

Sonic Alchemy

Mehr als nur Lärm: Ein Sprint vom kleinen Audio-Einmaleins bis zum Phasealignment



veit@rcf.de



Inhalt

- ↳ Signalübertragung & Brummen
- ↳ Sensitivity
- ↳ Die akustische Welle & Kammfilter
- ↳ 5000 Watt Bassmaschine
- ↳ Timealignment & Linie minimaler Varianz
- ↳ Bass Arrays
- ↳ FFT-Analyse & Phasealignment

Signalübertragung

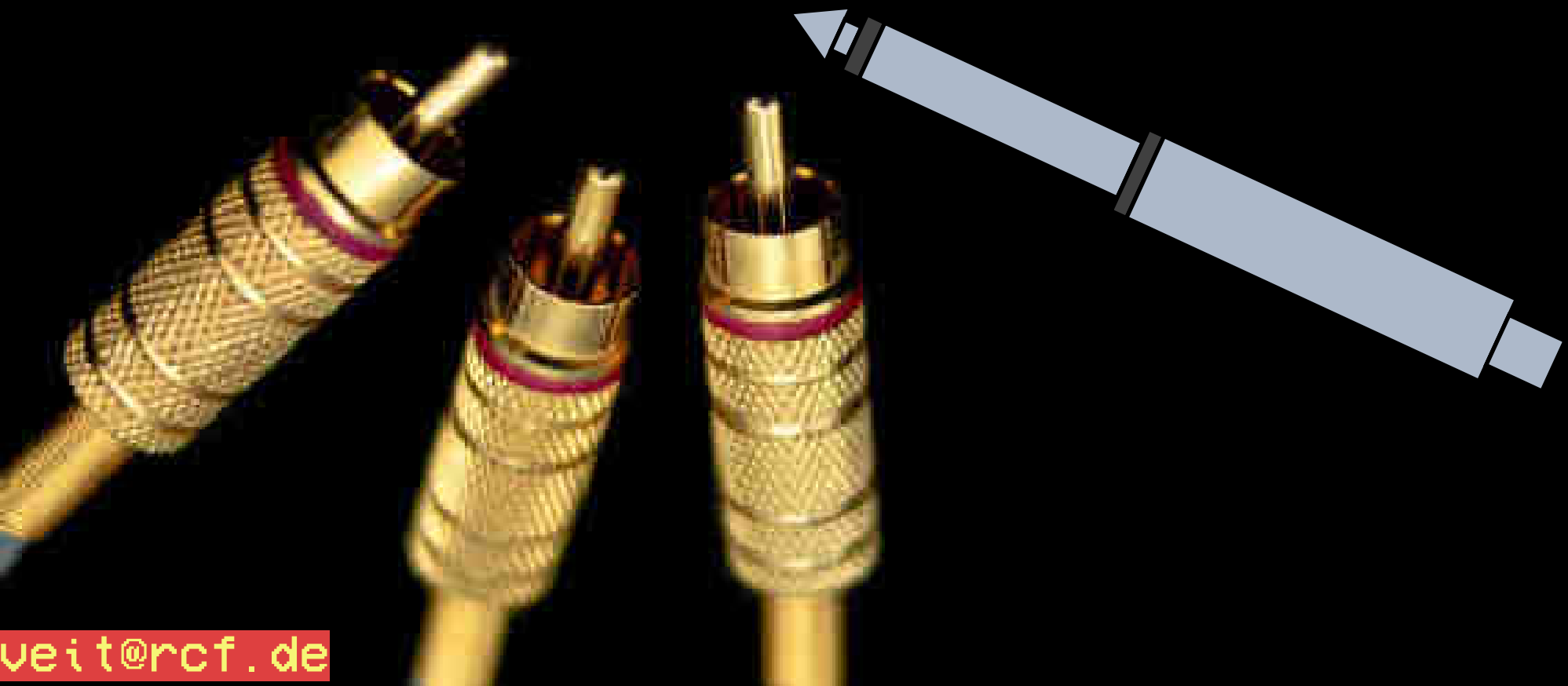
Asymmetrisch



Symmetrisch



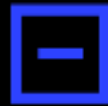
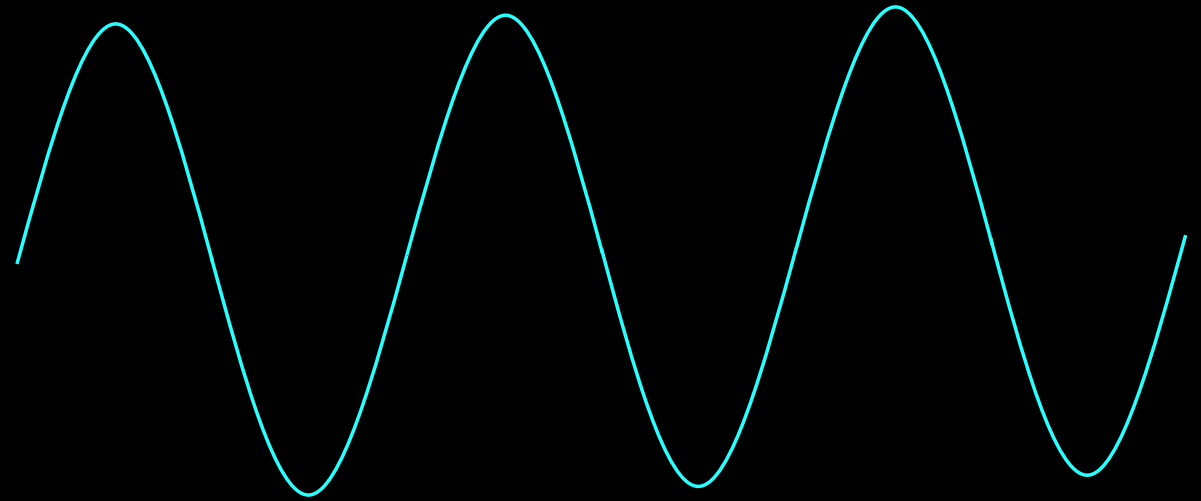
Unsymmetrische Kabel / Stecker



veit@rcf.de

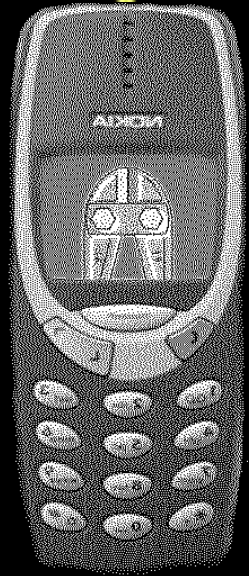
Unsymmetrische Kabel

Spannung



GND

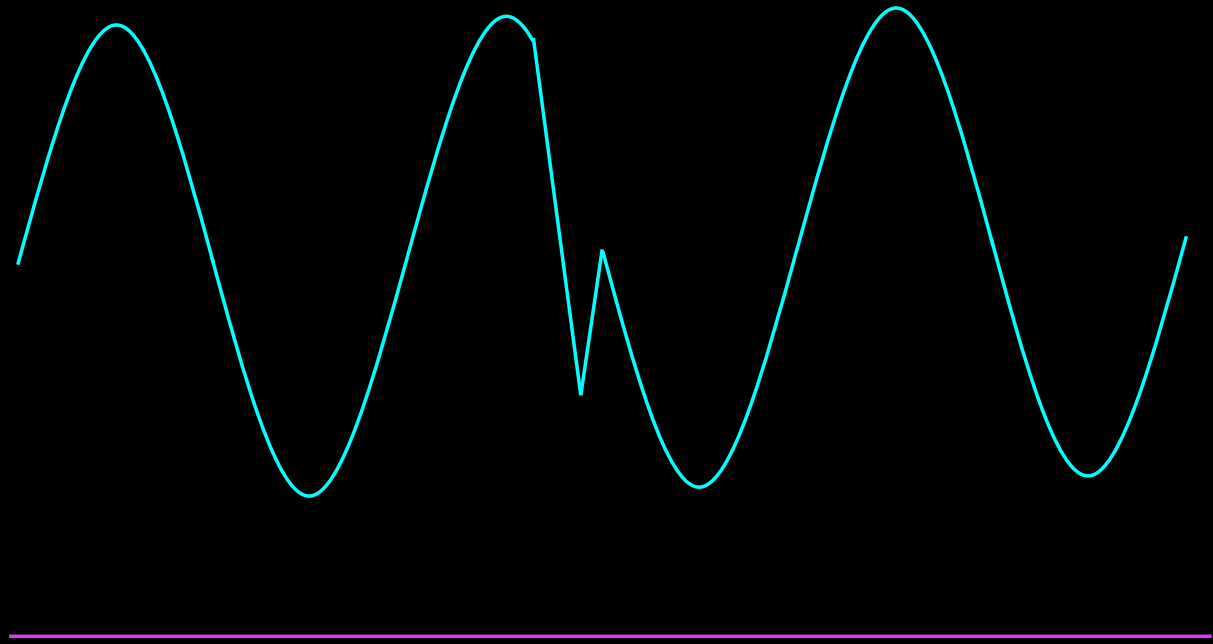
Unsymmetrische Kabel



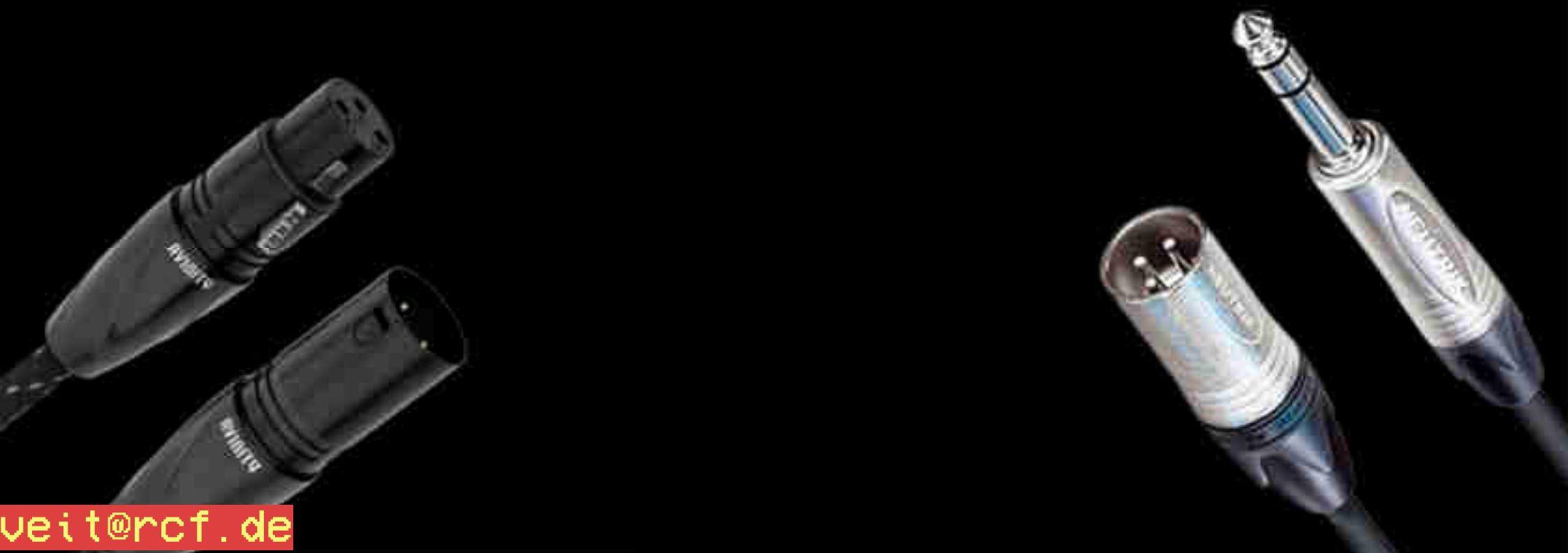
Spannung



GND



Symmetrische Kabel / Stecker



veit@rcf.de

Symmetrische Kabel

Spannung



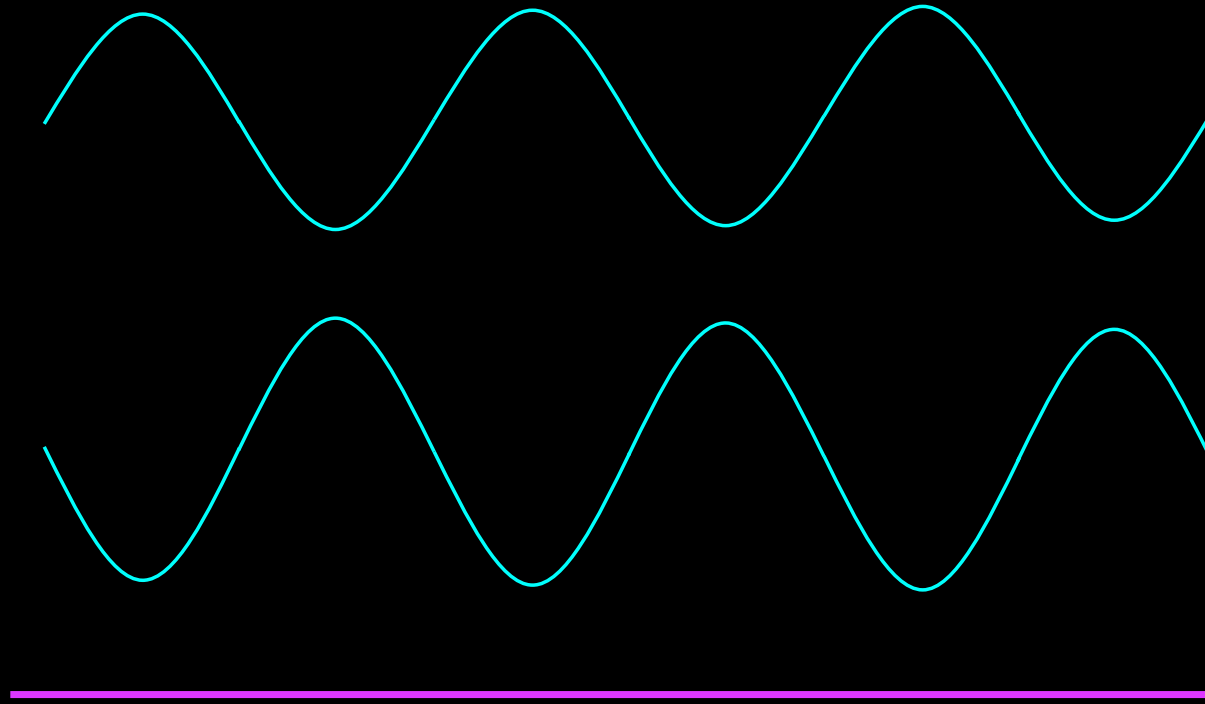
HOT



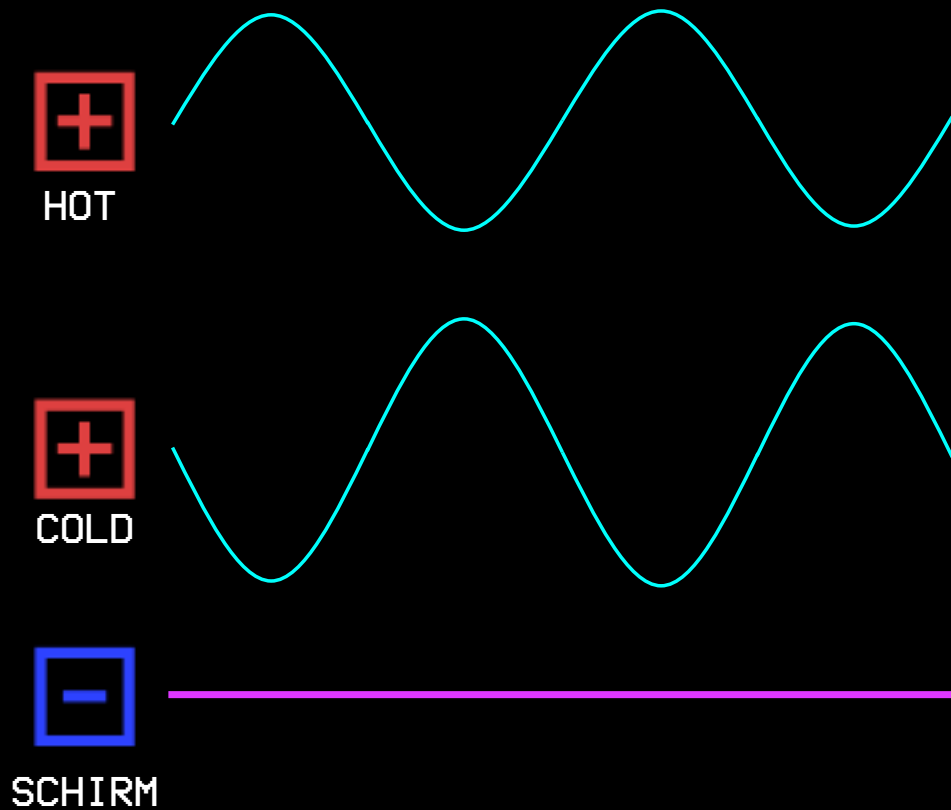
COLD



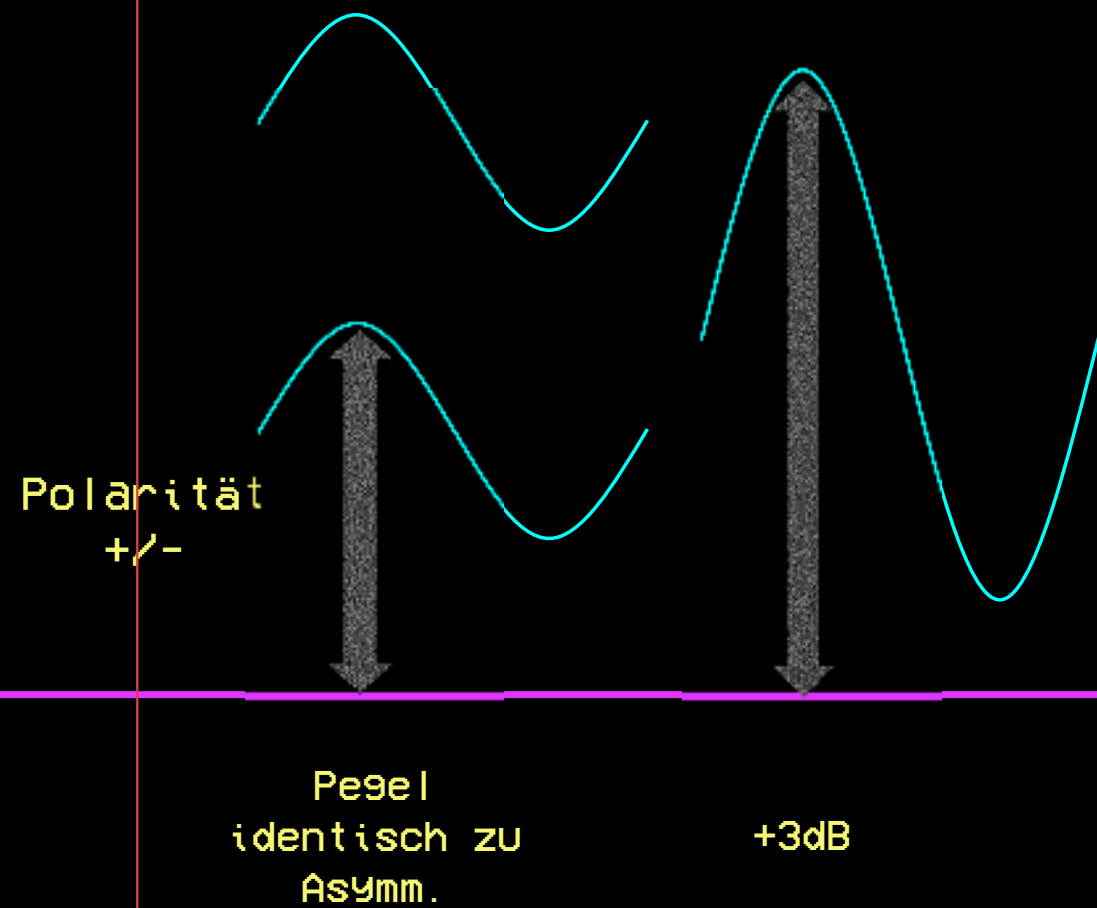
SCHIRM



Symmetrische Kabel



Inputboard



Symmetrische Kabel



HOT

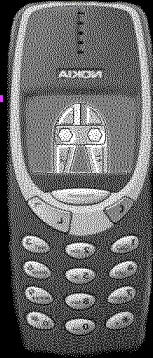


COLD



SCHIRM

(φ)



Polarität
+/-

+3dB

Balanced > Unbalanced

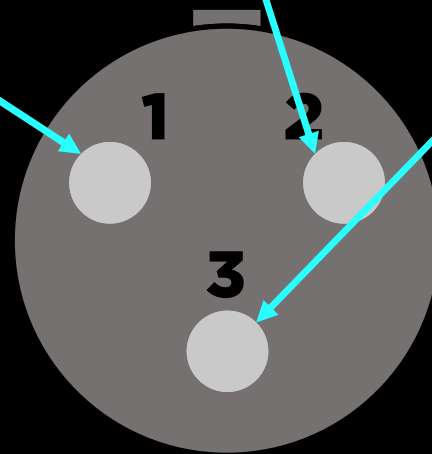
- Bei **asymmetrischer** Signalführung ist der Schirm signalführend.
- Störungen werden also mit übertragen.
- Bei **symmetrischer** Signalführung ist der Schirm nicht signalführend und kann daher besser etwaige Störungen zusätzlich gegen Masse/Ground ableiten.
- Signal und Schirmung sind hier klar getrennt.

Steckerbelegung XLR

1 (Ground)

2 (Hot)

3 (Cold)

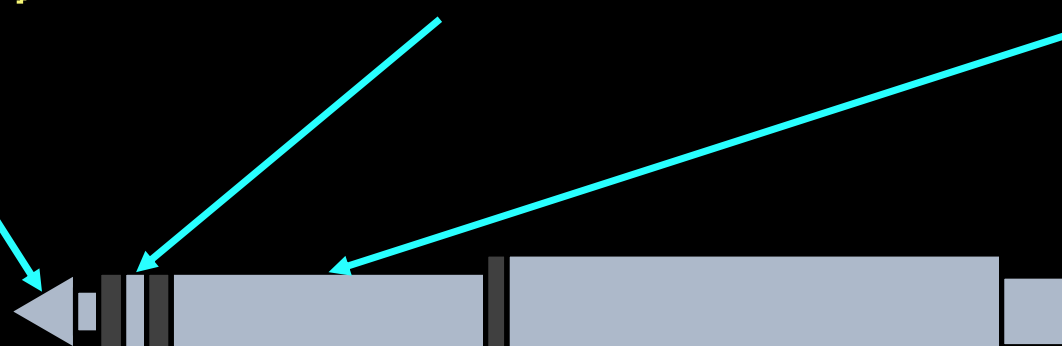


Steckerbelegung Klinke

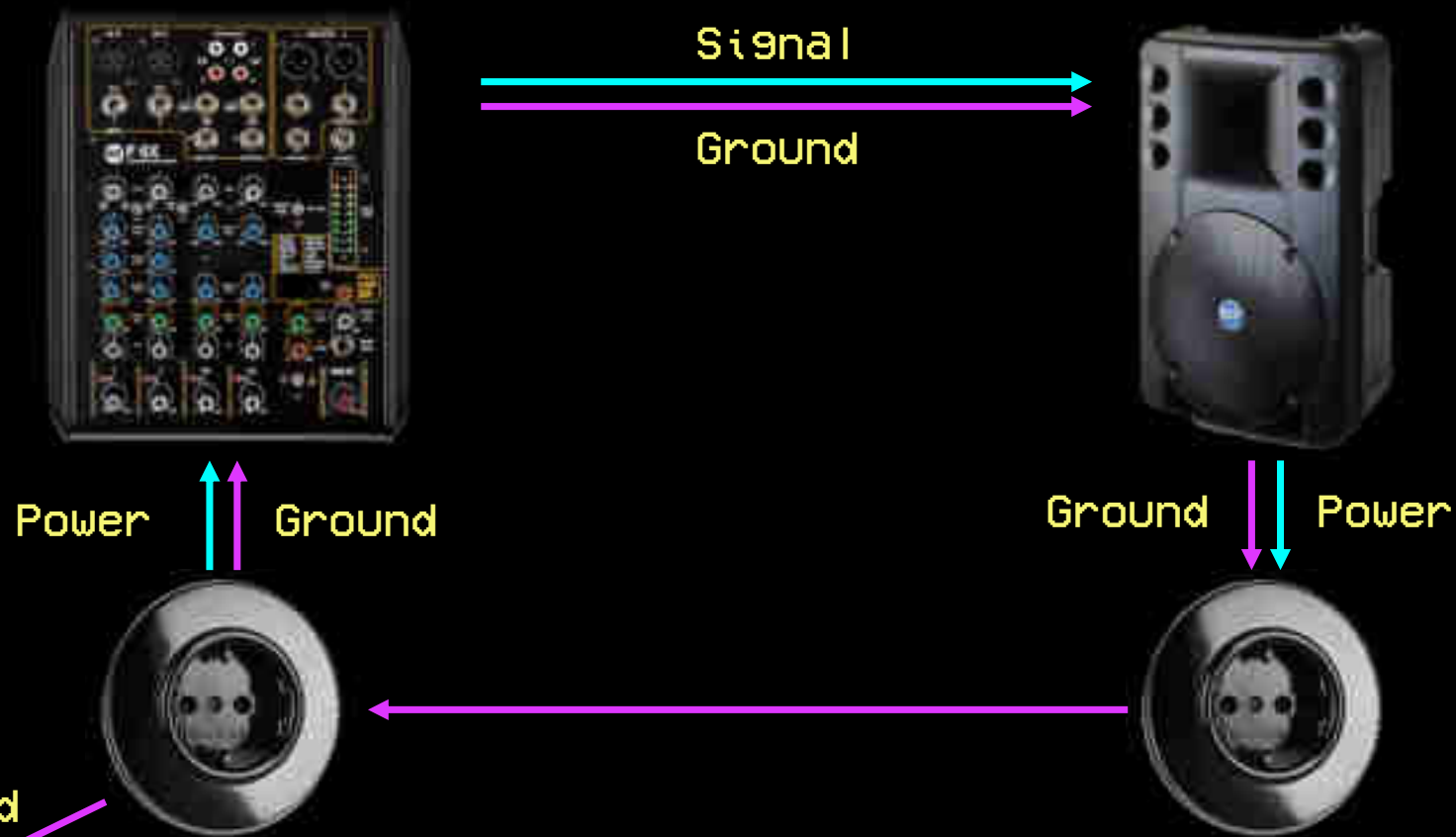
Tip (Hot)

Ring (Cold)

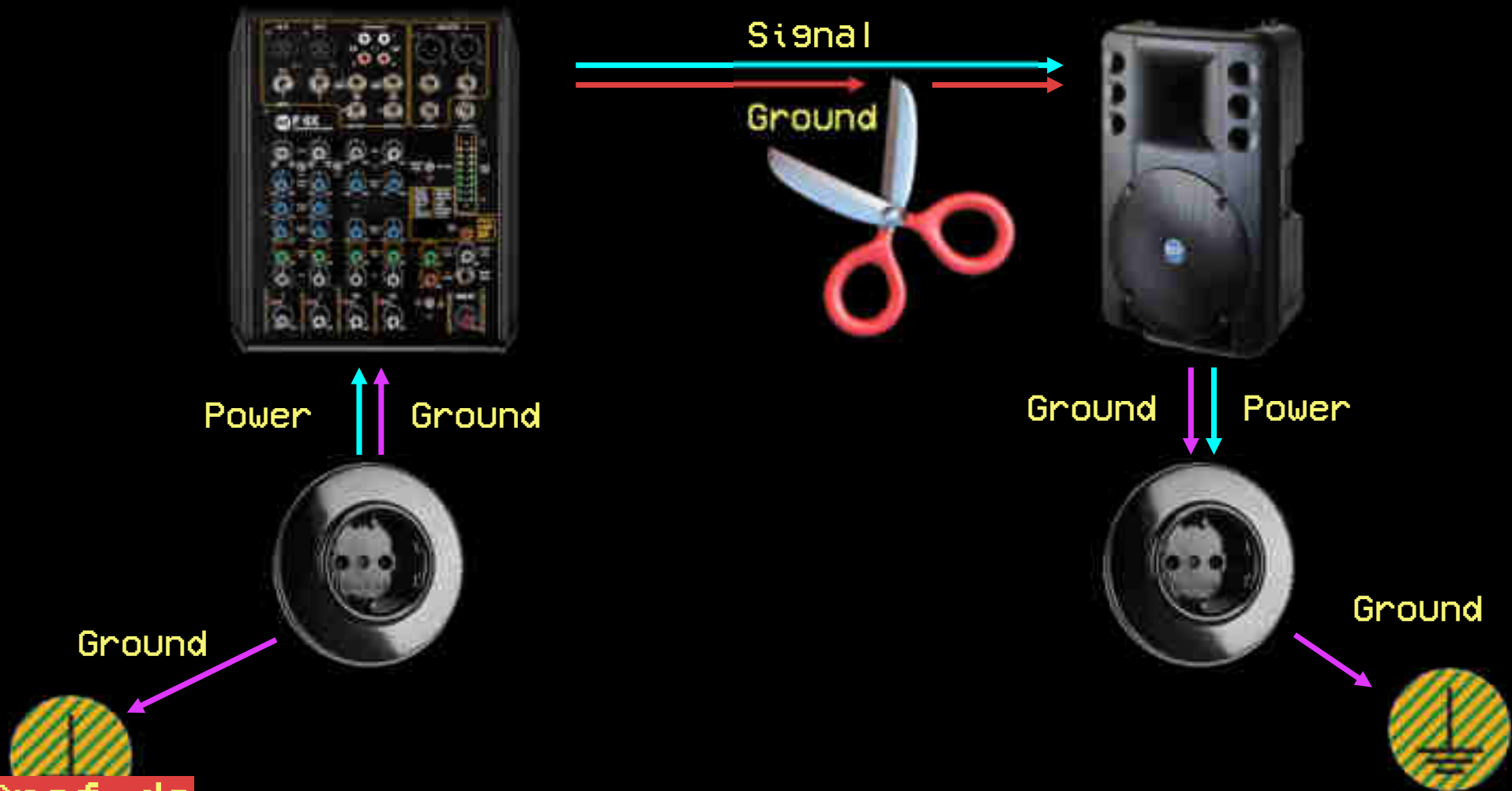
Sleeve (Ground)



