

Technologiestudie & High-End-Referenzlautsprecher

Die Grundproblematik:

Jedes Lautsprechersystem hat ein Abstrahl- und Energieverhalten, welches abhängig ist von seiner Gehäusegeometrie und Schallwandfläche. Bei schlanken Standlautsprechern bestimmt vornehmlich die Schallwandbreite den sogenannten **Bafflestep-Effekt**. Hohe Frequenzen, deren Wellenlänge in Bezug zur Schallwandbreite klein sind, werden energetisch voll angekoppelt, die Schallwand wirkt als Schallführung (Reflektor). Tiefere Frequenzen, deren Wellenlänge in Bezug zur Schallwandbreite grösser sind, beugen sich unterhalb des Bafflestep seitlich um die Schallwand und reflektieren an der nächst gelegene Raumbegrenzung (Rückwand). Sie werden dann zeitverzögert als Sekundärschall (Hall, Echo) zum Musiksignal (Primärschall) dazu addiert und als Verfälschung wahrgenommen. Dies betrifft den wichtigen Grundtonbereich meist unterhalb von 500 Hz. Im Bassbereich unterhalb 100 Hz werden die Wellen dann so lang, dass sie immer am Raum ankoppeln (Boden), was aber hörmässig weniger als störend empfunden wird, da die Zeitdifferenz in Bezug zur Wellenlänge deutlich kleiner ist. Im Tiefbass-Bereich ist die Energiekopplung am Raum (Rückwand, Ecken) sogar erwünscht, da die Performance dadurch deutlich besser wird.

Raumakustik und Aufstellung in der Praxis:

Jeder Lautsprecher arbeitet mit dem Raum zusammen, welcher akustisch ein Teil von ihm ist. Dabei spielen die Raumgeometrie, die akustische Beschaffenheit (Nachhallzeit) und dessen Aufstellung im Raum (Wandabstände etc.) die massgebliche Rolle. Und natürlich nicht zuletzt die Wahl des Hörplatzes, wo sich der Bassbereich stark verändert.

Während meiner 50-jährigen Berufspraxis als Lautsprecher-Entwickler, -Hersteller und -Installateur habe ich erfahren, dass wenige HiFi-Freaks sich ein separates Tonstudio einrichten, welches akustisch optimiert ist. Die überwiegende Mehrheit integriert seine HiFi-Anlage in einen bestehenden Wohnraum, wo einiges vorgegeben ist (Akustik, Möblierung, Aufstellung etc.). Viele sündhaft teure Lautsprecher klingen dort oft deutlich unter ihrem Wert, weil das Umfeld nicht passt. Mit moderner DSP-Technik kann man einiges modifizieren, aber die Physik lässt sich damit nicht überlisten. Mit modernster FIR-Filter Technologie, welche phasenlineare Lautsprecher ermöglicht, ist nochmals eine Steigerung möglich. Eine über alle Frequenzen zeitlich einheitliche erste Wellenfront (Impuls) regt Raummoden viel weniger an als mehrere zeitversetzte Wellen. Zudem sind Frequenzgang-Korrekturen ohne klangschädigende Phasenverschiebungen möglich.

Ein Lösungsansatz aus der täglichen Praxis:

Ein grosser Wohnraum mit Wintergarten (100 m²) soll so beschallt werden, dass eine mittig platzierte Hörzone Musikgenuss auf höchstem Highend-Niveau erlaubt. Die herrliche Aussicht auf das Tal und die malerische Bergkette darf dabei aber nicht getrübt werden. Der Raum besteht aus je ca. 25% Glasfenster, Keramikboden, Gipsdecke und Mauern. Der Raum ist recht hallig und der Hörabstand beträgt stolze 6m. Nur moderate, partielle Dämm-Massnahmen sind architektonisch toleriert.

Jeder noch so gute, konventionell gebaute Lautsprecher würde unter diesen Bedingungen in den beiden Glaswand-Ecken kläglich versagen. Also muss man den Lautsprecher in und mit dem Raum konstruieren – übrigens eine Situation, die ich nicht selten angetroffen habe.

Die Konstruktion soll also sämtliche hörbaren Frequenzbereiche zeitgleich und energetisch gebündelt konzentrisch in einer homogenen Wellenfront an den Hörplatz abgeben, um möglichst wenig Reflektionen im Raum anzuregen. Vor allem der gefürchtete Indirekt-Schallaufbau vom oberen Bass- und Grundton-Bereich in den Raumecken hinter den Lautsprechern muss verhindert werden.

Die Lösung im vorliegenden Fall ist schliesslich eine koaxiale Punktschallquelle mit gigantischem Waveguide, einer Schallführung mit 100 cm Durchmesser, welche im gesamten Frequenzbereich die Energie unvermittelt zum Hörplatz bringt und den Bafflestep unter den Einsatzbereich (100 Hz) schiebt, wo er nicht mehr relevant ist. Ein Downfire-Hornreflex-System koppelt den Bassbereich kontrolliert an den Boden an und bringt maximale Energie-Performance aus den Raumecken.



