

**Deinen Traumklang
selbst kreieren!**

Next Level DSP mit FIR Filtern

**Lautsprecher zeit- und
phasenrichtig aktiv entwickeln**

Sauerland Workshop 8./9.11.25

Who are ...



Guido



Bidjan

Was haben wir vor?

- Wir entwickeln ein Projekt zusammen – Schritt für Schritt.
- Wir hören damit gemeinsam Musik.
- Wir tunen den Klang .
- Wenn die Zeit reicht
 - integrieren zwei Subwoofer,
 - schauen wir noch auf andere Speaker.
- Wir haben Spaß, lernen uns kennen, tauschen uns aus.

Musik so hören, wie sie uns bewegt

- Das ist das wichtigste Ziel.
- Viele Faktoren spielen eine Rolle, z.B. die Anlage mit all ihren Komponenten, der Raum, die Aufstellung, der persönliche Geschmack, die aktuelle Verfassung.
- Wir hören nicht nur mit den Ohren, sondern mit allen Sinnen und wir selbst spüren, was uns bewegt und gefällt.
- Unser Beitrag zum Ziel
 - Teil 1: Wir entwickeln eine aktive Frequenzweiche und schaffen technisch die Grundlagen für ein emotionales Hörerlebnis.
 - Teil 2: Wir hören und tunen den Klang individuell nach unserem Geschmack.
 - Wir hören Musik so, wie sie uns bewegt.

Der Workflow im Überblick

Teil 1: Entwicklung aktiver Frequenzweichen

- Workflow 1: Das Beste aus jedem Treiber rausholen
- Workflow 2: Zusammen groß aufspielen
- Workflow 3: Der Raum macht die Musik
- Workflow 4: Perfect Timing

Teil 2: Klangliches Finetuning

- Workflow 5: Beim Hören meine Zielkurve einstellen
- Workflow 6: Beim Hören meinen Traumklang finden

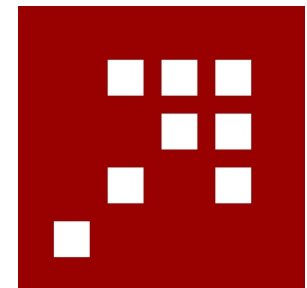
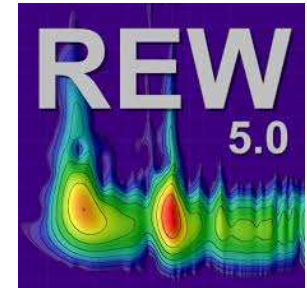
Hardware

- Windows PC
- FIR-BoxX
- Audio Interface
 - z.B. Focusrite Scarlett Solo (4th Gen)
- Messmikrofon
 - z.B. Behringer ECM8000 (kalibriert)
- Mikrofonständer
- Kabel