Brummschleifen



Brummschleifen

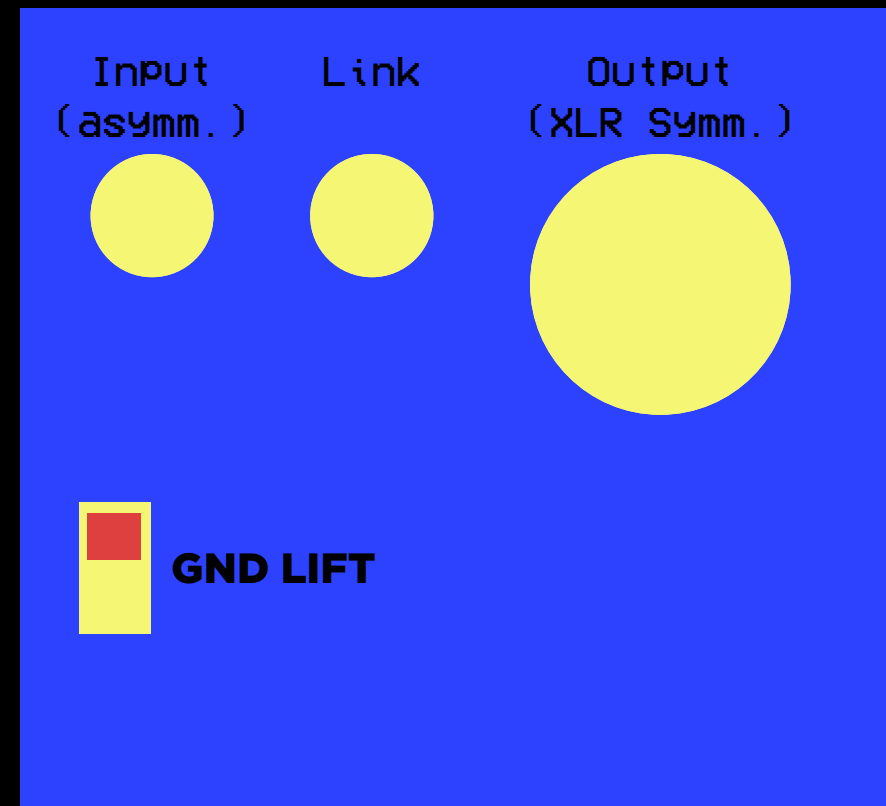


DI-Box / Symmetrierer

Unsymmetrisch ->
Symmetrisch

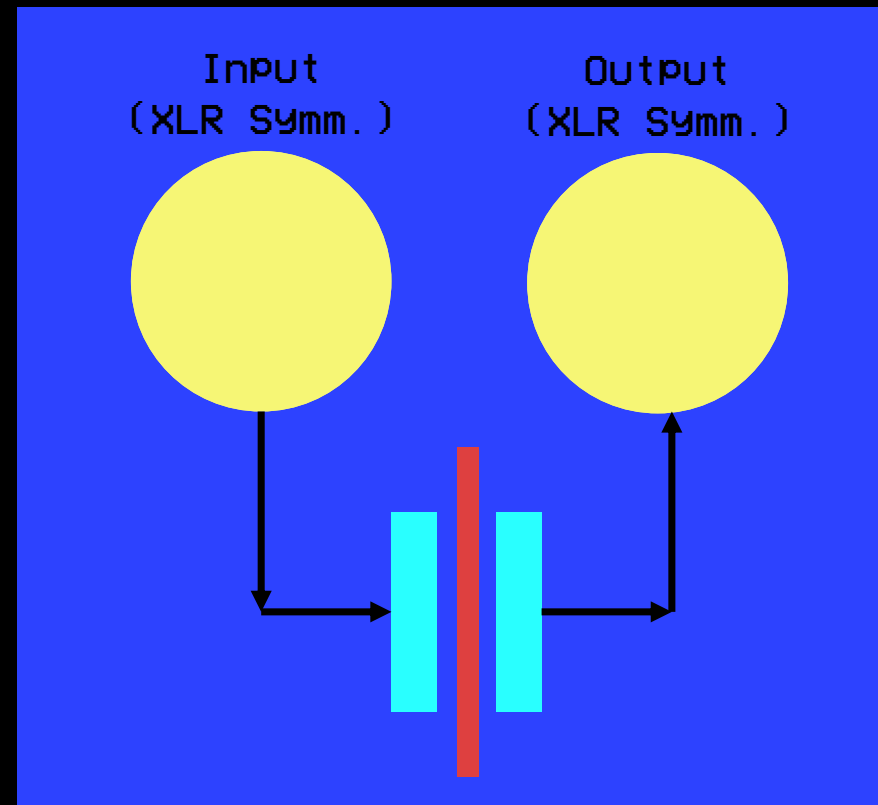
Grundlift zur Behebung
von Brummschleifen

Link Out

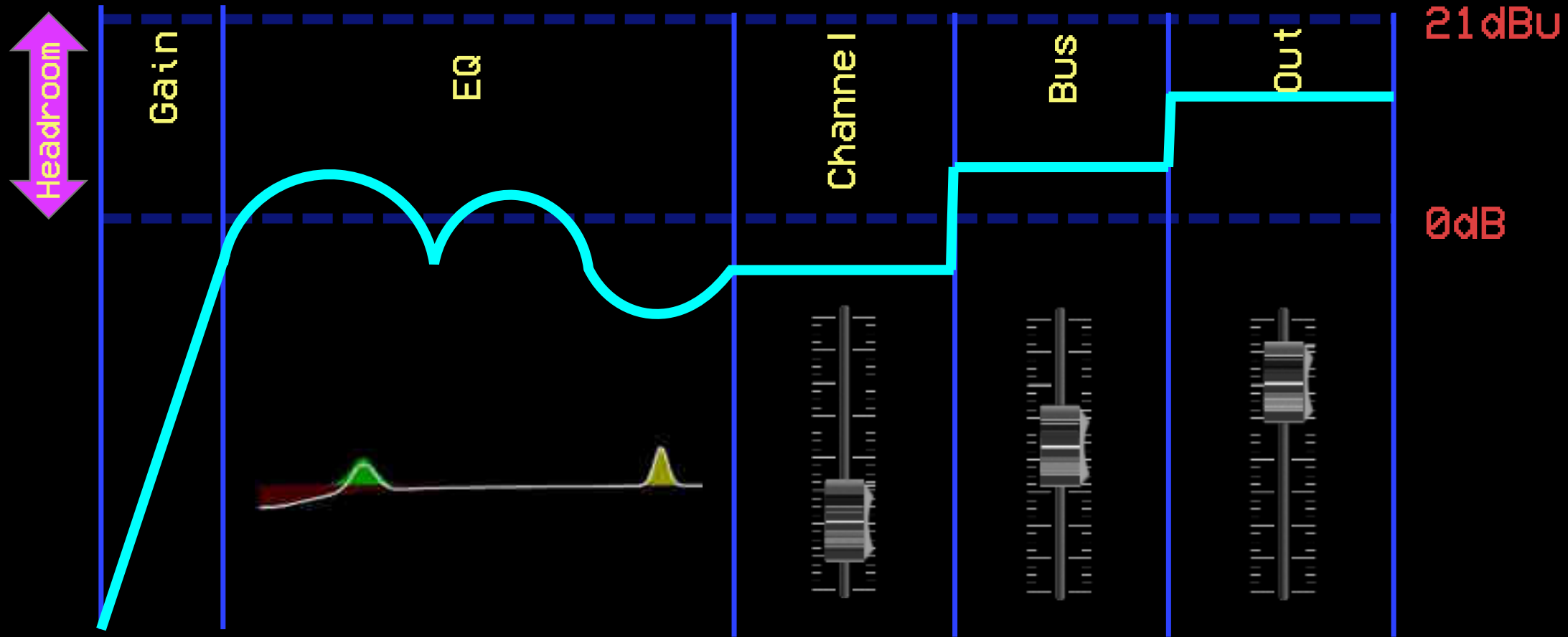


Trenntrafo / Transformer

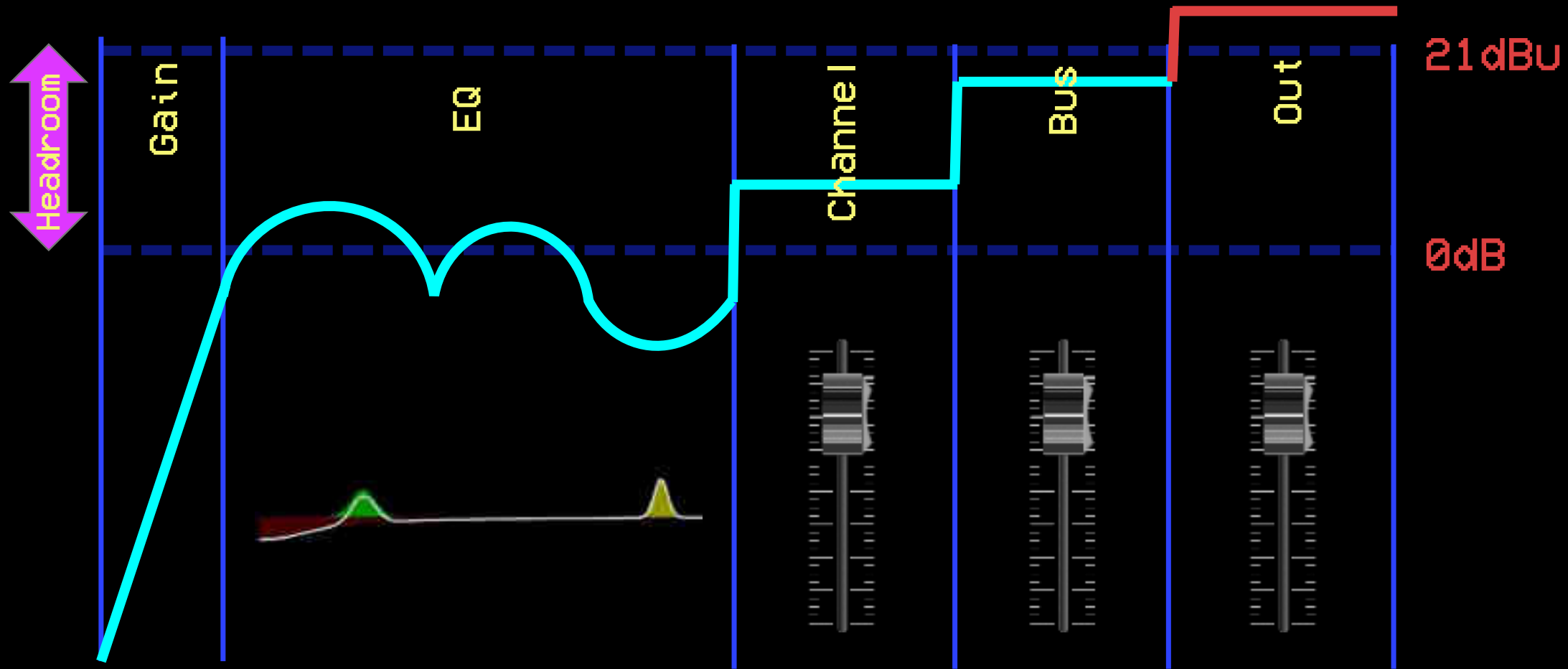
Galvanische Trennung für
Signale



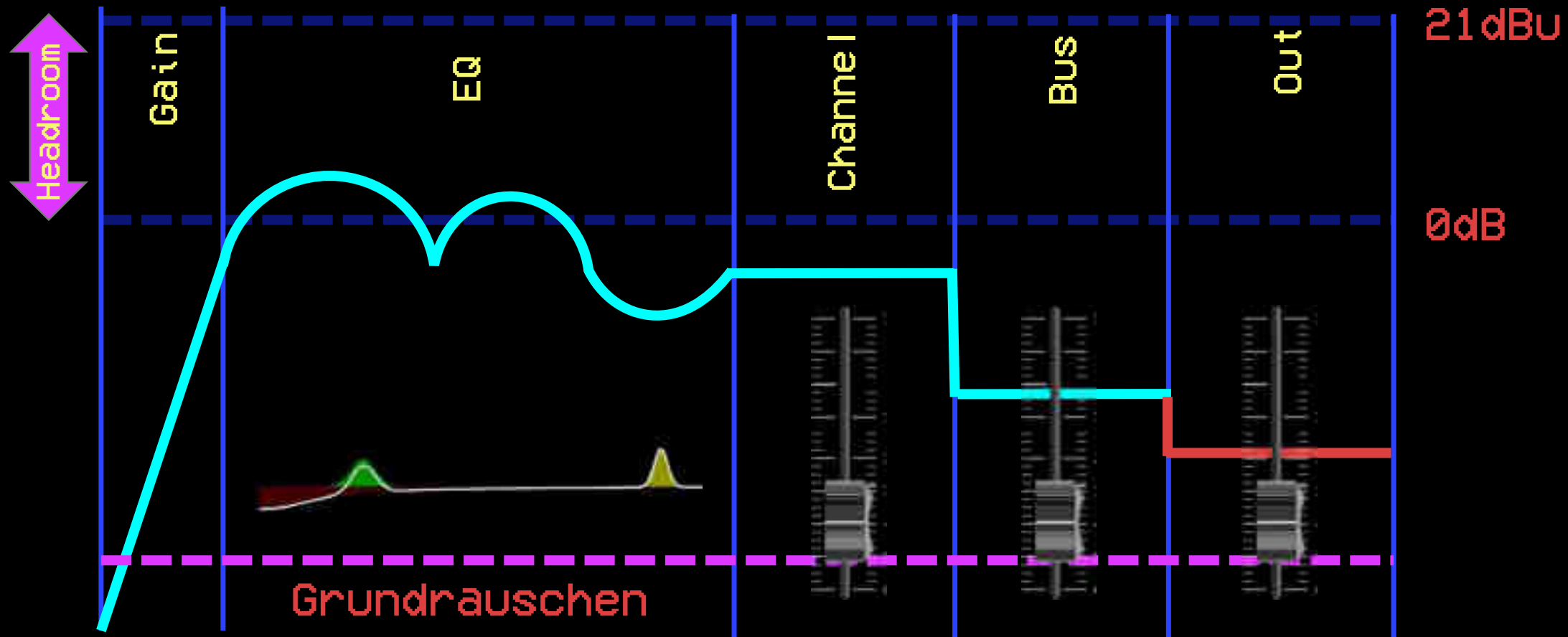
Pegeel - / Gainstruktur



Zu starke Anhebung: Verzerrung



Zu starke Absenkung: Rauschen



Zu starke Absenkung: schlechte Auflösung

Samplingtiefe (Dynamikumfang) Max 8:
Nutzbar 4



Maximalpegel von Lautsprechern

Sensitivity?

Schallpegel mit 1W @ 1m Abstand ..aber bei welcher Frequenz?

Sensitivity Compression Driver

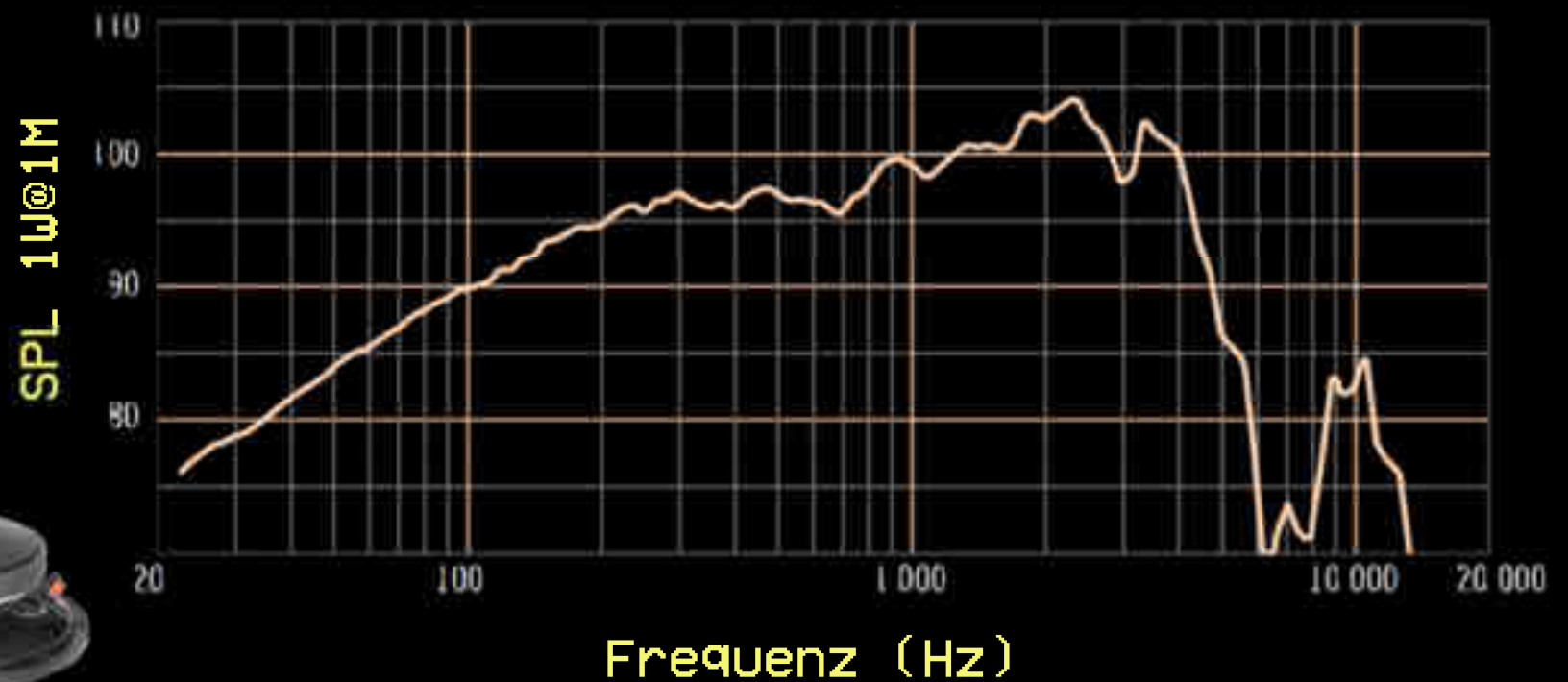
DRIVER ND1411-M



veit@rcf.de

Sensitivity Mid-Bass

MID-BASS L12P110K



Sensitivity Woofer

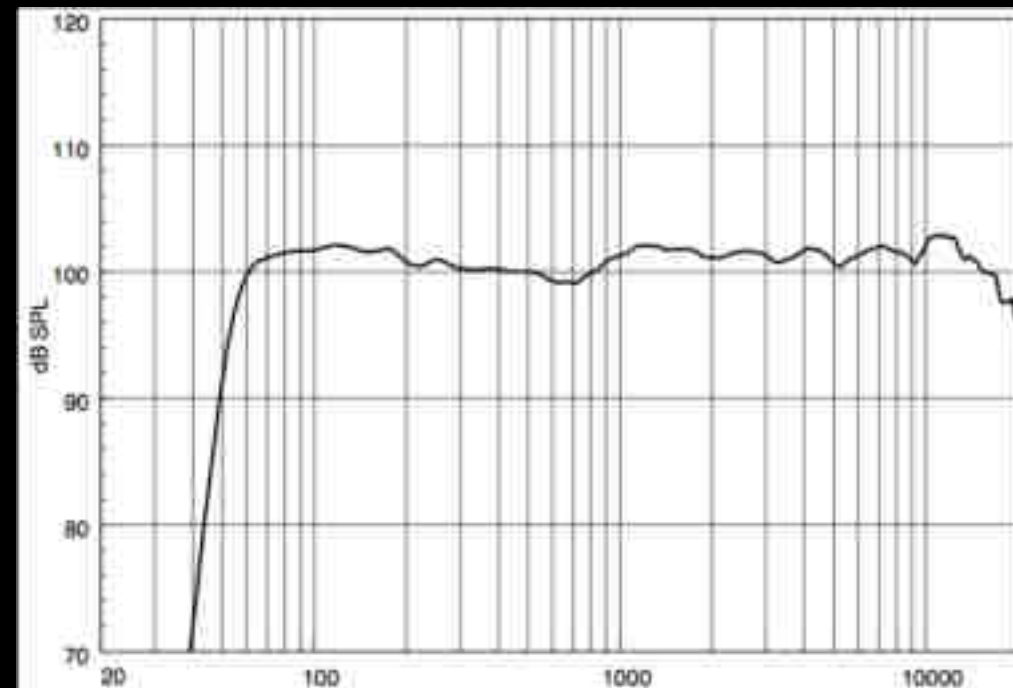
WOOFER LF18N402



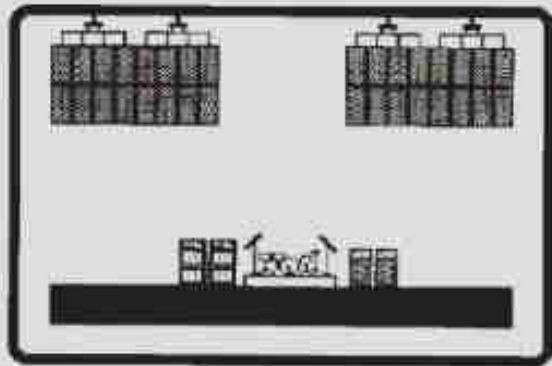
veit@rcf.de

Frequenzgang

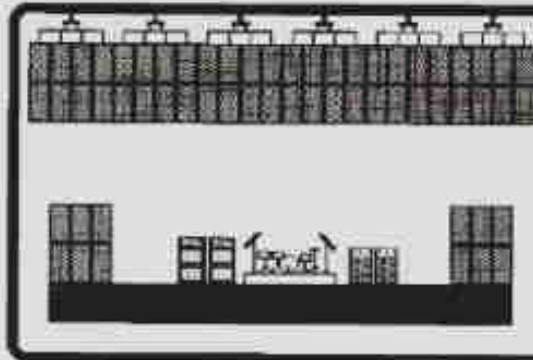
Ohne Wissen über die Sensitivity der Treiber sagt die im Katalog angegebene elektrische Leistung nichts über die Lautstärke oder Performance aus!



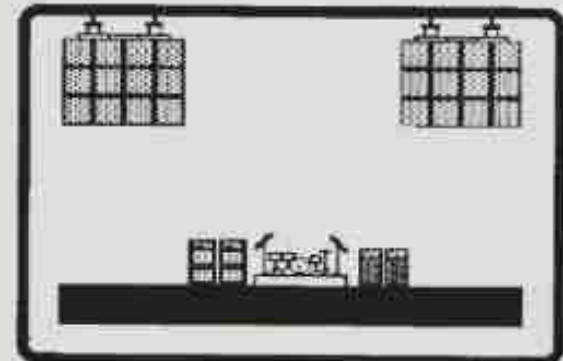
How much for disco?



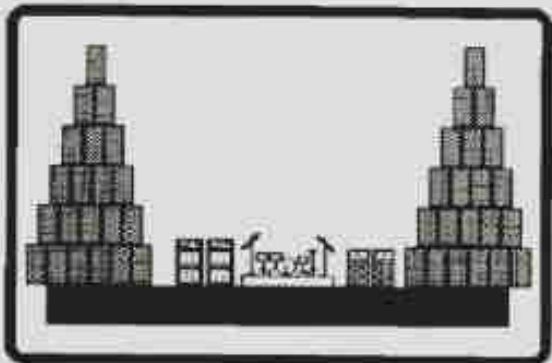
What the tech rider specified.



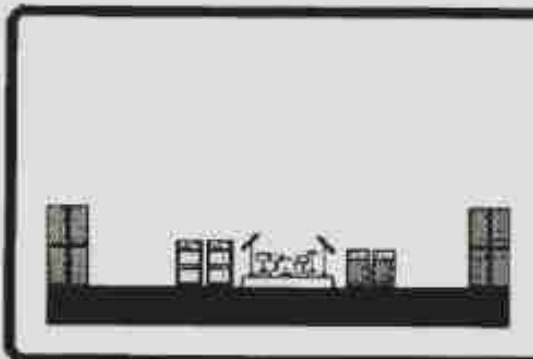
What the mixer really wanted.



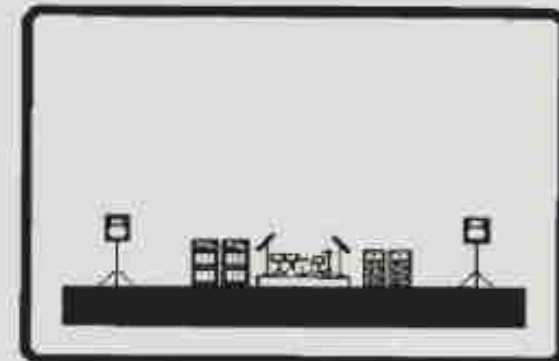
What the local sound company provided.



What the band thought was cool.



What the accountant pleaded for.



What the venue really needed.

5000Watt Bassmaschine!

Elektrische Leistung fließt in die empfundene Lautheit logarithmisch ein, daher bedeutet eine Leistungsverdopplung (elektrisch) nicht die doppelte Lautstärke.

Beispiel:

10W > 10dB (verzehnfachung!)
100W > 20dB
1000W > 30dB
2000W > 33dB (verdopplung!)

veit@rcf.de

Pegeilverlust von Lautsprechern

Pro Entfernungsverdopplung -6dB

@ 1m: 130 dB

@ 2m: 124 dB

@ 4m: 118 dB

@ 8m: 112 dB

@ 16m: 106 dB

@ 32m: 100 dB

@ 64m: 094 dB

Pegeilverlust von Lautsprechern

Pro Entfernungsverdopplung -6dB

@ 1m: 130 dB

@ 2m: 124 dB

@ 4m: 118 dB

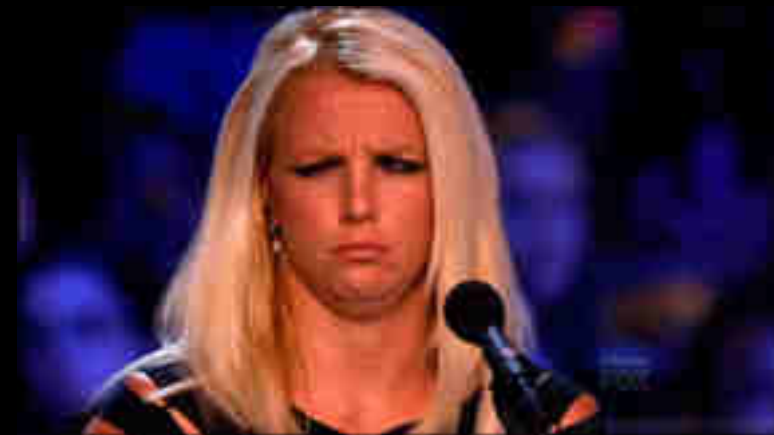
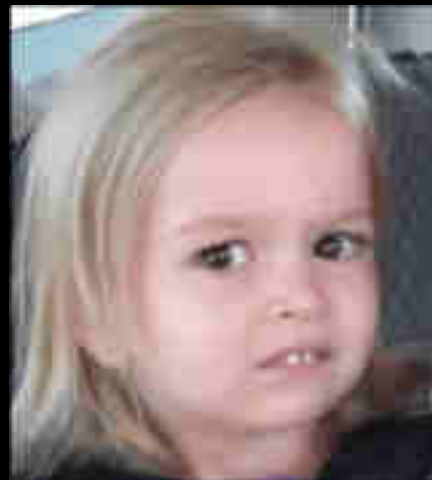
@ 8m: 112 dB

@ 16m: 106 dB

@ 32m: 100 dB

@ 64m: 094 dB

6dB???



