

Demo - Messbericht zur Raumakustik

Open Space Arbeitswelt

Dr.-Ing. B. Kohout

Auri Akustik

Ingenieurbüro für Raumakustik

Oberdorfstraße 24

68753 Waghäusel

Tel: 07254 40 41 444

e-mail: info@auriakustik.de

INHALTSVERZEICHNIS

1	MESSUNG DER RAUMAKUSTIK	3
1.1	VERWENDETE MESSAUSRÜSTUNG	4
1.2	MESSBEDINGUNGEN	4
1.3	MESSPOSITIONEN	6
2	NACHHALLZEIT	8
2.1	MESSVERFAHREN	9
2.2	MESSERGEBNISSE	9
2.3	INTERPRETATION DER MESSERGEBNISSE	11
3	RAUMAKUSTISCHE PARAMETER VON GROSSRAUMBÜROS	12
3.1	MESSVERFAHREN	12
3.1.1	Messlinien	12
3.2	MESSERGEBNISSE	14
3.3	INTERPRETATION DER MESSERGEBNISSE	18
4	FAZIT	19

1 MESSUNG DER RAUMAKUSTIK

nach

DIN EN ISO 3382-2:2008, Akustik - Messung von Parametern der Raumakustik - Teil 2:
Nachhallzeit in gewöhnlichen Räumen (ISO 3382-2:2008)

DIN EN ISO 3382-3:2012, Akustik - Messung von Parametern der Raumakustik - Teil 3:
Großraumbüros (ISO 3382-3:2012)

1.1 VERWENDETE MESSAUSRÜSTUNG

Lautsprecher: Dodekaeder

Mikrofon: ATD-4S, Klasse 1, 1/4" Kapsel

Kalibrator: SV33, Klasse 1

Kunstkopf: Neumann KU100

1.2 MESSBEDINGUNGEN

Temperatur: 25 °C (± 1 °C)

Relative Luftfeuchte: 31% ($\pm 4\%$)

Bei der Messung anwesende Personen im Raum: 1

Mobiliar: ja, voll möbliert (siehe Abbildung 1.1)

Raumvolumen:

gesamt: $12,5 \text{ m} \times 18,75 \text{ m} = 234 \text{ m}^2 \times 3,0 \text{ m (Höhe)} = 702 \text{ m}^3$

[...]



Abbildung 1.1: Arbeitsfläche im akustisch zu untersuchenden Zustand

1.3 MESSPOSITIONEN

Anzahl Sendepositionen (Dodekaeder): 4 („D1“ ... „D4“)

Anzahl Empfangspositionen (Mikrofon): 9 („M1“ ... „M9“)

Gemessene unabhängige Sender-Empfänger-Kombinationen: 29 (siehe Tab.1.1)

Sender-Empfänger	Höhe Sender (D)	Höhe Empfänger (M)	Abstand \overline{DM}
D1M1	1,20 m	1,20 m	2,5 m
D1M2	1,20 m	1,20 m	6,6 m
D1M3	1,20 m	1,20 m	12,0 m
D1M4	1,20 m	1,20 m	14,0 m
D1M9	1,20 m	1,20 m	15,5 m
D2M1	1,20 m	1,20 m	6,8 m
D2M2	1,20 m	1,20 m	2,0 m
D2M3	1,20 m	1,20 m	4,5 m
D2M4	1,20 m	1,20 m	5,5 m
D2M5	1,20 m	1,20 m	7,2 m
D2M6	1,20 m	1,20 m	8,9 m
D2M7	1,20 m	1,20 m	5,7 m
D2M8	1,20 m	1,20 m	6,5 m
D2M9	1,20 m	1,20 m	6,5 m
D3M1	1,20 m	1,20 m	6,8 m
D3M3	1,20 m	1,20 m	10,5 m
D3M4	1,20 m	1,20 m	10,0 m
D3M5	1,20 m	1,20 m	12,5 m
D3M6	1,20 m	1,20 m	15,0 m
D3M7	1,20 m	1,20 m	5,8 m
D3M9	1,20 m	1,20 m	8,9 m
D4M1	1,20 m	1,20 m	15,2 m
D4M2	1,20 m	1,20 m	10,3 m
D4M3	1,20 m	1,20 m	7,0 m
D4M4	1,20 m	1,20 m	5,0 m
D4M7	1,20 m	1,20 m	13,2 m
D4M8	1,20 m	1,20 m	9,4 m
D4M9	1,20 m	1,20 m	3,3 m

