

Optimierte Anordnung für vertikal stark bündelnde Mehrweger

Inhalt

Motivation	2
Konzept.....	2
Prototypen.....	3
Prototyp 1.....	3
Prototyp 2.....	7
Simulation der restlichen Wege	10
Fazit	11
Referenzen	12

Motivation

Horbach und Keele haben ein Konzept [2] vorgestellt, bei dem symmetrisch angeordnete Treiberpärchen so zu ihren Nachbarzweigen getrennt werden, dass sich ein nahezu konstantes vertikales Abstrahlverhalten einstellt.

Untersuchungen zeigen, dass seitliche Reflexionen maßgeblich die Räumlichkeit und die Abbildung beeinflussen. Eine zu starke horizontale Richtwirkung hat zur Folge, dass Schallquellenausdehnung (ASW) und Einhüllung (LEV) deutlich leiden. Demgegenüber besitzen Reflexionen an Boden und Decke nicht diese Eigenschaft. Daher ist das Ziel dieser Untersuchung, ein breites horizontales Abstrahlverhalten bei gleichzeitig engem vertikalen zu erzeugen.

Konzept

Das Problem bei den Treiberpärchen ist stets der Hochtöner, der alleine in der Mitte platziert ist. Bei ihm findet quasi keine Steuerung des Abstrahlverhaltens statt. Dementsprechend strahlt er im unteren Frequenzbereich sehr breit ab und im oberen bündelt er zunehmend.

Dieses Problem soll mit einem Linienstrahler gelöst werden. Da Linienstrahler vertikal eine relativ große Ausdehnung besitzen, bündeln sie in dieser Dimension weitaus früher als Hochtönkalotten. Trotzdem bleibt die Anbindung an den benachbarten Zweig kritisch, da dessen Treiber nicht mit einem beliebig großen Abstand zueinander platziert sein dürfen. Schließlich sollen Nebenkeulen vermieden werden.

Prototypen

Prototyp 1

Der Prototyp beschränkt sich auf die Untersuchung der Mittel-Hochton-Einheit, da diese in der Umsetzung der kritischste Teil bezüglich des Abstrahlverhaltens ist. Als Hochtöner wurde ein Dayton AMTPro-4 mit rückwärtigem Volumen eingesetzt, dessen abstrahlende Fläche eine Länge von 14,5 cm besitzt. Bei den acht Mitteltönern handelt es sich um Aurasound NSW2-326-8A, ebenfalls mit rückwärtigem Volumen.



Die Trennung wurde mittels linearphasiger Horbach-Keele-Filtern bei 1800 Hz durchgeführt (-6 dB bei 2,6 kHz). Die Zweige wurden vorher per FIR-Filter sowohl in der Amplitude als auch in der Phase linearisiert, um eine fehlerfreie Addition zu gewährleisten.