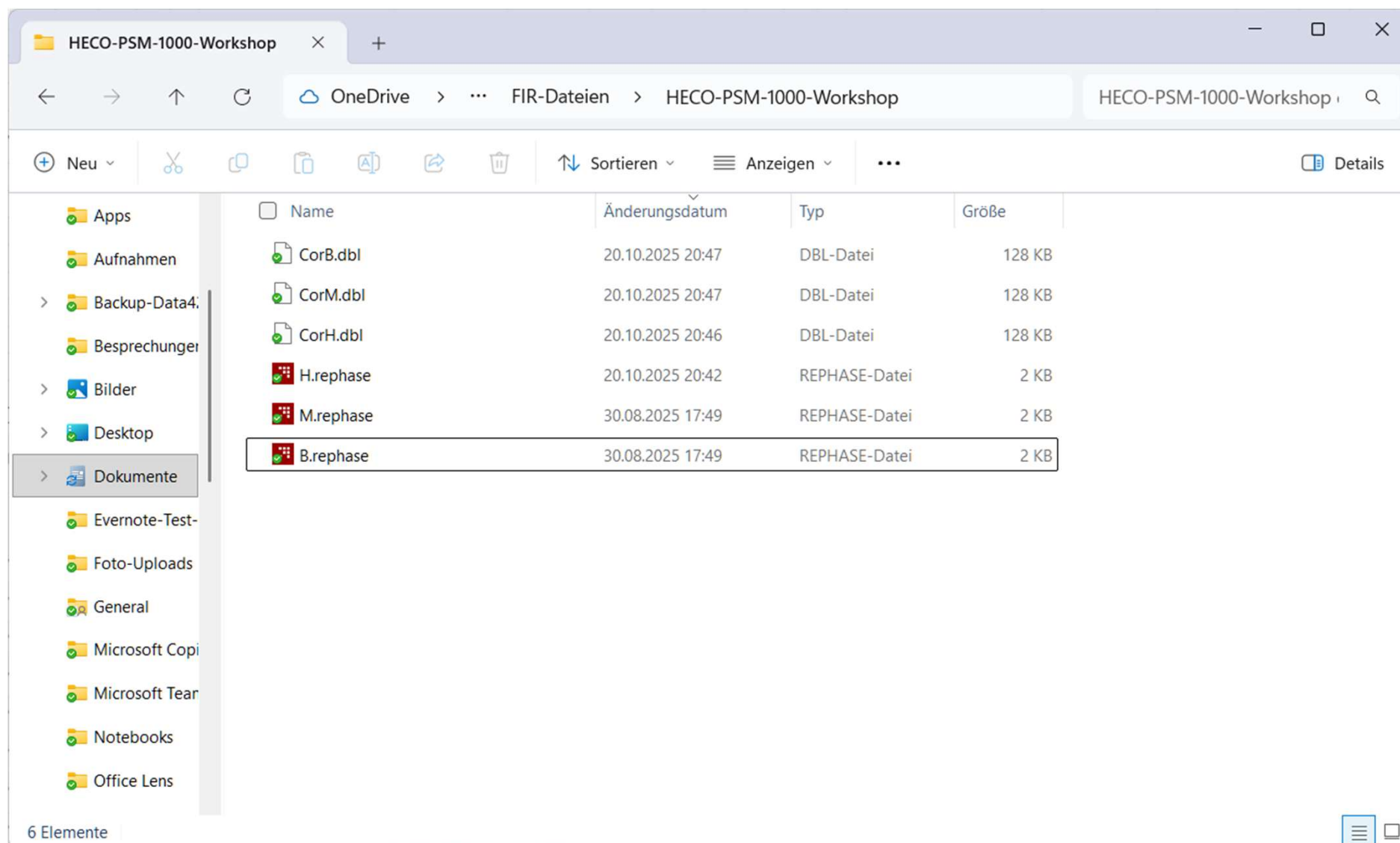
Software

- Chrome Internetbrowser
 - <https://www.google.com/chrome/>
- Room EQ Wizard Beta (REW)
 - <https://www.avnirvana.com/threads/rew-api-beta-releases.12981/>
- rePhase
 - <https://rephase.org/>



Beispielprojekt Silent Lounge Starter

rePhase Dateien und Filter erstellen



Musicwonder App: Speaker anlegen

Common

Standby ☐

Hostname

Brand

Settings

Status BruteFIR ☒

Input ☒

Allow filter bypass ☐

Volume 0

Startvol 40

Speaker

Speaker

Profile

Tuning

Voicing

Partitions

H (SpeakOn High 2) ☐ ☐ L/R

M (SpeakOn High 1) ☐ ☐ L/R

G (SpeakOn Low 2) ☐ ☐ L/R

B (SpeakOn Low 1) ☒ ☐ L/R

Filter

B ☒ att del

Os: 0.9.9.6, Fw: 2.13

Lautsprecher frei im Raum aufstellen

- Wir messen zunächst mit einem Lautsprecher,
- am besten draußen ...,
- ... oder lieber im Warmen,
- möglichst weit weg von Boden, Decke und Wänden.
- Wir wollen Raumeinflüsse durch frühe Reflexionen möglichst klein halten.

Teil 1

Entwicklung aktiver Frequenzzeichen

Workflow Teil 1

Das Beste aus jedem Treiber rausholen

Messen und Linearisieren im Nahfeld

Nahfeld – REW

In REW pro Treiber

- Mehrere Messungen aus verschiedenen Abständen
- Impuls und Phase prüfen
- SPL angleichen (SPL Alignment)
- Messungen mitteln (Vector Average)
- Gemittelte Messung glätten (IR Windows, FDW)
- Messung als Referenz für den Treiber exportieren (als *.txt)

Nahfeld – rePhase

In rePhase pro Treiber

- Referenzmessung aus REW importieren
- Linearisierung Frequenzgang im Paragraphic Gain EQ
 - Im Hochtönen ggf. einen Anstieg zulassen
 - Im Bass ggf. dem Abstieg entgegenwirken
- Linearisierung Phase im Paragraphic Phase EQ
- Output in dB kontrollieren und ggf. anpassen (Measurement, bypass)
- Filter generieren

Nahfeld – REW Filter prüfen

In REW pro Treiber mit dem neuen Filter

- Korrekturmessung
- Überprüfung von Frequenzgang und Phase
- Wenn nötig: Nachkorrekturen im REW EQ vorbereiten

Diesen Vorgang später auch mit nachkorrigierten Filtern wiederholen.

Ergebnisse Workflow Teil 1

- Alle Treiber wurden
 - einzeln gemessen in REW
 - linearisiert in Frequenzgang und Phase in rePhase
 - kontrolliert in REW
 - und ggf. nachkorrigiert
- Für H, M und B sind jetzt Basisfilter vorhanden.

Workflow Teil 2

Zusammen groß Aufspielen

Messen auf 1m
Crossover, Dämpfung, Delays

Wesentliche Arbeitsschritte

- Winkelmessungen: Wo bündeln die Treiber?
- Passende Crossover suchen (ein schönes „X“)
 - nach den „Wohlfühlbereichen“ jedes Treibers
 - Linkwitz-Riley mit 24dB oder 48dB Flanken funktionieren oft gut
 - Alternativ mit asymmetrischem „Reject High“ 48dB testen (Bessel)
- Pegel angleichen (Attenuation)
- Delays einstellen

Workflow Teil 3

Der Raum macht die Musik

Basstuning und Raumkorrektur

**Nur wenn nötig und bitte
ohne Nebenwirkungen**

Wesentliche Arbeitsschritte

- Wir messen am Hörplatz L+R.
- Wir schauen vor allem auf
 - Probleme im Bass (Überhöhungen, Auslöschungen, Subsonic),
 - mögliche Pegelverluste im Hochton.
- Wir korrigieren unsere Filter
 - mit EQs und Shelves,
 - bei Phase Drifts mit 2nd Order Allpass-Filtern.
- Wir passen die Pegel der Treiber an.

Workflow Teil 4

Perfect Timing

**Delays auf die Hörposition
optimieren**

Wesentliche Arbeitsschritte

- Wir messen am Hörplatz die Treiber einer Seite einzeln mit Loopback.
- Wir schauen auf die Sprungantworten und messen die Abstände zwischen den Treibern.
- Wir rechnen die Abstände um in Samples und passen die bisherigen Delays passend an.
- Wir prüfen die Sprungantwort für L, R und L+R.

Teil 2

Klangliches Finetuning

Zu Deinem persönlichen Traumklang

Warum ist Klang einstellen so verpönt?