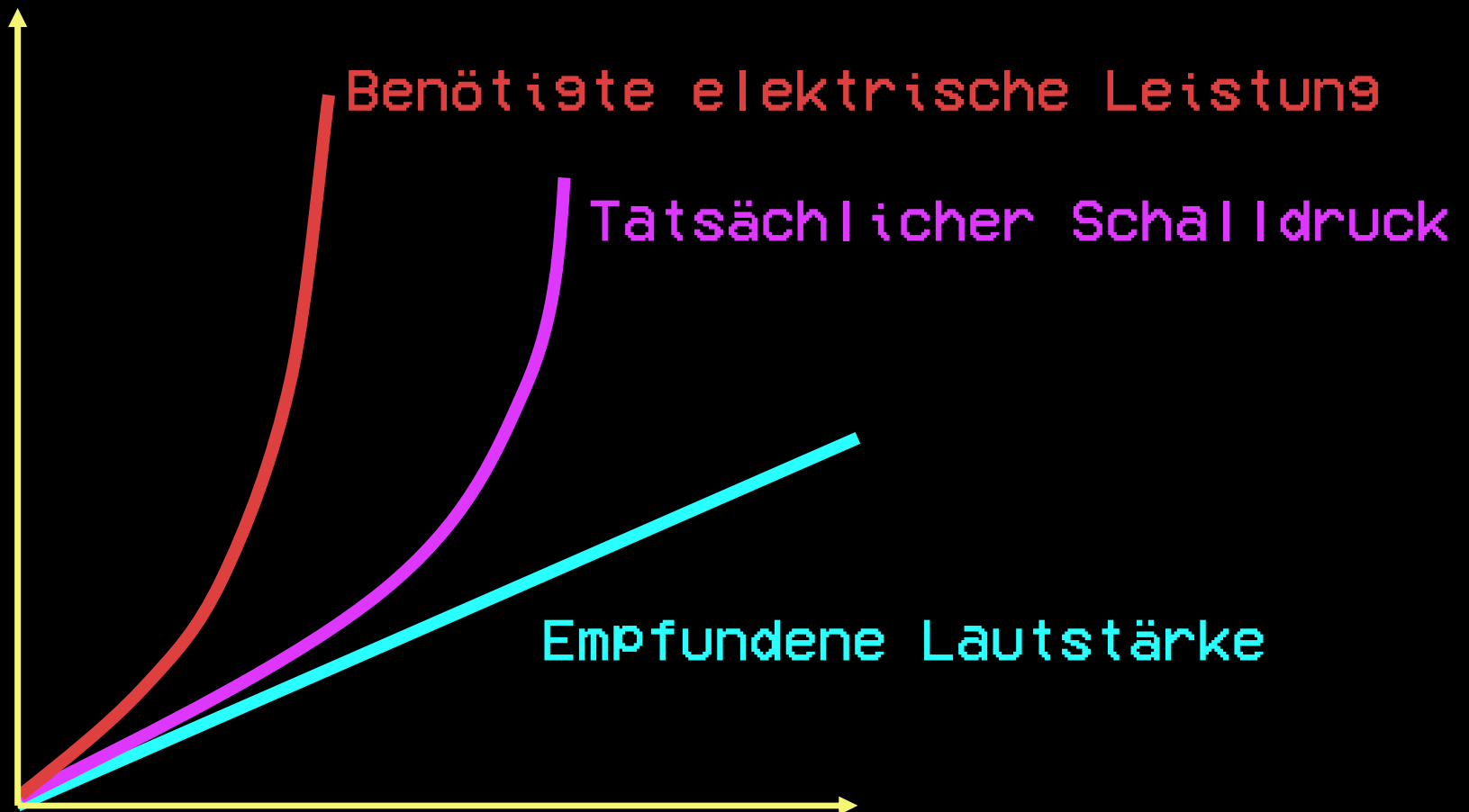


Für doppelte Lautheit braucht es je nach Mensch 6dB bis 10dB mehr Schalldruck

AKUSTIK

veit@rcf.de

Alles nicht so einfach...





veit@rcf.de

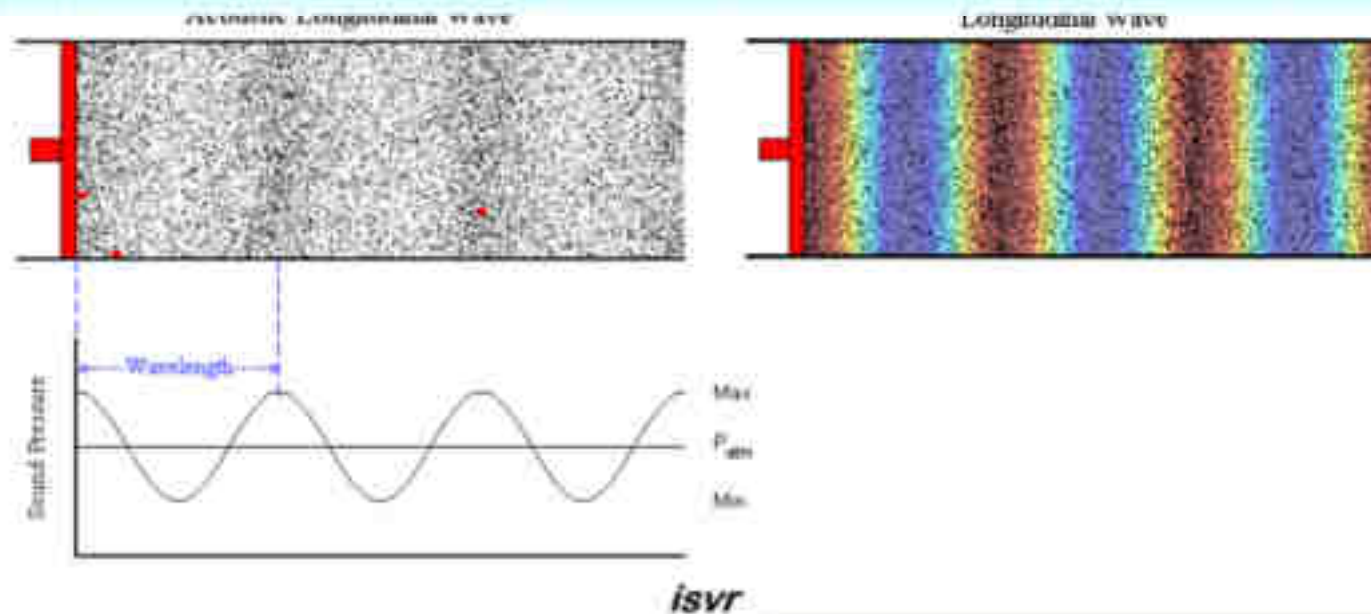
Mehr Schalldruck?
Mehr Lautsprecher!

...oder?



Die akustische Welle

Schall ist Druckveränderung in der Luft.
Eine Schallwelle pflanzt sich durch Molekülbewegung
in einem Medium fort.



Addition von Wellen

Akustische Wellen addieren sich nach Betrag und Phase

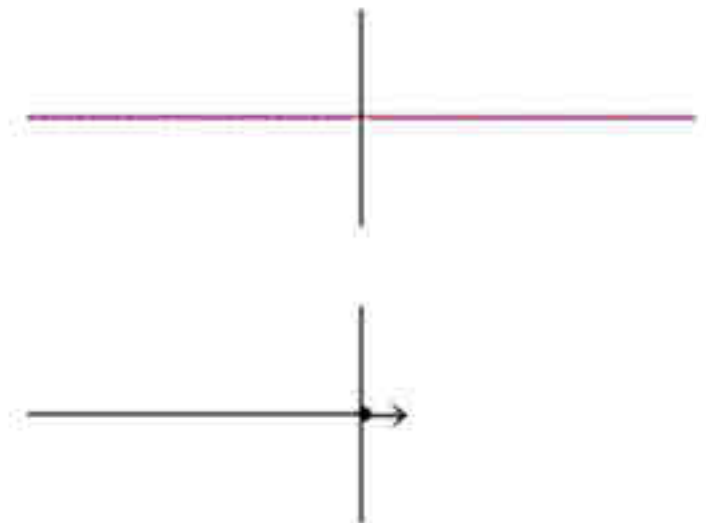
Das Aufeinandertreffen zweier Wellen ergibt entweder einen Anstieg oder eine Auslöschung

Die resultierende akustische Energie entspricht der Summe beider Schalldrücke.

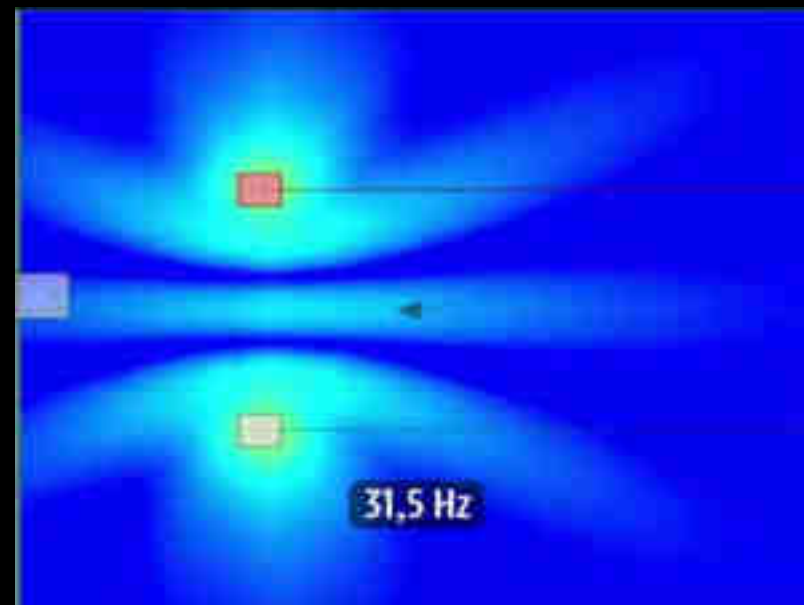
Reflexion von Wellen

Reflexion an z.B. einer „Harten“ Wand:

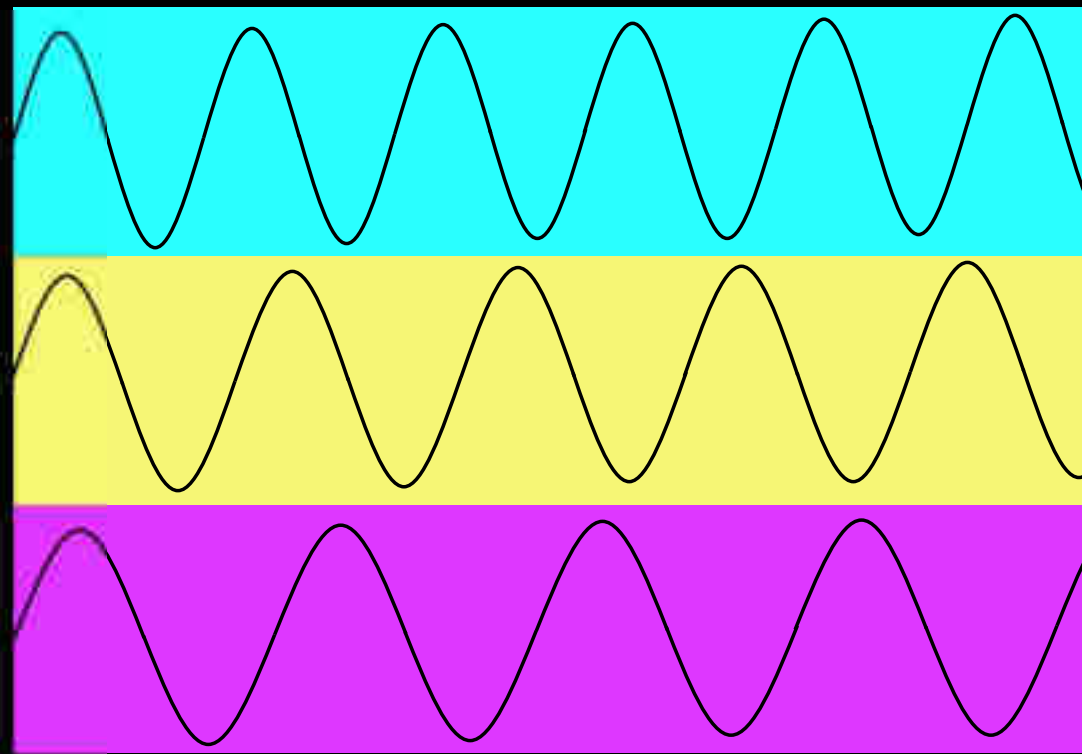
Der reflektierte Wellenimpuls läuft mit gleicher Geschwindigkeit, Amplitude und Polarität zurück.



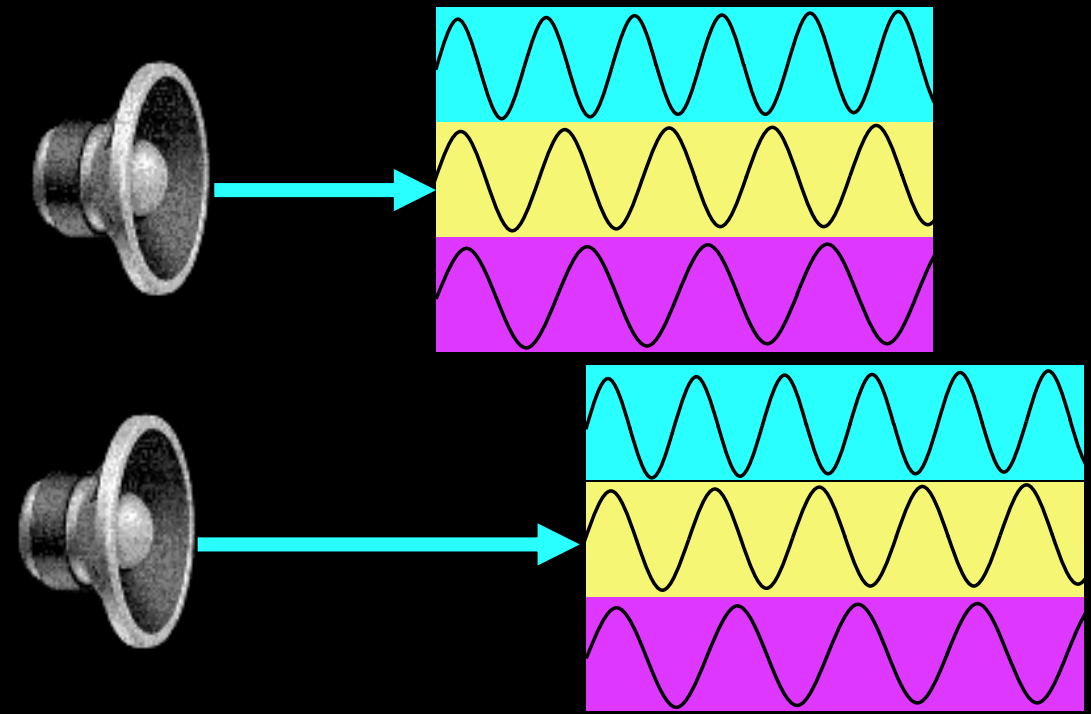
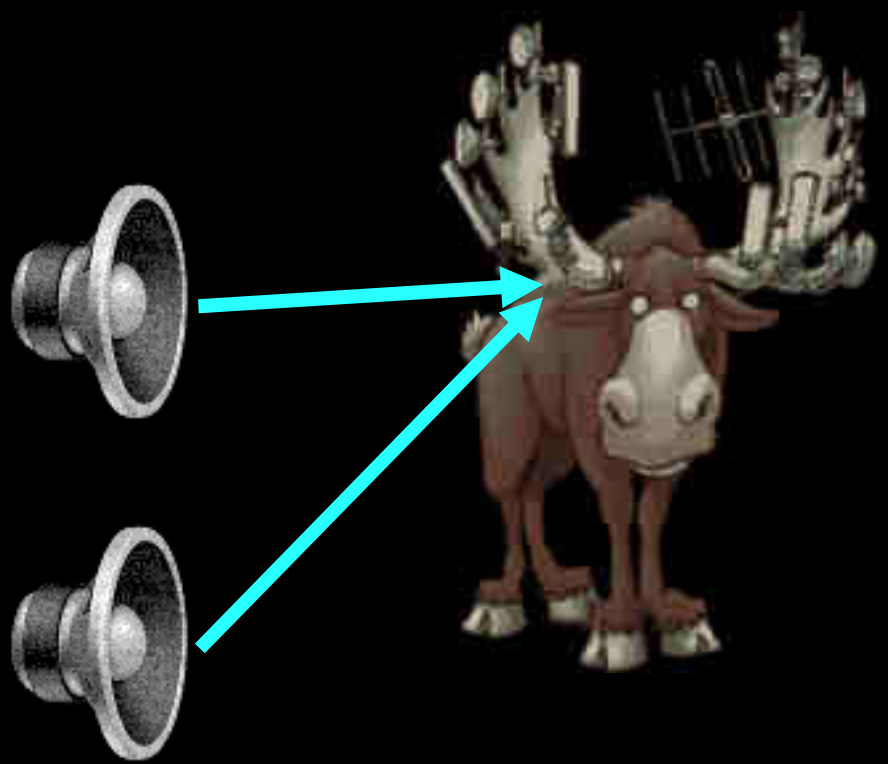
Kammfilter



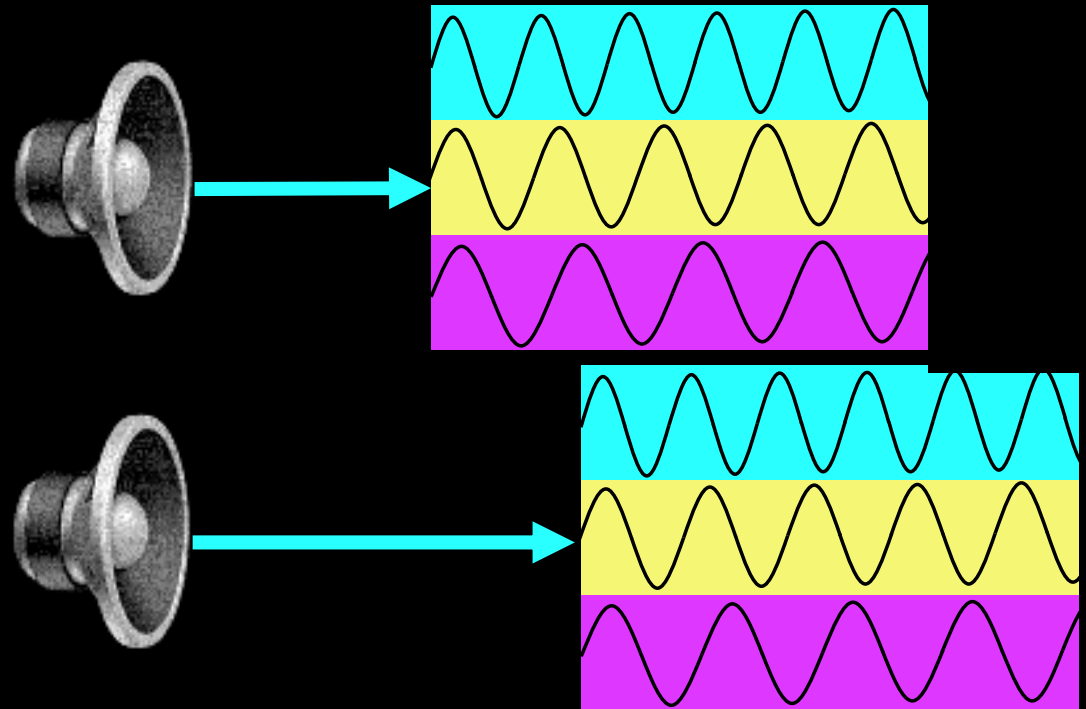
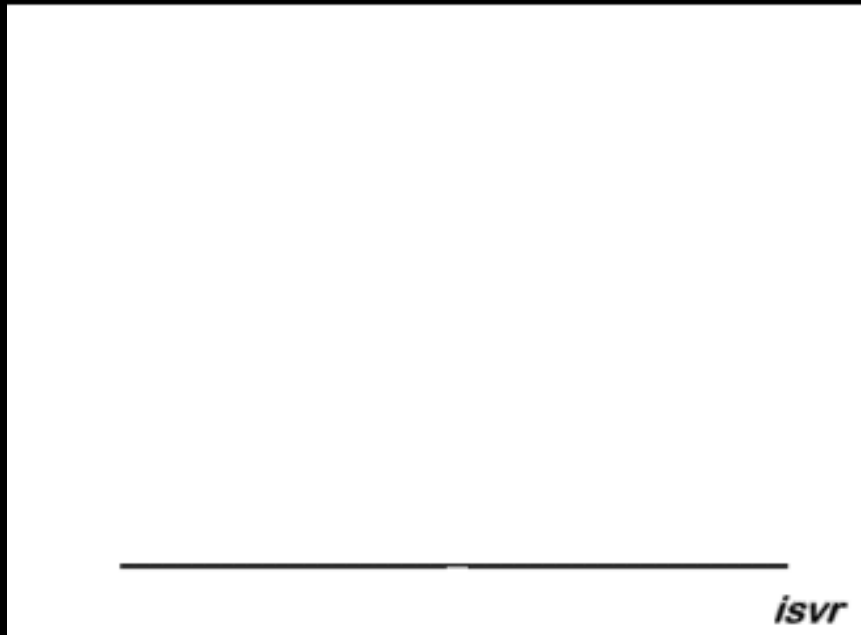
Kammfilter