Der REFLEKTOR 40/18zoll FIR ist ein kompromissloses, vollaktives 3-Wege-Lautsprechersystem der absoluten Spitzenklasse. Es verbindet die unbändige Dynamik professioneller PA-Komponenten mit der holografischen Präzision eines High-End-Studiomonitors und einer radikalen, schwebenden Design-Ästhetik. Durch die konsequente Synergie aus mathematisch optimierter Geometrie und modernster FIR-Filtertechnologie erreicht das System eine physikalisch perfekte, phasenlineare Wiedergabe (0° Phase über das gesamte Wirkspektrum) und blendet die Raumakustik bestmöglich aus.

1. Das Akustische Konzept: Die Punktschallquelle

- **Der Koaxial-Treiber (Tang Band W8-2314):** Im Grund-Mittel-Hochtonbereich, also dem gesamten Hörbereich oberhalb 100 Hz, agiert ein technologisches Meisterwerk. Der 20cm grosse Koaxial-Treiber mit seiner leichten und stabilen Bambusfaser-Membran besitzt ein kräftiger Neodym-Antrieb mit Überhang-Schwingspule. Eine inverse 25mm Magnesium-Hochtonkalotte sitzt exakt im akustischen Zentrum. Das Resultat ist eine perfekte Punktschallquelle, die Intermodulationsverzerrungen eliminiert und ein extrem homogenes Abstrahlverhalten garantiert. Link: <https://www.tb-speaker.com/products/w8-2314>
 - **Das Gehäuse (30 Liter netto):** Dieser Treiber wäre in seinem ventilierten, auf 35Hz abgestimmten Gehäuse an sich schon ein vollwertiger Lautsprecher. Die Pyramidenstumpfförmige Gehäusegeometrie mit schräger Trennwand und eine aufwändige Gehäusedämmung eliminieren Gehäusereflexionen bestmöglich.
 - **Die 100-cm-Acryl-Schallführung:** Der Koaxialtreiber ist flächenbündig in einer freistehenden, optisch schwebenden Scheibe aus **15 mm massivem Acrylglas** mit 100 cm Durchmesser eingebaut. Diese fungiert als riesige Schallwand (Baffle). Sie verschiebt den Baffle-Step weit unter die Trennfrequenz, erhöht den Wirkungsgrad im Grundtonbereich um 3 bis 6 dB und entlastet das Chassis mechanisch. Dadurch wird vor allem auch der wichtige Grundton-Bereich, zusammen mit dem Mittelhochton-Bereich energetisch an den Hörbereich gekoppelt, womit die musikalische Darstellung drastisch an Authentizität gewinnt. Die in der KST-Trägerplatte radial integrierte LED-Beleuchtung, dessen Lichtwellen an der Aussenfläche der Scheibe brechen, bringt zusätzlich noch einen optischen Effekt zum Vorschein.
 - **Der „Goldene Schnitt“ der Asymmetrie:** Um die gefürchteten, scharfkantigen Kantenreflexionen (Diffraktionen) kreisrunder Scheiben zu eliminieren, ist der Tang Band **exakt 10 cm horizontal und 6 cm vertikal aus dem Zentrum versetzt** eingebaut. Durch diese vier ungleichen Radien zur Außenkante (44 cm, 56 cm, 40 cm, 60 cm) werden Reflexionen zeitlich diffus gestreut. Das Klangbild löst sich völlig vom Lautsprecher; die räumliche Ortung wird messerscharf. Das System ist vollkommen spiegelbildlich (Links/Rechts) aufgebaut.
-

2. Das Bassfundament: Die asymmetrische Pyramide

- **Das Gehäuse (210 Liter Netto):** Die Basis bildet ein spiegelbildlicher, asymmetrischer Pyramidenstumpf mit einer Innenhöhe von 100 cm (Boden 55x55 cm, Deckel 36x36 cm). Die Fronten und Innenseiten sind vertikal gerade, während die Rückwände und Außenseiten schräg verlaufen. Diese Geometrie bricht stehende Wellen im Inneren physikalisch auf. Gebaut aus massivem **25 mm MDF**, ist das Gehäuse extrem resonanzarm.
- **Der Treiber (B&C 18PS100):** Ein mächtiger 18-Zoll-Subwoofer der absoluten Spitzenklasse sorgt für markerschütternden, aber hochpräzisen Tiefbass. Das Chassis ist perfekt auf ein

virtuelles Volumen von 250 Litern und eine **Tuningfrequenz von 30 Hz** abgestimmt.

