

Messen an Lautsprecherboxen – Einführungsveranstaltung

11.07.2015 im Schloß Spindlhof Regenstauf

09:15

15 Min

Agenda

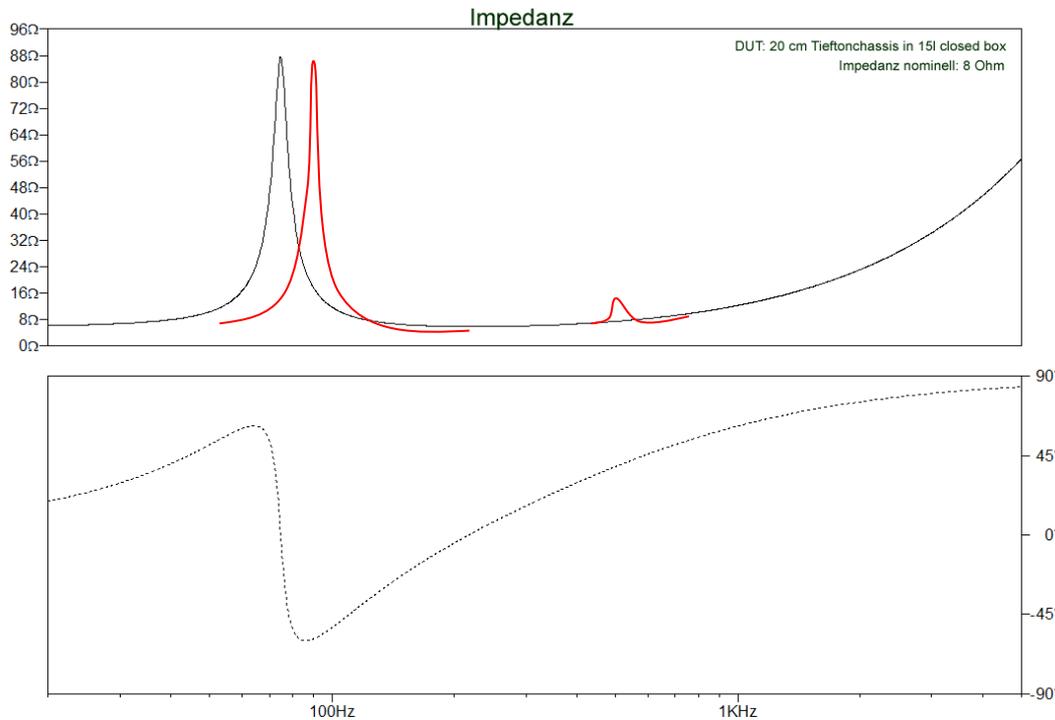
- 9:00 - 9:15 Agenda / Vorstellungsrunde
- 9:15 - 09:30 1. Eigenschaften des 'idealen' Lautsprechers und parasitäre Einflüsse
- 09:30 - 10:30 2. Schallausbreitung einer ebenen Scheibe (Rayleigh-Formel) , Klärung notwendiger
Begriffe und Ermittlung der Messabstände
- 10:30-10:45** **Kaffepause**
- 10:45 - 11:30 3. Ermittlungsmethode des Quasifreiefeldfrequenzganges in reflexionsbehafteten Räumen,
(‘Gaten’ – Zusammenfügen von Nahfeld- und Fernfeldmessung – Baffle Step)
- 11:30 - 12:00 4. Inbetriebnahme des Meßsystems
- 12:00 – 13:00** **Mittagessen**
- 13:00 - 14:00 5. Impedanz- und TS-Parametermessungen mit LIMP am Beispiel eines Breitbandlautsprechers
- 14:00 - 15:00 6. Nah und Fernfeldmessungen mit ARTA
- 15:00 – 15:20** **Kaffe- und Kuchenpause**
- 15:20 – 16:30 7. Messung des Freiefeldfrequenzganges unseres Breitbandlautsprechers im Bassreflexgehäuse
(wenn wir noch dazu kommen mit Sperrkreis Korrektur)
- bis 19:00... ...stehen die Räume für Musikhören zur Verfügung

1. Eigenschaften des idealen Lautsprechers und parasitäre Einflüsse

09:20

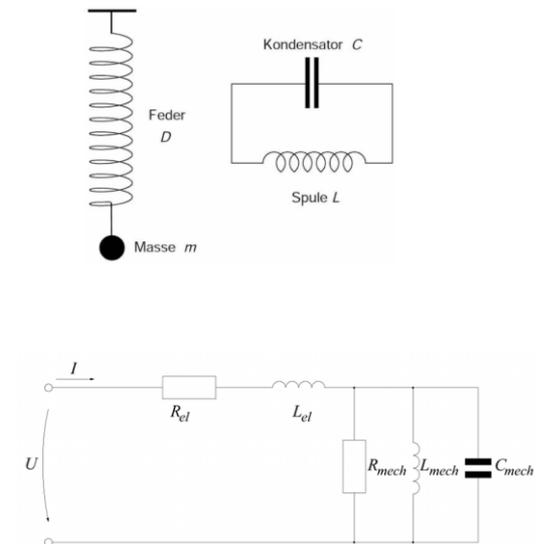
5 Min

Impedanzgang (Nichtlinearität, Störungen, Serienabweichungen)



Feder – Masse System

Elektrisches Ersatzschaltbild



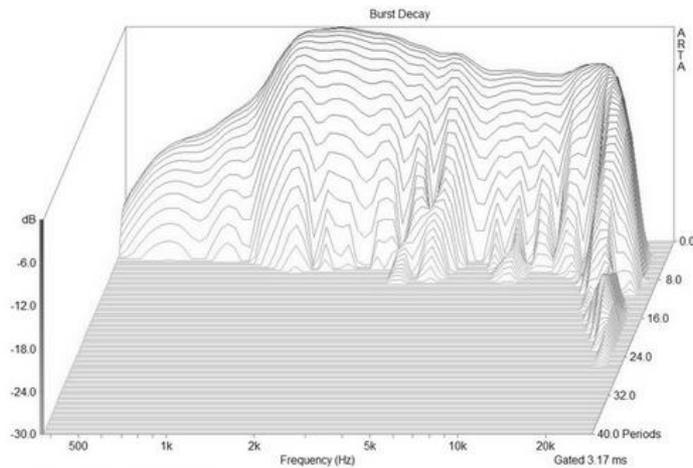
1. Eigenschaften des idealen Lautsprechers und parasitäre Einflüsse

09:25

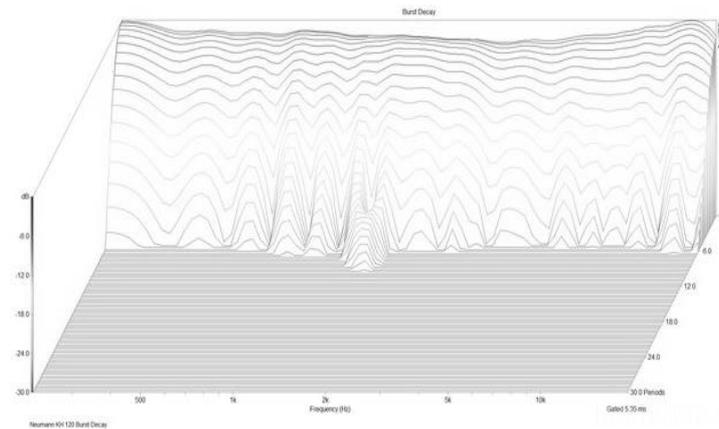
5 Min

Frequenzgang und Abklingspektrum (Resonanzfrequenz, Einbrüche, Membranresonanzen)

Burst Decay eines Horn-Hochtöners



Burst Decay einer Mehrwegebox

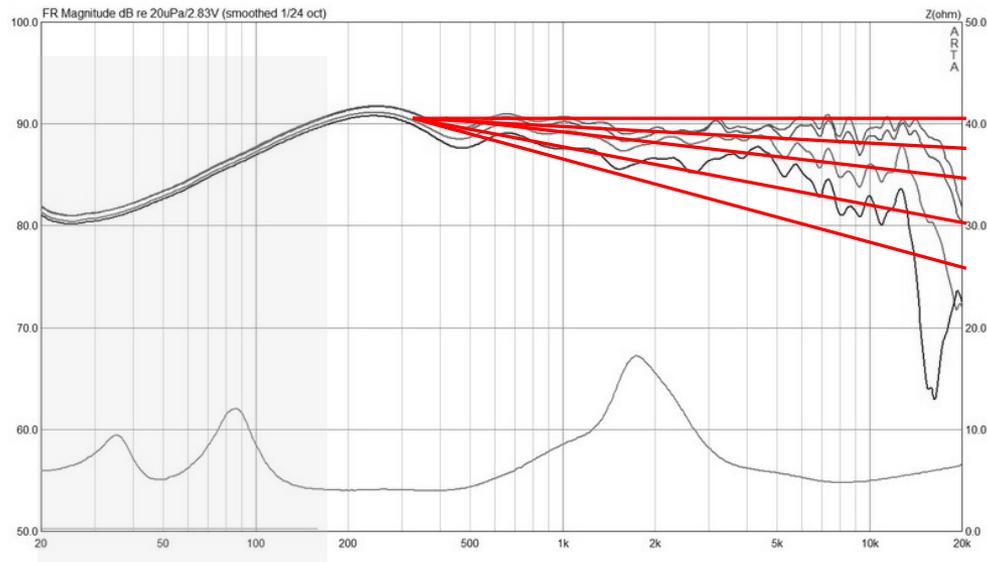


1. Eigenschaften des idealen Lautsprechers und parasitäre Einflüsse

09:26

1 Min

Winkelfrequenzgang (und Impedanz)

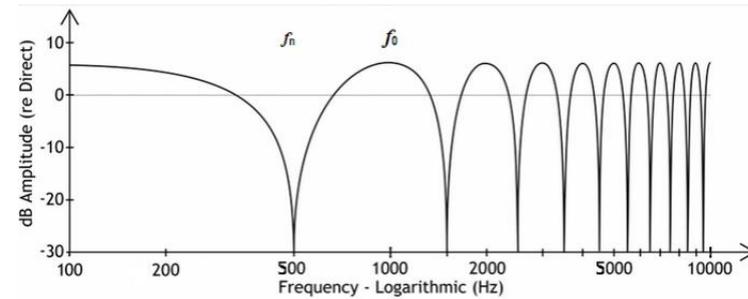
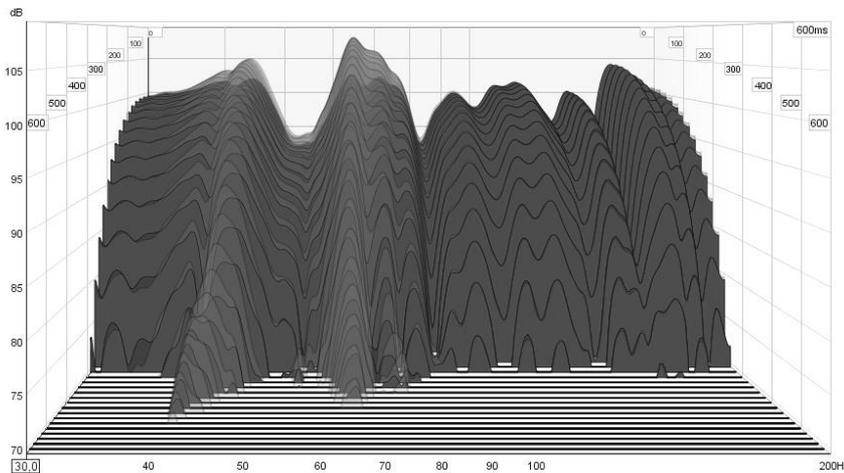