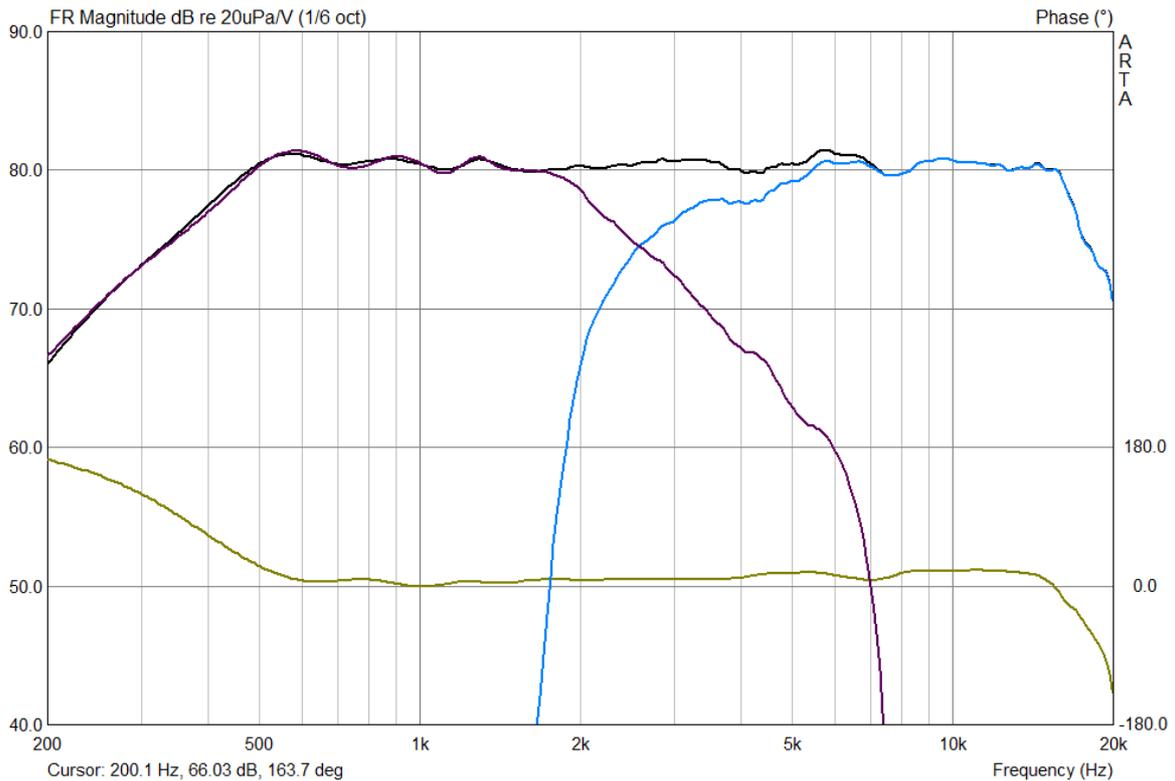


Abbildung 1: Trennung mit Horbach-Keele-Filtern

Das vertikale Abstrahlverhalten ist durch die lange Anordnung der Mitteltöner schon ab ca. 1 kHz sehr eng. Das würde bei einem finalen Konzept durch ein oder zwei Wegen nach unten hin erweitert werden, was vom Platz auf der Schallwand her kein Problem darstellt. Denn für die unteren Zweige würden größere Abstände zwischen den Treibern genügen.

Der AMT bündelt durch seine Länge oberhalb von 10 kHz sehr stark. Es gibt also weiterhin ein Anstieg im halbkugelbezogenen Bündelungsmaß [1] oberhalb dieser Frequenz.

Die Nebenkeulen bei ca. 6 kHz der Mitteltöner sind nicht erkennbar. Der Hochtöner erzeugt in dem Bereich bereits den größeren Anteil des Schalldrucks.