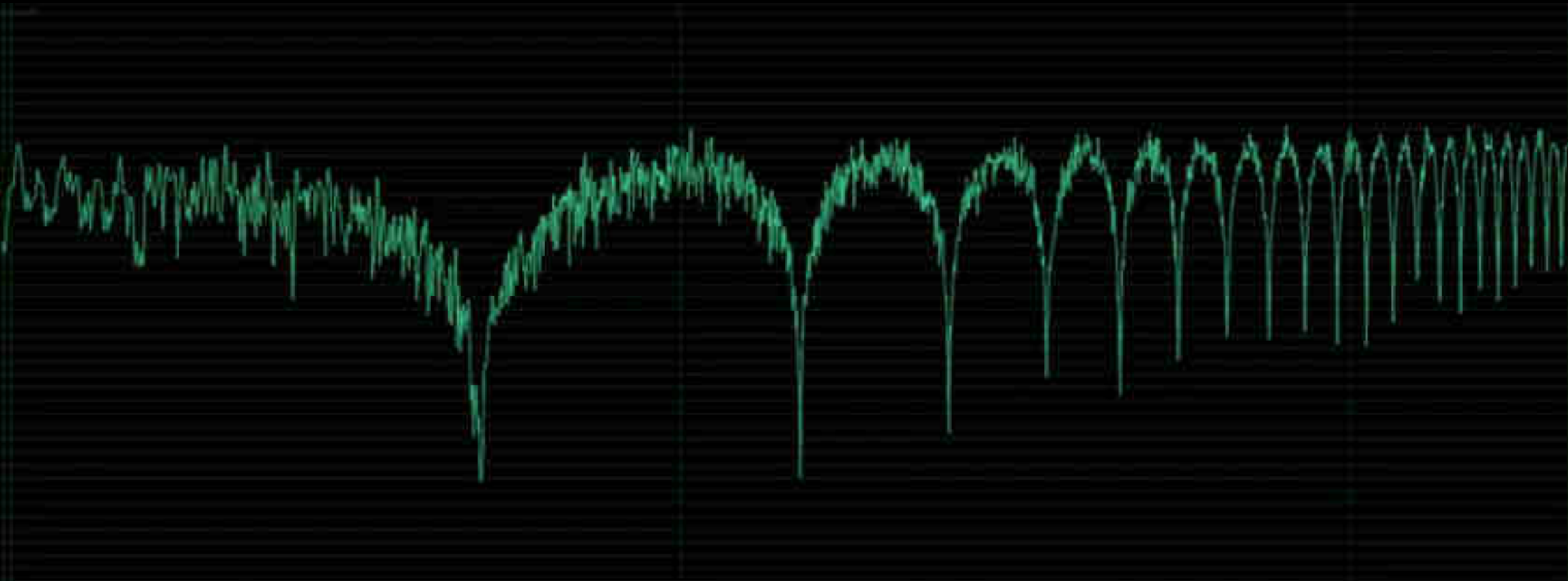
Kammfilter



Kammfilter



Kammfilter

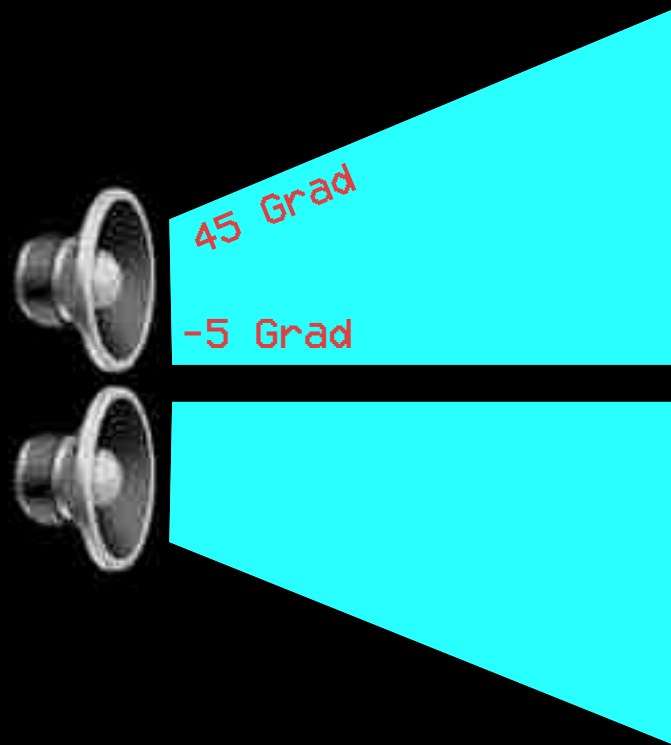


veit@rcf.de

Kammfilter

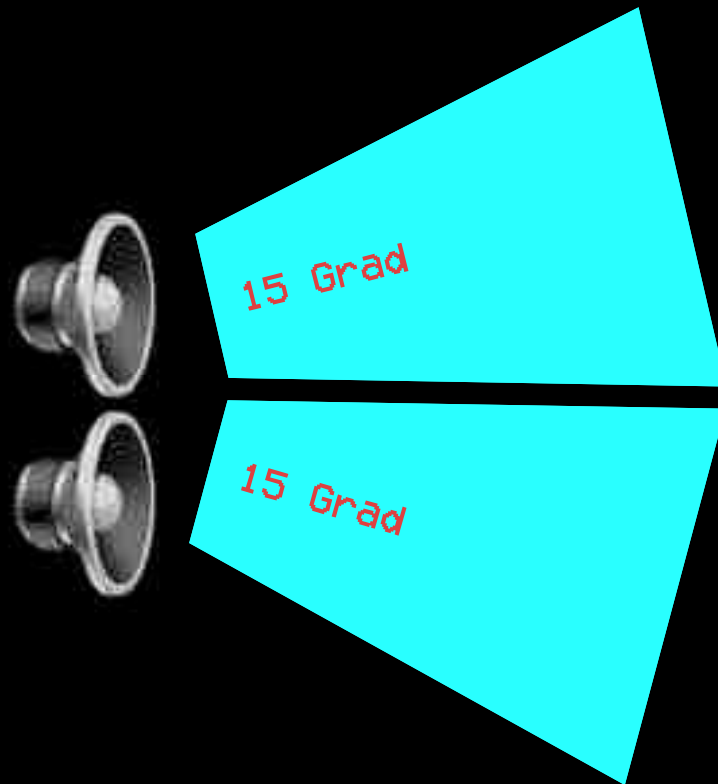


Skalierbare Lautsprecher



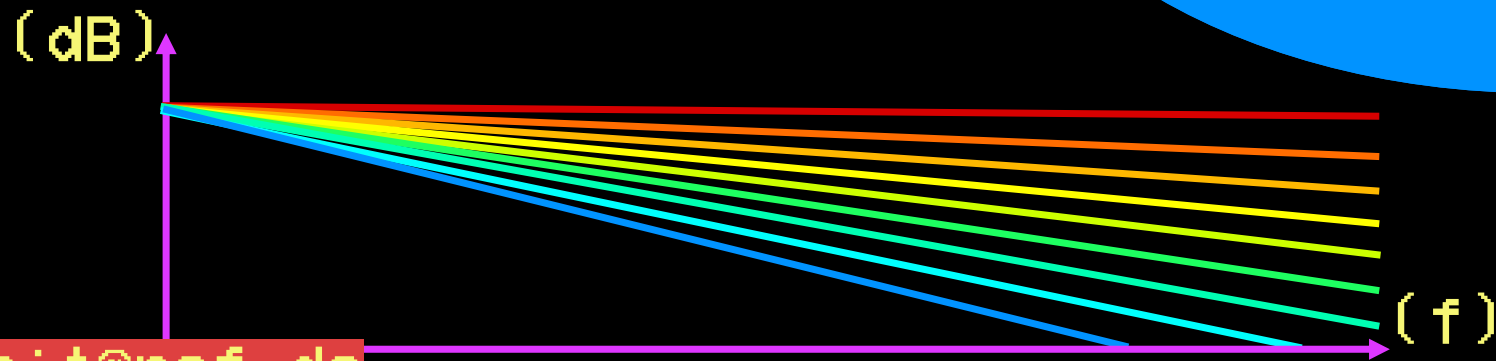
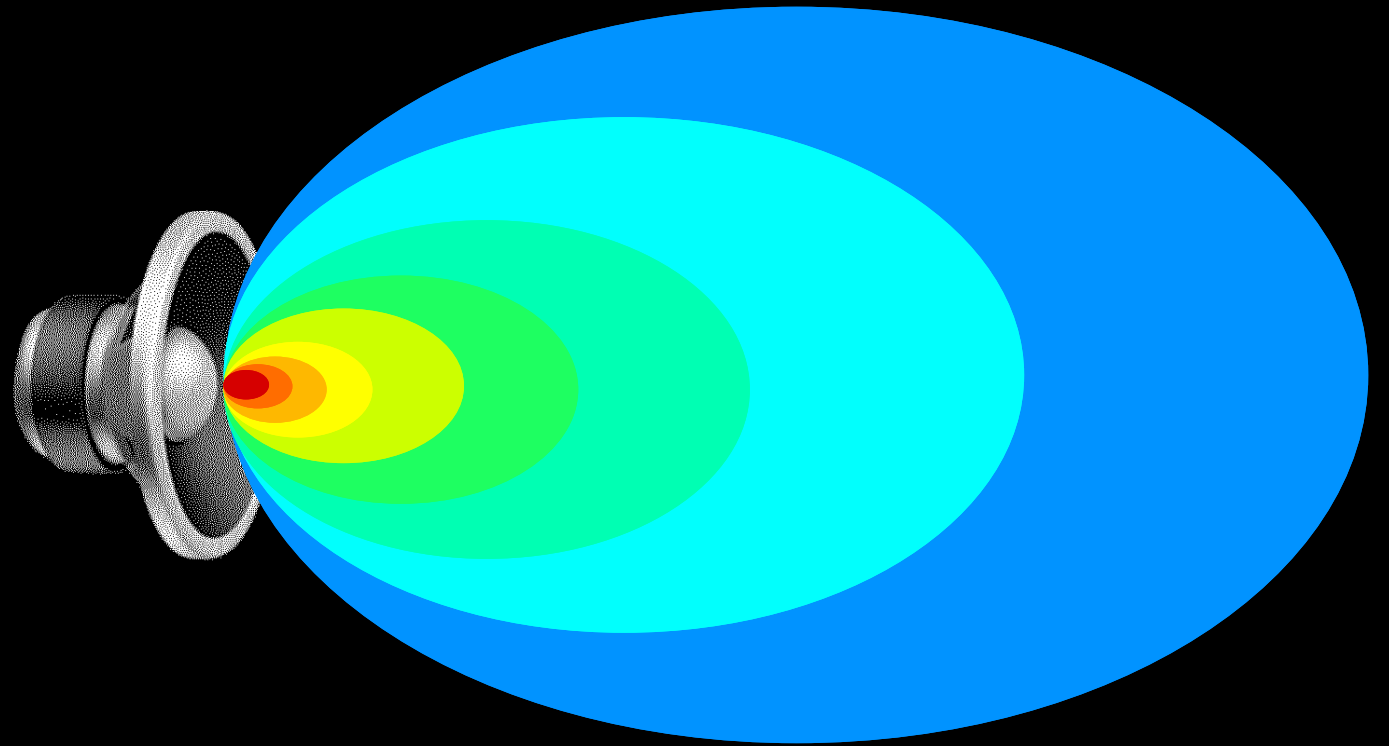
1-Fach skalierbar mit Asymmetrischem Horn

Skalierbare Lautsprecher



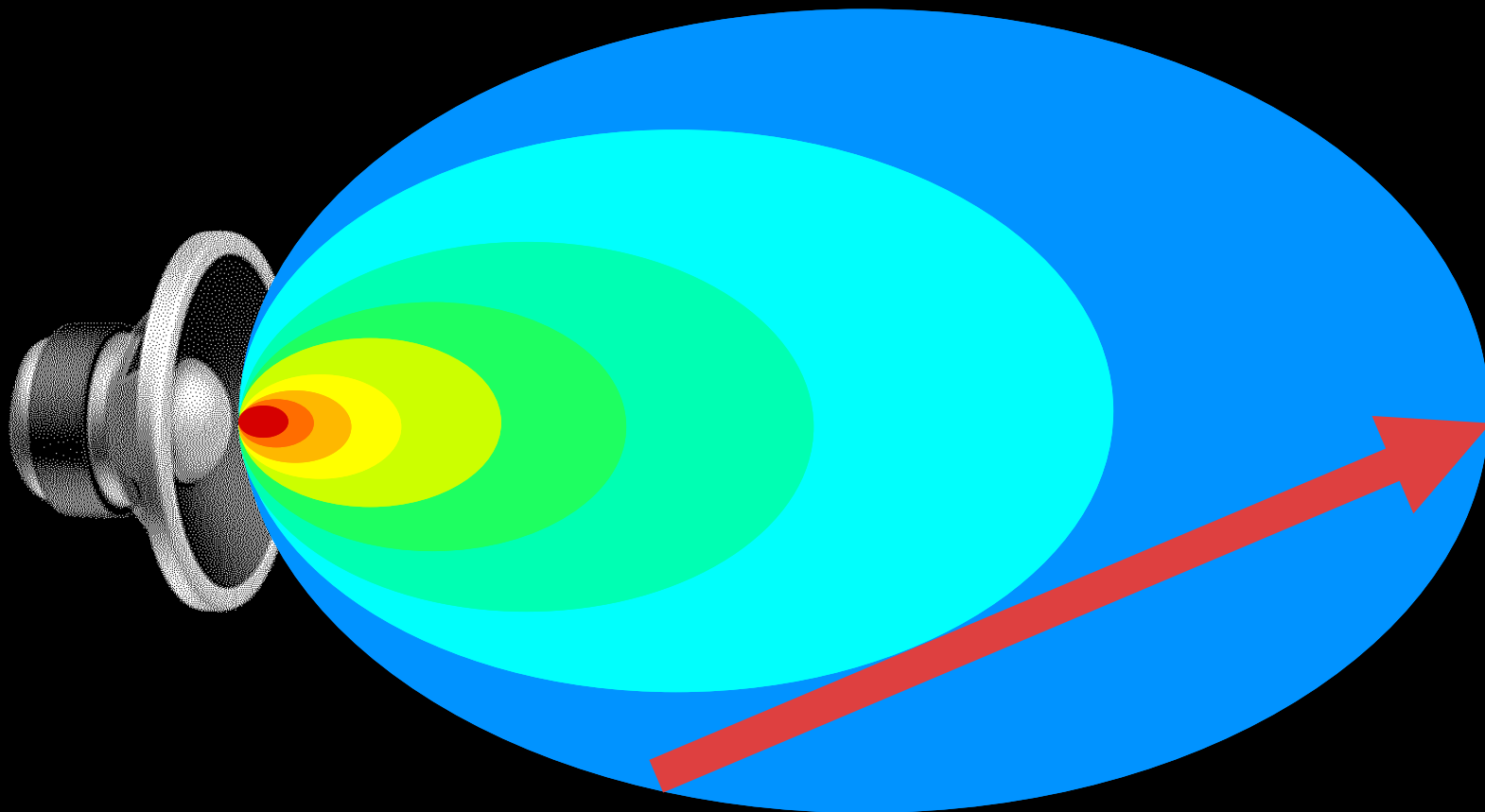
Skalierbar durch engen Abstrahlwinkel.

Linie minimaler Varianz

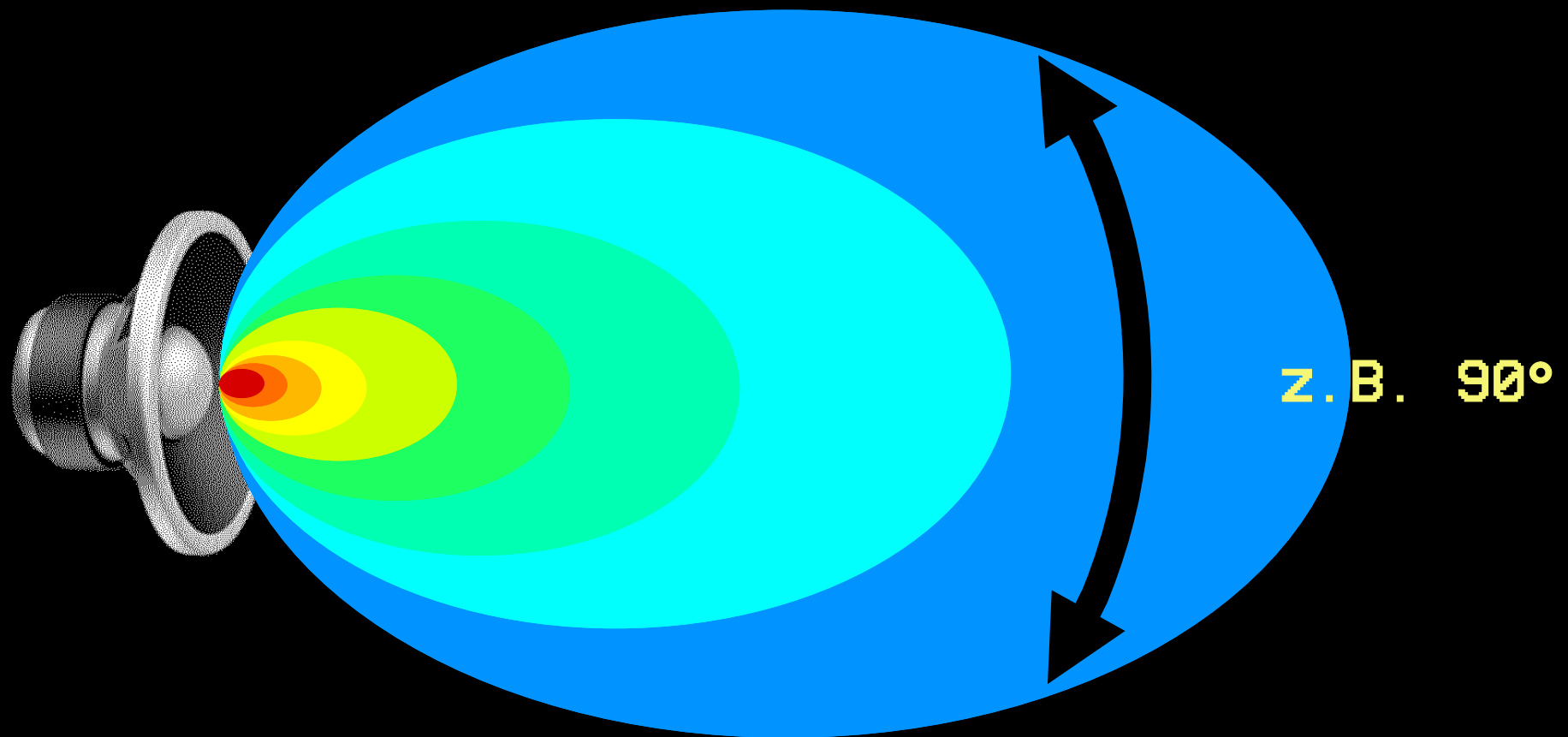


veit@rcf.de

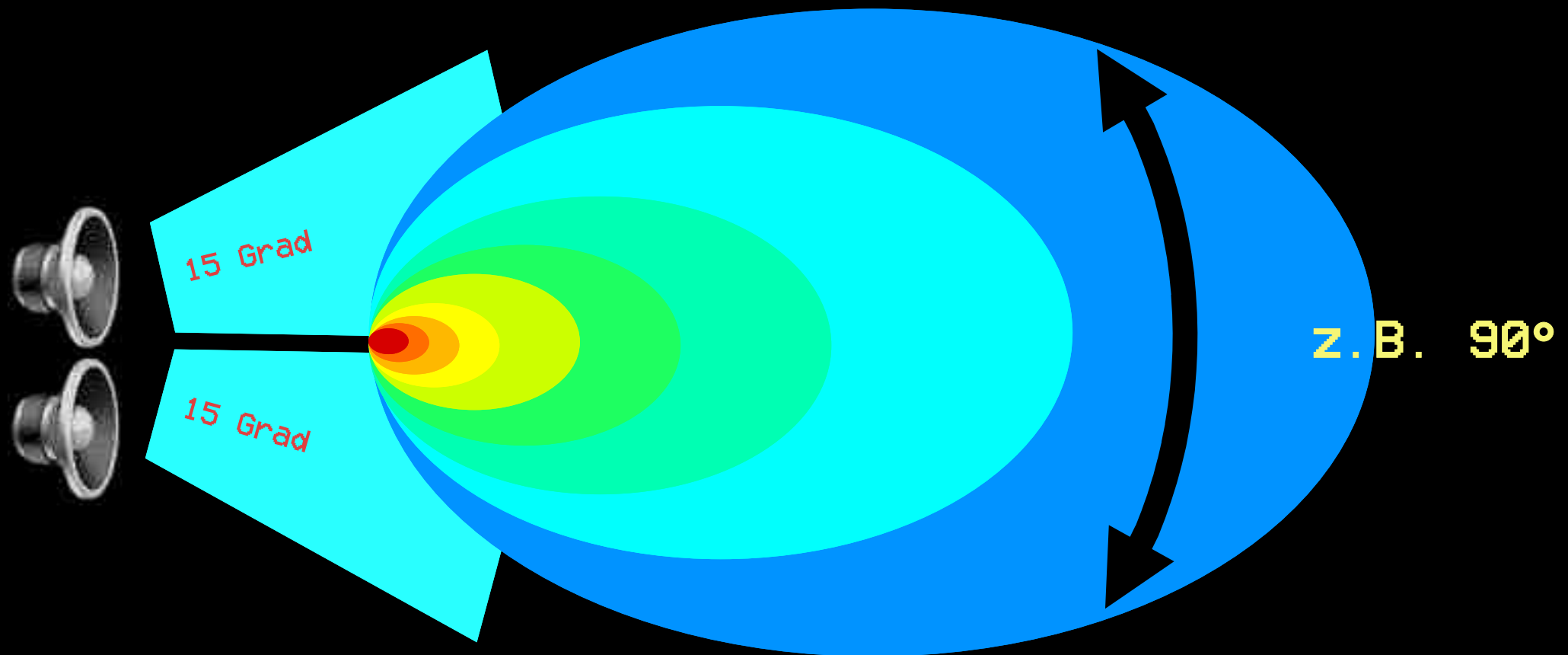
Linie minimaler Varianz

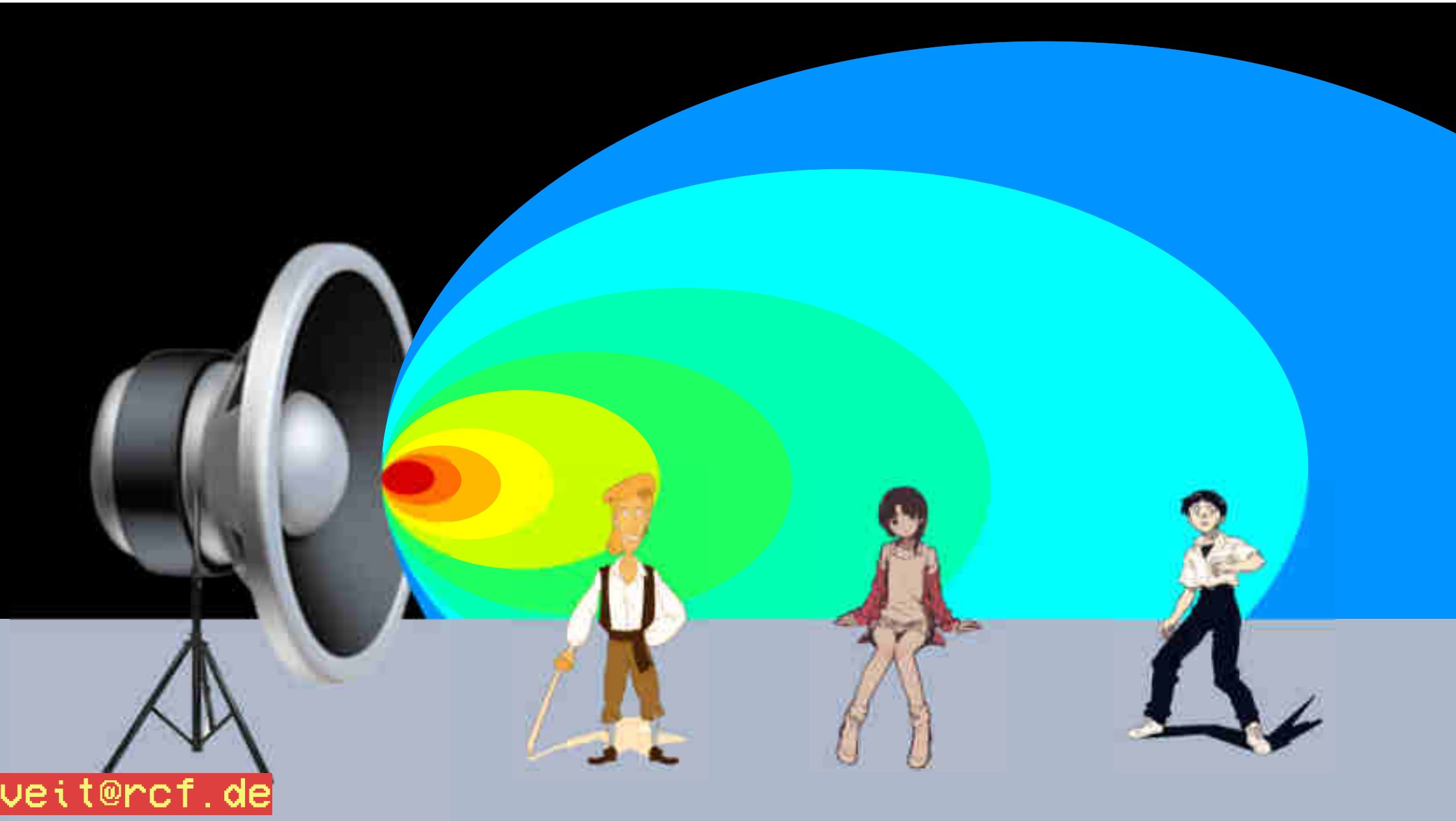


Linie minimaler Varianz

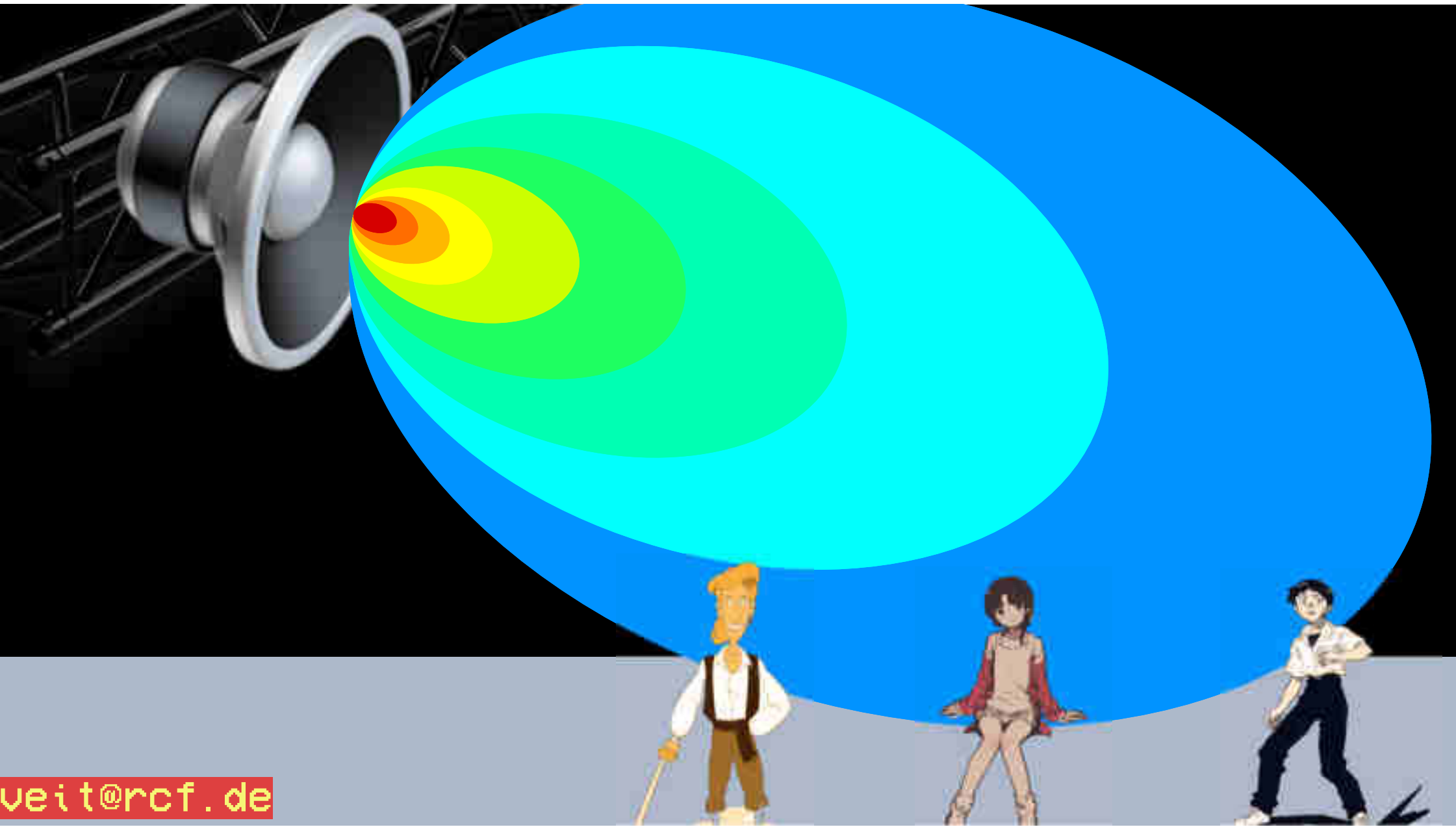


Linie minimaler Varianz





veit@rcf.de

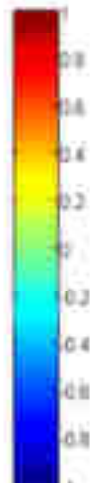
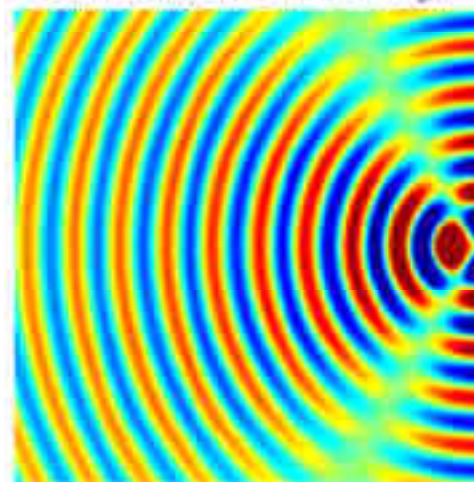


veit@rcf.de

Stellabstand zur Wand

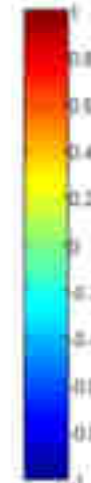
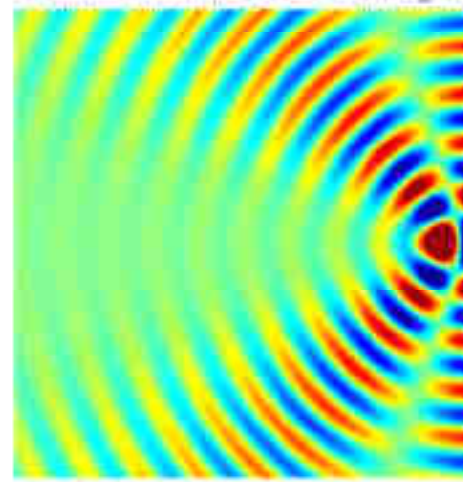
Durch (quasi) omnidirektionales Abstrahlverhalten kann es durch Wandreflexionen zu unerwünschten Effekten kommen.

