Empa
Überlandstrasse 129
CH-8600 Dübendorf
T +41 58 765 11 11
F +41 58 765 11 22
www.empa.ch

Empa
Materials Science and Technology

Schallpegelmess-Apps

Untersuchungsbericht:	Empa-Nr. 5214.018547
Auftrag:	im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU
Anzahl Seiten inkl. Beilagen:	36

Inhaltsverzeichnis

1 Ausgangslage und Auftrag
2 Einleitung
3 Untersuchte Apps und Hardware
4 Messkonzept
5 Ergebnisse
6 Fazit

Dübendorf, 21.12.2018	Abteilung Akustik / Lärmminderung
Der Projektleiter:	Der Abteilungsleiter:
K. Heutschi	K. Eggenschwiler

Anmerkung: Bericht und Unterlagen werden 10 Jahre archiviert.

Disclaimer: Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

1 Ausgangslage und Auftrag

Smartphones verfügen über sämtliche Elemente (Mikrophon, A/D-Wandler, Prozessor für die Signalverarbeitung, Display für die Resultatdarstellung), die zum Bau eines Schallpegelmessers benötigt werden. Folgerichtig sind verschiedenste Apps verfügbar, die versprechen, ein Smartphone in ein akustisches Messgerät zu verwandeln. Da auch auf Behördenseite bzw. bei Vollzugsstellen ein Interesse an einfach verfügbaren und kostengünstigen Schallpegelmessgeräten besteht, hat das BAFU die Empa, Abteilung Akustik / Lärmminderung mit der messtechnischen Evaluation von fünf aktuellen Apps auf den Plattformen Android und iOS beauftragt. Die Untersuchung orientiert sich an früheren Messungen aus den Jahren 2013 bis 2015.

2 Einleitung

In einer Ende August abgeschlossenen Untersuchung hat Simon Prenner im Rahmen einer bei der FALS des Kt. Zürich durchgeführten Praktikumsarbeit die Benutzerfreundlichkeit von aktuellen Schallpegelmess-Apps geprüft[1]. Basierend auf dieser Analyse haben sich die folgenden Apps als vielversprechend und untersuchungswürdig herauskristallisiert:

iOS-Betriebssystem:

- SPL PRO
- Sound Level Analyser Lite

Android-Betriebssystem:

- Noise Capture
- Audio Tool

iOS und Android Betriebssystem:

- Decibel X Pro

Die Messungen sollen Aufschluss geben zu:

- Dynamikumfang und Pegellinearität
- Frequenzumfang
- A- und C-Filter-Mesung
- Leq- und Lmax-Auswertung
- Kalibrierung

[1] Simon Prenner, Prüfung der Benutzerfreundlichkeit von Schallpegelmess-Apps, Fachstelle Lärmschutz, Kanton Zürich, 29.8.2018

3 Untersuchte Apps und Hardware

3.1 App-Liste

Die Tabelle 1 zeigt die Übersicht über die untersuchten Apps. In Erweiterung der Vorgaben wurde zusätzlich die App „Sound Analyzer" von Dominique Rodrigues ins Testfeld aufgenommen.

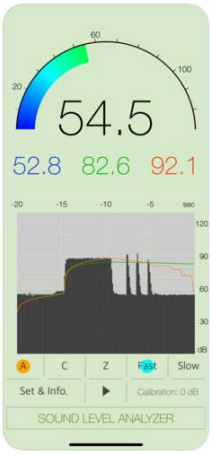
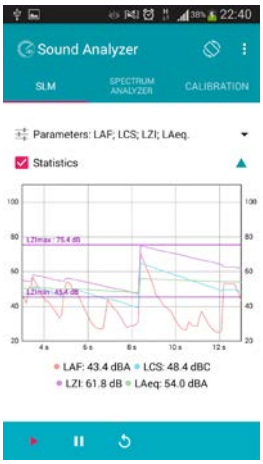
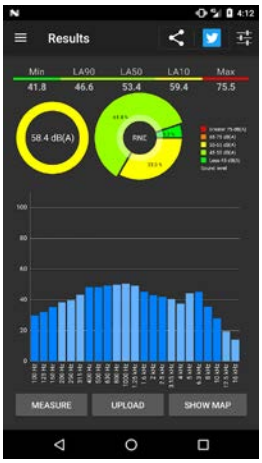
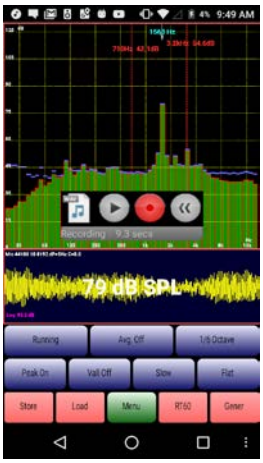
 SPL Pro, Version 5.4, Studio Six Digital	 Sound Level Analyzer Lite, Version 3.2, Toon LLC	 Sound Analyzer App, Version 2.2, Dominique Rodrigues
 Noise Capture, Version 1.1.3, Ifsttar & CNRS	 Audio Tool, Version 8.1, J.J.Bunn	 Decibel X Pro, Version 4.4.3, SkyPaw

Tabelle 1: Untersuchte Apps.

3.2 Smartphone Hardware-Liste

Von den Empa-Mitarbeitern der Abteilung Akustik / Lärmminderung wurden für die Untersuchung die in Tabelle 2 gezeigten Smartphones zur Verfügung gestellt.

Hersteller	Modell	Betriebssystem
Motorola	Moto G5	Android 7.0
Samsung	Galaxy S7	Android 8.0
HTC	U11	Android 8.0
Apple	iPhone X	iOS 12.01
Apple	iPhone SE	iOS 11.4.1
Apple	iPhone X, Exemplar 2	iOS 12.1

Tabelle 2: Im Testfeld untersuchte Smartphones.

3.3 Externe Mikrophone

Die Experimente mit den jeweils eingebauten Smartphone-Mikrophonen wurden exemplarisch durch Messungen mit den unten gezeigten drei externen Mikrophonen ergänzt.

3.3.1 Rode smartLav+

Das Rode smartLav ist ein universelles Ansteckmikrophon mit einem 3.5 mm Klinkenstecker für die Verwendung an verschiedensten mobilen Geräten.

3.3.2 Sennheiser ClipMic digital

Das Sennheiser ClipMic verfügt über einen eigenen A/D-Wandler und stellt an iOS-Geräten das Mikrophonsignal digital zur Verfügung.

3.3.3 MicW i436

Das MicW i436 ist ein universelles Aufsteckmikrophon mit einem 3.5 mm Klinkenstecker für die Verwendung an verschiedensten mobilen Geräten.

3.4 Hardware – App Kombinationen

Die Tabelle 3 zeigt die untersuchten Kombinationen von Apps und Smartphones mit internem bzw. externem Mikrophon.

	SPL Pro	Sound Level Analyser Lite	Sound Analyzer	Noise Capture	Audio Tool	Decibel X Pro
Motorola Moto G5, Android 7.0			x	x	x	
Samsung Galaxy S7, Android 8.0			x	x	x	x
HTC U11, Android 8.0			x	x	x	x
iPhone X, iOS 12.01	x	x				x
iPhone SE, iOS 11.4.1	x	x				x
iPhone X, Exemplar 2, iOS 12.1	x					
Moto G5 mit Rode Mik				x	x	
Moto G5 mit i436 Mik				x	x	
iPhone SE mit Sennheiser Mik	x					

Tabelle 3: Übersicht der untersuchten Hardware und der entsprechenden Schallpegelmess-Apps.

3.5 Schallpegelmesser SL-5868PBT

Ergänzend zu den Smartphone-Apps wurde der in Abbildung 1 gezeigte low-cost Schallpegelmesser SL-5868PBT untersucht.

Abbildung 1: Low-cost Schallpegelmesser SL-5868P.

4 Messkonzept

Das Messkonzept legte für stationäre Signale den Fokus auf den Frequenzgang, die A- bzw. C-Bewertung und die Linearität von Pegelzu- bzw. abnahmen (Dynamikmessungen) sowie für transiente Signale die Ermittlung von Maximalpegeln. Zur Bestimmung der Smartphone-Eigenschaften wurde der von einem Lautsprecher Typ EV Sx200 in 1.25 m Abstand erzeugte Schalldruck vermessen (Abbildung 2). Bei jeder Messung eines Prüflings wurde simultan eine Referenzmessung mit dem Schallpegelmesser Norsonic 121, Empa Nr. 3 (zugehöriges Messmikrophon vom Typ B&K 4189) durchgeführt. Da sämtliche späteren Auswertungen jeweils die Abweichungen zwischen Prüfling und Referenzmesskette ausweisen, werden mögliche Schwankungen des Lautsprechers kompensiert.

Abbildung 2: Messkonfiguration im reflexionsarmen Raum mit hartem Boden.

4.1 Frequenzgangmessungen

Die Frequenzgangmessungen erfolgten mit terzbandbreitem Rauschen. Mittels eines Equalizers wurde der Frequenzgang des Lautsprechers so kompensiert, dass der unbewertete Schalldruckpegel in jeder Terz innerhalb von +/- 3 dB konstant war. Der Pegel des Lautsprechers wurde so angepasst, dass das Terzbandrauschen bei 1 kHz einen Schalldruckpegel von 75 dB(A) erzeugte. Der Schalldruck in den einzelnen Terzbändern wurde als Mittelungspegel über 10 Sekunden ermittelt. Damit ist gewährleistet, dass die durch die Zufälligkeit des Signals prinzipiell bedingte Messunsicherheit auch in der tiefsten ausgewerteten Terz (63 Hz) kleiner als 1 dB ist. Als Messwert wurde in einem ersten Durchgang jeweils der A-bewertete Schall-

druckpegel abgelesen. Damit beinhaltet das Ergebnis sowohl den Frequenzgang der Messkette als auch die Nachbildung des A-Filters. In einem zweiten Durchgang wurde der C-bewertete Schalldruckpegel abgelesen.

4.2 Dynamikmessungen

Für die Dynamikmessungen wurde als Anregungssignal ein gemäss dem Popmusikspektrum aus der VDI 3770 gewichtetes Breitbandrauschen (Abbildung 3) verwendet. Das Anregungssignal wurde in der Amplitude so variiert, dass A-Pegel von 25, 40, 45, 60, 80, 85, 90, 95, 100 und 105 dB(A) resultierten. Als Messwert wurde jeweils der über 10 Sekunden gebildete, A-bewertete Mittelungspegel registriert. Der Frequenzgang des anregenden Lautsprechers wurde wiederum mit einem Equalizer linearisiert.