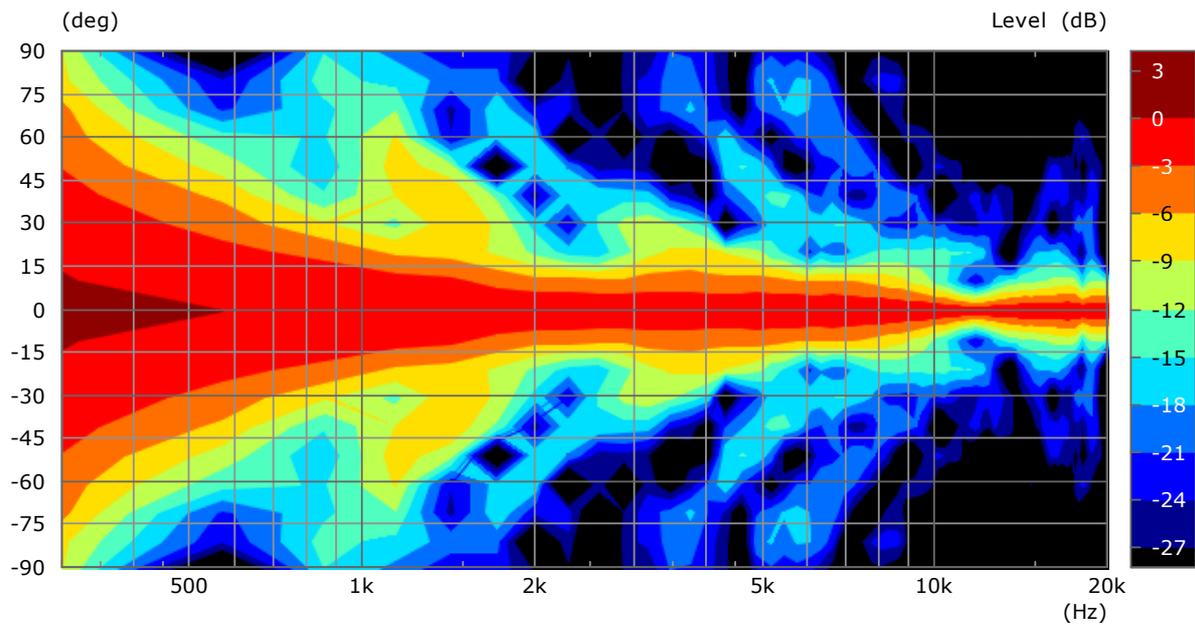


Abbildung 2: Vertikales Abstrahlverhalten

Das horizontale Abstrahlverhalten ist weniger stetig und schnürt im Bereich von 1,8 kHz deutlich zu. Die Ursache liegt in den vier Mitteltönern, die sich seitlich des AMTs befinden.

Weiterhin wurde die schallabstrahlende Fläche des AMTs seitlich durch Abkleben verkleinert, was eine Aufweitung und Verstetigung oberhalb von 10 kHz zur Folge hat.

