

Dokumentation Aufnahmen Akustische Gitarre

Franz Zotter und Daniel Rudrich

19. März, 2018

1 Raum

Die Aufnahmesitzung für die hier beschriebenen Aufnahmen mit akustischen Gitarren fand am 26.01.2017 im IEM CUBE statt. Der IEM CUBE ist $10 \times 11 \times 4.5$ m (L \times B \times H), an den seitlichen Wänden und frontal befinden sich Verbundplattenresonatoren, an der Decke sind Breitband-Kompakt-Absorber angebracht, und an der seitlichen und frontalen Raumoberkante ist eine vorspringende Lochgipsvorsatzschale montiert, hinter der sich die Lüftung befindet. Der Boden ist Klebeparkett, die Fensterfront hinten größtenteils mit Moltonvorhang zugezogen, die leicht tapezierten Stühle sind vor selber Fensterfront gestapelt. Der Raum besitzt eine Nachhallzeit von rund 0.5 s und damit für Kugelstrahler einen Hallradius von rund 1.7 m. Der A-bewertete Ruhegeräuschpegel liegt bei rund 22 dBA. Die Mikrofonpositionen im Raum und die Geometrie der Aufnahme sind in Abbildung 1 dargestellt.

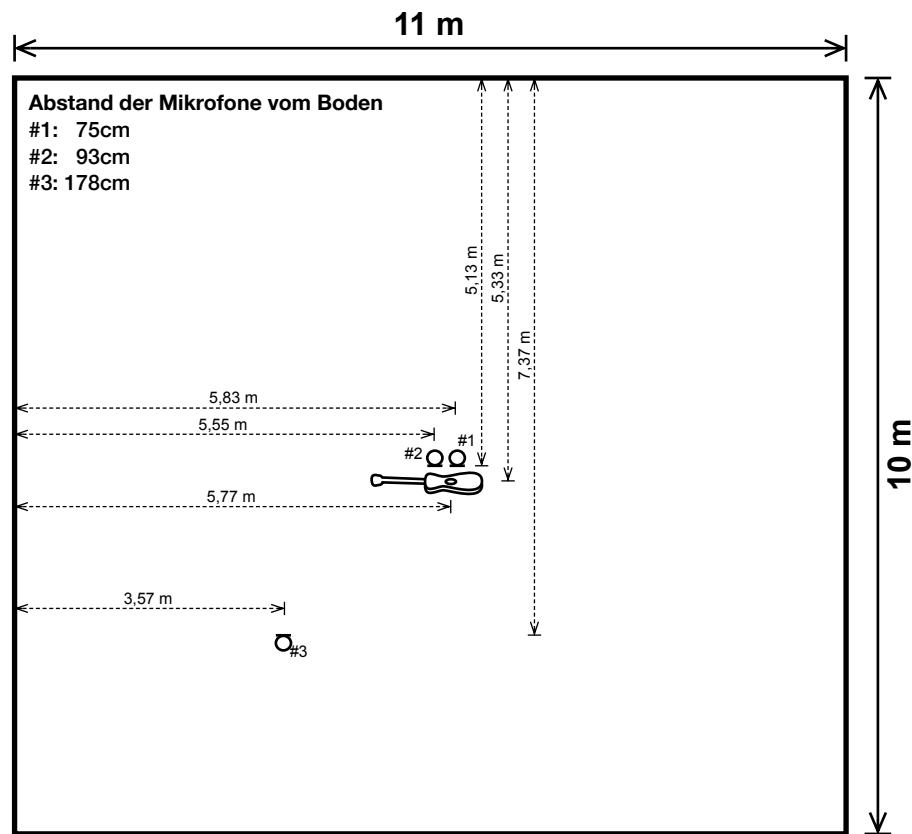


Abbildung 1: Aufnahmegeometrie im IEM CUBE.

	Mikrofon	Richtw.	Einstellungen	Position	Quell-Abstand
Mic 1	AKG C414 B/ULS	Niere	ohne Dämpfung/Trittschallfilter	Steg Gitarre	21 cm
Mic 2	AKG C414 B/ULS	Niere	ohne Dämpfung/Trittschallfilter	Hals Gitarre	29 cm
Ref1	NTI (M2230)	Kugel	-	Steg Gitarre	21 cm
Ref2	NTI (M2230)	Kugel	-	Hals Gitarre	29 cm
Ref3	NTI (M2230)	Kugel	-	Raum	3 m

Tabelle 1: Bezeichnungen der verwendeten Mikrofone, Richtwirkungen, Einstellungen und Position.