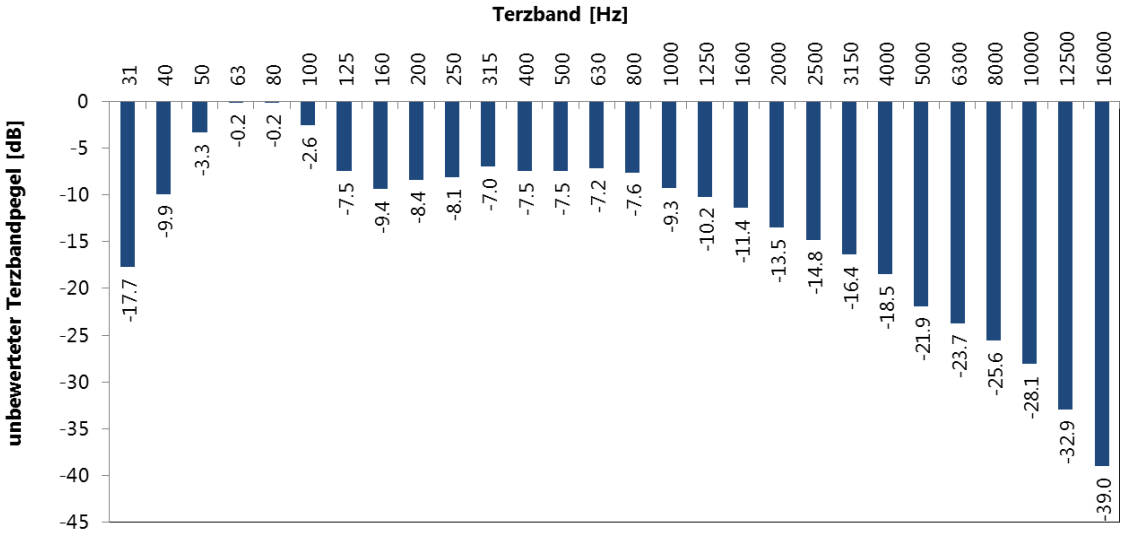


Abbildung 3: Relatives Terzbandspektrum des Anregungssignals (Rock/Pop-Musikspektrum gemäss VDI 3770) für die Dynamikuntersuchung.

4.3 Maximalpegelmessungen

Die Messung des A,Fast-Maximalpegels erfolgte mit dem für die Dynamikmessung verwendeten Rauschsignals. Der Signalpegel wurde zu 100 dB(A), die Signaldauer zu 36 ms gewählt. Hierbei wird im Vergleich zum stationären Signalpegel ein um 6 dB verminderter Maximalpegel, also 94 dB(A) erwartet.

4.4 Leq-Mittelwertbildung

Exemplarisch wurde für die beiden App *SPL Pro* und *Noise Capture* die Korrektheit der Leq-Mittelwertbildung mit einem 1:10 intermittierenden Rauschen geprüft. Im Vergleich zum stationären Rauschsignal wird ein um 10 dB reduzierter Leq erwartet.

4.5 Kalibration

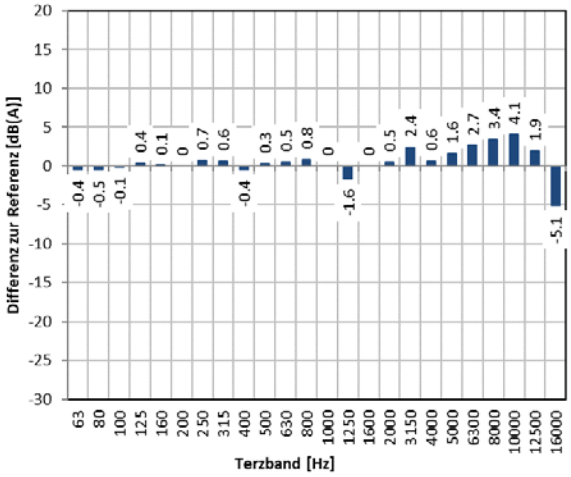
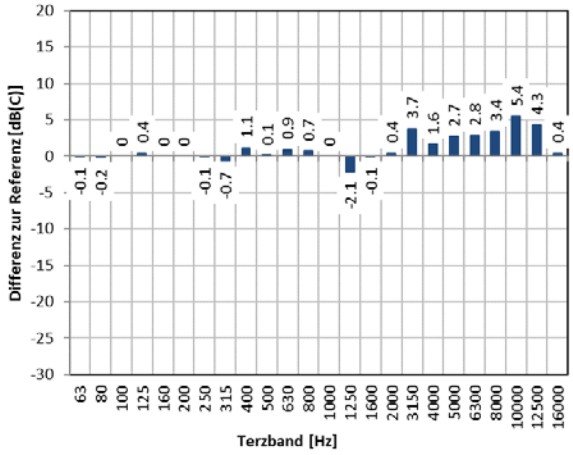
Für die Messungen wurden die Apps bewusst nicht kalibriert, d.h. die Default-Einstellungen verwendet. Der Kalibrationsprozess wurde aber für alle Apps exemplarisch durchgespielt.

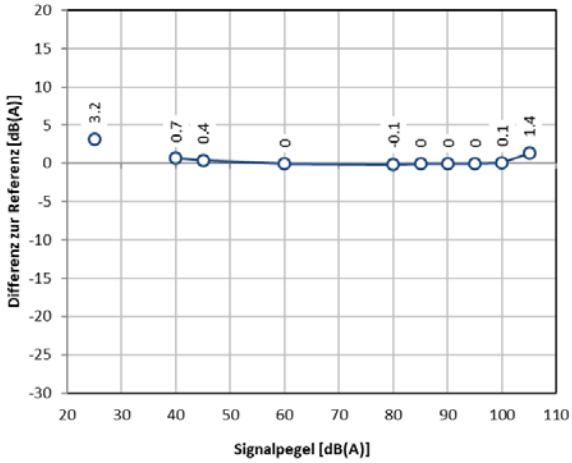
5 Ergebnisse

Die in den folgenden Grafiken gezeigten Ergebnisse sämtlicher Messungen werden als Differenz des Prüflings zum Referenzmikrophon ausgewiesen und so angepasst, dass diese Differenz bei 1 kHz (bei Frequenzgangmessungen) bzw. 60 dB(A) (bei Dynamikmessungen) verschwindet. Die entsprechenden Pegelanpassungen werden in den Ergebnissen als „Pegelanpassung“ ausgewiesen.

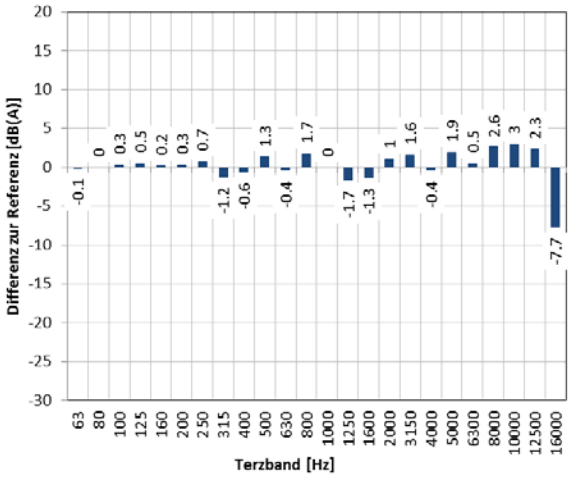
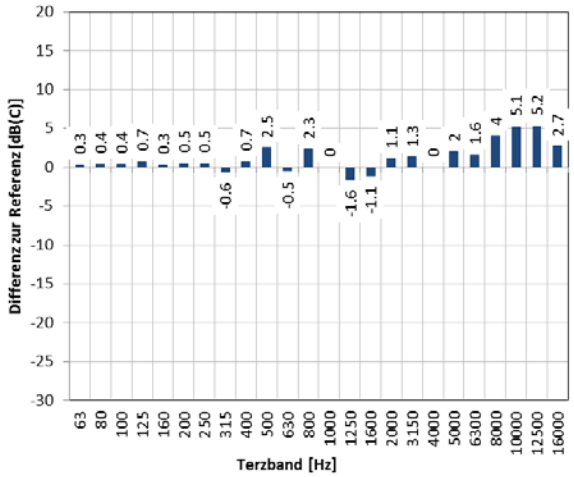
5.1 SPL Pro

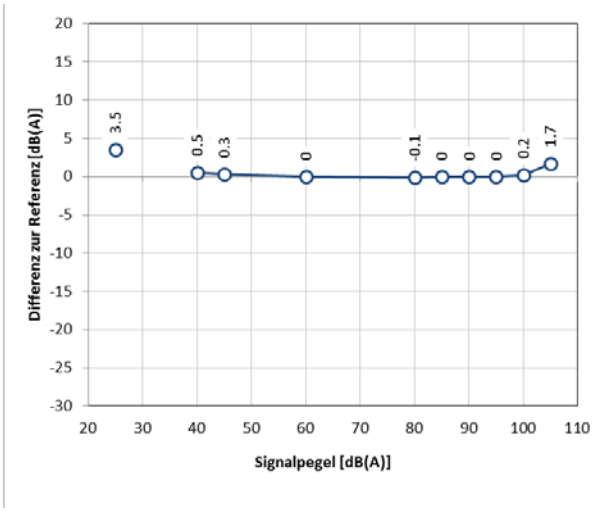
5.1.1 iPhone X, internes Mikrophon

Frequenzgangmessung A-Bewertung	Frequenzgangmessung C-Bewertung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **0.6 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **0.7 dB** 

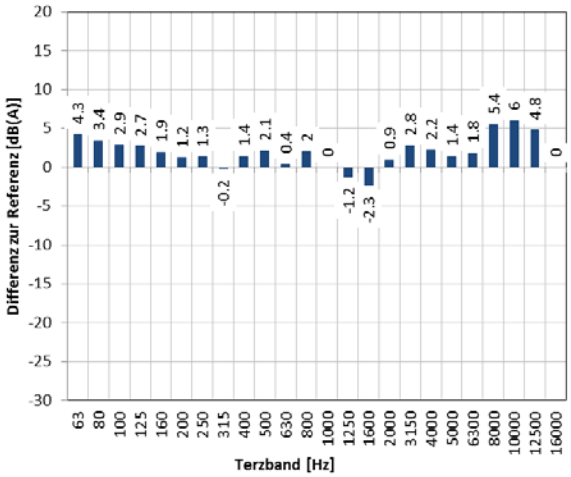
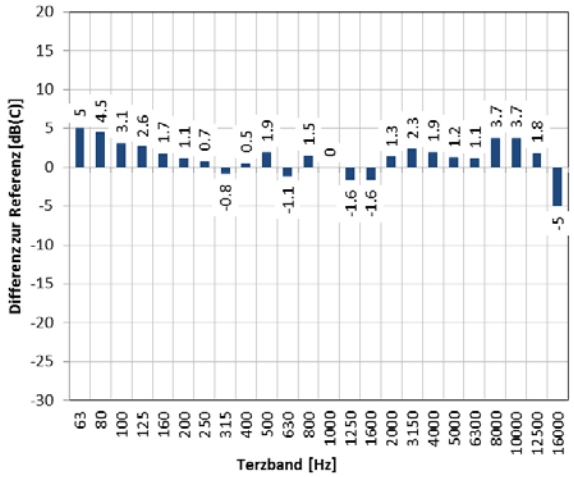
Dynamikmessung	Maximalpegelmessung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 60 dB(A): **0.4 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung **0.3 dB**

