

ESPECIANDO

2005-04-01

1 Einführung

LspCAD ist eine Software für den Entwurf von Lautsprecherboxen und Frequenzweichen.

Mit LspCAD ist es möglich, Lautsprecherboxen, passive Weichen, aktive analoge und digitale Weichen zu modellieren.

Ein nettes Merkmal ist, dass es möglich ist, alles zur selben Zeit zu modellieren, d.h. es gibt keinen Grund, erst die Box zu modellieren und dann die Weiche. Das macht die Prototypenentwicklung von neuen Projekten einfacher.

Weichen und Boxen werden aus einer Auswahl von Komponenten geschaffen, die Komponenten werden vom Tablett ausgewählt und in den Schaltplan "fallen gelassen". Dies erlaubt einen größeren Freiheitsgrad für den Benutzer, ein Nachteil könnte das Problem sein, dass das Entwurfsverfahren ermüdender wird. Um dieses potentielle Problem zu verringern, wurde das Konzept von "network sets" implementiert. Außerdem ist eine Anzahl von Filtervorlagen verfügbar. Ein anderes Konzept, das Pläne vereinfacht, ist das Gruppenkonzept, wo man einfach eine Anzahl von Komponenten gruppieren kann, und mit einem einfachen Mausklick später von einem Satz von Komponentenwerten zu einem anderen wechseln kann und die Ergebnisse der Änderungen sofort sieht.

Die Boxen sind mit Bausteinen wie Bassreflexrohren, Gehäusevolumina und Treibereinheiten gestaltet. Für bekannte Boxenarten hilft eine spezielle "wizard" Funktionalität dem Benutzer, eine optimale Charakteristik für den gegebenen Treiber auszuwählen.

Weichen, die ausgeführt werden können, sind außer analogen passiven und aktiven Filtern, auch digitale Filter, mit unit delay und sum units. Ein Paradigma, das das Modellieren des ersten Prototypen einfacher macht, ist der Parametermodus, der dem Benutzer erlaubt, Parameter wie Übernahmefrequenz und die Güte Q zu modifizieren, anstatt mit Komponentenwerten herumspielen zu müssen. Komponenten für bekannte kommerzielle Digitalweichen wie Behringer, dbxPro, und XTA sind implementiert und auch optimiert.

Um in der Lage zu sein, eine gegebene Frequenzantwort zu erreichen, kann ein mächtiges Weichenoptimierungsprogramm genutzt werden. Dieses Optimierungsprogramm gibt die Möglichkeit, Beschränkungen für bestimmte Dinge wie Komponentenwerte oder resultierende Lastimpedanz vorzugeben, ein einzigartiges Merkmal der Lastimpedanzoptimierung ist, dass es die Lastimpedanz tatsächlich anheben kann, während es die gewünschte Frequenzantwort beibehält. Ein anderes Merkmal ist, dass man die Übernahmefrequenz während der Optimierung unverändert halten kann.

Die Toleranzanalyse hilft, einen Überblick zu geben, wie die entstehende Frequenzantwort einer Weiche von der Originalantwort abweicht, sobald wir die Möglichkeit hinzufügen, dass Komponenten von ihren angegebenen Werten abweichen könnten.

Die beliebte Echtzeit-Aktualisierung in LspCAD gibt dem Benutzer ein "was Sie sehen, ist das, was Sie bekommen" -Gefühl, da die Graphen jedes Mal aktualisiert werden, wenn z.B. ein Komponentenwert geändert wird. Ähnlich zu früheren Versionen ist es möglich, Zwischenergebnisse zu speichern.

In Version 6 wird die Anzahl von offenen Projekten nur vom Speicherplatz begrenzt. Die Methodologie unterscheidet sich leicht von früheren Versionen, anstatt den gegenwärtigen Status im Speicher abzulegen, kann man in Version 6 jede Konstruktion als ein Blatt Papier ansehen, auf dem man schreibt, sobald man mit einem Bauschritt fertig ist, kann man entweder ein neues Blatt Papier nehmen (**New**) oder zum Kopierer (**Clone**) gehen.

2 Standard vs professionelle Version

Dieses Handbuch beschreibt alle in der professionellen Version verfügbaren Merkmale. In der Standardversion sind die folgenden Merkmale nicht oder nur eingeschränkt verfügbar.

Weichenemulator, nur Zweikanalige Ausgabe möglich.

Schnappschuss, es ist nur möglich, Schnappschüsse des SPL Graphen zu machen

Toleranzanalyse

Nichtlinearitäten/ Kompressionseffekte modellieren

- Schwingspulenerwärmung

- BI (x) modellieren

- Cms (x) modellieren

Zusätzliche Übertragungsfunktion

Polarplot

Polarmap

Leistungsantwort

Optimierungsprogrammoptionen, die in der Standardversion fehlen

- Optimieren der Impedanz

- Optimieren der Übertragungsfunktion

- Ziel XO Punkte

- Ziel Zmin

- Ziel Gehäusevolumen

- Ziel Phase

- Ziel EQ

- Ziel importiert

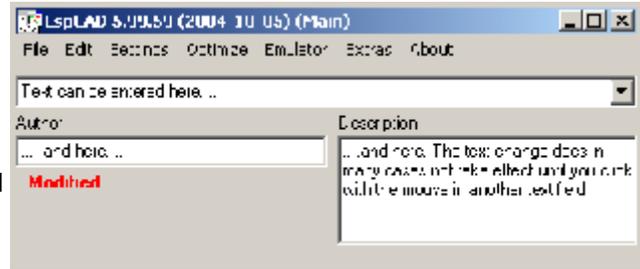
3 Beispiele und Lerntexte

Beispiele und Lerntexte liegen in einem separaten Dokument vor, es ist sinnvoll verbrachte Zeit, dieses Dokument anzuschauen, da es beschreibt, wie die Software in einer konkreten Situation verwendet wird.

4 Verschiedenes

4.1 Text eingeben

Es ist möglich, Text in verschiedene Fenster einzutragen. Damit eine Textänderung wirksam wird, muss man mit der Maustaste in ein anderes Feld klicken. Wenn man z.B. einen Text ins **Autor** Feld eingetragen hat, dann muss man mit der Maustaste ins **Beschreibung** Feld klicken, um die Änderung wirksam werden zu lassen.



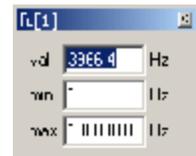
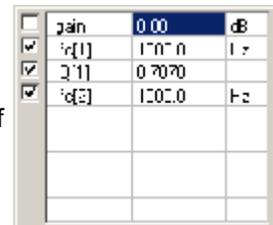
4.2 Das Eingeben/Ändern von Werten

Numerische Werte kommen in drei Formen vor.

Eigenschaftsliste

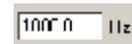
Die Eigenschaften in der Eigenschaftsliste können auf unterschiedliche Art modifiziert werden.

1. Klicken Sie mit der linken Maustaste auf den Parameter, den Sie modifizieren möchten, drücken Sie dann auf die links-rechts Pfeil-Tasten auf der Tastatur.
2. Doppelklick links auf einen Parameter, dann geben Sie einen neuen Wert ein oder benutzen die Pfeile Hoch-Runter um den Wert zu modifizieren. Zum Verlassen klicken Sie woanders.
3. Erst links-, dann rechtsklicken auf den Parameter. Sie haben jetzt die Option, den Wert und auch Ober- und Untergrenzen für das Optimierungsprogramm festzusetzen.



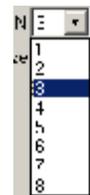
Einzelnes numerisches Eingabefeld.

Links-klick in der Box und Eingabe des neuen Wertes oder modifizieren des Wertes mit den Auf/Ab-Pfeilen. Der Wert ändert sich schneller, wenn gleichzeitig die Ctrl-Taste (Strg-Taste) gedrückt wird.



Dropdown-listen

Verwendet für Eigenschaften wie Filterordnung etc. Klicken Sie links und wählen Sie den gewünschten Wert.

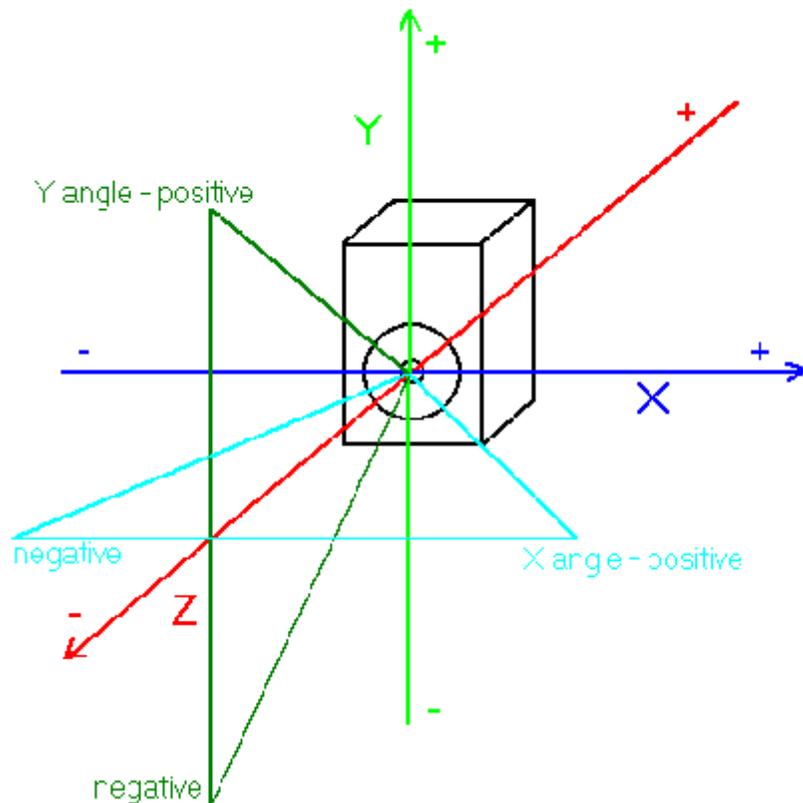


4.3 Koordinaten-System

Da die Treiber und andere schallabstrahlende Elemente in LspCAD an verschiedenen Orten relativ zueinander eingebaut werden können, und auch anders abstrahlen können als nur rechtwinklig zur dem Hörer zugewandten Schallwand, brauchen wir ein Koordinatensystem. Das Koordinatensystem wird in der Abbildung rechts gezeigt.

Normalerweise setzt man den Referenzpunkt genau dort, wo sich ein Treiber befindet. Der übliche Platz ist da, wo sich der Hochtöner befindet. Deshalb ist der Standort des Hochtöners gesetzt auf $(dx, dy, dz) = (0,0,0)$.

Der Tieftöner könnte sich z.B. mit dem Zentrum 150 mm unterhalb des Hochtöners befinden, außerdem sitzt er aufgrund der Membranform leicht hinter dem Hochtöner (25 mm). Der Standort des Tieftöners wäre in diesem Beispiel $(dx, dy, dz) = (0,-150,25)$. Beachten Sie, dass ein positives dz weiter vom Zuhörer weg ist!



4.4 Ordner/Verzeichnisse

Kurze Anmerkung zu den Unterverzeichnissen des LspCAD-Ordners

- .\examples\ Enthält Beispiele, die geladen werden können
- .\lib\ Enthält PSD Dateien, die z.B. für thermische Simulationen nützlich sind.

4.5 Einige Tipps

Es kann verführerisch sein, gleichzeitig viele Dialoge geöffnet zu haben, es ist zum Beispiel durchaus möglich, das Optimierungsprogramm zur selben Zeit wie den Weichenemulator auszuführen. Denken Sie aber daran, dass diese Berechnungen ziemlich CPU-intensiv sein können. Deshalb empfehlen wir, immer nur mit einem Werkzeug zur Zeit zu arbeiten.

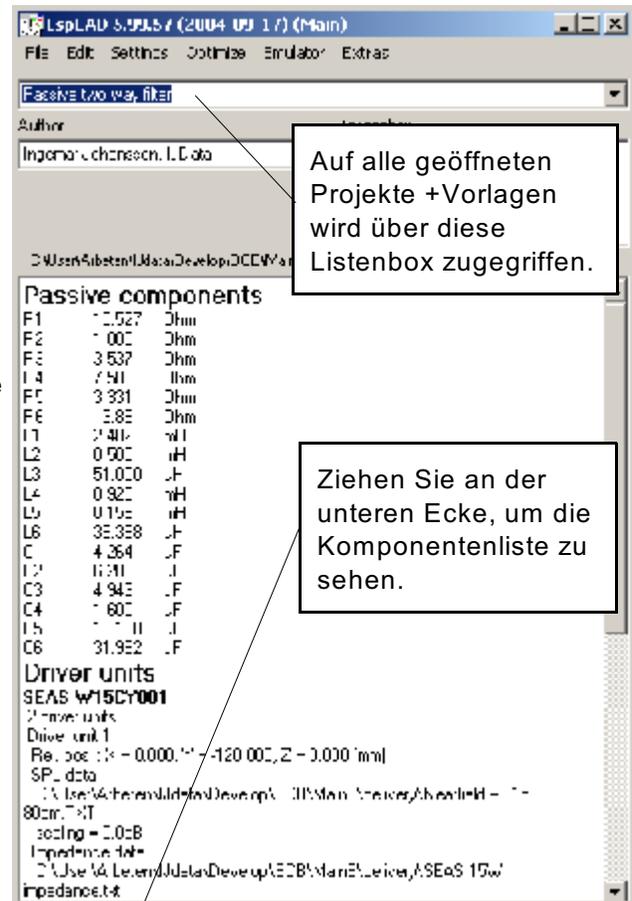
5 Hauptfenster

Wenn LspCAD 6 gestartet wird, tauchen zwei Fenster auf, eins ist das Hauptfenster, das andere ist das Schaltplanfenster.

Vom Hauptfenster ist es möglich, Dinge wie Projekte öffnen/speichern/schliessen, Optimierungsprogramm starten, etc. zu tun.

In LspCAD kann man mehrere Projekte gleichzeitig aktiv haben, das Hauptkontrollfenster gibt die Möglichkeit, neue Projekte zu schaffen, das gegenwärtige Projekt zu klonen oder einfach zu löschen. Es gibt keine Grenze, (ausser dem Speicherplatz) wieviele Projekte geöffnet sein können.

Drei spezielle Projekte, die nicht gelöscht werden können, sind der Notizblock und die Vorlagen. Die Vorlagenprojekte enthalten fertige, vorbereitete (gruppierte) Schaltungselemente wie aktive Filter und Parallelschwingkreise, viele dieser Elemente sind mit Assistenten (wizards) versehen, die sehr hilfreich wenigstens im Anfangsentwurf sind. Es gibt auch ein benutzerdefiniertes Vorlageprojekt, wo man seine persönlichen Vorlagen platzieren kann.



Die verfügbaren Menüpunkte sind:

File... : (Datei) Enthält die bekannten Sicherung, Öffnen und Schliessen Befehle

Edit | Clone project: (Editieren/Klonen) Ermöglicht eine exakte Kopie des aktuellen Projektes

Settings : (Einstellungen) Das Popup-Fenster gibt Zugriff auf alle Projekt-spezifischen Eigenschaften

Optimizer : (Optimierer) öffnet das Optimierer Fenster.

Emulator: Öffnet das Emulator Fenster.

Extras | Snapshot : (Schnappschuss) Öffnet das Schnappschussfenster, das es ermöglicht, Schnappschüsse der Simulationsergebnisse zu machen.

Extras | Tolerance analysis : (Toleranzanalyse) Öffnet das Toleranzanalyse Fenster, das es ermöglicht, die Empfindlichkeit auf Bauteil-Toleranzen zu analysieren.

Extras | justMLS: Startet das justMLS Messprogramm.

Extras | LspCAD 5.25 : Startet das gute, alte LspCAD 5.25.

6 Schaltplan

Der Schaltplan des Projekts ist im Schaltplan Fenster dargestellt.

Es gibt keine Beschränkung dafür, was man simulieren kann, dies bedeutet, dass es völlig in Ordnung ist, den Bereich der tiefen Frequenzen mit einem TS Treibermodell zu simulieren, während die Simulation des Mittel- und Hochtonbereiches mit tatsächlichen gemessenen Daten gemacht werden kann. Die Darstellung ist in 10 Seiten eingeteilt, jede Seite kann ihre eigenen Schaltkreise präsentieren, und es ist auch möglich, mehrere Seiten miteinander zu verbinden durch eine bestimmte Anschluss-Steckerkomponente. Jede Seite ist 1600*1200 Pixel gross (die Gittergröße ist 266*200), was bedeutet, dass ziemlich große Schaltkreise auf jede Seite passen.

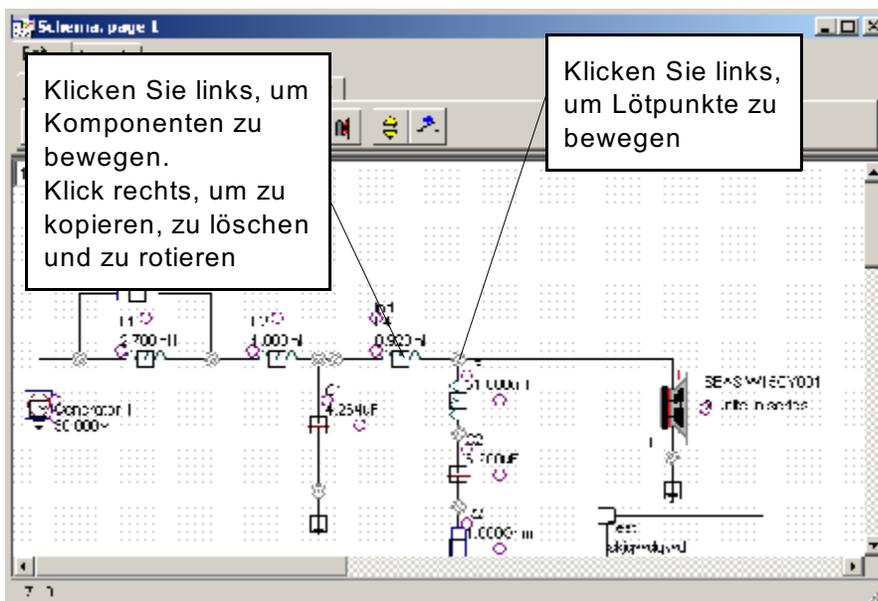
Das Darstellungsfenster hat zwei Modi. Den **Editieren** Modus und den **Simulieren** Modus.

Im Editiermodus kann der Benutzer Komponenten bewegen, löschen, duplizieren, gruppieren oder Gruppen wieder auflösen. In diesem Modus erstellen Sie das Layout des Projekts.

Im Simulieren Modus kann man Werte ändern, Weichen- und Treiber Sätze optimieren, erschaffen und zwischen verschiedenen Sätzen hin- und her wechseln.

6.1 Editiermodus

Im Editiermodus werden die Komponenten entsprechend dem Designziel im Schaltplan Fenster platziert, wenn das Ziel ein passives paralleles Zweiwegfilter ist, ist die "normale" Auswahl zwei Spannungsgeneratoren, zwei Treibereinheiten und ein Bündel Kondensatoren, Spulen und Widerstände. Jene, die mit mechanischer CAD Software vertraut sind, werden ziemlich schnell mit dem Schaltplaneditor in LspCAD vertraut werden.



Die Komponenten werden aus einem Tablett ausgewählt und auf die Darstellung fallen gelassen. Die Anschlüsse der Komponenten werden verlötet.

In Editiermodus sieht eine Komponente ziemlich hässlich aus, weil sie eine Anzahl von hot spots enthält. Die runden Kreise sind die Endpunkte der Komponentenanschlüsse, rote runde Kreise dienen auch als Platz für Komponententext. Das Quadrat ist der hot spot, um eine Komponente zu bewegen, zu rotieren, zu kopieren oder zu löschen.

Eine Komponente wird durch einen Klick mit der linken Maustaste gewählt, die rechte Maustaste gibt Zugang zu Funktionen wie löschen, gruppieren, Gruppen auflösen oder Kopieren/Einfügen.

Wenn Sie mehrere Komponenten gleichzeitig auswählen wollen, haben Sie zwei Möglichkeiten:

1. Wählen Sie die erste Komponente, dann halten Sie die Umschalttaste gedrückt und wählen Sie die anderen Komponenten.

2. Halten Sie die linke Maustaste gedrückt und ziehen Sie die Maus, bis alle Komponenten von Interesse in dem Bereich enthalten sind, lassen Sie dann die linke Maustaste los.

Die gewählten Komponenten ändern ihre Farbe (die rechteckigen hotspots werden rot.) Um die Auswahl aufzuheben, kann man einfach mit der linken Maustaste außerhalb des ausgewählten Rechtecks klicken.

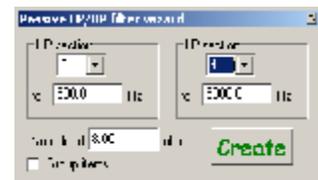
Sobald die Komponenten gewählt sind, kann man eine Anzahl von Operationen mit ihnen durchführen.

Linke Maustastenoperationen:

- **Bewegen:** halten Sie die linke Maustaste gedrückt, wenn der Cursor im ausgewählten Rechteck ist, und bewegen Sie den Cursor. Lassen Sie die Maustaste los, wenn Sie an der richtigen Stelle sind

Rechte Maustastenoperationen:

- **Rotieren:** rotieren Sie die gewählte Komponente (wenn möglich, es können nicht alle Komponenten rotiert werden.)
- **Kopie:** die gewählten Komponenten werden kopiert und können irgendwo auf der Darstellung (oder in einem anderen Projekt) eingeklebt werden.
- **Schnitt:** die gewählten Komponenten werden ausgeschnitten und können irgendwo auf der Darstellung (oder in einem anderen Projekt) eingeklebt werden.
- **Paste:** kleben Sie eine Komponente (oder mehrere Komponenten) ein, die vorher ausgeschnitten oder kopiert worden ist.
- **Delete:** löschen Sie die gewählten Komponenten.
- **Gruppieren:** fügen Sie die gewählten Komponenten zu einer Gruppe zusammen, das Gruppenkonzept wird detaillierter unten erklärt.
- **Ungroup:** das Gegenteil von "gruppieren", aus "Sicherheitsgründen" kann nur eine Gruppe auf einmal aufgelöst werden.
- **Einfügen | passives HP-/LP-Filter :** fügen Sie ein passives Hochpass und/oder Tiefpassfilter mit einer Filterordnung bis zu 4. Ordnung ein. Die Komponentenwerte werden berechnet für eine nominale Last und gewünschte Übernahmefrequenz. Bei den gruppierten Komponenten (siehe **Komponenten gruppieren** checkbox) besitzt die Gruppe einen Wizard (Assistenten), das bedeutet, dass man später neue Werte für die gewünschte Übernahmefrequenz berechnen kann.