Tabelle 1.1: Messpositionen



Abbildung 1.2: Schematische Skizze: Grundriss und Messpositionen

2 NACHHALLZEIT

2.1 MESSVERFAHREN

Messsignal: Sinus Sweep Verfahren, exponentielle Sweeps

Berechnung der Nachhallzeit: Integration der Impulsantwort

Sweeps pro Messposition: 2

Auswertung der Abklingkurven: Verfahren der kleinsten Fehlerquadrate, lineare Regression

Räumliche Mittelwertbildung: arithmetisches Mittel

Nenngenauigkeit Nachhallzeit (Standardabweichung): Oktavbänder besser 5%, Terzbänder besser 10%

2.2 MESSERGEBNISSE

Tabelle 2.1 und Abbildung 2.1 zeigen die gemessene Nachhallzeit T_{20} , räumlich gemittelt aus 29 unabhängigen Sender-Empfänger-Kombinationen.

Bandmittenfrequenz / Hz	T_{20} / s, Oktavbänder
63	0,70
125	0,56
250	0,46
500	0,40
1000	0,45
2000	0,55
4000	0,63
8000	0,66

Tabelle 2.1: Mittelwert der gemessenen Nachhallzeit in Oktavbändern

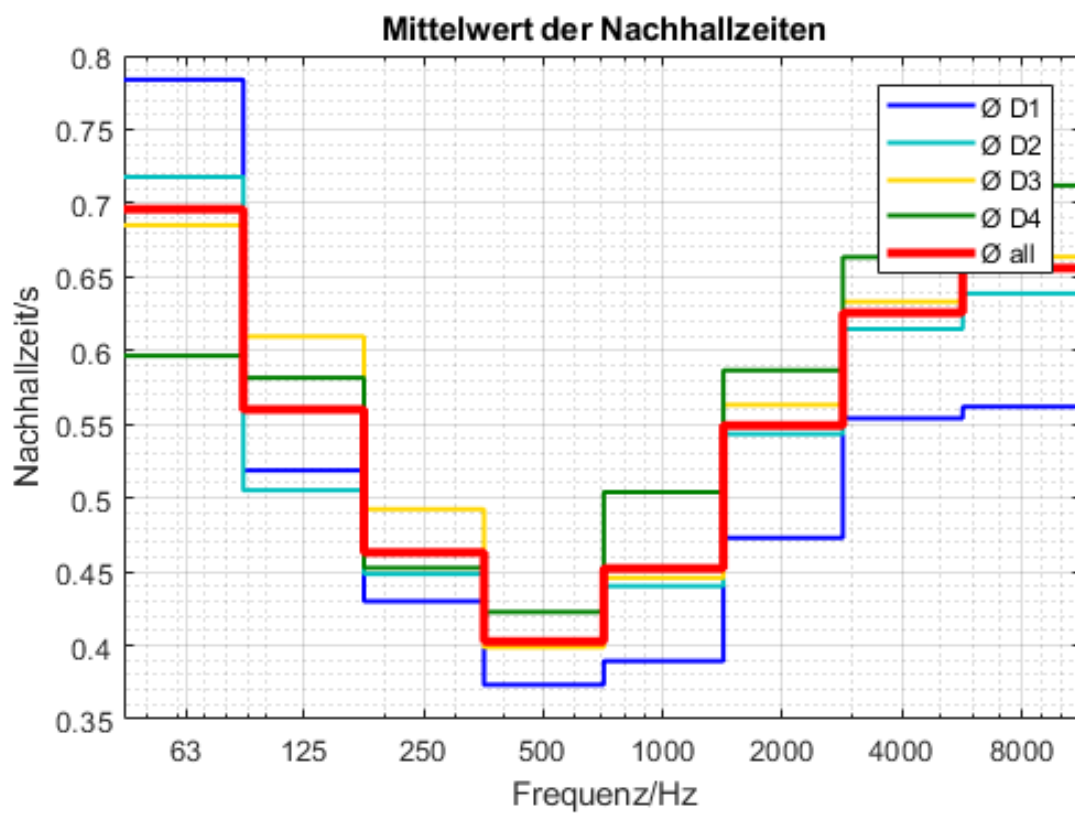


Abbildung 2.1: Diagramm der gemessenen Nachhallzeiten

2.3 INTERPRETATION DER MESSERGEBNISSE

Die gemessene Nachhallzeit T_{20} beträgt im Mittel 0,51 s über alle normrelevanten Frequenzbänder von 125 Hz bis 4000 Hz.

