

# Wand- und Deckenlautsprecher mit asymmetrischer Abstrahlung

---

## Inhalt

Motivation .....	2
Angewinkelte Regalbox .....	2
Freifliegend .....	2
Mit Begrenzungsfläche .....	4
Wandaufbau mit Einwinkeln .....	6
15° Winkel .....	6
30° Winkel .....	8
45° Winkel .....	10
60° Winkel .....	12
Zusammenfassung .....	13
Asymmetrische Schallführung .....	14
Unendliche Schallwand .....	14
Wandaufbau .....	15

## Motivation

In vielen Heimkinos gibt es die besondere Anforderung, eine größere Anzahl an Lautsprechern mit möglichst wenig Raumverlust unterzubringen. Vor allem bei niedriger Deckenhöhe kann die Platzierung der Deckenlautsprecher für Raumklang eine Herausforderung sein. Ziel ist es daher, ein platzsparendes Lautsprecherkonzept zu entwickeln, das für mehrere Sitzreihen eingesetzt werden kann. Das Abstrahlverhalten sollte also in beide Dimensionen nicht zu eng sein.

Es gibt verschiedene Gehäusekonzepte und Platzierungsmöglichkeiten. Im Folgenden wird das Abstrahlverhalten einiger dieser Varianten durch EBM-Simulationen untersucht. Es wird immer erst das symmetrische und danach das asymmetrische Abstrahlverhalten gezeigt. Dies ist abhängig von dem Konzept und unabhängig von der Treiberanordnung.

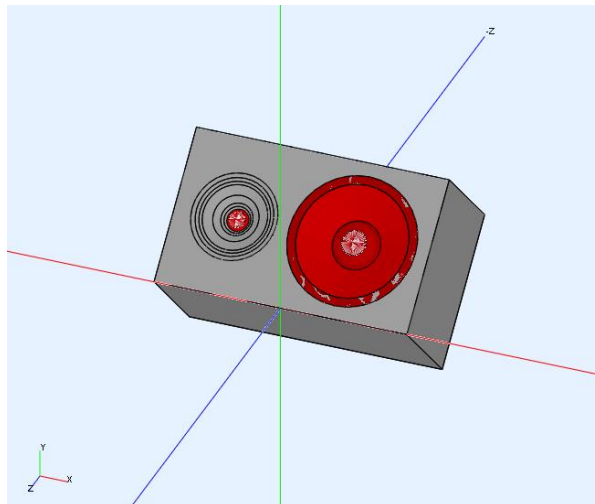
Die Trennfrequenz der Lautsprecher liegt, sofern nicht anders angegeben, bei 1 kHz mit 48 dB/Okt. Die Durchmesser der Tief- und Hochtöner betragen 150 mm und 25 mm. Diese Dimensionierung entspricht der von typischen Deckenlautsprechern für den Heimbereich.

## Angewinkelte Regalbox

Der einfachste Fall ist, einen herkömmlichen Lautsprecher nahe der Wand/Decke zu platzieren und ihn auf den Hörplatz auszurichten. Der Lautsprecher hat die Maße 300x180x150 mm.

## Freifliegend

Im Folgenden wird zunächst das Abstrahlverhalten einer freifliegenden Regalbox mit Schallführung simuliert. Es existieren keine Begrenzungsflächen. Der Lautsprecher ist so gedreht, dass  $-45^\circ$  horizontal der Richtung entsprechen, in die die Hauptabstrahlkeule zeigt.  $0^\circ$  zeigt demnach entlang der grünen Achse (nach oben).



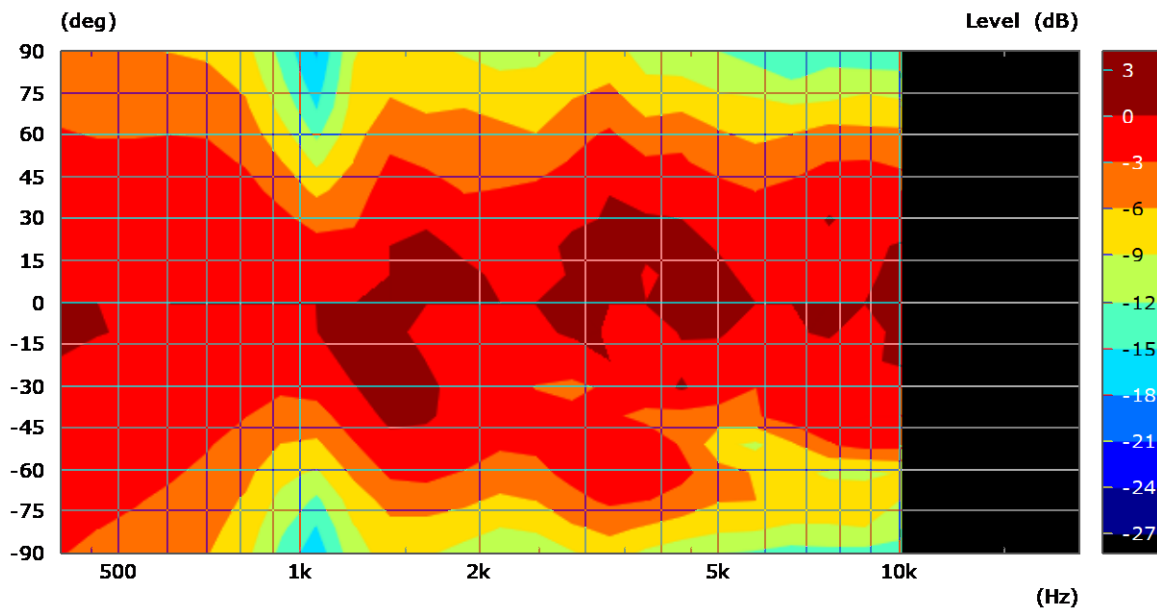


Abbildung 1: Symmetrisch (Normierung auf 0°)

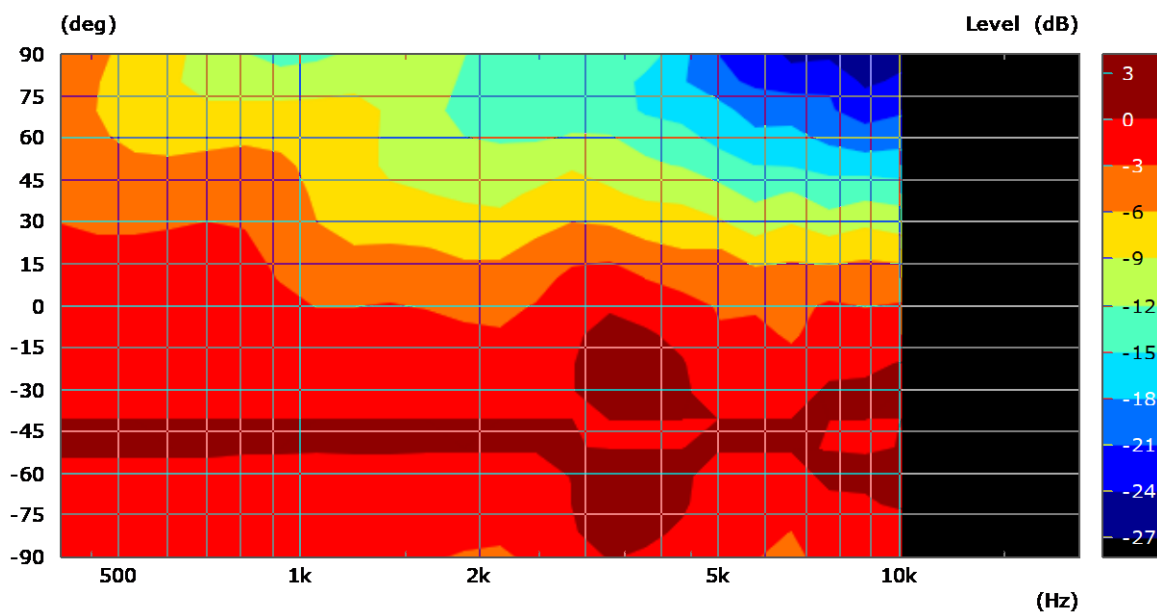
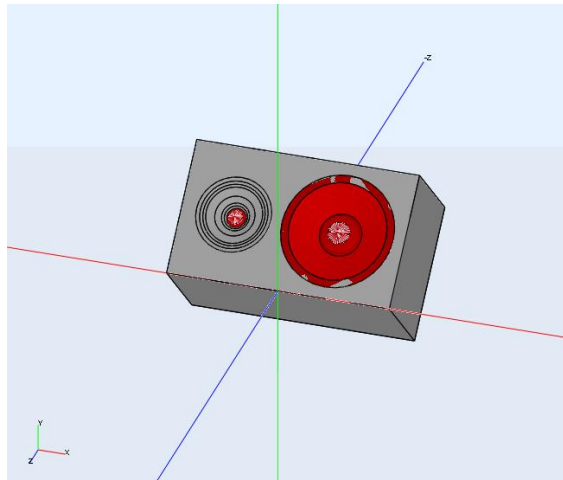


