

# Dokumentation Aufnahmen Akustische Gitarre, 2. Sitzung

Franz Zotter und Daniel Rudrich

3. Mai, 2018

## 1 Raum

Die Aufnahmesitzung für die hier beschriebenen Aufnahmen mit akustischen Gitarren fand am 12.04.2017 im IEM CUBE statt. Der IEM CUBE ist  $10 \times 11 \times 4.5$  m (L×B×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. Die Mikrofonpositionen im Raum und die Geometrie der Aufnahme sind in Abbildung 1 dargestellt.

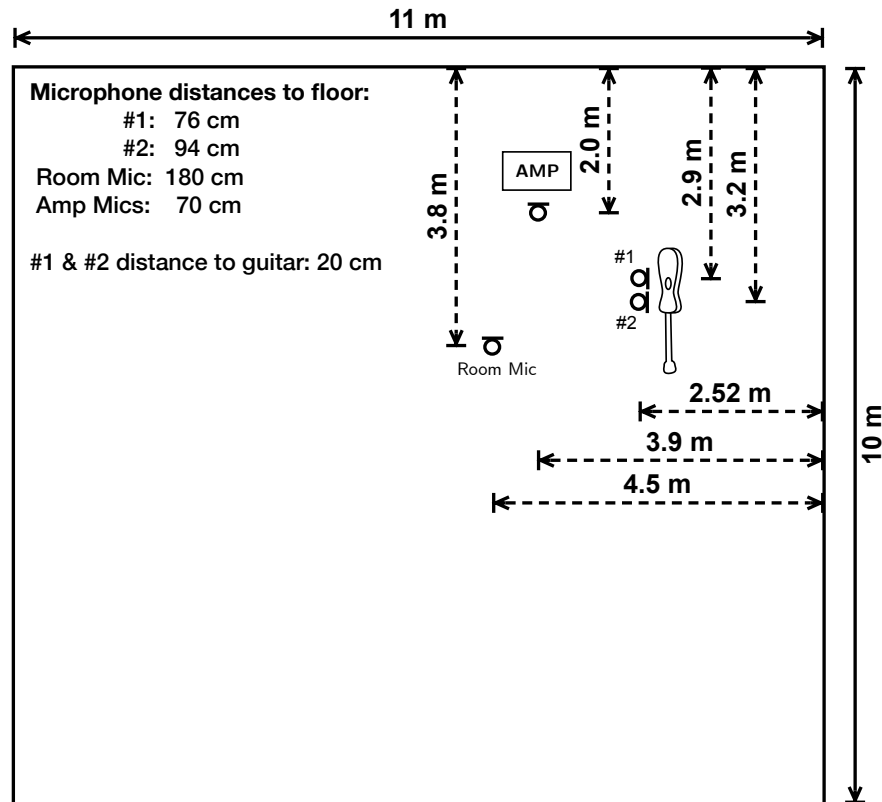


Abbildung 1: Aufnahmegeometrie im IEM CUBE.

Zur weiteren akustischen Beschreibung des Raums wurden Sweepmessungen angefertigt. Die akustischen Laufzeiten werden in Abb. 3 mit jenen aus den Impulsantworten bestimmten verglichen.

	Mikrofon	Richtw.	Einstellungen	Position	Quell-Abstand
Amp 1	AKG C414 B/ULS	Niere	ohne Dämpfung/Trittschallfilter	Amp	186 cm
Amp 2	NTI (M2230)	Kugel	-	Amp	190 cm
Amp 3	Shure SM57	Niere	-	Amp	215 cm
Mic 1	AKG C414 B/ULS	Niere	ohne Dämpfung/Trittschallfilter	Steg Gitarre	25 cm
Ref 1	NTI (M2230)	Kugel	-	Steg Gitarre	25 cm
Mic 2	AKG C414 B/ULS	Niere	ohne Dämpfung/Trittschallfilter	Hals Gitarre	25 cm
Ref 2	NTI (M2230)	Kugel	-	Hals Gitarre	25 cm
Ref 3	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)
E-Gitarre	Ibanez
Verstärker	Laney Guitar Combo 30

Tabelle 3: Liste der aufgenommenen Instrumente.