Gerät	Bezeichnung
ADDA-Verstärker	Andiamo.MC
DI-Box	BSS AR133

Tabelle 2: Bezeichnungen des verwendeten Equipments.

Instrument	Bezeichnung
Klassik-Gitarre	Hanika (59PF)
Western-Gitarre	Taylor 12-fret (612ce)

Tabelle 3: Liste der aufgenommenen Instrumente.

Aufnahme	Stück	Dauer	Instrument/Technik	Format
Flageolet-Taylor-[MIC].wav	Flageolet	2 s	Taylor+Plectrum	24bit@44.1 kHz
Jazzkadenz_Hanika-[MIC].wav	Jazzkadenz	10 s	Hanika+Finger Picking	24bit@44.1 kHz
Jazzkadenz-Taylor-[MIC].wav	Jazzkadenz	10 s	Taylor+Finger Picking	24bit@44.1 kHz
Kleiderschrank-Taylor-[MIC].wav	Kleiderschrank	5 s	Taylor+Plectrum	24bit@44.1 kHz
Sommerhit1998-Taylor-[MIC].wav	Sommerhit 1998	8 s	Taylor+Finger Picking	24bit@44.1 kHz
Sommerhit2016-Taylor-[MIC].wav	Sommerhit 2016	7 s	Taylor+Finger Picking	24bit@44.1 kHz
Joyride-Taylor-[MIC].wav	Joyride	5 s	Taylor+Plectrum	24bit@44.1 kHz

Tabelle 4: Liste der aufgezeichneten Gitarrenstücke.



Abbildung 2: Fotodokumentation der Aufnahmesituation im Überblick, Mikrofonpositionierung (Decke und Hals), Lautsprecherposition für die Impulsantwortmessung.

Zur weiteren akustischen Beschreibung des Raums wurden Sweepmessungen angefertigt. Die akustischen Laufzeiten werden in Abb. 3 mit jenen aus den Impulsantworten bestimmten verglichen. Die Abweichungen in der Geometrie von jenen in der Skizze sind offenbar mit 7...12 cm begrenzt.

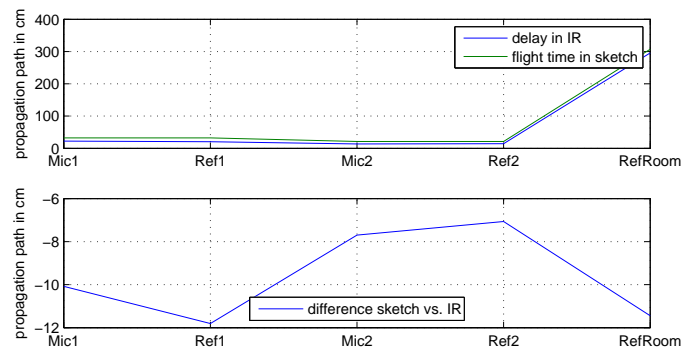


Abbildung 3: Vergleich der akustischen Laufzeiten aus den Impulsantworten (Puffer=96 Samples) mit jenen aus der Skizze berechneten Laufzeiten überprüft die Positionierung.

1.1 Überprüfung der Nachhallzeit aus der Impulsantwortmessung

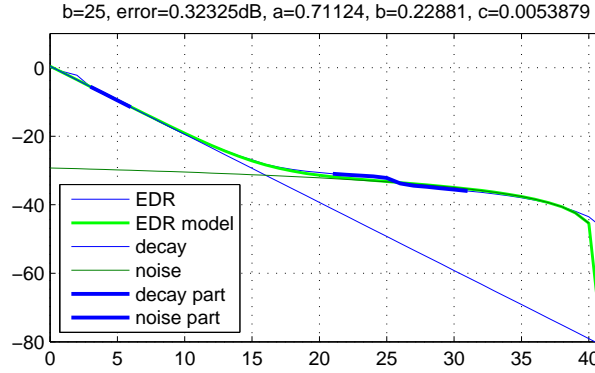


Abbildung 4: Das über alle eingesetzten Mikrofone mittlere Energie-Auskling-Relief (EDR), Terzband um 8kHz, geht ab dem 15. Abtastwert in Rauschen über. Das Modell $h[n] = a \mathcal{N}_{\text{RIR}}[n] e^{-bn} + c \mathcal{N}_{\text{Rauschen}}[n]$, damit der Erwartungswert $EDR[n] = \frac{a^2 e^{-2bn}}{2b} + c^2(N - n)$, lässt im Skript `edrNoisyParamFinder.m` Rückrechnung auf die Parameter a , b , c , und somit eine entstörte Nachhallzeit $T_{60} = \frac{3 \ln(10) 512}{b f_s}$ zu.