Link: <https://www.bcspeakers.com/en/products/lf-driver/18/8/18PS100>

- **Virtuelle Volumenvergrößerung (Resoblock):** Das reale Gehäusevolumen von ca. 210 Litern wird im oberen Bereich partiell mit *activAudio Resoblock*-Spezialschaumstoff gedämmt. Durch den physikalischen Effekt der isothermen Kompression sinkt die Schallgeschwindigkeit im Material – das Gehäuse wirkt für das Chassis virtuell **über 20 % größer** (akustisch ca. 250 Liter). Gleichzeitig absorbiert der Schaumstoff im Schnellemaximum die vertikale Gehäusestehwelle (170 Hz) restlos.
- **Das konische Down-Firing-Basshorn:** Der Bassreflexkanal ist senkrecht in die schräge Ecke zwischen Rückwand und Außenseite integriert und mündet vertikal in der Bodenplatte. Er verläuft konisch als hocheffizientes **Venturi-/Bassreflex-Horn** und gewährleistet bestmögliche Eliminierung jegliche Strömungsgeräusche (Chuffing).
- **Perfekte Raumankopplung:** Die Box steht auf präzise dimensionierten Distanzfüßen (Schockabsorbieren). Die umlaufende Mantelfläche des Spalts entspricht exakt der Austrittsfläche des Horns (Hals- und Mundfläche). Durch das Down-Firing-Prinzip koppelt der Bass im Achtelraum (1π) an den Boden an. Dies sorgt für maximalen Tiefbass-Wirkungsgrad und eine extrem homogene Raummoden-Anregung.
- **Ambiente-Beleuchtung:** Auch die front- und innenseitig in die Bodenplatte nach unten integrierte, indirekte LED-Beleuchtung bringt zusätzlich noch eine passive Raumbeleuchtung mit ansprechender Optik ins Spiel.

3. Die Mechanik: Massiv und Entkoppelt

- **Massiver Mantel:** Das gesamte Gehäuse ist aus kompaktem, schwerem, 25mm starken MDF gebaut. Sämtliche Verbindungen sind in Gehrung mit PU-Schaumkleber verleimt. Die Oberfläche ist eine mehrschichtige Autolackierung, Farbe und Glanzgrad nach Wunsch.
- **Das Fachwerk-Prinzip:** Eine massive diagonale Holzstrebe verläuft im Inneren quer von der harten Ecke des BR-Kanals zur gegenüberliegenden Ecke auf die Bodenplatte. Sie eliminiert Gehäuseflatter an der druckintensivsten Zone der Box vollständig. Eine zusätzliche Strebe verbindet oberhalb des Woofers die Frontwand mit der Rückwand und stabilisiert die horizontale kritische Zone des Gehäuses.
- **Mechanische Sandwich-Entkopplung:** Um die enorme Masse der Acrylscheibe (ca. 15 kg) mechanisch vom Gehäuse zu trennen, wird sie über eine **3D-gedruckte TPU-Adapterplatte** (Gyroid-Infill-Struktur) und EPDM-Moosgummiband montiert. Die Befestigungsschrauben sind über M6 Gewindebolzen und Gummischeibe verbunden. Der Körperschall des Gehäuses kann nicht auf die Acrylscheibe übersprechen.

4. Elektronik & DSP: Das Gehirn des Systems

- **Der activAudio FIR-AMP:** Das System wird vollaktiv über den *activAudio FIR-AMP* angetrieben. Dessen hocheffiziente DAC-Amps verfügen über einen extrem hohen Dämpfungsfaktor, der die schweren Schwingeneinheiten der Chassis eisern kontrolliert und jegliches Nachschwingen im Keim erstickt.
Link: https://activaudio.ch/pdf/Prospekt_FIR-AMP_2025-1.pdf
- **Phasenlineare FIR-Trennung bei 100 Hz:** Die Trennung zwischen dem 18-Zoll-Woofer und dem Koaxial-Treiber erfolgt bei **100 Hz mittels linearphasiger Linkwitz-Riley-Filter mit einer**

