

Horbach-Keele mit Waveguide Prototyp

Inhalt

| | |
|------------------------------------|----|
| Motivation | 2 |
| Konzept..... | 2 |
| Prototypen..... | 3 |
| Prototyp 1 (Dayton PTMini-6) | 3 |
| Prototyp 2 (18Sound XG10)..... | 5 |
| Prototyp 3 (Mivoc KFT 130 M) | 8 |
| Prototyp 4 (Dayton AMTPro-4) | 10 |
| Prototyp 5 (Beyma TPL-150) | 13 |
| Fazit | 16 |
| Referenzen | 17 |

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. Eine Lösung für ein kontrolliertes horizontales Abstrahlverhalten fehlt jedoch. Dies soll mit einem eindimensionalen Waveguide gelöst werden.

Ziel ist ein enges vertikales Abstrahlverhalten und ein deutlich breiteres horizontales.

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.

Um das horizontale Abstrahlverhalten möglichst konstant zu halten, kommt ein 50 cm breiter Waveguide zum Einsatz, in den drei Zweige eingesetzt sind.

Prototypen

Prototyp 1 (Dayton PTMini-6)

Der Prototyp ist mit folgenden Treibern aufgebaut.

1. Magnetostatischer Hochtöner Dayton PTMini-6 (ab 2 kHz)
2. Mittelhochtöner Aurasound NSW1 -205-8a (900 Hz – 2 kHz)
3. Mitteltöner Aurasound NSW1 -205-8a (bis 900 Hz)

Die Trennung zwischen den Zweigen findet mit FIR-Filtern (Horbach-Keele) statt. Die Mitteltöner sind identisch mit den Mittelhochtönern. Letztere würde bei einem finalen Lautsprecher durch größere, pegelfestere Treiber ersetzt, da die untere Trennfrequenz bei ca. 400 Hz liegen würde. Der 4. Weg würde darunter übernehmen. Für eine Evaluierung des Konzeptes reichen die 1“-Breitbänder allerdings vollkommen aus.

Die Membranlänge des Magnetostaten beträgt 6 cm.

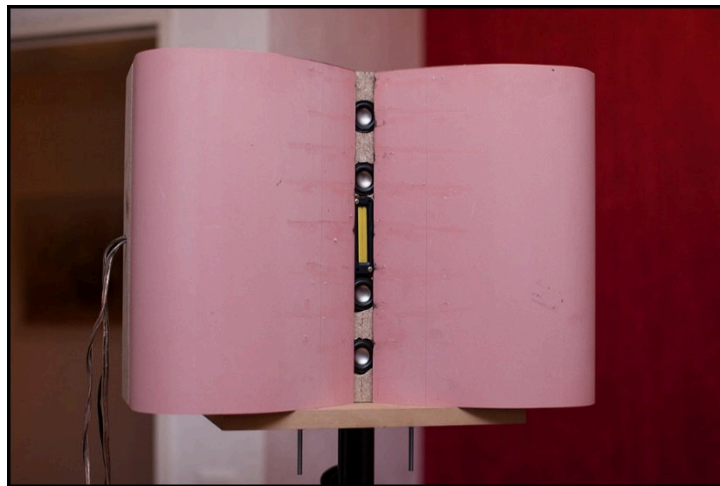


Abbildung 1: Prototyp 1 mit Magnetostat als Hochtöner

Das horizontale Abstrahlverhalten ist bis 20 kHz sehr gleichmäßig und ohne Problemstellen. Hierbei waren auch keine Überraschungen zu erwarten.

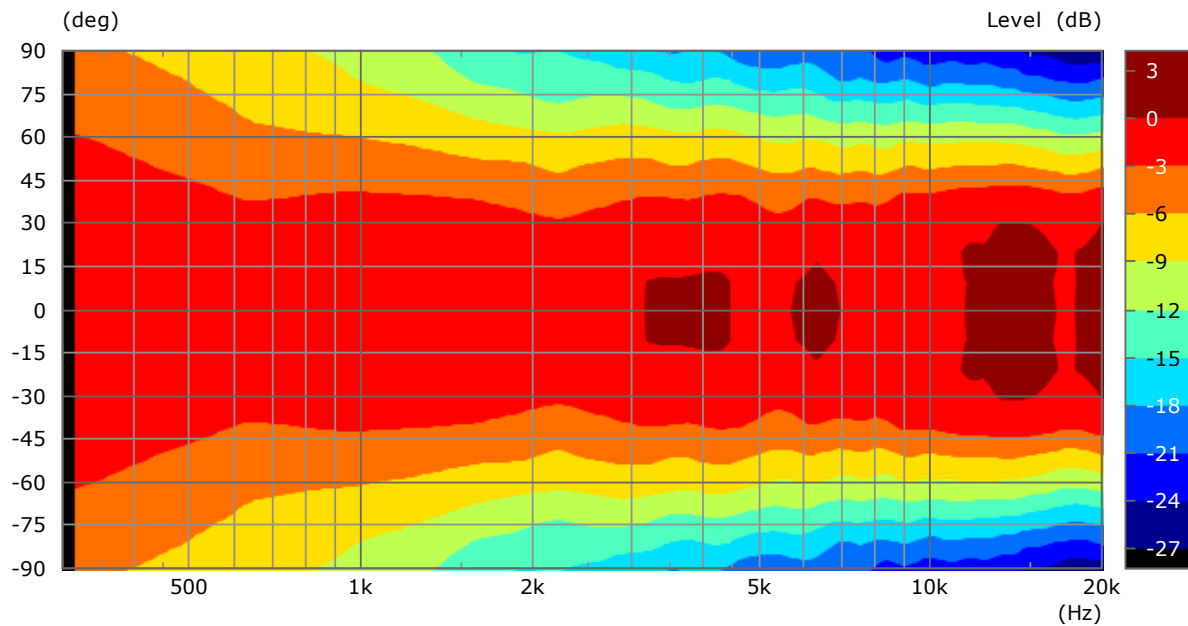


Abbildung 2: Horizontales Abstrahlverhalten

Der vertikale Abstrahlwinkel ist mit ca. 40° relativ eng. Da dies ein primäres Entwicklungsziel war, ist das ein Erfolg. Leider ist das vertikale Abstrahlverhalten nicht ganz so stetig wie das horizontale. Der Übergang zum Magnetostat weitet deutlich auf. Auch mit Austarieren zwischen Mittelhoch- und Hochtöner in den problembehafteten Frequenzbereichen ließ sich das Ergebnis nur minimal verbessern. Weiterhin erzeugt der Magnetostat bei 8-9 kHz Nebenkeulen. Möglicherweise wäre ein anderes Modell besser geeignet.