Distance source-wall = half a wavelength



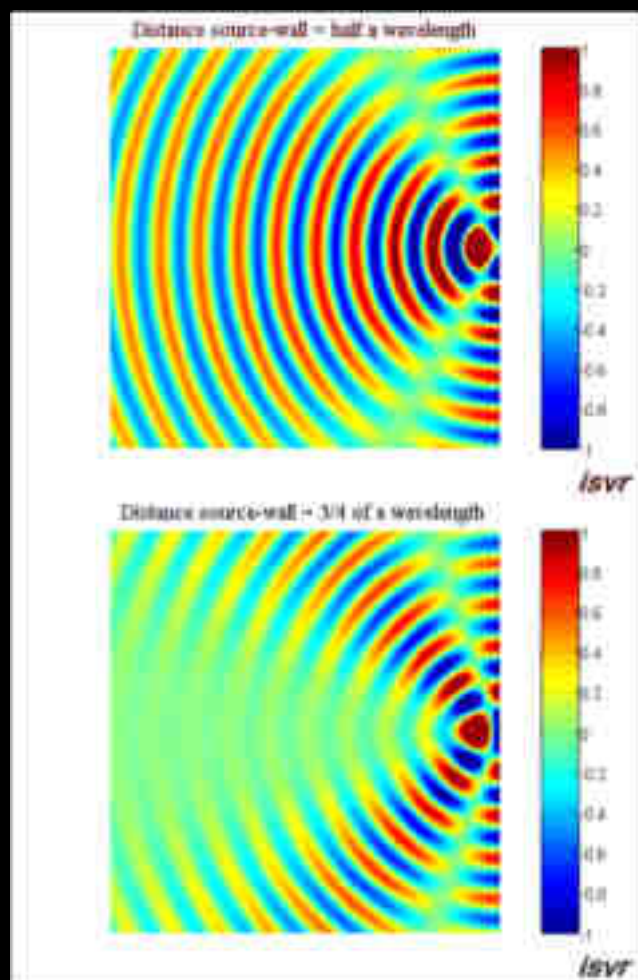
isvr

Distance source-wall = 3/4 of a wavelength



isvr

Typische Wellenlängen / Stellabstände



z.B:

60 Hz – Wellenlänge:
5,67m

$$1/2 = 2,83\text{m}$$

$$2/2 = 5,67\text{m}$$

$$4/2 = 8,49\text{m}$$



...bei einer geraden Anzahl
von halben Wellenlängen

$$1/4 = 1,42\text{m}$$

$$3/4 = 4,26\text{m}$$

$$5/4 = 7,10\text{m}$$

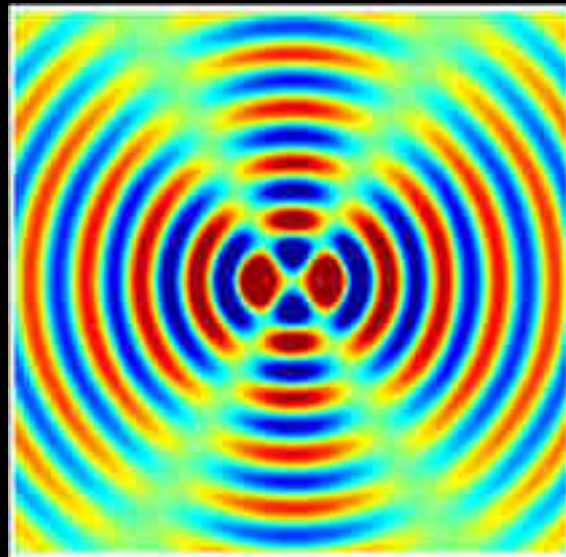


...bei einer ungeraden Anzahl
von viertel Wellenlängen

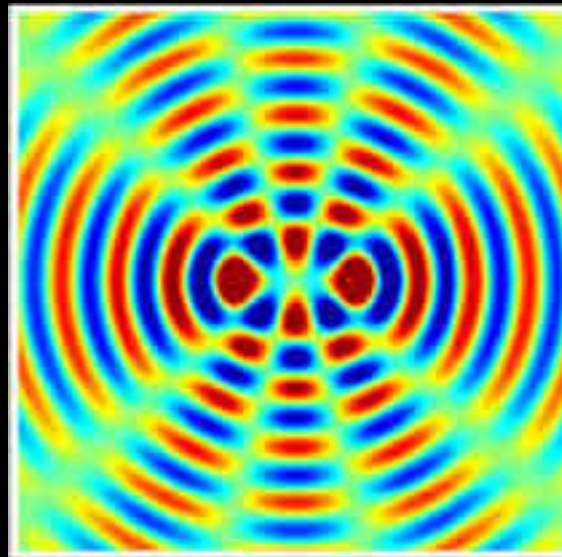
LR Aufstellung von Subwoofern

Kammfilter abhängig vom Abstand und Frequenz

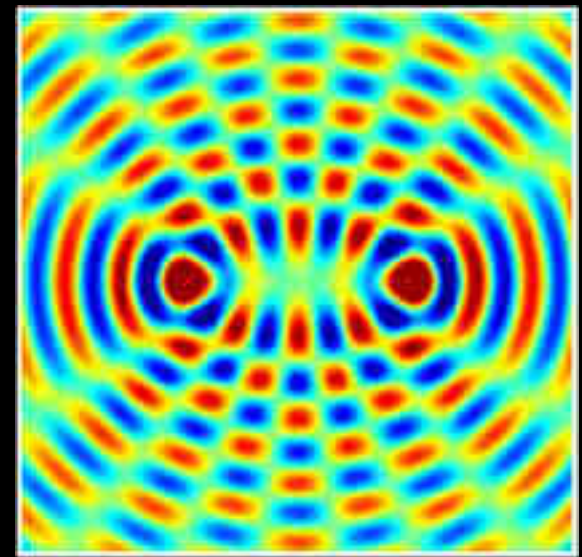
Eine Wellenlänge
Bei 60Hz = 5,6m



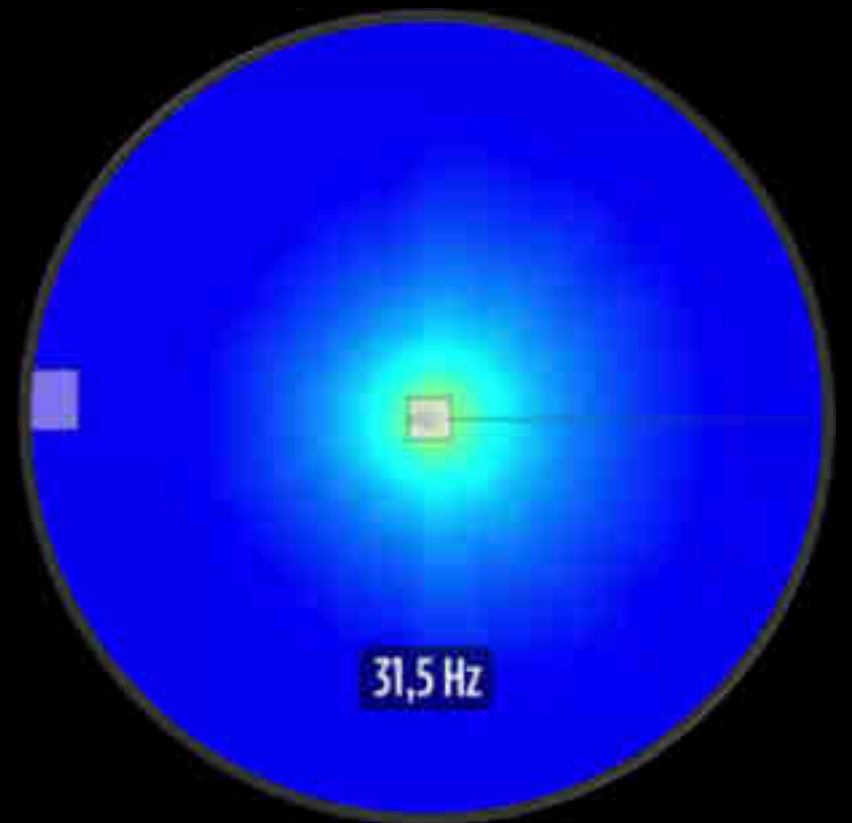
Zwei Wellenlängen
Bei 60Hz = 11,2 m



Vier Wellenlängen
Bei 60Hz = 22,4 m



Abstrahlcharakteristik Doppel 18"



Soll / Ist

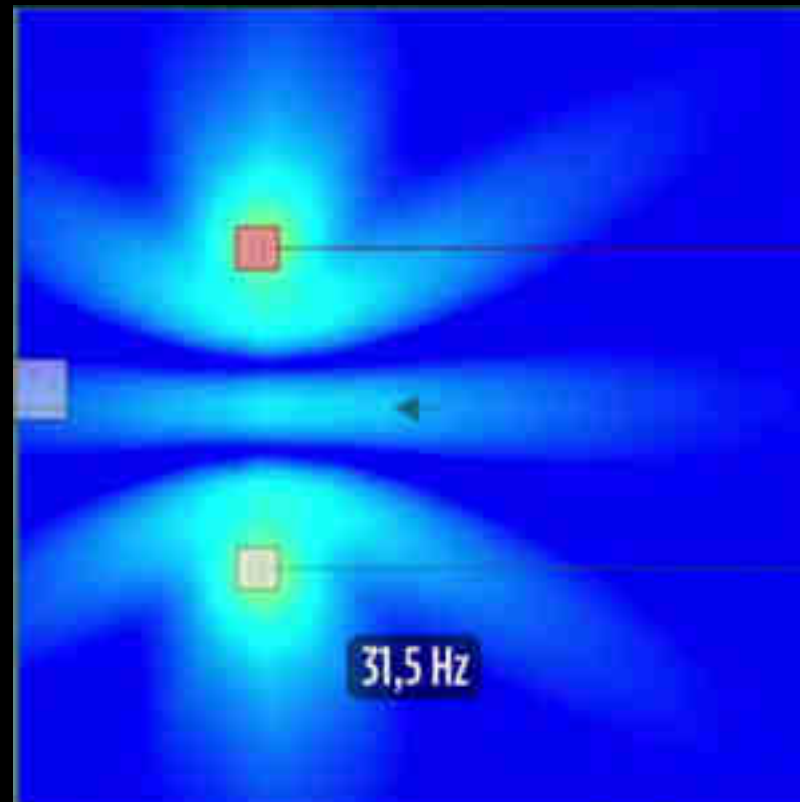
Zur Vereinfachung wird von einem Kugelstrahler ausgegangen

Faktisch gibt es eine Richtwirkung je nach Konstruktionsprinzip (Bassreflex, Horn, Bandpass)

Kammfilter



- Kein Diskussionsbedarf „Das haben wir schon immer so gemacht! 11einself“

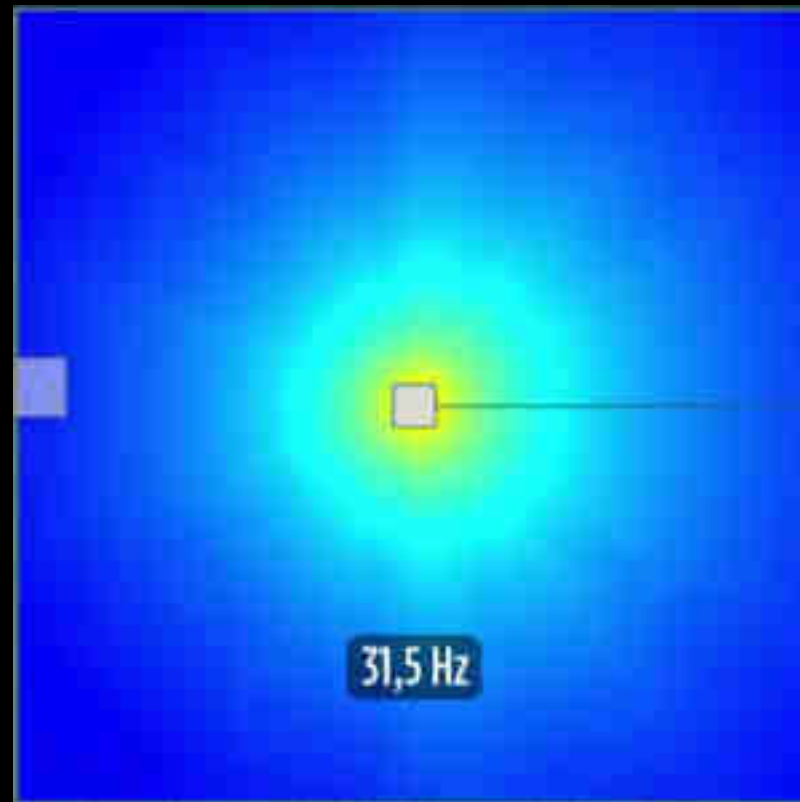


- Stark ausgeprägte Kammfilter
- Keine Rückwärtige Dämpfung

Center Bass

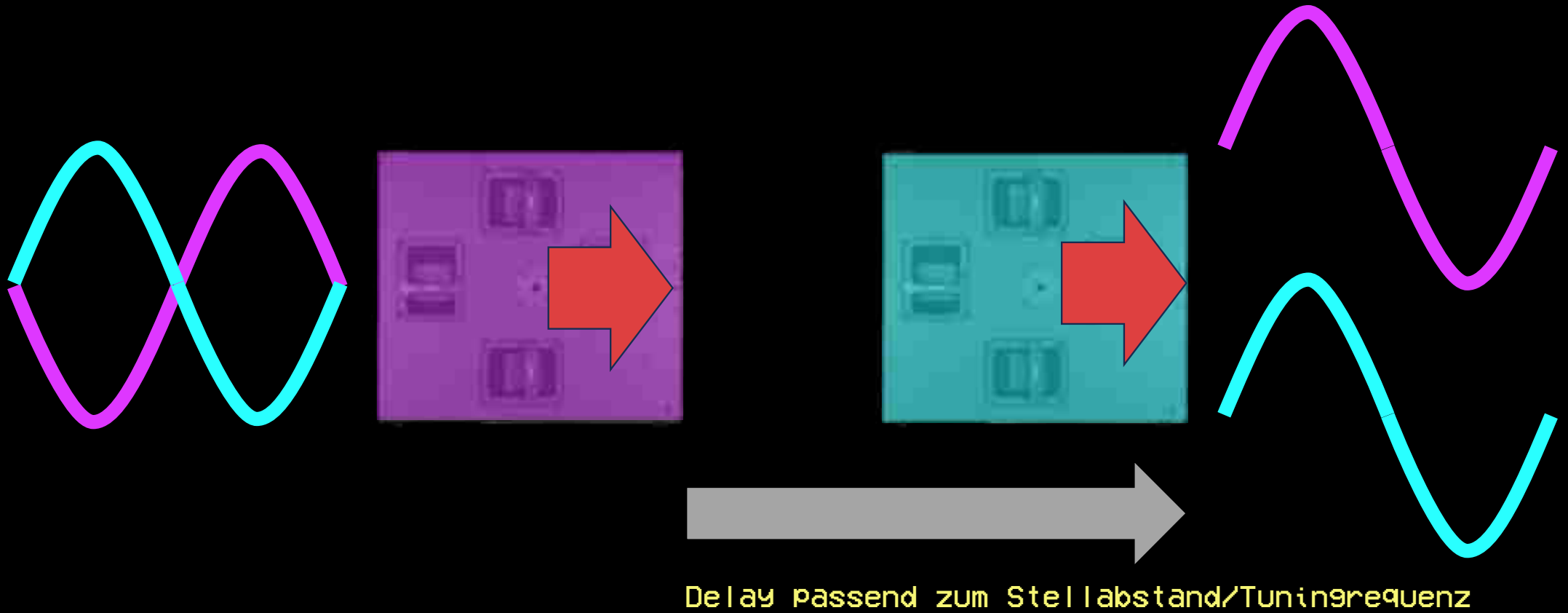


- Kein Zusätzlicher Materialaufwand
- Kein Pegelverlust
- Sehr homogene Ausleuchtung
- Einfache Verkabelung
- Gute Koppelung



- Diskussionsbedarf „Platz vor der Bühne“
- Keine rückwärtige Dämpfung

End Fired



veit@rcf.de

Frequenz (Hz)	$\frac{1}{4}$ Lambda (m)	Delay (ms)
30	2.83	8.33
35	2.43	7.14
40	2.13	6.25
45	1.89	5.56
50	1.70	5.00
55	1.55	4.55
60	1.42	4.17
65	1.31	3.85
70	1.21	3.57
75	1.13	3.33
80	1.06	3.13
85	1.00	2.94
90	0.94	2.63
95	0.89	2.50
100	0.85	2.38
		...

EndFire Stellabstand

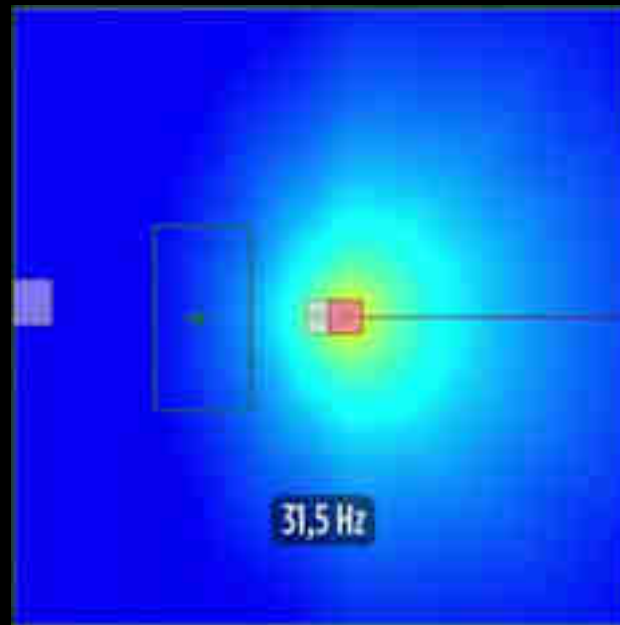
Der Stellabstand (Gitter zu Gitter) ist abhängig von der Centerfrequenz bei der die rückwärtige Dämpfung das Maximum hat.

$\frac{1}{4}$ der gewählten Wellenlänge ist sowohl Stellabstand als auch Verzögerung (ms) des vorderen Subs.

End Fired

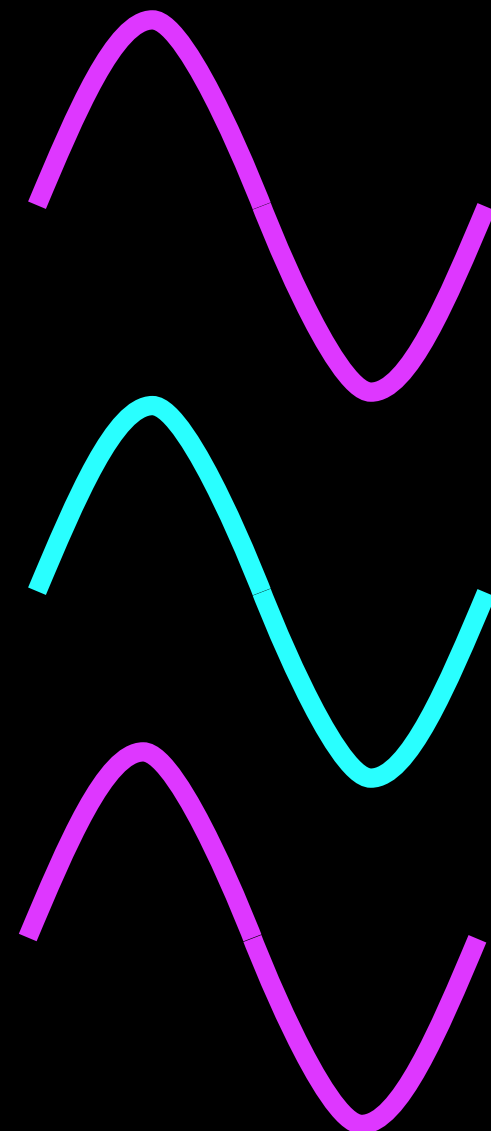
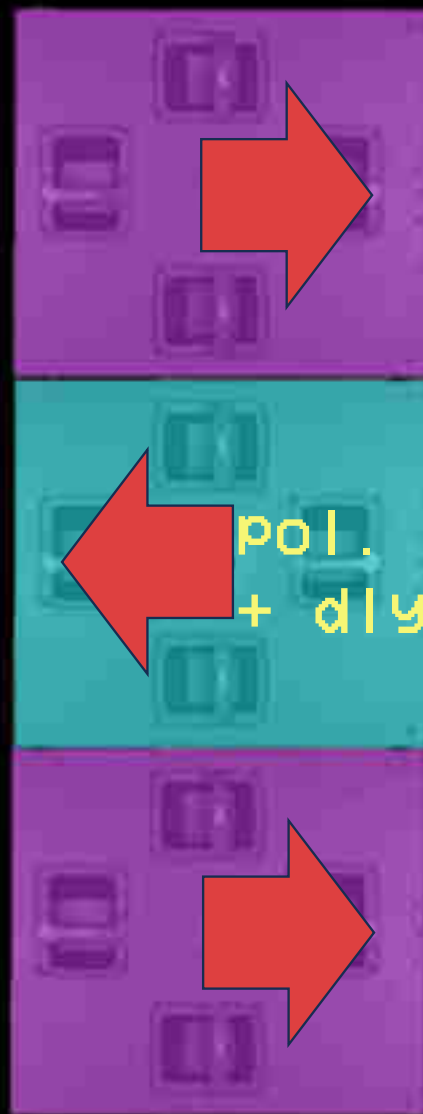
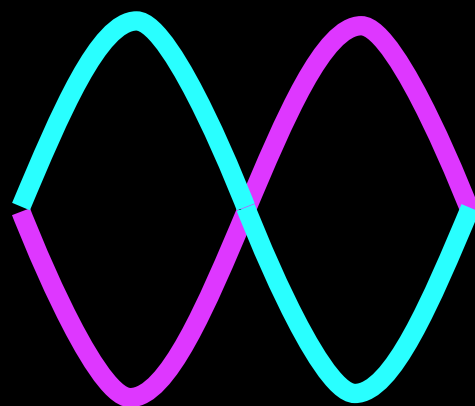


- kein Pegelverlust
- Sehr homogene Ausleuchtung
- Gute rückwärtige Dämpfung
- Gute Steuerbarkeit (Tuningfrequenz)
- Guter Impuls

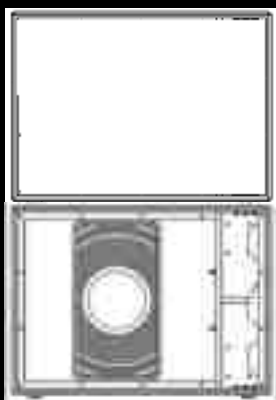


- Diskussionsbedarf „Platz vor der Bühne“

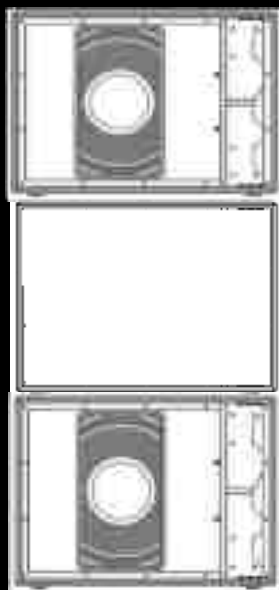
CSA-Stack



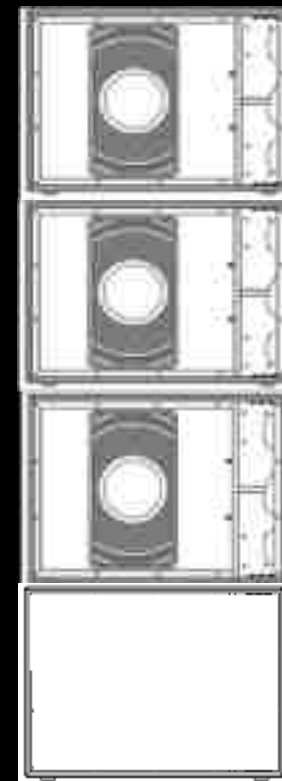
CSA-Stacks



- Delay
4.5ms bis 6ms
- Polarität
- Bis zu -6dB
Gain

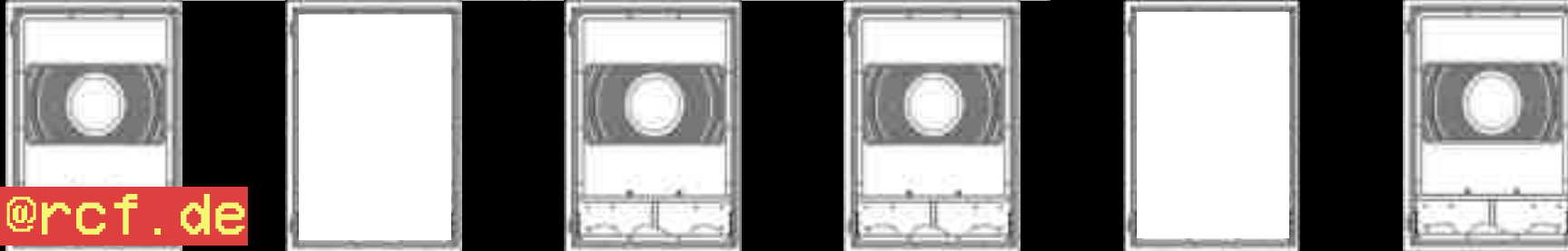
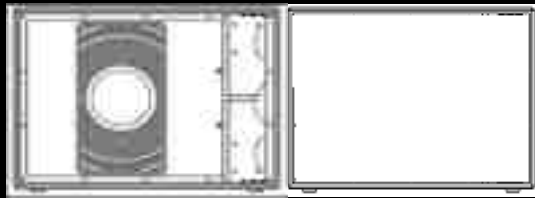


- Delay
4.5ms bis
6ms
- Polarität



- Delay
4.5ms bis
6ms
- Polarität

CSA Stack Varianten

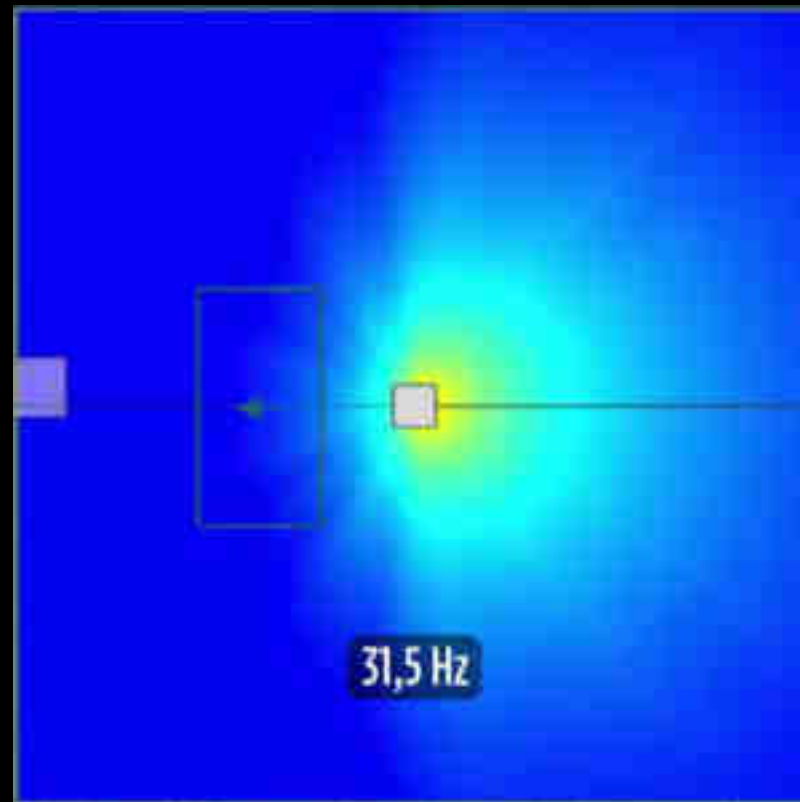


veit@rcf.de

CSA Center

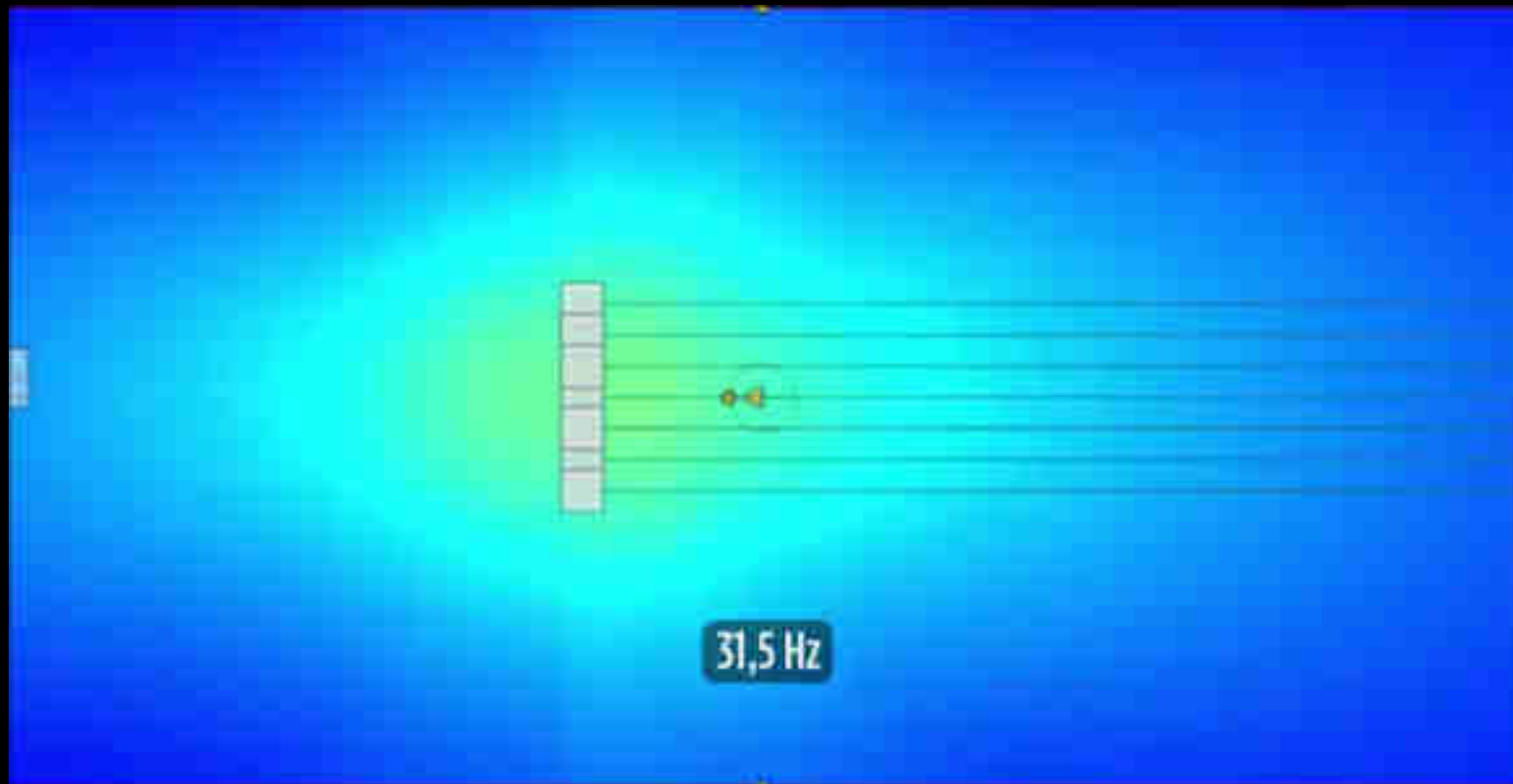


- Gef. Pegelverlust
- Sehr homogene Ausleuchtung
- Gute Koppelung
- Rückwärtige Dämpfung
- Gut für eingeschwungene Wellen