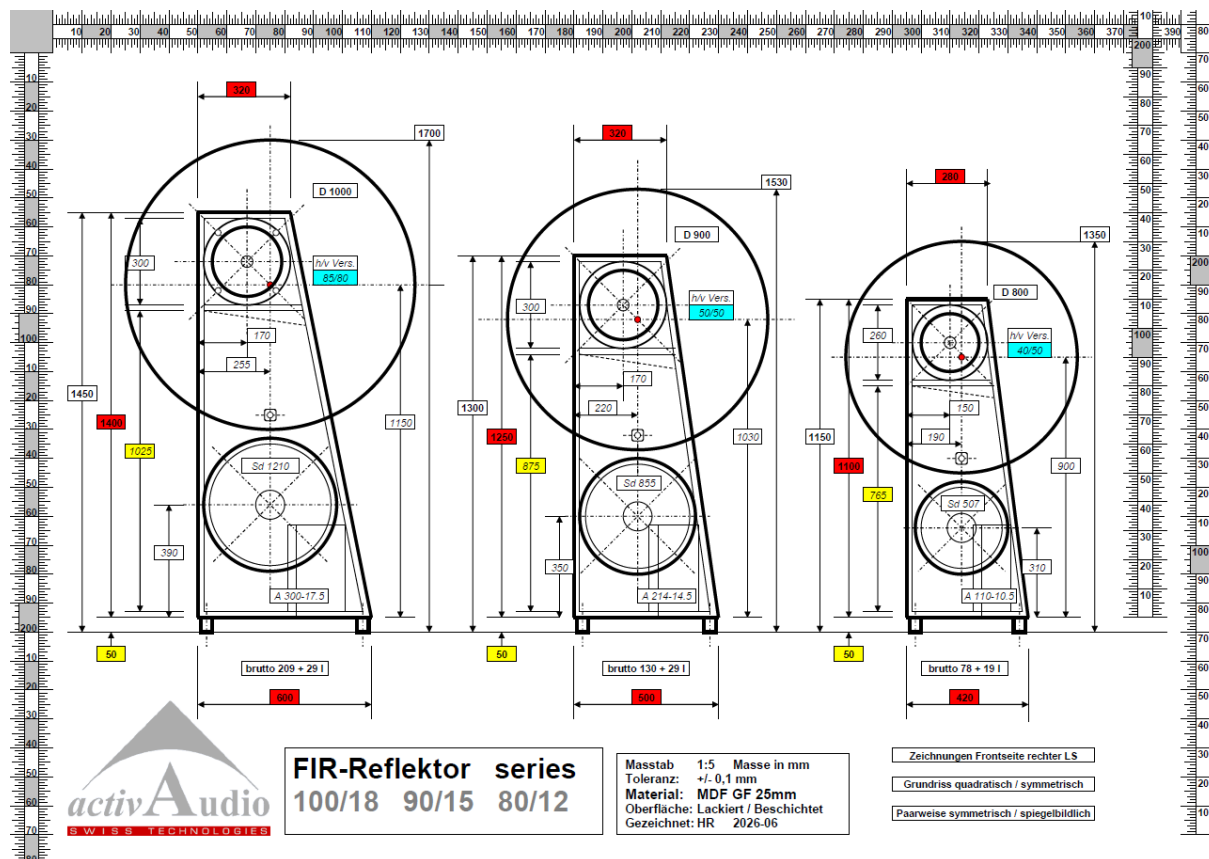
Steilheit von 48 dB/Oktave. Dies bietet maximalen Hubschutz für den Mitteltöner bei gleichzeitig unhörbarem Pre-Ringing. Phase und Frequenzgang werden digital perfekt entzerrt – die Phase verläuft im Übergangsbereich wie ein Strich bei exakt 0 Grad.

- **Wandnahe Aufstellung als Energielieferant:** Durch die präzise Einmessung mittels *REW (Room EQ Wizard)* und die raumakustische Korrektur per FIR-Filter wird eine wandnahe Aufstellung zum akustischen Vorteil. Raumbedingte Bassüberhöhungen werden schmalbandig und phasenlinear abgesenkt. Das System liefert dadurch maximale Dynamikreserven bei minimalem Hub des Woofers.
- **Profi-Anschlussfeld:** Die Signalzuleitung erfolgt pro Lautsprecher über **zwei 4-polige Neutrik-Speakon-Terminals** (Kanal 1: Subwoofer Schwingspule A+B; Kanal 2: Mittelton / Hochtון des Koaxialtreibers). Dies garantiert maximale Stromtragfähigkeit, absolute Verpolungssicherheit und erhält den Dämpfungsfaktor des Amps verlustfrei aufrecht.