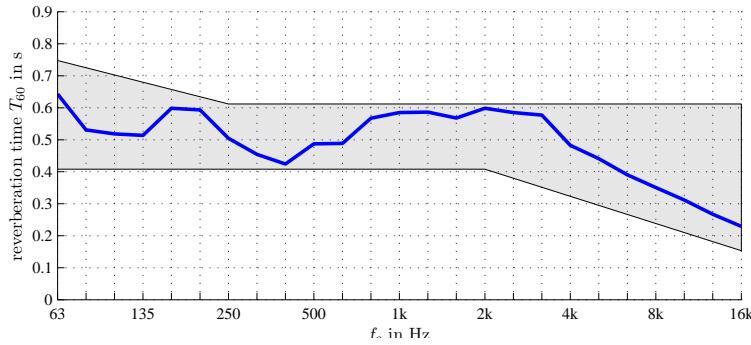


Abbildung 5: Nachhallzeitkurve des Aufnahmerraums IEM CUBE; als Ziel wurde 0.51 s für das Toleranzschema festgelegt.

Zur Bestimmung des Nachhallzeitverlaufs aus den Impulsantworten spielen die genauen Übertragungsfaktoren der verwendeten Komponenten keine Rolle. Nur der späte, exponentielle Ausklingvorgang der ausgeschalteten Raumantwort/Raumimpulsantwort (ggf. im räumlichen Mittel) wird dabei berücksichtigt.

Das Auswertungsprogramm `analyze_IRs.m` führt folgende Schritte durch:

- Zerlegung per 1024-Punkte STFT mit Sprunggröße 512 mit Ausgabe einer Quadratsumme in Terzen (Filterung geschieht mit leistungs-komplementärer Sinus-Quadratfensterung der STFT-Bins, `stft_thirdoctave.m` aus <https://git.iem.at/p2774/RIRTools>, v1.4, May 31st 2017).
- Rückwärtsintegration (EDRCalc.m aus selbem git-Repository) zur Berechnung der Energie-Auskling-Reliefs (EDRs) für jeden Lautsprecher und jedes Mikrofon im Raum in Terzen
- Analyse der EDRs in Nachhallzeit und Störgeräuschpegelschätzung zur Entfernung am zeitlichen Ende der EDRs (`edrNoisyParamFinder.m` aus selbem git-Repository), siehe Fig. 4.

Die Nachhallzeitkurve ist in Abb. 5 gezeigt und beträgt in etwa 0.5 s.

Der Hallradius in Abb. 6 ist etwa $r_H = 1.8$ m.

Mit geringen Bündelungsfaktoren der Nierenmikrofone $\sqrt{\gamma} = \sqrt{3}$ gerechnet, und mit einer Annahme, dass die Gitarre ebenfalls mit $\sqrt{3}$ schwach bündeln würde, dürfte der Richtradius etwa um den Faktor 3 zu 5.4 m ansteigen.

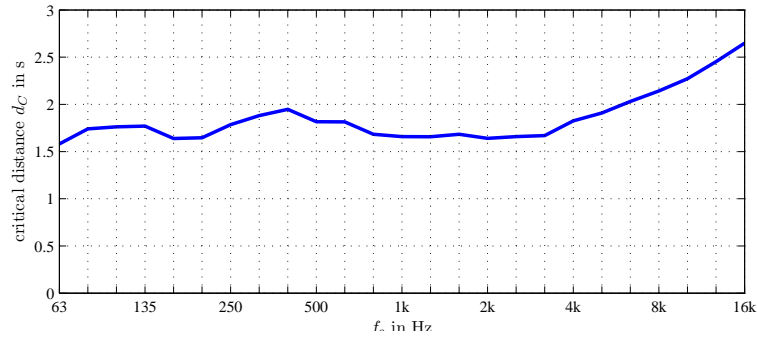


Abbildung 6: Hallradius des IEM CUBE $r_H = 0.057\sqrt{\frac{V}{T}}$ mit $B \times T \times H = 11 \times 10 \times 4.5$ m.

