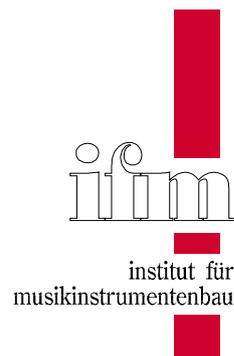
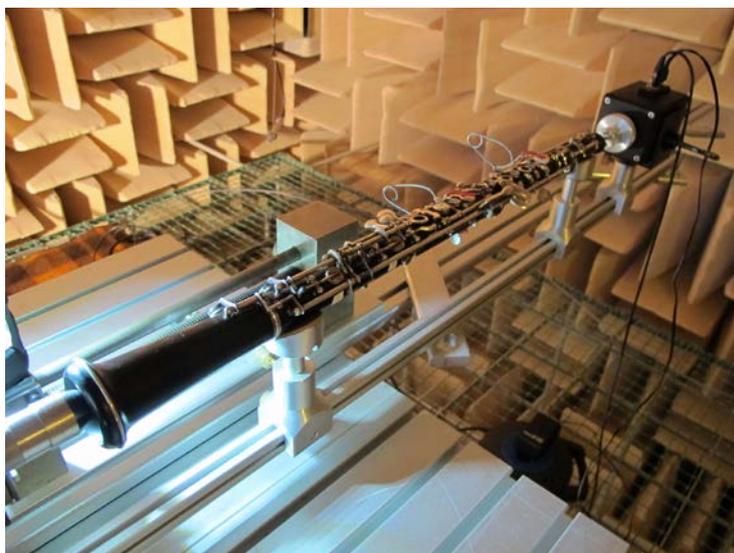


IfM – Institut für Musikinstrumentenbau e.V.

www.ifm-zwota.de



Untersuchungen zur Wirkung eines Alternativgriffes c² bei Oboen



Auftraggeber: Ernst Reißner

Bericht Nr.: IfM M 285/2015 – Fassung 2

August 2015

IfM - Institut für Musikinstrumentenbau e.V.
Klingenthaler Straße 42 08267 Klingenthal
Tel.: (037467) 23481 Fax.: (037467) 23483
E-Mail: post@ifm-zwota.de
Internet: www.ifm-zwota.de

Sitz: OT Zwota /Vogtl.
Amtsgericht: Chemnitz
Registergericht: VR 30281
Vorstandsvorsitzender: Dipl.-Ing. R. Eltz
Geschäftsführer: Prof. Dr.-Ing. G. Ziegenhals

Sparkasse Vogtland: BLZ 870 580 00
Konto: 360 6000 749
IBAN: DE52 8705 8000 3606 0007 49
SWIFT-BIC: WELADED1PLX
St-Nr. 223/142/01438

1 Aufgabenstellung

Herr Reißner trat im April 2015 mit folgendem, nach seinen Worten in Oboistenkreisen gut bekanntem Problem an das IfM heran:

Bei der Oboe heben sich die Griffe b¹ und c² klanglich von ihrer Umgebung ab. Besonders deutlich ist das bei Griff c². Das empfinden viele Oboisten (auch Dirigenten u.a.) als unschön und sind bemüht, den Klang durch Veränderung des Ansatzes oder Abdecken weiter unten liegender Tonlöcher zu korrigieren. Die Mechanik der Oboe ist so konstruiert, dass zum Öffnen der Tonlöcher b¹ und c² der f[#]-Deckel niedergedrückt und damit das g-Tonloch geschlossen werden muss. Herr Reißner fand nun heraus, dass, wenn man die entsprechenden Löcher öffnet ohne das g-Tonloch gleichzeitig zu schließen, die Töne b¹ und c² seiner Meinung nach deutlich besser klingen. Für Versuchszwecke ist diese „alternative Griffweise“ ohne weiteres bei jeder Oboe möglich, spielen kann man allerdings auf diese Weise nicht. Herr Reißner ließ sich eine Oboe so umbauen, dass bei klassischer Griffweise das Schließen des g-Tonlochs vermieden wird. Er hält ein diesbezügliches Patent.

Herr Reißner beauftragte das IfM, den Effekt messtechnisch zu dokumentieren und wenn möglich, eine Erklärung zur Wirkungsweise zu finden. Da der Aufwand zunächst auf einen Tag beschränkt bleiben sollte, wurde nur der Griff c² betrachtet. Später erhöhte der Auftraggeber den Aufwand für die Auswertung, zusätzliche Messungen fanden jedoch nicht statt.

2 Demonstration des Effektes

Um Irritationen zu vermeiden, baten wir Herrn Reissner, den Effekt zu demonstrieren. Dafür wurde der Leipziger Holzblasinstrumentenmachermeister Uwe Döhnert gewonnen, der bereits einen entsprechenden Umbau an einer Oboe vorgenommen hatte. Die Demonstration fand am 08.06.2015 statt. Anwesend waren neben Herrn Döhnert, Herr Prof. Ziegenhals und Herr Gilbert vom IfM. Nach der Demonstration waren sich alle drei Anwesenden einig, dass ein Effekt sehr deutlich zu hören ist, allerdings beschrieben die Anwesenden ihre Wahrnehmung jeweils sehr verschieden. Auch konnte man sich nicht auf eine einheitliche gut-schlecht-Entscheidung einigen.

Die Anwesenheit von Herrn Döhnert wurde für die Anfertigung entsprechender Aufzeichnungen bzw. der Aufnahme von Klangspektren der Griffe im reflexionsarmen Raum des IfM genutzt. Zunächst nahmen wir Spektren der Griffe c² in klassischer Griffweise, in alternativer Griffweise sowie in „gedeckter“ Griffweise auf. Bei letzterer werden zusätzlich zum klassischen Griff die beiden unterhalb des f[#]-Deckels liegenden Deckel bzw. Tonlöcher ebenfalls geschlossen. Die Aufnahme der Spektren erfolgte mit vier im Raum verteilten Mikrofonen, um eine evtl. Richtwirkung des Effektes zu kompensieren. Aufzeichnungen fanden von Einzeltonanspielen der Griffe sowie von chromatischen Tonfolgen a¹ bis e² unter Verwendung der drei Griffweisen c² statt. Für die Aufzeichnungen diente ein Kunstkopf als Aufnahmemikrofon (Abstand zum Musiker 2 m frontal).