In einigen Fällen, kann es sein, dass Komponenten während des Verschiebens verschwinden, sie erscheinen aber wieder, wenn Sie die Maustaste loslassen. Dies ist ein normales Merkmal und ist Teil der Bestrebung, die Komponentenbewegung so glatt und ruckelfrei wie möglich zu machen.

6.1.1 Das Gruppenkonzept:

Sobald Komponenten in einer Gruppe zusammengefügt sind, werden sie zusammen bewegt, in einem Stück, zu beachten ist, dass die Anschlüsse der gruppierten Komponenten nicht bewegt werden können, es ist jedoch möglich, die hotspots für die Komponentenbeschreibungen zu bewegen und auch die ganze Gruppe zu bewegen.

☞ **Beachten Sie, dass Treiber, TS Treiber, Generator, Benutzernotiz und Schallwandkomponenten nicht Teil einer Gruppe sein können.**

Gruppen werden als Komponenten behandelt, was bedeutet, dass auch sie gruppiert werden können.

Die Gruppen spielen eine wichtige Rolle, wenn wir mit den Simulationen beginnen, und mehrere verschiedene Kombinationen von Weichenwerten ausprobieren möchten, sobald die Weichentopologie feststeht. Sobald eine Gruppe geschaffen ist, erscheint ein Rechteck auf der Darstellung, das die Größe der Gruppe anzeigt, die Lötunkte der gruppierten Komponenten werden kleiner.

Die Gruppenkomponente ist, wenn sie richtig verwendet wird ein wunderbarer Helfer in der Entwurfs- und Simulationsarbeit. Die einfachste Anwendung ist, Komponenten zu einer Einheit zusammenzufügen, so dass sie leichter zu bewegen sind.

Die interessanteste Möglichkeit mit einer Gruppe ist, dass man dieselbe Filtertopologie verwenden kann, aber mit verschiedenen Komponenten. Stellen Sie sich die Situation mit einem Tiefpassfilter mit einer Grenzfrequenz von 1000 Hz vor. Wir können die Gruppe benutzen, um die Komponentenwerte für ein 1000 Hz Filter zu speichern, dann können wir die Komponentenwerte modifizieren, so dass wir ein 1500 Hz Filter bekommen. Mit den zwei gespeicherten Wertesätzen können wir sehr leicht zwischen den Sätzen umschalten. Dies ist ein sehr praktisches Merkmal, besonders, wenn wir den Emulator verwenden.

6.1.1.1 Wizards (Assistenten)

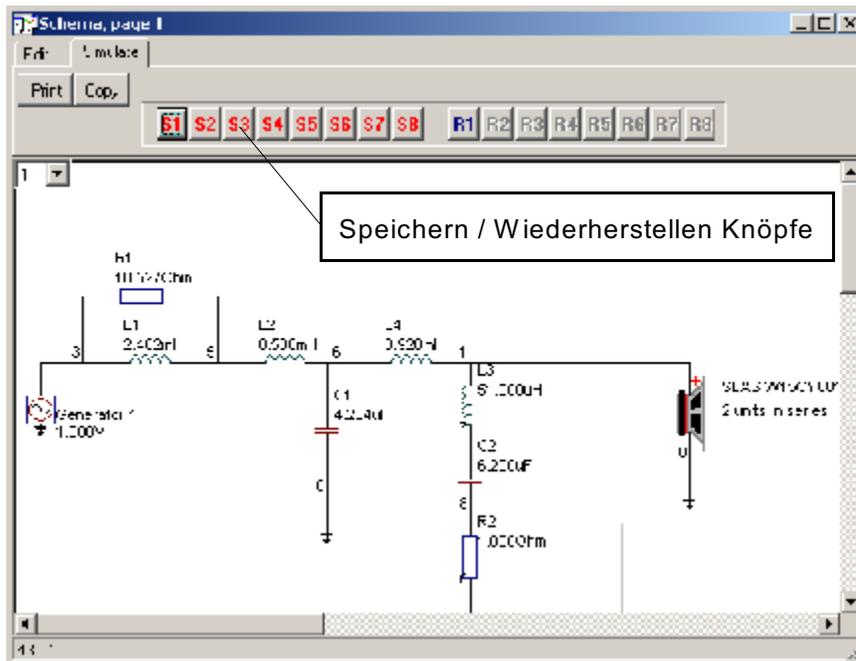
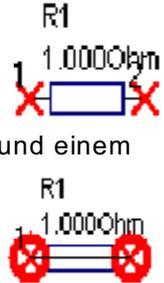
Für öfter benötigte Gruppen sind wizards implementiert, ein solches Beispiel ist das aktive Tiefpassfilter 2. Ordnung, das in der Vorlagensektion verfügbar ist. Ein anderes Beispiel ist eine Bassreflexbox, wo man die Helmholtz Resonanz sofort sehen kann. Die wizards sind eine Art von halbintelligenten "Dingen", die wissen, wozu der verwendete Schaltkreis gut ist, und richtige Maßnahmen ergreifen können, wenn man z.B. die Übernahmefrequenz ändern möchte. Viele der Gruppen im Vorlagenprojekt haben wizards. Beachten Sie, dass, wenn die Gruppe aufgelöst wird, die wizard Eigenschaften weg sind.

6.2 Simulations Modus

In Simulationsmodus sind die Komponentenhotsspots versteckt, auch die Gruppengrenzen werden unsichtbar (es ist möglich, die Sichtbarkeit zu erzwingen). Hoffentlich bilden alle Komponenten einen gültigen Schaltplan. Wenn Sie ein rotes Kreuz an einem Endpunkt einer Komponente sehen, bedeutet dies, dass die Komponente nirgendwo verbunden ist, wahrscheinlich ein Fehler, der korrigiert werden muss.

Ein anderer Fehler, der auftreten könnte, ist, dass z.B. ein Widerstand kurzgeschlossen ist, während dies oft in einer wirklichen Situation in Ordnung ist, funktioniert es in diesem Fall nicht, dieser Fehler ist mit einem großen roten Kreuz und einem Kreis markiert.

In der Darstellung rechts kann man sehen, dass es Knotennummern gibt, die nahe bei jedem Lötspunkt beigefügt sind. In den meisten Fällen sind diese Knotennummern nicht erforderlich und können versteckt werden (siehe Kapitel 8, Einrichten).



Im Allgemeinen sind Komponenteneinstellungen entweder mit der linken oder der rechten Maustaste zugänglich, Sie müssen auf die Komponente klicken, um Zugang zu den Einstellungen zu bekommen.

Linke Maustastenoperationen:

Die linke Maustaste gibt schnellen Zugang zur wichtigsten Eigenschaft der Komponente. Für einen Widerstand ist dies der Widerstandswert, während für einen Pufferverstärker die Verstärkung das Wichtigste ist.

Normalerweise erscheint eine kleine Editierbox, in der man den Wert ändern kann. Die Editierbox verschwindet, wenn man auf den close Knopf in der oberen rechten Ecke oder auf eine andere Komponente klickt.

Wenn Sie auf eine Treibereinheit klicken, poppt der Treiber Dialog auf.

Alle Editierboxen und Dialoge werden detaillierter später in diesem Handbuch beschrieben.

Wenn Sie mit der Maus außerhalb einer Komponente klicken geschieht nichts, es sei denn, der Klickpunkt ist innerhalb der Grenzen einer Gruppe, dann erscheint eine kleine Listbox, wo man den Netzsatz wählen kann.



Rechte Maustastenoperationen:

Mit einem Rechtsklick auf eine Komponente bekommt man Zugang zu weiteren Komponenteneinstellungen, für einen Kondensator kann man z.B. den Verlustfaktor und das ESR setzen. Die weiteren Gruppeneinstellungen schließen auch die Option ein, Netzwerksätze zu erschaffen und zu löschen.

6.2.1 Speichern / Wiederherstellen Knöpfe

Mit den Speichern- /Wiederherstellenknöpfen (Store / Recall) ist es möglich, verschiedene Stufen in einem Entwicklungsprojekt zu speichern, dies ist eine Alternative zum Gruppenkonzept (Kapitel 6.1.1). Die Speichern- /Wiederherstellenknöpfe sind einfacher zu verwenden, sind aber in der Funktion eingeschränkt. Zum Beispiel werden die gespeicherten Sätze **nicht** in der Projektdatei gespeichert.

- ☞ **Treiber und TS Treibereigenschaften werden nicht mit den Speichern- /Wiederherstellenknöpfen gespeichert. Beachten Sie, dass gespeicherte Sätze nicht in der Projektdatei gesichert wird.**

6.3 Mehrere Spannungsquellen

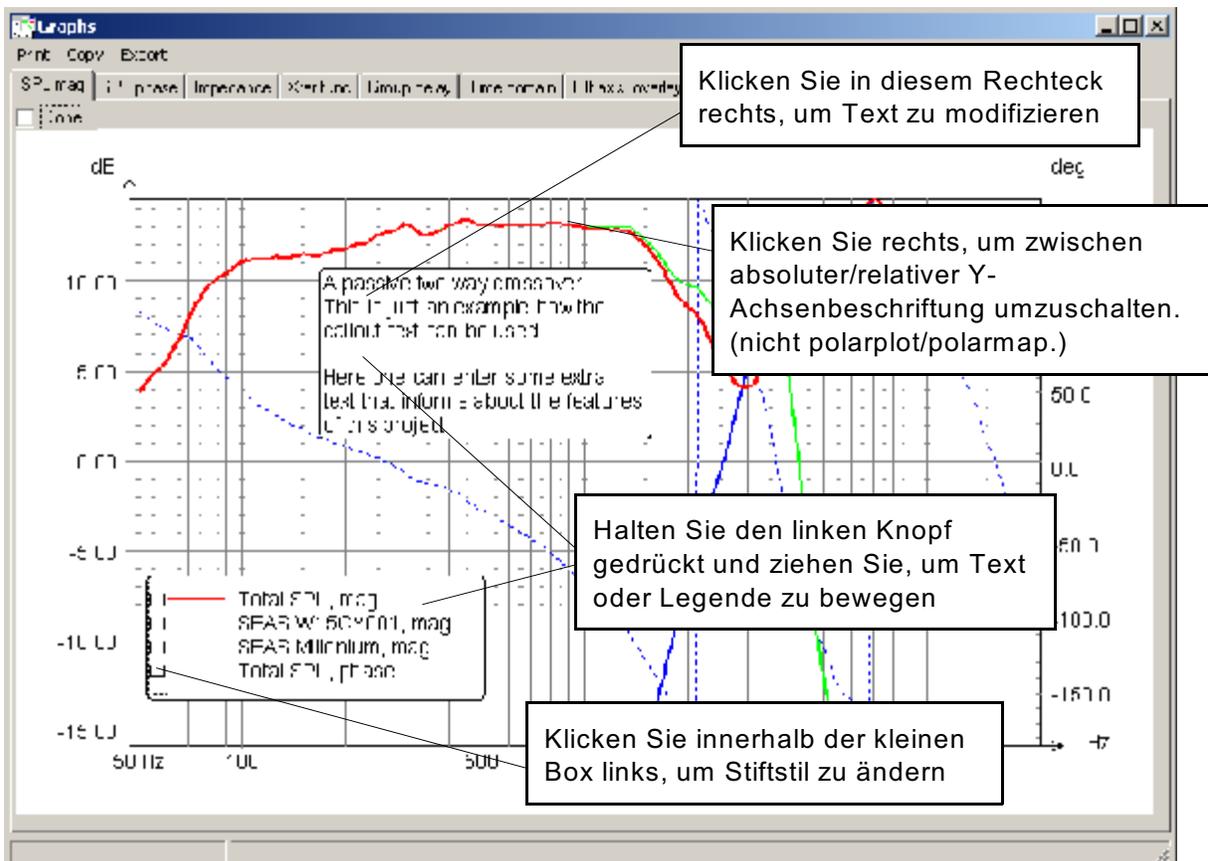
Wenn man auf die Schaltpläne der vielen Beispiele, die dieser Software beiliegen sieht, sehen Sie, dass es zum Beispiel für eine Zweiwegweiche zwei Spannungsquellen gibt, man könnte sagen, dass biamping benutzt wird. Dies steigert die Berechnungsgeschwindigkeit, besonders, wenn das Optimierungsprogramm verwendet wird, weil die Technik, zwei Spannungsquellen zu verwenden, sicherstellt, dass nur die notwendigen Teile einer Weiche Neuberechnet werden.

7 Graphen

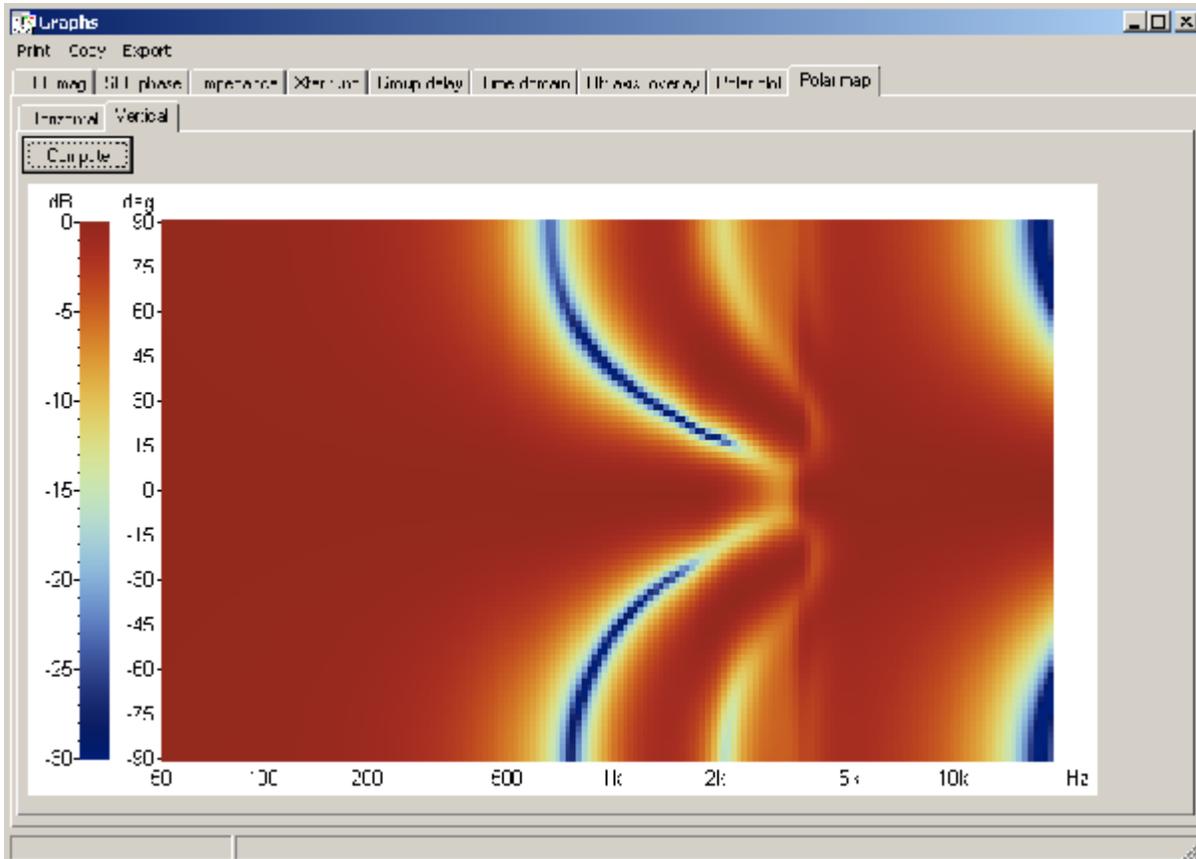
Die Graphen in LspCAD sind in einem Fenster mit einem Bündel Reiter (Tabs, Tabulatoren) gesammelt. Jeder Reiter versteckt seinen eigenen Graphen. Ein Graph kann z.B. eine Frequenzantwort sein. Um das Lesen leichter zu machen, ist auch eine Legendenbox eingeschlossen. Der callout-Text kann verwendet werden, um zusätzlichen Text im Graphen hinzuzufügen, z.B. um einige zusätzliche Merkmale zu beschreiben. Standardmäßig ist die callout-Box als eine graue Box in der oberen rechten Ecke sichtbar. Diese Box ändert sich, passend zum eingegebenen Text. Es ist möglich, im Einrichten Menü die Legende und den callout-Text zu verdecken, wenn dies gewünscht wird.

Die Graphen können geklont (oder entkoppelt) werden, um es möglich zu machen, mehrere Graphen zurselben Zeit zu betrachten, das kann praktisch sein wenn man z.B. wünscht, zurselben Zeit Schalldruckpegel und Impedanz zu sehen. Beachten Sie aber bitte, dass viele sichtbare Graphen die Berechnungen verlangsamen.

Alle Graphen werden in Echtzeit aktualisiert, mit Ausnahme der Polardiagramme, da die Letzteren sehr CPU intensiv sind. Es wird auch empfohlen, die Polardiagramme nicht offen zu haben, ausser man braucht sie gerade, da das Neuzeichnen sehr aufwendig ist.



Das Diagramm unten zeigt ein Polardiagramm. Beachten Sie, dass es nötig ist, auf den Berechnungsknopf zu klicken, um die Berechnung durchzuführen.



7.1 Menüauswahl

7.1.1 Drucken (Print)

Die Graphen können auf jedem Drucker ausgedruckt werden, Klicken Sie auf Druck, um den Graphen auszudrucken, der im Augenblick sichtbar ist. Beachten Sie, dass der Druckmaßstab im Einrichtendialog geändert werden kann, (siehe Kap. 8).

7.1.2 Kopiere (Copy)

Der sichtbare Graph wird in die Zwischenablage kopiert

7.1.3 Export

Die Graphendaten können exportiert werden, man kann wählen, entweder den angezeigten Bereich oder den aktiven Arbeits-Bereich (siehe Einstellungen) zu exportieren. Das einfache Exportformat ist nur ein Format mit Daten in Spalten formatiert, während z.B. das Klippel System das Matlab Format verwendet.



8 Einstellungen (Settings)

Alle Einstellungen in LspCAD 6 sind in einem Einrichtendialog zusammengefasst, der vom Hauptmenü zugänglich ist. Dieser Dialog enthält eine Anzahl von Tabulatoren und auch ein Menü. Im Menü kann man Einstellungen von einem anderen LspCAD 6 Projekt importieren (**Import**) und auch die gegenwärtigen Einstellungen als neuen Standard (**Save as default**) wählen.

Allgemeiner Tabulator (General):

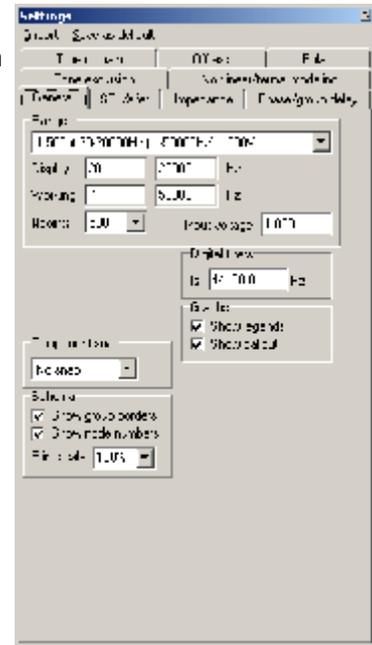
Bereich (Range): Einstellungen für Anzeige, aktiven Bereich und Eingangsspannung für die Simulationen und die Anzahl von Simulationspunkten. Es gibt 8 Voreinstellungen, die man modifizieren kann.

Komponenten Normwerte (snap) : ermöglicht es, die passiven Komponenten auf Werte der Normreihen E24 oder E12 festzulegen.

Schaltplan (Schema): Beeinflusst die Eigenschaften der Darstellung. **Zeige Gruppengrenzen** ermöglicht es, die Grenzen von Komponentengruppen zu sehen. Markieren Sie **Knoten anzeigen** wenn Sie die Knotennummern in der Darstellung sehen wollen. Die Druckskala kann auf drei verschiedene Werte gestellt werden.

Digitale Filter : die samplerate eines digitalen Filters, diese Zahl wird genutzt, wenn es die Einstellungen für digitale Filter anzeigen.

Graphen: Entfernen Sie das Kreuz bei **zeige Legenden**, wenn sie nicht in den Graphen erforderlich sind. Ähnliches gilt für die callout-Box.



SPL/Xfer:

SPL: Kontrolliert die Erscheinung der SPL und Übertragungsfunktionsgraphen. In der **Show** Box kann man wählen, welche simulierten Antworten im Graphen angezeigt werden sollen.

Zwei Entitäten, kombiniert (combined) und Referenz sind immer in dieser Box vorhanden. Wenn Combined markiert ist, wird der kombinierte SPL im Graphen angezeigt, dieser kombinierte SPL ist gegeben durch die Einstellungen in der **combine for total SPL** Box. Wenn **Reference** angekreuzt ist, wird eine importierte Referenz SPL Kurve angezeigt.

Einzelne Treiber Macht es möglich, den SPL von einzelnen Lautsprechern zu betrachten, falls es mehrere in einer Treibereinheit gibt.

Zeige Phase macht es möglich, die Phase des gemeinsamen SPL zu sehen.

In einer separaten Untergruppe kann man den **Beobachtungswinkel** angeben, falls ein anderer gewünscht ist, als auf Achse. Ein positiver Winkel in der X Richtung bedeutet "Mikrofon rechts von dem Lautsprecher", während ein positiver Y Winkel "Mikrofon oberhalb Lautsprecher" bedeutet (siehe Kap. 3).

Xfer (Übertragungsfunktion) : In der **zeigen** Box kann man wählen, welche simulierten Übertragungsfunktionen im Xfer Graphen sichtbar sein sollen. Das node difference feature macht es möglich, die Spannungsdifferenz zwischen Knoten zu untersuchen, und diese Zahl durch die Spannungsdifferenz einer Referenz zu teilen.