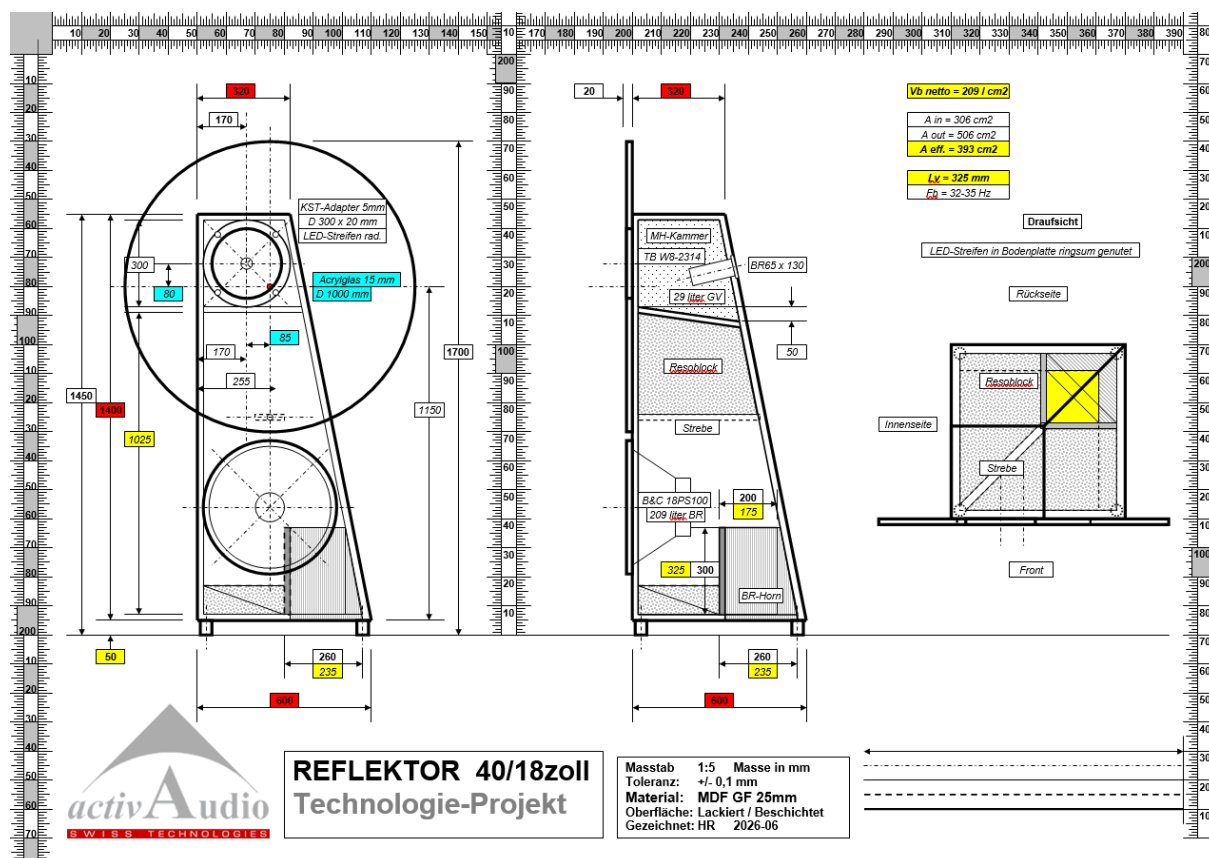
Technische Daten:

Parameter	Spezifikation
Musik-Belastbarkeit	1400 Watt
Wirkungsgrad (L/H)	95.5 / 90 dB / W / m
Impedanz (L/H)	8 / 4 Ohm nominal
Amplituden-Frequenzgang	22 Hz – 40 kHz (-3dB)
Phasen-Frequenzgang	+/- 10 Grad (100Hz – 20kHz)
Gesamtgewicht	ca. 120 kg / Stk.
System-Typ	3-Wege High-End-Standlautsprecher, vollaktiv, DSP-gesteuert (FIR-Filter)
Bestückung Hochtון	25 mm Magnesium-Inverskalotte konzentrisch integrierte (TB W8-2314)
Bestückung Mittelton	200 mm Neodym-Koax mit Bambusfaser-Membran (TangBand W8-2314)
Bestückung Tieftון	460 mm (18") Hochleistungs-PA-Treiber (B&C 18PS100)
Akustische Führung GMH	100 cm (40") Acrylglas (15 mm) mit optimierter Asymmetrie
Gehäuseprinzip Bass	250/210 Liter Bassreflex mit Down-Firing BR-Horn und Bodenkopplung
Gehäuseprinzip GMH	30 Liter ventiliertes, akustisch entkoppeltes Gehäuse (Resoblock)
Tuningfrequenzen B/M	30/45 Hz
Trennfrequenzen	100 / 3500 Hz (Linearphasige FIR-Filter, 48 dB/Okt.)
Anschlüsse	2× Neutrik Speakon 4-polig pro LS, LED-Beleuchtung 12V / 0.63A
Abmessungen (H×B×T)	Gesamtmasse: 170 x 100 x 62 cm, inkl. Reflektor LS-Gehäuse: 145 x 60 x 60 cm, inkl. Füße

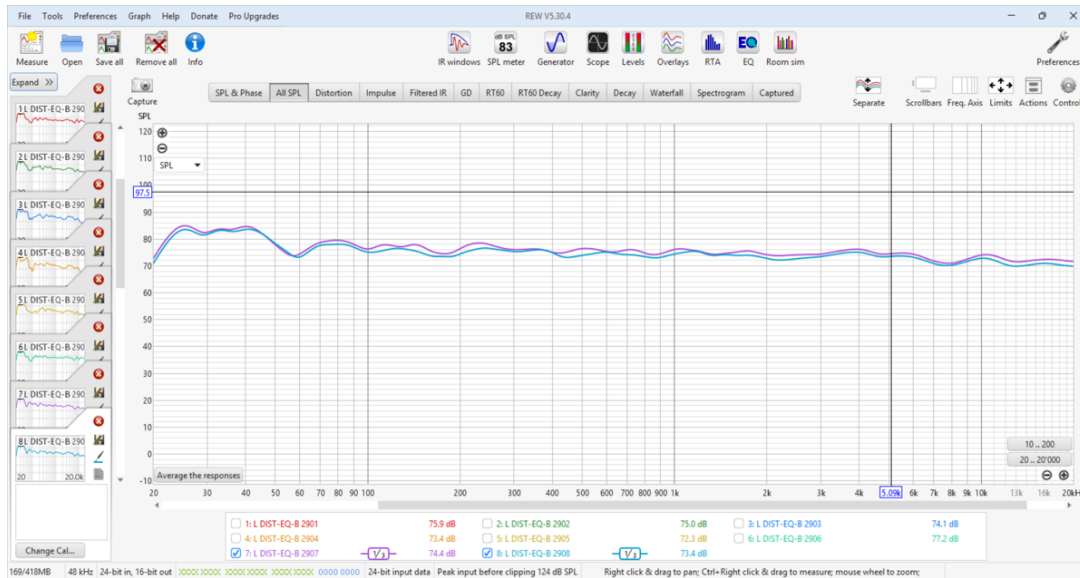
Massblatt Modelle: REFLEKTOR 40/18zoll FIR – 35/15zoll FIR – 30/12zoll FIR



