

Systematische Variation komplexer Klangschalenschalle und ihr Einfluss auf die Wahrnehmung

Britta Jensen¹, Johanna Stever², Christina Imbery¹, Reinhard Weber¹

¹ CvO Universität Oldenburg, AG Akustik, 26129 Oldenburg, E-Mail: Reinhard.Weber@uni-oldenburg.de

² Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde der Uniklinik Köln

Einleitung

Die Schwingungsmoden einer Klangschale sind verbunden mit radialen und tangentialen Bewegungen [1]. Die Moden lassen sich daher einmal durch das (radiale) Anschlagen mit einem Schlägel oder durch das (tangentiale) Reiben z.B. mit einem (lederumhüllten) Klöppel anregen. Bei handgefertigten Klangschalen spalten die Moden durch Ungleichmäßigkeiten in der radialen Symmetrie einer Schale in der Regel in Modenpaare auf, deren beider Komponenten einen geringen Frequenzabstand haben, so dass Schwebungen wahrnehmbar sind [3]. Die Moden selber klingen, nachdem die Klangschale angeschlagen wurde, unterschiedlich schnell ab, so dass sich während des Ausklings der Klangschale ihr Klang, leiser werdend, stetig verändert.

Motivation

In diesem Beitrag wird gezeigt, welchen Einfluss diese Klangschalenschallcharakteristika, das unterschiedlich schnelle Abklingen der verschiedenen Modenpaare und die Schwebungen auf die Wahrnehmung der Klangschalenschalle haben. Er basiert auf der Masterarbeit von J. Stever [2] und stellt eine besondere Auswertung der dort erhobenen subjektiven Beurteilungen von Klangschalenschallen und besonders modifizierten Klangschalenschallen dar.

Subjektivbewertungen mit semantischem Differential

39 (nach eigenen Angaben) normalhörende Versuchspersonen mit einem durchschnittlichen Alter von 25,9 Jahren bewerten in einem Test mit einer Wiederholung 15 Signale, bestehend aus Originalaufnahmen und modifizierte Klangschalenschalle, mit einem semantischen Differential aus 37 Adjektivpaaren (7-fach gestuft). Die Signale wurden in einer schallisolierten Kabine per Kopfhörer bei 56dBA mit einer Dauer 20 Sekunden wiedergegeben [2].

Synthetisierte Klangschalenschalle mit Unterschieden in der Schwebung und im Abklingverhalten

Von den bewerteten 15 Schallen, werden vier synthetisierte Signale betrachtet, von denen ein Paar Unterschiede im Abklingverhalten der Modenpaare zeigt und das andere Paar aus einem synthetisierten Schall mit Schwebungen und einem Schall ohne Schwebungen besteht. Abb. 1 demonstriert das Vorgehen der Schallsynthese für den Vergleich unterschiedlicher Abklingverhalten. Das oberste Spektrogramm zeigt die Originalaufnahme eines Klangschalenschalles und das für die einzelnen (hier nicht

auflösbaren) Modenpaare unterschiedlich starke Abklingverhalten. Im mittleren Spektrogramm sind wesentliche Modenpaare des Originalschalles resynthetisiert mit modenpaarabhängigem Abklingverhalten. Im unteren Spektrogramm sind die gleichen Modenpaare resynthetisiert aber diesmal mit gleichem Abklingverhalten für alle Modenpaare.