Aufnahme	Stück	Dauer	Instrument/Technik	Format
Jazzkadenz_Hanika_[MIC].wav	Jazzkadenz	10 s	Hanika+Finger Picking	24bit@44.1 kHz
MelancholiA_Taylor_[MIC].wav	Melancholie A	32 s	Taylor+Finger Picking	24bit@44.1 kHz
MelancholiB_Taylor_[MIC].wav	Melancholie B	14 s	Taylor+Finger Picking	24bit@44.1 kHz
MelancholiB-Loop_Taylor_[MIC].wav	Melancholie B Loop	25 s	Taylor+Finger Picking	24bit@44.1 kHz
modal_Taylor_[MIC].wav	Modal	14 s	Taylor+Plectrum	24bit@44.1 kHz
modal_IbanezE_[MIC].wav	Modal	16 s	Ibanez+Plectrum	24bit@44.1 kHz

Tabelle 4: Liste der aufgezeichneten Gitarrenstücke.



Abbildung 2: Fotodokumentation der Aufnahmesituation: o.l.: Überblick; u.l.: Mikrofonpositionierung Akustik Gitarren (Decke und Hals); rechts: Mikrofonierung des Gitarrenverstärkers (Seiten- und Frontansicht).

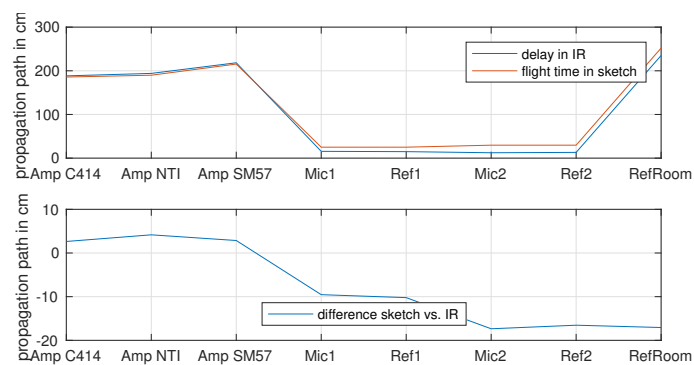


Abbildung 3: Vergleich der akustischen Laufzeiten aus den Impulsantworten (Puffer=96 Samples) mit jenen aus der Skizze berechneten Laufzeiten überprüft die Positionierung.

## 1.1 Impulsantwortmessungen zur Nachhallzeitbestimmung

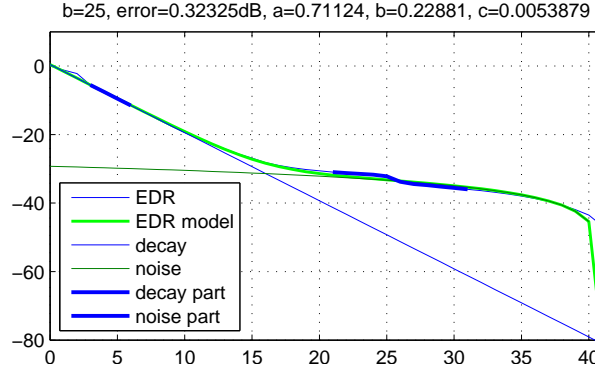


Abbildung 4: Das über alle eingesetzten Mikrofone mittlere Energie-Auskling-Relief (EDR), Terzband um 8kHz, geht ab dem 15. Abtastwert in Rauschen über. Das Modell  $h[n] = a \mathcal{N}_{\text{RIR}}[n] e^{-bn} + c \mathcal{N}_{\text{Rauschen}}[n]$ , damit der Erwartungswert  $EDR[n] = \frac{a^2 e^{-2bn}}{2b} + c^2(N - n)$ , 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.

