

Variabilität von Klangschalenschwingungen: Beobachtungen mithilfe von Analyse und Synthese

von Wolfgang Thies

1 Einleitung

Die zunehmende Verbreitung von Klangschalen spiegelt sich in einer Fülle praxisorientierter Veröffentlichungen mit zahlreichen Themen wie z.B. Schalentypen, Spieltechniken, Anwendung in verschiedenen Situationen und Einfluss auf das Befinden. Darüber hinaus gibt es einige wissenschaftliche Untersuchungen zur Akustik und zur Wirkung von Klangschalen auf den Menschen. (Ein Überblick zur Literatur über Klangschalen ist enthalten in Thies 2010, S. 38–39.) Die Literatur zeigt, dass viele Menschen die Klänge dieser Instrumente als angenehm empfinden. Beispielsweise schreibt der erfahrene Praktiker Peter Hess (2007, S. 44): *"Mit dem Klang der Klangschale werden Körper, Geist und Seele angenehm angesprochen"*; bei einem Hörversuch mit 60 Personen (Thies 2008) bezeichneten vier Fünftel der Teilnehmer die Schalenklänge als angenehm. Praktiker berichten darüber hinaus oft über günstige Einflüsse auf Wohlbefinden und Gesundheit, vor allem durch Entspannung. Auch die Teilnehmer des erwähnten Hörversuchs nannten Entspannung als häufigste Wirkung.

Die Beliebtheit der Klangschalen dürfte auch auf ihrer großen Klangvielfalt bei einfacher Handhabung beruhen. Die Vielfalt der Klänge hängt ab von Schaleneigenschaften wie Material, Größe, Form, Wandstärke und Herstellungsweise. Bei einer gegebenen Schale sind wiederum zahlreiche Klangvarianten durch die Wahl des Anregungsmittels und der Anregungsart möglich. Akustisch zeigt sich die Variabilität angeschlagener Klangschalen in der Anzahl der Teilschwingungen, ihrer Dämpfung, in der Grundfrequenz, den Frequenz- und Amplitudenverhältnissen der Teilschwingungen sowie in den Frequenzen und Hüben der auftretenden Schwebungen, die Bewegung in den Klang bringen, bei hoher Schwebungsfrequenz aber Rauigkeit verursachen können. Weitere Varianten entstehen durch Dauerschwingungen beim Reiben von Schalen. (Zu den grundsätzlichen akustischen Eigenschaften von Klangschalen s. Thies 2010, S. 41–44; die Kenntnis der dort dargelegten Fakten wird im Folgenden vorausgesetzt.)

Alle genannten akustischen Merkmale anhand einer reichhaltigen Stichprobe von Schalen und für verschiedene Spielweisen ausführlich darzustellen, wäre eine sehr umfangreiche Aufgabe. In der Literatur findet man Aussagen über ausgewählte Eigenschaften einer geringen Anzahl von Schalen, statistische Kenngrößen für eine größere Schalenauswahl oder auch nur Einzelangaben, beispielsweise zur Schwebung einer Teilschwingung. Untersucht wurden vor allem die Teilschwingungsfrequenzen (s.u.), mitunter auch die Schwebungsfrequenzen (s.u.). Weitere Themen sind: Verformung der Schale beim Schwingen (Inácio, Henrique u. Antunes 2006; Rossing 2000); Dämpfung, Schallvarianten durch verschiedenartige Schlägel, Abstrahlcharakteristik (Inácio, Henrique u. Antunes 2006; Portalscy 2008); Interaktion von Schlägel und Schale beim Anschlagen und beim Reiben (Inácio, Henrique u. Antunes 2006).

Wenn man die bisher veröffentlichten Befunde ergänzen möchte, ist es sinnvoll, sich zunächst auf häufig verwendete Schalentypen und auf jene Schallmerkmale zu konzentrieren, die sich beim Spiel nicht beeinflussen lassen, sondern allein durch die Schale bestimmt sind: Grundfrequenz, Frequenzverhältnisse der Teilschwingungen und Schwebungsfrequenzen. Einige Autoren haben Messergebnisse mitgeteilt: Teilschwingungsfrequenzen bzw. Intervalle zwischen den Teilschwingungen für eine bis zehn Schalen nennen Inácio, Henrique u. Antunes (2006, S. 640–641 [Onlinefassung S. 5–6]); Rossing (2000, S. 160); Thies (2000, S. 212, Messwerte näherungsweise aus Grafik ablesbar); Wilkerson, Serafin u. Ng (2002, S. 220). Den Arbeiten von Inácio et al. sowie von Thies sind für drei bzw. zehn Schalen die Schwebungsfrequenzen der einzelnen Teilschwingungen zu entnehmen. Portalska u. Portalski nennen aufgrund einer Stichprobe von mehr als 50 Klangschalen statistische Kenngrößen für die Frequenzen der ersten drei Teilschwingungen und für die Intervalle zwischen ihnen (Portalscy 2008, S. 20–24). Die Verfasser äußern sich zu Schwebungsfrequenzen von vier Schalen (S. 34–37), die Zuordnung der Angaben zu den Teilschwingungen ist jedoch nicht ersichtlich. Glorian u. Beer (1996, S. 323) sowie Terwagne u. Bush (2011, S. R56) zeigen relative bzw. absolute Teilschwingungsfrequenzen für mehrere Schalen in Form von Diagrammen, die der Übersicht dienen und keine zuverlässigen Aussagen über die Messwerte ermöglichen.

Die folgende Darstellung bietet mehr Einzelinformationen. Sie enthält Messergebnisse von 47 Schalen, die für diese Studie untersucht wurden, und ergänzende Werte aus der Literatur für fünf Schalen. Die Daten vermitteln einen Eindruck davon, in welchem Rahmen sich die allein durch die Schale bestimmten

Schallmerkmale bei verschiedenen Klangschalen bewegen. Überdies veranschaulichen Klangbeispiele wesentliche Befunde: Synthetisierte Schwingungen erlauben es, einzelne Schalleigenschaften unabhängig voneinander zu ändern, um die jeweils auftretenden Klangunterschiede hören zu können.

2 Einbezogene Klangschalen und erhobene Messwerte

Am weitesten verbreitet sind metallene Klangschalen mittlerer Größe und mittlerer bis hoher Wandstärke. Auf derartige Schalen bezieht sich diese Studie. Die untersuchten Schalen haben einen Durchmesser von 14 bis 18 cm. In erster Linie sind die besonders beliebten "tibetischen" Klangschalen berücksichtigt. Diese Bezeichnung ist gebräuchlich für handgeschmiedete, meist hohe Schalen, die vor allem aus Nepal und Nordindien stammen – und wohl nur selten aus Tibet. Die Untersuchung umfasst 38 derartige Schalen in hoher, nach oben hin mehr oder weniger verjüngter Form (Abb. 1).



Abb. 1: Zwei der untersuchten Klangschalen

Ergänzend sind einige weitere, weniger verbreitete Schalentypen einbezogen: die flache, ausladend geöffnete Assam- oder Manipuri-Klangschale (neun Exemplare), die japanische Klangschale (ähnlich hoch wie tibetische Schalen, gedreht statt geschmiedet, selten gegossen; drei Exemplare) und die chinesische bzw. taiwanische Klangschale, auch "Tempelglocke" genannt; dieser geschmiedete Typ ist im Verhältnis zum Durchmesser wesentlich höher als andere Schalen, die Wandstärke ist gering, der Rand verdickt (zwei Exemplare).