Die Einordnung der ermittelten Messergebnisse erfolgt nach den gesetzlich vorgeschriebenen technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR A3.7) welche für Büros mit kommunikationsbasierten Dienstleistungen eine Soll-Nachhallzeit von $T_{\text{Soll ASR}} \leq 0,5$ s im Bereich von 250 Hz bis 2000 Hz vorschreibt.

Im gemessenen Raum ist dieser Grenzwert im Oktavband bei 2000 Hz leicht überschritten, so dass die gesetzlichen Richtlinien hinsichtlich der Nachhallzeit aktuell nicht erfüllt werden.

Ergänzend sei erwähnt, dass nach DIN 18041:2016-03 "Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung" der Raum in die Gruppe B4 mit einem A/V Verhältnis von 0,23 eingeordnet wird.

3 RAUMAKUSTISCHE PARAMETER VON GROSSRAUMBÜROS

3.1 MESSVERFAHREN

Messgrößen:

- Schalldruckpegel des rosa Rauschens in Oktavbändern, $L_{p,Ls}$
- Sprachübertragungsindex, STI
- Fremdgeräuschpegel in Oktavbändern, $L_{p,B}$
- Abstand von der Schallquelle, r

Anzahl Sendepositionen (Dodekaeder): 4 („D1“ ... „D4“)

Anzahl Empfangspositionen (Mikrofon): 9 („M1“ ... „M9“)

Messpositionen: siehe Tab.1.1, Abb.1.2

3.1.1 MESSLINIEN

Messlinie D1 all / Messlinie 1: D1M1, D1M2, D1M3, D1M4, D1M9

Messlinie D2 all: D2M2, D2M3, D2M4, D2M7, D2M8, D2M9, D2M1, D2M5, D2M6

Messlinie 2: D2M3, D2M4, D2M9

Messlinie 3: D2M1, D2M5, D2M6

Messlinie D3 all: D3M7, D3M1, D3M9, D3M4, D3M3, D3M5, D3M6

Messlinie 4: D3M9, D3M4, D3M3, D3M5, D3M6

Messlinie D4 all: D4M9, D4M4, D4M3, D4M8, D4M2, D4M7, D4M1

Messlinie 5: D4M9, D4M4, D4M3, D4M2

Messlinie 6: D4M8, D4M7, D4M1



Abbildung 3.1: Messlinien. grün: D1, rosa: D2, blau: D3, magenta: D4

Hinweis: Messlinien mit weniger als drei Punkten sind nicht konform nach DIN 3382-3, werden aber unter besonderer Beobachtung in die Ergebnisse miteinbezogen.

3.2 MESSERGEBNISSE

Zur akustischen Charakterisierung des Raumes lassen sich aus den gemessenen Datensätzen die daraus berechneten Einzahlwerte nach DIN EN ISO 3382-3:2012 bestimmen:

- STI am nächstgelegenen Arbeitsplatz, STI_{next}
- Ablenkungsabstand, r_D
- Vertraulichkeitsabstand, r_P
- Räumliche Abklingrate des A-bewerteten SPL der Sprache, $D_{2,S}$
- A-bewerteter SPL der Sprache im Abstand von 4 m, $L_{p,A,S,4m}$
- Mittleres A-bewertetes Fremdgeräusch, $L_{p,A,B}$

Die Ergebnisse sind in den folgenden Tabellen 3.1 bis 3.6 und Abbildungen 3.2 bis 3.9 dargestellt.

Akustische Kenngröße	Messlinie D1 / Messlinie 1
STI_{next}	0,84 (M1)
r_D	17,1 m
r_P	30,3 m
$D_{2,S}$	7,5 dB
$L_{p,A,S,4m}$	57,0 dB
$L_{p,A,B}$	37,7 dB

Tabelle 3.1: Senderposition D1: Akustische Kenngrößen des Raumes

[...]