1. Eigenschaften des idealen Lautsprechers und parasitäre Einflüsse

09:30

4 Min

Der Hörraum (Raummoden, Reflexionen)



Kammfiltermuster von zwei
identischen zeitverschobenen
Signalen

2. Schallausbreitung einer ebenen Scheibe (Rayleigh-Formel) , Klärung notwendiger Begriffe und Ermittlung der Messabstände

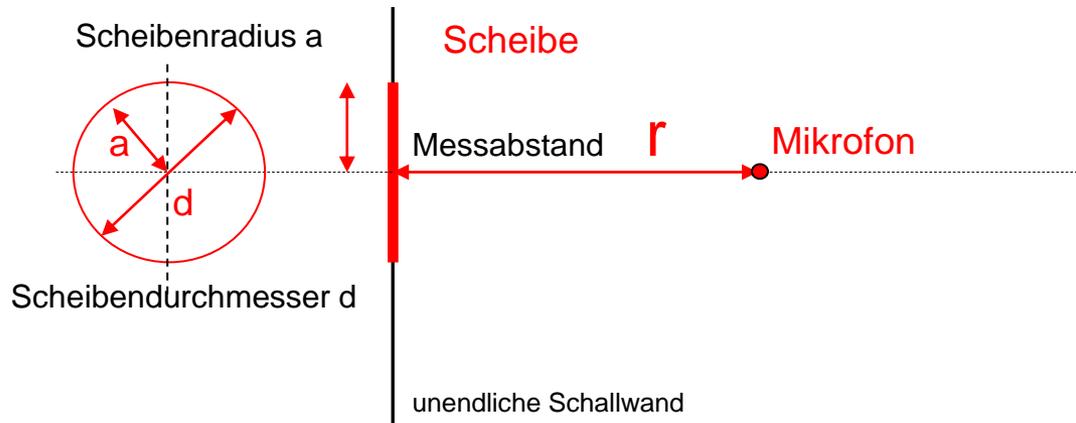
09:35

5 Min

Rayleigh-Formel

$$|p(r)| = 2\rho_0cv \sin\left(ka \frac{(r^2/a^2 + 1)^{1/2} - r/a}{2}\right)$$

a = Membranradius, k = Wellenzahl = $\omega/c = 2\pi/\lambda = 2\pi f/c$, ω = Frequenz = $2\pi f$,
 c = Schallgeschwindigkeit, ρ_0 = Dichte der Luft

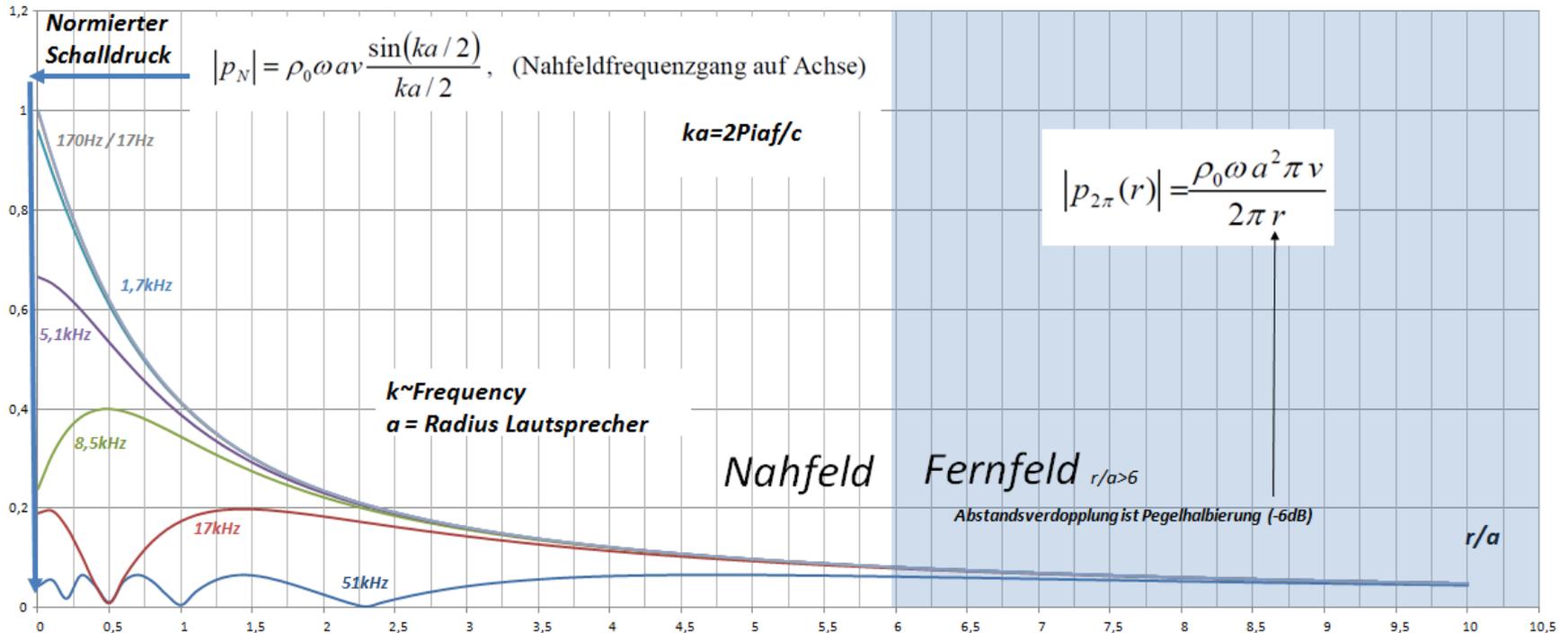


2. Schallausbreitung einer ebenen Scheibe (Rayleigh-Formel) , Klärung notwendiger Begriffe und Ermittlung der Messabstände

09:50
15 Min

Nahfeld und Fernfeld

Beispiel eines Lautsprechers mit einem Durchmesser von 6,4cm (a=3,2cm)

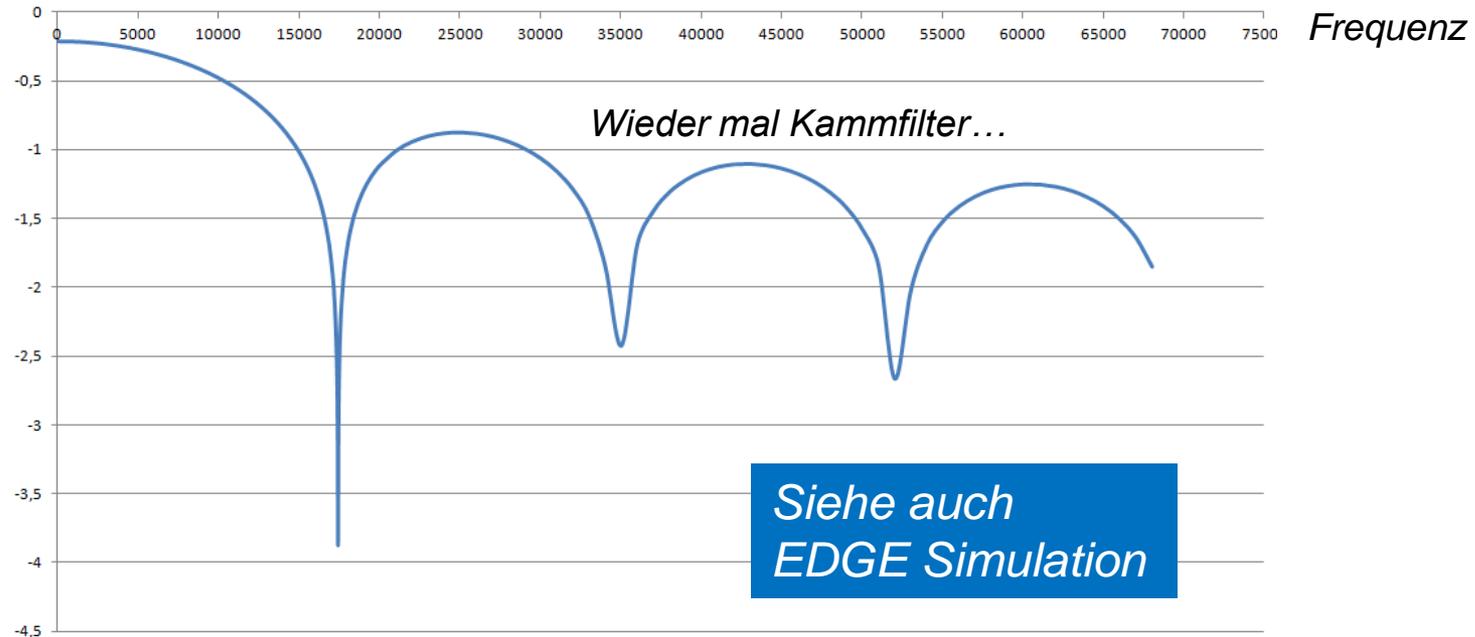


2. Schallausbreitung einer ebenen Scheibe (Rayleigh-Formel) , Klärung notwendiger Begriffe und Ermittlung der Messabstände

10:00
10 Min

Nahfeld und Fernfeld (Frequenzabhängig $r/a = \text{const}$)