Die erhobenen akustischen Daten der insgesamt 52 Klangschalen beschränken sich auf Merkmale, die durch die Schale festgelegt und nicht durch die Spielweise variierbar sind: die Grundfrequenz, die Frequenzverhältnisse der Teilschwingungen und die Schwebungsfrequenzen. All diese Merkmale beeinflussen den Klang. Die Grundfrequenz fast aller einbezogenen Schalen liegt zwischen 183 und 378 Hz, zwei

Exemplare liegen mit 434 bzw. 518 Hz darüber. Abb. 2 gibt die Intervalle zwischen den ersten fünf Teilschwingungen wieder, die Abb. 3–7 zeigen ihre Schwebungsfrequenzen. Höhere Teilschwingungen spielen bei den hier betrachteten Schalen klanglich keine nennenswerte Rolle – man hört sie entweder gar nicht oder nur schwach und für sehr kurze Zeit (außer bei ungewöhnlich hartem Anschlag). Bei den kleineren Schalen der Stichprobe hat auch die fünfte Teilschwingung geringe Bedeutung. In jeder Abbildung enthält die erste Wertegruppe die Messergebnisse für die tibetischen Klangschalen (I1–I3, T1–T35), weitere Gruppen enthalten die Ergebnisse für die neun Assamschalen (T36–T44), die drei japanischen (T45–T47) und die beiden chinesischen Schalen (R1–R2). Die Daten stammen von Inácio, Henrique u. Antunes (2006, S. 640 [Onlinefassung S. 5]; I1–I3), Rossing (2000, S. 160; R1–R2) sowie aus eigenen Messungen (T1–T47). Rossing geht nicht auf die Schwebungen ein, deswegen entfallen R1 und R2 in den Abb. 3–7. Die Messungen von Portalska u. Portalski (Portalscy 2008) wurden nicht einbezogen, denn die meisten Schalen ihrer Untersuchung sind – mit Grundfrequenzen von 59 bis 153 Hz – wahrscheinlich größer als die hier betrachteten (eine Schale hat 26 cm Durchmesser, die Größe der übrigen wird nicht mitgeteilt). Eine aufgrund des höheren Klangs von den Autoren gebildete Untergruppe hat Grundfrequenzen zwischen 226 und 249 Hz. Diese Werte lassen jedoch nicht zwangsläufig auf entsprechend kleineren Durchmesser schließen, weil die Frequenzen erheblich von der Wandstärke und ihrem Verlauf abhängen. Die von Wilkerson, Serafin u. Ng (2002) untersuchte Schale hat 21 cm Durchmesser, deshalb ist sie hier nicht einbezogen.

Grundlage für die eigenen Messungen waren größtenteils eigene Aufnahmen, ergänzende Audiodateien stammen von Websites verschiedener Klangschalenanbieter. Die Frequenzwerte lieferte eine FFT-Analyse. Wegen der gewünschten hohen Auflösung wurde zumeist eine Signaldauer von 10 s genutzt. Bei elf Schalen war die Zeitspanne zum Messen der fünften Teilschwingung auf 5 s verringert, um höhere Amplituden nutzen zu können; in zwei Fällen betraf dies auch die vierte Teilschwingung. Bei je 50 Probemessungen an synthetisierten Schalenschwingungen von 10 s bzw. 5 s Dauer traten Fehler von höchstens 0,05 Hz auf. Wenn man einen Maximalfehler von 0,1 Hz annimmt, weichen die ermittelten Intervalle höchstens um 1,3 Cent von den tatsächlichen Werten ab, die Schwebungsfrequenzen höchstens um 0,2 Hz.

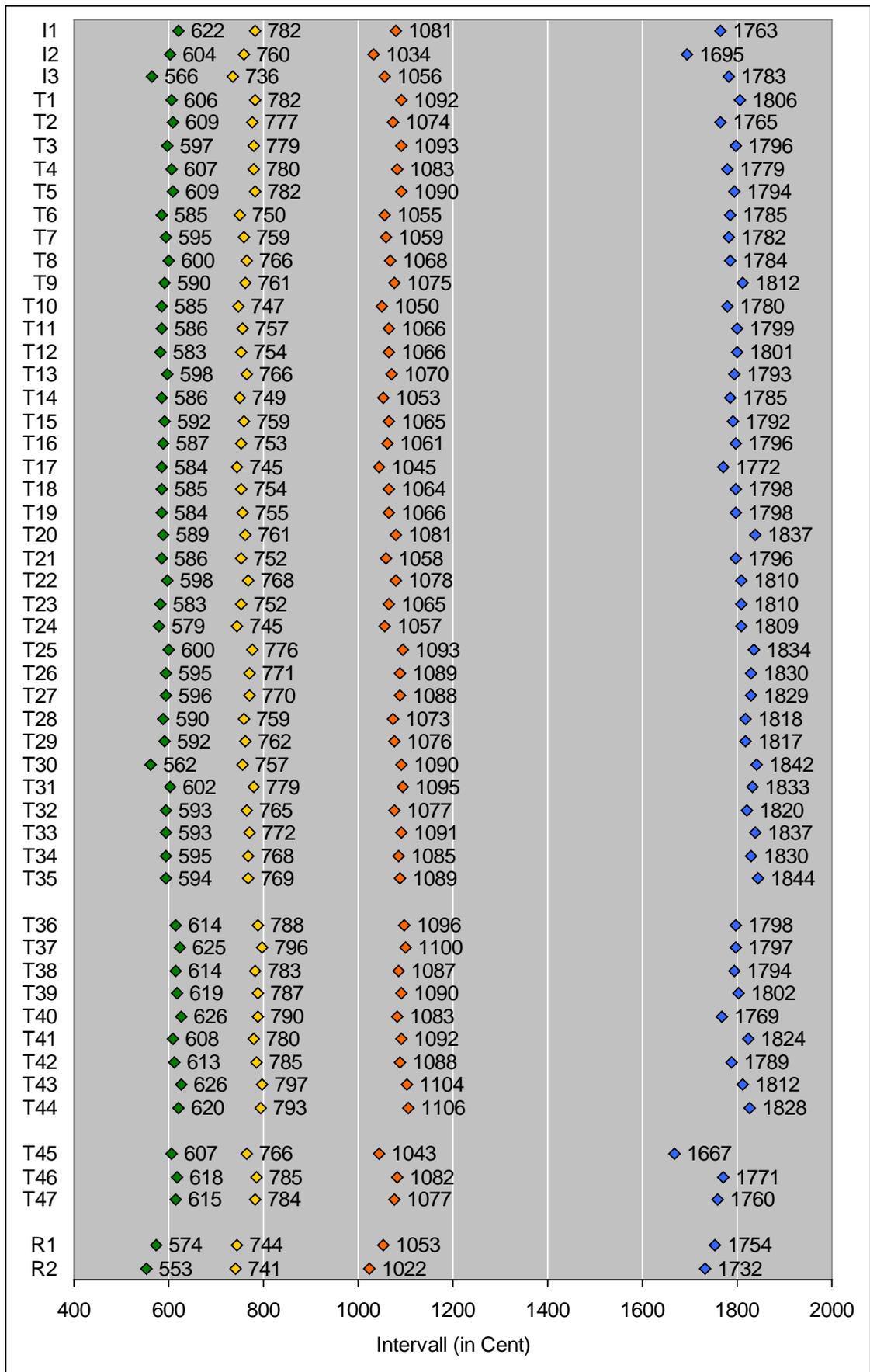


Abb. 2: Intervalle der Teilschwingungen 5●, 4●, 3●, 2● zur nächsttieferen Teilschwingung bei 52 Klangschalen