Abbildung 2: Asymmetrisch (Normierung auf -45°)

## Mit Begrenzungsfläche

Als nächstes wird eine unendliche Wand direkt unterhalb des Lautsprechers platziert. Diese ist 100% reflektiv.



Wie man sieht, wird das Abstrahlverhalten durch die Reflexionen stark beeinträchtigt. Neben Einbrüchen entstehen Überhöhungen von bis zu 5 dB im gesamten Frequenzgang.

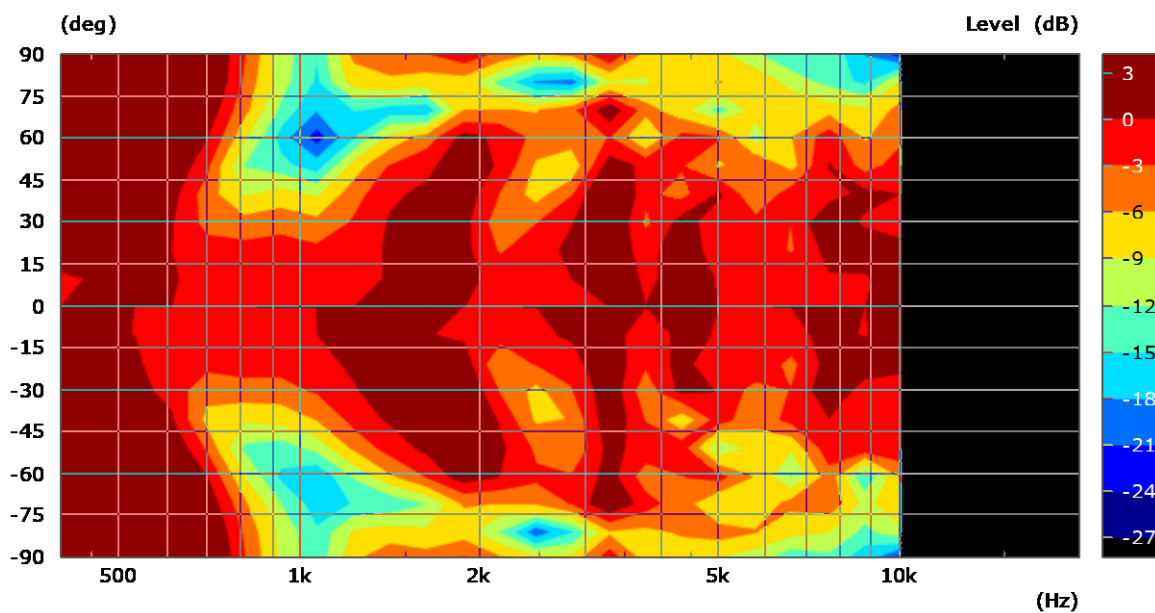


Abbildung 3: Symmetrisch (Normierung auf 0°)

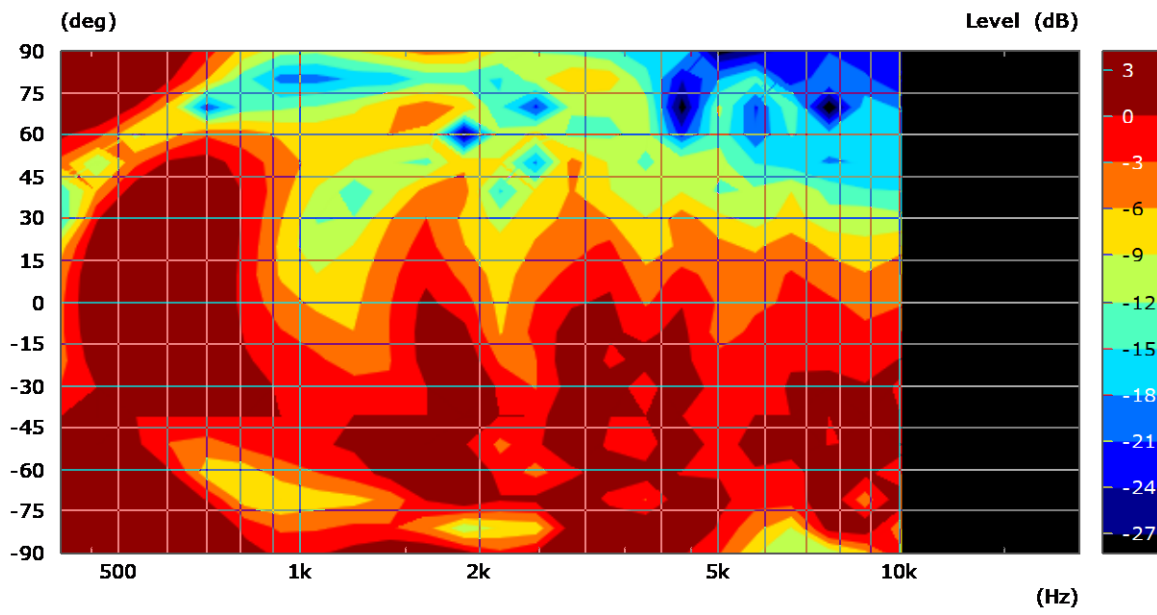


Abbildung 4: Asymmetrisch (Normierung auf  $-45^\circ$ )

## Wandaufbau mit Einwinkeln

Bei dieser Variante wird der Lautsprecher direkt auf der unendlichen Wand platziert und die Schallwand angewinkelt.

Bei diesem Konzept ist auffällig, dass der größte Schalldruck bei  $-90^\circ$  vorliegt, also direkt an der unendlichen Wand. Das ist insofern logisch, als dass der Schalldruck an einer Begrenzungsfläche immer maximal ist. Um die Lesbarkeit des Sonogramms zu erhöhen, wurde daher für dieses Konzept einmal auf die Hauptabstrahlachse (Winkel der Schallwand zur Rückwand) und zusätzlich auf  $-90^\circ$  normiert.