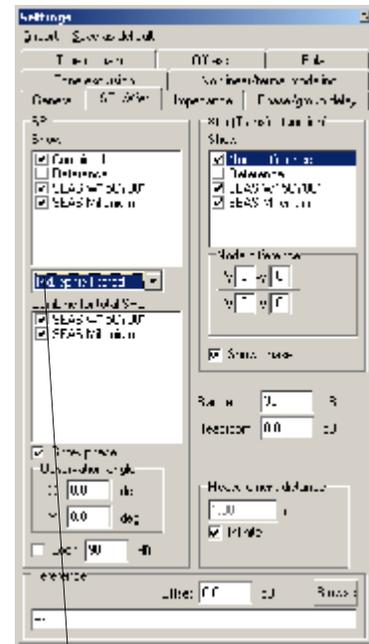
Die abgeleitete Übertragungsfunktion wird vom Verhältnis von Knotenspannungsunterschieden gegeben, im oben gezeigten Beispiel ist die Spannung an Knoten 5 durch die Spannung an Knoten 3 geteilt.

Bereich (Range): Der Anzeigebereich des SPLs/Xfer Graphen

Lichte Höhe (headroom) : Macht es möglich, einige dB lichte Höhe zu den Graphen hinzuzufügen für bessere Ablesbarkeit.

Messabstand : Simulierter Messabstand (wenn nicht **Unendlich**), man kann auch wählen, die Phasenverschiebung durch die Zeitverzögerung bis zum "Messmikrofon" hinzuzufügen (**Excess phase**).

Referenz : Die Referenz wird importiert als ASCII Datendatei mit den Werten spaltenweise angeordnet. Die erste (linke) Spalte sind die Frequenzpunkte, während die zweite Spalte die dB Werte enthält. Die Referenz kann entweder im SPL oder im Xfer Graphen angezeigt werden.



Ansicht einzelne Lautsprecher

Phase/Gruppenlaufzeit:

Kontrolliert das Aussehen der Phasen- und Gruppenlaufzeitgraphen. Für den Gruppenlaufzeitgraphen kann man auch die min und max angezeigten Werte angeben.

**Zeitbereich (time domain):**

Setzt die Eigenschaften der Analyse im Zeitbereich.

Punkte : Die Anzahl der Analysepunkte

fs : die Abtastrate (sample rate)

Disp. Länge. Die angezeigte Anzahl von Messpunkten

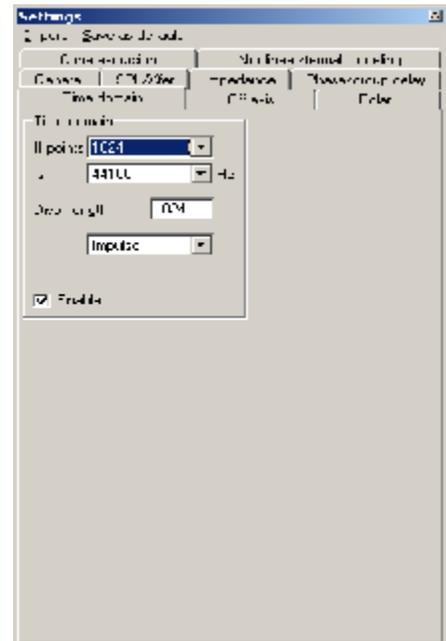
Es ist möglich, die Antwort im Zeitbereich auf vier Arten anzuzeigen:

Impuls-Antwort

Sprung-Antwort

Energie/Zeit-Diagramm

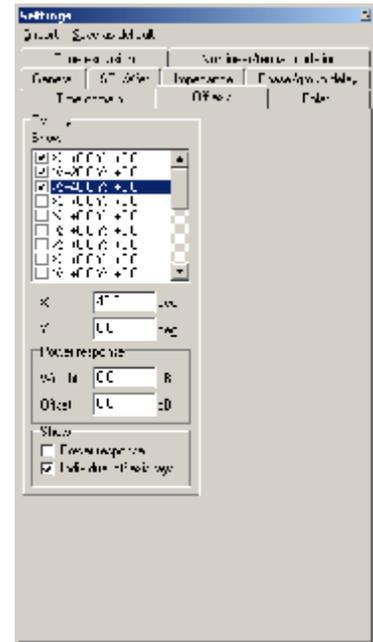
Rechteckschwingung, in diesem Fall kann man auch die Frequenz der Rechteckwelle setzen. Diese Frequenz ist jedoch entsprechend der Auflösung der inversen FFT Operation gerundet, die für die Berechnung der Antwort im Zeitbereich verwendet wird.



Ausserhalb der Achse (off axis):

Stellen Sie hier die Eigenschaften der off axis Simulation ein. Bis zu 20 Achsenstrahlen können angezeigt werden. Um die Eigenschaften für einen Strahl zu setzen, muss man zuerst eine Reihe in der Liste wählen, danach kann man die **X** und **Y** Richtungen setzen.

Es ist auch möglich, ein Energiediagramm basierend auf einer bewerteten Summe der off-axis Strahlen, zu erstellen. Das Energiediagramm kann mit der **Offset** Einstellung skaliert werden.

**Polar:****Polarplot**

Einstellungen für den Polarplot. Bis zu 10 verschiedene Frequenzen können sowohl in der senkrechten als auch der waagerechten Richtung simuliert werden. Wenn **normalize** markiert ist, wird das Niveau für jede Frequenz auf den stärksten Wert normalisiert.

Polardiagramm

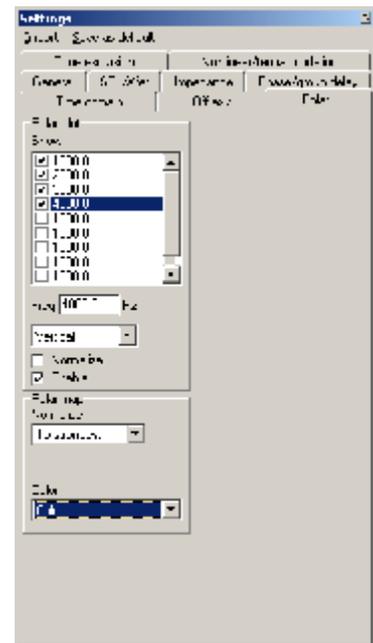
Eine Polardiagramm kann sowohl für die waagerechte als auch die senkrechte Richtung berechnet werden. Das Polardiagramm kann auf drei Arten normalisiert werden.

1 keine Normalisierung

2 Auf 0 Grad (to 0 deg) d.h. der Wert in 0 Grad-Winkel. In diesem Fall, kann man auch einen zusätzlichen Freiraum setzen, da andere Winkel einen höheren Wert als der Wert für 0 Grad haben könnten.

3 zum stärksten (to strongest). Normalisiert auf den höchsten Wert für jede Frequenz.

Es ist auch möglich, zwischen Farbe oder Schwarz/Weiss zu wählen.

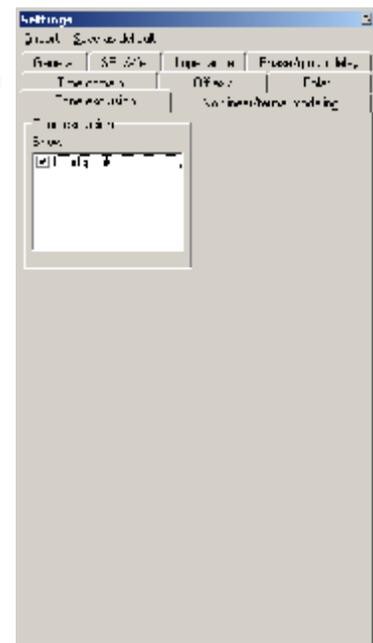


Impedanz:

Der Impedanzreiter folgt demselben Prinzip wie der SPL/Xfer Reiter, hier ist ausserdem die Möglichkeit hinzugefügt, einen min/max Bereich für den dargestellten Impedanzwert anzugeben.

**Membranauslenkung:**

In einigen Projekten kann es wünschenswert sein, mit mehreren TS Treibereinheiten, möglicherweise auch in verschiedenen Boxen zu simulieren. Ein Beispiel könnte die Simulation von Subwoofer und Satelliten in 5.1 Kinoanlagen sein. In diesem Reiter ist es möglich, zu wählen, für welche Lautsprecher die Membranauslenkung angezeigt werden soll.



Nichtlineares/thermisches Verhalten (Nonlinear/thermal modeling) (auch Kap. 14):

Dieser Reiter enthält Einstellungen für die Simulation der Schwingpulenerwärmung in TS Treiber und Treiberkomponenten und die nichtlinearen Eigenschaften der Wandlerkonstante (force factor) (BI) und der Nachgiebigkeit (Cms) von TS Treiberkomponenten. Es sollte erwähnt werden, dass nichtlineares Modellieren sich hier auf das Modellieren der Wirkung von nichtlinearen Eigenschaften auf die Frequenzantwort bezieht, der Einfluss von Dingen wie THD und IMD wird in dieser Software nicht berücksichtigt.



PSD (spektrale Leistungsdichte) (W/Hz) : Importieren Sie die PSD von irgendeiner Musik, diese wird für die Schwingpulenerwärmungssimulation und auch für die **BI (x)** und **Cms (x)** Simulationen verwendet.

Es existieren einige vorberechnete PSDs im LspCAD lib-Ordner, die für die Schwingpulenerwärmungssimulationen verwendet werden können.

Sie haben alle die Namen

PSD-<titel> .txt

ein Beispiel ist

PSD-Beethoven-no5. txt (Beethovens Fünfte)

Die PSDs sind so gespeichert, dass in einem einfachen Projekt mit nur einer Spannungsquelle und einem 1 Ohm Widerstand man genau eine Leistungsabgabe von 1 W erhält, egal, welche PSD man wählt. Die Verteilung der Leistung auf verschiedene Frequenzen unterscheidet sich selbstverständlich.

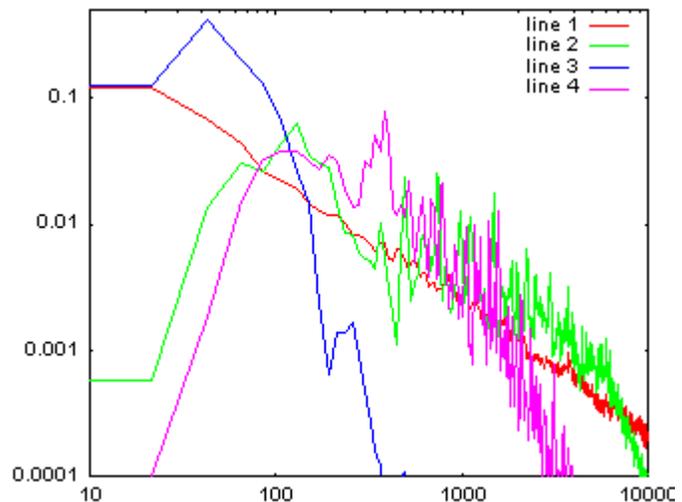
Verschiedenen PSDs

1: Rosa Rauschen

2: "Born in the USA" Bruce Springsteen

3: Kraftwerk "Elektrokardiogramm 1"

3: Beethoven "Sinfonie Nr. 5" Anfang.



Ermögliche thermisches Modellieren : Thermisches Modellieren ist ziemlich CPU intensiv, daher ist es möglich, es global für das gesamte gegenwärtige Projekt auszuschalten. Wenn diese Box nicht markiert ist, ist thermisches Modellieren ausgeschaltet, unabhängig von den Einstellungen für den einzelnen Treiber und TS Treiberkomponenten im Projekt.

Nichtlineares Modellieren (BI (x) & Cms (x)) : Außer der "Aus" Position ist es möglich, BI (x)/Cms (x) auf zwei verschiedene Arten zu simulieren.

Ein (PSD basiert): Die spektrale Leistungsverteilung verschiedener Musik clips wird berücksichtigt. Dies ist eine bessere Annäherung an die Wirkung nichtlinearer Effekte auf die Frequenzantwort.

Ein (swept) : Der klassischere Ansatz. Hier kann man mit der Annahme simulieren, dass das Eingangssignal eine gewobbelte Sinuswelle (Sweep) mit derselben Spannung für alle Frequenzen ist.

9 Komponenten

Die folgenden Abschnitte geben Information über die Komponenten (oder Bausteine), die es möglich machen, Weichen und Lautsprecherboxen in LspCAD zu modellieren. Außerdem sind die Konfigurationsdialoge, die erscheinen, wenn sie auf eine Komponente klicken, beschrieben.

9.1 Passive analoge Komponenten

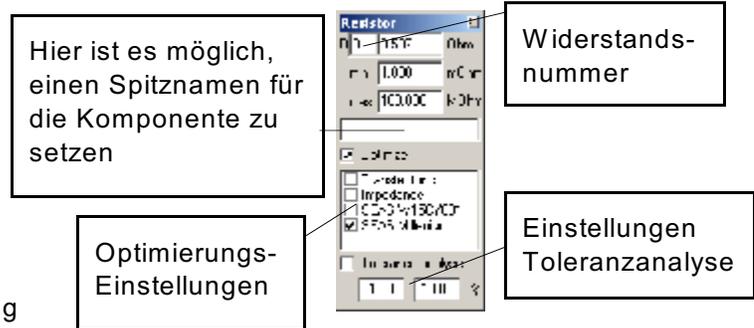
9.1.1 Leitungskomponente

Die Leitungskomponente wird verwendet, um zwei Endpunkte zu verbinden, die nicht durch andere Mittel zu verbinden sind.

- ☞ **Es ist nicht möglich, andere Komponenten mit einer Leitung kurzzuschließen, da die Ergebnisse dann unvorhersehbar sein werden**

9.1.2 Widerstandskomponente

Die Widerstandskomponente hat keine anderen Eigenschaften als den Widerstandswert. Wenn man mit der Maus auf dem Widerstand rechtsklickt, erscheint ein Konfigurationsdialog. In diesem Dialog kann man außer dem Wert auch die Nummer der Komponente setzen. Die Komponentennummerierung ist automatisch, aber kann modifiziert werden, das Programm stellt sicher, dass keine zwei Widerstände dieselbe Nummer bekommen.



Eine Anzahl Optionen können gesetzt werden, die sich auf das Optimierungsprogramm beziehen. Erstens kann man die min und max erlaubten Werte während der Optimierung setzen, zweitens kann man wählen, die Komponente in Bezug auf einen besonderen Treiber zu optimieren (wird besser in Kap 10 beschrieben). Es ist auch möglich, die Komponente zu wählen, die zu einer vordefinierten Übertragungsfunktion optimiert werden soll.

Toleranzanalyse: Es ist möglich, die oberen und unteren Toleranzgrenzen für die Komponente anzugeben. Diese Werte werden dann bei der Toleranzanalysefunktion verwendet.

- ☞ **Wenn thermisches Modellieren aktiviert ist, kann man die umgesetzte Leistung in den Widerständen in der Komponentenliste sehen.**

9.1.3. Induktive Komponente (Spule)

Außer dem Wert der Induktivität kann ein zusätzlicher Serienwiderstand (ohmscher Widerstand der Spule) angegeben werden, ähnlich dem Widerstandsfall erscheint ein automatischer Dialog, wo man die Optionen setzen kann. Dieselben Optimierungsprogrammoptionen wie für den Widerstand existieren auch für die Spule.



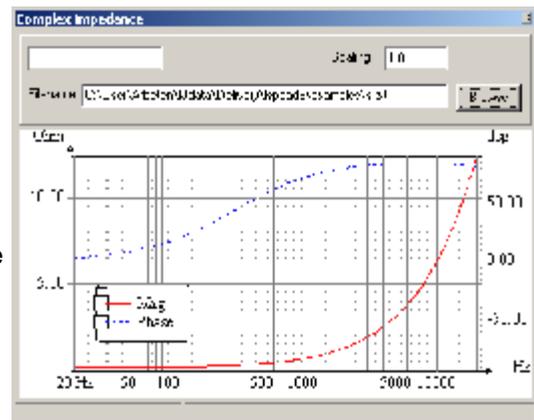
9.1.4 Kondensatorkomponente

Die weiteren Einstellungen für den Kondensator sind ähnlich den Widerstandseinstellungen mit der zusätzlichen Möglichkeit, einen Verlustfaktor und einen Serienwiderstand zu setzen.



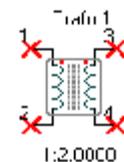
9.1.5 Komplexe Impedanzkomponente

In einigen Fällen reflektiert ein Modell beispielsweise einer Induktivität die Realität nicht sehr gut. Der Grund ist, dass das einfache $z(\omega) = r_i + j\omega L$ Modell keine Streukapazitäten und keinen Skineneffekt modelliert. Für Fälle wie diese ist es möglich, die Impedanz der Komponente zu messen und die Messung mit Hilfe der komplexen Impedanzkomponente zu importieren. Die komplexe Impedanzkomponente kann natürlich für viele verschiedene Zwecke verwendet werden.



9.1.6 Transformatorenkomponente

Die Transformatorenkomponente ist ein idealer Transformator. Das Übersetzungsverhältnis kann modifiziert werden. Um einen weniger idealen Transformator zu simulieren, müssen induktive Bauelemente, Widerstände und Kondensatoren außerhalb des Transformators hinzugefügt werden.



9.1.7 Treibereinheit (gemessene Daten)

Mit der Treibereinheitenkomponente kann man die Eigenschaften eines Treibers mit importierten Daten bestimmen. Eine Treibereinheit kann aus ein oder zwei tatsächlichen Lautsprechereinheiten bestehen, und die Position jedes Lautsprechers kann in Bezug auf einen Referenzpunkt in einem Koordinatensystem gesetzt werden (siehe Kap. 4.3). Der Treibereinheitendialog besteht aus zwei Hauptreitern, dem **allgemeinen** (General) und dem **Treiberparameter** (driver parameters) Reiter. Er enthält auch Funktionalitäten für das neuartige Treiber-Einstellungen-feature in LspCAD 6.

9.1.7.1 Treibereinstellungen

Die Treiberkomponenten können mehrere verschiedene Treiberdaten und -einstellungen gleichzeitig handhaben.

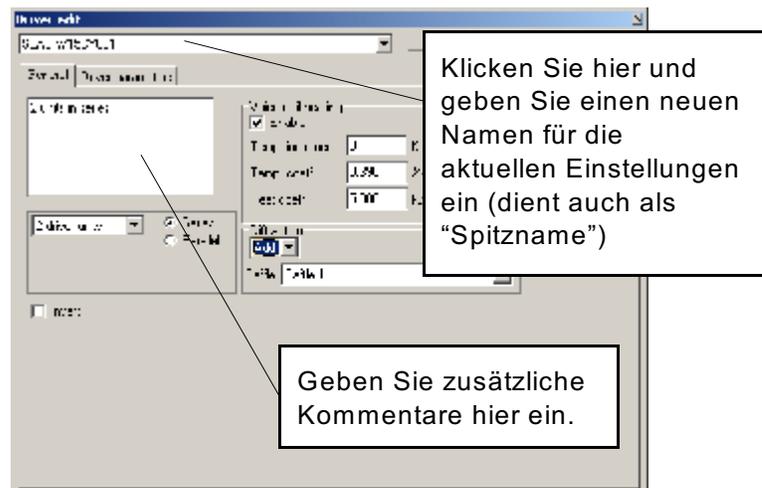
Die einzigen Eigenschaften, die für alle Treibereinstellungen gültig sind, sind die Schwingspulenerwärmung, und die Schallwandbeugungseinstellungen, alle anderen Eigenschaften gehören zu individuellen Einstellungen.

In der Treibereinheitenkonfiguration kann man Treibereinstellungen mit den **New**, **Clone** und **Delete** buttons schaffen, kopieren und löschen.

Neu : Schafft einen neuen Satz Einstellungen mit Standardeigenschaften.

Klonen : Macht eine genaue Kopie der gegenwärtigen Treibereinstellungen.

Löschen : löscht die aktuellen Einstellungen, beachten Sie, dass mindestens ein Satz Einstellungen verfügbar sein muss.



In der obersten Listbox kann man zwischen verschiedenen Treibereinstellungen und auch den Namen der aktuellen Einstellung wählen.

Eine Anwendung dafür ist z.B. Treibereinheit A mit einer gegebenen Frequenzantwort auszuprobieren und sie dann mit einer billigeren Treibereinheit B mit einer anderen Frequenzantwort vergleichen möchte, aber die Weiche beibehalten will. Vielleicht möchte man den teuren Treiber für ein Marktsegment anbieten, und den billigeren Treiber für ein anderes Marktsegment. In diesem Fall erschafft man einfach zwei Treibereinstellungen und setzt alle Eigenschaften (SPL Daten usw.) für jeden Treiber individuell.

Eine andere Anwendungsmöglichkeit ist, wenn man zwei verschiedene Positionen der Treibereinheit ausprobieren möchte. In diesem Fall ist es besser, vorhandene Treibereinstellungen zu klonen und die entsprechenden Eigenschaften zu ändern.

9.1.7.2 Allgemeines (General)

Im allgemeinen Reiter kann man zwischen ein und zwei Treibereinheiten wählen und auch die Polung **umkehren (invert)**. Wenn zwei Treibereinheiten gewählt werden, hat man die Option, sie entweder in Serie oder parallel zu schalten.

Schwingspulenerwärmung , und die Wirkung der durch erhöhte Leistungszufuhr verursachten Schwingspulenerwärmung kann simuliert werden.

Es ist möglich, entweder im manuellen Modus (Wärme coeff = 0) oder im automatischen Betrieb (Wärme coeff > 0) zu simulieren.

Im manuellen Modus setzt man den Temperaturzuwachs in der Schwingspule manuell ein.

Im automatischen Betrieb bestimmt die Eingangsspannung und die entsprechend berechnete, in der Schwingspule umgesetzte Leistung die Erwärmung der Schwingspule.

Der Temperaturkoeffizient hängt vom Schwingspulenleitermaterial (0,39%/K für Kupfer) ab. Die Eingangsspannung wird durch die Einstellungen im **Settings** Dialog und von der Übertragungsfunktion zwischen Spannungsquelle und Treibereinheit bestimmt.

 **Beachten Sie, dass diese Funktion Berechnungen beträchtlich verlangsamt, es wird deshalb empfohlen, dass Sie diese Funktion ausschalten, wenn sie nicht erforderlich ist.**

Beugungsanalyse. (Diffraction) Es ist möglich, die Wirkung der Schallwandbeugung zu importierten Daten entweder hinzuzufügen oder zu subtrahieren. Eine Schallwand muss aus der dropdown Liste gewählt werden; das setzt voraus, dass eine Schallwand im Schaltplan (schema) existiert (siehe Kap 9.3 über die **Schallwandkomponente**.)

9.1.7.3 Treiberparameter (Driver parameters)

In den Treiberparametern kann man Parameter wie relativen Standort, Ausrichtung, Importdaten etc. setzen.