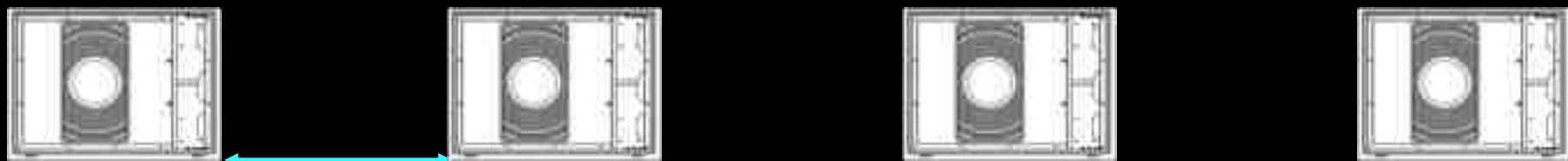
- Gef. Zusätzlicher Materialaufwand
- Diskussionsbedarf „Platz vor der Bühne“

Line / Zahnluücke



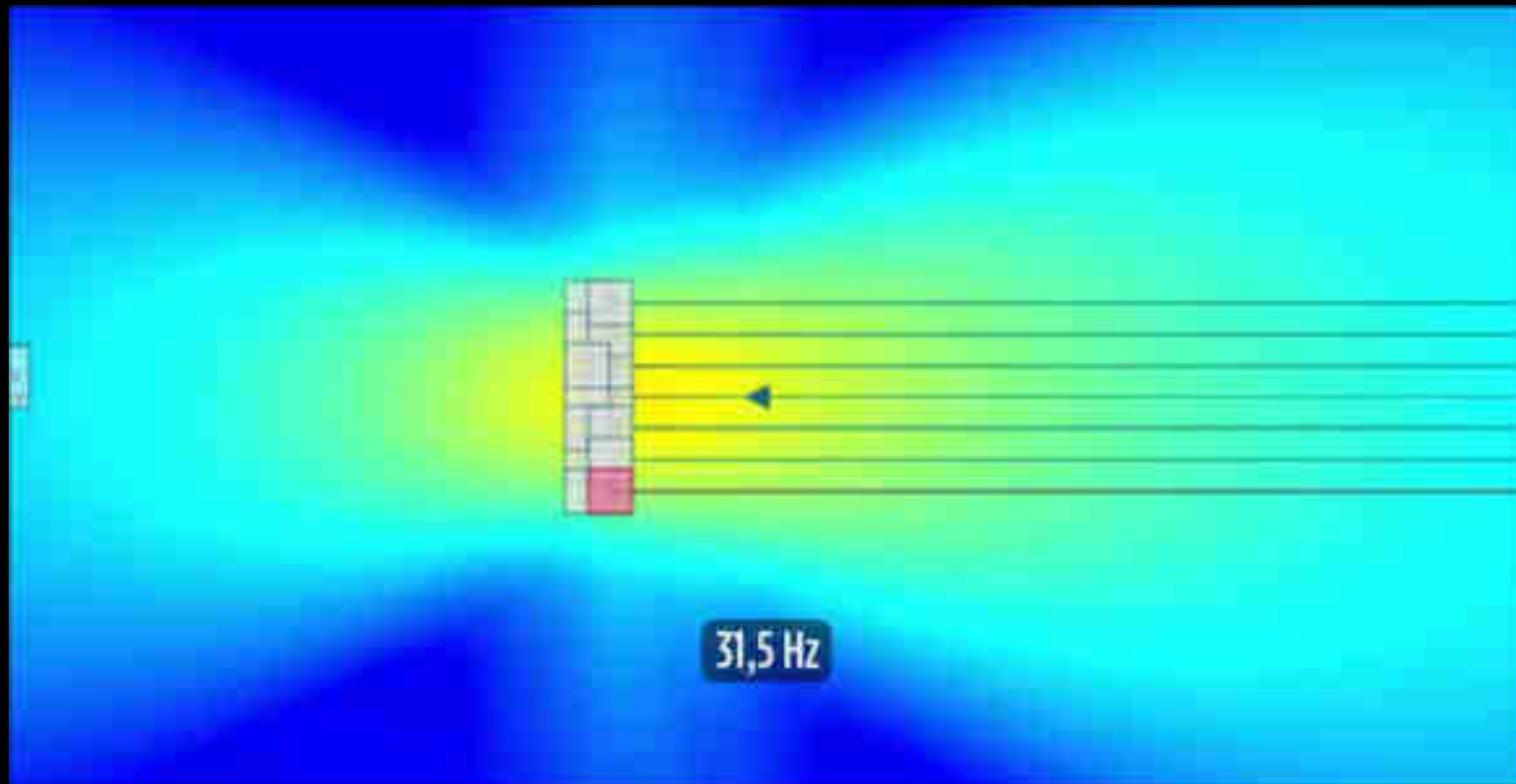
Line Stellabstand

- Beim Abstand zwischen den Bässen sollte auf die Koppelung der Lautsprecher untereinander geachtet werden.
- Ideale Kopplung findet statt wenn:
der Abstand zwischen den Bässen nicht größer ist als die halbe Wellenlänge ($\lambda/2$) der oberen Grenzfrequenz/Crossover (z.B. 1,7m für Koppelung bis 80Hz).



Abstand der Bässe ca. 1,7m, Kopplung bis 80 Hz

EndFired Line



Subarc / Curve 45°

T4

T0

T4

0ms

0.2ms

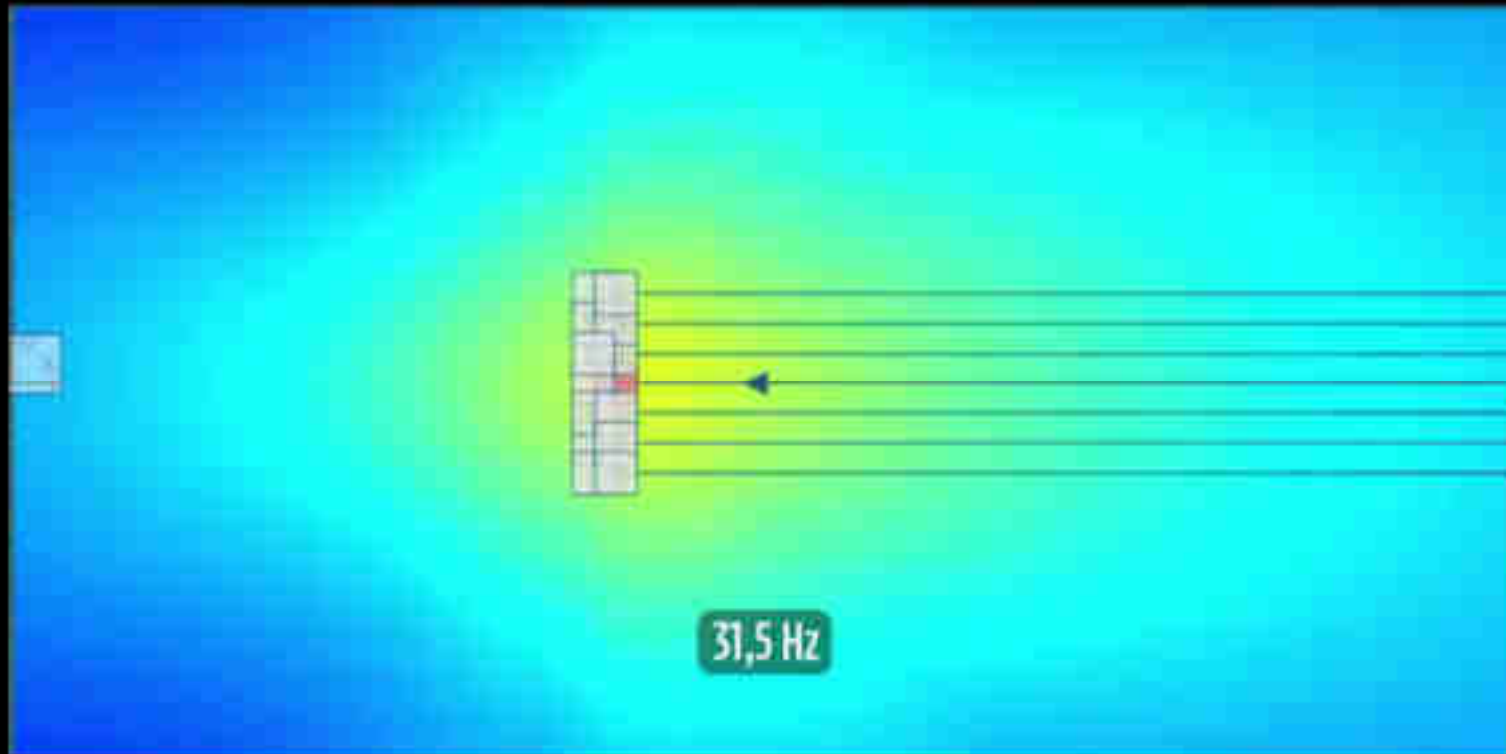
0.8ms

2ms

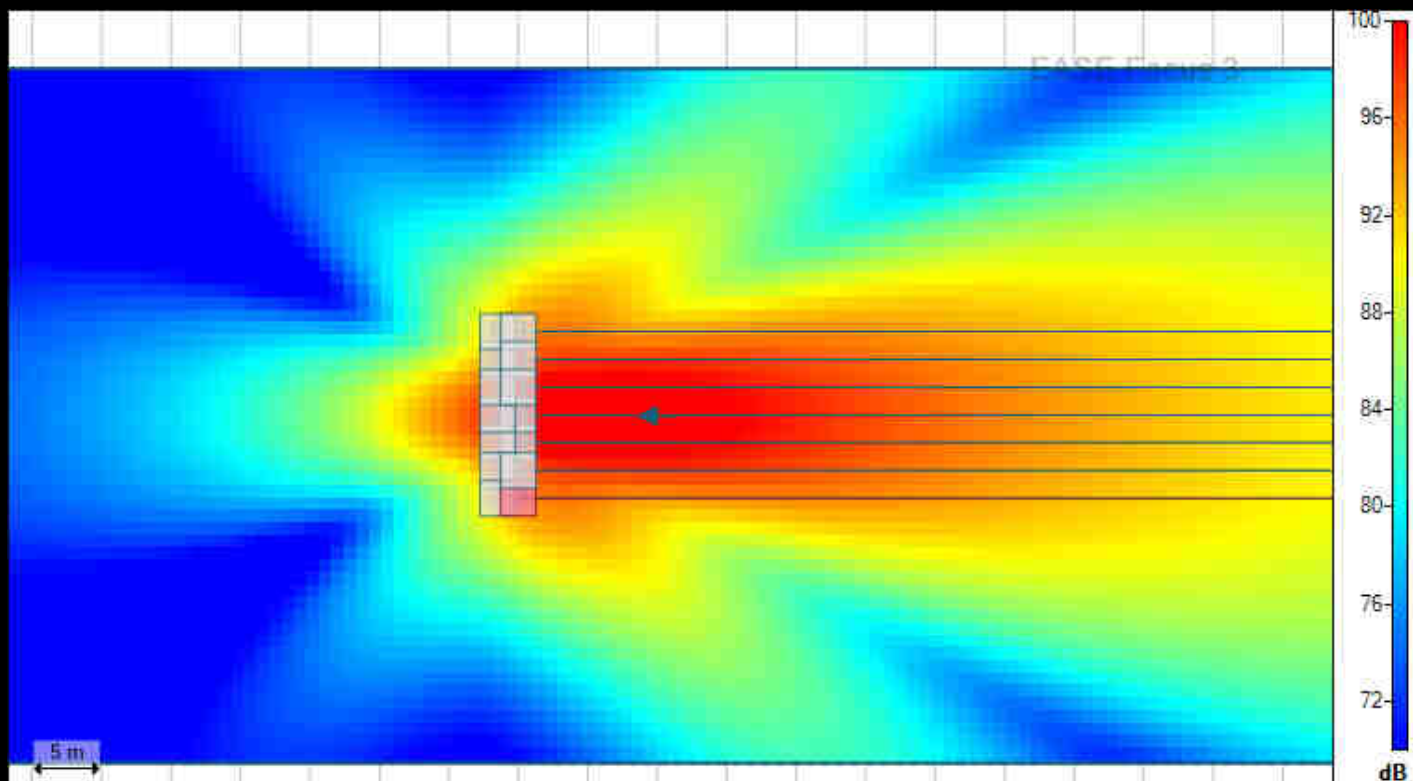
6ms



EndFired Line + Curve

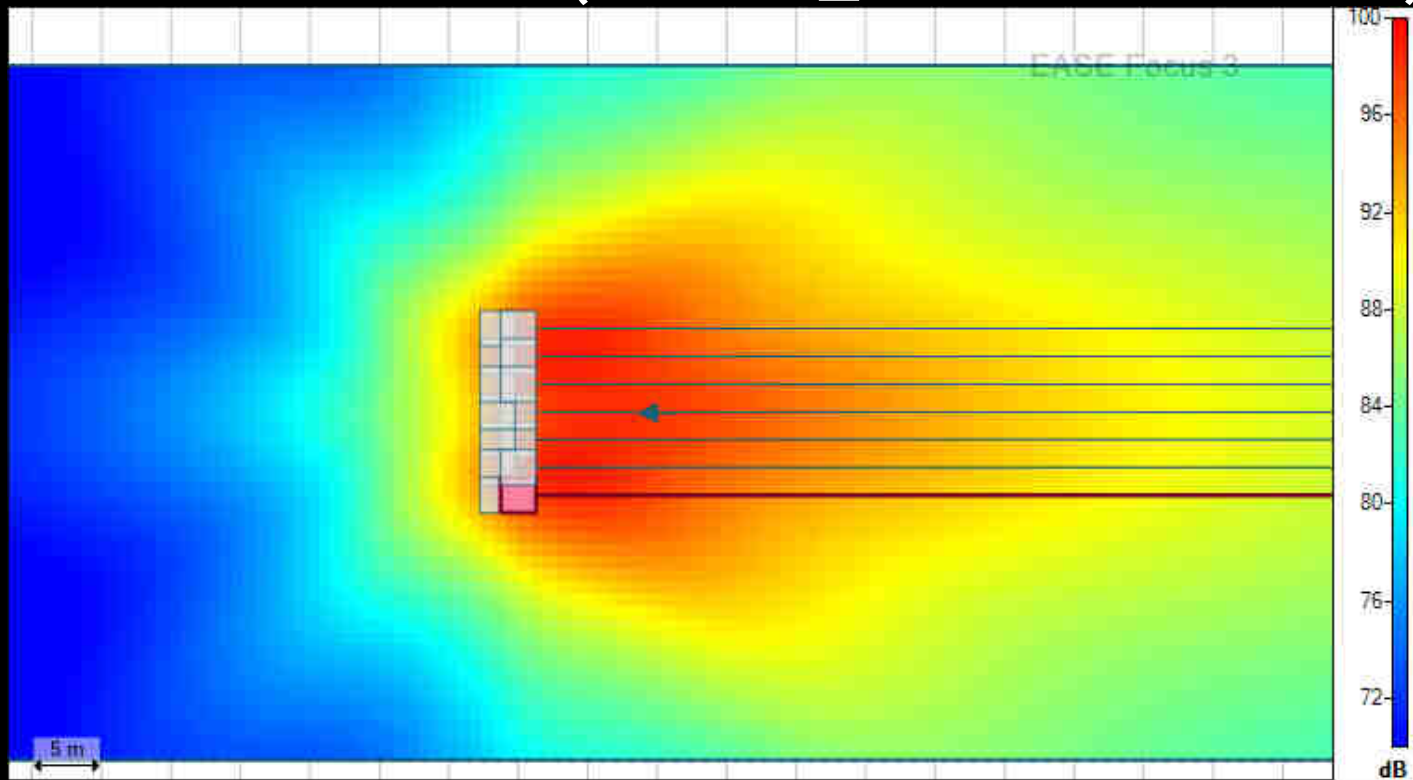


EndFire bei 0° Curve

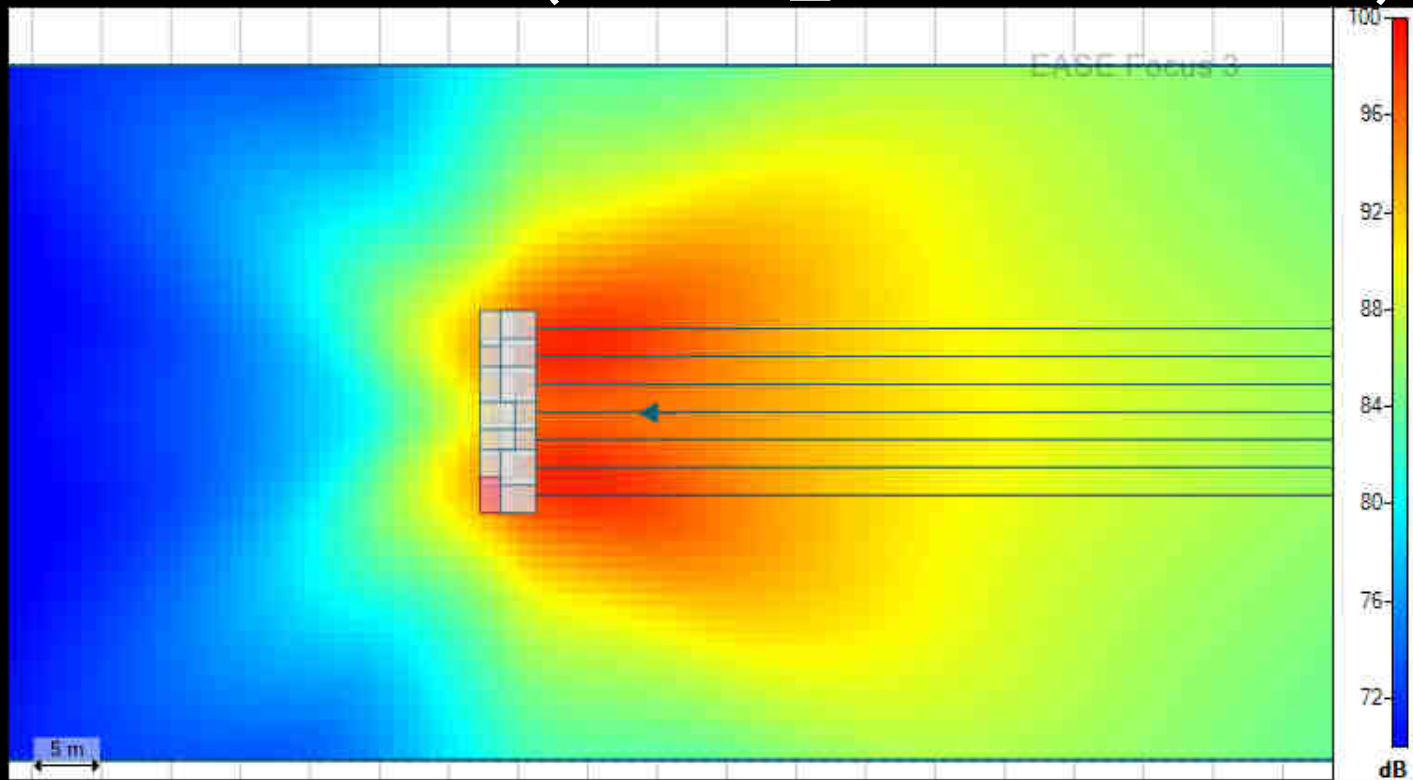


veit@rcf.de

EndFire bei 45° Curve (eliptisch)



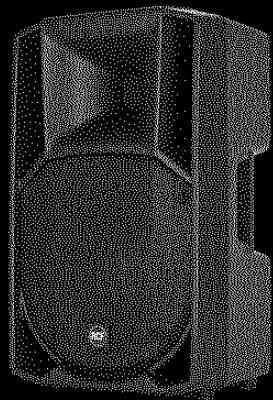
EndFire bei 70° Curve (eliptisch)



The Good the Bad

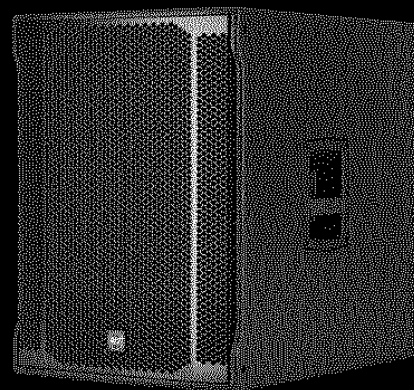
	L/R	Center	EndFire	CSA-Stack (center)
Homogene Verteilung				
Rückwärtsdämpfung				
Platzbedarf				
Impulstreue				

Topteil und Subwoofer



Topteil

Bildet ca. 8 der 10 Oktaven ab und ist maßgeblich verantwortlich für die Verständlichkeit der Audio Inhalte



Subwoofer

Bildet ca. 1-2 Oktaven ab und ist maßgeblich verantwortlich für

Emotion und entscheidet überproportional über das Empfinden von „guter“ Beschallung.

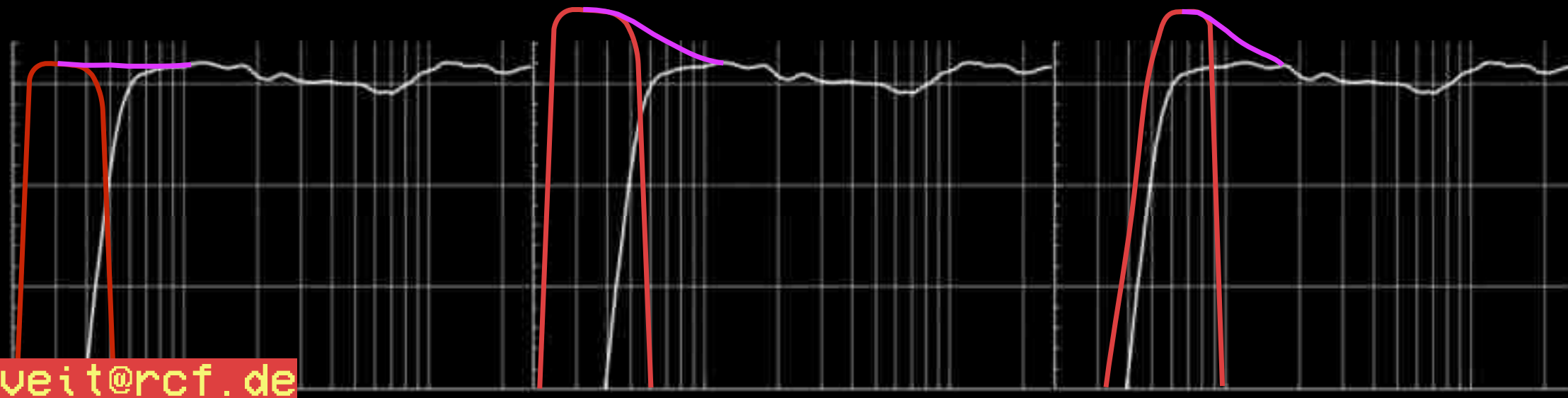
Zielkurven

- ✦ Lineare Erweiterung des Frequenzbereiches zu tiefen Frequenzen hin.
- ✦ Erweiterung des Frequenzbereiches und Pegelerhöhung
- ✦ Unterstützung des Frequenzbereichs und Pegelerhöhung

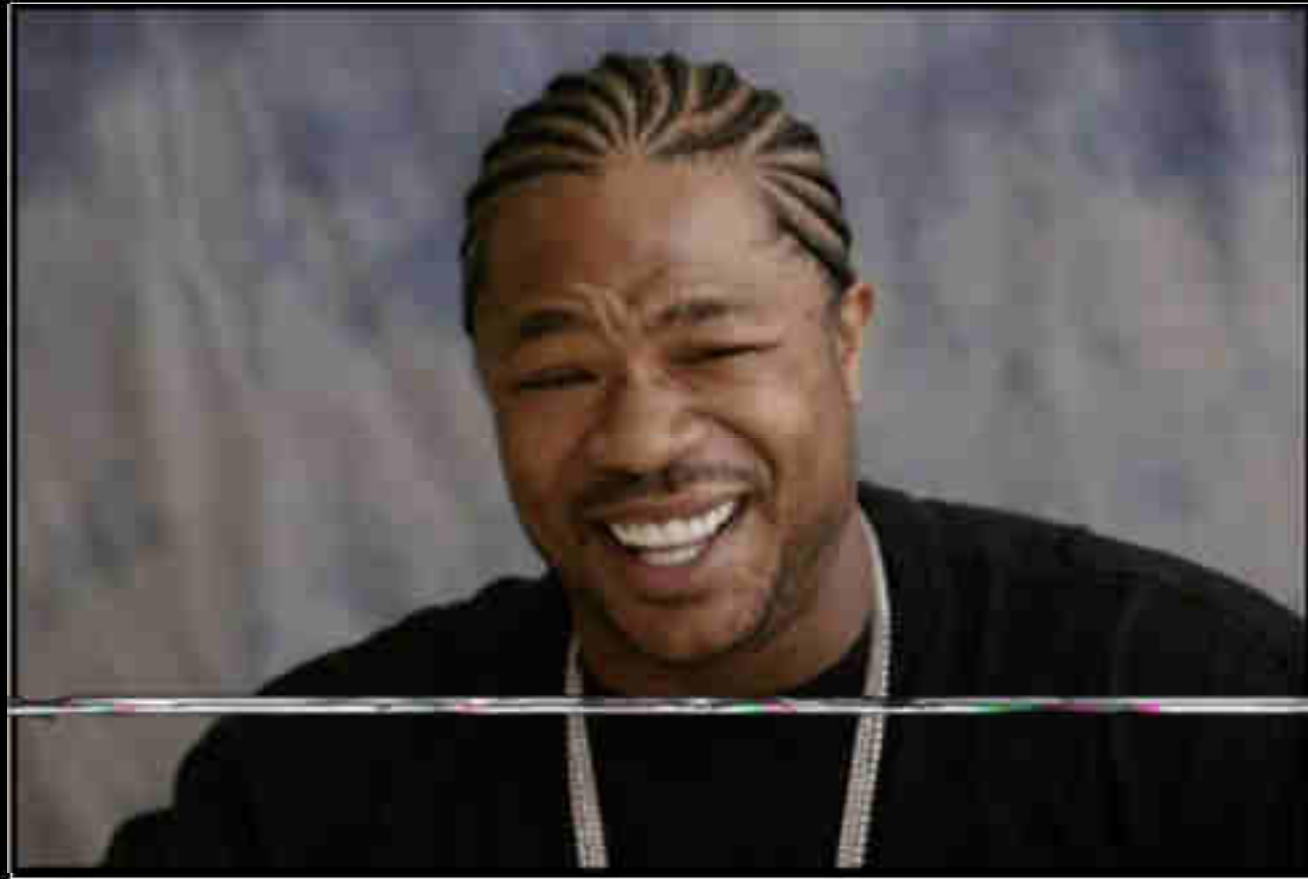
Studio, HiFi,
Klassik

Rock, Pop, Elektro
Überhöhung +6dB bis + 24dB
Mit X-Over Top/Sub

Rock, Pop, Elektro
Mit Überlappendem
Frequenzbereich



veit@rcf.de

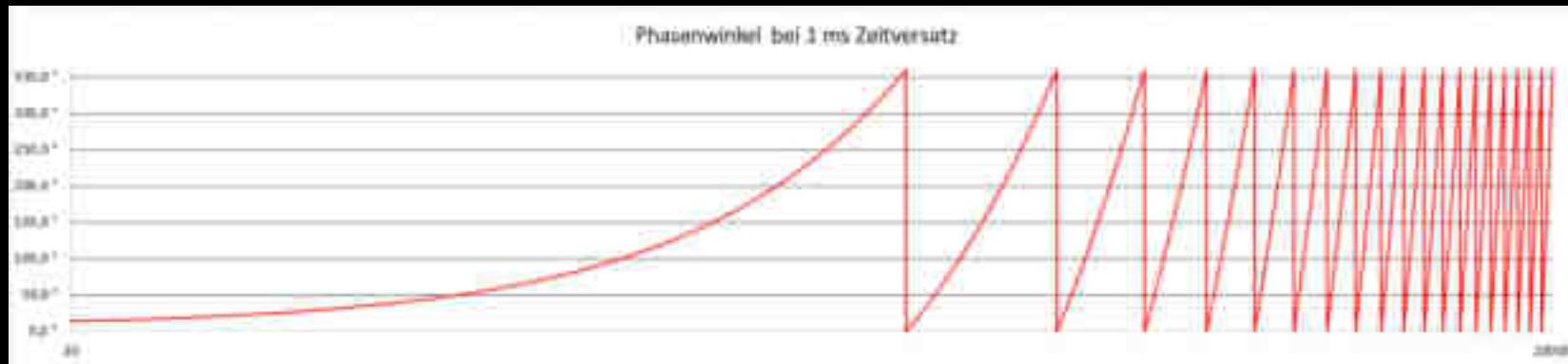


Ey Alter! Was ist Phase..

veit@rcf.de

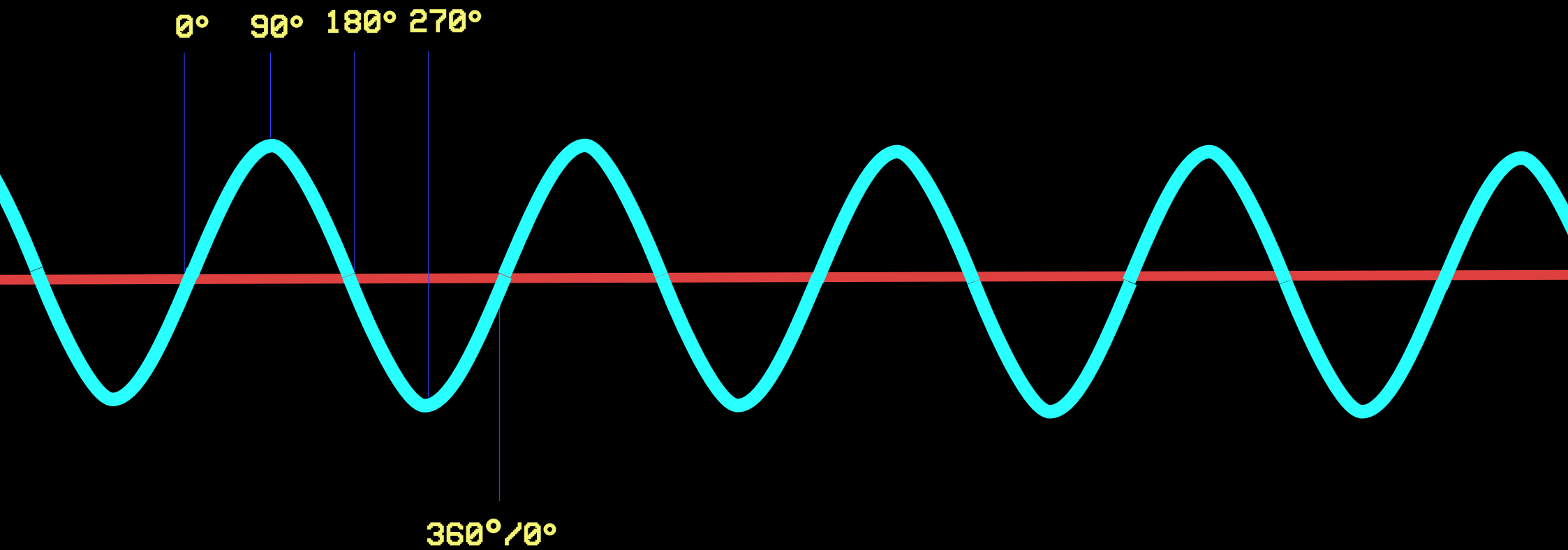
Phase

„Phase“ ist ein universeller Ausdruck für den zeitlichen Versatz zweier Signale. Phase ist quasi wie Prozentrechnung.