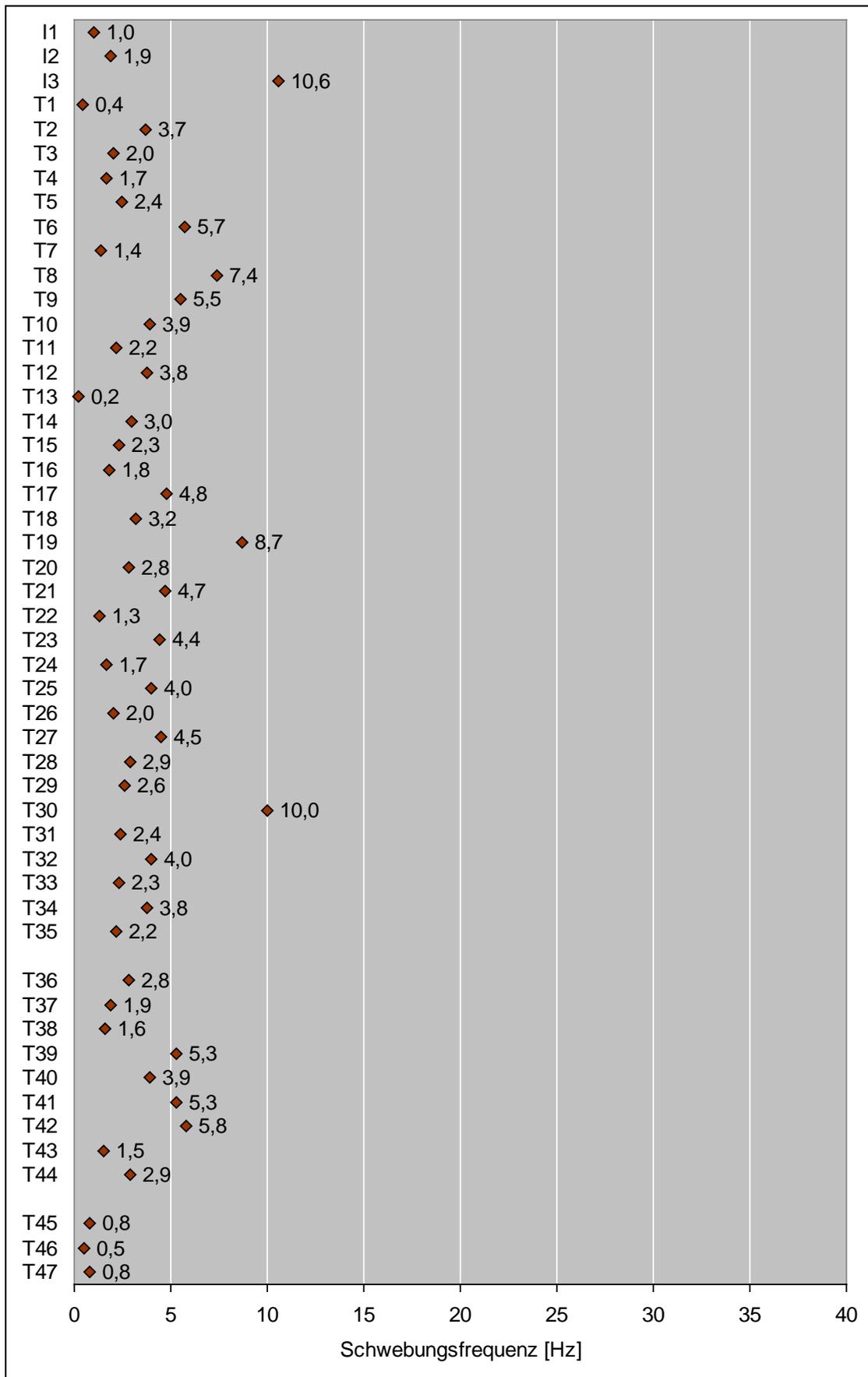


Abb. 3: Schwebungsfrequenz der ersten Teilschwingung bei 50 Klangschalen

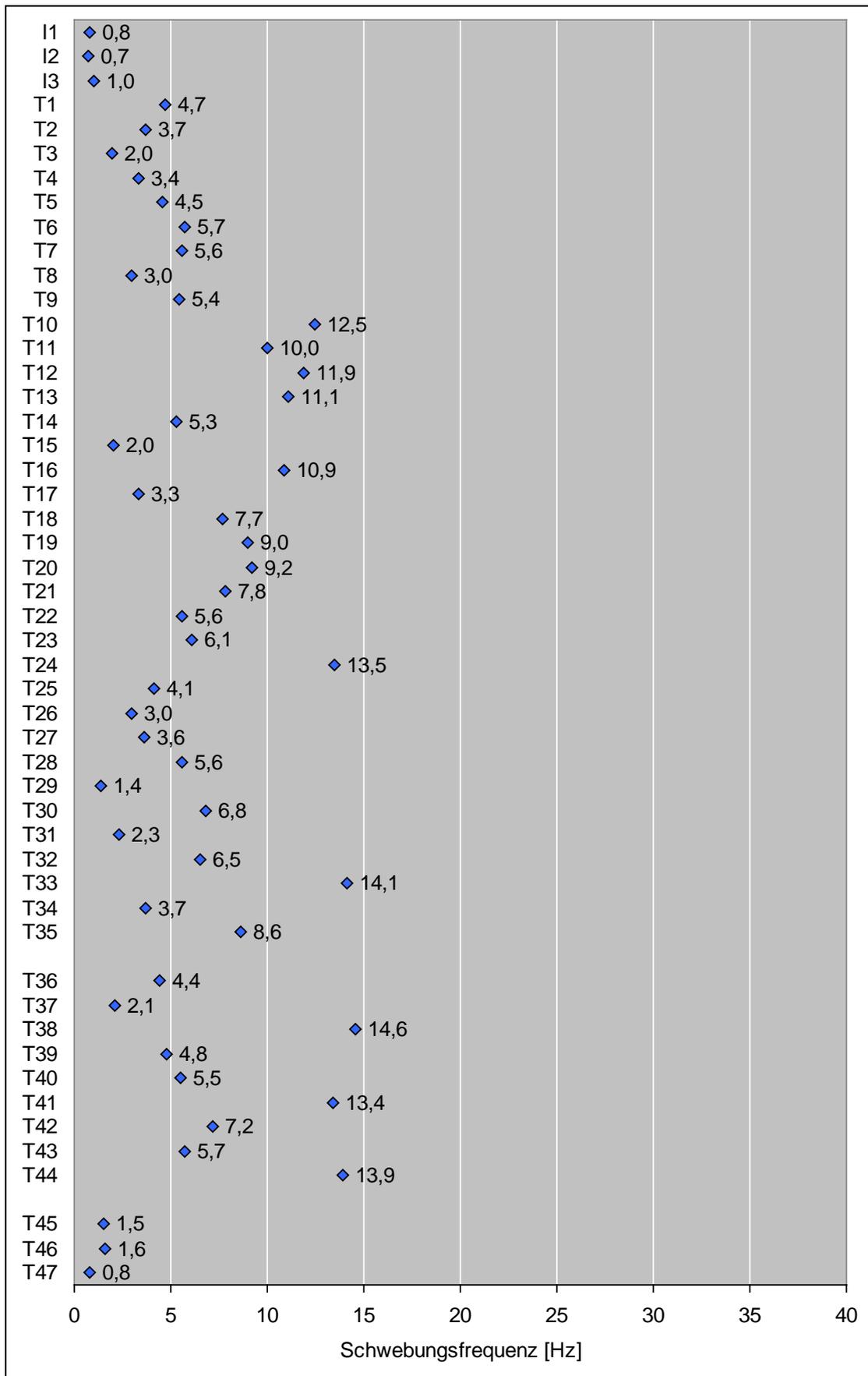


Abb. 4: Schwebungsfrequenz der zweiten Teilschwingung bei 50 Klangschalen

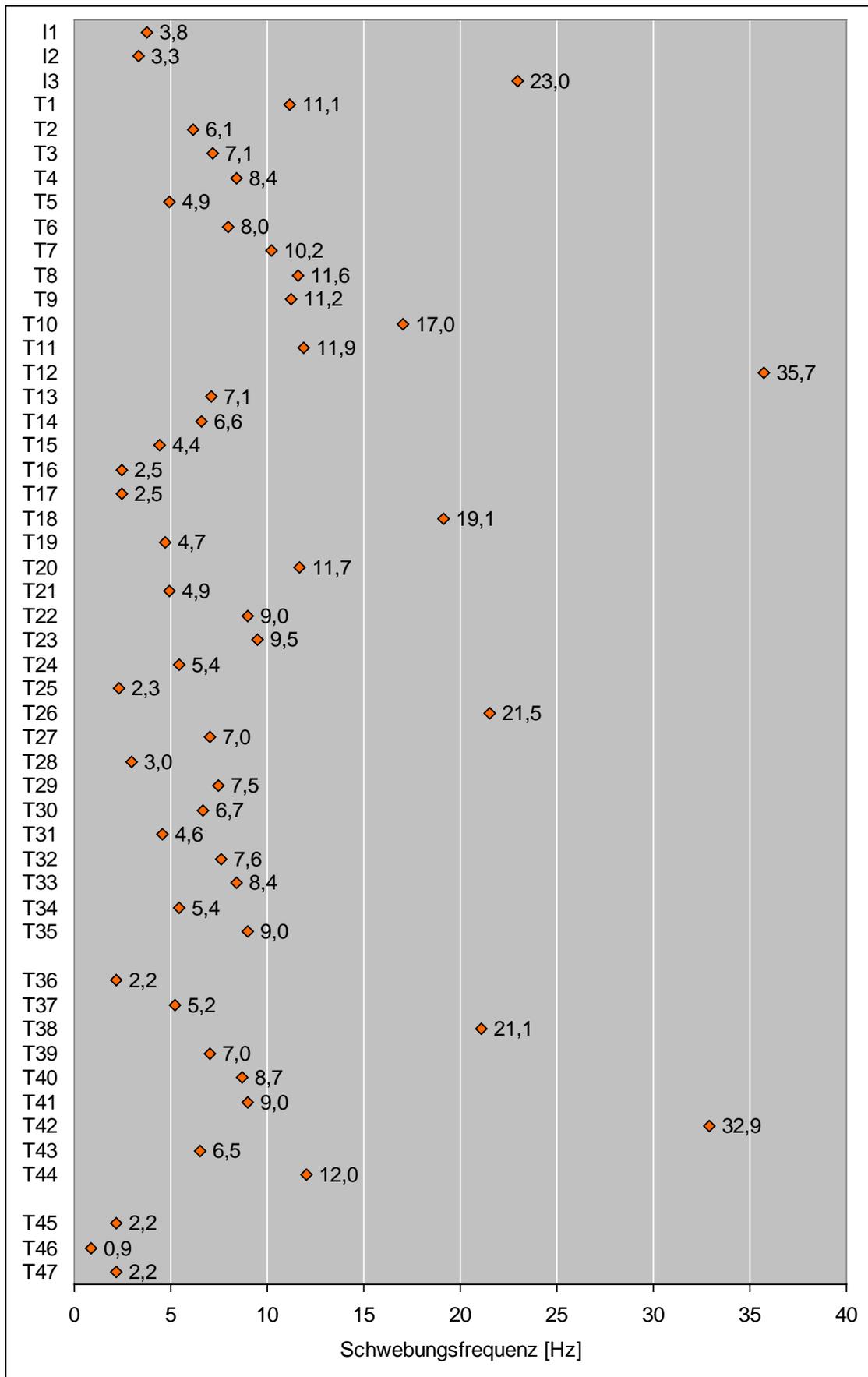


Abb. 5: Schwebungsfrequenz der dritten Teilschwingung bei 50 Klangschalen

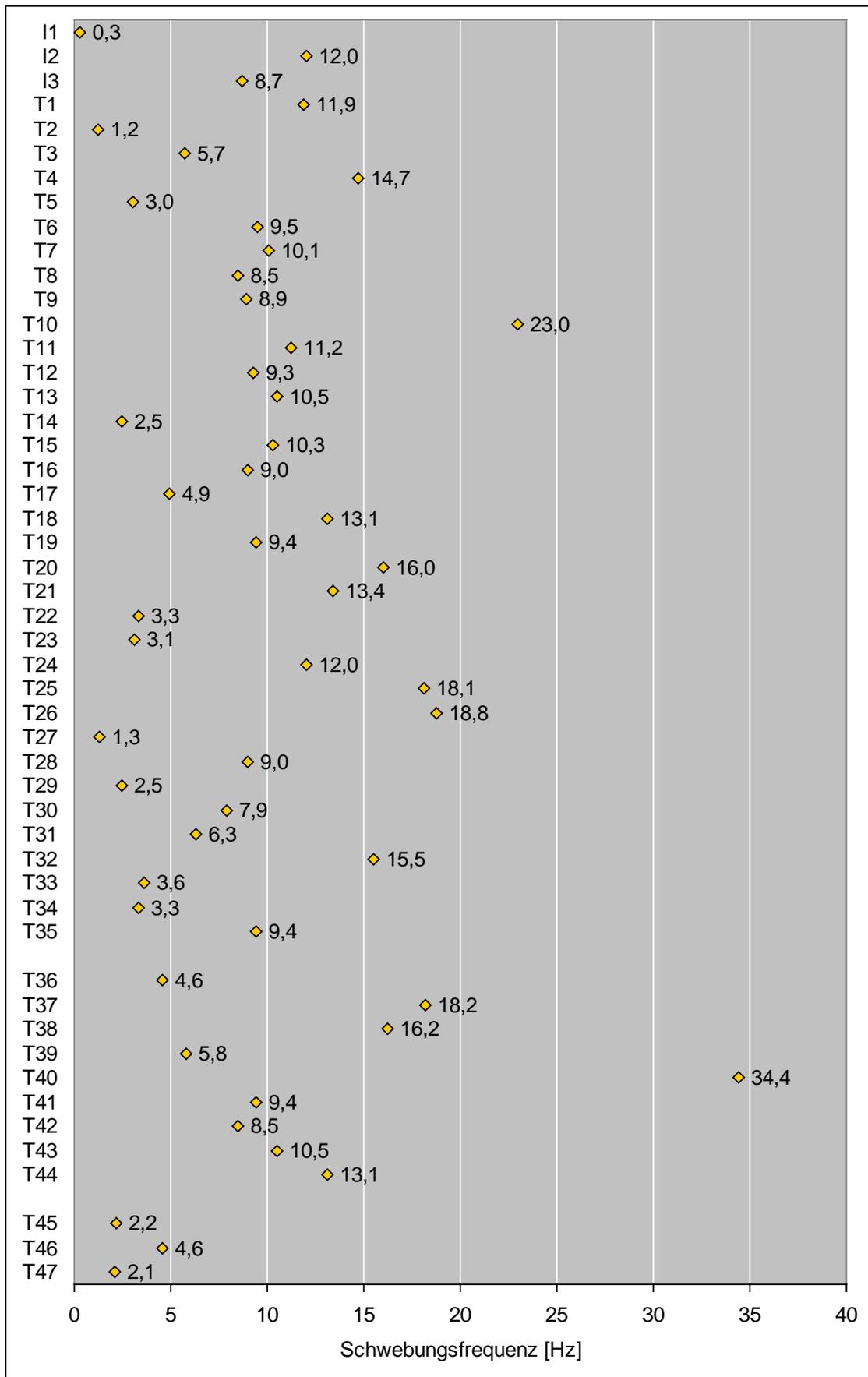


Abb. 6: Schwebungsfrequenz der vierten Teilschwingung bei 50 Klangschalen

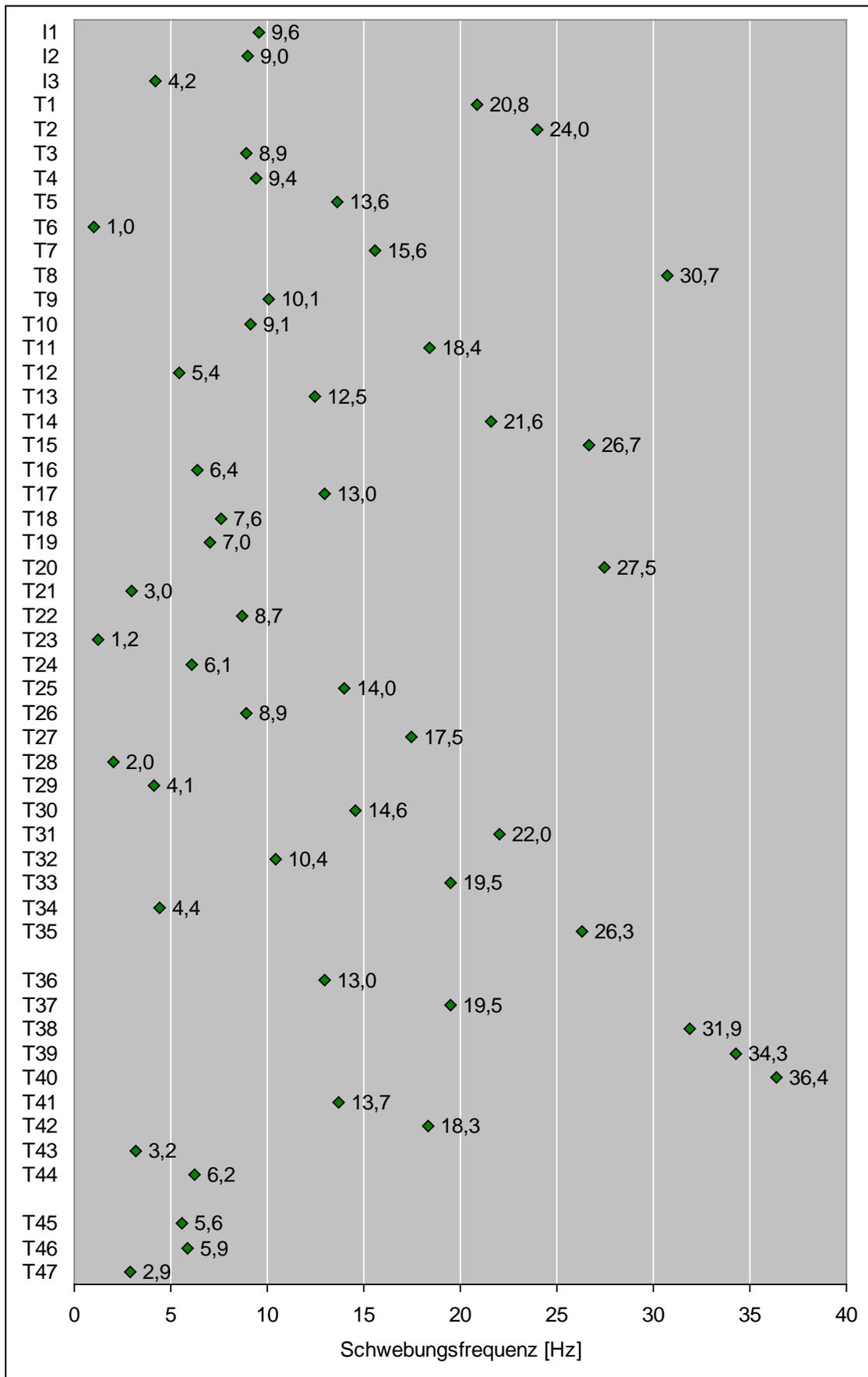


Abb. 7: Schwebungsfrequenz der fünften Teilschwingung bei 50 Klängschalen

In Abb. 2 zeigt sich die größte Wertespanne beim Intervall zwischen den ersten beiden Teilschwingungen: Die Werte reichen