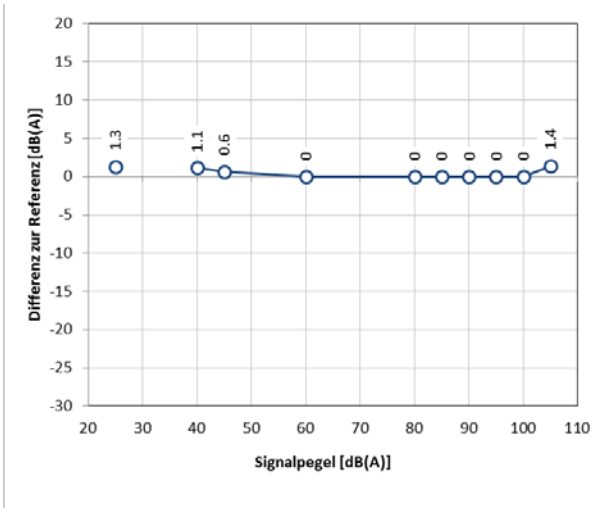
5.1.2 iPhone X Exemplar 2, internes Mikrophon

Frequenzgangmessung A-Bewertung	Frequenzgangmessung C-Bewertung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **-0.1 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **0.2 dB** 

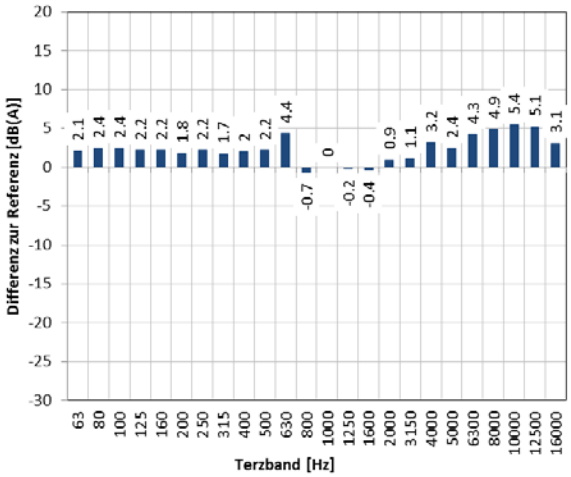
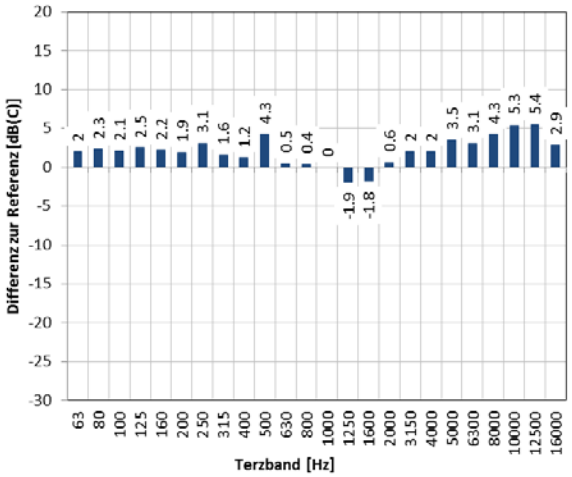
Dynamikmessung	Maximalpegelmessung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 60 dB(A): **-0.3 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung **0.1 dB**

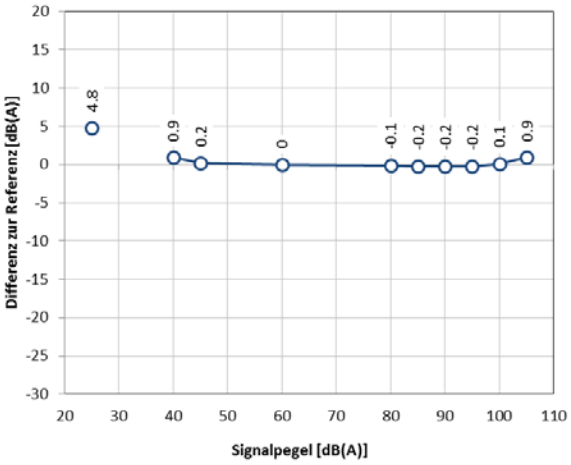
5.1.3 iPhone SE, internes Mikrophon

Frequenzgangmessung A-Bewertung	Frequenzgangmessung C-Bewertung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **-1.1 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **-1.3 dB** 

Dynamikmessung	Maximalpegelmessung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 60 dB(A): **-2.0 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung **-2.5 dB**

5.1.4 iPhone SE, Sennheiser Mikrophon

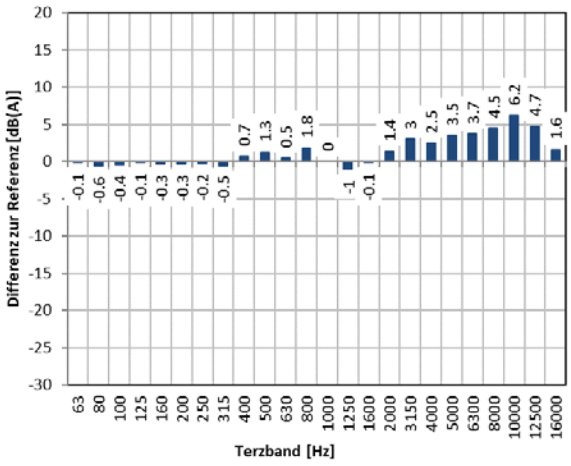
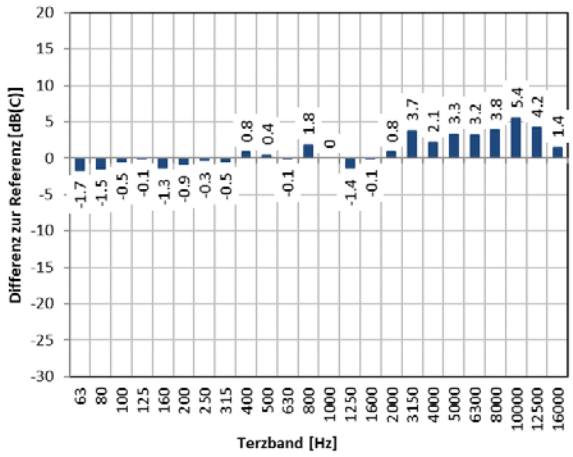
Frequenzgangmessung A-Bewertung	Frequenzgangmessung C-Bewertung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **3.0 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **3.1 dB** 

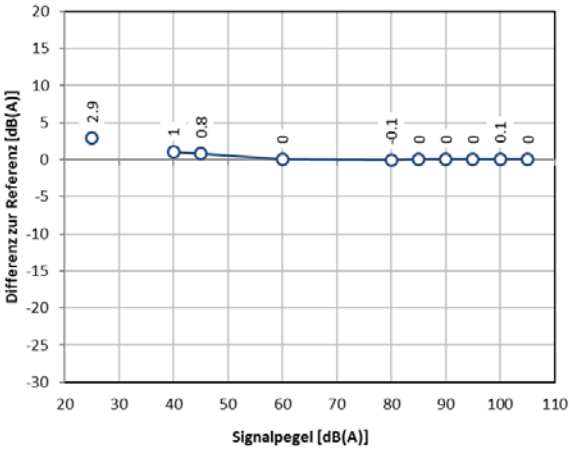
Dynamikmessung	Maximalpegelmessung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 60 dB(A): **1.4 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung **1.5 dB**

Leq-Mittelwertbildung
Stationäres Rauschen: 70.0 dB(A), 1:10 intermittierend: 60.2 dB(A) → Fehler = **0.2 dB**

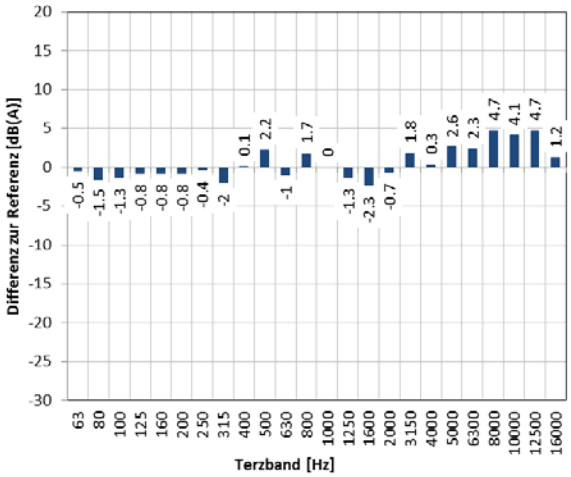
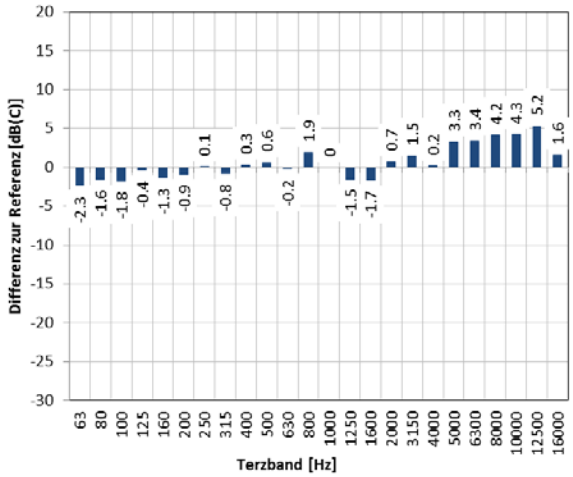
5.2 Sound Level Analyzer SLA Lite

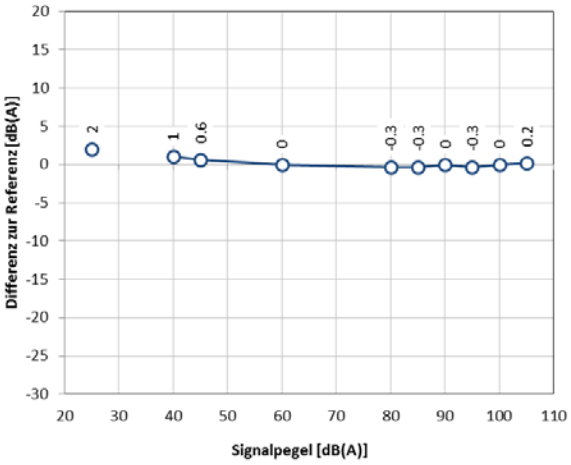
5.2.1 iPhone X, internes Mikrophon

Frequenzgangmessung A-Bewertung	Frequenzgangmessung C-Bewertung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **2.5 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **2.3 dB** 

Dynamikmessung	Maximalpegelmessung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 60 dB(A): **1.3 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung **-4.3 dB**