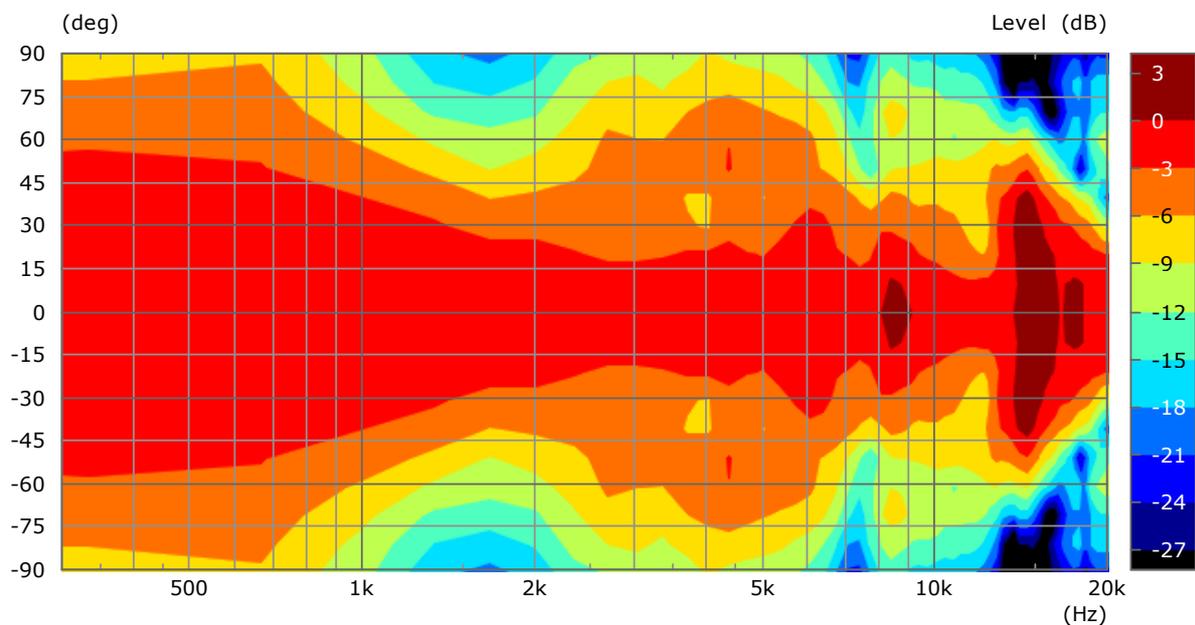


Abbildung 3: Horizontales Abstrahlverhalten

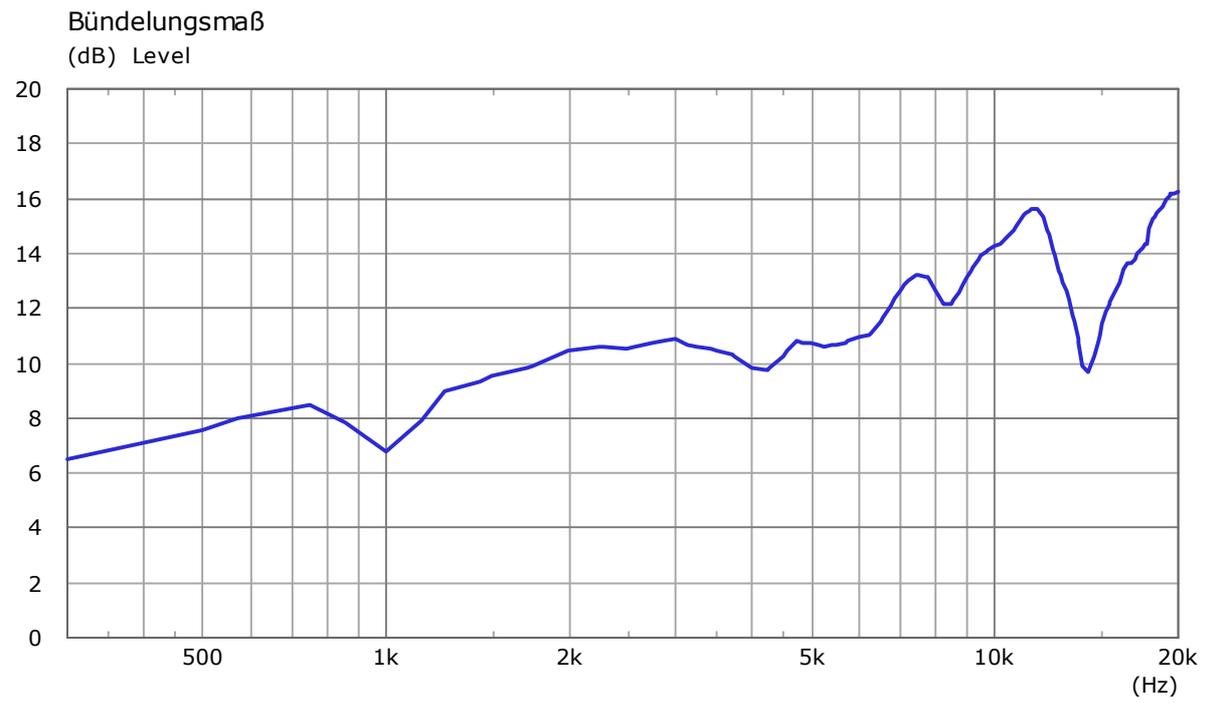


Abbildung 4: Bündelungsmaß auf eine Halbkugel bezogen

Prototyp 2

Bei diesem Prototyp wurde versucht, das unstetige horizontale Abstrahlverhalten zu verbessern. Es wurden nur noch zwei Mitteltöner seitlich des AMTs platziert. Dafür wurde die Frontplatte des AMTs entfernt und der Treiber von hinten in die Frontplatte eingelassen. Der Abstand der Mitteltöner ist somit minimal größer als bei Prototyp 1. Die schallabstrahlende Fläche des AMTs wurde durch Abdecken noch etwas weiter reduziert.



