

Klangverbesserung durch akustische Maßnahmen im Selbstbau

Heiner Fischer
Ralph Stens

- Vorstellung
- Grundlagen
- Anlage bis 2018
- Erste Messung meines Hörraums
- Entwicklung eines aktiven Absorbers
- Anlage ab 2022
- Das RQM Lautsprechersystem
- Digitale Frequenzweiche mit Raumkorrektur
- Fragen / Diskussion

Heiner Fischer

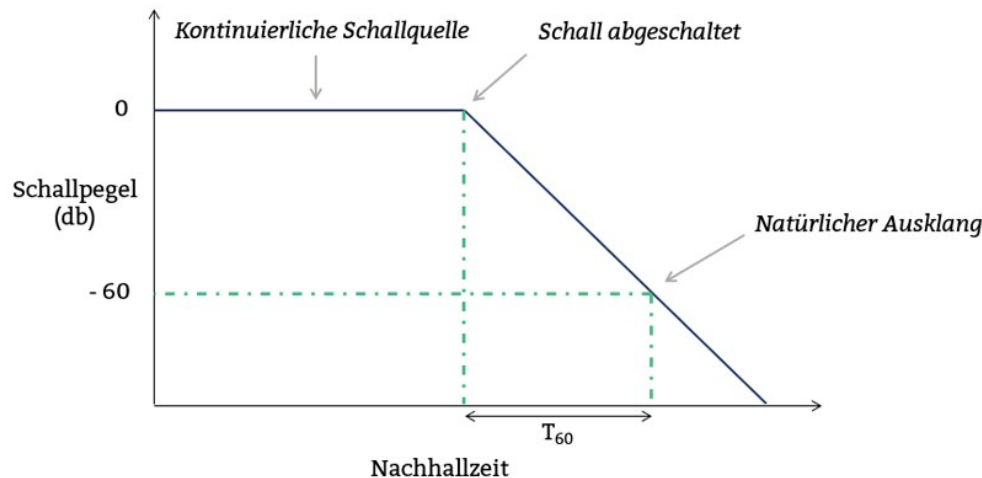
- Geboren 1959, gestorben 2022
- Audio als Hobby seit 1977
- Audio Equipment im Selbstbau seit 1999
- Verstärktes Interesse an der Raumakustik seit 2009

Ralph Stens

- Geboren 1959
- Studium der Elektrotechnik, Schwerpunkt Elektronik & Hochfrequenztechnik
- Audio als Hobby seit dem 15. Lebensjahr
- Audio Equipment im Selbstbau seit dem 23. Lebensjahr

Eine der wichtigsten physikalischen Größe zur Charakterisierung der akustischen Eigenschaften eines Raumes ist seine Nachhallzeit. Sie ist das Maß für die Halligkeit eines Raumes. Die Nachhallzeit ist frequenzabhängig, da Stein, Holz, Teppich oder Textilien den Schall bei den verschiedenen Frequenzen unterschiedlich stark absorbieren.

In kleinen Räumen beeinflusst die Raumgeometrie die Nachhallzeit bei niedrigen Frequenzen.



Unter der Nachhallzeit (RT60) versteht man das Zeitintervall, innerhalb dessen der Schalldruck in einem Raum bei plötzlichem Verstummen der Schallquelle auf den tausendsten Teil seines Anfangswerts abfällt, was einer Abnahme des Schallpegels von 60 dB entspricht.

Norm: DIN 18041 - Hörsamkeit in Räumen

Kennt man die Nachhallzeit eines Raumes und sein Volumen, so kann die Schröderfrequenz berechnet werden, die bei den meisten Räumen um die 300Hz liegt.

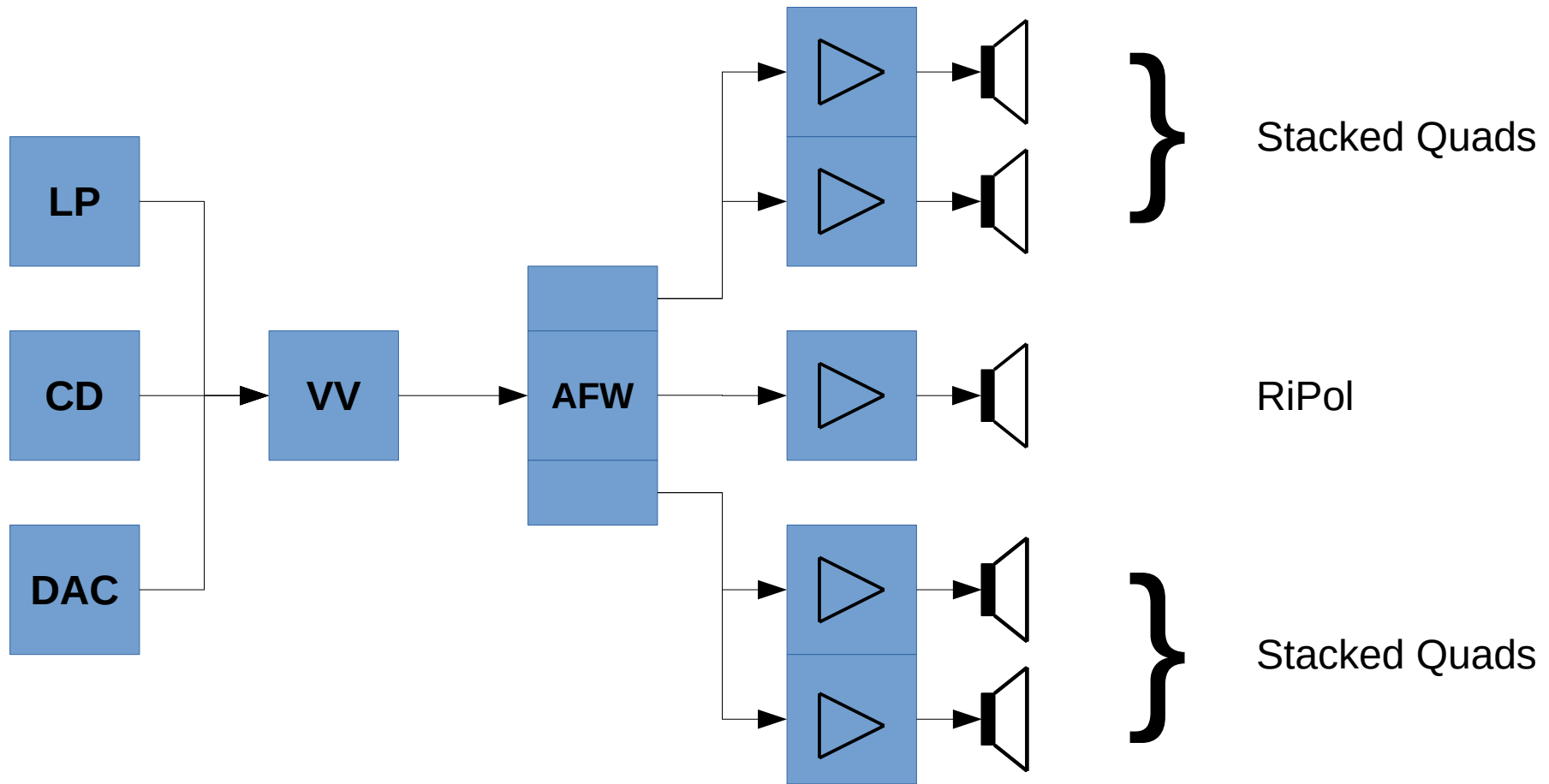
Unterhalb der Schröderfrequenz können akustische Moden des Raumes wahrnehmbare Klangverfärbungen bewirken. Da diese besonders die tiefen Töne betreffen, werden sie als Dröhnen, Booming oder Ein-Noten-Bass empfunden.