### 15° Winkel

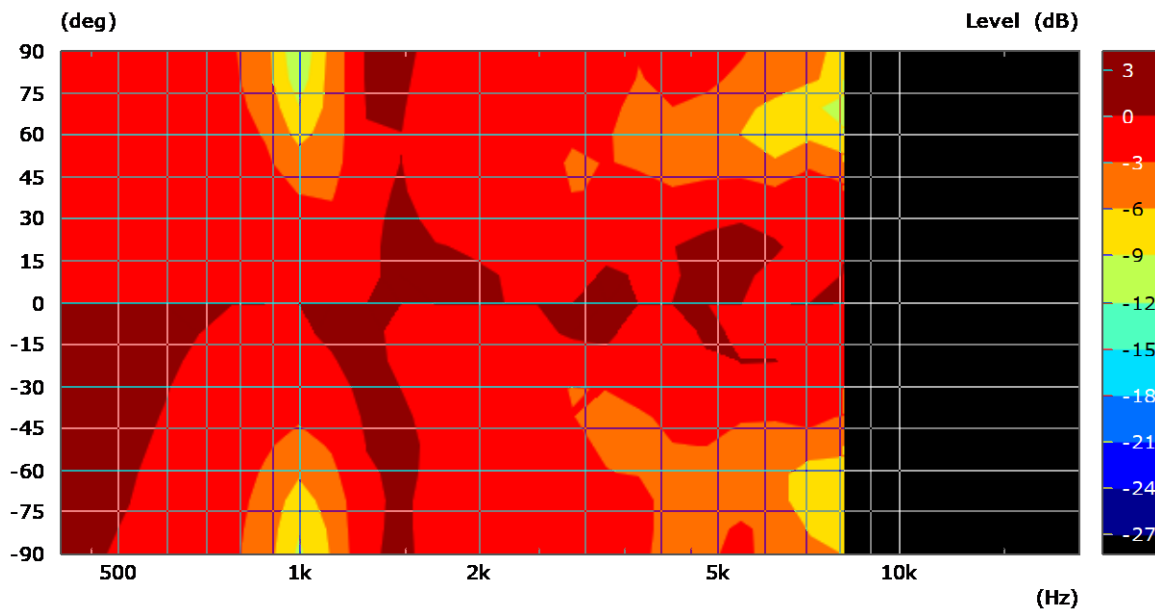
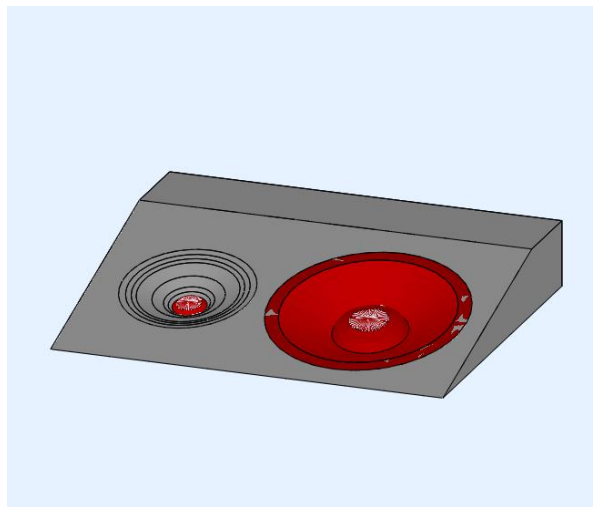


Abbildung 5: Symmetrisch (Normierung auf  $0^\circ$ )

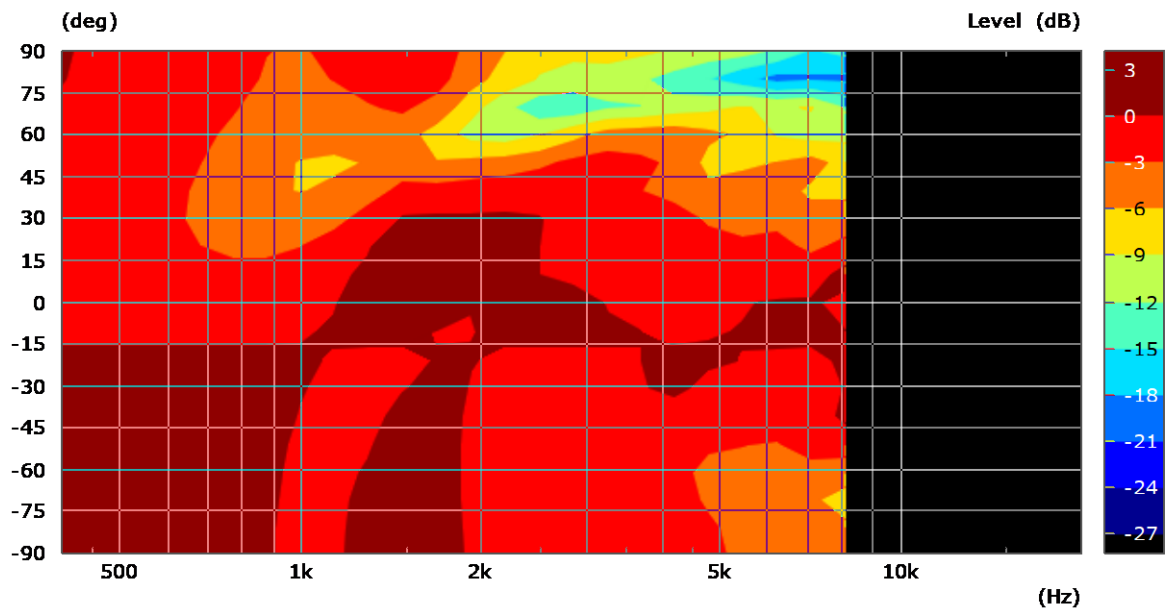


Abbildung 6: Asymmetrisch (Normierung auf  $-15^\circ$ )

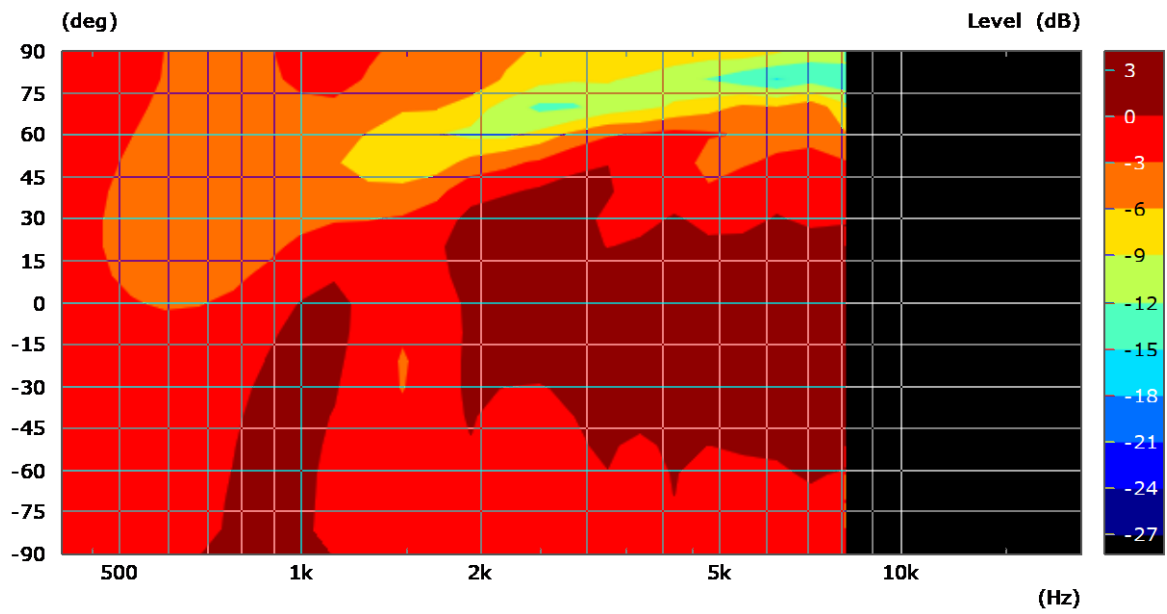


Abbildung 7: Asymmetrisch (Normierung auf  $-90^\circ$ )