Als Testobjekt fungierte eine von Herrn Döhnert mitgebrachte Oboe. Von dieser wurden am 08.06.2015 auch die Eingangsimpedanzkurven der Griffe c² klassisch und alternativ aufgenommen.

3 Durchführung von Messungen und deren Auswertung

Da Musiker eine große Wirkung auf das akustische Ergebnis eines Instrumentenanspiels haben, wird stets versucht, bei Messungen ohne Musiker auszukommen. Bei Blasinstrumenten hat sich dafür die Methodik der Eingangsimpedanzmessung eingebürgert. Dabei wird das Instrument mundstückseitig angeregt und ebenfalls im Mundstück die Reaktion aufgezeichnet. Bei Doppelrohrblattinstrumenten wird dabei das Rohr durch ein Ersatzvolumen ersetzt. Im Ergebnis entsteht eine Kurve, die die Resonanzen der Bohrung für den jeweiligen Griff darstellt. Der vom Instrument während der Messung in die Umgebung abgestrahlte Schall bleibt bei der Eingangsimpedanzmessung unberücksichtigt. Die den Schall registrierenden Mikrofone befinden sich im mundstückseitig angeflanschten Messkopf. Der Messkopf ist im Titelbild gut erkennbar. Allerdings zeigt das Titelbild nicht die Eingangsimpedanzmessung, sondern die Abtastung des Verlaufs der stehenden Welle in der Bohrung. Für weitere Erklärungen sei auf ZIEGENHALS 2010 verwiesen.

Bekannt ist, dass sich aus der Eingangsimpedanzkurve gut auf die Stimmung schließen lässt, Rückschlüsse auf den Klang sind aber schwierig. In der klassischen Theorie der Holzblasinstrumente nach BENADE werden nur die ersten beiden geöffneten Tonlöcher für die Berechnung der Stimmung herangezogen. Nach dieser Betrachtung dürfte es also keine Unterschiede zwischen traditionellem und alternativem Griff c² geben. Aufgenommen wurden die Eingangsimpedanzen der Griffe c² neben der Döhnert-Oboe auch für eine Mönning-Oboe aus dem Bestand des IfM, um ggf. vorhandene Besonderheiten des umgebauten Instrumentes zu erkennen. Derartiges zeigte sich nicht. Beide Instrumente verhielten sich hinreichend gleich in Bezug auf die c-Griff-Varianten.

