

**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

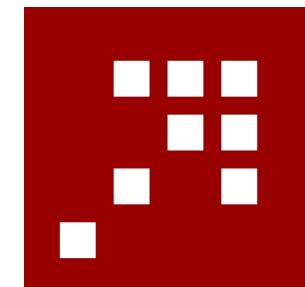
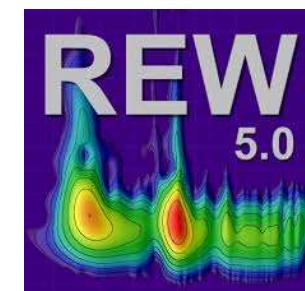
# Hardware

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



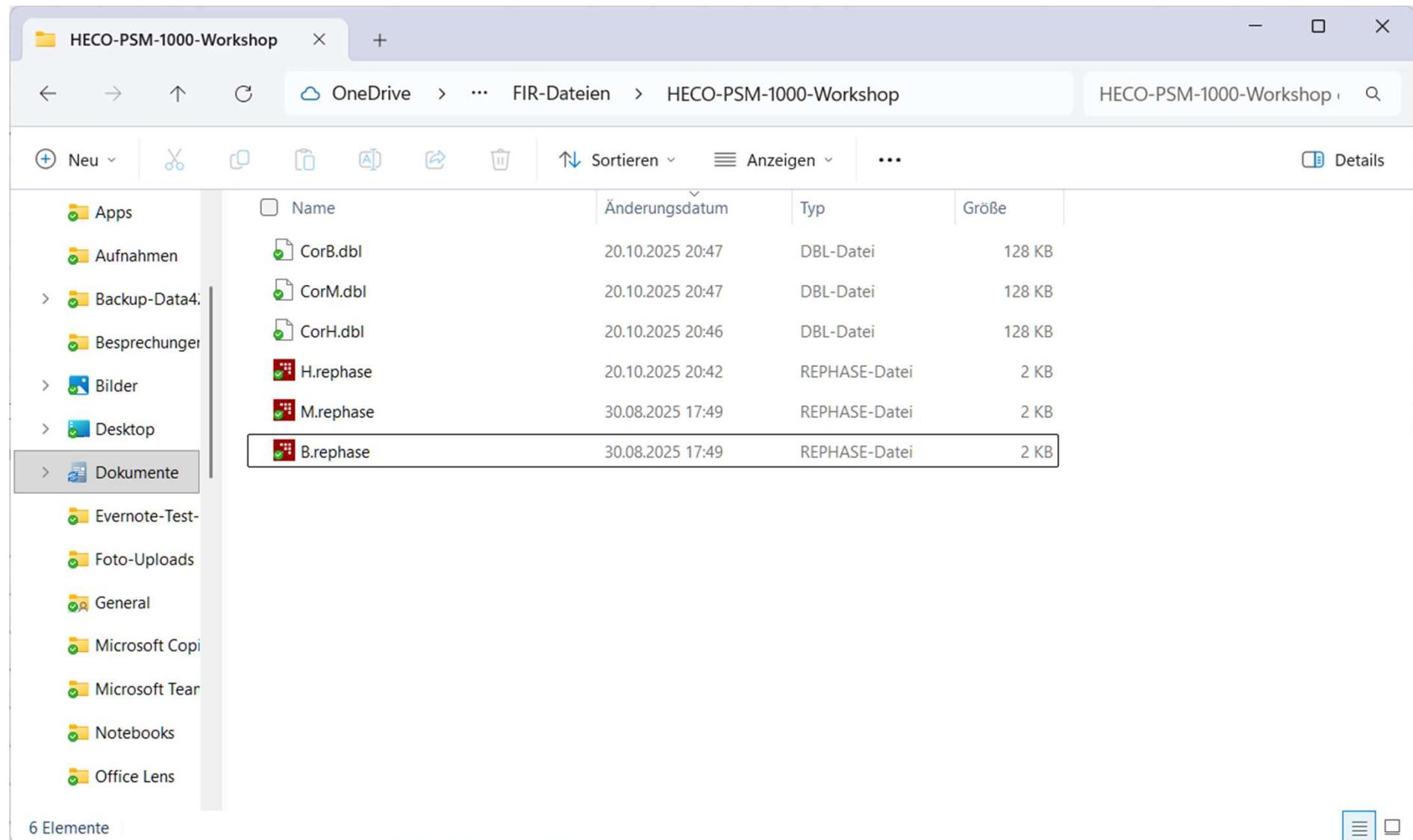
# Software

- 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/>

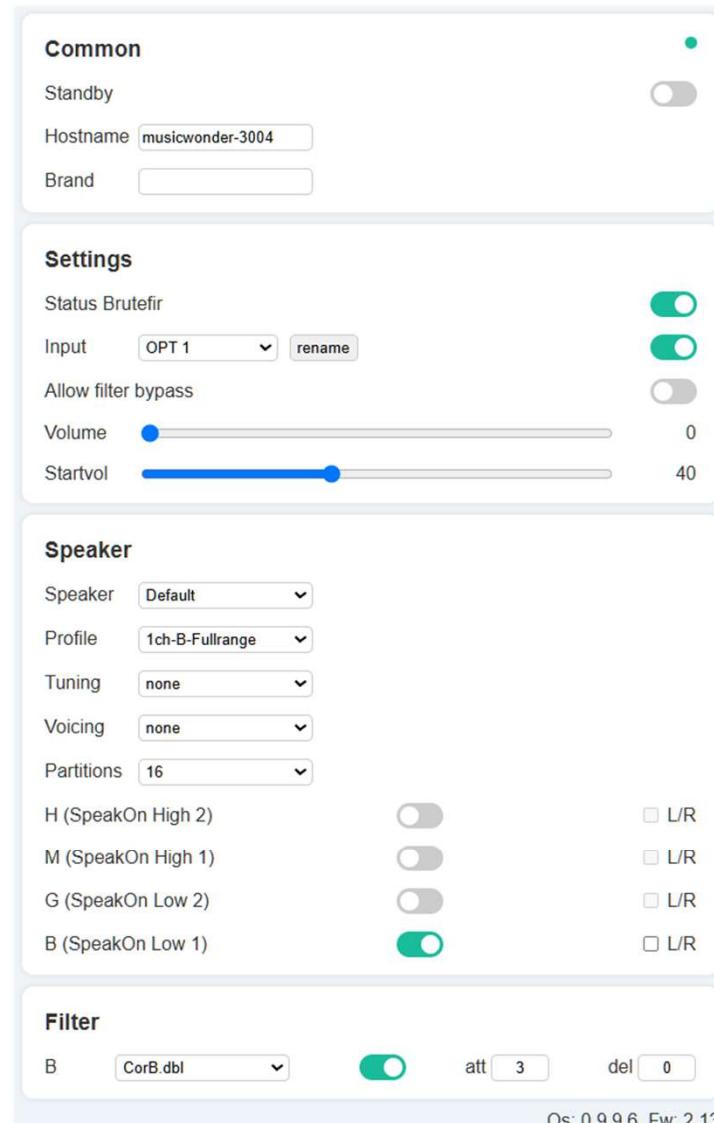


# **Beispielprojekt Silent Lounge Starter**

# rePhase Dateien und Filter erstellen



# Musicwonder App: Speaker anlegen



# **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**

# **Frequenzweichen**

# **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, Auslöschen, Subsonic),
  - mögliche Pegelverluste im Hochtton.
- Wir korrigieren unsere Filter
  - mit EQs und Shelves,
  - bei Phase Drifts mit 2nd Order Allpass-Filttern.
- 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.

