

Anregungsvorrichtung mit künstlichen Lippen für Fagotte

Siegfried Hille, Johannes Baumgart, Roger Grundmann

TU Dresden, Institut für Luft- und Raumfahrttechnik, 01062 Dresden, Deutschland, Email: Siegfried.Hille@tu-dresden.de

Einleitung

Im Rahmen eines Forschungsprojektes wird derzeit am ILR ein Prüfstand für Fagotte entwickelt, mit dem der Instrumentenbauer objektive Klanguntersuchungen am Instrument durchführen kann. Dafür muss das Instrument realitätsnah und reproduzierbar angeregt werden können. Die konstruktiven Randbedingungen für einen geeigneten Anblasmechanismus liefert der Musiker, der über die Variation verschiedener Parameter das Spektrum und die Grundfrequenz der erzeugten Klänge beeinflussen kann.

Analyse der Spielparameter

Komplexer Interaktionspunkt zwischen Spieler und Instrument sind die Lippen, die am Doppelrohrblatt anliegen, zum Teil die Zahnreihen umspannen und ein elastisches Polster zwischen Zahnreihe und Rohrblatt bilden. Die Stärke dieses Polsters verändert der Spieler, indem er den Kiefer unterschiedlich weit öffnet (*Kieferstellung*). Die Dämpfung des Rohrblattes durch die Lippen variiert, indem die Lippen mehr oder weniger angespannt werden (*Lippenspannung*). Das Rohrblatt kann mehr oder weniger weit in den Mundraum hineinragen (*Position*). Der Winkel des Rohrblattes zur Zahnreihe kann variiert werden (*Neigung*). Mit der Zungenstellung wird das Mundraumvolumen verändert (*Mundraumvolumen*). Für die Konstruktion einer geeigneten Anregungsvorrichtung ist es sinnvoll, den Einfluss dieser Spielparameter auf Klang und Tonhöhe zu untersuchen.

Künstlicher Bläser Cheilomimetikus

Der Cheilomimetikus (*griech.: Cheilos = die Lippe, Mimetikos = der in der Nachahmung Geschickte*) besteht im Wesentlichen aus einem luftdichten Plexiglasbehälter mit regelbarer Blaslufzufuhr. Die Lippenaufnahme kann vertikal verschoben werden und lässt verschiedene Kieferstellungen zu. An der Fixiereinrichtung lassen sich unterschiedliche Rohrblattpositionen einstellen. Die flüssigkeitsgefüllten Silikonlippen bilden durch Variation des Flüssigkeitsdrucks die Lippenspannung nach. Die an der Innenseite befindlichen Dichtlippen bilden einen luftdichten Abschluss des Rohrblattes am Mimetikus zur Atmosphäre. Der Hohlraum des Mimetikus wird mittels einer horizontal verschiebbaren Trennwand variiert, die einen Ringspalt für die Blaslufzufuhr freilässt. Der Mimetikus selbst ist in einer Achse schwenkbar gelagert, so dass verschiedene Rohrblattneigungen eingestellt werden können. Eine Luftbefeuchtungs- und Erwärmungseinrichtung ermöglicht die Anregung von Naturrohren.

Experimente

Die Messungen mit variierten Lippendrücken und Rohrblattpositionen wurden mit einem originalgetreu nachgebildetem Barockfagott, die Messungen mit variiertem Mundraumvolumen mit einem modernen Fagott der Fa. Guntram Wolf Holzblasinstrumente durchgeführt. Für die Signalerfassung stand ein FFT-Analyser und ein Kondensatormikrofon der Fa. Brüel & Kjaer und ein CCQ-Series Druckwandler der Fa. Kulite zur Verfügung. Alle Messungen wurden im reflexionsvermindertem Messraum des ILR aufgenommen.

Lippendruck

Gemessen wurde jeweils bei variiertem Blasdruck vom kleinstmöglichen, bei dem das Rohrblatt noch stabil schwingt bis zum größten, bei dem der Ton nicht in die nächste Harmonische überschlägt.

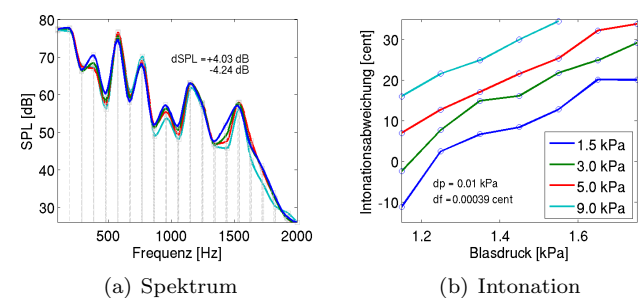


Abbildung 1: Klangspektrum und Intonation eines Tones bei unterschiedlichen Lippendrücken, Barockfagott, Ton G $f_0 = 96\text{Hz}$

Abb. 1 zeigt Spektrum und Intonation des tiefsten Tones (G, $f_0 = 96\text{Hz}$) bei unterschiedlichen Lippenspannungen. Die Abweichungen der einzelnen Teiltonpegel liegen im Bereich der Messfehler. Es lässt sich hieraus kein Einfluss der Lippenspannung auf den Klang ableiten. Die Intonation steigt mit der Lippenspannung an. Bei niedrigeren Lippenspannungen zeichnet sich ein Trend zu größerer Variationsbreite in Blasdruck und Tonhöhe ab.