Im vertikalen Abstrahlverhalten sind die Nebenkeulen der Mitteltöner bei ca. 5 kHz etwas stärker sichtbar als in Prototyp 1. Das liegt an den etwas größeren Abständen zwischen den Treibern.

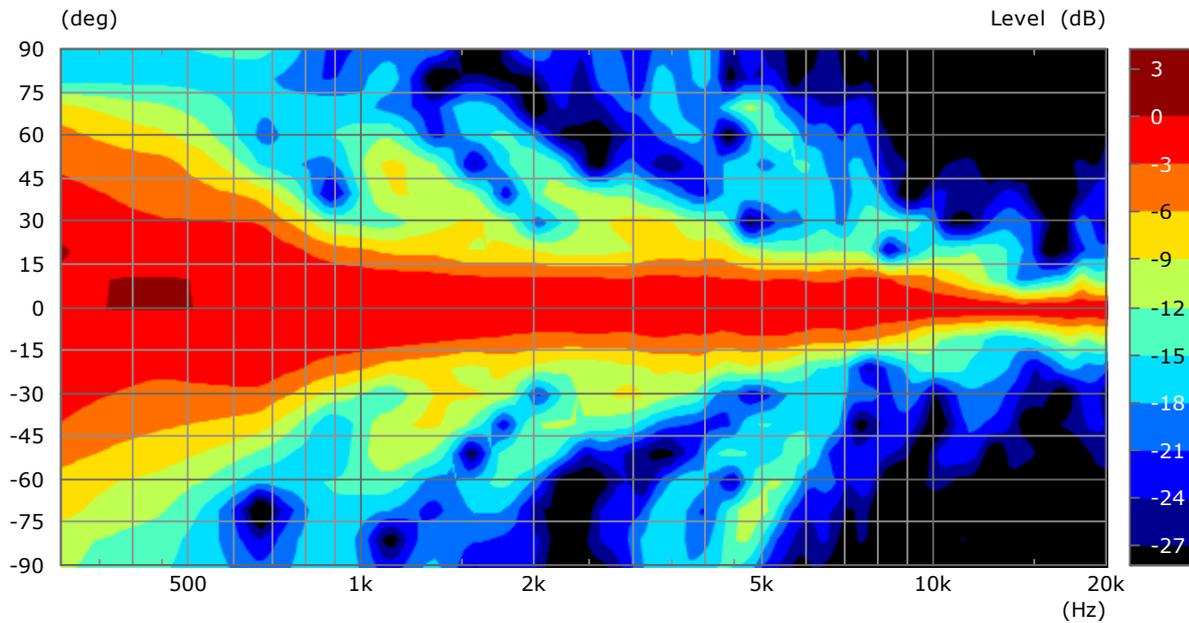


Abbildung 5: Vertikales Abstrahlverhalten

Das horizontale Abstrahlverhalten hat sich dagegen stark verbessert. Es ist sehr breit und stetig. Einschnürungen existieren nicht mehr. Nur über 10 kHz strahlt der Lautsprecher nicht ganz so breit ab, was aber immer noch in einem guten Bereich liegt. Der Abstrahlwinkel (-6 dB) beträgt dort noch ca. 100°.