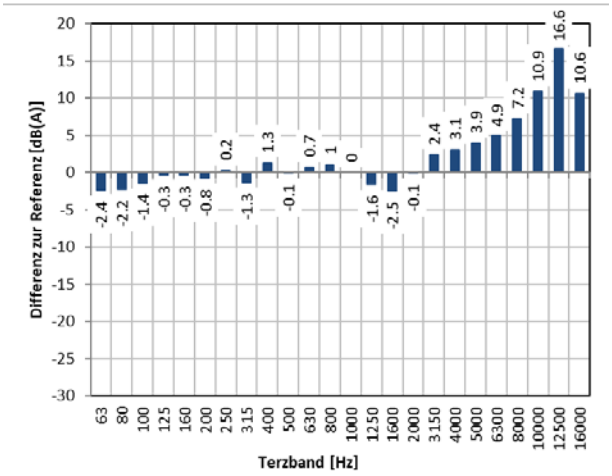
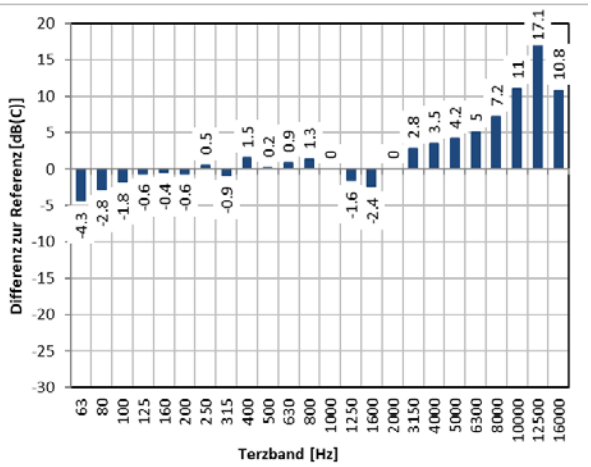
5.2.2 iPhone SE, internes Mikrophon

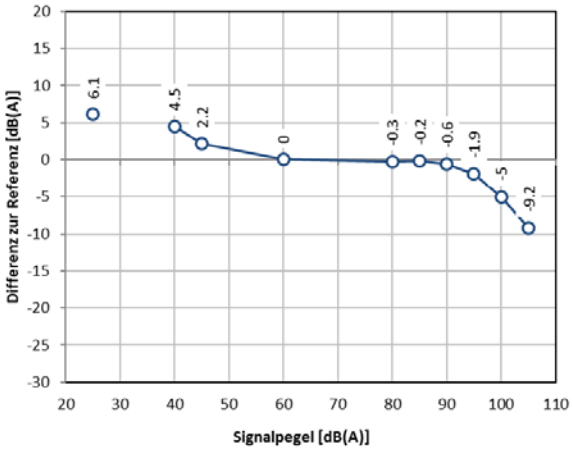
Frequenzgangmessung A-Bewertung	Frequenzgangmessung C-Bewertung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **1.0 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **1.1 dB** 

Dynamikmessung	Maximalpegelmessung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 60 dB(A): **0.4 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung **17.1 dB**

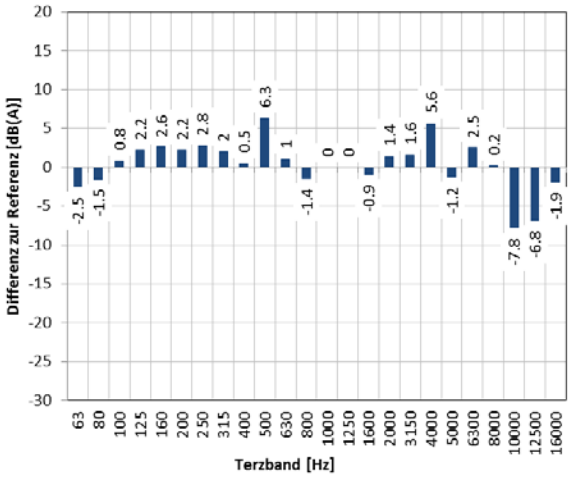
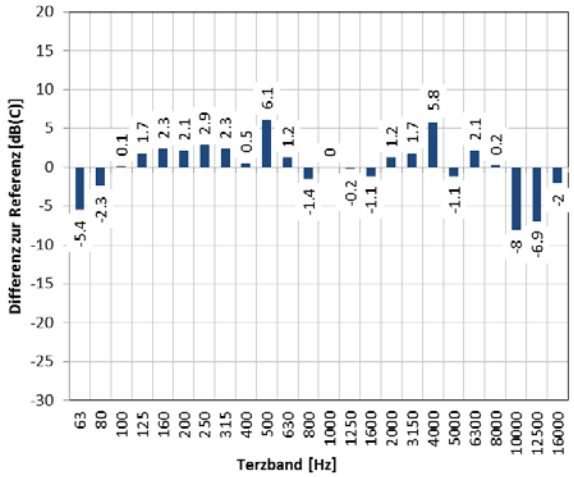
5.3 Sound Analyzer

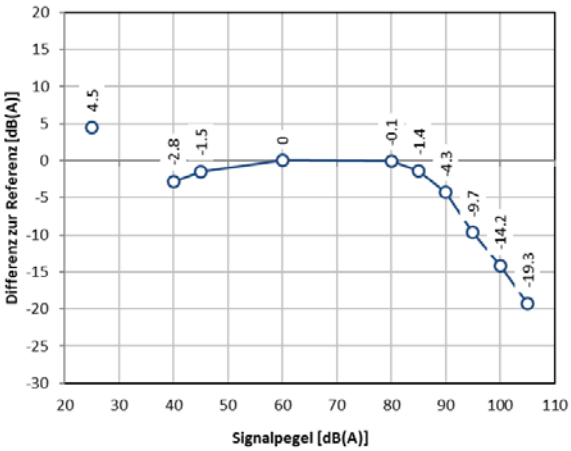
5.3.1 Moto G5, internes Mikrophon

Frequenzgangmessung A-Bewertung	Frequenzgangmessung C-Bewertung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **5.2 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **5.4 dB** 

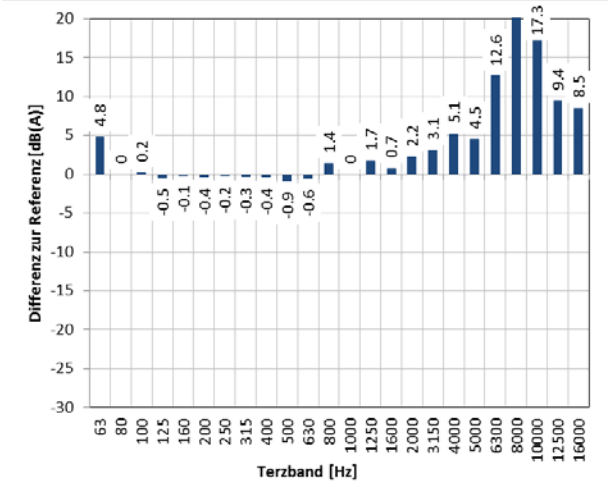
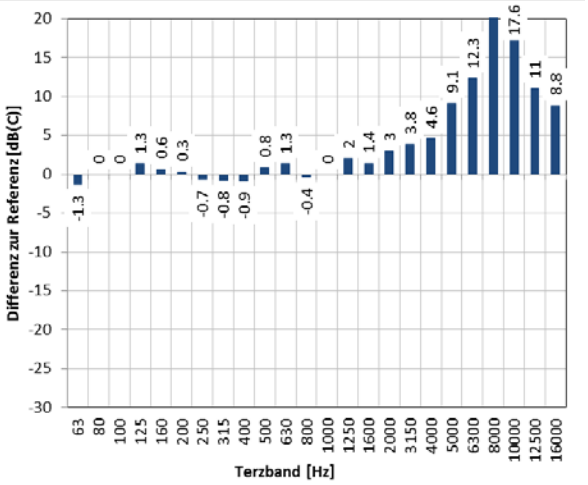
Dynamikmessung	Maximalpegelmessung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 60 dB(A): **4.3 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung **9.4 dB**

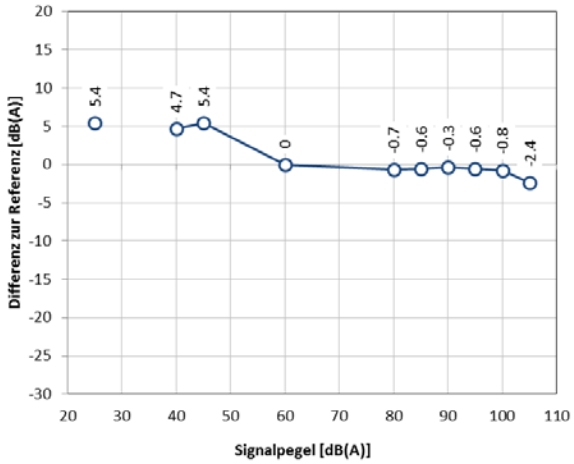
5.3.2 Samsung Galaxy S7, internes Mikrophon

Frequenzgangmessung A-Bewertung	Frequenzgangmessung C-Bewertung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **1.8 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **1.8 dB** 

Dynamikmessung	Maximalpegelmessung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 60 dB(A): **0.6 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung **14.1 dB**

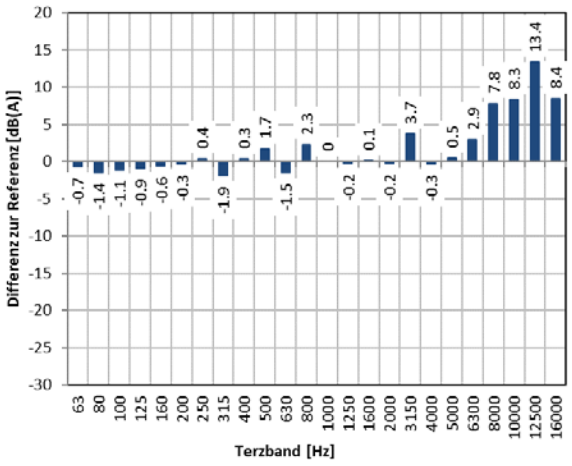
5.3.3 HTC U11, internes Mikrophon

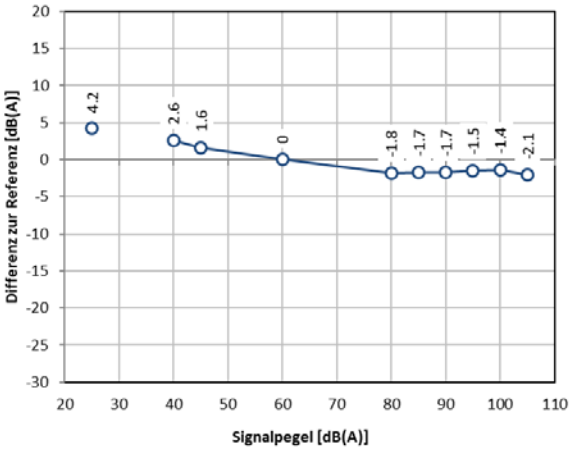
Frequenzgangmessung A-Bewertung	Frequenzgangmessung C-Bewertung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **12.2 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **12.9 dB** 

Dynamikmessung	Maximalpegelmessung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 60 dB(A): **10.4 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung **10.6 dB**

