

Objektive Beurteilung von E-Bässen – DMIP 2017

Christoph Gilbert; Gunter Ziegenhals

Institut für Musikinstrumentenbau an der TU Dresden, post@ifm-zwota.de (veröffentlicht Mai 2017)

Allgemeines

Im Rahmen des vom Bundesminister für Wirtschaft gestifteten Deutschen Musikinstrumentenpreises (DMIP) 2017 wurde erstmals das Instrument E-Bass aufgerufen. Aufgrund der technischen Vielseitigkeit des Instrumentes wurde Spezifikation und Ausstattung folgendermaßen eingeschränkt:

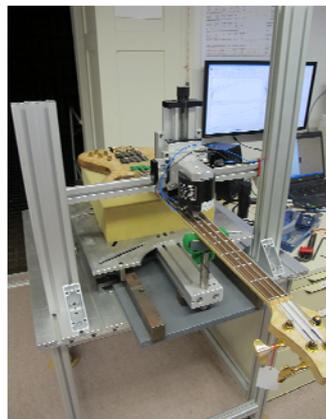
- Solid Body
- 4-Saiter
- Zwei Humbucker
- Aktive Elektronik
- Bündertes Griffbrett

Die Beurteilung der zum Wettbewerb eingereichten Instrumente erfolgte gemäß Erlass zum DMIP in einem dreigeteilten Verfahren:

- Messung der akustischen Eigenschaften der Instrumente im IfM: Dazu werden die Instrumente künstlich zum Schwingen angeregt und verschiedene akustische Parameter messtechnisch erfasst und bewertet (objektiver Test).
- Fünf namhafte Instrumentalsolisten (-solistinnen) bewerten die Instrumente ohne Kenntnis des Fabrikates und ohne das äußere Erscheinungsbild erkennen zu können in einem Spieltest. Aus Gründen der besseren Vergleichbarkeit werden dafür im IfM einheitliche Testprogramme auf der Basis von Fragebögen angewendet (subjektiver Test).
- Die handwerkliche Verarbeitung der Instrumente wird in einem dritten Bewertungsschritt durch einen Sachverständigen beurteilt (handwerklicher Test).

Im Folgenden wird das Messregime des objektiven Tests beschrieben.

Hals- und Stegadmittanz



Im Ergebnis der Messung der Halsadmittanz zeigt sich, ob der Hals Schwingungen im Bereich der jeweils gespielten Töne mit Schwingungsbäuchen am Griffpunkt ausführt.

Abbildung 1: Messaufbau Halsadmittanz

Ist dies der Fall, so finden wir erhöhte Admittanzwerte vor, die darauf hinweisen, dass Energie unerwünscht über den Hals

bzw. im Fall der ebenfalls ermittelten Stegadmittanz, über den Steg abfließt, was zu Einbußen im Sustain bzw. zu „Entfärbungen“ des Klanges führt.

Wesentliche Arbeiten hierzu kommen von FLEISCHER. Es sei stellvertretend auf eine Arbeit von 2001 verwiesen. Die Admittanz, eine komplexe Größe, ist der Kehrwert der Impedanz und kann als Nachgiebigkeit eines mechanischen Systems verstanden werden. Für die Beurteilung der Halseigenschaften werden der Realteil der Admittanz, die Konduktanz oder der Betrag der Admittanz eingesetzt. Die Konduktanz stellt eine Art mechanische Leitfähigkeit dar. Je größer die Konduktanz bzw. der Betrag der Admittanz, desto mehr mechanische Energie wird am Messpunkt aufgenommen, in unserem Falle, desto mehr Energie fließt unerwünscht ab. Für die Tests wählten wir den Betrag der Admittanz als Messgröße aus. Gemessen wurde mittels Shakeranregung und Impedanzmesskopf die Übertragungsfunktion von Beschleunigung und Kraft. Durch Integration erhält man die Übertragung von Schnelle zu Kraft. Die Messung erfolgte mittig auf den Bündeln 1 – 20 und je nach Bauart auf Sattel oder Nullbund. Zusätzlich wurde die Stegadmittanz auf den Saitenauflegepunkten (jeweils links und rechts davon gemittelt) aufgenommen. Zur Imitierung der Greifhand verfügt der Messaufbau über eine Unterstützung des Basshalses. Dies erfolgt für die Messung von

- Bund 0 bis 4 auf Höhe des 2. Bundes
- Bund 5 bis 8 auf Höhe des 6. Bundes
- Bund 9 bis 12 auf Höhe des 10. Bundes
- Bund 13 bis 16 auf Höhe des 14. Bundes
- Bund 17 bis 20 auf Höhe des 18. Bundes (soweit möglich).

