

Erweitertes Bündelungsmaß

Inhalt

Motivation	2
Simulationen	2
Einfaches Bündelungsmaß	2
Erweitertes Bündelungsmaß	5
Fazit	8
Referenzen	9

Motivation

Ein Lautsprecher strahlt Schall in unendlich viele Raumwinkel ab. Bei der Wiedergabe in einem Raum gelangt dieser Schall über Reflexionen an das Ohr. Dadurch beeinflusst er den Klangeindruck.

Bisher ist es üblich, das Abstrahlverhalten eines Lautsprechers horizontal und vertikal zu messen und in einem Sonogramm darzustellen. Hinzu kommt das Bündelungsmaß, das die Schallenergie der Hörachse (meist 0°) auf die gesamte abgestrahlte Schallenergie normiert. Es stellt eine einzelne Kurve dar und lässt sich aus den Winkelmessungen approximieren [1]. In diesem Dokument wird untersucht, inwiefern sich diese Approximation ändert, wenn weitere Winkelmessungen hinzukommen.

Simulationen

Das Bündelungsmaß wird an Hand eines 2-Wegers mit Schallführung untersucht, dessen Treiber bei 1,8 kHz mit 24 dB/Okt getrennt sind. Er repräsentiert einen typischen Kompaktlautsprecher, der auf ein möglichst konstantes horizontales Abstrahlverhalten hin optimiert wurde.

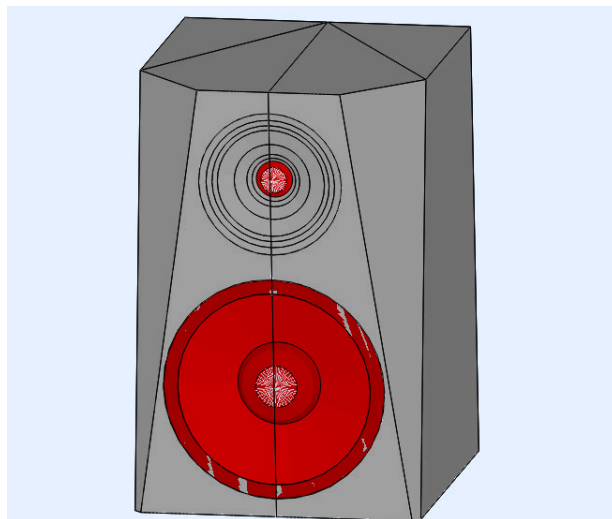


Abbildung 1: 2-Weger mit Schallführung

Einfaches Bündelungsmaß

Zunächst wird das Bündelungsmaß aus dem horizontalen und vertikalen Abstrahlverhalten berechnet. Es werden Messpunkte auf Kreisbahnen in 10° -Schritten um den Lautsprecher herum ausgewertet und nach Tylka [1] gemäß ihrem Winkel gewichtet. Dem Rotationswinkel um die z-Achse (blau) entspricht horizontal 0° und vertikal 90° .