Für den Fall von zwei Treibereinheiten kann man die Eigenschaften für jede Treibereinheit individuell setzen. Dieser Tabulator enthält eine Anzahl von Hauptgruppen.

Rel Standort (location).

Der relative Standort jedes einzelnen Treibers wird in diese Felder eingesetzt.

Ausrichtung

Die X und Y Ausrichtung wird hier gesetzt, siehe Kap 3 für eine Beschreibung der Ausrichtungswinkel.

SPL Daten

Im Falle von zwei Treibereinheiten hat man die Möglichkeit, "As drv 1" anzukreuzen, dies bedeutet, dass für Treiber 2 dieselben Eigenschaften wie für Treiber 1 dieser Gruppe gelten. Das **SPL Datenfeld** enthält einen **Importdaten** Reiter und einen **zusätzliche Übertragungsfunktion** Reiter.

Importdaten:

Dieser Reiter enthält die ganze Funktionalität, die gebraucht wird, um gemessene Daten zu importieren und auf verschiedene Arten zu modifizieren, um sie in den Simulationen zu gebrauchen.

Skalieren : Skalieren Sie die importierten Daten

Glättung : Wählen Sie zwischen unterschiedlicher Glättung der Importdaten, es könnte sein, dass die gemessenen Daten unerwünschte Welligkeiten enthalten, dies ist oft der Fall z.B. bei Hörnern.

Verzögerung : Eine zusätzliche Verzögerung kann hinzugefügt werden

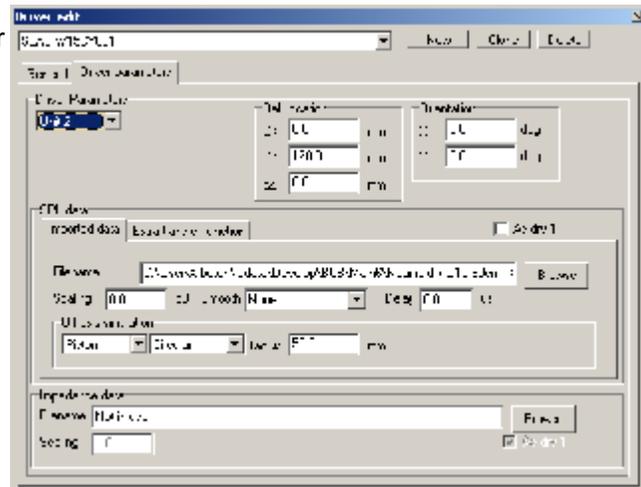
Ausserhalb Achse kann auf drei Arten simuliert werden:

Kolben : Einfaches flaches Kolbenmodell ziemlich gut für direkte Strahlungslautsprecher. Der Kolben kann auf **rund** oder **rechteckig** eingestellt werden

Imp. txt : Eine detailliertere Vorgehensweise z.B. für die Simulation von CD-Hörnern. In diesem Fall importiert man eine Sonderdatei die das Abstrahlverhalten ausserhalb der Achse (waagrecht/senkrecht) für verschiedene Frequenzen beschreibt. LspCAD interpoliert zwischen den Datenpunkten, so dass es nicht nötig ist, alle Winkel/Frequenzen anzugeben, die Genauigkeit ist natürlich proportional zur Anzahl von angegebenen Winkeln/Frequenzen. Die entsprechende Datei sieht so aus :

```
F: <Frequenz>
H: <Winkel :dB><Winkel :dB><Winkel :dB><Winkel :dB>...
V: <Winkel :dB><Winkel :dB><Winkel :dB><Winkel :dB>...
```

Die erste Reihe beschreibt die Frequenz, die zweite Reihe den Satz von Winkeln und die dB Abweichung vom Wert auf Achse SPL in der horizontalen Ebene, die dritte Reihe das Gleiche für die senkrechte Ebene.

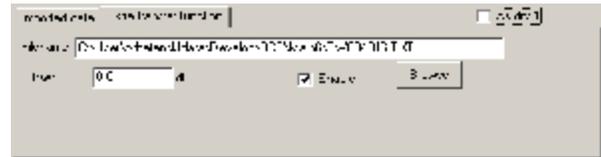


Ein Beispiel wird in der Datei "*an off axis model.txt*", die sich in den Beispielen befindet, gegeben.

Imp. Praxis : Daten von Praxis (.pxd) Dateien können importiert werden. Hier wird dringend empfohlen, dass die pxd-Datei mit log. gestuften Frequenzen gespeichert wurde.

Zusätzliche Übertragungsfunktion:

Eine zusätzliche Übertragungsfunktion kann importiert werden, dies kann verwendet werden, um die Wirkungen z.B. einer externen komplexen Raumsimulation auf die gemessenen Daten hinzuzufügen. Die importierte zusätzliche Übertragungsfunktion kann angeglichen (offset) werden.



Impedanzdaten

Im Falle von zwei Treibereinheiten hat man die Option, "As drv 1" zu markieren. Die importierten Impedanzdaten können mit der **scale** Option skaliert werden.

9.2 Aktive analog/digitale Komponenten

Die aktiven Komponenten simulieren alle Arten von analogen oder digitalen Netzen.

- ☞ **Beachten Sie, dass nur die Spannungsquelle, der Operationsverstärker (opamp) und der Pufferverstärker direkt eine passive Komponente treiben können. In vielen Fällen wird man keinen Pufferverstärker brauchen, aber um sicherzustellen, dass richtig modelliert wird, wird dringend empfohlen, ihn zu benutzen.**

9.2.1 Spannungsquelle

Die Spannungsquelle ist ein Spannungsgenerator mit einer Ausgangsimpedanz von Null, die Spannung wird bestimmt durch die Spannungseinstellung im Einstellungsdialog multipliziert mit einem Faktor.



9.2.2 Operationsverstärkerkomponente

Der ideale opamp hat zwei Eingänge (invertierend und nicht-invertierend) und einen Ausgang.

- ☞ **Beachten Sie, dass der nicht-invertierende Eingang nicht direkt mit Erde verbunden werden kann, verwenden Sie einen 1 kOhm Widerstand zwischen dem nicht-invertierenden Eingang und Erde (GND).**

9.2.3 Übertragungsfunktionsmodul G (s) G (z)

Das Übertragungsfunktionsmodul ermöglicht es, die Übertragungsfunktionen für eine Anzahl von bekannten aktiven Filtern wie HP/LP-Filtern, Kerbfiltern (notchfilter) etc. anzugeben



Dieses Modul kann nicht direkt eine passive Komponente treiben

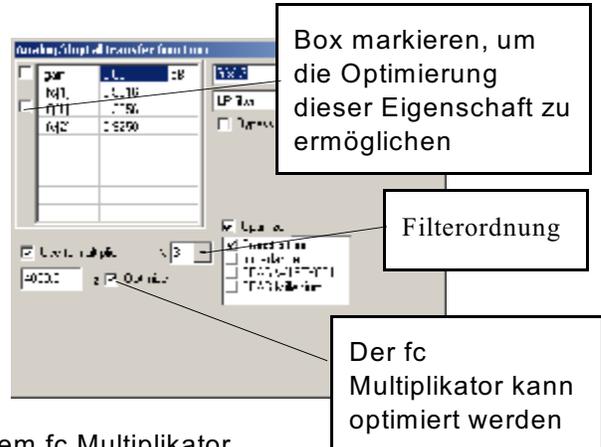
Das Übertragungsfunktionsmodul kann eine große Anzahl von verschiedenen Dingen modellieren.

9.2.3.1 LP/HP Filter.

Filter bis zu 8. Ordnung können modelliert werden. Wichtig ist, dass man wählen kann, welche der Filterparameter (Eckfrequenz, Güte Q, Verstärkung) optimiert werden sollen (siehe Kästchen links von der Parameterliste).

Eine nette Sache ist, dass man einen gemeinsamen Frequenzmultiplikator verwenden kann, der auch optimiert werden kann.

Die Abbildung rechts zeigt den Fall, wo der fc Multiplikator verwendet wird. In diesem Fall wird das Verhältnis zwischen den verschiedenen Übergangsfrequenzen konstant gehalten und mit dem fc Multiplikator multipliziert. Dies ist praktisch, wenn man gut bekannte Lehrbuchfiltercharakteristiken wie die Tschebysheff Charakteristik modellieren möchte.



Die Parameter in der Parameterliste können auf eine Anzahl von Wegen modifiziert werden.

1. Klicken Sie links auf den Parameter, den Sie modifizieren möchten, drücken Sie dann die rechts/links Pfeil Tasten auf der Tastatur.
2. Doppelklicken Sie links auf einen Parameter, geben dann einen neuen Wert ein, oder benutzen Sie die hoch/runter Pfeiltasten zum modifizieren. Zum Verlassen, klicken Sie woanders hin.
3. Erst Linksklick dann Rechtsklick auf Parameter. Sie können jetzt den Wert und auch Ober- und Untergrenzen für das Optimierungsprogramm setzen.

Der wizard Knopf gibt Zugriff auf Lehrbuch basierte Filterberechnungen für Butterworth/Tschebysheff und Linkwitz Filter bis zu 8ter Ordnung.



9.2.3.2 Parametrischer Gipfel-/Kerbfilter.

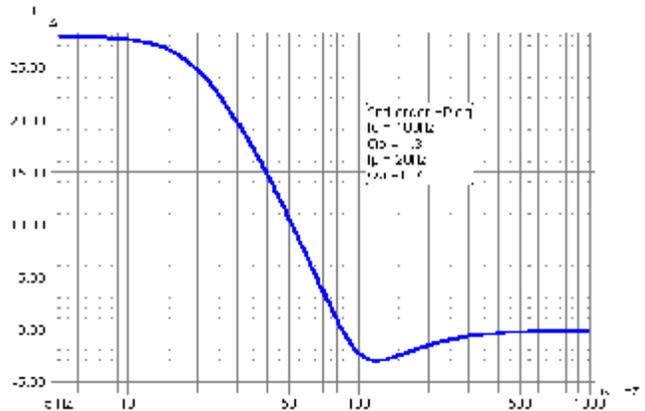
Ein einband parametrischer EQ mit Einstellungen für Verstärkung, Güte Q und Mittenfrequenz fo

9.2.3.3 Hochton/Tiefton Booster 1. Ordnung

Ein Hoch-/Tiefton EQ 1ter Ordnung

9.2.3.4 HP/LP-Equalizer 2. Ordnung,

Auch bekannt als Linkwitz Transformation, ein beliebtes Mittel, um den Frequenzbereich von geschlossenen Lautsprecherboxen nach unten zu erweitern.



9.2.3.5 Allpass 1. Ordnung

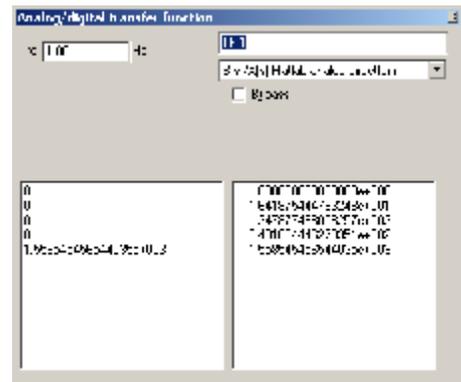
Ein Allpass Filter, die Phasenverschiebung beträgt 90 Grad bei der von Eigenschaft 'f' gegebenen Frequenz.

9.2.3.6 $H(s) = B(s) / A(s)$ Matlab analoge direkte Form.

Die direkten Form Koeffizienten von Matlab (oder Octave) werden in die zwei Eingabebereiche (B (s) nach links und A (s) nach rechts) kopiert.

Die folgende Matlab Sequenz ergibt die Koeffizienten für ein analoges Butterworth Filter 4ter Ordnung mit Grenzfrequenz 1 Hz

```
>> format long e
>> [b,a] = butter(4,2*pi,'s'); % 2*pi = 6.28 rad/s = 1Hz
>> b'
ans =
    0
    0
    0
    0
    1.558545456544035e+003
>> a'
ans =
    1.000000000000000e+000
    1.641875444763248e+001
    1.347877488058257e+002
    6.481864446270351e+002
    1.558545456544035e+003
```



Diese Koeffizienten werden in LspCAD 6 kopiert und eingefügt, nach Editieren (Entfernen von folgenden Leerzeichen) sieht es wie die Darstellung oben aus.

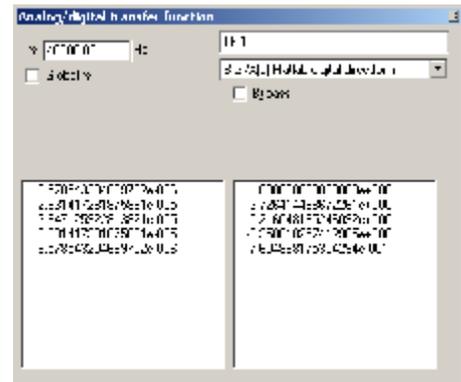
Das Filter hat eine Grenzfrequenz von 1 Hz. Dies ist skaliert mit der **fo** Eigenschaft, wenn man fo auf 1000 Hz einstellt wird die Grenzfrequenz auf 1000 Hz verschoben.

9.2.3.7 $H(z) = B(z)/A(z)$ Matlab digitale direkte Form.

Genauso wie oben, aber digital.

Die folgende Matlab Sequenz ergibt die Koeffizienten für ein digitales Butterworth Filter 4ter Ordnung mit einer Grenzfrequenz 800 Hz, $f_s = 48000$ Hz

```
>> format long e
>> [b,a] = butter(4,800/(48000/2));
>> b'
ans =
    6.578543204689702e-006
    2.631417281875881e-005
    3.947125922813821e-005
    2.631417281875881e-005
    6.578543204689702e-006
>> a'
ans =
    1.000000000000000e+000
   -3.726414498672261e+000
    5.216048195246092e+000
   -3.250018257412985e+000
    7.604898175304294e-001
```

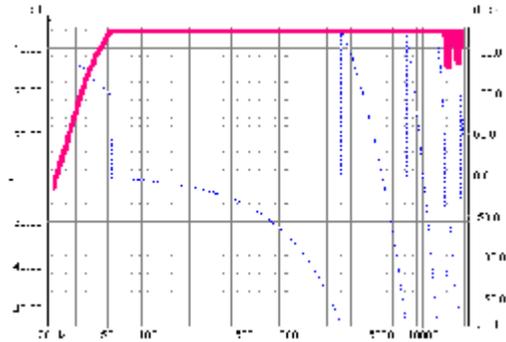


Die Koeffizienten werden in LspCAD 6 kopiert und eingefügt, und **fs** wird auf 48.000 Hz gestellt. Das Ergebnis ist wie oben genannt. Wenn **global fs** angekreuzt ist, wird die Abtastrate von **fs** im **Einstellungen** Dialog bestimmt.

Dies sieht wahrscheinlich besser aus, ein Problem ist jedoch, dass die Verzögerung negativ ist. Dies kann von zwei Massnahmen in Ordnung gebracht werden

1. Wählen Sie Mag only Option
2. Fügen Sie eine zusätzliche Verzögerung hinzu

Wir wählen die 2. Option in diesem Fall und fügen eine zusätzliche Verzögerung von 200us hinzu. Dies gibt eine Übertragungsfunktion, die z.B. im Weichenemulator realisierbar ist. Die entstehende ausgeglichene Frequenzantwort ist wie die Darstellung unten.



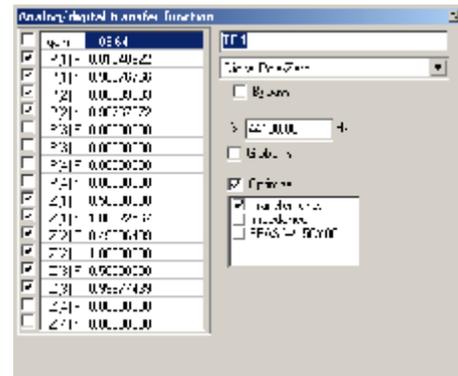
Eine Übertragungsfunktion umzukehren, kann im Prinzip zu einer Übertragungsfunktion führen, die nicht-kausal ist, d.h. Sie reagiert auf Eingangssignale, bevor sie das Filter tatsächlich erreichen. Dies kann Probleme verursachen, wenn die umgekehrte Übertragungsfunktion direkt mit dem Weichenemulator verwendet wird, da dessen Fähigkeit, nicht-kausale Übertragungsfunktionen zu behandeln, ziemlich beschränkt ist. Dies scheint jedoch keine großen Problemen zu verursachen, falls die invertierende Funktion in Verbindung mit Hoch- und Tiefpassfiltern verwendet wird, die den Frequenzbereich eingrenzen.

9.2.3.9 Digitale Pole / Nullstellen

Modellieren von digitalen Polen und Nullen wird möglich gemacht, durch Mittel des **pole zero modeling** Features. Ein Pol oder eine Nullstelle wird durch eine Winkelgeschwindigkeit von 0 bis 0,5 definiert (0,5 ist die Hälfte der Abtastfrequenz). Und einen Abstand vom Ursprung (Radius). (z.B. P [1] F) und ein Radius (P [1] R).

In Matlab führt man die Schritte unten aus, um die Pole und Nullen für ein einfaches Butterworth Filter zu bekommen.

```
>> format long e
>> [b,a] = butter(4,800/(48000/2));
>> [z,p,k] = tf2zpk(b,a);
>> angle(p)/(2*pi)
ans =
    0.01540622494703
   -0.01540622494703
    0.00639802562413
   -0.00639802562413
>> abs(p)
ans =
    0.96076766114578
    0.96076766114578
    0.90767071826573
    0.90767071826573
>> angle(z)/(2*pi)
ans =
    0.500000000000000
    0.49996408889787
   -0.49996408889787
    0.500000000000000
>> abs(z)
ans =
    1.00022566526762
    0.99999999630209
    0.99999999630209
    0.99977439303985
>> 20*log10(k)
ans =
   -1.036374053745645e+002
```



Die Pole und Nullen werden in die entsprechenden Zeilen eingefügt (doppelklicken und den Wert eingeben). Wichtig zu wissen ist, dass Winkel mit negativem Vorzeichen nicht in der Liste eingegeben werden.

Die Standorte der Pole und Nullen können mit dem Optimierungsprogramm optimiert werden.

9.2.3.10 Digitales BiQuad

Das digitale biquad Filter ist von der allgemeinen Form

$$H(z) = \frac{1 + b_1z^{-1} + b_2z^{-2}}{1 + a_1z^{-1} + a_2z^{-2}}$$

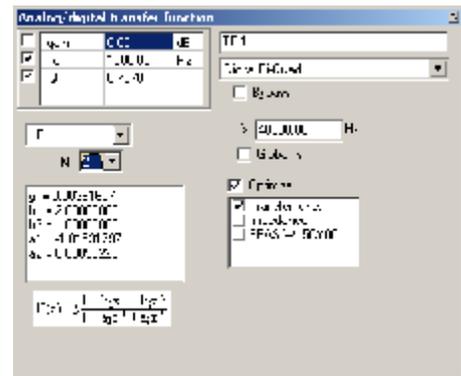
Diese Formel ist sehr beliebt in DSPs, hauptsächlich, weil sie relativ robust gegenüber Rundungsfehlern ist, die besonders in "fixed points DSPs" existieren. Für Filter höherer Ordnung kann man mehrere BiQuad Filter kaskadieren.

Drei Arten von Filtern können mit Hilfe von BiQuad Filtern durchgeführt werden

LP/HP Filter : 1. oder 2. Ordnung

Shelving Filter : Diese werden z.B. zur Kompensation des Schallwandeinflusses benutzt. Es ist möglich, einen S Parameter zu setzen, um die Neigung zu kontrollieren.

Parametrischer EQ : ein parametrischer EQ mit wählbaren Q Wert und Verstärkung/Abschwächung bei der Resonanzfrequenz.



9.2.4 Behringer DCX2496 Komponente

 **Dieses Modul kann nicht direkt eine passive Komponente treiben.**

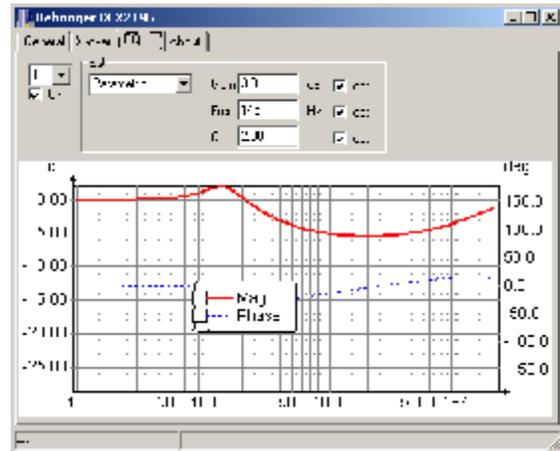
Diese Komponente simuliert das Verhalten der digitalen Weiche/EQ Behringer UltraDrive Pro DCX2496. Sie hat dieselbe Funktionalität wie das Gerät außer dem dynamischen Equalizer. Für ein tieferes Verständnis empfehlen wir dringend, das Handbuch der DCX2496 zu lesen.

Die Komponente hat einen Eingang und einen Ausgang und wird im Editier Modus aus dem Komponententablett (im Schaltplan) gewählt.

Der Konfigurationsdialog, der erscheint, wenn man auf den Komponentenblock klickt, gibt die Möglichkeit, einige Parameter zu setzen.

Allgemeiner Reiter:

In diesem Tabulator kann man die gesamte **Verstärkung (Gain)** des Filters setzen und auch die Optimierung der Verstärkung ermöglichen. Die Verzögerung kann auch modifiziert werden. Der Graph zeigt die Gesamtübertragungsfunktion, inklusive Weiche und EQ.