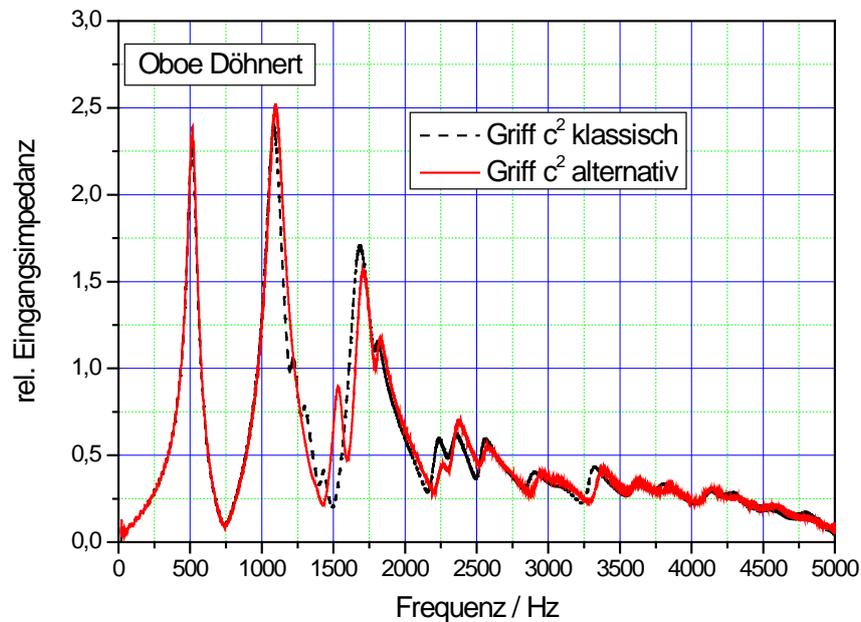


Abbildung 1: Eingangsimpedanz Griff c² klassisch und alternativ im Vergleich

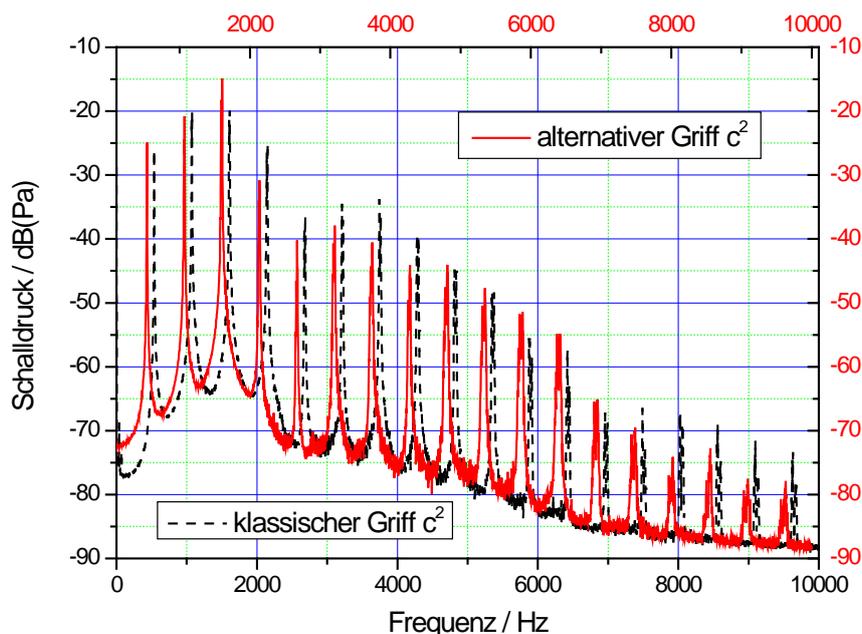


Abbildung 2: Schallspektrum Griff c² klassisch und alternativ im Vergleich

Die Eingangsimpedanzmessung (Abbildung 1) scheint zunächst der Betrachtungen von BENADE rechtzugeben. Lediglich bei ca. 1530 Hz fällt die Eingangsimpedanz des Alternativgriffes in einer Nebenresonanz höher aus als beim Normalgriff. Rechnet man die lineare Skala um, beträgt die Erhöhung ca. 10 dB. Im Bereich um 1680 Hz fällt die Eingangsimpedanz niedriger als beim Standardgriff aus, allerdings nur um ca. 2 dB.

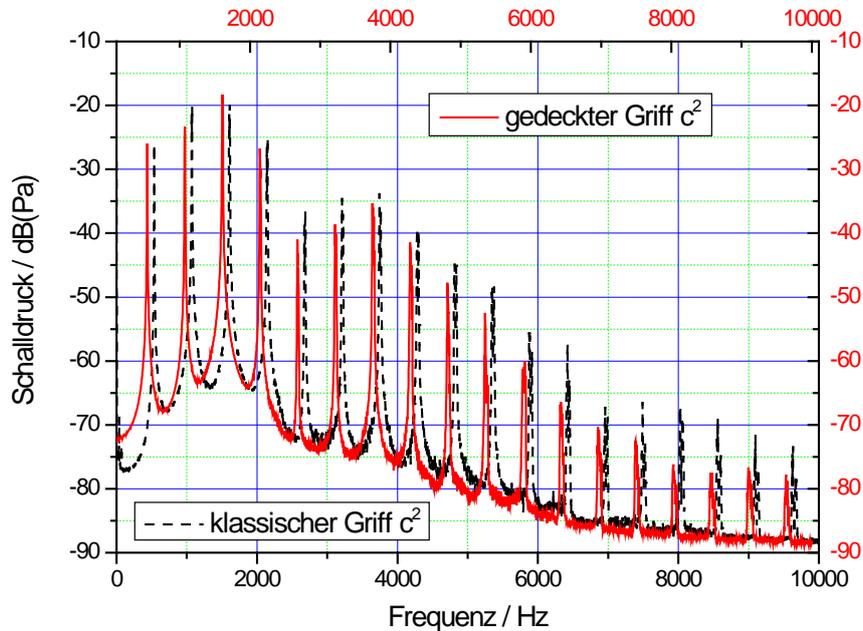


Abbildung 3: Schallspektrum Griff c² klassisch und gedeckt im Vergleich

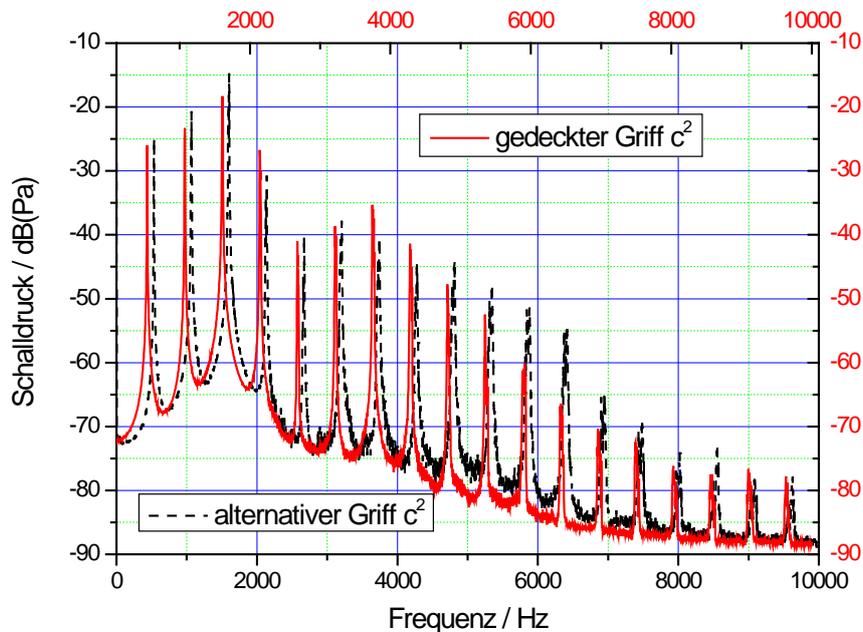


Abbildung 4: Schallspektrum Griff c² alternativ und gedeckt im Vergleich

Im Rahmen der Analysen der geblasenen Töne erfolgte die Betrachtung der mittleren Spektren über jeweils drei Ansätze und zugleich über alle vier Mikrofonstandorte. Aufgenommen wurden die

Spektren im stationären Teil der Anspiele, also nicht im Bereich der Toneinsätze. Das Ergebnis für die beiden Griffvarianten klassisch und alternativ zeigt Abbildung 2. Zur besseren Erkennung der Unterschiede wurden die Frequenzachsen der beiden Spektren leicht gegeneinander verschoben. Markante Unterschiede bilden sich im Bereich der Teiltöne drei bis acht. Während der dritte Teilton beim alternativen Griff deutlich dominiert, fallen die Teiltöne vier bis acht hier eher ab. Der Unterschied zwischen den Griffen ist eindeutig erkennbar und reproduzierbar.

