

Akustische Messmöglichkeiten mit Smartphones

Gerhard Krump

Hochschule Deggendorf, 94469 Deggendorf, E-Mail: gerhard.krump@hdu-deggendorf.de

Einleitung

Smartphones könnten mittlerweile durch zahlreiche Anwendungsprogramme (App) auch als Mess- und Analysesystem verwendet werden. Akustische Applikationen lassen Pegelmessungen, Terzpegelanalysen, Filterbewertungen, FFT-Analysen, Signalgenerierung und sogar Nachhallzeitmessungen zu. In der vorliegenden Untersuchung werden akustische Messmöglichkeiten von verschiedenen Smartphones und Tablet-Computern zusammengestellt und auf ihre Anwendbarkeit und Genauigkeit hin überprüft. Vergleichsmessungen mit einem kalibrierten Referenzsystem geben Aufschluss, inwieweit momentan Smartphones für eine Abschätzung von Messwerten verwendet werden können oder sogar in der Lage wären, teure Messsysteme zu ersetzen. Angesichts zahlreicher Hörschädigungen durch zu hohe und zu lang einwirkende Pegel bei Veranstaltungen könnten Smartphones als Lärm-Dosimeter eingesetzt werden, die den Maximalpegel angeben und den Besitzer auf eine kritische Verweildauer hinweisen. Hierzu müssten Smartphones jedoch in der Lage sein, hohe Pegel genau zu messen und auszuwerten.

Tabelle 1: Untersuchte Applikationen

App	Betriebssystem	Zeitkonstante	Kalibrierung	Pegelmessung min./Ø/max.	Terzpegelanalyse	A/C-Bewertung	FFT	Signalgenerator	Nachhallzeit	Lautspr. Polarität
dB Level	iOS And	✓	✓	✓/✓/✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Professional dB (SPL) Meter	iOS And	✗	✓	✓/✓/✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
dB Volume Meter	iOS	✓	✓	✓/✓/✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
SPL Volume Levels Pro	And	✓	✓	✓/✓/✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Analyzer	iOS	✓	✗	✓/✓/✓	✓	✓/✓	✗	✗	✗	✗
Signal Scope Pro	iOS	✓	✓	✗/✓/✓	✓	✓/✓	✓	✓	✗	✗
RTA	iOS	✓	✓	✓/✓/✓	✓	✓/✓	✗	✗	✗	✗
Audio Tool	And	✓	✓	✓/✓/✓	✓	✓/✓	✗	✓	✓	✓
SPL and Spectrum Analyzer	And	✓	✓	✓/✓/✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗

Messverfahren

Es wurden zahlreiche Geräte mit Betriebssystem iOS wie iPhone 4, iPhone 3GS und iPad 2 mit eingebautem Mikrofon bzw. mit externem Mikrofon MicW i436 sowie mit Betriebssystem Android wie HTC Sensation, HTC Desire und Samsung Galaxy S2 gemessen. Als Referenzgeräte für die Pegelmessungen und Spektralanalyse dienten ein geeichter Audioanalyzer NTi XL2 mit Klasse 1-Mikrofon sowie EASERA mit Mikrofon TEF04P und ArtemiS. Die Referenzsysteme wurden per Pistophon bei einem Pegel von 94 dB kalibriert. Durch Positionierung ihres Mikrofons an einen Ort bekannten Pegels erfolgte, soweit möglich, die Kalibrierung der Smartphones mit einem 1-kHz-Ton bzw. Rosa Rauschen bei einem Pegel von 80 dB. Testsignale wie Sinustöne, Rosa und Weißes Rauschen wurden in einem schallgedämmten Raum über eine Referenzbox mit ebenem Frequenzgang ab-

gestrahlt und in 1 m Abstand an exakt derselben Membranposition mit den Referenz- und Testgeräten gemessen. Jede Messung wurde viermal wiederholt, um Abweichungen festzustellen und den Zentralwert abzubilden. Tabelle 1 zeigt die untersuchten Anwendungen und ihre wesentlichen Eigenschaften. Die ersten beiden Apps liefen unter beiden Betriebssystemen iOS und Android. „dB Volume Meter“ und „SPL Volume Levels Pro“ waren identisch und hatten denselben Entwickler wie „Professional dB (SPL) Meter“.