von 1667 Cent bis 1844 Cent. Wenn man die beiden aus dem Rahmen fallenden Werte 1667 und 1695 ausschließt, erstrecken sich die Messergebnisse über eine Spanne von 112 Cent. Bei den Intervallen zwischen den höheren Teilschwingungen liegt die Spanne zwischen 64 und 86 Cent.

Die Schwebungsfrequenzen (Abb. 3–7) variieren mit Werten von 0,2 Hz bis 36,4 Hz wesentlich stärker als die Intervalle zwischen den Teilschwingungen. Im Großen und Ganzen haben die hohen Teilschwingungen eine höhere Schwebungsfrequenz. Die Schwebungen sind dort allerdings klanglich weniger bedeutsam, denn zu den hohen Teilschwingungen hin nimmt die Amplitude ab und die Dämpfung zu. Die Schwebungen der unteren Teilschwingungen beeinflussen den Klang hingegen erheblich. Die gedrehten japanischen Schalen (T45–T47) haben ausschließlich niedrige Schwebungsfrequenzen (bei den Teilschwingungen 1–3 höchstens 2,2 Hz, bei den Teilschwingungen 4 und 5 höchstens 5,9 Hz). Die Schwebungen zeigen, dass diese Schalen nicht völlig rotationssymmetrisch sind.

3 Einfluss festgestellter Schalleigenschaften auf den Klang

Für jede untersuchte Klangschale wurden die Frequenzverhältnisse der Teilschwingungen 1 bis 5 ermittelt, bei fast allen Schalen auch die Schwebungsfrequenzen dieser Teilschwingungen. Wie groß ist der Einfluss unterschiedlicher Intervalle zwischen den Teiltönen auf den Klang, welche Bedeutung haben die Schwebungsfrequenzen?