Abbildung 3 und Abbildung 4 zeigen ergänzend die Spektren der klassischen und alternativen Griffweise im Vergleich zur gedeckten Griffweise. Die Spektren klassisch und gedeckt ähneln sich sehr bis zum 9. Teilton. Erst oberhalb 4,5 kHz beginnen deutlich Unterschiede. Allerdings fallen die beiden Teiltöne 6 und 7 etwas heraus. Diese tendieren eher zum alternativen Griff. Interessant ist, dass sich alternativer und gedeckter Griff beide durch niedrige Teiltonpegel im oberen Frequenzbereich, oberhalb 7,5 kHz auszeichnen. Hier ähneln sich gedeckter und alternativer Griff, wohingegen sonst der gedeckte Griff im Klang eher zum klassischen Griff neigt. Der alternative Griff zeigt offensichtlich die deutlicheren Klangunterschiede zum klassischen Griff.

Lässt sich nun dieser Unterschied in den Spektren (und damit letztlich auch im Klang) über die Eingangsimpedanz erklären? Wir betrachten dies anhand des klassischen und alternativen Griffes. Während es nach den Kurvenverläufen in Abbildung 1 zunächst im Bereich des 3. und 4. Teiltons denkbar erscheint, ist es offensichtlich für die höheren Teiltöne nicht möglich. Betrachtet man Eingangsimpedanz und Schallspektrum im direkten Vergleich (Abbildung 5), so zeigt sich, dass die Unterschiede im Eingangsimpedanzverlauf die Differenzen im Schallspektrum auch für die Teiltöne 3 und 4 offensichtlich nicht erklären können.

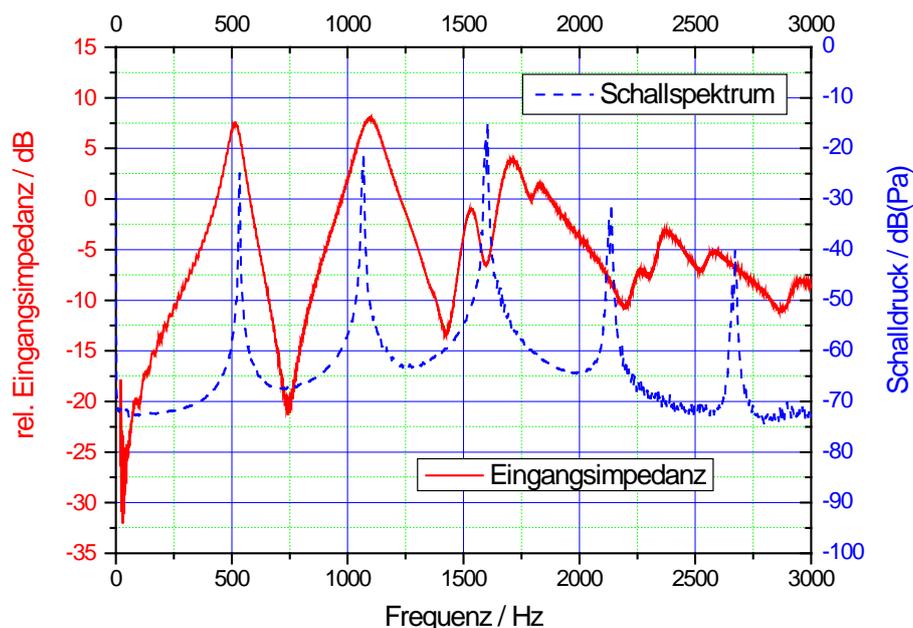


Abbildung 5: Eingangsimpedanz und Schallspektrum Griff c^2 alternativ im Vergleich

Im Weiteren wurde nun der von Herrn Reißner im Vorfeld geäußerten Vermutung nachgegangen, dass der alternative Griff möglicherweise die stehenden Wellen in der Bohrung verschiebt. Hierzu wurde folgendes Experiment durchgeführt: Die Mönig-Oboe des IfM wurde an der Rohrblattposition mittels des Blasinstrumentenmesskopfes des IfM auf jeweils einer Obertonfrequenz zum Grundton c^2 ange-regt und über ein Sondenmikrofon, das sich in der Bohrung ausbildende Schallfeld im Bereich zwischen Überblasklappe und e-Brille (Tonloch) schrittweise abgetastet. Um Störungen auszuschalten, fanden die Messungen im reflexionsarmen Raum des IfM statt (siehe Titelbild). Aufgrund des Aufwandes in Zusammenhang mit dieser Messung und der vereinbarten Aufwandsbegrenzung, beschränkten wir die Messungen auf die Frequenzen der Teiltöne drei und vier jeweils bei traditionellem und alternativem Griff. In Abbildung 6 ist das Ergebnis grafisch dargestellt.

Die schraffierten Flächen kennzeichnen die Lage der Tonlöcher. Die Überblasklappe befindet sich am 0-Punkt der x-Achse. Die erste schraffierte Fläche von links aus gesehen steht für die c-Klappe, die zweite für die a-Brille usw. Die rechte Fläche repräsentiert schließlich den f[#]-Deckel bzw. das g-Loch.

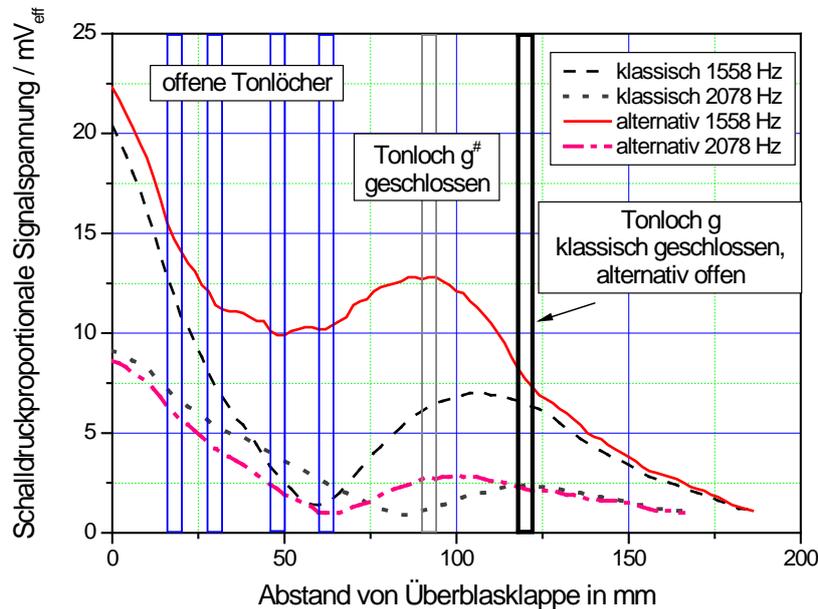


Abbildung 6: Schalldruckverteilung für die stehenden Wellen des dritten und vierten Teiltons für Griff c² im interessierenden Teil der Oboe (Mönnig)