Je nach Hals-Korpusübergang wurde für die obersten Bündel eine praxisnahe Daumenposition als Unterstütze gewählt. Für die Steg-Admittanzmessung und folgend noch die Messung des Übertragungspegels kam eine Unterstütze am 6. Bund zur Anwendung. Den Messaufbau und die sich aus der Messreihe zunächst ergebende Kurvenschar zeigen Abbildung 1 und Abbildung 2. Jede Kurve in Abbildung 2 stellt den Verlauf der Admittanzen über der Frequenz für den Ort jeweils eines Bundstabes dar. Die vordere Kurve steht für Bund 0, die vorletzte für Bund 20 und die hinterste stellt den am Steg aufgenommenen Verlauf dar.

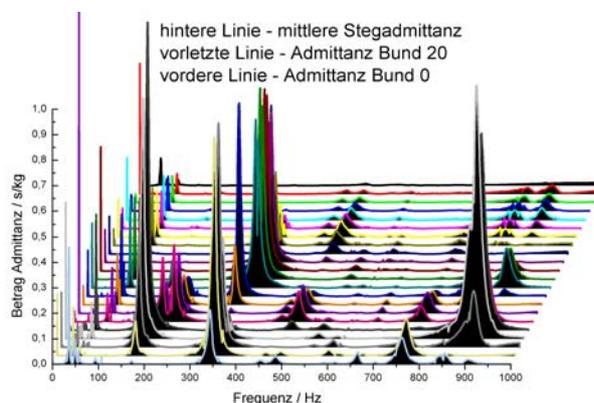


Abbildung 2: Ergebnis einer Messreihe zur Halsadmittanz

Nun sind aber nur die Admittanzwerte von Interesse, die zu den Frequenzen der musikalischen Töne an den einzelnen Bündeln

gehören. Um nun aus den 21 aufgenommenen Admittanzkurven, bestehend aus jeweils 6204 Wertepaaren Einzählwerte zur Bewertung der Halsadmittanz zu ermitteln wurde wie folgt verfahren:

Während zur Beurteilung der Halsadmittanz von Gitarren nur die Grundfrequenzen der musikalischen Töne von Interesse sind, erscheint im Falle des E-Basses auch die Betrachtung von Obertonfrequenzen sinnvoll, da diese durchaus noch im Bereich der typischen Halsmoden (bzw. deren Frequenzen) liegen. Zunächst erfolgte also die Extraktion der Admittanzwerte für insgesamt acht Teiltöne je musikalischen Ton. Abbildung 3 stellt diese Werte für diese Frequenzen aus der gleichen Messung wie Abbildung 2 zusammen. Jede Linie steht nunmehr für die Grund- bzw. ersten Obertöne einer Saite an den einzelnen Bündeln. Töne und damit gleiche zu betrachtende Frequenzen wiederholen sich für verschiedene Saiten an verschiedenen Orten des Halses. Sie gehören jedoch zu verschiedenen Messorten und liefern damit in der Regel unterschiedliche Admittanzwerte.

Danach erfolgte zunächst eine gewichtete Mittelung der Werte der acht Teiltöne pro musikalischen Ton. Die Gewichte legten wir nach den mittleren Anteilen der Teiltöne am Spektrum der einzelnen musikalischen Töne fest, welche über alle am Wettbewerb teilgenommenen Instrumente gemittelt wurden. Die Gewichte sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Es entstand ein Admittanzwert für jeden der 84 betrachteten Töne. Als Merkmale verwendeten wir letztlich Mittelwert und Maximalwert der 84 Admittanzwerte.