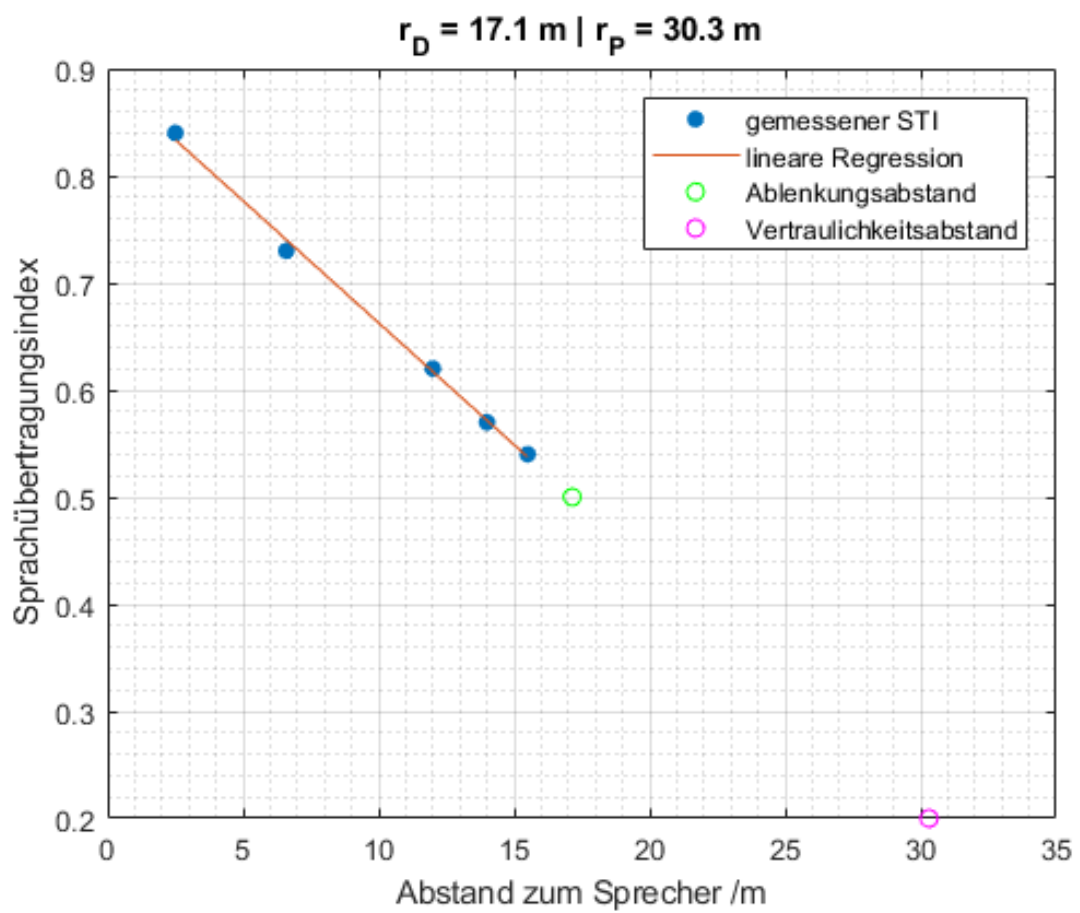


Abbildung 3.2: Messlinie D1 all: STI über \overline{DM} zur Ermittlung von r_D und r_P