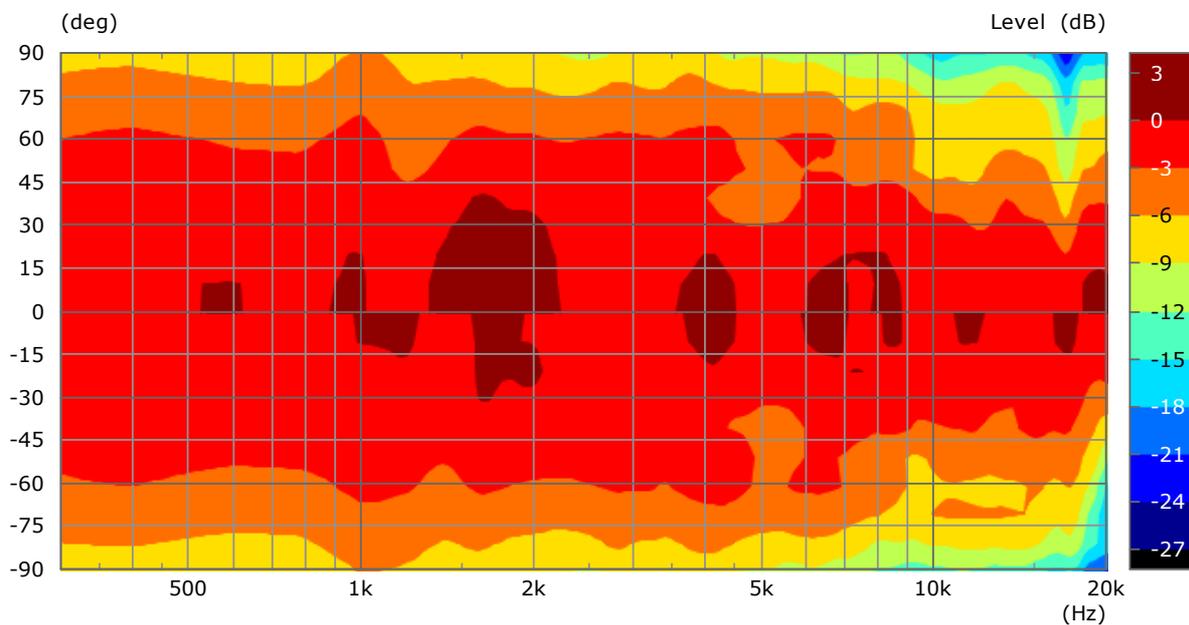


Abbildung 6: Horizontales Abstrahlverhalten

Das halbkugelbezogene Bündelungsmaß steigt zwischen 600 Hz und 8 kHz nur um 2 dB an, was ein eher geringer Wert ist. Erst darüber steigt die Richtwirkung deutlich.