Frequenzgangmessungen

Für korrekte Messergebnisse ist ein möglichst linearer Frequenzgangverlauf notwendig. In Abbildung 1 sind die Frequenzgänge der verwendeten Referenzbox und einiger Smartphones dargestellt. Im Verlauf C1 wurde das eingebaute, im Verlauf C2 das externe Mikrofon desselben Smartphone verwendet. Im Telefonfrequenzband von 300 Hz bis 3,4 kHz ist der Frequenzgang annähernd linear, während bei hohen Frequenzen Resonanzüberhöhungen von bis zu 20 dB auftreten (bez. auf 1 kHz) und unter 200 Hz selbst beim externen Mikrofon entgegen dem Datenblatt der Frequenzgang stark abfällt. Dadurch sind diese Smartphones für breitbandige Messungen ungeeignet. Breitbandige Frequenzgangmes-

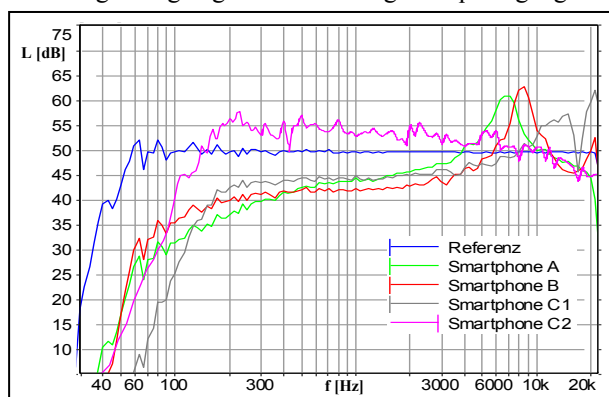


Abbildung 1: Frequenzgänge der Referenzbox und der Smartphones A, B, C1 (eingebautes Mikrofon) und C2 (externes Mikrofon) bei einem Gesamtpegel von 70 dB.

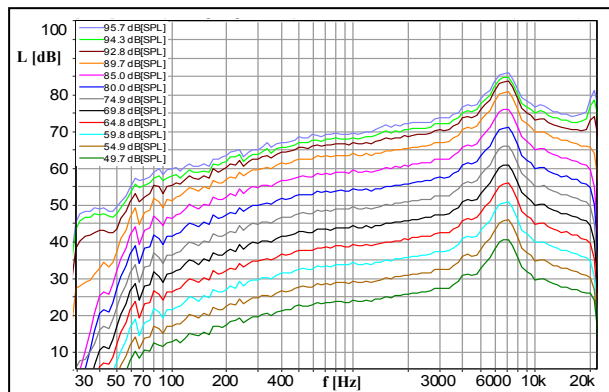


Abbildung 2: Frequenzgang des Smartphone A bei Pegeln von 50 dB bis 105 dB in 5-dB-Schritten, gemessen mit Rosa Rauschen. Kalibrierung bei 80 dB. Legende: Pegel Angabe des Smartphone.

sungen mit ansteigendem Pegel in 5-dB-Schritten zeigen wie in Abbildung 2 bei allen untersuchten Smartphones eine Kompression ab Pegel über 85 bis 100 dB. Ein Pegel des Rosa Rauschens von 105 dB wird z.B. beim Smartphone A mit 95,7 dB angezeigt. Bei Aufnahmen von Rauschen werden dadurch im Zeitbereich Pegelspitzen weggeschnitten.

