zu den Linien der Grafen klein ist. Es besteht keine Notwendigkeit zum Löschen, wenn Gitternetzlinien hellgrau oder gepunktet sind und die Grafen aus dicken Linien mit gesättigten Farben (rot, grün, blau, magenta, cyan) bestehen.
   Klicken Sie auf die Schaltfläche „**X** Grids", um das Löschen zu starten. Kennzeichnen Sie mit dem Fadenkreuz-Cursor die Linien, an denen alle horizontalen und vertikalen Gitterlinien gefunden werden, die „Nutzgrafen" jedoch so wenig wie möglich überschreiten. Bestätigen Sie mit Linksklick der Maus und die Rasterlinien (mit Helligkeit <90%) sollten gelöscht sein.

8. Sie können auch den „Image Rubber" verwenden, um die Nähe der Nutzlinien zu bereinigen. Die Überschneidung mit Außer-Achse-Frequenzgängen könnte das Aufzeichnen der Nutzlinien stören. Warnung! Radieren Sie nicht versehentlich die Nutzlinien für Frequenz und Impedanz weg, da Undo nicht verfügbar ist.

9. Drücke den "Trace SPL" Button und setze dann den Cursor auf den Beginn der Frequenzganglinie bei der Startfrequenz. Klicken Sie erneut einige Pixel weiter, falls Trace nicht gestartet wurde. Der verfolgte Pfad wird mit einer dicken roten Linie markiert. Wenn Trace an einer Kreuzung unterbrochen oder abgelenkt wird, können Sie den Pfad korrigieren, indem Sie auf einen Punkt wenige Pixel nach dem Problem klicken. Sie können auch so oft wie Sie wollen von vorherigen Positionen oder vom Anfang neu starten.

10. Sie können den „Trace Rubber" verwenden, um fehlerhafte Punkte an der Trace- Linie zu entfernen, z.B. kurze Sprünge über oder unter der richtigen Linie. Gelöschte Teile werden interpoliert, wenn die ermittelte Frequenzgang in eine Datei exportiert wird.

    Aktivieren Sie „Options -> *Smooth 1/12 oct*" um kleine Peaks und kleine Stufen zu entfernen. Es wird eine Glättung von 1/12 Oktave auf die exportierte Trace-Linie angewendet.

    Die Standarddichte des Exports beträgt 48 Punkte / Oktave. Geringere Dichten sind im Optionsmenü verfügbar, werden jedoch nicht empfohlen, wenn Frequenzgänge für VituixCAD erstellt werden.

11. Exportieren Sie die Amplitudenantwort mit der Schaltfläche "Exportieren", nachdem das Tracing abgeschlossen ist und die rote Überlagerungslinie gut aussieht. Geben Sie den Dateinamen ein und wählen Sie die Erweiterung .txt oder .frd. Die Phase wird automatisch als minimale Phase berechnet. Das Programm schätzt den Verlauf des Frequenzgangs im Nutzbereich, sofern sie unterhalb und oberhalb des sichtbaren Bereichs ist.

12. Tracen Sie die Impedanzkurve. Klicken Sie dazu auf die Schaltfläche Trace Z und dann auf den Startpunkt der Impedanzkurve bei der niedrigsten sichtbaren Frequenz. Und so weiter …..

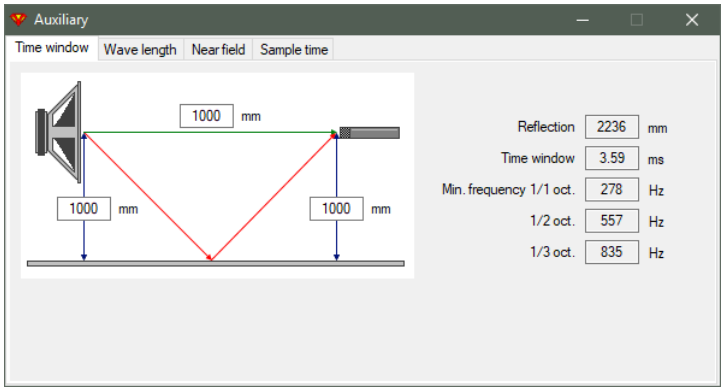
13. Exportiert die Impedanzkurve mit dem Export-Button …

Ermittelte Schalldruckverläufe können mit „*Edit -> Copy raw SPL*" in die Zwischenablage kopiert werden. Verfolgte Impedanzverläufe können mit „*Edit -> Copy raw Z*" in die Zwischenablage kopiert werden. Der Phasenwinkel ist Null und das Dezimal-Symbol ist in der Systemsteuerung definiert.

Drücken Sie die Shift-Taste, während Sie die Maus über das Bild bewegen, um eine kreisförmige Lupe von mit 400% Vergrößerung zu öffnen.