Die Aufnahmen im Abstand von etwa 30 cm müssten damit mit einem Direkt-zu-Diffusverhältnis von 18, also 25.1 dB, überwiegend Direktschall beinhalten. Wird ohne Richtfaktor gerechnet, so überwiegt der Direktanteil noch um den Faktor 6, damit 15.6 dB.

1.2 Übertragungsfaktoren und Überprüfung



Abbildung 7: Phantomgespeister Referenzspannungssoszillator.

	Messung Osz. V -40 dBu	Messung Pist. SPL 94 dB(p0)	Einstellung A/D dBu@0dBFS	Spezifikation Sens. dBV@1 Pa
Mic 1	-24.3 dBFS		-16	-38
Ref 1	-34.4 dBFS	-18.3 dBFS	-6	-27.5
Mic 2	-24.3 dBFS		-16	-38
Ref 2	-27.4 dBFS	-13.2 dBFS	-13	-27.5
Ref 3	-17.4 dBFS	-2.5 dBFS	-23	-27.5

Tabelle 5: Vermessung Wandlerkonstanten der Referenzmikrofone durch Pistophon und A/D-Umsetzung mit 1kHz -40dBu Spannungssoszillator; eingestellte Verstärkungswerte am Umsetzer und Mikrofonsensitivitäten lt. Datenblatt.

Überprüfung eingestellter A/D-Umsetzerkonstanten. Tabelle 5 zeigt in den letzten beiden Spalten die am Umsetzer eingestellten Vorverstärkungen des Andiamo.MC und die Empfindlichkeiten der Mikrofone laut Datenblatt. Die Messwerte der ersten Spalte (-40 dBu Referenzoszillator) ist konsistent mit den eingestellten Vorverstärkerwerten in der Andiamo Remote Software (Spalte 3), mit geringen Abweichungen von etwa konstant 0.4 dB

Mic 1: $-40\text{dBu} - (-24.3\text{dBFS}) = -15.7\text{dBu@0dBFS} \approx -16\text{dBu@0dBFS}$,

Ref 1: $-40\text{dBu} - (-34.4\text{dBFS}) = -5.6\text{dBu@0dBFS} \approx -6\text{dBu@0dBFS}$,

Mic 2: $-40\text{dBu} - (-24.3\text{dBFS}) = -15.7\text{dBu@0dBFS} \approx -16\text{dBu@0dBFS}$,

Ref 2: $-40\text{dBu} - (-27.4\text{dBFS}) = -12.6\text{dBu@0dBFS} \approx -13\text{dBu@0dBFS}$,

Ref 3: $-40\text{dBu} - (-17.4\text{dBFS}) = -22.6\text{dBu@0dBFS} \approx -23\text{dBu@0dBFS}$.

Überprüfung der Empfindlichkeit der Referenzmikrofone. Die Empfindlichkeiten in dBV (0dBV = +2.22dBu) sind für die Referenzmikrofone konsistent mit den Herstellerangaben. Für die Referenzmikrofone ergibt sich laut Herstellerangabe -27.5dBV@1Pa das ist ungefähr gleich wie die Messwerte aus Spalte 2 zuzüglich der Einstellwerte aus Spalte 3 und die Umrechnung auf dBV:

Ref 1: $-18.3\text{dBFS@1Pa} - 6\text{dBu@0dBFS} - 2.22\text{dBV@0dBu} = -26.52\text{dBV@1Pa}$,

Ref 2: $-13.2\text{dBFS@1Pa} - 13\text{dBu@1dBFS} - 2.22\text{dBV@0dBu} = -28.42\text{dBV@1Pa}$,

Ref 3: $-2.5\text{dBFS@1Pa} - 23\text{dBu@1dBFS} - 2.22\text{dBV@0dBu} = -27.72\text{dBV@1Pa}$,

was mit -0.98 , $+0.92$ und $+0.22$ innerhalb der $\pm 2\text{dB}$ Toleranz des Herstellers liegt.