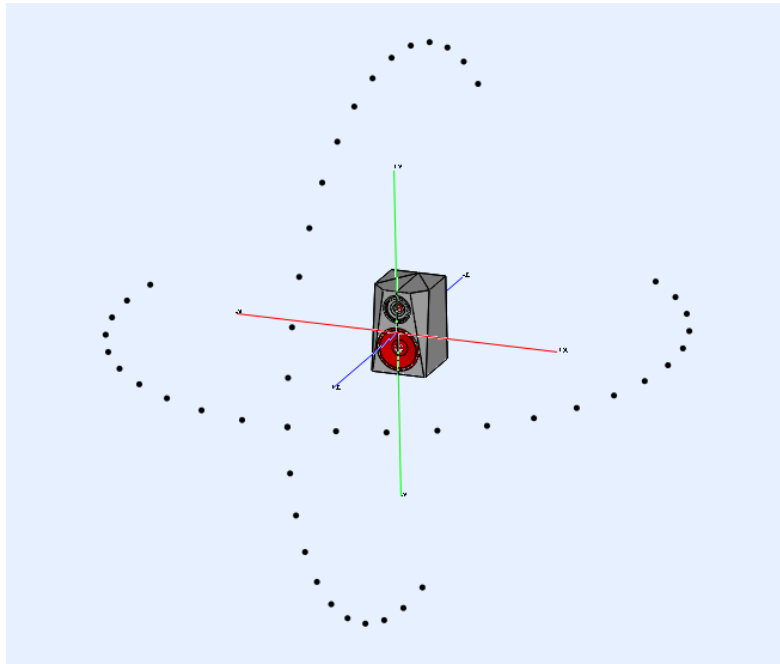


Abbildung 2: Horizontale und vertikale Kreisbahnen mit Messpunkten

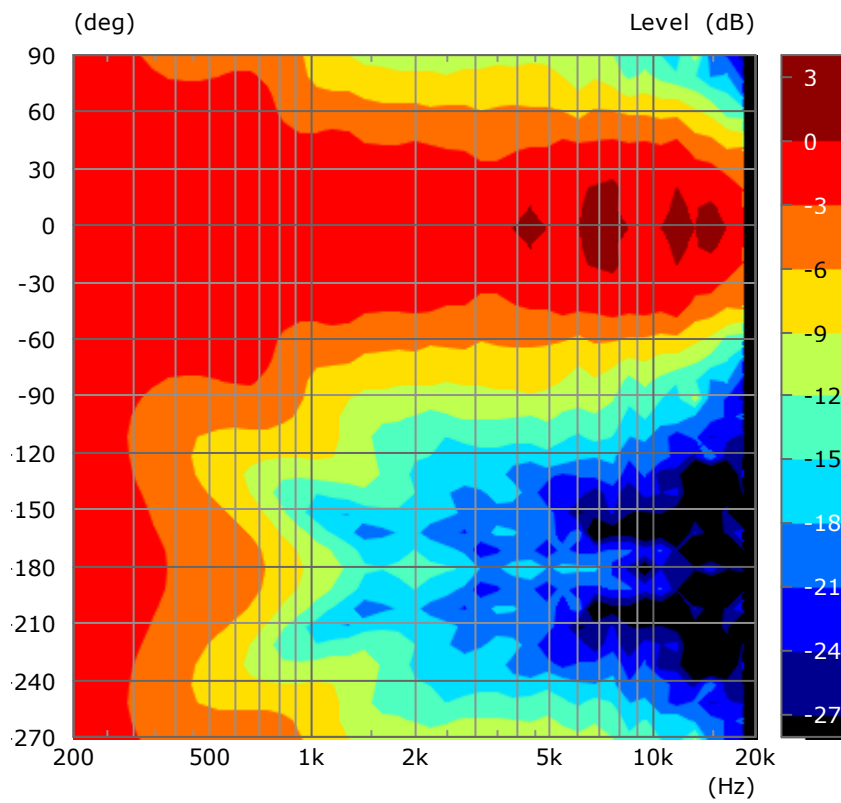


Abbildung 3: Horizontales Abstrahlverhalten (0°)