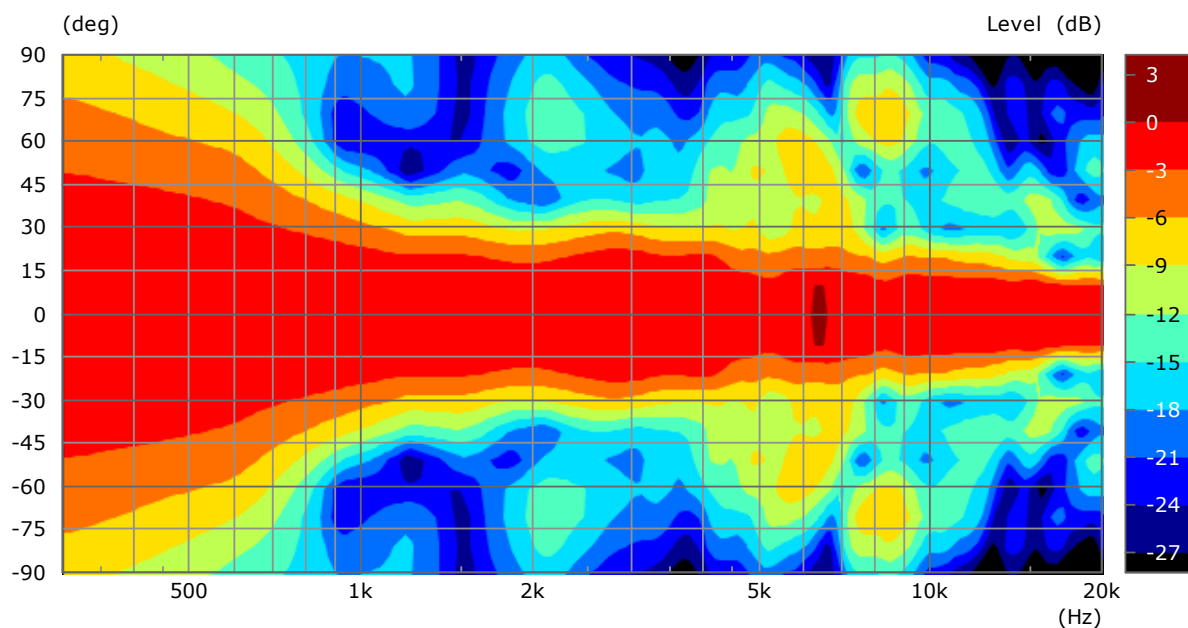


Abbildung 3: Vertikales Abstrahlverhalten

Das vertikale Bündelungsmaß bezogen auf einen Halbzylinder [1] zeigt einen leichten Anstieg ab ca. 9 kHz. Ansonsten verhält es sich aber relativ gleichmäßig.

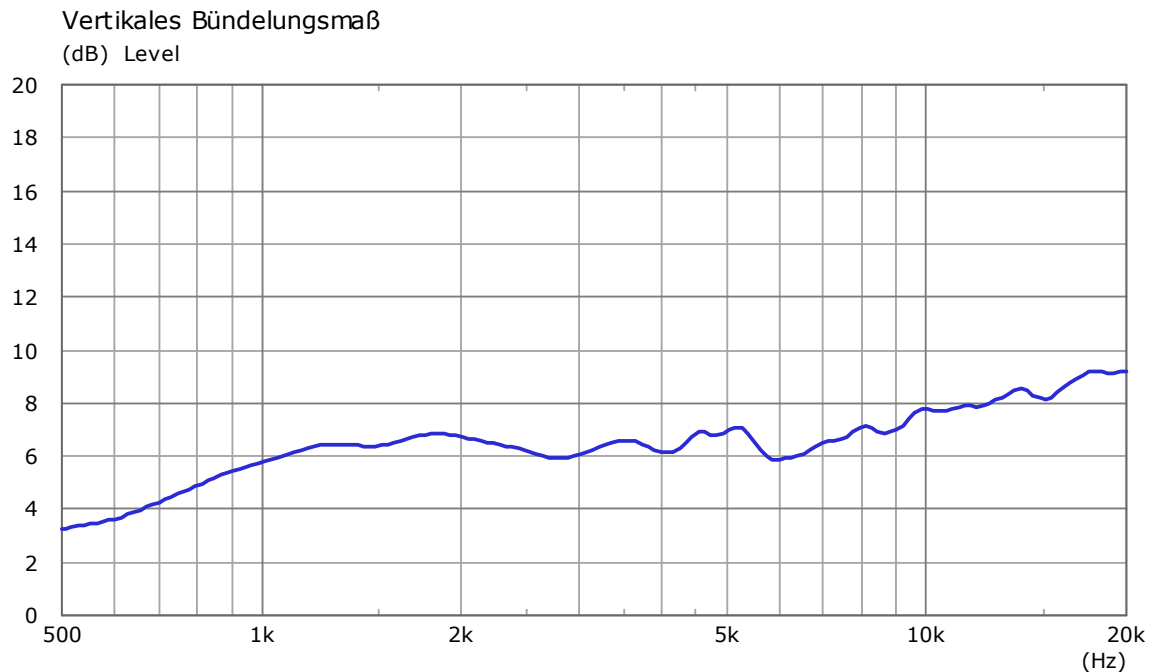


Abbildung 4: Vertikales Bündelungsmaß (Halbzylinder)

Prototyp 2 (18Sound XG10)

Im zweiten Prototyp wurde ein Planarwellenformer (18Sound XG10) verbaut. Dies ist ein Vorsatz für einen Kompressionstreiber, der die Kugelwelle in einer Zylinderwelle transformiert. Dieser Linienstrahler zeichnet sich durch ein sehr gutes Verhältnis zwischen Schallaustrittslänge (10,4 cm) und Gesamtlänge (11 cm) aus. Das heißt, er besitzt einen sehr schmalen Rand.



Abbildung 5: Prototyp 2 mit Planarwellenformer als Hochtöner

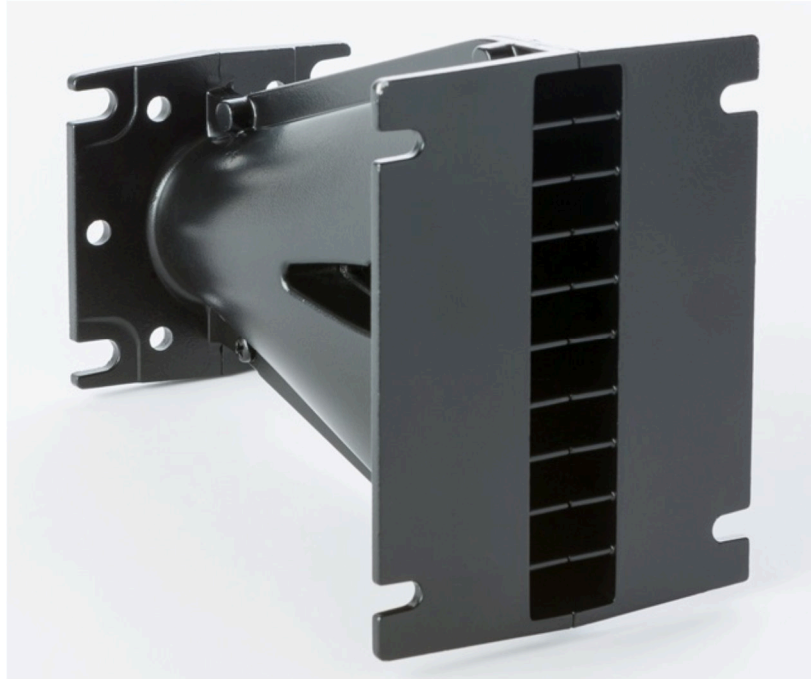


Abbildung 6: 18Sound XG10

Der Planarwellenformer ist etwas länger als der in Prototyp 1 verwendete Magnetostat. Das Abstrahlverhalten ist somit noch etwas enger zu tiefen Frequenzen hin. Allerdings ist ein Nebenkeulenmuster von 4,5 – 10 kHz sichtbar.