Oberhalb dagegen verursachen sie in Wohnräumen keine hörbaren Verzerrungen der Wiedergabe, weil die Moden in Form von dichten Reflexionen und Nachhall ineinander übergehen.

Die Schröderfrequenz für meinen Raum liegt bei rund

290Hz

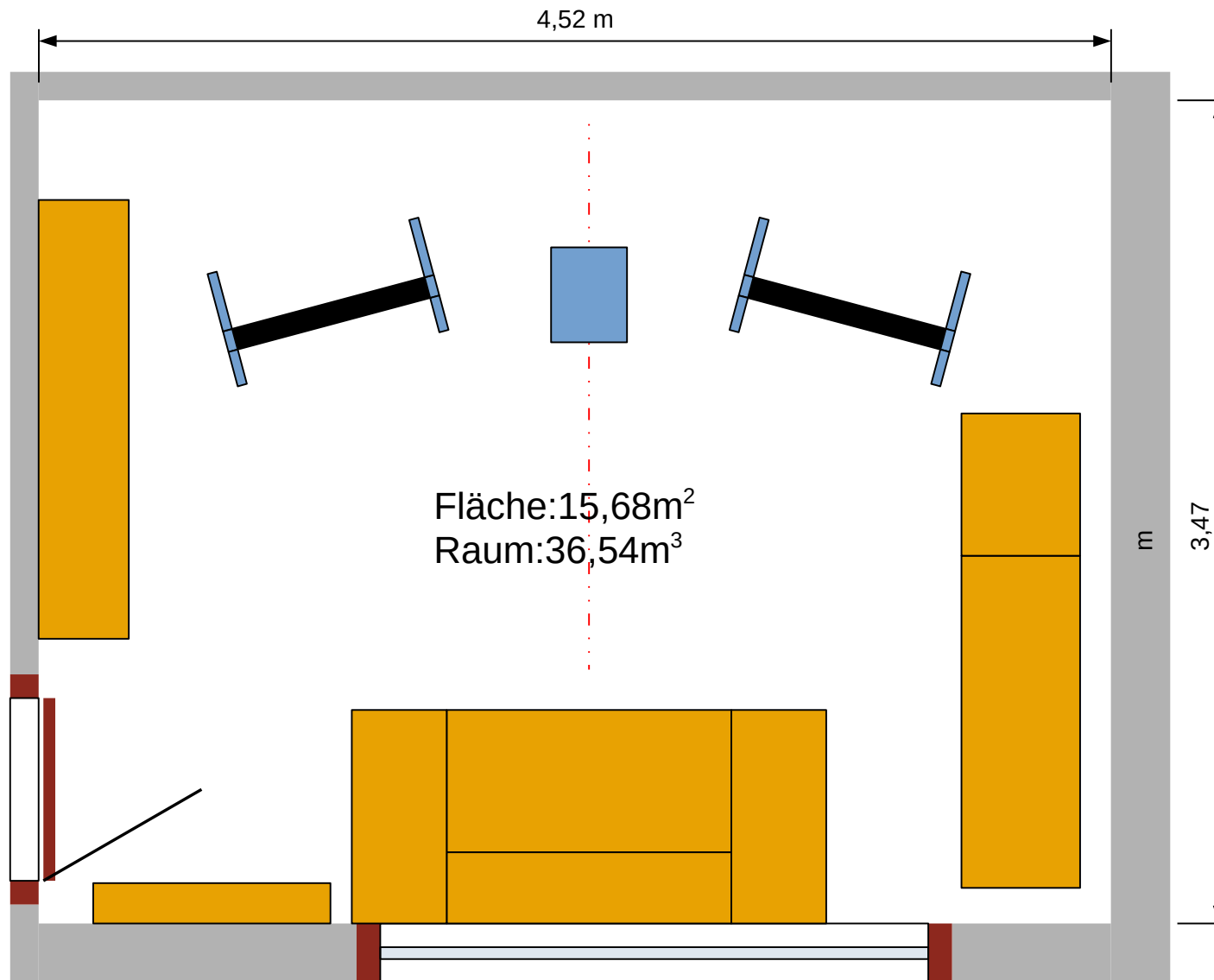
Topologie der Anlage bis 2018