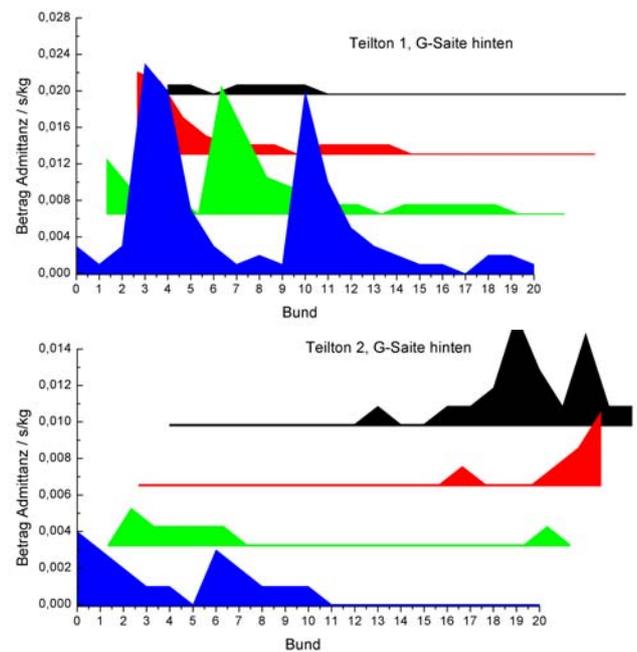


Abbildung 3: Admittanzwerte für die Frequenzen der musikalischen Töne an den jeweiligen Bündeln, Grundton (oben), 1. Oberton (unten)

TT	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19	B20
1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,76	0,64	0,53	0,41	0,35	0,29	0,23	0,17
3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,73	0,55	0,38	0,20	0,16	0,12	0,07	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
4	1,00	0,96	0,93	0,89	0,85	0,69	0,53	0,37	0,21	0,16	0,12	0,07	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
5	1,00	0,82	0,64	0,46	0,28	0,22	0,15	0,09	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,79	0,60	0,42	0,23	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,20	0,15	0,11	0,06	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,05	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabelle 1: Gewichte für Mittelung der Admittanzwerte der Teiltöne (TT) pro Bund (B X)

Für die Stegadmittanz wurde analog verfahren. Aus den diesmal nur vier Admittanzverläufen wurden wiederum 84 Admittanzwerte entsprechend der musikalischen Töne gebildet. Als zu beurteilende Merkmale dienen auch hier Mittelwert und Maximum. Die Bewertung der Admittanz liefert also insgesamt vier Merkmale.

Übertragungsverhalten

Als nächsten Kriterium zur objektiven Bewertung wurde das Übertragungsverhalten des Instrumentes herangezogen. Mit vergleichbarem Aufbau zur Admittanzmessung (lediglich anderer Tip am Impedanzmesskopf) erfolgte eine Anregung der leeren Saiten der Instrumente. Da der Shaker im Verhältnis zur Spielhand eine geringere Auslenkung hat, wurde die einheitliche Anregeposition 1 cm vor der Saitenaufgabe am Steg gewählt. So werden alle relevanten Obertöne vergleichsweise gleichmäßig angeregt. Die Messgröße stellte die Übertragungsfunktion von Anregeschnelle zu Instrumentenausgangspegel je Saite für folgende Tonabnehmerschaltungen dar:

- Hals-Tonabnehmer einzeln

- Steg-Tonabnehmer einzeln
- beide Tonabnehmer zusammen
- für die E-Saite zusätzlich beide Tonabnehmer zusammen auf Passiv-Schaltung.

Zwischen Gitarrenaussgang und Analysator befand sich ein RC-Glied (realisiert durch eine Messbox), damit die Gitarrensaltung verstärkergerecht mit 150 kOhm und 200 pF belastet wird. Zur besseren Frequenzauflösung (0,156 Hz) erfolgte die Messung nur bis 1 kHz. Als **erstes Merkmal** wurde der Summenpegel über die (aktiven) Tonabnehmerschaltungen ermittelt um einen objektiven Ausgangsbezugspegel zu erhalten. Als **zweites Merkmal** diente die Differenz zwischen aktiver und passiver Schaltung am Beispiel der E-Saite bei Verwendung beider Tonabnehmer. Das **dritte Merkmal** der Messung ergab sich aus der Bewertung der Ausgeglichenheit der Saiten je aktiver Tonabnehmerschaltung. Die Summe der Standardabweichungen der Pegel der ersten beiden Teiltöne der Saiten wurde für die drei besprochenen Tonabnehmer-Schaltungen zu einem Wert gemittelt. Die Betrachtung des Übertragungsverhaltens liefert also weitere drei Merkmale.