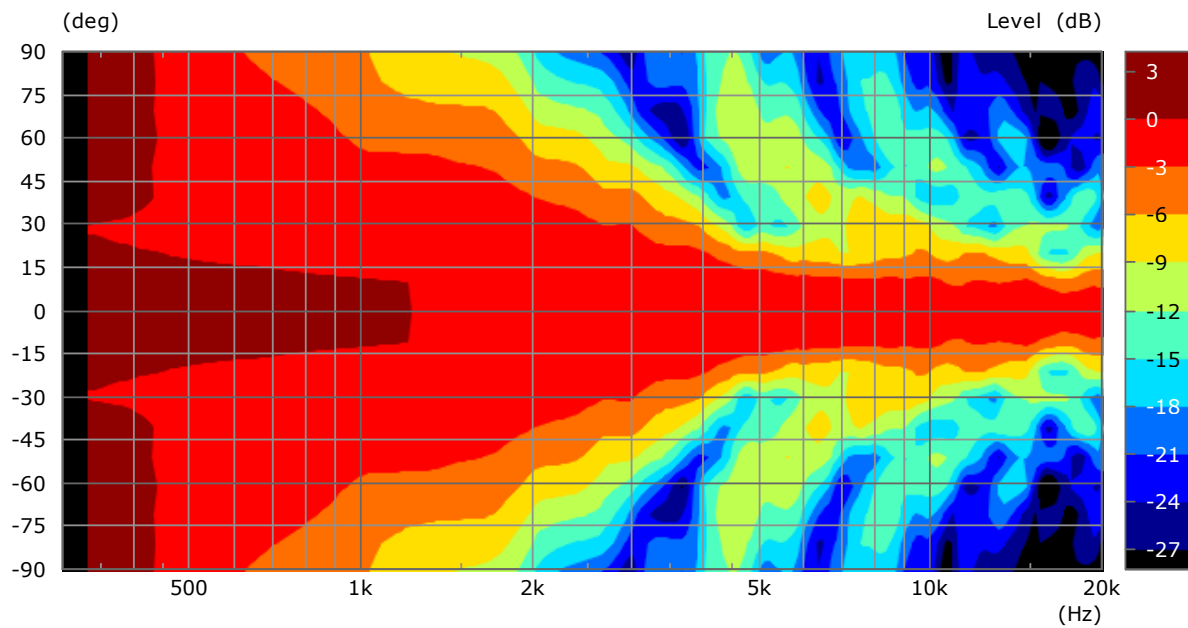


Abbildung 7: Vertikales Abstrahlverhalten des Planarwellenformers

Bei der Gesamtanordnung entstehen durch den größeren Abstand der Mitteltöner zusätzlich noch Nebenkeulen bei ca. 3 kHz. Der Abstand ist also etwas zu groß.

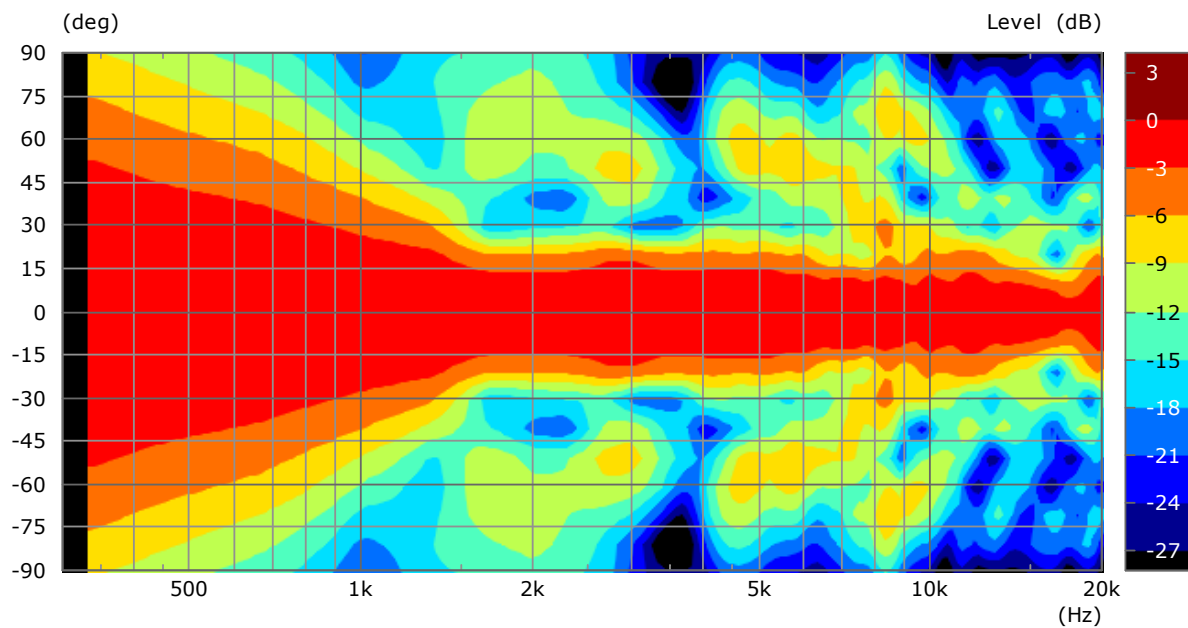


Abbildung 8: Vertikales Abstrahlverhalten

Auch hier steigt das Bündelungsmaß über 10 kHz an. Die relativ starken Welligkeiten entstehen durch die Nebenkeulen.