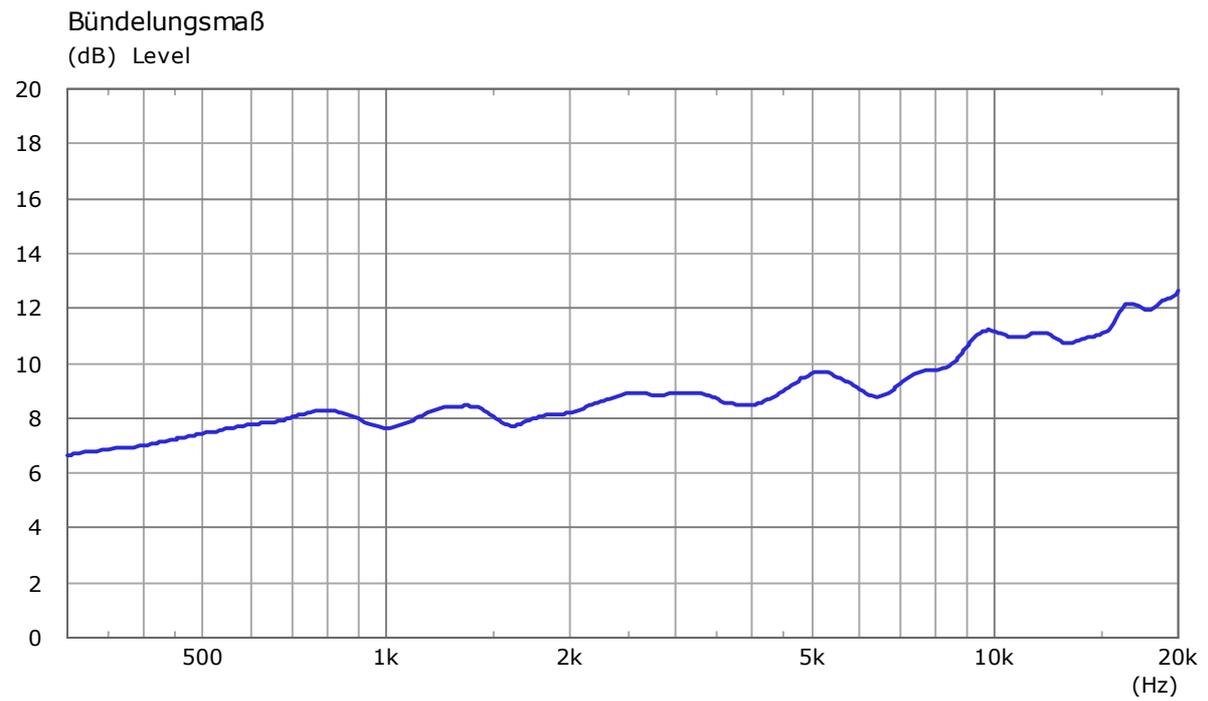


Abbildung 7: Bündelungsmaß auf eine Halbkugel bezogen

Simulation der restlichen Wege

Bei den Prototypen wurde sich auf die untersuchung der oberen beiden Wege beschränkt. Der dritten Weg wurde per BEM simuliert. Er erweitert das Abstrahlverhalten im Frequenzbereich nach unten hin. Es handelt sich um Tiefmitteltöner mit 10 cm Durchmesser. Ein vierter Weg ist also noch erforderlich, um den Bassbereich unter 100 Hz abzudecken. Die Schallwand ist 90 cm hoch und 35 cm breit, was für die enorme vertikale Bündelung nicht sehr groß ist.