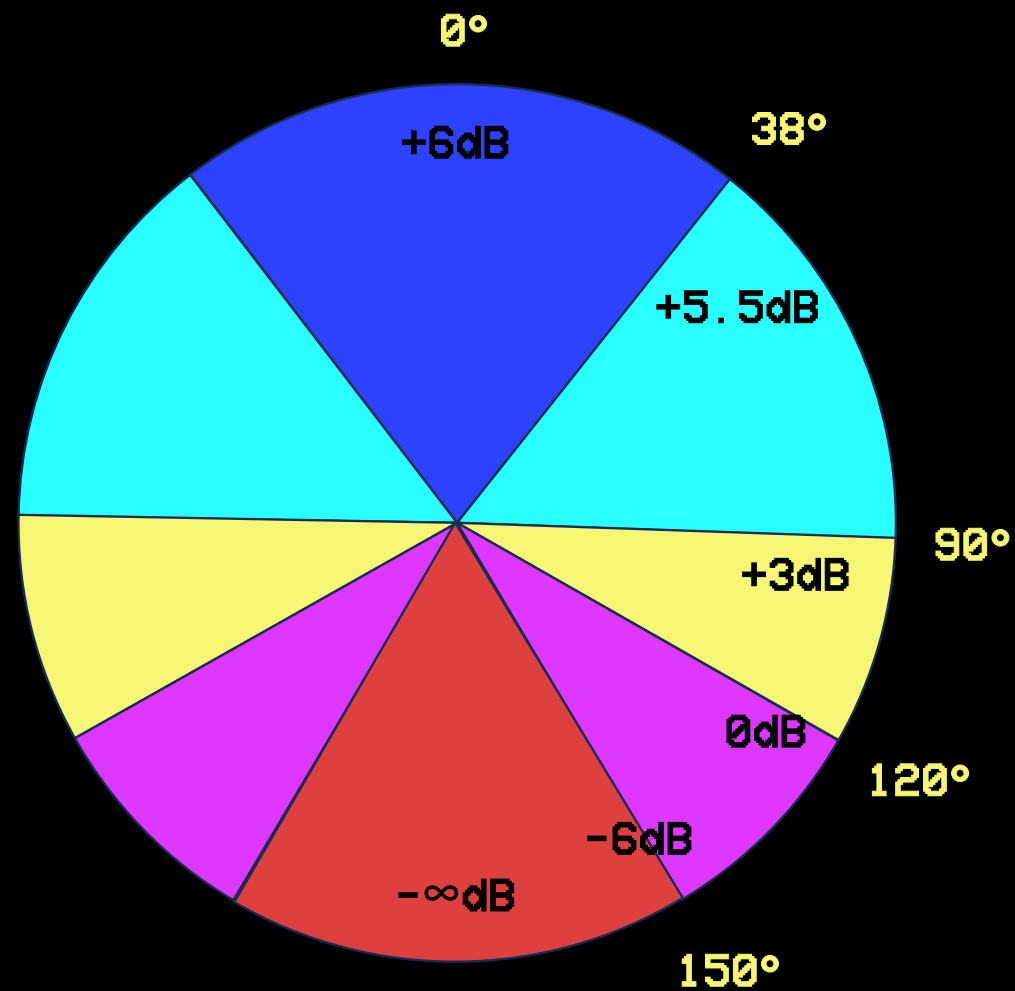
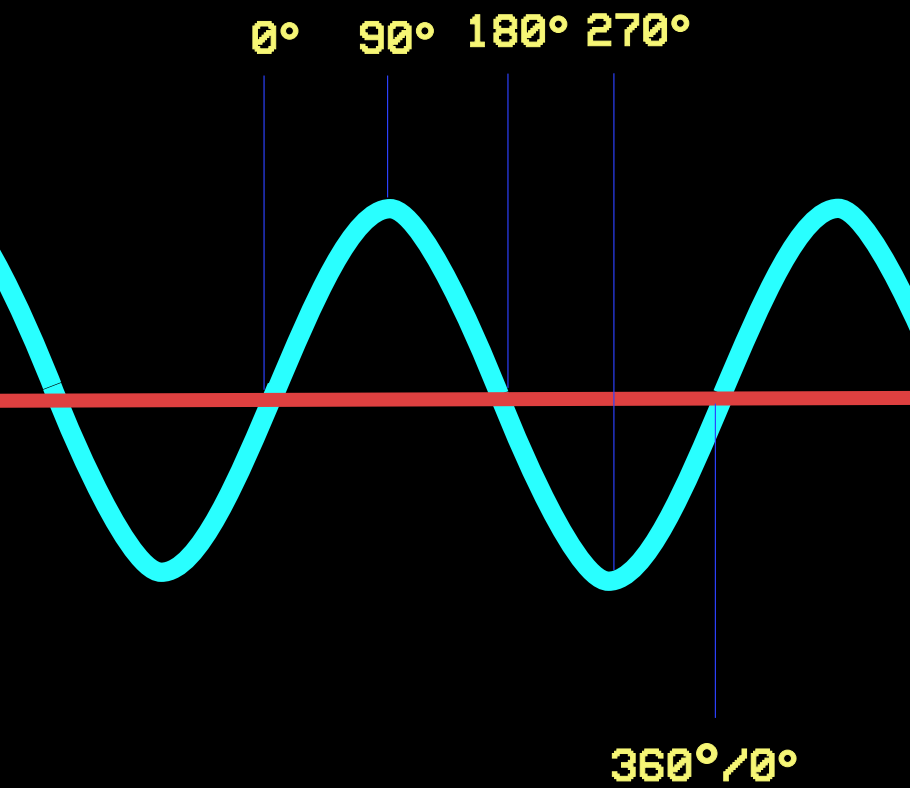
Ein konstanter Zeitversatz zwischen zwei Signalen (Delay) bedeutet einen stetig ansteigenden Phasenwinkel zu hohen Frequenzen.

Phasenwinkel

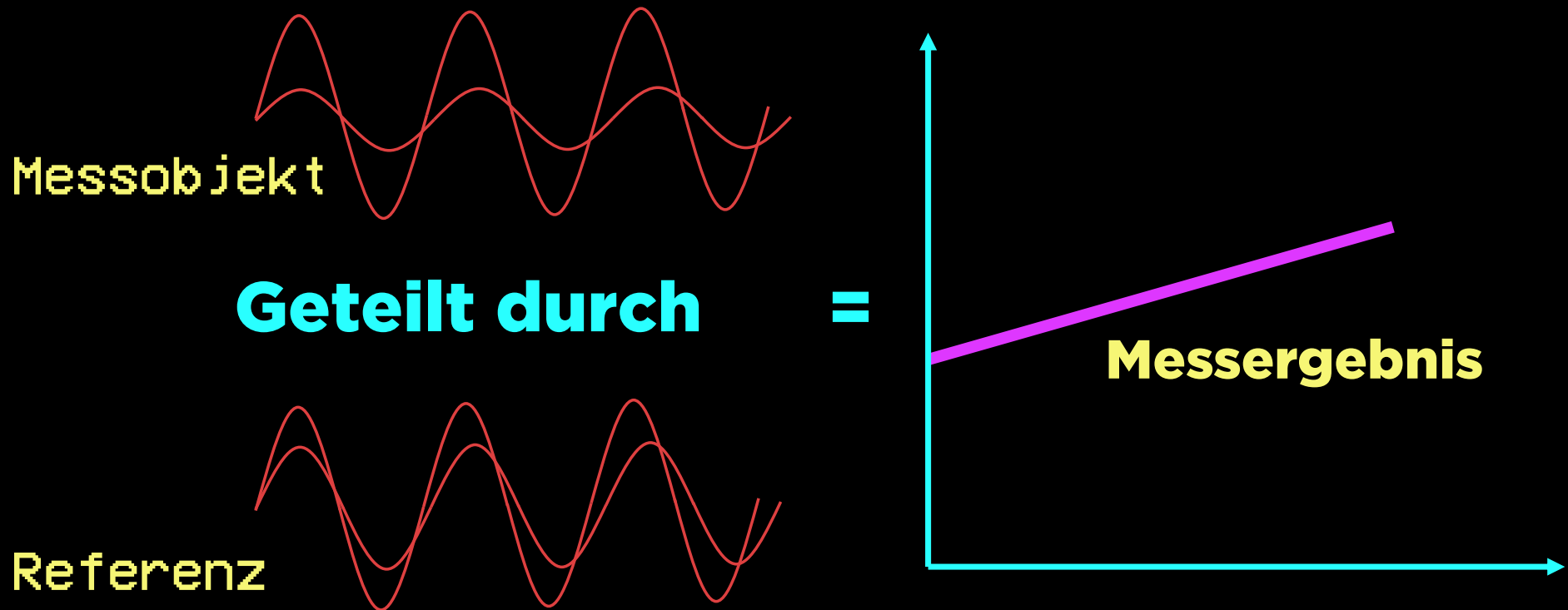


veit@rcf.de

Phasenwinkel



Messen bedeutet vergleichen!



Messen bedeutet vergleichen!

- Wir vergleichen die akustische und zeitliche Ausgabe eines Gerätes mit der Ausgabe der Referenz.
- Dazu legen wir einen Loop (Y-Split) der z.B. auch das Mischpult und die Soundkarte beinhaltet.
- Verglichen wird immer auf Basis eines Stimulus
- z.B. Pink Noise ein Sinus Sweep oder aber auch der Livemix



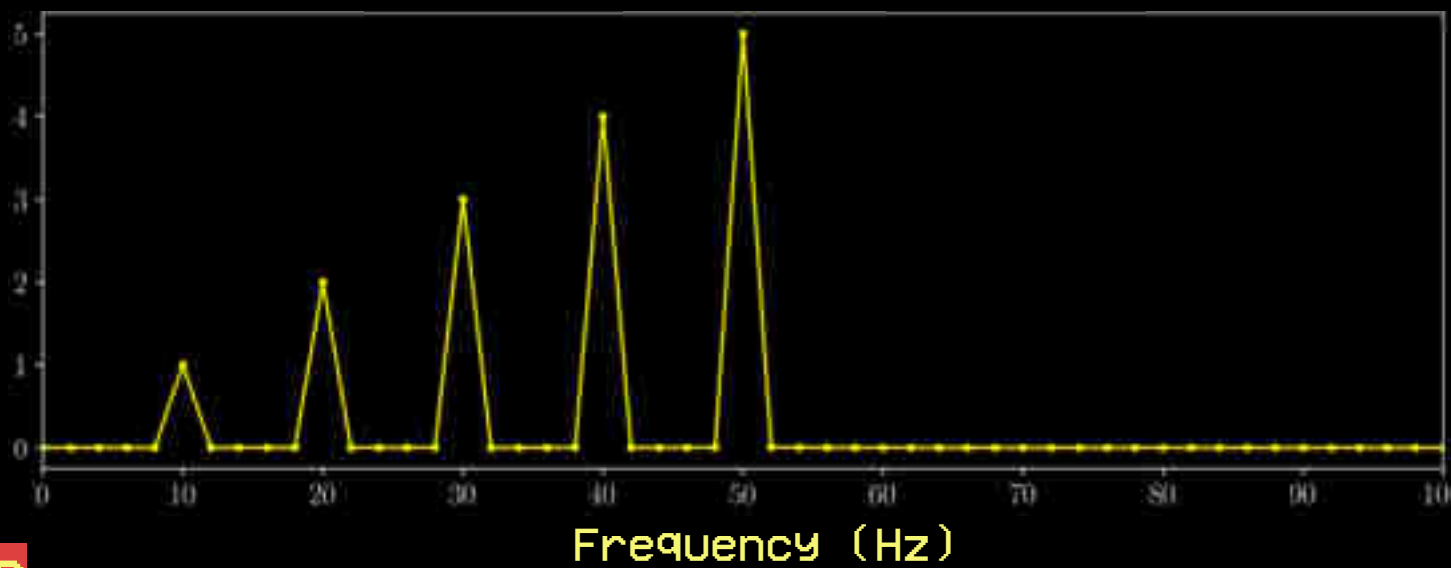
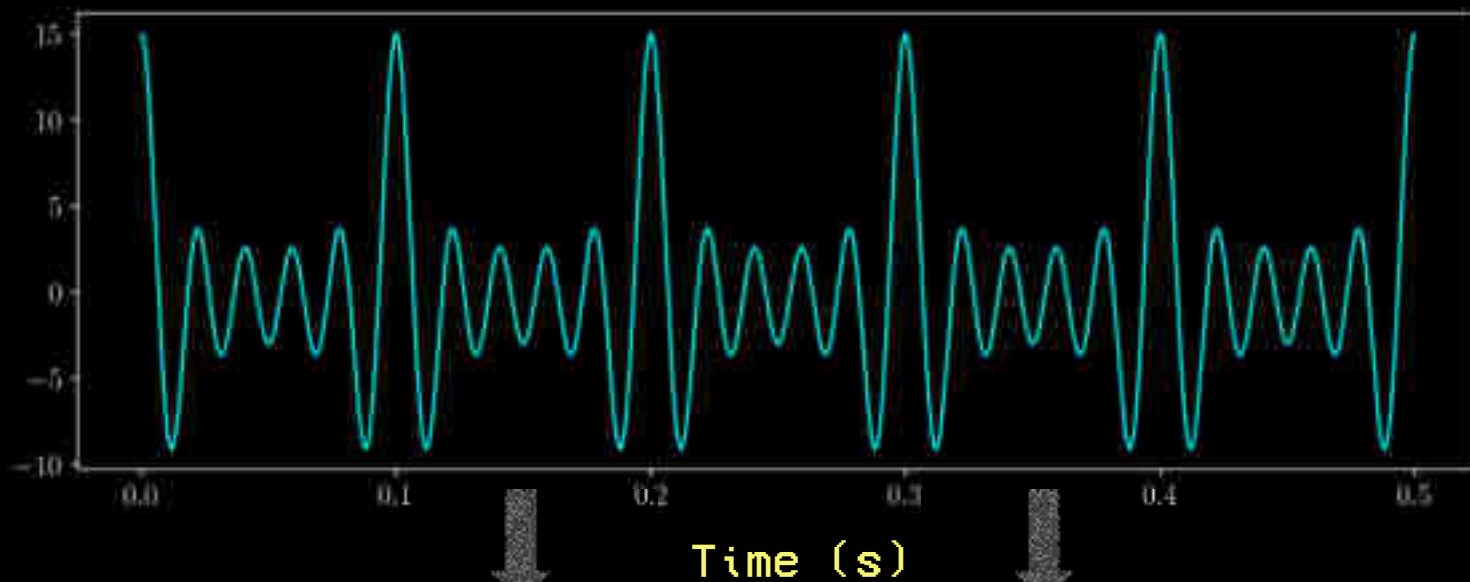
FFT-Analyzer?

veit@rcf.de

FFT?

- Die Fourier-Transformation wurde im Jahre 1822 von dem französischen Mathematiker Jean Baptiste Fourier eingeführt
- Die Fourier-Transformation ist eine Integraltransformation, die es ermöglicht, beliebige Schwingungsformen in ihre Grundschwingungen zu zerlegen
- Das Ergebnis der Transformation enthält Aussagen über die Frequenz, die Amplitude und die zeitliche Korrelation der einzelnen Schwingungen zueinander







Computer

Mic



object under test



Referenz



Soundkarte

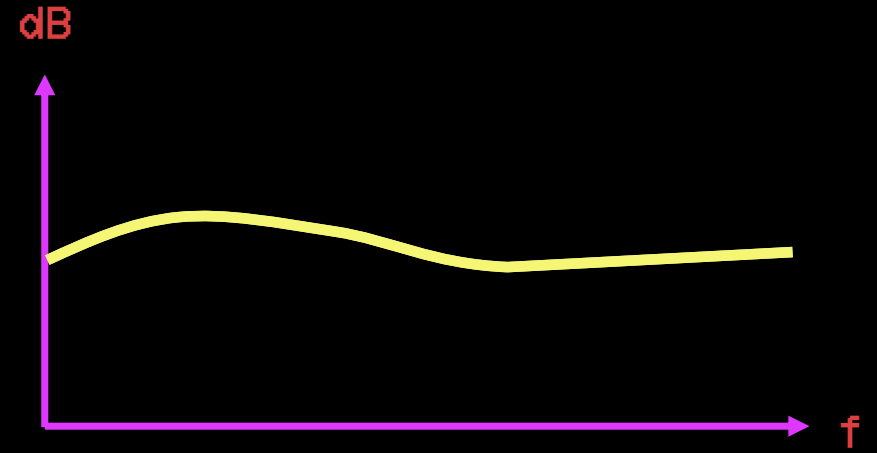
Stimulus



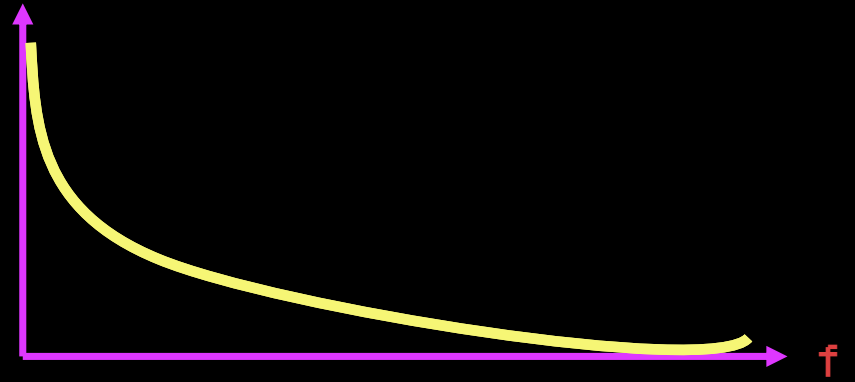
FFT



ms

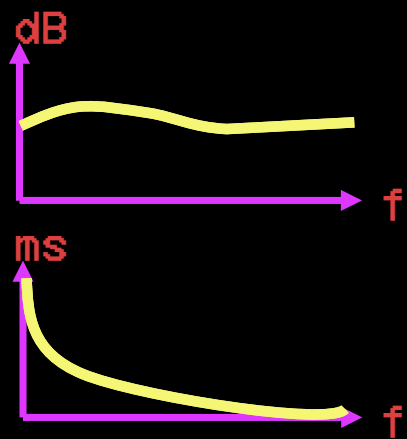


Amplitude über Frequenz



Zeit über Frequenz

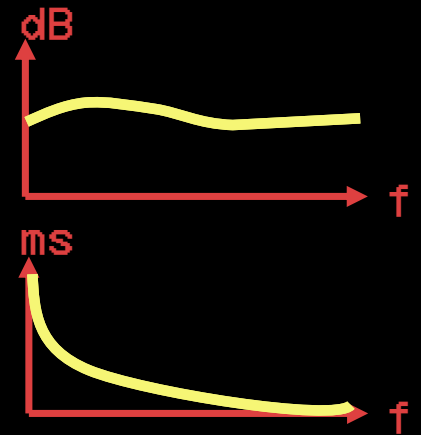
2-Kanal Messung



FFT



FFT



Gemessenes Signal



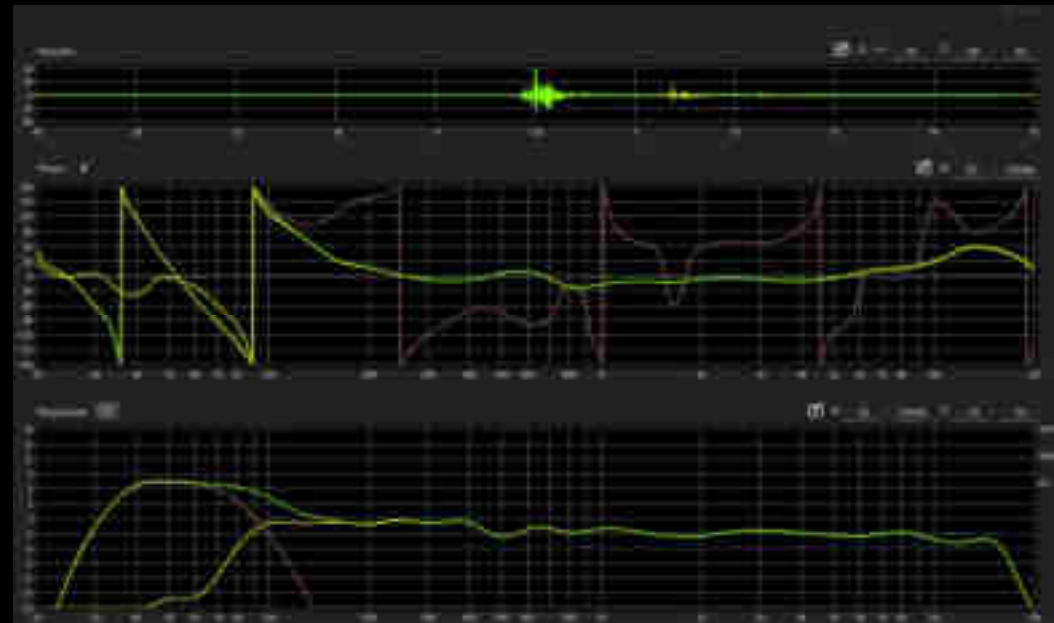
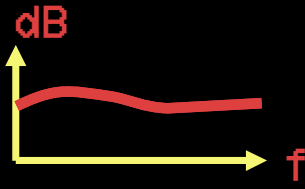
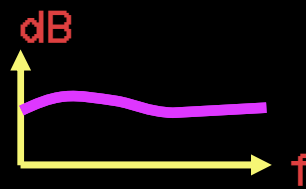
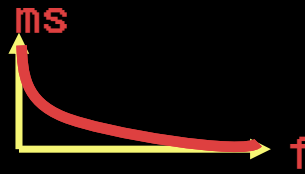
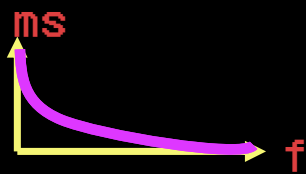
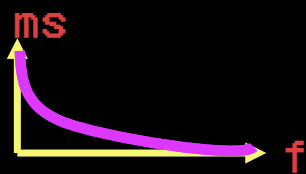
Referenzsignal