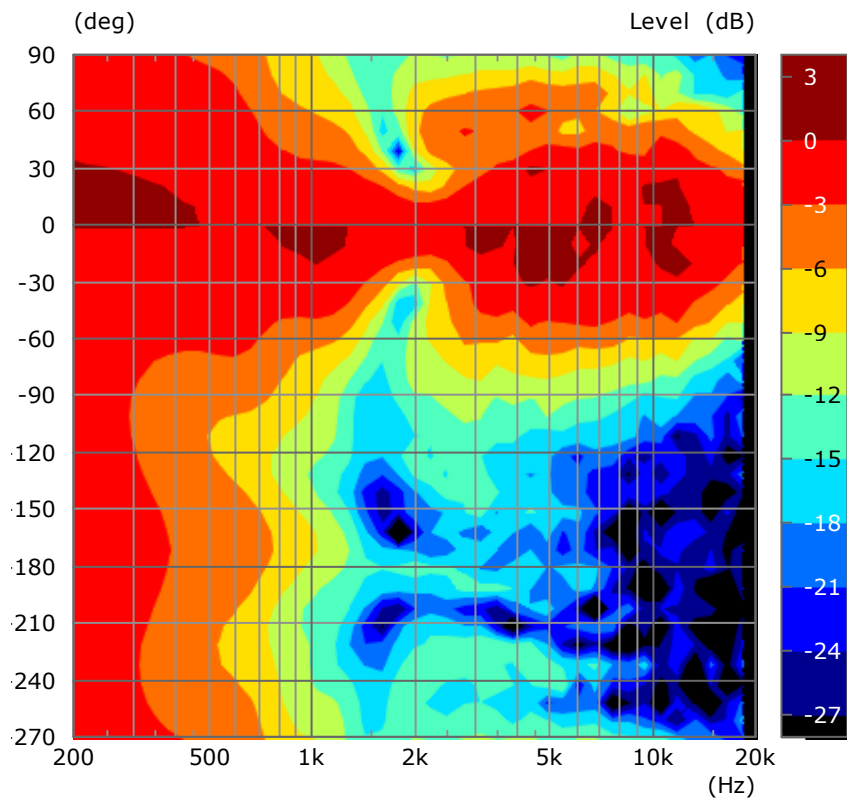


Abbildung 4: Vertikales Abstrahlverhalten (90°)

Wie die Überhöhung um 1,8 kHz erkennen lässt, wird das Bündelungsmaß stark von dem vertikalen Abstrahlverhalten bestimmt. Dieses richtet in diesem Frequenzbereich besonders stark.

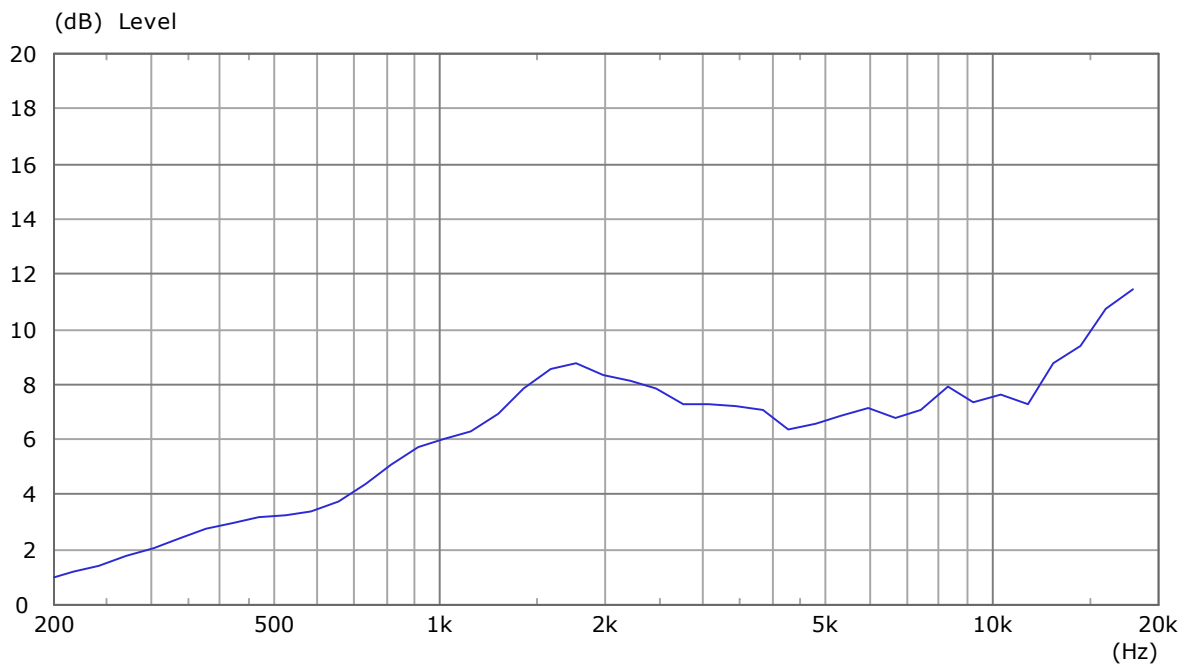


Abbildung 5: Bündelungsmaß aus horizontalen und vertikalen Winkeln

Erweitertes Bündelungsmaß

Im Folgenden wird das Bündelungsmaß um weitere Kreisbahnen erweitert, die zwischen den Rotationswinkeln um die z-Achse 0° (horizontal) und 90° (vertikal) eingefügt werden. Diese umfassen $22,5^\circ$, 45° und $67,5^\circ$. Da der Lautsprecher bezüglich der y-Achse (grün) symmetrisch ist, können die Kreisbahnen $112,5^\circ$, 135° und $157,5^\circ$ ignoriert werden. Dafür werden die ersten drei zweifach gewichtet. Das Ergebnis ist dasselbe.