## 30° Winkel

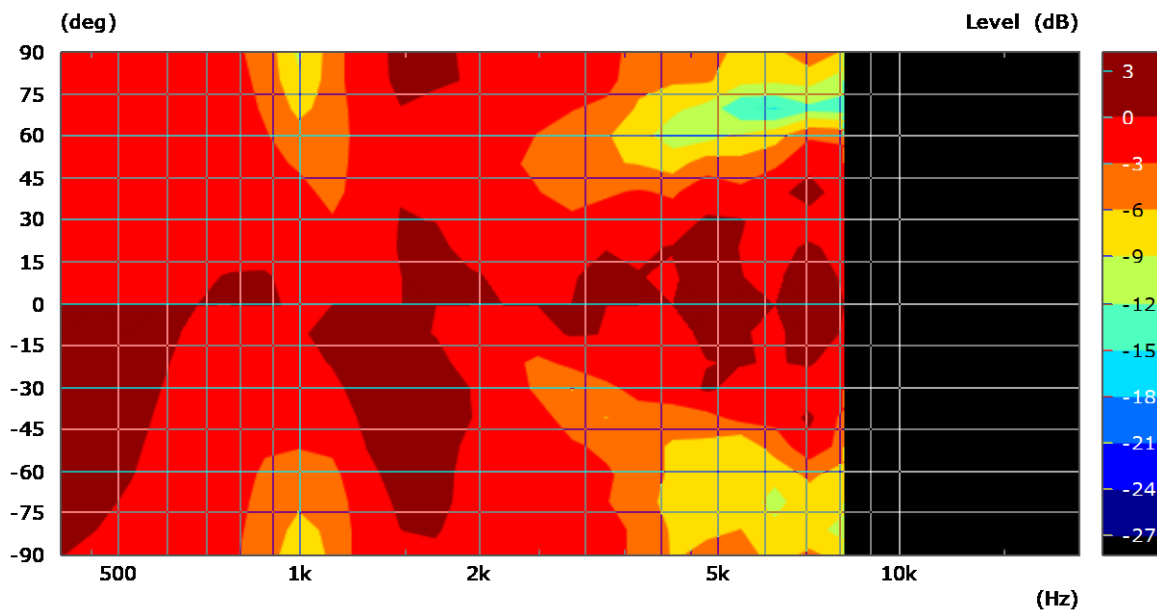
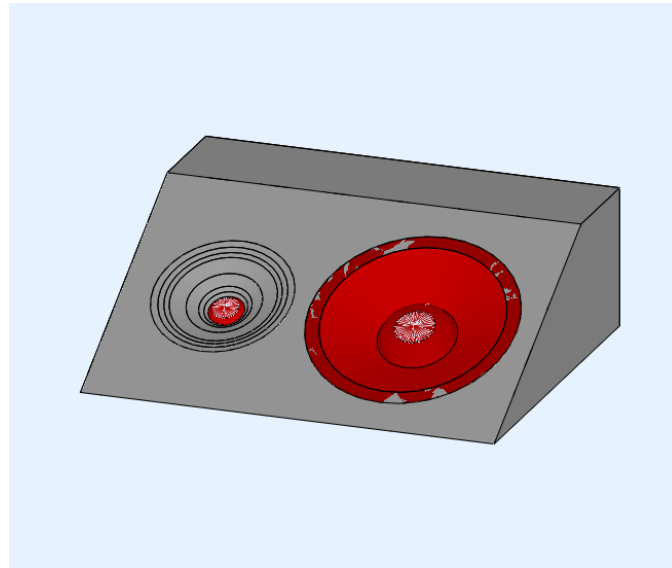


Abbildung 8: Symmetrisch (Normierung auf 0°)



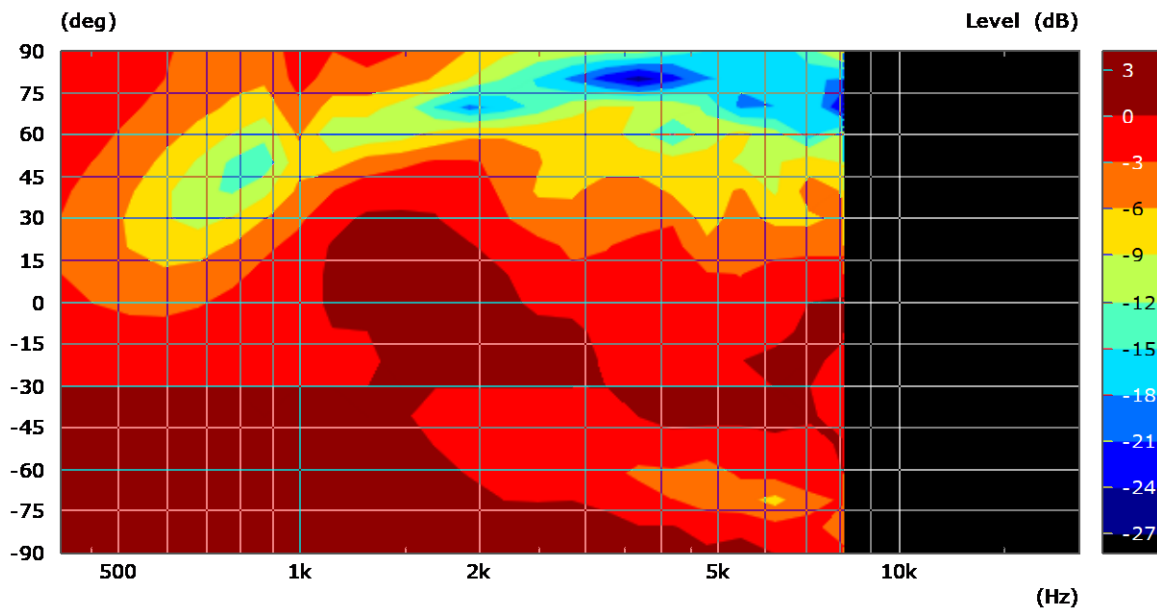


Abbildung 9: Asymmetrisch (Normierung auf  $-30^\circ$ )

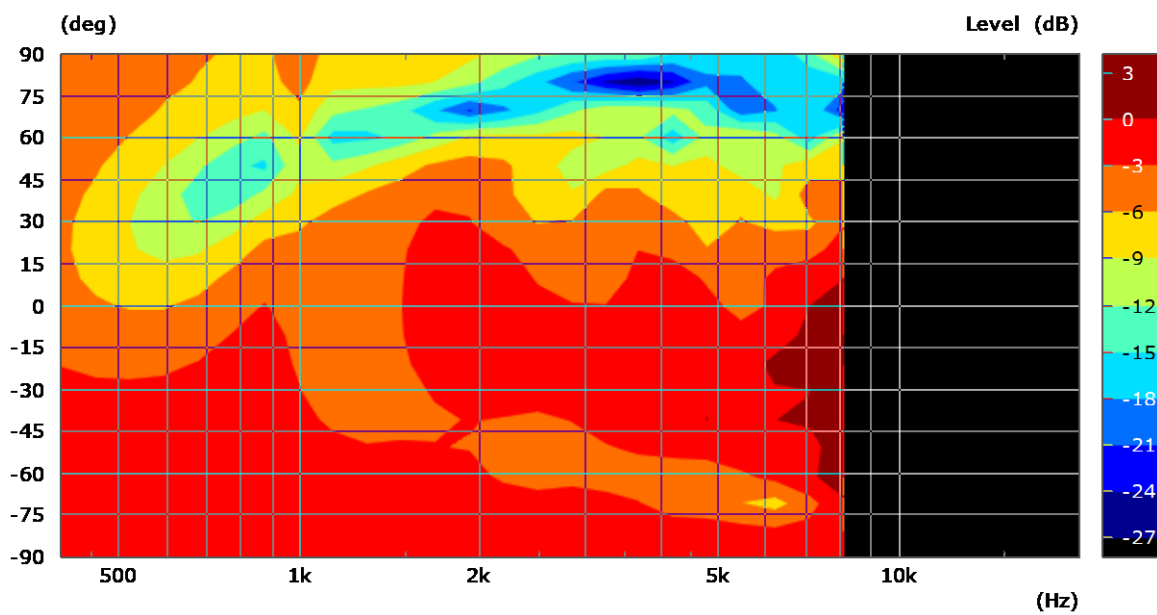


Abbildung 10: Asymmetrisch (Normierung auf  $-90^\circ$ )