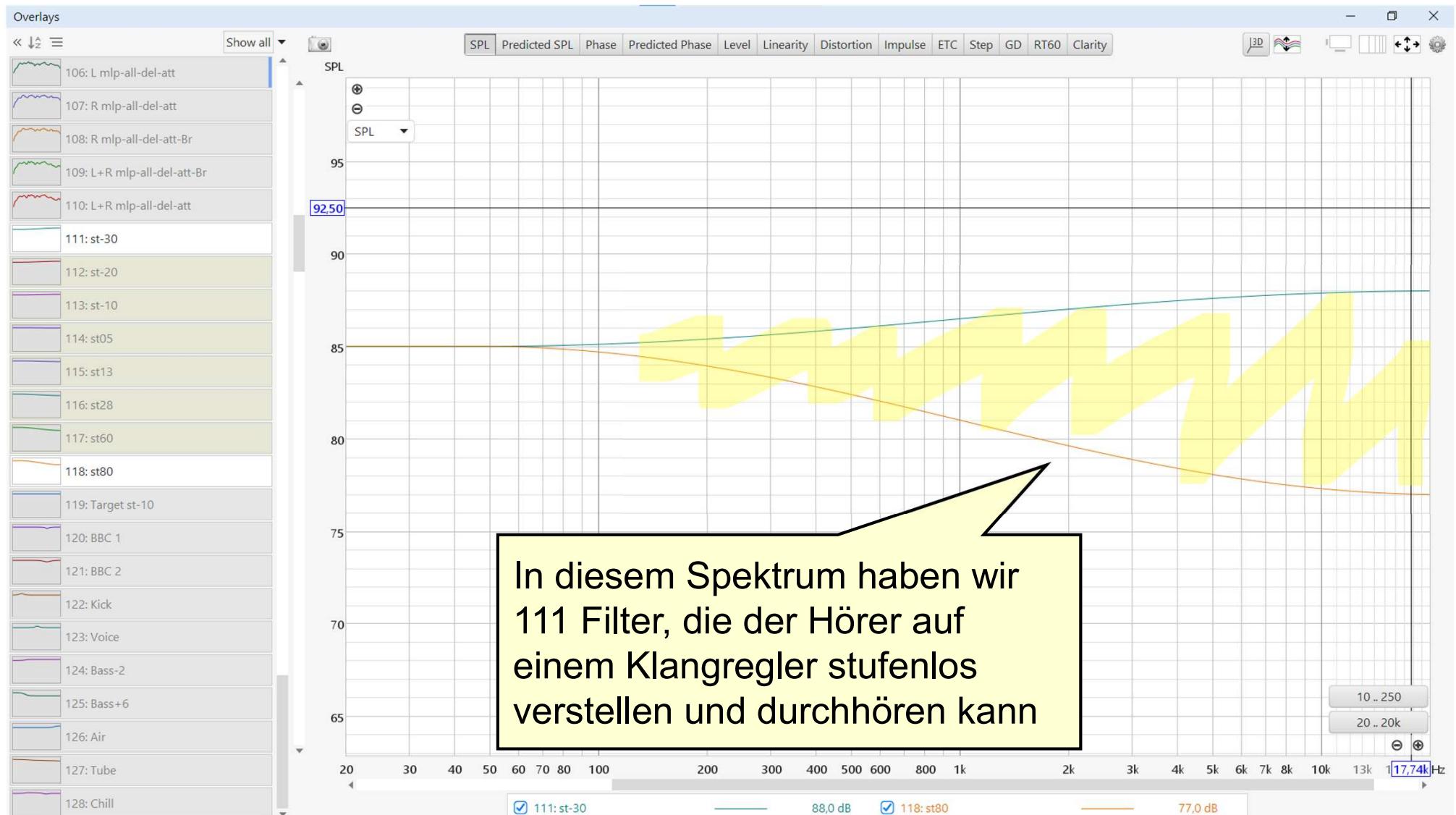
# **Workflow Teil 5**

## **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



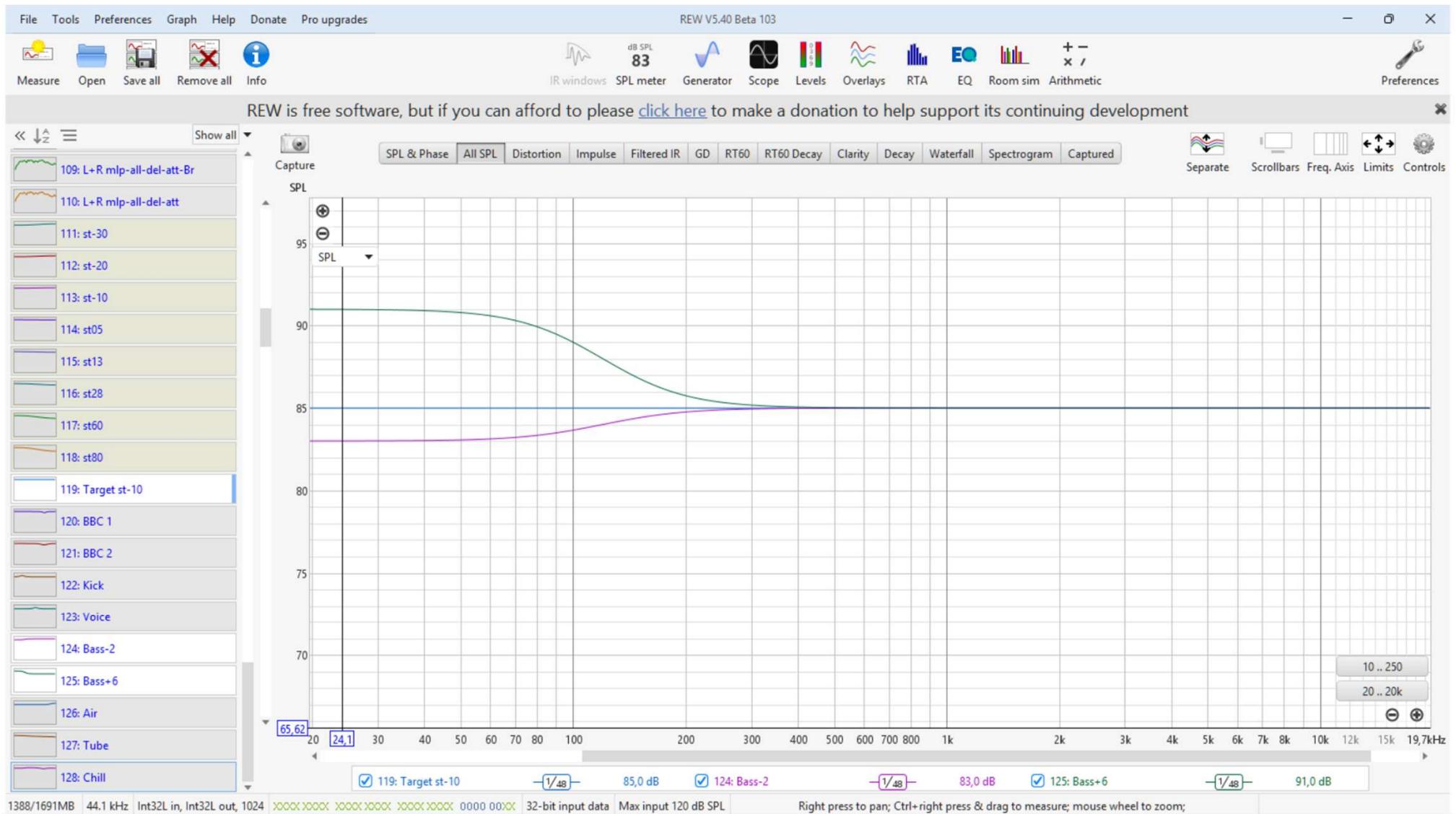
# **Workflow Teil 6**

## **Beim Hören meinen Traumklang finden**

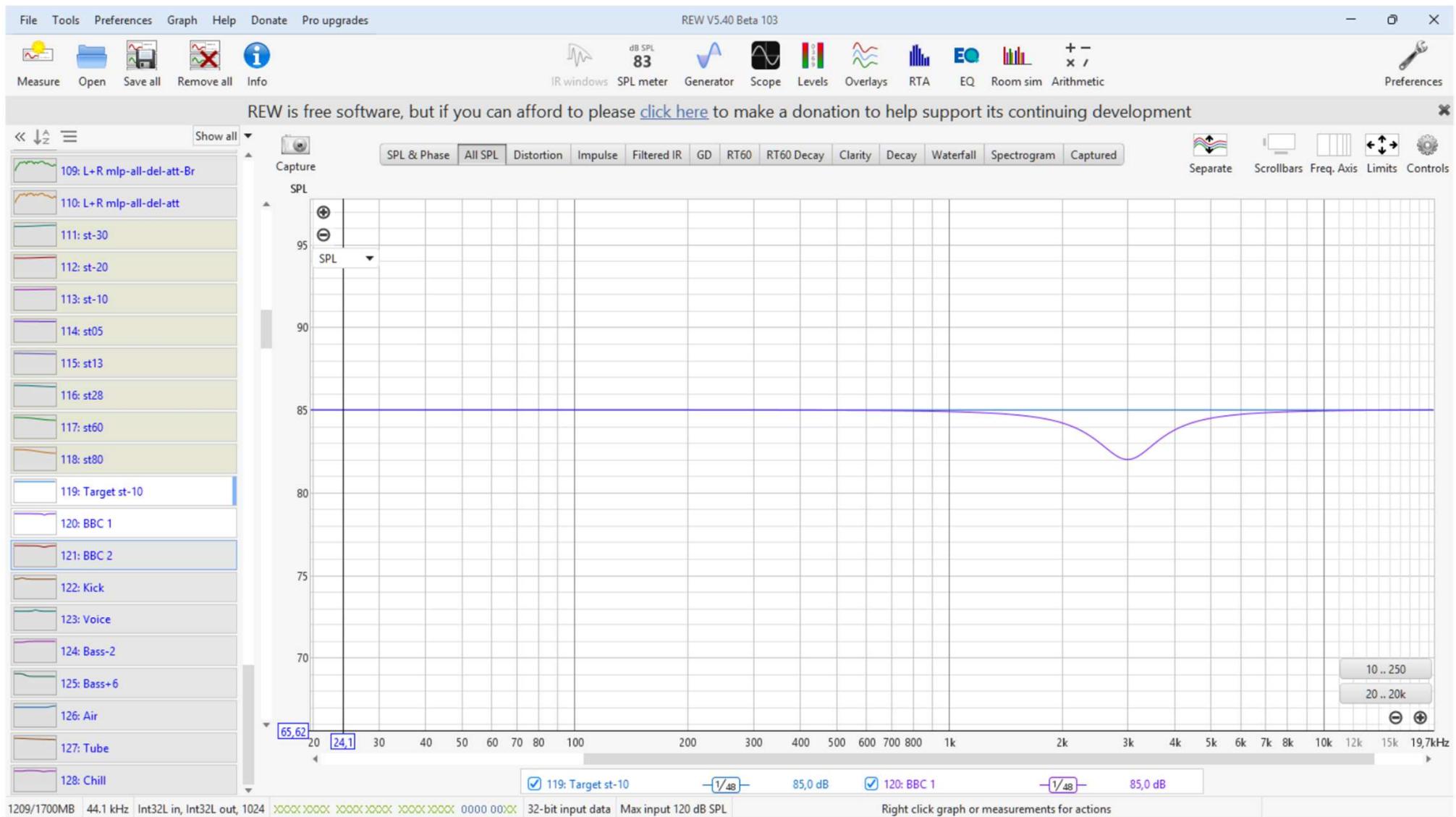
# Audiophiles Musicwonder Voicing

- Voicings greifen gezielt und versiert an typischen Stellen ein, bei denen die geschmacklichen Präferenzen auseinander gehen.
- Offensichtliche Beispiele sind Bass, Kickbass, Hochton, 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).