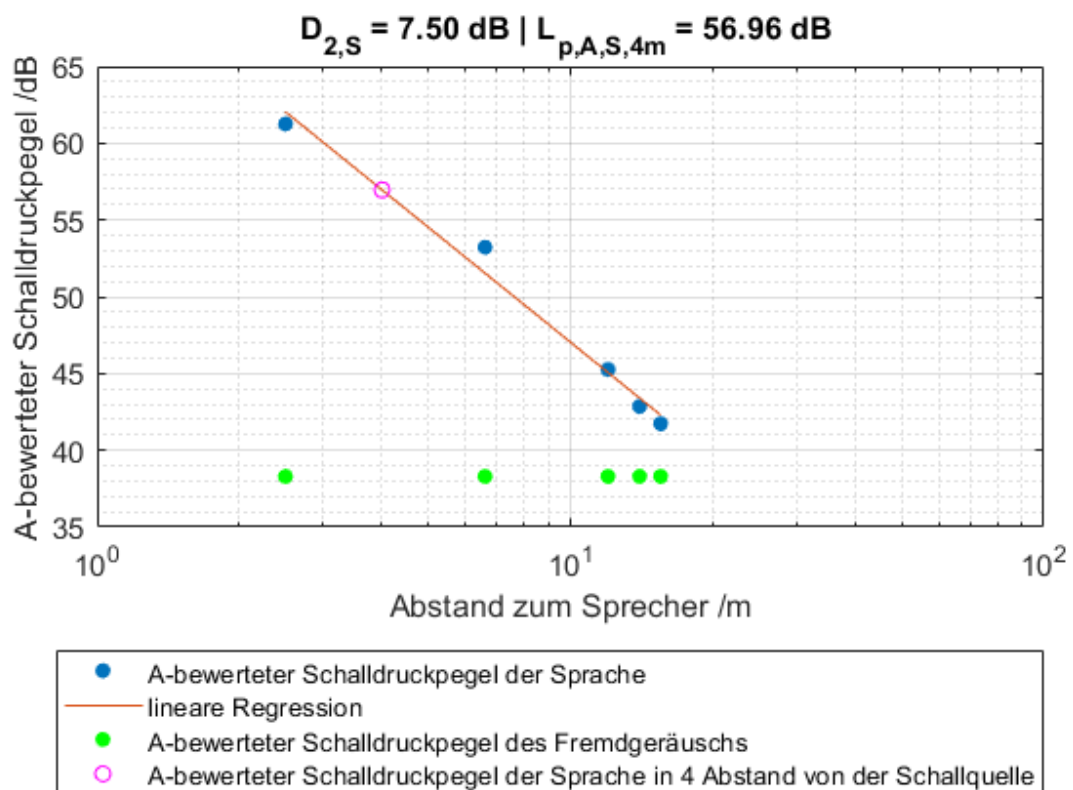


Abbildung 3.3: Messlinie D1 all: A-bewerteter SPL der Sprache über \overline{DM} zur Ermittlung von $D_{2,s}$ und $L_{p,A,S,4m}$



AURI AKUSTIK

[...]

3.3 INTERPRETATION DER MESSERGEBNISSE

[...]

Zusammenfassung:

Es ergibt sich durch die heterogene Verteilung der akustischen Messwerte im Raum eine komplexe, nicht triviale akustische Situation. Zum einen können für einzelne Sender Empfänger Kombinationen akzeptable akustische Gegebenheiten an einzelnen Arbeitsplätzen erreicht werden. Zum andern sind diese Eigenschaften allerdings schwankend, je nach Arbeitsplatz und Ort der Schallquelle.

Die Einordnung dieser akustisch relevanten Parameter in die Akustik Klassen C, D und E für Open Space Büroflächen legt objektiv eine verbesserungswürdige Situation der Raumakustik dar.

[...]

4 FAZIT

Die offen gestaltete Arbeitswelt wurde akustisch messtechnisch erfasst und sowohl die Nachhallzeit, als auch die akustischen Einzelparameter nach den entsprechenden Teilen der DIN 3382 bestimmt.

Die Auswertung dieser Parameter zeigt zum einen, dass die Nachhallzeit über den gesetzlich verpflichtenden Vorgaben (ASR A3.7) liegt, so dass diese im aktuellen Zustand des Raumes nicht erfüllt sind.

Zum andern ermöglichen die akustischen Werte des Ablenkungsabstand r_D , der A-bewertete SPL der Sprache im Abstand von 4 m $L_{p,A,S,4m}$ und die räumliche Abklingrate des A-bewerteten SPL der Sprache $D_{2,S}$ eine genauere Charakterisierung des Raumes. Diese Parameter weisen für alle Sender-Empfänger Kombinationen zum Großteil suboptimale Kennzahlen auf, was deutlich auf eine verbesserungswürdige Gestaltung der Raumakustik hinweist.