Um Klangunterschiede hören zu können, die mit den erhobenen Messwerten einhergehen, wurden einige Befunde für die Synthese von Schalenschwingungen genutzt. Die Synthese ermöglicht es, einzelne Schalleigenschaften gezielt zu ändern. Dadurch kann man den Einfluss genau dieser Eigenschaften auf den Klang beobachten. An die Schallentstehung in der Schale angelehnt, fügt die Synthese in beiden Stereokanälen für jede der hier betrachteten fünf paarig aufgespaltenen Teilschwingungen zwei Sinusschwingungen zusammen, deren Frequenz, Amplitude und Dämpfung individuell eingestellt sind. Hinzu kommt eine aus der Aufnahme eines Schalenanschlages isolierte Schlägelschwingung, um ein realistisches Anschlaggeräusch zu erhalten. (Das Syntheseverfahren ist ausführlich beschrieben in Thies 2010, S. 44–48.)

Um die klangliche Bandbreite der Befunde hören zu können, umfassen die synthetisierten Schwingungen die jeweils unähnlichsten Schalen in Bezug auf die Frequenzverhältnisse der Teilschwingungen und in Bezug auf die Schwebungsfrequenzen. Zum Einfluss der Schwebungen auf den Klang vermitteln subtilere Beispiele ergänzende Eindrücke. Beim Anhören sollte die Lautstärke dezent eingestellt sein, damit der Klang realistisch wirkt.

3.1 Frequenzverhältnisse der Teilschwingungen

Um festzustellen, wie sehr sich zwei Klangschalen in Bezug auf die Frequenzverhältnisse der Teilschwingungen unterscheiden, bietet sich ein einfaches Berechnungsverfahren an: Für die Intervalle (in Cent) zwischen der ersten und der zweiten Teilschwingung, zwischen der zweiten und der dritten Teilschwingung usw. berechnet man den Absolutbetrag der Differenz und summiert diese Beträge. Je größer die Summe ist, desto größer ist der Unterschied beider Schalen. Tab. 1 zeigt als Beispiel den Vergleich der Schalen I1 und I2.

Teilschwingung	Intervall zur nächsttieferen Teilschwingung (in Cent)		Absolutbetrag der Differenz
	Schale I1	Schale I2	
2	1763	1695	68
3	1081	1034	47
4	782	760	22
5	622	604	18
			Summe: 155

Tab. 1: Vergleich der Intervalle bei zwei Klangschalen

Die Teilschwingungen 4 und 5 sind bei den hier untersuchten Schalen für den Höreindruck weniger bedeutsam, weil im Vergleich mit den ersten drei Teilschwingungen die Amplitude geringer und die Dämpfung stärker ist. Um den Klangunterschied einzuschätzen, ist es daher vorteilhaft, die Intervalldifferenzen bei den Teilschwingungen 4 und 5 nur eingeschränkt zu berücksichtigen. Beispielsweise könnte man den Differenzbetrag von Teilschwingung 4 mit 0,5 multiplizieren und jenen von Teilschwingung 5 mit 0,25. Durch diese Gewichtung würde in Tab. 1 die Summe der Differenzbeträge auf $68 + 47 + 11 + 4,5 = 130,5$ verringert. Die Wahl der Gewichtungsfaktoren ist eine Ermessensentscheidung; objektiv festlegen lassen sich die Faktoren schon deshalb nicht, weil die Amplitude der höheren Teilschwingungen von

der Art des Anschlags abhängt. Die Klangbeispiele schließen sowohl die ohne Gewichtung als auch die mit der angegebenen Gewichtung festgestellten Unterschiede zwischen den Schalen ein.

Wenn man alle tibetischen Schalen der Untersuchung (I1–I3 und T1–T35) in dieser Weise vergleicht, erhält man ohne Gewichtung und mit Gewichtung das Ergebnis, dass sich die Schalen I2 und T30 am stärksten unterscheiden. Bezieht man sämtliche Schalen in den Vergleich ein, so zeigt sich der größte Unterschied ohne Gewichtung zwischen den Schalen R2 und T44, mit Gewichtung zwischen T44 und T45. In Abb. 8 sind die Intervalle der fünf Schalen zusammengestellt.

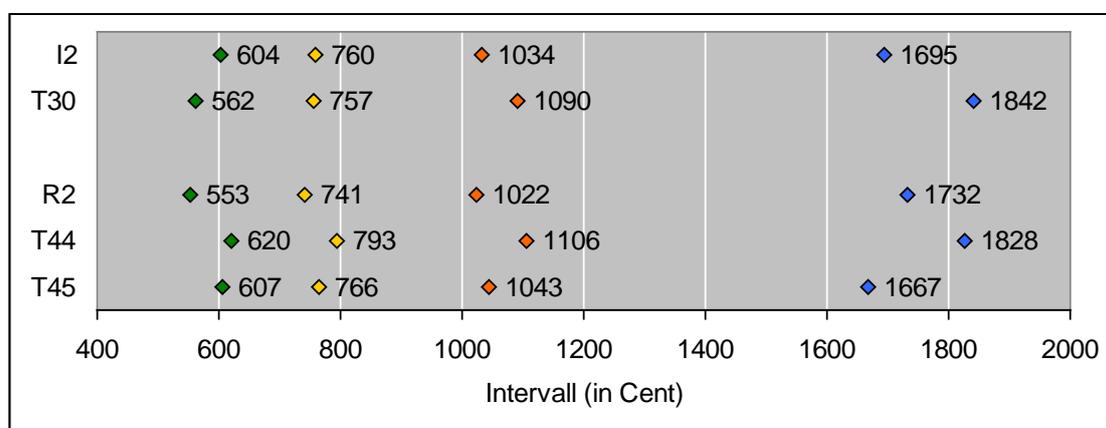


Abb. 8: Intervalle der Teilschwingungen 5, 4, 3, 2 zur nächsttieferen Teilschwingung bei fünf Klangschalen

Den Einfluss dieser Unterschiede auf den Klang zeigen synthetisierte Schalenschwingungen mit den Intervallkonstellationen der genannten fünf Schalen (Klangbeispiele 1–5). Die Intervallkonstellation ist der einzige Unterschied zwischen den synthetisierten Schwingungen. Die Schwebungsfrequenzen gleichen jenen der Schale I2. Um den Hörvergleich zu erleichtern, sind die Teilschwingungsfrequenzen jeweils im selben Frequenzbereich (etwa 230–2800 Hz) angesiedelt. Damit die Höhenunterschiede zwischen den Teiltönen beim Wechsel von einem Klang zum anderen möglichst gering ausfallen, wurden die Teilschwingungsfrequenzen für die Synthese um einen gemeinsamen Mittelwert gruppiert. Abb. 9 zeigt die Konstellation der Teilschwingungen. Dem Mittelwert ist der Centwert Null zugeordnet. Jedes in Abb. 8 durch eine Rautenposition dargestellte Intervall ist hier als Abstand zwischen zwei Rauten ablesbar: Das erste Intervall der Abb. 8 (604 Cent) zeigt sich in Abb. 9 als Abstand der fünften zur vierten Raute in der oberen Zeile, das nächste Intervall (760 Cent) als Abstand der vierten zur dritten Raute usw.