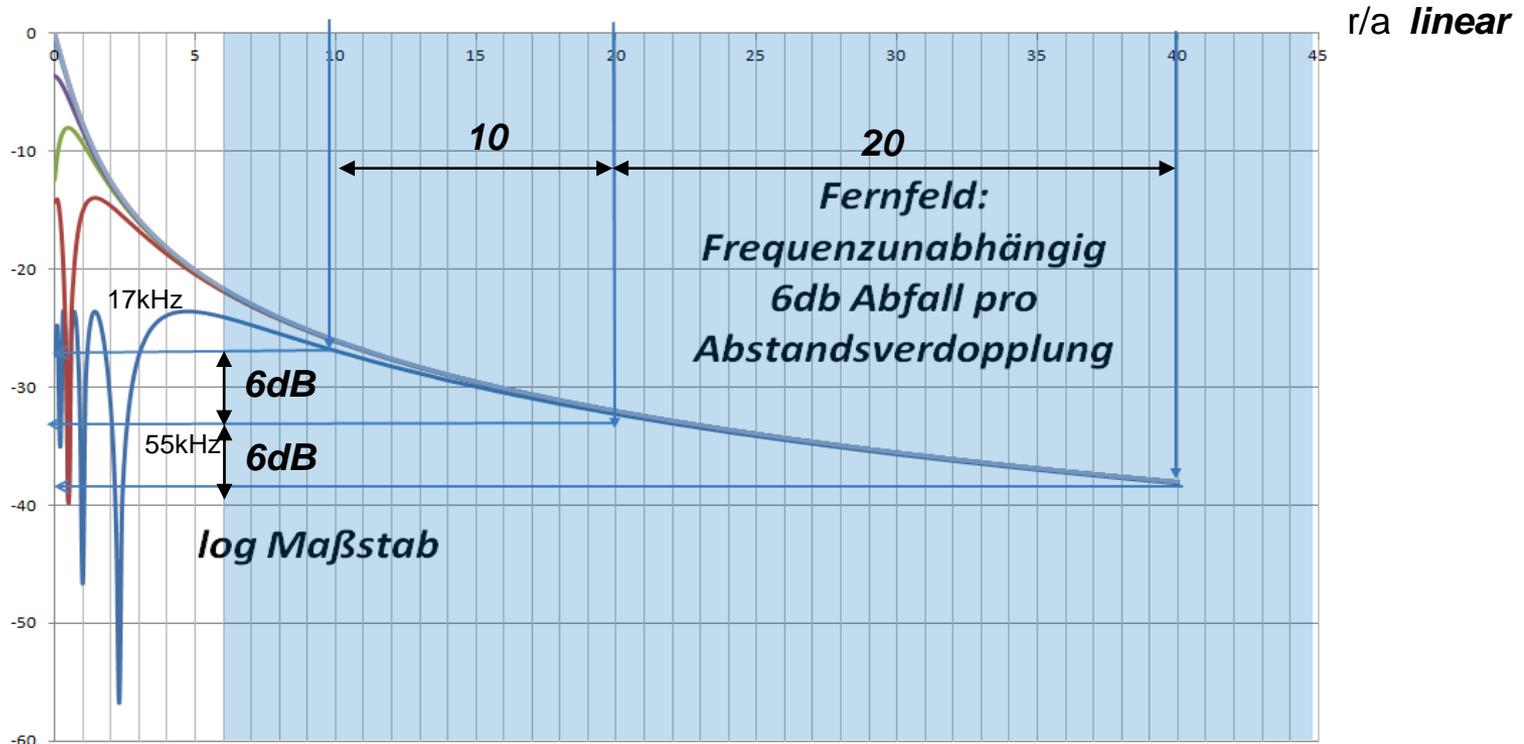
Nahfeld > Frequenzabhängiger Schalldruck bei festgelegter mechanischen Anordnung ($a=3,2\text{cm}$, $r=1,6\text{cm}$), $r/a=0,5$



2. Schallausbreitung einer ebenen Scheibe (Rayleigh-Formel), Klärung notwendiger Begriffe und Ermittlung der Messabstände

10:10
10 Min

Fernfeld $r/a > 6$ ($r/d > 3$)



log

Bei einem Abstand > 3 mal Durchmesser der Membran befinden wir uns also bei einer unendlichen Schallwand im Fernfeld. Ebenso befinden wir uns bei einer Box mit endlichen Abmessungen bei $r > 3d$ immer im Fernfeld

2. Schallausbreitung einer ebenen Scheibe (Rayleigh-Formel), Klärung notwendiger Begriffe und Ermittlung der Messabstände

10:15

5 Min

Nahfeld direkt vor der Membran (Frequenzabhängigkeit)

Ein Abstand von kleiner $0,11 \cdot \text{Membrandurchmesser}$ reicht aus um $+1\text{dB}$ genaue Nahfeldmessungen zu machen. Das bedeutet bei einem 8cm Lautsprecher einen Abstand von etwa $<0,8\text{cm}$

Schalldruck

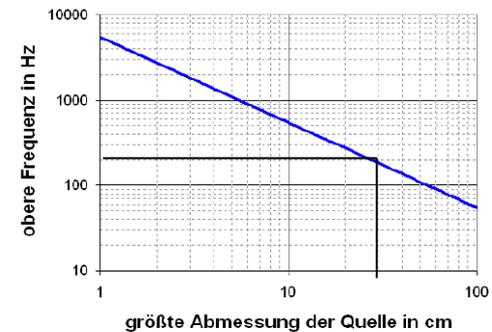
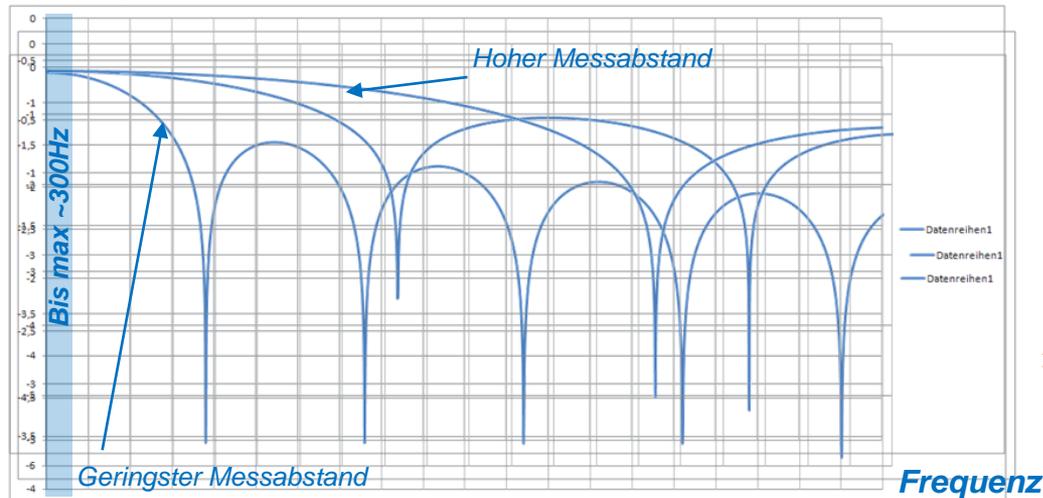


Bild 6.2.7: Obere Frequenzgrenze für Nahfeldmessungen *) s. Anmerkung 2

Kein Einbruch und kein Pegelabfall nur bei niedrigen Frequenzen direkt vor der Membran

Die Nahfeldmessung verliert mit zunehmendem Membrandurchmesser an Genauigkeit
(10cm Membrandurchmesser bis 500Hz, 20cm bis 300Hz, 30cm bis 200Hz)

2. Schallausbreitung einer ebenen Scheibe (Rayleigh-Formel) , Klärung notwendiger Begriffe und Ermittlung der Messabstände

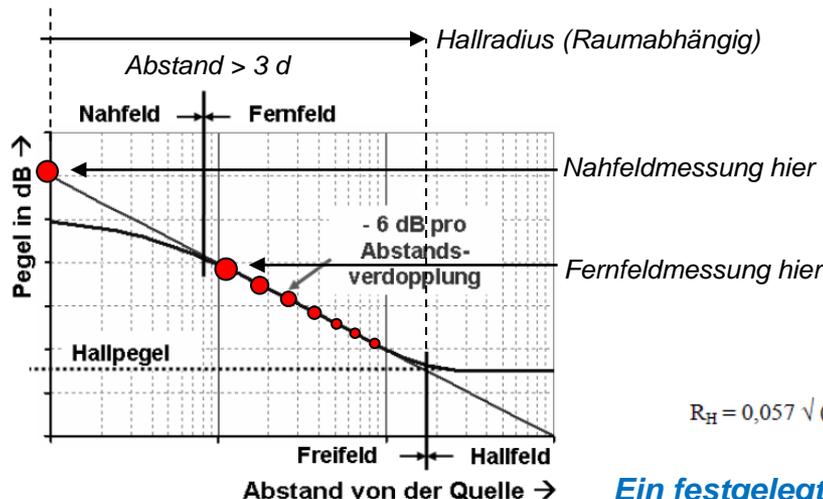
10:25

10 Min

Mit ‚Gaten‘ ist das Diffusfeld irrelevant

Fernfeld und Diffusfeld (Hallfeld)

- Nah und Fernfeld beziehen sich nur auf den Abstand zur Schallquelle (siehe vorige Überlegungen)
- Frei- und Diffusfeld schliessen den die Umgebungsbedingungen also den Raum mit ein (Freie Ausbreitung ohne Reflexionen bei Freifeld , Vielfachreflexionen bei Diffusfeld (Hallfeld))



Freifeld Nur Direktschall ohne Reflexionen
 Nahfeld Messabstand < abgestrahlte Wellenlänge
 Fernfeld Abgestrahlte Wellenlänge > Abmessung Quelle
 Schalldruck nimmt mit 6 dB pro Abstandsverdopplung ab

Bild 6.2.3: Definition von Schallfeldern

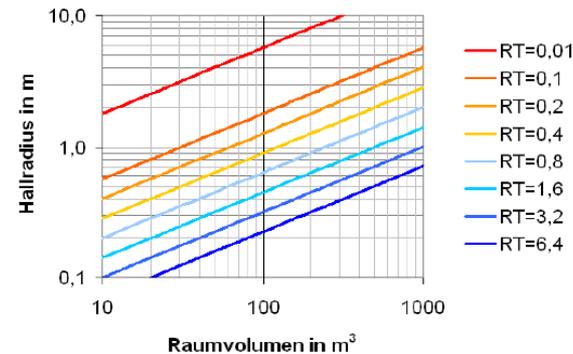


Bild 6.2.5: Ermittlung des Hallradius

$$R_H = 0,057 \sqrt{(V/RT_{60})} \quad \text{mit } V = \text{Raumvolumen [m}^3\text{]} \text{ und } RT_{60} = \text{Nachhallzeit [sec]}$$

Ein festgelegter Meßabstand von 1 Meter liegt in einem Raum mit langer Nachhallzeit möglicherweise schon im Diffusfeld.