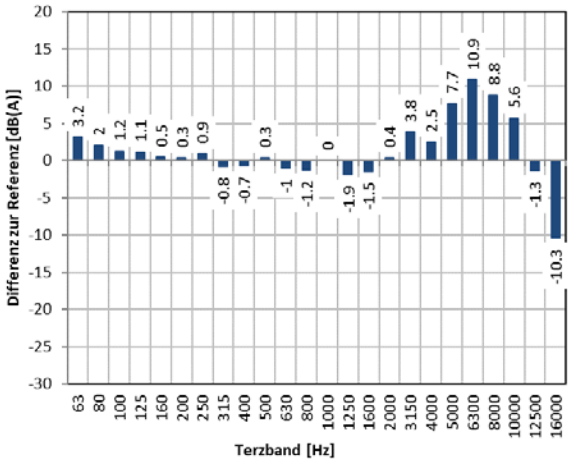
5.4 Noise Capture

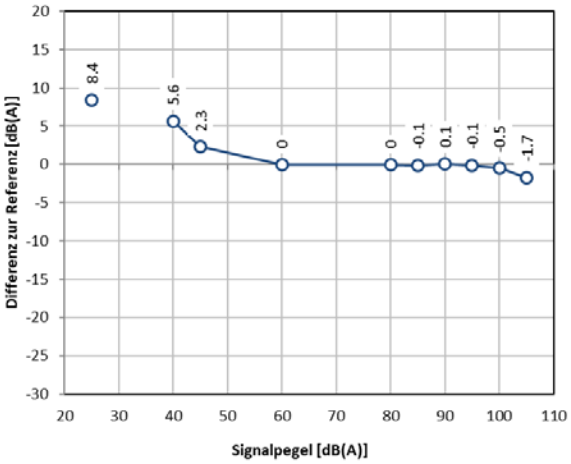
5.4.1 Moto G5, internes Mikrophon

Frequenzgangmessung A-Bewertung	Frequenzgangmessung C-Bewertung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **5.5 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: ***keine C-Bewertungsoption*** ***keine C-Bewertungsoption***

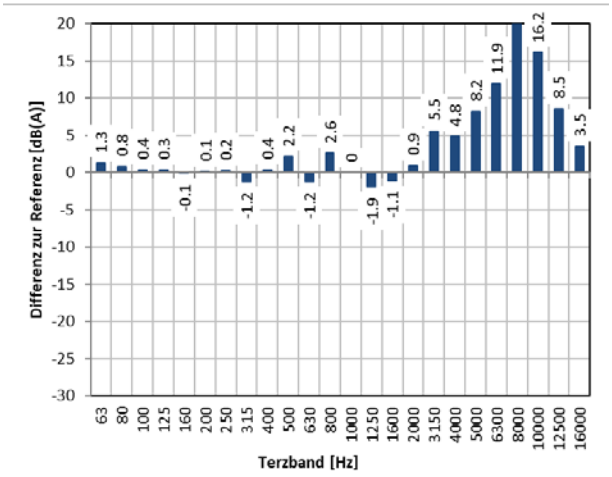
Dynamikmessung	Maximalpegelmessung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 60 dB(A): **2.7 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung **4.3 dB**

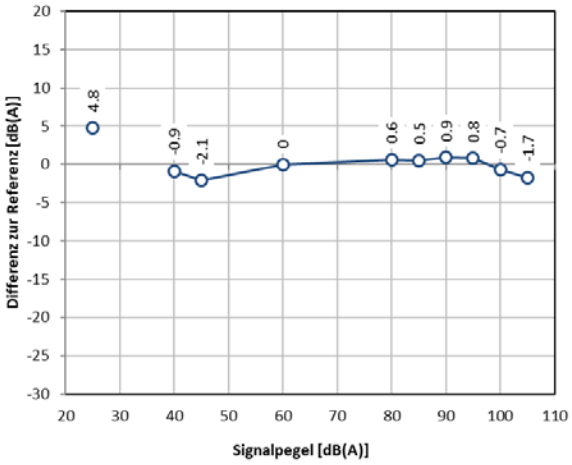
5.4.2 Samsung Galaxy S7, internes Mikrophon

Frequenzgangmessung A-Bewertung	Frequenzgangmessung C-Bewertung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **-2.3 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: ***keine C-Bewertungsoption*** ***keine C-Bewertungsoption***

Dynamikmessung	Maximalpegelmessung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 60 dB(A): **-2.3 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung **-0.8 dB**

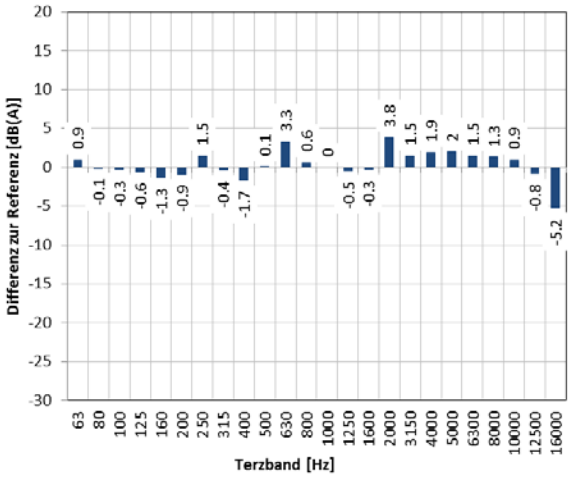
5.4.3 HTC U11, internes Mikrophon

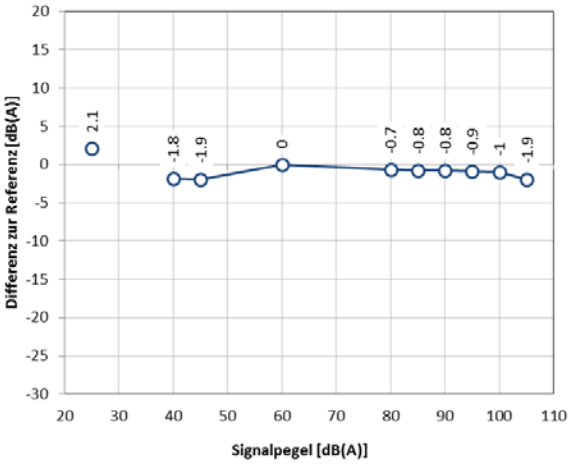
Frequenzgangmessung A-Bewertung	Frequenzgangmessung C-Bewertung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **0.1 dB**  	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: ***keine C-Bewertungsoption*** ***keine C-Bewertungsoption***

Dynamikmessung	Maximalpegelmessung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 60 dB(A): **-1.1 dB**  	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung **-2.3 dB**

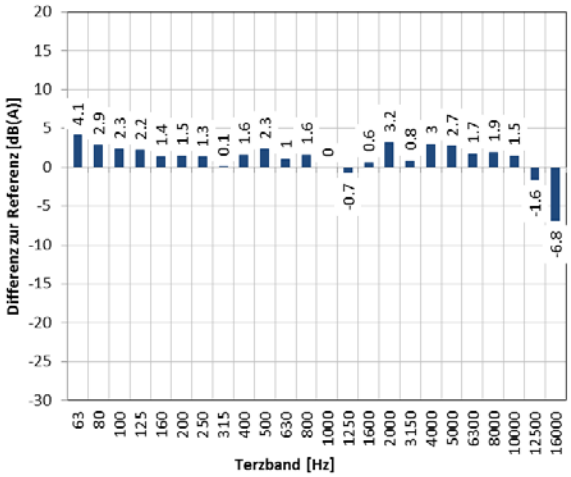
Leq-Mittelwertbildung
Stationäres Rauschen: 74.8 dB(A), 1:10 intermittierend: 64.9 dB(A) → Fehler = **0.1 dB**

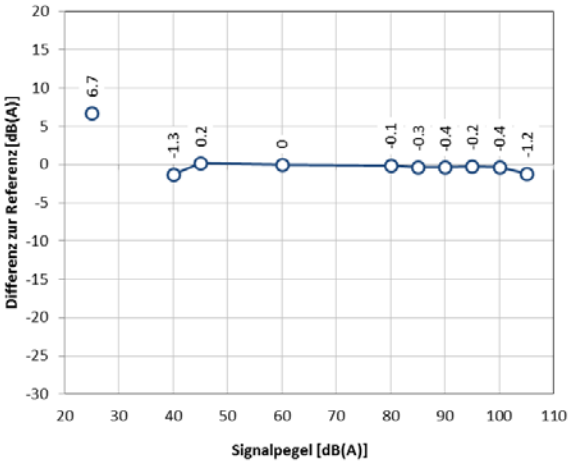
5.4.4 Moto G5, externes Rode Mikrophon

Frequenzgangmessung A-Bewertung	Frequenzgangmessung C-Bewertung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **5.9 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: ***keine C-Bewertungsoption*** ***keine C-Bewertungsoption***

Dynamikmessung	Maximalpegelmessung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 60 dB(A): **3.6 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung **5.4 dB**

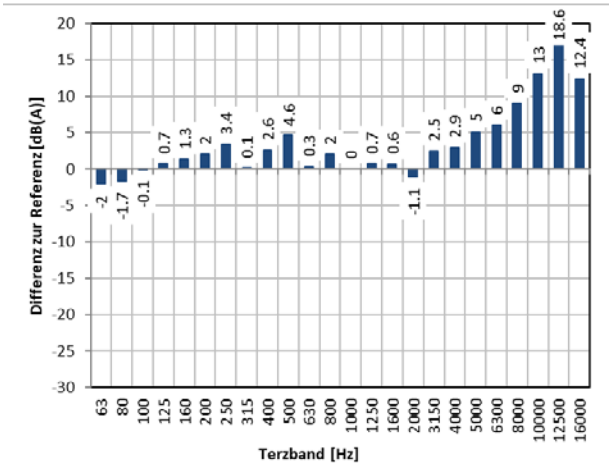
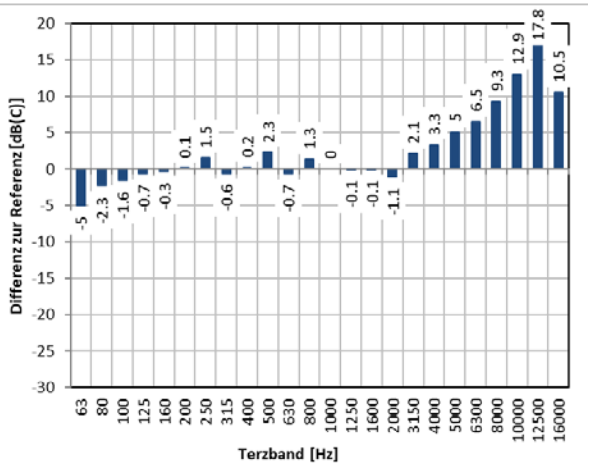
5.4.5 Moto G5, externes i436 Mikrophon

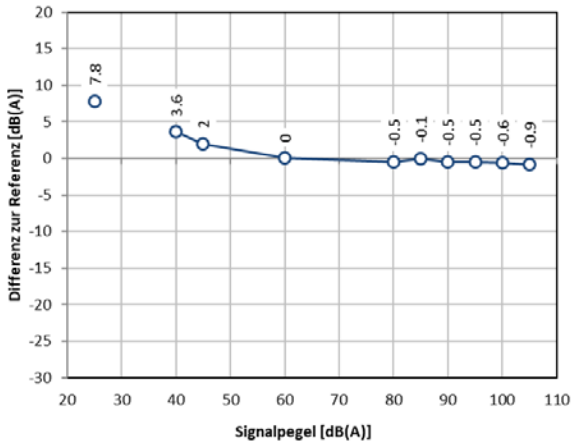
Frequenzgangmessung A-Bewertung	Frequenzgangmessung C-Bewertung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **9.6 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: ***keine C-Bewertungsoption*** ***keine C-Bewertungsoption***