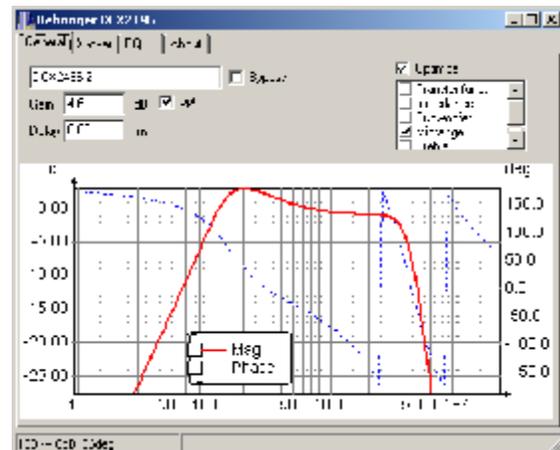
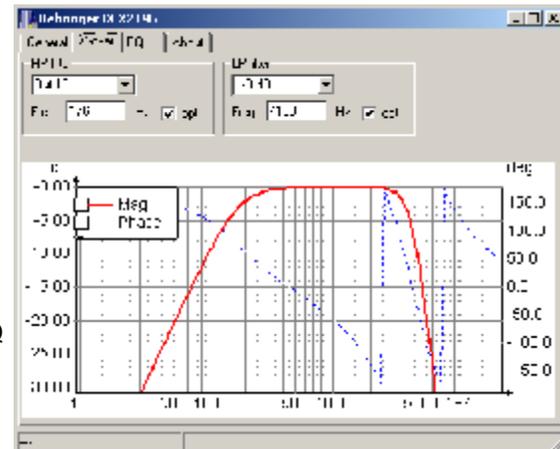


Weichen (X-over) Reiter:

In diesem Reiter ist es möglich, aus den Weichensteilheiten und Charakteristiken (Hochpass / Tiefpass), die im DCX2496 verfügbar sind, zu wählen. Es ist auch möglich, eine Optimierung der Grenzfrequenzen einzustellen.

EQ Reiter:

In diesem Reiter kann man bis zu 5 Equalizereinstellungen setzen. Der parametrische EQ kann ein parametrischer EQ sein (peaking, glockenförmig) oder hoch/tief shelving. Im shelving-EQ Modus kann man die Neigung (6 oder 12 dB/Oktave) wählen. Wichtig ist hier zu bemerken, dass jeder einzelne EQ durch ankreuzen des **on** Knopfes aktiviert werden muss.



9.2.5 dbx Pro DriveRackT 260 Komponente

 **Dieses Modul kann nicht direkt eine passive Komponente treiben**

Diese Komponente simuliert das Verhalten des dbx Pro DriveRack 260 (digitale Weiche/EQ). Sie hat dieselbe Funktionalität wie das Gerät außer dem dynamischen Equalizer. Leider wird der graphische EQ nicht unterstützt. Zum besseren Verständnis wird dringend geraten, das Handbuch des DriveRack 260 zu lesen.

Die Komponente hat einen Eingang und einen Ausgang und wird aus dem Komponententablett (im Schaltplan) im Editiermodus gewählt.

Weil sich die Eingangs- und Ausgangsteile dieser Komponente unterscheiden, ist sie in zwei Teile geteilt

9.2.5.1 Vor EQ

Der Vor-EQ besitzt zwei verschiedene Arten von Equalizern, einen 9-Band parametrischen EQ und einen 28-Band graphischen EQ.

Der Konfigurationsdialog, der erscheint, wenn man im Simulationsmodus auf den Komponentenblock klickt, gibt die Möglichkeit, einige Parameter zu setzen.

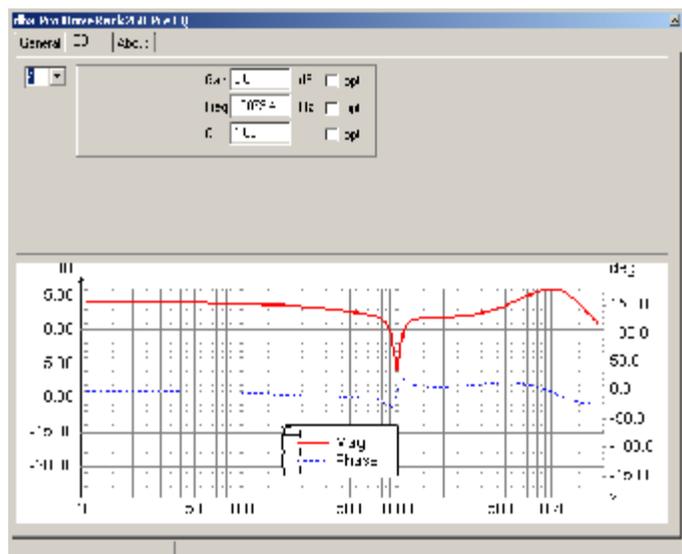
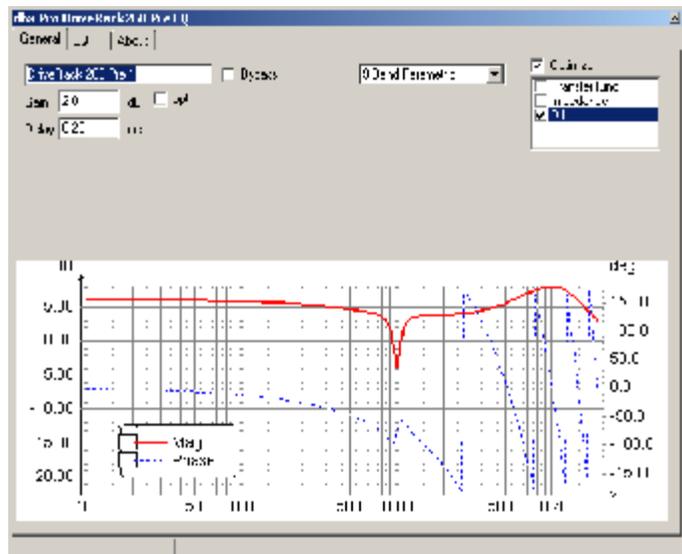
Allgemeiner Reiter:

In diesem Reiter kann man die totale Verstärkung des Filters setzen und auch Optimierung der Verstärkung einstellen. Die Verzögerung kann auch modifiziert werden. Außerdem kann man zwischen parametrischem und graphischem EQ wählen.

Der Graph zeigt die Gesamtübertragungsfunktion, EQ Teil eingeschlossen.

EQ Reiter, 9-Band parametrischer EQ:

EQ Nummer eins ist immer ein low-shelf EQ, EQ Band 9 ist immer ein high-shelf EQ, die anderen Bänder peak (glockenförmig). Die opt-Kästchen werden verwendet, um Optimierung der jeweiligen Parameter zu ermöglichen.



9.2.5.2 Post Crossover/EQ

Allgemeiner Reiter:

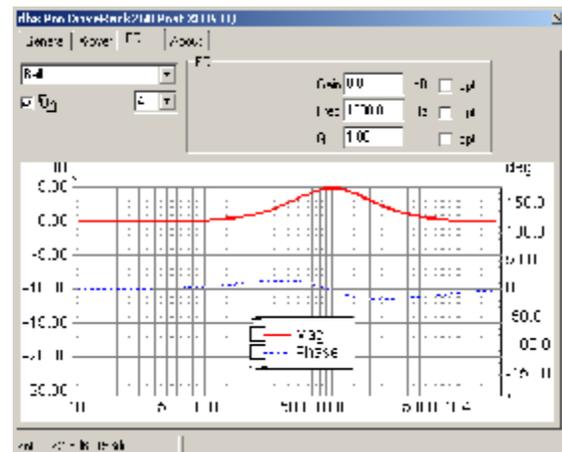
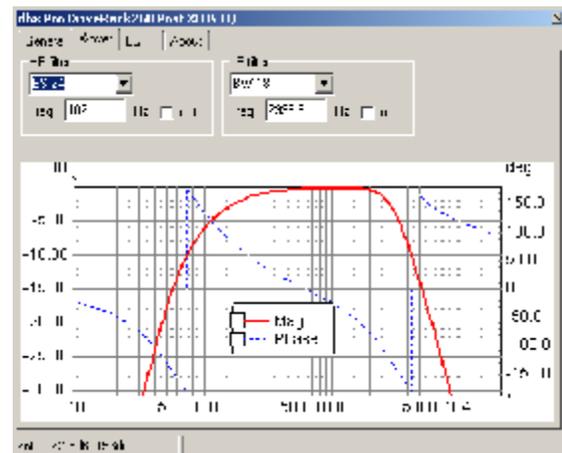
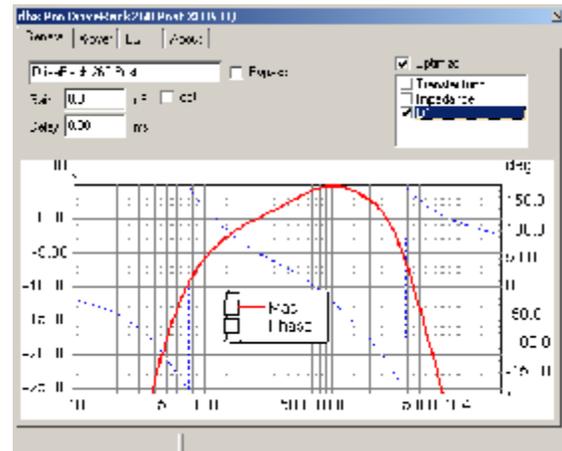
In diesem Reiter kann man die totale Verstärkung des Filters setzen und auch die Optimierung der Verstärkung ermöglichen. Die Verzögerung kann auch modifiziert werden. Der Graph zeigt die Gesamtübertragungsfunktion, Weiche und EQ Teil eingeschlossen.

X-over (Weiche) Reiter:

In diesem Reiter ist es möglich, aus den Weichensteilheiten und Charakteristiken (Hochpass, Tiefpass), die im DriveRack 260 verfügbar sind, zu wählen. Es ist auch möglich, eine Optimierung der Grenzfrequenzen durchzuführen.

EQ Reiter:

In diesem Reiter kann man bis zu 4 Equalizereinstellungen vornehmen. Die Verwendung der 4 Einstellungen variiert je nachdem, in welchem Modus der Equalizer ist (Bell, High shelf, Low shelf, High/Low shelf). Die opt-Kästchen werden verwendet, um eine Optimierung der jeweiligen Parameter zu ermöglichen.



9.2.6 XTA Komponente

 **Dieses Modul kann nicht direkt eine passive Komponente treiben**

Die XTA Komponente modelliert die Eigenschaften der digitalen Frequenzweichen DP224 und DP226. Aussehen und Bedienung der LspCAD Schnittstelle für diese ist fast genauso wie die Behringer DCX2496.

9.2.7 Addier-komponenten

 **Dieses Modul kann nicht direkt eine passive Komponente treiben**

Die Addierkomponenten existieren mit zwei oder drei Eingängen. Diese Komponenten können genutzt werden, wenn man digitale Filter implementieren möchte.

9.2.8 Pufferverstärker

Der Pufferverstärker ist - einfach ausgedrückt - eine Verstärkungsstufe mit 0 Ohm Ausgangsimpedanz; mit einem Klick mit der linken Maustaste kann man die Verstärkung einstellen. Mit der rechten Maustaste kann man auch die Optimierungsprogrammeinstellungen vornehmen. Wenn man aktive Komponenten nutzt, muss ein Pufferverstärker die letzte Stufe sein, um ein passives Netzwerk (passive Weiche, TS Treibereinheit, Treibereinheit) zu treiben. Hinter einem Operationsverstärker ist das natürlich nicht notwendig.

9.2.9 Verzögerungseinheit

 **Dieses Modul kann nicht direkt eine passive Komponente treiben**

Wenn das Verzögerungssymbol mit der linken Maustaste angeklickt wird, erscheint ein Konfigurationsdialog, wo man die Verzögerung einstellen kann; es ist auch möglich, eine global gültige Einstellung für die Verzögerung zu nutzen, für den Fall, dass die Abtastfrequenz des digitalen Filters für die meisten digitalen Filter die gleiche ist.

9.3 Gehäuse-Modelier-Komponenten

9.3.1 Schallwandkomponente

Die Schallwandkomponente beschreibt die Geometrie der benutzten Schallwand (für Beugungssimulation.) Diese Schallwandkomponente wird von allen Treibereinheiten geteilt, für die Gehäusekantenbeugung modelliert wird. Es können mehrere Schallwandkomponenten in einer Simulation existieren, z.B. eine, die die Größe der Subwooferbox beschreibt, und eine, die die Mittel-/Hochtonbox beschreibt. Wenn das Schallwandsymbol angeklickt wird, ist es möglich, die Breite, Höhe und Tiefe der Schallwand einzustellen. Auch es ist möglich, einen Ursprung (Abstand von unterer linker Ecke) zu setzen. Die Treiber, die diese Schallwand verwenden, werden dann relativ zu diesem Standort des Ursprungs platziert.

Ein Beispiel: Wenn sich eine Treibereinheit auf die Schallwand mit den in der Darstellung oben gegebenen Eigenschaften bezieht, und $dx = 100$ und $dY = -200$ so befindet sie sich in der Position $X = 250 + 100 = 350$ mm, und $Y = 600 - 200 = 400$ mm von der unteren linken Ecke der Schallwand.



9.3.2 Gehäuse Komponente

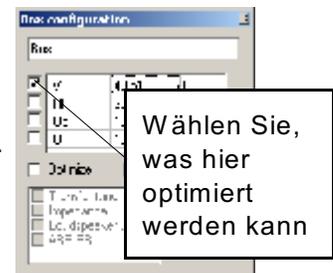
Die Boxenkomponente beschreibt die Nachgiebigkeit und die Verluste von Luft in einer Box mit einem gegebenen Volumen. Für eine einfache Bassreflexbox ist eine Boxenkomponente an die Rückseite der Membran angeschlossen, eine Boxenlastkomponente wird auch gebraucht, um die Luftlast an der Rückseite der Membran zu simulieren. Die Eigenschaften, die gesetzt werden können, sind:

V: Gehäuse-Volumen, d.h. das Volumen außer dem Volumen, das Treiber, Passivmembranen und Bassreflexrohre einnehmen.

Füllung: Geschätzte Füllung mit Dämpfungsmaterial

Qb: Güte Q der Box aufgrund von Dämpfungsmaterial

Ql: Güte Q der Box aufgrund von Undichtigkeiten



9.3.3 Bassreflexrohrkomponente

Die Bassreflexrohrkomponente hat die Eigenschaften, Länge, Fläche und Durchmesser, wenn das Bassreflexrohr in die freie Luft abstrahlt, muss es in Verbindung mit einer Strahlungskomponente verwendet werden. Es ist möglich die entstehende Resonanzfrequenz (F_b) zu sehen, wenn das Bassreflexrohr einen Verweis auf eine Box hat. Dieser Verweis wird aus der dropdown Listbox gewählt. Für eine Bassreflex Box bestimmen Bassreflexrohr und die Box die Resonanzfrequenz, deshalb muss in diesem Fall auf die Box verwiesen werden, um Berechnung der Resonanz zu ermöglichen.

Die Eigenschaften, die gesetzt werden können, sind:

Länge: Physische Länge des Bassreflexrohrs

Radius: Radius des Bassreflexrohrs

Fläche: Fläche des Bassreflexrohrs

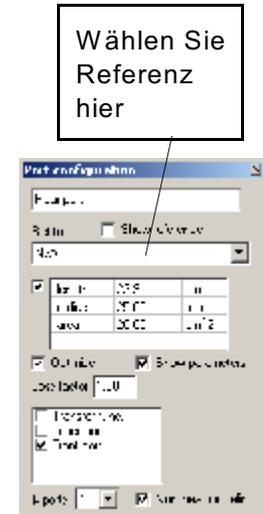
Fb: Bassreflexrohrresonanz, es muss auf eine Box verwiesen werden, damit diese Eigenschaft sichtbar ist.

Bassreflexrohre : Anzahl von identischen Bassreflexrohren.

Verlustfaktor : Die Berechnung des Bassreflexrohrverlustfaktors stammt direkt von [Beranek]. Erfahrung hat jedoch gezeigt, dass dieser Verlustfaktor oft zu klein ist, es ist hier möglich, den Bassreflexrohrverlust bis zu einem Faktor von 10,0 zu vergrößern.

Nichtlineares Modellieren : Simuliert Bassreflexrohrnichtlinearitäten

☞ **Beachten Sie, dass diese Funktion Berechnungen beträchtlich verlangsamt, es wird deshalb empfohlen, dass Sie diese Funktion ausschalten, wenn sie nicht erforderlich ist.**



9.3.4 Passivmembrankomponente

Eine Passivmembran (ABR), hat alle Eigenschaften einer gewöhnlichen TS Treiber Einheit außer der Abwesenheit einer Magnetstruktur. Ausserdem kann man, wenn auf eine Box verwiesen wird, (wie auch im Fall der Bassreflexrohrkomponente) die Resonanz des Systems Passivmembran/Gehäuse (f_b) erkennen.

Die Eigenschaften, die gesetzt werden können, sind:

Rmp: Verlustwiderstand der Aufhängung

Mmp: bewegte Masse

Cmp: Nachgiebigkeit der Aufhängung.

Sd: Wirksame strahlende Fläche.

Vap: Äquivalentvolumen.

Qmp: Verlustfaktor.

fp: Resonanzfrequenz der Passivmembran in freier Luft.

fb: Resonanz von Passivmembran in Box.

units: Anzahl von identischen Einheiten.

Von den oben genannten Eigenschaften können Rmp, Mmp und Cmp optimiert werden.

Nichtlineares Modellieren : Modellnichtlinearitäten

☞ **Beachten Sie, dass diese Funktion Berechnungen beträchtlich verlangsamt, es wird deshalb empfohlen, dass Sie diese Funktion ausschalten, wenn sie nicht erforderlich ist.**



9.3.5 Gehäuse Lastkomponente

Jede Seite der Membran muss entweder durch eine Strahlungskomponente oder eine Boxenlastkomponente belastet werden, für die geschlossene Box ist eine Boxenlastkomponente in Serie mit der Boxenkomponente auf der Rückseite der Membran plziert, und eine Strahlungskomponente ist zwischen den Anschluss-Steckern des vorderen Teils der Membrane plziert.

Der boxload Parameter **B** kann eingestellt werden, dieser Faktor ist von [Beranek.] Für sehr kleine Boxen muss dieser Parameter eventuell erhöht werden, damit die Simulation die Realität besser widerspiegelt.



9.3.6 Strahlungskomponente

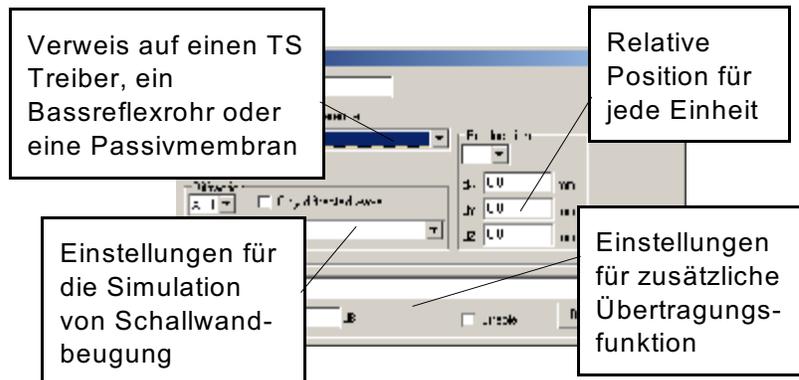
Um das Problem zu lösen, dass in einigen Fällen eine Treiberkomponente in die freie Luft abstrahlt (z.B. geschlossene Box) und sie in anderen Fällen die Schnittstelle zwischen zwei Volumina einer Bandpassbox darstellt, wird eine Strahlungskomponente mit jeder Komponente verbunden, die in die freie Luft abstrahlt (zum Beispiel TS Treiber, Bassreflexrohre und Passivmembranen die sichtbar sind).

Für den Fall einer Bassreflexbox verbinden wir deshalb eine Strahlungskomponente mit dem TS Treiber und eine Strahlungskomponente mit dem Bassreflexrohr. Es ist möglich den Bezug auf der Darstellung zu sehen, wenn **zeige Verweise (show reference)** markiert ist.

Je nachdem, wie viele identische Einheiten die Komponente darstellt (z.B. zwei identische TS Treiber), kann man die relative Position für jede Einheit einstellen.

Genauso wie für die Treibereinheiten kann man Kantenbeugungseffekte auch für TS Treiber simulieren. Ein zusätzliches Merkmal hier ist, dass man auch auswählen kann, nur den gebeugten Teil zu simulieren. Dies ist nützlich, wenn man einen Dipollautsprecher simulieren möchte.

Eine zusätzliche Übertragungsfunktion kann importiert werden, dies könnte praktisch sein wenn man zum Beispiel die Wirkung einer großen Raumakustiksimulation einbeziehen möchte.



9.3.7 Wellenleiter (Horn-/Transmissionline) Komponente

Die Wellenleiterkomponente ist eine Komponente, die eigentlich für die Simulation von kegelförmigen und exponentiellen Hörnern gedacht war. Mit der Addition eines Verlustfaktors und einer Möglichkeit, die Geschwindigkeit des Schalls zu setzen, ist es möglich, Dipol-Subwoofer und Transmissionlines zu simulieren. Für die Transmissionlinebox arbeitet das Verlustmodell jedoch nicht 100% korrekt bei sehr niedrigen Frequenzen, da die Dämpfung dort zu niedrig ist.

Länge: Länge der Wellenleitung

Fläche T: Kehlfäche

Fläche M: Mundfläche

Verlust: Verlustfaktor, der als Bruchteil von $2 f/c$ ausgedrückt ist, wobei f die Frequenz ist, und c die Geschwindigkeit des Schalls. Für Hornsimulation erscheint ein Verlustfaktor von 0,1 bis 0,2 adäquat zu sein.

Co: Schallgeschwindigkeit.

Flare rate:

Form: Form = 1,0 ergibt eine exponentielle Aufweitung, während andere Werte eine hyperbolische Form ergeben.

Die Fläche gehorcht der Gleichung

$$A(x) = A_0[\cosh(Mx) + T\sinh(Mx)]^2$$

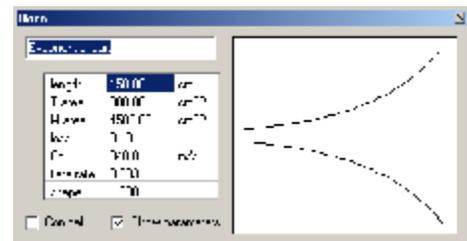
Wobei

A(x): Die Fläche im Abstand x vom Hornmund

A₀: Die Kehlfäche

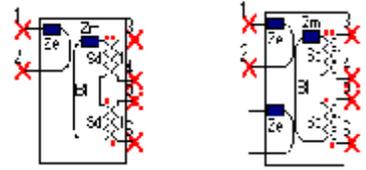
M die flare-Rate (Aufweitungsrage)

T Der Formfaktor



9.3.8 TS Treibereinheit (T/S Parametermodell)

Der Treiber mechanisches/akustisches Modell ist eine Komponente, die als Schnittstelle zwischen der elektrischen und akustischen Seite einer Lautsprechereinheit wirkt. Das Modell besteht aus 6 oder 8 Anschlüssen.