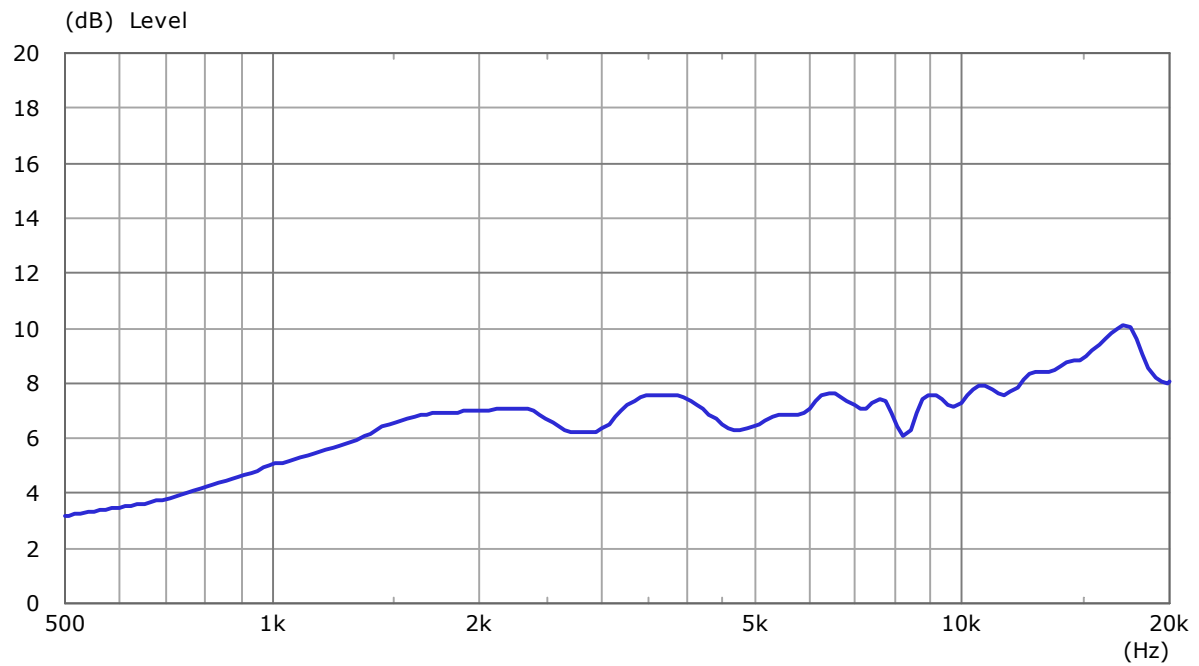


Abbildung 9: Vertikales Bündelungsmaß (Halbzylinder)

Prototyp 3 (Mivoc KFT 130 M)

Bei diesem Prototypen wurde der Hochtöner durch einen größeren Magnetostaten als bei Prototyp 1 ersetzt. Es handelt sich um eine Mivoc KFT 130 M. Die Membranlänge beträgt 6,4 cm und liegt damit im Bereich von Prototyp 1.



Abbildung 10: Prototyp 3 mit Magnetostat

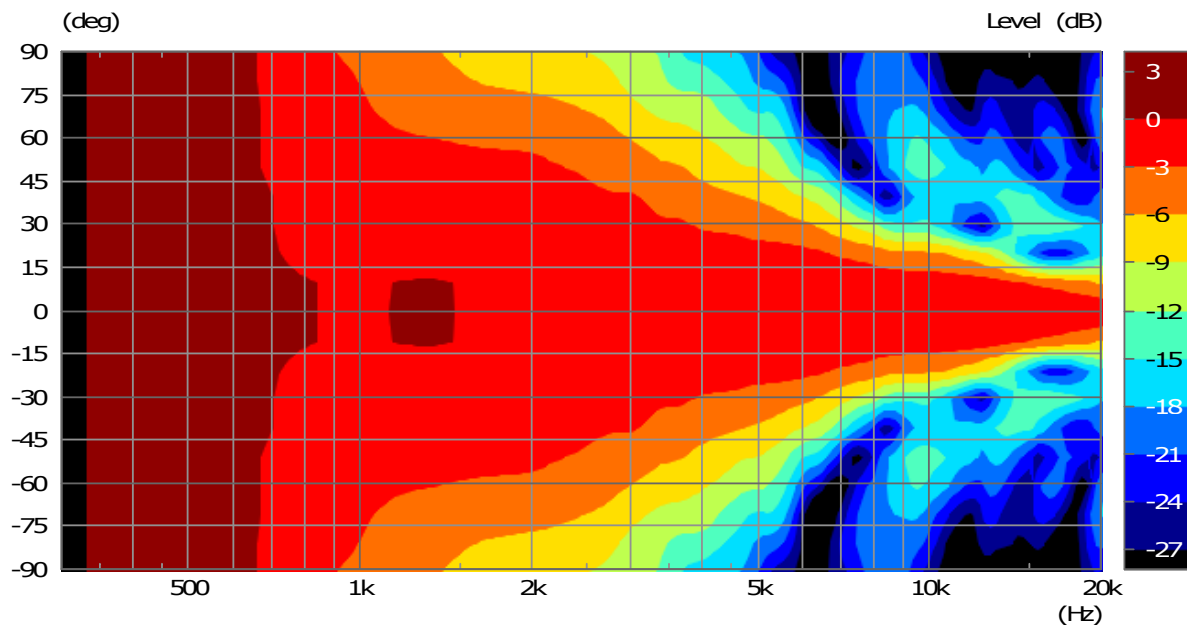


Abbildung 11: Vertikales Abstrahlverhalten des Mivoc KFT 130 M

Leider ist die Membran des Hochtöners zu kurz im Verhältnis zur Gesamtlänge, so dass sich kein konstantes Abstrahlverhalten einstellen ließ. Es blieben Aufweitungen im Bereich von 5 kHz. Diese fallen im Bündelungsmaß allerdings nicht negativ auf. Der starke Anstieg über 10 kHz dagegen schon.

Die Nebenkeulen über 10 kHz sind dem nicht angepassten Waveguide geschuldet. In der Messung ohne Waveguide (Abbildung 11) sind sie nicht vorhanden.