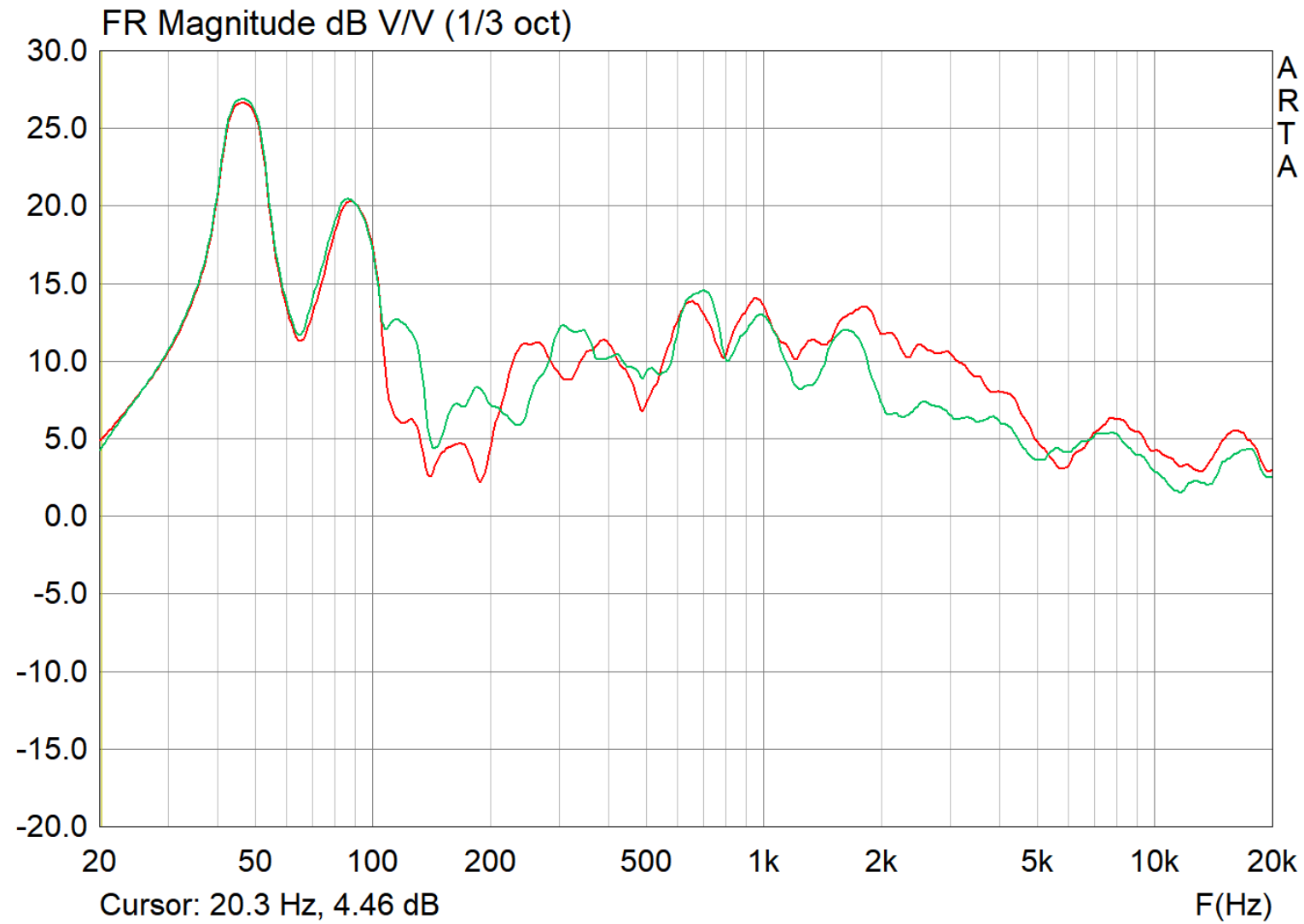
AFW: Trennfrequenz bei 127Hz, 24dB Linkwitz-Riley Filter

RiPol & Stacked Quads

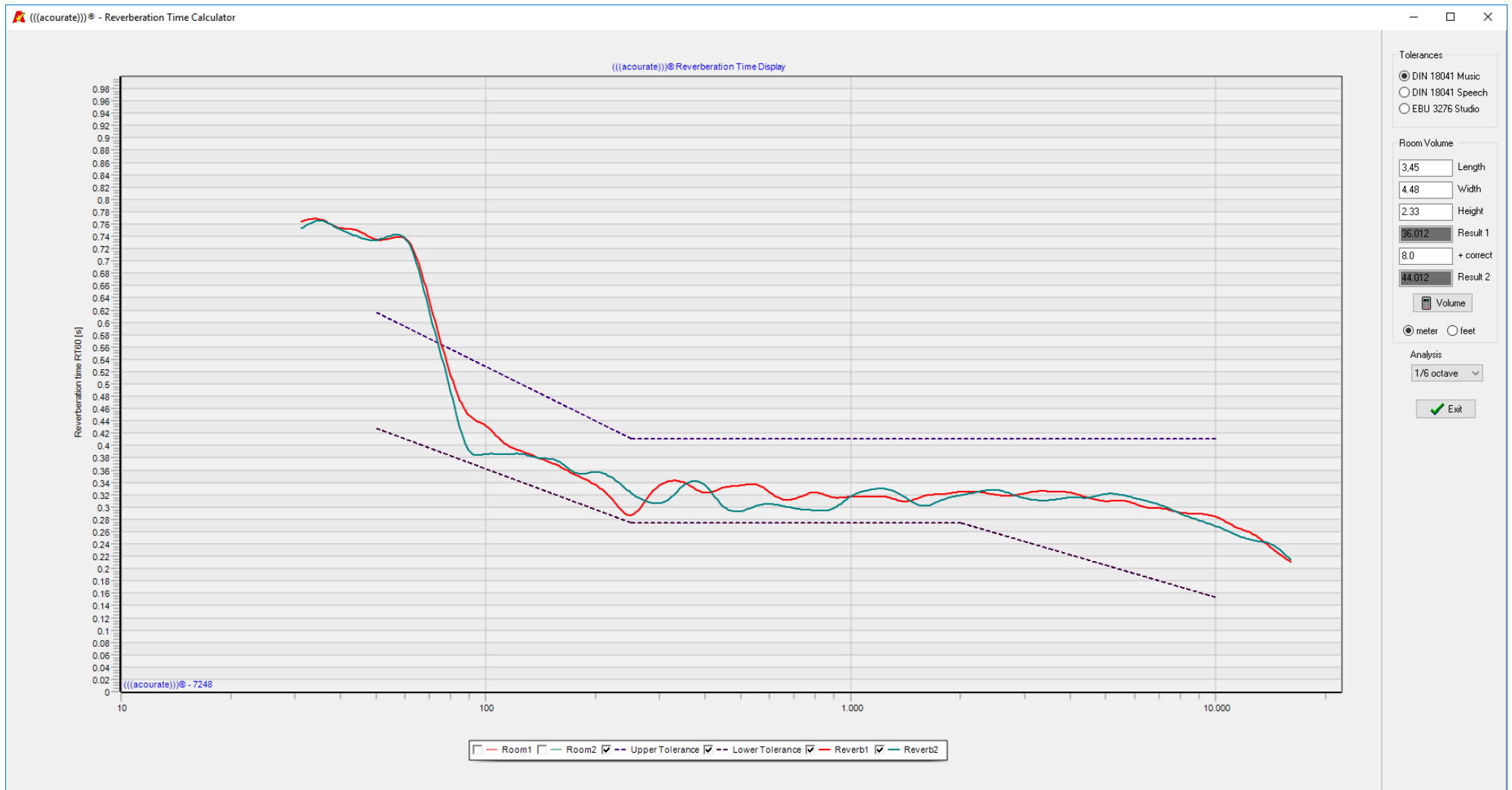


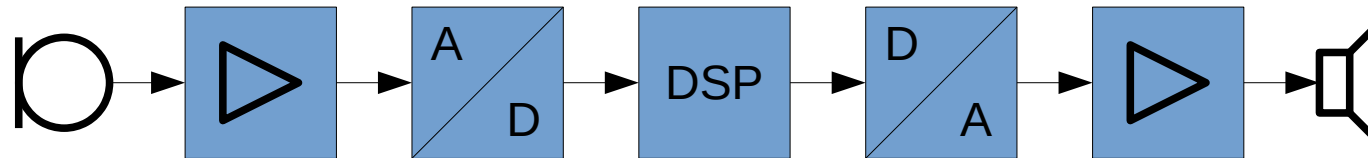


Erste Messung meines Hörraums Dez. 2013



Erste Messung meines Hörraums Dez. 2013





Blockschaltbild unseres aktiven Absorbers:

- Mikrofon
- Mikrofon-Vorverstärker mit Pegelsteller
- 24Bit A/D-Wandler
- Digitaler Signalprozessor (DSP)
- 24Bit D/A-Wandler
- Endstufe mit Pegelsteller
- 30cm Treiber in einem geschlossenen Lautsprechergehäuse



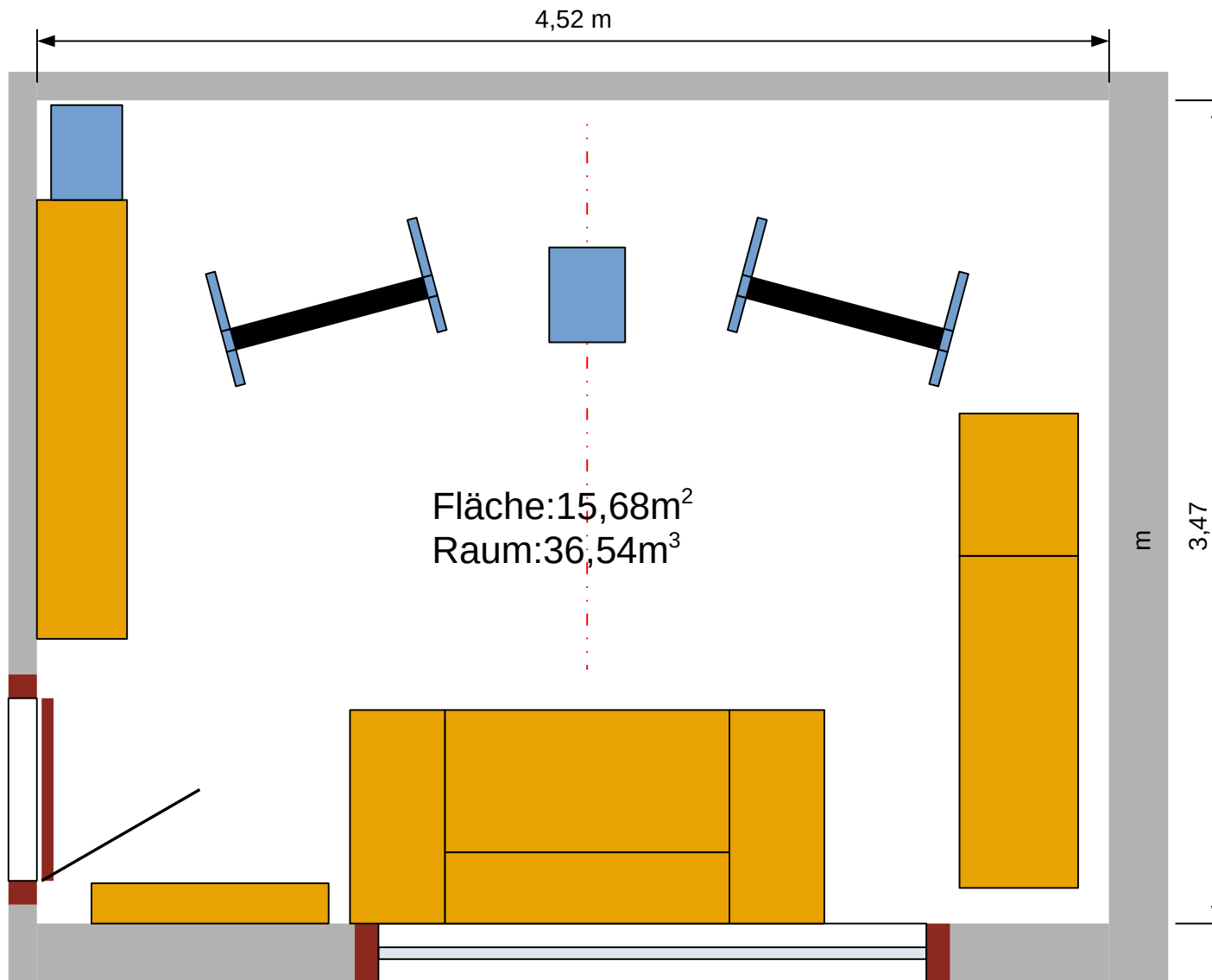
Aktiv Absorber Version 2

Elektronik Aufsatz:

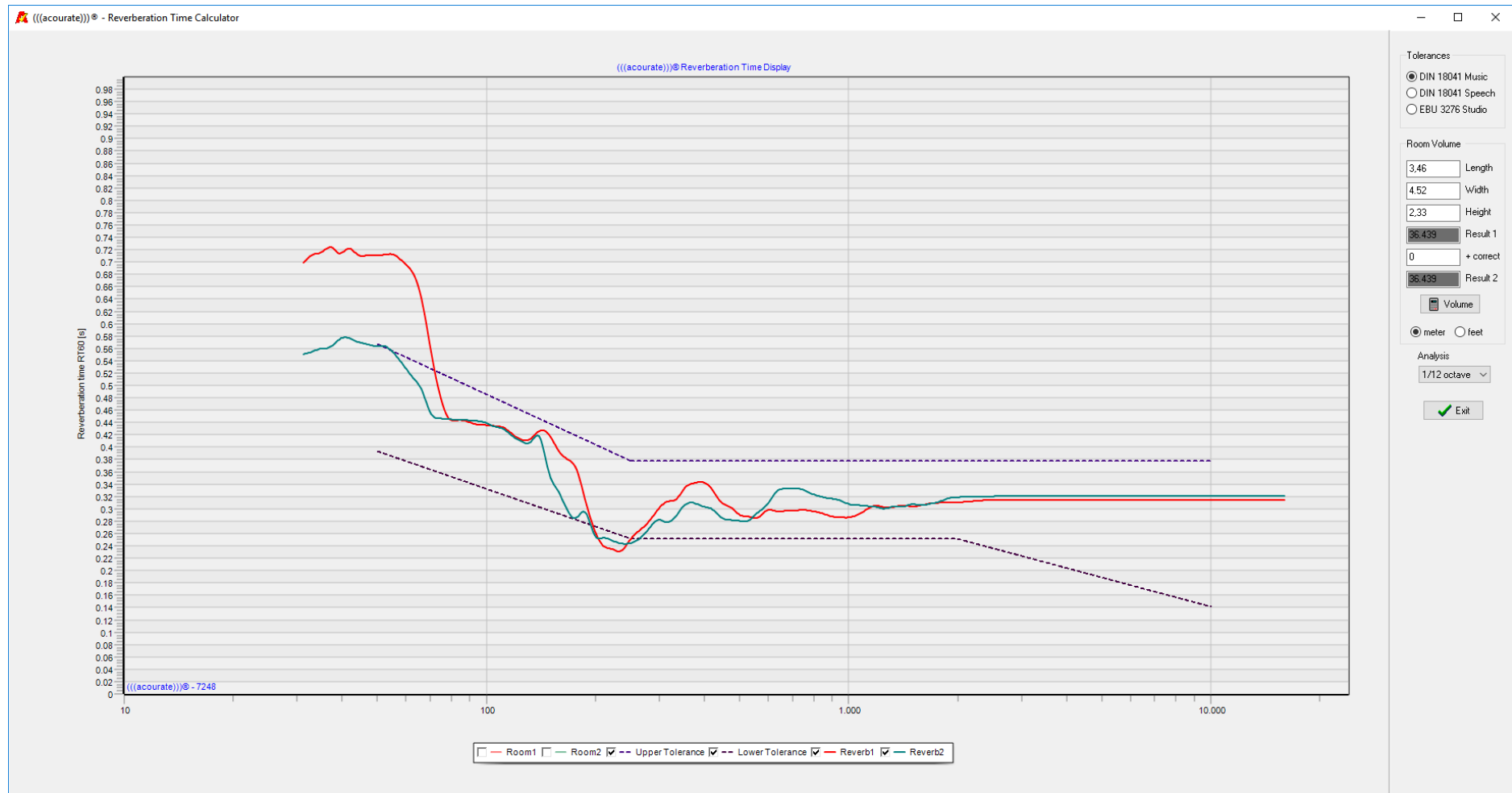
- links ein 2x16 OLED
- mittig das Mikrofon
- darunter eine LED für die Betriebsspannungsanzeige
- rechts ein Drehwinkelgeber zur Bedienung