Elektrische Seite: Die elektrische Seite besitzt entweder zwei Anschlüsse oder vier (doppelte Schwingspule).

Akustische Seite: Die akustische Seite besteht aus zwei Paaren von Anschlüssen, eins für jede Seite der Membran.

- ☞ **Alle Parameter in diesem Dialog werden gesondert gespeichert. Mit anderen Worten man muss Datei | speichern wählen, um Änderungen zu sichern. Beachten Sie auch, dass die in LspCAD 6 Format gespeicherten Dateien nicht in LspCAD 5.25 geöffnet werden können**

Der Konfigurationsdialog für das mechanische Treibermodell ist ziemlich komplex.

9.3.8.1 Konfigurationsreiter

Toleranzanalyse:

Für die Toleranzanalyse ist es möglich, obere und untere Toleranzanalysegrenzen für Re, Mmd, Cms und Bl zu setzen.

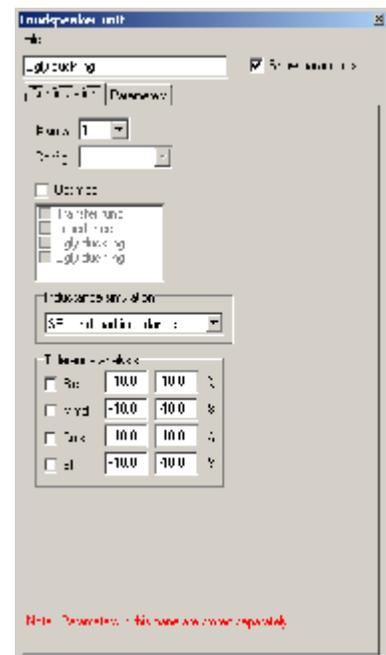
Induktanzsimulation:

Es gibt drei Optionen:

Aus : Keine Schwingspuleinduktanzsimulation. Le, Reb, und Leb haben keine Bedeutung.

nur Lastimpedanz : Le, Reb und Leb beeinflussen nur die Lastimpedanz (tatsächlich wird SPL ein wenig beeinflusst)

SPL und Lastimpedanz : SPL und Lastimpedanz werden beide beeinflusst.



9.3.8.2 Parameter Reiter

T/S Parameter Reiter:

Die T/S Parameter (plus einige andere Dinge) werden in einer Liste eingetragen. Links von der Parameterliste sind zwei Spalten mit Kästchen zum ankreuzen.

In der ganz linken Spalte wählen Sie, welche Parameter optimiert werden können, beachten Sie, dass nur die Parameter, die direkt beim LspCAD Modellieren verwendet werden, optimiert werden können. In der zweiten Spalte hat man die Option, Parameter auf unveränderbar (verriegelt) festzusetzen, d.h. sie behalten ihren Wert, auch wenn man eine andere Komponente, die sonst eine Wirkung auf den Parameter haben würde, ändert.

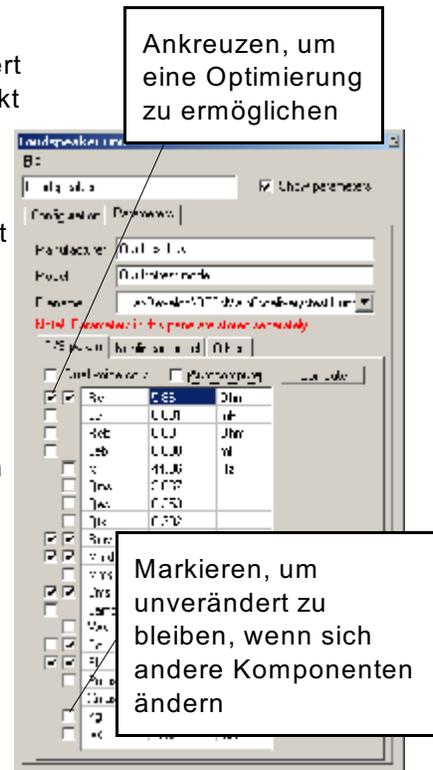
Wenn man neue Parameter eingibt ist es gut, mit einem neuen frischen Parametersatz zu beginnen, (**Datei | neu**).

Danach geben Sie die Parameter ein, die Sie haben.

Wichtig ist, dass Sie die Verriegelungsbox markieren, wenn die Parameter eingegeben werden. Wenn wir zum Beispiel einen Wert für **Sd** eingegeben haben, dann kreuzen wir das Kästchen links von **Sd** an. Das wiederholen wir mit jedem Wert, den wir eingeben; Wert eingeben, verriegeln, damit er sich nicht ändert, wenn andere Parameter eingegeben werden.

Nachdem einige Parameter eingegeben worden sind, sieht man, dass andere Parameter automatisch Neuberechnet werden. Wenn man das nicht wünscht, kann man die

Autocompute Funktion abschalten. Eine Berechnung von unverriegelten Parametern kann dann mit einem Klick auf den **Compute** Knopf manuell gestartet werden.

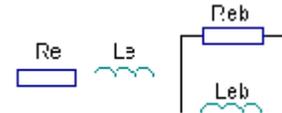


Die Parameter, mit denen begonnen werden kann, sind:

Re	Gleichstromwiderstand	[]
Le	Schwingspuleinduktivität	[mH]
Reb	Erweiterter Induktanzmodellparameter	[]
Leb	Erweiterter Induktanzmodellparameter	[mH]
fs	Resonanzfrequenz in freier Luft	[Hz]
Qms	Mechanische Güte Q	
Qes	Elektrische Güte Q	
Qts	Q gesamt	
RMS	Der Verlustwiderstand der Aufhängung	[Ns/m]
Mmd	bewegte Masse ohne Luft	[g]
Mms	bewegte Masse inklusive Luft	[g]
Cms	Die mechanische Nachgiebigkeit der Aufhängung	[m/N]
Lambdas	Cms Kriechfaktor	[%]
VAS	Äquivalentvolumen	[l]
Sd	Membranfläche	[cm ²]
Bl	Wandlerkonstante	[N/A]
Pmax	Die maximale, thermisch begrenzte, Eingangsleistung	[W]
Xmax	maximale lineare Auslenkung, Achtung Spitze-Spitze	[mm]
hg	Luftspalthöhe	[mm]
lvc	Höhe der Schwingspule	[mm].

Reb und Leb werden angegeben wenn man die Schwingspuleninduktivität der TS Treibereinheit genauer modellieren möchte.

Der äquivalente elektrische Schaltkreis dafür wird rechts gezeigt.



Nichtlineares Modell :

Schwingpulenerwärmung , und die Wirkung davon kann simuliert werden. Es ist möglich, entweder im manuellen Modus (Wärme coeff = 0) oder im automatischen Betrieb (Wärme coeff > 0) zu simulieren.

Im manuellen Modus setzt man den Temperaturzuwachs in der Schwingspule manuell ein.

Im automatischen Betrieb bestimmen die Eingangsspannung und die entsprechend berechnete in der Schwingspule umgesetzte Leistung die Erwärmung der Schwingspule. Der Temperaturkoeffizient hängt vom Schwingspulenleitermaterial ab. (0,39%/K für Kupfer)

- ☞ **Beachten Sie, dass diese Funktion Berechnungen beträchtlich verlangsamt, es wird deshalb empfohlen, dass Sie diese Funktion ausschalten, wenn sie nicht erforderlich ist.**

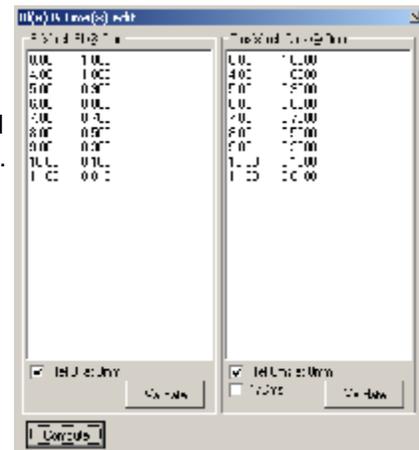


BI- (x) und Cms- (x) Nicht-Linearitäten

Nicht lineare Eigenschaften wie BI und Cms können in LspCAD modelliert werden. Um genau zu sein, was simuliert werden kann, ist, wie die Frequenzantwort beeinflusst wird, wenn BI- und Cms sich aufgrund übermäßiger Membranauslenkungen ändern. Die BI- (x) und Cms- (x) Eigenschaften werden in einem speziellen Eingabedialog eingetragen, auf den über den **BI (x) & Cms (x) editieren** Knopf zugegriffen wird.

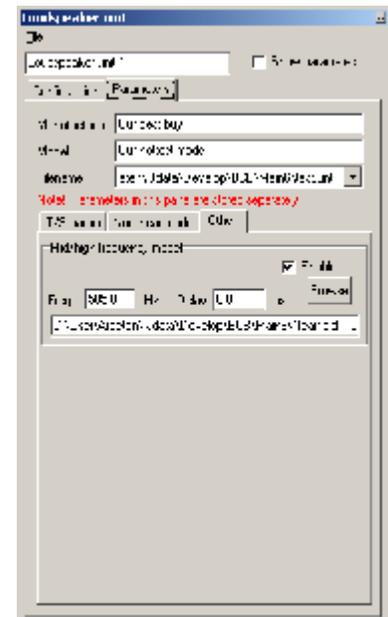
In diesem Dialog ist es möglich, Absolutwerte oder Relativwerte zur Ruhelage ($x = 0$) einzugeben. Die 1. Spalte ist die Abweichung von $x = 0$ (negative Werte sind möglich), und die 2. Spalte sind die tatsächlichen BI- oder Cms Werte. Im gezeigten Beispiel sind die eingegebenen Werte relativ zu den Werten bei $x = 0$. Sobald die Werte eingegeben sind, müssen die **auswerten** (validate) Knöpfe geklickt werden. Um eine Berechnung zu bewirken, wird der **Berechnen** (Compute) Knopf geklickt.

- ☞ **Beachten Sie, dass diese Funktion Berechnungen beträchtlich verlangsamt, es wird deshalb empfohlen, dass Sie diese Funktion ausschalten, wenn sie nicht erforderlich ist.**



“Anderes” Reiter:

Mittel-/Hochfrequenzmodell : Es ist möglich, eine Frequenzantwort zu importieren, die das Verhalten bei höheren Frequenzen modelliert. Diese importierte Antwort wird für Frequenzen oberhalb des Wertes verwendet, der in das Feld Freq eingegeben wird.



9.3.8.3 Menü

Das Menü enthält einige Auswahlmöglichkeiten. Außer dem üblichen Neu/Speichern/Öffnen existiert die Möglichkeit, T/S Parameter aus Praxis, CLIO und Klippel (Matlab™ Format) zu importieren. Es ist auch möglich, *.unt Dateien aus LspCAD 5.25 oder älter zu öffnen oder zu importieren.

9.4 *Andere Komponenten*

9.4.1 Anschluss-Steckerkomponente

Die Anschluss-Steckerkomponente wird in normalen Fällen verwendet, um zwei Schaltplanblätter zu verbinden, man kann die Anschluss-Stecker auch verwenden, um zwei Punkte ohne eine Leitung zu verbinden. Jeder Anschluss-Stecker hat eine Nummer, wenn zwei Anschluss-Stecker dieselbe Nummer besitzen, sind sie verbunden.

9.4.2 Schalterkomponente

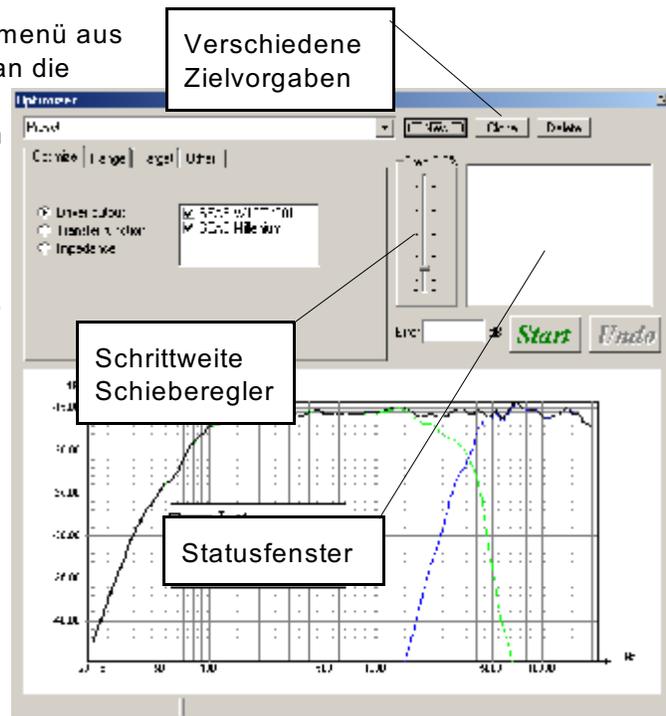
Die Schalterkomponente ist ein Ein/Aus-Schalter. Aus Gründen der Einfachheit ist diese Komponente als sehr hoher/sehr niedriger Widerstand ausgeführt.

9.4.3 Benutzernotizkomponente

Die Benutzernotiz ist ein kleines Fenster, das irgendwohin auf dem Schaltplan plaziert werden kann. In diesem Fenster kann man Textinformation eintippen.

10 Das Optimierungsprogramm

Das Optimierungsprogramm wird vom Hauptmenü aus geöffnet. Im Optimierungsprogramm kann man die Antwort eines Treibers, eine summierte Antwort, eine Übertragungsfunktion zwischen zwei Punkten im Schaltplan optimieren (siehe Dialog allgemeine Einstellungen, SPL/Xfer Reiter), es ist auch möglich, die Impedanz auf ein gegebenes Ziel zu optimieren. Als Ziele kann man entweder aus importierten Zielen oder einer Mischung aus Hochpass-, Tiefpass-, Notchfiltern etc. wählen. Der Optimieren Dialog enthält einen Graphen, ein Statusfenster, einen Schrittgrößenschieberegler und eine Anzahl von Feldern, die über Reiter zugänglich sind. Ein spezielles Merkmal ist, dass es möglich ist, mehrere verschiedene Zielvorgaben mittels der **Neu, Klonen und Löschen** Knöpfe zu speichern. Die gewünschte Einstellung wird aus einer dropdown Listbox abgerufen (es ist auch möglich, den Namen für jede Einstellung zu ändern.) Das



Optimierungsprogramm wird mit dem **Start** Knopf gestartet. Der **Undo** (rückgängig) Knopf ist ein guter Freund, falls die letzte Optimierung FUBAR (Anmerkung des Übersetzers: amerik. Militärslang für irreparabel kaputt) ging. Beachten Sie bitte, es gibt nur eine undo-Ebene, das bedeutet, dass nur die letzte Optimierung rückgängig gemacht werden kann.

10.1 Auswählen von Komponenten

Die Komponenten, die optimiert werden sollen, werden in den Einstellungen jeder Komponente markiert.

Als Beispiel möchten wir einen Widerstand in die Optimierungsliste übernehmen. Rechtsklicken Sie auf den Widerstand.

Der Dialog erweiterte Einstellungen, der erscheint, erlaubt, die Komponente auf die Optimierungsliste zu setzen; man muss auch festlegen, in welcher Hinsicht man optimieren möchte (Ziel).

Zum Beispiel möchten wir den Widerstand so optimieren, dass die Antwort von Treiber 1 zu einem vorgegebenen Ziel passt, in den Einstellungen für den Widerstand markieren wir das Kästchen, neben dem Text "Treiber 1". Wenn der Optimierungsprogrammdialog geöffnet wird und wir auswählen, Treiber 1 zu optimieren, ändert sich der Text von Widerstand 1 in Fettdruck, dies zeigt an, dass der Widerstand in Bezug auf die Antwort von Treiber 1 optimiert wird, sobald wir das Optimierungsprogramm starten. Wenn der Startknopf geklickt wird, beginnt das Optimierungsprogramm, den Widerstand zu optimieren. Diese Vorgehensweise mag am Anfang etwas kompliziert aussehen, aber sie gibt dem Benutzer die Möglichkeit, zu wählen, wann Komponenten zu optimieren sind, so dass nur die notwendigen Komponenten optimiert werden, dies hat den Vorteil, dass die Optimierungsprogrammgeschwindigkeit gesteigert wird.



10.2 Der Optimieren Reiter

Hier kann man wählen, was man optimieren möchte (siehe vorherige Seite für eine Ansicht).

Treiber Ausgabe:

Die klassischste Verwendung ist natürlich, die Antwort eines strahlenden Elements (oder einer Summe von ihnen) zu optimieren. In diesem Fall wählen Sie den radiating elements Knopf und markieren die strahlenden Elemente, deren Antwort Sie optimieren möchten. Die Antworten werden hinzugefügt, und die einzelnen Antworten werden auch im Graphen gezeigt.

Übertragungsfunktion:

Es ist auch möglich, eine Übertragungsfunktion zwischen zwei Punkten im Schaltplan zu optimieren (die Knoten werden im Einstellungen Dialog gewählt).

Impedanz:

Die dritte Möglichkeit soll die Gesamt-Impedanz auf ein Ziel hin optimieren, dies ist ziemlich praktisch z.B. wenn man die Impedanz eines Treibers in einem Gehäuse gemessen hat, und das tatsächliche Volumen und die Verlustfaktoren ableiten möchte. Außerdem ist es mit dieser Option tatsächlich möglich, die TS Parameter mit der gemessenen Impedanz (in freier Luft) als Ziel abzuleiten.

10.3 Der Bereich (Range) Reiter

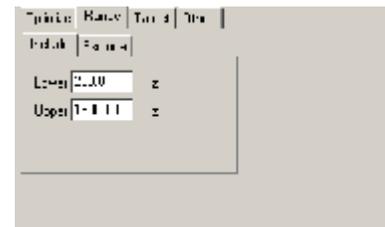
Der Fehler, der im Optimierungsprogramm errechnet wird und die Basis für die Optimierungsprogrammentscheidung ist, wird über einen Frequenzbereich berechnet, der im Bereichsreiter bestimmt wird.

Der Bereich ist auf zwei Arten definiert.

Einschließen (include): Definiert die oberen und unteren Frequenzgrenzen für die Optimierung.

Ausschließen (exclude): In einigen Fällen, kann es wünschenswert sein, eine kleine Region (z.B. eine Spitze in der Frequenzantwort) auszuschließen, dies kann getan werden mittels der exclude-Funktion.

Es ist eine gute Angewohnheit, einen Bereich zu verwenden, der den Frequenzbereich abdeckt, nicht mehr und nicht weniger. Wenn der Bereich zu weit gesetzt wird, kann es für das Optimierungsprogramm schwierig sein, eine gute Lösung zu finden. Wenn der Bereich zu eng gesetzt wird, kann die Optimierung unsinnige Dinge machen. Im Allgemeinen sollte der Optimierungsbereich den Frequenzbereich abdecken, den die optimierten Komponenten beeinflussen können, wenn sie verändert werden.



10.4 Der Zielreiter

Im Zieltabulator hat man die Fähigkeit, eine Anzahl von verschiedenen Zielvorgaben zu erschaffen, die Zielantworten können überlagert werden d.h. man kann einen Tiefpass, einen Hochpass und eine Kerbfilterantwort kombinieren, um ein vollständiges Ziel zu formen. Obwohl es möglich ist, eine Menge Optimierungen durchzuführen, muss man bedenken, dass es einige physikalische Barrieren gibt, die nicht überschritten werden können, also, wenn Ihre Optimierung schiefgeht, ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass Sie einfach zu viel vom gegebenen Satz von Treibern und der gegebenen Filtertopologie verlangen.

10.4.1 LP

Ein Tiefpassziel kann man aus verschiedenen Steilheiten wählen wie Butterworth, und Linkwitz-Riley verschiedener Ordnungen, auch kann man eine variable Steilheit verwenden. Das Kreuz im **enable** Kästchen kann entfernt werden, um das Tiefpassziel unwirksam zu machen.



10.4.2 HP

Ein Hochpassziel, gleiche Optionen wie oben.

10.4.3 Neigung

Eine insgesamt positive oder negative Steigung in der Zielantwort.

10.4.4 EQ

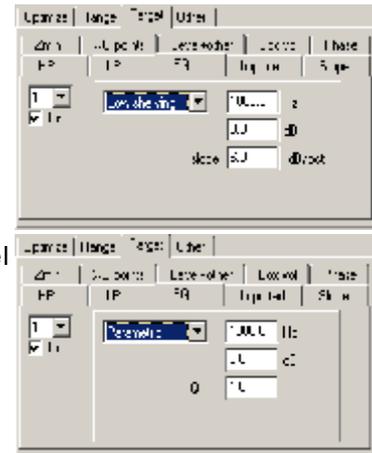
Der EQ (es gibt zwei verfügbare) kann entweder ein parametrischer EQ oder ein high shelf/low shelf EQ sein.

10.4.4.1 Parametrisch

Die Mitten-Frequenz, Güte Q und die Verstärkung bei der Mitten-Frequenz werden angegeben.

10.4.4.2 low shelf/high shelf

Die Wechsel-Frequenz, und die max/min Verstärkung wird angegeben; es ist auch möglich anzugeben, wie schnell der Wechsel gehen (**slope**) soll.