Ein offenes Tonloch erzeugt eine veränderte Randbedingung an dieser Stelle. Nach traditioneller Theorie gilt: Besitzt das vom Mundstück aus gesehene erste geöffnete Tonloch den gleichen Durchmesser wie die Bohrung, so endet an dieser Stelle die effektive akustische Länge. Der Schalldruck wird an der Öffnung zu Null, es entsteht ein Druckknoten. Die stehende Welle endet hier. Da die hierfür notwendigen Ausgleichsprozesse nicht unendlich schnell vor sich gehen können, verschiebt sich der Knoten um die Mündungskorrektur vor das Tonloch. Hat das Tonloch einen kleineren Durchmesser als die Bohrung, so entsteht der Druckknoten in der Bohrung hinter dem Tonloch in Richtung Becher. Die Verschiebung wird umso größer, je kleiner das Tonloch ist. Nun kommt es am offenen Tonloch in jedem Fall zu Verzweigungen des Schallflusses zwischen Tonloch und Bohrung. Dies berücksichtigt BENADE, indem er neben dem ersten auch das zweite geöffnete Tonloch und die Bohrung dazwischen in die Rechnung einfließen lässt. Nach all diesen theoretischen Beschreibungen endet die stehende Welle nahe dem ersten geöffneten Tonloch.

Die in Abbildung 6 dargestellten Druckverläufe für die Teiltöne 3 und 4 lassen sofort erkennen, dass sich die stehenden Wellen deutlich über das erste offene Tonloch (die c-Klappe) hinaus erstrecken. Im Gegensatz zu dieser Erwartung bildet sich bei der Frequenz des dritten Teiltons eine weitere $\frac{3}{4}$ -Welle aus, die noch über den f[#]-Deckel hinausgeht. Auch für die Frequenz des vierten Teiltons zeichnet sich dieser Effekt ab, aber eher nur als Andeutung. Wird der f[#]-Deckel geöffnet, so wandern die Schalldruckmaxima in Richtung Rohrblatt, ohne dass sich die Wellenlänge wesentlich verändert. Hinzu kommt, dass sich der Schalldruck bei der Frequenz des dritten Teiltons deutlich erhöht. Da dies im Bereich der geöffneten Tonlöcher geschieht, über die der Schall abgestrahlt wird, erklärt das die Schalldruckerhöhung des dritten Teiltones im Spektrum im Falle der alternativen Griffweise. Beim vierten Teilton zeigt sich im Bereich der offenen Tonlöcher ein Schalldruckabfall. Damit scheint klar, dass die Veränderung der Klangfarbe auf die Veränderung der Schalldruckverteilung in der Bohrung im Bereich der ersten offenen Tonlöcher zurückzuführen ist.

Nun hat BENADE allerdings ebenfalls Beobachtungen gemacht, die den Aussagen von Abbildung 6 entsprechen. In seinem Buch (BENADE 1976) findet man die in Abbildung 7 dargestellten Schalldruckverläufe in der Bohrung eines Holzblasinstrumentes. Die stehenden Wellen der ersten beiden Teiltöne verlaufen wie von der einfachen Theorie vorausgesagt, die nachfolgenden Höheren nicht.

Damit ist sofort klar, warum die Stimmungsberechnung so gut funktioniert. Man betrachtet bei Holzblasinstrumenten für die Stimmungsberechnung typisch nur die erste und zweite Resonanz, d.h. die Grundoktave und die erste überblasene Oktave, da in höheren Oktaven meist mit Kunstgriffen gearbeitet wird und keine reguläre Griffweise mehr vorliegt. Andererseits finden wir bei unseren eigenen Messungen ein von der BENADE-Darstellung abweichendes Verhalten der Teiltöne 3 und 4. Während bei BENADE die Veränderung gegenüber der klassischen Theorie mit steigenden Teilton offenbar zunimmt, stellen wir (im konkreten Fall des Griffes c²!) eine Dominanz des 3. gegenüber dem vierten Teilton fest. Nun beschreibt BENADE mögliche Messungen als Basis seiner Abbildung nicht exakt und auch der dargestellte Bohrungsverlauf ist eher ein Fantasieprodukt. Man kann aber wohl folgern, dass der Schalldruckverlauf der höheren Teiltöne im relevanten Bereich hinter dem ersten geöffneten Tonloch in Richtung Becher von den konkreten Bedingungen, d.h. dem Bohrungsverlauf, den Tonlochgeometrien sowie Zuständen der folgenden Tonlöcher (geöffneten / geschlossenen) abhängt. Eine nähere Beschreibung dieser Abhängigkeit ist auf der Basis der wenigen vorgenommenen Untersuchungen nicht möglich. Die geführte Diskussion erklärt aber, warum derartige Griffvariationen kaum die Stimmung, aber deutlich hörbar den Klang beeinflussen.