Das Display ist beim einschalten aktiv. Es deaktiviert sich nach ca. 60s. Durch eine Aktion am Drehwinkelgeber wird es für die Zeit der Bedienung wieder aktiviert.

Entwicklung eines aktiven Absorbers



Entwicklung eines aktiven Absorbers



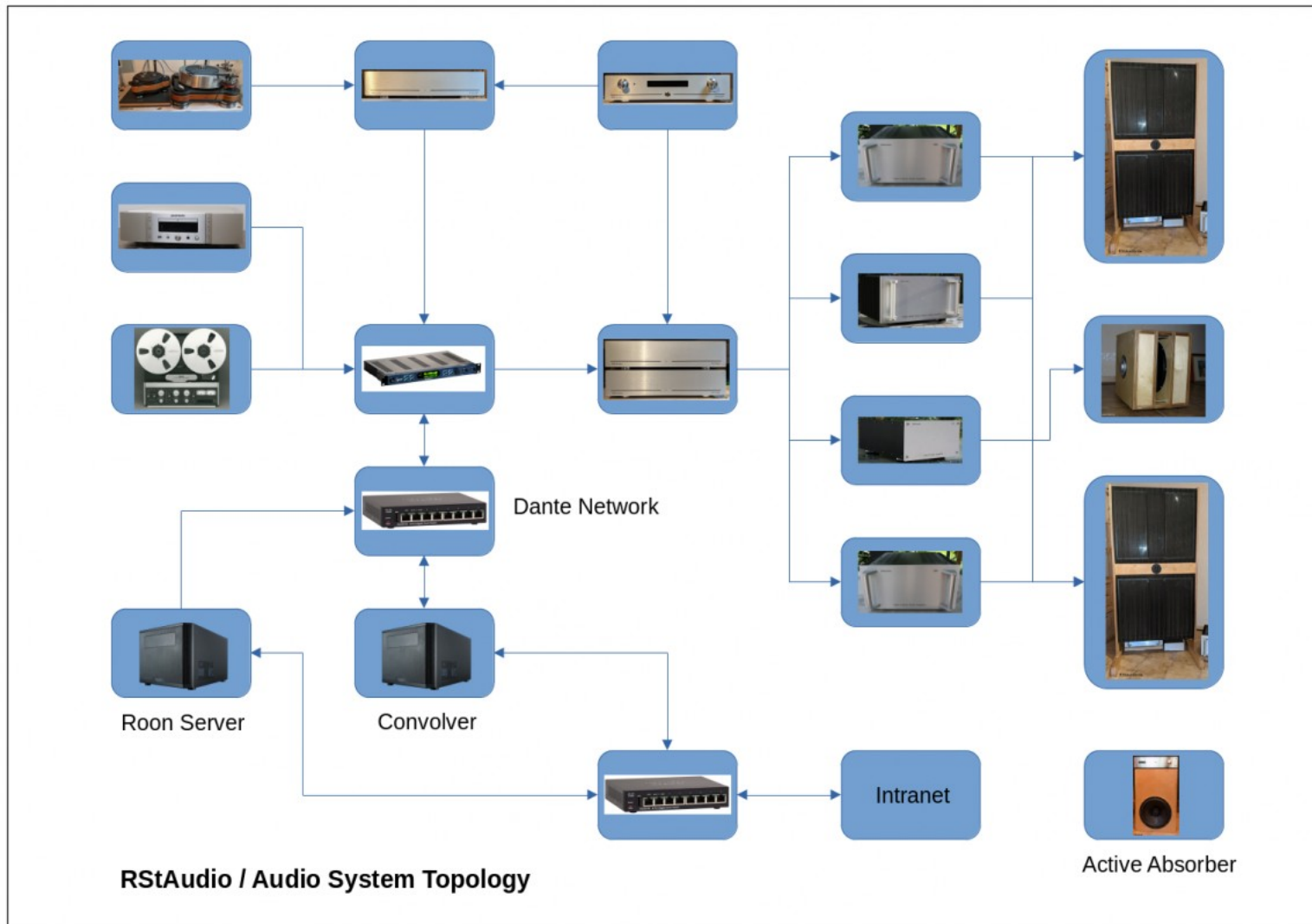
Nachhallzeit **ohne** und **mit** Aktiv Absorber

Zeitsprung ins Jahr 2022

Was ist in der Zwischenzeit passiert?

- **2018**
RiPol Subwoofer mit vorgeschaltetem MiniDSP Board entzerrt
Vorhang aus Bühnenmolton partiell vor dem Fenster
- **2020**
Stacked Quad's haben neue Folien & Hochspannungskaskaden erhalten
- **2021**
Die Zäsur: **Analoge Frequenzweiche durch Studio Wandler & PC ersetzt**
Tür mit Schwerfolie und Dichtband beklebt
- **2022**
Mundorf Air Motion Transformer hinzugefügt / neue Lautsprechergestelle
Einsatz eines 10 Kanal Vorverstärkers

Topologie meiner Anlage ab 05/2022



Das RQM Lautsprechersystem besteht aus den folgenden Komponenten:

- **RiPol** Mono Subwoofer / bis 125Hz
- **Stacked Quads** / 125Hz ... 7,5kHz
- **Mundorf Air Motion Transformer** / ab 7,5kHz

Aktive Frequenzweiche mit Studio Wandler & PC

- Studio Wandler Lynx Aurora⁽ⁿ⁾ PRE 2016 Dante
- PC mit Windows Server 2019 & AcourateConvolver