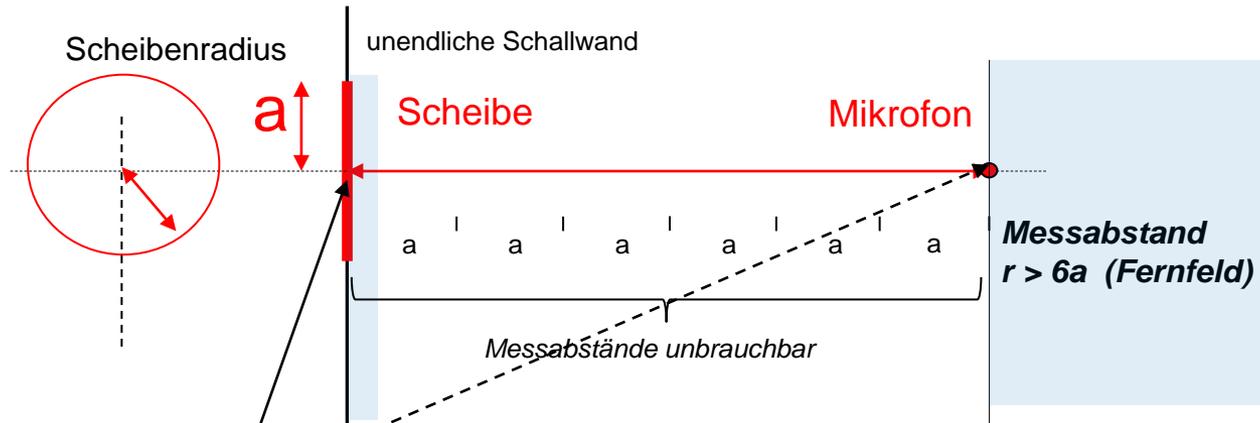
Ein ‚Averaging‘ liefert dann im Gegensatz zum ‚Gaten‘ erheblich ungenauere Messungen

2. Schallausbreitung einer ebenen Scheibe (Rayleigh-Formel), Klärung notwendiger Begriffe und Ermittlung der Messabstände

10:30

5 Min

Umrechnung Nahfeldpegel auf Fernfeldpegel



Das Verhältnis des Schalldrucks im Fernfeld im Abstand r zum Schalldruck im Nahfeld ist:

$$\left| \frac{p_{2\pi}(r)}{p_N} \right| = \frac{a}{2r} \frac{ka/2}{\sin(ka/2)}$$

Bei sehr tiefen Frequenzen ($ka \ll 1$) ist $\sin(ka/2) \cong ka/2$. Daher kann eine vereinfachte Gleichung genutzt werden:

$$\left| \frac{p_{2\pi}(r)}{p_{NF}} \right| = \frac{a}{2r}$$

Bei tiefen Frequenzen kann der Schalldruck für beliebige Fernfeldabstände errechnet werden wenn der Nahfeldschalldruck direkt an der Membran bekannt ist !

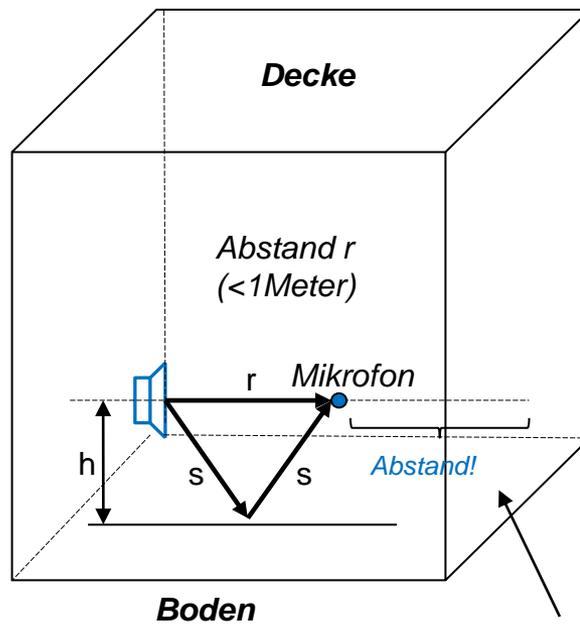
PAUSE

3. Ermittlungsmethode des (Quasi) Freifeldfrequenzganges in reflexionsbehafteten Räumen

10 :55
10 Min

Reflexionen

- Ein Schallwellenpuls legt ca. 0,34 Meter pro Millisekunde zurück oder benötigt für 1 Meter die Zeit von 2,94ms
- Bei Aufstellung des Lautsprechers 1 Meter über dem Boden und Messung in ca. 1 Meter Abstand (Laufweg = 2,24 Meter) trifft die erste Reflexion (2,24m-1m)*2,94ms also 3,6ms später am Mikrofon ein (= untere Messfrequenz mit ‚Gate‘ liegt dann bei 278Hz)



Laufweg der Bodenreflexion

$$2s = D = 2 \sqrt{\frac{r^2}{4} + h^2}$$

Differenz Direktschall – reflektierter Schall

$$\Delta = D - r$$

Laufzeitunterschied Untere Grenzfrequenz Gate

$$T[s] = \Delta / 344 \quad F_{\min} = 1/T[s]$$

**„Freies“ Luftvolumen ohne Reflexionen
- auch freier Weg hinter dem Mikrofon!**

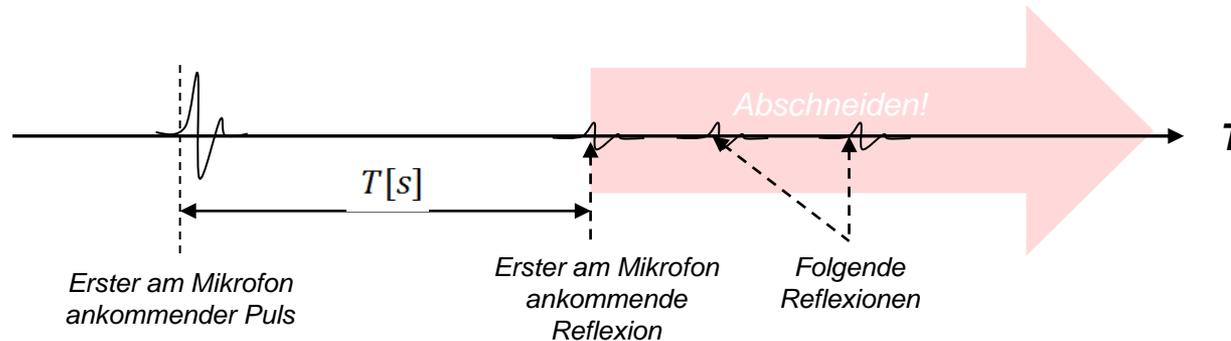
3. Ermittlungsmethode des (Quasi) Freifeldfrequenzganges in reflexionsbehafteten Räumen

11:00

5 Min

„Gaten“

Ein kurzer Puls enthält alle Frequenzanteile in gleicher Amplitudenform. Abhängig vom Meßaufbau, kommt der erste Puls nach einer bestimmten Zeit am Mikrofon an, gefolgt von weiteren Reflexionen. Die Verzögerung des eintreffenden Direktschallpulses und der Reflexionen zeichnet ARTA zeitlich auf:



ARTA rechnet anschließend dieses Zeitverhalten wieder in einen Frequenzgang um. Will man dabei reflexionsbedingten Frequenzgangeinbrüche vermeiden und so messen, als ob man in einem reflexionsfreien Raum messen würde, müssen zuvor im Zeitdiagramm alle Reflexionsinformationen aus dem Signal geschnitten werden, die nach der ersten Reflexion am Mikrofon eintreffen. Wir können also auch in einem Wohnraum die gleichen Ergebnisse erzielen, die man in einem reflexionsfreien Meßraum messen würde!

Leider sind unterhalb einer bestimmten Frequenz f_{min} die Ergebnisse nicht mehr gültig. Bei 1m Bodenabstand liegt die untere Messfrequenz um die 300Hz.

$$f_{min} = \frac{1}{T[s]}$$

3. Ermittlungsmethode des (Quasi) Freifeldfrequenzganges in reflexionsbehafteten Räumen

11:05
5 Min

Gegateter und ungegateter Frequenzgang (Nahfeld – Fernfeld)

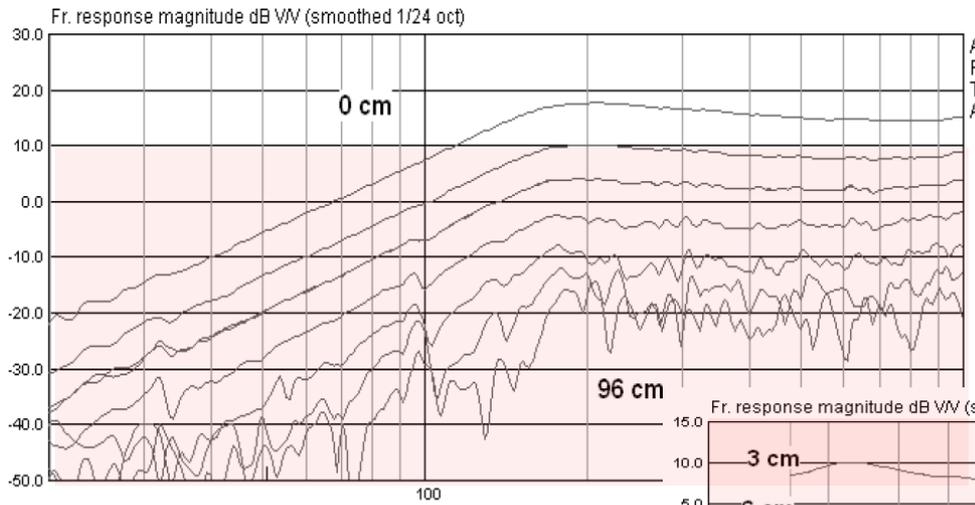


Bild 6.2.10: Übergang Nahfeld → Fernfeld (0, 3, 6, 12, 24, 48, 96 cm)

Niedrige Frequenzen ungegatet

Hohe Frequenzen gegatet

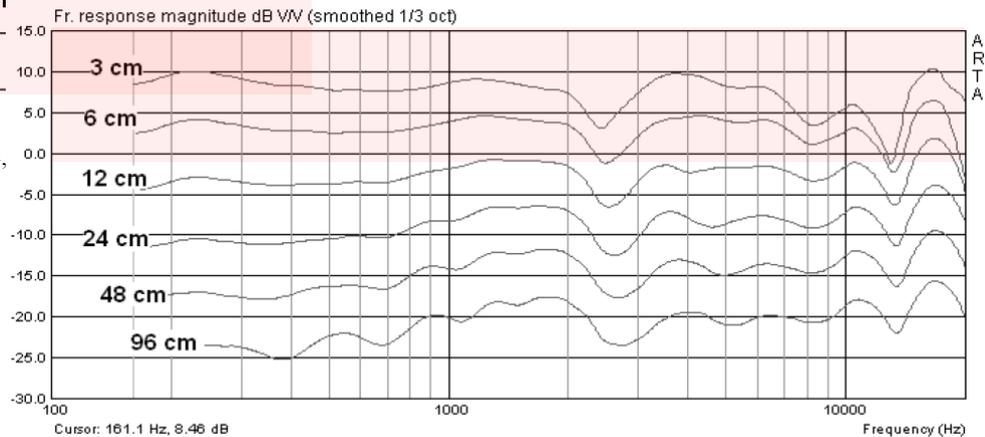


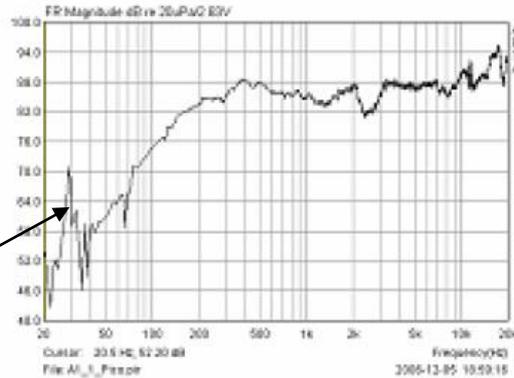
Bild 6.2.11: Übergang Fernfeld → Nahfeld