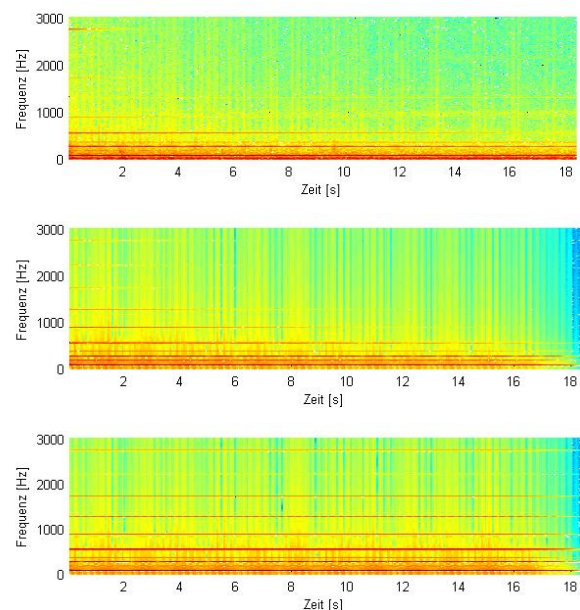


Abbildung 1: Spektrogramme. Oben: Modenpaare einer Klangschalenaufnahme mit unterschiedlichem Abklingverhalten. Mitte: Resynthetisierte, wesentliche Modenpaare mit unterschiedlichem Abklingverhalten. Unten: Resynthetisierte, wesentliche Modenpaare mit gleichem Abklingverhalten.

Bei einem weiteren Signalpaar unterscheiden sich die beiden Signale dadurch, dass einmal beide schwebungserzeugenden Komponenten eines Modenpaare resynthetisiert werden und beim zweiten Signal jeweils nur eine Komponente eines Modenpaares bei der Klangsynthese verwendet wird, so dass keine Schwebungen im Klang mehr wahrnehmbar sind. Eine Benennung der insgesamt vier Signale gibt Tabelle 1.

Tabelle 1: Nomenklatur der betrachteten Signale

Signalname	Schwebungen	Abklingverhalten
1_mS_ngA	mit	nicht gleichmäßig
1_mS_gA	mit	gleichmäßig
2_mS_ngA	mit	nicht gleichmäßig
2_oS_ngA	ohne	nicht gleichmäßig

Ergebnisse

Faktorenanalyse

Die Antworten der Probanden aus dem Test und dem Retest für jedes Signal werden einer Hauptkomponentenanalyse (PCA) unterzogen. Die Faktoren mit dem Varianzanteil, den sie aufklären, in Klammern und den am höchsten ladenden Adjektivpaaren sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Faktoren (erklärter Varianzanteil in %) und hoch ladende Adjektivpaare nach der PCA

ANGENEHM (27%)	erholsam	anstrengend
	angenehm	unangenehm
	ruhig	unruhig
	beruhigend	erschreckend
KLAR (12%)	klar	dumpf
	hell	dunkel
EINDRUCKSVOLL (9%)	eindrucksvoll	unscheinbar
	auffällig	unauffällig
	voll	leer
SCHWANKEND (7%)	gar nicht wabernd	sehr wabernd
	gar nicht schwankend	sehr schwankend
METALLISCH (4%)	gar nicht rasselnd	sehr rasselnd
	gar nicht blechern	sehr blechern
SCHNELL (3%)	langsam	schnell

Einfluss des Abklingverhaltens auf die Wahrnehmung

Die Signale $I_{mS_{ngA}}$ und $I_{mS_{gA}}$ bestehen aus denselben Modalpaaren mit unterschiedlichem Abklingverhalten. Das Signal $I_{mS_{ngA}}$ mit individuell unterschiedlichem Abklingverhalten der Modalpaare wird signifikant (5%-Niveau) ANGENEHMER, SCHNELLER und weniger SCHWANKEND als das Signal $I_{mS_{gA}}$ mit