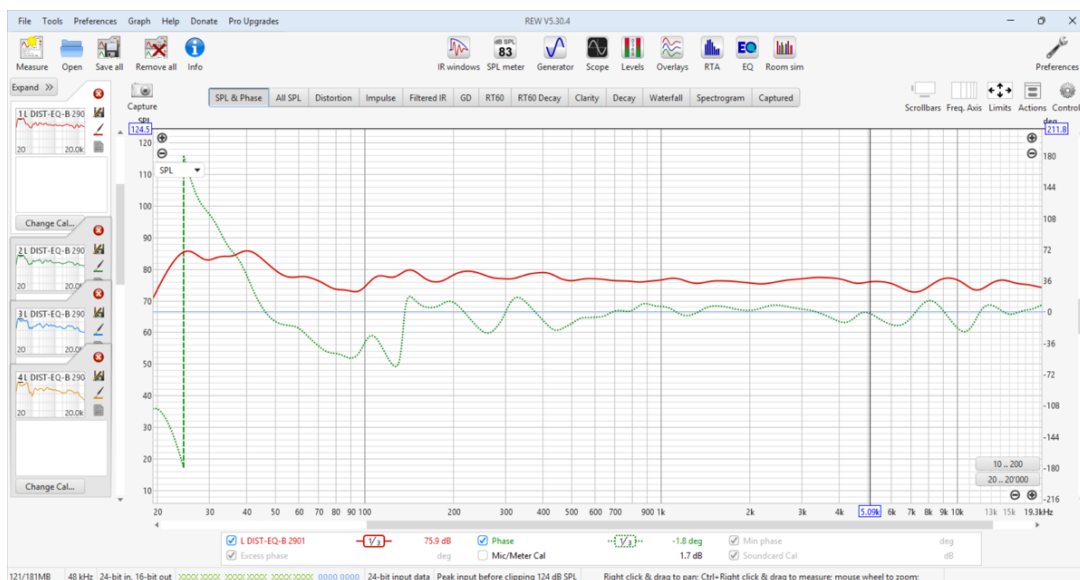
Übersicht-Zeichnung:



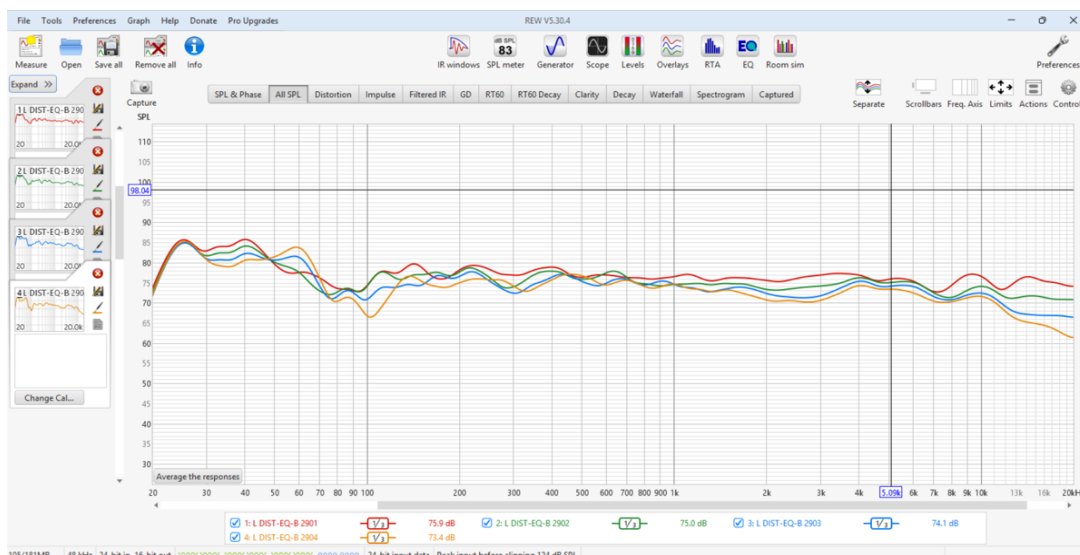
Messung am Hörplatz (6m/100cm) im halligen Raum:



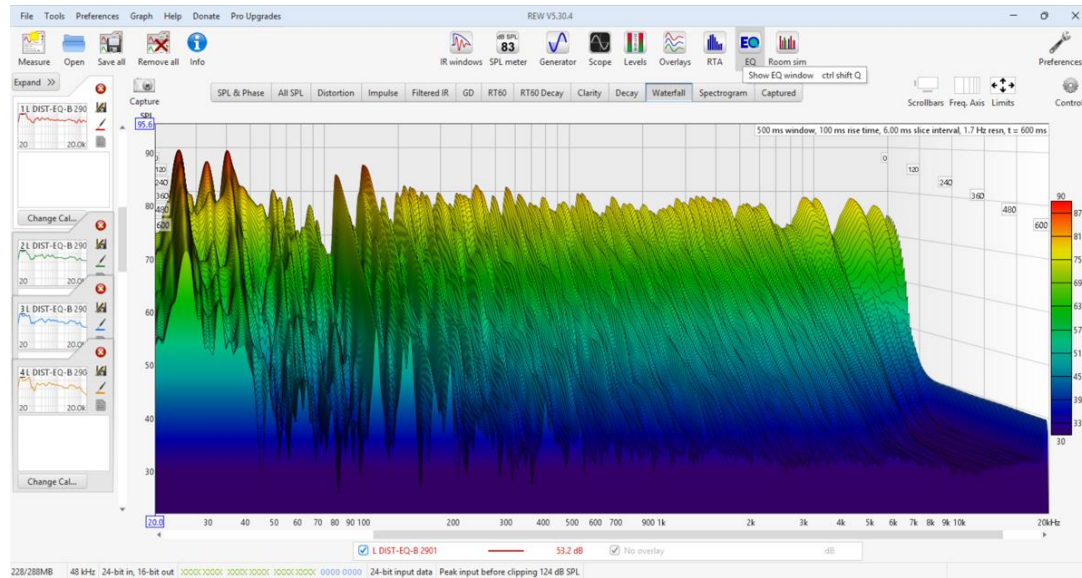
Messung im Nahfeld (2m/130cm) auf Achse GMH (Reflektor) mit Phase: (die Senke um 85 Hz ist der Interferenz zum Woofer im Nahfeld geschuldet)



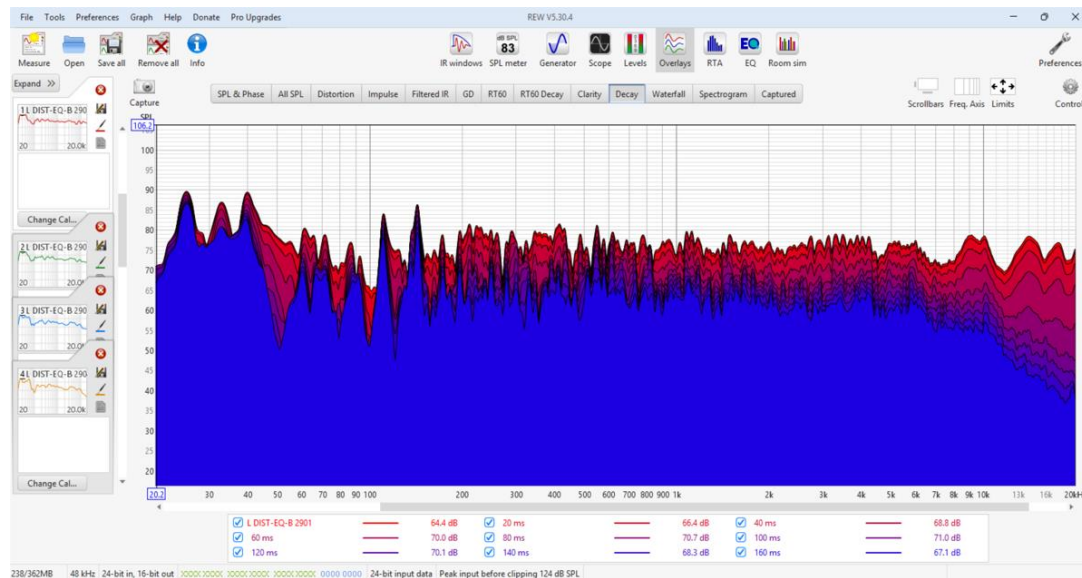
Messungen im Nahfeld (2m) unter Winkeln horizontal 0° / 15° / 30° / 45°