Störeinstreuung

Als weitere zu bewertende Eigenschaft diente die Anfälligkeit für Störeinstreuungen. Zur Einbringung einer Einstreuung wurden die Instrumente 10 cm entfernt von einem gewöhnlichen Transistor-Gitarrenverstärker (Fender Stage Lead) platziert, sodass ein deutliches Störgeräusch durch das Feld des Netzteils hervorgerufen wird. Die Störquelle ist hierbei eher symbolisch für alle vor allem im Bühnenbereich existente Störquellen zu betrachten. Mittels Luftspule wurde die Feldstärke an der Messposition auf 2,52 A/m bestimmt. Die Platzierung der Tonabnehmer, bzw. deren Mitte bei der Messung beider, erfolgte direkt vor einem gewählten Fixpunkt. Die Messung umschaltbarer Tonabnehmer geschah nur in Humbucker-Schaltung. In die Auswertung gelangte der Summenpegel des Spektrums. Der bei der Übertragungsmessung bestimmte Summenpegel bildete den Referenz Ausgangspegel. Als Merkmale dienen die Pegelabstände zwischen Störgeräusch und Referenznutzsignal (Summenpegel) je TA-Schaltung (Hals-TA, Steg-TA, 2 TAs).

Klangspektrum

Es wurden alle vorhandenen gegriffenen Töne vom 0. bis 12. Bund (E_1 bis g) einmal aufwärts und abwärts angespielt und das mittlere Spektrum aufgezeichnet. Gespielt wurden 8-tel bei 80 bpm mit einer (wie manuell bestmöglich) gleichbleibenden Anschlagstärke.



Abbildung 4: Aufnahme des mittleren Klangspektrums mit Notenbild

Zur Überprüfung der Anschlagstärke wurde der Summenpegel mit dem Summenpegel aus der Übertragungsmessung verglichen. Die Übereinstimmung war sehr gut. Als einheitliche Anschlagposition wurde der gedachte 36. Bund gewählt, also halbe Distanz zwischen 24. Bund und Steg. Das Prozedere wurde für die Tonabnehmer-Schaltungen Hals-TA, Steg-TA und beide TAs durchgeführt. Darüber hinaus wurde dies an einem zweiten Messtag mit getauschter Instrumentenreihenfolge wiederholt und gemittelt. Zur Auswertung des Spektrums wurden die Merkmale für Kontrabass (DMIP 2007) herangezogen, jedoch wurden die absoluten

Werte auf Differenzen zum Summenpegel abgewandelt, da aufgrund unterschiedlicher Ausgangspegel nur so Aussagen möglich sind. Zur Bewertung des Spektrums kommen daher folgende Merkmale zustande:

- $L_S(40...2k)-L_S(40...100)$ – unterer Grundtonbereich
- $L_S(40...2k)-L_S(100...400)$ – Klangvolumen
- $L_S(40...500)-L_S(500...1600)$ – Ausgeglichenheit
- $L_S(800...1200)-[L_S(600...800) + L_S(1200...2000)]$
Klarheit des Klages
($L_S(f_1...f_2)$ Summenpegel im Bereich f_1-f_2 , Angaben in Hertz)

Die Merkmale wurden für jede der drei Tonabnehmerschaltungen separat bestimmt und dann jeweils zu einer Bewertung gemittelt. Das letzte Merkmal dient der Beurteilung der Gleichmäßigkeit des unteren Grundtonbereiches zwischen den drei herangezogenen Tonabnehmerschaltungen. Das Merkmal wird als die Standardabweichung der $L_S(40...2k)-L_S(40...100)$ für die drei TA-Schaltungen gebildet. Aus den Messungen mit manuellem Anschlag ergeben sich somit fünf Merkmale.