Dynamikmessung	Maximalpegelmessung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 60 dB(A): **8.3 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung **8.4 dB**

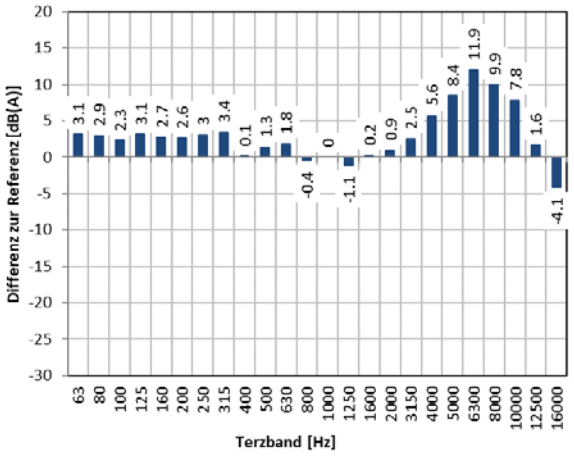
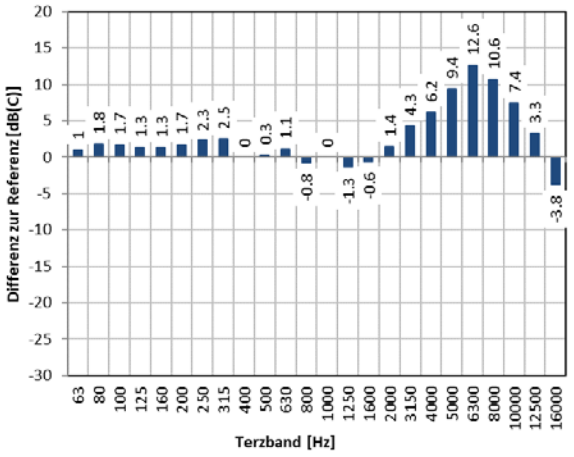
5.5 Audio Tool

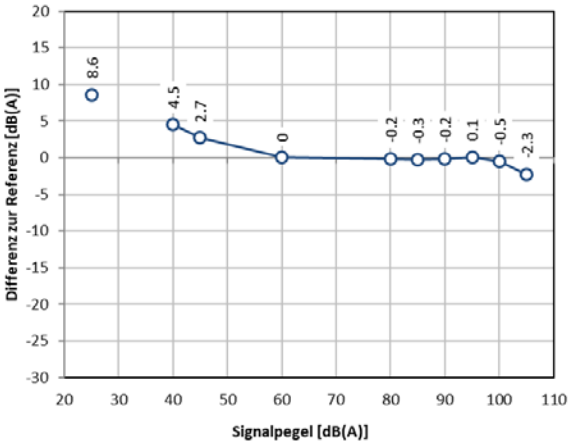
5.5.1 Moto G5, internes Mikrophon

Frequenzgangmessung A-Bewertung	Frequenzgangmessung C-Bewertung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **7.2 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **6.4 dB** 

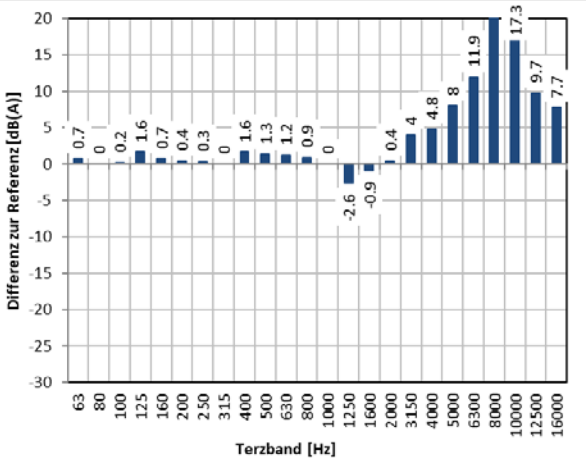
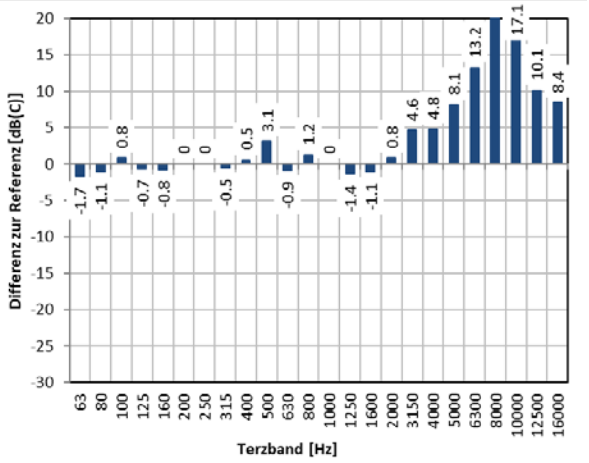
Dynamikmessung	Maximalpegelmessung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 60 dB(A): **4.5 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung ***keine Maximalpegeloption***

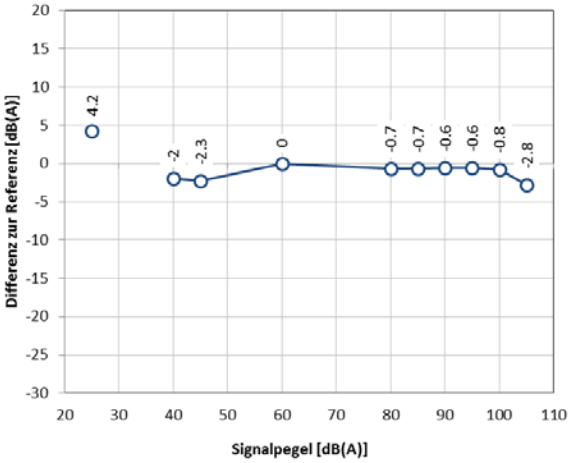
5.5.2 Samsung Galaxy S7, internes Mikrophon

Frequenzgangmessung A-Bewertung	Frequenzgangmessung C-Bewertung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **-0.6 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **-0.7 dB** 

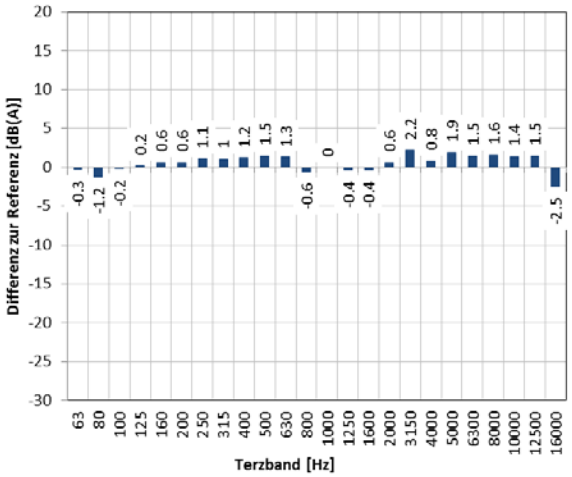
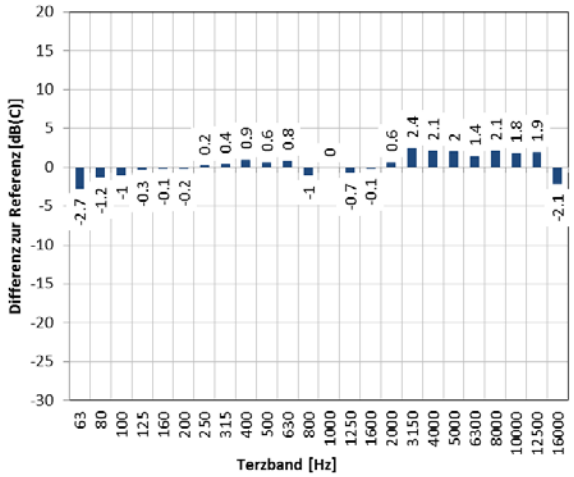
Dynamikmessung	Maximalpegelmessung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 60 dB(A): **-2.3 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung ***keine Maximalpegeloption***

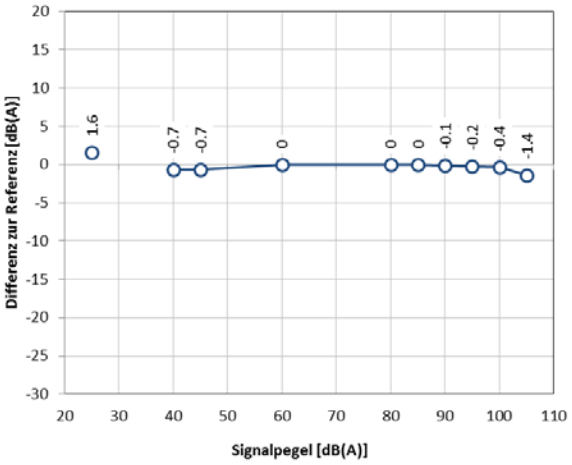
5.5.3 HTC U11, internes Mikrophon

Frequenzgangmessung A-Bewertung	Frequenzgangmessung C-Bewertung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **0.0 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **0.1 dB** 

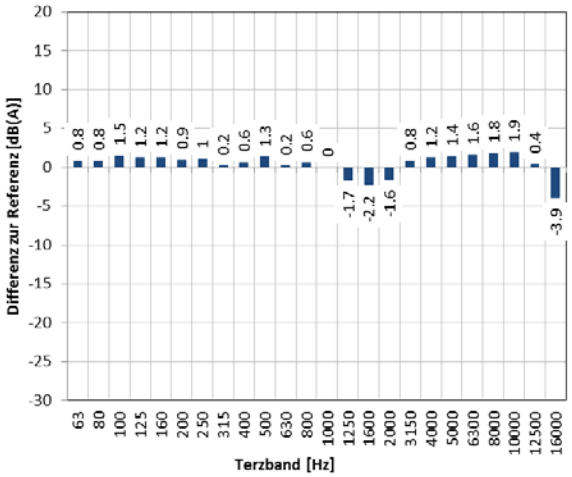
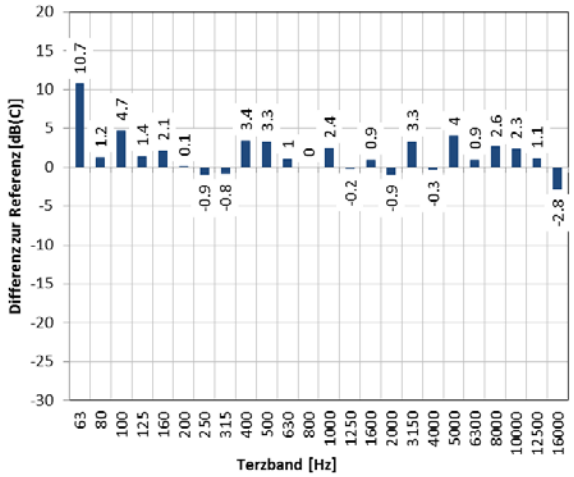
Dynamikmessung	Maximalpegelmessung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 60 dB(A): **-2.2 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung ***keine Maximalpegeloption***