Das RQM Lautsprechersystem



Signalverarbeitung im Convolver

2 Eingangssignale (Stereo)

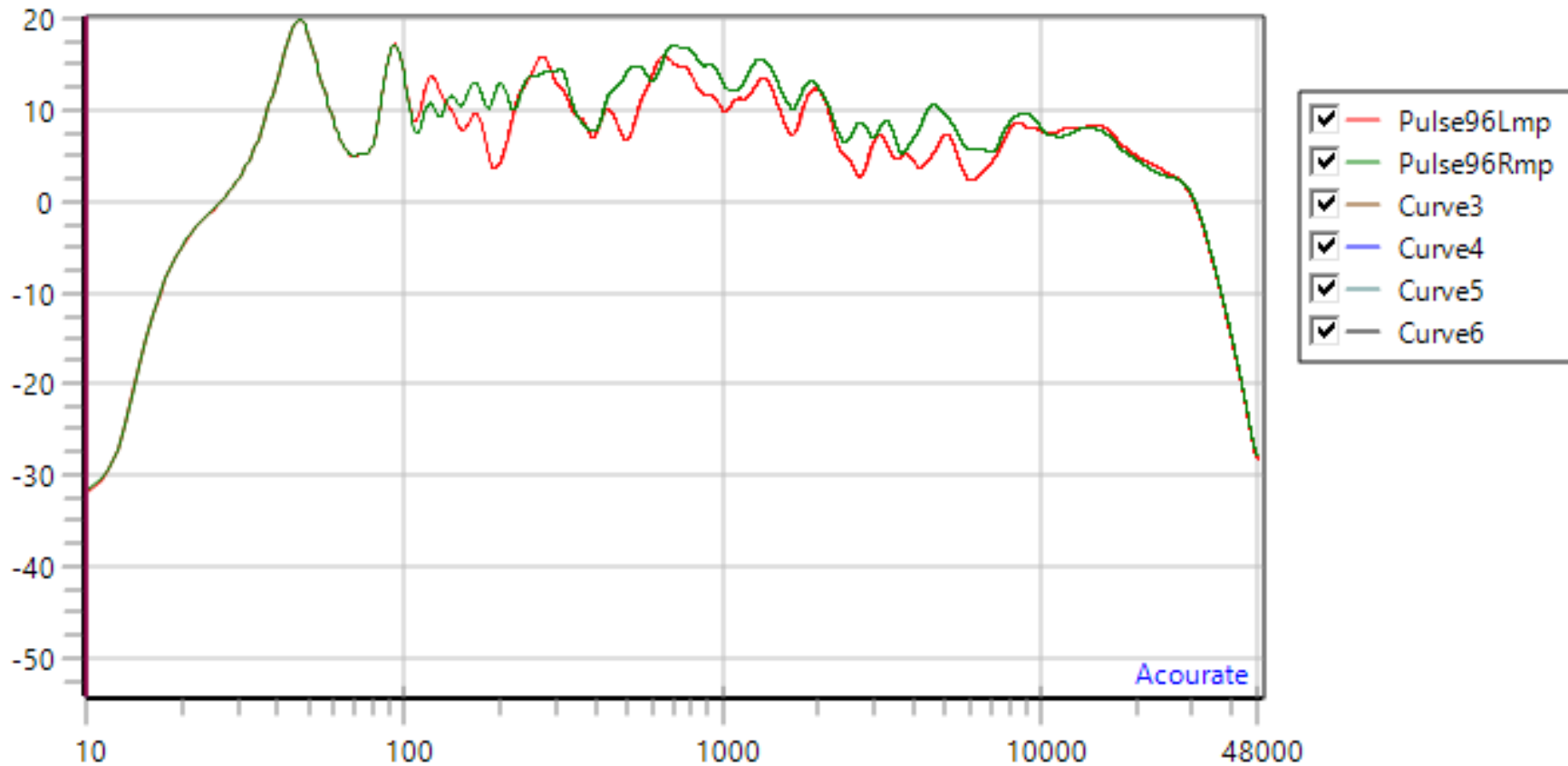
7 Ausgangssignale (1x RiPol, 4x Quad, 2x Mundorf)

Berechnet werden:

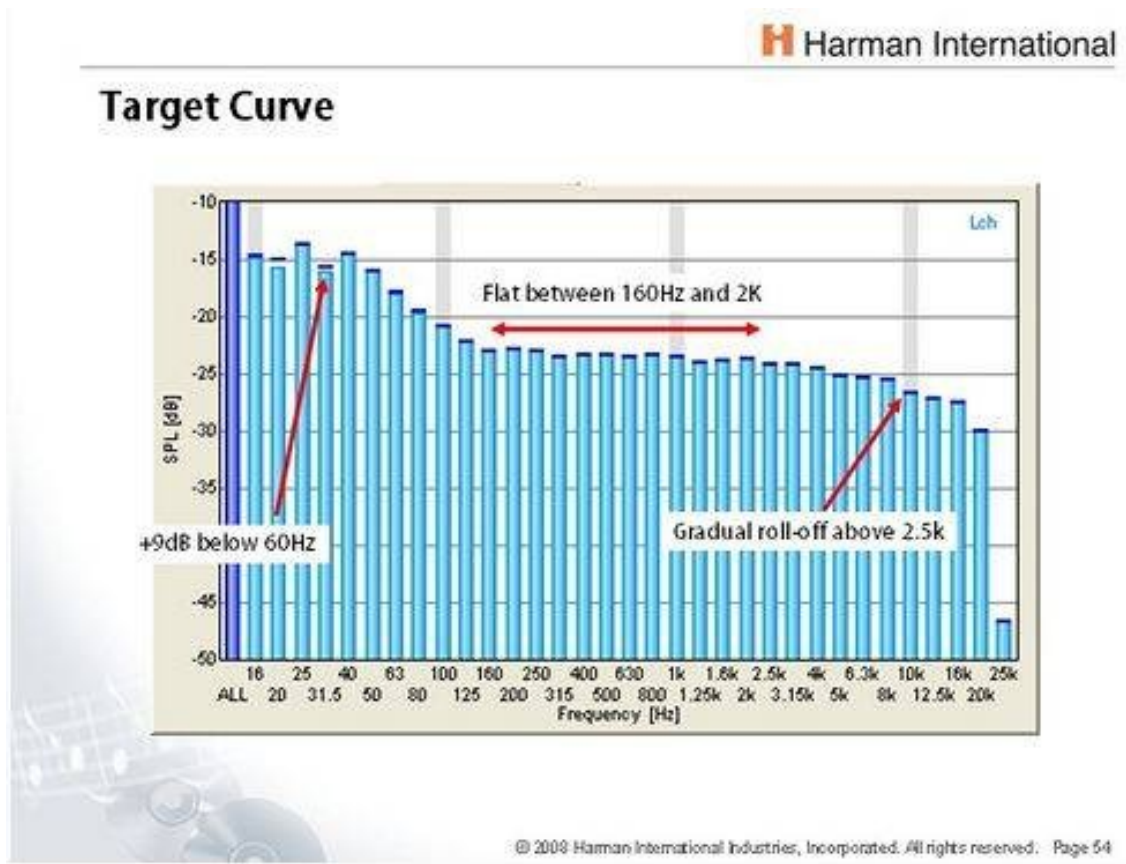
- eine 3 Weg Frequenzweiche mit FIR Filtern 2. Ordnung
- Laufzeitkorrekturen der Lautsprecher zueinander
- raumakustische Korrekturfilter
- Symmetrierung der Phase zwischen den beiden Stereo Kanälen

Taktfrequenz / Auflösung: 96kHz / 24Bit

FIR: **F**inite **I**mpulse **R**esponse Filter / Filter mit endlicher Impulsantwort



Die Targetkurve ist die Festlegung des Zielfrequenzganges der Anlage.