Überprüfung der Übertragungsfaktoren von Mic 1,2. Zur groben Überprüfung der Übertragungsfaktoren der Aufnahmemikrofone wurden die auf 128 Abtastwerte geschnittenen Direktanteile (mit 20 Abtastwerten Vorlauf, 10 \sin^2 -förmige Einblendungsgewichte zu Beginn und 70 \cos^2 -förmige Ausblendungsgewichte zum Ende hin) zwischen 200 und 800 Hz gemittelt, Abb. 8. Aus dem Vergleich ergibt sich, dass Mic 1 und Ref 1 die gleichen Gesamtübertragungsfaktoren für Direktbeschallung besitzen (0.0 dB), Mic 2 um 1.1 dB lauter als Ref 2 überträgt. Damit lässt sich aus

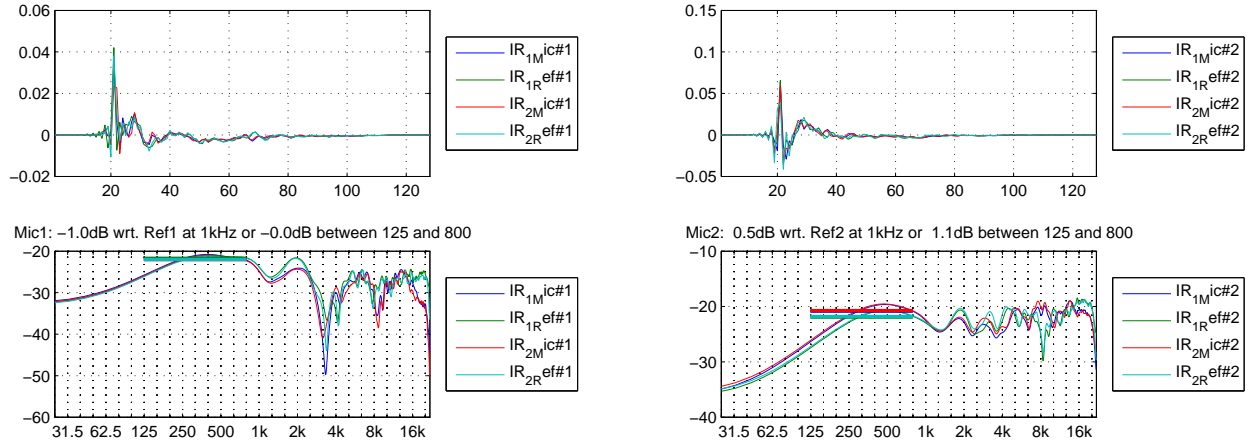


Abbildung 8: Impulsantworten (128 Abtastwerte) und Frequenzgänge der Aufnahmemikrofone bezogen auf Referenzmikrofone für Mic 1 und Ref 1 (links) sowie Mic 2 und Ref 2 (rechts).

Tab. 5 rückschließen, dass die mit der Herstellerangabe $-38\text{dBV}@1\text{Pa}$ angegebenen Übertragungsfaktoren der Aufnahmemikrofone durch Impulsantwortmessung gefunden werden zu
 Mic 1 zu Ref 1: $0\text{dB Mic1 vs dB Ref1} - 26.52\text{dBV}@1\text{Pa}@Ref1 - 16\text{dB Mic1} + 6\text{dB Ref1} = -36.52\text{dBV}@1\text{Pa}$,
 Mic 2 zu Ref 2: $+1.1\text{dB Mic1 vs dB Ref1} - 28.42\text{dBV}@1\text{Pa}@Ref1 - 16\text{dB Mic2} + 13\text{dB Ref2} = -30.32\text{dBV}@1\text{Pa}$,
 was für Mic 2 nicht ganz der Angabe $-38\text{dBV}@1\text{Pa}$ entspricht.

Gesamtübertragungsfaktoren. Die Gesamtübertragungsfaktoren der Mikrofone ergeben sich aus der Mikrofonempfindlichkeit (Herstellerangabe) zuzüglich der Umrechnung auf dBV ($0\text{dBV} = +2.22\text{dBu}$), und der eingestellten Verstärkung am A/D-Umsetzer zu:

Mic 1: $-38\text{dBV}@1\text{Pa} + 2.22\text{dBu}@1\text{dBV} - (-16\text{dBu}@0\text{dBFS}) = -19.8\text{dBFS}@1\text{Pa}$,

Ref 1: $-27.5\text{dBV}@1\text{Pa} + 2.22\text{dBu}@1\text{dBV} - (-6\text{dBu}@0\text{dBFS}) = -19.3\text{dBFS}@1\text{Pa}$,

Mic 2: $-38\text{dBV}@1\text{Pa} + 2.22\text{dBu}@1\text{dBV} - (-16\text{dBu}@0\text{dBFS}) = -19.8\text{dBFS}@1\text{Pa}$,

Ref 2: $-27.5\text{dBV}@1\text{Pa} + 2.22\text{dBu}@1\text{dBV} - (-6\text{dBu}@0\text{dBFS}) = -19.3\text{dBFS}@1\text{Pa}$,

Ref 3: $-27.5\text{dBV}@1\text{Pa} + 2.22\text{dBu}@1\text{dBV} - (-23\text{dBu}@0\text{dBFS}) = -2.3\text{dBFS}@1\text{Pa}$.