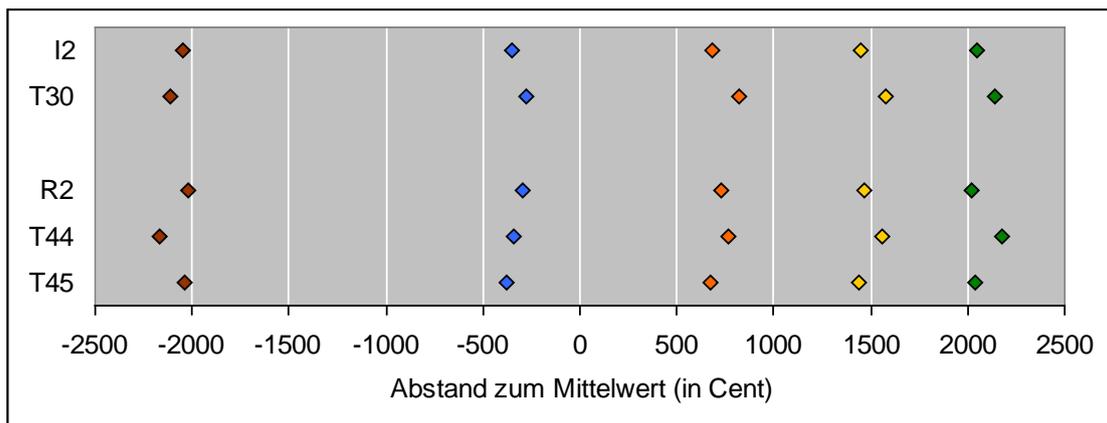


Abb. 9: Konstellation der Teilschwingungen 1 ●, 2 ●, 3 ●, 4 ●, 5 ● bei fünf Klangschalen

Die für die Synthese gewählten Amplitudenverhältnisse der Teilschwingungen und ihre Dämpfung sind realitätsnah: Sie entsprechen Messwerten, die an einer in diesem Frequenzbereich schwingenden, mit einem dünn gepolsterten Schlägel angeschlagenen Klangschale erhoben wurden.

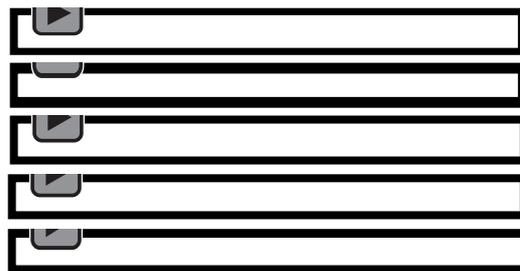
Klangbeispiel 1: Intervalle_I2.mp3

Klangbeispiel 2: Intervalle_T30.mp3

Klangbeispiel 3: Intervalle_R2.mp3

Klangbeispiel 4: Intervalle_T44.mp3

Klangbeispiel 5: Intervalle_T45.mp3



Am ähnlichsten klingen das erste und das letzte Beispiel. Die Schalen I2 und T45 (japanisch, gedreht) sind auch äußerlich recht ähnlich, sie verlaufen im oberen Teil annähernd zylindrisch (Abb. in Inácio, Henrique u. Antunes 2006, S. 639 [Onlinefassung S. 3] sowie Abb. 10). Auffällig ist ein recht enger Intervall zwischen den Teilschwingungen 1 und 2: Die Werte 1695 Cent bzw. 1667 Cent sind die kleinsten der in dieser Studie zusammengestellten Messergebnisse, sie liegen weit unter dem Mittelwert 1801 Cent. (Dies hängt möglicherweise mit dem zylinderähnlichen oberen Teil zusammen; Messungen an drei Kristallklangschalen, die über einen großen Teil der Höhe zylindrisch sind, ergaben für das Intervall zwischen den Teilschwingungen 1 und 2 die Werte 1635, 1646 und 1690 Cent.) Die Form der übrigen drei Schalen weicht stark von I2 und T45 ab. T30 ist leicht bauchig, etwa 1,5 cm unter dem Rand nimmt die Wandstärke beträchtlich zu und erreicht am Rand etwa 6 mm (Abb. 11). Die bauchige chinesische Schale R2 ist im Verhältnis zum Durchmesser wesentlich höher als die anderen Schalen (Abb. in Rossing 2000, S. 158). T44 ist eine flache, weit geöffnete

Assam-Klangschale (Abb. 12). Die Intervallkonstellationen klingen jedoch nicht immer so verschieden, wie man aufgrund des Formunterschieds vermuten könnte; dies zeigt z. B. ein Vergleich von T30 (Klangbeispiel 2) und T44 (Klangbeispiel 4).

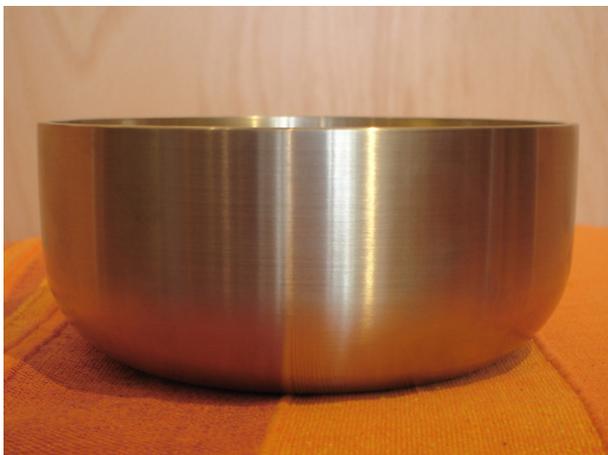


Abb. 10: Schale T45



Abb. 11: Schale T30



Abb. 12: Schale T44
(aus dem Angebot von
<http://www.kiam-harmony.net>
heruntergeladen im Juli 2010,
wiedergegeben mit freundlicher
Genehmigung)

3.2 Schwebungsfrequenzen

Der Unterschied zweier Klangschalen hinsichtlich ihrer Schwebungsfrequenzen lässt sich ebenso berechnen wie der Unterschied in Bezug auf die Frequenzverhältnisse der Teilschwingungen (s.o.): Für die Schwebungsfrequenzen jeder Teilschwingung berechnet man den Absolutbetrag der Differenz und summiert diese Beträge. Je größer die Summe ist, desto mehr unterscheiden sich die Schalen. Tab. 2 zeigt als Beispiel den Vergleich der Schalen I1 und I2.

Teilschwingung	Schwebungsfrequenz [Hz]		Absolutbetrag der Differenz
	Schale I1	Schale I2	
1	1,0	1,9	0,9
2	0,8	0,7	0,1
3	3,8	3,3	0,5
4	0,3	12,0	11,7
5	9,6	9,0	0,6
			Summe: 13,8

Tab. 2: Vergleich der Schwebungsfrequenzen bei zwei Klangschalen

Wegen der geringeren Bedeutung der Teilschwingungen 4 und 5 für den Klang empfiehlt es sich auch hier, zur Einschätzung des Klangunterschieds ihre Differenzbeträge eingeschränkt zu berücksichtigen. Wenn man (wie oben bei den Frequenzverhältnissen) den Differenzbetrag von Teilschwingung 4 mit 0,5 multipliziert und jenen von Teilschwingung 5 mit 0,25, ergibt sich in Tab. 2 als gewichtete Summe der Wert $0,9 + 0,1 + 0,5 + 5,85 + 0,15 = 7,5$. Die größte Abweichung unter allen einbezogenen Schalen zeigen beim Berechnen ohne Gewichtung T47 und T40, mit Gewichtung T47 und T12. Die Schwebungsfrequenzen dieser drei Schalen sind in Tab. 3 zusammengestellt.

Teilschwingung	Schwebungsfrequenz [Hz]		
	Schale T40	Schale T47	Schale T12
1	3,9	0,8	3,8
2	5,5	0,8	11,9
3	8,7	2,2	35,7
4	34,4	2,1	9,3
5	36,4	2,9	5,4

Tab. 3: Schwebungsfrequenzen bei drei Klangschalen

Den Einfluss der verschiedenen Schwebungsfrequenzen auf den Klang zeigen synthetisierte Schalenschwingungen, die ausschließlich durch die Schwebungsfrequenzen voneinander abweichen (Klangbeispiele 6–8). Die Intervalle zwischen den Teilschwingungen sind von Schale I2 übernommen, die Grundfrequenz gleicht jener von Klangbeispiel 1.

