

Ein Vergleich akustischer Messketten für technische Geräusche

Clemens Hummel¹, Dieter Reinartz², Frank Kameier²

¹ Jägerstraße 5, 40231 Düsseldorf, Email: clemens.hummel@gmx.net

² FH Düsseldorf FB 4 Maschinenbau und Verfahrenstechnik, <http://www.stroemungsakustik.de>

Einleitung

Geräuschaufnahmen in digitaler Qualität sind mit jedem PC über die Soundkarte möglich. Überprüft werden soll, ob Komponenten aus dem HiFi-Bereich konventionelle Messtechnik oder industrielle Messsysteme ersetzen können. Es soll im Speziellen dargestellt werden, in wie weit sich ein handelsüblicher MiniDisc (MD) Recorder (SONY MZ-N510) zur mobilen Erfassung technischer Geräusche bei eingeschränktem Raum- und Gewichtsangebot eignet. Hierzu wird das Gerät dahingehend untersucht, ob die bei der Aufzeichnung angewendete Datenkomprimierung nennenswerten Einfluss auf die Messdaten hat. Die Mikrofone und der MD Recorder sollen im Labor für Strömungstechnik und Akustik des Fachbereichs Maschinenbau und Verfahrenstechnik an der Fachhochschule Düsseldorf [1] im Zusammenspiel mit einem ebenfalls handelsüblichen PC und Miniatur-Ansteckmikrofonen untersucht werden.

Messwerterfassung

Zur Messwerterfassung wird der MD Recorder mit Miniatur-Ansteckmikrofonen verwendet. Datenträger sind herkömmliche MDs mit einer qualitätsabhängigen Aufnahmekapazität von 80 bis 320 Minuten, Speicherformat ist das ATRAC3-Format. Die Übertragung auf den Computer zur Auswertung muss analog über den LineIn-Eingang der Soundkarte erfolgen, da ATRAC3 die digitale Übertragung aus Kopierschutzgründen nicht erlaubt.

Messwertverarbeitung

Bei der Auswertung kommen DASYLab und MATLAB zur Anwendung. DASYLab erlaubt das unkomplizierte Erstellen von sog. Schaltbildern, die aus Modulen in einer grafischen Umgebung aufgebaut werden. Jedes Modul steht hierbei für eine implementierte mathematische Funktion. In der verwendeten Schulversion können Soundkarten als analoge Eingänge genutzt werden. MATLAB bietet keine grafische Oberfläche, die Programmierung erfolgt in Kommandozeilen. Vorteilhaft ist die große Flexibilität bei der Auswahl grafischer Darstellungsmöglichkeiten.

Datenkomprimierung

Aufgabe eines Komprimierungsalgorithmus ist die Verminderung des zu übertragenden Datenvolumens bei definierbaren Verlusten. Es werden verlustfreie und verlustbehaftete Verfahren unterschieden:

Verlustfreie Verfahren werden verwendet, wo sich Informationen nach der Übertragung vollständig und identisch wiederherstellen lassen müssen, z.B. in

Textdateien. Bei der Komprimierung werden erstlinig Redundanzen genutzt. Sind dagegen Einschränkungen in der Qualität erlaubt, werden verlustbehaftete oder reduzierende Verfahren angewendet. Diese Verfahren nutzen neben Redundanzen Irrelevanzen in der Information; die Entscheidung über die Relevanz wird durch Algorithmen getroffen, die auf Erkenntnissen aus der Physiologie, hier speziell der Psychoakustik, beruhen.

Psychoakustik

Wichtigste Grundlage für Komprimierungsverfahren sind die Erkenntnisse aus der Psychoakustik, aus denen Schlüsse darauf gezogen werden können, ob und welche Signalanteile ohne wahrnehmbaren Qualitätsverlust weggelassen werden können. Wesentliche Phänomene hierbei sind die unterschiedliche Empfindlichkeit des Ohres über den Frequenzbereich („Kurven gleicher Lautstärke“), Verdeckungsphänomene im Frequenz- und im Zeitbereich, des Weiteren die Aufteilung des aufgenommenen Schalls in Frequenzgruppen (critical Bands).[2]

Mikrofone

Von den Mikrofonen werden mit Hilfe einer Miniaturdruckkammer und einem 1/2“-Kondensatormikrofon (Brüel&Kjær 4133) als Referenz die Übertragungsfunktionen aufgenommen. Mit der Druckkammer werden die Prüflinge über eine Luftmasse an Quelle und Referenz gekoppelt.

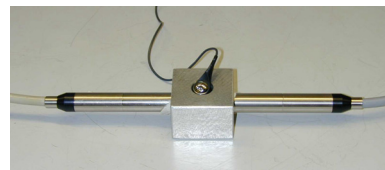


Abbildung 1: Miniatur-Druckkammer mit Schallquelle, Referenzmikrofon B&K 4133 und (baugleichem) Prüfling

Die Druckkammermessung erlaubt Aussagen über das Übertragungsverhalten bis zu einer Frequenz von etwa 4,5 kHz, bei höheren Frequenzen verfälschen Resonanzen das Ergebnis.

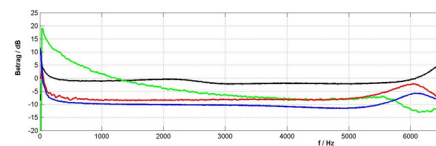


Abbildung 2: Übertragungsfunktionen, blau: AV-Jefe TCM 110; rot: McCrypt GH-183; schwarz: SONY TCM-145; grün: Philips ME 670; Referenz: B&K 4133

Der Abbildung 2 lässt sich entnehmen, dass die Mikrofone AV-Jefe TCM 110 und McCrypt GH-183 bis zur Grenze bei 4,5 kHz annähernd lineare Verläufe aufweisen.