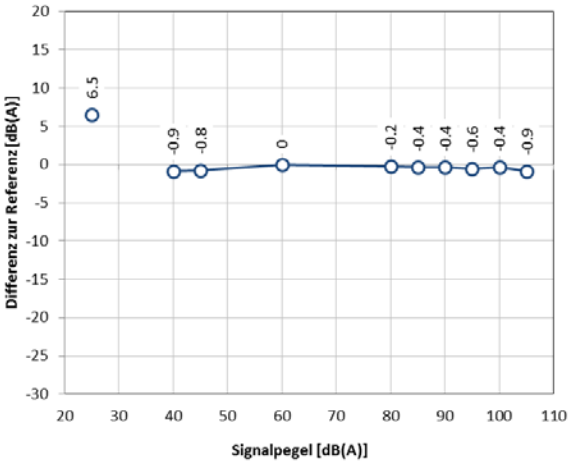
5.5.4 Moto G5, externes Rode Mikrophon

Frequenzgangmessung A-Bewertung	Frequenzgangmessung C-Bewertung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **5.0 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **5.0 dB** 

Dynamikmessung	Maximalpegelmessung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 60 dB(A): **4.1 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung ***keine Maximalpegeloption***

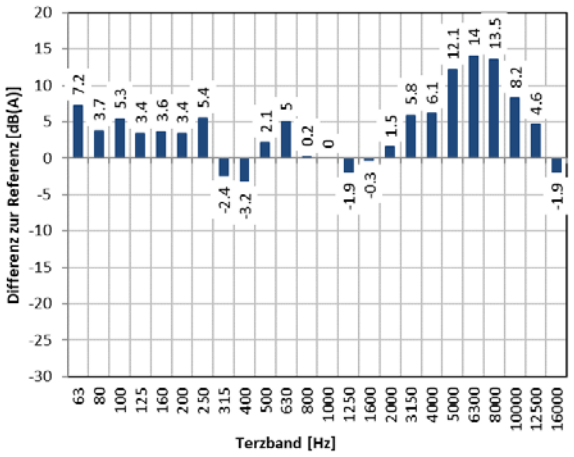
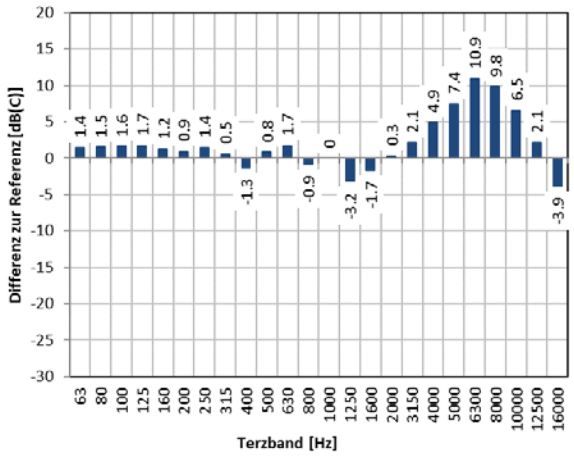
5.5.5 Moto G5, externes i436 Mikrophon

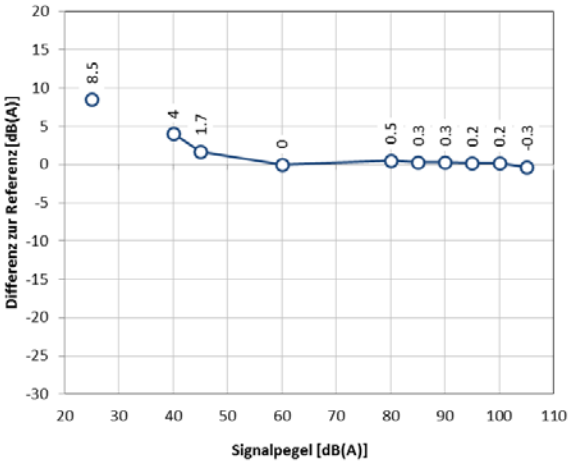
Frequenzgangmessung A-Bewertung	Frequenzgangmessung C-Bewertung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **8.6 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **10.1 dB** 

Dynamikmessung	Maximalpegelmessung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 60 dB(A): **8.1 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung ***keine Maximalpegeloption***

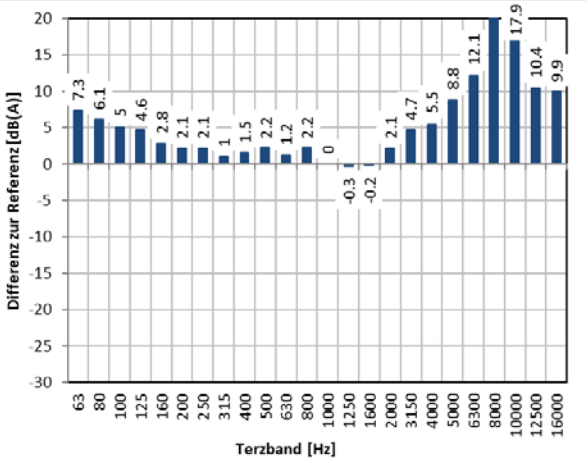
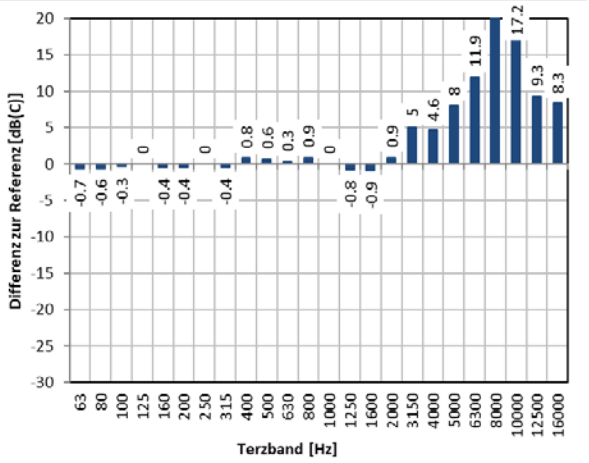
5.6 Decibel X Pro

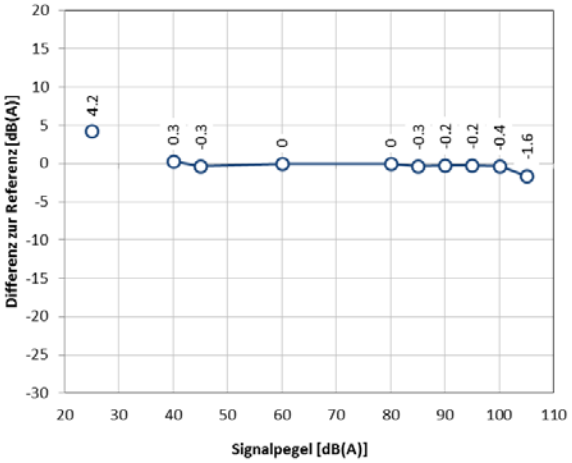
5.6.1 Samsung Galaxy S7, internes Mikrophon

Frequenzgangmessung A-Bewertung	Frequenzgangmessung C-Bewertung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **7.3 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **5.9 dB** 

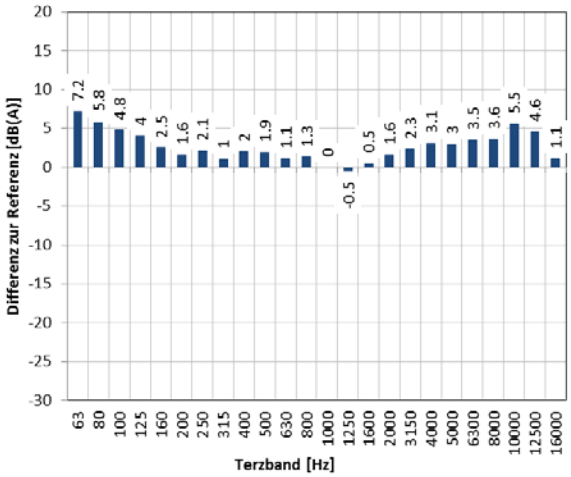
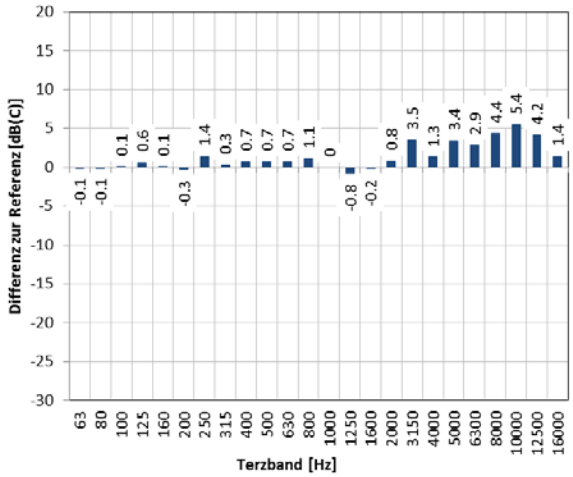
Dynamikmessung	Maximalpegelmessung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 60 dB(A): **4.1 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung: **7.0 dB**

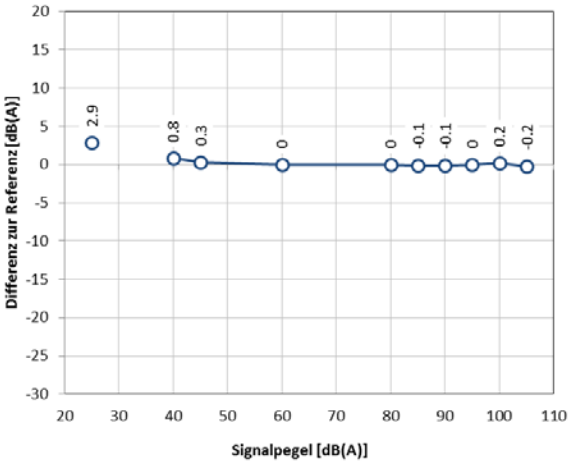
5.6.2 HTC U11, internes Mikrophon

Frequenzgangmessung A-Bewertung	Frequenzgangmessung C-Bewertung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **-3.2 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **-3.8 dB** 