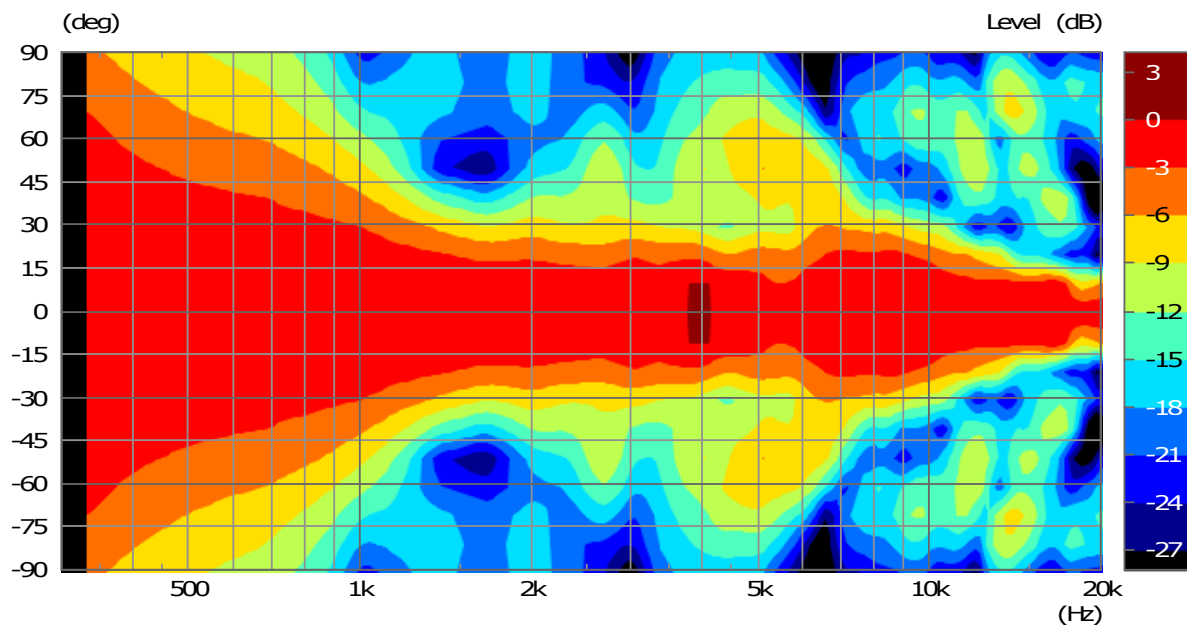


Abbildung 12: Vertikales Abstrahlverhalten des Prototypen

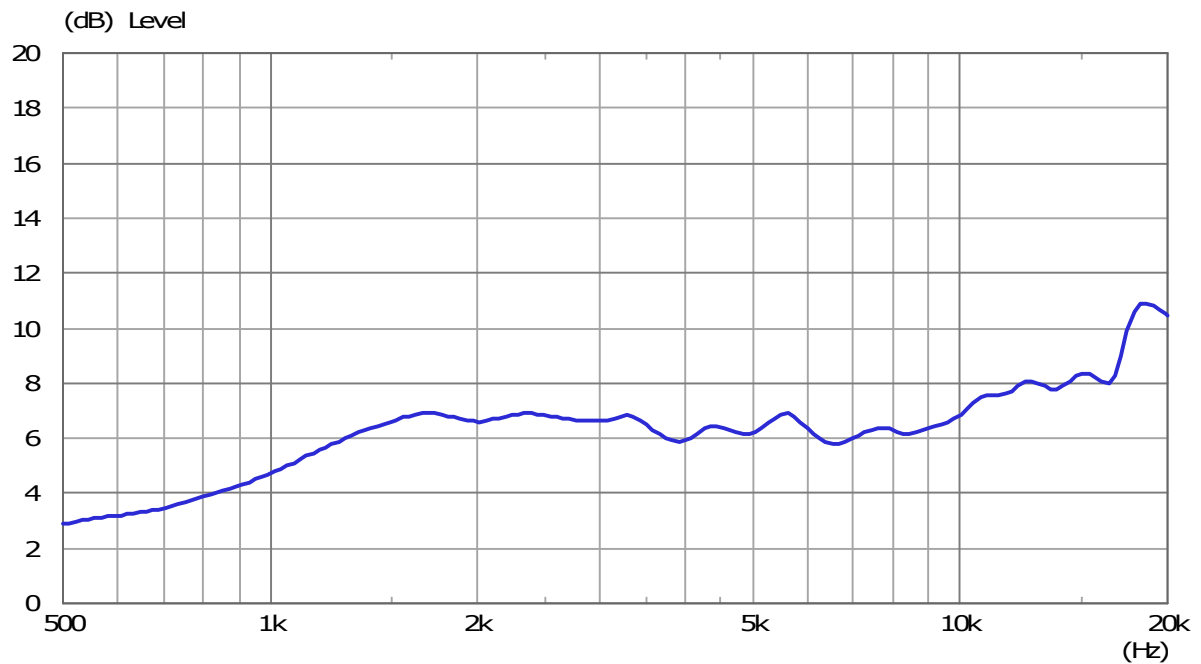


Abbildung 13: Vertikales Bündelungsmaß (Halbzylinder)

Prototyp 4 (Dayton AMTPro-4)

Für diesen Prototyp wurde ein längerer Linienstrahler als Hochtöner eingesetzt. Der Dayton AMTPro-4 besitzt eine Membranlänge von 14,5 cm.



Abbildung 14: Prototyp 4 mit Dayton AMTPro-4

Die große Länge des Treibers erzeugt ein extrem enges Abstrahlverhalten ab ca. 10 kHz.

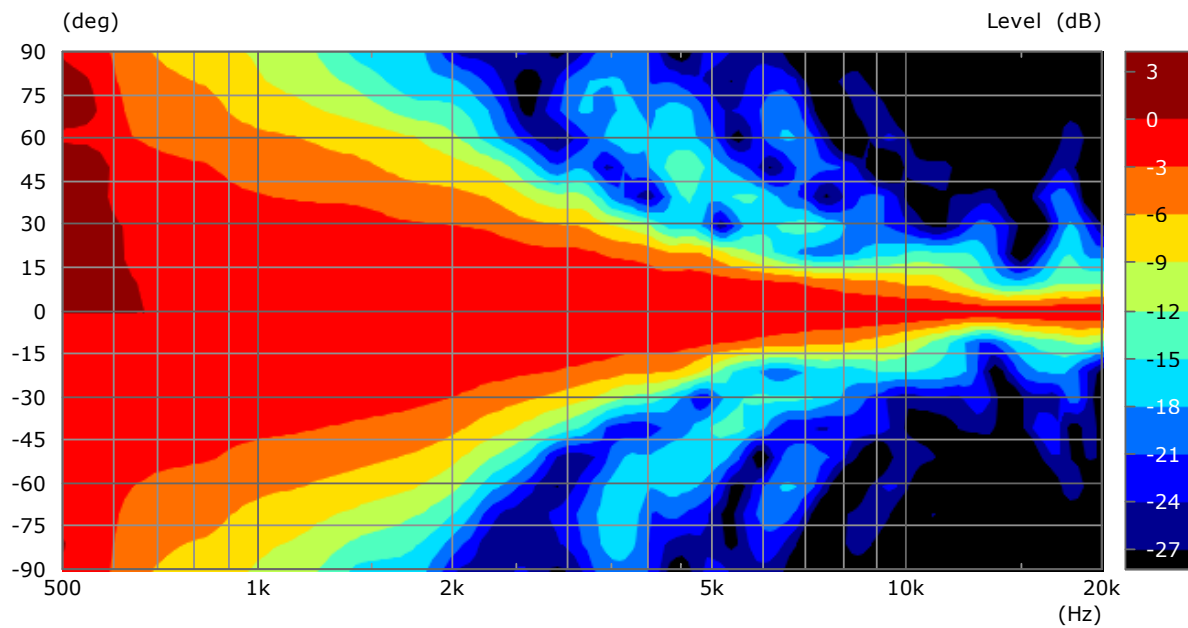


Abbildung 15: Vertikales Abstrahlverhalten des Dayton AMTPro-4

Der erhöhte Abstand der Mitteltöner verschiebt deren Nebenkeulen im Frequenzbereich weiter nach unten als bei den vorherigen Prototypen. Diese sind auch im Bündelungsmaß sichtbar.