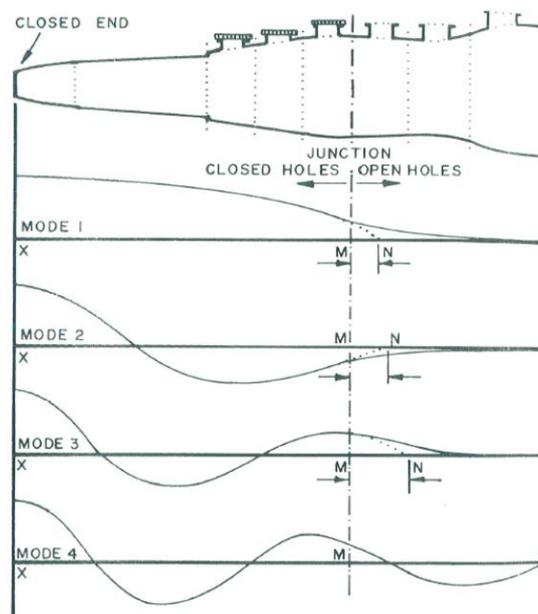


Abbildung 7: Typische Verläufe stehender Wellen in einem Holzblasinstrument (BENADE 1976 S. 432)

An diesem Punkt warf Herr Reißner eine weitere Frage auf: Warum sticht gerade das c² in klassischer Griffweise so unangenehm heraus und warum wird die Wahrnehmung (zumindest für eine große Gruppe) mit dem alternativen Griff besser. Als Antworthypothese führte er die klangliche Ähnlichkeit oder eben Unähnlichkeit zu den benachbarten Tönen insbesondere dem a¹ an.

Um diesen Fragestellungen nachzugehen, wurden zunächst aus den aufgezeichneten chromatischen Anspielen die Töne a¹ und c² herausgeschnitten und deren mittlere Spektren berechnet. Unter mittlere Spektren ist hier der Mittelwert aus linkem und rechtem Kunstkopfkanal und zwei Anspielen zu verstehen. Die Ergebnisse stellen Abbildung 8 bis Abbildung 10 dar. In der Tat deutet sich im Bereich der starken Teiltöne an, dass mit dem alternativen Griff klanglich eine größere Ähnlichkeit zwischen a¹ und c² als beim klassischen Griff hergestellt wird. Ursache ist insbesondere die Veränderung des dritten Teiltönen. Im Bereich der höheren Teiltöne gilt diese Aussage aber nicht mehr. Allerdings liegen die hohen Teiltöne etwa 20 dB unter dem dominierenden Bereich und verlieren so an Bedeutung (besser an Wahrnehmung). Der gedeckte Griff weist andererseits eine größere Ähnlichkeit zu a¹ auf als der alternative Griff. Bei Vergleich der Teiltöne in Abbildung 8 bis Abbildung 10 ist zu beachten, dass die zu vergleichenden Teiltöne nach oben hin immer weiter auseinander liegen und sich im Bereich oberhalb 3,5 kHz überlappen. Die Ähnlichkeit der Pegel einzelner Teiltöne täuscht dadurch!

Vergleicht man die Spektren des traditionellen und alternativen Griffes in Abbildung 8 und Abbildung 9 mit denen in Abbildung 2 so wird man Unterschiede erkennen, da die Spektren mit unterschiedlichen Mikrofonen in unterschiedlichen Positionen aufgenommen wurden. Es zeigt sich dabei, dass die

markanten Unterschiede im dritten und vierten Teilton erhalten bleiben, wohingegen andere Differenzen verschwimmen. Dies könnte auf unterschiedliche Bedeutungen der Unterschiede in den einzelnen Teiltönen hinweisen.