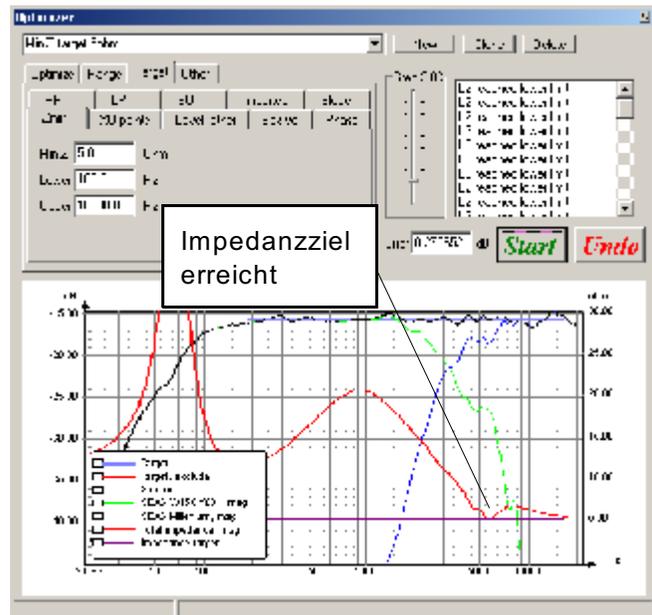
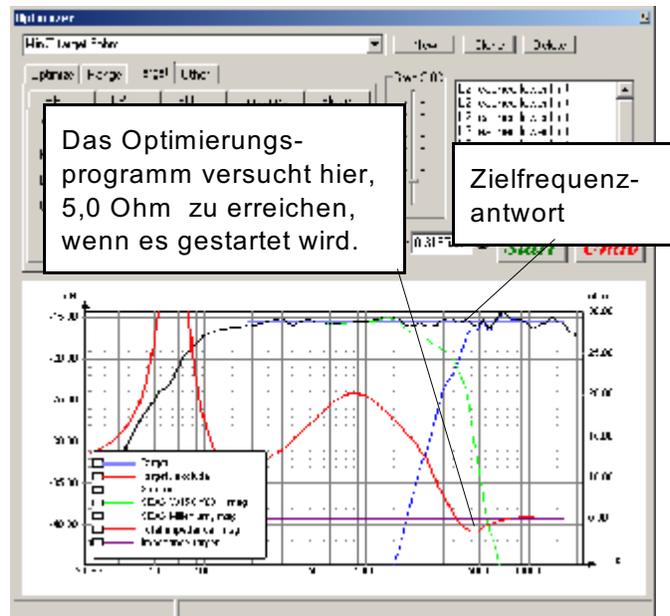
10.4.5 Z min

Ein Mindestwert der erlaubten Lastimpedanz für den treibenden Leistungsverstärker. Wenn dies verwendet wird, wird das Optimierungsprogramm gezwungen, diese Bedingung zu erfüllen.

Die Impedanzantwort wird im von den **lower** und **upper** (untere/obere Grenze)

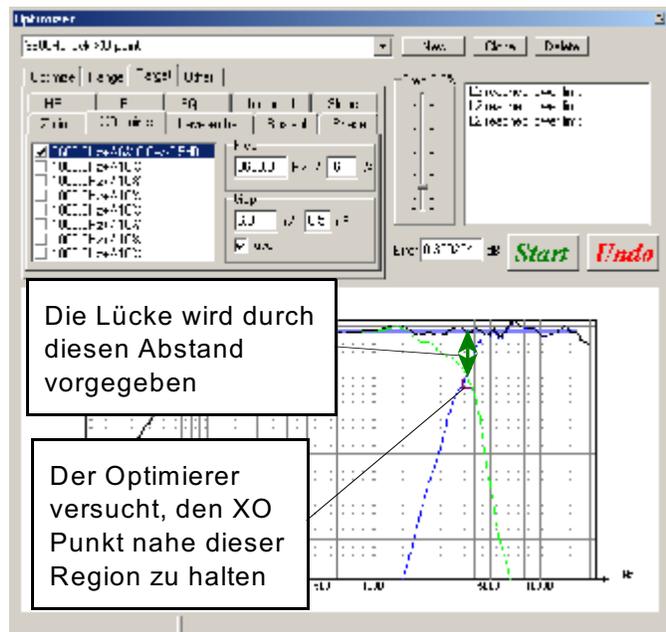
Einstellungen gegebenen Bereich optimiert. Daher ist es möglich, dass das Optimierungsprogramm "Mist macht", wenn die min. Impedanz zu hoch gewählt wird, deshalb sollte diese Option mit Sorgfalt benutzt werden. Es ist sinnvoll, das Impedanzziel vorsichtig zu setzen und es allmählich zu steigern und dabei die Impedanzkurve zu beobachten, während das Optimierungsprogramm läuft.

Für diesen speziellen Fall kann der Undo Knopf sehr nützlich sein, da das Bestreben, sowohl das gewünschte SPL-Ziel zu erreichen, als auch eine bestimmte untere Grenze der Lastimpedanz zu erreichen, oft widersprüchlich sind.



10.4.6 XO Punkte (Übernahmefrequenz)

In diesem Reiter hat man die Option, die Übernahmepunkte innerhalb angegebener Grenzen zu "verriegeln" und auch den Abstand zwischen der summierten Kurve und den Niveaus jedes einzelnen Treibers am Übernahmepunkt festzulegen. Die Übernahmepunkte sind nicht völlig auf die angegebenen Werte festgelegt, stattdessen wird das Verzerrungsmaß d.h. der Unterschied zwischen dem Ziel und der summierten Antwort allmählich gesteigert, wenn der Übernahmepunkt die angegebenen Grenzen verlässt. Dieses Merkmal ist gut, um zu vermeiden, das die Übernahmefrequenz während der Optimierung wegdriftet. Beachten Sie jedoch, das es in einigen Fällen gut sein kann, die Übernahmepunkte etwas driften zu lassen, um einen besseren Frequenzgang oder eine bessere Impedanz zu erreichen.



10.4.7 Importiert

In diesem Reiter kann man eine ASCII Textdatei importieren, die das gewünschte Ziel beschreibt. Die Textdatei sollte in Frequenz / SPL -Paaren arrangiert sein, die erste, ganz linke Spalte ist die Frequenz, und die zweite Spalte ist die Amplitude in dB. Eine typische solche Textdatei könnte so aussehen

```
20          0
2000        0
3000        -3
4000        -3
6000        0
20000       0
```

Die oben gezeigte Textdatei zeigt das Ziel einer "BBC dip" (BBC Senke) .

10.4.8 Level + Anderes

Dieser Reiter enthält Kontrollen für Dinge, wie:

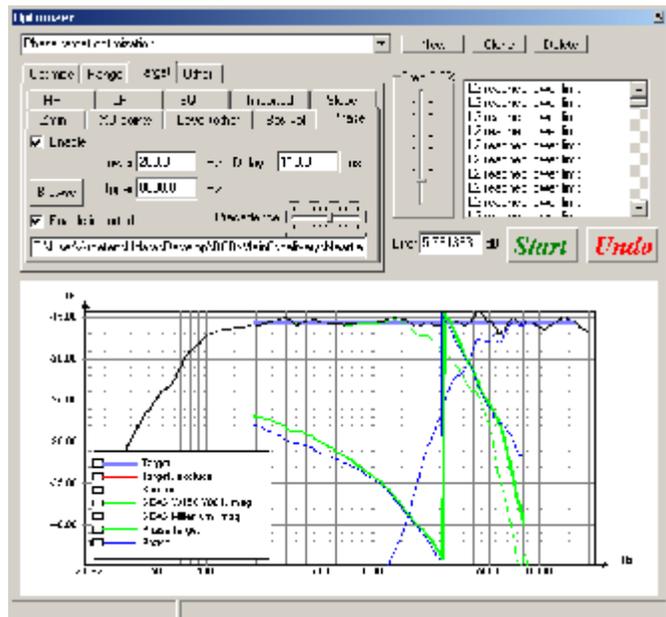
vermeide negative Interferenz , wenn dieses Kästchen angekreuzt wird, tut das Optimierungsprogramm sein Bestes, um zu sichern, dass die Treiber in der Überlappungsregion in Phase summiert werden.

Verriegeln , wenn dies markiert ist, wird das Ziel auf einen angegebenen Wert verriegelt, ansonsten kann es wandern. Dieses Merkmal könnte nützlich sein wenn man z.B. ein zusätzliches dB Wirkungsgrad auf Kosten schlechterer Lastimpedanz für den Leistungsverstärker herausquetschen will.

10.4.9 Phase

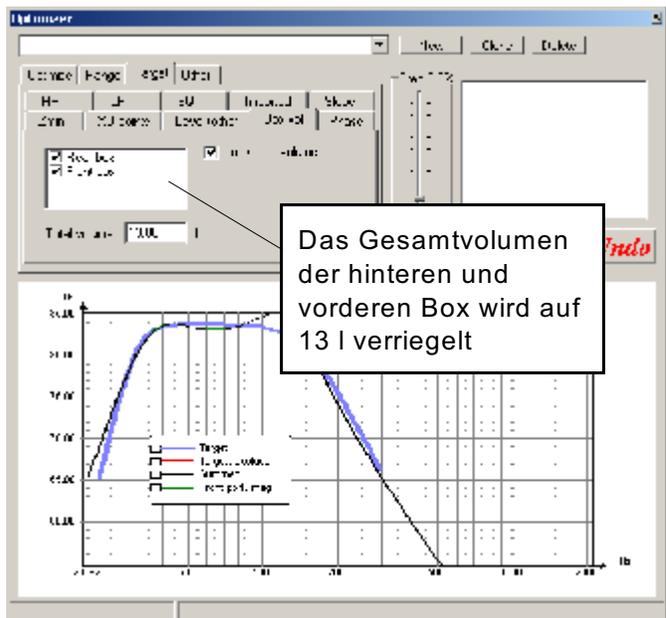
Der Phasenzieldreier ermöglicht es, auf eine Zielphasenantwort hin zu optimieren. Die Phasenantwort wird im von den **untere** (lower) und **obere** (upper) Einstellungen gegebenen Bereich optimiert. Die **Verzögerung (delay)** Kontrolle macht es möglich, excessive Phase hinzuzufügen, während es für komplexere Phasenantworten möglich ist, eine Zielphasenantwort zu importieren. Die Importdatei sollte in ASCII Format mit drei Spalten sein. Die erste (ganz linke) Spalte sollte die Frequenz sein, und die **dritte** ist die Phase in Grad.

Mit der **Vorrang (Precedence)** Kontrolle ist es möglich, einzustellen, wieviel Einfluss diese Phasenoptimierung auf das kombinierte Verzerrungsmaß haben soll.



10.4.10 Gehäuse vol

Für z.B. Bandpassgehäuse kann es wünschenswert sein, das Gesamtvolumen zu verriegeln. Markieren Sie die Gehäusevolumina, die hinzugefügt werden sollen, und setzen Sie das Gesamtvolumen, das während der Optimierung beibehalten werden soll.

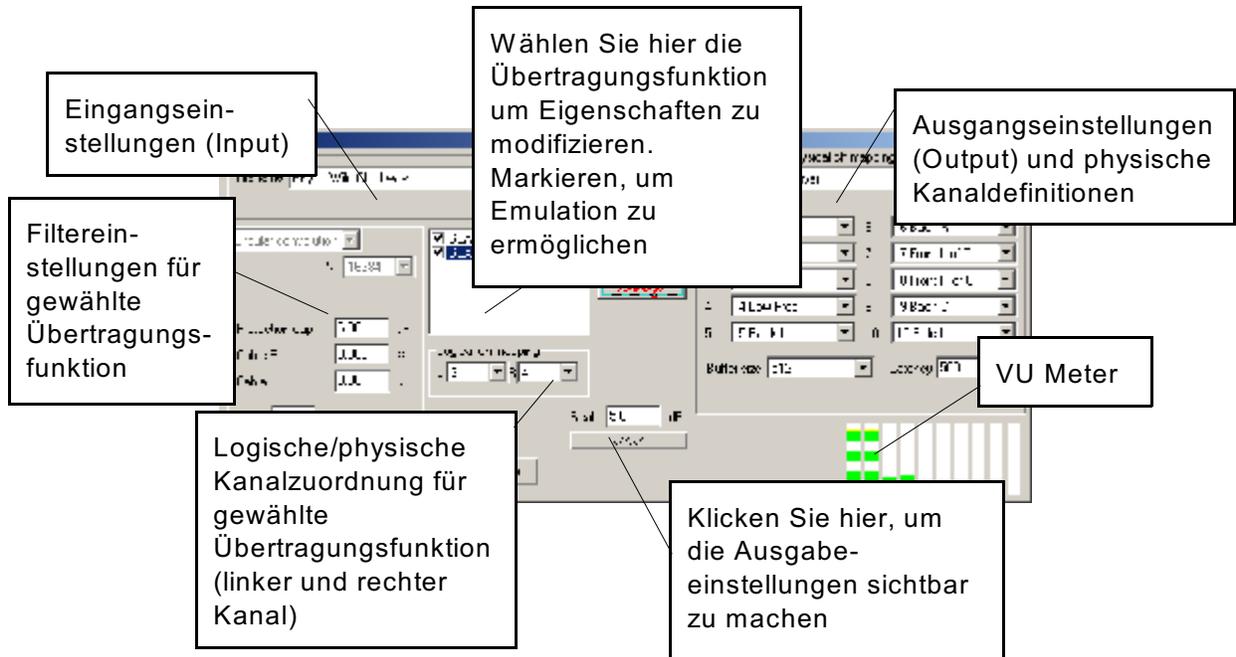


10.5 Der Anderes Reiter

Im **Other** Reiter kann man zum Beispiel **fast mode (schneller Modus)** wählen, der die Geschwindigkeit etwa um den Faktor 5 beschleunigt, aber auf Kosten geringerer Genauigkeit. Eine andere Option ist **Live update** (Echtzeitaktualisierung). Diese Option verlangsamt die Optimierung ein bisschen, macht es aber möglich zu sehen, wie sich andere Graphen während der Optimierung verändern.

11 Der Weichenemulator

Der Weichenemulator ist ein Werkzeug, das es möglich macht, die Übertragungsfunktion der verschiedenen Teile der Weiche zu emulieren.

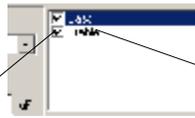


Dies bedeutet, dass man die Weiche bereits evaluieren und hören kann, wie sie klingt, ohne sie tatsächlich bauen zu müssen.

Als Input nimmt man entweder voraufgezeichnete WAV Dateien oder den Soundkarteneingang. Viele Anwendungen sind möglich, eine Anwendung ist, die passendste Weichentopologie oder Übernahmefrequenz für einen vorhandenen Lautsprecherprototyp zu bestimmen, der eine entsprechende aktive oder passive Weiche benötigt.

11.1 Filter Einstellungen

2) in die Markierungskästchen klicken, um die Emulation einer Übertragungsfunktion an/aus zu schalten



1) klicken, um auszuwählen, für welche Übertragungsfunktion Sie die Emulationseigenschaften (Filtereinstellungen) setzen möchten.

Die Emulationseigenschaften (auch die später beschriebene logische Kanalzuordnung) können für jede Übertragungsfunktion individuell gesetzt werden. Um die Einstellungen für z.B. die "Bass"-Netzwerktransferfunktion zu modifizieren, klickt man einfach auf den Text "Bass" in der Listbox (siehe Abbildung oben).

Zwei Arten von digitalen Filtern sind im Weichenemulator implementiert. **IIR** Filter und **circular convolution**- Filter. Außer den Einstellungen für diese zwei Filter sind einige weitere Einstellungen verfügbar.

Schutzkondensator (protectioncap) :

Ein "wirklicher" Kondensator kann zwischen einem Leistungsverstärkerausgang und dem Hochtönlautsprecher in einer Weichenemulation benutzt werden, um ihn vor unerwünschten niedrigen Frequenzen wie Einschalttransienten und Windows-Sounds zu schützen. Wenn dies gemacht wird, sollte man den Kondensatorwert in dieses Feld eintragen. Es ist auch wichtig, dass die Impedanzdaten für den Hochtöner in der Simulation importiert sind.

Kabel R und Kabel L:

Der Serienwiderstand und die Induktivität der Kabel zwischen dem Leistungsverstärker und dem Lautsprecher wird hier eingegeben, wenn sie als wichtig erachtet wird. Wie bei der Verwendung des Schutzkondensators ist es wichtig, Impedanzdaten für den Treiber zu importieren, wenn dieses Merkmal genutzt wird.



Circular convolution (Ringschluss-Verfahren):

Der einfachste Weg zu filtern, das einzige Problem ist, dass es komplexer ist (sprich, CPU-belastender) als die IIR Filtermethode. Es ist möglich, verschiedene Filterlängen zu wählen, eine allgemeine Regel ist, dass für Hochpassfilter (Hochtöner) ein kurzes Filter genügt, während, um die Übertragungsfunktion eines Tieftönlautsprechers gut darzustellen, möglicherweise eine sehr lange Filterlänge nötig ist. Der **Emulator, Ziel und erreichte Übertragungsfunktion** Graph ist ein guter Hinweis dafür, wie man die Filterlängen wählen kann, da er die schlechtestmögliche Übertragungsfunktion anzeigt, die sich aus den gewählten Filterlängen ergibt.

IIR (Infinite impulse Response, unendliche impulsantwort):

Die IIR Filtermethode ist weniger komplex als die Circular convolution Methode, aber es ist ein bisschen komplizierter, damit zu arbeiten, ich empfehle daher, die Circular convolution zu verwenden, wenn möglich.

Die Filterordnung kann im Bereich 4-30 gesetzt werden. Die optimale Filterordnung kann durch Betrachten der erreichten Übertragungsfunktion und testen verschiedener Filterordnungen, bis die beste Übereinstimmung erreicht ist, bestimmt werden. In vielen Fällen kann der **iterative Anpassungsalgorithmus (Iterative fit algorithm)** verwendet werden, um die Anpassung zu verbessern.

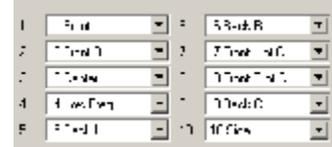


11.2 Zuordnung (mapping) der Soundcard-Ausgänge

Um etwas Ordnung in die Verwendung von Mehrkanalaudiokarten zu bringen, wird das Konzept von logischen und physischen Kanälen benutzt.

Physische Kanaluordnung:

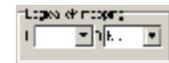
Die physische Kanaluordnung ist ein Mittel, um die physischen Ausgabekanäle einer Audiokarte zu numerieren, zum Beispiel kann man den logische Kanal 1 dem linken Lautsprecherausgang zuordnen und den logischen Kanal 2 dem rechten Lautsprecherausgang. Für eine 5.1 Kanal Soundcard kann man den logischen Kanal 3 dem Centerkanal zuweisen usw.. Die physische Kanaluordnung wird für eine bestimmte soundcard einmal gesetzt und wird für alle Projekte verwendet.



Zuordnung logische / physische Kanäle

Um jedes Geräusch aus dem Emulator herauszubekommen, muss das gefilterte Signal zu den physischen Kanälen geleitet (routing) werden.

Die logische Kanaluordnung ist eine Methode, die mit jeder Übertragungsfunktion verbundene Emulorausgabe zu den physischen Kanälen zu leiten. Im Beispiel rechts wird der gefilterte linke Kanal zum logischen Kanal 1 geführt, während der gefilterte rechte Kanal mit keinem Ausgang verbunden ist. Es ist möglich, mehrere gefilterte Kanäle mit denselben logischen Kanälen zu verbinden, man kann z.B. sowohl den linken als auch den rechten Kanal für eine gefilterte Ausgabe zu demselben logischen Kanal verbinden, wenn man eine beschränkte Anzahl von verfügbaren physischen Kanälen hat.



Wenn wir z.B. eine Zweiwegweiche haben, können wir die Emulorausgabe des Tiefpassfilters zum logischen Kanal 1 und die Hochpassfilterausgabe zum logischen Kanal 2 leiten lassen, auf diese Weise wird das Tiefpasssignal zum linken Ausgang der Audiokarte geleitet und die Hochpassausgabe wird zum rechten Kanal der audiocard geleitet.

Mit dem Beispiel für das Bass- und Hochtonfilter - dargestellt in den Abbildungen auf den vorhergehenden Seiten - können wir die logischen Kanäle zuordnen wie unten abgebildet, wenn wir nur eine Zweikanal audiocard verfügbar haben.

```
Bass L -> 1
Bass R -> Null
Hochton L -> 2
Hochton R -> Null
```

Mit anderen Worten.

Der durch das Bassnetzwerk verarbeitete linke Kanal wird an den logischen Kanal 1 gesandt, der zum vorderen L Kanal der Audiokarte geführt wird.

Der durch das Hochtonnetzwerk verarbeitete linke Kanal wird an den logischen Kanal 2 gesandt, der zum vorderen R Kanal der Audiokarte geführt wird.

In beiden Fällen wird der rechte Eingangs Kanal nicht verwendet (an null gesandt.)

Wenn Sie nur eine Zweikanal soundcard haben, aber sowohl linke als auch rechte Eingangskanäle als Eingang in der Emulation haben wollen, sollten Sie eine logische Kanaluordnung wie diese benutzen.

```
Bass L -> 1
Bass R -> 1
Hochton L -> 2
Hochton R-> 2
```

Mit dieser Einstellung werden die Ausgangspegel ca. 6 dB höher sein, es könnte sein, dass Sie die Skalierung (**Scale**) anpassen müssen, um Verzerrungen (clipping) zu vermeiden.

Der Ausgangspegel kann in den VU-metern beobachtet werden, es wird empfohlen, nicht im roten Bereich zu arbeiten.

Die logische Kanalzuordnung (oder die Zuordnung zwischen gefiltertem Emulatoreausgang und den logischen Kanälen) ist projektabhängig. Die Motivation hinter der Unterscheidung zwischen logischen und physischen Kanälen ist zum Beispiel, dass es mit einem Vierkanalaudiocard möglich ist, ein Stereo Zweiwegesystem nachzubilden, oder ein Vierwegesystem nur in Mono nachgebildet werden kann.

Im Zweiwegfall sieht die logische Kanalzuordnung so aus

Bass L ->	1
Bass R ->	2
Hochton L ->	3
Hochton R->	4

Im Vierwegfall sieht die logische Kanalzuordnung aus wie folgt.

Bass L ->	1
Bass R ->	Null
untere Mitten L ->	2
untere Mitten R ->	Null
obere Mitten L ->	3
obere Mitten R ->	Null
Hochton L ->	4
Hochton R ->	Null

In beiden Fällen oben bleibt die physische Kanalzuordnung gleich, sie kann zum Beispiel so aussehen

1 ->	1 Front L
2 ->	2 Front R
3 ->	3 Center
4 ->	4 Subwoofer

11.3 Soundcard (Audiokarte), Zugriffsmethoden

Es gibt zwei Arten, auf die Soundcard zuzugreifen

MME der übliche Weg. Die Einstellungen, die verwendet werden, um die Verzögerung (latency) dieser Zugangsart zu kontrollieren, sind die **Puffergröße** (buffer size) und die **Anzahl von Puffern** (number of buffers). Wenn eine dieser Einstellungen zu niedrig gesetzt wird, tritt Stottern auf.

DSOUND kürzere Latenz als MME, erfordert DirectX VER 8 oder höher. Man kann mit der **Puffergröße** experimentieren oder der **Latenz** Einstellung, oft ist es möglich mit dieser Einstellung bis auf 50 ms hinunterzugehen.

