

Klingt ein Flügel bei 432 Hz-Stimmung besser als bei 440 Hz-Stimmung?

H. Fastl, Ch. Patsouras¹⁾, T. Rader
 AG Technische Akustik, MMK, TU München
¹⁾ jetzt AKSys Akustikzentrum Worms

Einleitung

In DIN 1320 ist der Normstimmton auf 440 Hz festgelegt. In der Praxis finden sich jedoch deutlich davon abweichende Werte. Während berühmte Orchester heutzutage meist höher einstimmen, wurden Instrumente früher meist tiefer eingestimmt. Von Musikliebhabern wird oft behauptet (vgl. z.B. Weng 2001), dass Flügel, die wie früher üblich auf 432 Hz eingestimmt sind, besser klingen würden, als bei der heutigen Stimmung auf 440 Hz.

Diese Frage wurde mit psychoakustischen Messmethoden wie folgt untersucht: Mit einem Steinway-Welte-Reproduktionsflügel wurden Einspielungen von Musikstücken verschiedener Stilrichtungen bei Stimmung auf 432 Hz bzw. 440 Hz wiedergegeben, auf DAT aufgezeichnet und Versuchspersonen dargeboten. Mittels der Messmethode „Random Access“ sollten die Versuchspersonen ihre Präferenz für eine der beiden Stimmungen angeben.

Experimente

Mit einem Steinway-Welte-Reproduktionsflügel der Musikinstrumentensammlung des Deutschen Museums München wurden die in Tabelle I aufgelisteten Musikstücke bei Einstimmung des Flügels auf 440 Hz auf DAT aufgezeichnet. Danach wurde der Flügel auf 432 Hz eingestimmt, und nach Stabilisierung der Stimmung wurden etwa 14 Tage später die gleichen Stücke wiederum auf DAT aufgezeichnet. Durch die automatisierte Wiedergabe konnten außer der Stimmung alle anderen Parameter wie Tempo, Anschlagsdynamik etc. konstant gehalten werden. Die Schalle wurden mit einem digitalen Schnittsystem so editiert, dass sich Musikausschnitte von etwa 7 bis 14 Sekunden Dauer ergaben. Im Vergleich zu modernen elektronischen Reproduktionsflügeln bietet der Steinway-Welte-Reproduktionsflügel den Vorteil, dass dafür Einspielungen von Künstlern vorliegen, die mit großer Wahrscheinlichkeit mit einer tieferen Stimmung als 440 Hz realisiert wurden.

Musikstück	Titel	Komponist	Interpret
A	Romance aus dem Klavierkonzert Nr. 1 [e-Moll] op.11	F. Chopin	Wilhelm Backhaus
B	Scenes from Tiefland	Eugen d'Albert	Eugen d'Albert
C	Partita B-Dur No.1	J.S. Bach	Walter Gieseking
D	Preludes I	Claude Debussy	Claude Debussy
E	Fantasia c-moll KV 396	W.A. Mozart	Edwin Fischer
F	Silhouette D-Dur op. 53, Nr. 2	Max Reger	Max Reger

Tabelle I Übersicht über die bei den Experimenten verwendeten Einspielungen

An den Experimenten nahmen 13 normalhörende Versuchspersonen im von Alter 18 bis 60 Jahren (Median 25 Jahre) teil. Die Musikstücke wurden dichotisch über freifeldentzerrte Kopfhörer dargeboten. Als psychoakustische Messmethode wurde „Random Access“ gewählt, die sich bei der Qualitätsbeurteilung von Produktgeräuschen bereits gut bewährt hat (Fastl 2000, 2002, Patsouras et al. 2001, 2002, 2003).

Aufgabe der Versuchsperson ist es, sechs Musikstücke (A bis F) in eine Reihenfolge bezüglich ihrer Klangqualität einzuordnen. Platz 1 wird für die beste Klangqualität, Platz 6 für die schlechteste Klangqualität, vergeben. Weitere methodische Details sind in der Literatur (z.B. Fastl 2002) ausführlich dargestellt. Um die Versuchspersonen nicht zu überfordern, wurden die zwölf Darbietungen (sechs Musikstücke jeweils mit 432 Hz- bzw. 440 Hz-Stimmung) in zwei Untergruppen à sechs Darbietungen aufgeteilt. In der ersten Darbietungsfolge wurden die Musikstücke B, C, E mit 432 Hz-Stimmung, sowie die Musikstücke A, D, F mit 440 Hz-Stimmung beurteilt. Im zweiten Telexperiment wurden dementsprechend die Musikstücke A, D, F mit 432 Hz-Stimmung dargeboten, während bei den Musikstücken B, C, E der Reproduktionsflügel auf 440 Hz eingestimmt war.