Soundkarte

Um die Eignung von Soundkarten für die Aufnahme technischer Geräusche zu überprüfen, werden die Übertragungseigenschaften ermittelt. Hierzu wird Weisses Rauschen aufgenommen und in gemittelten Amplitudenspektren durch DASYLab dargestellt.

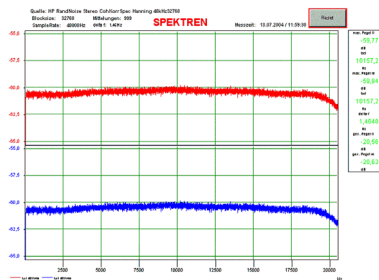


Abbildung 3: Gemittelte Amplitudenspektren aus mit der Soundkarte aufgenommenem Weisses Rauschen, Abweichungen < 3 dB

Daneben wird die verfügbare Dynamik der Soundkarte als der Bereich zwischen Eigenrauschen und größtem darstellbarem Eingangssignal ermittelt. Als Testsignal dient eine Sinusspannung mit einer Frequenz von 1 kHz, diese Spannung wird bis zum Auftreten von Clipping erhöht.

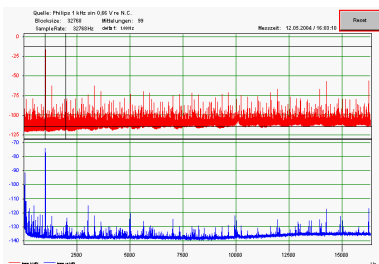


Abbildung 4: Dynamikbereich der Soundkarte, Testsignal Sinus 1 kHz; Dynamik ca. 87 dB

Aus der Abbildung 4 ergibt sich eine Dynamik von etwa 87 dB für die untersuchte Soundkarte.

MiniDisc Recorder

Der MD Recorder wird analog zur Soundkarte hinsichtlich seiner Dynamik und seiner Übertragungseigenschaften untersucht. Für die Dynamik ergibt sich ein Wert von gut 95 dB, der Frequenzgang des Geräts besitzt Linearitätsabweichungen von weniger als 0,75 dB. Der Recorder wird ferner mit Testsignalen beaufschlagt, mit deren Hilfe ermittelt werden soll, ob nicht hörbare aber evtl. relevante Geräuschanteile vom ATRAC3-CODEC entfernt werden. Die Testsequenzen bestehen aus Weisses Rauschen, welches Testimpulse vorwärts-, rückwärts- oder simultan maskiert. Vorbild sind die Darbietungen aus [2]. Exemplarisch ist hier ein Versuch dargestellt, bei dem das Testsignal aus maskierendem Weisses Rauschen mit 300 ms langen Impulsgruppen abnehmender Amplitude besteht.

Die Auswertung und grafische Darstellung erfolgt mit MATLAB.

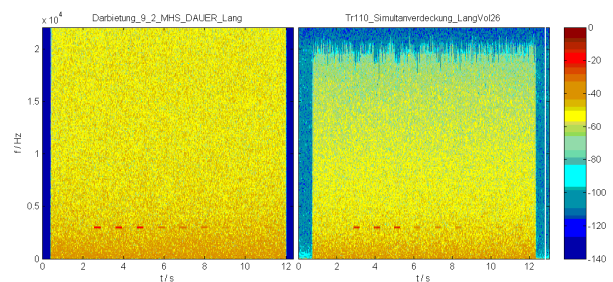


Abbildung 5: Campbell-Diagramm Simultanverdeckung mit 300 ms Impulsgruppen abnehmender Amplitude, links Originalsignal, rechts MD-Aufnahme

Aus der Abbildung geht deutlich die Begrenzung des Frequenzbandes bei ca. 18 kHz durch den Recorder hervor. Darüber hinaus lässt sich ein verstärktes Eigenrauschen erkennen.

Aus den Campbell-Diagrammen werden gemittelte Amplitudenspektren gewonnen:

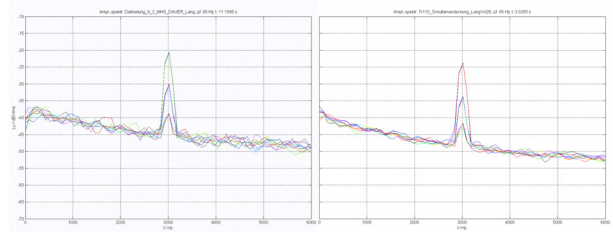


Abbildung 6: Spektren Simultanverdeckung, links Originalsignal, rechts MD-Aufnahme

Die Spektren zeigen eine große Übereinstimmung. Besonders die Signalamplituden zueinander und zur Rauschgrenze stehen im gleichen Verhältnis.

Aus den Versuchen geht hervor, dass vom Komprimierungsalgorithmus keine Anteile aus den Sequenzen entfernt werden, obwohl die betreffenden Signale beim vergleichenden Hören kaum oder nicht wahrnehmbar sind.

Zusammenfassung

Die Untersuchungen zeigen, dass mit den betrachteten Geräten aussagefähige professionelle Messungen vorgenommen werden können, ohne allzu große Qualitätseinbußen in Kauf nehmen zu müssen. Für die Messung von technischen Geräuschen mit einer Frequenzspanne von ca. 30 Hz bis ca. 11 kHz sind Soundkarte und MiniDisc Recorder gut geeignet.

Literatur

- [1] Homepage des LFS. URL: <http://ifs.muv.fh-duesseldorf.de>
- [2] Psychoakustik. Zwicker, Berlin, 1982