Position

Die Abweichungen der Teiltonpegel unterschiedlicher Rohrblattpositionen (s. Abb. 2) liegen ebenfalls im Bereich der größten Messabweichung; diese sind Position 38 mm mit etwa $\frac{1}{5}$ der größten Messabweichung am kleinsten gegenüber anderen Positionen. Das ist offensichtlich auf eine geringere Schwankung der Teiltonpegel zurückzuführen. Bei Position 36 mm ergibt sich die größte Variationsbreite für Blasdruck und Intonationsabweichung.

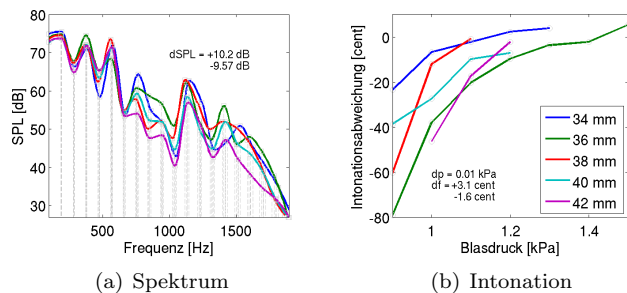


Abbildung 2: Klangspektrum und Intonation eines Tones bei unterschiedlichen Rohrblattpositionen, Barockfagott, Ton G $f_0 = 96\text{ Hz}$

Mundraumgeometrie

Für die folgenden Untersuchungen wurden alle Töne vom tiefsten bis zum letzten nichtüberblasenen auf einem modernen Fagott gespielt. Die Untersuchungen wurden jeweils mit Natur- sowie Kunststoffrohren durchgeführt.

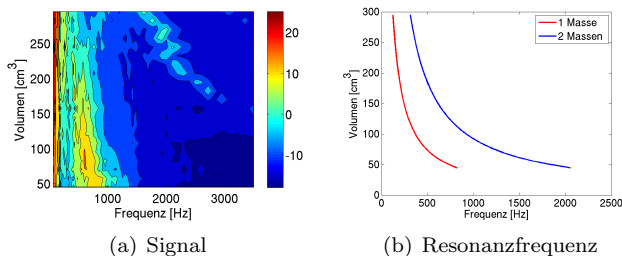


Abbildung 3: Schalldruck im Hohlraum und Resonanzfrequenz des Mimetikus

Von Musikern wird oft der Einfluss des Mundraumes auf den Klang des Instrumentes erwähnt. Als prädestinierte Konfiguration gilt meist eine Zungenstellung ähnlich zum gesungenen Vokal o. Die folgende Untersuchung soll sich deshalb mit der Rückkopplung des Mundraumes als Resonator auf die vom Fagott abgestrahlten Klänge befassen.

Abb. 3 links zeigt die mittlere Schalldruckabweichung über Volumen und Frequenz im Hohlraum des Mimetikus. Während im Nahfeldsignal keine volumenabhängigen Veränderungen sichtbar waren, erkennt man hier lokale Verstärkungen des Schalldruckes, die offensichtlich mit der Volumenveränderung korrelieren.

Mit konzentrierten akustischen Bauelementen lässt sich das System zunächst als einfaches Feder-Masse-System mit der Resonanzfrequenz:

$$\omega^2 - \frac{K}{M} = 0 \tag{1}$$

auffassen. Berücksichtigt man den Hohlraum hinter der Trennwand des Mimetikus und die mittlere freie Querschnittsfläche des Rohrblattes erhält man ein gekoppeltes System aus zwei Federn und Massen mit der Resonanzfrequenz

$$\omega^4 - \left(\frac{K_1}{M_2} + \frac{K_1}{M_1} + \frac{K_2}{M_1} \right) \omega^2 + K_1 M_2 = 0. \tag{2}$$

Vergleicht man die Resonanzfrequenzen beider Systeme (Abb. 3) findet man mit dem einfachen Feder-Masse-System eine gute Annäherung an den gemessenen Verstärkungseffekt im Hohlraum.

Das Experiment zeigt einen deutlichen Resonanzeffekt im Hohlraum. Eine Rückkopplung des Mundraumes als Hohlraumresonator auf die Schwingung des Rohrblattes und die vom Fagott abgestrahlten Klänge ist mit dem vorhandenen Versuchsaufbau nicht nachweisbar. Das lässt verschiedene Vermutungen zu:

1. Mit der Zungenstellung werden auch andere Spielparameter verändert, die den Klang des Instrumentes beeinflussen.
2. Der Effekt findet tatsächlich nur im Mundraum statt und wird vom Musiker über den Knochenschall wahrgenommen.
3. Mit der Zungenstellung wird auch das Strömungsprofil der Blasluft unmittelbar vor dem Rohrblatt und damit dessen Anregung verändert.

Zusammenfassung

Mit dem Cheilomimetikus können reproduzierbare Messungen an Fagotten mit Naturrohrblättern unter realitätsnahen Bedingungen durchgeführt werden, wobei die Anregung von anderen Doppelrohrblattinstrumenten in analoger Weise denkbar ist. So konnten verschiedene Spielparameter auf ihre klangliche Auswirkung untersucht und wertvolle Erkenntnisse in der künstlichen Anregung von Rohrblattinstrumenten gewonnen werden. In der weiteren Entwicklung des Prüfstandes wird der Mimetikus als Referenzanlage zur Verifizierung alternativer Anregungsmechanismen dienen.

Literatur

[1] Samuel Temkin: Elements of Acoustics, Acoustical Society of America, 2001
 [2] W.Reichardt: Elektroakustik, BSB B.G.Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1971