Zusammenfassung und Beurteilung der messtechnisch gewonnenen Merkmale

Insgesamt verwendet die objektive Bewertung 15 Merkmale:

	Gut-Tendenz
Mittelwert der Halsadmittanz	klein
Maximalwert der Halsadmittanz	klein
Mittelwert der Stegadmittanz	klein
Maximalwert der Stegadmittanz	klein
Summenpegel bei künstlicher Anregung	groß
Differenz von Aktiv- und Passiv-Schaltung	klein
Mittelwert der Standardabweichung der Teiltöne Zwischen den Leersaiten	klein
Abstand von Störgeräusch und Referenzpegel beim Hals-TA	groß
Abstand von Störgeräusch und Referenzpegel beim Steg-TA	groß
Abstand von Störgeräusch und Referenzpegel bei 2 TAs	groß
Wahrnehmung des unteren Grundtonbereiches (Differenz)	klein
Eindruck des Klangvolumens (Differenz)	klein
Ausgeglichenheit	klein
Klarheit des Klages	groß
Standardabweichung des Grundtonpegels zwischen den TA-Schaltungen	klein

Abbildung 5 zeigt beispielhaft die Verteilung zweier untersuchter Merkmale innerhalb der Stichprobe der Wettbewerbsinstrumente. Die Kennzeichnung Repro 0, 1 bzw. 2 soll auf vorgenommene Messungen zur Reproduzierbarkeit der Ermittlung der Merkmale hinweisen. 1 und 2 kennzeichnet zwei Instrumente, die jeweils zweimal untersucht wurden. Man erkennt, dass die Messung natürlich fehlerbehaftet ist, dieser Fehler aber deutlich unter den Unterschieden zwischen den Instrumenten liegt. Für die mit 0 gekennzeichneten Instrumente erfolgte die Messung jeweils nur einmal. Bei der Beurteilung des nicht vermeidbaren Messfehlers ist weiterhin zu beachten, dass nicht nur die dargestellten zwei Merkmale, sondern weitere 13 Merkmale in die Gesamtbewertung eingehen.

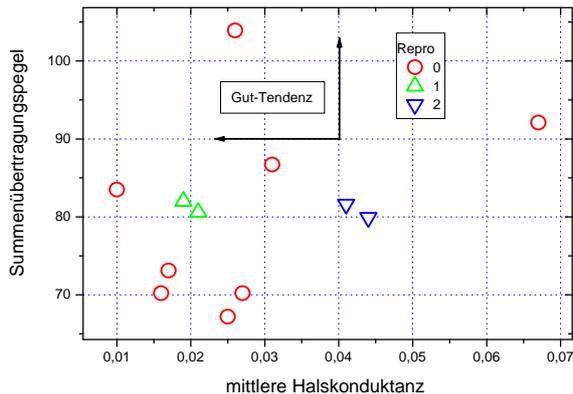


Abbildung 5: Beispiel für die Merkmalsverteilung Bassgitarre

Die Merkmalswerte werden nun mittels eines speziellen Verfahrens beurteilt. Diese Beurteilung beruht auf der statistischen Verteilung der Merkmale für die Stichprobe der Wettbewerbsinstrumente. Sie verwendet Mittelwert und Standardabweichung sowie den für die einzelnen Merkmale über die Reproduzierbarkeitsmessungen ermittelten Fehler und ordnet die jeweils konkreten Merkmalswerte zwischen diesen Größen ein. Das Verfahren ist in ZIEGENHALS (2000 und 2010) beschrieben und hat sich in der Vergangenheit vielfach bewährt.

Die Beurteilung liefert für jedes Instrument und jedes Merkmal einen ganzzahligen Punktwert zwischen 1 und 5. Die Punktwerte werden pro Instrument addiert. Die entstehende Punktzahl steht für die abschließende Gesamtbewertung zur Verfügung.

Literatur:

Fleischer, H.: Schwingungsuntersuchungen an elektrischen Gitarren. Beiträge zur Vibro- und Psychoakustik Heft 2/2001 ISSN 1430-936X

Ziegenhals, G.: Beurteilung objektiver Merkmale von Musikinstrumenten. Fortschritte der Akustik – DAGA 2000 Oldenburg, März 2000

Ziegenhals, G.: Subjektive und objektive Beurteilung von Musikinstrumenten. Eine Untersuchung anhand von Fallstudien. Dissertation TU Dresden 2010, Studentexte zur Sprachkommunikation Band 51 TUDpress 2010 (ISBN 978-3-941298-71-2)