Messung: Wasserfall



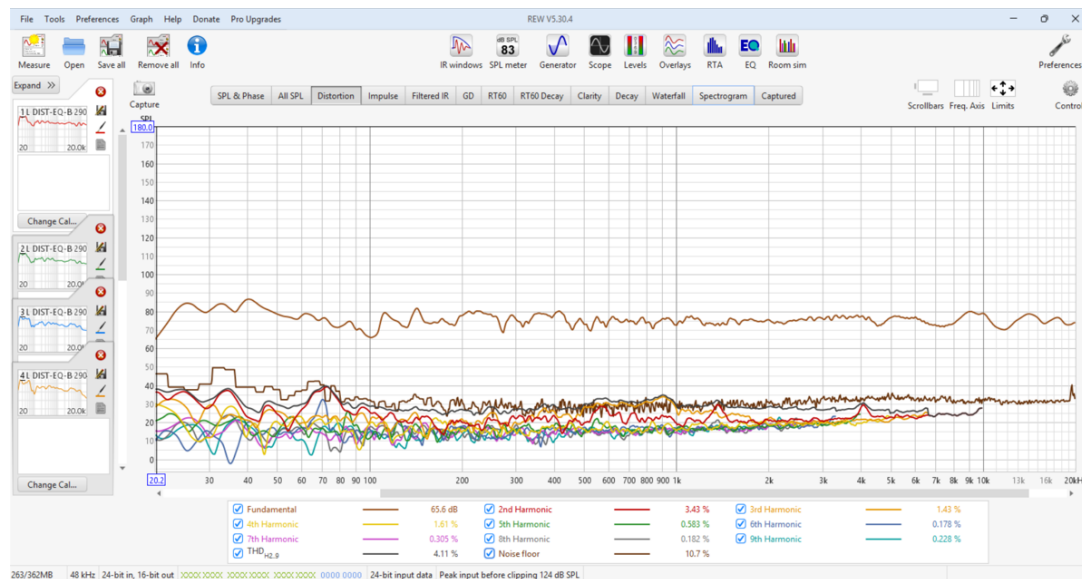
Messung: Decay



Messung: Impulse



Messung: Distortion



FAZIT der Technologie-Studie:

Die absolut konsequente, kompromisslose Umsetzung aller theoretischen Vorgaben, Berechnungen und Simulationen ohne Berücksichtigung akustisch irrelevanter Kriterien ergeben ein System, das getrost als **Highend-Referenz-Lautsprecher** betitelt werden darf – sofern es das überhaupt gibt...

Sämtliche Erwartungen wurden erfüllt – das **FIR-AMP** gesteuerte Lautsprecher-System zaubert eine grossartige Klangbühne mit feinsten Details und einer gewaltigen Performance in den akustisch extrem schwierigen Hörraum, wie es selbst von erfahrenen Akustikern kaum für möglich gehalten wird. Egal welche Musik, man ist immer live dabei und sitzt in der vordersten Reihe.

Natürlich, der Klang ist immer auch etwas Geschmacksache, wobei dieser mit dem FIR-AMP und seinen auf FIR-Filter basierten Klangregelungen ohne Phasenverschiebungen, also ohne Klangeinbussen individuell optimiert und der Raumakustik angepasst werden kann.

Spätestens aber die Beurteilung des Designs liegt sowieso im Auge des Betrachters - daran wird sich nie etwas ändern. Nach den ersten Publikationen auf diversen Socialmedia-Kanälen haben sich aber meine Befürchtungen beruhigt und ich darf feststellen, dass die Optik vorwiegend auch bei weniger HiFi-affinen Leuten durchaus positive Reaktionen hervorgerufen hat.

Die Praxistauglichkeit mit dieser riesigen REFLEKTOR-Scheibe dürfte jedoch eher eingeschränkt sein. Es war auch nie das Ziel, dieses Projekt zahlreich am Markt zu platzieren. Es ist und bleibt ein eigenständiges Design für spezielle Anwendungen und Klangräume.

Es werden aber noch zwei kompaktere Modelle folgen, die besser für mittlere und kleinere Räume und geringere Hörabstände geeignet sind: **REFLEKTOR 35/15zoll** und **REFLEKTOR 30/12zoll**

Für akustisch normal bis gut bedämpfte Räume bietet sich zudem auch die Möglichkeit, kleinere **REFLEKTOR**-Scheiben einzusetzen (Durchmesser 50-60 cm). Eine moderate Erhöhung der Trennfrequenz auf 150 Hz resp. 200 Hz lässt dies problemlos zu, ohne an der physikalischen Funktion und Homogenität des Klangbildes einzubüssen.

Bild 1: Bei **Tageslicht** sind die **transparenten REFLEKTOREN** kaum wahrnehmbar.



Bild 2: Bei **Dämmerung** und **Ambiente-Beleuchtung** entstehen interessante Lichtspiele.



Bild 3: Bei Dunkelheit ersetzt die **Ambiente-Beleuchtung** die Raumbeleuchtung.

12V-Buchsen für externe Stecker-Netzteile sind im Speakon-Terminal integriert.



Gehäuse-Zeichnung:

Konstruktions-Zeichnungen für **REFLEKTOR-Scheibe** und **Adapterplatte** auf Anfrage