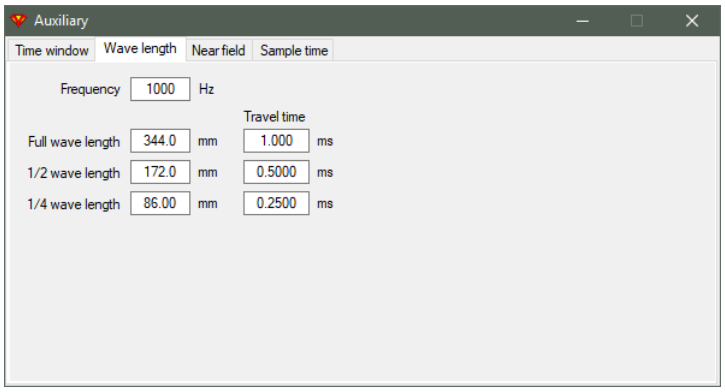
Hilfsrechner

Zeitfenster



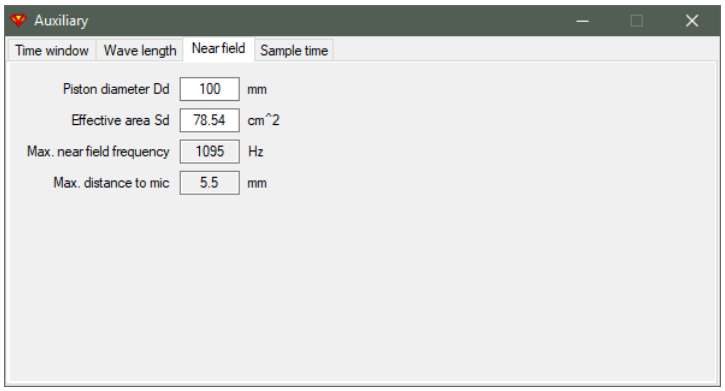
Berechnet maximale Länge des Zeitfensters (ms) ohne Reflexionen. Geben Sie den kürzesten Abstand vom Treiber zum Mikrofon, vom Treiber zum Boden und vom Mikrofon zum Boden (mm) ein. Berechnet wird auch die Weglänge der Reflexion (mm) und die minimale Frequenz (Hz) mit 1/1, 1/2 und 1/3 Oktave Auflösung.

Wellenlänge



Berechnet die volle oder 1/2 oder 1/4 Wellenlänge (mm) und die Schalllaufzeit (ms) in Luft für eine Frequenz (Hz). Geben Sie die volle oder 1/2 oder 1/4 Wellenlänge ein, um die Frequenz und die Laufzeit zu berechnen. Geben Sie die Laufzeit der Vollwelle oder eines Bruchteils der Welle ein, um die Frequenz und die Wellenlänge zu berechnen.

Nahfeld

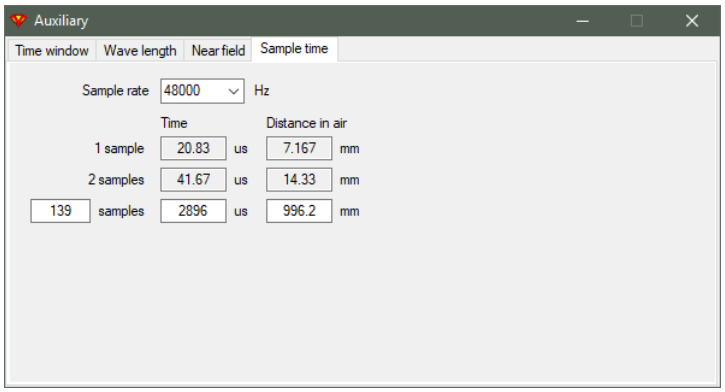


Berechnet die maximale Nahfeldfrequenz (Hz) und die maximale Entfernung (mm) zum Mikrofon anhand des effektiven Membrandurchmessers (Dd mm) oder der Fläche (Sd cm2). Dies ergibt theoretisch einen Fehler von ungefähr -0,5 dB bei f_{NFmax}, wenn sich das Mikrofon im Mittelpunkt des idealen Kolbens befindet. In der Praxis ist die maximal nutzbare Frequenz aufgrund der nicht zentrierten Mikrofonlage und der mechanischen Eigenschaften der Membran normalerweise niedriger.

$$f_{NFmax} = c / \pi / Dd \quad (c = 344{,}0 \text{ m / s})$$

Der max. Abstand zum Mikrofon beträgt 5,5% von Dd.

Samplezeit



Berechnet die Zeit (µs) und den Abstand in Luft (mm) für 1 und 2 bzw. eine beliebige Anzahl von Samples für die gewählte Abtastrate (Hz). Sie können auch die Anzahl der Samples und die Entfernung für eine Zeit oder die Anzahl der Samples und die Zeit für eine Entfernung berechnen.