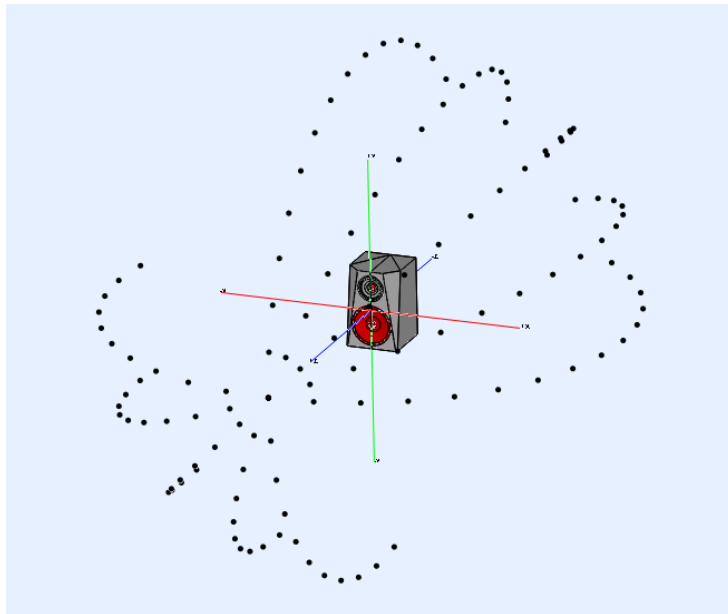


Abbildung 6: Zusätzliche Kreisbahnen mit Messpunkten

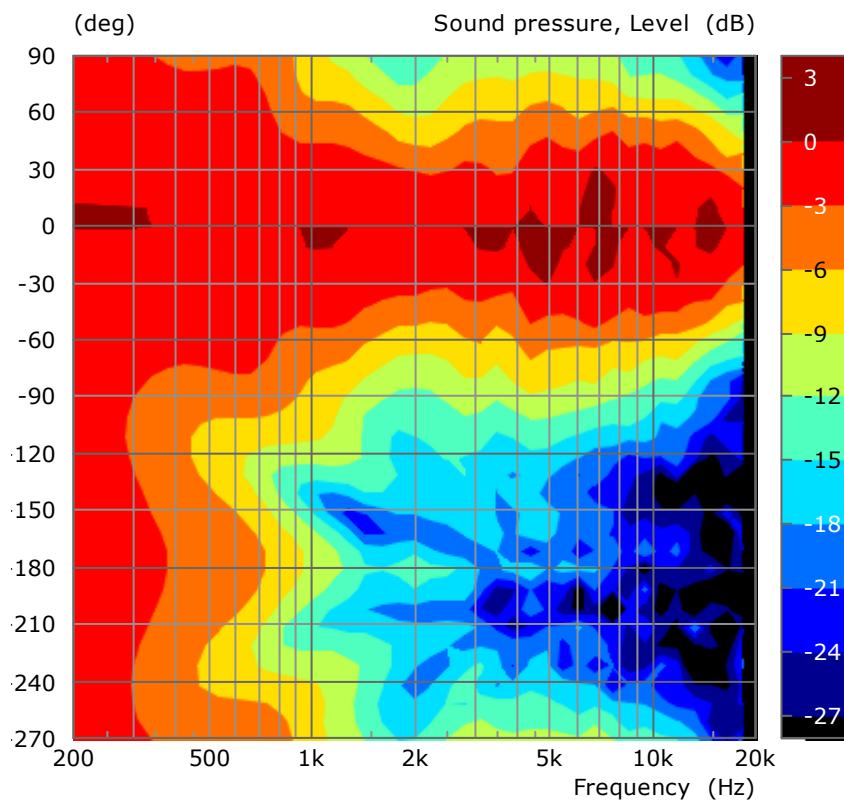


Abbildung 7: Abstrahlverhalten bei $22,5^\circ$

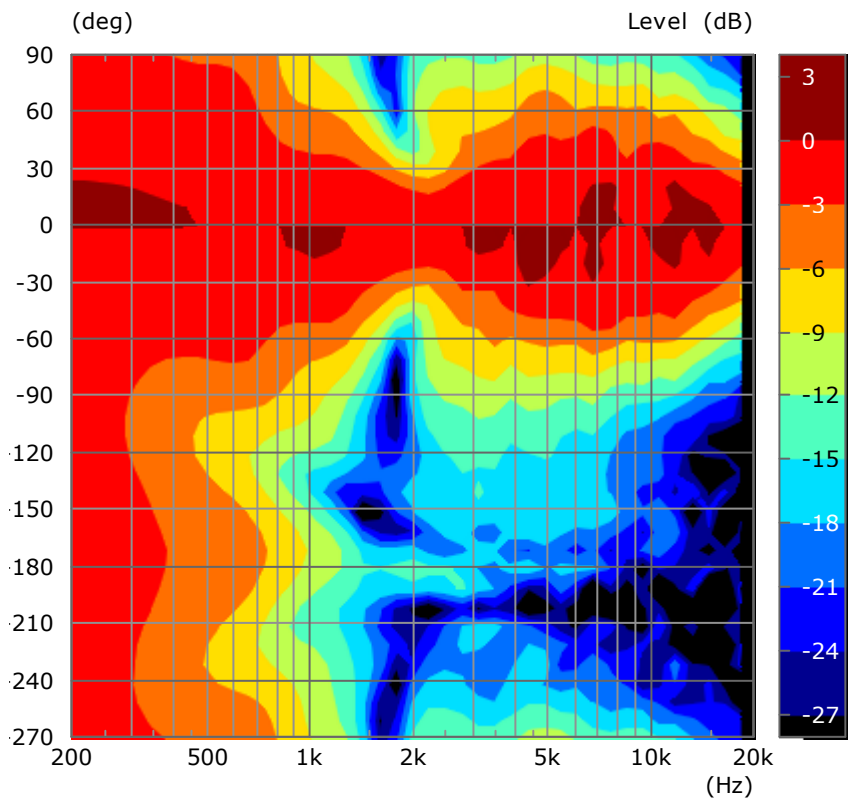


Abbildung 8: Abstrahlverhalten bei 45°

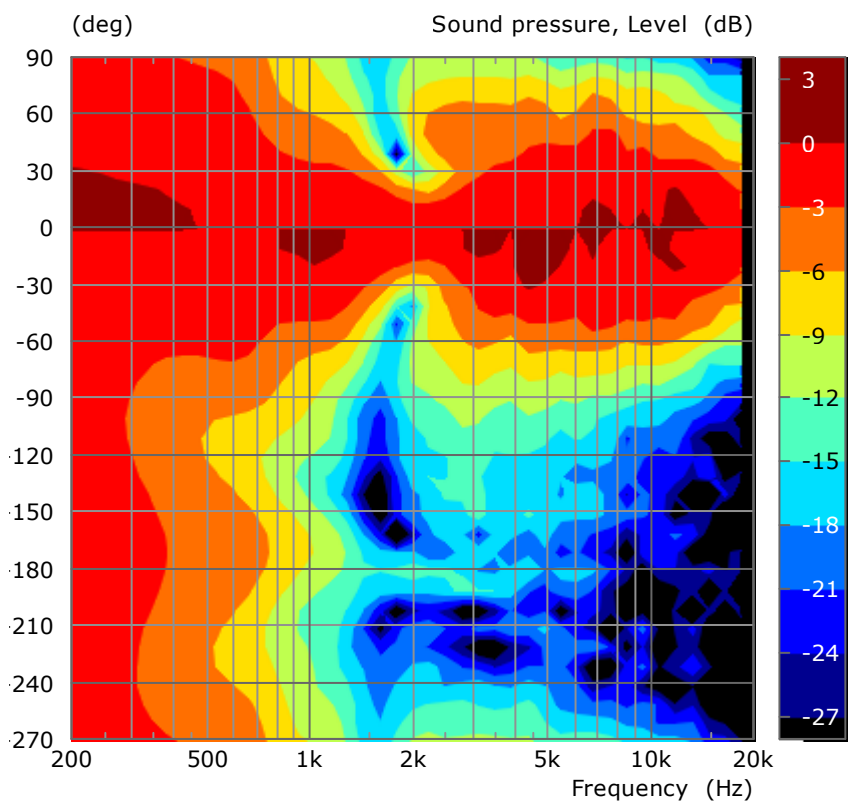


Abbildung 9: Abstrahlverhalten bei 67,5°