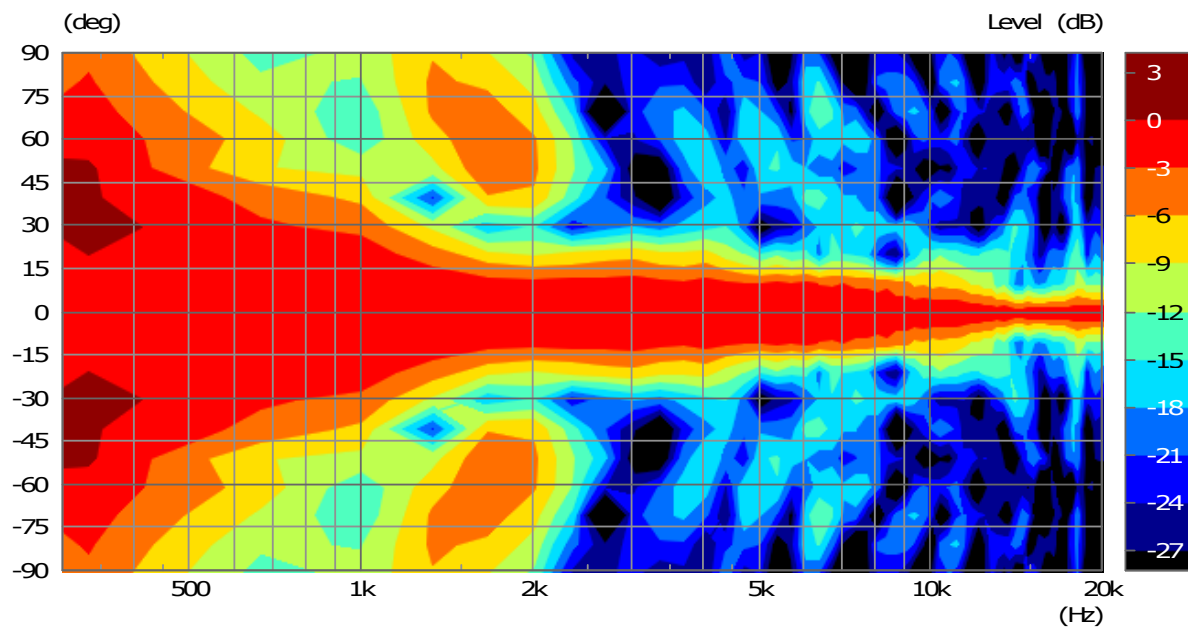


Abbildung 16: Vertikales Abstrahlverhalten mit Trennung bei 1,8 kHz

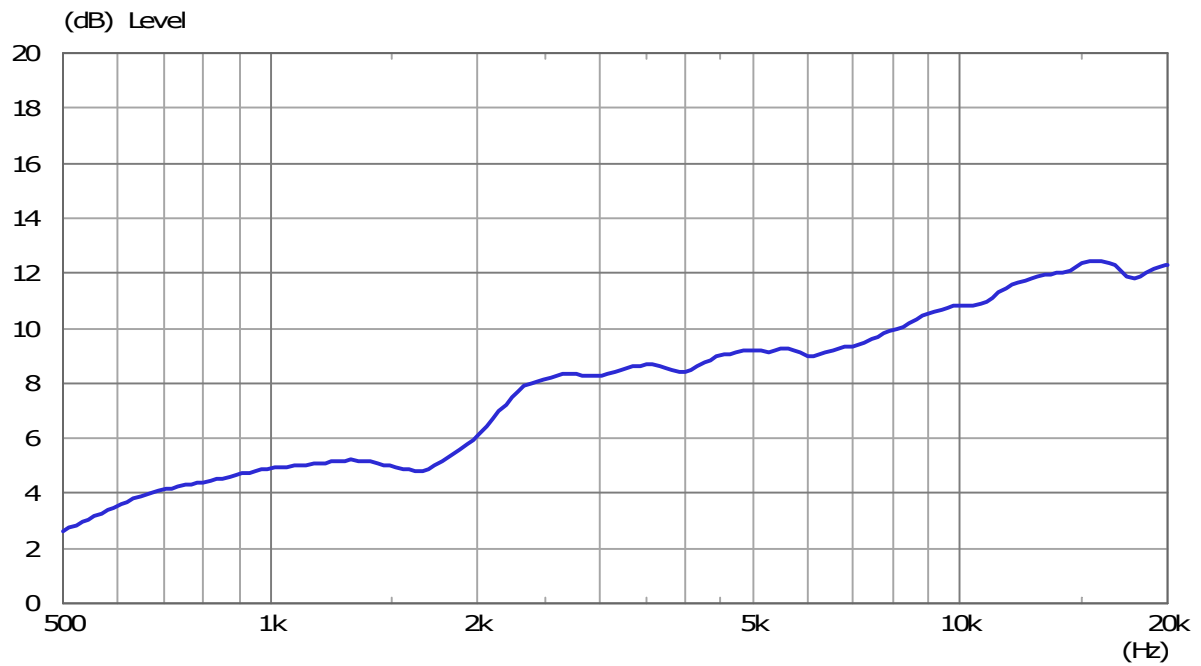


Abbildung 17: Vertikales Bündelungsmaß von Trennung bei 1,8 kHz (Halbzylinder)

Um diese zu vermeiden, muss die Trennung tiefer erfolgen. Das hat allerdings zur Folge, dass der Mittelton deutlich breiter abstrahlt als der Hochton. Das spiegelt sich auch im Bündelungsmaß wieder. Mit diesem Prototyp kann also kein konstantes Bündelungsmaß eingestellt werden.