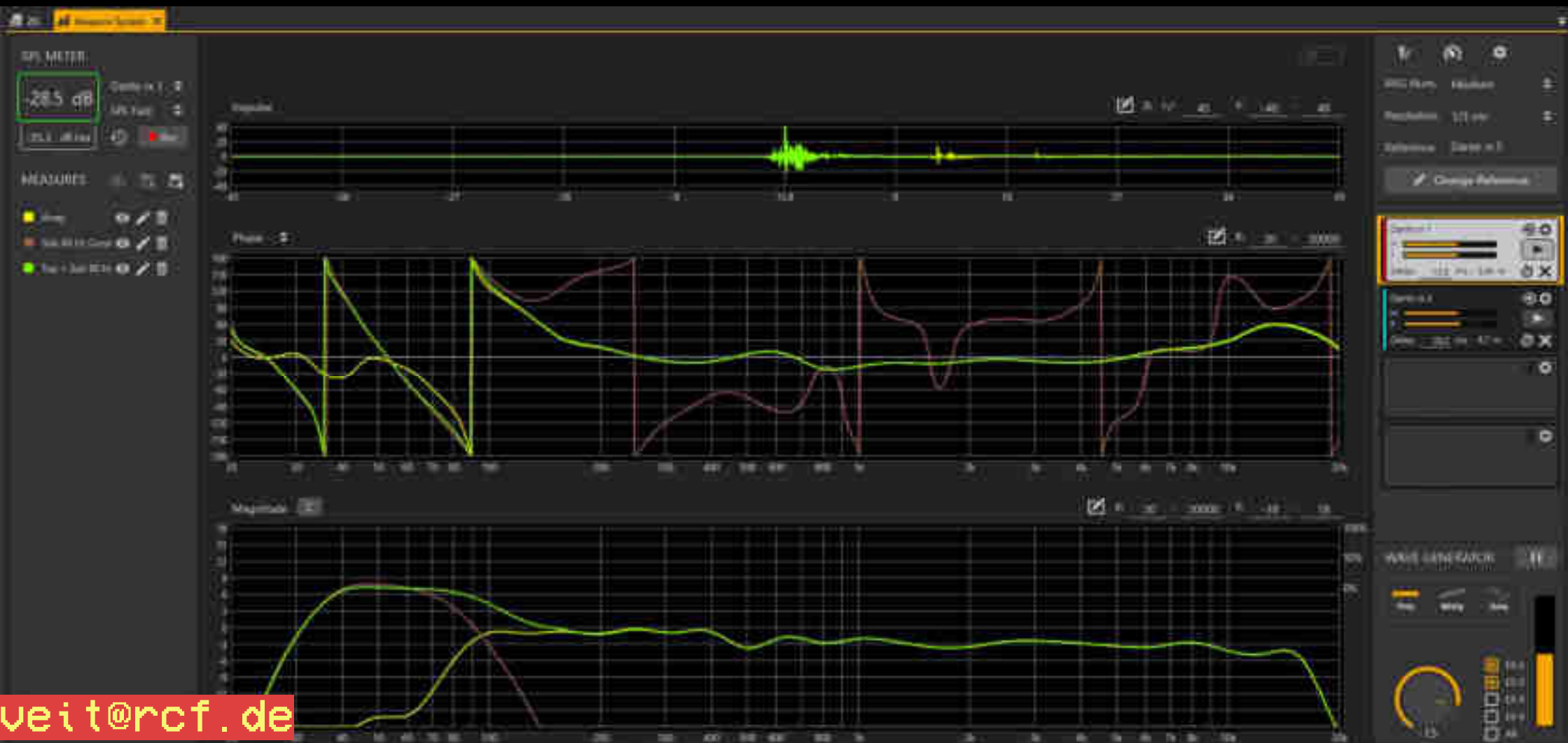
2-Kanal Messung

Messung

Referenz

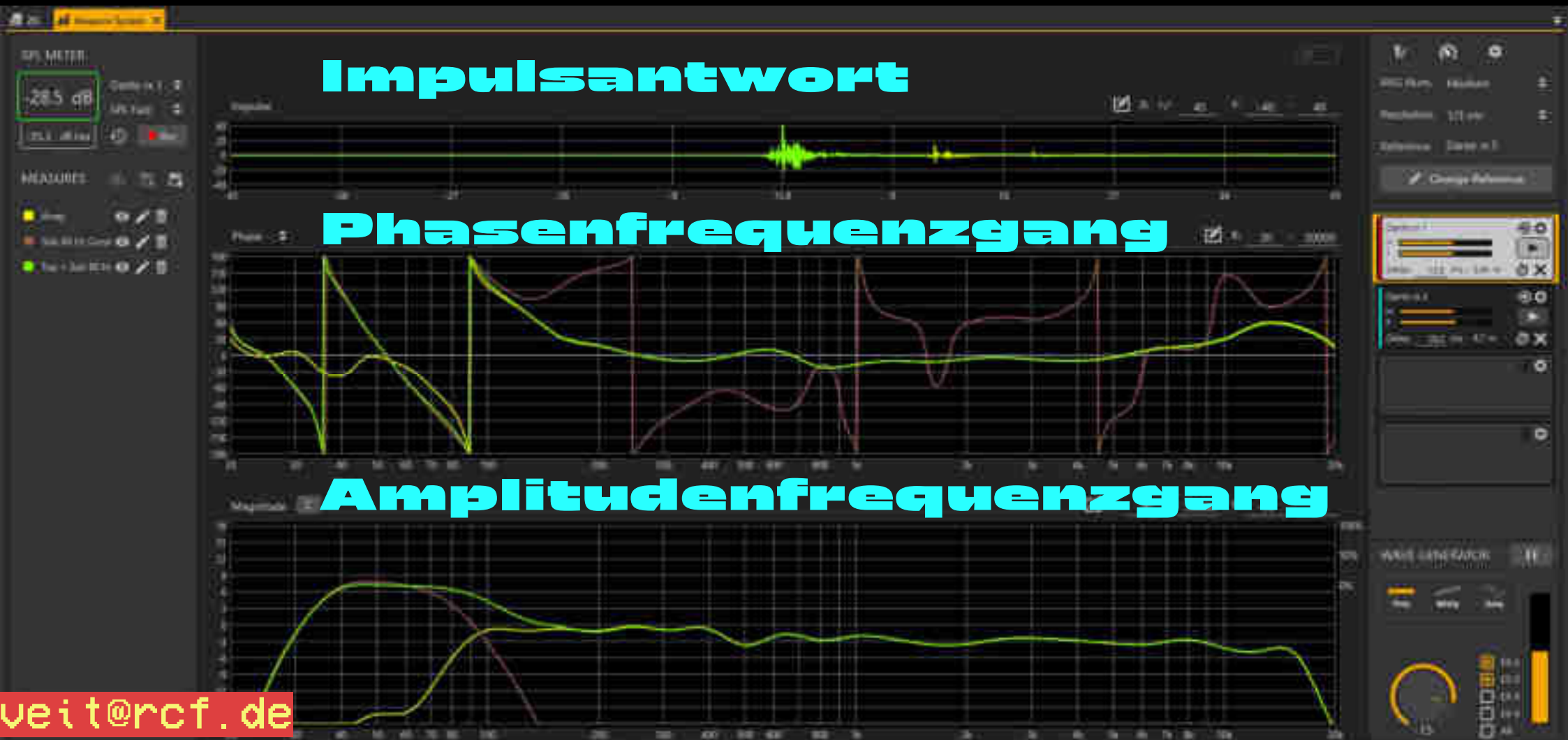


Audio FFT-Analyzer Software



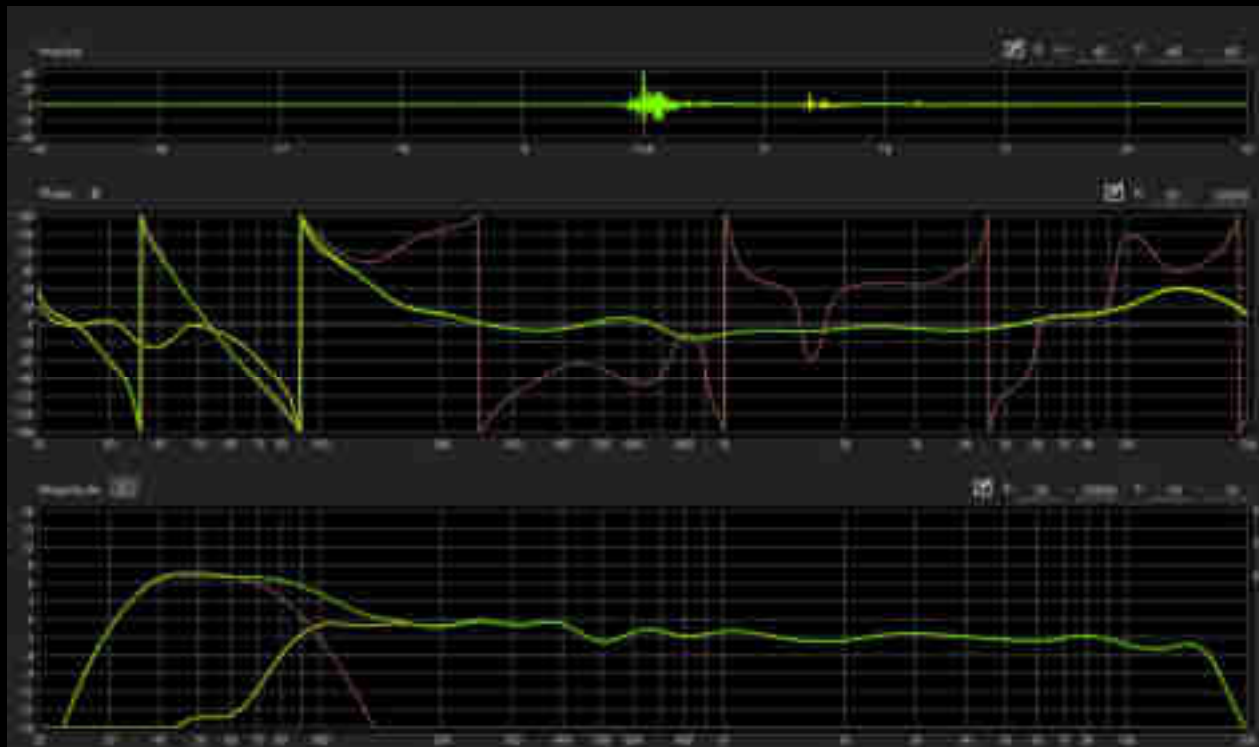
veit@rcf.de

Audio FFT-Analyzer Software



veit@rcf.de

Audio FFT-Analyzer Software



Die Impulsantwort sagt aus, wie viel später das Messsignal eintrifft als das Referenzsignal (Delayzeit)

Der Phasenfrequenzgang sagt aus, wie sehr die Messstrecke das zeitliche Eintreffen einzelner Frequenzen beeinflusst hat (Gruppenlaufzeit)

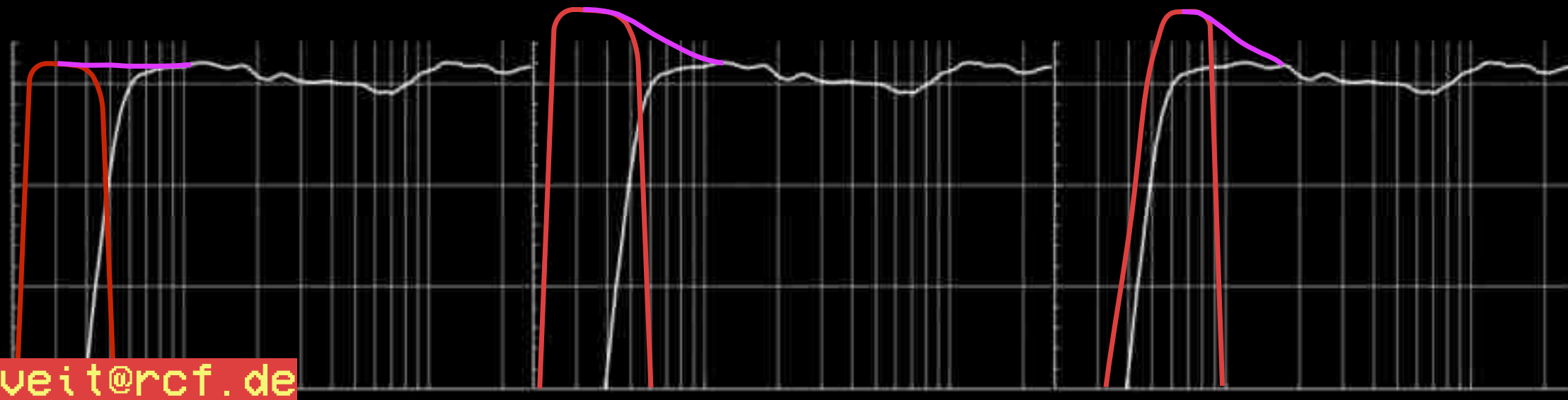
Der Amplitudenfrequenzgang sagt aus, wie sehr die Messstrecke den Pegel einzelner Frequenzen beeinflusst hat

Zielkurven

Studio, HiFi,
Klassik

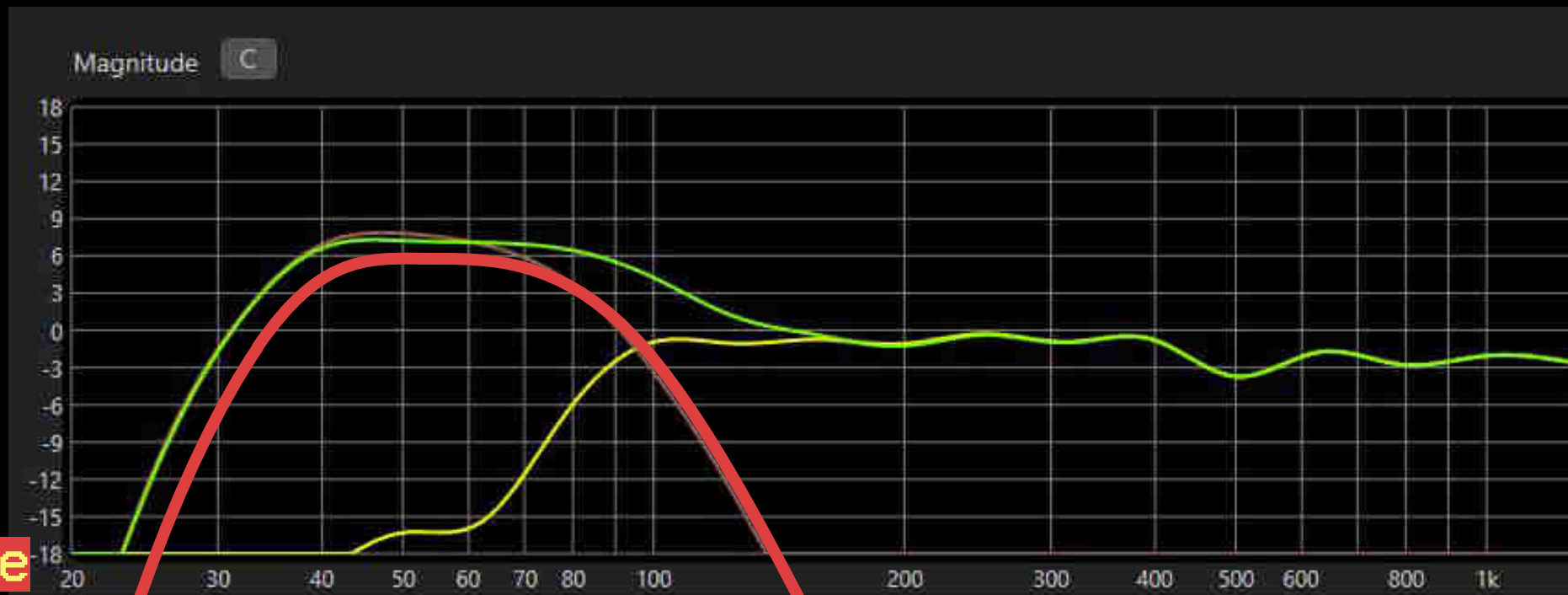
Rock, Pop, Elektro
Überhöhung +6dB bis + 24dB
Mit X-Over Top/Sub

Rock, Pop, Elektro
Mit Überlappendem
Frequenzbereich



Akustischer Crossover

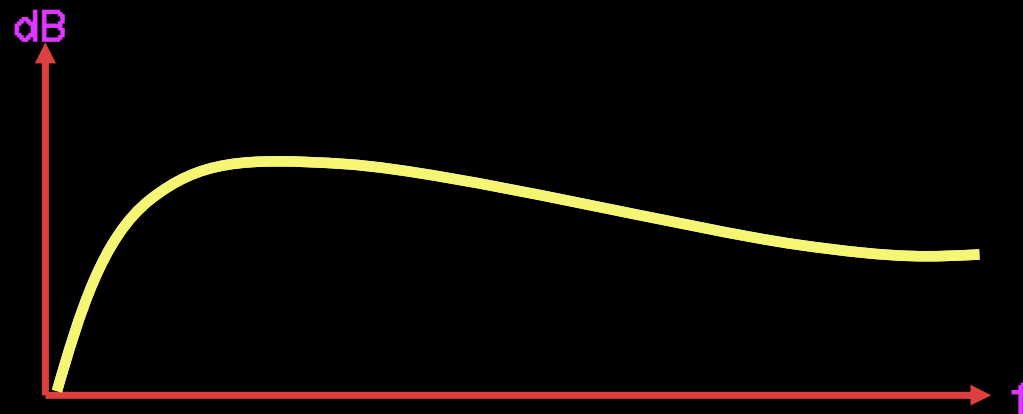
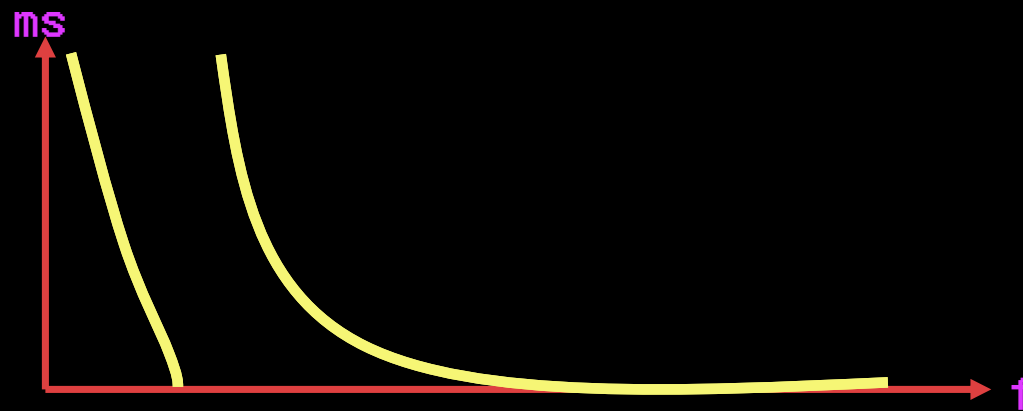
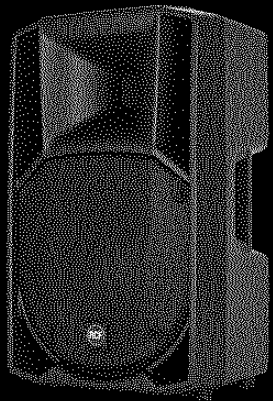
Der akustische Crossoverpunkt ist Pegelabhängig!



veit@rcf.de

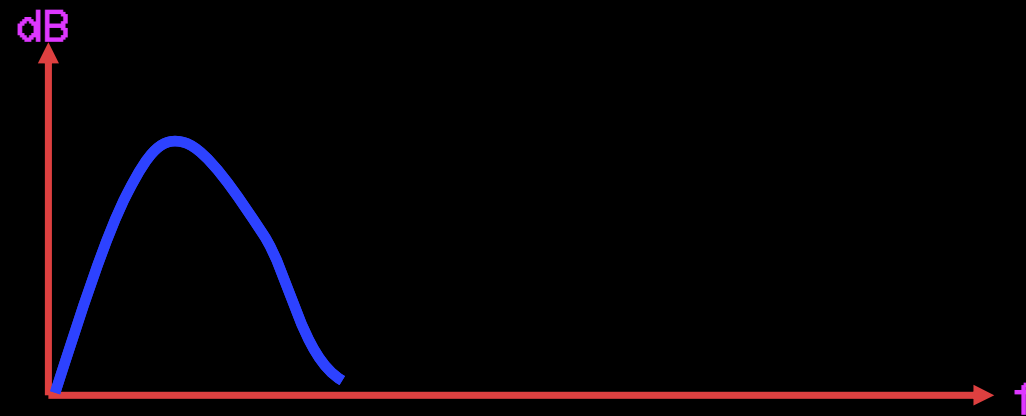
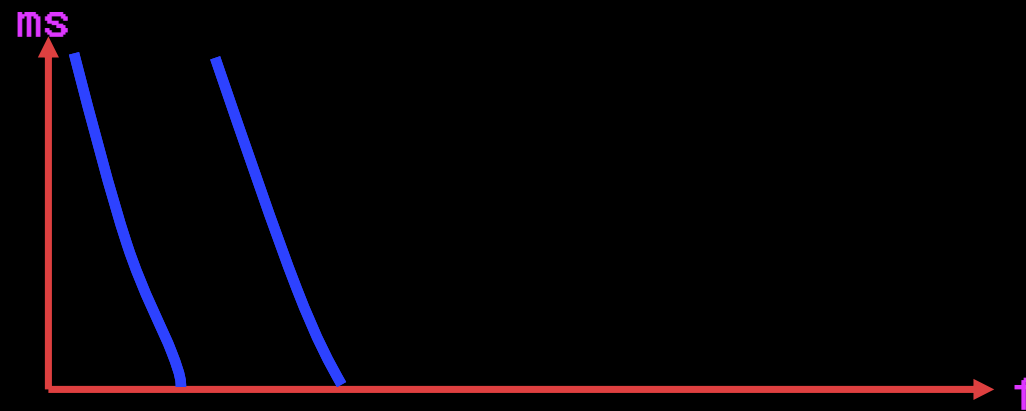
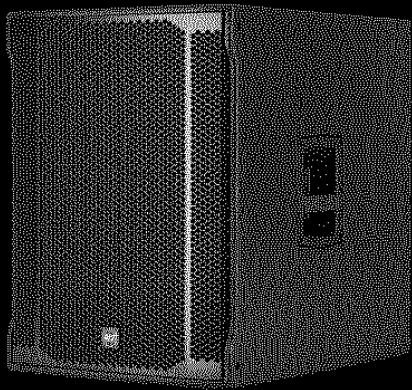
Phase alignment

Top



Phase alignment

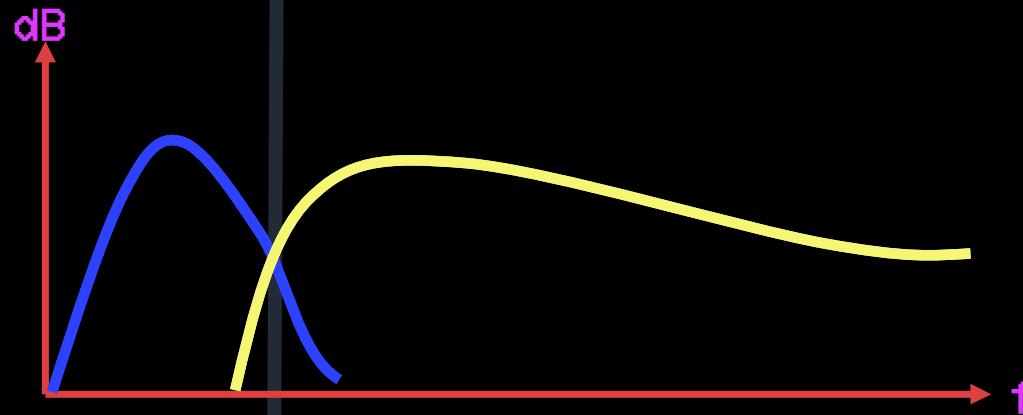
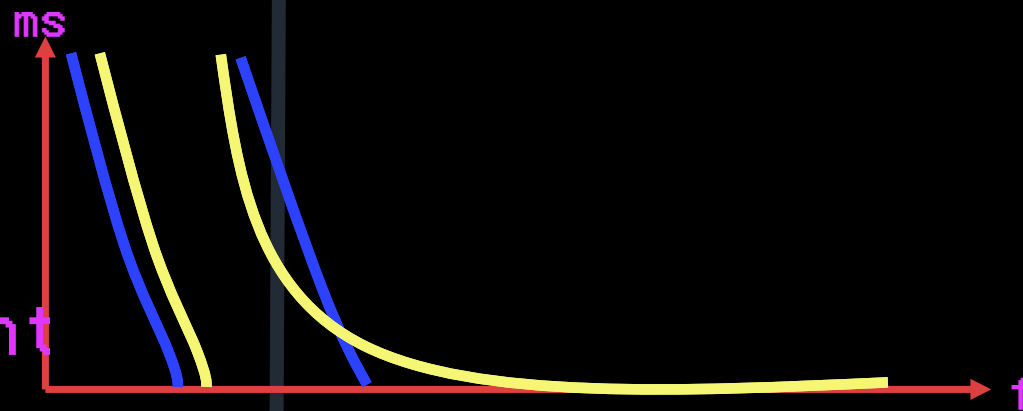
Sub



Phasealignment

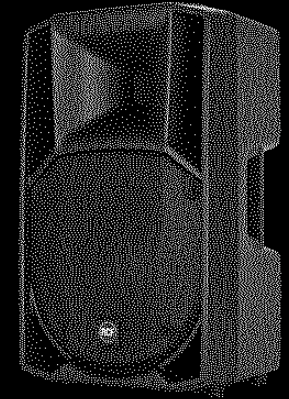
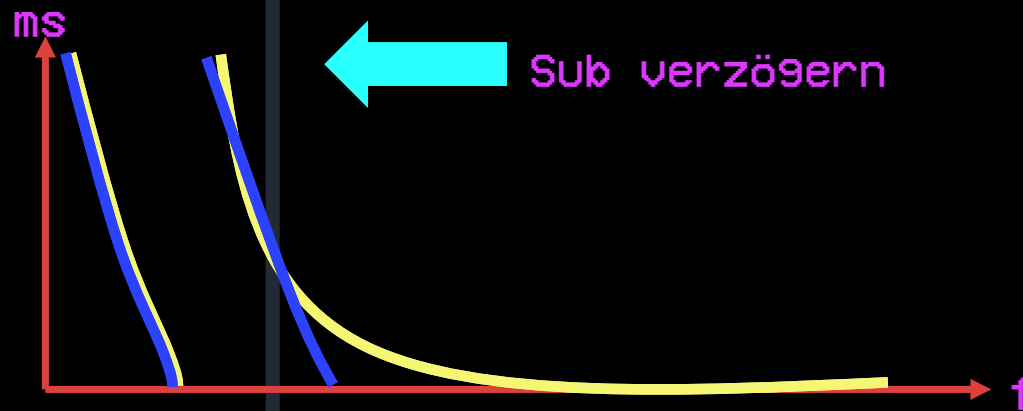
Top + Sub

Kein Alignment

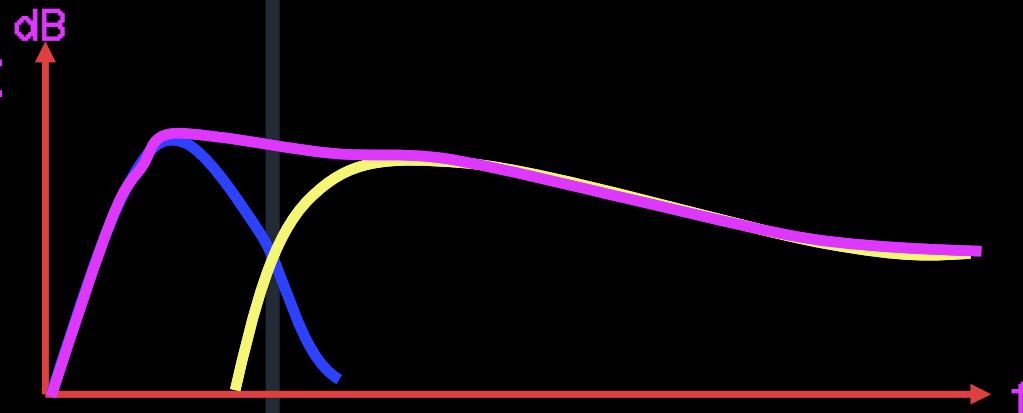


Phasealignment

Top + Sub

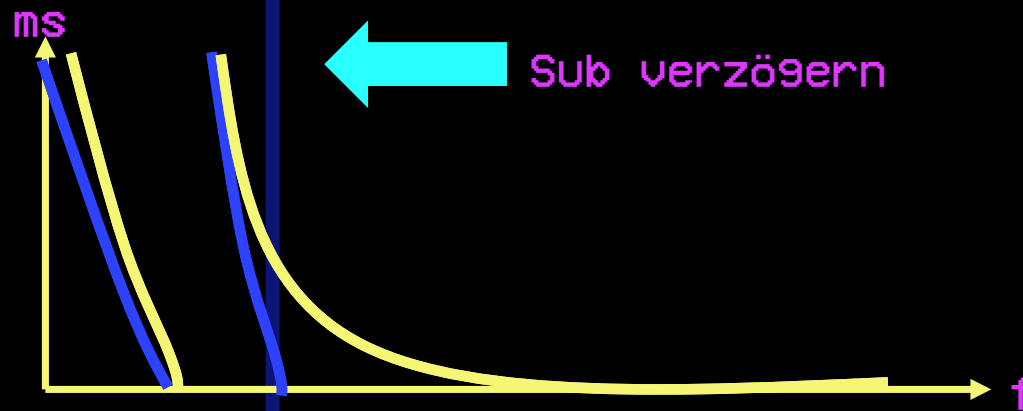


Mit Alignment

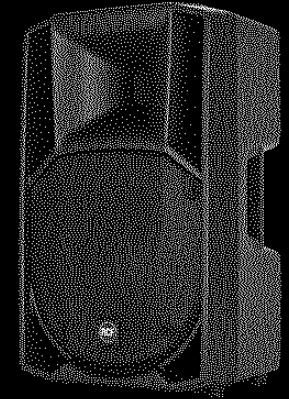
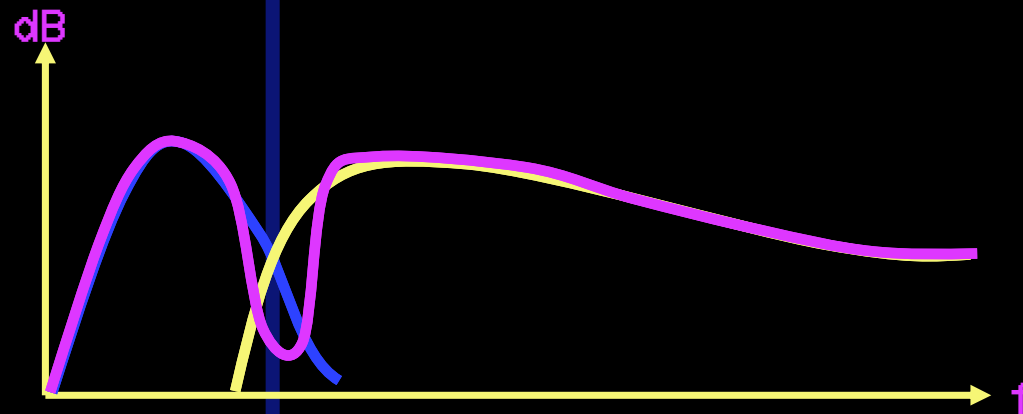


Phasealignment

Top + Sub



Falsches Alignment



Audio FFT-Analyzer Software

Rational acoustics – Smaart

AFMG – SysTune

Global audio solutions – RiTa

RCF – RDNet Measure (Free as in free beer)

Room EQ Wizard (Donationware)

Friture (Open Source, kein PhasePlot)

...

Conclusion

- ⌘ Verkabelung digital oder symmetrisch halten.
- ⌘ Über die Lautsprecherposition nachdenken..
- ⌘ ...insbedondere bei den Subwoofern.
- ⌘ Sich die Zeit für ein Phasealignment nehmen.

- ⌘ Das interpretieren von Messungen erfordert Übung!
- ⌘ Nicht alles tot-messen.

Kontakt: veit@rcf.de DECT 5449