3. Ermittlungsmethode des (Quasi) Freifeldfrequenzganges in reflexionsbehafteten Räumen

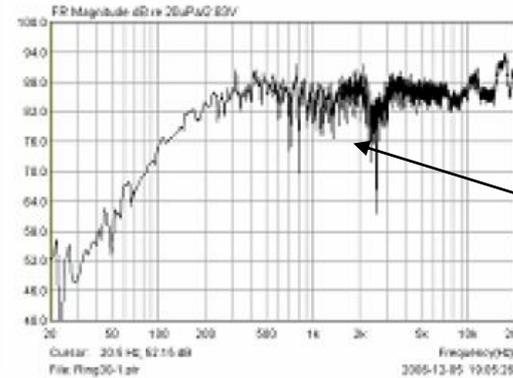
Reflexionen/ Gaten

11:10
5 Min

Reflexionsarmer Messraum



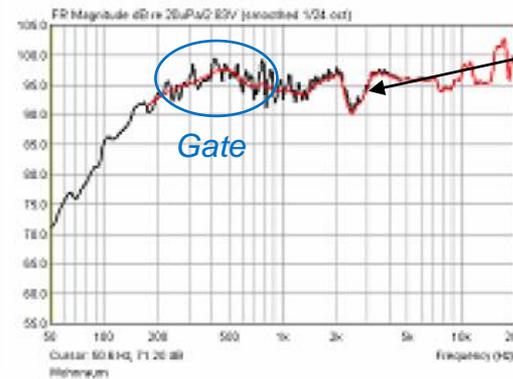
Normaler Wohnraum



Egal ob Glättung, mit/ohne Gate immer gutes Ergebnis

Im Wohnraum muss man zumindest 'glätten', am besten 'gaten'

Frequenzgang ohne Glättung (unsmoothed FR)



Frequenzgang mit 1/24 Okt. Glättung (schwarz) und zusätzlichem Gate (rot)

'glätten' ist einfach den Mittelwert zu berechnen

3. Ermittlungsmethode des (Quasi) Freifeldfrequenzganges in reflexionsbehafteten Räumen

11:15

5 Min

Frequenzgang eines Lautsprechers ohne den Raumeinfluß

Wir haben momentan überhaupt nur zwei Messarten (Fernfeldmessung und Nahfeldmessung kurz vor der Membran) sinnvoll, die wir - also ohne frequenzabhängige Pegelverluste - machen können:

1. *Messungen im Fernfeld ($r > 3d$) – prinzipiell gültig für alle Frequenzen – die wir auch ‚gaten‘ können, also die Reflexionen eliminieren können.*
2. *Messungen im Nahfeld direkt vor der Membran ($r \ll a$) - allerdings mit dem Nachteil, dass das Ergebnis nur für niedrige Frequenzen kleiner $f_{gn} \sim 300\text{-}1000\text{Hz}$ gültig ist. Reflexionen treten hier auch auf aber von vergleichsweise vernachlässigbarer Intensität.*



Was nun?

3. Ermittlungsmethode des (Quasi) Freifeldfrequenzganges in reflexionsbehafteten Räumen

11:20

5 Min

Überlegung Methode

1. *Wir verwenden beide Messungen. Die Fernfeldmessung ist gegated.*
2. *Wir rechnen den Frequenzgang der Nahfeldmessung auf den Messabstand der vorigen Fernfeldmessung um und leben damit, dass dieses Ergebnis nur bis fgn ~300-1000Hz gültig ist*
3. *Wir verwenden diese umgerechnete Nahfeldmessung bis fgn und die gegatete Fernfeldmessung bis fgn. Dazu müssen wir beide Frequenzgangkurven jeweils bei fgn grafisch abschneiden und wieder zu einer gesamten Kurve zusammensetzen.*



Passt das?

3. Ermittlungsmethode des (Quasi) Freifeldfrequenzganges in reflexionsbehafteten Räumen

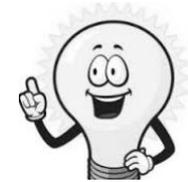
11:25

5 Min

Leider reicht das immer noch nicht, da die auf das Fernfeld umgerechnete Nahfeldmessung die Beugungseinflüsse („BaffleStep“) des Gehäuses leider nicht berücksichtigt. Also gibt es noch einen zusätzlichen Punkt:

Methode

- 1. Wir machen zunächst die Fern- und dann die Nahfeldmessung. Die Fernfeldmessung ist gated und wir merken uns den Messabstand.**
- 2. Wir rechnen den Frequenzgang der Nahfeldmessung auf den Messabstand der vorigen Fernfeldmessung um und leben damit, dass dieses Ergebnis nur bis $f_{gn} \sim 300 \text{ Hz} \dots 1000 \text{ Hz}$ gültig ist und rechnen anschließend mit ARTA noch den ‚BaffleStep‘ mit ein (Eingabe der Gehäuseabmessungen)**
- 3. Idealerweise schneidet nun der Graph der Nahfeldmesskurve den Graphen der Fernfeldmesskurve. Wir verwenden bis zu diesem Schnittpunkt die umgerechnete Nahfeldmessung und ab dem Schnittpunkt die Fernfeldmessung. Das Gate muß dabei ausreichend lang gewählt werden, damit der Schnittpunkt im gültigen Frequenzbereich liegt.**

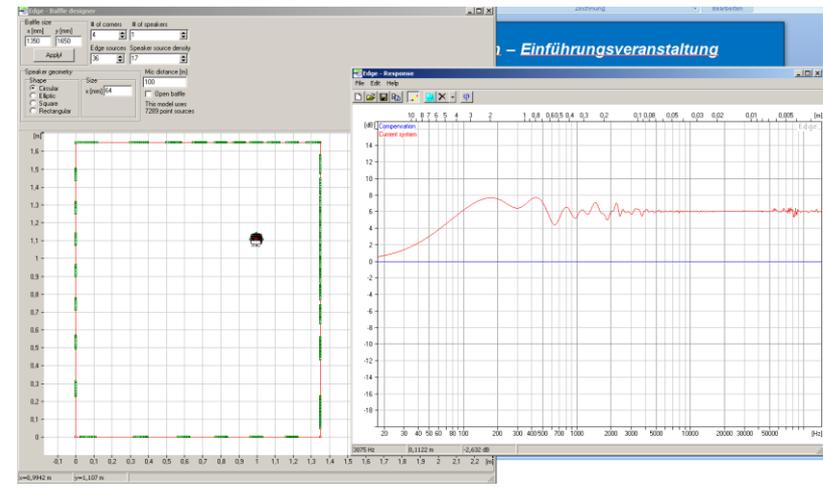
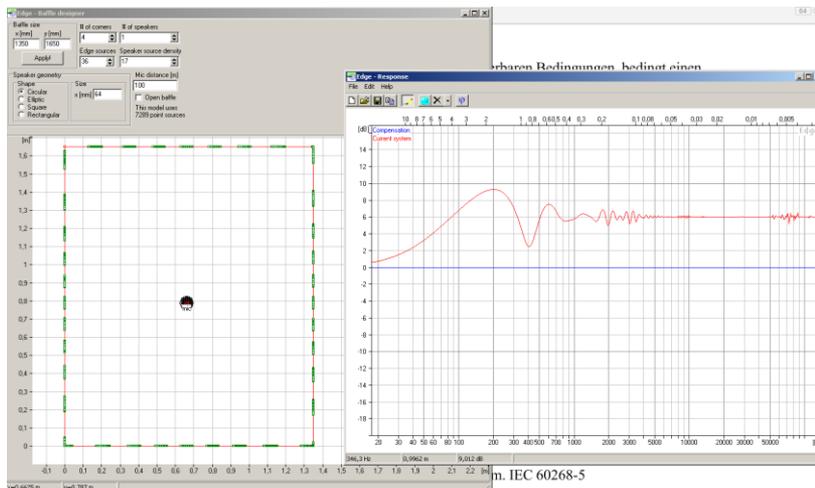


3. Ermittlungsmethode des (Quasi) Freifeldfrequenzganges in reflexionsbehafteten Räumen

11:27
2 Min

Baffle Step

Mit dem Simulationsprogramm 'The EDGE' kann man den Einfluss des Gehäuses kennenlernen. Die tieffrequente Beugung wird in erster Linie durch die Form und Größe der Schallwand und die Membranfläche bestimmt. <http://www.tolvan.com/index.php?page=/edge/edge.php>

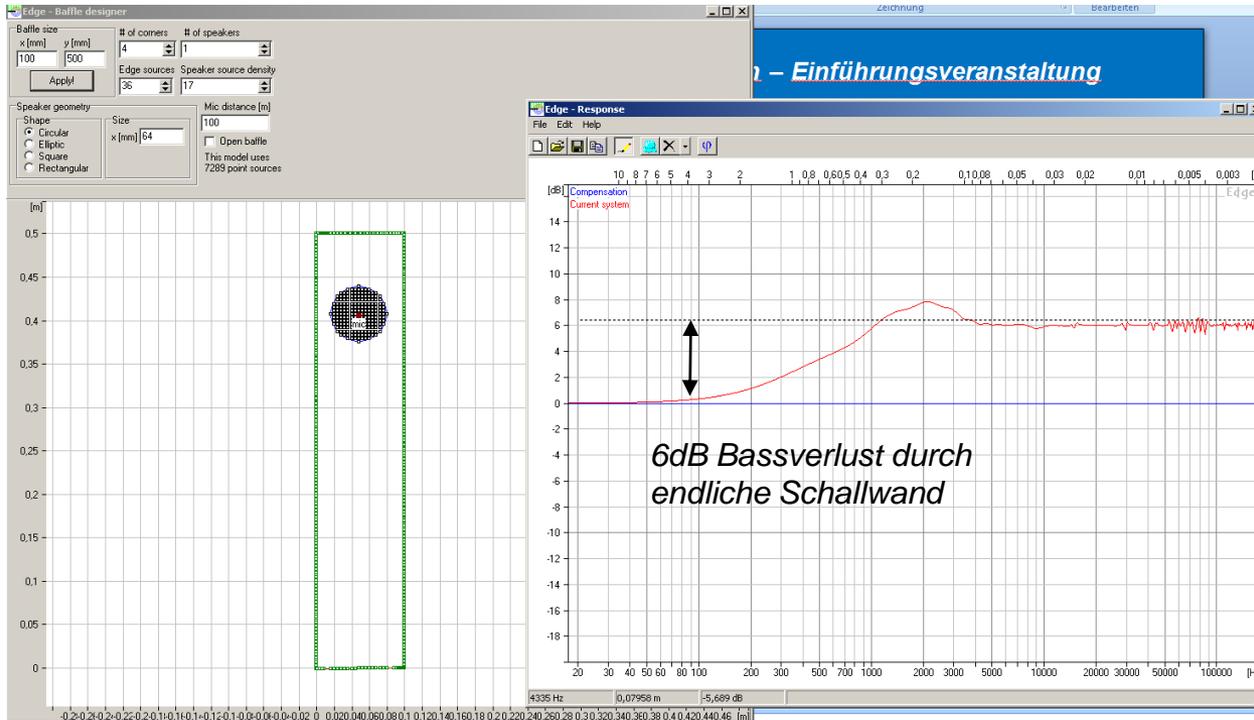


Mikrofon 100cm (Freifeld)