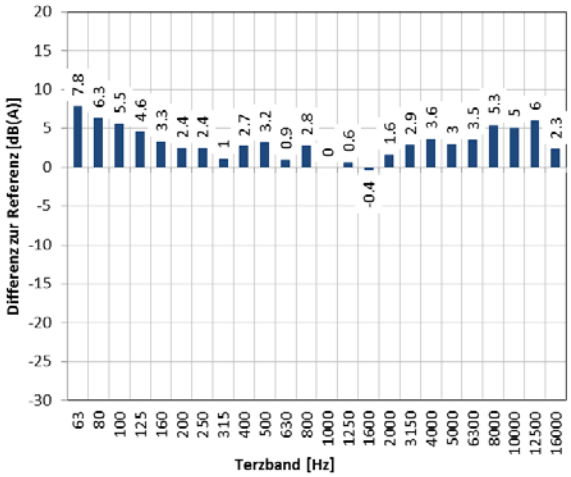
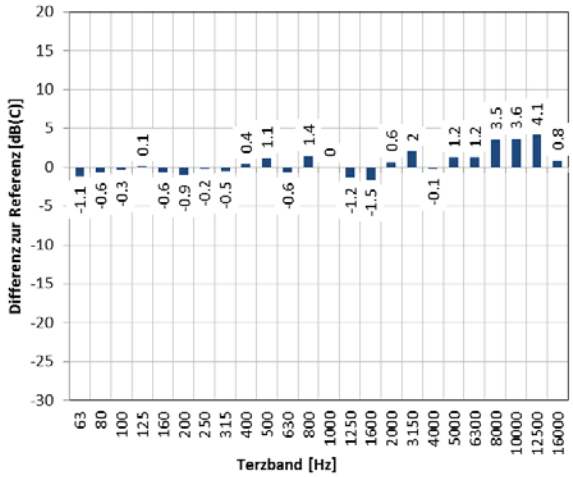
Dynamikmessung	Maximalpegelmessung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 60 dB(A): **-5.9 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung: **-4.4 dB**

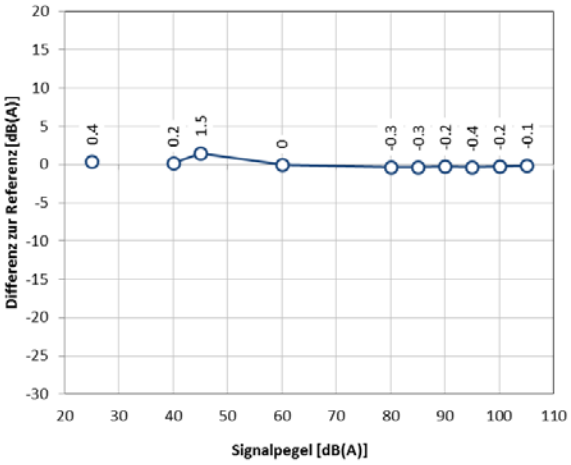
5.6.3 iPhone X, internes Mikrophon

Frequenzgangmessung A-Bewertung	Frequenzgangmessung C-Bewertung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **3.9 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **3.8 dB** 

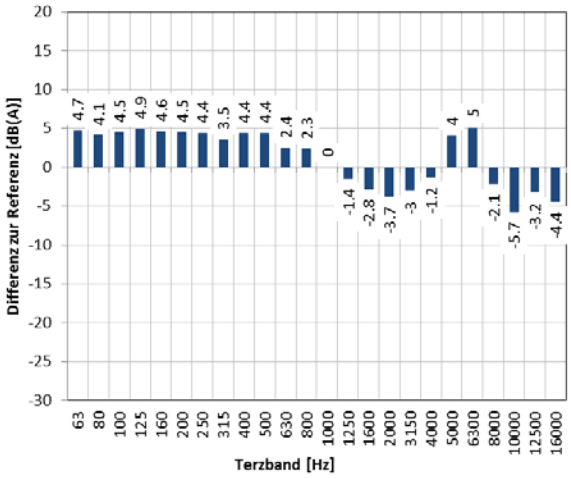
Dynamikmessung	Maximalpegelmessung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 60 dB(A): **2.6 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung: **4.8 dB**

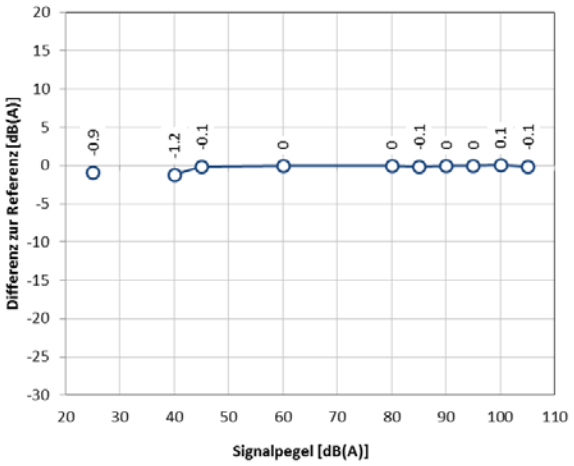
5.6.4 iPhone SE, internes Mikrophon

Frequenzgangmessung A-Bewertung	Frequenzgangmessung C-Bewertung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **3.7 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **2.4 dB** 

Dynamikmessung	Maximalpegelmessung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 60 dB(A): **1.3 dB** 	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung: **3.1 dB**

5.7 Schallpegelmesser SL-5868P

Frequenzgangmessung A-Bewertung	Frequenzgangmessung C-Bewertung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: **0.9 dB**  	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 1 kHz: ***keine C-Bewertungsoption*** ***keine C-Bewertungsoption***

Dynamikmessung	Maximalpegelmessung
Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung bei 60 dB(A): **-2.1 dB**  	Keine Kalibration (default) Pegelanpassung für Übereinstimmung **3.7 dB**

6 Fazit

Die in Tabelle 4 gezeigte Übersicht fasst obige Messungen zusammen. Eine direkte Verwendung einer App als Schallpegelmesser ohne Kalibration ist nur mit SPL Pro auf einem iPhone möglich. Diese Aussage ist überdies einzuschränken auf die untersuchten iPhone-Exemplare und die aktuellen Versionen des Betriebssystems und der App. Frühere Untersuchungen haben gezeigt, dass ein Betriebssystemupdate zu wesentlich geänderten Audioeigenschaften führen kann und ohne Anpassung der App Empfindlichkeitsfehler von mehreren dB auftreten können. Im Vergleich zum internen Mikrophon verbessert das externe Sennheiser Mikrophon die Genauigkeit der untersuchten iPhone's nicht. Die App Sound Level Analyzer erzielt auf iPhone ebenfalls gute Frequenzgang- und Dynamikwerte, die Maximalpegelbestimmung ist aber unbrauchbar.

Auf Android kann sich keine App vorbehaltlos empfehlen, da auf Grund der Hardwarevielfalt Softwareintern keine Korrektur der Mikrophoneigenschaften vorgenommen werden kann und entsprechend ausgeprägte Frequenzgangfehler auftreten. Die App Sound Analyzer hat in den Tests unerklärliche, instabile Resultate gezeigt und kann nicht empfohlen werden. Noise Capture liefert keine C-Bewertung wogegen Audio Tool keine Maximalpegel ermittelt. Die App Decibel X Pro zeigt tieffrequent systematische Frequenzgangabweichungen im A-bewerteten Terzbandspektrum, sodass eine fehlerhafte Implementierung des A-Filters vermutet werden muss. Wenn ein Android Smartphone als Schallpegelmesser eingesetzt werden soll, ist ein externes Mikrophon zu empfehlen. Hier haben sich das Rode und das i435 als gleichwertig erwiesen. Mit beiden Mikrophonen wird ein sehr guter Frequenz- und Dynamikumfang erzielt, allerdings muss unbedingt eine Kalibration vorgenommen werden.

Der low-cost Schallpegelmesser SL-5868P weist einen unbefriedigenden Frequenzgang auf und stellt damit keine Alternative dar.

Zusammenfassend kann auf

- **iPhone**: **SPL Pro**[2] mit internem Mikrophon
- **Android**: **Noise Capture**[3] mit externem Rode oder i436 Mikrophon

empfohlen werden. Android-basierte Schallpegelmessungen erfordern zwingend eine Kalibration, bei iPhone-Lösungen ist als Absicherung gegenüber Updates eine Kalibration sehr empfehlenswert.

[2] Empfohlene Audio-Einstellungen: „*Mic Compensation Filters*": Enable, „*DC Stripping Filters*" On, „*Measurement Mode*" On.

[3] In den Einstellungen sind die Optionen „*Aufnahme läuft: Maximale Länge der Aufnahme setzen*", „*Dauer der Aufnahme*" sowie „*Leq bei Pause löschen*" der Messaufgabe entsprechend anzupassen. Für die Kalibrierung wird eine „*Aufwärmzeit der Kalibrierung*" von 4 Sekunden und eine „*Kalibrierungszeit*" von 10 Sekunden empfohlen.

	Frequenzgang [Hz]	Dynamikumfang [dB]	Maximalpegel	Absolutpegel-fehler F, D
SPL Pro, iPhoneX	63…8'000	30…105	sehr gut	1 dB
SPL Pro, iPhoneX, Exemplar 2	63…12'500	30…105	sehr gut	1 dB
SPL Pro, iPhone SE	100…6'300	30…105	gut	2 dB
SPL Pro, iPhone SE, Sennheiser M.	63…6'300	30…105	gut	3 dB
Sound Level Analyzer, iPhoneX	63…6'300	30…105	schlecht	2.5 dB
Sound Level Analyzer, iPhone SE	63…6'300	30…105	schlecht	1 dB
Sound Analyzer, Moto G5	63…4'000	45…95	schlecht	5 dB
Sound Analyzer, Samsung Galaxy	63…8'000	40….85	schlecht	2 dB
Sound Analyzer, HTC	80…3'150	55…105	gut	13 dB
Noise Capture, Moto G5	63…6'300	40…105	gut	5 dB
Noise Capture, Samsung	80…4'000	45…105	gut	2 dB
Noise Capture, HTC	63…2'000	30…105	gut	1 dB
Noise Capture, Moto G5, Rode	63…12'500 *)	30…105	sehr gut	5 dB
Noise Capture, Moto G5, i436	80…12'500	30…105	sehr gut	9 dB
Audio Tool, Moto G5	63…4'000	45…105	fehlt	7 dB
Audio Tool, Samsung	63…3'150	45…105	fehlt	2 dB
Audio Tool, HTC	63…2'000	30…105	fehlt	2 dB
Audio Tool, Moto G5, Rode	63…16'000	30…105	fehlt	5 dB
Audio Tool, Moto G5, i436	63…12'500	30…105	fehlt	10 dB
Decibel X Pro, Samsung	63…2'000 **)	45…105	gut	7 dB
Decibel X Pro, HTC	63…2'000 **)	30…105	gut	6 dB
Decibel X Pro, iPhone X	63…6'300 **)	30…105	gut	4 dB
Decibel X Pro, iPhone SE	63…6'300 **)	30…105	gut	4 dB
Schallpegelmesser SL-5868P	unbefriedigend	30…105	schlecht	2 dB

*Tabelle 4: Übersicht der Messergebnisse. Der Frequenz- und Dynamikumfang ist hier als Bereich für eine Abweichung kleiner als 3 dB verstanden. *) Frequenzgangunebenheit zwischen 3 und 4 dB in den Terzen 630 und 2000 Hz. **) Fehler in der A-Bewertung, C-Bewertung o.k.*