Wie zu sehen, unterscheidet sich das erweiterte Bündelungsmaß von der einfachen Approximation erheblich. Die Erhöhung, die durch die Interferenz der beiden Treiber entsteht, ist um ca. 1,8 dB stärker ausgeprägt. Daraus lässt sich schließen, dass die Dimension, die eine stärkere Richtwirkung durch Interferenz aufweist, auch bei den Zwischenwinkeln einen stärkeren Einfluss besitzt als die andere. Eine reine Betrachtung der horizontalen und vertikalen Dimensionen erscheint nicht ausreichend.

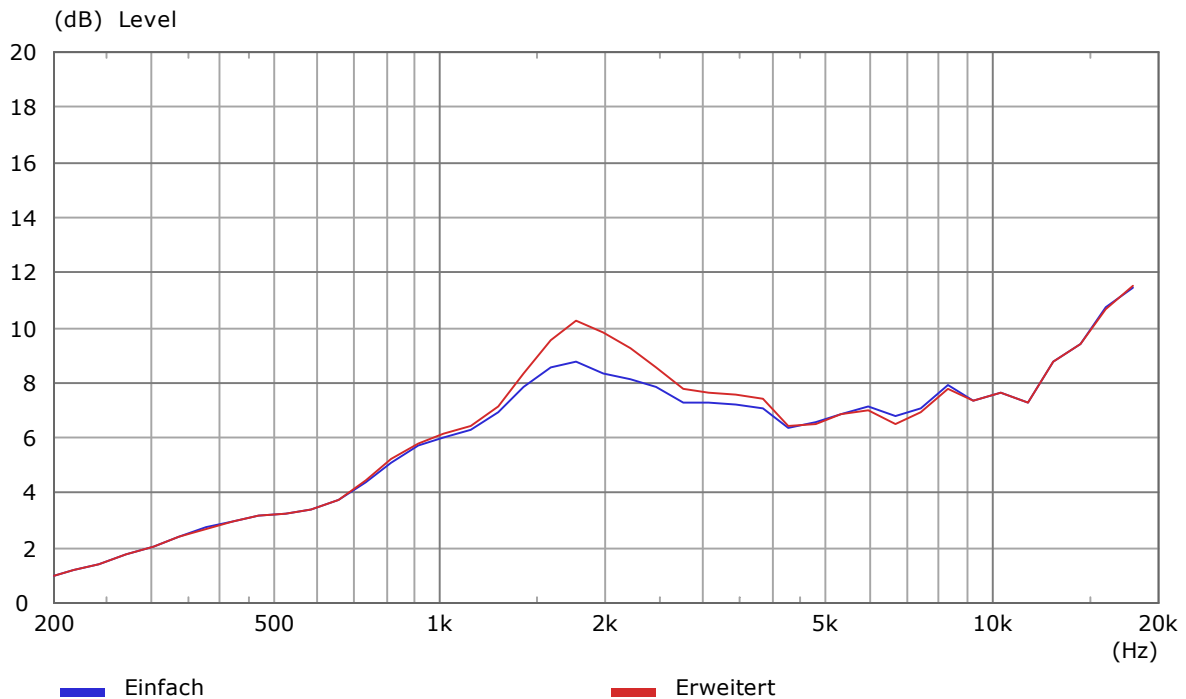


Abbildung 10: Bündelungsmaß mit zusätzlichen Winkeln

Im Folgenden wurden statt der 22,5°-Schritte 10°-Schritte verwendet. Zwischen Horizontal und Vertikal sind also acht weitere Messkreise eingespannt. Das Bündelungsmaß weicht allerdings nur noch minimal von den 22,5°-Schritten ab, so dass der Nutzen weiterer Messpunkte nicht im Verhältnis zum Aufwand steht.