Die Interpretation dieser Messergebnisse muss stets unter Einbezug aller genannten Parameter erfolgen und lässt deutliche Rückschlüsse über eine zu optimierende Einschränkung der Schallausbreitung, speziell in der horizontalen Ebene zu. Für den untersuchten Raum bedeutet dies schlussendlich, dass die vorhandenen Systemtrennwände und Bürotrennelemente zwischen den Arbeitsplätzen sowie die hoch absorbierende akustische Decke in Summe nicht ausreichend

sind, um akustisch bestmögliche Arbeitsbedingungen zu gewährleisten. Zur Optimierung der akustischen Situation ist daher eine systematische Planung und zielführende Installation von zusätzlichen akustischen Maßnahmen zu empfehlen.

APPENDIX - ANGABEN ZUR VERWENDETEN SCHALLQUELLE

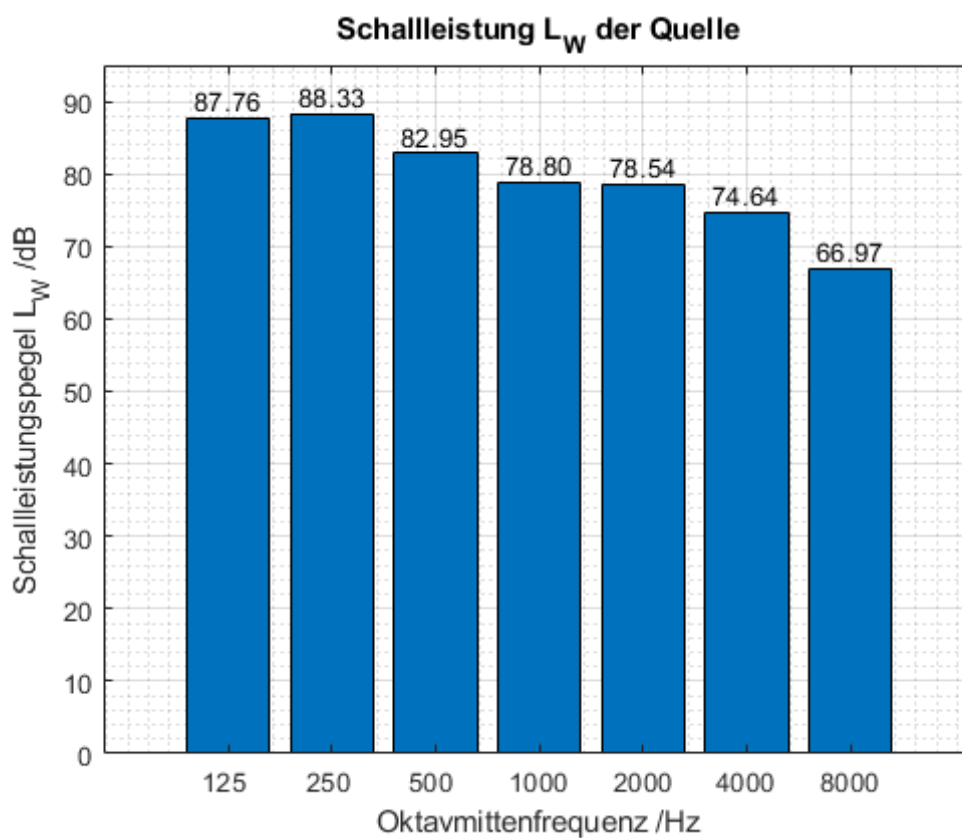


Abbildung 4.1: Schalleistungspegel des Dodekaeders in Oktavbändern bei Anregung mit rosa Rauschen