3. Ermittlungsmethode des (Quasi) Freifeldfrequenzganges in reflexionsbehafteten Räumen

11:30
3 Min

Baffle Step



Mikrofon 100cm (Freifeld)

4. Inbetriebnahme des Meßsystems

11:32
2 Min

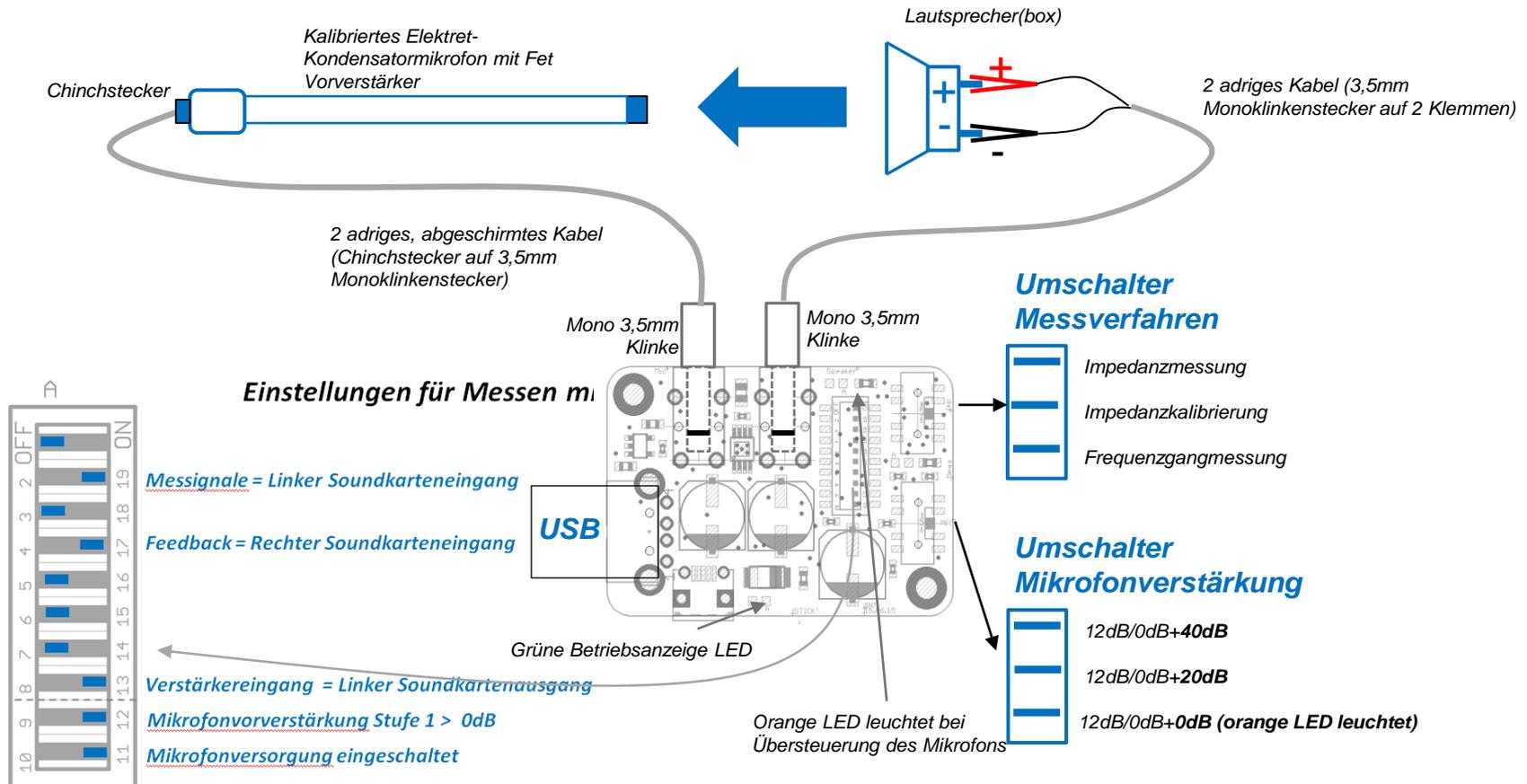
Allgemeine Inbetriebnahme

1. **Hardwaresetup , Stick‘, der Lautsprecher, das ‚Mik‘ und die Kabel**
2. **Installation von ARTA, STEPS und LIMP**
3. **Prüfen ob Stick vom Betriebssystem erkannt wird und Windows Mixer Einstellungen** (siehe auch <https://www.hifi-selbstbau.de/grundlagen-mainmenu-35/fuer-dummies/428-messen-fuer-dummies-teil-1>)

4. Inbetriebnahme des Meßsystems

11:42
10 Min

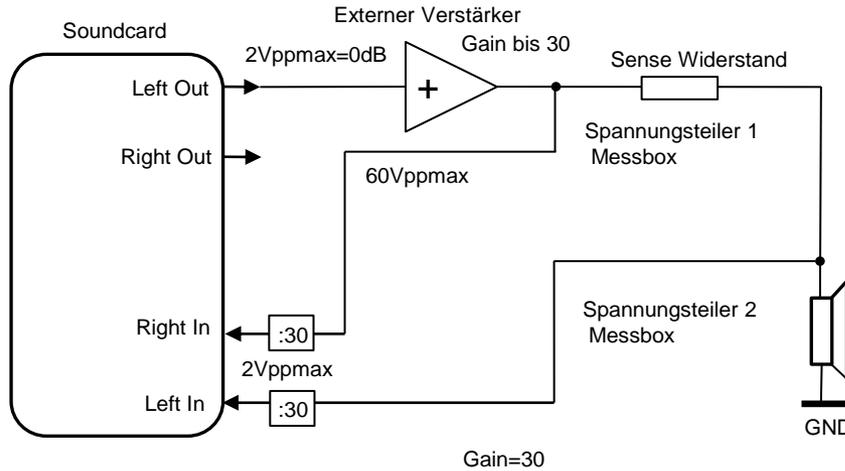
Hardwaresetup



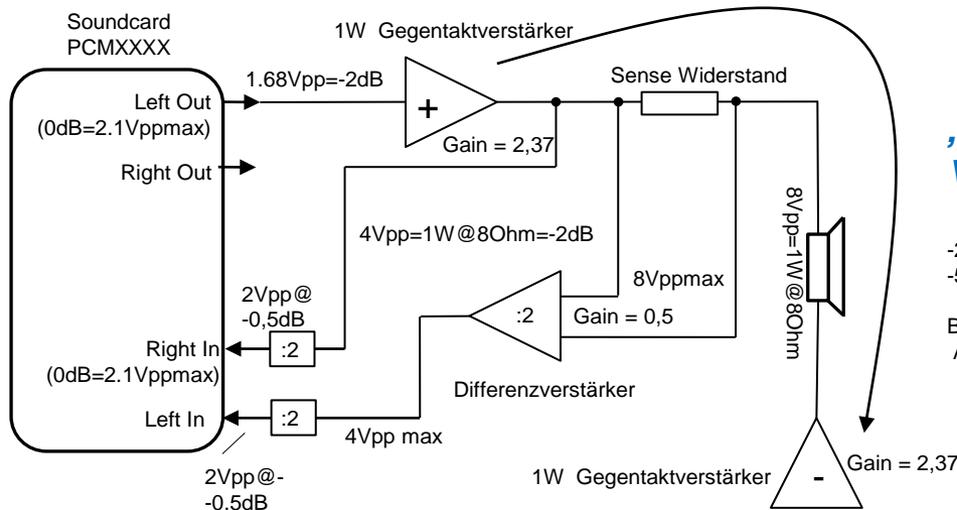
4. Inbetriebnahme des Meßsystems

Prinzipschaltbild

11:42



Externe Soundkarte + Messbox + externer Verstärker



„Stick“ (Soundkarte, Messbox und 1W Verstärker integriert)

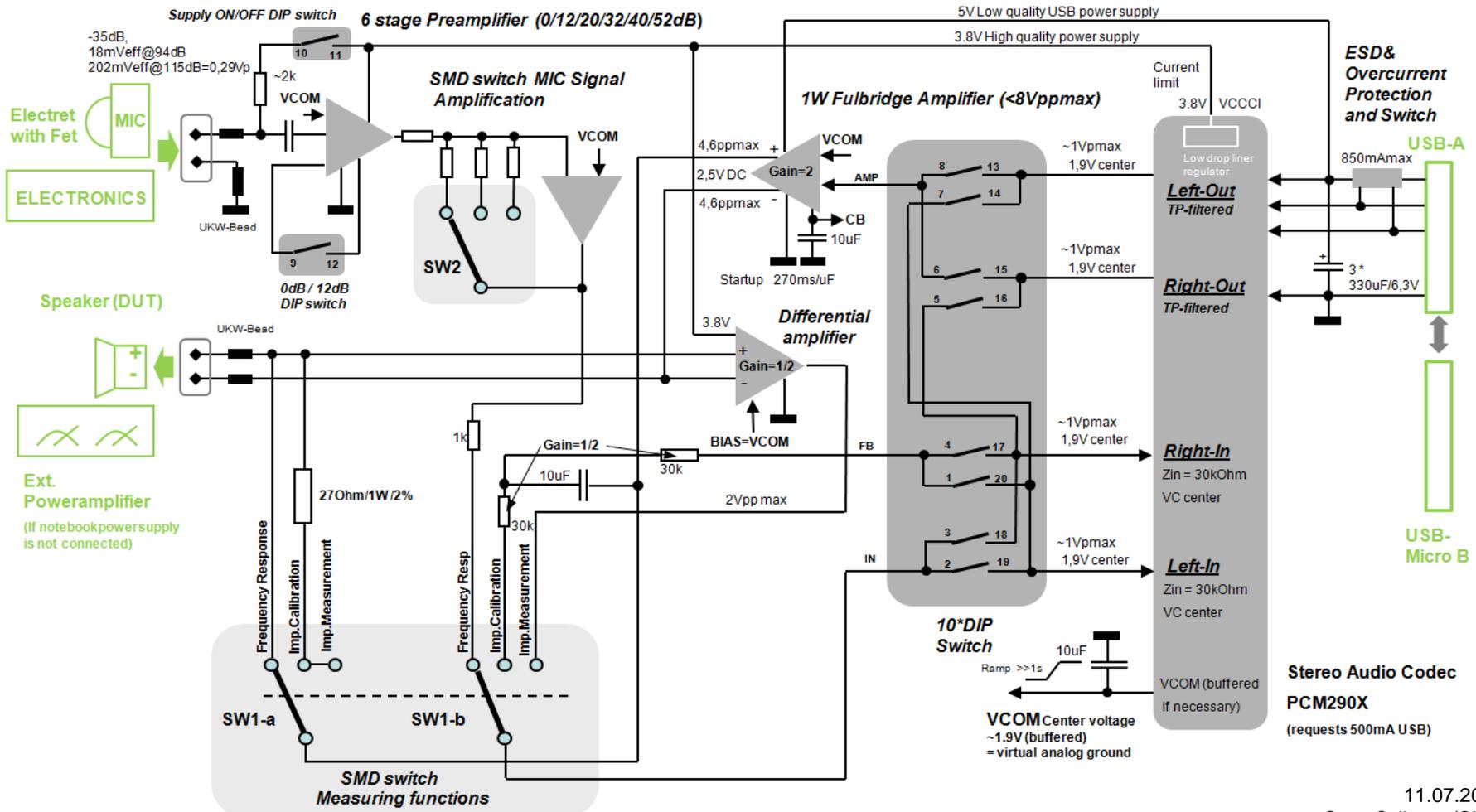
-2dB = 8Vpp am Lautsprecher = 1W@80hm
 -5dB = 5,64Vpp = 1W@40hm