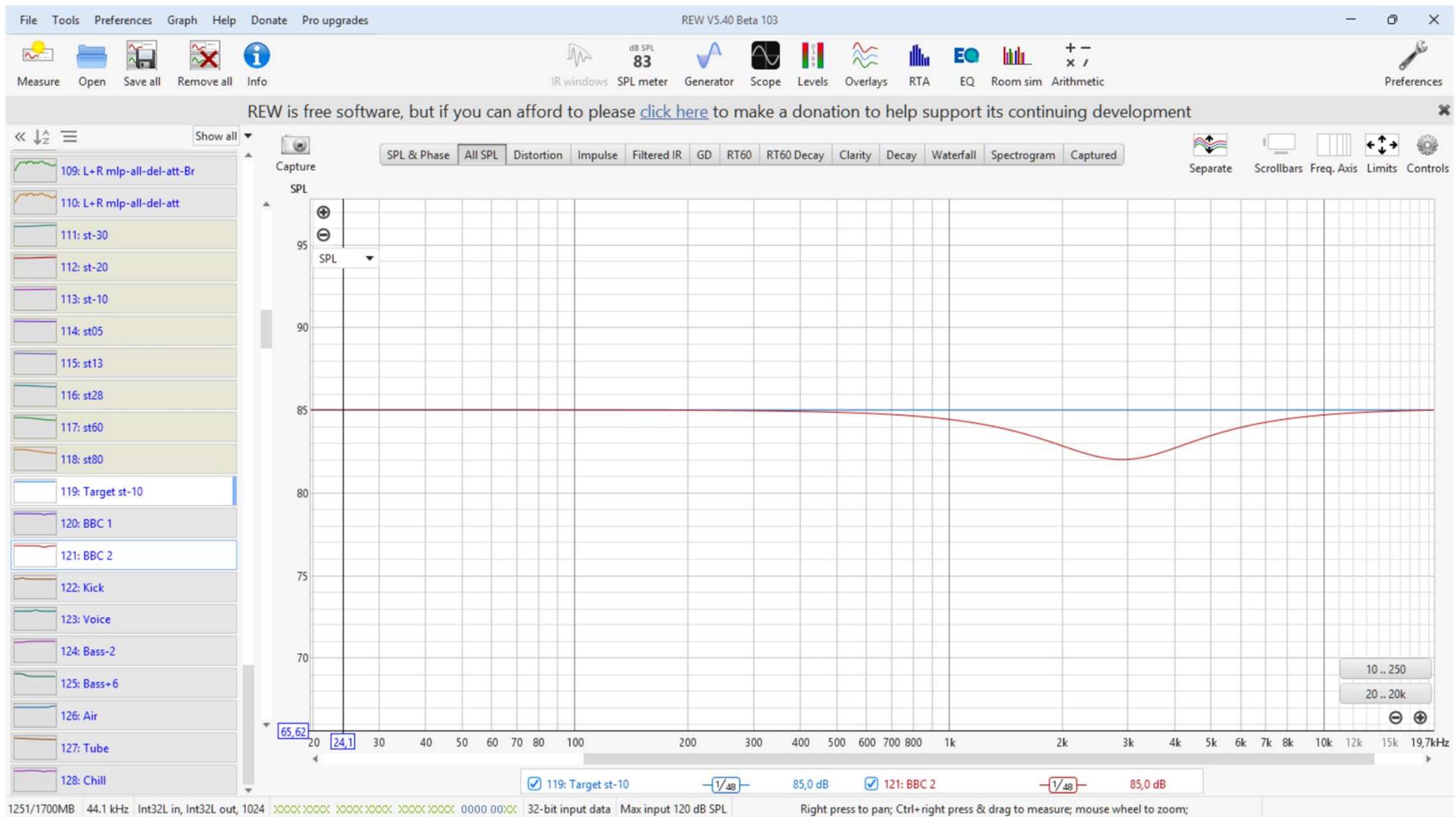
# Bass – 80 Einstellungen



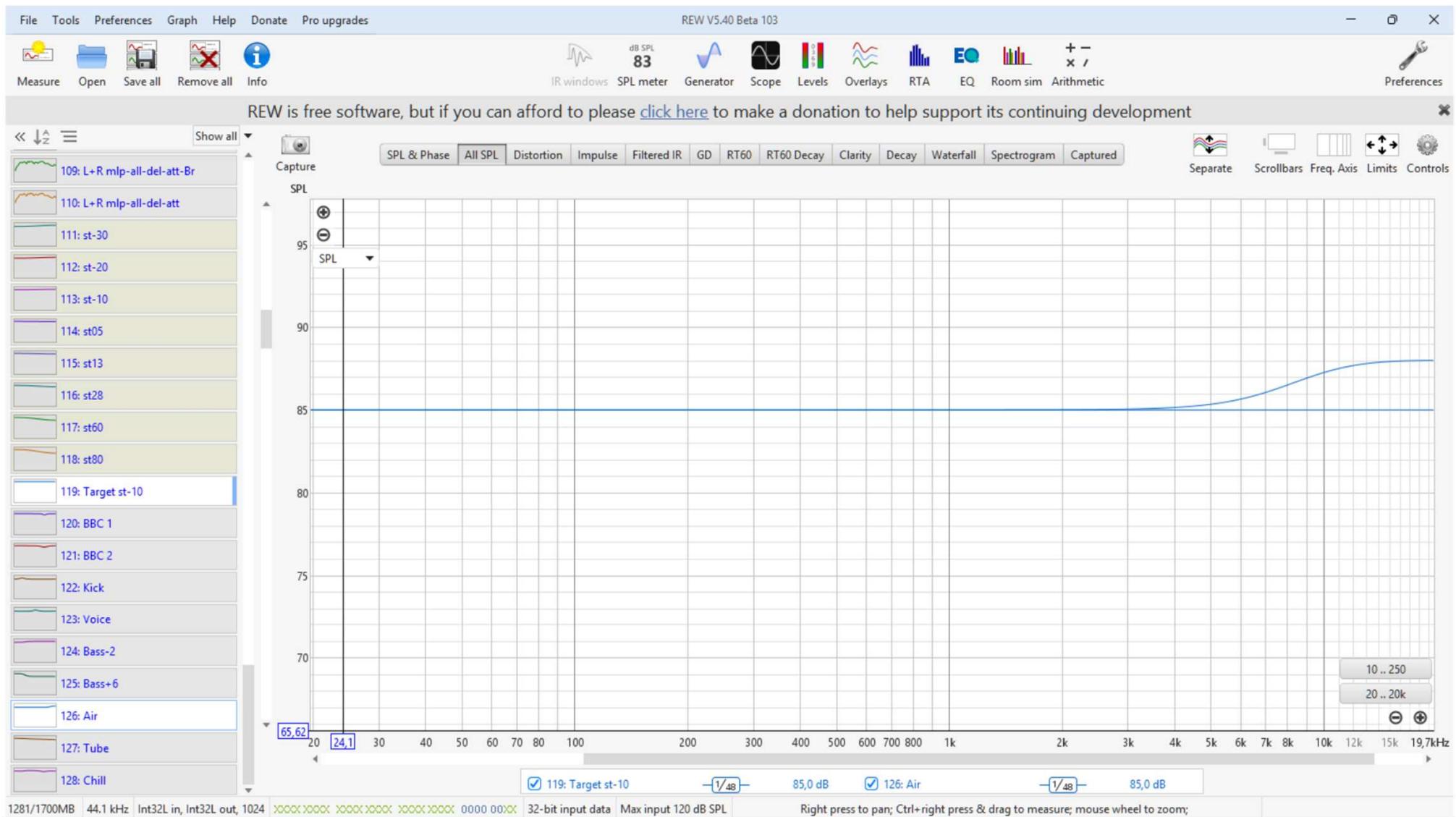