Ergebnisse

Die in Figur 1 dargestellten Daten ermöglichen einen Vergleich der von den 13 Versuchspersonen im Mittel für die Stücke A bis F vergebenen Plätze bei Einstimmung des Steinway-Welte-Reproduktionsflügels auf 432 Hz (graue Balken) bzw. 440 Hz (schwarze Balken). Insgesamt gesehen zeigen sich relativ kleine Unterschiede zwischen den beiden Stimmungen des Reproduktionsflügels:

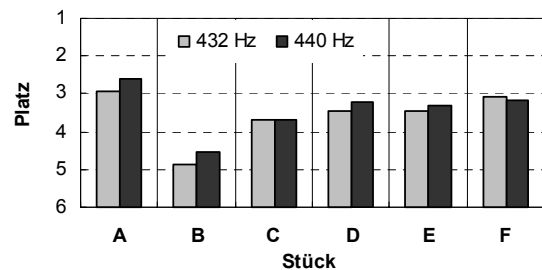


Fig. 1: Platzverteilung gemittelt über die Urteile aller 13 Versuchspersonen für die Musikstücke A bis F bei Einstimmung des Steinway-Welte-Reproduktionsflügels auf 432 Hz (graue Balken) bzw. 440 Hz (schwarze Balken).

Bei Musikstück C ergibt sich keine Präferenz für eine der beiden Stimmungen. Bei Musikstück F wird die Stimmung mit 432 Hz gegenüber der Stimmung mit 440 Hz geringfügig bevorzugt. Im Gegensatz dazu ergibt sich für die Musikstücke A, B, D und E eine geringe Bevorzugung der Stimmung auf 440 Hz gegenüber der Stimmung auf 432 Hz.

Da die über die 13 Versuchspersonen gemittelten Platzverteilungen nur geringe Unterschiede aufweisen, wurden die Daten der einzelnen Versuchspersonen näher analysiert. Die in Tabelle II dargestellten Daten ermöglichen einen Überblick über die Unterschiede in der Platzverteilung für die Klangqualität des auf 440 Hz bzw. 432 Hz eingestimmten Steinway-Welte-Reproduktionsflügels für die sechs betrachteten Musikstücke und die 13 Versuchspersonen. Für jede Versuchsperson und jedes Musikstück wurden die Platzunterschiede folgendermaßen berechnet:

Von der für die Stimmung 432 Hz vergebenen Platzziffer wurde die für die Stimmung 440 Hz vergebene Platzziffer subtrahiert. Da eine niedrigere Platzziffer einer besseren Klangqualität entspricht bedeutet dies, dass positive Zahlen in Tabelle II eine Präferenz der Stimmung auf 440 Hz gegenüber der Stimmung auf 432 Hz repräsentieren. Umgekehrt wird bei negativen Zahlen die Einstimmung auf 432 Hz bevorzugt.

Versuchsperson	Musikstücke						Σ
	A	B	C	D	E	F	
1	0	2	-2	0	1	1	2
2	-1	-1	1	1	1	1	2
3	0	0	0	0	0	0	0
4	3	0	2	0	-1	-2	2
5	2	0	3	-1	-1	0	3
6	0	0	0	0	0	0	0
7	-1	0	1	1	0	1	2
8	0	3	0	2	1	1	7
9	1	0	1	1	1	0	4
10	0	0	0	0	0	0	0
11	1	0	-2	-1	0	-2	-4
12	1	0	0	-1	-2	-2	-4
13	-2	0	-4	0	3	1	-2
	4	4	0	2	3	-1	

Tabelle II Platzunterschiede in der Beurteilung der Klangqualität der Musikstücke A bis F durch die Versuchspersonen 1 bis 13. Positive Zahlen deuten an, um wie viel Plätze die Stimmung auf 440 Hz besser eingeschätzt wird als die Stimmung auf 432 Hz.

In der in Tabelle II dargestellten Auflistung wurde sowohl die Summe über alle Zeilen als auch die Summe über alle Spalten gebildet. Die letztgenannte Darstellung entspricht der Mittelung über die Urteile der 13 Versuchspersonen. Die letzte Zeile von Tabelle II ist somit im Einklang mit den in Abbildung 1 dargestellten Daten: Die Einstimmung des Steinway-Welte-Reproduktionsflügels auf 440 Hz wird bei den Musikstücken A, B, D und E bevorzugt, beim Musikstück C ergibt sich im Mittel keine Präferenz, während beim Musikstück F die Einstimmung auf 432 Hz bevorzugt wird. Im Mittel sind die Platzunterschiede von 4 Plätzen bei Musikstück A und B zugunsten der Stimmung auf 440 Hz größer als die Bevorzugung um nur einen Platz beim Musikstück F für die Stimmung auf 432 Hz.

Die letzte Spalte in Tabelle II zeigt die für jede Versuchsperson aufsummierten Platzunterschiede. Positive Werte deuten an, dass diese Versuchsperson im Mittel die Einstimmung des Steinway-Welte-Reproduktionsflügels auf 440 Hz bevorzugt, bei negativen Werten wird die Einstimmung auf 432 Hz bevorzugt. Gemittelt über die sechs Musikstücke zeigt sich, dass drei Versuchspersonen keine der beiden Stimmungen präferieren, drei Versuchspersonen die Stimmung auf 432 Hz, und sieben Versuchspersonen die Stimmung auf 440 Hz bevorzugen.