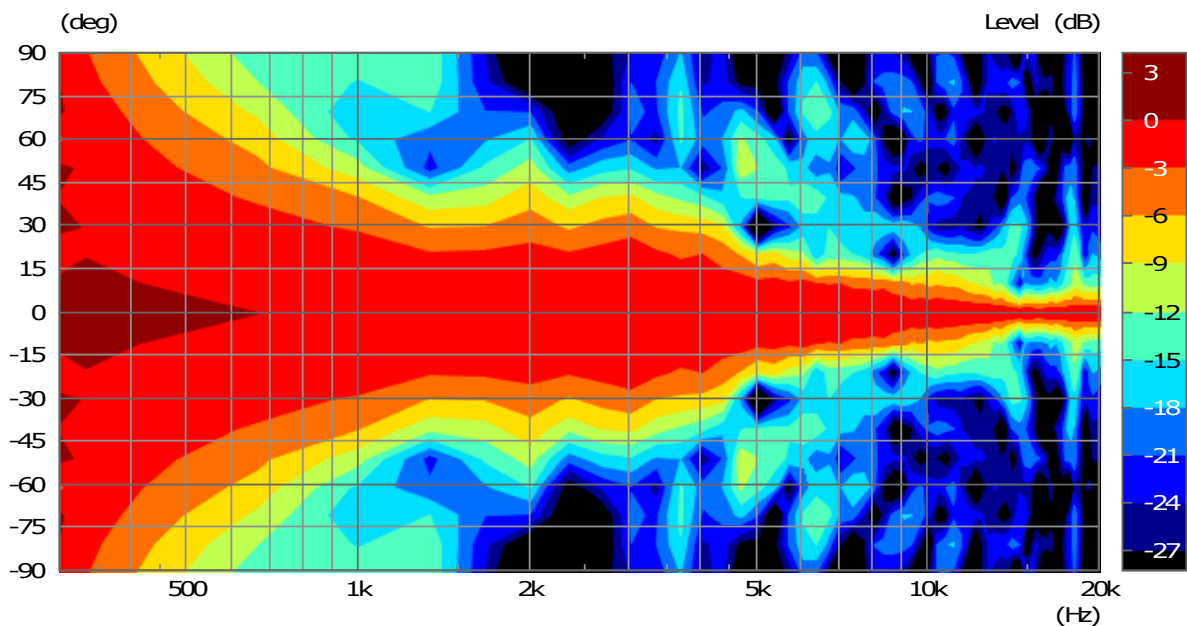


Abbildung 18: Vertikales Abstrahlverhalten mit Trennung bei 1,2 kHz

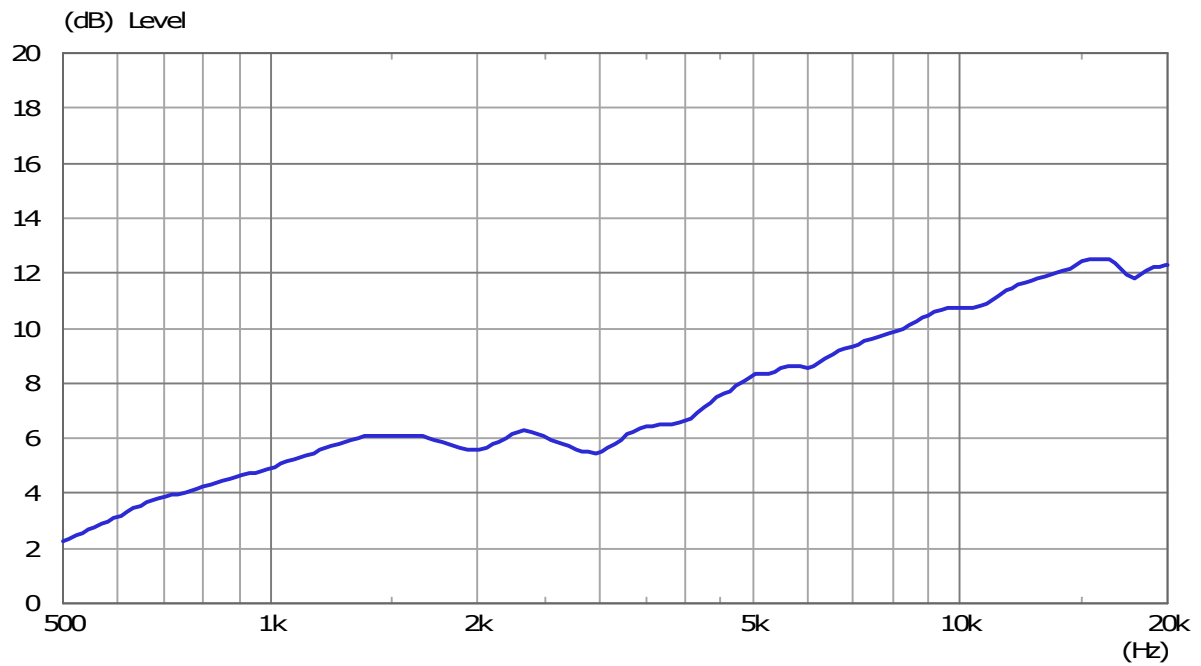
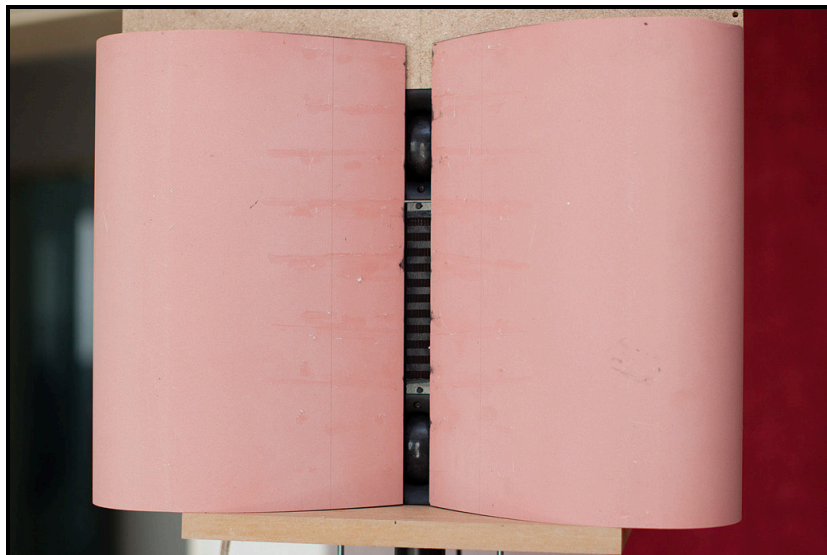


Abbildung 19: Vertikales Bündelungsmaß mit Trennung bei 1,2 kHz (Halbzylinder)

Prototyp 5 (Beyma TPL-150)

Dieser Prototyp hat einen um 2 cm kürzeren AMT verbaut als Prototyp 4. Es kam der Beyma TPL-150 zum Einsatz. Zusätzlich wurden als Mitteltonkalotten die Morel MDM 55 verbaut.



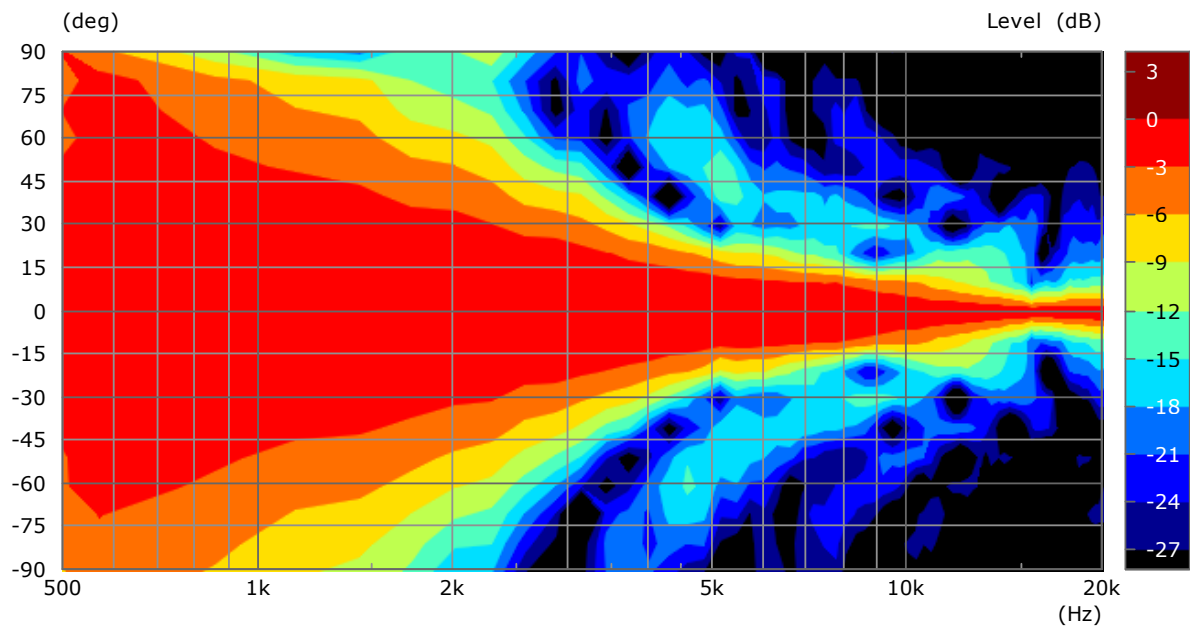


Abbildung 20: Vertikales Abstrahlverhalten des Beyma TPL-150

Das vertikale Abstrahlverhalten des Prototypen zeigt keine ausgeprägten Nebenkeulen. Das Bündlungsmaß ist bis 5 kHz weitestgehend konstant und steigt ab dort stetig an. Insgesamt ist das Abstrahlverhalten aber gleichmäßiger als bei Prototyp 4.