Weiterhin wurden 45°-Schritte hinzugefügt, also nur der diagonale Winkel. Die Abweichung ist auch hier sehr gering. Dies sollte in den meisten Fällen schon für eine hinreichend genaue Approximation ausreichen.

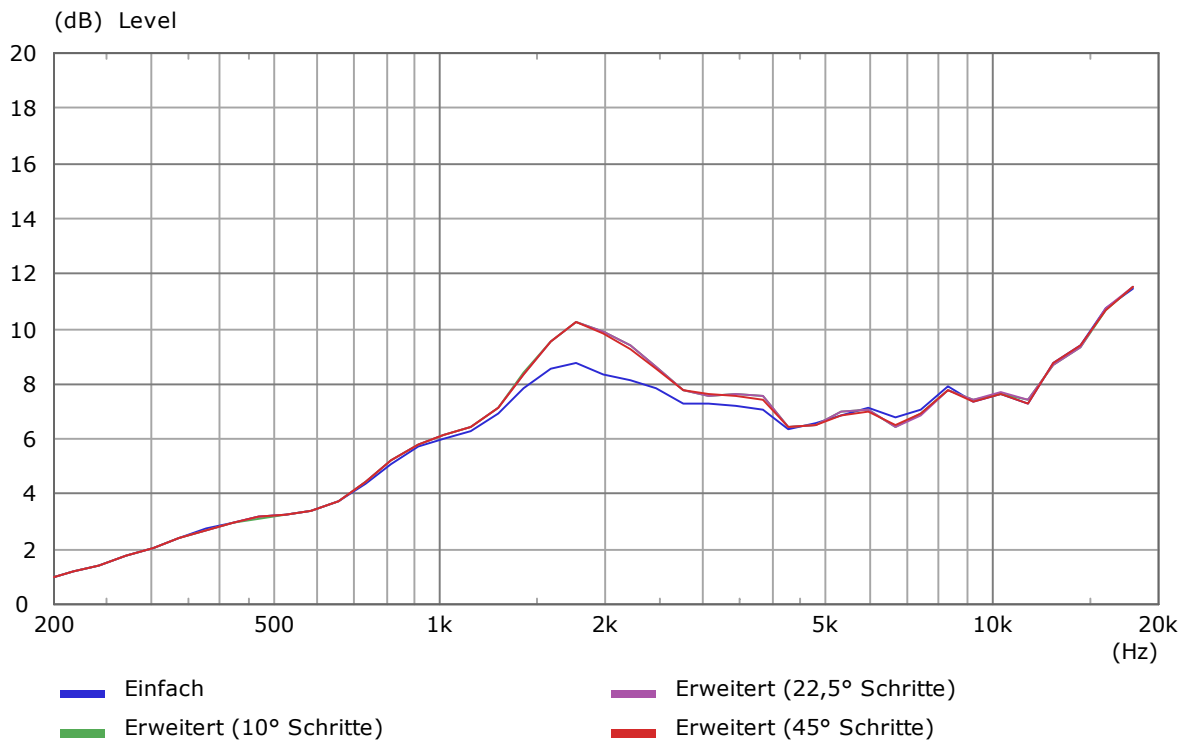


Abbildung 11: Bündelungsmaß mit 10°-Schritten

Fazit

Es wurde gezeigt, wie die Approximation des Bündelungsmaß weiter verfeinert werden kann. Die Abweichung zum einfachen Bündelungsmaß ist teilweise signifikant.

Nicht untersucht wurde, wie sich die Zwischenwinkel auf den Klang eines Lautsprechers auswirken. Da meist in quaderförmigen Räumen gehört wird, haben die horizontalen und vertikalen Kreisbahnen wegen ihrer starken Erstreflexionen eine besondere Bedeutung. In den Gesamtenergiefrequenzgang, und damit in die späteren Reflexionen, fließen allerdings alle Winkel ein. Eine Schlussfolgerung bezüglich des Klangs kann hier nicht gezogen werden und bedarf weiterer Untersuchungen.

Referenzen

1. [J.G. Tylka, *On the Calculation of Full and Partial Directivity Indices*](#)