# BBC 1 – 30 Einstellungen



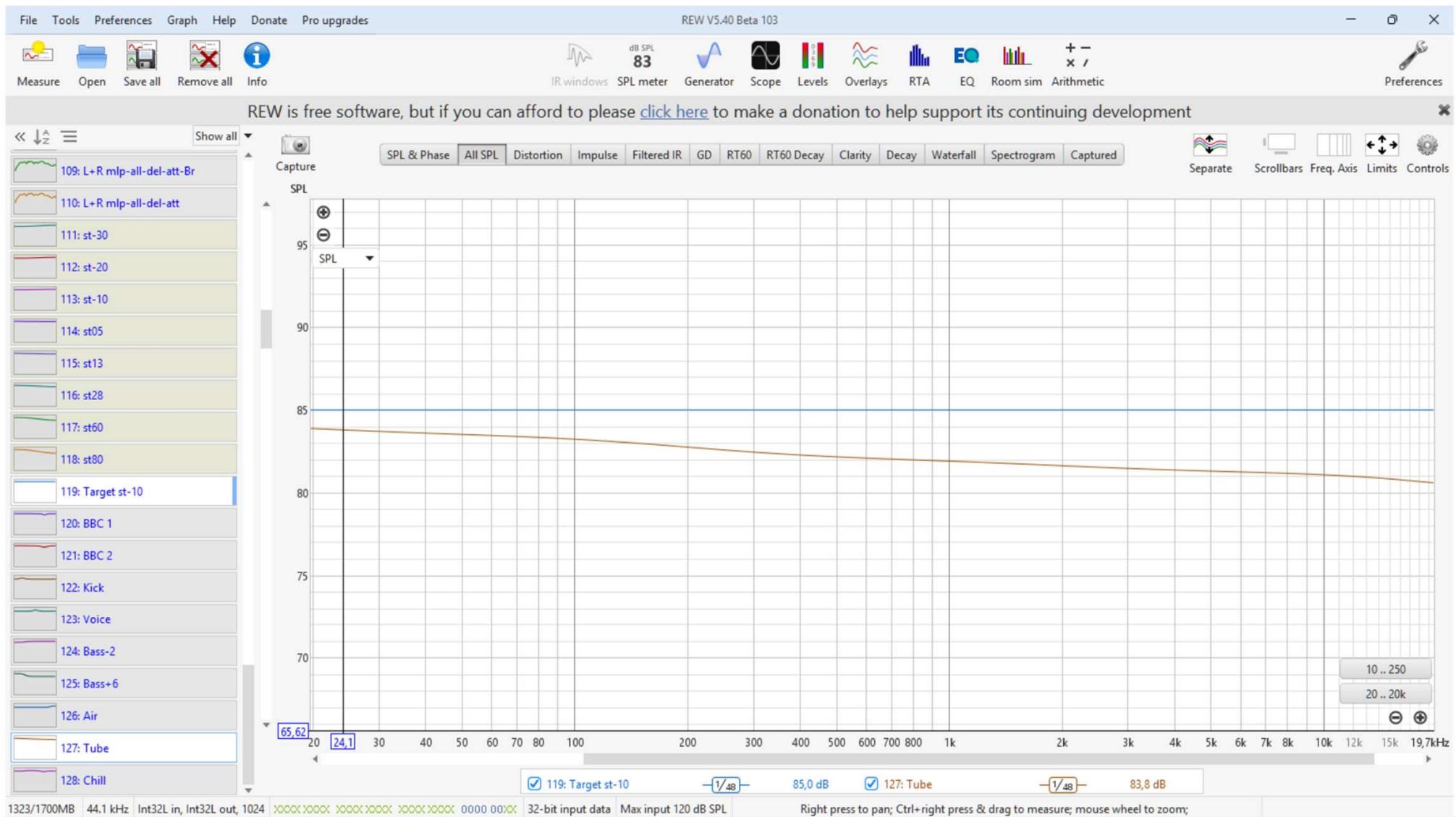
# BBC 2 – 30 Einstellungen



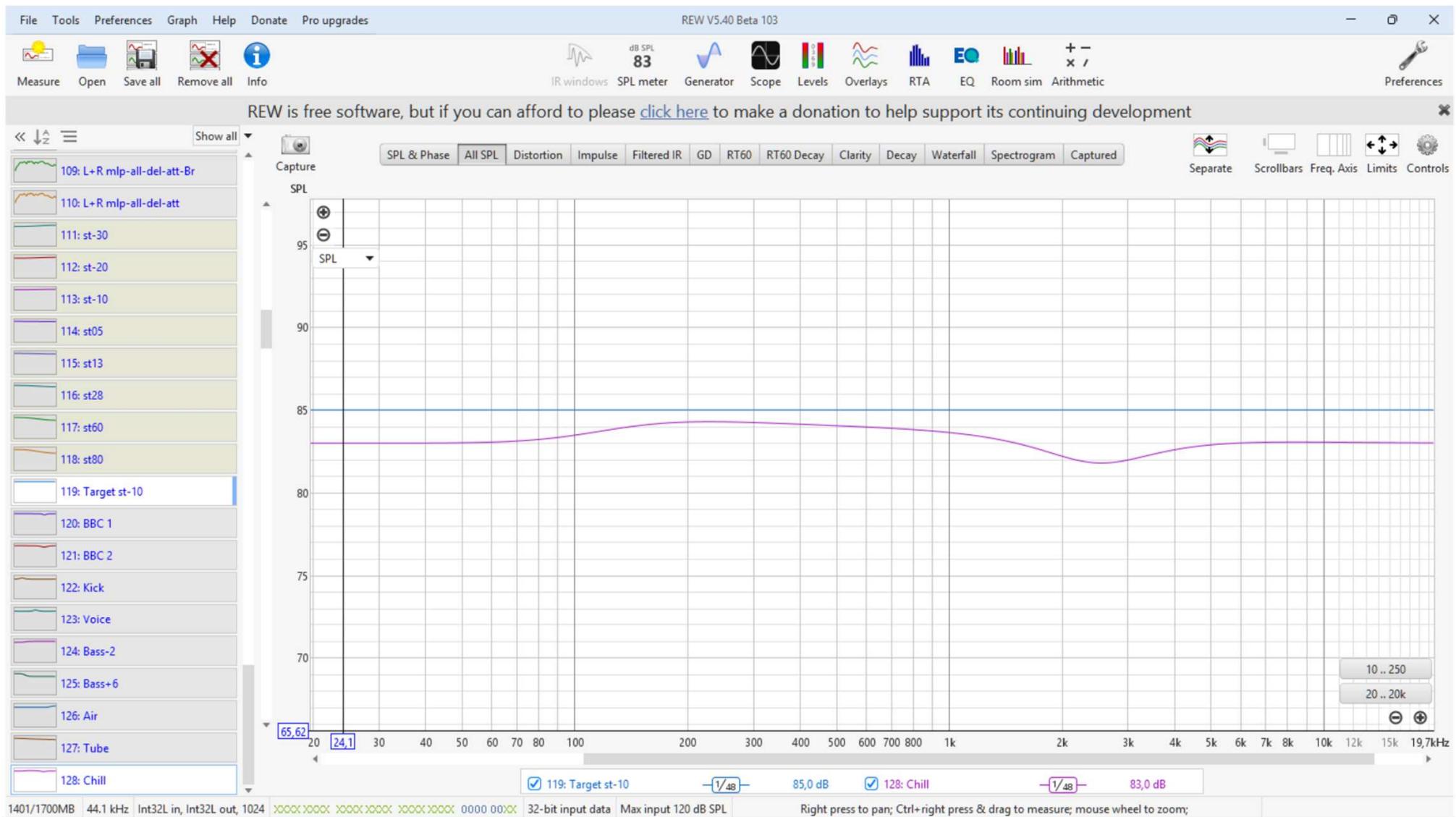