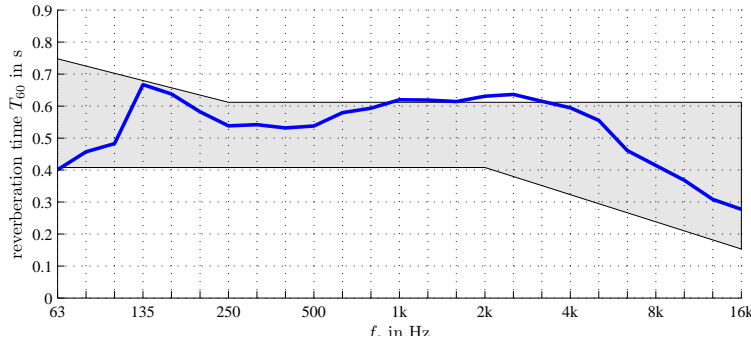


Abbildung 5: Nachhallzeitkurve des Aufnahmerraums IEM CUBE; als Ziel wurde 0.51 s für das Toleranzschema festgelegt.

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.

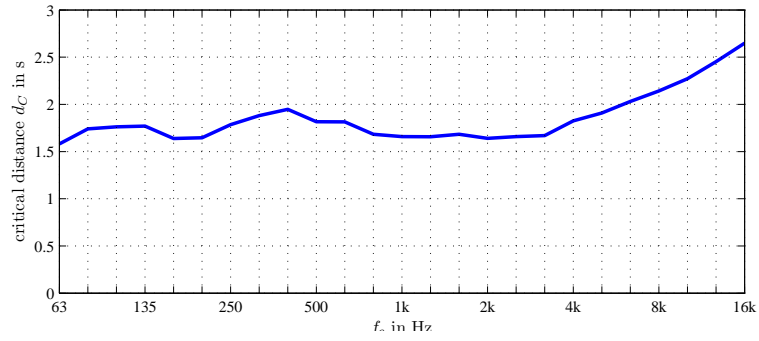


Abbildung 6: Hallradius des IEM CUBE  $r_H = 0.057\sqrt{\frac{V}{T}}$  mit  $B \times T \times H = 11 \times 10 \times 4.5$  m.

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 Mikrofonvorverstärkung

	Messung Pist. SPL 94 dB(p0)	Einstellung A/D dBu@0dBFS	Spezifikation Sens. dBV@1 Pa
Bridge-C414		-21	-38
Bridge-NTI	-14.9 dBFS	-10	-27.5
Neck-C414		-22	-38
Neck-NTI	-16.4 dBFS	-10	-27.5
Room-NTI	-15.7 dBFS	-10	-27.5
Amp-C414		4	-38
Amp-SM57		-17	-54.5
Amp-NTI	-44.1 dBFS	17	-27.5

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

Tabelle 5 zeigt die am Wandler eingestellten Vorverstärkungen des Andiamo.MC und die Empfindlichkeiten der Mikrofone laut Datenblatt. Es wurde keine Messung der Vorverstärkungsempfindlichkeit durchgeführt, da die Genauigkeit des eingestellten Faktors am Andiamo.MC laut Aufnahmesitzung im Januar 2017 auf etwa konstant 0.4dB genau übereinstimmt.

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

Bridge-NTI:  $-14.9\text{dBFS}@1\text{Pa} - 10\text{dBu}@0\text{dBFS} - 2.22\text{dBV}@0\text{dBu} = -27.12\text{dBV}@1\text{Pa}$ ,

Neck-NTI:  $-16.4\text{dBFS}@1\text{Pa} - 10\text{dBu}@0\text{dBFS} - 2.22\text{dBV}@0\text{dBu} = -28.72\text{dBV}@1\text{Pa}$ ,

Room-NTI:  $-15.7\text{dBFS}@1\text{Pa} - 10\text{dBu}@0\text{dBFS} - 2.22\text{dBV}@0\text{dBu} = -27.92\text{dBV}@1\text{Pa}$ ,

Amp-NTI:  $-44.1\text{dBFS}@1\text{Pa} + 17\text{dBu}@0\text{dBFS} - 2.22\text{dBV}@0\text{dBu} = -29.32\text{dBV}@1\text{Pa}$ ,

was mit +0.38, -1.22, +0.42 und -1.82 innerhalb der  $\pm 2\text{dB}$  Toleranz des Herstellers liegt.