12 Toleranzanalyse

Das Toleranzanalysewerkzeug ist ein gutes Mittel, um einen Entwurf unter realistischeren, produktionsähnlichen Umständen zu testen, wo Komponententoleranzen eine Rolle spielen. Außer Toleranzanalyse an Widerständen, Kondensatoren und Spulen kann man auch analysieren, wie die Produktionsstreuung eines normalen Lautsprecher-Treibers die Antwort (Frequenzgang) beeinflusst. Im Falle des Lautsprechers kann man Toleranzgrenzen setzen für Re, Mmd, Cms und Bl und sehen, wie das die Antwort beeinflusst. Sobald wir gewählt haben, an welchen Komponenten wir die Toleranzanalyse durchführen möchten, ist es Zeit, die Iteration zu starten.

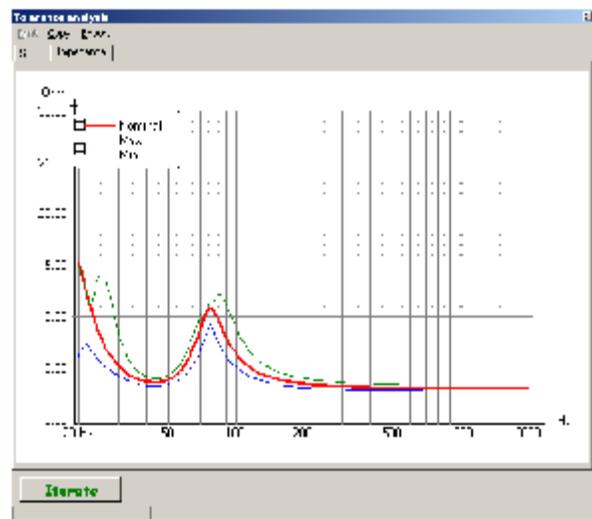
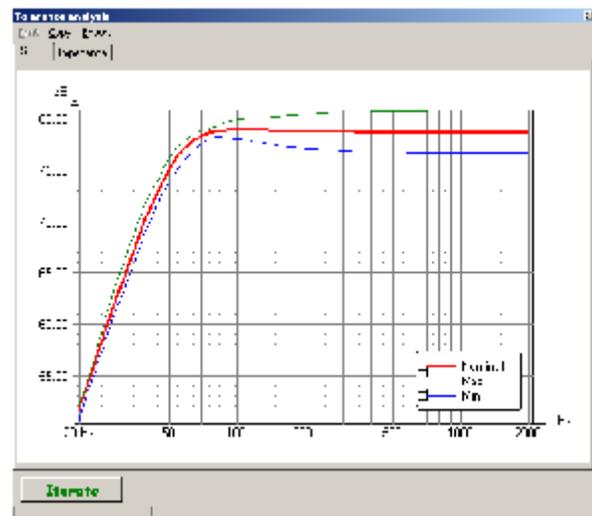
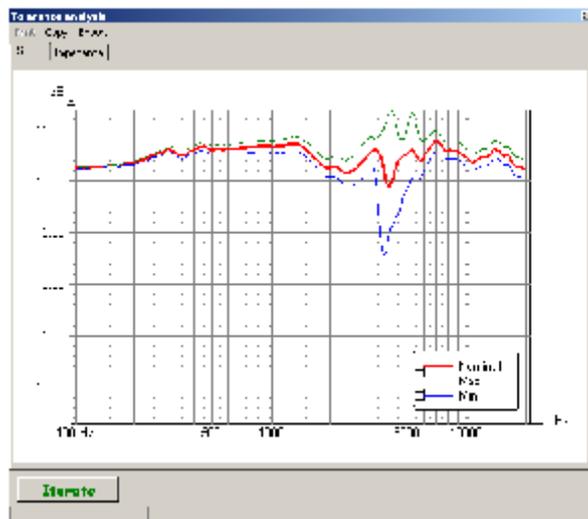
Markieren Sie dieses Kästchen und setzen Sie angemessene Toleranzgrenzen für die Toleranzanalyse



Unten ist das Ergebnis der Toleranzanalyse einer normalen Bassreflexbox.

Die Minimum- und Maximumgraphen sagen, dass die Antwort im Bereich zwischen Minimum und Maximum liegt.

Es ist möglich, viele Komponenten in die Toleranzanalyse einzubeziehen, unten ist das Ergebnis der Toleranzanalyse einer passiven Weiche mit 10% Toleranzgrenzen für alle Komponenten.



Es ist möglich, die Toleranzanalyseergebnisse zum späteren Gebrauch in z.B. einer Pass/Fail-

testsituation (bestanden/durchgefallen-Test) zu exportieren. Die exportierten Daten sind im ASCII Format mit vier Spalten (freq, nominal, Min und Max), unten ist ein Beispiel.

LspCAD 6 tolerance analysis data

SPL data

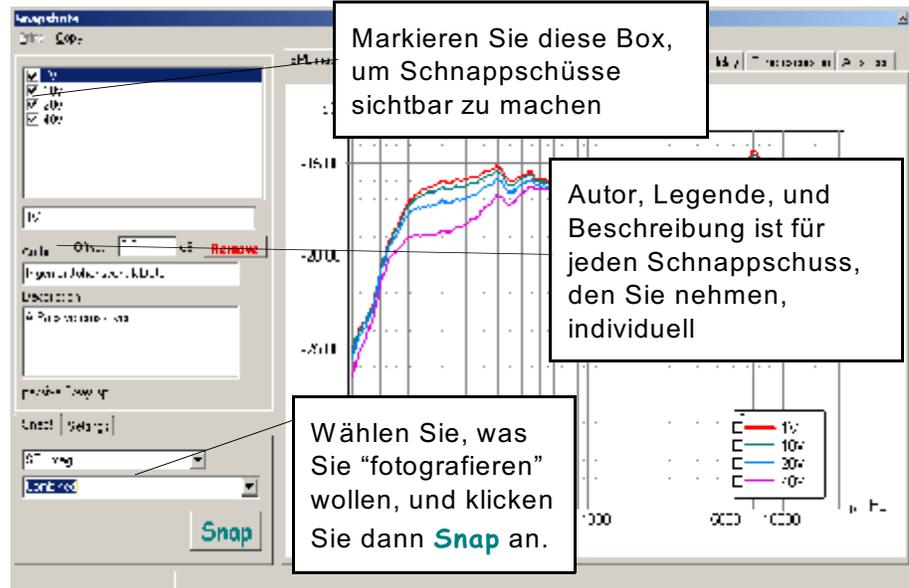
release=5 99 18 20031007

Freq	Nominal	Min	Max
50.00	4.75	4.72	4.79
51.77	5.14	5.10	5.17
53.59	5.54	5.51	5.57
55.49	5.71	5.68	5.74
57.45	5.86	5.83	5.89
59.48	6.17	6.15	6.19
61.58	6.58	6.56	6.60
63.75	7.01	7.00	7.03
.			
.			
.			
34130.36	14.34	13.41	15.23
35335.91	14.33	13.40	15.22
36584.04	14.32	13.40	15.21
37876.25	14.32	13.39	15.20
39214.11	14.31	13.39	15.19
40599.22	14.31	13.39	15.19
42033.26	14.30	13.38	15.18
43517.96	14.30	13.38	15.17
45055.09	14.29	13.38	15.17
46646.52	14.29	13.37	15.16
48294.16	14.28	13.37	15.15
50000.00	14.28	13.37	15.15

13 Schnappschuss

Mit der Schnappschussfunktion ist es möglich, Schnappschüsse von einem oder vielen Projekten zu machen. Für jeden Schnappschuss kann man einige Informationen und auch einen Offset setzen.

Unten ist ein Beispiel, wo der Schnappschuss die Leistungskompression einer Zweiwegeweiche visualisiert.



Es gibt einige Einstellungen, die man verwenden kann, um das Aussehen der Schnappschüsse anzupassen.

Freq : Der angezeigte Frequenzbereich

Mag : Der Amplitudenbereich für die SPL und

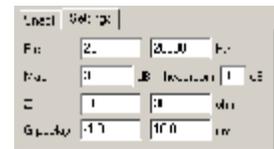
Übertragungsfunktionsgraphen + ein zusätzlicher Freiraum (Headroom)

Z : min und max angezeigte Impedanzwerte

Grpdelay : min und Max angezeigte Gruppenlaufzeit.

Menü:

Ausser den Druck und Kopie (Zwischenablage) Menüalternativen, kann man auch einen Schnappschuss speichern oder öffnen.



14 Thermisches und nichtlineares Modellieren

Dieses Kapitel beschreibt etwas detaillierter, wie das thermische und das nichtlineare Modellieren funktioniert. Idealerweise sollte die SPL Ausgabe eines Lautsprechersystems linear mit der Eingangsleistung zunehmen. Dies ist jedoch selten der Fall, stattdessen wird die Ausgabe komprimiert; ein Ausdruck dafür ist Leistungskompression (power compression). In vielen Fällen ist dieses Phänomen mit nichtlinearen Verzerrungen begleitet. Mehrere verschiedene Ursachen für Leistungskompression existieren in einem Lautsprechersystem

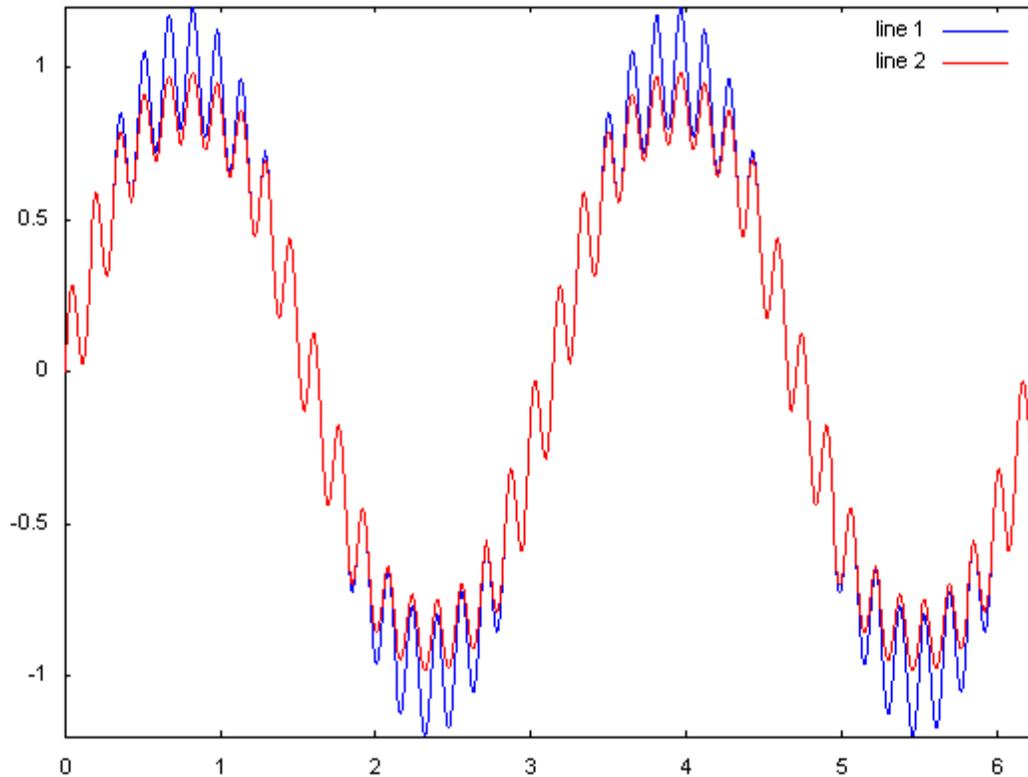
14.1 *kurze Darstellung der Ursachen für Leistungskompression*

14.1.1 Thermisches Modellieren (Schwingspulenerwärmung)

Schwingspulenerwärmung: wenn die Temperatur aufgrund der Leistungsumsetzung in der Schwingspule zunimmt, nimmt der Gleichstromwiderstand ebenfalls zu. Für Kupferdraht beträgt diese Zunahme 0,39%/K bei Raumtemperatur. Die Wirkung ist eine Änderung in der Systemempfindlichkeit und der Frequenzantwort, aber es ist auch möglich, dass der Gleichstromwiderstand mit dem Eingangssignal moduliert wird, wenn die Frequenz sehr niedrig ist, was nichtlineare Verzerrungen ergibt.

14.1.2 BI (Wandlerfaktor) Reduktion:

Sobald die Schwingspule ihre Ruhelage verlässt, reduziert sich der Wandlerfaktor, und ein kürzerer Teil der Schwingspule ist innerhalb des magnetischen Luftspalts. Dieses Phänomen ergibt nichtlineare Verzerrungen und beeinflusst den Frequenzgang, wenn das durchschnittliche BI vermindert wird, nimmt die Systemdämpfung ab und führt zu höherer Systemgüte Q, die



Systemeffizienz nimmt aufgrund dessen auch ab. Die Darstellung versucht zu zeigen, was geschieht, wenn man diese Nichtlinearität auf ein Signal anwendet, das aus einer niedrigen Frequenz und einer höheren Frequenz besteht. Die Abbildung zeigt die Membranauslenkung, der Ton mit der niedrigeren Frequenz hat eine höhere Amplitude, weil die Membranauslenkung mit niedrigerer Frequenz zunimmt. Man kann eindeutig sehen, dass beide Töne davon betroffen sind. Wenn man einen anderen Versuch machen und beide Töne einzeln testen würde, würde man sehen, dass nur der niedrige Ton beeinflusst würde, während der höhere Ton unberührt wäre. Der Zweitonversuch ist eine sehr einfache Annäherung von Musiksignalen (auch IM Verzerrungstest), während der einzelne Tonversuch mehr wie die gewobbelten Verzerrungsmessungen ist.

14.1.3 Cms (Nachgiebigkeit) Reduktion:

Wenn sich die Schwingspule aus ihrer Ruhelage wegbewegt, nimmt die Kraft, die versucht, sie zurück zu bewegen, nicht linear mit dem Abstand, sondern mit einer höheren Rate zu (progressiv). Das nennt man auch zunehmende (progressive) Federsteife und es wird absichtlich angewandt, um sicherzustellen, dass die Schwingspule den magnetischen Luftspalt nicht verlässt, wenn Bl abnimmt, ein Problem, das bei Bassreflexsystemen auftreten kann.

Da die durchschnittliche Cms abnimmt (Nachgiebigkeit ist der Kehrwert der Federsteife), bewegt sich die Resonanzfrequenz nach oben .

Ein besonderes Problem ist, wenn die Cms (x) Kurve asymmetrisch ist, die Wirkung davon ist, dass sich ein Gleichstrompegel aufbaut, der die Schwingspule aus ihrem aktiven Bereich herauszieht.

14.1.4 Bassreflexrohr-Nichtlinearität

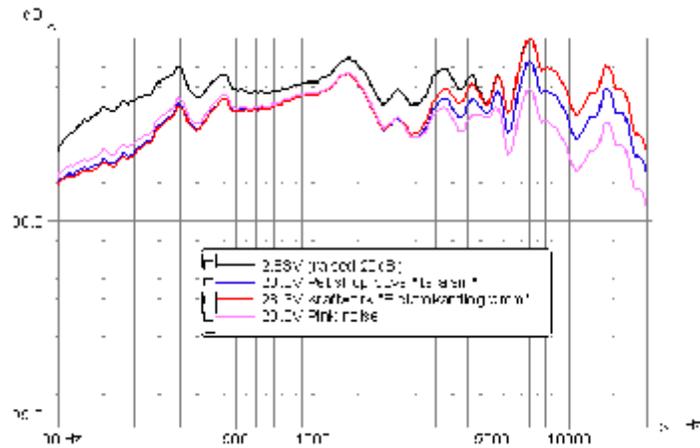
Bei geringen Lautstärken verhält sich ein Lautsprecherbassreflexrohr wie eine Masse und ein Fließwiderstand in Serie. Wenn der Luftstrom zunimmt, wird der Fließwiderstand zunehmen, bei noch höheren Luftströmen hört das Bassreflexrohr auf, als Bassreflexrohr zu arbeiten, und verhält sich stattdessen wie eine Düse (Bassreflexrohrmasse nimmt ab.)

14.2 Thermisches Modellieren

Thermisches Modellieren in LspCAD 6 kann sowohl auf Treiber als auch auf TS Treiberkomponenten angewandt werden. Um eine ziemlich genaue Vorstellung vom Verhalten zu bekommen, ist es notwendig, eine PSD anzugeben, die für das Modellieren verwendet wird. PSD steht für power spectral density (spektrale Leistungsdichte) und beschreibt, wie die Leistung über den Frequenzbereich verteilt ist. Es gibt große Unterschiede, wie die Leistung für verschiedene Musikstücke verteilt

ist. Rechts ist eine Weichensimulation eines Zweiwege-MTM (MTM=D'Appolito Anordnung) Lautsprechersystems, wo die Mitteltöner einen Temperaturkoeffizienten von $3\text{ }^{\circ}/\text{W}$ haben, und der Hochtöner einen Temperaturkoeffizienten von $20\text{ }^{\circ}/\text{W}$. Man kann sehen, dass die simulierte Antwort für die Fälle hoher Leistung stark von der PSD (oder Eingangsmaterial) abhängt. Modellieren so wie hier lässt Freiraum für Verwirrung. Zum

Beispiel bedeutet die Stufe 28,3 V was ein true-RMS Spannungsmesser in diesem Fall messen würde, dass über einer 8 Ohm Last die Leistung $(28,3)^2/8 = 100\text{ W}$ beträgt. Man kann in diesem Fall behaupten, dass das "Kraftwerk" Stück wahrscheinlich ein viel höheres Risiko birgt, den Leistungsverstärker zum Clipping zu bringen als das Stück von den Pet Shop Boys, da der Bassanteil viel höher ist.



14.3 Nichtlineares Modellieren

Das nichtlineare Modellieren kann auf zwei Arten gemacht werden

Gewobelter Modus:

Die klassische Methode. Diese Methode simuliert einen Frequenzsweep mit einer gegebenen Eingangsspannung

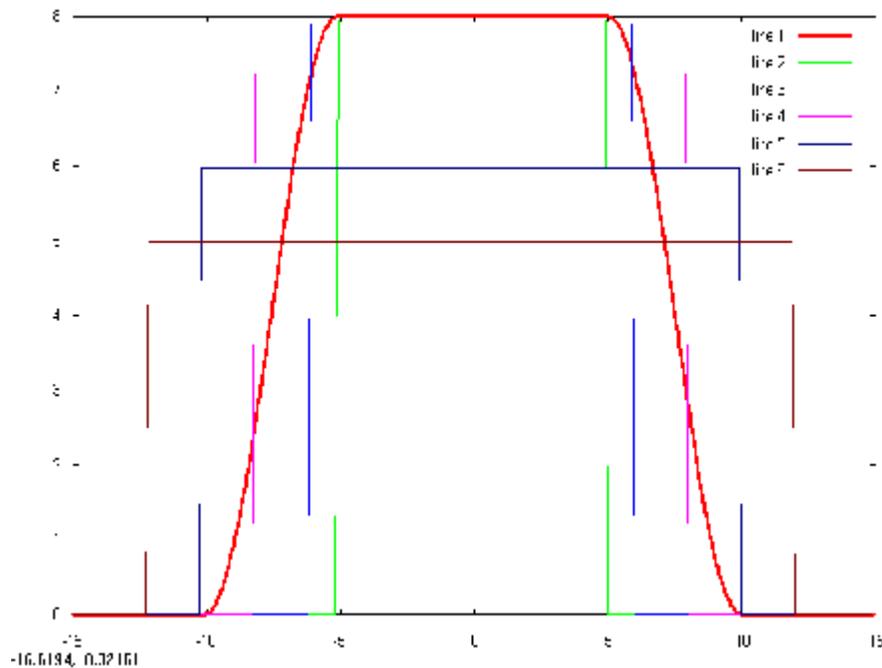
PSD basiert:

Diese Methode nimmt an, dass das Eingangssignal Musik mit einer vorgegebenen spektralen Leistungsverteilung ist.

Das nichtlineare Modellieren in LspCAD 6 soll nicht zeigen, was bei extrem hohen Pegeln geschieht, da diese Art des Modellierens die Lösung von Differenzialgleichungen erfordert würde. Die Membranauslenkungs- und Bassreflexrohrluftgeschwindigkeits-Graphen sind so ausgeführt, dass die Plots grau werden, wenn die Simulation unrealistisch wird.

14.3.1 Wandler-Faktor BI(x)

Das nichtlineare Modellieren in LspCAD ist ein iterativer Ansatz, wobei die Membranauslenkung berechnet wird, und der durchschnittliche Wandlerfaktor daraus berechnet wird. Dieser durchschnittliche Wandlerfaktor wird einfach als das Integral zwischen den Membranauslenkungsextremen berechnet.



Linie 1: BI(x) eingegebene Kurve

Linie 2: durchschnittlicher BI 10 mmp-p Membranauslenkung

Linie 3: durchschnittlicher BI 12 mmp-p Membranauslenkung

Linie 4: durchschnittlicher BI 14 mmp-p Membranauslenkung

Linie 5: durchschnittlicher BI 20 mmp-p Membranauslenkung

Linie 6: durchschnittlicher BI 24 mmp-p Membranauslenkung

Diese Simulation wird auf eine iterative Art durchgeführt, da Änderungen in BI das Verhalten des restlichen Systems beeinflussen. Dies verlangsamt die Berechnungsgeschwindigkeit ziemlich dramatisch, eine Tatsache, die man berücksichtigen sollte, wenn man zum Beispiel das Optimierungsprogramm laufen lassen möchte. Es ist sinnvoll, nichtlineares Modellieren auszuschalten, wenn Sie optimieren, es sei denn, Sie haben gute Gründe, die Wirkungen des nichtlinearen Modellierens zu integrieren.

14.3.2 Nachgiebigkeit Cms(x)

Das Modellieren des nichtlinearen Cms wird auf dieselbe Weise wie bei BI getan. Eine Ausnahme sind Passivmembranen, wo ein einfacheres Modell verwendet wird, in dem man einen Wert Xmax angibt, bei dem man annimmt, das Cmp allmählich auf null abnimmt zwischen $x_{max} \cdot 0.5$ und $x_{max} \cdot 2.0$.

14.3.3 Bassreflexrohr-Nichtlinearität

Im Falle der Bassreflexrohrnichtlinearität ist der Reflexrohrverlust angenommen entsprechend der Gleichung

$$R_{pp} = R_{pp} \cdot (\text{Luftgeschwindigkeit}/15,3)^2$$

Wobei die Luftgeschwindigkeit die Bassreflexrohrluftgeschwindigkeit in m/s ist

15 Referenzen

[Beranek] "Acoustics", Leo Beranek, ISBN 0-88318-494 X
[Klippel] <http://www.klippel.de>