Die Verstärkungsfaktoren außer jenem des Raummikrofons (Ref 3) sind daher nahezu gleich. Die zur Aussteuerung um rund 20 dB höhere Verstärkung für das Raummikrofon erklärt sich mit dem etwa 10-fachen Abstand des Mikrofons zum Instrument.

1.3 Hintergrundgeräusch im Aufnahmerraum

Mit Referenzmikrofonen wurde das Hintergrundgeräusch aufgezeichnet und mit der oben beschriebenen Terzbandzerlegung und den oben angeführten Übertragungsfaktoren (Spalte 2, Tabelle 5) ausgewertet, siehe Abbildung 9. Der breitbandige und A-bewertete Schallpegel sind in Tabelle 6 angeführt.

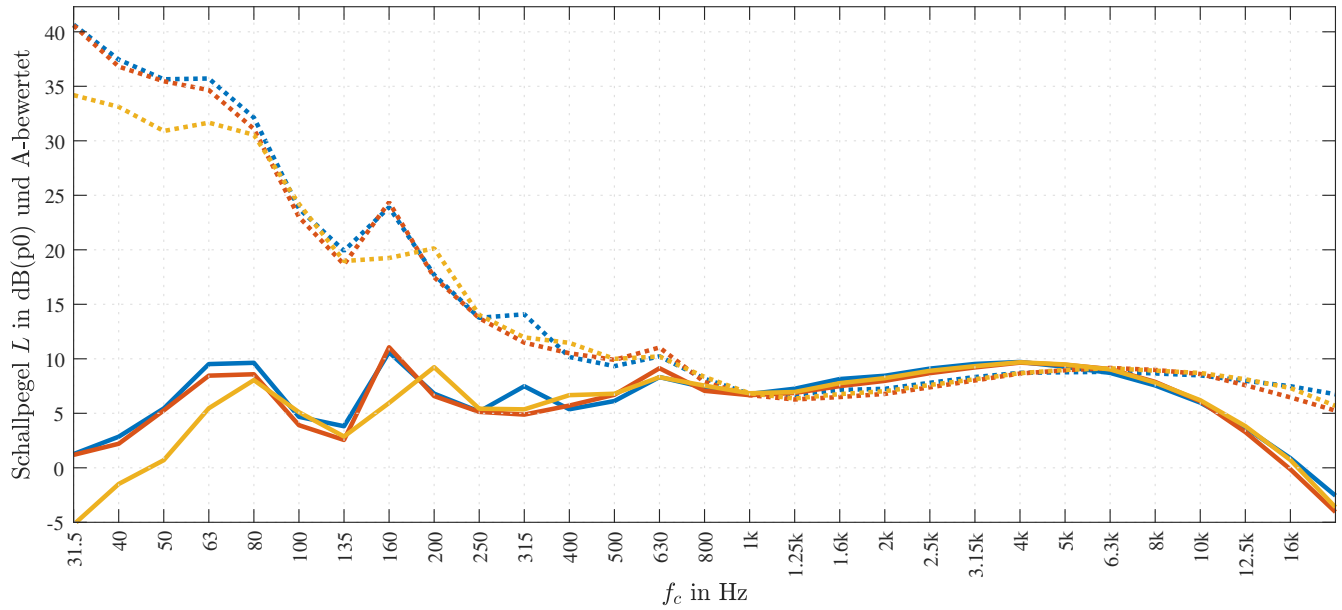


Abbildung 9: Hintergrundgeräuschpegel mit und ohne A-Bewertung an den Positionen der drei Referenzmikrofone in Terzen.

Tabelle 6: Hintergrundgeräusch an den Positionen der drei Referenzmikrofone als Gesamtpegel (A-bewertet und unbewertet).

	dBA	dB
Ref 1	21.9	44.3
Ref 2	21.7	44.9
Ref 3	21.4	39.6