# Air – 30 Einstellungen



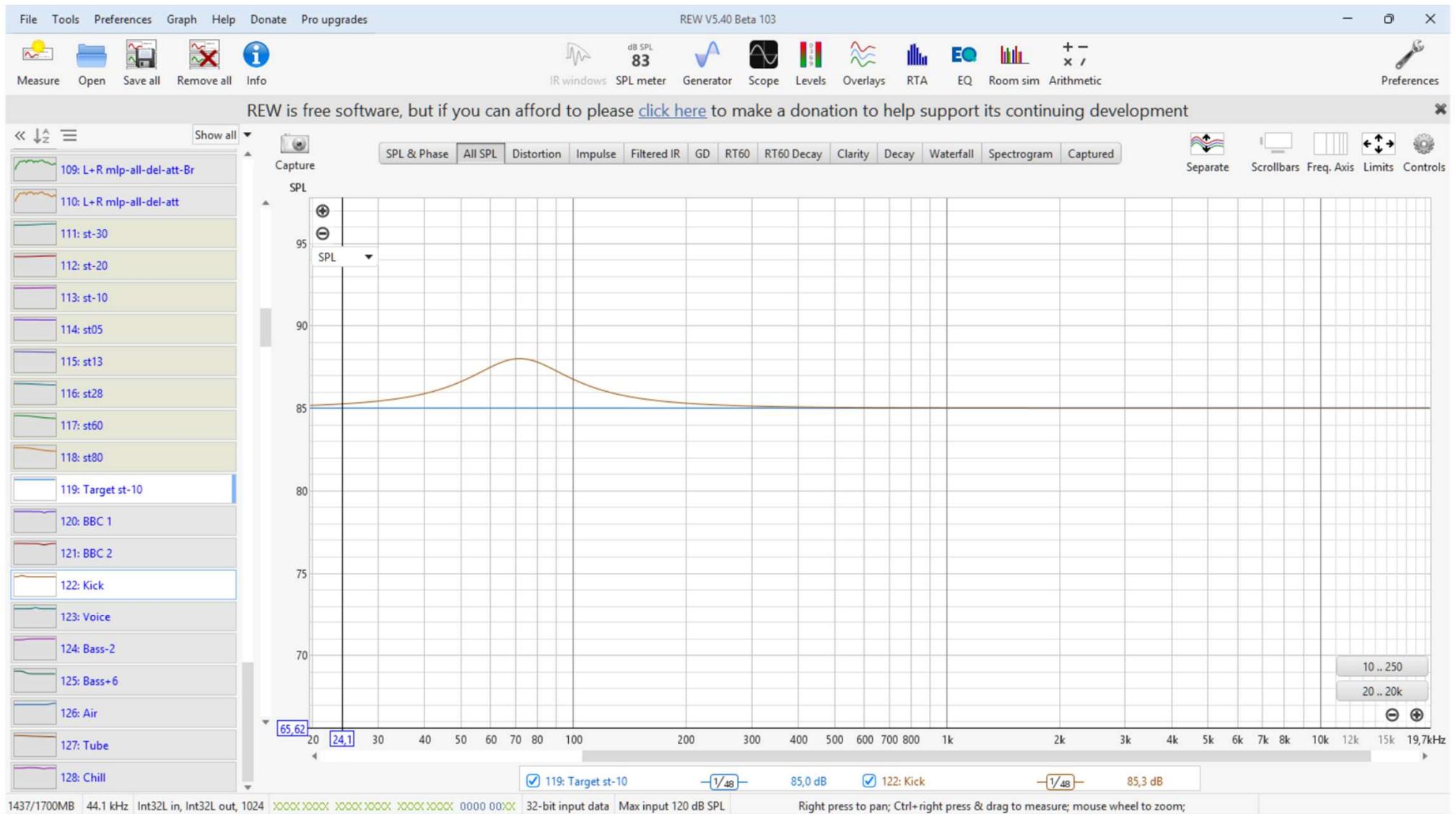
# Tube – 30 Einstellungen