## 45° Winkel

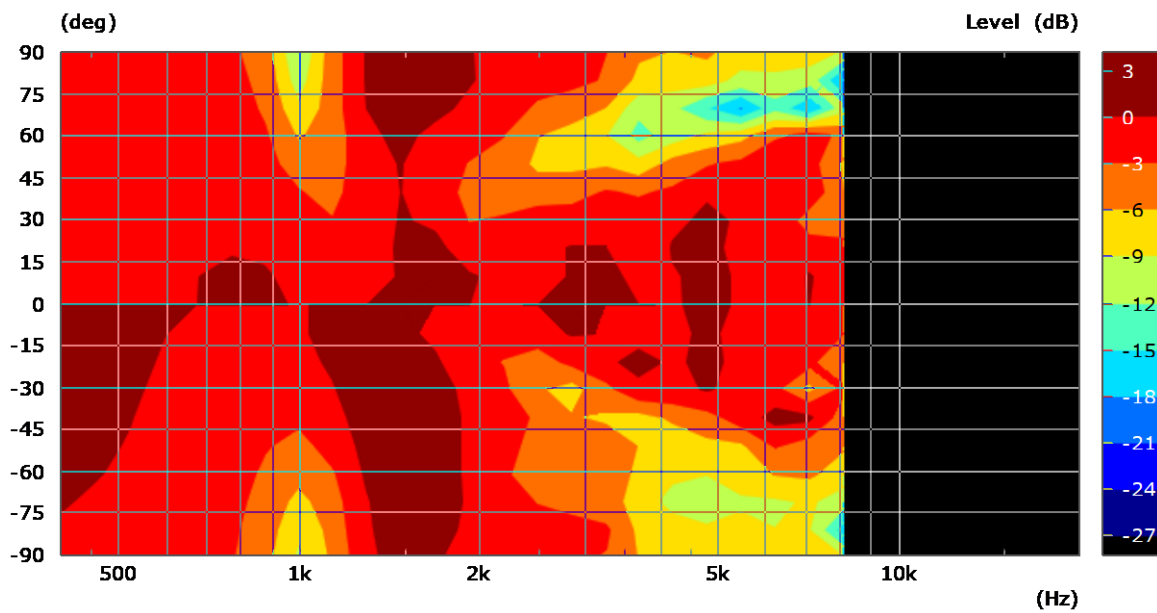
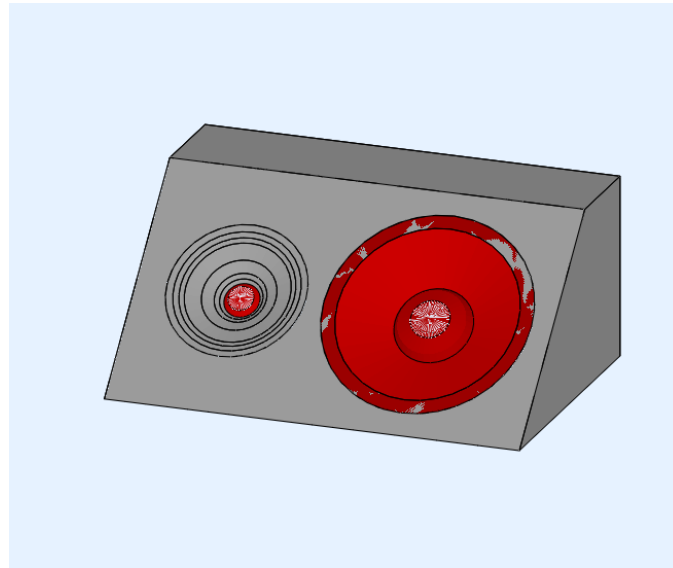


Abbildung 11: Symmetrisch (Normierung auf 0°)

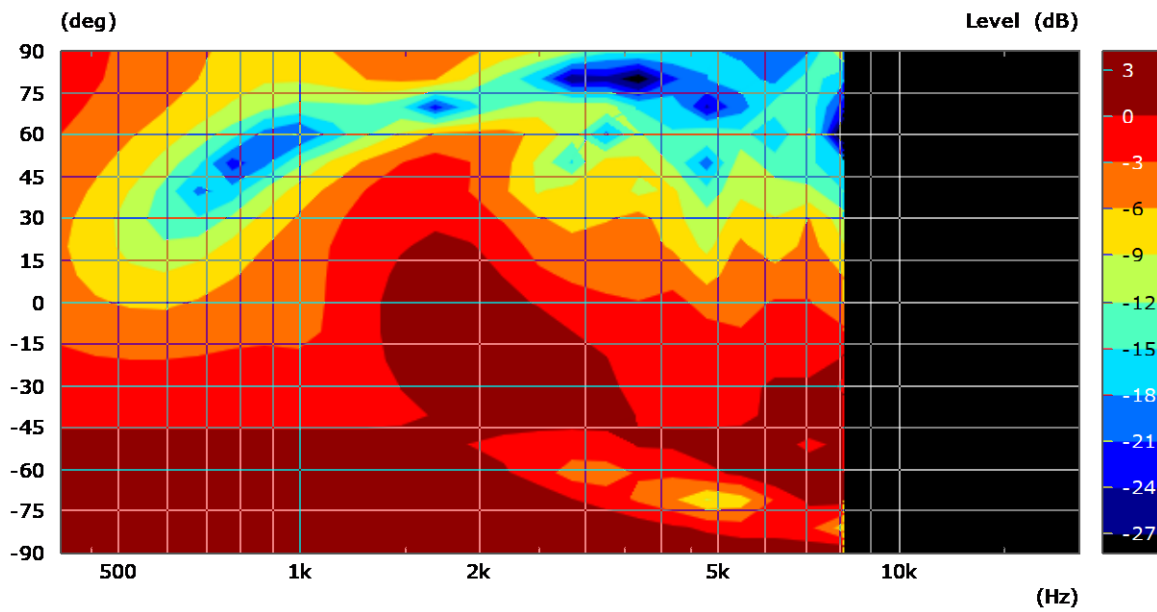


Abbildung 12: Asymmetrisch (Normierung auf  $-45^\circ$ )

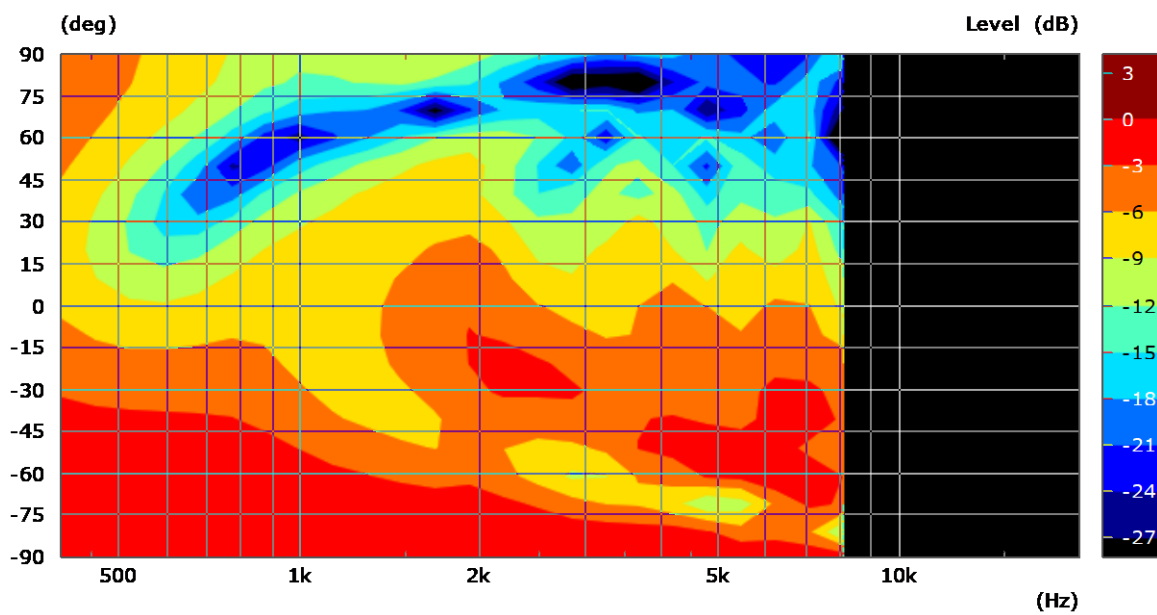


Abbildung 13: Asymmetrisch (Normierung auf  $-90^\circ$ )