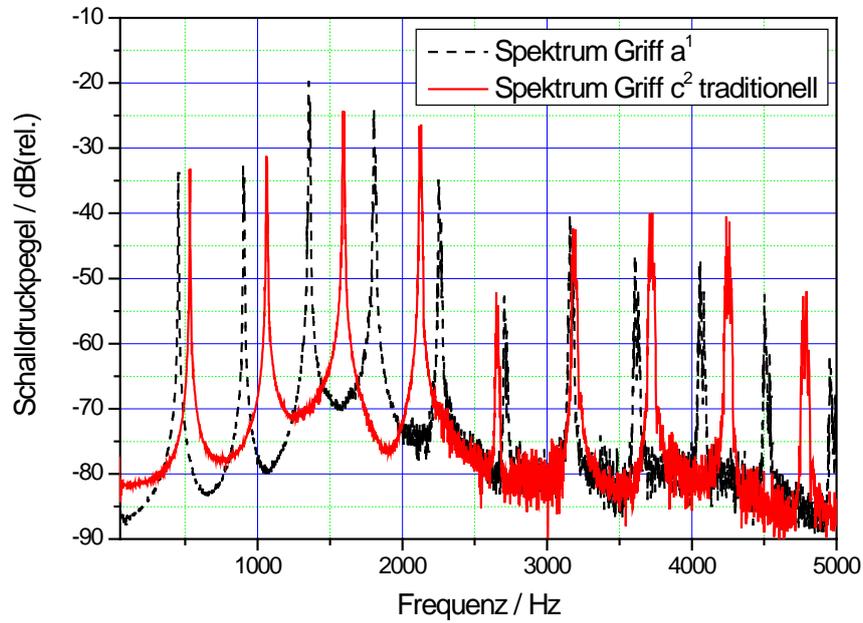


Abbildung 8: Spektren Griff a¹ und Griff c² traditionell im Vergleich

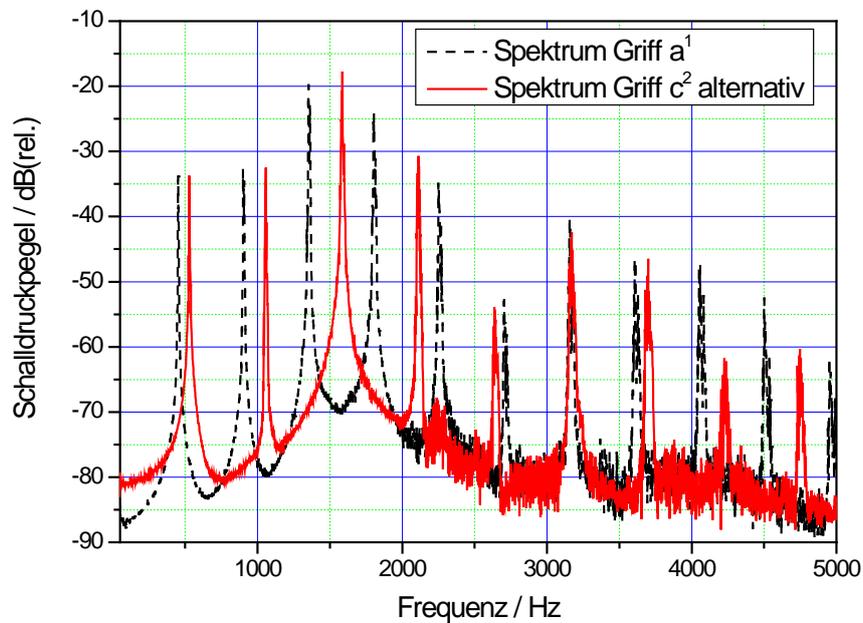


Abbildung 9: Spektren Griff a¹ und Griff c² alternativ im Vergleich

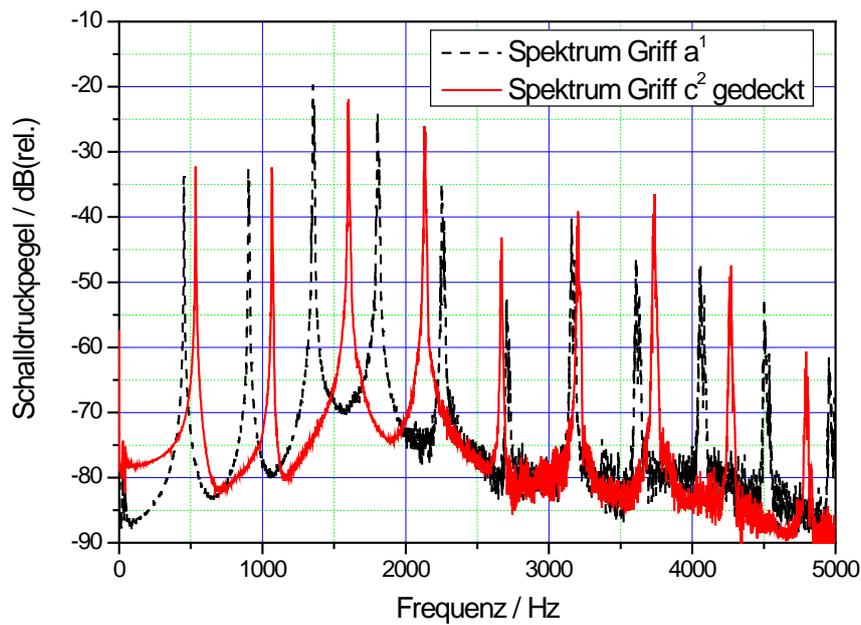


Abbildung 10: Spektren Griff a1 und Griff c² gedeckt im Vergleich

Um hier weitere Klarheit zu erlangen erfolgten folgende Manipulationen an den Aufzeichnungen:

- Abschneiden der höheren Teiltöne mittels Tiefpass 3 kHz für alle Anspiele
- Egalisieren des 3. Teiltones bei alternativer Griffweise um den Unterschied zur klassischen Griffweise auszugleichen, d.h. der 3. Teilton trägt nicht mehr zu Unterschieden bei.
- Egalisieren des 4. Teiltones, d.h. der 4. Teilton trägt nicht mehr zu Unterschieden bei.
- Egalisieren des 3. und 4. Teiltones, d.h. zu Unterschieden tragen nur die höheren Teiltöne bei.

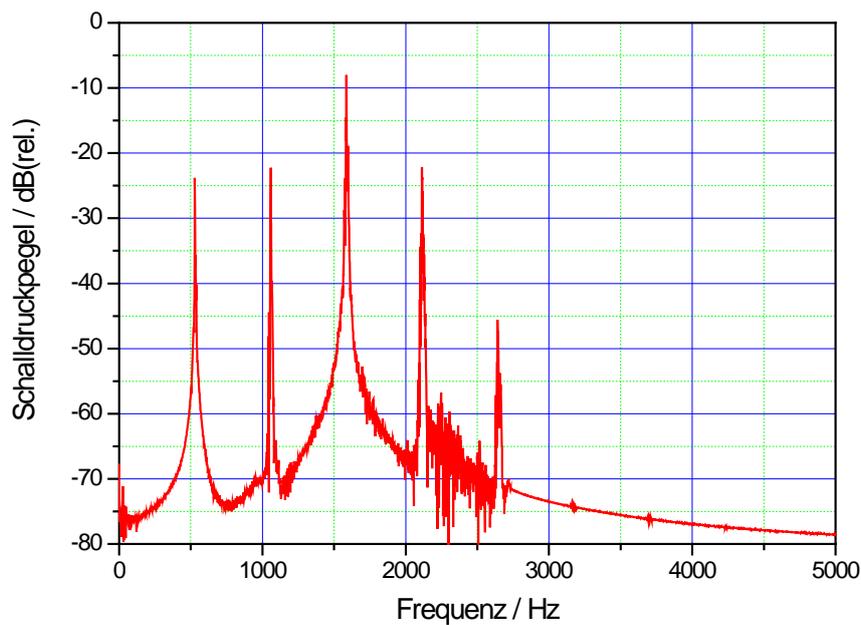


Abbildung 11: Spektrum Griff c² alternativ Tiefpass 3 kHz

Abbildung 11 bis Abbildung 13 veranschaulichen die Manipulationen in Form von mittleren Spektren der Töne. In Abbildung 12 und Abbildung 13 sind wieder zur besseren Sichtbarkeit die Frequenzachsen der beiden Kurven gegeneinander versetzt.