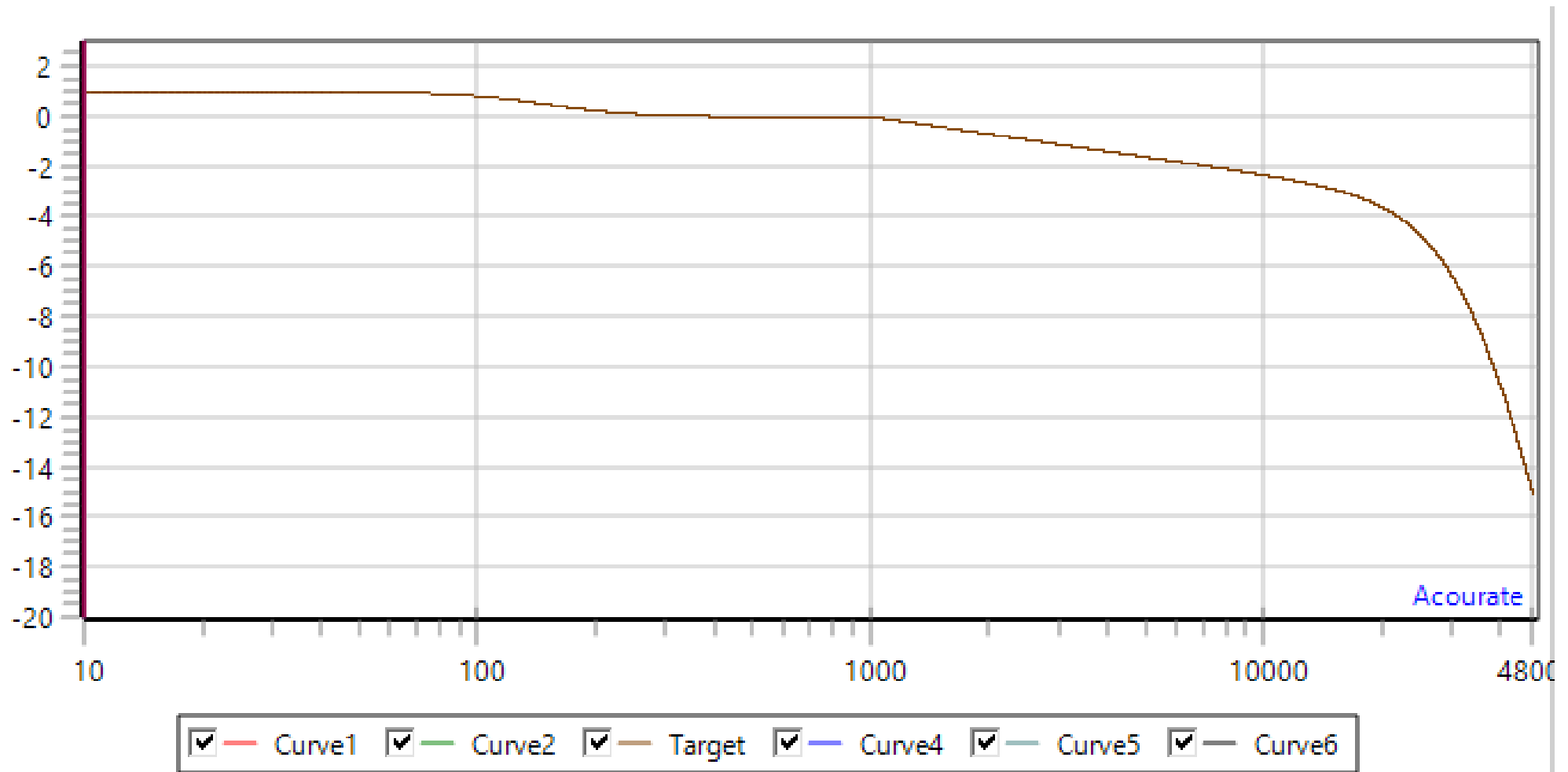


Eine ideale Targetkurve gibt es nicht. Sie richtet sich nach dem Raum, den Lautsprechern und dem persönlichen Geschmack.

Die Firmen *Harman International* und *Brüel & Kjær* haben Untersuchungen zu einer optimalen Targetkurve gemacht. Links sieht man das *Harman* Ergebnis, das von einem Großteil der Probanden als Optimum empfunden wurde.