## 60° Winkel

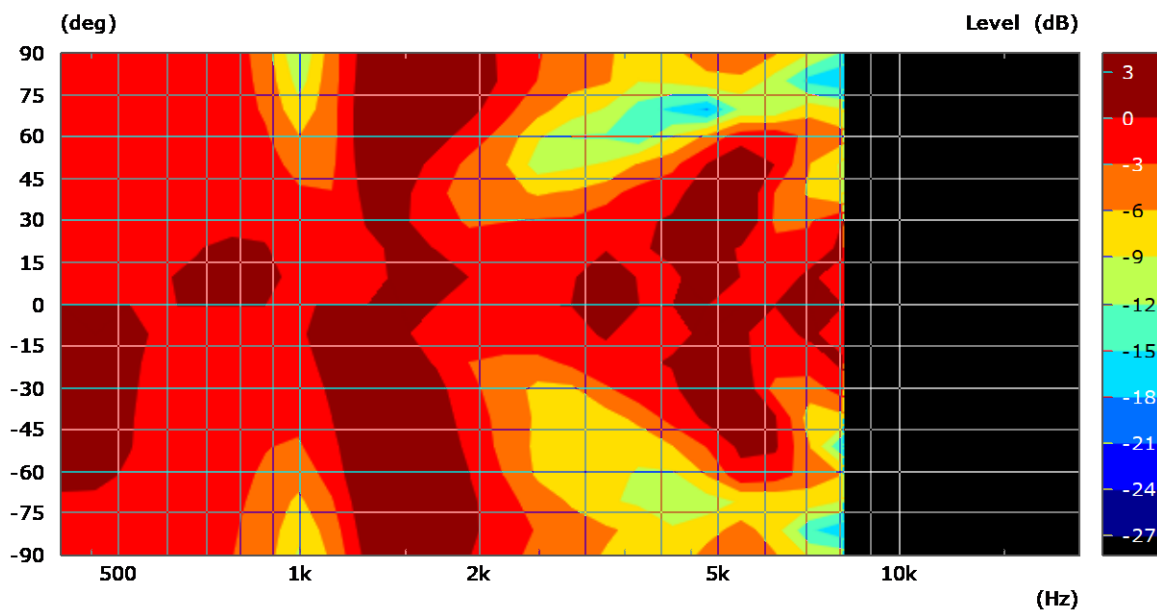
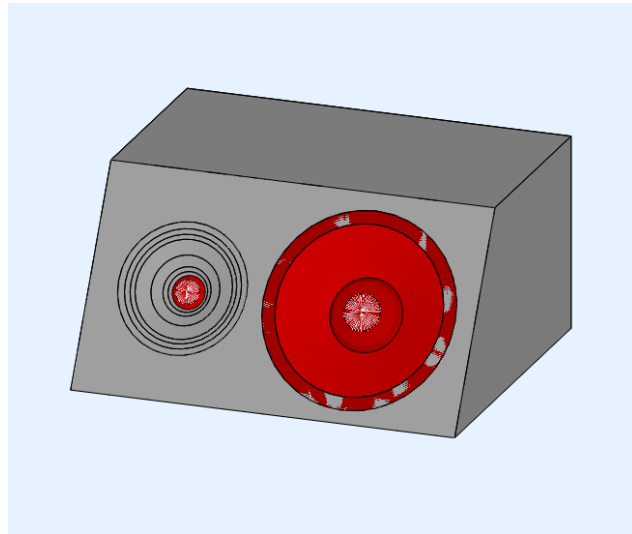


Abbildung 14: Symmetrisch (Normierung auf 0°)

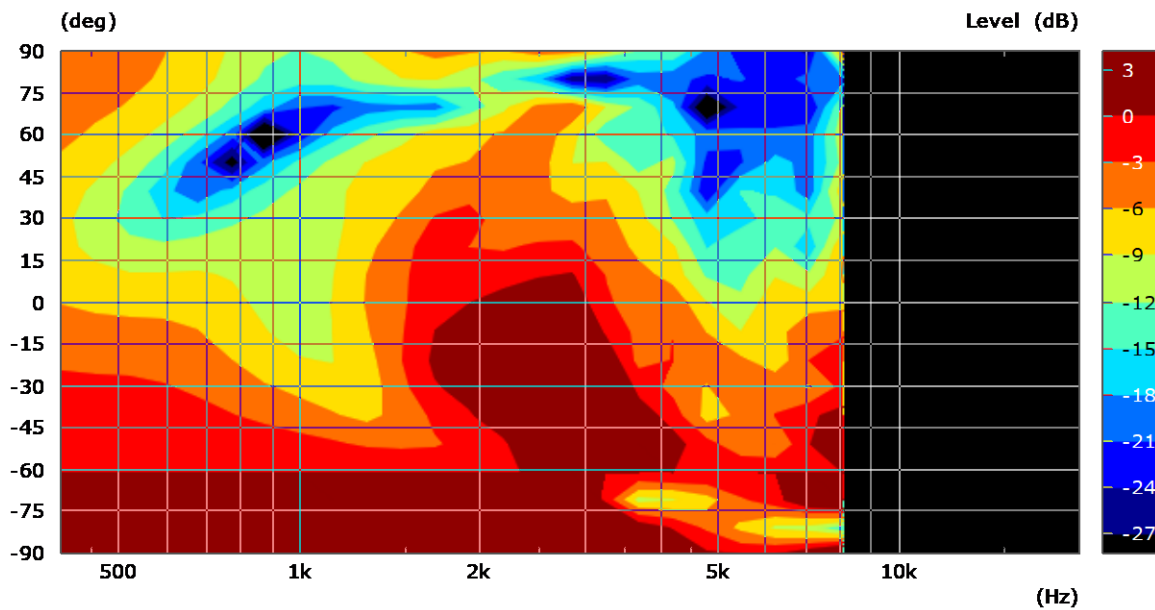


Abbildung 15: Asymmetrisch (Normierung auf  $-60^\circ$ )

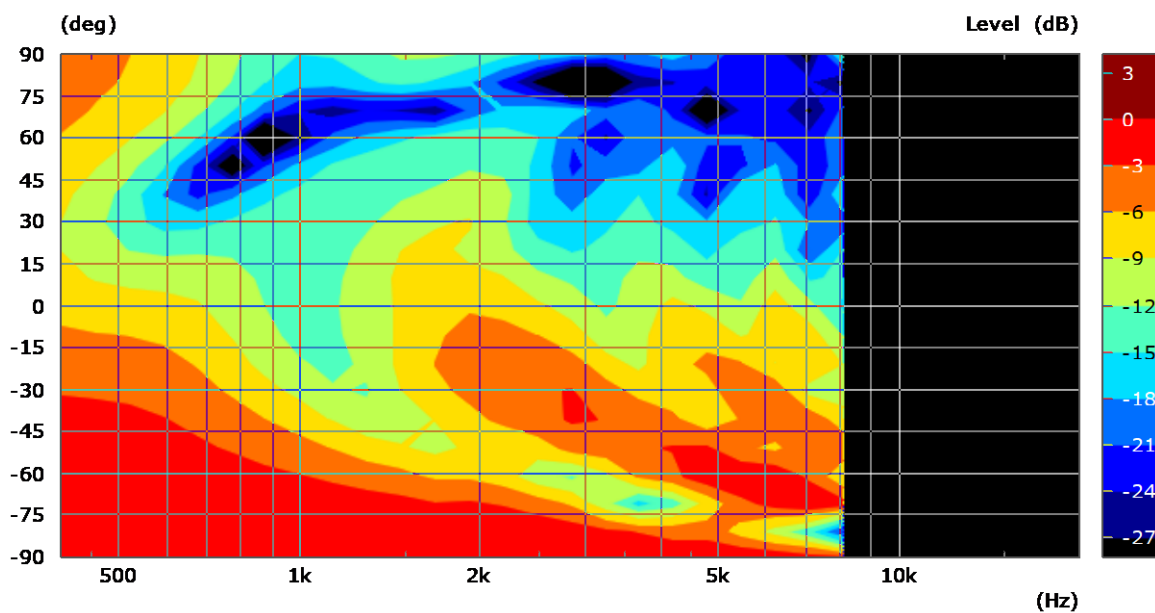


Abbildung 16: Asymmetrisch (Normierung auf  $-90^\circ$ )

## Zusammenfassung

Das Einwinkeln für diesen Lautsprecher scheint bei  $30^\circ$  bis ca. 6 kHz gut zu funktionieren. Das Abstrahlverhalten ist asymmetrisch und fällt relativ gleichmäßig aus. Darüber bekommt zunehmend die Richtwirkung der Schallführung Einfluss und der Normierungswinkel von  $-90^\circ$  passt nicht mehr. Bei  $15^\circ$  zeigen diese Überhöhungen in Richtung Hochton noch früher.