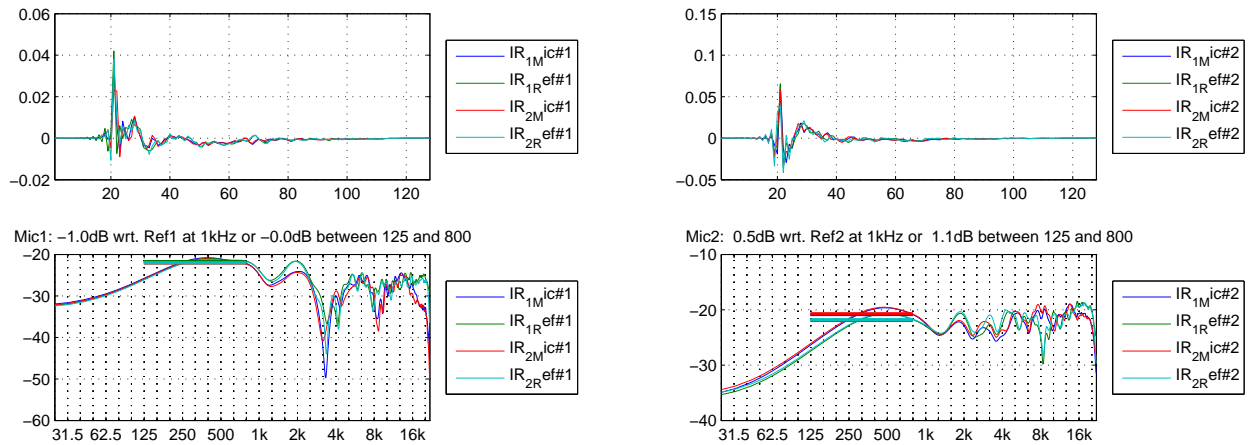


Abbildung 7: Impulsantworten (128 Abtastwerte) und Frequenzgänge der Aufnahmemikrofone bezogen auf Referenzmikrofone für Mic 1 und Ref 1 (links) sowie Mic 2 und Ref 2 (rechts).

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 Ausblendgewichte zum Ende hin) zwischen 200 und 800 Hz gemittelt, Abb. 7. Aus dem Vergleich ergibt sich, dass Bridge-C414 um 1.2 dB lauter als Bridge-NTI überträgt, Amp-C414 mit -3.8dB leiser als AMP-NTI, Bridge-C414 um 1.2dB lauter als Bridge-NTI, Amp-SM57 mit -4.8dB leiser als Amp-NTI, und Neck-C414 um 2.4dB lauter als Neck-NTI. Damit lässt sich aus den Einstellwerten am Wandler Tab. 5 rückschließen, ob die Sensitivitäten der betreffenden Mikrofone in etwa den Herstellerangaben entsprechen:

Bridge-C414:  $-27.12\text{dBV@1Pa@BridgeNTI} - 21\text{dBu} + 10\text{dBu@BridgeNTI} = -38.12\text{dBV@1Pa}$ ,

Neck-C414:  $-28.72\text{dBV@1Pa@NeckNTI} - 22\text{dBu} + 10\text{dBu@NeckNTI} = -40.72\text{dBV@1Pa}$ ,

Amp-C414:  $-44.1\text{dBV@1Pa@AmpNTI} + 4\text{dBu} - 17\text{dBu@AmpNTI} = -57.1\text{dBV@1Pa}$ ,

Amp-SM57:  $-44.1\text{dBV@1Pa@AmpNTI} - 17\text{dBu} - 17\text{dBu@AmpNTI} = -76.1\text{dBV@1Pa}$ ,

was an den beiden ersten Mikrofonen an der Gitarre (Bridge+Neck) den spezifizierte Empfindlichkeitswert von  $-38\text{dBV@1Pa}$  genau genug bestätigt. Die Werte für die beiden Mikrofone am Verstärker ergeben erst durch die rückwärtige Bespielung in der gegebenen Aufstellung (Dämpfung durch Nierenrichtwirkung der Mikrofone) erst unter der Annahme einer 20 dB Dämpfung eine sinnvolle Überprüfung der mit  $-38\text{dBV@1Pa}$  und  $-54.5\text{dBV@1Pa}$  spezifizierten Sensitivitäten.