- Ganz früher typisch: „Bass“ und „Treble“ – wir drehen zwei Frequenzbereiche hoch und runter.
- Klassische Equalizer: Ein paar mehr Regler für ein paar mehr Frequenzbereiche.
- Parametrische Equalizer (IIR): Da geht (noch) mehr (kaputt).
- Automatische Raumkorrektur und Zielkurven: Das funktioniert ... nur teilweise.
- Fast immer Seiteneffekte durch Phasenverschiebungen.
- Oft gehört
 - „Irgendwie ist die Lebendigkeit raus“.
 - „Hab‘ ich probiert. Taugt nix“.

Was wäre sinnvoll?

- Die Basis ist da. Die Treiber spielen sauber, Phase und Timing stimmen und der Klang im Raum passt.
- Wir wollen diese Eigenschaften nicht verschlechtern, wenn wir den Klang anpassen.
- Linearphasige FIR-Filter können den Klang verändern, ohne die Basiseigenschaften zu verschlechtern.
- Wir wollen beim Musik hören so einfach wie möglich unseren Wunschklang einstellen und dazu definitiv keine FIR-Filter programmieren müssen.

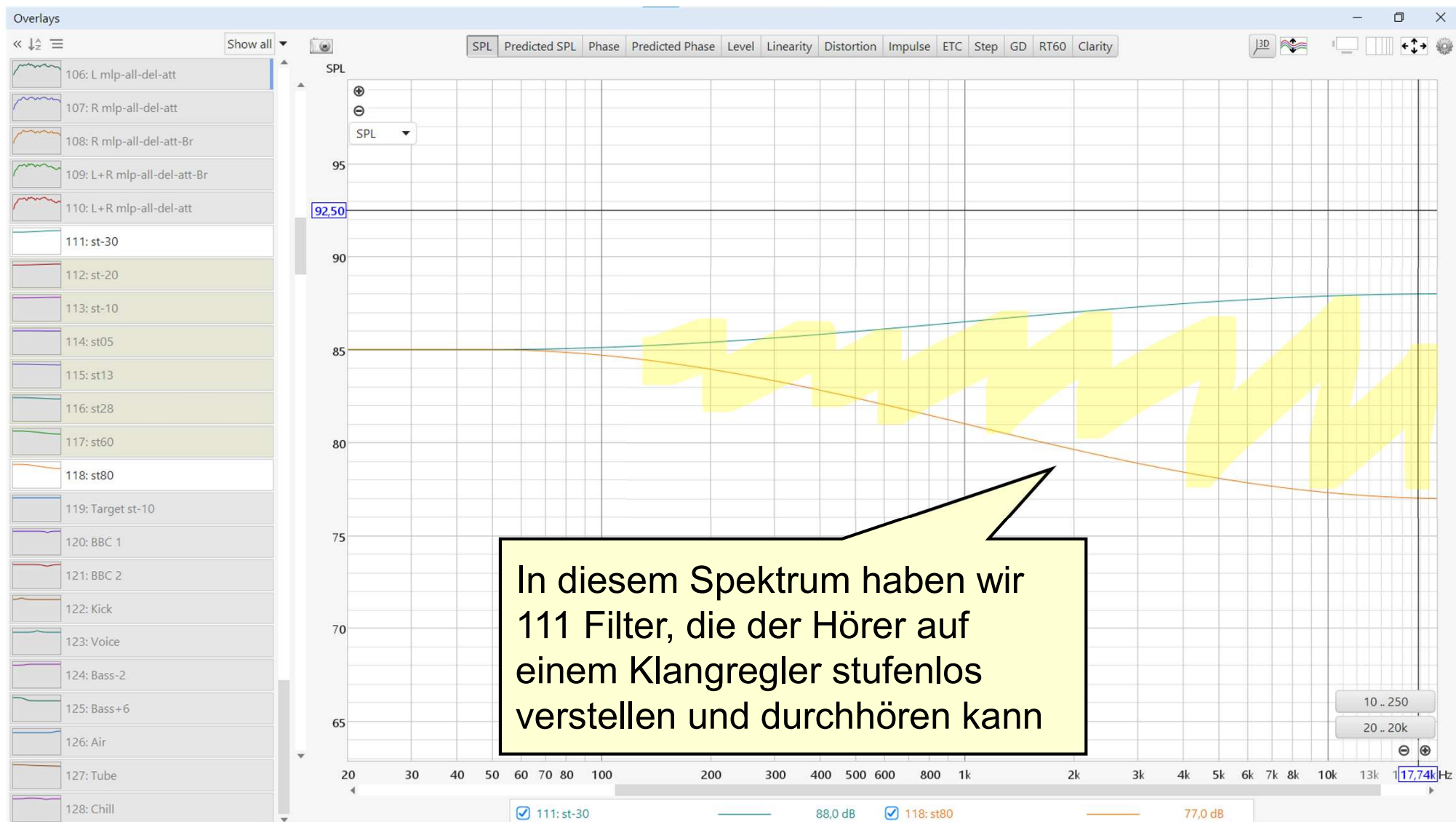
Workflow Teil 5

Beim Hören meine Zielkurve einstellen

Audiophiles Musicwonder Tuning

- Klassische Zielkurven sind nicht linear.
- Typisch sind sanfte Verläufe mit etwas mehr Bass, ausgeglichenen Mitten und etwas weniger Höhen.
- Eine Zielkurve legt einen solchen Verlauf exakt fest.
- Am bekanntesten: Harman Zielkurve.
- Das Musicwonder Soundtuning ermöglicht 111 Varianten von Zielkurven per Klangregler unterbrechungsfrei einzustellen und anzuhören.
- Das erlaubt eine sehr genau tonale Balancierung zwischen Bass, Mitten und Höhen nach persönlichem Geschmack.
- Der Hörer muss nur hören, was ihm am besten gefällt.