Klangbeispiel 6: Schwebungen_T40.mp3



Klangbeispiel 7: Schwebungen_T47.mp3



Klangbeispiel 8: Schwebungen_T12.mp3



Je nach Schwebungsfrequenz kann ein Teilton sehr ruhig bis lebhaft bewegt klingen, bei recht schneller Schwebung auch rau. Diese Beispielreihe zur Klangwirkung verschiedener Schwebungsfrequenzen kann man ergänzen durch Klangbeispiel 1, das ebenfalls die Intervalle von Schale I2 präsentiert, verknüpft mit deren Schwebungsfrequenzen (Tab. 2, dritte Spalte).

Um den Klang deutlich zu ändern, genügt schon leichtes Abwandeln der Schwebungseigenschaften. Klangbeispiel 9 ist eine Variante von Klangbeispiel 7: Hier ist lediglich die Schwebungsfrequenz der dritten Teilschwingung von 2,2 Hz auf 4,4 Hz verdoppelt.

Klangbeispiel 9: Schwebungen_T47_Var-1.mp3



Je nach Schwebungsfrequenz klingt eine Schwebung mehr oder weniger auffällig. Großen Einfluss auf die Hörbarkeit hat außerdem der Schwebungshub. In diesem Punkt unterscheidet sich Klangbeispiel 10 von Klangbeispiel 9: Bei der dritten Teilschwingung ist der kurz nach dem Anschlag gemessene Schwebungshub von 19 dB auf 4 dB verringert (Mittelwert beider Kanäle). Mit diesem stark herabgesetzten Hub ist nur mehr ein zartes Fluktuieren zu hören.

Klangbeispiel 10: Schwebungen_T47_Var-2.mp3



Derartige Varianten kommen beim Anschlagen einer Schale an verschiedenen Stellen häufig vor, denn die beiden Komponenten mit etwas unterschiedlicher Frequenz, in die eine Teilschwingung aufgespalten ist, können je nach Anschlagstelle ein anderes Amplitudenverhältnis haben. Je mehr sich die Amplituden unterscheiden, desto kleiner

ist der Schwebungshub. Im Extremfall wird nur eine Komponente mit nennenswerter Amplitude angeregt, so dass man keine Schwebung wahrnimmt.

4 Schlussfolgerungen

Bei 52 metallenen Klangschalen mit einem Durchmesser von 14 bis 18 cm wurden die Intervalle zwischen den ersten fünf Teilschwingungen verglichen, bei 50 dieser Schalen auch die Schwebungsfrequenzen der Teilschwingungen. Klangbeispiele demonstrieren die jeweils größten Unterschiede. Hierfür wurden Schwingungen synthetisiert, die sich ausschließlich durch die Intervalle zwischen den Teilschwingungen bzw. ausschließlich durch die Schwebungsfrequenzen unterscheiden.

Der Hörvergleich ergibt für die hier untersuchte Stichprobe, dass die maximalen Unterschiede der Schwebungsfrequenzen den Gesamtklang viel stärker beeinflussen als die maximalen Unterschiede der Intervalle zwischen den Teilschwingungen. Ein ergänzendes Klangbeispiel (9) zeigt, dass schon geringfügig verschiedene Schwebungen einen deutlichen Klangunterschied hervorrufen können, etwa in der Weise "ruhig bewegt – fließender bewegt". Damit eine Schwebung gut hörbar ist, muss der Schwebungshub hinreichend groß sein. Dieser wiederum kann – je nachdem, wo man die Schale anschlägt – erheblich variieren (Klangbeispiel 10).

Die Beobachtungen legen die Empfehlung nahe, beim Klangvergleich verschiedener Schalen besonders auf die Schwebungen zu achten. Sonst ist es beispielsweise denkbar, dass der Klang einer Schale zunächst beruhigend erscheint und später je nach Anschlag unruhige Klangbestandteile zutage treten. (Gerade die mögliche Beruhigung bzw. Entspannung durch Schalenklänge wird in der praxisbezogenen Literatur hervorgehoben, s. Thies 2008.) Wenn man die Schwebungseigenschaften einer Schale feststellen möchte, sollte man sich nacheinander auf die einzelnen Teiltöne konzentrieren und jeweils viele verschiedene Anschlagstellen erproben.

Danksagung

Für freundliche Unterstützung beim Herstellen von Tonaufnahmen und Fotos danke ich Ushika Muckenheimer vom Klanghaus Gandharva Loka, Salzburg.

Literatur

(Eine allgemeine Übersicht zur Literatur über Klangschalen ist enthalten in Thies 2010.)

Glorian, Friedrich; Beer, Rainer (1996): *Die Akustik von Klangschalen und ihr Einsatz in der Therapie*. In: *Fortschritte der Akustik: Plenarvorträge und Fachbeiträge der 22. Deutschen Jahrestagung für Akustik/DAGA 96, Bonn*. Hrsg. v. Thomas Portele u. Wolfgang Hess. Oldenburg: Deutsche Gesellschaft für Akustik, S. 322–323.

Hess, Peter (2007): *Klangschalen: Für Gesundheit und innere Harmonie*. [Überarb. Neuaufl.] München: Südwest [mit Video-DVD].

Inácio, Octávio; Henrique, Luís L.; Antunes, José (2006): *The dynamics of Tibetan singing bowls*. In: *Acta Acustica united with Acustica* 92, S. 637–653 [Onlinefassung, nicht völlig übereinstimmend: <http://projects.itn.pt/BellTune/File3.pdf>, eingesehen am 7. Juni 2011].

Portalscy, Halina u. Marek [H. Portalska u. M. Portalski] (2008): *Klangschalen: Klang. Unterstützung der Diagnose, der Therapie und ...* Poznań: Prodruk.

Rossing, Thomas D. (2000): *Science of percussion instruments*. Singapore [u. a.]: World Scientific.

Terwagne, Denis; Bush, John W. M. (2011): *Tibetan singing bowls*. In: *Nonlinearity* 24, S. R51–R66.

Thies, Wolfgang (2000): *Teiltonstrukturen tibetischer Klangschalen*. In: *Musikwissenschaft – Musikpraxis: Festschrift für Horst-Peter Hesse zum 65. Geburtstag*. Hrsg. v. Kai Bachmann u. Wolfgang Thies. Anif/Salzburg: Mueller-Speiser, S. 208–218.

Thies, Wolfgang (2008): *Reaktionen auf das Hören einer Klangschale*. In: *Musik-, Tanz- und Kunsttherapie* 19, S. 83–92.

Thies, Wolfgang (2010): *Stereofone Synthese von Klangschalenschwingungen*. In: Frankfurter Zeitschrift für Musikwissenschaft 13, S. 38–54; <http://www.fzmw.de/2010/2010verz.htm>, eingesehen am 12. Juli 2011.

Wilkerson, Carr; Serafin, Stefania; Ng, Carmen (2002): *Physical model synthesis and performance mappings of bowl resonators*. In: *Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC-02), Göteborg, Sweden, September 16–21*, S. 219–221; <https://ccrma.stanford.edu/~carmennng/250b/icmc2002.pdf>, eingesehen am 10. Juni 2011.