Empfohlener Startwert:
Knickpunkt bei 1kHz auf -6dB bei 20kHz

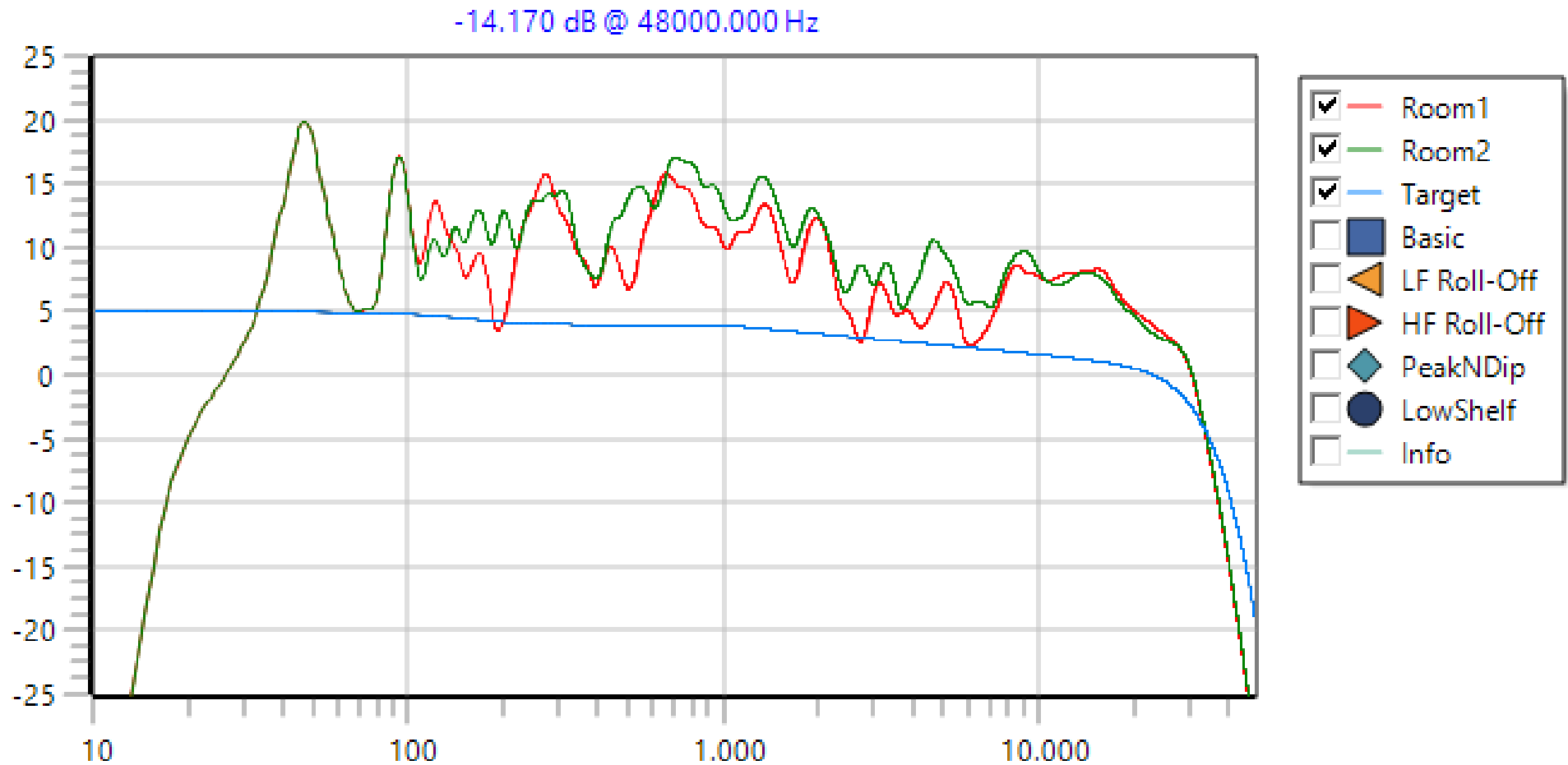
Targetkurve



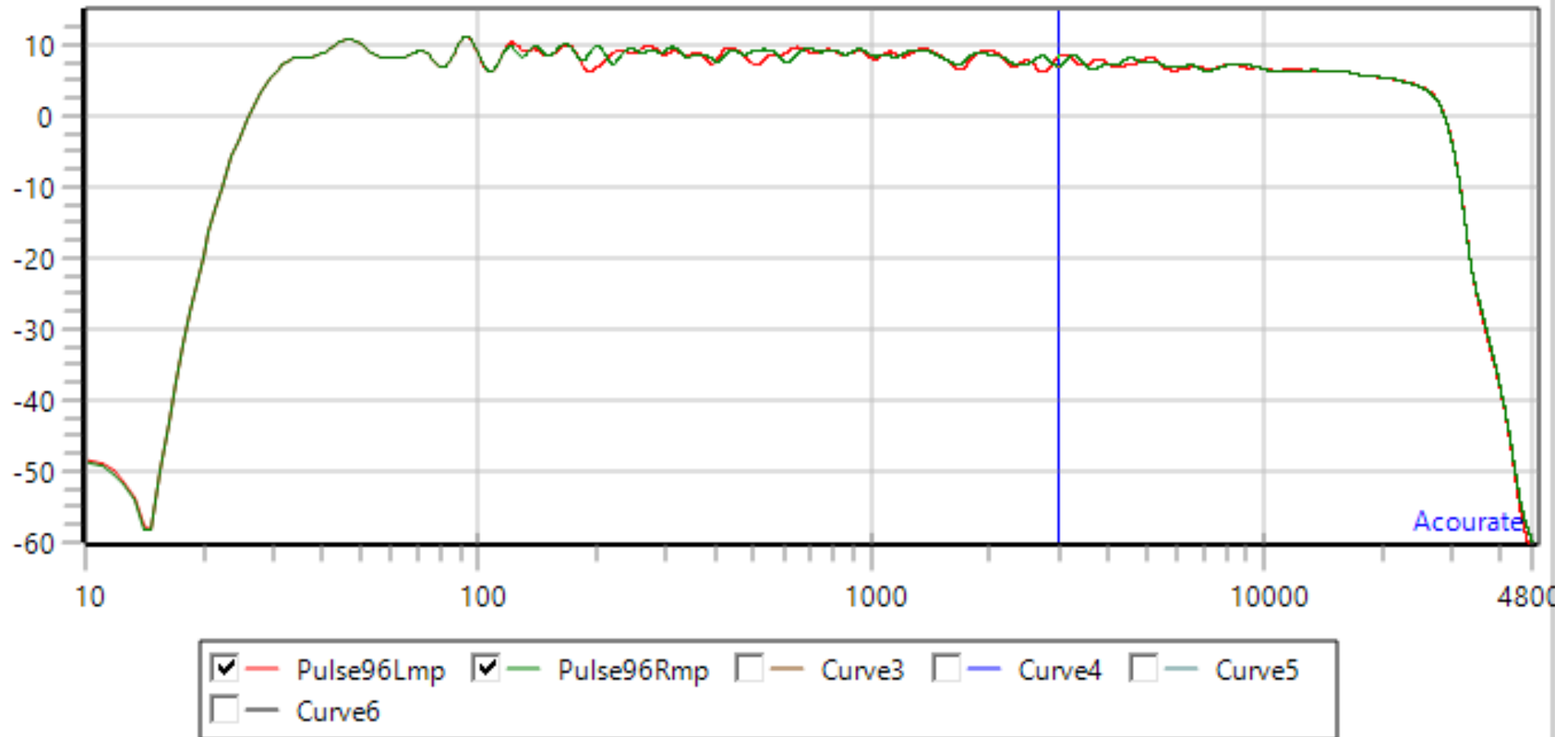
Low Shelf +1dB unterhalb 150Hz
Subsonic Filter bei 25Hz

Knickpunkt bei 1kHz mit -3dB bei 20kHz
High Pass Roll-Off mit -3dB bei 30kHz

Targetkurve



Messung des korrigierten Systems





Hochwertige Lautsprecher in einem akustisch unbehandelten Raum zu betreiben, ist wie mit einem Sportwagen über einen Stoppelacker zu fahren.

Dipl.-Ing. Torben Bostelmann (Akustik Module)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Kontaktaufnahme:

E-Mail: info@rstaudio.de
Web: www.rstaudio.de

ACT⁽¹⁾ Stammtisch der AAA:

Restaurant „Zum goldenen Herzen“
Markt 26-28
47638 Straelen

1x im Monat nach Absprache

Nächster Termin: Mittwoch der 19.04., 19 Uhr

Auch Nichtmitglieder der AAA sind herzlich willkommen!

(1) Analoges Currywurst Treffen