Zielkurve nach Geschmack einstellen



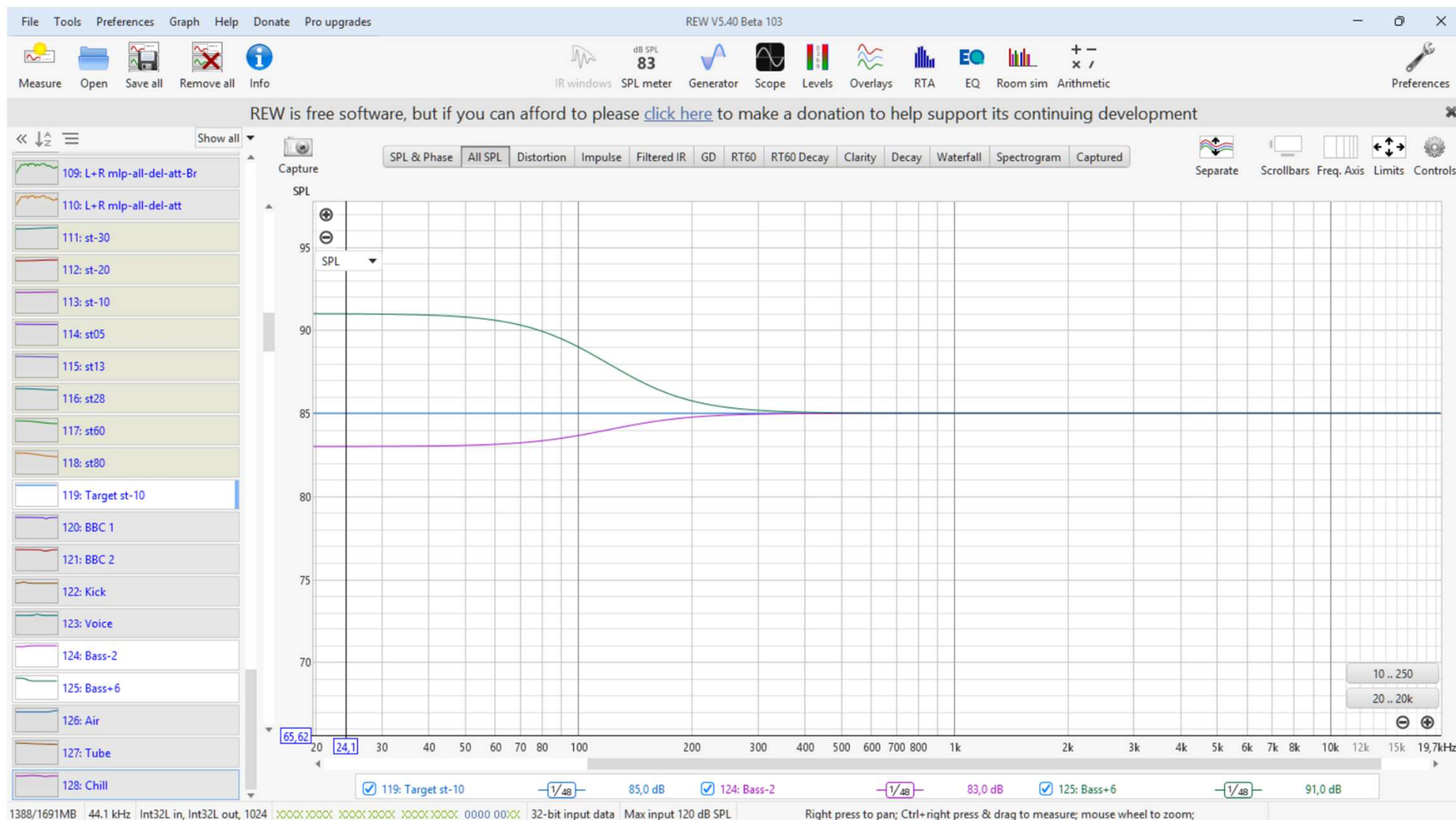
Workflow Teil 6

Beim Hören meinen Traumklang finden

Audiophiles Musicwonder Voicing

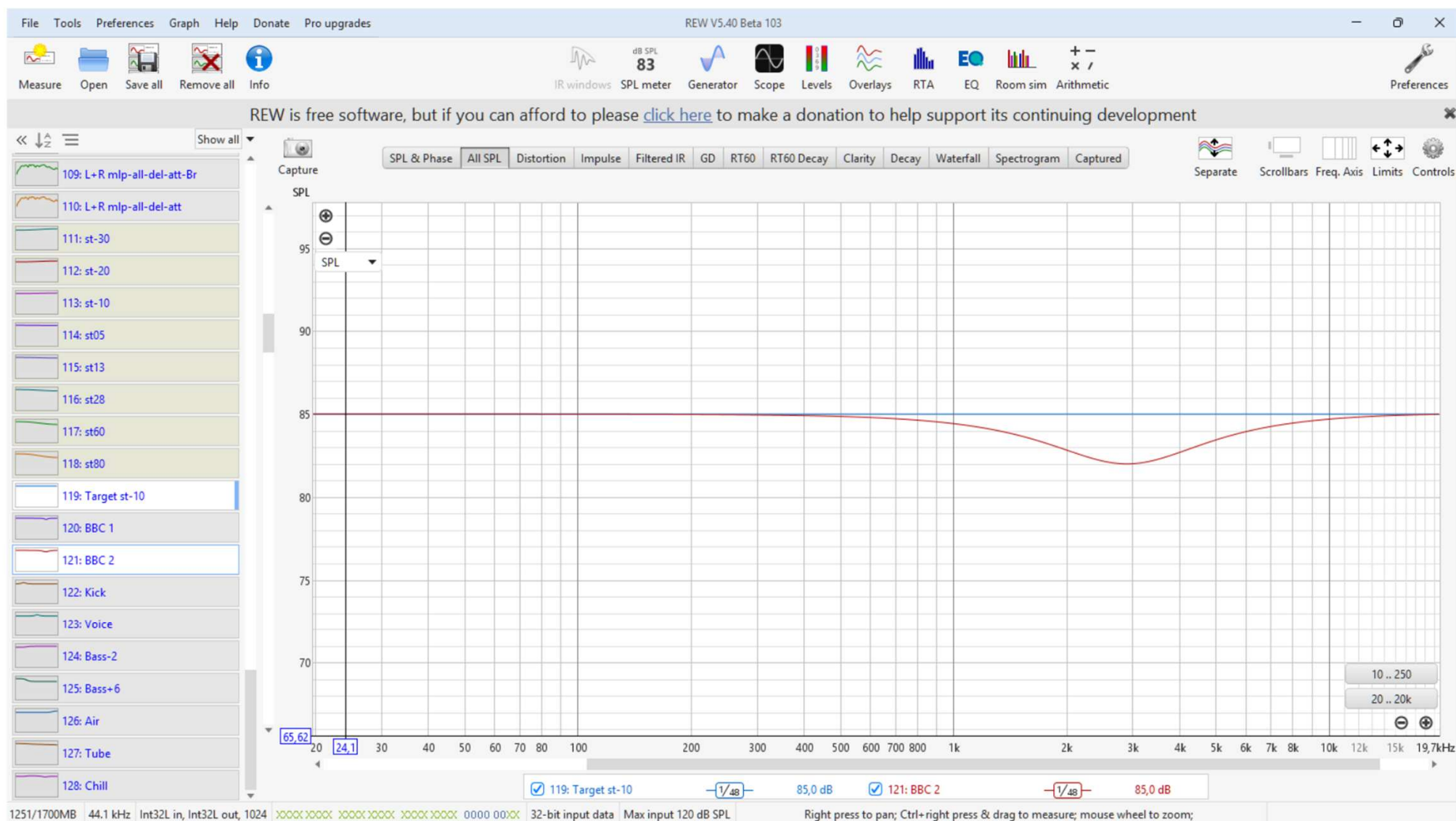
- Voicings greifen gezielt und versiert an typischen Stellen ein, bei denen die geschmacklichen Präferenzen auseinander gehen.
- Offensichtliche Beispiele sind Bass, Kickbass, Hochtון, Präsenzbereich und Stimme mit den Voicings Bass, Kick, Air, BBC 1, BBC 2 und Voice.
- Breitbandigere Varianten ändern den Frequenzgang in Richtung „wärmer“ oder „entspannter“ mit den Voicings Tube und Chill.
- Ein Musicwonder Voicing wird ebenfalls per Klangregler beim Hören unterbrechungsfrei in feinen Schritten eingestellt (mindestens 30 Stufen).