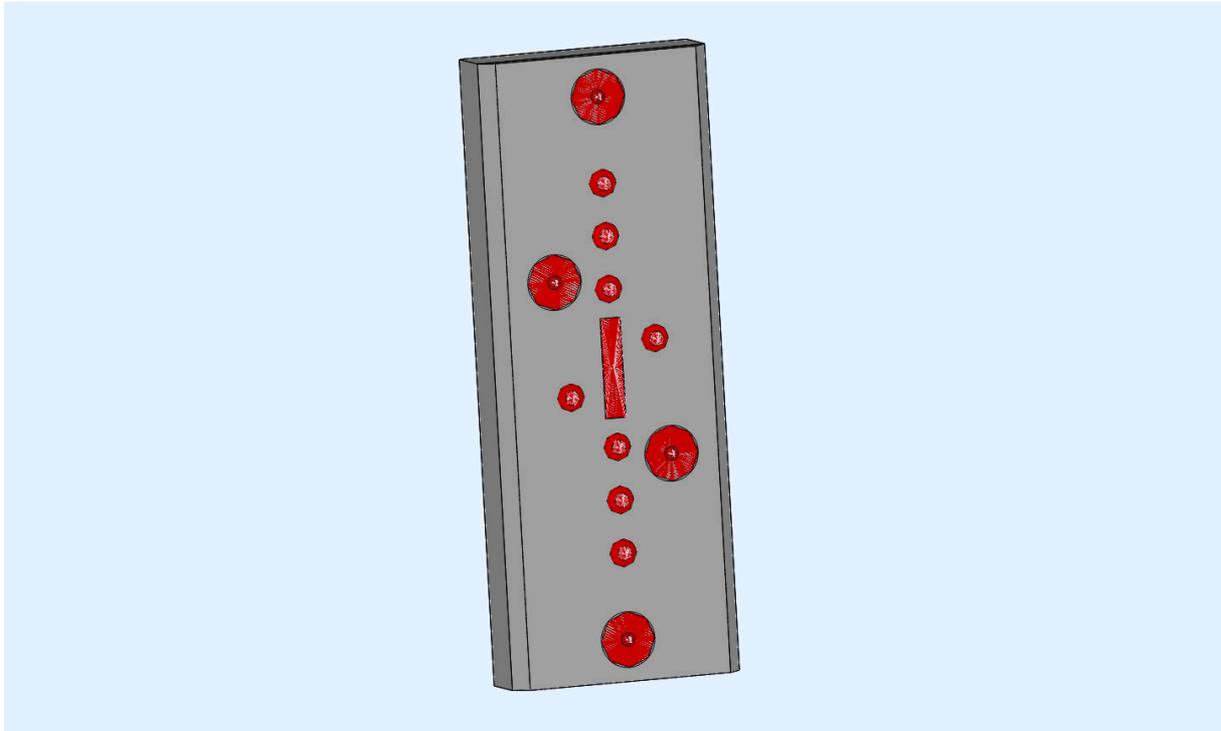


Abbildung 8: BEM-Simulation des Lautsprechers

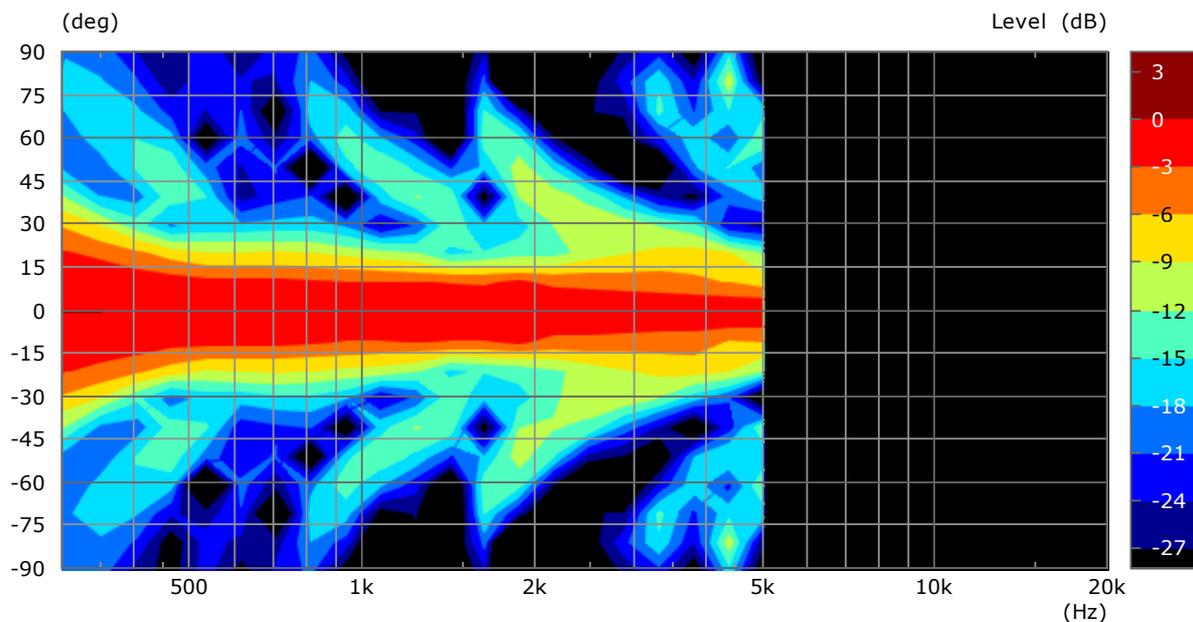


Abbildung 9: Vertikales Abstrahlverhalten (simuliert)

Fazit

Es wurde gezeigt, dass mit optimierten Treiberanordnungen ein sehr breites horizontales und ein enges vertikales Abstrahlverhalten realisiert werden kann. Die Erweiterung auf drei oder vier Wege wurde bereits erfolgreich per BEM simuliert. Eine praktische Umsetzung steht noch aus.

Referenzen

1. [J.G. Tylka, *On the Calculation of Full and Partial Directivity Indices*](#)
2. Ulrich Horbach and D.B. Keele, Application of Linear-Phase Digital Crossover Filters to Pair-Wise Symmetric Multi-Way Loudspeakers [Part 2](#), [Part 2](#)