Pegelmessungen

Alle untersuchten Anwendungen erlauben eine Schallpegelmessung und geben in der Regel Minimal- und Maximalwerte sowie den Durchschnittspegel an. Die meisten waren kalibrierbar, jedoch ist dies nur für den Fachmann mit einem Referenzsystem möglich. Einige Anwendungen messen nicht nur den unbewerteten Pegel, sondern erlauben auch eine A- und C-Bewertung sowie die Einstellung üblicher Zeitkonstanten. Zur Pegelmessung wurde ein 1-kHz-Ton bzw. Rosa Rauschen von 50 dB auf 110 dB in 5-dB-Schritten von der Lautsprecherbox wiedergegeben. Die Pegelanzeigen verschiedener Apps beim Smartphone C (iOS) in Abbildung 3 zeigen eine obere Pegelbegrenzung bei ca. 90 dB. Das externe Mikrofon erhöht diese auf 100 dB. Alle gemessenen Smartphones weisen bei breitbandigen Signalen eine Begrenzung ab Pegel über 85 bis 100 dB auf und erfassen Pegel unter 50 dB nicht mehr sinnvoll. Die App „dB Level“ ist bei allen iOS-Systemen infolge der schlechten Kalibrierungsmöglichkeit auf sehr niedrige Pegel nicht zu gebrauchen, während sie bei Android-Systemen wie Smartphone A und B bis zur Pegelbegrenzung bei 95 dB bzw. 90 dB sehr gute Werte liefert. Gleiches gilt für die App „Professional dB Meter“, die bei iOS-Systemen nur beim Kalibrierungspegel von 80 dB den richtigen Wert anzeigt. Die Variationen identischer Pegelmessungen waren bei allen Smartphones mit vielfach weniger als ± 1 dB sehr gering.

Die Analyse eines per Smartphones *aufgenommenen*, im Pegel ansteigenden 1-kHz-Tones ergab gemäß Abbildung 4 eine Pegelbegrenzung erst ab ca. 100 dB. Die *Anzeige* der in der Untersuchung besten Apps „Audio Tool“ (Smartphone A und B) und „Signal Scope Pro“ (Smartphone C) war bei diesem schmalbandigen Signal bis 110 dB pegelrichtig, so dass diese Apps eine interne Pegelkorrektur besitzen.

Terzpegelanalysen sind bei Android-Systemen wegen hoher Ablesungenauigkeit und großen Anzeigegehlern bis ± 10 dB nicht verwendbar. Bei iOS-Systemen sind sie von 200 Hz bis 16 kHz einsetzbar, besitzen aber max. Fehler von ± 4 dB.

Die Frequenzermittlung einzelner dargebotener Sinustöne mit Frequenzen zwischen 100 Hz und 20 kHz erfolgte bei den Smartphones A und B mit „Audio Tool“ auf $-0,5/+2$ %, beim Smartphone C mit „Signal Scope Pro“ auf ± 0 % genau und änderte sich selbst während 8 Messdurchgängen nicht.

Die Generierung und Wiedergabe von Sinustönen erfolgte im Frequenzbereich von 50 Hz bis 20 kHz bei den Smartphones A und B mit einer Frequenzabweichung von $-0,5/+0$ %, bei Smartphone C mit ± 0 %. Der Gesamtklirrfaktor der erzeugten Töne lag bei Messung an Klinken unter 0,01 %, bei Wiedergabe über Lautsprecher wiesen alle drei Smartphones über 800 Hz Gesamtverzerrungen von weniger als 10 % auf. Bei 400 Hz lagen sie bei 15 % (A), 59 % (B) und 19 % (C).

Die Messung der Nachhallzeit mit Impulsen unter 100 dB war bei Android-Systemen mit „Audio Tool“ zunächst gut,

nach update der App jedoch wie bei iOS-Systemen nicht mehr verwendbar. Die nur bei iOS-Systemen verfügbare STI-Messung erzielte wegen zu verarbeitender Pegel um 60 dB gute Ergebnisse mit max. -5 % relativem Fehler.