Bei -2dB eingestellter Generator bleiben die Aussteuerungsbalken in ARTA gerade noch grün. -2dB ist die maximal erlaubte Generatorspannung!

4. Inbetriebnahme des Meßsystems

Blockdiagramm

11:45
3 Min



4. Inbetriebnahme des Meßsystems

11:47
2 Min

Windows Mixer

Beim Windows ‚Mixer‘ = Systemsteuerung > Sound gibt es die Reiter:

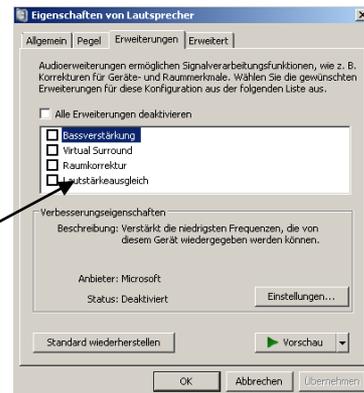
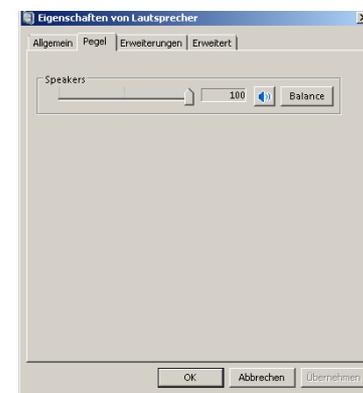
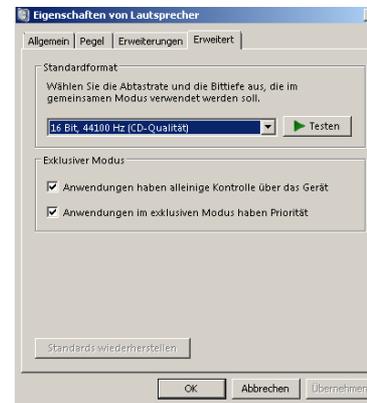
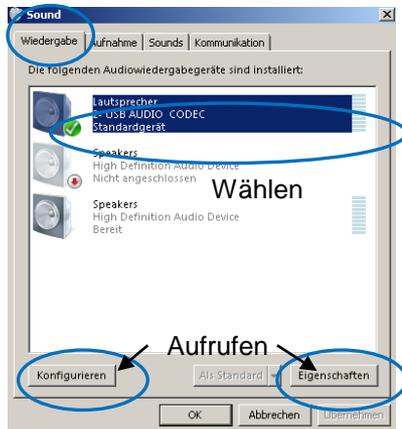
- a) ‚Wiedergabe von Audiodateien‘*
- b) ‚Aufzeichnen von Audiodateien‘*
- c) Sounds*

Der Stick meldet sich für Wiedergabe und Aufnahme als ‚2-USB AUDIO Codec‘ am Betriebssystem an

4. Inbetriebnahme des Meßsystems

11:50
3 Min

a) ‚Wiedergabe von Audiodateien‘ > Soundkarte wählen, durch alle Reiter durchklicken und Einträge prüfen

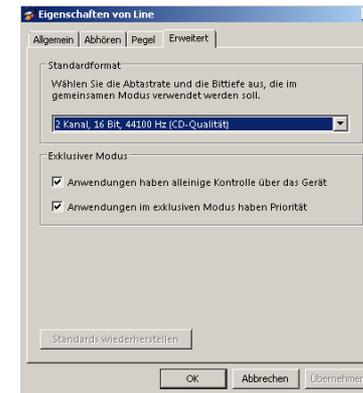
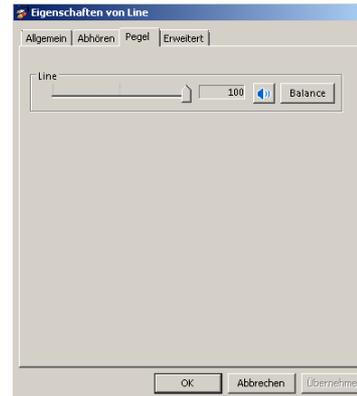


Alle gefundenen Sounds und Effekte deaktivieren!

4. Inbetriebnahme des Meßsystems

11:57
7 Min

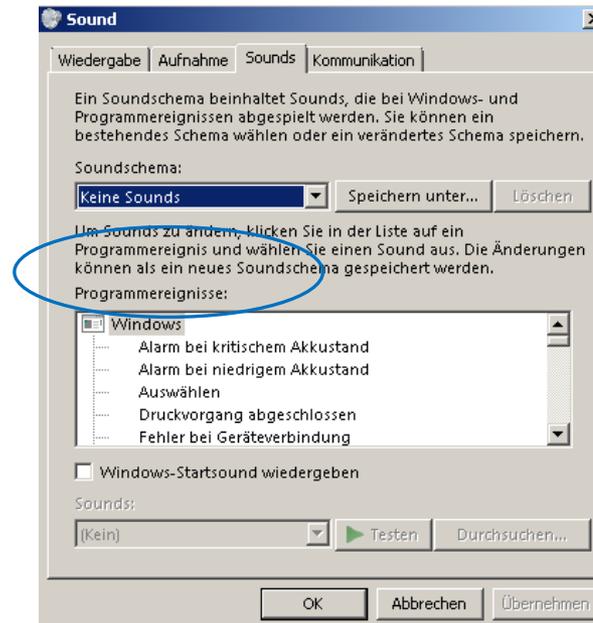
b) ‚Aufnahme von Audiodateien‘ > Soundkarte wählen, durch alle Reiter durchklicken und Einträge prüfen



4. Inbetriebnahme des Meßsystems

12:00
3 Min

c) ‚Sounds‘ > Alle Sounds deaktivieren

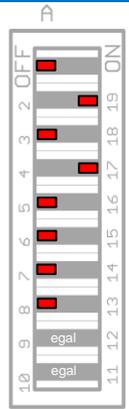


MITTAG

*Der ‚Stick‘ ist per DIP-Schalter bereits für ARTA, STEPS und LIMP vorkonfiguriert .
Das bedeutet, dass die Ein- und Ausgänge an den richtigen Kanälen anliegen*

5. Impedanzmessung mit LIMP

31.07.2015

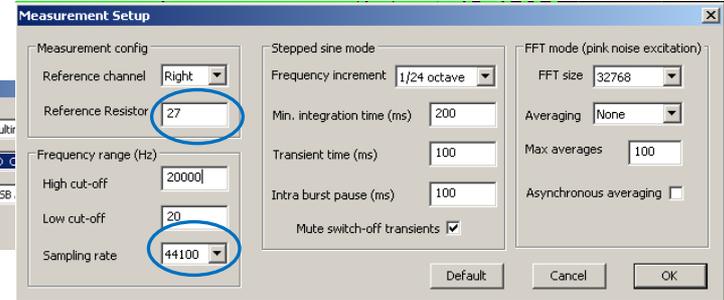
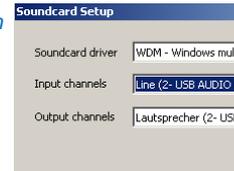


Impedanzmessung

(Zur Sicherstellung der Messgenauigkeit immer erst mal einen bekannten Widerstand dummessen und das Ergebnis auf Genauigkeit prüfen, anschliessend ab 6. die Impedanzmessung an der Box vornehmen)

1. Programm LIMP öffnen (vs 1.8.5)

Setup > Audio Devices: Im Soundcard Setup prüfen, ob ‚Stick‘ als Soundkarte erkannt wurde („2-USB AUDIO Codec“)



2. LIMP für den ‚Stick‘ konfigurieren (nur einmal direkt nach ARTA Programminstallation erforderlich)

Setup > Measurement: Bei Reference Resistor 27Ohm eintragen, Bei sampling rate 44100Hz wählen

3. Optional Einstellungen Impedanzkalibrierung (Bei ARTA Demoversion jedesmal nach Programmstart neu zu machen, wenn man es genau haben möchte)

- Schalter Stick auf Mittelstellung (Impedanzkalibrierung),
- Reiter Record > Calibrate > Output Volume auf -6dB stellen
- Calibrate drücken, OK button drücken wenn im Statusfeld Werte ausgegeben werden

4. Schalter am ‚STICK‘ auf Impedanzmessung

5. Optional Kabelkompensation (bleibt in ARTA Demoversion gespeichert)

- für genaueste Messungen: siehe Singlepaper ‚Kabelkompensation‘ oder minimal ungenauer (50mOhm):
- Reiter Setup > cable compensation > Werte für cable resistance und cable inductance eingeben (siehe Bedienungsanleitung Stick) und Hakerl bei Automatically... Setzen, abschliessend auf OK

6. (neuen) Messwiderstand oder Lautsprecher anschließen

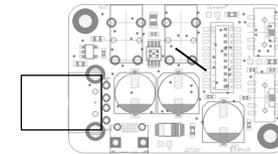
7. Signalquelle und Sonderfunktionen wählen



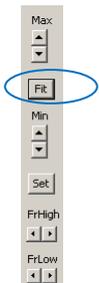
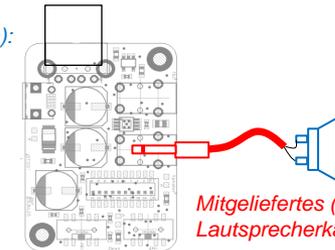
Pink Noise (schnell) oder Sinus (langsam) in der Statusleiste wählen