Ab ca.  $45^\circ$  zerklüftet das Abstrahlverhalten durch die Reflexionen an der Wand zunehmend und in Treiberrichtung ergeben sich Einbrüche.

Das symmetrische Abstrahlverhalten zeigt dagegen in allen Varianten starke Unstetigkeiten. Vor allem im Bereich zwischen 1 und 2 kHz.

## Asymmetrische Schallführung

Bei diesem Ansatz wird die Schallwand nicht angewinkelt, sondern flach auf der unendlichen Wand platziert. Es wird versucht, das Abstrahlverhalten durch eine spezielle Schallführung asymmetrisch zu gestalten.

Die Schallführung ist so gestaltet, dass der Hochtöner angewinkelt ist und die Kontur nach oben hin flacher verläuft als nach unten hin. Das erzeugt eine Verschiebung der Hauptabstrahlkeule nach oben.

## Unendliche Schallwand

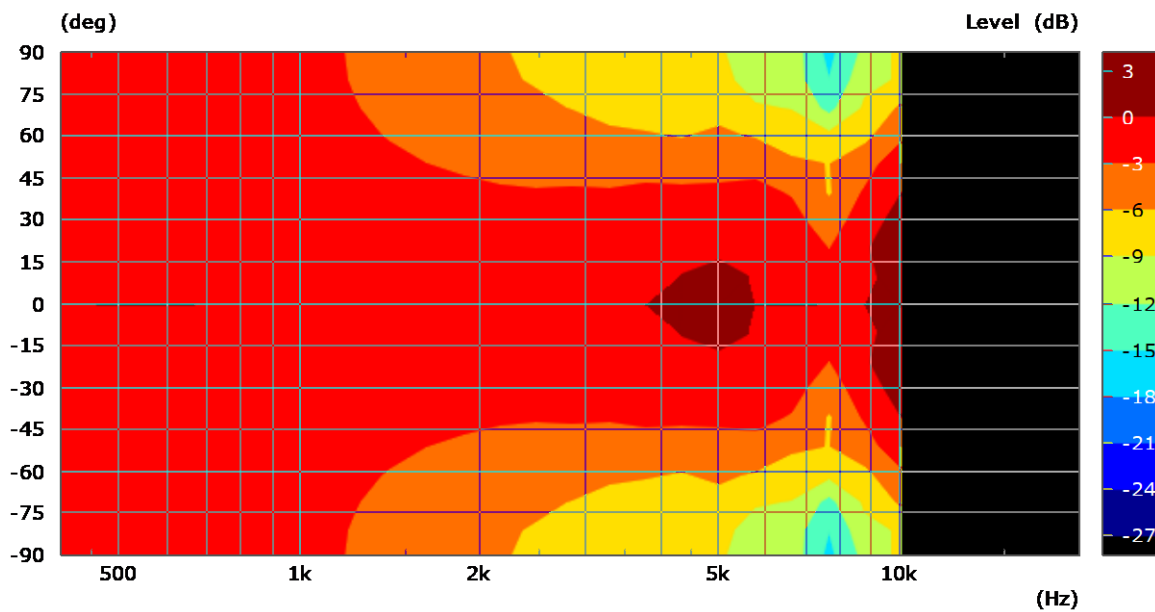
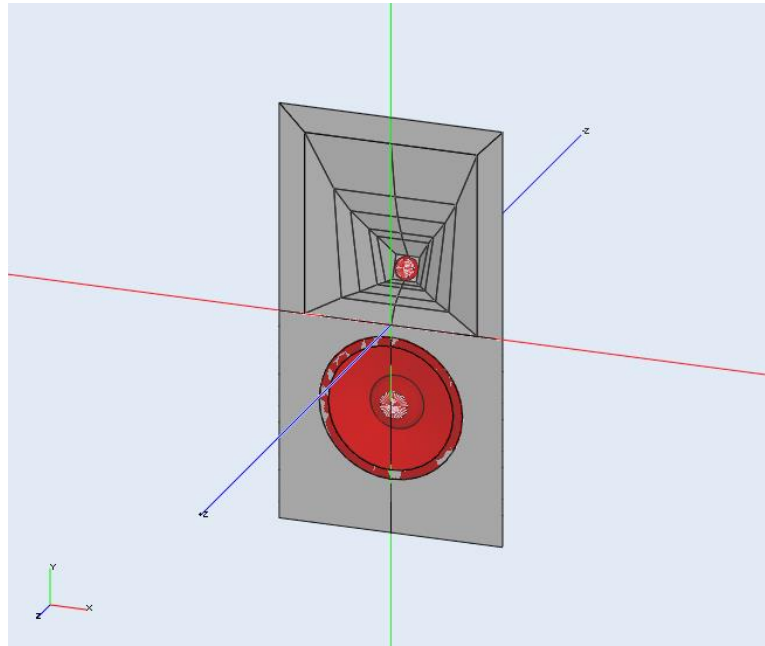


Abbildung 17: Symmetrisch (Normierung auf 0°)

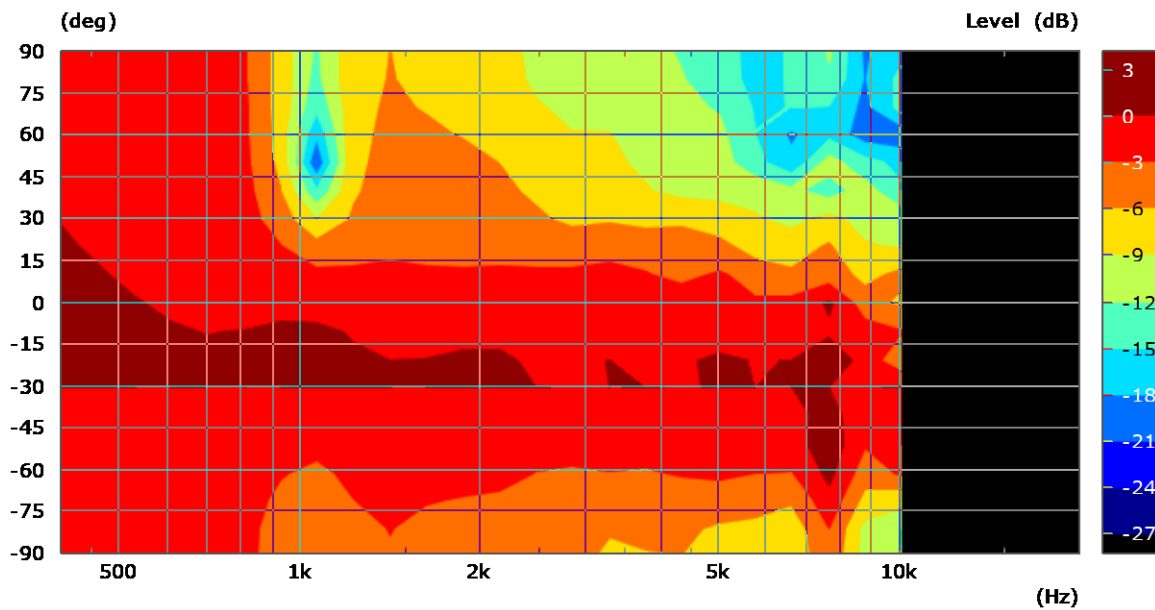
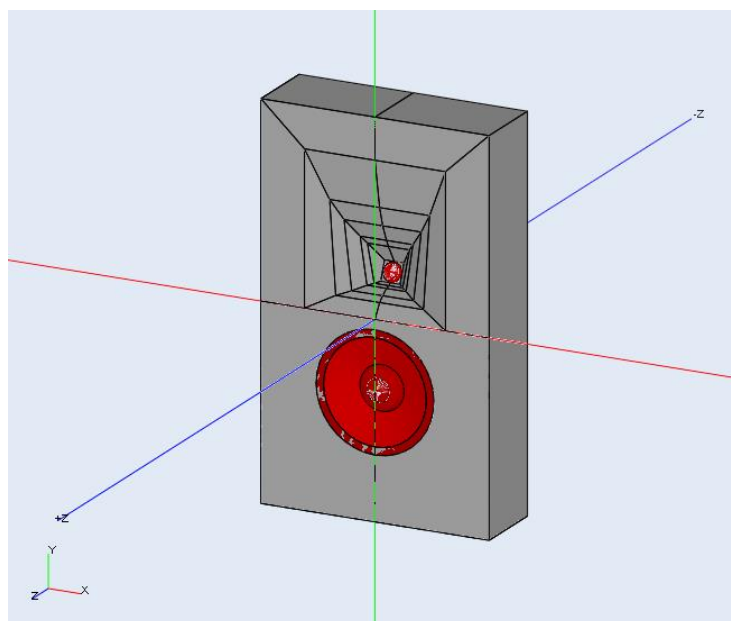