Die deutlichsten Unterschiede ergeben sich bei Versuchsperson 8, die im Mittel die Stimmung auf 440 Hz um sieben Plätze besser einschätzt als die Stimmung auf 432 Hz. Im Gegensatz dazu ergibt sich für die Versuchspersonen 11 und 12 eine Bevorzugung der Einstimmung des Steinway-Welte-Reproduktionsflügels auf 432 Hz um im Mittel vier Plätze.

Von besonderem Interesse ist die stark unterschiedliche Beurteilung durch die professionellen Musiker Versuchsperson 8 und Versuchsperson 10: Während Versuchsperson 8, deren Hauptinstrument Kontrabass ist, die Stimmung auf 440 Hz bevorzugt, ist bei Versuchsperson 10 mit dem Hauptinstrument Klavier keine Bevorzugung einer der beiden Stimmungen zu erkennen. Auch bei

den Versuchspersonen 1 und 11, die zwar kein Musikexamen abgelegt haben, aber dennoch in der Musik als äußerst versiert gelten können, zeigen sich stark unterschiedliche Tendenzen: Während Versuchsperson 1 mit dem Hauptinstrument Saxophon die Stimmung auf 440 Hz leicht bevorzugt, zeigt Versuchsperson 11 (Gesang) eine Präferenz der Stimmung auf 432 Hz.

Zusammenfassung und Ausblick

Die in dieser Arbeit dargestellten Versuchsergebnisse zeigen – im Gegensatz zu den Erwartungen mancher Musikliebhaber – keine eindeutige Präferenz der Stimmung eines Flügels auf 432 Hz im Vergleich zu 440 Hz. Gemittelt über alle Musikstücke und alle Daten der Versuchspersonen ergibt sich im Gegensatz dazu eine leichte Präferenz der Stimmung auf 440 Hz. Obwohl das Datenmaterial noch nicht so umfangreich ist, um statistisch gesicherte Aussagen treffen zu können, deuten die vorliegenden Daten bereits an, dass auch bei professionellen und semi-professionellen Musikern durchaus unterschiedliche Präferenzen in der Einstimmung eines Konzertflügels mit der Methode „Random Access“ festgestellt werden können.

In weiteren Untersuchungen sollen die Ursachen der zum Teil recht unterschiedlichen Urteile erfasst werden: Anhand physikalischer Messungen sollen Veränderungen in der Spektralverteilung bestimmt werden, wobei bei der Stimmung auf 440 Hz wegen der größeren Spannung der Saiten eher hochfrequente Anteile zu erwarten sind. In psychoakustischen Messungen sollen die einzelnen Kriterien für die Präferenz der einen oder anderen Stimmung anhand des „Semantischen Differentials“ erfasst werden. Es ist zu erwarten, dass bei Gegensatzpaaren wie „hell – dunkel“ oder „hart – weich“ die Stimmung auf 432 Hz eher auf „dunkel“ und „weich“ eingeschätzt wird. Möglicherweise sind es diese Eigenschaften einer Einstimmung auf niedrigere Frequenzen, die bei manchen Musikliebhabern eine solch große Begeisterung für die „alten“ Stimmungen hervorrufen.

Die Autoren danken Frau Dr. Silke Berdux von der Musikinstrumentensammlung des Deutschen Museums für wertvolle Hinweise und musikwissenschaftliche Beratung bei der Auswahl der Stücke, sowie für die Bereitstellung des Steinway-Welte-Reproduktionsflügels grün, Inv.-Nr. 1995-270.

Literaturverzeichnis

- Fastl, H.: Sound Quality of Electric Razors - Effects of Loudness. In: Proc. inter-noise'2000, CD-ROM (2000).
- Fastl, H.: Psychoacoustics and sound quality. In: Fortschritte der Akustik, DAGA 2002, Verl.: Dt. Gesell. für Akustik e. V., Oldenburg, S. 765-766 (2002).
- Patsouras, Ch., Fastl, H., Patsouras, D., Pfaffelhuber, K.: Subjective evaluation of loudness reduction and sound quality ratings obtained with simulations of acoustic materials for noise control. In: Proc. Euronoise 2001 Patras, CD.Rom (2001).
- Patsouras, Ch., Filippou, T., Fastl, H., Patsouras, D., Pfaffelhuber, K.: Semantisches Differential versus psychoakustische Empfindungsgrößen bei Außenstandgeräuschen von Fahrzeugen der oberen Mittelklasse. In: Fortschritte der Akustik, DAGA 2002, Verl.: Dt. Gesell. für Akustik e. V., Oldenburg, S. 154-155 (2002).
- Patsouras, Ch., Böhm, M., Fastl, H., Patsouras, D., Pfaffelhuber, K.: Random Access versus Größenschätzung mit Ankerschall bei der Beurteilung der Geräuschqualität. In: Fortschritte der Akustik, DAGA 2003 (im Druck).
- Weng, A.: a weng a' 432 Hertz [http://www.musik-weng.de] (2001).