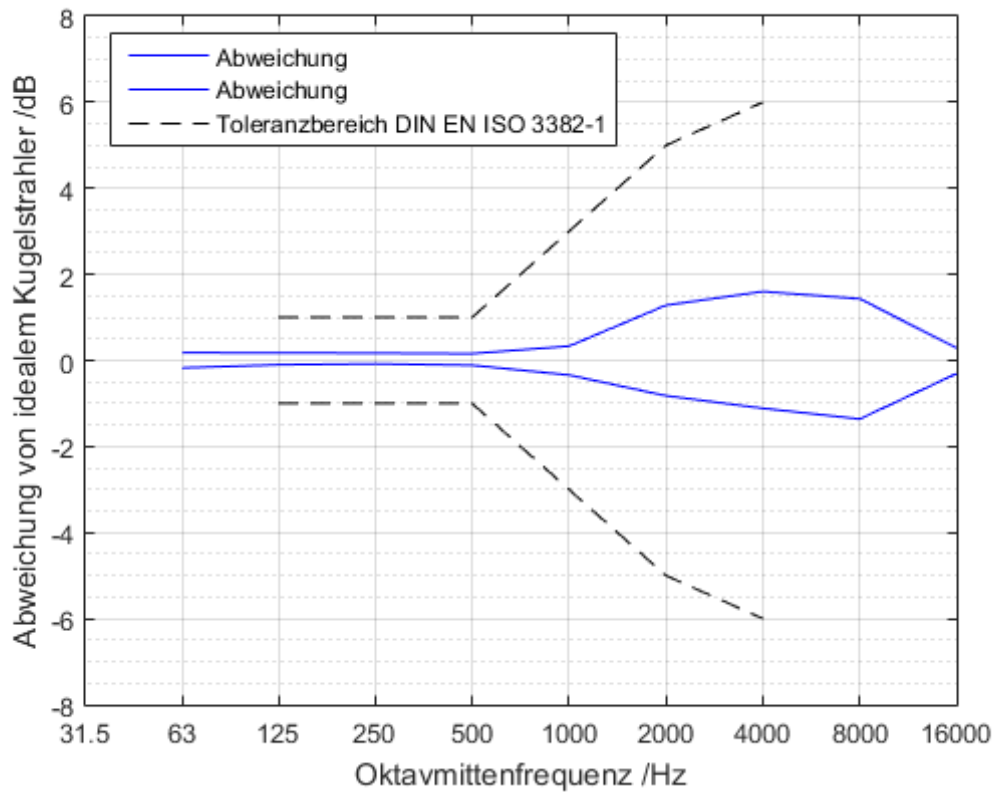


Abbildung 4.2: Maximale Abweichung der Abstrahlung des Dodekaeders von einer idealen Kugelquelle mit Toleranzbereichen nach DIN EN ISO 3382-1