Abbildung 18: Asymmetrisch (Normierung auf  $-30^\circ$ )

In unendlicher Schallwand funktioniert das Konzept relativ gut. Unterhalb von 1 kHz richtet der 150 mm Tieftöner nicht mehr, somit strahlt der Lautsprecher breit ab. Bei 1,5 kHz gibt es eine Aufweitung nach unten hin. Das lässt sich ggf. noch mit einer Optimierung der Trennfrequenz verbessern.

## Wandaufbau

Im Folgenden wird der Lautsprecher als Flachbox direkt auf der Wand modelliert. Das Gehäuse besitzt die Maße 500x300x100 mm (HxBxT).



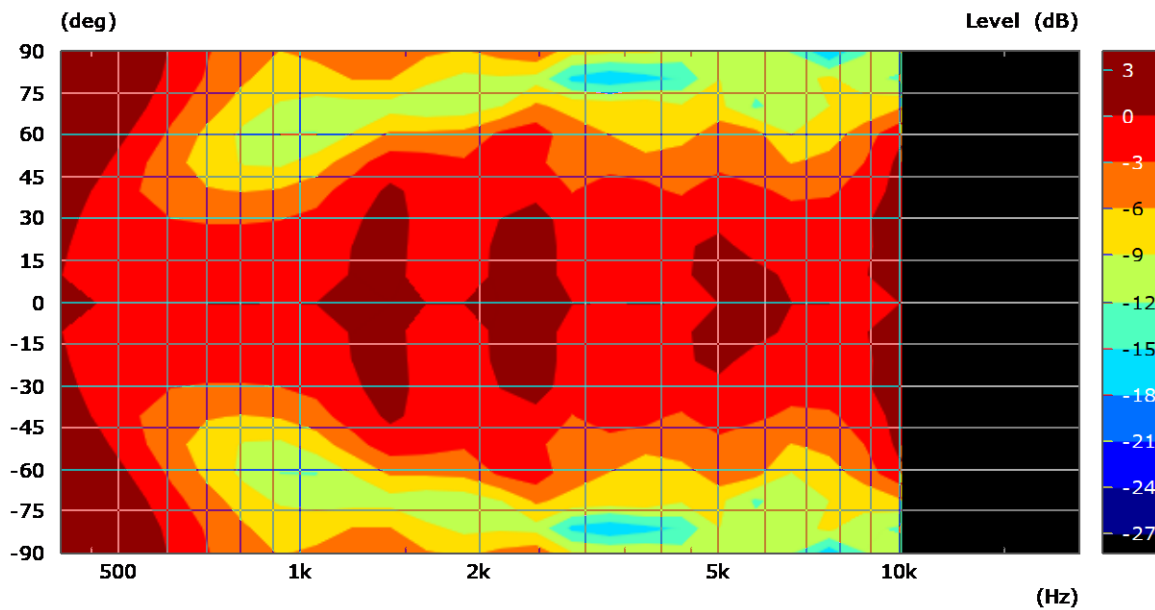


Abbildung 19: Symmetrisch (Normierung auf 0°)

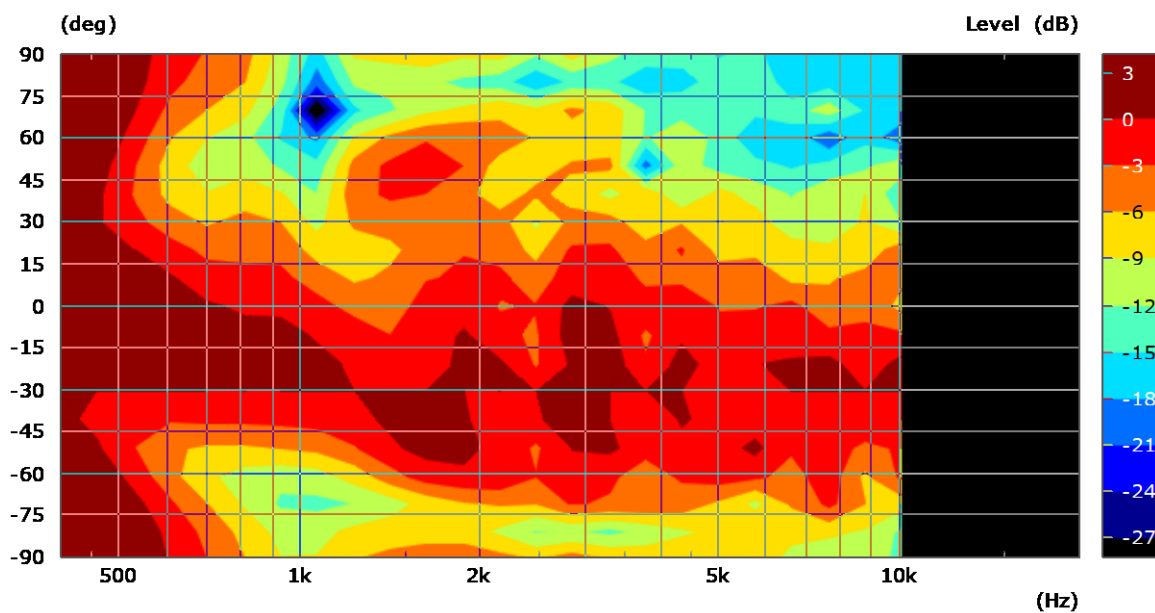


Abbildung 20: Asymmetrisch (Normierung auf -30°)

Beim Wandaufbau beugt sich der Schall um das Gehäuse und erzeugt Reflexionen an der unendlichen Wand. Das beeinträchtigt vor allem den Bereich unterhalb von 1,5 kHz, in dem der Tieftöner und die Schallführung keine Richtwirkung mehr aufweisen. Damit wird der Abhörwinkel etwas eingeschränkt.

Das symmetrische Abstrahlverhalten ist relativ gleichmäßig mit einer Einschnürung um ca. 700 Hz. Dies entsteht durch die Reflexionen an der Rückwand und lässt sich durch die Maße der Schallwand beeinflussen.



## Zusammenfassung

Durch eine asymmetrische Schallführung lässt sich ein relativ stetiges, asymmetrisches Abstrahlverhalten erzeugen. Die Treiber lassen sich bei einem Deckenlautsprecher so anordnen, dass die Hauptabstrahlkeule diagonal in Richtung Sitzplatz zeigt. Das hat den Vorteil, dass das Gehäuse als Kachel zwischen Absorber oder Diffusoren platziert werden kann.

Allerdings ist das Prinzip eher auf kleinere Winkel beschränkt, da der Tieftöner im unteren Bereich als Kugelstrahler fungiert und seine Hauptabstrahlkeule nicht verschoben wird.