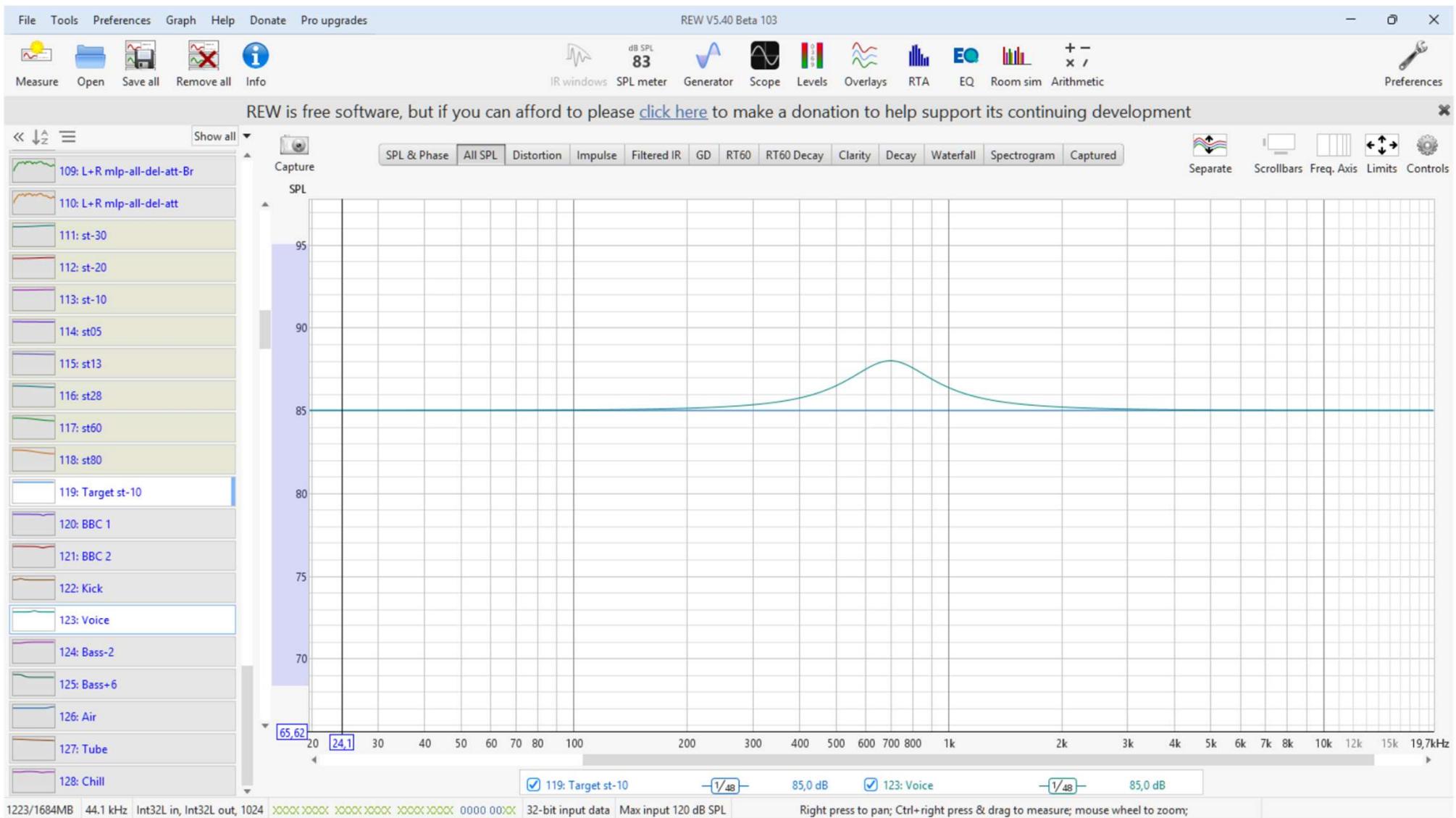
# Chill – 30 Einstellungen



# 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**