Bass – 80 Einstellungen

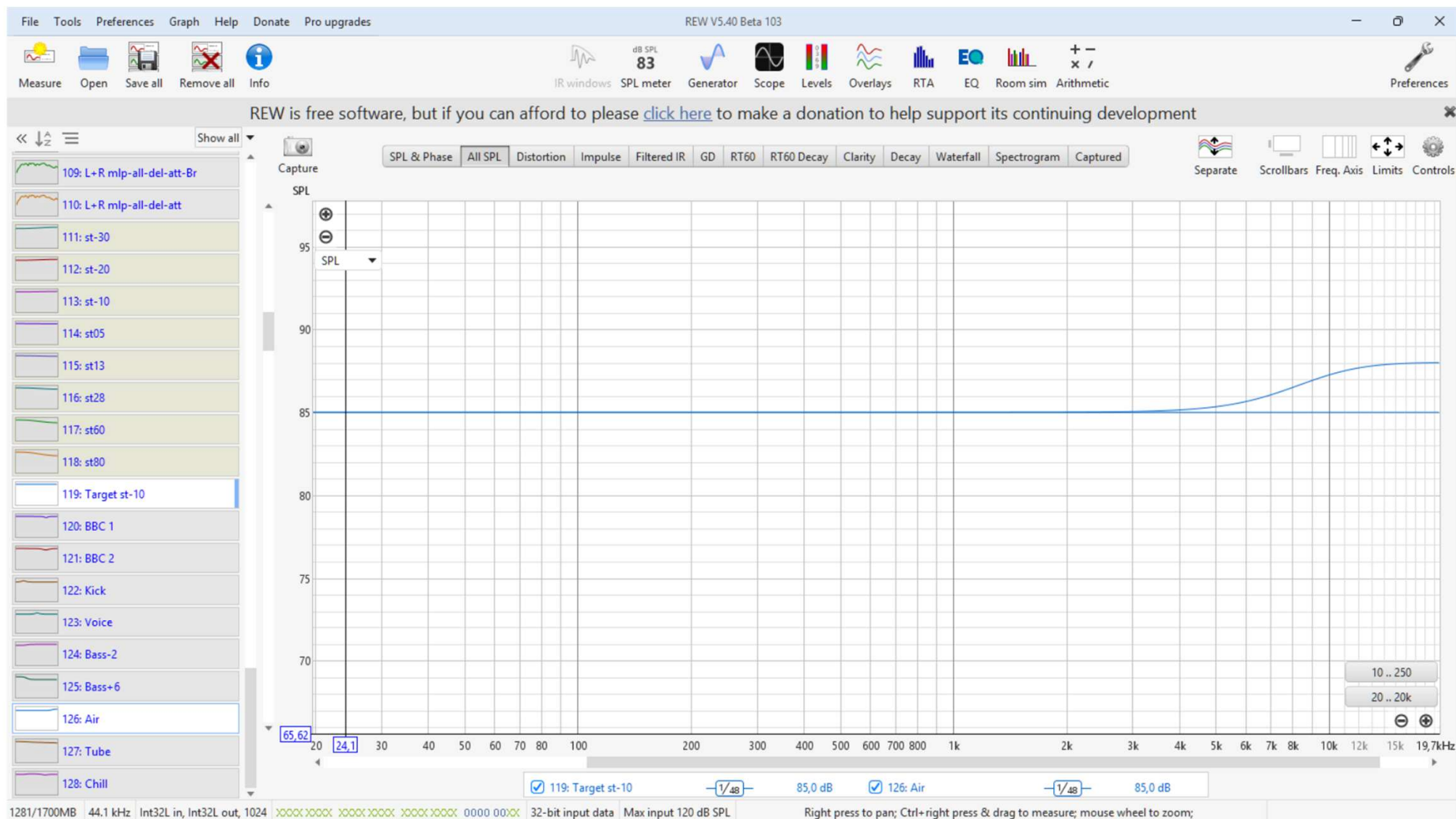




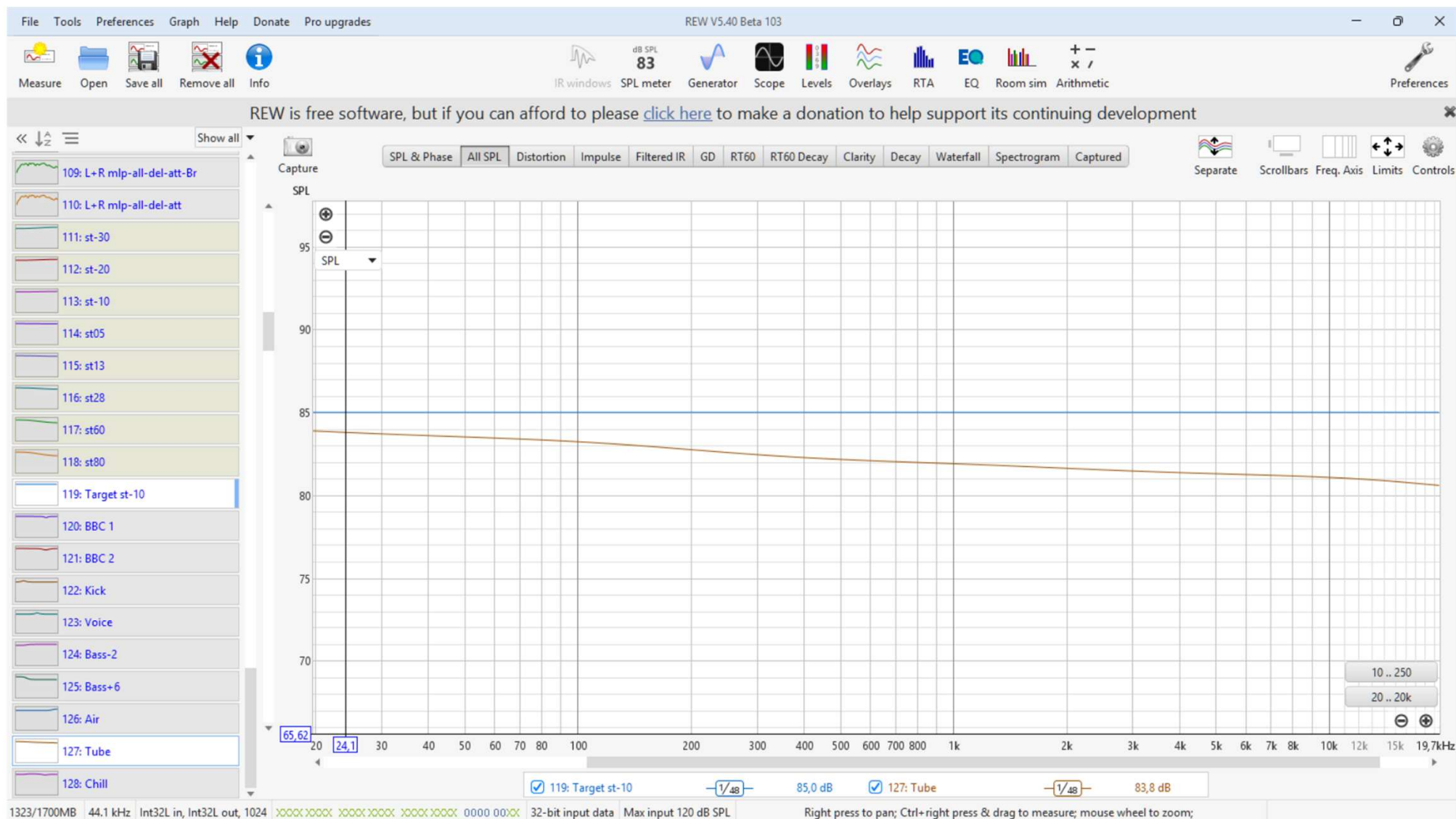
BBC 2 – 30 Einstellungen



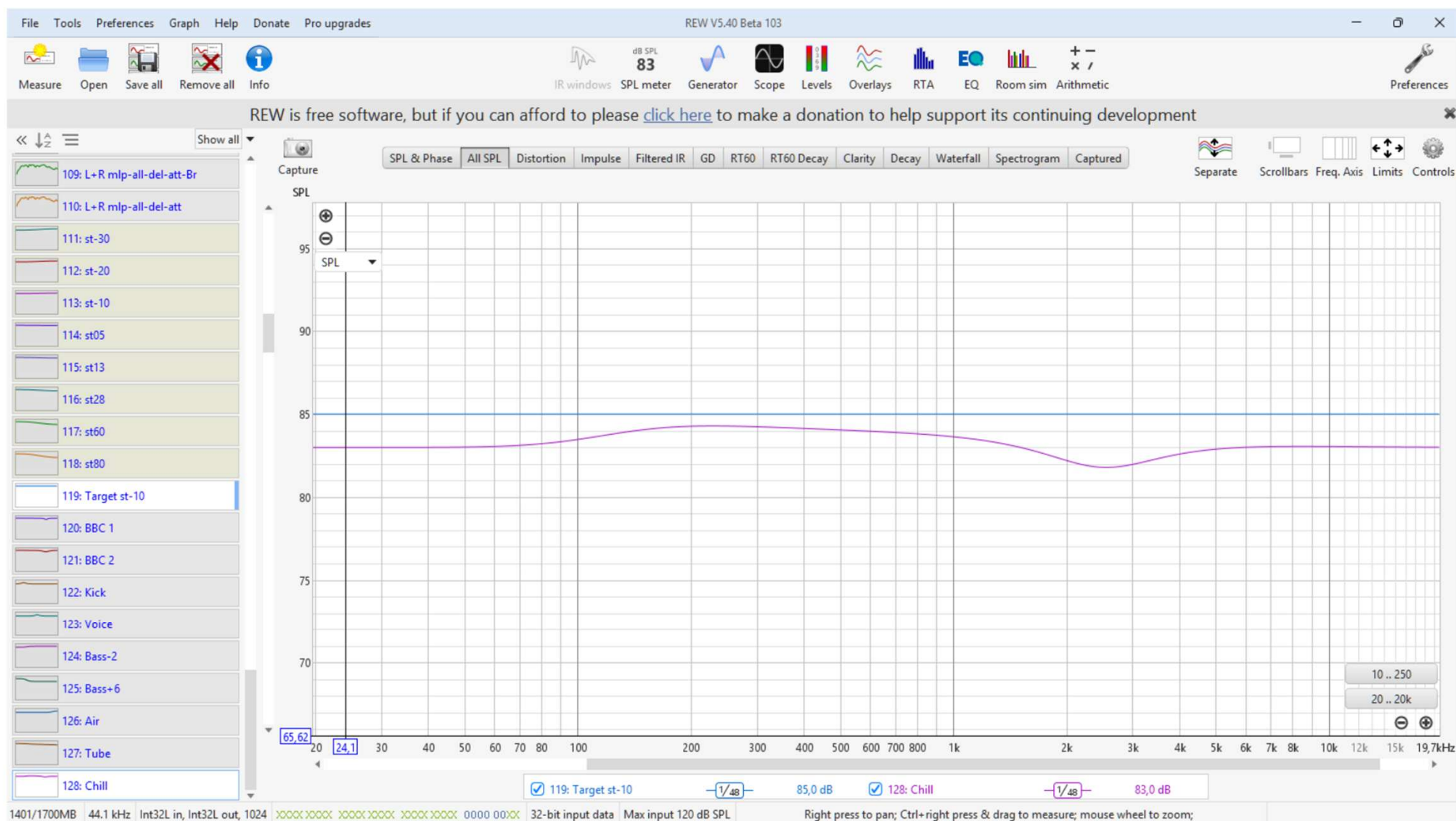
Air – 30 Einstellungen