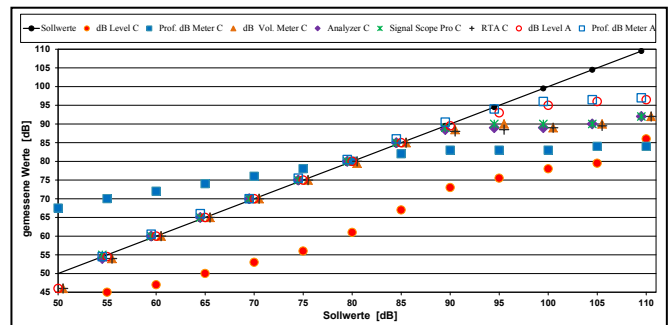


Abbildung 3: Pegelanzeigen der verschiedenen Applikationen bei Messung von Rosa Rauschen mit Pegeln zwischen 50 bis 110 dB mit Smartphone C (eingeb. Mikro) bzw. A. Kalibrierung bei 80 dB.

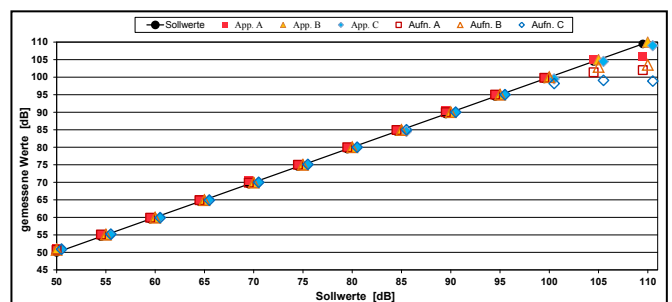


Abbildung 4: Pegelermittlung durch Aufnahme und Auswertung von stufenweise ansteigendem 1-kHz-Ton (unausgefüllte Symbole) bzw. Anzeige der Apps (ausgefüllte Symbole) bei Smartphone A, B und C (eingebautes Mikrofon). Kalibrierung bei 80 dB.

Zusammenfassung

Die untersuchten Smartphones weisen außerhalb der Telefonbandbreite von 300 Hz bis 3,4 kHz einen sehr nichtlinearen und resonanzbehafteten Frequenzgang auf. Die Pegelanzeige variiert zwischen Applikation und Smartphone und ist nur mit Kalibrierung auf einen bekannten Pegel im Messbereich verwendbar. Manche Apps zeigen unbrauchbare Pegel an. Android-Systeme liefern mit geeigneter App bei breitbandigen Signalen eine zuverlässige Anzeige zwischen 55 und 95 dB, iOS-Systeme zwischen 55 und 90 dB bzw. 100 dB mit externem Mikrofon. Bei hohen Pegeln ist eine deutliche Pegelkompression vorhanden, so dass hohe Pegel unkontrollierbar zu gering angezeigt werden. Beim 1-kHz-Ton erstreckt sich der zuverlässig angezeigte Pegelbereich bei allen untersuchten Smartphones von 50 bis 110 dB.

Breitbandige Frequenzanalysen und Terzpegelanalysen sind wegen der Ables- und Anzeigeungenauigkeit nicht sinnvoll einsetzbar. Nur Frequenzanalysen von Sinustönen sowie deren Generierung sind genau.

Wegen des nichtlinearen Frequenzganges und der Pegelkompression bei hohen Pegeln breitbandiger Signale sind die untersuchten Smartphones nicht als Messsysteme einsetzbar. Ebenso wenig sind sie momentan als Lärmdosimeter oder Pegelanzeige in lauter Umgebung geeignet, weil hohe Pegel breitbandiger Signale viel zu niedrig angezeigt werden.

Der Autor dankt den Herren Thomas Baumgartner, Matthias Schmid und Markus Strohmriegel für die Messungen im Rahmen ihrer Studienarbeit sowie Laboringenieur Herrn Michael Pfeifer für weitere ausführliche Untersuchungen.