### 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 8. Der breitbandige und A-bewertete Schallpegel sind in Tabelle 6 angeführt.

Das lautere Rauschen des Mikrofons am Verstärker entsteht vermutlich durch die größere Dämpfungseinstellung am Mikrofon (oder der Gitarrenverstärker war eingeschaltet - dann müsste es allerdings auch ein wenig brummen).

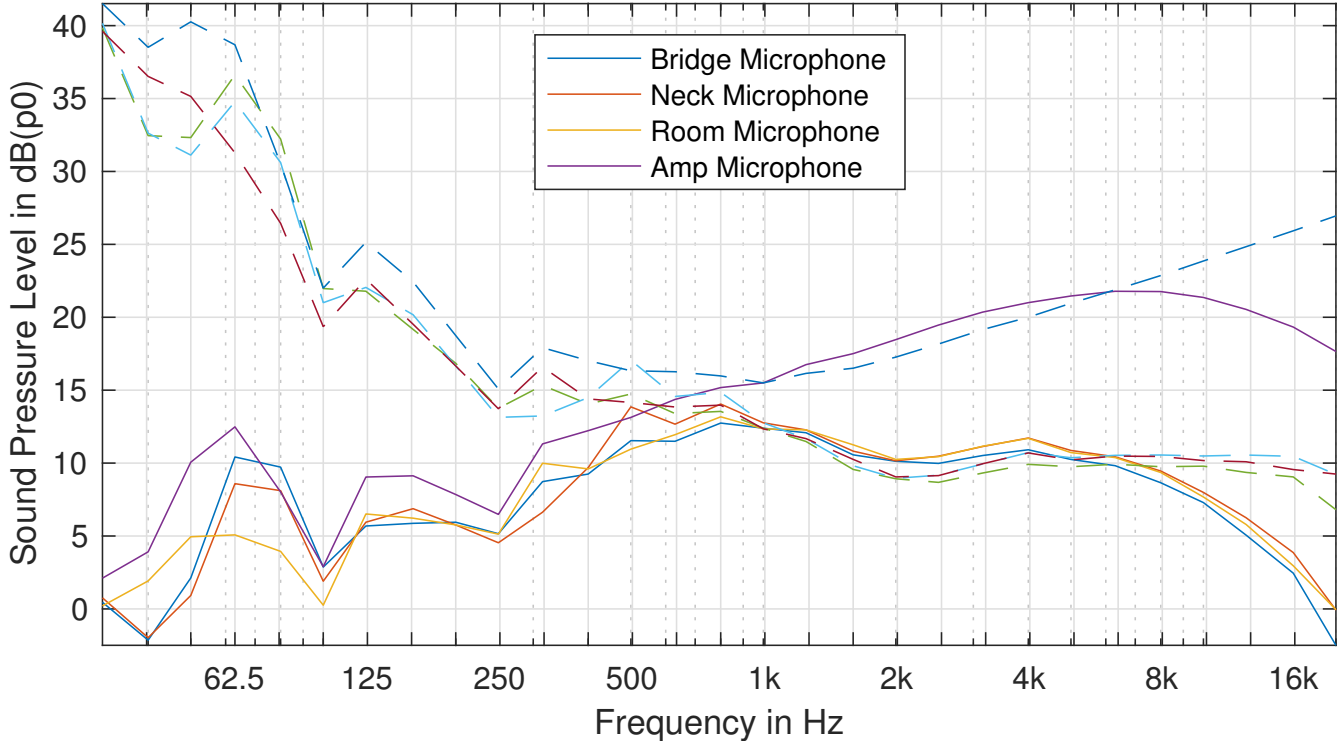


Abbildung 8: Hintergrundgeräuschpegel mit und ohne A-Bewertung an den Positionen der vier Referenzmikrofone in Terzen.

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

	dBA	dB
Bridge-NTI	23.6	43.0
Neck-NTI	24.1	42.7
Room-NTI	23.7	42.9
Amp-NTI	31.9	46.4