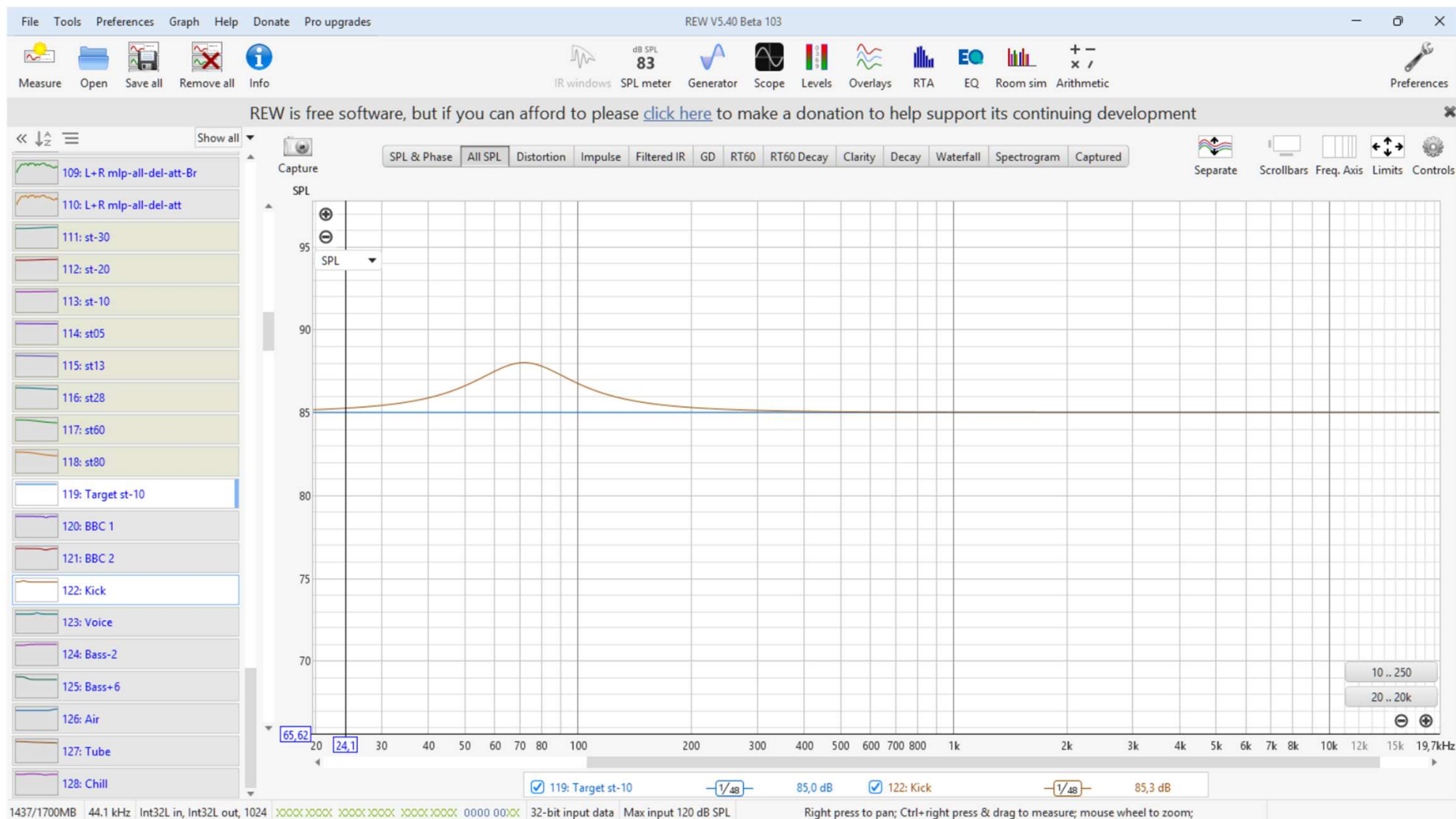
Tube – 30 Einstellungen



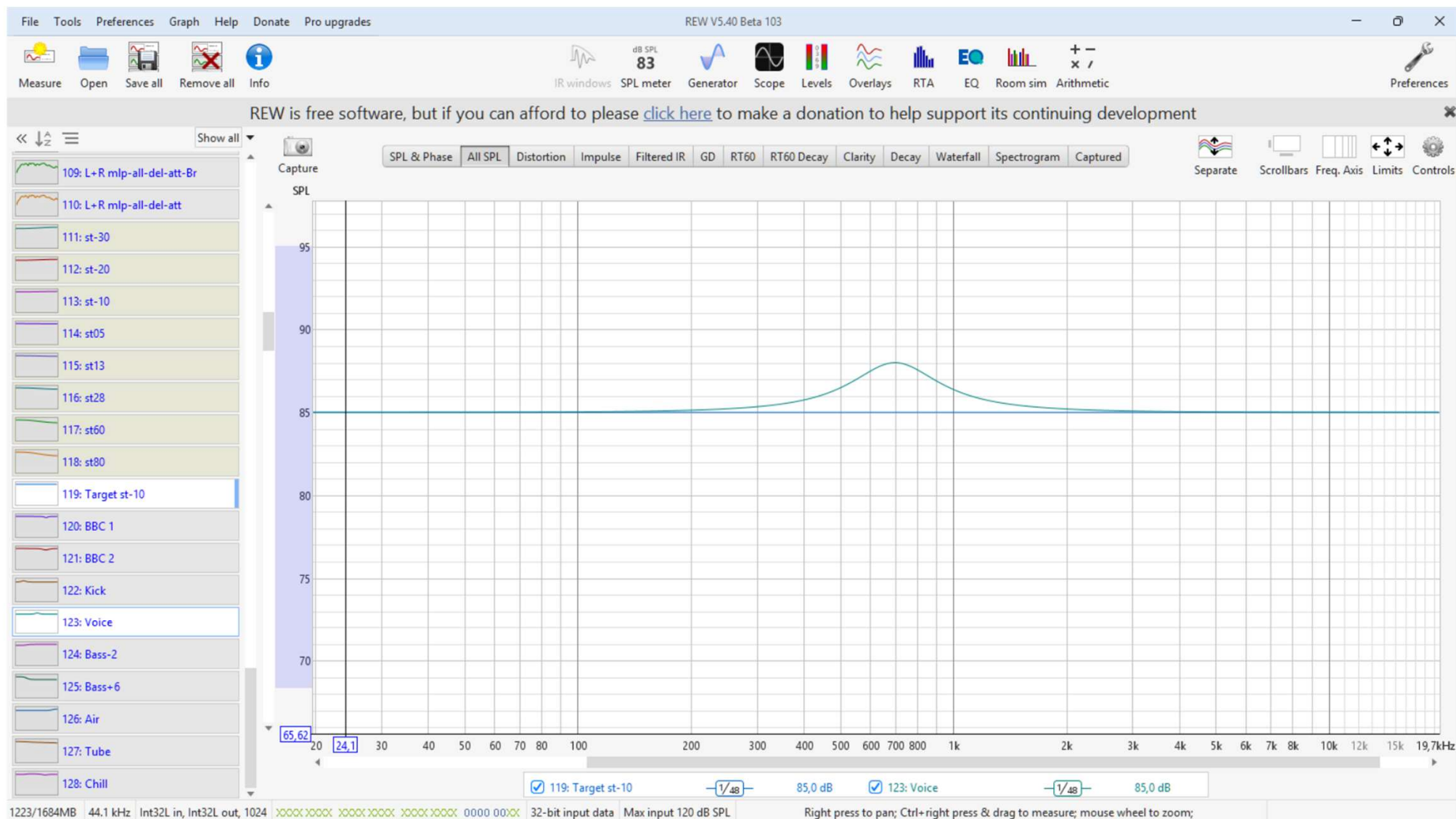
Chill – 30 Einstellungen



Kick – 30 Einstellungen



Voice – 30 Einstellungen



Abschließende Bemerkungen

- Schön, dass ihr da seid!
- Wie hat es euch gefallen und welche Ideen kommen euch?
 - Vollaktiv mit Programmierung ...
 - ... oder minimal nur mit Klangtuning?
- Wir freuen uns auf eure Projekte, Erfolge und Austausch.
- Wir wollen noch viel mehr DIY'ler erreichen.
- Wollt ihr helfen? Welche Vorschläge habt ihr?

Vielen Dank

Guido Riedel & Bidjan Tschaitschian

guido.riedel@koeppen-riedel.de
bidjan@tschaitschian.com