8. Messung starten

9. Mit **Fit** Knopf (am rechten Bildschirmrand) den Graphen richtig anzeigen



Impedanzmessung
Impedanzkalibrierung
Frequenzgangmessung



Neue Messung

11.07.2015
Sven Sylla (SNT)

5. TS Parametermessungen mit LIMP

14:00
30 Min

TS-Parametermessung (Kleinsignalmessung - Massemethode)

1. Falls noch nicht früher schon mal an diesem Computer gemacht, Schritte 1-3 der Impedanzmessung (Seite zuvor) vornehmen

2. **Schalter am ‚STICK‘ auf Impedanzmessung**

3. **Lautsprecher über zugehöriges Kabel anschließen** (dabei darauf achten, Polkernbohrung des Lautsprechers nicht verschlossen ist)

4. **Lautsprecherlautstärke auf ca.50% einstellen** (Lautsprechersymbol in Windows Taskleiste unten Rechts)

5. Optional siehe Single-Paper ‚Impedanzkalibrierung und Kabelkompensation‘

6. **Impedanzmessung durchführen** ▶

Pink Noise (schnelle ungenauere Ergebnisse oder Sinus (langsameres aber präziseres Ergebnis)

7. **Grafikanzeige speichern** (Overlay > Set as overlay curve)

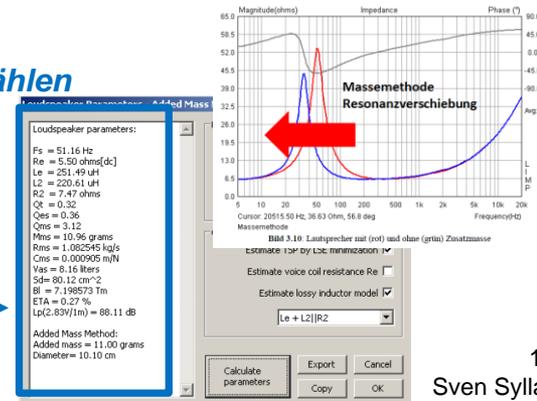
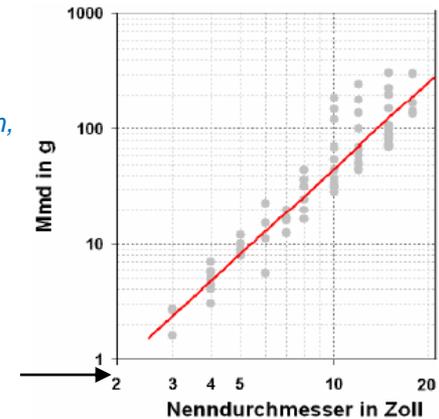
8. **Zusatzmasse je nach Lautsprechermembrandurchmesser wählen**

9. **Messung mit der Zusatzmasse durchführen** (Es erscheint eine zweite Kurve mit einer niedrigeren Resonanzfrequenz)

10. **Menue > Loudspeaker parameters > Added mass method**

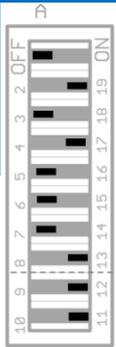
In Dialogbox Gleichstromwiderstand, Membrandurchmesser und Masse eingeben und anschließend ‚Calculate Parameters‘ Button drücken.

11. **TS Parameter ablesen**



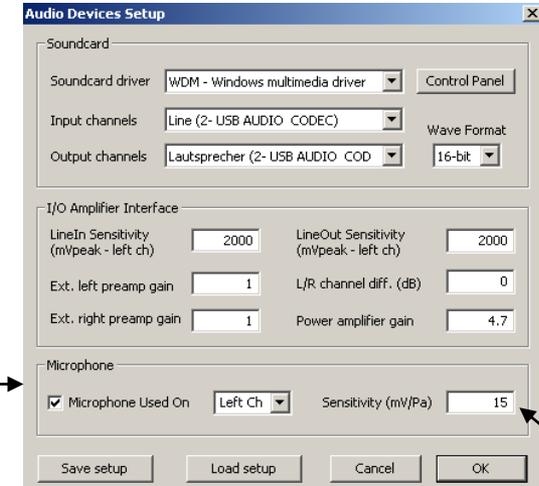
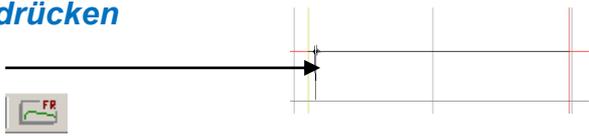
11.07.2015
Sven Sylla (SNT)

6. Nah und Fernfeldmessungen mit ARTA

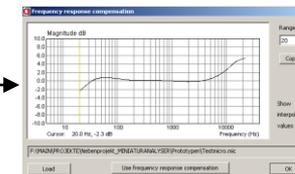


A) Prinzipielle Frequenzgangmessung (ohne Gate)

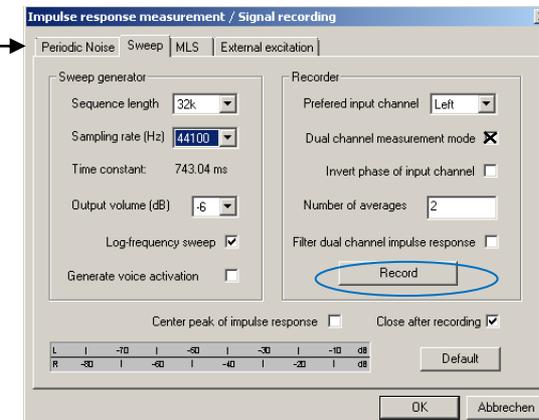
1. Windows Mixer Einstellungen (siehe Impedanzmessung)
2. Nach dem Programmstart geht ARTA praktischerweise immer in den Impulsmessmodus **IMP FR2 FR1 SPA**
3. Setup > Audio devices
Alle Parameter wie im rechten Bild eintragen oder Setup laden
eine anschließende Kalibrierung ist nicht mehr erforderlich,)
Nach dem Eintragen ‚Save setup‘ nicht vergessen
(Muss bei Programmstart bei der ARTA Demoversion immer neu geladen werden)
4. Setup > FR compensation
Laden der Mikrofonkorrekturdatei *.mic wie im rechten Bild
(Muss bei Programmstart bei der ARTA Demoversion immer neu geladen werden)
5. Mikrofon und Lautsprecher anschließen
6. Messung starten , Dialogbox siehe rechts editieren (Gain variabel)
anschliessend ‚Record‘ Button drücken
7. ARTA liefert die Impulsantwort 
8. Frequenzgang ausrechnen mit 



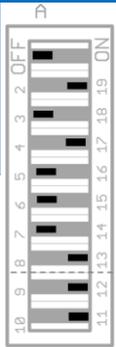
14:30
30 Min



Siehe Mikrofon Kalibrierdatei



6. Nah und Fernfeldmessungen mit ARTA



14:55
25 Min

B) Frequenzgangmessung (mit Gate)

1. *Einstellungen siehe A) 1 bis 7 also bis zur Darstellung der Impulsantwort*
2. *Nach der Messung kann im Impulsfenster wie folgt gegated werden:*
 - 2.1 *Mit linker Maustaste den Marker auf 300 samples legen*
 - 2.2 *Mit rechter Maustaste den Marker links neben der ersten Reflexion setzen*

6. Nah und Fernfeldmessungen mit ARTA

15:00
5 Min

Overlays (Mehrere Kurven in einem Display speichern und anzeigen)

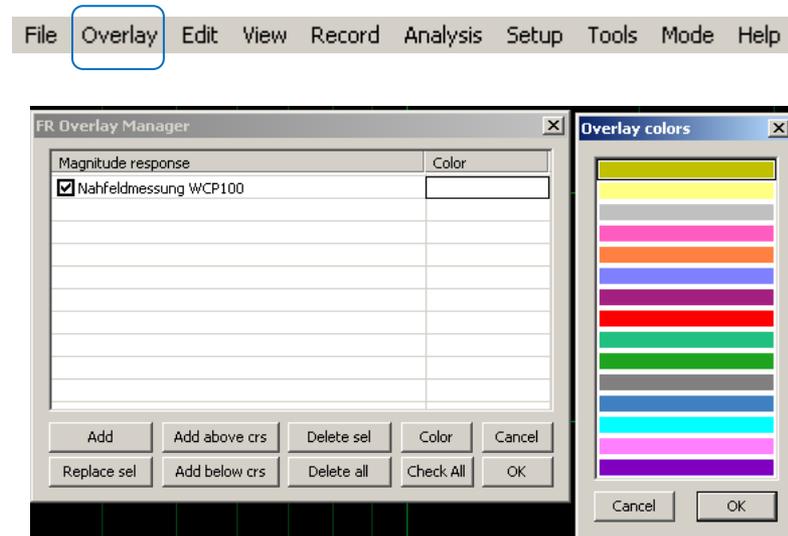
1. **Im Menü Overlay wählen > Dann ,Set as Overlay‘**

Kurve ändert die Farbe

2. **Im Menü Overlay > Manage overlays können die verschiedenen Kurven verwaltet werden**

Löschen, einfärben, umbenennen über ,Manage overlays‘

Overlays können auch in LIMP und STEPS vorgenommen werden.



Praktische Sonderfunktionen

1. **Kurven in Zwischenablage kopieren** Menü Edit > Copy
2. **Hintergrund ändern** 

PAUSE

7. Messung des Freifeldfrequenzganges mit ARTA (Breitbandlautsprecher im Bassreflexgehäuse)

15:20 – 16:30

Smoothen...
Und Error gate length < 128 samples .fehlt noch

7. Messung des Freifeldfrequenzganges mit **ARTA** (Breitbandlautsprechers im Bassreflexgehäuse)

16:30

Genauere Informationen siehe AP4-FreeField-Rev01Ger

11.07.2015
Sven Sylla (SNT)

Quellenverweise

Die Folien enthalten Bilder und Methoden aus den Handbüchern und Tutorials von Dr.H.Weber

<http://www.artalabs.hr/support.htm>

Tutorials in German language:

Heinrich Weber, HoM for the ARTA software at the VISATON forum, has written a tutorials for DIY loudspeaker designers on using ARTA, STEPS and LIMP in German language entitled:

ARTA-Handbuch" (version 2.4 in German) (C. Dunn translation of ARTA tutorial to English)

STEPS-Handbuch" (version 2.4 in German) (C. Dunn translation of STEPS tutorial to English)

LIMP-Handbuch" (version 2.4 in German) (C. Dunn translation of LIMP tutorial to English)

H. weber has also written a handbook containing a collection of DIY tools for loudspeaker measurements (in German language) entitled:

"Hardware & Tools" (version 1.01)

Detallierte Info zur Mixereinstellungen siehe auch:

<https://www.hifi-selbstbau.de/grundlagen-mainmenu-35/fuer-dummies/428-messen-fuer-dummies-teil-1>