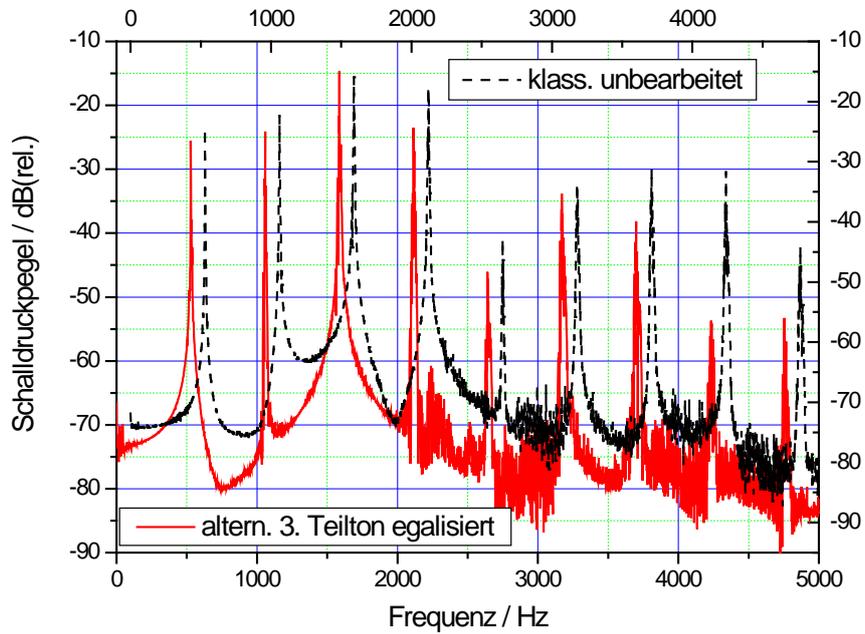


Abbildung 12: Spektren Griff c² alternativ 3. Teilton egalisiert, Griff c² klassisch unbearbeitet

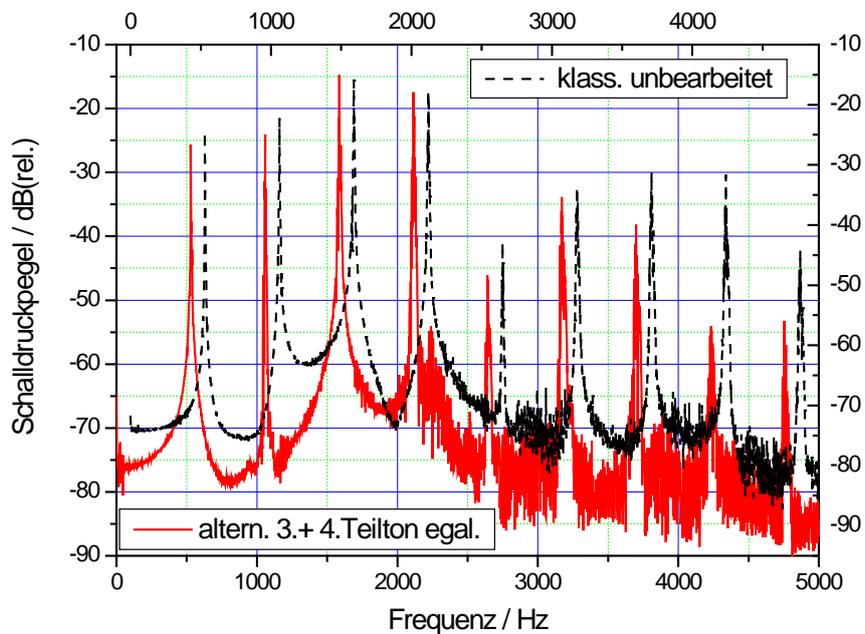


Abbildung 13: Spektren Griff c² alternativ 3. und 4. Teilton egalisiert, Griff c² klassisch unbearbeitet

Als letzter Schritt wurden aus den ursprünglichen und bearbeiteten Aufnahmen folgende Hörtestbeispiele zusammengestellt:

- Griff c² klassisch, Griff c² alternativ, Griff a¹ Anspiel 1, Griff a¹ Anspiel 2
 - unbearbeitet
 - alle Anspiele über Tiefpass
 - bei alternativem Griff 3. Teilton egalisiert
 - bei alternativem Griff 4. Teilton egalisiert
 - bei alternativem Griff 3. und 4. Teilton egalisiert.

Die Verwendung von jeweils zwei Anspielen des Griffes a¹ soll die Unterschiede eines Griffes innerhalb von zwei Anspielen einbringen. Die Klangbeispiele verdeutlichen die Unterschiede, jedoch werden sie nach Diskussion der Mitarbeiter im IfM interessanterweise unterschiedlich wahrgenommen. Es gibt Aussagen, nach denen die Unterschiede in der Hauptsache im 3. Teilton begründet sind. Andere Aussagen heben die offensichtlich durch die höheren Teiltöne verursachten Rauigkeiten als wichtigstes Merkmal hervor.

Die Ergebnisse der vorgenommenen Untersuchungen zeigen, dass die akustischen Phänomene in den Holzblasinstrumenten keinesfalls als geklärt anzusehen sind. Um für die beobachteten Klangvariationen in Abhängigkeit von der Griffweise eine eindeutige Erklärung zu finden, wären weitere Untersuchungen sowohl messtechnischer Art als auch in Form von Simulationsrechnungen erforderlich. Dies kann zweifellos nur in einem entsprechenden Forschungsprojekt geleistet werden. Andererseits zeigen sich eindeutige Ergebnisse hinsichtlich der Realität der im Zusammenhang mit der alternativen Griffweise beobachteten Phänomene. Die Wirkung des alternativen c²-Griffes konnte zweifelsfrei messtechnisch dokumentiert werden.

Zwota, den 07.08.2015

Prof. Dr.-Ing. Gunter Ziegenhals
Geschäftsführer

Literatur

- Benade, A. H.: **Fundamentals of Musical Acoustics**
Oxford University Press New York, London, Toronto, 1976
- 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)