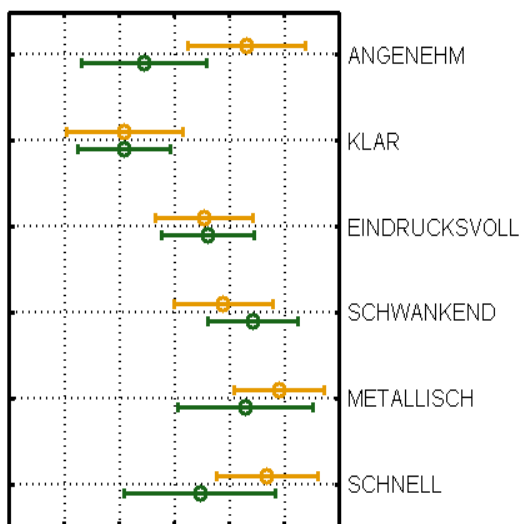


Abbildung 2: Mittelwerte und Standardabweichung der Bewertungen zweier Signale mit unterschiedlichem individuellem Abklingverhalten der Modalpaare. $I_{mS_{gA}}$ (grün) – gleiche Abklingkonstanten und $I_{mS_{ngA}}$ (orange) – ungleiche Abklingkonstanten.

denselben Abklingkonstanten für alle Modalpaare bewertet (s. Abb.1).

Einfluss der Schwebungen auf die Wahrnehmung

In Abbildung 3 sind die Bewertungen zweier Signale dargestellt, die sich darin unterscheiden, dass von den Modenpaaren einmal beide Komponenten vorhanden sind und damit Schwebungen erzeugen, und dass beim zweiten Signal durch Weglassen jeweils einer Komponente aus Modenpaaren Modensingles werden, die keine wahrnehmbaren Schwebungen zeigen. Das Signal mit Schwebungen $2_{mS_{ngA}}$ wird von den Probanden als signifikant (5%-Niveau) ANGENEHMER, SCHWANKENDER und SCHNELLER bewertet als das Signal $2_{oS_{ngA}}$ ohne Schwebungen. Für die Faktoren KLAR und METALLISCH ergeben sich keine signifikant unterschiedlichen Bewertungen.

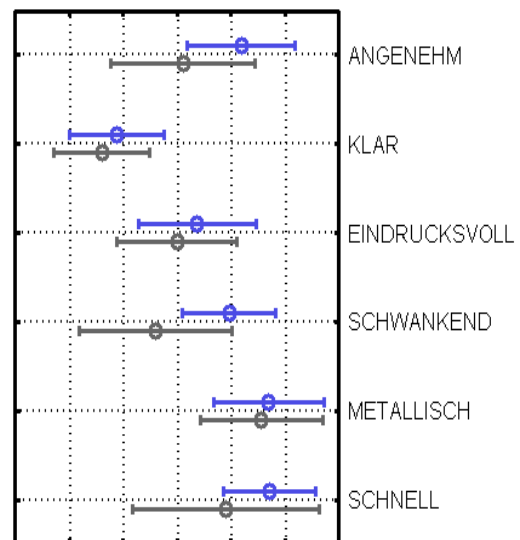


Abbildung 3: Mittelwerte und Standardabweichung der Bewertungen zweier Signale mit und ohne Schwebungen. $2_{mS_{ngA}}$ (blau) (mit Modenpaaren) und Schwebungen. $2_{oS_{ngA}}$ (grau) (mit Modensingles) ohne Schwebungen.

Zusammenfassung

Die Untersuchung zweier wesentlicher Aspekte der Klangschalenschalle, das Auftreten von Schwebungen durch Modenpaare durch Ungleichmäßigkeiten bei der handwerklichen Herstellung und das individuell unterschiedliche Abklingverhalten der Modenpaare, zeigen, dass diese Eigenschaften insbesondere die ANGENEHM-Bewertung der Schalle positiv beeinflussen.

Literatur

- [1] Inácio, O. (2008) „A Modal Method for the Simulation of Nonlinear Dynamical Systems with Application to Bowed Musical Instruments“, University of Southampton, ISVR, PhD Thesis, p.150-186
- [2] Stever, J. (2013) „ Physikalische und perzeptive Charakterisierung des Klanges von Klangschalen“ Masterarbeit, Uni Oldenburg
- [3] Imbery, C., Jensen, B., Weber, R. (2014) “Spectral Directivity of Singing Bowls”, DAGA 2014 Oldenburg, Fortschritte der Akustik, Dega eV. Berlin