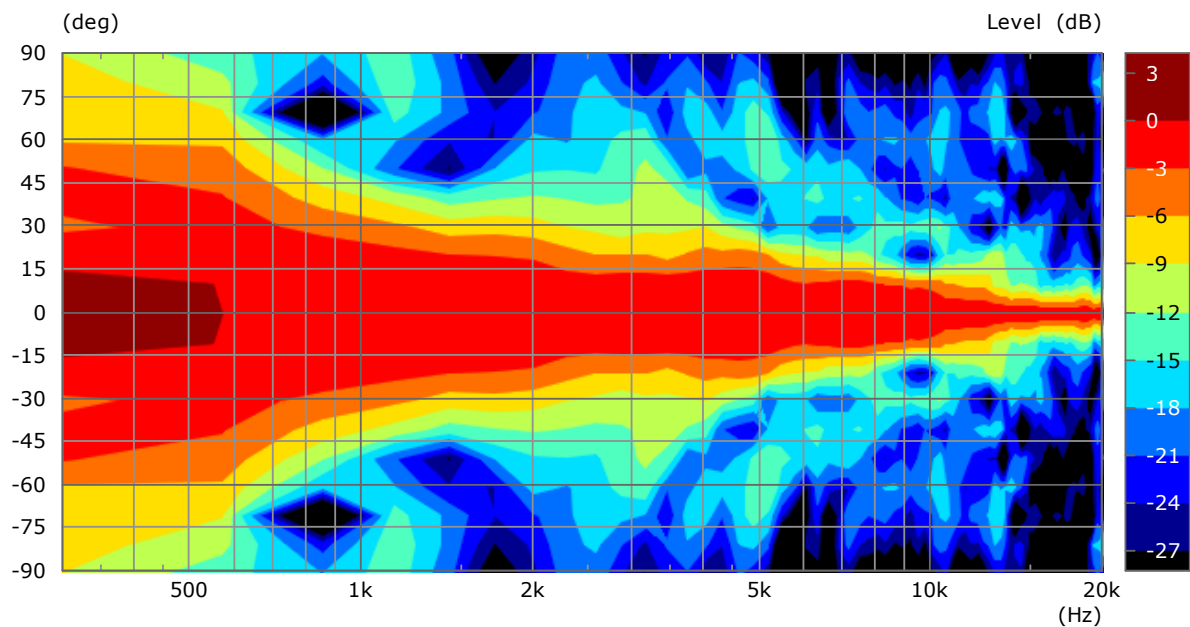


Abbildung 21: Vertikales Abstrahlverhalten mit Trennung bei 1 kHz

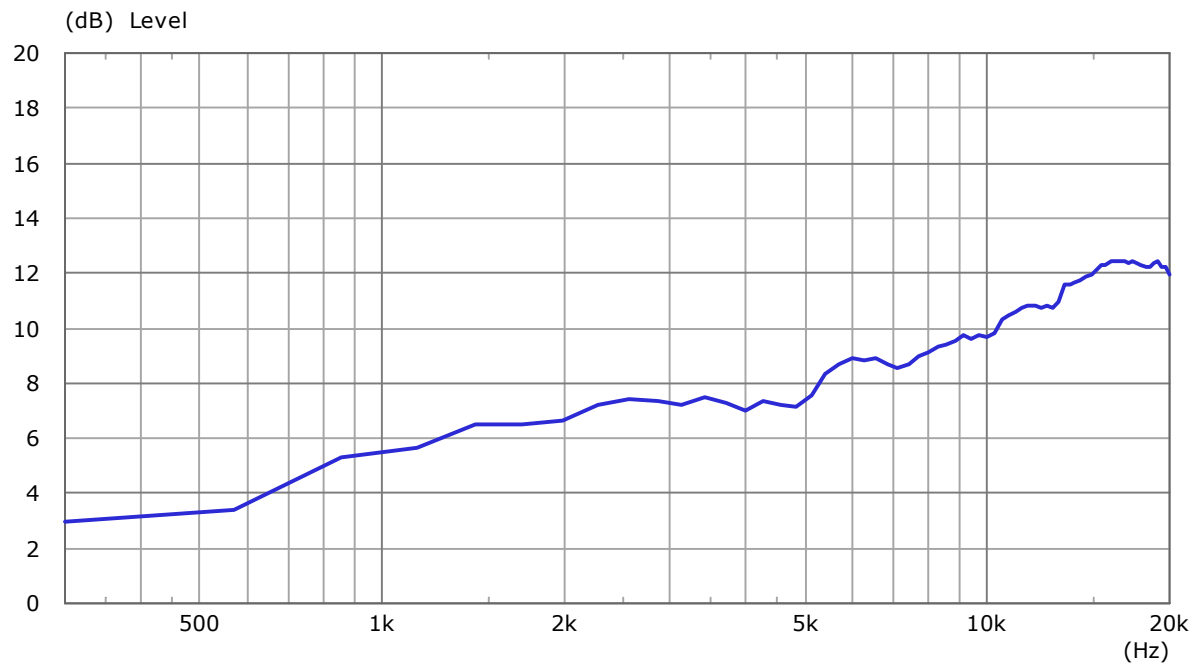


Abbildung 22: Vertikales Bündelungsmaß mit Trennung bei 1 kHz (Halbzylinder)

Fazit

Es wurde gezeigt, dass die Filterfunktion von Horbach und Keele mit einem horizontalen Waveguide kombiniert werden kann. Mit verschiedenen langen Bändchenhochtönern werden unterschiedlich gute Ergebnisse erzielt. Zum einen verschiebt ein langer Hochtöner die Nebenkeulen der Mitteltöner im Frequenzbereich immer weiter nach unten. Und zum anderen bündeln sie zu hohen Frequenzen extrem stark.

Eine Ausnahme stellt hier der Planarwellenformer (18Sound XG10) dar, der bis zu den höchsten Frequenzen relativ konstant bündelt. Dafür erzeugt er in seinen Kammern sehr ausgeprägte Resonanzen.

Die Suche nach dem Hochtöner für den besten Kompromiss geht also weiter.

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](#)