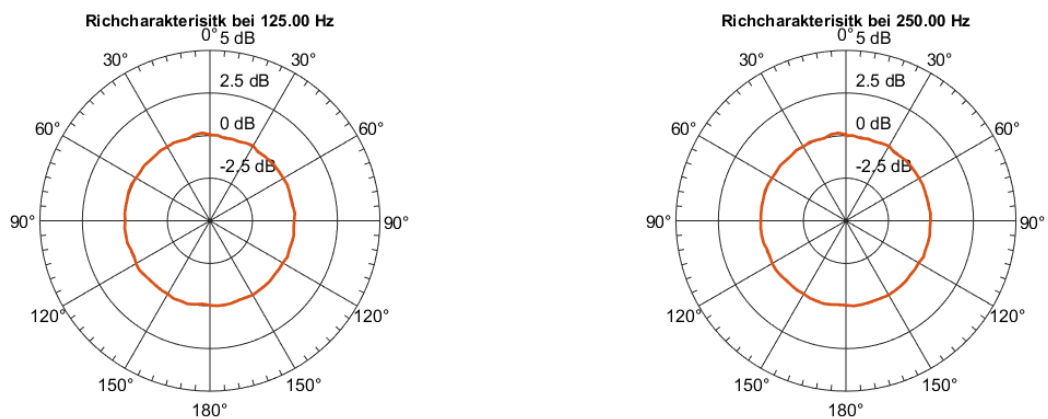


Abbildung 4.3: Richtcharakteristik Dodekaeder: 125 Hz und 250 Hz

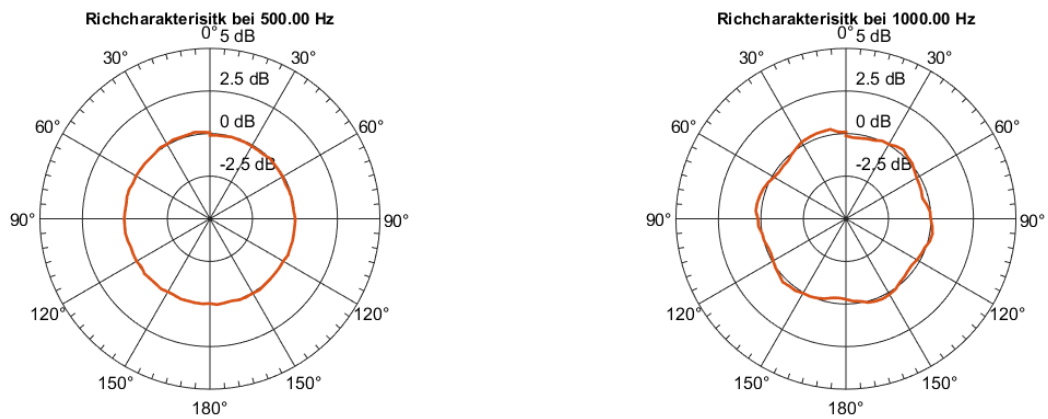


Abbildung 4.4: Richtcharakteristik Dodekaeder: 500 Hz und 1000 Hz

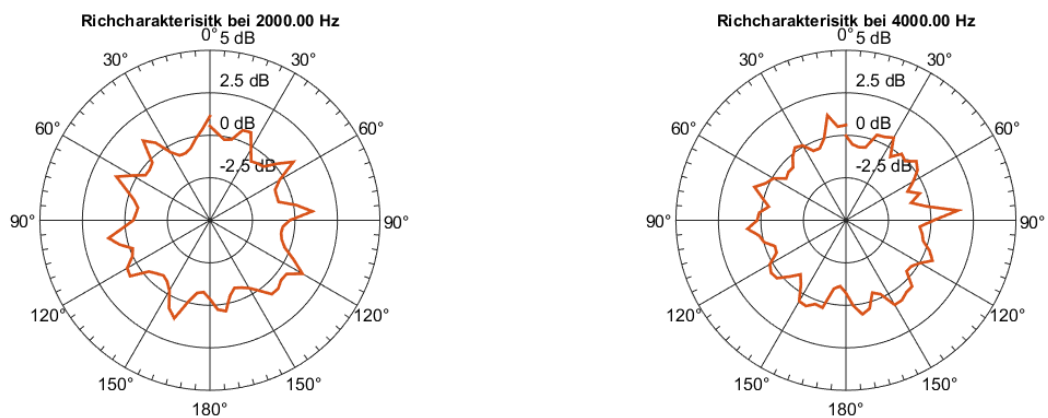


Abbildung 4.5: Richtcharakteristik Dodekaeder: 2000 Hz und 4000 Hz

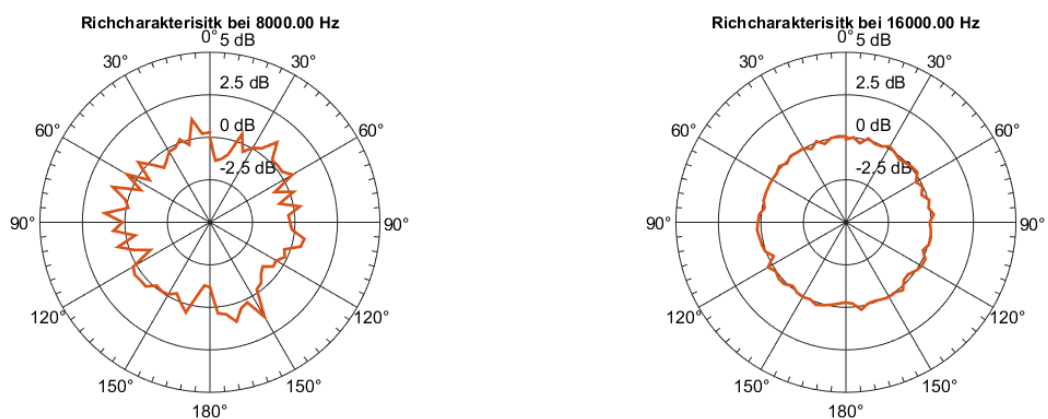


Abbildung 4.6: Richtcharakteristik Dodekaeder: 8000 Hz und 16000 Hz